항공안전기술개발사업

항공온실가스 감축기술 · 요구사항분석 및 국가이행계획 수립 연구 보고서

성과물 (C-1-①)

2015.8.21

주관연구기관 / 한국교통연구원
위탁연구기관 / 한국항공대학교

Infrastructure
R&D Report

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

항공온실가스 감축기술·요구사항분석 및 국가이행계획 수립 연구보고서 성과물 (C-1-①)

2015.8.21

국토교통부
국토교통과학기술진흥원

주 의 사 항

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 최종보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.

항공안전기술개발사업

항공온실가스 감축기술·요구사항분석 및 국가이행계획 수립 연구 보고서

성과물 (C-1-①)

2015. 5. 30

주관연구기관 / 한국교통연구원

국토교통부
Ministry of Land, Infrastructure and Transport

KAIA
국토교통과학기술진흥원
Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

이 보고서를 "항공온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 연구" 과제의 온실가스 감축기술 선정 분석 보고서로 제출합니다.

2015 . 5 . 30

주관연구기관명 : 한국교통연구원
주관연구책임자 : 한 재 현
연 구 원 : 조 준 행
" : 김 준 혁
" : 김 상 현
" : 조 현 수
" : 정 수 진

위탁연구기관명 : 한국항공대학교
위탁연구책임자 : 유 광 의
연 구 원 : 백 호 종
" : 이 금 진

< 목 차 >

PART 1 항공온실가스 감축기술 · 요구사항 분석 연구

제1장 서론 ····· 1
1. 연구배경 및 목적 ····· 1
가. 연구 배경 ····· 1
나. 연구의 목적 ····· 2
2. 연구내용 ····· 2

제2장 국내·외 항공 온실가스 관련 시스템 동향 및 분석 ····· 3
1. 국외 동향 ····· 3
가. AEDT(The Aviation Environmental Design Tool) ····· 3
나. AERO-MS ····· 4
다. FAST(Future Aviation Scenario Tool) ····· 6
라. AEM(Advanced Emission Model) ····· 6
마. 해외 시스템 별 주요기능 비교 ····· 6
2. 국내 동향 ····· 7
가. 통합항공안전정보시스템(NARMI) ····· 7
나. KOTEMS(Korea Transport Emission Management System) ····· 9

제3장 국내·외 항공 온실가스 감축기술 동향 및 분석 ····· 11
1. 국외 동향 ····· 11
가. ICAO ····· 11
나. IATA ····· 14
2. 국내 동향 ····· 16
가. 국가이행계획 ····· 16
나. 자발적 감축협약 ····· 19
다. 항공 온실가스 저감기술 이행매뉴얼 ····· 20

제4장 항공 온실가스 감축기술 분석 ····· 22
가. APU ····· 26
나. 운항관리 ····· 31
다. 운항 ····· 48
라. 정비 및 유지보수 ····· 65
마. 지상 중량관리 ····· 68
바. 기타 감축수단 ····· 72
사. 소결론 ····· 73

제5장 항공 온실가스 주요 감축기술 선정 ····· 74
1. 감축기술 선정 방안 ····· 74
2. 항공사별 조사 결과 ····· 74
3. 감축기술 결과도출 ····· 78
4. 소결론 ····· 84

제6장 항공 온실가스 감축량 예측 시스템 개발개념 도출 ····· 85
1. 감축량 예측 시스템 개념설계 ····· 85
가. 운용개념기술서 ····· 86
나. 시스템 요구사항 명세서 ····· 92
다. 시스템 개발 계획서 ····· 99
라. 소프트웨어 시험계획서 ····· 101

제7장 항공 온실가스 국내 적용방안 ····· 105

PART 2 국제항공 CO2 감축 국가이행계획 수립 연구

제1장 연구개요 ····· 1
1. 연구배경 ····· 1
2. 연구목적 ····· 1
3. 감축수단 선정, 감축목표 설정, 효과분석방법 설명 등 포함 ····· 2
4. 연구 추진체계 ····· 2

제2장 제1차 계획 이행실적 평가 ····· 5
1. 제1차 계획의 주요내용 ····· 5
2. 감축수단별 이행실적 평가 ····· 6
가. 항공기 교체 ····· 6
나. APU 사용 억제 ····· 10
다. CDO 확대 ····· 10
라. 단축항로 사용 ····· 11
마. 법적 보정연료 개선 ····· 11
바. 단일엔진 Taxi-in ····· 11
사. 엔진세척 ····· 11
아. 공회전 역추진 ····· 11
자. 경량 ULD 사용 ····· 12
3. 제 1차 계획 이행실적 평가 종합 ····· 12

제3장 국제항공 온실가스 배출현황 및 전망 ····· 13
1. 제 1차 계획 사용 Data ····· 13
2. ICAO Form M Data ····· 14
3. 1차와 2차 계획의 RTK 비교 ····· 15
4. 계획 기준연도 ····· 15

제4장 온실가스 감축수단 선정 ····· 16

1. 감축수단 선정절차 ····· 16
2. 정부와 공항의 시설·운영 개선계획 ····· 16
3. 자발적 협약(2014년) 수단별 연료 감축효과 ····· 18
4. 항공사 건의안 ····· 19
5. 외국의 이색 감축수단 ····· 19
6. 추가 감축수단 개발방안 ····· 19
7. 감축수단 선정(안) ····· 20
8. 감축 지원수단 ····· 21

제5장 수단별 감축량 전망 및 감축목표 설정 ····· 22
1. ATFM 도입에 따른 감축량 ····· 22
2. AC-GPS 사용 촉진 ····· 25
3. A-CDM ····· 26
4. 단일엔진 Taxi-in ····· 27
5. 저항력 플랩 사용 ····· 28
6. 공회전 역추진 ····· 28
7. 엔진세척 ····· 29
8. 감축량 종합 ····· 30
9. 감축 목표 ····· 32
10. 1차 계획과 비교 ····· 32

제6장 제도개선 및 R&D 요구사항 ····· 33
1. 이행계획의 법정 계획화 ····· 33
2. 관련 통계체계 정비 ····· 33
3. R&D에 대한 요구사항 ····· 34

참고문헌 ····· 35

◆ 부록 1 . 항공사 항공온실가스 감축기술 자문결과
◆ 부록 2 . 항공사 항공온실가스 감축기술 자문결과 증빙자료
◆ 부록 3 . 항공사 항공온실가스 감축기술 14개 검토의견
◆ 부록 4 . 항공대학교 위탁 연구보고서

< 표 목 차 >

PART 1 항공온실가스 감축기술 · 요구사항 분석 연구

<표 1> 해외 시스템 별 온실가스 산정 및 지원기능 비교 ····· 6
<표 2> NARMI 시스템의 주요기능 ····· 8
<표 3> KOTEMS의 주요기능 ····· 9
<표 4> ICAO의 온실가스 감축수단 분류체계 ····· 12
<표 5> IATA의 온실가스 감축수단 분류체계 ····· 16
<표 6> 국내 온실가스 감축 국가이행계획 지원 ····· 17
<표 7> 국가 이행계획 계획수립과정 ····· 17
<표 8> 1차와 2차 국가 이행계획 감축수단 비교 ····· 18
<표 9> 감축수단 별 자발적 감축협약 내용 ····· 19
<표 10> 감축수단별 저감기술 내용 ····· 20
<표 11> 감축수단별 분류체계 ····· 24
<표 12> APU 감축수단의 세부 내역 ····· 26
<표 13> 운항관리 감축수단의 세부내역 ····· 31
<표 14> 항공기 기종별 연간 총 비행시간 ····· 42
<표 15> 운항 감축수단의 세부내역 ····· 48
<표 16> 정비 및 유지보수 감축수단의 세부내역 ····· 65
<표 17> 지상 중량관리 감축수단의 세부내용 ····· 69
<표 18> 항공사 감축기술 선호도 결과 ····· 78
<표 19> 항공사 감축기술 선호도와 저감기술 이행매뉴얼 비교 ····· 80
<표 20> 항공 온실가스 감축기술 도출 ····· 81
<표 21> A 항공사 감축기술 의견 ····· 82
<표 22> B 항공사 감축기술 의견 ····· 83
<표 23> 시스템 요구사항 검토 흐름도 ····· 85
<표 24> 운용개념기술서 개발범위 ····· 87
<표 25> 기능 요구사항 - FUR-E2-001 ····· 94
<표 26> 기능 요구사항 - FUR-E2-002 ····· 97
<표 27> 기능 요구사항 - FUR-E2-003 ····· 98
<표 28> 소프트웨어 시스템 계획서 책임 및 역할 ····· 102
<표 29> 소프트웨어 시스템 계획서 시험환경 ····· 102
<표 30> 소프트웨어 시스템 계획서 시험일정 ····· 103
<표 31> 소프트웨어 시스템 계획서 시험일정별 상세업무 ····· 103

PART 2 국제항공 CO2 감축 국가이행계획 수립 연구

<표 1> 국가 이행계획 수립 테스크포스 구성 ····· 2
<표 2> 항공기 교체 내역 ····· 6
<표 3> 연도별, 항공사별 평균 기령 변화 ····· 7
<표 4> 항공기 교체 내역 ····· 12
<표 5> 자발적 협약(2014년) 수단별 연료 감축효과 ····· 18
<표 6> 감축수단 선정(안) ····· 20
<표 7> 월별 ATFM 발부 현황 ····· 24
<표 8> 총 항공기 수 ····· 24
<표 9> ATFM 적용 항공기 수 ····· 24
<표 10> 적용 항공기 비행시간 ····· 24
<표 11> 항공온실가스 감축량 종합 ····· 30

< 그 림 목 차 >

PART 1 항공온실가스 감축기술 · 요구사항 분석 연구

<그림 1> AEDT 2a 시스템 구조 ····· 4
<그림 2> Aero- MS 시스템 구조 ····· 5
<그림 3> NARMI 시스템 구조 ····· 7
<그림 4> 교통부문 온실가스 통합정보시스템 구성도 ····· 10
<그림 5> 항공온실가스 예측 모듈 감축기술 선정 방법 ····· 22
<그림 6> Fuel MI Summary of Landing Fuel Loads ····· 37
<그림 7> Specific Range variation with CG Position ····· 42
<그림 8> CG Management에 따른 비항속거리 변화율 ····· 43
<그림 9> 34% CG인 경우 운항 결과 ····· 44
<그림 10> 17% CG인 경우 운항 결과 ····· 44
<그림 11>Europe 공항에서의 Taxi-Out 운영 방법에 대한 비교 (항공기 1대 기준) · 51
<그림 12> US 공항에서의 Taxi-Out 운영 방법에 대한 비교 (항공기 1대 기준) ····· 51
<그림 13> Boeing 항공기 기종 별 Standard/Reduced Acceleration Altitude 출발 절차 비교 분석 ····· 54
<그림 14> Boeing 항공기 기종 별 Standard/Low Noise Low Drag 도착 절차 비교 분석 59
<그림 15> Europe 공항에서의 Taxi-In 운영 방법에 대한 비교 (항공기 1대 기준) ···· 62
<그림 16> US 공항에서의 Taxi-In 운영 방법에 대한 비교 (항공기 1대 기준) ····· 63
<그림 17> 파일럿에 따른 연료 소모량의 분산정도 ····· 64
<그림 18> 전체 시스템 구성도 ····· 88
<그림 19> 항공 온실가스 감축량 예측 시스템 구성도 ····· 90
<그림 20> 항공 온실가스 감축량 예측모듈 시나리오 구성도 ····· 91
<그림 21>항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 사용자 및 운용자 구성도 ····· 92
<그림 22> 폭포수 모델(Waterfall Model) ····· 100
<그림 23> 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 방법론 ····· 100
<그림 24> 소프트웨어 시스템 계획서 ····· 102

PART 2 국제항공 CO2 감축 국가이행계획 수립 연구

<그림 1> 계획수립과정 ····· 3
<그림 2> 1차 국가이행계획 예측 그래프 ····· 5
<그림 3> 주요 기종의 연도별 연료효율 변화 ····· 8
<그림 4> 화물기와 여객기의 연도별 연료효율 변화 ····· 8
<그림 5> FSC와 LCC의 연도별 연료효율 비교 ····· 9

<그림 6> 기종별 연료효율(2013년 기준) ····· 9
<그림 7> 기종별 연료효율(2013년 기준, 제작사 효율추가) ····· 10
<그림 8> 1차, 2차 국가이행계획 RTK 비교 ····· 15
<그림 9> ATFM의 구조 ····· 17
<그림 10> A-CDM 구조도 ····· 17
<그림 11> 시간대별 출발공항별 도착 항공기 수(예, 제주공항 2014년 8월 3일) ····· 23
<그림 12> 시간대별 출도착 항공기 수(예, 제주공항 2014년 8월 3일) ····· 23
<그림 13> 비행시간 및 지연분석(예, 제주공항 2014년 8월 3일) ····· 23
<그림 14> 연료소비량 분석 ····· 25
<그림 15> 지상장비 미사용 사유 ····· 26
<그림 16> 항공 온실가스 감축량 종합 BAU ····· 31

PART 1 항공온실가스 감축기술 · 요구사항 분석 연구

제1장 서론

1. 연구배경 및 목적

가. 연구 배경

○ 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization, ICAO)는 항공환경보호위원회(Committee on Aviation Environmental Protection, CAEP)를 통하여 현재 NOx를 비롯한 대기오염물질을 항공기 엔진 인증(Certification)을 통하여 규제하고 있으며, 2016년 도입을 목표로 2010년부터 항공기 이산화탄소 인증기준(Aircraft CO2 Certification Standard)을 개발하고 있다.

○ 또한 항공부문의 온실가스 감축을 촉진하기 위하여 ICAO는 회원국들에게 매 3년마다 항공부문 온실가스 감축을 위한 국가이행계획을 제출할 것을 권고하고 있다.

○ 우리나라가 이와 같은 항공 환경 국제기준 마련에 참여하여 기술적인 의견을 내기 위해서는 항공운항으로 인한 환경 효과를 정량화할 수 있는 기술 확보가 필수적이다.

○ 우리나라는 2012년 항공온실가스 이행계획에서 여러 합리적인 가정과 활용 가능한 제한적인 데이터의 논리적 연산 및 과거 감축추세를 감안하여, 이를 추정하였으나 신뢰성이 높은 예측치라고 하기는 어려운 상태이다.[1)]

- 특히 저비용 항공사의 경우 필요한 데이터의 확보 등, 여러 가지 여건이 부족한 상태여서 어려움이 가중되고 있다.

○ 따라서 항공부문의 효과적인 온실가스 감축수단 개발을 지원하고, 항공사와 정부, 공항 등 주요 감축활동 주체의 적극적인 감축활동을 촉진하는 등 실효성 있는 국가이행계획의 수립과 이행을 위해 감축효과 분석 및 이를 전체적

1) 항공 온실가스 산정 및 예측시스템 개발 기획보고서 (2013)

으로 지원할 수 있는 지원시스템의 개발이 필요성이 인식되고 있다.

나. 연구의 목적

○ 본 「항공 온실가스 감축량 예측 모듈 개발」연구 과제는 다음과 같은 사항을 목적으로 개발을 추진한다.

- 항공부문의 효과적인 온실가스 감축수단 개발과 이행을 촉진하고, 이를 통하여 항공부문 온실가스 감축에 기여
- 항공부문의 온실가스 감축 주체들이 간단하고 편리하게 사용할 수 있는 감축수단 별 효과 분석 및 보고/의사결정 지원시스템의 개발 및 보급
- 국내적으로 항공기의 경제적 운항과 항공분야 온실가스 배출량 최소화에 기여하고 국내·외 배출 규제에 효과적으로 대응 가능한 시스템 개발
- 온실가스 감축수단 별 효과분석을 통한 저감 방안 개발 및 활용을 통해 이해관계자들에게 편의성 제공

2. 연구내용

○ APU, 운항관리, 운항, 정비 및 유지보수, 지상 중량관리의 5개 범주에 대한 감축기술 적용을 통한 저감효과를 분석하고, 저감 잠재량을 파악하여 추가 감축이 이뤄질 수 있도록 한다.

- 감축수단별, 비행단계별, 항공기종별 등 다양한 감축 시나리오 분석기술이 요구되며, 이를 통해 항공 온실가스 감축량 데이터베이스를 구축하고 경제적 운항절차 개발 및 효과적인 운항 체계를 구축하는 기술을 개발한다.

○ 기타 항공 온실가스 감축수단인 신기종항공기 및 신형제작 항공기 교체와 대체연료 개발에 따른 온실가스 저감효과를 분석하여 미래의 추가적인 감축수단을 고려한다.

제2장 국내·외 항공 온실가스 관련 시스템 동향 및 분석

1. 국외 동향

가. AEDT(The Aviation Environmental Design Tool)

○ 미국 연방항공국(Federal Aviation Administration)에서 항공산업계의 항공기 소음, 온실가스 배출, 연료연소 등과 같이 비행 중 발생하는 환경오염에 대해 미국 정부가 국내항공 환경계획, 환경규제의 적합성, 연구해석 등을 위한 시스템 필요성을 인식하고, 정확한 항공온실가스 산정을 위해 2004년부터 현재까지 환경영향 종합평가를 위한 환경 시뮬레이션 툴(Environmental Tool Suite)을 개발하고 있다

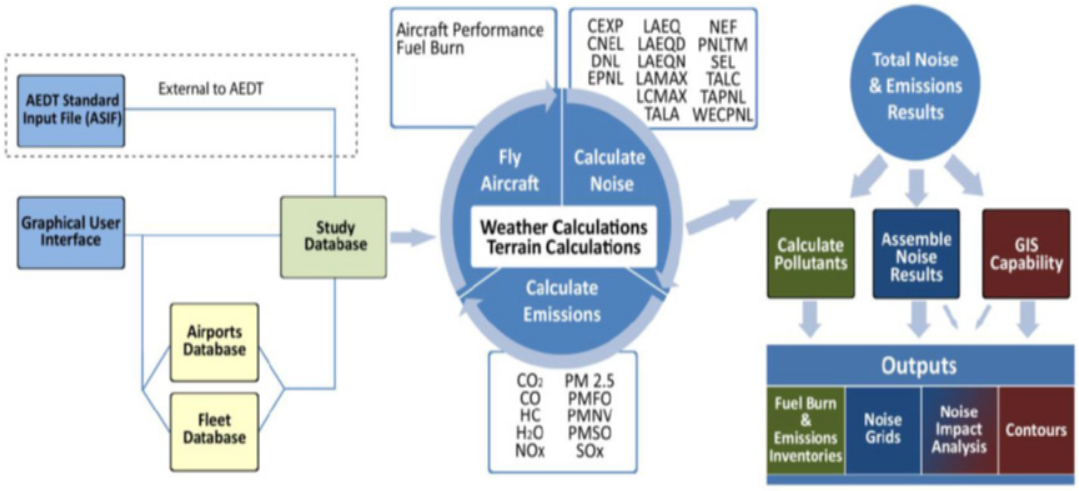
○ AEDT는 환경 시뮬레이션 툴의 일부로 개발되어 항공기 운항으로 인한 항공온실가스 배출량, 소음, 대기오염을 산정할 수 있는 시스템으로 주요 목적은 항공 교통에 의한 환경적 결과를 모델링하고 FAA 항공교통기관의 정책을 수립하고 수행하는 것이다. [2)]

○ AEDT는 <그림 1>과 같이 항공기의 성능을 모델링하여 연료소모량, 배기가스 배출 그리고 소음을 시간에 따라 계산하는 소프트웨어이며 지역, 국가 그리고 세계적인 수준에 대한 전체 비행의 분석과 각 공항간 단일비행에 대해서도 계산이 가능하다. [3)]

○ AEDT는 미국항공산업에 특화되어 개발되었으며, 주요 보유항공기종이 장거리, 대형항공기(150-200인승 항공기) 위주로 구성되어 있다.

---

2) 항공 온실가스 산정 및 예측시스템개발 기획보고서(2013)
3) Aviation Environmental Design Tool(AEDT) Technical Manual(2014)



<그림1 > AEDT 2a 시스템 구조

출처 : AEDT 2a TeTechnical Manual

나. AERO-MS[4)]

○ 네덜란드 민간 항공우주연구소(NLR)는 AERO(항공 배기 가스 및 감축 옵션 평가) 라는 프로젝트를 통해 항공기 엔진에 의한 대기 오염 관련 문제를 평가하고 항공 운송이 대기에 미치는 영향을 감소시키기 위한 조치를 분석하는 동시에 그와 같은 조치가 가져올 환경적 이득과 경제적 영향에 대해 검토하였다.

○ 이러한 목적을 달성하기 위해 광범위한 전 지구적 정보 수집과 AERO 모델링 시스템(AERO-MS)이라고 명명된 모델링 시스템이 개발되었다.

○ AERO-MS는 항공 수송 수요 발생과 이에 대한 설명부터 항공기 엔진 배기 가스의 환경적, 경제적 영향 평가까지 포함하면서 관련 경제, 상업, 기술, 환경적 요소를 포괄적으로 통합하여 제공하고 있으며 미래 항공 운송산업의 예측, 온실가스 환경 및 경제적 결과를 평가할 수 있다.

○ AERO-MS는 순항 고도에서 항공기 엔진에서 배출된 온실가스가 전 지구적 환경에 미치는 영향을 검토하도록 설계되었으며, 전세계적 관점 및 국소지역과 규모의 배출이 발생되는 지점에서도 평가가 가능하다.

4) Aviation Emissions and Evaluation of Reduction Options(AERO) Main Report Part 1.

○ 또한 항공 운송 수요와 공급의 기술적, 경제적 특징에 대한 상세 설명을 포함하기 때문에 다른 환경 요인 평가를 위해 중요한 기준을 잠재적으로 공급한다. 그렇지만 현재 AERO-MS의 모델 적용은 전 항공기 엔진 배기 가스와 관련된 전 지구적 문제에 초점을 맞추고 있다.

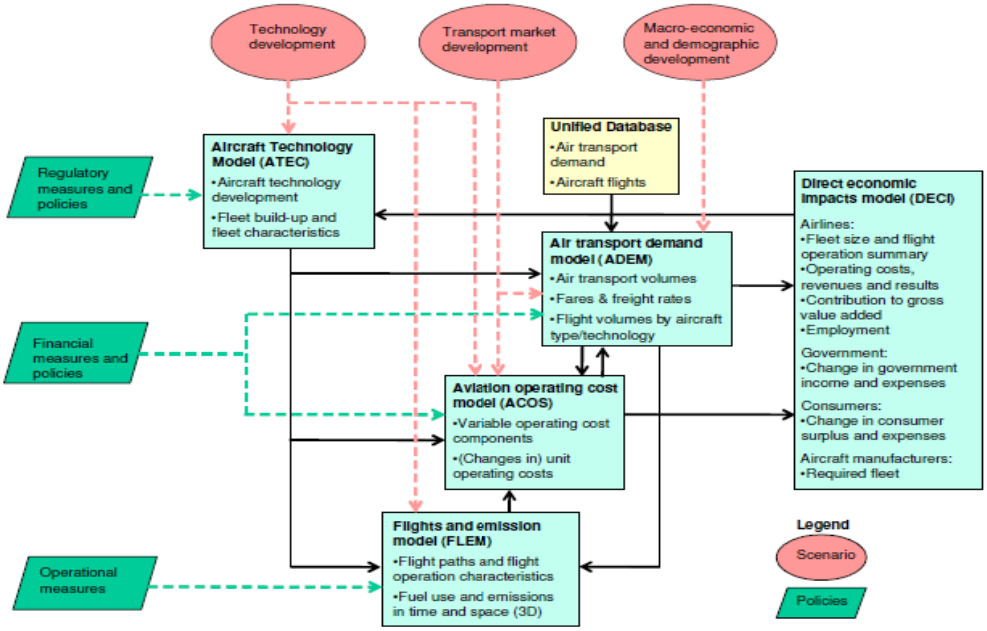
○ AERO 모델링 시스템은 <그림 2>와 같이 총 5개의 모델로 구성이 되며 이는 아래와 같다.

- 항공기 기술 모델(ATEC) : 시간에 따른 모델링에 기반하여(연료 소모, 배출 계수, 새 항공기 구매 가격 등을 포함하는) 항공기 형태 및 기술 단계의 연산하는 모델이다.

- 항공 운송 수요와 공급 모델(ADEM) :항공 운송 측면의 수요 및 공급을 고려한 수요공급모델이다.

- 항공 운용 비용 모델(ACOS) : 항공기 기종, 기술수준, 항공 운송의 모든 관련 가변 비용 구성 요소와 단위 비용을 연산하는 모델이다.

- 항공편 및 온실가스 모델(FLEM) : 실제 비행 프로파일에 대한 상세한 설명 및 3차원 그리드 상에서 연료 소모와 온실가스(CO2, NOx, SO2, CxHy, CO, H2O 포함)를 계산하는 모델이다.



<그림2 > Aero- MS 시스템 구조

출처 : Aviation Emissions and Evaluation of Reduction Options(AERO) Main Report

다. FAST(Future Aviation Scenario Tool)[5)]

○ FAST는 O3와 CH4, 항공 NOx 등의 배출량의 영향을 평가하기 위해 영국 무역산업부(DTI)에서 개발하였으며, 항공기 이동자료는 AERO2K의 데이터베이스 및 OAG데이터를 사용하여 60여종의 항공기의 연료사용량 특성을 산정하는 툴이다.

○ FAST는 AEDT같은 대규모의 시스템을 구축하는 것이 아닌 소규모의 다양한 모델을 개발하여 분석하기 위한 목적으로 각 모델간 결과물 적용이 용이하다.

라. AEM(Advanced Emission Model)[6)]

○ AEM은 EUROControl에서 개발한 모형으로서 항공기의 연료소모량과 특정 기체 및 배출가스를 대응하기 위해 만들어졌으며, CO2, H2O, SOx, NOx, HC, CO, 벤젠, VOC, TOG 등의 질량을 추정하여 배출량을 산정할 수 있다.

○ AEM은 항공기 기종, 엔진타입 뿐아니라 4D 궤적을 포함한 프로파일세트로서 연료연소비율, 배출률 자료 외에 콜 사인, 출발시간, 출발 도착공항, 기종 등을 포함한 전반적인 비행 및 일정자료, 비행고도, 대지속도, 상승/하강 비율 등 비행자료를 포함하고 있다.

마. 해외 시스템 별 주요기능 비교

<표 1 > 해외 시스템 별 온실가스 산정 및 지원기능 비교

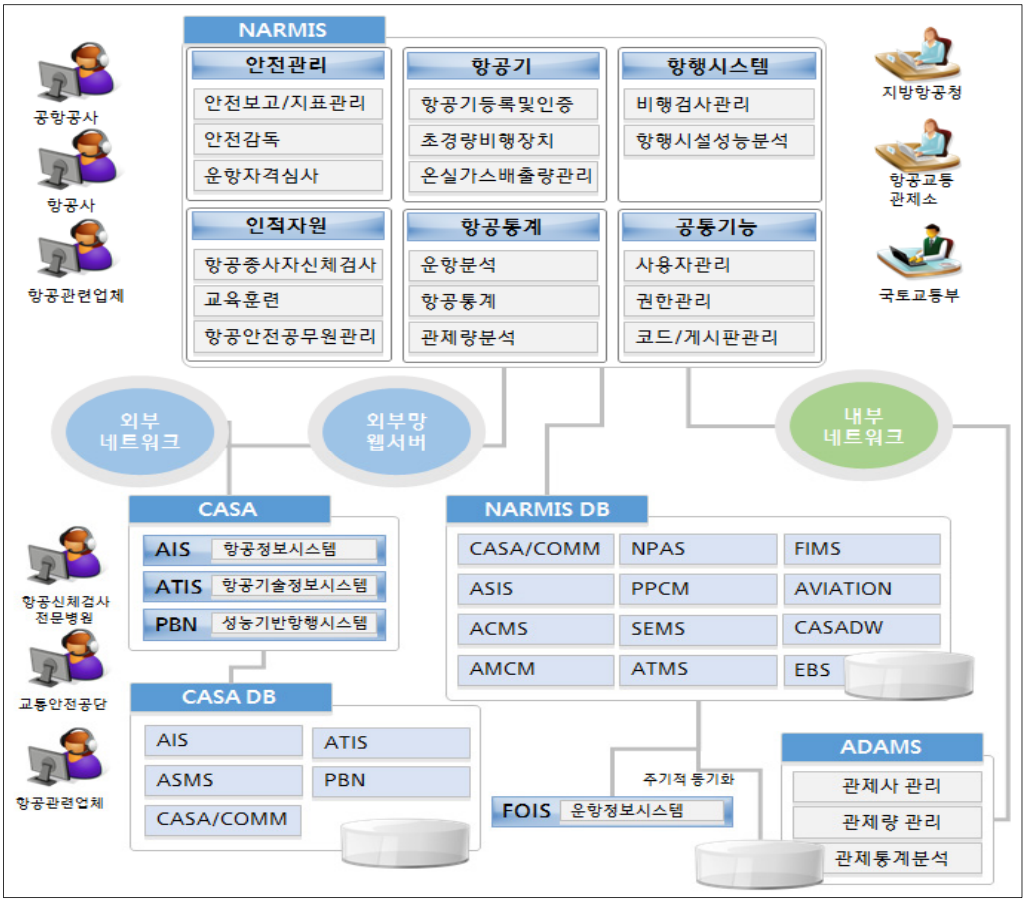
국가	명 칭	산정				정책수립 지원	의사결정 지원	경제성 분석
		현재	미래	지상 이동	대기 질			
미국	AEDT	O	X	X	X	X	X	X
네덜란드	AERO-MS	O	O	X	X	O	O	O
영국	FAST	O	△	X	X	△	X	X
유럽	AEM	O	X	X	X	X	X	X

5) 항공온실가스 산정 및 예측시스템 개발 기획보고서(2013)
6) https://www.eurocontrol.int/services/advanced-emission-model-aem

2. 국내 동향

가. 통합항공안전정보시스템(NARMI)

○ 우리나라의 항공안전지표관리, 항공기 등록 및 인증이력 관리, 항행안전시설 관리, 관제정보관리, 항공안전공무원 교육훈련관리, 항공안전감독 정보관리, 국제기준의 이행관리 등 항공안전에 관한 제반정보를 수집하고 관리하는 시스템이다.



<그림 3 > NARMI 시스템 구조

출처 : https://www.esky.go.kr/ (통합항공안전정보시스템 홈페이지)

○ 통합항공안전정보시스템의 경우 단순 국제선을 취항하는 유상운송용 항공기의 연료 소모량 및 이산화탄소 배출량 관리하는 단순 DB에 불과하고, 감축하기위한 예측시스템이 아닌 현재 발생한 온실가스를 기관별로 작성해서 제출하는 방식이다.

<표 2 > NARMI 시스템의 주요기능

구분	시스템 명	개 요
안전관리	항공안전의무·자율보고 관리	항공분야 안전장애 발생 현황을 분야별, 원인별로 분석하여 항공안전 위험요소를 색출·개선·관리
	안전감독관리	항공사·공항·관제기관·위험물에 대한 안전감독 계획·결과 등의 정보를 DB화하여 체계적으로 관리
	운항자격심사관리	조종사 운항자격심사 계획·실적관련 자료 등을 DB화하고, 심사결과 분석정보 공유
	운항 및 비행정보	공항별 항공기 출·도착 정보, 비행계획, 기상정보 등 운항관련 제반정보를 종합 관리
항공기	항공기 등록/인증이력관리	항공기 등록에서 말소까지의 소유권·임차권 등 권리 변동이력 및 인증이력 관리
	항공기술정보	항공기 형식 및 감항증명 등에 관한 기술자료 등 항공기에 관한 기술자료 관리
	초경량비행장치	초경량 비행장치 신고 현황 및 제원 관리
	배출가스분석	국제선을 취항하는 유상운송용 항공기의 연료 소모량 및 이산화탄소 배출량 관리
항행 시스템	비행검사관리	항행시설/장비에 대한 비행검사 계획 및 검사결과 관리
	항행시설성능분석	우리나라에 설치된 항행안전시설에 대한 점검·수리 등에 관한 이력, 비행검사자료 등을 관리
	항공정보	비행정보 및 항공정보간행물 등의 개정 관리 및 정보제공
인적자원	교육훈련관리	교육훈련 계획수립, 신청 및 수료결과에 대한 등록과 처리, 교육자료 등록·갱신 등 제반교육 정보관리
	항공직공무원 이력관리	항공안전공무원의 인적사항 및 인사정보, 자격관리 등 각종 이력관리
	항공종사자 신체검사관리	항공전문의사가 실시한 신체검사결과를 Web방식으로 데이터베이스화하여 항공종사자 신체검사 이력 자료를 공유
	항행전문가 네트워크	항행분야 국내외 전문가의 인적정보, 자격 등에 관한 각종 인적정보 및 관련 기술정보 관리
통계분석	항공통계분석시스템	항공기 운항실적, 관제량, 배출가스 통계 및 분석 관리

출처 : https://www.esky.go.kr/ (통합항공안전정보시스템 홈페이지)

나. KOTEMS(Korea Transport Emission Management System)

○ KOTEMS는 지속가능 교통물류발전 기본계획에 따라 도로, 철도, 항공, 해운 등 전 교통수단의 온실가스 배출량 및 저감량을 관리할 수 있는 시스템으로 정부가 교통부분 온실가스 관련 모든 배출정보를 DB화하여 관리하고, 관계부처 또는 지자체 온실가스 감축정책 추진 시 정책별로 감축효과평가, 온실가스 목표관리업체지원 등 온실가스 감축을 지원한다.

○ 전 교통부문에서 발생하는 온실가스를 체계적으로 관리하고자 개발되었으며 다음과 같은 세 가지 시스템으로 구성되어 있다.

<표 3 > KOTEMS의 주요기능

구 분	주요 기능
온실가스 인벤토리를 관리하는 배출정보시스템	국내/외 온실가스 정보 제공
	에너지 소비량, 온실가스 배출량, 온실가스 원단위 정보 제공
	국내 교통부문 온실가스 정보제공
자발적 협약에 의한 교통부문 기업 온실가스 배출현황을 관리하는 목표관리시스템	총괄적인 목표관리 및 이의신청 기능 제공 등
	배출량 산정, 적정 목표 설정 및 이행관리
온실가스 변화를 예측하고 평가하는 저감효과평가시스템	온실가스 감축전략별 교통수요분석(억제, 전환), 기술개선(연비향상) 등 정책변수의 변화에 따른 온실가스 저감효과 평가

출처 : https://www.kotems.or.kr/

○ 배출정보시스템의 주요기능

- 국외 온실가스 정보의 경우 국가별 교통(도로, 철도, 항공, 해운 등) 및 산업 전반의 배출현황을 알려주고 있어 항공부문의 배출량을 별도로 산출할 수 없다.

- 국내 온실가스 정보의 경우 국가 인벤토리보고서, 항공부분의 연료소모량, 에너지 소비량, 온실가스 배출량을 간략히 나타내고 있다

- 항공부문 온실가스에 국한하여 볼 경우는 기종별, 연료별, LTO 횟수 등을 통해 항공온실가스 배출량을 산정(Tier 2급)하며 항공사별 구분이 되어있

지 않다.

○ 목표관리 지원시스템의 주요기능

- 온실가스/에너지목표관리제(NA, Negotiated Agreement)는 현재 환경부 국가온실가스종합관리시스템(NGMS)에서 지원하고 있으나 KOTEMS의 경우 NGMS에서 지원하지 않는 부분을 발굴하여 지원하고 있다.

· 총괄적 목표관리 및 이의신청 기능 제공

- 자발적 온실가스/에너지목표관리제(VA)참여업체의 온실가스, 에너지 목표관리 지원

· 항공부문의 경우 목표관리지원시스템을 통해 온실가스 배출량 산정, 적정 목표설정 및 이행관리 자발적 협약 이행실적관리를 유상수송량(RTK)에 기반하여 실시한다.

○ 저감효과 평가시스템의 주요기능

- 교통부문(도로, 철도, 해운, 항공 등)의 온실가스 저감정책 및 사업효과를 평가하기 위한 방법론 개발 및 제시하는 것이며, 다른 교통부문의 경우 온실가스 감축잠재량을 계산하는 방법 및 간단한 계산방법이 공개되어 있으나 항공부문의 경우 아직 지원되지 않는다.



<그림 4 > 교통부문 온실가스 통합정보시스템 구성도

출처 : https://www.kotems.or.kr/

제3장 국내·외 항공 온실가스 감축기술 동향 및 분석

1. 국외 동향

가. ICAO[7)]

○ 현재 국제항공부문의 온실가스 감축 규제는 ICAO를 중심으로 추진되고 있다.

○ 2010년 37차 총회 결의안을 통해 국제항공온실가스에 대한 지구적 규제방안의 기본원칙에 합의하였으며 이는 다음과 같다.

- 첫째, 2020년까지 매년 평균 1.5%의 연료효율성 향상
- 둘째, 2020년까지 탄소중립을 바탕으로 한 성장
- 셋째, 2050년까지 2005년 대비 온실가스 50% 감축

○ 이에 따라 운송실적이 최소한도에 못 미치는 국가를 제외한 모든 체약국은 2012년부터 3년 주기로 국가이행계획을 제출해야 하며, 우리나라는 2012년 6월 1차 국가이행계획을 제출하였으며 2015년 6월 2차 국가이행계획 제출을 앞두고 있다.

○ ICAO는 국가이행계획을 위해 "Guidance on the Development of States' Action Plans on CO2 Emissions Reduction Activities(2013)"라는 이행계획 지침을 발간하여 체약국이 필요정보의 내용, 형태 및 제공시기, 요구사항 등을 매뉴얼로 제시하였다.

○ 국가 이행계획에는 국제항공부문의 유상수송량(RTK), 연료소비량, 온실가스

7) Guidance on the Development of States' Action Plans on CO2 Emissions Reduction Activities(2013)

배출량 및 감축계획, 비용편익분석, 위험관리분석 등 포괄적인 내용을 수록하여야 한다.

○ 국가 이행계획의 범위

- 국내, 지역, 양자 및 다자합의에 의한 대책을 모두 포함
- 국가이행계획에 의한 국제선의 영향은 동시편익으로 간주
- 공항과 지상장비에 의한 배출은 국내 배출로 간주

○ 국가이행계획 주요내용

- 국제항공의 과거(가능시 미래예측 포함)연료소비량과 CO2배출량
  - 2010년, 2020년 2050년은 반드시 포함
  - 모든 활용가능한 데이터 사용
- 기준연도나 기준선을 포함한 감축목표에 대해 국가 자발적 기여도 포함
- 국제항공의 CO2 감축을 위한 감축정책 리스트
  - 이미 시행중인 것과 시행 고려중인 것으로 구분하여 작성

○ ICAO 이행계획 지침에서는 국내항공의 배출과 국제항공의 배출 구분 기준은 회원국의 정책에 맞게 선택하도록 명시하고 있으나 구체적 기준 선정 시 데이터의 일관성을 유지할 것을 권고하고 있다.

○ 그러나 이행계획 지침에는 CO2 감축 및 제한치를 제시하고 있으며, 이를 측정하는 방법 및 정량적인 수치방안은 제시하고 있지 않다.

<표 4 > ICAO의 온실가스 감축수단 분류체계

대분류		중분류	
1	Aircraft-related technology development	1-1	aircraft minimum fuel efficiency standards
		1-2	aggressive aircraft fuel efficiency standards, setting standards for the future
		1-3	purchase of new aircraft
		1-4	retrofitting and upgrade improvements on existing aircraft
		1-5	optimizing improvements in aircraft produced in the near- to mid-term

		1-6	avionics
		1-7	adoption of revolutionary new designs in aircraft/engines.
	Alternative fuels	2-1	development of biofuels
		2-2	development of other fuels with lower life-cycle CO2 emissions
		2-3	standards/requirements for alternative fuel use
3	Improved air traffic management and infrastructure use	3-1	more efficient ATM planning, ground operations, terminal operations (departure, approach and arrivals), en-route operations, airspace design and usage, aircraft capabilities;
		3-2	more efficient use and planning of airport capacities;
		3-3	installation of airport infrastructure such as fixed electrical ground power and pre-conditioned air to allow aircraft APU switch-off;
		3-4	construction of additional runways and taxiways if used solely to relieve traffic congestion
		3-5	collaborative research endeavours.
4	More efficient operations	4-1	best practices in operations
		4-2	optimized aircraft maintenance (including jet engine cleaning/washing);
		4-3	selecting aircraft best suited to the mission.
5	Economic/market-based measures	5-1	voluntary inclusion of aviation sector in emissions trading scheme;
		5-2	incorporation of emissions from international aviation into regional or national emissions trading schemes, in accordance with relevant international instruments
		5-3	establishment of a multilateral emissions trading scheme for aviation which allows trading permits with other sectors, in accordance with relevant international instruments
		5-4	establishment of a framework for linking existing emissions trading schemes and providing for their extension to international aviation, in accordance with relevant international instruments
		5-5	emissions charges or modulation of landing/take-off (LTO) charges, in accordance with relevant international instruments
		5-6	positive economic stimulation by regulator: research programmes, special consideration and government programmes/legislation and accelerated depreciation of aircraft
		5-7	accredited offset schemes
		5-8	explore extension of CDM
		5-9	taxation of aviation fuel, in accordance with relevant international instruments
6	Regulatory measures/other	6-1	airport movement caps/slot management
		6-2	enhancing weather forecasting services
		6-3	requiring transparent carbon reporting
		6-4	conferences/workshops

출처 : Guidance on the Development of States' Action Plans on CO2 Emissions Reduction Activities(2013)

나. IATA [8)]

○ IATA는 항공 온실가스로 인한 기후변화에 적극적으로 대응하고, 온실가스 배출량을 감축하기 위해 항공업계를 지원하고 있다. 항공온실가스 배출은 연료사용과 밀접한 관계를 맺고 있는데, IATA가 직접 연료가격에 영향을 줄 수는 없지만 연료 소비량을 줄이기 위해 항공업계를 대변할 수 있는 관세, 수수료 및 세금을 줄이는 등 시장상황을 개선하기 위해 노력하고 있다.

○ IATA는 항공부분 탄소중립을 바탕으로한 성장으로 기술개발, 운용개선 등 추진을 통해 연료소비를 2005년 대비 2020년까지 20%저감 목표 및 이를 위해 2009년부터 2020년까지 매년 평균 1.5%의 연료효율성을 향상을 제시하였다

○ 특히 2005년부터 항공업계의 온실가스 배출량을 줄이기 위해 항공사 내 연료효율지원 및 구현을 지원하고자 'Green Team'을 운영하고 있으며, 이는 잠재적인 연료효율성과 온실가스 배출량 감축을 연구한다.

○ 항공업계에서 지속적으로 축적된 데이터를 기반으로 Green Team은 CO2 저감운용방안을 시행 및 검증하고 'Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management'보고서를 발간하여 항공사들이 실질적으로 적용 가능한 방안을 제시함으로서 항공사 및 여러 국가가 사용할 수 있도록 하였다

○ IATA 보고서에는 항공온실가스를 실질적으로 절약할수 있는 방안 및 이를 정량화하여 세부수단을 위해 가상의 ABC항공사를 제시하였다.

○ ABC항공사는 Boeing 및 AIRBUS 등 장거리와 단거리 모두 운항이 가능한 항공기를 소유하고 있다고 가정하였으며, 여러 비용(유지비용, 승무원관리비용, 연료비용 등)은 현재 일반적 항공사 비용을 적용하였다.

○ Green Team이 제시한 항공기 온실가스 감축방안은 크게 5가지로 분류되어 나눌 수 있다.

○ 공항 지상에서 발생하는 배출량을 감소시키기 위한 APU 관리, APU사용항공기 운항을 위한 항공기의 전반적인 스케줄 및 운용을 관리하는 운항관리,

8) Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management(2011)

항공기가 운항을 시작할 때부터 멈출 때까지 활동인 항공기 운항, 항공기 성능향상을 위한 정비 및 유지보수, 항공기 관리방안의 일환인 지상, 중량 관리가 있다.

<표 5 > IATA의 온실가스 감축수단 분류체계

대분류		중분류	
1	APU	1-1	Ground Ops APU - Total Reduction
		1-2	FOPS APU - Optimized Operation
		1-3	Flight Ops APU Optimized Operation - "No Pack"
		1-4	Flight Ops APU Optimized Operation - Single Pack
		1-5	Maintenance APU Utilization Optimized Operation
2	Flight Dispatch	2-1	Optimized - Cost Index
		2-2	Route Specific - Cost Index
		2-3	Cost Index - Delay Cost Mgt
		2-4	Flt Plan OPT - LATERAL
		2-5	Flt Plan OPT - VERTICAL
		2-6	EU-OPS - RCF 5%>3%
		2-7	CF Unprotected - 3% (A to B)
		2-8	CF Unprotected 5%(A to B)
		2-9	Redispatch (Reduced CF) - EU-OPS
		2-10	Flight Dispatch - Additional Fuel
		2-11	Over Tankering
		2-12	Alternate - OPT Selection
		2-13	Alternate - Cost Index "0"
		2-14	No Alternate Ops - (NO-ALTN IFR)
		2-15	Holding Fuel Optimization
		2-16	Loadplanning - CG Management
		2-17	Loadplanning - ZFW Accuracy
		2-18	Fuel Bias - (Flight Planning System)
		2-19	Taxi Fuel Excess Standard Load
3	Flight Operations	3-1	Flight Crew - Additional Fuel
		3-2	Engine Out - Taxi Out
		3-3	Reduced Flap Take off
		3-4	Reduced Acceleration Altitude
		3-5	CDDs & T-Departures RNPs
		3-6	CDOs & T-Arrivals RNPs
		3-7	Low Noise Low Drag Approaches
		3-8	Reduced Flap Landings
		3-9	Idle Reverse on Landing
		3-10	Engine Out - Taxi In
		3-11	Pilot Technique - Flight Management
4	Maintenance & Engineering	4-1	Engine Core Water Wash
		4-2	(Airframe) DRAG Paint, Wash, Steps, Seals, Doubler
		4-3	Aircraft Weight Issues (M&E)

		4-4	Engine SFC - Build Standard
		4-5	APU SFC - Build Standard
		4-6	Configuration Change - Weight Reduction
5	Commercial & Ground Operations	5-1	Commercial Equipment Weight Reduction
		5-2	Catering Weight Reduction
		5-3	Duty Free Weight Reduction
		5-4	Magazines Weight Reduction
		5-5	Potable Water Weight Reduction
		5-6	Additional Fuel - Over Fuelling

출처 : Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management

○ 실 데이터를 이용하여 여러 감축수단에 대해 정량적인 수치를 제시한 보고서는 최초이며, 항공사가 현재 실질적으로 적용 가능한 방안을 구체적으로 제시하였다. 그러나 IATA보고서는 실제 데이터 외에 예측을 위한 BAU는 제시하지 않아 ICAO가 제시하고 있는 신형항공기 도입 및 대체연료 사용에 대한 감축수단은 고려하지 않는다.

2. 국내 동향

가. 국가이행계획[9)]

○ 우리나라는 ICAO가 2010년 37차 총회에서 이행계획 제출을 결의함에 따라 ICAO의 요구 사항을 충족하면서 우리나라의 여건 및 향후 국제선 수요의 변화와 관련기술의 발달 속도를 감안한 항공부문(특히 국제 항공부문)의 온실가스 감축을 위한 이행계획을 수립하고자 하였다. 또한 국제항공뿐 아니라 국내부문을 포함한 전체 항공부문의 온실가스 배출량을 합리적으로 감축하기 위한 중장기 계획안을 제시하였다.

- 2012년 6월 1차 국가이행계획 제출
- 2015년 6월 2차 국가이행계획 제출 예정

○ 우리나라는 '온실가스감축 국가이행계획 T/F'를 만들어 항공사, 공항운영기관, 정부 및 관제기관, 연구기관의 관계자로 이루어진 분석팀을 구성하여 국가이행계획을 대응하고 있으며. 주기적으로 예상배출량(BAU), 감축목표,

9) 항공부문 온실가스 감축 국가이행계획 수립연구(2012.5)

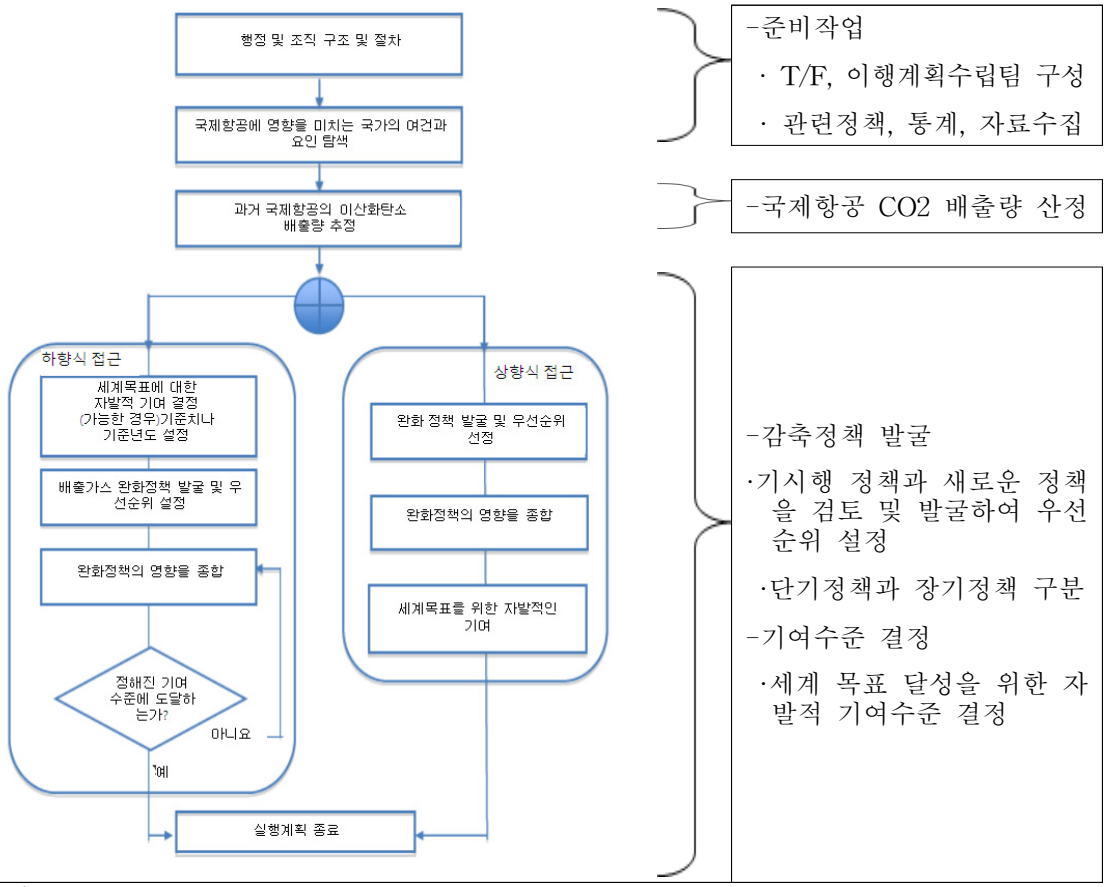
감축수단의 적절성 및 개선방안에 대해 논의를 하고 있다.

<표 6 > 국내 온실가스 감축 국가이행계획 지원

참 여 기 관	담 당 업 무
국토교통부	-업무 총괄 -관제, 공항관련 자료제공, 수단 검토
항공사	-운항, 연료관련 통계 및 자료제공 -아이디어 및 개선계획 검토, 협의
공항공사	-공항관련 통계, 계획 등 제공 -개선계획 협의
연구기관	-이행계획 수립 실무작업 -분과회의, 자문회의, 협의회 개최 -연구자문
협회	-관련통계 제공 및 검토

○ 또한 T/F 외에도 각 관계기관의 해당업무 종사자와의 회의를 통하여 문제점을 파악하고 개선안을 도출하며, 다수 기관이 관계된 사안의 경우는 관계자 합동회의를 통하여 수행하고 있다.

<표 7 > 국가 이행계획 계획수립과정



출처 : Guidance Material for the Development of States' Action Plans (ICAO, 2011.9)

○ 국가이행계획을 수립하기 위해 먼저 이행계획에 포함할 감축정책 수단을 결정하고, 수단별로 향후 예상되는 여건 아래 최선의 노력을 다 할 때 예상되는 감축효과 추정하고, 추정된 감축량을 모두 합산하여 감축목표로 설정하는 상향식 접근방법을 채택하였다.

○ 1차 국가이행계획의 감축정책 수단의 결정은 항공사와 공항 운영자, 항행서비스 제공자(정부)가 제시한 34개 후보수단 중 감축량의 유의미성, 계량화 가능성 등을 종합적으로 판단하여 이루어졌으며, 모두 10개의 수단이 선정되었다.

○ 2차 국가이행계획의 감축정책 수단의 결정은 1차 국가이행계획 중 더 이상 이행률을 높이는 것이 어렵거나 감축 잠재량이 충분하지 않은 수단은 제외하고, 정부와 공항에서 새로 도입되거나 계획이 수립된 정책을 채택하여 총 11개의 수단이 선정되었다.

<표 8> 1차와 2차 국가 이행계획 감축수단 비교

구분	1차 국가 이행계획(2012년)	2차 국가이행계획 (2015년 예정)
1	친환경 항공기로의 교체	친환경 항공기로의 교체
2	단축항로 확대	(삭제) 잠재량 부족
3	성능기반항행(PBN) 도입	성능기반항행(PBN) 도입
3-1	항로 복선화	항로 복선화
3-2	CDO 확대	(삭제) 잠재량 부족
4	APU 사용 억제	AC-GPS 사용 촉진
5	항공사 비용지수(CI) 최적화	(삭제) 잠재량 부족
6	법적 보정연료 개선	(삭제) 시행 완료
7	단일 엔진 지상 활주	단일 엔진 지상 활주
8	공회전 역추진 사용	공회전 역추진 사용
9	항공기 엔진 세척	항공기 엔진 세척
10	경량 ULD 사용	경량 ULD 사용
…	(신규) 정부 계획	ATFM센터 건설
…	(신규) 인천공항공사 계획	ACDM 도입
…	(신규) 항공사 추천	경량 객실카트 사용
…	(신규) 항공사 추천	저항력 플랩

나. 자발적 감축협약[10)]

○ 항공 온실가스 감축 자발적 협약은 정부와 항공운송사업자 간 협약을 체결하고 검증평가기관의 이행실적 검증을 통해 항공온실가스 저감활동을 자발적으로 촉진하기 위한 제도이다. 자발적 감축협약은 향후 예상되는 ICAO 및 EU 온실가스 규제에 선제적으로 대응할 수 있도록 국적항공사의 역량을 확보할 수 있는 기회를 제공한다.

○ 자발적 감축협약에서는 항공부문 온실가스 저감을 위한 정책을 선정하기 위하여, 먼저 ICAO 이행계획 지침에 제시된 저감기술과 관련 선행연구 및 항공사별 온실가스 저감활동 조사결과를 바탕으로 시행 가능한 온실가스 감축정책 목록을 작성한다.

○ 국가 항공사의 자발적 감축협약 데이터는 국가이행계획을 뒷받침하는 근거자료로 사용되게 되며 항공사별 감축수단 선정은 보안상 공식적으로 공개되지 않는다.

○ 자발적 협약에서 제시된 감축수단별 저감효과를 통해 각 항공사별로 감축량을 검증평가기관에 제출하면 된다.

<표 9 > 감축수단 별 자발적 감축협약 내용

구분	자발적 감축 협약
운항관리	탑재연료 최적운영
	무게중심관리
비행운용	APU 사용 억제
	근거리 교체공항 선정
	공회전 역추진 적용
	단일엔진 활주 적용
	저항력 플랩 이륙 적용
	단축항로 적용
항공역학 및 정비관리	엔진세척
중량관리	탑재수 최적운영
	유상탑재량 편차관리
교통관제	연속강하접근(CDO) 적용
	성능기반항행(PBN) 적용

10) 항공온실가스 감축을 위한 자발적협약 이행매뉴얼(2012.12)

○ 감축목표는 국내외 항공분야 기술여건 및 연료효율개선 추세 등을 고려하여 정부와 참여항공사와의 협약을 통해 자발적으로 산정하나, ICAO에서 권고하는 연료효율 2%내외의 범위에서 설정하여야 한다.

○ 현재 대한항공, 아시아나항공, 제주항공, 에어부산, 이스타항공, 진에어, 티웨이항공 등 7개 항공사가 참여하고 있다.

- 대한항공, 아시아나항공 : 2% 감축 목표
- 제주항공, 에어부산, 진에어, 이스타항공, 티웨이항공 : 3% 감축 목표

다. 항공 온실가스 저감기술 이행매뉴얼[11)]

○ 항공사는 국가 항공온실가스 감축목표 달성을 위해 자발적감축협약, 국가이행계획 지원 등 다양한 활동을 수행해 왔으나, 저감기술에 대한 적용 노하우와 관련정보의 부족 등으로 항공사간 저감기술의 적용수준은 상당한 차이가 있었다.

○ 또한 저감효과의 측정 분석을 위한 표준화된 산정기준이 없어 저감성과의 정량화된 평가 또한 상당한 어려움이 있었다.

○ “항공온실가스 저감기술 이행매뉴얼”은 연료저감 효과 산정기준이 항공사별로 상이한 일부 저감기술에 대해서는 국제민간항공기구(ICAO) 및 국제항공운송협회(IATA)의 지침서와 항공기 기종별 제작사 매뉴얼은 물론 국내·외 항공사들의 이행사례 등을 참고로 감축수단에 따른 적용방안을 심도있게 검토하여 항공기 성능개선, 비행운용, 운항관리 및 중량관리 부문 등 23종의 다양한 저감 신기술들을 발굴·수록하여 표준화된 산정 기준을 마련하였다.

○ 따라서 본 매뉴얼을 통해 항공사는 표준화된 산정 기준으로 정량화된 수치를 제시하여 자발적 협약에 더 적극적으로 임할 수 있으며 이를 통해 국가이행계획을 적극적으로 지원할 수 있다.

11) 항공 온실가스 저감기술 이행매뉴얼(2015.2)

<표 10 > 감축수단별 저감기술 내용

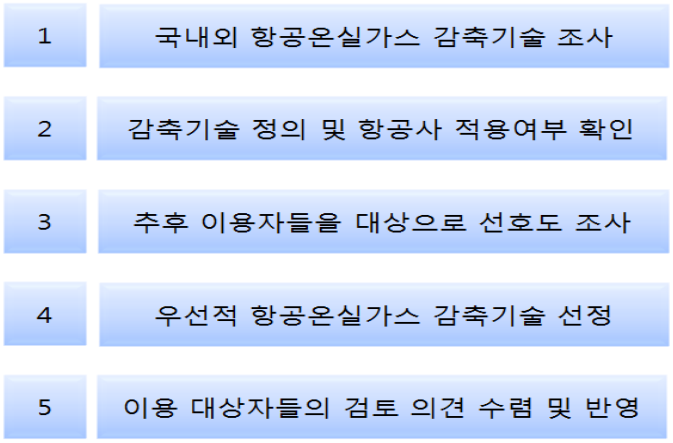
구분	항공 온실가스 저감기술 이행매뉴얼
비행운용	Idle Reverse Thrust
	Reduced flap Takeoff/Landing
	Engine Shut-Down Taxiing
	APU사용 최소화
	기타 비행운용 개선을 통한 연료저감 방안 - Rolling Takeoff - Intersection Takeoff - Stabilized Approach
운항관리	NADP(Noise Abatement Departure Procedure) 절차변경
	CDO(Continuous Descent Operation) 확대
	최적 CI(Cost Index) 운용 - Variable CI(Cost Index) 적용
	교체공항 선정
	항로단축
성능 개선	E-Taxi
	Engine Water Wash
	PIP(Performance Improvement Package) 적용
	Winglet 장착
중량관리	Zonal dryer
	Paperless Cockpit
	Potable Water 최적화 탑재
	기타 중량저감을 통한 연료저감 방안 - Aircraft Strip Repainting - 경량ULD 전환 확대 및 운용효율성 제고 - 기타 부품 하기

제4장 항공 온실가스 감축기술 분석

1. 항공온실가스 감축기술 분석 방법

○ 항공온실가스 감축기술 분석은 먼저 국내외 감축기술에 대한 사항들을 조사 분석하고, 그 결과를 바탕으로 국내 항공사의 항공온실가스 담당자 및 관련 부서 담당자들과 면담조사를 실시하여, 실제 항공사에서 운용되고 있거나 감축기술과 시스템에 포함하는 감축기술의 선호도 조사를 실시한다.

○ 또한, 현재 적용되고 있는 국내 감축기술과 비교한 후, 시스템에 구축이 가능한 감축기술을 토대로 우선적으로 항공온실가스 감축기술을 선정한다.



<그림 5 > 항공온실가스 예측 모듈 감축기술 선정 방법

○ 첫 번째는 국내외 항공온실가스 감축기술을 조사하였으며, 그 결과로 국내에서 적용하고 있는 감축기술과 국외 항공온실가스 감축기술을 분석하였으며, 주요 항공온실가스 감축기술을 조사한 문서는 다음과 같다.

- 한국교통연구원, '항공부문 온실가스 감축 국가이행계획 수립 연구', 2012

· 항공 온실가스 감축기술 10개 포함되어 조사·분석되어 있음

- 교통안전공단, '항공온실가스 저감기술 이행 매뉴얼', 2015

· 항공 온실가스 감축기술 23개 포함되어 조사·분석되어 있음

- IATA, Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management, 2011

· 항공 온실가스 감축기술 47개 포함되어 조사·분석되어 있음

○ 두 번째는 첫 번째에서 조사한 항공온실가스 감축기술을 항공사의 항공온실가스 담당자들을 대상으로 면담조사를 실시하여, 항공사에서 항공온실가스 적용여부를 조사한다.

- 항공사에 면담조사를 하기 전 항공사를 대상으로 항공온실가스 산정 및 예측 시스템 개발에 대한 전반적인 설명을 실시하였다.

- 개발 시스템이 완성되면 주 사용자들이 항공사들이므로, 이들을 대상으로 개발 시스템의 요구사항도 도출하였다.

○ 세 번째는 항공온실가스 감축량 예측 모듈 개발의 요구사항으로 사용자들을 대상으로 항공온실가스 감축기술의 선호도조사를 항공온실가스 대상자 및 관련 부서 사람들에게 실시한다.

○ 네 번째는 사용자들을 대상으로 실시된 항공온실가스 감축기술들을 취합하고, 국내 항공사들이 사용하는 항공온실가스 저감기술 이행매뉴얼과 비교하여, 항공온실가스 감축량 예측 모듈에 포함하는 감축기술들을 우선적으로 선정한다.

- 감축기술에 대한 선정은 선호도가 높은 감축기술부터 나열하고, 선호도가 높은 감축기술부터 실제 적용 가능여부를 1차적으로 개발자가 판단한다.

- 1차적으로 선별된 선호도 감축기술들을 다시 항공온실가스 저감기술 이행매뉴얼에 제시되어있는 이행매뉴얼과 비교하여, 우선적 항공온실가스 감축기술을 선정한다.

- 항공온실가스 저감기술 이행매뉴얼과 비교를 하는 이유는 항공온실가스 관리부서가 국토교통부와 교통안전공단이며, 두 부서에서 공동으로 '15년 2월에 매뉴얼을 제작하였고, 이 매뉴얼은 최근 국내 항공사들이 모두 사용하여 항공온실가스 감축량 산정을 하는 기준이 된다.

○ 다섯 번째는 우선적으로 선정된 감축기술들을 대상으로 사용자들의 검토의견을 받고, 그 결과 검토의견에 개발자 의견을 제시한다.

2. 감축수단 별 산정방안

○ 항공온실가스 감축수단 범주별로 저감분석을 위한 감축기술을 선정하고, 저감효과 산출기준을 개발하여 산출식 검증을 통한 산출기준 표준화가 필요하다.

○ 감축수단 분석 및 산정방안을 구체적으로 조사하기 위해 감축수단이 가장 많이 포함되어있는 IATA[12] 보고서를 우선적으로 분석하였고, 이를 저감기술 이행 매뉴얼, 국가온실가스 이행계획과 비교·분석하였다.

○ 과거부터 미래까지 산정된 온실가스 배출량에 대해 APU, 운항관리, 운항, 정비 및 유지보수, 지상 중량관리의 5개 범주에 대한 감축기술 적용을 통한 저감효과를 분석하고, 저감 잠재량을 파악하여 감축이 이뤄질 수 있도록 적용 가능한 수단을 분석하였으며, 이에 대한 구체적인 5개 범주는 다음과 같다.

<표 11 > 감축수단별 분류체계

대분류		중분류	
1	APU	01-01	GPU/AC-GPS 사용 권장
		01-02	APU 억제정책 운영
		01-03	No Pack 비행중 APU 최적화
		01-04	Single Pack 비행중 APU 최적화
		01-05	정비시 APU 최적 운영방안
2	Flight Dispatch	02-01	CI 개선
		02-02	항공로별 CI 적용
		02-03	지연비용 적용한 CI 운영
		02-04	횡적 비행계획 최적화
		02-05	고도별 비행계획 최적화
		02-06	보정연료 5%>3% 사용
		02-07	교체공항까지 보정연료 3%
		02-08	교체공항까지 보정연료 5%
		02-09	일부구간 보정연료 사용
		02-10	추가연료 (운항관리사 요청)
		02-11	탱커링 연료 최소화
		02-12	대체공항 최적화 운영
		02-13	대체공항 운항시 CI지수 0으로 변경
		02-14	IFR시 대체공항 미선정 운영

12) IATA, Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management, 2011

		02-15	체공연료 최적화
		02-16	항공기 무게중심관리
		02-17	영연료중량 정확도
		02-18	연료 바이어스 산정
		02-19	지상활주연료 표준 산정
3	Flight Operations	03-01	추가연료 (조종사 요청)
		03-02	단일엔진 택싱 인
		03-03	저플랩 이륙절차
		03-04	저플랩 가속고도 이륙절차
		03-05	연속출발절차 & T형 RNP 출발절차
		03-06	연속강하절차 & T형 RNP 도착절차
		03-07	저소음 저항력 절차
		03-08	저항력 플랩 절차
		03-09	공회전 역추진
		03-10	단일엔진 택싱 아웃
		03-11	조종사 역량
4	Maintenance & Engineering	04-01	엔진 코어 세척
		04-02	항공기 프레임 경량화
		04-03	정비부문 항공기 무게 경량화
		04-04	엔진 SFC 표준화
		04-05	APU SFC 표준화
		04-06	경량화를 위한 항공기 구조변경
5	Commercial & Ground Operations	05-01	기내서비스장비 무게 감소
		05-02	케이터링 무게 감소
		05-03	면세품 무게 감소
		05-04	매거진 무게 감소
		05-05	탑재수 무게 감소
		05-06	추가연료 감소 방안 (over fuel)

○ 5개 범주에 대한 구체적인 정의 및 감축원리는 APU, 운항관리, 운항, 정비 및 유지보수, 지상중량관리 순으로 분석하였다.

가. APU

○ 항공기 보조동력장치(APU, Auxiliary Power Unit)는 항공기 후미에 설치되어 주동력기관의 시동에 필요한 동력 또는 비상동력을 공급하는 소형 가스터빈 엔진 형식의 일종으로 주엔진 고장 또는 정지 상태에 있을 때 동력을 공급하는 역할을 한다.

○ APU 사용은 동일한 시간의 지상전원공급장치 사용에 비해 연료소비량이 상당함에 따라 항공사 자체적으로도 APU 사용을 최소화하여 연료절감을 실현하고 있다.

○ 따라서 지상에서 AC-APU 사용을 억제하고 AC-GPS를 사용함으로써 항공기의 연료절감을 달성할 수 있으며, 이에 대한 정량적 결과를 감축수단 알고리즘을 통해 예측할 수 있다.

○ APU의 효율적 사용을 통해 기대할 수 있는 온실가스 배출량 감축은 GPU/AC-GPS와 같은 지상전원공급장치의 사용을 제외하면 실질적으로 큰 감축 효과를 기대하기는 어려우므로 충분한 사전검토가 필요하다.

○ APU를 통해 감축할 수있는 감축수단은 아래와 같다.

<표 12 > APU 감축수단의 세부 내역

대분류	중분류	
APU	01-01	GPU/AC-GPS 사용 권장
	01-02	APU 억제정책 운영
	01-03	No Pack 비행중 APU 최적화
	01-04	Single Pack 비행중 APU 최적화
	01-05	정비시 APU 최적 운영방안

(1) 01-01 GPU/AC-GPS 사용 권장

① 감축 원리

○ 지상에서 사용되는 APU의 주요 사용은 비행전의 지상 항공기 취급과 관련이

있다. 연료 소모량 감소를 목적으로 운영하기 위한 방법으로 전체 운영되는 APU 사용량을 작업자에 따라 축소하여 운영하며, 공항내 지상에 위치한 경우 GPU/AC-GPS 사용으로 온실가스 감축이 가능하다.

○ 공항별로 APU 사용억제를 권장하여 공항에 설치된 GPU/AC-GPS[13] 사용을 권장하였고, 이에 따른 파급효과로 2011년 인천공항에서 60%정도 감소하였다. (항공부문 온실가스 감축 국가이행계획 수립 연구, 2011)

○ AC-GPS는 인천/김포/제주/무안공항 탑승동에서 사용이 가능하다.

② CO_2 감축량 산정예시

- 연료감축량(kg) = ((총 APU/GPU/AC-GPS 사용시간) -
  (실제 APU 사용시간)) × 시간당 APU 소모연료량
  x 시간당 APU 소모연료량은 항공기별로 다른 값 적용함
- CO2 감축량(t) = 연료감축량 × 3.15
- GPU 사용시 CO2감축량(t) = CO2감축량 × 0.88%
- AC-GPS 사용시 CO2감축량(t) = CO2감축량 × 0.99%

∴ 총 CO2감축량(t) = GPU CO2감축량 + AC-GPS CO2감축량

③ 적용방안

○ GPU(Ground Power Unit) 혹은 AC-GPS(Aircraft Ground Power Supply)는 지상에 정박해있는 항공기에게 전력을 공급하는 장치로서, 항공기와 공항 터미널을 연결하는 jetway나 별도의 차량 등에 장착할 수 있다.

○ GPU에 연결되어있는 동안에는 항공기에서 필요한 전력 생산을 위한 동력장치를 가동하지 않아도 되지만, 해당 설비를 구축하는데 추가적인 비용이 발생하므로 정부 및 항공사의 충분한 검토가 필요하다.

(2) 01-02 APU 억제정책 운영

① 감축 원리

13) AC-GPS 사용시 APU 99%, GPU의 약 88% 정도의 CO2 절감, (항공부문 온실가스 감축 국가이행계획 수립 연구, 2011)

○ 항공사의 정책적인 절차를 마련하여 APU 사용량을 억제하는 방법이다.

- GPU/PCA가 사용할 수 없는 곳에서는 APU를 출발직전에만 가동한다.
- 출발직전까지 GPU/PCA를 충분히 운영한다.
- 객실의 기내 온도 조절은 고객의 편안함을 위해 APU 사용한다.
- 회사정책으로 APU 억제정책을 수립한다.(여객수송, turnaround, layover, RON(Remain Overnight))
- 항공기가 출발 및 도착할 때 APU 운용시간을 최소화하기 위하여 지상조업의 협력 및 프로세스를 수립할 수 있다.
- 그라운드 지상장비 현황 및 운용가능여부를 CREW에게 알리고, APU 사용 유무를 확인한다.
- APU 사용 시 책임자를 선정하고, APU 사용할 때를 정확하게 판단한다.

○ 항공사별로 항공기 온실가스 감축을 위한 방법으로 회사 내부규정을 제정한다.

② CO2 감축량 산정예시

- 연료감축량(kg) = ((총 APU/GPU/AC-GPS 사용시간) -
  (실제 APU 사용시간)) × 시간당 APU 소모연료량
  x 시간당 APU 소모연료량은 항공기별로 다른 값 적용함
- CO2 감축량(t) = 연료감축량 × 3.15
- GPU 사용시 CO2감축량(t) = CO2감축량 × 0.88%
- AC-GPS 사용시 CO2감축량(t) = CO2감축량 × 0.99%

∴ 총 CO2감축량(t) = GPU CO2감축량 + AC-GPS CO2감축량

③ 적용방안

○ APU의 사용을 실제 억제하였을 경우 객실온도가 상승하여 탑승객이 불편해 할 가능성이 높으며, 이는 항공사의 서비스 질에 영향을 미칠 가능성이 높다.

○ 또한 GPU 등의 지상전원공급장치의 사용이 어려운 곳에서는 APU의 사용을 실질적으로 억제하기가 어려운 것이 현실이다.

(3) 01-03 No Pack 비행중 APU 최적화

① 감축 원리

○ APU의 최적 운항을 위하여 여압장치를 “No Pack" 으로 운영하여, 항공온실가스 발생량을 저감시킨다.

○ 항공기 제작사에서 외기온도가 적절할 시 No Pack 상태로 APU를 지상에서 운영할 수 있다. 운항 시 APU 사용은 운항절차에 따라 필수적으로 사용하는 경우에만 사용하고 있다.

② CO2 감축량 산정예시

- 연료감축량(kg) = ((총 APU/GPU/AC-GPS 사용시간) - (실제 APU 사용시간)) × 시간당 APU 소모연료량
  x 시간당 APU 소모연료량은 항공기별로 다른 값 적용함
- CO2 감축량(t) = 연료감축량 × 3.15
- GPU 사용시 CO2감축량(t) = CO2감축량 × 0.88%
- AC-GPS 사용시 CO2감축량(t) = CO2감축량 × 0.99%

∴ 총 CO2감축량(t) = GPU CO2감축량 + AC-GPS CO2감축량

③ 적용방안

○ PACK을 작동하지 않게되면 순항시에는 외기가 너무 낮고 지상에서는 객실의 온도가 상승하여 매우 특수한 경우에만 가동을 시키지 않는다.

○ 객실온도가 상승하여 탑승객이 불편해할 가능성이 높으며, 이는 항공사의 서비스 질에 영향을 미칠 가능성이 높으므로 항공사의 신중한 검토가 필요하다.

(4) 01-04 Single Pack 비행중 APU 최적화

① 감축 원리

○ APU의 최적 운항을 위하여 여압장치를 “single Pack" 으로 운영하여, 항공온실가스 발생량을 저감시킨다.

○ 항공기 제작사에서 외기온도가 적절할 시 single Pack 상태로 APU를 지상 또

는 운항 중에 사용할 수 있다. 다만, 운항시 여압장치는 엔진에 의해서 작동이 가능하며, APU 사용은 운항절차에 따라 필수적으로 사용하는 경우에만 사용하고 있다.

② CO2 감축량 산정예시

- 연료감축량(kg) = ((총 APU/GPU/AC-GPS 사용시간) - (실제 APU 사용시간)) × 시간당 APU 소모연료량 x 시간당 APU 소모연료량은 항공기별로 다른 값 적용함 - CO2 감축량(t) = 연료감축량 × 3.15 - GPU 사용시 CO2감축량(t) = CO2감축량 × 0.88% - AC-GPS 사용시 CO2감축량(t) = CO2감축량 × 0.99% ∴ 총 CO2감축량(t) = GPU CO2감축량 + AC-GPS CO2감축량

(5) 01-05 정비시 APU 최적 운영방안

① 감축 원리

○ 정비하는 경우 APU의 운영을 최소화하여 연료소모 및 연료 저감 정책 수립이 가능하다.

○ 정비할 때 APU 사용은 각 항공사들별로 다르지만, APU를 필수적으로 운영하여 점검하는 정비 파트들의 경우 모든 항공사들이 운영해야 한다.

○ 다만 APU 사용량 점검에 대해서는 항공사별로 기준이 상이하며, APU 점검은 매일 APU 점검 및 6,000hr 마다 교환한다. (매 비행기편마다 점검하거나 매일 APU 점검시 사용량 체크)

② CO2 감축량 산정예시

APU 정비시설의 최적 운영 사용량 = 연간 APU 운영 시간(Hr) × 목표 향상율(%) × 시간당 APU 연료 소모량

나. 운항관리

○ 운항관리에는 기상 및 항로, 대체공항 등을 고려하는 비행계획단계, 탑재연료의 관리, 항공기와 탑재물품 및 무게중심 등 항공기 운항 전에 필요한 제반사항을 고려해야 한다.

○ 그러나 운항관리를 통하여 온실가스 배출량을 저감하는 방법은 운항 안전에 저해가 되지 않는 선에서 철저한 분석아래 적용이 필요하다.

○ 따라서 항공기의 전반적인 스케줄 및 운용을 적절히 관리하는 감축수단 알고리즘을 통해 예측할 수 있다.

○ 운항관리를 통해 감축할 수 있는 감축수단은 아래와 같다.

<표 13 > 운항관리 감축수단의 세부내역

대분류	중분류	
운항관리	02-01	CI 개선
	02-02	항공로별 CI 적용
	02-03	지연비용 적용한 CI 운영
	02-04	횡적 비행계획 최적화
	02-05	고도별 비행계획 최적화
	02-06	보정연료 5%>3% 사용
	02-07	교체공항까지 보정연료 3%
	02-08	교체공항까지 보정연료 5%
	02-09	일부구간 보정연료 사용
	02-10	추가연료 (운항관리사 요청)
	02-11	탱커링 연료 최소화
	02-12	대체공항 최적화 운영
	02-13	대체공항 운항시 CI지수 0으로 변경
	02-14	IFR시 대체공항 미선정 운영
	02-15	체공연료 최적화
	02-16	항공기 무게중심관리
	02-17	연료중량 정확도
	02-18	연료 바이어스 산정
	02-19	지상활주연료 표준 산정

(1) 02-01 CI 개선

① 감축 원리

○ 항공기별 Fuel burn & time cost 차트화하여 해당 항공기의 Cost Index 최적 값을 산정하고, 그 결과를 비행계획서 상에 반영한다.

○ 2012년 국토교통부의 비행단계별 10개 세부감축추진전략[14]을 발표하여 주기적인 Cost Index 값 산정을 실시하도록 하였으나, 현재 대부분의 항공사들은 국내선, 국제선으로 구분하여 고정 값을 적용하고 있다. 또한 주기적으로 체크하여 Cost Index 값을 변경하는 항공사는 일부에 국한된다.

② CO2 감축량 산정예시

Fuel burn saving (kgs) = burn (kg/yr) × Burn reduction(%)
CO2 reduction (t) = Fuel burn saving (kgs) × 3.15
Saving kgs per Flight = Fuel Burn Saving / Cycle/yr fleet

③ 적용방안

○ CI값을 정확하게 산출하는 것은 불필요한 연료의 주입을 줄여 온실가스 배출량 저감에 상당한 영향을 주나, 동일항공기여도 탑승승객 및 수화물의 구성이 매번 상이하기 때문에 정밀하게 산정하기는 매우 어렵다.

(2) 02-02 항공로별 CI 적용

① 감축 원리

○ 출발·도착 공항별로 연료 및 제반시설들의 사용비용 등이 상이하므로, Cost Index를 주기적으로 계산하여 이를 변경한다.

○ 각 공항의 연료구입비용은 항공사별로 상이하며, 항공사별로 연료구입비용에 대한 분석은 실시한다. 다만, 항공로별 Cost Index 계산은 IATA 보고서 상에서는 효과가 미미한 것으로 기술된다.

14) 10개 세부감축추진전략 : ▲친환경 항공기로의 교체 ▲항공기 직선비행을 위한 단축항로 확대 ▲성능기반항행(PBN) 기법 도입 ▲항공기 보조동력장치(APU) 사용 대신 지상에 설치된 지상전원장치 사용 확대 ▲주기적으로 항공기 운항 동안 시간비용과 연료비용을 검토하는 항공사 비용지수(Cost Index)의 최적화 ▲항공기에 탑재하는 보정연료의 법정 탑재율을 안정성 범위 내에서 조정 ▲단일 엔진 지상 활주 ▲항공기 착륙시 공회전 역추진 사용 ▲공기 엔진의 주기적 세척 ▲화물적재시 경량형 단위적재용기(ULD) 사용

② CO2 감축량 산정예시

fuel Burn saving(kgs) = Burn (kg/yr) × reduction value(%) CO2 reduction (t) = Fuel burn saving (kgs) × 3.15 saving kgs per FLT = fuel Burn saving(kgs) / cycle/Yr fleet

(3) 02-03 지연비용 적용한 CI 운영

① 감축 원리

○ 항공기의 ATA와 ETA 시간의 차이가 발생하는 만큼의 시간(분)을 delay 비용으로 산정하고, 이를 항공사의 손실로 적용한다.

○ 또한 Delay Cost Management는 Cost Index가 정확하게 산정되었는지를 평가하는 기준이 된다.

○ Delay Time은 관리하지만, 실제 항공사에서 소요된 시간만큼의 비용 산출은 운항관리사의 업무량 증가와 항공안전에 위험을 줄 수 있는 요소이므로 적용하지 않는다.

② CO2 감축량 산정예시

In the Airbus Cost Index Model: - Delay cost per minute = (delay cost/ 60) Cost of delay per minute is then incorporated into the Cost Index calculation: - ((Flight Cost $/min)+(Delay Cost/60))/(Fuel Cost $/kg) In the Boeing Cost Index Model: - Total Delay is used Cost of delay is then incorporated into the Cost Index calculations: - ((Flight Cost $/Hr)+(Delay Cost $/Hr))/(Fuel Cost $/100lb)

출처 : Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management

③ 적용방안

○ 단일항공사의 노력으로 지연을 줄이는 것은 한계가 있으므로 관제당국의 항공교통흐름관리(Traffic Flow Management)가 필수적으로 함께 이루어져야 가능하다.

(4) 02-04 횡적 비행계획 최적화

① 감축 원리

○ 비행계획단계에서 기존의 비행계획서보다 항공기 운항을 고려한 비행계획서를 제시하여 항공기의 운항시간 단축 및 우회항공로 설정을 통한 비용 절감을 실현한다. (횡적인 감축 실시) Ex) 우회항공로

○ 국내선은 우회 항공로가 없지만, 국제선은 적용 가능하다.

② CO2 감축량 산정예시

potential fuel burn saving = 목표 감소율(%) × fuel burn saving(kg) CO2 reduction (t) = Fuel burn saving (kgs) × 3.15

③ 적용방안

○ 국제선의 우회항공로 설정은 해당지역의 상대국과 긴밀한 비행정보공유를 밑바탕으로 이루어져야하므로 항공사 및 정부의 적극적인 노력이 필요하다.

(5) 02-05 고도별 비행계획 최적화

① 감축 원리

○ 비행계획단계에서 기존의 비행계획서보다 항공기 운항을 고려한 비행계획서를 제시하여 항공기의 운항시간 단축을 통한 비용 절감을 실현한다. (수직적인 감축 실시)

○ 항공기가 운항하는 해당 고도에 교통량이 많으면, 조종사의 재량으로 고도 변경을 요청하여 운영할 수 있으며, 조종사는 운항관리사에게 피드백을 통하여 추후 비행계획서상 고도를 수정하여 제출한다.

② CO2 감축량 산정예시

potential fuel burn saving = 목표 감소율(%) × fuel burn saving(kg) CO2 reduction (t) = Fuel burn saving (kgs) × 3.15

(6) 02-06 보정연료 5%>3% 사용

① 감축 원리

○ 보정연료의 기준이 ICAO/EU에서는 5%, FAA에서는 10%를 적용하고 있지만, 모든 항공기의 보정연료를 5%로 변경하고, EU-OPS 1.255 조항을 충족하는 경우 항공사의 보정연료 사용을 3%로 운영할 수 있는 감축기술이다.

○ 국내 항공법상 보정연료는 5%로 운영 중이며, 운항기술기준의 조건에 충족한다면 보정연료로 3%로 사용할 수 있다. (국제기준과 동일하게 적용한다.)

② CO2 감축량 산정예시

5%일 때 CF 값 산정 = 전체 비행시간의 5% CF 감축량 (kg) = 5%일 때 CF - 위의 결과 값 potential fuel burn saving = CF 감축량 (kg) × 목표 감소율(%) CO2 reduction (t) = Fuel burn saving (kgs) × 3.15

③ 적용 방안

○ ICAO 부속서 6에 의거하여 정해진 국제적 합의임으로 타 항공사에서도 운항기술기준 조건을 충족하여, 보정연료 감축을 통해 온실가스 배출량 저감을 고려할 필요가 있다.

○ 또한 보정연료는 기상이나 여타 운항 조건이 계획한 것과 다를 경우를 대비한 연료로서, 안전과 밀접한 관련을 가지고 있기 때문에 낮아진 보정연료 기준으로 인한 위험도 분석이 필수적이다. 또한 ICAO 부속서 6에 의거하여 정해진 국제적 합의임으로 타 항공사에서도 운항기술기준 조건을 충족하여, 보정연료 감축을 통해 온실가스 배출량 저감을 고려할 필요가 있다.

(7) 02-07 교체공항까지 보정연료 3%

① 감축 원리

○ 보정연료 탑재량을 전체운항시간에서 보정연료의 5%가 아닌 항공상 교체공

항(ERA)까지의 구간에서 3%로 탑재하여 운항하는 감축기술이다.

② CO2 감축량 산정예시

fuel burn saving = CF 감축량 (kg) × 목표 감소율(%) CO2 reduction (t) = Fuel burn saving (kgs) × 3.15

(8) 02-08 교체공항까지 보정연료 5%

① 감축 원리

○ 보정연료 탑재량을 전체운항시간에서 보정연료의 5%가 아닌 항공상 교체공항(ERA)까지의 구간에서 5%로 탑재하여 운항하는 감축기술이다.

② CO2 감축량 산정예시

fuel burn saving = CF 감축량 (kg) × 목표 감소율(%) CO2 reduction (t) = Fuel burn saving (kgs) × 3.15

(9) 02-09 일부구간 보정연료 사용

① 감축 원리

○ 보정연료를 전체연료에서 5%로 적용하지 않고, Re-dispatch 교체공항으로부터 보정연료를 산정하므로, Re-dispatch 지점부터 도착공항까지 보정연료를 주입하여 실제 항공기의 연료주입량을 절감한다.

○ 일부항공사를 제외한 Re-dispatch 적용은 하고 있지 않으며, 그나마 적용하는 구간은 장거리 운항 시에 적용한다.

② CO2 감축량 산정예시

fuel burn saving = CF 감축량 (kg) × 목표 감소율(%) CO2 reduction (t) = Fuel burn saving (kgs) × 3.15

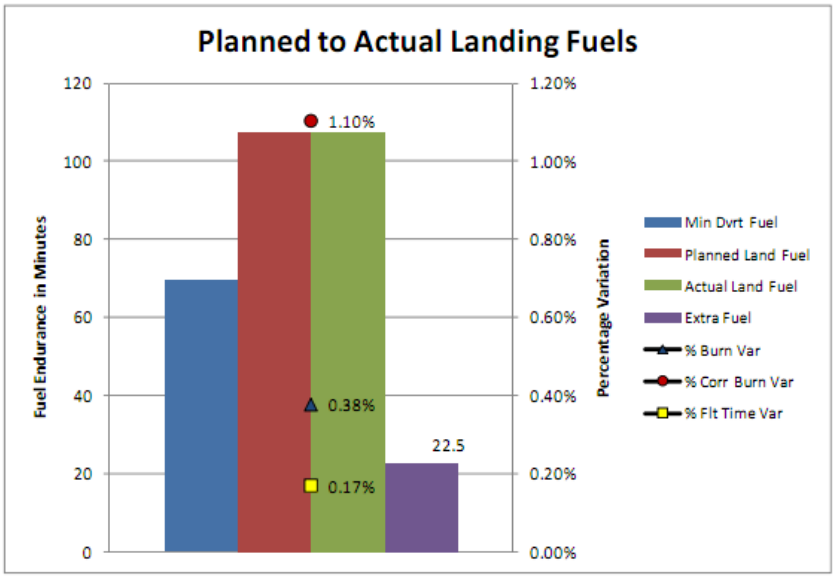
(10) 02-10 추가연료 (운항관리사 요청)

① 감축 원리

○ 추가 연료 및 회사 자체 보정 연료는 비상 연료와 기타 필요한 연료 이상으로 탑재된다.

○ 해당 연료에 대한 탑재 관리는 운항관리사나 비행 계획자의 역할에 달려 있음. 많은 항공사들은 연료 관리 정보 시스템(Fuel Management Information System)을 개발하여 운항관리사와 조종사에게 과거 실제 연료 사용량에 대한 정보를 제공하고 있다.

○ <그림 6>은 1년 간 연료 관리 정보 시스템을 통한 계획 연료와 실제 탑재 연료량의 차이는 매우 적으나, 항공사는 항공기 당 평균 22.5분의 추가 연료를 탑재하는 것을 보이고 있다.



<그림6 > Fuel MI Summary of Landing Fuel Loads

출처 : Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management

○ 탑재량에 대한 정확도 및 데이터에 대한 신뢰도를 높여 비행에 필요한 추가 연료량 결정에 대한 지침이 있다면, 필요 이상으로 탑재되는 추가 연료의 양을 줄일 수 있다.

○ 이는 결과적으로 연료 소비를 줄여 온실가스 배출을 감축할 수 있다.

② CO2 감축량 산정예시

co_2감축량(ton) = (현재 수준 추가 연료 탑재량 – 연료 관리 정보 시스템에 의한 탑재량) × 3.15

(11) 02-11 탱커링 연료 최소화

① 감축 원리

○ 연료 탱커링(Tankering)은 유가가 높은 공항에서의 급유를 최소화하기 위해, 출발공항에서의 요구량보다 많은 연료를 탑재하여 운영하는 절차이다.

○ 비행 계획 시스템에 있어 연료 탱커링은 필수적인 요소로, 시스템은 다양한 부분에서 연료 탱커링의 가능성을 자동으로 계산하고 운항관리사에게 회사 정책 및 경제적 관점에서 요구되는 탱커 연료의 양을 제시해야 한다.

○ 현 시스템에서 탱커링 연료는 도착 공항의 활주로 제동 상태가 나쁘거나 나쁜 제동 상태를 예보한 경우, 도착 공항의 활주로가 매우 짧은 경우, 엔진 고장 시 복행 한계가 운행에 우려가 되는 온도가 높은 공항의 경우, 낮은 온도나 상대적으로 높은 습도, 강우량으로 인하여 연료 탱커링에 대한 우려가 있는 경우에는 제한되도록 하고 있다.

○ 최적의 비행 계획 시스템을 통해 항공기 프로파일이 임무 요구 사항을 충족하는 가장 낮은 연료 소모를 생성하여, 추가적으로 탑재된 연료가 추가 연료 수송에서 소모되도록 한다면 연료 탑재량을 낮출 수 있다.

② CO2 감축량 산정예시

co_2감축량(ton) =
(현재 수준 탱커링 연료량 – 시스템 통해 최적화된 탱커링 연료량) × 3.15

③ 적용 방안

○ 필요 이상의 연료량을 추가로 탑재하게 되면 항공기의 무게 증가로 인한 추가적인 연료소모를 발생시키기 때문에 항공사의 확실한 상업적 이득이 있을 시에만 고려되어야 하나, 연료탱커링의 경우 주유비용을 낮추기 위한 수단이므로 탱커링 연료 최소화를 항공사가 자발적으로 이행하기는 사실상 어렵다.

(12) 02-12 대체공항 최적화 운영

① 감축 원리

○ 도착공항에 대한 대체공항 선정을 정기적으로 실시하여 대체공항의 정보를 최신화하고, 그 결과값에 대한 대체공항 선정을 재 실시한다. (루트 산정, 수용량, 지상지원시설, 운영기종의 출도착여부, 유가 등)

○ 대체공항 선정 방법은 아래와 같이 이루어져야 한다. :

- 각 공항별 우선적으로 지정
- 신규 취항 공항의 경우 대체공항 지정에 대한 상세 검토 필수
- 대체공항별 연료 종류, 유가 등의 정보 리스트화
- 지상조업, 커뮤니케이션, 접근차트 등의 면밀한 자료 수집
- 신규 대체공항의 경우 조종사, 운항관리사를 대상으로 시뮬레이션 실시
- 선정된 대체 공항에 대한 정기적인 검토 실시 (조종사와 운항관리사가 참여)

○ 또한 항공사별로 도착공항에 대한 여러 시나리오를 각 시나리오에 적합한 대체공항 선정 및 추가연료량을 결정한다.

○ 항공사들은 교체공항으로 선정할 수 있는 공항들을 지속적으로 모니터링하고 있으며, 주기적으로 비용을 산정하여 교체여부를 판단한다.

② CO2 감축량 산정예시

CO2 감축량 = A x 목표감축량 A = Potential Savings in kg = Fuel Penalty (kg/yr) 1 kg / Fleet[15] x B B = Avg Extra per Flight

(13) 02-13 대체공항 운항시 CI지수 0으로 변경

① 감축 원리

○ 일반적으로 대체 공항 연료는 장거리 순항 속도(LRC)을 이용하여 산출되며,

15)Fuel Penalty (kg/yr) 1 kg / Fleet = Total Flt Hrs per Fleet/Yr x Weight Factor (%)

최신 비행계획시스템을 도입하였을 때 비용 지수 산출하여 사용한다.(대체공항으로 가는 연료소모계산을 위한 순항속도로 CI가 0이 되는 시점 권장)

○ 비행계획서에서 적용하는 항공기 속도는 AOM에서 제시된 순항속도에 따라서 운영되며, 일반적으로 LRC로 적용된다.

② CO2 감축량 산정예시

CO2 감축량 = A x 목표감축량 A= Fuel Penalty (kg/yr) 1 (kg/Fleet) × Avg Alt Fuel × 0.01 B= Delta Fuel LRC>MRC = Avg Alt Fuel × 0.01

(14) 02-14 IFR시 대체공항 미선정 운영

① 감축 원리

○ No Alternate IFR Operations은 목적지 공항의 대체공항이 없는 경우 항공기 내 연료감소를 위한 유효한 수단으로 사용할 수 있다.

○ 운항기술기준에 따라 목적지 공항의 기상의 날씨가 좋은 경우 대체공항으로 운항하는 연료를 싣지 않는다.

② CO2 감축량 산정예시

CO2 감축량 = A x 목표감축량 A = Potential Savings in kg = Fuel Penalty (kg/yr) 1 kg / Fleet x B B = Fuel Reduction per Flight = Avg Alt Fuel - 1500MIN Hold Fuel

(15) 02-15 체공연료 최적화

① 감축 원리

○ 30분간 1500FT에서 체공할 수 있는 연료량을 항공사의 연료방침 및 관행 재검토가 필요하다. 이때 비행계획시스템에 의해 각 비행 시마다 Holding Fuel를 계산하여 연료를 감축시키는 방안이 필요하다.

○ 운항기술기준에서 Holding fuel은 최신 Final Reserve Fuel로 명칭은 개정되었으나, 체공연료 최적화 개념인 1,500ft / 30분 운영은 동일하게 적용하고 있다.

② CO2 감축량 산정예시

CO2 감축량(A) = Fuel Penalty (kg/yr) 1 kg / Fleet x B B = Avg Extra per Flight = (Standard Hold Fuel Value- 30MIN 1500FT act Wgt)

③ 적용 방안

○ 체공연료를 감소하는 경우에는 안전과 밀접한 관계를 가지고 있어 국제적 표준제정이 선행되어야 하며, 전체항공기의 체공시간을 줄이기 위한 도착관리 기법의 도입이 필요하다.

(16) 02-16 항공기 무게중심관리

① 감축 원리

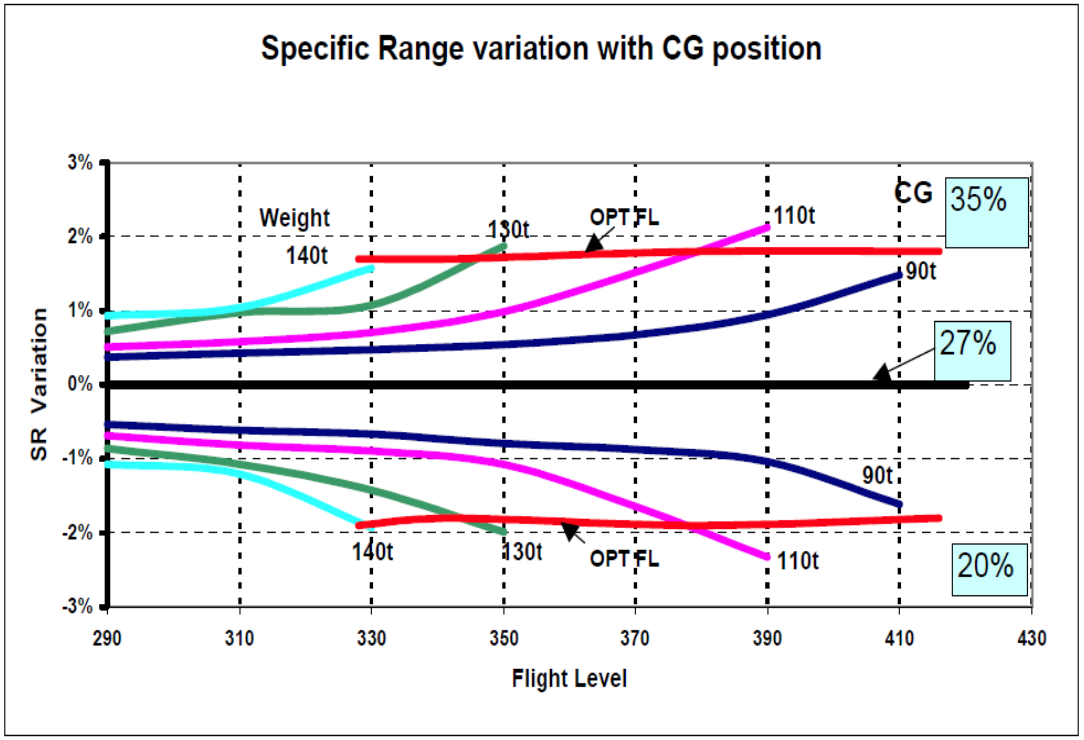
○ 항공기의 무게중심(CG)는 항공기의 안정성을 고려하여 CG 전방한계와 후방한계 사이에 위치하도록 관리한다.

○ 항공기의 무게중심이 전방한계에 가까울수록 기수들림 모멘트를 발생시키기 위해 수평안정판의 양력 감소가 필요하며, 이를 상쇄하기 위한 추가적인 양력이 필요하게 된다. 이는 유도항력을 증가시켜 결과적으로 연료 소모량을 증가시킨다.

○ 무게중심의 변화에 따른 항공기 항력의 증가는 항공기 기종별로 다양하게 나타나며, 크게는 약 3%의 유도항력 증가를 가져올 수 있다.

○ <그림 7>은 A310기종에 대한 무게중심 변화와 비항속거리(SR: Specific Range)의 관계를 보여주고 있음. 그림에서 볼 수 있듯이 항공기의 무게중심이 후방한계(35%)에 가까울수록 비항속거리가 증가하며, 전방한계(20%)에 가까울수록 감소하는 것을 확인할 수 있다.

○ 따라서 항공기의 무게중심을 최적의 위치에 배치함으로써 연료소모량을 감축시키고 이에 따라 온실가스 배출량을 감소시킬 수 있다.



<그림7 > Specific Range variation with CG Position

출처 : Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management(2011)

<표 14 > 항공기 기종별 연간 총 비행시간

Aircraft Type	Number of Aircraft	Number of Cycles	Total Flight Hours per Fleet/Year
A330-300	12	9096	57120
A320-200	28	48160	74060
B747-400	6	3888	28398
B777-200	12	8100	58224
B737-700	28	39760	76440
CRJ-200	22	39820	44000
ATR-72	22	55000	44000
Total	130	203824	382242

출처 : Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management(2011)

○ CG Management 이행 비율을 50~60%로 가정하였을 때, ABC 항공사는 연간 약 1,985,468kg의 연료를 감축할 수 있으며, 이는 6,254톤의 CO2감축을 가져온다.

② CO2 감축량 산정예시

co_2감축량(ton) =
$\sum_{AC\,Type}$ 항공기 기종별 연간 연료소모량 × 항공기 기종별 CG변경에 따른 연료감축비
× 항공기 기종별 $CG\ Management$ 이행률

○ CO2 감축량을 산정하기 위해서는 항공기 기종 별 무게중심 변경에 따른 연료감축량을 계산하는 것이 핵심이다. 항공기 기종 별 무게중심 변경에 따른 연료감축량은 분석 대상 항공사의 과거 Load Planning자료와 항공기 기종 별 성능 데이터를 통해 아래와 같이 계산할 수 있다.

CG변경에 따른 연료감축비용 =
평균 CG에서의 연료소비율 - 최적 CG에서의 연료소비율

③ 사례 조사

㉠ AIRBUS 社

○ AIRBUS는 자사의 항공기 중 일부 항공기에 대하여 CG Management에 따른 비항속거리 증가치를 발표하였다. AIRBUS에서 발표한 네 개의 기종(A300-600, A310, A330, A340)에 대해서 CG의 전방배치와 후방배치에 대한 비항속거리 증감은 [그림 8]와 같다.

Aircraft Type	Aft CG(35-37%)	Fwd CG(20%)
A300-600	+1.7%	-0.9%
A310	+1.8%	-1.8%
A330	+0.5%	-1.3%
A340	+0.6%	-0.9%

<그림8 > CG Management에 따른 비항속거리 변화율

출처 : Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management

○ 그림에서 볼 수 있듯이 최대 3.8%(A310)부터 최소 1.5%(A340)의 비항속거리 차이가 발생한다.

○ AIRBUS는 운항관리 단계에서 무게중심을 관리하는 데에 추가적으로 순항 단계에서도 최적의 연료소모율로 운항할 수 있도록 실시간으로 무게중심을 관리하는 연료 공급 장치를 개발하였다.

㉡ ATR 社

○ ATR은 자사의 소형항공기들의 경우 대형 항공기에 비해 CG Management로 인한 연료 감축량이 크지 않지만 여전히 연료효율이 증가한다고 발표했다. 이에 추가적으로 자사의 ATR 72-500 항공기에 대하여 300해리 비행 시에 CG Management를 통한 연료 감축비율을 분석하였다.

○ [그림 9]과 [그림10]에는 무게중심이 17%의 위치일 때의 운항과 비교하여 34%와 17%에 무게중심을 위치하였을 때에 대한 운항 결과가 각각 나타나 있다. 그림에서 볼 수 있듯이, 무게중심이 34%에 위치할 때 17%에 위치할 때에 비하여 연료효율이 약 1.2% 증가하였다.

Flight conditions	Airline Policy	Trip fuel(kg)	Delta (kg)	Delta (%)	Trip time	Delta (min)	Cruise FL
Aft Balance 34%	Mini time	897	- 2	- 0.2	1h 15	+0	180
	Mini fuel	821	- 5	- 0.6	1h 20	+0	230

<그림9 > 34% CG인 경우 운항 결과
출처 : Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management

Flight conditions	Airline Policy	Trip fuel(kg)	Delta (kg)	Delta (%)	Trip time	Delta (min)	Cruise FL
Aft Balance 17%	Mini time	901	+ 2	+ 0.2	1h 15	+0	180
	Mini fuel	831	+ 5	+ 0.6	1h 20	+0	230

<그림10 > 17% CG인 경우 운항 결과
출처 : Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management

(17) 02-17 영연료중량 정확도

① 감축 원리

○ Zero Fuel Weight(ZFW)는 연료를 제외하고 승객 및 수하물을 모두 포함한 항공기의 무게로써 비행에 필요한 연료를 계산하는 기준이 된다.

○ 운항 계획단계에서 산정된 ZFW에는 오차가 존재하며 이러한 오차를 고려하여 안전상의 이유로 추가적인 연료를 탑재한다. 따라서 ZFW의 오차가 클수록 안전을 고려하여 더욱 많은 추가연료를 탑재하게 되며 이는 항공기의 무게를 증가시켜 결과적으로 연료소비율을 증가시킨다.

○ 따라서 ZFW의 산정오차 감축은 추가연료 감소와 직접적으로 연결되며 온실가스 감축에 기여한다.

② CO_2 감축량 산정예시

$$co_2\text{감축량}(ton) = \sum_{ACType} \text{항공기 기종 별 } Fuel\,Penalty(kg/year) \times \text{항공기 기종 별 } Overfuelling \times \text{항공기 기종 별 } ZFW\text{산정오차 감축률} \times 3.15$$

○ 여기서 항공기 기종 별 Fuel Penalty는 항공기의 총 무게가 단위무게(1kg)만큼 증가하였을 때 연간 손실되는 연료의 양을 의미하며 다음과 같이 계산할 수 있다.

Fual Penalty = Weight Factor x Flight Hours x Weight Change

① *Weight Factor*: 기종 별 단위시간(1시간)동안 단위무게(1kg)을 운송하기 위하여 소모되는 연료량
② *Flight Hours*: 비행 시간
③ *Weight Change*: 기준 항공기 총 무게 대비 무게 변화량

○ 또한 항공기 기종 별 Overfuelling은 ZFW 산정오차로 인하여 탑재한 불필요한 연료량으로써 다음과 같이 계산할 수 있다.

Over Fuelling = Average Cycle Lengh x Weight Factor x (PZFW - AZFW)

① *Average Cycle Length*: 기종 별 평균 비행 시간
② Weight Factor: 기종 별 단위시간(1시간)동안 단위무게(1kg)을 운송하기 위하여 소모되는 연료량
③ PZFW(Planned Zero Fuel Weight): 비행 계획 당시 산정된 ZFW
④ AZFW(Actual Zero Fuel Weight): 실제 ZFW

(18) 02-18 연료 바이어스 산정

① 감축 원리

○ 정확한 연료 편중 수치는 효과적인 연료 관리 프로그램의 주요한 요소이며, 계획된 연료 수치의 정확한 결과를 위해 요구된다.

○ 연료 편중에 대한 초기 입력값은 정비 및 기술 부서나 항공기 성능 모니터링 시스템(APM)으로부터 도출된 수치에 의해 제공되고 있다. 만일 APM 수치가 정확하지 않다면, 특정 오류가 시스템에 나타날 수 있다.

○ 이는 항공기 무게에 대한 정확한 계산 및 APM 수치 및 FPS와 FMS의 관계 정확성에 주요한 역할을 하며, 정확하지 않은 항공기 무게 APM과 FPS, FMS의 관계에 불안정한 영향을 주게 된다..

○ 항공사들은 연료 관리 정보 시스템을 개선하여, 비행 계획 시스템의 정확한 연료 편중 수치를 계산하기 위해 주의를 기울이고 있다.

○ 시스템의 정확한 연료 편중값에 대한 관리를 통하여 항공기 비행 정보 및 무게 계산이 정확히 이루어질 수 있으며, 이를 통해 연료 소모를 줄일 수 있어 온실가스의 감축이 가능하다.

② CO_2 감축량 산정예시

co_2감축량(ton) =
(현재 수준의 연료량 – 정확한 비행계획 시스템 통해 계산된 감축무게에 따른 감축량)$\times 3.15$

(19) 02-19 지상활주연료 표준 산정

① 감축 원리

○ 많은 항공사들은 표준 활주 연료 허용량을 사용하고 있다.

○ 많은 상황에서 이러한 표준 허용량은 활주에 필요한 연료 요구량을 초과하여 항공기 이륙 시에 비 소모된 활주 연료가 탱크에 남아 있게 된다.

○ 이로 인하여 추가된 이륙 연료를 목적지까지 운반하는데 추가적인 연료를 소모하게 되어 효율성에 영향을 준다.

○ 그러나 반대로 일부 공항에서는 실제 활주 소모량이 허용치를 초과하기도 한다. 이는 조종사가 추가 연료를 탑재하도록 하여 추가 연료에 대한 문제를 악화시킨다.

○ 통계적인 활주 시간과 연료 탑재를 채택하여, 초과되는 활주 연료 허용량의 탑재를 줄이고 이를 통해 무게 감축으로 소모 연료가 감소하고 온실가스를 감축할 수 있다.

② CO_2 감축량 산정예시

$$co_2\text{감축량}(ton) = (\text{현재 수준의 활주 연료량} - \text{통계적 활주 연료량 채택에 따른 탑재 감축 연료량}) \times 3.15$$

③ 적용 방안

○ 지상활주시간은 공항의 형상, 배정된 활주로 및 게이트, 지상교통량에 의해서 매우 크게 변할 수 있어 표준 활주 연료 허용량에는 여유분이 포함되어야 한다.

○ 지상교통흐름관리 기법이 발달하게 되면 지상활주시간을 보다 정밀하게 예측할 수 있게 되어 연료 여유분을 줄일 수 있을것으로 판단된다.

다. 운항

○ 운항승무원의 주요 임무는 최적의 비행계획이 세워진 항공편에 대해 가장 효율적인 속도와 고도로 안전하게 비행하는 것이다. 따라서 안전에 저해되지 않도록 운항과 관련된 온실가스 배출량 저감은 신중하게 고려되어야 한다.

○ 이와 더불어 연료효율성을 높이기 위해 여러 제반사항을 고려하여야하며, 항공기가 운항을 시작할 때부터 멈출 때까지 운항 전반 감축수단 알고리즘을 통해 예측할 수 있다.

○ 운항를 통해 감축할 수있는 감축수단은 아래와 같다.

<표 15 > 운항 감축수단의 세부내역

대분류	중분류	
운항	03-01	추가연료 (조종사 요청)
	03-02	단일엔진 택싱 인
	03-03	저플랩 이륙절차
	03-04	저플랩 가속고도 이륙절차
	03-05	연속출발절차 & T형 RNP 출발절차
	03-06	연속강하절차 & T형 RNP 도착절차
	03-07	저소음 저항력 절차
	03-08	저항력 플랩 절차
	03-09	공회전 역추진
	03-10	단일엔진 택싱 아웃
	03-11	조종사 역량

(1) 03-01 추가연료 (조종사 요청)

① 감축 원리

○ 추가 탑재 연료량에 대한 결정은 항공사 별로 다르게 운영하고 있다.

○ 일부 항공사들은 추가 연료량과 요구량에 대한 최적화 작업은 운항관리사가 수행하지만 조종사가 최종 결정할 수 있도록 한다.

○ 반면 일부 항공사들은 운항관리사들이 해당 항로와 목적지 공항에 대한 최신 정보를 획득하고 있고 관제사들과 지속적으로 접촉함으로서 합리적으로 추가

연료량을 산출할 수 있기에 운항관리사가 추가 연료 탑재에 대한 주도권을 행사한다.

○ 추가 연료관련 의사 결정은 항공사의 안전 의식 수준과 관련이 있으며, 어떤 상황에서는 교체공항 사용 대비 연료는 탑재하지 않고 목적지 공항에서 20분 정도 지연되는 경우만을 고려하여 연료 추가량을 산출하기도 한다.

○ 항공사들은 실시간 연료 정보를 이용하여 추가 연료량을 결정하는 시스템을 활용할 수 있으며, 추가 연료량 결정 지침을 제공할 수 있다.

○ 현재와 같이 비행계획 시스템이 정교하고 항법 능력이 정밀화된 상황에서는 추가 탑재 연료는 대부분 사용되지 않고 남아 있다.

○ 이와 같은 추가 연료에 대한 연료 관리 절차를 개선하여 온실가스 감축이 가능하다.

② CO_2 감축량 산정예시

○ IATA는 ICAO Flight Planning and Fuel Management Manual을 적용하여 연료관리 절차를 개선한다. 각 노선(목적지 공항 포함)의 비행 통계자료를 이용하여 위험관리를 수행함으로서 추가 연료량을 줄일 수 있는 방안을 개발한다.

○ 운항승무원에 의한 추가 연료 최적화에 따른 온실가스 감축량은 다음과 같이 정의된다.

$$co_2\text{감축량}(ton) = (\text{현재 추가연료 탑재량} - \text{탑재연료 절감량}) \times \text{중량 감소에 의한 연비증가율} \times 3.15$$

(2) 03-02 단일엔진 택싱 인

① 감축 원리

○ 일반적으로 항공기는 지상활주 시, 항공사별로 마련해 놓은 지침에 따라 엔진의 추력을 설정한다.

○ 조종의 편의와 안전을 위하여, 대개 지상활주에 사용하는 엔진은 좌우의 균

형을 맞추어 운영한다.

○ Engine-Out Taxi-Out 절차는 게이트로부터 활주로까지 지상활주를 하는 동안 기존에 사용하던 엔진의 수를 보다 적게 사용하는 절차이다.

○ 특히, 게이트에 주기중인 항공기가 엔진 시동 허가를 받고 엔진에 시동을 건 시점부터 실제 지상활주를 시작하기 전까지 지연이 발생하는 경우, 적은 수의 엔진을 사용할수록 지연으로부터 발생하는 온실가스 배출량을 줄이는 것이 가능하다.

② CO_2 감축량 산정예시

$$
\begin{aligned}
co_2\text{감축량} = \sum_{\text{공항}} \sum_{ACType} [&\text{공항별평균 } Taxi-out\text{거리} \\
&\times (\text{항공기 기종별 단위 거리당 } Taxi-Out\text{연료소모량} \\
&\quad - \text{항공기 기종별 단위 거리당 } Engine-out\ Taxi-Out\text{연료소모량}) \\
&\times \text{공항별, 항공기기종별 이륙횟수} \\
&\times \text{공항별, 항공기기종별 } Engine-Out\ Taxi-Out\text{절차 이행률} \times 3.15]
\end{aligned}
$$

○ 식을 통해 공항의 기하학적 구조적인 특성을 고려하고, 항공기 기종별로 Engine-Out Taxi-Out 절차에 따른 CO2 감축량을 계산할 수 있다.

○ CO2 감축량 산정 정확도에 따라서, 항공기 기종 및 공항에 따른 기하학적 구조(터미널의 위치, 활주로의 방향 등) 뿐만 아니라 항공사의 Engine-Out Taxi-Out 절차에 대한 SOP 및 기존 Taxi-Out 절차, 지상활주 운항자료와 항공기 기종별 성능 데이터를 고려함으로써 보다 높은 수준의 정확도로 CO2 감축량을 산정하는 것이 가능하다.

③ 사례 조사

○ 2004년에 설립된 Envisa는 항공분야에 특화된 국제적 환경자문 회사로서, 유럽과 미국 공항을 대상으로 항공기 지상운영과 관련된 CO2 감축방법에 대한 보고서를 발표하였다.

○ Envisa는 항공기의 지상활주와 관련된 3가지 운영 방법을 비교·분석하였으며, 이는 각각 DET(Dual Engine Taxiing), SET(Single Engine Taxiing), EGTS(Electric Taxiing System)[16]

㉠ European aiports (taxiing-out)

	Fuel consumption (kg):Total	Emission of CO (kg):Total	Emission of CO_2 (kg):Total	Emission of UHC (kg):Total	Emission of NOx (kg):Total
DET	142.86	4.46	450.02	0.31	0.63
SET	119.68	3.38	376.99	0.25	0.57
EGTS	68.83	1.67	216.83	0.15	0.36
SET VS DET	-16%	-24%	-16%	-18%	-10%
EGTS VS DET	-52%	-63%	-52%	-51%	-43%
EGTS VS SET	-42%	-51%	-42%	-40%	-37%

<그림11 >Europe 공항에서의 Taxi-Out 운영 방법에 대한 비교 (항공기 1대 기준)

출처 : Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management

○ [그림 11]에서 나타나듯이 엔진 수를 적게 사용할수록 연료소모량이 줄어드는 것을 알 수 있다.

○ 각각의 지상활주 운영방법간 연료소모량을 비교 시, SET를 사용했을 때는 DET 대비 16%의 연료 절감 효과가, EGTS를 사용한 경우는 DET 대비 52% 연료 절감 효과가 나타났다.

○ CO2 배출량 비교 시, SET를 사용했을 때는 DET 대비 16%의 CO2 감축 효과가, EGTS를 사용한 경우는 DET 대비 52% CO2 감축 효과로 연료 절감 비율과 동일하게 나타났다.

㉡ US aiports (taxiing-out)

	Fuel consumption (kg):Total	Emission of CO (kg):Total	Emission of CO_2 (kg):Total	Emission of UHC (kg):Total	Emission of NOx (kg):Total
DET	204.06	6.43	642.80	0.43	0.89
SET	167.89	4.68	528.88	0.34	0.80
EGTS	79.18	1.71	249.43	0.16	0.43
SET VS DET	-18%	-27%	-18%	-21%	-10%
EGTS VS DET	-61%	-73%	-61%	-62%	-51%
EGTS VS SET	-53%	-63%	-53%	-52%	-46%

<그림12 > US 공항에서의 Taxi-Out 운영 방법에 대한 비교 (항공기 1대 기준)

출처 : Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management

○ [그림 12]에서 나타나듯이 엔진 수를 적게 사용할수록 연료소모량이 줄어드는 것을 알 수 있다.

16) EGTS는 항공기가 taxi 및 push-back시 항공기 엔진을 사용하는 대신, APU를 활용하는 방법을 말한다.

○ 각각의 지상활주 운영방법간 연료소모량을 비교 시, SET를 사용했을 때는 DET 대비 18%의 연료 절감 효과가, EGTS를 사용한 경우는 DET 대비 61% 연료 절감 효과가 나타났다.

○ CO2 배출량 비교 시, SET를 사용했을 때는 DET 대비 18%의 CO2 감축 효과가, EGTS를 사용한 경우는 DET 대비 61% CO2 감축 효과로 연료 절감 비율과 동일하게 나타났다.

④ 적용 방안

○ 택싱 인 과정에서 엔진의 사용을 줄이는 것은 공항 주변의 소음 및 온실가스 배출량 감소에 큰 영향을 끼칠 수 있다. 그 효율을 높이기 위해서는 활주로에 착륙하는 속도를 이용할 수 있는 고속탈출유도로가 잘 마련되어 있어야 하며 궁극적으로는 지상 이동은 전기를 동력원으로 사용하는 Electric Taxiing System을 도입할 필요성이 있다.

(3) 03-03 저플랩 이륙절차

① 감축 원리

○ 이륙 단계에서 Flap의 사용은 보다 많은 양력을 발생시켜 항공기가 빠르게 상승할 수 있도록 한다.

○ Flap을 전개하는 순간부터 Flap의 각도가 커질수록 항력 또한 증가하며, 이렇게 발생되는 항력을 감안하여 상승에 필요한 속도를 얻기 위해서는 Flap 전개 전에 비해 엔진의 출력을 높여야 할 필요가 있다. 결과적으로 이륙 시 Flap을 전개하는 각도가 높아질수록 엔진 출력 상승에 따른 연료소비율 증가가 뒤따른다.

○ 따라서 이륙 시 Flap 전개 각의 크기를 줄이는 것은 연료소비를 줄일 수 있고, 온실가스 감축에 기여한다.

② CO_2 감축량 산정예시

$$co_2\text{감축량} = \sum_{\text{공항}} \sum_{ACType} [(\text{기존 } Flap\ Take\ off\text{에 따른 항공기 기종별 평균연료소모량} - Reduced\ Flap\ Take off\text{에 따른 항공기 기종별 평균연료소모량}) \times \text{공항별, 항공기기종별 이륙횟수} \times \text{공항별, 항공기기종별 } Reduced\ Flap\ Take off\text{ 이행률} \times 3.15]$$

○ 식을 통해 공항의 기하구조적인 특성을 고려하고, 항공기 기종별로 Reduced Flap Take Off 설정에 따른 CO2 감축량을 계산할 수 있다.

○ CO2 감축량 산정 정확도에 따라서, 항공기 기종 및 공항에 따른 기하학적 구조(터미널의 위치, 활주로의 방향 등) 뿐만 아니라 항공사의 Reduced Flap Take Off 설정에 대한 SOP 및 기존 이륙 절차, 운항자료와 항공기 기종별 성능 데이터를 고려함으로써 보다 높은 수준의 정확도로 CO2 감축량을 산정하는 것이 가능하다.

③ 적용 방안

○ 플랩 전개각도를 낮추는 것은 온실가스 배출량 감축에는 도움이 되나 안전에는 위험 요소가 될 수 있으며, 실제로 항공사고의 대부분은 이착륙과정에서 발생하는 점을 고려하면 저플랩 이륙절차는 신중하게 고려해야한다.

(4) 03-04 저플랩 가속고도 이륙절차

① 감축 원리

○ Reduced Acceleration Altitude Departure 절차란 이륙 후 3000피트 고도에서 플랩을 철회하는 기존의 방식과 달리 3000피트 이전의 고도에서 플랩을 철회하는 절차를 말한다.

○ 플랩은 양력을 증가시키는 동시에 항력을 증가시켜 연료 소모량을 증가시킴. 따라서 Reduced Acceleration Altitude Departure 절차를 사용하는 경우 플랩 사용을 감소시켜 연료 소모량을 감축할 수 있다.

② CO_2 감축량 산정예시

$$co_2\text{감축량}(ton) = \sum_{procedure}\sum_{AC\ Type}\{(RAA \times F_{RAA} - RAA \times F_{non-RAA}) \times Flight\ Number\} \times 3.15$$

① *RAA*: 절차 별 항공기 기종 별 Reduced Acceleration Altitude Departure 절차 이행 비율

② Fnon-RAA: 절차 별 항공기 기종 별 Reduced Acceleration Altitude Departure 절차 이행하지 않는 경우에 대한 연료 소모량

③ FRAA: 절차 별 항공기 기종 별 Reduced Acceleration Altitude Departure 절차 이행 시 연료 소모량

④ Flight Number: 절차 별 항공기 기종 별 운항 횟수

③ 사례 조사

① Boeing 社

○ Boeing은 자사의 항공기 중 다섯 개의 항공기 기종(717-200, 737-800, 777-200, 747-400, 747-400 Freighter)에 대하여 표준 출발절차와 Reduced Acceleration Altitude Departure 절차를 사용했을 경우에 대한 연료 소비량을 비교 분석하였다.[17]

○ [그림 13]에는 다섯 개의 항공기 기종에 대한 비교결과가 나타나 있다. 네 번째 열에는 이륙 플랩 세팅이 나타나 있으며 다섯 번째 열에는 표준 및 Reduced Acceleration Altitude Departure 절차에 대한 연료 소비량이 각각 나타나 있다. 여섯 번째 줄에는 Low Noise Low Drag 접근절차를 사용함에 따라서 감축할 수 있는 연료량이 나타나 있다.

AIRPLANE MODEL	TAKEOFF GROSS WEIGHT *Pounds (kilograms)*	PROFILE TYPE	TAKEOFF FLAP SETTING	FUEL USED *Pounds (kilograms)*	FUEL DIFFERENTIAL *Pounds (kilograms)*
717-200	113,000 (51,256)	1	13	4,025 (1,826)	–
		2		3,880 (1,760)	145 (66)
737-800 Winglets	160,000 (72,575)	1	10	5,234 (2,374)	–
		2		5,086 (2,307)	148 (67)
777-200 Extended Range	555,000 (249,476)	1	15	14,513 (6,583)	–
		2		14,078 (6,386)	435 (197)
747-400	725,000 (328,855)	1	10	21,052 (9,549)	–
		2		20,532 (9,313)	520 (236)
747-400 Freighter	790,000 (358,338)	1	10	23,081 (10,469)	–
		2		22,472 (10,193)	609 (276)

<그림13 > Boeing 항공기 기종 별 Standard/Reduced Acceleration Altitude 출발 절차 비교 분석

출처 : Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management

○ 그림에 나타난 바와 같이 적은 경우에는 66kg(717-200)부터 많은 경우에는 276kg(747-400 Freighter)까지 연료를 감축할 수 있는 것으로 나타남.

○ 이에 추가적으로, Reduced Acceleration Altitude Departure 절차와 이륙 플랩 감소 방안을 동시에 사용하면 더욱 많은 연료를 감축할 수 있음을 알 수 있다.

17) IATA, "Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management", 5th Edition, 2011

(5) 03-05 연속출발절차 & T형 RNP 출발절차

① 감축 원리

○ CCO란 활주로에서 이륙한 항공기가 순항고도에 이르기까지 최적의 비행경로로 상승하는 것을 의미하며, 여기서 “최적의 비행경로”란 상승과정에서의 일시적인(intermediate) level 비행을 최소화 하고 연속적으로 고도가 상승됨을 의미한다.

○ 출발항공기의 경우 일반적으로 목표순항고도에 이르기 까지 몇 번의 level 비행을 하게 되는데, 주된 이유는 사용 중인 표준출발절차(SID) 내에 level 구간이 명시적으로 지정되어 있거나 또는 특정 waypoint에 상한 및 하한 고도가 설정되어 있기 때문이다.

○ 이와 같은 고도 제한으로 인한 level 비행은 운항 효율을 감소시키며 최적의 비행경로로 상승할 때에 비해 더욱 많은 연료를 사용하게 된다.

○ CCO는 이와 같은 level 비행을 최소로 하여 항공기가 활주로를 이륙한 후부터 순항고도에 이르기까지 더욱 효율적인 비행을 가능케 한다.

○ CCO는 CO2 감축에 추가적으로 다음과 같은 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

- 파일럿과 관제사간의 통신량 감소
- 파일럿 및 관제사의 업무량 감소
- 소음으로 인한 공역사용 제한 완화

② CO_2 감축량 산정예시

$$co_2\text{감축량}(ton) = \sum_{procedure} \sum_{AC\ Type} \{(CCO \times F_{non-cco} - CCO \times F_{cco}) \times FlightNumber\} \times 3.15$$

① *CCO*: 절차 별 항공기 기종 별 CCO 이행 비율
② Fnon-cco: 절차 별 항공기 기종 별 CCO 이행하지 않는 경우에 대한 연료 소모량
③ Fcco: 절차 별 항공기 기종 별 CCO 이행 시 연료 소모량
④ Flight Number: 절차 별 항공기 기종 별 운항 횟수

○ 식을 통해 CO2 감축량을 산정하기 위해서는 Fnon-cco 및 Fcco를 산출하는 것이 핵심이며, Fnon-cco 및 Fcco를 산출하기 위해서 IFSET(ICAO Fuel

Savings Estimation Tool)을 사용할 수 있고 산출 방법은 다음과 같다.

- Operation definition : 운항 항공기 기종과 대수를 입력
- Old & new procedure definition : 운항경로를 입력

○ IFSET을 통한 분석을 위해서는 절차 별로 운항 경로를 입력해야 한다. 이때, 연속상승운항(CCO) 경로와 비연속상승운항(Non-CCO) 경로와의 정확한 연료 소모량 비교를 위하여 연속상승운항 항공기와 비연속상승운항 항공기를 분류한 뒤, 항적의 단위 거리당 평균 고도를 계산하여 절차별로 대표 항적을 산출, 입력하는 과정이 필요하다.

③ 적용 방안

○ 연속출발절차는 level 비행이 없기 때문에 연료 소비의 효율성을 높일 뿐 아니라 공항 주변의 소음도 낮추는 역할을 하지만 항공기 기종이나 중량에 따라 고도 상승률이 다르기 때문에, 상이한 상승률 및 상승 궤도로 인한 공중충돌 위험이 증가할 수 있으므로 안전에 저해가 되지않도록 심도깊은 분석이 필요하다.

(6) 03-06 연속강하절차&T형 RNP 도착절차

① 감축 원리

○ CDO란 항공기가 순항단계에서 활주로에 이르기까지 최적의 비행경로로 강하하는 것을 의미하며, 여기서 “최적의 비행경로”란 접근 및 착륙단계에서의 일시적인(intermediate) level 비행을 최소화하고 Top of Descent(TOD) 지점부터 Idle 엔진 상태로 비행할 수 있는 경로를 말한다.

○ 도착항공기의 경우 일반적으로 TOD부터 활주로에 이르기 까지 몇 번의 level 비행을 하게 되는데, 주된 이유는 사용 중인 표준도착절차(STAR) 내에 level 구간이 명시적으로 지정되어 있거나 또는 특정 waypoint에 상한 및 하한 고도가 설정되어 있기 때문이다.

○ 이와 같은 고도 제한으로 인한 level 비행은 운항 효율을 감소시키며 최적의 비행경로로 강하할 때에 비해 더욱 많은 연료를 사용하게 된다.

○ CDO는 이와 같은 level 비행을 최소로 하여 항공기가 TOD부터 활주로에 이르기까지 더욱 효율적인 비행을 가능케 한다.

○ CDO는 CO2 감축에 추가적으로 다음과 같은 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

- 파일럿과 관제사간의 통신량 감소
- 파일럿 및 관제사의 업무량 감소
- 소음으로 인한 공역사용 제한 완화

② CO_2 감축량 산정예시

$$co_2\text{감축량}(ton) = \sum_{procedure} \sum_{AC\ Type} \{(CCO \times F_{non-cco} - CCO \times F_{cco}) \times FlightNumber\} \times 3.15$$

① CDO: 절차 별 항공기 기종 별 CDO 이행 비율
② Fnon-cdo: 절차 별 항공기 기종 별 CDO 이행하지 않는 경우에 대한 연료 소모량
③ Fcdo: 절차 별 항공기 기종 별 CDO 이행 시 연료 소모량
④ Flight Number: 절차 별 항공기 기종 별 운항 횟수

○ 식을 통해 CO2 감축량을 산정하기 위해서는 Fnon-cdo 및 Fcdo를 산출하는 것이 핵심이며 Fnon-cdo 및 Fcdo를 산출하기 위해서는 CCO와 동일하게 IFSET을 사용할 수 있다.

③ 적용 방안

○ 연속강하절차 역시 연속출발절차와 마찬가지로 상이한 고도 하강률로 인한 안전 위험도 똑같이 존재하나, 출발하는 항공기에 비해 도착하는 항공기의 중량은 그 편차가 훨씬 크므로 하강률의 편차 역시 증가하게 된다.

○ 또한 도착하는 항공기의 중량은 항공사들이 관제당국에게 알리지 않기 때문에 관제당국은 정확한 하강 궤도를 예측하기 매우 어려우며, 불확실한 하강 궤도 예측으로 인한 도착 항공기간 간격이 증가하여 연속강하절차의 효율이 낮아지게 된다. 낮아진 효율은 공항 처리량의 감소로 이어지게 되므로 신중하게 고려되어야 한다.

(7) 03-07 저소음 저항력 절차

① 감축 원리

○ Low Noise Low Drag Approach란 Stabilized approach[18]가 가능한 조건일 때, 공항 표고로부터 약 1000피트 고도로 강하할 때까지 최종 플랩 세팅을 지연하여 연료 소모량을 최소화하는 절차를 말한다.

○ 플랩은 양력을 증가시키는 동시에 항력을 증가시켜 연료 소모량을 증가시킴. 따라서 Low Noise Low Drag Approach를 사용하는 경우 플랩 사용을 지연시켜 연료 소모량을 감소시킬 수 있다.

○ Low Noise Low Drag Approach 절차는 항공기 기종마다 다르게 구성됨. Boeing B737항공기의 경우 다음과 같은 순서로 접근을 수행한다.

- 기어를 내리고 flap 15로 세팅한 상태에서 flap 15 속도로 Glide slope와 정대한다.
- 1000피트 고도까지 접근한 후 착륙 플랩을 선택하고 최종 접근 속도로 감속
- 착륙 체크리스트 점검한다.

○ Low Noise Low Drag Approach에 의한 연료 감축량은 항공기 기종마다 약 15~380 파운드 정도로 다양하게 나타난다.

② CO_2 감축량 산정예시

$$co_2\text{감축량}(ton) = \sum_{procedure}\sum_{AC\ Type}\{(LNLD\times F_{LNLD} - LNLD\times F_{non-LNLD})\times Flight\ Number\}\times 3.15$$

① *LNLD*: 절차 별 항공기 기종 별 Low Noise Low Drag Approach 이행 비율

② Fnon-LNLD: 절차 별 항공기 기종 별 Low Noise Low Drag Approach 이행하지 않는 경우에 대한 연료 소모량

③ FLNLD: 절차 별 항공기 기종 별 Low Noise Low Drag Approach 이행 시 연료 소모량

④ Flight Number: 절차 별 항공기 기종 별 운항 횟수

18) 다음의 조건이 만족하는 경우를 Stabilized Approach로 정의함
- 항공기가 올바른 비행경로에 위치할 것
- 항공기가 올바른 비행경로를 유지하기 위해 작은 방향 조정과 피치 조정이 필요할 것
- 비행속도가 V_{REF}+20노트와 V_{REF} 사이에 위치할 것
- 항공기가 올바른 착륙 설정을 갖고 있을 것
- 항공기 강하율이 분당 1000피트를 초과하지 않을 것
- 항공기 엔진 파워가 최소치 이상일 것

③ 사례 조사

㉠ Boeing 社

○ Boeing은 자사의 항공기 중 네 개의 항공기 기종(737-800, 747-400, 767-300, 777-200)에 대하여 표준 접근절차와 Low Noise Low Drag 접근절차를 사용했을 경우에 대한 연료 소비량을 비교 분석하였다.[19)]

○ [그림 14]에는 네 항공기 기종에 대한 비교결과가 나타나 있다. 세 번째 열에는 착륙 플랩 세팅이 나타나 있으며 다섯 번째 열에는 표준 및 Low Noise Low Drag 접근절차에 대한 연료 소비량이 각각 나타나 있다. 여섯 번째 줄에는 Low Noise Low Drag 접근절차를 사용함에 따라서 감축할 수 있는 연료량이 나타나 있다.

AIRPLANE ENGINE	LANDING WEIGHT LBS (KG)	LANDING FLAP (DEG)	PROCEDURE	FUEL BURNED LBS (KG)	FUEL DIFFERENTIAL LBS (KG)
737-800 CFM56-7B24	120,000 (54,431)	30	Standard	230 (104)	
			Delayed	213 (97)	17 (8)
		40	Standard	266 (121)	
			Delayed	230 (104)	36 (16)
747-400 CF6-80C2B1F	450,000 (20,411)	25	Standard	590 (268)	
			Delayed	540 (245)	50 (23)
		30	Standard	610 (277)	
			Delayed	550 (250)	60 (27)
767-300 CF6-80C2B4	270,000 (122,469)	25	Standard	400 (181)	
			Delayed	370 (168)	30 (14)
		30	Standard	440 (200)	
			Delayed	390 (177)	50 (23)
777-200 GE90-94B	450,000 (204,411)	25	Standard	850 (385)	
			Delayed	790 (358)	60 (27)
		30	Standard	920 (417)	
			Delayed	820 (372)	100 (45)

<그림14 >Boeing 항공기 기종 별 Standard/Low Noise Low Drag 도착 절차 비교 분석

출처 : Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management

○ 그림에 나타난 바와 같이 적은 경우에는 8kg(737-800/CFM56-7B24, Landing Flap 30deg)부터 많은 경우에는 45kg(777-200/GE90-94B, Landing Flap 30deg)까지 연료를 감축할 수 있는 것으로 나타난다.

○ 하지만 Low Noise Low Drag Approach를 사용할 경우 실패접근 확률이 높

19) IATA, "Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management", 5th Edition, 2011

아지며, 실패접근의 경우 많은 추가연료가 사용되므로 이에 대한 Trade-off 분석이 필요할 것으로 사료된다.

(8) 03-08 저항력 플랩 절차

① 감축 원리

○ 착륙 단계에서 Flap을 사용하는 것으로 항력을 발생시켜 항공기가 착륙하는 데 필요한 착륙활주거리를 줄인다.

○ 착륙 단계에서의 Flap 전개는 항력을 증가시킴으로써 항공기의 착륙활주거리를 줄일 수 있지만 항력이 커지는 만큼 실속에 빠지지 않기 위해 추력을 증가시켜야 한다. 결과적으로 착륙 시 Flap을 전개하는 각도가 커질수록 엔진 출력 상승에 따른 연료소비율 증가가 뒤따른다.

○ 따라서 착륙 시 Flap 전개 각의 크기를 줄이는 것은 연료소비 및 온실가스 감축에 기여한다.

② CO2 감축량 산정예시

$$co_2\text{감축량} = \sum_{\text{공항}} \sum_{ACType} [(\text{기존 } FlapLanding\text{에 따른 항공기기종별 평균연료소모량} - Reduced\,FlapLanding\text{에 따른 항공기 기종별 평균연료소모량}) \times \text{공항별, 항공기기종별 착륙횟수} \times \text{공항별, 항공기기종별 } Reduced\,FlapLanding\text{ 이행률} \times 3.15]$$

○ 식을 통해 공항의 기하구조적인 특성을 고려하고, 항공기 기종별로 Reduced Flap Landing 설정에 따른 CO2 감축량을 계산할 수 있다.

○ CO2 감축량 산정 정확도에 따라서, 항공기 기종 및 공항에 따른 기하학적 구조(터미널의 위치, 활주로의 방향 등) 뿐만 아니라 항공사의 Reduced Flap Landing 설정에 대한 SOP 및 기존 착륙 절차, 운항자료와 항공기 기종별 성능 데이터를 고려함으로써 보다 높은 수준의 정확도로 CO2 감축량을 산정하는 것이 가능하다.

(9) 03-09 공회전 역추진

① 감축 원리

○ 항공기는 활주로에 Touch-Down을 한 후에 착륙 활주거리를 줄이기 위해, 엔진에 장착되어있는 Reverse-Engine 용 도어의 전개 혹은 엔진 확장 등을 사용하여 엔진을 통해 나가는 공기의 흐름을 반전시키는 Reverse on Landings 방법을 사용한다.

○ Reverse on Landings은 엔진을 통해 나가는 공기의 흐름으로 항력을 증가시키는 방법으로서, 보다 큰 항력을 발생시키기 위해서는 더 많은 공기의 흐름을 발생시키기 위한 엔진 추력 상승을 필요로 함에 따라 연료 소모량의 증가가 엔진 추력 상승에 수반된다.

○ Idle Reverse on Landings은 착륙 거리가 충분히 확보되는 경우, 착륙 활주시의 Reverse Idle 상태로 자연 감속을 하는 방법을 말한다.

○ 따라서, Idle Reverse on Landings은 Reverse의 엔진 추력 상승을 필요로 하지 않으므로 여기에 동반되는 연료 소모량을 줄일 수 있다.

② CO_2 감축량 산정예시

$$co_2\text{감축량} = \sum_{\text{공항}A}\sum_{CType}[(\text{기존 } FlapLanding\text{에 따른 항공기기종별 평균연료소모량} - Reduced\,FlapLanding\text{에 따른 항공기 기종별 평균연료소모량}) \times \text{공항별, 항공기기종별 착륙횟수} \times \text{공항별, 항공기기종별 } Reduced\,FlapLanding\text{ 이행률} \times 3.15]$$

○ 식을 통해 공항의 기하구조적인 특성을 고려하고, 항공기 기종별로 Idle Reverse on Landings에 따른 CO2 감축량을 계산할 수 있다.

○ CO2 감축량 산정 정확도에 따라서, 항공기 기종 및 공항에 따른 기하학적 구조(터미널의 위치, 활주로의 방향 등) 뿐만 아니라 항공사의 Idle Reverse on Landings에 대한 SOP 및 기존 착륙 절차, 운항자료와 항공기 기종별 성능 데이터를 고려함으로써 보다 높은 수준의 정확도로 CO2 감축량을 산정하는 것이 가능하다.

(10) 03-10 단일엔진 택싱 아웃

① 감축 원리

○ Engine-Out Taxi-In 절차의 운영 원리는 Engine-Out Taxi-Out절차와 동일하며, 활주로에 착륙하여 유도로에 진입하는 시점부터 게이트까지 지상활주를 하는 동안 기존 사용하던 엔진 수를 보다 적게 사용하는 절차를 말한다.

② CO_2 감축량 산정예시

$$
\begin{aligned}
co_2\text{감축량} = \sum_{\text{공항}} \sum_{ACType} [&\text{공항별평균 } Taxi-\in \text{거리} \\
&\times (\text{항공기기종별단위거리당 } Taxi-In\text{연료소모량} \\
&\quad - \text{항공기기종별단위거리당 } Engine-out\ Taxi-In\text{연료소모량}) \\
&\times \text{공항별, 항공기기종별 이륙횟수} \\
&\times \text{공항별, 항공기기종별 } Engine-Out\ Taxi-In\text{ 절차이행률} \times 3.15]
\end{aligned}
$$

○ 식을 통해 공항의 기하구조적인 특성을 고려하고, 항공기 기종별로 Engine-Out Taxi-In 절차에 따른 CO2 감축량을 계산할 수 있다.

○ CO2 감축량 산정 정확도에 따라서, 항공기 기종 및 공항에 따른 기하학적 구조(터미널의 위치, 활주로의 방향 등) 뿐만 아니라 항공사의 Engine-Out Taxi-In 절차에 대한 SOP 및 기존 Taxi-In 절차, 지상활주 운항자료와 항공기 기종별 성능 데이터를 고려함으로써 보다 높은 수준의 정확도로 CO2 감축량을 산정하는 것이 가능하다.

③ 사례 조사

○ Taxi-In 사례도 Envisa의 보고서를 차용하였으며, 유럽 및 미국 공항의 사례를 분석하였다.

㉠ European aiports (taxiing-in)

	Fuel consumption (kg):Total	Emission of CO (kg):Total	Emission of CO_2 (kg):Total	Emission of UHC (kg):Total	Emission of NOx (kg):Total
DET	73.44	2.36	231.34	0.14	0.31
SET	55.81	1.79	175.82	0.11	0.24
EGTS	35.82	0.89	112.83	0.10	0.18
SET VS DET	-24%	-24%	-24%	-24%	-24%
EGTS VS DET	-51%	-62%	-51%	-29%	-41%
EGTS VS SET	-36%	-50%	-36%	-7%	-22%

<그림15 >Europe 공항에서의 Taxi-In 운영 방법에 대한 비교 (항공기 1대 기준)

출처 : Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management

○ [그림 15]에서 나타나듯이 엔진 수를 적게 사용할수록 연료소모량이 줄어드는 것을 알 수 있다.

○ 각각의 지상활주 운영방법간 연료소모량을 비교 시, SET를 사용했을 때는 DET 대비 24%의 연료 절감 효과가, EGTS를 사용한 경우는 DET 대비 51% 연료 절감 효과가 나타났다.

○ CO2 배출량 비교 시, SET를 사용했을 때는 DET 대비 24%의 CO2 감축 효과가, EGTS를 사용한 경우는 DET 대비 51% CO2 감축 효과로 연료 절감 비율과 동일하게 나타났다.

㉡ US aiports (taxiing-In)

	Fuel consumption (kg):Total	Emission of CO (kg):Total	Emission of CO_2 (kg):Total	Emission of UHC (kg):Total	Emission of NOx (kg):Total
DET	85.68	2.75	269.89	0.16	0.36
SET	63.65	2.04	200.49	0.12	0.27
EGTS	37.89	0.89	119.35	0.10	0.20
SET VS DET	-26%	-26%	-26%	-26%	-26%
EGTS VS DET	-56%	-67%	-56%	-38%	-45%
EGTS VS SET	-40%	-56%	-40%	-17%	-26%

<그림16 >US 공항에서의 Taxi-In 운영 방법에 대한 비교 (항공기 1대 기준)

출처 : Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management

○ [그림 16]에서 나타나듯이 엔진 수를 적게 사용할수록 연료소모량이 줄어드는 것을 알 수 있다.

○ 각각의 지상활주 운영방법간 연료소모량을 비교 시, SET를 사용했을 때는 DET 대비 26%의 연료 절감 효과가, EGTS를 사용한 경우는 DET 대비 56% 연료 절감 효과가 나타났다.

○ CO2 배출량 비교 시, SET를 사용했을 때는 DET 대비 26%의 CO2 감축 효과가, EGTS를 사용한 경우는 DET 대비 56% CO2 감축 효과로 연료 절감 비율과 동일하게 나타났다.

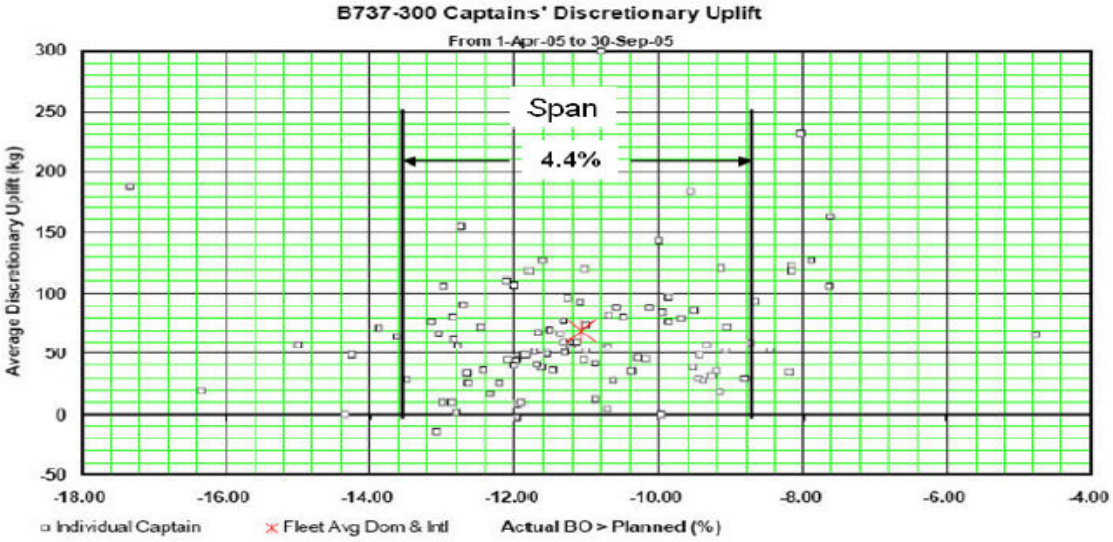
(11) 03-11 조종사 역량

① 감축 원리

○ 많은 항공사들로부터 운항 승무원에 의한 연료 효율성이 달라질 수 있음을 확인한다.

○ 이 같은 이유로 운항 승무원에 대한 적절한 교육, 표준운영절차(SOP), 교통 관련 도구에 대한 접근성 등을 통해 조종사에 의한 연료 효율성을 개선시킬 수 있다.

○ [그림 17]은 2005.04.01.~2005.09.30.까지 6개월 동안의 자료를 바탕으로 B737-300 조종사들 간 연료 소모량의 분산정도를 분석한 것으로, 계획된 연료 소모량대비 ±2.2%까지 차이가 나타나는 것을 볼 수 있다.



<그림17 > 파일럿에 따른 연료 소모량의 분산정도

출처 : Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management

② CO_2 감축량 산정예시

$$co_2\text{감축량} = \sum_{AC\,Type} \text{항공기 기종별 연간 연료소모량} \times \text{항공기 기종별 조종사 숙련도에 따른 연료감축비} \times \text{항공기 기종별 조종사 숙련도 개선 이행률} \times 3.15$$

○ 식을 통해 CO2 감축량을 산정하기 위해서는 항공기 기종별 Pilot Technique - Flight Management 도입에 따른 연료감축비를 산정해야한다. 항공기 기종별 Pilot Technique - Flight Management 도입에 따른 연료감축비는 운항 자료, 항공기 기종 별 성능 데이터를 통해 다음과 같이 계산할 수 있다.

Pilot Tecgnique에 따른 연료감축비 = 기존 조종사 숙련 수준에서의 연료소모율 - 조종사 숙련도 개선을 위한 연료 소모율

○ CO2 감축량 산정 정확도에 따라서, 항공기 기종뿐만 아니라 항공사의 연료효율 개선 관리 프로그램 및 조종사에 대한 Human factor를 고려함으로써 보다 높은 수준의 정확도로 CO2 감축량을 산정하는 것이 가능하다.

라. 정비 및 유지보수

○ 유지보수 및 항공역학적인 부분에서 항공기의 운용 시 항공기가 가진 최대의 성능을 낼수 있도록 여러 제반사항 등을 고려하여야 한다.

○ 따라서 유지보수 및 정비의 관점에서 항공온실가스 저감 관련 정량적 결과를 감축수단 알고리즘을 통해 예측 할 수 있다.

○ 정비 및 유지보수를 통해 감축할 수있는 감축수단은 아래와 같다.

<표 16 > 정비 및 유지보수 감축수단의 세부내역

대분류	중분류	
정비 및 유지보수	04-01	엔진 코어 세척
	04-02	항공기 프레임 경량화
	04-03	정비부문 항공기 무게 경량화
	04-04	엔진 SFC 표준화
	04-05	APU SFC 표준화
	04-06	경량화를 위한 항공기 구조변경

(1) 04-01 엔진 코어 세척

① 감축 원리

○ 항공기 엔진 세척을 통해 엔진 연소실의 이물질을 제거하여 연료효율을 높여 장거리 운항 시 연료절감효과를 극대화할 수 있다.

○ 국내 항공법상 연 1회 이상을 세척하도록 권고하고 있지만, 대부분의 항공사들은 연 2회에 걸쳐 세척을 실시하고 있다.

○ 외부에서 물을 쏘아 엔진 전체를 세척하는 기존방식은 엔진코어까지 물이 들어가지 않는 단점으로 인해, 현재는 엔진내부의 코어부분에 직접 물을 분사하여 세척하는 방식이 이루어지고 있다.

② CO2 감축량 산정예시

B x 목표감축량(%) B = 기종 별 줄일 수 있는 잠재 중량 = Burn per Fleet Kg/Y × 항공기 별 TSCF(%)

(2) 04-02 항공기 프레임 경량화

① 감축 원리

○ 항공기에 항력에 영향을 주는 요인의 선별을 통해 연료손실을 줄일 수 있도록 해야 한다. (항력데이터는 APM에서 도출 가능)

○ 항공기 외부에서 발생할 수 있는 항력들을 정기적으로 점검하고, 결함이 발생하면 즉시 조치를 취한다.

② CO2 감축량 산정예시

B x 목표감축량(%) B = 기종 별 줄일 수 있는 잠재 중량 = Burn per Fleet Kg/Y × Total Drag(%)

(3) 04-03 정비부문 항공기 무게 경량화

① 감축 원리

○ extra weight의 경우 비행시간 당 운반 중량의 약 4%의 연료가 추가적으로

소모됨에 따라 M&E(Maintenance and Engineering)에 의한 경량화가 실행되어야하며, 관리부서는 적극적으로 항공기 중량 동향 파악을 통해 연료절감을 위한 체제 확립이 필요하다.

○ 항공사 매뉴얼, FAK(Fly Away Kit), 항공기내 불필요한 시스템 등 항공기에 중량이 발생하는 불필요한 아이템들을 제거하여 온실가스를 감축한다.

② CO2 감축량 산정예시

B x 목표감축량(%) 기종 별 줄일 수 있는 잠재 중량(B) = Fuel penalty(kg/yr) to carry 1kg/fleet/yr x 항공기 별 평균 감축량

(4) 04-04 엔진 SFC 표준화

① 감축 원리

○ 엔진의 연료 효율성은 엔진이 TSFC(추력 당 연료 소모량) 또는 Engine Build Standards에서 최대 한계로 규정한 수리를 통해 연료 소모량을 최소화 시킬 수 있다.

- Engine Build Standards는 SFC 향상에 영향을 주며, TSFC goal/limit를 포함하면 모든 엔진 수리 행위에 대한 요구조건이 필요하다.

○ 엔진의 성능을 주기적으로 점검하고, 엔진에 대한 효율성을 높이고자한다. 다만, 항공기 리스(lease)로 운영하는 항공사의 경우 적용하기 어렵다.

② CO2 감축량 산정예시

B x 목표감축량(%) 기종 별 줄일 수 있는 잠재 중량(B) = Present engine Fuel Burn × Improved perf in %

(5) 04-05 APU SFC 표준화

① 감축 원리

○ APU에 대한 연료 연소 효율성은 엔진 연료 절약 계획과 동일하며, APU가

SFL 목표 또는 Build Standard에서 최대 제한으로 규정한 수리를 통해 연료 소모량을 최소화시킬 수 있다.

- Build Standard는 SFC 향상에 영향을 주며, TSFC goal/limit를 포함하면 모든 APU 수리 행위에 대한 요구조건이 필요하다.

○ APU 수리시 연료소모율 지표관리를 통하여 성능을 지속적으로 모니터링하며, 교체가 발생할 시기 및 조건에 연료소모 및 온실가스 발생량이 많아지는 경우에도 포함된다.

② CO2 감축량 산정예시

B x 목표감축량(%) 기종 별 줄일 수 있는 잠재 중량(B) = Present APU Fuel Burn × Improved perf in %

(6) 04-06 경량화를 위한 항공기 구조변경

① 감축 원리

○ 항공기 기체저항 저감 및 구조변경/업그레이드(SBs,SILs)를 통해 항공기 중량을 감소시켜 항공기 연료소모 절감 달성이 가능하다.

○ 대부분의 항공사들이 항공기내 사용하지 않는 계단, 카트 및 오븐을 제거하여 항공기의 무게를 감소시키고 있다.

② CO2 감축량 산정예시

Fuel penalty(kg/yr) to carry 1kg/fleet/yr × 평균 감축량 × 목표 감축량(%)

마. 지상 중량관리

○ 항공기의 중량 감소는 항공기 관리방안의 일환으로 기체, 장비, 탑재물품 등의 중량을 체계적으로 관리함으로서 전반적인 항공기 중량감소를 이끌어수 있다.

○ 중량을 감소함으로서 연료절감을 이끌어내고, 이에 대한 정량적 결과를 감축수단 알고리즘을 통해 예측할 수 있다.

○ 지상 중량관리를 통해 감축할 수 있는 감축수단은 아래와 같다.

<표 17 > 지상 중량관리 감축수단의 세부내용

대분류	중분류	
지상 중량관리	05-01	기내서비스장비 무게 감소
	05-02	케이터링 무게 감소
	05-03	면세품 무게 감소
	05-04	매거진 무게 감소
	05-05	탑재수 무게 감소
	05-06	추가연료 감소 방안 (over fuel)

(1) 05-01 기내서비스장비 무게 감소

① 감축 원리

○ 항공기에 탑재되는 장비(컨테이너, 파레트 등)들의 중량관리를 통해 항공기 탑재 무게를 감소시켜 항공기 연료소모 절감 달성할 수 있다.

- 경량 ULD 및 경량 Pallet 추진
- 20~25% 연료 절감 가능

○ 국적항공사의 ULD 경량화 교체작업이 현재 지속적으로 추진되고 있으나, LCC의 경우 화물운송에 따른 ULD사용실적은 없는 것으로 파악된다.

② C02 감축량 산정예시

Fuel penalty(kg/yr) to carry 1kg/fleet/yr × B × 목표 감축량(%)

(2) 05-02 케이터링 무게 감소

① 감축 원리

○ 화물 기기와 마찬가지로 현재 케이터링 서비스의 중량관리(재고, 무게, 패턴분석, B/C분석)등을 통해 항공기 탑재 무게를 감소시켜 항공기 연료소모 절

감 달성이 가능하다.

○ 항공사 자체적으로 케이터링 중량감소를 위해 추진되고 있으며 이는 항공사 기내서비스 품질과 직접적인 관련이 있는 사안임에 따라 민감하게 이루어지며, 항공기의 무게 가중치는 대형항공사(FSC)와 저비용항공사(LCC)에 따라 차이가 발생된다.

② CO2 감축량 산정예시

Fuel penalty(kg/yr) to carry 1kg/fleet/yr × B × 목표 감축량(%) B = 기종별 줄일 수 있는 Catering 중량 = (기종별 Catering 수용량 × (10%)

(3) 05-03 면세품 무게 감소

① 감축 원리

○ 현재 기내 탑재되는 면세상품의 중량관리(재고, 무게, 패턴분석, B/C분석)등을 통해 항공기 탑재 무게를 감소시켜 항공기 연료소모 절감 달성이 가능하다.

○ 항공사 자체적으로 Duty free 중량감소를 위해 추진되고 있으며 이는 항공사 기내서비스 품질과 직접적인 관련이 있는 사안임에 따라 민감하게 이루어진다.

② CO2 감축량 산정예시

Fuel penalty(kg/yr) to carry 1kg/fleet/yr × B × 목표 감축량(%) B = 기종별 줄일 수 있는 duty free 중량 = (기종별 Catering 수용량 × (10%)

(4) 05-04 매거진 무게 감소

① 감축 원리

○ 현재 기내 탑재되는 매거진의 중량관리(재고, 무게, 패턴분석, B/C분석) 등을 통해 항공기 탑재 무게를 감소시켜 항공기 연료소모 절감 달성이 가능하다.

○ 항공사 자체적으로 Magazines 중량감소를 위해 추진되고 있으며 이는 항공사 기내서비스 품질과 직접적인 관련이 있는 사안임에 따라 민감하게 이루어진다.

② CO2 감축량 산정예시

Fuel penalty(kg/yr) to carry 1kg/fleet/yr × B × 목표 감축량(%) 1. 장거리일 경우 B = 기종 별 줄일 수 있는 잡지 중량 = (기종별 잡지 수용량 - 승객 수(A)) × (75%) 2. 단거리일 경우 B = 기종 별 줄일 수 있는 잡지 중량 = (기종별 잡지 수용량 - 승객 수(A)) × (50%)

(5) 05-05 탑재수 무게 감소

① 감축 원리

○ 기내 탑재수 관리를 최적화함에 따라 불필요한 물의 양을 줄임으로써 항공기의 중량 감소로 연료절감을 달성한다.

○ 기내탑재수 사용실적을 고려하여 항공사별 최적화 작업이 필요하다.

○ 항공사별로 국내선과 국제선(3시간 이하), 국제선(3시간 이상)으로 구분하여 탑재하고 있으며, 국내선 및 국제선 3시간 이하는 50% 탑재, 국제선(3시간 이상)은 75~100% 탑재하고 있다.

② CO2 감축량 산정예시

Fuel penalty(kg/yr) to carry 1kg/fleet/yr × B × 목표 감축량(%) 1. 장거리일 경우 B = 기종 별 줄일 수 있는 식수량 = (기종별 식수 수용량 - 승객 당 평균 식수 사용량 (A)) × (75%) 2. 단거리일 경우 B = 기종 별 줄일 수 있는 식수량 = (기종별 식수 수용량 - 승객 당 평균 식수 사용량 (A)) × (100%) A= 탑승 승객 수 x 비행시간 x 0.3L[20]

(6) 05-06 추가연료 감소 방안 (over fuel)

① 감축 원리

○ IATA 보고서[21]에 따르면 항공기 기종에 따라 평균 50-500kg의 Over fueling이 계획되고 있다(비행계획서, 조종사 등의 이유로 인하여). 그러나

20) 시간 당 승객 물 소비량
21) Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management(2011)

이러한 over fueling은 운항지연, 수익손실, 지연에 대한 비용 등을 유발시킴에 따라 연료관리를 통해 연료효율성 향상이 필요하다.

○ 항공사별로 over fuelling은 이루어지고 있지만, 환경적인 측면이 발생하여 추가 연료 주입이 이루어지고 있다.

② CO2 감축량 산정예시

항공기 기종 별 Fuel penalty(kg/yr) x 항공기 기종 당 Avg Wt Extra x 목표 감축량(%)

바. 기타 감축수단

(1) 항공기 교체

① 감축 원리

○ 항공기 교체의 경우 신기종항공기로 교체, 신형제작항공기 교체로 나눌 수 있으며, 구형 항공기를 연료효율이 좋은 신형 항공기로 교체할 경우 많은 연료를 감축할 수 있다.

○ 신형제작항공기의 경우 항공기 제작에 대한 막대한 비용이 소요되기 때문에 연료절감과 온실가스 감축만을 목적으로 이를 시행하기는 어려우나 신기종 항공기 교체의 경우 항공사 전반적인 경영전략 및 정책에 의거하여 도입이 가능하다.

○ 한국의 대형 항공사 중 하나는 최근, 항공기 제작사들과 연료효율이 좋은 최신형 항공기 100대 도입을 위한 MOU를 체결한 바 있으며, 한국의 항공사들은 지금까지와 마찬가지로 앞으로도 적극적인 신형 항공기 도입이 예상됨에 따라 향후 항공수요 증가에 따른 항공기 부족분을 모두 신형 항공기로 교체할 경우 큰 감축효과가 예상된다. [22)]

(2) 대체연료(바이오 연료)

○ ICAO를 중심으로 항공부문 온실가스 감축을 위한 노력이 증대되고 있으며, 온실가스 감축 수단으로서 항공용 바이오연료 개발이 대두되고 있다.

○ 항공용 바이오연료 기술은 바이오매스를 생물학적 또는 열화학적 방법으로

22) 항공부문 온실가스 감축 국가이행계획 수립연구(2012)

반응시켜 항공용 바이오연료로 전환하는 기술로서 각 국가 및 국제기구들은 항공용 바이오연료 개발 정책에 박차를 가하고 있다.

○ 바이오 연료를 사용할 경우 온실가스는 배출하지 않는 것으로 인정하기 때문에 항공기 교체 외에는 효과적인 대형 감축수단이 없는 항공부문에서 바이오연료는 중요한 감축수단으로 예상되나, 원료 생산량이 미미한 우리나라는 바이오연료가 일반화되는 경우에도 현재 원유를 도입하는 것과 마찬가지로 거의 전량 수입에 의존할 가능성이 높아 충분한 고려가 필요하다.[23)]

사. 소결론

○ 감축수단 분석 및 산정방안을 구체적으로 조사하기 위해 감축수단이 가장 많이 포함되어있는 IATA[24)] 보고서를 우선적으로 분석한 결과 여러 안전상 및 비용상의 고려사항이 발생할 수 있다.

○ 예를 들어 GPU(Ground Power Unit) 혹은 AC-GPS(Aircraft Ground Power Supply)는 지상에 정박해있는 항공기에게 전력을 공급하는 장치로서, 항공기와 공항 터미널을 연결하는 jetway나 별도의 차량 등에 장착할 수 있다. GPU에 연결되어있는 동안에는 항공기에서 필요한 전력 생산을 위한 동력장치를 가동하지 않아도되나, 해당 설비를 구축하는데 추가적인 비용이 발생할 수있으며, GPU 등의 지상전원공급장치의 사용이 어려운 곳에서는 APU의 사용을 실질적으로 억제하기가 어렵다.

○ 또한 운항관리를 통하여, 온실가스 배출량을 크게 감축할 수 있다고 하여도, 예비 연료량을 줄이는 방법론은 안전에 대한 철저한 분석이 필요하다. 보정연료는 기상이나 여타 운항 조건이 계획한 것과 다를 경우를 대비한 연료로서, 안전과 밀접한 관련을 가지고 있기 때문에 낮아진 보정연료 기준으로 인한 위험도 분석이 필수적이다. 또한 한 국가가 단독으로 결정할 수 있는 사안이 아니므로 국제적인 합의가 먼저 도출되어야 한다.

○ 따라서 제시된 항공온실가스 감축을 위한 기술 중 실제 국적 항공사 및 정부가 적용이 가능한 기술이 선별될 필요가 있으며, 적용이 가능하더라도 경제적인 측면과, 안전에 저해되지 않는 측면에서 신중히 고려되어야 할 필요가 있다.

---

23) 항공부문 온실가스 감축 국가이행계획 수립연구(2012)
24) IATA, Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management, 2011

제5장 항공 온실가스 주요 감축기술 선정

1. 감축기술 선정방안

○ 항공 온실가스 감축량 예측 감축기술 선정을 위해 '15. 3. ~ '15. 4. (2개월)동안 항공 운송업을 수행하는 국내 항공사 7개 대상(대한항공, 아시아나항공, 진에어, 에어부산, 제주항공, 티웨이항공, 이스타항공)으로 개발하는 시스템에 기능으로 포함되는 온실가스 배출량 감축기술을 항공사들을 대상으로 조사를 실시하여, 1차적으로 감축량 예측을 포함하는 분석을 실시하였다.

○ 각 항공사들의 항공온실가스 담당자 및 연료감축기술을 위한 경험자을 총 20명 선정하여 면담조사를 실시 및 감축기술 선호도 결과를 제시하였으며, 조사에서 제시되는 감축기술은 국내외 감축기술(47개)들을 분석한 결과이다.

2. 항공사별 조사 결과

○ 면담조사 결과 항공사별 선호도 분석결과는 14개, 항공사별 적용감축기술 19개가 분석되었으며, 대형항공사(Full Service Carrier, FSC)와 저비용항공사(Low Cost Carrier, LCC)로 구분되어진 결과를 정리할 수 있다.

○ 대형항공사는 2000년 중반부터 항공기에서 소모되는 연료량을 감축하기 위한 목표로 이미 국내외 감축기술들을 분석하여 많은 감축기술들에 대한 적용가능여부에 대한 내용들을 자체적으로 가지고 있으며, 아시아나항공의 경우 스타얼라이언스 그룹 회의에서 감축기술에 대한 주제로 항공사간 교류도 한 경험이 있다.

○ 대형항공사는 항공온실가스와 관련된 내부 시스템 구축도 되어있으며, 이를

토대로 항공기별 산정 및 항공기 속도, 위치 등이 구체적으로 볼 수 있도록 내부 시스템이 구축되어있다.

○ 반면에 저비용항공사는 항공온실가스 문제가 대두된 2010년 항공부문 온실가스 자발적 감축협약이 시작되면서 항공사에서 감축하는 감축기술 분석을 시작하였으며, 대부분이 감축기술조사 및 현재 적용한 결과를 도출하는 단계에 있다.

○ 일부 저비용항공사에서 항공온실가스 산정할 수 있는 시스템을 구축하여 활용하고 있지만, 대부분 저비용항공사는 이제 구축하는 단계에 있거나, 아직 구축 계획이 없는 항공사들이 대부분이다.

○ 대한항공

- 대한항공은 항공온실가스 문제가 대두되기 전부터 연료감축을 위한 다양한 방법을 모색하기 위하여 연료관리팀을 따로 운영 중에 있으며, 연료관리팀에서 많은 연료 감축기술들이 실제 적용될 수 있을지 분석되었다.

- 또한, 대한항공은 이미 항공기별 항공온실가스를 배출량을 산정하는 시스템을 구축하였으며, 항공기가 운항하는 정보들을 수집하여 항공온실가스 감축하기 위한 방법을 분석하고 있다.

○ 아시아나항공

- 아시아나항공도 기존의 연료관리팀을 운영하는 방식으로, 현재 항공온실가스 대응팀을 조직하였으며, 내부에서 항공온실가스 감축을 위한 캠페인, 조종사 교육 등을 시행하여, 연료 감축 및 항공온실가스 감축을 할 수 있다

- 아시아나항공은 항공온실가스를 비행편당으로 산정하기 위하여, 내부 시스템을 구축하였다. 이 시스템을 운용하여, 매년 연료사용량 및 항공온실가스가 감축되고 있는지를 확인한다.

- 또한, 항공기 중량 감소를 위한 면세품, 항공기 기내에서 사용하는 컵, 그릇, 쟁반 등을 플라스틱과 같은 가벼운 소재로 변경하고자 시도는 하였지만, 서비스측면을 고려하여 반영되지 않았다.

○ 진에어

- 진에어는 항공온실담당자가 회사 내부에 지정되어 있으며, 그 담당자와 주로 면담조사를 실시하였고, 담당자가 확인되지 않는 사항은 다른 담당자와 유선통화로 확인하면서 면담조사를 진행하였다.

- 진에어는 항공온실가스를 산출하는 내부 시스템이 구축되지 않아, 항공기 기종별총량을 Tier 1, Tier 2 급으로 구분하여 재산정하고 있었으며, 현재 적용하고 있는 감축기술은 타 저가항공사와 유사한 수준이다

- 진에어는 APU 사용 억제를 위하여 김포공항에서 GPU를 사용중이며, APU 사용량 파악은 월별, 연도별로 APU 사용량을 파악하고 있다.

- 저가항공사 중에서 유일하게 적용하고 있는 사항은 Cost index 값의 정기적인 변경과 경량 ULD를 사용하고 있는 것이다.

· Cost Index 값을 정기적으로 변경하며 항공기 속도를 적용하였고, 이를 토대로 비행계획서를 작성한다.

· 또한 저가항공사 중에서 대형항공기인 B777를 운영하고 있으며, 이 항공기에서 사용되고 있는 ULD의 경우 경량 ULD로 적용하여 사용되고 있다.

○ 제주항공

- 제주항공은 회사 내부 항공온실가스 담당자를 두고, 매달 항공온실가스발생량을 계산할 수 있도록 회사 내부 시스템이 구축되어있는 상태이다. 다만, 항공온실가스 배출량을 항공운항 단계별로 분석이 불가능한 형태이므로, 항공온실가스 배출량만 산정하도록 개발되었다.

- 제주항공 자문회의 결과 타 항공사와 다른 점은 APU 산정하는 기준을 주기장에서 도착한 시점부터 푸시-백되기까지 APU가 운용되는 시간을 통계적으로 산출한 25분으로 정하였으며, 주기장에서 비행편마다 APU가 실제로 운용되지 않은 시간만큼을 따로 작성을 하여 보관한다.

- 또한, 제주항공에서는 두달동안 연료사용을 집계한 결과를 토대로 감축 활동이 높은 직원에 대한 포상을 제공하고 있으며, 이 포상활동으로 회사 전반적으로 감축을 위한 의지가 높은 편이다.

○ 이스타항공

- 이스타항공은 타 저가 항공사에서 적용하는 운항 규정을 거의 동일하게 적용하여 항공기를 운항하고 있으며, 회사내 항공온실가스 대응 시스템이 구축되지 않고 비행편당 총 연료량을 직접 계산하는 방식으로 사용하고 있다.

- 타 저가항공사에서 적용하고 있는 비행편당 APU 소모량 체크를 정비본부에서만 하고 있었으며, 항공온실가스 저감량 산정을 위해서 APU 사용량을 계산하지는 않았다.

- 또한, 주기장에서 활주로까지 지상이동시간을 15-17분정도로 예상하여 항공기에 주입하는 연료값을 200kg 고정으로 적용하였다.

○ 티웨이항공

- 티웨이항공에서 면담조사는 조종사, 운항관리사, 정비사, 항공온실가스 담당자와 면담조사를 실시하였으며, 타 저가항공사와 거의 동일한 항공온실가스 감축기술을 적용하고 있었다.

- 회사내 항공온실가스 감축을 체계적으로 관리할 수 있는 시스템은 현재는 구축되지 않았으며, '15년도 연말에 구축 예정이다.

- 회사내 APU 시설을 대체할 수 있는 시설이 회사내 자체 보유하고 있지 않아, 협력 지상조업업체를 통하여 대체하고 있으며, AC-GPS는 김포공항 및 인천공항 탑승동에 장착되어 있는 시설을 이용하지만, 저가항공사가 탑승동을 이용하기는 주기장의 SLOT을 배정받기가 어려워 대부분 GPU로 대체하여 사용한다.

- 티웨이항공은 비행계획시 적용하는 보정연료를 10% 적용하였지만, 15년 4월달부터 5%로 변경하여 적용할 예정이고, 항공법 기준에 적용할 수 있는 최저 3% 기준을 위하여 준비하고 있다.

○ 에어부산

- 에어부산은 면담조사 대상자가 항공온실가스 담당자와 부조종사이며, 회사

내 항공온실가스 대응팀이 최근에 구축되어 정기적인 모임과 회사내에서 감축기술 적용등을 분석하고 있다.

- 회사에서 적용하는 감축기술들은 타 저가항공사와 동일하나, 아시아나항공에서 실시한 회사 내 캠페인, 조종사 교육 등은 유사한 형태로 실시되었다.

- APU 사용을 억제시킬 수 있는 장비는 에어부산 자체에서 가지고 있는 GPU 시설은 없지만, 협력 지상조업사의 도움으로 실시하고 있다. 또한 APU 사용량에 대한 체크는 정비팀에서 사용하는 사용시간 로그북에 작성을 하지만, 따로 작성이 되진 않는다.

- 저가항공사들 중에서 특이하게 적용한 감축기술로서 조종사들에게 착륙 후 주기장으로 들어오기까지 엔진 두 개 항공기의 경우 엔진 하나 시동을 끄고 운항하는 방법도 사용되었다. 하지만, 엔진을 하나를 끄고 운항한 경우와 끄지 않고 운항한 경우를 비교할 만한 정확한 량을 계산하기 어려워 회사내에서 지속적으로 이루어지지 않았다.

- 또한 회사내에서 연료 감소 및 항공온실가스 감축을 위한 방법으로 녹색운항매뉴얼을 제작하여 조종사들을 대상으로 교육이 실시하였다.

- 다만, 타 저가항공사에서 사용하는 식음료(potable water)무게 절감은 하지 않은 것으로 파악되었다.

3. 감축기술 결과 도출

○ 항공사 항공온실가스 담당자들을 대상으로 항공사별 적용기술과 개발 시스템의 항공온실가스 감축량 예측 모듈의 요구사항으로 선정되는 감축기술의 선호도 결과는 다음과 같다.

○ 항공사들을 대상으로 조사한 감축기술 선호도 결과는 항공사에서 이미 적용하고 있는 감축기술들 중에 50% 정도를 포함하고 있지만, 포함된 50% 중에서는 항공사에서 도출하는 방법들에 대한 항공사별 기준이 상이하므로 이 기준에 대한 표준화 제시를 요구하였다.

<표 18 > 항공사 감축기술 선호도 결과

구분	대분류	중분류		선호도 결과	항공사별 적용기술
1	APU	01-01	GPU/AC-GPS 사용 권장	O	O
2	Flight Dispatch	02-01	APU 억제정책 운영	O	
		02-04	No Pack 비행중 APU 최적화		O
		02-05	Single Pack 비행중 APU 최적화	O	O
		02-06	정비시 APU 최적 운영방안		O
		02-10	CI 개선	O	
		02-11	항공로별 CI 적용	O	
		02-12	지연비용 적용한 CI 운영		O
		02-15	횡적 비행계획 최적화	O	O
		02-16	고도별 비행계획 최적화	O	O
		02-17	보정연료 5%>3% 사용	O	O
		02-18	교체공항까지 보정연료 3%	O	
		02-19	교체공항까지 보정연료 5%		O
3	Flight Operations	03-01	일부구간 보정연료 사용	O	
		03-03	추가연료 (운항관리사 요청)		O
		03-05	탱커링 연료 최소화		O
		03-06	대체공항 최적화 운영		O
		03-07	대체공항 운항시 CI지수 0으로 변경		O
		03-08	IFR시 대체공항 미선정 운영		O
		03-09	체공연료 최적화		O
4	Maintenance & Engineering	04-01	항공기 무게중심관리	O	O
		04-03	영연료중량 정확도	O	O
		04-06	연료 바이어스 산정		O
5	Commercial & Ground Operations	05-02	지상활주연료 표준 산정	O	
		05-05	추가연료 (조종사 요청)	O	O

○ 일부 항공사에서 선호하는 감축기술들은 실제 항공사에 적용하였을 경우 산정기준이 모호하며, 항공사의 중요데이터가 노출될 수 있는 위험이 있으므로

이를 제외하고 선정하였다.

- Reduced Acceleration Altitude : 국내 공항은 이륙시 일정고도까지 빨리 상승하는 절차는 항공기 소음과 관련된 절차이므로, 선호도 조사에서 제외한다

- CDOs & T-Arrivals RNPs : 현재 국내에 적용되어있는 CDO 절차는 없다. 다만, 항공사들이 운영할 수 있는 자격요건은 갖추고 있다.

- Pilot Technique - Flight Management : 조종사에 대한 감축량 평가는 항공사내에서 민감한 사항이며, 평가할때 분석하는 데이터도 항공사에서 일부 직원들만 사용할 수 있다

- Commercial Equipment Weight Reduction : 대형항공사의 경우 ULD 사용이 이루어지고 있지만, 저비용항공사는 주기종이 B737-800이며, ULD를 사용하고 있지 않는 상황이다. 추후 감축기술로 고려해볼 요소이다.

○ 또한, 국내 항공온실가스 저감기술과 관련하여 교통안전공단에서 발표한 '항공온실가스 저감기술 이행 매뉴얼' 감축기술 중에서 IATA 보고서와 중복되는 감축기술은 총 15개이며, 그 기술들은 다음과 같다

- 항공온실저감기술 이행매뉴얼과 선호도 결과와 중복되는 사항은 총 4개이다.

<표 19 > 항공사 감축기술 선호도와 저감기술 이행매뉴얼 비교

구분	대분류	중분류		항공온실저감기술이행매뉴얼('15)	선호도 결과
1	APU	01-01	GPU/AC-GPS 사용 권장	O	O
2	Flight Dispatch	02-01	CI 개선	O	O
		02-04	횡적 비행계획 최적화	O	
		02-12	대체공항 최적화 운영	O	
3	Flight Operations	03-03	저플랩 이륙절차	O	
		03-06	연속강하절차 & T형 RNP 도착절차	O	
		03-07	저소음 저항력 절차	O	
		03-08	저항력 플랩 절차	O	
		03-09	공회전 역추진	O	

		03-10	단일엔진 택싱 아웃	O	
4	Maintenance & Engineering	04-01	엔진 코어 세척	O	O
		04-02	항공기 프레임 경량화	O	
		04-06	경량화를 위한 항공기 구조변경	O	
5	Commercial & Ground Operations	05-01	기내서비스장비 무게 감소	O	
		05-05	탑재수 무게 감소	O	O

○ 따라서 위의 결과를 토대로 아래 표와 같은 우선시 되는 감축기술들을 도출하였고, 이를 토대로 2차년도 감축기술 알고리즘을 구현할 예정이다.

- 다만, 사용자의 요구사항과 국가정책를 반영한 감축기술들은 2차년도 과업 중에도 재구성될 수 있다.

<표 20 > 항공 온실가스 감축기술 도출

구분	대분류	중분류	
1	APU	01-01	GPU/AC-GPS 사용 권장
2	Flight Dispatch	02-01	CI 개선
		02-05	고도별 비행계획 최적화
		02-10	추가연료 (운항관리사 요청)
		02-12	대체공항 최적화 운영
		02-15	체공연료 최적화
		02-17	영연료중량 정확도
		02-18	연료 바이어스 산정
		02-19	지상활주연료 표준 산정
3	Flight Operations	03-07	저소음 저항력 절차
		03-10	단일엔진 택싱 아웃
4	Maintenance & Engineering	04-01	엔진 코어 세척
5	Commercial & Ground Operations	05-02	케이터링 무게 감소
		05-05	탑재수 무게 감소

○ 우선적으로 도출된 감축기술에 대한 사용자의 알고리즘 검토의견은 다음과 같다.

- A항공사 의견은 Cost Index 조절이 유가에 직접적인 영향을 받아 매번 항공사들마다 산정기준이 달라지므로, 이에 따른 효과가 미미할 것으로 예상하고 있다. 그리고 추가 탑재 연료산정량은 항공기 안전과 관련된 사항이며, 일부 감축기술에 대한 정량적인 실적집계 방법이 없는 것으로 의견을 제시하였다.

- 이에 추가로 운항 분야의 3가지 감축기술을 개발 시스템에 포함하도록 제시하였으며, 이에 대한 사유는 IATA에서 경제적인 속도로 권고하는 감축기술이다

<표 21 > A 항공사 감축기술 의견

A 항공사 의견		
1. 선정된 14가지 감축기술 의견		
01-01	GPU/AC-GPS 사용 권장	- 기관에서 제안한 감축기술 동의
02-01	CI 개선	- Optimized C.I는 고유가인 경우, Index 값을 낮추어 연료절감(온실가스감축)에 기여할 수 있으나, 저유가인 경우에는 Index 값을 높여 오히려 더 많은 연료를 소모할 수 있음 - 최근 10여년 동안은 고유가 환경 속에서 Optimized C.I 정책에 따라 연료절감(온실가스 감축)에 기여하였으나, 저유가 지속 시에는 항공사마다 비용관리 측면에서 Index 값을 재조정하여 연료절감(온실가스감축)에 효과를 주지 못할 가능성 있음
02-05	고도별 비행계획 최적화	- 정량적 실적집계 방법 없음
02-10	추가연료 (운항관리사 요청)	- 추가 탑재 연료량 산정은 항공기 안전과 관련된 사항으로서, 매 편마다 달라질 수 있음 - 정형화된 고정값 적용 기준이 아니어서 온실가스 감축기술로는 적절하지 않음
02-12	대체공항 최적화 운영	- 기관에서 제안한 감축기술 동의
02-15	체공연료 최적화	- 정량적 실적집계 방법 없음
02-17	영연료중량 정확도	- 기관에서 제안한 감축기술 동의
02-18	연료 바이어스 산정	- 기관에서 제안한 감축기술 동의
02-19	지상활주연료 표준 산정	- 기관에서 제안한 감축기술 동의
03-07	저소음 저항력 절차	- KE의 경우, "Stabilized Approach 정책 변경"을 통해 동 절차의 개념을 일부 도입했으나, 현재 IATA 권고 절차를 완전하게 반영하지는 못하고 있음 - 상기와 같은 사유로 정량적 실적집계 어려움
03-10	단일엔진 택싱 아웃	- 기관에서 제안한 감축기술 동의
04-01	엔진 코어 세척	- 기관에서 제안한 감축기술 동의
05-02	케이터링 무게 감소	- 기관에서 제안한 감축기술 동의

05-05	탑재수 무게 감소	- 기관에서 제안한 감축기술 동의
2. 추가적인 감축기술 조언		
03-03	저플랩 이륙절차	- Flight Ops 분야에서 대표적인 아래 경제운항절차 3개를 감축기술로 추가 의견입니다. - IATA에서도 권고하는 대표적인 경제운항절차로서, 실적집계 가능하고 기대효과도 비교적 큼
03-08	저항력 플랩 절차	
03-09	공회전 역추진	
3. 알고리즘 산정 방법 조언		
- 경제운항절차 : (기종별 편당 감축효과) * (총편수) - 무게 경감 감축기술 : (경감 무게) * (총 비행시간) * (기종별 Surplus Ratio) - 01-01, GPU/AC-GPS 사용 권장 : 자발적협약 이행 매뉴얼 가이드 (교통안전공단 발행) 참조		
4. 그 밖의 다양한 의견		
- 향후 개발되는 국가 항공온실가스 예측 프로그램은 항공사에서도 적극 활용(Tool)할 수 있는 시스템으로 개발 추진 건의 드림		

- B항공사 의견으로 선정된 14개의 감축기술에 대한 의견은 다음과 같다.

<표 22 > B 항공사 감축기술 의견

B 항공사 의견		
1. 선정된 14가지 감축기술 의견		
01-01	GPU/AC-GPS 사용 권장	- 항공사별 상이한 산정방법의 조정 필요 (공통된 산정 적용을 위한 기반이 갖춰져야 함)
02-01	CI 개선	- 기관에서 제안한 감축기술 동의
02-05	고도별 비행계획 최적화	- 고도별 항공기 배정되는 집계가 어려움
02-10	추가연료 (운항관리사 요청)	- 외부환경요소(기상, 공항상황, ATC 등)에 대한 통계 산출 후 산정 필요
02-12	대체공항 최적화 운영	- 기관에서 제안한 감축기술 동의
02-15	체공연료 최적화	- 기관에서 제안한 감축기술 동의
02-17	영연료중량 정확도	- 기관에서 제안한 감축기술 동의
02-18	연료 바이어스 산정	- 기관에서 제안한 감축기술 동의
02-19	지상활주연료 표준 산정	- 기관에서 제안한 감축기술 동의
03-07	저소음 저항력 절차	- 기관에서 제안한 감축기술 동의
03-10	단일엔진 택싱 아웃	- 기관에서 제안한 감축기술 동의
04-01	엔진 코어 세척	- 기관에서 제안한 감축기술 동의
05-02	케이터링 무게 감소	- 기관에서 제안한 감축기술 동의
05-05	탑재수 무게 감소	- 기관에서 제안한 감축기술 동의
2. 추가적인 감축기술 조언		
02-06	EU-OPS-RCF 5%>3%	- 보정연료 5%(3%) 시행에 따른 감축기술 추가

3. 알고리즘 산정 방법 조언
- 노선별, 고도별, 월 평균 기상에 따른 비행계획시스템의 시뮬레이션 이용
4. 그 밖의 다양한 의견
- 의견 없음

- 구두상으로 제시한 의견은 개발 시스템에 많은 감축기술들이 포함되어 항공사에서 사용할 수 있는 선택의 폭이 넓어질 수 있도록 요청하였고, 또한 감축기술 모듈만 항공사에서 사용할 수 있도록 프로그램화를 요청하였다.

4. 소결론

○ 항공온실가스 예측 모듈을 이용할 수 있는 대상자들을 선정하여, 개발 시스템에 포함될 수 있는 감축기술들을 국내·외 자료들을 이용하여 조사하였다.

○ 조사 결과 면담조사를 하기위한 47개의 감축기술로 압축할 수 있었고, 이 감축기술을 가지고 항공사들을 대상으로 면담조사를 실시하였다. 면담조사 대상자는 항공사에서 항공온실가스 담당자 및 관련 부서 담당자이며, 이들의 면담조사 결과 개념설계에 포함할 수 있는 총 14개의 감축기술을 1차년도에 선정하였다.

○ 다만, 선정된 감축기술들은 항공사의 검토의견에 따라 변경이 될 수 있으며, 2차년도 과업인 상세설계 및 항공사와 국가의 피드백을 통하여 변경이 될 수 있다.

제6장 항공 온실가스 감축량 예측 시스템 개발개념 도출

1. 감축량 예측 시스템 개념설계

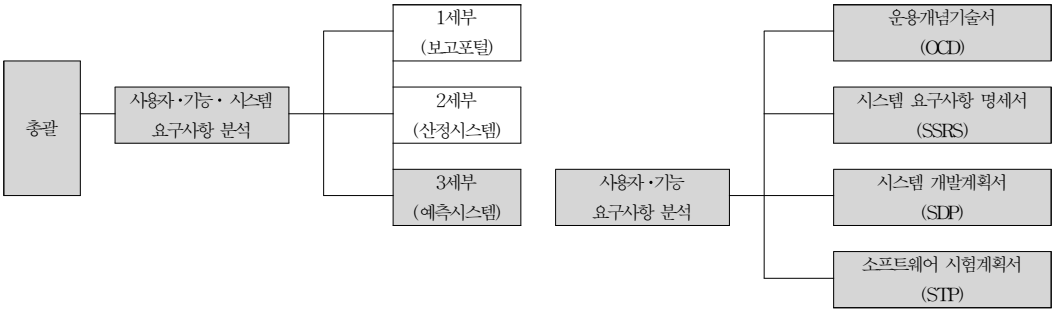
○ 항공 온실가스 감축량 예측 시스템을 개발하기 위해 실제 시스템에 필요한 요구사항을 검토할 필요가 있다.

○ 시스템을 체계적으로 정의 및 분석, 관리가 미흡할 경우 향후 개발 시 상호운용성이 결여될 수 있으며, 이는 시스템의 필요 요구 성능을 만족시킬 수 없다. 또한 이러한 문제점으로 인해 설계변경을 수시로 변경 시 추가적인 비용 및 개발소요기간이 과다 진행될 수 있어 시스템 개발 시작단계에서 사용자/시스템 요구사항의 명확한 분석이 필요하다.

○ 이를 위해 본 시스템 설계를 문서화하는 작업이 필요하며, 개발단계에서 시스템요구사항검토(SRR)를 통해 개념설계를 구체화하는 작업이 필요하다.

○ '항공온실가스 산정 및 예측시스템 개발연구'의 시스템 요구사항[25] 검토회의 자료 작성을 위하여 관련 기관(정부, 항공사, 정부지원기관 등)의 사용자 요구사항을 자문, 인터뷰를 통해 도출하였으며, '항공온실가스 감축량 예측시스템'과 관련된 특정 요구사항(사용자 요구사항, 기능요구사항, 시스템 요구사항)을 선별하여 분석하였다.

<표 23 > 시스템 요구사항 검토 흐름도



○ 항공온실가스 감축량 예측 시스템의 분석된 요구사항을 통하여, 운용개념기술서(OCD), 시스템요구사항명세서(SRRS), 시스템개발계획서(SDP), 테스트계획서(STP)를 작성하고 개념설계를 완료하였다.

- 운용개념기술서 : 운용개념기술서는 항공온실가스 감축량 예측시스템개발에 대한 개요, 시스템, 분석, 운영시나리오 등을 기술한 문서이다.
- 시스템 요구사항명세서 : 시스템요구사항명세서는 항공온실가스 감축량 예측시스템 개발의 일반적 기능 요구사항을 제외한 시스템 요구사항을 기술한 문서이다.
- 시스템 개발계획서 : 시스템 개발계획서는 항공온실가스 감축량 예측 시스템 개발의 방법론, 형상관리 및 품질관리, 문서관리 등 개발시스템 체계 등을 기술한 문서이다.
- 소프트웨어 시험계획서 : 소프트웨어 시험계획서는 항공온실가스 감축량 예측시스템 개발의 단위시험계획. 통합시험계획, 인수시험계획을 작성하여 도출한 현업 요구사항 및 설계사양을 시스템이 만족 시키는지를 검증하는 문서이다.

가. 운용개념기술서[26)]

(1) 시스템 개요

○ 항공 온실가스 감축량 예측 시스템은 항공 온실가스 감축량 예측 모듈과 감축수단 별 경제성분석 · 의사결정 지원 모듈로 구성되어있다.

○ 항공 온실가스 감축량 예측 모듈 : 항공온실가스 감축수단 별 알고리즘을 통해 저감효과를 분석하며 이에 따른 저감잠재량을 예측할 수 있도록 한다.

- 본 모듈은 항공안전 및 온실가스 감축의 두 부분 모두가 충족될 수 있도록 절차상 안전을 기본으로 한 항공기 온실가스 감축량 및 저감잠재량을 분석할 수 있는 모듈이다.

25) 항공 온실가스 산정 및 예측시스템 개발문서(OCD, SSRS, STP, SDP) 풀버전은 성과물(C-1-②)에 상세히 기술됨
26) 항공 온실가스 감축량 예측 시스템 운용개념기술서의 풀버전은 성과물(C-1-②)에 상세히 기술됨

- 총 5개의 범주 (APU, 운항관리, 운항, 정비 및 유지보수, 지상 중량관리) 내 40여 가지의 감축기술에 대한 저감효과를 분석하고 저감 잠재량을 파악하여 추가 감축이 이뤄질 수 있도록 한다.

○ 항공온실가스 감축수단 별 경제성분석 · 의사결정 지원 모듈 개발 : 항공 온실가스 감축수단 별 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈을 통해 사용자에게 감축수단 적용을 위한 의사결정을 지원해줄 수 있도록 한다.

- 각종 시나리오(국내·외 환경 관련 정책 시나리오, 미래 항공수요 및 신형 항공기 도입 시나리오, ICAO 항공기 인증규제 시나리오)와 각종 DB(항공기 성능, 항공사 운항 스케쥴, 항공사 비용)을 통한 항공기종별 비용 및 효과를 이용해 비용분석을 하여 Fleet Level 정책효과 분석하며, 이에 감축수단별 효과를 적용하여 감축수단별 정책효과 변화 및 비용/온실가스 감축량에 대한 분석을 통하여 정부 또는 항공사의 정책 수립에 대한 의사결정을 돕는 모듈이다.

(2) 시스템 개발 범위 및 목표

나) 시스템 개발 범위

<표 24 > 운용개념기술서 개발범위

모듈	업무	업무범위
항공 온실가스 감축량 예측 상용 모듈	S/W개발	- 항공 온실가스 기초데이터 검색/추출/관리 기술 개발 - 알고리즘 모듈과 DB 통합 시스템 구축 - 감축량 예측 알고리즘 이용한 예측 모듈 개발
경제성 분석 및 의사결정 지원	S/W개발	- 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈 개발

다) 시스템 목표

○ 항공 온실가스 감축량 예측 모듈은 감축량 예측모듈과 경제성분석 및 의사결정 지원모듈로 구성된다.

- 항공 온실가스 감축량 예측 모듈 개발은 APU, 운항관리, 운항, 정비 및 유지보수, 지상 중량관리의 5개 범주에 대한 감축기술 적용을 통한 저감효과를 분석하고, 저감 잠재량을 파악하여 추가 감축이 이뤄질 수 있도록 한다.

· 감축수단별, 비행단계별, 항공기종별 등 다양한 감축 시나리오 분석기술이 요구되며, 이를 통해 항공 온실가스 감축량 데이터베이스를 구축하고 경제적 운항절차 개발 및 효과적인 운항 체계를 구축하는 기술을 개발한다.

· 항공온실가스 감축량을 다양한 감축수단을 이용하여 예측할 수 있는 모듈

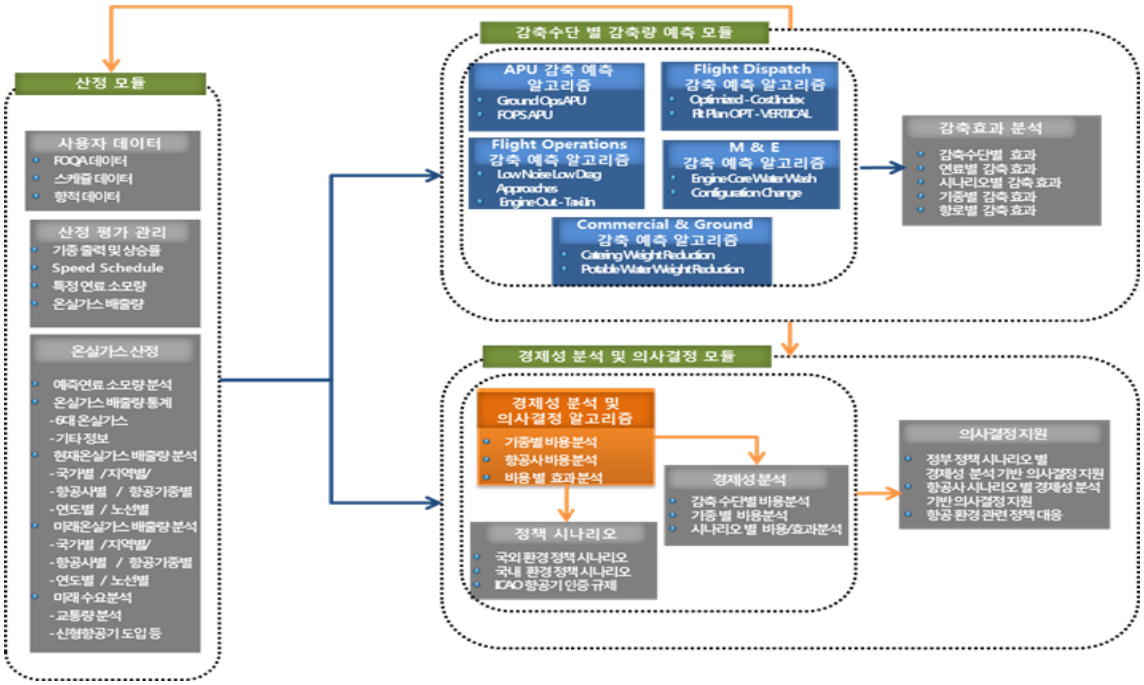
· 정부 및 항공사의 정책을 지원할 수 있는 모듈

- 항공온실가스 감축수단 별 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈 개발은 온실가스 배출 국가 이행계획 수립과 탄소배출거래제 실시에 선제적으로 대응하기 위한 경제성 분석과 의사결정을 지원한다.

· 총 5개 범주내 47여 가지의 감축 기술의 적용 시나리오에 따라(예: 항공사별, 노선별, 기종별 적용 범위 시나리오) 항공사의 직접운항비용에 미치는 영향 분석

· 국내외 환경 관련 정책 시나리오 및 미래 항공수요, 신형 항공기 도입 시나리오에 따른 항공사 비용에 미치는 영향을 분석하여 정부 또는 항공사의 항공온실가스 감축 전략에 대한 의사결정을 돕는 모듈 개발

라) 전체 시스템 구성도



<그림18 > 전체 시스템 구성도

마) 항공 온실가스 감축량 예측 모듈 흐름도

○ 과거부터 미래까지 산정된 온실가스 배출량에 대해 APU, 운항관리, 운항, 정비 및 유지보수, 지상 중량관리의 5개 범주에 대한 감축기술 적용을 통한 저감효과를 분석하고, 저감 잠재량을 파악하여 추가 감축이 이뤄질 수 있도록 하는 모듈이다.

- APU : 항공기 보조동력장치(APU, Auxiliary Power Unit)는 항공기 후미에 설치되어 주동력기관의 시동에 필요한 동력 또는 비상동력을 공급하는 소형 가스터빈 엔진 형식의 일종으로 주엔진 고장 또는 정지 상태에 있을 때 동력을 공급하는 역할을 함. APU 사용은 동일한 시간의 지상전원공급장치 사용에 비해 연료소비량이 상당함에 따라 항공사 자체적으로도 APU 사용을 최소화하여 연료절감을 실현하고 있음. 따라서 지상에서 AC-APU 사용을 억제하고 AC-GPS를 사용함으로써 항공기의 연료절감을 달성할 수 있으며, 이에 대한 정량적 결과를 감축수단 알고리즘을 통해 예측할 수 있음.

- 운항관리 : 운항관리에는 기상 및 항로, 대체공항 등을 고려하는 비행계획 단계, 탑재연료의 관리, 항공기와 탑재물품 및 무게중심 등 항공기 운항 전에 필요한 제반사항을 고려해야 함. 따라서 항공기의 전반적인 스케줄 및 운용을 적절히 관리하는 감축수단 알고리즘을 통해 예측할 수 있음.

- 운항 : 운항승무원의 주요 임무는 최적의 비행계획이 세워진 항공편에 대해 가장 효율적인 속도와 고도로 안전하게 비행하는 것이며, 이와 더불어 연료효율성을 높이기 위해 여러 제반사항을 고려하여야 함. 항공기가 운항을 시작할 때부터 멈출 때까지 운항 전반 감축수단 알고리즘을 통해 예측할 수 있음.

- 정비 및 유지보수 : 유지보수 및 항공역학적인 부분에서 항공기의 운용 시 항공기가 가진 최대의 성능을 낼수 있도록 여러 제반사항 등을 고려하여야함. 따라서 유지보수 및 정비의 관점에서 항공온실가스 저감 관련 정량적 결과를 감축수단 알고리즘을 통해 예측할 수 있음.

- 지상 중량관리: 항공기의 중량 감소는 항공기 관리방안의 일환으로 기체, 장비, 탑재물품 등의 중량을 체계적으로 관리함으로서 전반적인 항공기

중량감소를 이끌어수 있음. 중량을 감소함으로서 연료절감을 이끌어내고, 이에 대한 정량적 결과를 감축수단 알고리즘을 통해 예측할 수 있음.

○ 감축수단별, 비행단계별, 항공기종별 등 다양한 감축 시나리오 분석기술이 요구되며, 이를 통해 항공 온실가스 감축량 데이터베이스를 구축하고 경제적 운항절차 개발 및 효과적인 운항 체계를 구축하는 기술을 개발한다.

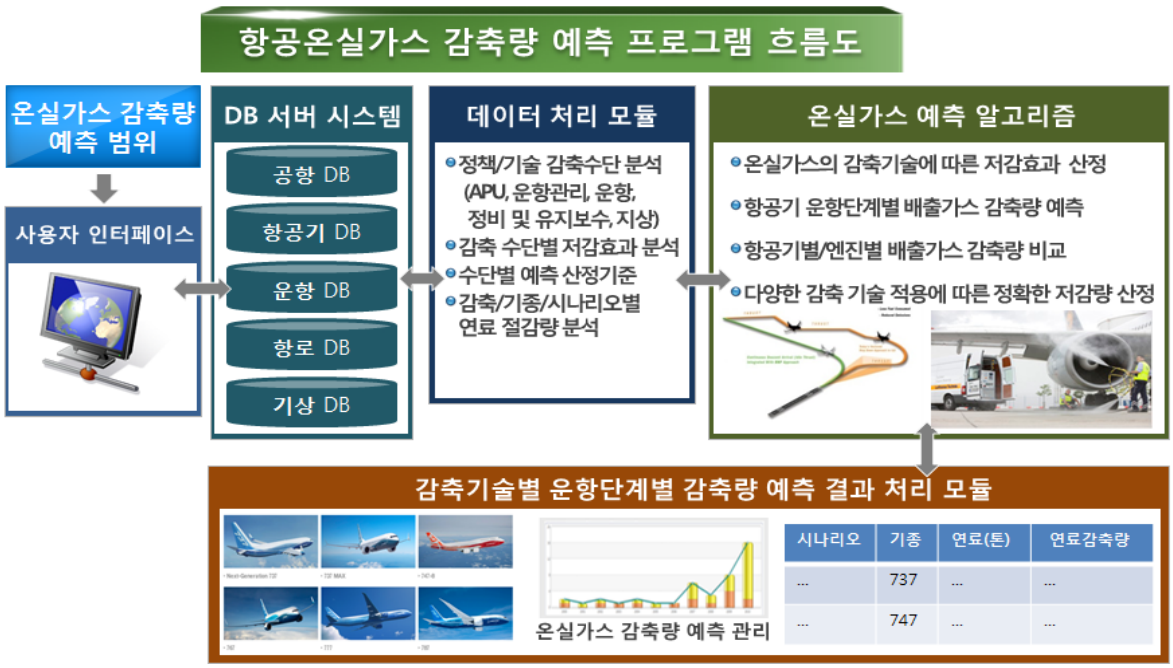
○ 항공 온실가스 감축량 예측 시스템은 항공안전과 온실가스 감축, 두 부분 모두가 충족될 수 있도록 절차상 안전을 기본으로 한 항공기 온실가스 감축량 및 저감잠재량을 분석하여, 국가 중장기 온실가스 감축이행을 위한 계획을 수립하고 관리하는 시스템이다.

○ 감축수단 범주별로 저감 분석을 위한 감축기술을 선정하고, 저감효과 산출기준을 개발하여 산출식 검증을 통한 산출기준을 표준화한다.

○ 핵심 컴퍼넌트

- DB 서버 컴퍼넌트
- 데이터 처리 컴퍼넌트
- 감축량 예측 알고리즘 컴퍼넌트

○ 각 컴퍼넌트 간의 데이터 흐름도는 아래와 같음

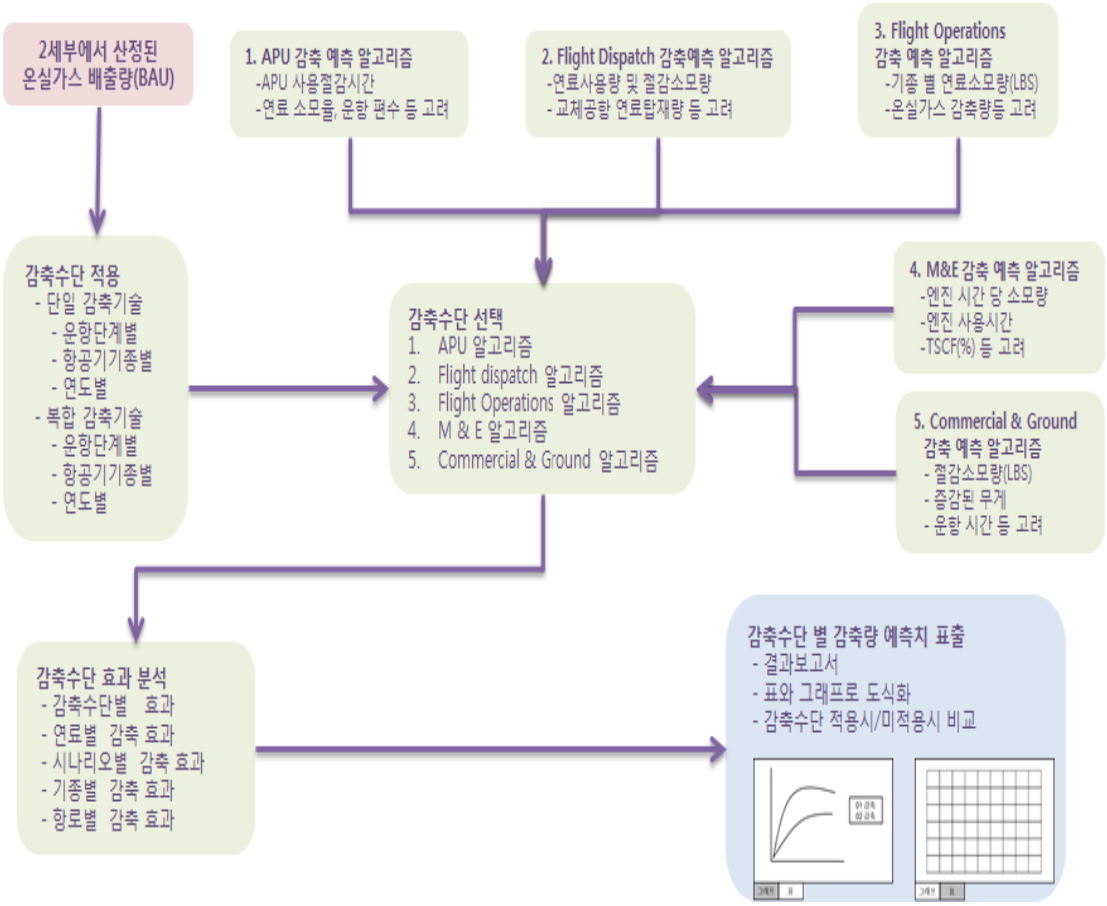


<그림19 > 항공 온실가스 감축량 예측 시스템 구성도

(3) 목표시스템 운영 시나리오

가) 항공 온실가스 감축량 예측모듈 시나리오 구성도

○ 과거부터 미래까지 산정된 온실가스 배출량에 대해 APU, 운항관리, 운항, 정비 및 유지보수, 지상 중량관리의 5개 범주에 대한 감축기술 적용 알고리즘이다.



<그림20 > 항공 온실가스 감축량 예측모듈 시나리오 구성도

○ 시나리오는 총 3가지로 구분되며, 정부관점, 정부지원기관관점, 항공사관점 별로 지원하는 시나리오가 다르게 구성될 수 있다.

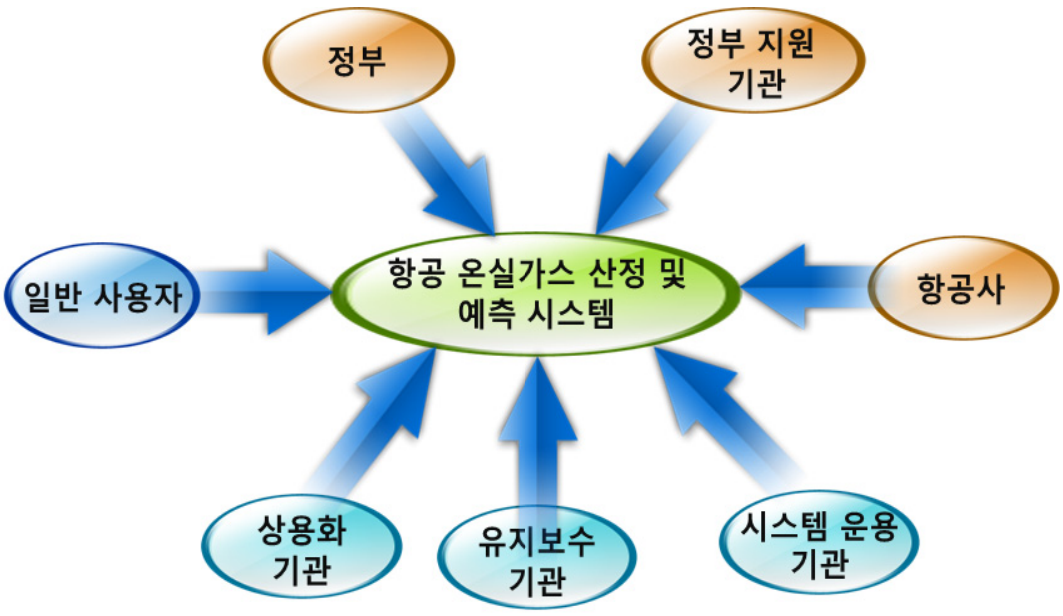
나. 시스템 요구사항 명세서[27)]

(1) 사용자 · 운용자 정의 및 특성

가) 사용자 및 운용자 정의

○ 본 시스템에 대한 사용자 및 운용자는 전문사용자, 운용자 및 일반 사용자로 구분된다.

- 전문사용자 : 정부, 정부 지원 기관 및 항공사는 온실가스 감축 관련 정책 업무 수립 및 이행을 위한 분석 등을 위해 본 시스템 사용
- 운용자 : 상용화 기관, 유지보수 기관 및 시스템 운용 기관은 본 시스템의 판매 및 시스템 구동을 위한 장비 및 S/W 유지보수 담당
- 일반 사용자 : 대학, 지자체, 관련 민간단체 및 공항공사 등 기관별 목적달성을 위해 본 시스템 사용



<그림21 > 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 사용자 및 운용자 구성도

27) 항공 온실가스 감축량 예측 시스템 시스템 요구사항 명세서의 풀버전은 성과물(C-1-②)에 상세히 기술됨

(2) 사용자 및 운용자 특성

○ 정부기관

- 항공부문 온실가스 감축목표 달성도의 정밀한 산정 제공
- 온실가스 감축 목표 설정 및 항공사의 감축 목표 달성 관리·평가
- 항공 온실가스 감축 이행실적 관리
- 항공 온실가스 정책수단 별 효과분석을 통한 효율적 정책 수립
- 항공 온실가스 감축 국가이행계획 수립 및 효율적 운용을 위한 정책 수립
- 시장기반체제(Market Based Measures) 추진에 있어 국제 항공부문 온실가스 모니터링, 배출량 검증 지원 및 탄소상쇄, 배출권 거래제도 도입·시행 지원

○ 정부 지원 기관

- 온실가스 자발적 감축협약 및 목표관리제 관리 툴로 사용
- 국내 환경 분석 및 항공 전문 연구진에게 고정밀 항공부문 온실가스 감축량 예측 분석 도구 및 데이터 제공
- 온실가스 감축 이행계획서 평가 - 참여 항공사가 제출한 이행계획 상의 온실가스 배출량, 연료 절감 계획 등 적절성 평가를 통한 검증 활동 수행

○ 항공사

- 항공 온실가스 감축수단 별 온실가스 배출량 분석을 통한 감축 계획 수립
- 항공부문 온실가스 배출 최소화를 위해 효과적인 온실가스 감축수단 개발 및 의사결정을 지원
- 항공기 도입 시 경로당 연료 절약 및 이에 따른 환경 부가세 절약 결과 도출
- 실제 항공부문 온실가스 감축량의 대부분을 차지하는 항공기 교체에 의한 감축효과 제공

(3) 사용자 요구사항

○ 항공 온실가스 관련 업무(배출권거래제 등) 보고서가 제공되어야 한다.

○ 온실가스 감축수단에 대한 데이터 검증 및 산정기술이 제시되어야 한다.

○ 항공 온실가스 감축량 예측 관련 그래프가 제시되어야 한다.

○ 시스템 간 데이터 호환이 가능해야 한다.

○ 온실가스 시 기준값 입력 및 표준 데이터 이용이 가능해야 한다.

○ 항공기 지상운용, 최적 연료량 산정 등 다양한 산정 업무를 제공해야 한다.

○ GIS 맵상에 데이터가 표시되어야 한다.

○ 미래 항공교통 수요 시나리오 및 DB 생성이 가능해야 한다.

○ 감축수단별 적용 시 미래 온실가스 산정이 가능해야 한다.

○ 감축활동 모니터링 리포트, 배출권거래제 및 자발적 협약 등 다양한 의사결정 지원 데이터가 제공되어야 한다.

○ 온실가스 감축수단 적용 시 경제성 분석이 가능해야 한다.

○ 정부 혹은 항공사의 의사결정에 대한 구체적인 지원이 가능해야 한다.

(4) 기능 요구사항

<표 25 > 기능 요구사항 - FUR-E2-001

요구사항 분류		기능 요구사항
요구사항 고유번호		FUR-E2-001
요구사항 명칭		항공온실가스 감축량 예측
요구 사항 상세 설명	정의	감축량 예측 업무
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.01.15 사용자 요구사항 회의, '15.01.21 사용자 요구사항 회의, '15.01.30 사용자 요구사항 회의, '15.02.03 사용자 요구사항 회의

가) FUR-E2-001 세부내용

○ FUR-E2-001.01 온실가스 및 연료량 절감을 위해 감축수단을 고려하여야 한다.(아래와 같은 감축수단을 이용한다.)

- 항공기 보조 엔진(APU)

· Ground Ops APU: 항공사에서 온실가스 자발적 감축에 적용하는 기술로서, 항공기가 지상에서 소모되는 APU 사용량을 정확하게 산출하고, GPU및 AC-GPS 사용량과 비교한 결과를 제시하는 기능이다.

- 운항관리(Flight Dispatch)

· 최적화 비용지수(Optimized - Cost Index, 비행계획 최적화 - 수직(Flt Plan OPT - VERTICAL), 운항관리 - 추가연료(Flight Dispatch - Additional Fuel, 교체 공항 선정(Alternate - OPT Selection, 체공연료량 최적화(Holding Fuel Optimization, 항공기 하중 계획(Load planning - ZFW Accuracy, 연료량 산정오차(Fuel Bias - (Flight Planning System), 유도로 연료산정(Taxi Fuel Excess Standard Load)를 이용한다.

- 운항(Flight Operations)

· 저소음 접근절차(Low Noise Low Drag Approaches) 항공기 도착단계에서 감축기술 적용 시 감축되는 연료량 및 온실가스 감축량을 산출하는 기능이다.

· 엔진 중지(Engine Out - Taxi In) : Taxi In 과정에서 Engine Out-Taxi In 절차를 사용함으로써, 기존 대비 연료소모량 및 배출물질을 감소시킬 수 있는 기술이며, 이를 적용하여 산출하는 기능이다.

- 정비(Maintenance & Engineering)

· 엔진 물 세척(Engine Core Water Wash): 엔진 내부 압축기(Compressor) 공기통로(Gas pass)를 주기적으로 물 세척해 줌으로써 엔진 압축효율을 높여주어 연료 절감 도모하는 기능이다.

- 지상 중량관리(Commercial &Ground Operations)

· 기내식 장비 중량감소(Catering Weight Reduction) : 항공기 기내에 불필요한 장비를 제거함으로 항공기가 경량화 되며, Catering의 중량관리를 통

해 항공기 탑재 무게를 감소시켜 항공기의 연료소모를 절감, 달성할 수 있는 기능이다.

· 이동 식수량 감소(Potable Water Weight Reduction) : 항공기에 주입되는 식수량을 조절하여 항공기의 중량을 감축하는 효과가 발생되며, 이 기능을 통하여 식수량에 따른 온실가스 발생량을 산정하는 기능이다.

FUR-E2-001.02 감축수단별 오차가 최소화되어야 한다.

- 데이터 표준화 및 통계자료와 정확한 수치를 이용하여 오차가 적은 알고리즘을 개발해야 한다.

FUR-E2-001.03 운항 구간 별(비행 단계별) 감축수단 결과 값이 표시되어야 한다.

- 프로파일 기반의 항공기 성능 표시는 Preflight, Trakoff, Departure, En Route, Descent, Approach, Landing 별로 감축수단 결과 값이 표시되어야 한다.

○ FUR-E2-001.04 감축량 예측을 위해서 항공사별로 발생된 온실가스 배출량을 온실가스 DB에서 불러와야 한다.

- 배출량 산정과 통합 DB 시스템을 구축 후 통합 DB의 데이터를 이용한다.

○ FUR-E2-001.05 온실가스 DB에서 불러 올 수 없는 경우 기준 값을 입력할 수 있어야 한다.

- 해당 데이터가 DBMS 에 존재하지 않을시 사용자 UI에서 기준 값을 입력받을 수 있어야 한다.

○ FUR-E2-001.06 감축수단 결과로는 그래프, 결과 값이 도출되어야 한다.

- FUR-CM-001 동일요구사항 참조

○ FUR-E2-001.07 감축수단의 적용여부는 마우스클릭으로 간단하게 켜고 끌 수 있어야 한다.

- 마우스 커서가 감축기술 이름 위치에 도달하면 마우스 커서가 달라져야 한다.

- 감축기술이 적용되면 “v” 자료 표시되어야 한다.

- 마우스 커서가 감축기술 이름 위치에 도달하면 해당 감축기술의 설명이

간략히 표시되어야 한다.(툴팁)

- 감축기술은 중복 체크가 가능해야 한다.

○ FUR-E2-001.08 감축수단별 적용 비율은 프로그램 사용자가 조절할 수 있어야 한다.

- 감축수단별 적용 비율을 적용할 수 있게 프로그래스바, 또는 입력 텍스트를 지원할 수 있는 UI를 구성해야 한다.

○ FUR-E2-001.09 온실가스 감축수단 산정기준이 명확하여야 한다.

- 감축수단별 예측 산정 기준 : 온실가스 배출량을 산정하기 전 기준 값을 정하여, 기준 값 대비 감소량을 산정할 수 있도록 도움을 주는 기준 값 설정이다. 주로 항공사별 항공온실가스 배출량을 온실가스 산정 DB에서 추출하여 시간이 흐름에 따라 온실가스 배출량의 기준 값을 통계적으로 산정한다.

○ FUR-E2-001.10 연료 절감을 위한 운항 감축수단 적용 중 실제 풍속, 기상 등 운항에 미치는 영향 고려하여 산출하여야 한다.

- 전 세계 공항 및 고도별 기상정보를 포함한 기상DB를 구축하여 항공기의 온실가스 배출량 산정에 이용한다.

○ FUR-E2-001.11 운항 후 잔여 연료 최소화를 위한 감축 수단이 제공되어야 한다.

- 감축수단 (운항관리(Flight Dispatch))을 이용하여 연료 최소화 방안을 구축한다.

<표 26 > 기능 요구사항 - FUR-E2-002

요구사항 분류		기능 요구사항
요구사항 고유번호		FUR-E2-002
요구사항 명칭		항공온실가스 감축량 예측
요구 사항 상세 설명	**정의**	감축수단에 표준화된 기준 제시
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		‘15.01.15 사용자 요구사항 회의, ‘15.01.21 사용자 요구사항 회의, ‘15.01.30 사용자 요구사항 회의, ‘15.02.03 사용자 요구사항 회의, ‘15.03.23 사용자 요구사항 서면 검토

나) FUR-E2-002 세부내용

○ FUR-E2-002.01 감축기술에 대한 표준화된 산정기준이 제시되어야 한다.

- 항공기 제작사 Manual 또는 Document에서 제시된 사항 우선적으로 적용한다.

- APU, 운항관리, 운항, 정비 및 유지보수, 지상 중량관리의 5개 범주에 대한 표준화된 산정 기준을 제시한다.

○ FUR-E2-002.02 감축수단별 저감 효과에 대한 데이터 검증 및 이에 대한 결과서가 제공되어야 한다.

- 감축수단 범주별로 저감 분석을 위한 감축기술을 선정하고, 저감 효과 산출기준을 개발하여 데이터 검증 및 결과서를 제공한다.

<표 27 > 기능 요구사항 - FUR-E2-003

요구사항 분류		기능 요구사항
요구사항 고유번호		FUR-E2-003
요구사항 명칭		항공온실가스 감축량 예측
요구 사항 상세 설명	**정의**	감축수단 적용시 온실가스 산정
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.01.15 사용자 요구사항 회의, '15.01.21 사용자 요구사항 회의, '15.01.30 사용자 요구사항 회의, '15.02.03 사용자 요구사항 회의

다) FUR-E2-003 세부내용

○ FUR-E2-003.01 감축수단 적용 시 미래 온실가스 배출량을 산정할 수 있어야 하며, 이는 현재비용가치로 변환이 가능해야 한다.

- 국내외 환경 관련 정책 시나리오 및 미래 항공수요, 신형 항공기 도입 시나리오에 따른 항공사 비용에 미치는 영향을 분석하여 정부 또는 항공사의 항공온실가스 감축 전략에 대한 의사결정을 돕는 모듈을 개발한다.

○ FUR-E2-003.02 감축수단의 단일 비행별 또는 운항 구간별 감축수단의 효과를 사용자가 변경할 수 있어야 한다.

- 사용자가 단일비행별, 운항 구간별 감축수단의 효과를 변경할 수 있는 UI

를 제공한다.

○ FUR-E2-003.03 감축수단 적용, 미적용에 따른 출 도착 공항 간 비교가 가능하여야 한다.

○ FUR-E2-003.04 감축수단별 미래 온실가스 예측에 대한 정확한 데이터 산출이 가능하여야 한다.

- 미래 항공교통 수요 시나리오 및 DB 생성이 가능해야 한다.

- 감축수단별 적용 시 미래 온실가스 산정이 가능해야 한다.

○ FUR-E2-003.05 국내 항공사에서 운행하는 노선 외 해외 여러 노선에 대한 감축량 예측이 되어야 한다.

다. 시스템 개발 계획서[28)]

(1) 프로젝트 수행 전략

가) 개발 생명주기

○ 폭포수 모델(waterfall model)은 순차적인 소프트웨어 개발 프로세스(소프트웨어를 만들기 위한 프로세스)로, 국가연구개발사업 특성에 따라 본 시스템 개발 생명주기로 적용하였으며, 시스템 설계시 결과물을 체계적으로 문서화 작업을 통해 진행하기 때문에 산출물이 명확하다.

- 폭포수 모델은 개발시 각 단계를 확실히 매듭짓고 그 결과를 철저히 검토하여 승인과정을 거친 후 다음단계를 진행하는 선형 순차적 모델임.

○ 본 모델은 소프트웨어 요구사항 분석 단계에서 시작하여, 소프트웨어 설계, 소프트웨어 구현, 소프트웨어 시험, 소프트웨어 통합 단계 등을 거쳐, 소프트웨어 유지보수 단계로 추진함.

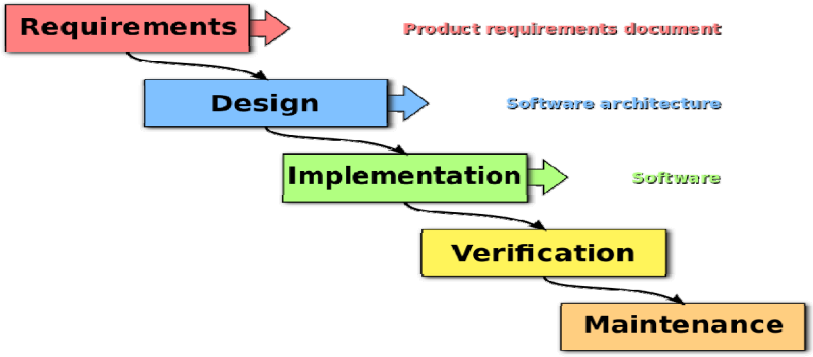
- 요구사항 분석 : 개발하고자 하는 소프트웨어에 대한 요구사항 수집, 문제 이해 및 분석 단계이며, 고객의 요구사항을 기능, 성능, 인터페이스 등 파악하고 문서화

- 소프트웨어 설계 : 프로그램의 데이터 구조, 소프트웨어 구조, 인터페이스

28) 항공 온실가스 감축량 예측 시스템 시스템 개발계획서의 풀버전은 성과물(C-1-②)에 상세히 기술됨

구조, 알고리즘 등 모든 시스템의 구조 결정 및 문서화

- 소프트웨어 구현 : 설계 명세서를 시스템의 실제 모습으로 구현
- 소프트웨어 시험 : 프로그램이 입력에 따라 요구되는 결과대로 작동하는지, 내부적 이상 여부 및 오류 발견을 위해 수행하며, 테스트 계획을 세운 후 문서화
- 유지보수 : 개발된 소프트웨어의 변경사항 수정

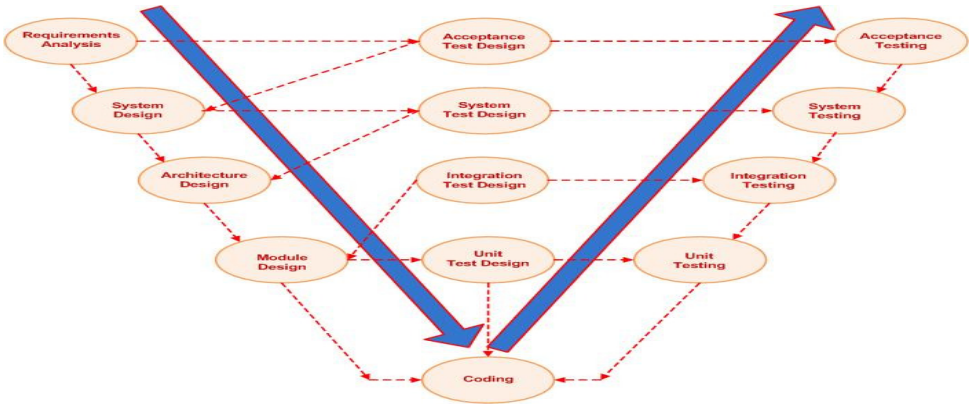


<그림22 > 폭포수 모델(Waterfall Model)

(2) 개발 프로세스

○ 본 시스템 개발 시 폭포수 모델을 통해 체계적인 문서화 및 단계적 산출물을 명확히 하며, 시스템 개발에 따른 검증 및 테스트작업을 강조하기 위해 V형 개발 프로세스를 적용하였다.

○ V형 개발프로세스의 경우 모든 단계에 검증과 확인에 있어 개발 과정에서 감추어진 오류를 찾아내 시스템의 신뢰성을 높일 수 있다.



<그림23 > 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 방법론

(3) 개발 방법론

○ 본 시스템 개발을 위한 방법론으로 Component-based Development(CBD)방법론을 채택하였음.

○ 시스템 개발을 위해 국방 CBD 방법론을 준용하며, 필요시 방법론의 부분적 수정 또는 변경을 할 수 있음.

- 국방 CBD 방법론은 UML(Unified Modeling Language) 기반의 CBD(Component Based Development) 방법론에 기초하여 분석, 설계 및 구현 산출물을 표준화시켜 여러 사람이 설계하고 개발하더라도 서로 간의 의사소통이 쉽고, 일관성을 유지하며, 최소의 노력으로 높은 품질의 컴포넌트 기반 정보시스템을 개발할 수 있음.

○ 각 서브시스템 구현시 컴퍼넌트 단위별 구현을 원칙으로 하며, 각 컴퍼넌트 오류 발생시 타 기능과 연동되지 않도록 개발할 것을 권고함.

○ 코딩규칙

- 본 시스템 개발의 표준화를 위해 “무기체계 소프트웨어 개발 및 관리 실무지침서” (부록 6)의 SW 코딩 규칙, 주석 규칙, 명명 규칙, 프로그램 작성 규칙 등을 따를 것을 권고함.

라. 소프트웨어 시험계획서 29)

(1) 개요

가) 시험 목적

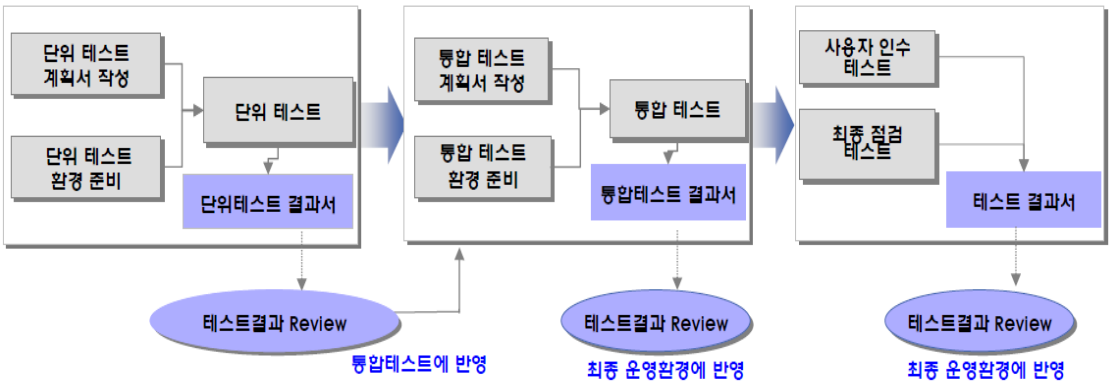
○ 분석단계에서 도출한 현업 요구사항 및 설계사양을 시스템이 만족 시키는지를 검증한다.

○ 프로그램들 간의 인터페이스가 설계 사양대로 이루어져 기능이 정상적으로 수행되고 있는지 검증한다.

○ 기능 수행후의 결과가 예상된 작성된 수치 데이터와 일치하는지를 검증한다. (불일치 시 원인 도출)

29) 항공 온실가스 감축량 예측 시스템 소프트웨어 시험계획서의 풀버전은 성과물(C-1-②)에 상세히 기술됨

○ 기능 수행 시 또는 산출물의 결과에 포함된 결함을 파악하여 제거한다.



<그림24 > 소프트웨어 시스템 계획서

나) 책임과 역할

<표 28 > 소프트웨어 시스템 계획서 책임 및 역할

구성원	역할과 책임	비고
용역수행책임자 (PM)	- 시험계획 승인 - 시험활동 총괄	
용역수행책임자 (PM), 팀 개발자	- 시험 계획서/결과서 작성 - 시험 체크리스트 작성 및 검증 - 시험 환경준비 - 시험 계획 협의 및 수립 - 시험 수행 및 결과 확인 - 원인분석 및 조치	
팀 개발자	- 시험 계획서/결과서 지원 - 시험 수행 지원 - 시험 결과 수정사항 반영	

다) 시험 환경

○ 통합/인수시험은 기본적으로 운영 최종 프로그램으로 시험하는 것을 원칙으로 한다.

○ 본 계획서 상의 시험 대상들은 다음과 같은 환경에서 시험된다.

<표 29 > 소프트웨어 시스템 계획서 시험환경

구분	내용	버전	비고
Hardware	항공 온실가스 예측 상용 프로그램 설치 PC		
Software	항공 온실가스 예측 상용 프로그램, DBMS 설치, 리포팅툴설치		

라) 시험 범위

○ 본 프로젝트에서 수행되는 시험은 다음과 같다.

○ 단위시험 : 하나의 소프트웨어 모듈이 정상적으로 그 기능을 수행하는지의 여부를 시험 하는 최소 수준의 시험이다.

○ 통합시험 : 어플리케이션의 데이터 및 업무기능의 인터페이스가 정상적으로 작동하는지에 중점을 두어 시험을 실시한다.

○ 인수시험

- 고객이 검수를 위해 본 개발 시스템이 고객의 요구사항이 완벽하게 수행하는지의 여부를 고객이 시험한다.
- 한국교통연구원의 인수 절차에 따라 인수시험을 시행한다.

마) 시험일정

○ 본 계획서 상의 시험 일정은 프로젝트 계획서의 일정에 따라 변경될 수 있다.

<표 30 > 소프트웨어 시스템 계획서 시험일정

분류	내용	M	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	+10	+11
단위/통합 시험	- 프로그램 수정 및 보완 · 데이터베이스 성능 튜닝 · 프로그램 수정												
	- 단위 시험 · 시험 베드 구축												
	- 통합 시험 · 통합시험 진행 · 외부 검증 진행												

바) 시험일정 별 상세업무

<표 31 > 소프트웨어 시스템 계획서 시험일정별 상세업무

태스크	상세업무	시작일	종료일	담 당 자
현황평가	시험 산정			PM
시험 계획서 작성	시험계획서 작성			PM
단위시험 작성	단위시험 체크리스트 작성			PM

태스크	상세업무	시작일	종료일	담 당 자
시험 시나리오 작성	통합시험 시나리오 작성			PM/개발자
	시험 시나리오 검토			PM
프로그램코딩/단위시험	단위시험 실시			PM/개발자
통합시험 실시	시험 환경 구축			PM
	통합시험 실시			PM/개발자
	통합시험 결함조치			개발자
	통합시험 결함조치 확인 및 재검토			PM/개발자
	통합시험 결함조치 취합			PM
인수시험 실시	인수시험 실시			인수팀
	인수시험 결함조치			개발자
	인수시험 결함조치 확인 및 재검토			PM/개발자
	인수시험 결함조치 취합			PM

제7장 항공 온실가스 국내 적용방안

○ 항공온실가스 감축량 예측 모듈의 개념설계에서 감축량 예측을 정량적으로 측정하기 위한 방법들로 국내외 항공온실가스와 관련된 시스템 및 기관들을 조사하였다.

○ 국내외 여러 기관에서 발간된 자료들을 수집하여 총 47가지의 감축기술들로 압축을 하였고, 이 감축기술들의 정의, 현재수준, 감축수단 공식, 기대효과 등을 작성하여 7개 항공사들을 대상으로 면담조사를 실시하였다.

○ 개발시스템의 최종 사용자로 국가 및 항공사를 예상하고 있으며, 항공사에서는 감축기술들을 이용하여 감축량을 국가에 제출하며, 국가는 최종 항공교통부문의 감축량을 산정한다.

○ 면담조사 결과 항공사들이 적용하고 있는 감축기술 및 개발 시스템에 포함되는 감축기술의 선호도 조사를 통하여 총 14가지의 감축기술들을 도출하였으며, 이 결과를 이용하여 1차년도 목표인 항공온실가스 감축량 예측 모듈의 개념설계를 완성하였다.

PART 2 국제항공 CO2 감축 국가이행계획 수립 연구

제1장 연구개요

1. 연구배경

○ 국제민간항공기구(ICAO)는 2010년 제37차 총회에서 체약국에게 자국의 국제항공 CO2 배출량 감축을 위한 이행계획서를 자발적으로 제출할 것을 권고[30] 하는 결의안(A37-19)을 채택

- 이 권고에 따라 자국의 국제항공 운송실적이 최소한도[31]에 못 미치는 국가를 제외한 많은 체약국들이 2012년 6월 이후 자국의 국제항공 온실가스 감축 이행계획을 ICAO에 제출

- 이 결의안에 따라 우리나라는 2012년 6월에 이행계획을 제출한 바 있음

○ 이후 ICAO 제38차 총회(2013년)에서는 결의안(A38-17)을 통하여 체약국에게 이행계획을 매 3년마다 갱신하여 당해 6월말까지 제출할 것을 권고함[32]

○ 이에 2012년에 제출한 첫 이행계획을 갱신한 새로운 이행계획을 수립할 필요가 있음

2. 연구목적

○ ICAO에 제출할 새 국가이행계획서를 사무국에서 제시한 지침서[33]에 맞게 영문으로 작성

30) 총회 결의안 (A37-19) 제9조.
31) 전체 국제항공 수송량(RTK)의 1%(총회 결의안 제12조).
32) 총회 결의안 (A38-17) 제11조, 제12조.
33) Guidance on the Development of States' Action Plans on CO2 Emissions Reduction Activities, Second edition, Third draft, 17 March 2014.

3. 감축수단 선정, 감축목표 설정, 효과분석방법 설명 등 포함

○ 온실가스 감축 이행계획 수립을 위한 지원체계를 정비할 필요가 있으며 논의를 통해 그 방안을 마련해야함

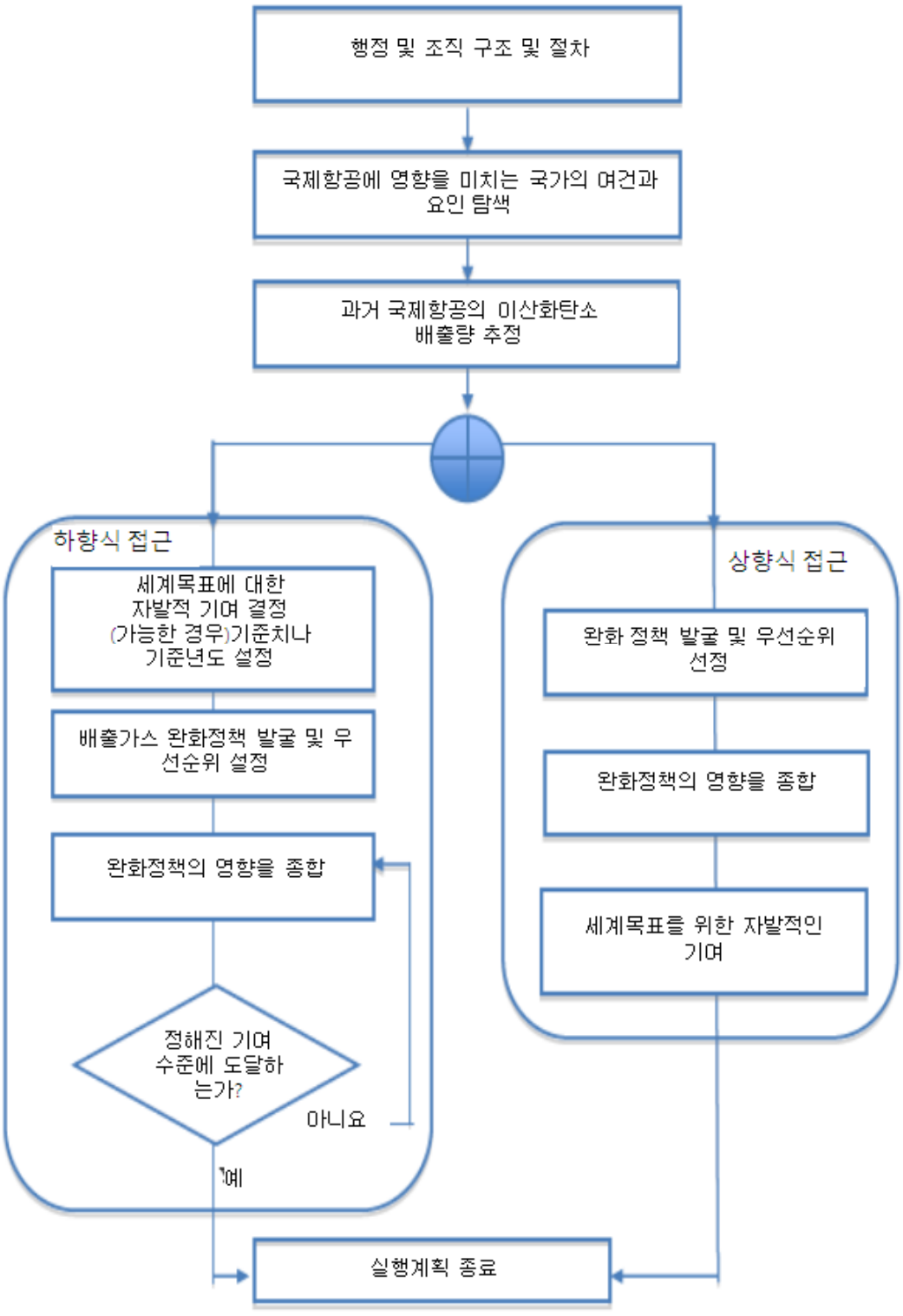
- 항공부문의 통계자료는 온실가스 정책관련 저감효과 등을 분석하기 쉽지 않으므로 효과적인 분석을 위한 데이터 품질관리 등 정비 방안 논의 필요
- 계획수립 과정의 부처 및 이해 당사자 간 효율성 추구를 위해 관련 R&D 사업에 요구사항 정리
- 온실가스 감축 이행계획의 제도적 정비를 위한 법정계획화 개선방안 마련

4. 연구 추진체계

○ 부처(국토부 항공기술과), 업계(대한항공, 아시아나항공을 비롯한 항공사), 연구기관(한국교통연구원, 한국항공진흥협회) 관계자로 구성된 T/F 구성

<표 1 > 국가 이행계획 수립 테스크포스 구성

참여기관		담당업무
국토교통부	항공기술과, 항공관제과 공항안전환경과	-업무 총괄 -관제, 공항관련 자료제공, 수단 검토
항공사	대한항공, 아시아나항공 제주항공, 티웨이항공	-운항, 연료관련 통계 및 자료제공 -아이디어 및 개선계획 검토, 협의
공항공사	한국공항공사 인천국제공항공사	-공항관련 통계, 계획 등 제공 -개선계획 협의
연구기관	한국교통연구원	-이행계획 수립 실무작업 -분과회의, 자문회의, 협의회 개최
	교통안전공단	-연구자문
협회	한국항공진흥협회	-관련통계 제공 및 검토



<그림 1 > 계획수립과정

자료 : Guidance Material for the Development of States' Action Plans (ICAO, 2011.9)

○ 4차례의 T/F회의와 14차례의 T/F분과회의 및 자문회의를 개최하였음

- T/F 준비회의(1월 15일, 철도사법경찰대회의실)
- 1차 T/F 회의(2월 12일)
- 분과회의; 국토부(통계, 2월 25일), 아시아나항공(자발적 협약, 3월 4일); 사용 Data에 대한 논의와 수집과정의 특성
- 2차 T/F 회의(4월 10일)
- 분과회의; 관제과(4월 16일), 대한항공(4월 17일); CDO, ACDM, 항공기개선, APU억제 방법에 대한 논의
- 분과회의; 국토부(5월 7일), 인천공항공사(5월 11일); ACDM 개발계획과 ATFM센터 설치계획에 대한 논의
- 분과회의; 한국공항공사(6월 8일); 수화물 중복처리 해소와 대권거리 적용 방안에 대한 논의
- 3차 T/F 회의(5월 29일)
- 분과회의; 항공진흥협회(6월 8일); 새로운 감축정책 대안 발굴과 기존대안의 적정목표에 대한 논의
- 자문회의; KAIST(6월 9일); 기술현황과 사업화 전망에 대한 논의
- 연구협의; R&D팀(6월 17일); 이행계획의 요구사항과 자료의 특성 및 한계에 대한 논의
- 4차 T/F 회의(6월 19일)

제2장 제1차 계획 이행실적 평가

1. 제1차 계획의 주요내용

○ 각각의 계획의 배경과 수요예측방식

- 우리 국제항공의 위상 및 중요성에 대해 언급하고 우리 항공사와 공항의 발전상, 항공부문의 기후변화 대응노력 등을 소개함

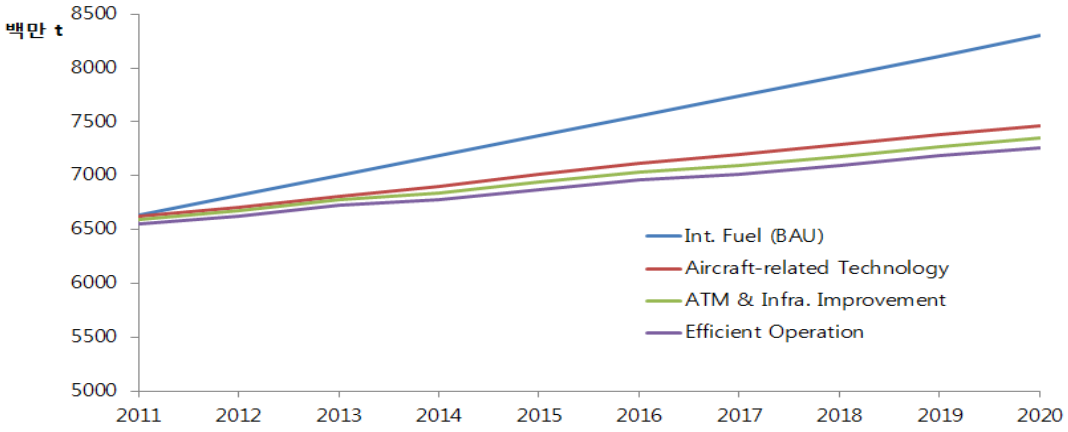
- 1996년~2010년 사이에 RTK추세를 연장하여 2050년까지 RTK 및 연료소비량(BAU, 2010년 연료효율 적용)을 예측함

○ 계획 내용

- 항공기 교체, 항공교통관리 개선, 운영 효율화 이상 세 부문에서 10개 감축수단 채택

- 2012년~2020년 기간 중 국제항공부문의 연료효율을 매년 전년대비 1.3%씩 개선하여 2020년 목표 연료효율은 0.2752리터/RTK

- 2020년 이후는 바이오 연료, 글로벌 MBM등 잠재적 수단을 통하여 추가로 감축할 수 있음



<그림 2 > 1차 국가이행계획 예측 그래프

2. 감축수단별 이행실적 평가

가. 항공기 교체

○ 제1차 계획 당시 2012년~2014년 기간 중 총 75대의 항공기 도입이 예정되어 있었음

○ 항공기 퇴출은 항공사의 계획을 입수할 수 없어 기령 20년이 넘으면 퇴출되는 것으로 가정

○ 이에 따라 동 기간 중 18대가 퇴출 되는 것으로 가정함

○ 그러나 실제로는 동 기간 중 90대의 항공기가 도입되어 35대의 항공기가 퇴출되어 55대가 증가함

○ 당초 계획에서는 항공기 교체를 통하여 연료효율이 2012년~2014년 3년 동안 3.1% 개선되는 것으로 추정되었음

○ 그러나 실제 항공기의 교체에 따른 개선율은 0.4%(잠정치) 수준에 그침

<표 2 > 항공기 교체 내역

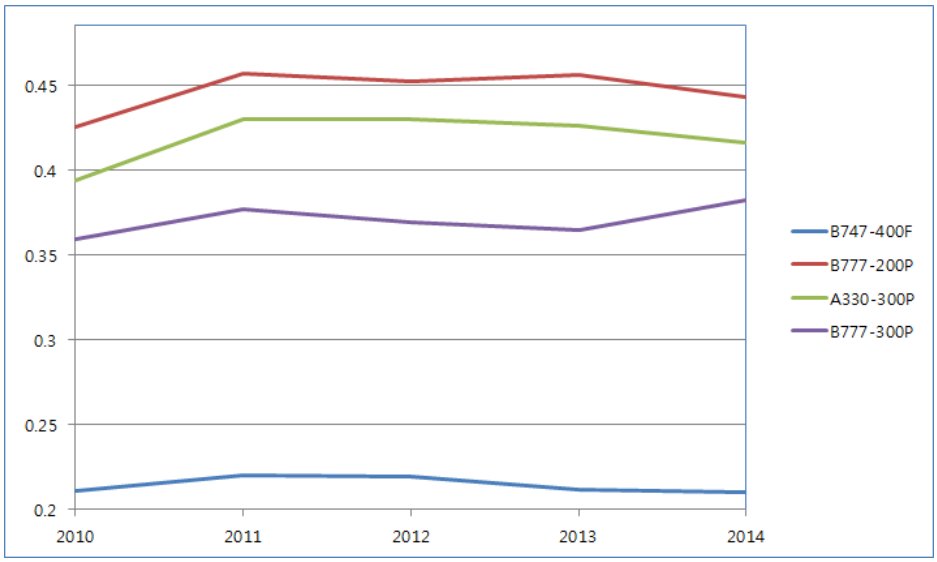
기종	도입						퇴출					
	2010	2011	2012	2013	2014	계	2010	2011	2012	2013	2014	계
A300-600						0		1	4	1		6
A320-200			1		2	3			1	2	2	5
A321-200		3	7	7	4	21		1			2	3
A330-200	3	2		1		6						0
A330-300		1	2	1	3	7				1		1
A380-800		5	1	2	4	12						0
B737-400	1			1		2	3			2		5
B737-500						0				1	1	2
B737-800	5	7	13	4	9	38	1	2	2	2	2	9

B737-900ER		2	2	2		6						0
B737NG			2	2	3	7				1	1	2
B747-400						0	1	1	1	1		4
B747-400BCF			2			2	1		1	4	2	8
B747-8F			2	2	1	5						0
B777-200	1		1	1	1	4						0
B777-200ER						0					1	1
B777-300ER	3	3	1	2		9						0
B777F			2	1	1	4						0
DHC-8						0	5					5
합계	13	23	36	26	28	126	11	5	9	15	11	51

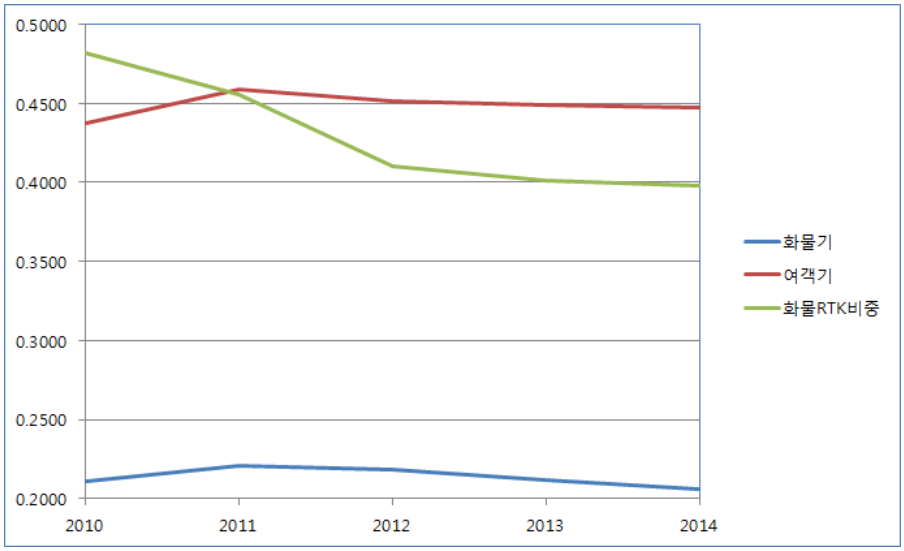
<표 3 > 연도별, 항공사별 평균 기령 변화

	2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**
A	10.9	11.6	12.6	13.6	14.2
B	9.9	10.9	11.9	12.9	13.9
C	9.1	10.1	11.1	12.4	13.5
D	8.0	11.5	12.1	12.9	12.6
E	6.5	9.4	10.2	11.0	10.4
F	10.2	9.6	9.6	9.6	10.0
G	7.6	8.1	7.9	7.9	8.2
전체	9.3	9.5	9.7	9.9	10.3

○ 연료효율 악화의 원인 분석



<그림3 > 주요 기종의 연도별 연료효율 변화

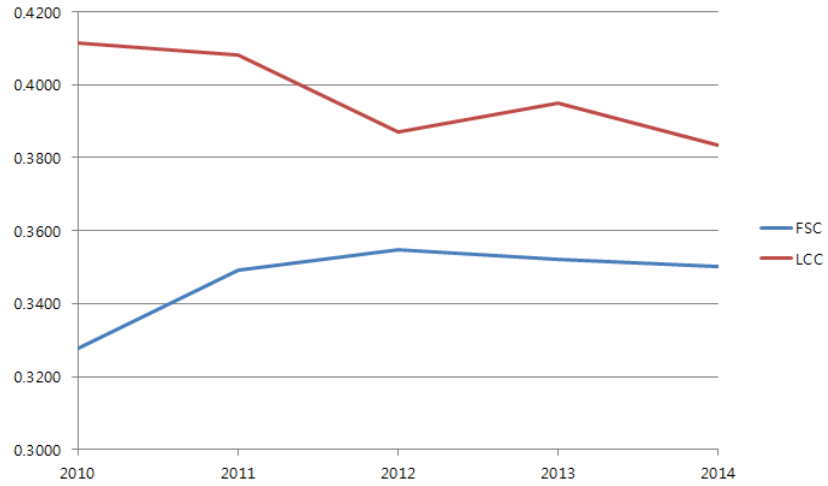


<그림4 > 화물기와 여객기의 연도별 연료효율 변화

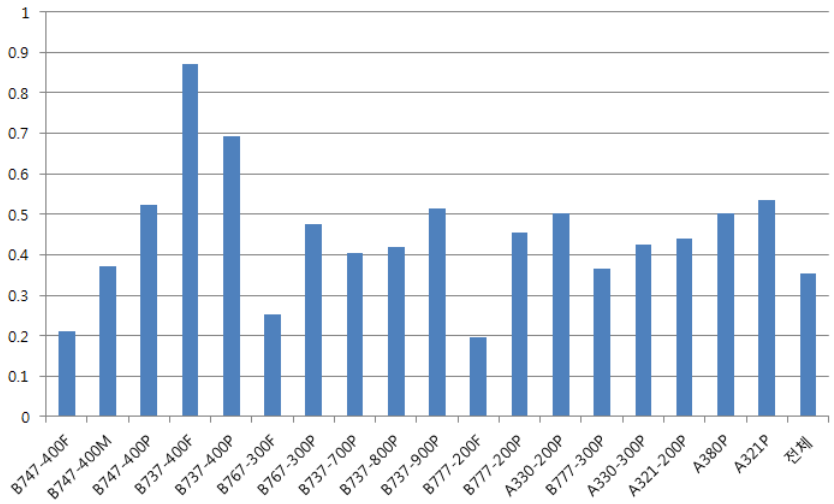
- 원인불명에 의해 기종별 동일 연료효율 적용시 대비 연료효율이 2010년~2011년 사이 4.44% 악화됨

- 화물수송비중 감소효과에 의해 동일한 비중의 화물(RTK)을 수송한 경우 대비 2010년~2011년 사이 1.78% 악화됨

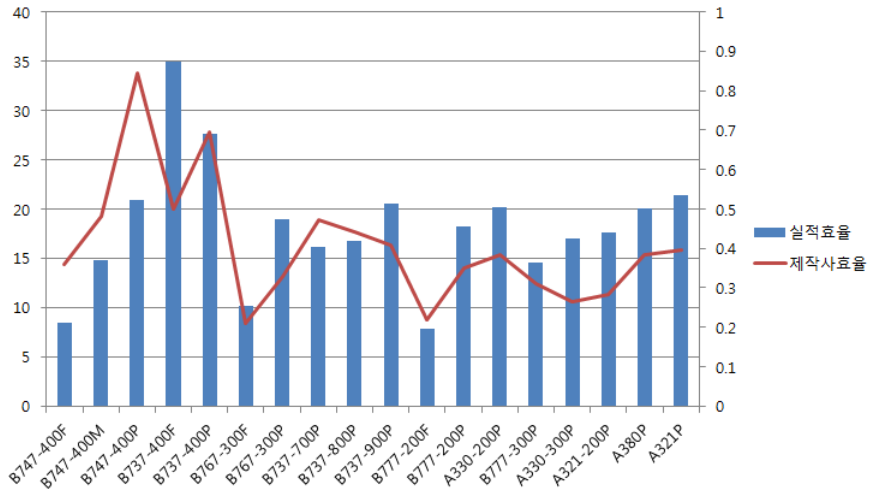
- 연료효율이 악화된 원인의 30%정도는 화물비중 감소로 서렴ㅇ이 가능하지만 나머지 70%는 원인을 알 수 없음



<그림5 > FSC와 LCC의 연도별 연료효율 비교



<그림6 > 기종별 연료효율(2013년 기준)



<그림7 > 기종별 연료효율(2013년 기준, 제작사 효율추가)

나. APU 사용 억제

○ 제 1차 계획에서는 2011년의 AC-GPS 이용율을 60%로 간주하여 산정하였음

○ APU 사용 억제에 따른 연료 절감량은 편당 106kg으로 가정함

○ 매년 0.5%씩 AC-GPS 이용률 향상을 목표로 설정(2013년 목표는 61%)

○ 2013년 이용률 37.9% (84,382편 중 31,990편), 9,020t 감축

○ AC-GPS 이용률 산정의 경우 여러 문제점이 있는데, 항공기 도착 후 다음 출발 전까지 브릿지 변경여부에 따라 1회이용 뿐 아니라 2회 AC-GPS를 이용할 수도 있다는 특징에 따라 운항편당 이용횟수는 정확한 의미의 통계가 될 수 없음. 따라서 2013년 이용률은 출발편 기준으로 작성하되 도착 후 이용횟수는 무시함

다. CDO 확대

○ 제 1차 계획에서는 2011년 이행율을 4.7%로 추정하였으며 이를 매년 2%씩 개선하는 것을 목표로 설정함(2013년 목표 8.7%)

○ 항공사에 의한 편별 CDO 이행여부 확인은 매우 어려우므로 국내 공항에서의 실제 이행율은 확인이 불가능함

라. 단축항로 사용

○ 제 1차 계획에서는 항공사들의 단축항로 이용률을 50%로 추정하였으며 지속적 개발을 통해 매년 연료 절감량 1% 개선을 목표로 설정함

○ 그러나 2012년 이후 새로운 단축항로가 개발된 실적은 없으며 단축항로에 의한 2012년 이후 감축효과는 이용률 증가에 의한 효과임

마. 법적 보정연료 개선

○ 법적 보정연료 탑재율은 예정되었던 대로 5%에서 3%로 축소되어 제 1차 계획에서 추정한 수준의 감축효과가 있는 것으로 추정됨

바. 단일엔진 Taxi-in

○ 제 1차 계획에서는 2011년의 단일엔진 활주 이행율을 16.2%로 추정하여 매년 이행율을 1%씩 향상시키는 것을 목표로 설정하였고 2013년 이행율 목표는 18.2%가 됨

○ 감축량 기준 추정 결과 2013년 이행율은 15%(3,569t)으로 나타남

사. 엔진세척

○ 제 1차 계획에서는 항공기별 연 2회 세척을 기준으로 2011년의 이행율을 52.5%로 추정하였으며 매년 이행율을 2%씩 향상시키는 것을 목표로 설정하였음

○ 이에 따라 2013년 이행율 목표는 56.5%이며 항공사 제출자료 종합 결과 2013년 실제 이행율은 60%로 추정됨

○ 이를 통해 연료 9,427t를 감축함

아. 공회전 역추진

○ 제 1차 계획에서는 2011년의 공회전 역추진 이행율을 48.3%로 추정하여 매년

이행율을 0.5%씩 향상시키는 것을 목표로 설정함

○ 이에 따라 2013년의 이행율 목표는 49.2%이며 항공사 제출자료 종합결과 2013년 실제 이행율은 48.3%로 추정되었고 5,811t의 연료를 절감한 것으로 나타남

자. 경량 ULD 사용

○ 제 1차 계획에서는 2011년의 경량 ULD 이행율을 11%로 추정하였고 매년 이행율을 2%씩 향상시키는 것을 목표로 설정함

○ 이에 따라 2013년의 이행율 목표는 15%이며 항공사 자료 종합결과 2013년 실제 이행율은 45.2%로 추정됨(2,232t 감축)

3. 제 1차 계획 이행실적 평가 종합

<표 4 > 항공기 교체 내역

감축수단	이행율			계속채택여부
	'11년 실적	'13년 목표	'13년 실적	
항공기 교체	연료효율 3.1% 개선연료효율 0.4% 개선			
APU 사용 억제	60%	61%	37.9%	채택, 제도개선
CDO 확대	4.7%	8.7%	확인 불가	종료,
항로 복선화	-	PBN 로드맵	계획 달성	
단축항로 도입	-	2% 개선	실적 없음	이용률 제고노력 필요
보정연료 축소	-	5% -> 3%	계획 달성	종료
단일엔진 활주	16.2%	18.2%	15%	
엔진세척	52.5%	56.5%	60%	
공회전 역추진	48.2%	49.2%	48.3	
경량 ULD 사용	11%	15%	45.2%	

제3장 국제항공 온실가스 배출현황 및 전망

1. 제 1차 계획 사용 Data

○ 출처

- 1996년~2010년 기간의 국내선·국제선 RTK은 항공통계를 사용
- 1996년~2010년 기간의 국내선·국제선 연료사용량은 교통부문 온실가스 통합관리 시스템(KOTEMS)를 사용

○ 특성

- 승객 무개로 1인당 국제선은 90kg, 국내선은 80kg을 적용하였으며 수송거리로 대권거리가 아닌 실제 운항거리를 적용함
- 해외 공항 간 비행에 의한 수송량 및 연료소비량은 포함시키지 않았으며 수하물 무게 중복계산을 고려함

○ 특성 보정시 예상 RTK 변화

- 수송거리로 대권거리를 적용할 경우 기존보다 0.8~0.9% 정도 감소가 예상되며 수하물 무게 중복계산을 정정할 경우 RTK 값이 현재보다 16%정도 감소함
- 수화물 무게 정정과 대권거리를 적용할 경우 기존보다 17% 정도 감소가 예상됨
- 만약 승객 무게로 1인당 100kg을 적용할 경우 기존보다 11.6%가 증가하는 것으로 나타남

2. ICAO Form M Data

○ 특성

- 승객무개로 1인당 국제선 90kg, 국내선 80kg 적용하며 수송거리는 대권거리를 적용함
- 해외 공항 간 비행에 의한 수송량을 포함하며 2010년 이후 자료만 입수가 가능함

○ Form M Data가 '항공통계' Data보다 적합하다고 판단함

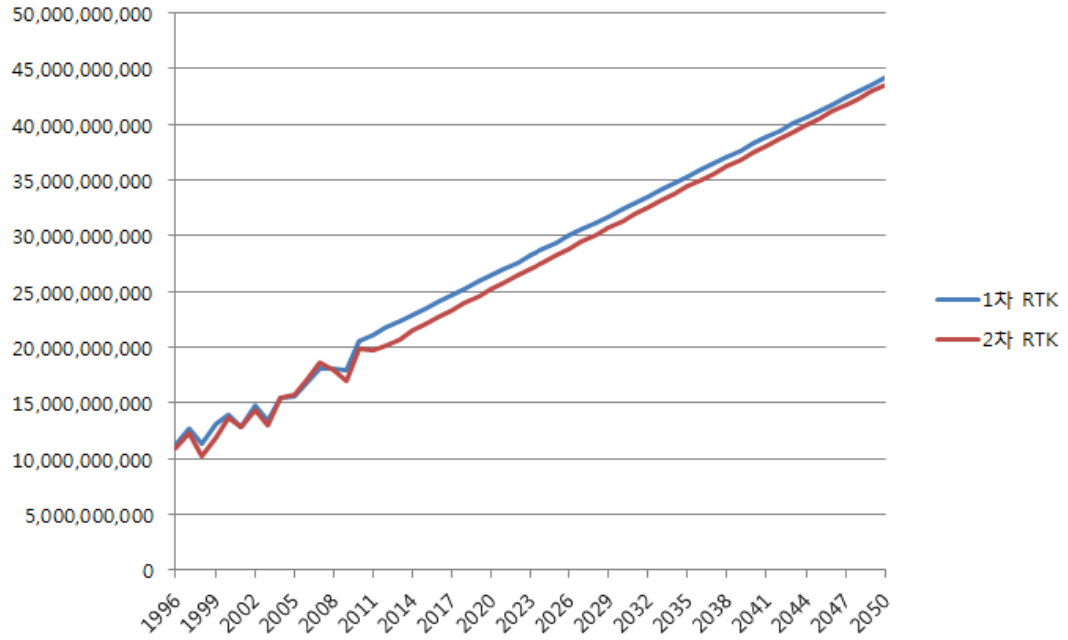
- 수하물 중복계산과 실제 운항거리 적용에 따른 문제점이 없으며 '항공통계'는 2010년 이전 자료도 존재하나 활용에 한계가 있어 과거 자료의 수하물 무게 중복 및 운항거리 적용 문제 해소가 곤란함

○ Form M Data 사용으로부터 제 1차 이행계획과의 불연속성을 해명할 수 있음

○ 과거자료의 수가 2010년~2014년 5개 연도에 불과하여 예측의 신뢰성이 낮아지는 문제가 있으므로 이전 RTK자료를 변환하여 사용하되 관련 자료가 충분치 않아 완벽한 변환은 불가능하며 2010년 두 자료간의 비율을 이전 연도에 모두 적용함

○ 변환된 자료를 활용하여 장래 예측까지 수행함

3. 1차와 2차 계획의 RTK 비교



<그림 8 > 1차, 2차 국가이행계획 RTK 비교

4. 계획 기준연도

○ 기준연도의 특성

- 기준연도 이전에 시행된 감축활동은 기준연도 이후부터는 감축활동이 아니며 이전부터 이후까지 계속되는 감축활동은 기준연도 이후에 시행된 내용만 감축활동으로 간주함

○ 기준연도 결정

- 자료 입수가 가능한 최근 연도로 정하며 Form M 자료의 입수가 가능한 최근 연도인 2014년으로 정함
- 제 1차 계획에서는 2010년을 기준연도로 하였으며 목표연도는 제 1차 계획의 2020년에서 2025년으로 변경함

제4장 온실가스 감축수단 선정

1. 감축수단 선정절차

○ 제 1차 계획 감축수단의 계속 시행 여부를 판단하여 전체 감축수단 중 적용성, 계량화 가능성 등을 평가하여 선정하였으며 감축 잠재량이 충분한 수단은 재선정하되 잠재량이 충분치 않은 경우 수단에서 제외하였음

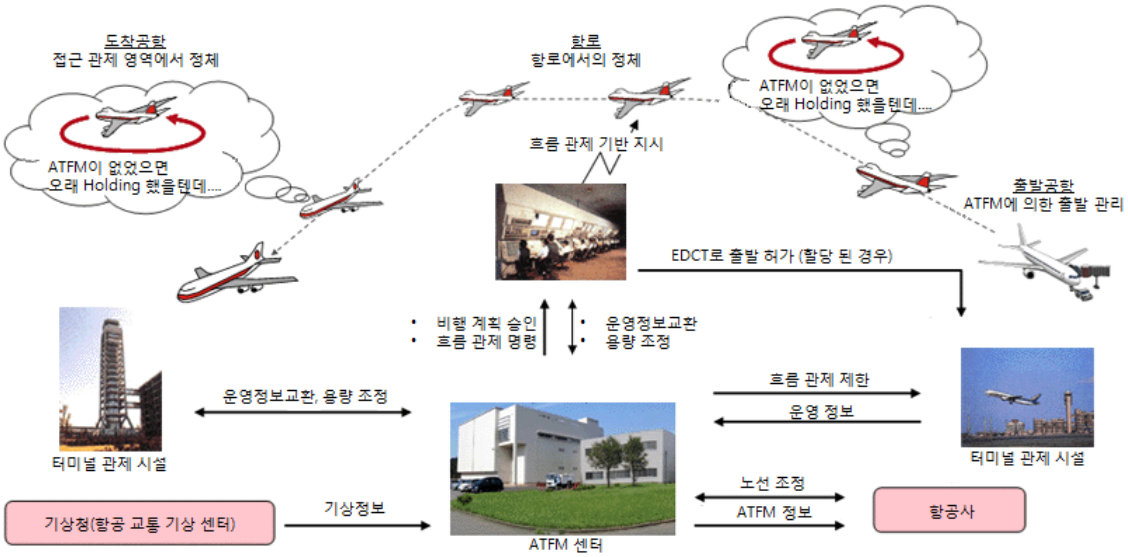
○ 새로운 수단의 발굴

- 정부와 공항의 시설 등 개선계획을 수용하여 온실가스 감축에 영향을 미칠 수 있은 ATFM 센터 계획, A-CDM 계획을 수용함
- 자발적 협약의 이행수단 및 항공사 건의안을 검토하여 수용하였으며 이들 수단 중 감축 잠재량이 많은 수단을 선정함
- 외국의 제 1차 이행계획 중 이색적 수단인 Taxi-Bot, Echo Flight 등을 검토

2. 정부와 공항의 시설·운영 개선계획

○ ATFM(항공교통흐름관리)센터 건설계획

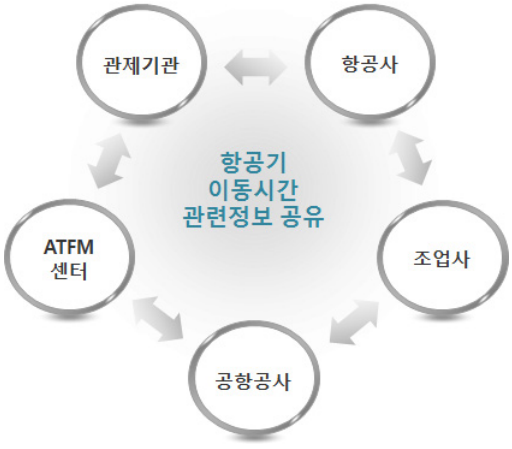
- 2011년 도입계획에 대한 타당성 조사가 완료되었으며 2013년~2019년 기간 중 2단계로 추진함
- 2013년~2016년(1단계) 기간 동안 제한적 운영이 가능한 핵심기능을 구비하여 2017년 운영을 개시를 목표로 세부설계, S/W개발, 시설구축, 핵심장비 설치, 요원선발 및 교육, 유관기관과 네트워크 구축 중
- 2017년~2019년(2단계) 기간에 추가 기능 확장을 통해 추가 소프트웨어 개발 및 시설·인원 추가, 제도보완을 할 계획



<그림 9 > ATFM의 구조

○ A-CDM(공항협동의사결정)

- A-CDM은 관계기관, 공항, 항공사, 조업사 간의 항공기 이동 관련 시간정보 공유와 마일스톤 관리를 통한 지연최소화 및 예측성과 자원활용도 극대화를 위한 시스템임



<그림 10 > A-CDM 구조도

- 인천공항은 A-CDM 도입을 위해 관련기관들이 A-CDM 운영협의체를 구성한 상태이며 스마트 에어포트 개념아래 끊임없는 여객처리와 효율개선을 추구함(16단계의 마일스톤 관리)

- 현재 인천공항의 경우 일부기능이 완성되어 시험가동 중이며 2017년 9월

30일 완성이후 풀가동 예정

- 하지만 항공사의 승객 탑승관리 직원들은 A-CDM 도입에 소극적이며 관제사들도 새로운 시스템의 도입을 극도로 싫어하는 경향이 있음

3. 자발적 협약(2014년) 수단별 연료 감축효과

<표 5 > 자발적 협약(2014년) 수단별 연료 감축효과

종류	감축량(t)	구성비(%)
단축항로	20,532	11.6
연료관리	18,136	10.2
경제항로	15,553	8.8
CI 최적화	13,578	7.7
이착륙절차개선	12,541	7.1
엔진 세척	12,380	7.0
APU사용억제	12,088	6.8
무게관리	11,113	6.3
비행절차개선	9,537	5.4
항공기 개조	6,947	3.9
근접교체공항	6,887	3.9
보정연료기준	5,887	3.3
저항력플랩	5,558	3.1
장치,물품 제거	4,430	2.5
아이들 리버스	3,950	2.2
엔진아웃택싱	2,288	1.3
탑재수 최적화	2,062	1.2
항로복선화	2,024	1.1
정비개선	1,907	1.1
경량장비사용	1,854	1.0
고도제한완화	1,179	0.7
재비행계획	602	0.3
CDO	588	0.3
기타	5,497	3.1

4. 항공사 건의안

○ 국내선 최적고도 운항

- Payload와 기상사료를 반영하여 기종별, 계절별, 노선별 최적고도를 선정하여 기존보다 1,000~2,000피트 상향조정

- 국토부와 사전 협의를 통해 비행계획을 최적고도로 수립하여 제출하도록 하는 방안을 제안하였으며 현재 대한항공에서는 이미 시행중이고 아시아나항공과 LCC들도 적용 확대시 개선효과를 기대할 수 있음

5. 외국의 이색 감축수단

○ Taxi-Bot 사용 확대(독일)

- 조종사가 조종석에서 운전이 가능하며 항공기 앞 바퀴를 예인기 상부 회전판에 고정하므로서 센서와 속도조절장치, GPS 등이 조종사의 운전을 용이하게 만들어줌

○ 교육과 지침을 통한 연료절약 조종 장려(독일)

- 1단계 온라인 교육과정을 거쳐 2단계에는 훈련되고 경험 많은 교관이 비행 시 조언을 하도록 하여 최종적으로 인증서와 인센티브(휘발류 바우처)를 부여함

○ Taxing 시간 감축목표 설정(중국)

- 항공기당 3분 절감효과를 지향함

6. 추가 감축수단 개발방안

○ 승객 하기시 객실 창문덮개 닫기

- 동절기와 하절기 중 주기 시 객실 창문 덮개를 닫도록 승객에게 하기 직전 요청함으로써 APU 가동시간을 줄임

○ 에코플라이트 교육 및 인센티브제도 도입

- 조종사에게 시뮬레이터를 이용한 에코플라이트 교육을 시행하며 교육 과정을 이수 완료하면 항공사에서 인센티브 지급

7. 감축수단 선정(안)

<표 6 > 감축수단 선정(안)

분 야	감축수단		계속	확대 가능성	MRV 방법	선정 대상
항공기, 연료	1. 항공기 교체		○			1. 항공기 교체
						(×) 바이오연료 도입
ATM 및 공항					항적자료, 모형 활용	2. ATFM 센터 건설
	PBN	2-1. 항로복선화	○	확대 제한적	항적자료, 모형 활용	3. 항로 복선화
		2-2. CDO 확대	×	확대 곤란		
	3. 단축항로 확대		×	확대 곤란		
					별도분석 필요	4. ACDM 도입
	4. APU 사용 억제		○		공항의 공급통계 활용	5. AC-GPS사용 촉진
운영	5. 보정연료 개선		×	시행 완료		
	6. CI 개선		×	저유가, 유가등락		
	7. 단일엔진 Taxi-in		○		확인 곤란 (FOQA)	6. 단일엔진 Taxi-in
	8. 엔진세척		○		관련서류 확인	7. 엔진세척
	9. 공회전 역추진		○		확인 곤란 (FOQA)	8. 공회전역추진
	10. 경량 ULD		○		구매 확인	9. 경량 ULD
					구매 확인	10. 경량객실 Cart
					확인 곤란 (FOQA)	11. 저항력 플랩

8. 감축 지원수단

○ 직접적인 감축효과보다 감축을 촉진하거나 평가에 도움이 되는 수단을 고려함

- 제도 개선을 통한 감축활동 지원 추진
- 통계체계 정비를 통한 평가의 정확성 확보
- 정책수단의 개발 및 평가 도구 확보

○ 비계량적 수단으로 이행계획에 포함시켜 우리나라의 항공부문 온실가스 감축을 위한 적극적인 노력을 알림

제5장 수단별 감축량 전망 및 감축목표 설정

1. ATFM 도입에 따른 감축량

○ 분석에 사용한 가정

- ATFM System 가동 효과를 GDP(Ground Delay Program)효과에 한정했으며 국제선에서는 국가간 GDP적용이 곤란하여 국내선 ATFM 적용의 90%를 차지하는 김포-제주노선으로 한정하였음

- 연차별 항공기 지연감소 효과 가정 시 1단계('17~'18)에 7% 감소하고 2단계('19~'25)에 22%가 감소하는 것으로 나타남

○ 분석범위

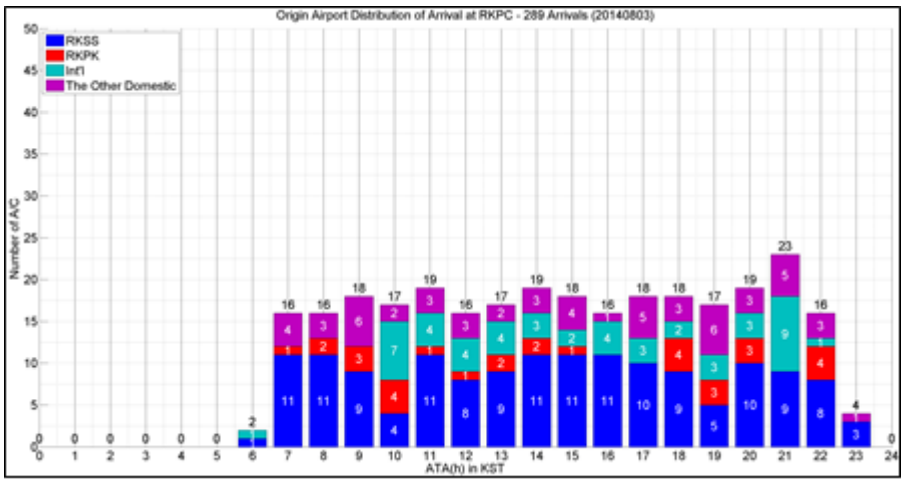
- 시간적 범위는 2014년을 기준년도로 하여 2017년 ATFM 가동 후 2025년을 최종 연도로 함

- 공간적 범위는 국제선을 제외한 국내선 김포-제주 항로로 한정하며 내용적 범위는 ATFM 가동 이전 및 이후의 연료소비량 산출과 증감을 비교하는 것으로 함

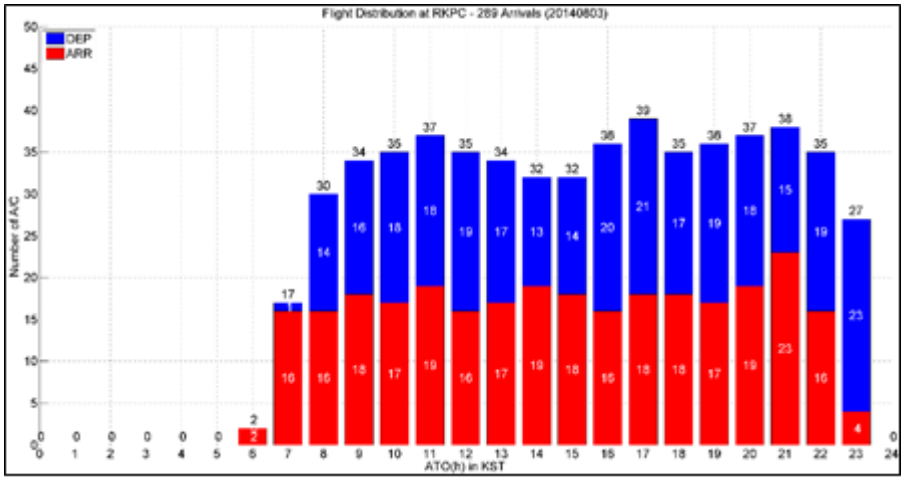
○ 분석에 사용한 가정

- 장래 연도 분석 시 국내선 항공 교통량 연평균 증가율은 2013년~2015년에 3.8%, 2015년~2020년 2.1%, 2020년~2025년 -0.5%로 나타났으며 항공기 지연과 ATFM 적용 항공기 비율은 2014년 평균 지연시간과 비율을 각각 적용하여 서울 제주 간 항공기 평균 연료 소모량은 120.8kg/분으로 나타남

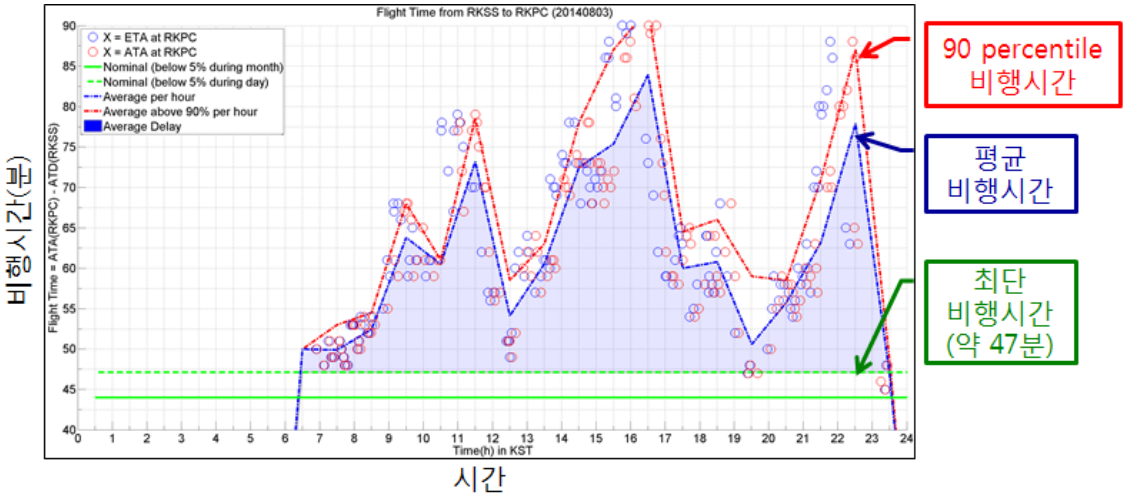
○ 공항 운영현황 분석



<그림11 > 시간대별 출발공항별 도착 항공기 수(예, 제주공항 2014년 8월 3일)



<그림12 > 시간대별 출도착 항공기 수(예, 제주공항 2014년 8월 3일)



<그림13 > 비행시간 및 지연분석(예, 제주공항 2014년 8월 3일)

○ ATFM 적용현황 분석

<표 7> 월별 ATFM 발부 현황

		ATFM											
	발부 기관	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ATFM 적용 횟수	제주 APP	0	1	2	8	8	9	7	9	0	2	5	6
	서울 APP	1	0	2	0	2	2	2	0	2	0	2	1
	인천 APP	28	31	50	62	70	76	79	90	59	54	56	66
	Total count	29	32	54	70	80	87	88	99	61	56	61	73

<표 8> 총 항공기 수

	노선	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
총 항공기 수	RKPC > RKSS	2657	2562	3148	3595	3653	3348	3518	3739	3643	3710	3410	3343
	RKSS > RKPC	2748	2661	3262	3716	3772	3461	3644	3862	3761	3827	3524	3461

<표 9 > ATFM 적용 항공기 수

	노선	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
총 항공기 수	RKPC > RKSS	183	193	416	609	715	1102	1736	2549	1013	940	732	815
	RKSS > RKPC	297	328	548	731	846	1299	1897	2575	1104	1071	800	997

<표 10 > 적용 항공기 비행시간

	노선	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
총 항공기 수	RKPC > RKSS	52.7	50.4	53.0	52.1	52.5	50.8	52.0	50.7	50.8	51.4	50.9	53.3
	RKSS > RKPC	53.1	55.3	53.3	52.7	52.6	51.5	53.3	54.4	53.0	54.4	54.2	53.1

○ 연료소비량 분석

	연간 ATFM 적용항공기 대수		연간 지연시간 (분)		연간 연료소모량 (kg)		
	ATFMS 가동 전	ATFMS 가동 후	ATFMS 가동 전	ATFMS 가동 후	ATFMS 가동 전	ATFMS 가동 후	절감
2014	22,602	22,602	155,104	-	18,736,466	-	-
2015	23,461	23,461	160,999	-	19,448,524	-	-
2016	23,954	23,954	164,382	-	19,857,199	-	-
2017	24,457	24,457	167,834	156,086	20,274,205	18,855,011	1,419,194
2018	24,971	24,971	171,361	159,366	20,700,276	19,251,257	1,449,019
2019	25,496	25,496	174,964	136,472	21,135,473	16,485,670	4,649,803
2020	26,031	26,031	178,635	139,336	21,579,001	16,831,621	4,747,380
2021	25,901	25,901	177,743	138,640	21,471,197	16,747,534	4,723,663
2022	25,772	25,772	176,858	137,950	21,364,312	16,664,164	4,700,148
2023	25,643	25,643	175,973	137,259	21,257,365	16,580,745	4,676,620
2024	25,516	25,516	175,101	136,579	21,152,073	16,498,617	4,653,456
2025	25,389	25,389	174,230	135,900	21,046,780	16,416,489	4,630,291

<그림14 > 연료소비량 분석

2. AC-GPS 사용 촉진

○ 강제화 방안과 우회적 방안을 통해 촉진

○ 강제화 방안의 경우 규제 총량제로 인해 실현 가능성이 매우 낮으며 우회적 방안의 경우 공항 운영증명 검사 보다 적극적인 온실가스 감축대책 수립 권고를 통해 공항공사에서 AOM을 개정하여 승인받게 함

○ 외항사 배출량이 공항에 부가되는 문제는 전기, 시설등의 사용과 ETS로 인한 경비를 납부토록 하는 것이 바람직함

○ 선박의 육전(육상전력, AMP: Alternative Marine Power) 사용현황 조사결과 인프라 부족 및 위험성과 불편함으로 인해 국내에서는 거의 사용하지 않는데 AMP 연결 시 순간정전으로 인하여 하역장비 등 손상 우려가 있기 때문

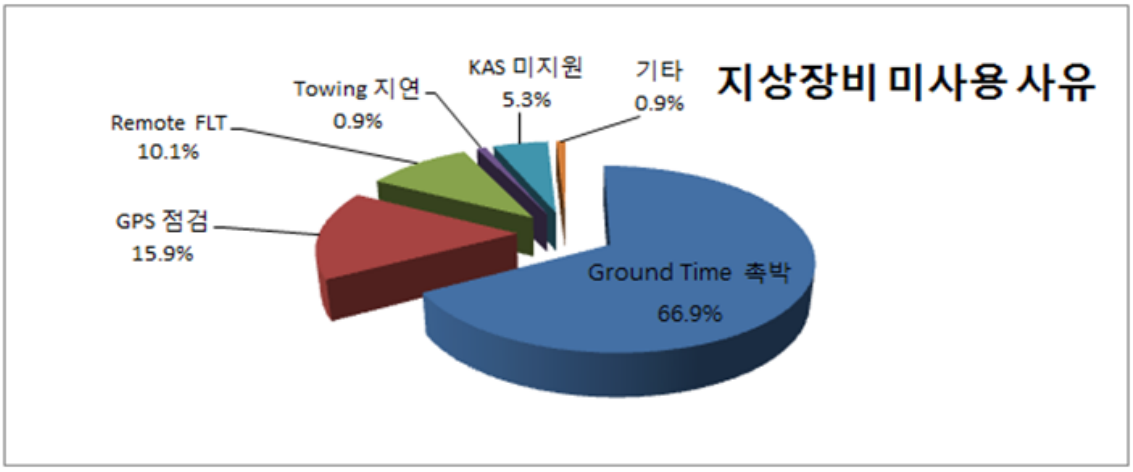
- 선박 회사에 따라 항구에 자체 GPS 시설을 보유하고 있는 경우 선종에 따라 적합한 선박에 한하여 사용함

- 최근 대기환경 보호와 기후변화 대응을 위하여 시설 설치 및 사용 장려 추세인데 해외 일부 항구는 AMP 사용을 의무화함

- 캘리포니아주는 기항하는 컨테이너 선사별로 연간 기항선박의 50%가 AMP를 사용하도록 2014년부터 의무화하였으며 비율을 점차 높여 2020년 이후는 80%가 의무적으로 사용하도록 함

○ AC-GPS를 미사용 하는 사유로는 Ground Time에 여유가 없는 경우가 가장

많으며 무리 없는 이용을 위한 시간으로 항공사 관계자는 40분~80분을 제시함



<그림15 > 지상장비 미사용 사유

○ 인천공항 AC-GPS 사용상의 문제점의 경우 PC-Air 용량 증대를 통해 하절기 중·대형기 이용 곤란문제를 해소하였으며 PC-Air 압축기 지하매설을 통해 소음문제 역시 해소하였음

○ 현재 권고 사항을 조건별 의무화로 관련 규정을 개정하여 강화함

- 상주 항공사와 사전에 충분한 협의 후 개정할 것이며 주기시간이 50분 이상인 경우 AC-GPS 사용 의무화 및 Gound Time, 정비, 기상, 기타 불가피한 경우에 한해 APU를 허용함

○ 이용률 목표

- 이용률 산정방식의 표준화를 통해 출발편의 경우 도착 직후 사용하였으나 출발 시 다시 사용하는 경우는 누락시키고 출·도착의 경우 한 번에 출·도착 모두 이용한 경우에는 2회 사용으로 기록함

· 2020년까지 2013년 이용률의 2배 수준 달성을 목표로 출발편 기준 70% 이용률을 달성할 계획임

- 2016년부터 매년 전년대비 6.4% 증가시키며 2015년 이용률은 38%로 가정함

3. A-CDM

○ 저감정책 연료절감 효과분석

- 지연시간 감소에 따른 APU연료사용량 절감효과 기대

  · 미 휴스턴 IAH, HOU두 공항의 출발 지연시간 자료를 통해 인천공항 국적 항공사의 국제선 지연시간 분포를 추정함

- 총 223,874편의 출발 운항 중 10,242편은 1시간 이상 지연(4.57%)이고, 국적 항공사가 동일한 분포를 가진다고 가정하여 2014년 국적 항공사의 국제선 지연율을 2.84%로 추정(출처 : 2014 항공교통 서비스 보고서, 국토부)

- 지연 편의 비율에 차이가 있으므로 그 편차만큼 평균차이를 가정하는데 동일 비율을 보이는 시간대는 1시간 24분이므로 국적 항공사의 평균 지연시간이 17분으로 추정됨

- A-CDM을 통해 15%의 지연감소 효과가 있으므로 지연시간은 2.4분이 감소하게 됨

- APU의 시간당 연료소모량을 2.4분으로 환상하여 기종별 연료 절감량을 산정함 : B737(4.4kg/2.4m), B777(12.48kg/2.4m), B747 (18kg/2.4m), A320/A321(5kg/2.4m), A330(8.4kg/2.4m)

- 연료절감실적 = 2.4분 당 연료절감량 × 연간 운행횟수

- 지연시간과 연간 운항횟수 상승에 의해 연료절감실적은 꾸준히 증가하며 2025년까지 연간 약 82,768톤의 연료 절감을 기대할 수 있음

- 따라서 연 평균 261,298의 CO2를 절감함

○ 인천공항의 예측에 의하면 2012년 11월 29일 하루 동안의 항공기 지상이동시간 감소 효과를 시뮬레이션한 결과 752회의 항공기 운항편에서 연료104,322리터, CO2 263,476kg 감축할 것으로 예상됨

4. 단일엔진 Taxi-in

○ 저감정책 연료절감 효과분석

- 기종에 따른 편당 연료 절감량을 연간 운항횟수와 곱하여 계산함
- 기종에 따른 편당 연료 절감량 : B737(0.047t), B767(0.053t), B777(0.190t), B747(0.303t), A320/A321(0.047t), A330(0.170t)
- 연료절감실적 = 편당 연료절감량 × 연간 운행횟수 × 이행율
- 항공사 의지에 따라 이행율이 결정되며 단일엔진 Taxi-in 이행율 연 1% 개선을 목표로 하는데 2014년 이행율은 19.2%, 2025년 이행율은 30.2%로 전망함
- 2025년까지 연간 약 9,911톤의 연료절감이 기대되며 따라서 연 평균 31,291톤의 CO2 를 절감함

5. 저항력 플랩 사용

○ 저감정책 연료절감 효과분석

- 기종에 따른 편당 연료 절감량을 연간 운항횟수와 곱하여 계산하며 이륙 시 저항력 플랩 사용과 착륙 시 저항력 플랩 사용이 효과가 다르므로 편당 연료 절감량을 따로 적용함
- 항공사 의지에 따라 이행율이 결정되며 이륙 시 이행율 연간 0.25%, 착륙 시 이행율 연간 1% 개선을 목표로 함
- 연료절감실적 = 편당 연료 절감량 × 연간 운행 횟수 × 이행율
- 2025년까지 연간 약 13,678톤의 연료 절감이 기대되며 따라서 연 평균 43,180톤의 CO2 를 절감함

6. 공회전 역추진

○ 저감정책 연료절감 효과분석

- 기종에 따른 편당 연료 절감량을 연간 운항횟수와 곱하여 계산함

- 기종에 따른 편당 연료 절감량 : B737(0.054t), B767(0.054t), B777(0.020t), B747(0.054t), A320/A321(0.020t), A330(0.054t)

- 연료절감실적 = 편당 연료절감량 × 연간 운행횟수 × 이행율

- 항공사 의지에 따라 이행율이 결정되며 이행율 연 0.5% 개선을 목표로 하는데 2014년 이행율은 49.7%, 2025년 이행율은 55.2%로 전망함

- 2025년까지 연간 약 6,170톤의 연료절감이 기대되며 따라서 연 평균 19,480톤의 CO2 를 절감함

7. 엔진세척

○ 저감정책 연료절감 효과분석

- 기종에 따른 편당 연료 절감량을 항공기 보유대수와 곱하여 계산하는데 이는 항공기 별 규모차이에 의한 절감량이 상이하기 때문

- 항공기 기종별 무게 : B737(31.6t), B767(17.8t), B777(26.1t), B747(141.7t), A320/A321(31.6t), A330(29.3t)

- 항공사별 항공기 보유대수를 기준으로 보유항공기 전체에 대해 연 2회 엔진세척을 실시하고 항공기를 최대 가용할 경우를 가정함

- 항공사 의지에 따라 이행율이 결정되는데 대부분의 항공사가 정비규정에 따라 연 1회 엔진세척을 실시하며 낮은 이행율을 보이는 것으로 나타남

- 지속적인 엔진세척 주기 단축 노력에 의해 가능성이 존재함에 따라 이행율 연 2% 개선을 목표로 하여 2014년 이행률 58.4%에서 2025년 80.4% 이행율에 이를 것으로 기대함

- 연료절감실적 = 편당 연료 절감량 × 연간 운행횟수 × 이행율

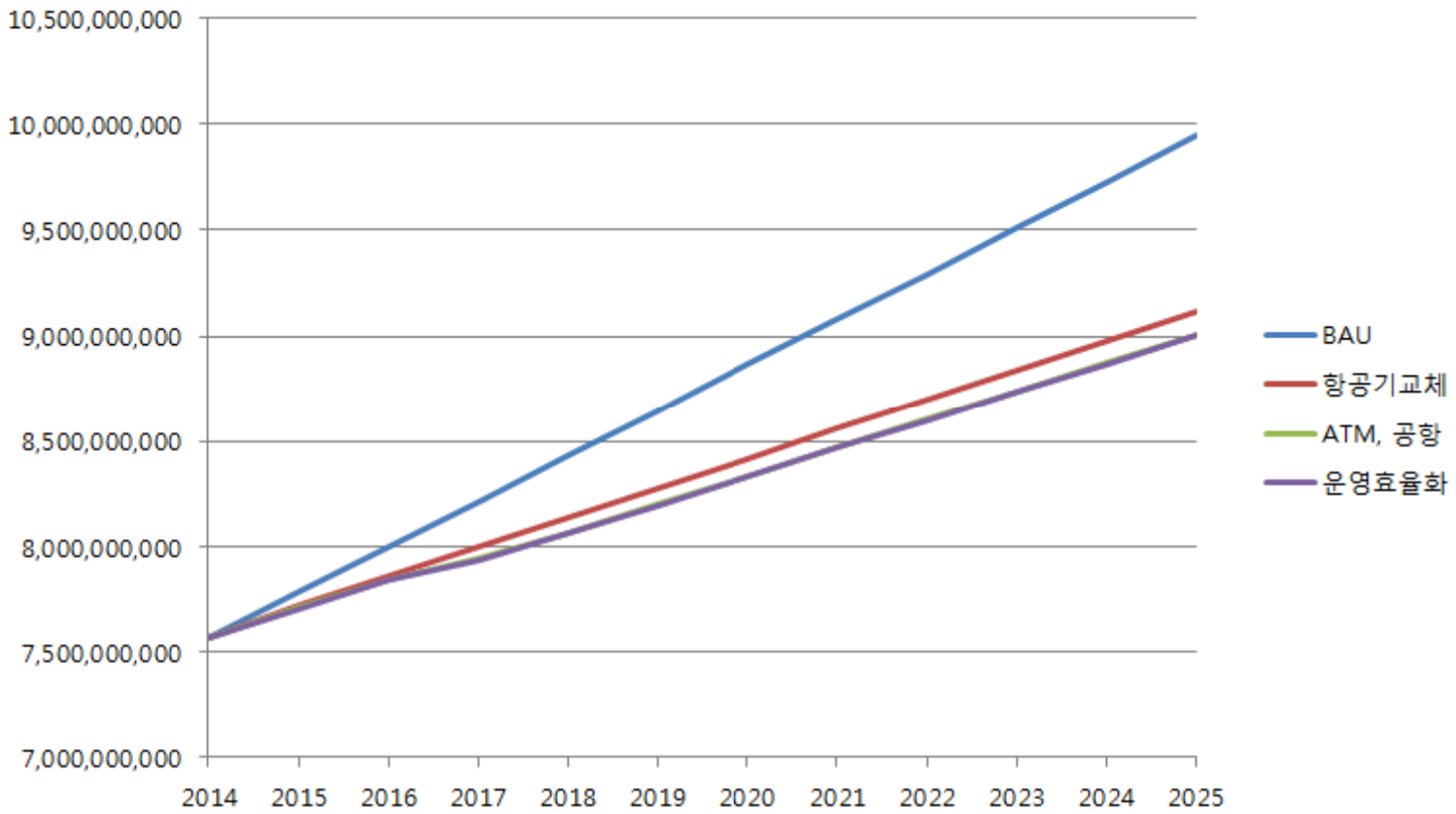
- 엔진세척 1회 평균 300만 원 비용이 발생하여 절감비용에 의해 비용을 상쇄하는 편익이 발생하는 특징이 있음

- 2025년까지 연간 12,120톤의 연료절감이 기대되며 연 평균 38,262톤의 CO2를 절감함

8. 감축량 종합

<표 11 > 항공온실가스 감축량 종합

		2015	2016	2017	2018	2019	2020
BAU	RTK (km)	22,118,451,435	22,731,960,225	23,345,469,015	23,958,977,806	24,572,486,596	25,185,995,386
	연료량 (L)	7,783,785,508	7,999,687,641	8,215,589,773	8,431,491,906	8,647,394,038	8,863,296,171
감축량 (L)	항공기교체	3,113,514	6,398,470	9,854,765	13,482,295	17,280,958	21,250,650
	ATFM		48,837,392	50,035,069	51,232,746	164,781,331	168,545,459
	ACDM			34,608,096	141,746,006	145,059,628	148,373,251
	AC-GPS	12,027,520	14,406,509	16,887,352	19,470,047	22,154,595	24,940,996
	단일엔진활주	5,380,179	5,839,876	6,315,486	6,807,009	7,314,444	7,837,793
	엔진세척	13,408,903	14,073,293	14,753,736	15,450,231	16,162,778	16,891,378
	공회전역추진	8,833,331	9,055,404	9,277,477	9,499,549	9,721,622	9,943,695
	경량ULD	2,976,186	3,051,009	3,125,831	3,200,653	3,275,475	3,350,298
	감축합계	45,739,634	101,661,953	144,857,810	260,888,536	385,750,832	401,133,520
감축결과 (연료량, L)		7,738,045,874	7,898,025,688	8,070,731,963	8,170,603,370	8,261,643,206	8,462,162,651
이행후 효율 (L/RTK)		0.3498	0.3474	0.3457	0.3410	0.3362	0.3360



<그림16 > 항공 온실가스 감축량 종합 BAU

9. 감축 목표

○ 2025년까지 매년 전년대비 1.05% 감축을 목표로 하며 2020년까지는 전년대비 1.06% 감축을 목표로 함

○ 2025년까지 연료효율 0.3187리터/RTK 달성을 목표로 하며 2020년까지는 연료효율 0.3307리터/RTK 달성을 목표로 함

10. 1차 계획과 비교

○ 1차 계획 시 1.3% 감축을 목표로 삼았단 것에 비해 1.05%로 하향조정

○ 연료효율은 0.2752리터/RTK에서 0.3307리터/RTK로 상향조정

제6장 제도개선 및 R&D 요구사항

1. 이행계획의 법정 계획화

○ 매 3년마다 ICAO에 온실가스 감축계획을 제출하므로 계획수립 실무작업을 위한 Data 및 비용의 안정적 확보를 위해 필요함

○ 자료수집 및 분석자료의 신뢰성 향상을 위한 DB구축 및 관리가 수반되며 제도적 뒷받침을 통한 계획에 대한 집행력 제고가 필수적임

○ 시행방안으로서 항공법에 온실가스 감축을 위한 중장기 계획수립 관련조항 신설이 요구됨

- 시행주체, 계획 내용, 계획 시기, 수집자료의 범위, 관련 기관의 의무 등 명시해야하며 이행계획에 필요한 핵심 통계의 생산 및 출판이 병행되어야 함

○ R&D에서 개발한 시뮬레이션 모형의 지속적 활용방안 명시가 필요하며 관련 해외DB의 갱신 주기와 민간의 모형활용 지원방안을 참고

2. 관련 통계체계 정비

○ Data의 생산 주체별로 상이한 정의를 사용함에 따라 서로 다른 출처의 동일한 자료의 호환이 어려움이 발생하며 이는 양 공항공사나 항공사간에서 빈번히 발생함

○ 일부 Data는 수작업에 의한 자료입력으로 인해 Data품질이 저하되어 상당한 Bias 발생 가능성이 존재함

○ 수집 및 분석 자료의 신뢰성 향상을 위한 DB구축 및 관리가 필요함

○ 시행방안으로서 온실가스 관련 업무 관점에서 자료의 통일성을 기하기 위한

지침서 작성이 요구되며 이는 관계기관 협의를 거쳐 통일된 업무처리 기준 확립이 수반되어야 함

○ 항공 온실가스 국가 이행계획 산정을 위한 통계체계 정립 관련 용역 시행방안을 내년 상반기 중 시행으로 검토

3. R&D에 대한 요구사항

○ 채택된 수단에 대한 명료한 효과분석 방안을 마련할 필요가 있음

- 엔진세척을 포함한 항공기 교체 및 개선효과와 연료관리, 경량장비 탑재, 무게중심 관리 등 항공기 중량관리의 효과를 분석할 방안

○ 항적 자료를 활용한 모니터링 방안 개발이 요구됨

- ATFM 센터 운영효과 산정을 위해 센터 가동 이전의 항정 자료 확보가 필요하며 단축항로, CDO, CCO 등에도 활용 가능

- 수단별 분석모듈보다는 유사수단에 모두 활용할 수 있는 범용모듈 개발이 요구되며, 항적 자료 활용 중심의 꼭 필요한 기능 중심의 모형 개발이 필요하여 수요예측 등은 외부에서 예측하여 입력하는 편이 비용효과적임

- 효과분석 외에 감축수단 별 이행율 파악을 위한 모니터링 기능 강화가 요구됨

참고문헌

참고문헌

[1] IATA, 'Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management', 2011

[2] 교통안전공단, '항공온실가스 저감기술 이행 매뉴얼', 2015

[3] 한국교통연구원, '항공부문 온실가스 감축 국가이행계획 수립 연구', 2012

[4] 한국교통연구원, '항공온실가스 산정 및 예측시스템 개발 기획보고서', 2013

[5] 국토교통부, '항공온실가스 감축을 위한 자발적 협약 이행 매뉴얼',2012

[6] https://www.eurocontrol.int/services/advanced-emission-model-aem

[7] FAA. 'Aviation Environmental Design Tool(AEDT) Technical Manual',2014

[8] NLR, 'Aviation Emissions and Evaluation of Reduction Options(AER0) Main Report Part 1'

부록

부록 1 항공사 항공온실가스 감축기술 자문결과
부록 2 항공사 항공 온실가스 감축기술 자문결과 증빙자료
부록 3 항공사 14개 감축기술 검토 의견
부록 4 항공대학교 위탁 연구보고서

부록 1 항공사 항공온실가스 감축기술 자문결과

○대한항공에서 적용하고 있는 감축기술은 다음과 같다.

대분류	중분류		적용여부	비 고
APU	01-01	Ground Ops APU - Total Reduction	O	- 대부분 GPU/AC-GPS를 사용하고 있음
	01-02	FOPS APU - Optimized Operation	O	
	01-03	Flight Ops APU Optimized Operation - "No Pack"	X	- 절차는 있으나, 사용하지 않음. - 제작사 문의 결과, No Pack에 따른 연료절감효과가 미미함
	01-04	Flight Ops APU Optimized Operation - Single Pack	X	
	01-05	Maintenance APU Utilization Optimized Operation	O	
Flight Dispatch	02-01	Optimized - Cost Index	O	
	02-02	Route Specific - Cost Index	O	
	02-03	Cost Index - Delay Cost Mgt	O	- 지연도착 예상시 모든 비용을 정확하게 계산한 결과를 CI로 변경하여 운항하는 절차는 수립되어있지 않음.
	02-04	Flt Plan OPT-LATERAL	O	
	02-05	Flt Plan OPT-VERTICAL	O	
	02-06	EU-OPS-RCF 5%>3%	O	- 기본적으로 장거리 구간(Refile 절차 5% 적용)인 경우를 제외하고 3% Contingency ruel 적용 중
	02-07	CF Unprotected-3%(A to B)	O	
	02-08	CF Unprotected5%(A to B)	O	
	02-09	Redispatch(Reduced CF)-EU-OPS	O	
	02-10	Flight Dispatch - Additional Fuel	추가연료 사용함	- Extra Fuel 탑재에 대한 객관적인 근거와 적정성을 갖기 위하여 2009년 12월부터 담당 운항관리사와 비행감시 담당자

				로 하여금 비행계획 전에 Cross Check하는 기능을 추가하여 사전 검토할 수 있도록 보완 운영 중
	02-11	Over Tankering	사용함	- 실시간 유가를 적용하여 Tankering을 실시하고 있고, 주단위로 Tankering 구간을 점검하여 통보하고 있음
	02-12	Alternate - OPT Selection	O	- 교체공항 선정 프로세스는 운영기획팀(연료관리)에서 지속적인 모니터링을 통하여 관리되고 있고, 지속적인 통제센터로의 공지를 통해서 최적 교체공항 사용하고 있음
	02-13	Alternate-Cost Index"0"	O	
	02-14	No Alternate Ops-(NO-ALTNIFR)	O	- 2008년부터 국내선 및 3시간 이내 국제선 편을 대상으로 실시한 이후 안정화 과정을 거쳐 2009년 12월 이후 No Alternate IFR 비행계획이 6시간 이내 운항 구간으로 확대되어 시행하고 있음
	02-15	Holding Fuel Optimization	O	- IATA Best Practice로 실제 Payload와 온도를 감안하여 비행계획 작성하도록 권고함
	02-16	Load planning - CG Management	O	- FLT의 CG를 후방에 위치하므로써 TRIP FUEL을 감소하여 연료 절감하는 관리과제
	02-17	Load planning - ZFW Accuracy	O	- 운항 4시간 전까지 FODIS에 입력을 완료하여 자동 UPDATE되고 있으나, 실제적으로 승객과 화물의 NOSH/GOSH 등으로 2,200 LBS에 근접하는 것을 목표로 함
	02-18	Fuel Bias-(Flight Planning System)	O	
	02-19	Taxi Fuel Excess Standard Load	O	
Flight Operations	03-01	Flight Crew - Additional Fuel	추가연료 사용함	- 필요시, Crew별 연료추가 현황을 Reason별로 집계하고 분석하고 있음. 그러나 정기적으로 운항본부에 결과를 Feedback하는 절차는 없음
	03-02	Engine Out - Taxi Out	X	- Engine-Out Taxi-Out은 적극 권고하지는 않음.

	03-03	Reduced Flap Take off	O	
	03-04	Reduced Acceleration Altitude	O	- 이륙 후 Drag를 최소화하기 위하여 가능하면 조기에 Flap을 Retract하는 NADP 2 절차를 기본 절차로 FOM에 명시함 (05년)
	03-05	CDDs &T - Departures RNPs	X	- 현재 적용된 국내공항이 없음, 다만, 절차가 있다면 가능함
	03-06	CDOs &T - Arrivals RNPs	O	
	03-07	Low Noise Low Drag Approaches	X	- 당사는 08년 후반 "Stabilized Approach 정책 변경"을 통해 동 절차의 개념을 일부 도입했으나, 운항본부 측의 반대로 IATA 권고 절차를 완전하게 반영하지는 못 하고 있음
	03-08	Reduced Flap Landings	O	- 현행 FOM 정책 변경 및 승무원 교육/공지 결과, 해당 Initiative 시행 전에 비해 20~25% 이행률 향상
	03-09	Idle Reverse on Landing	O	- 07년 후반 POM절차 변경 및 승무원 교육/공지 결과, 동절차 시행전(08년)에 비해 약40% 이행율 향상
	03-10	Engine Out - Taxi In	X	- 06년부터 전기종에 적용하였으나, B737를 제외한 전체 항공기의 50% 정도가 적용하고 있음
	03-11	Pilot Technique - Flight Management	O	- FCRM (FLT CREW Reference Manual) 2.1 "Fuel Conservation"에 비행 전반에 걸쳐 고려해야 할 사항을 제공하고 있음. 기존 내용을 운항본부와의 협의를 거쳐 2009년 2월 1일 개정판에 운항승무원 필요 사항을 전면 수록함
Maintenance & Engineering	04-01	Engine Core Water Wash	O	
	04-02	(Airframe) DRAG Paint, Wash, Steps, Seals, Doubler	O	- 기종별 Zonal Program 요건에 따라 주기적으로 육안점검 및 수정조치를 하고 있으나, 항공기별 수행자료 Tracking이 어렵고, 효과분석 수치화 불가
	04-03	Aircraft Weight Issues(M&E)	O	- Aircraft sanding down process, Flight deck manuals, Dust and dirt accumulations, Aircraft refueling(Over fueling 최소화 운영)등 하기하여 연간 약260만 파운드 연료

				절감
	04-04	Engine SFC-Build Standard	X	- 엔진 제작사에서 기존 APU Overhaul 품질 요건에 SFC 요건 추가하는데 기술적인 어려움이 있으며, 이를 관리 운영하는 항공사 없음
	04-05	APU SFC-Build Standard	O	- KAL Engine Spec'운영 & Work Scope 위원회 운영
	04-06	Configuration Change - Weight Reduction	O	정비업무지침, I31103 절차에 따라 제작사 발행 SB 수행정책 결정, Engineering Job Guide JG-MA-009 에 따라 SB 경제성 분석절차 운영함
Commercial & Ground Operations	05-01	Commercial Equipment Weight Reduction	O	- Aircraft sanding down process, Flight deck manuals, Dust and dirt accumulations, Aircraft refueling(Over fueling 최소화운영)등 하기하여 연간 약260만 파운드 연료 절감
	05-02	Catering Weight Reduction	O	
	05-03	Duty Free Weight Reduction	O	- 경량 Sales Cart 운영
	05-04	Magazines Weight Reduction	X	- 회사정책상 하지 않음
	05-05	Potable Water Weight Reduction	O	- Potable Water 적정탑재 운영 중(2004.9.10)
	05-06	Additional Fuel - Over Fuelling	X	

○ 아시아나항공에서 적용하고 있는 감축기술은 다음과 같다.

대분류	중분류		적용여부	비 고
APU	01-01	Ground Ops APU - Total Reduction	O	- 대부분 GPU/AC-GPS를 사용하고 있음
	01-02	FOPS APU - Optimized Operation	O	
	01-03	Flight Ops APU Optimized Operation - "No Pack"	X	절차는 있으나, 사용하지 않음
	01-04	Flight Ops APU Optimized Operation - Single Pack	X	
	01-05	Maintenance APU Utilization Optimized Operation	O	
Flight Dispatch	02-01	Optimized - Cost Index	O	분기별 검토하여 최적의 CI로 적용하지만, 유가변동폭이 높아지면 자주 변경함
	02-02	Route Specific - Cost Index	O	
	02-03	Cost Index - Delay Cost Mgt	X	항공기 속도에 다라서 cost 계산이 달라짐
	02-04	Flt Plan OPT-LATERAL	O	
	02-05	Flt Plan OPT-VERTICAL	O	
	02-06	EU-OPS-RCF 5%>3%	O	2015년 3월부터 3%로 적용하여 시행함
	02-07	CF Unprotected-3%(A to B)	O	
	02-08	CF Unprotected5%(A to B)	O	
	02-09	Redispatch(Reduced CF)-EU-OPS	O	
	02-10	Flight Dispatch - Additional Fuel	추가연료 사용함	지역별/항공로별/노선별 가이드라인 제시하지만, 실제로 감축량으로 적용하기에는 어려움
	02-11	Over Tankering	사용함	
	02-12	Alternate - OPT Selection	O	

	02-13	Alternate-Cost Index"0"	O	
	02-14	No Alternate Ops-(NO-ALTNIFR)	O	
	02-15	Holding Fuel Optimization	O	
	02-16	Load planning - CG Management	O	
	02-17	Load planning - ZFW Accuracy	O	
	02-18	Fuel Bias-(Flight Planning System)	O	bias 보정을 수기로 산정하여 항공기에게 적용하고 있음
	02-19	Taxi Fuel Excess Standard Load	O	항공기별 고정값으로 사용하였으나, 최근 항공기별, 공항별 통계값을 적용하기위한 분석 중에 있음
Flight Operations	03-01	Flight Crew - Additional Fuel	추가연료 사용함	
	03-02	Engine Out - Taxi Out	X	조종사들의 심리적인 긴장감이 고조되는 관계로 하지 않음
	03-03	Reduced Flap Take off	O	
	03-04	Reduced Acceleration Altitude	O	
	03-05	CDDs &T - Departures RNPs	O	
	03-06	CDOs &T - Arrivals RNPs	O	
	03-07	Low Noise Low Drag Approaches	O	
	03-08	Reduced Flap Landings	O	항공기에 적용하는 가장 작은 값으로 적용함
	03-09	Idle Reverse on Landing	O	활주로가 dry 일경우 활주로 사용거리가 비슷하지만, wet 일경우 reverse를 사용하면 활주로착륙거리가 줄어듬, 사용하지 않을 경우 항공기 브레이크에 많은 부하가 발생하고 점검주기가 짧아짐
	03-10	Engine Out - Taxi In	X	엔진 하나 오프시 유도로(taxi way)의 경사 및 항공기 무게에 따라 오히려 연료소모량이 많아짐
	03-11	Pilot Technique - Flight Management	O	
Maintenance	04-01	Engine Core Water Wash	O	세척효과는 엔진 70%, 동체 30% 향상됨

& Engineering	04-02	(Airframe) DRAG Paint, Wash, Steps, Seals, Doubler	X	하나당 구체적인 효과를 산정하기 어려우며, 기상 및 엔진, ATC 등의 변수가 많아 산정하기 어려움
	04-03	Aircraft Weight Issues(M&E)	O	
	04-04	Engine SFC-Build Standard	X	
	04-05	APU SFC-Build Standard	X	
	04-06	Configuration Change - Weight Reduction	O	
Commercial & Ground Operations	05-01	Commercial Equipment Weight Reduction	O	
	05-02	Catering Weight Reduction	O	항공기 기내에서 제공되는 컵, 숟가락, 용기 등의 무게 경량화를 위하여 가벼운 소재 변경을 다른 팀에 요구하였으나, 서비스가 저하될 우려가 발생하여 포기함
	05-03	Duty Free Weight Reduction	O	
	05-04	Magazines Weight Reduction	O	최근 잡지의 종이 두께를 가벼운 걸루 변경하여 경량화함
	05-05	Potable Water Weight Reduction	O	근거리 운항 50-70%, 장거리 100%
	05-06	Additional Fuel - Over Fuelling	X	

○ 진에어에서 적용하고 있는 감축기술은 다음과 같다.

대분류	중분류		적용여부	비 고
APU	01-01	Ground Ops APU - Total Reduction	O	- 김포에서만 GPU를 사용함. 저가항공사가 이용하는 인천공항의 탑승동은 AC-GPS가 설치되어있지 않음
	01-02	FOPS APU - Optimized Operation	X	- 내부규정 없음, APU 사용량은 1시간당 225lb 사용함
	01-03	Flight Ops APU Optimized Operation - "No Pack"	X	
	01-04	Flight Ops APU Optimized Operation - Single Pack	X	
	01-05	Maintenance APU Utilization Optimized Operation	O	- 월/년 단위로 APU 사용량 파악
Flight Dispatch	02-01	Optimized - Cost Index	X	- 국내선/국제선 CI 50 적용하며, 계절별로 변동시킴 - 비행계획서 작성은 비행계획생성시스템 사용(JEPP사)
	02-02	Route Specific - Cost Index	X	
	02-03	Cost Index - Delay Cost Mgt	X	
	02-04	Flt Plan OPT-LATERAL	O	
	02-05	Flt Plan OPT-VERTICAL	O	
	02-06	EU-OPS-RCF 5%>3%	O	- 5% 적용 / 3% 사용하지 않음
	02-07	CF Unprotected-3%(A to B)	X	
	02-08	CF Unprotected5%(A to B)	X	
	02-09	Redispatch(Reduced CF)-EU-OPS	X	
	02-10	Flight Dispatch - Additional Fuel	추가연료 사용함	- 일부 사용(기상, holding, ATC delay 등의 이유)
	02-11	Over Tankering	사용함	
	02-12	Alternate - OPT Selection	O	- 사용함 (1시간이내 공항 거리 산정)

	02-13	Alternate-Cost Index"0"	X	
	02-14	No Alternate Ops-(NO-ALTNIFR)	X	- 회사 매뉴얼에는 내용이 포함되어 있지만, 적용하진 않음
	02-15	Holding Fuel Optimization	O	- 15분/1,500ft 적용하며, LDG WGT 로 계산함
	02-16	Load planning - CG Management	O	- 허용범위내 중간에 맞춤
	02-17	Load planning - ZFW Accuracy	O	- 국내, 국제 - 성인 73kg, 소아 36kg
	02-18	Fuel Bias-(Flight Planning System)	O	- 정비부서에서 실시함
	02-19	Taxi Fuel Excess Standard Load	O	- 국내외 공항 모두 226.7kg 적용 (500lb)
Flight Operations	03-01	Flight Crew - Additional Fuel	추가연료 사용함	- 요청함 (기상, ATC 등)
	03-02	Engine Out - Taxi Out	X	
	03-03	Reduced Flap Take off	O	- FLAP 5 사용함 - 저감 기준에 대한 플랩 각도가 모호하여 기준제시가 필요함
	03-04	Reduced Acceleration Altitude	X	
	03-05	CDDs &T - Departures RNPs	O	- 우리나라공역에서 운영하는 구간이 없음 - 회사 항공기 성능 자격이 충분함
	03-06	CDOs &T - Arrivals RNPs	O	- 회사 항공기 성능 자격이 충분함
	03-07	Low Noise Low Drag Approaches	O	- NADP 와 유사함
	03-08	Reduced Flap Landings	O	- FLAP 30 사용 - 저감 기준에 대한 플랩 각도가 모호하여 기준제시가 필요함
	03-09	Idle Reverse on Landing	O	
	03-10	Engine Out - Taxi In	X	
	03-11	Pilot Technique - Flight Management	O	
Maintenance	04-01	Engine Core Water Wash	O	- 법정기준 연 1회이지만, 실제 연 2회 실시함

& Engineering	04-02	(Airframe) DRAG Paint, Wash, Steps, Seals, Doubler	O	
	04-03	Aircraft Weight Issues(M&E)	O	
	04-04	Engine SFC-Build Standard	X	
	04-05	APU SFC-Build Standard	X	
	04-06	Configuration Change - Weight Reduction	O	
Commercial & Ground Operations	05-01	Commercial Equipment Weight Reduction	X	- B777 경량 ULD 사용 - B737은 ULD 사용하지 않음
	05-02	Catering Weight Reduction	X	
	05-03	Duty Free Weight Reduction	X	
	05-04	Magazines Weight Reduction	X	
	05-05	Potable Water Weight Reduction	O	- 국내선 사용 40%, 국제선은 기준이 없음
	05-06	Additional Fuel - Over Fuelling	X	

○ 에어부산에서 적용하고 있는 감축기술은 다음과 같다.

대분류	중분류		적용여부	비 고
APU	01-01	Ground Ops APU - Total Reduction	X	- APU를 사용하고 있으며, 필요시 지상조업사 장비를 사용함
	01-02	FOPS APU - Optimized Operation	X	
	01-03	Flight Ops APU Optimized Operation - "No Pack"	X	
	01-04	Flight Ops APU Optimized Operation - Single Pack	X	
	01-05	Maintenance APU Utilization Optimized Operation	X	
Flight Dispatch	02-01	Optimized - Cost Index	X	- 항공기 CI 30 고정하여 사용함 - 이는 단순연료 감축의 문제가 아닌 항공사 운영문제와 직결되어있으므로, 연료절감이라는 하나의 목표만으로 변경하기 힘듬
	02-02	Route Specific - Cost Index	X	
	02-03	Cost Index - Delay Cost Mgt	X	
	02-04	Flt Plan OPT-LATERAL	O	- 국제선 비행계획 시스템을 통하여 가능하나, 국가별 영공통과료 및 항로제한사항이 있을경우 시행하지 못함
	02-05	Flt Plan OPT-VERTICAL	O	- 국제선 비행계획 시스템을 통하여 가능하나, 국가별 영공통과료 및 항로제한사항이 있을경우 시행하지 못함
	02-06	EU-OPS-RCF 5%>3%	O	5%는 현재 시행중이며, 3%는 법적 요구조건을 충족해야 가능함
	02-07	CF Unprotected-3%(A to B)	X	- 법적인 제도 마련 필요
	02-08	CF Unprotected5%(A to B)	X	- 법적인 제도 마련 필요
	02-09	Redispatch(Reduced CF)-EU-OPS	X	- 항공법상 8시간 이상 장거리 구간에만 가능하지만, 현재 해당되는 운항구간이 없음

	02-10	Flight Dispatch - Additional Fuel	X	- 별도의 통계시스템 구축 및 관련 부서의 합의가 필요함
	02-11	Over Tankering	O	- 현재 각 공항 연료단가에 따라 실시중 임
	02-12	Alternate - OPT Selection	O	- 국토부 인가만 득하게 되면 대체공항으로 선정 가능함
	02-13	Alternate-Cost Index"0"	O	
	02-14	No Alternate Ops-(NO-ALTNIFR)	X	목적지 공항의 기상상태 실시간 모니터 필요
	02-15	Holding Fuel Optimization	O	국제선만 시행중
	02-16	Load planning - CG Management	X	
	02-17	Load planning - ZFW Accuracy	X	과거 통계자료의 분석이 필요
	02-18	Fuel Bias-(Flight Planning System)	X	- 연료관리 프로그램 및 시스템, 인력 필요
	02-19	Taxi Fuel Excess Standard Load	X	- TAXI FUEL에 따라 달라지는 TAKE OFF FUEL 량을 관리 하는 시스템 및 프로그램이 필요
Flight Operations	03-01	Flight Crew - Additional Fuel	X	
	03-02	Engine Out - Taxi Out	X	- 안전문제로 인해 시행 불가능
	03-03	Reduced Flap Take off	O	- 현재 시행/관리 중
	03-04	Reduced Acceleration Altitude	O	- 현재 시행/관리 중
	03-05	CDDs &T - Departures RNPs	X	
	03-06	CDOs &T - Arrivals RNPs	O	- 현재 시행/관리 중
	03-07	Low Noise Low Drag Approaches	X	
	03-08	Reduced Flap Landings	O	- 현재 시행/관리 중
	03-09	Idle Reverse on Landing	O	- 현재 시행/관리 중
	03-10	Engine Out - Taxi In	O	- 현재 시행/관리 중
	03-11	Pilot Technique - Flight Management	O	- 녹색운항매뉴얼 등의 방법으로 조종사들에게 시행 중
Maintenance	04-01	Engine Core Water Wash	O	- 현재 엔진당 연간 2회정도의 Water Wash 시행 중이며,

& Engineering				SFC 분석하여 관리 중
	04-02	(Airframe) DRAG Paint, Wash, Steps, Seals, Doubler	X	
	04-03	Aircraft Weight Issues(M&E)	X	
	04-04	Engine SFC-Build Standard	X	
	04-05	APU SFC-Build Standard	X	
	04-06	Configuration Change - Weight Reduction	X	
Commercial & GroundOperations	05-01	Commercial Equipment Weight Reduction	O	- 각항목별 상관없이 줄이는 무게대비 연료 절감량을 산정할 수 있다면 모두에 통합하여 적용 가능함
	05-02	Catering Weight Reduction	O	
	05-03	Duty Free Weight Reduction	O	
	05-04	Magazines Weight Reduction	O	
	05-05	Potable Water Weight Reduction	X	- 현재 별도 관리되고 있지 않음
	05-06	Additional Fuel - Over Fuelling	X	- 현재 오더량 대비 Over fuelling이 이루어지고 있음. 개선 필요

○ 티웨이에서 적용하고 있는 감축기술은 다음과 같다.

대분류	중분류		적용여부	비 고
APU	01-01	Ground Ops APU - Total Reduction	O	- 인천공항과 김포공항에서 GPU/AC-GPS를 사용 함 - 다만, AC-GPS 인천공항 탑승동에 설치되어 있으며, 저비용항공사는 AC-GPS가 장착된 주기장을 이용하기 힘듬
	01-02	FOPS APU - Optimized Operation	O	- 내부규정 있음 - 승객 탑승 직전 시동 - 정비부서에서 정비시간 및 사용시간은 측정함
	01-03	Flight Ops APU Optimized Operation - "No Pack"	X	
	01-04	Flight Ops APU Optimized Operation - Single Pack	X	
	01-05	Maintenance APU Utilization Optimized Operation	O	- APU 사용은 여압체크시 사용 - 가능한 GPU 사용하도록 하고 있음 - APU 교환주기는 6,000hr 임 - 정비부서에서 매일 APU 점검
Flight Dispatch	02-01	Optimized - Cost Index	X	- 국내선/국제선 CI 30 적용하며, 제작사인 Boeing 매뉴얼 30-35 권고 - CI를 변경하기에 변수로 사용할 데이터 수집이 어려움
	02-02	Route Specific - Cost Index	X	
	02-03	Cost Index - Delay Cost Mgt	X	
	02-04	Flt Plan OPT-LATERAL	O	-
	02-05	Flt Plan OPT-VERTICAL	O	
	02-06	EU-OPS-RCF 5%>3%	O	5% 적용 (4/1 부터 적용) / 3% 사용하지 않음
	02-07	CF Unprotected-3%(A to B)	X	

	02-08	CF Unprotected5%(A to B)	X	
	02-09	Redispatch(Reduced CF)-EU-OPS	X	- 8시간 이상 운항거리가 없으므로, 해당사항 없음
	02-10	Flight Dispatch - Additional Fuel	추가연료 사용함	- 일부 사용(기상, holding, ATC delay 등의 이유)
	02-11	Over Tankering	사용함	
	02-12	Alternate - OPT Selection	O	- 순항속도 기준(30-60min)으로 선정하여 교체공항 선정
	02-13	Alternate-Cost Index"0"	X	
	02-14	No Alternate Ops-(NO-ALTNIFR)	X	- 회사 매뉴얼에는 해당 내용이 포함되어 있지만, 운항중에 적용하진 않음
	02-15	Holding Fuel Optimization	O	- 15분/1,500ft 적용하며, LDG WGT 로 계산함
	02-16	Load planning - CG Management	O	- 허용범위내 중간
	02-17	Load planning - ZFW Accuracy	O	- 승객무게는 국내선 72kg, 국제선74kg으로 구분함
	02-18	Fuel Bias-(Flight Planning System)	X	- 정비부서에서 실시함
	02-19	Taxi Fuel Excess Standard Load	O	- 국내/국제노선시 동일하게 200kg 적용
Flight Operations	03-01	Flight Crew - Additional Fuel	추가연료 사용함	- 조종사별도 요청하나, 대부분 기상, ATC 같은 사항임
	03-02	Engine Out - Taxi Out	X	
	03-03	Reduced Flap Take off	O	- 대부분 FLAP 5 사용함 - 다만, 저감 기준에 대한 플랩 각도가 모호함
	03-04	Reduced Acceleration Altitude	X	
	03-05	CDDs &T - Departures RNPs	O	- 항공기 성능 자격 유효
	03-06	CDOs &T - Arrivals RNPs	O	- 항공기 성능 자격 유효
	03-07	Low Noise Low Drag Approaches	O	- NADP 와 유사
	03-08	Reduced Flap Landings	O	- FLAP 30 사용 - 다만, 저감 기준에 대한 플랩 각도가 모호함
	03-09	Idle Reverse on Landing	O	- Landing Wt 와 Runway Length 감안하여 실시 함

	03-10	Engine Out - Taxi In	X	
	03-11	Pilot Technique - Flight Management	O	- 비행에 관련된 조종사 교육 실시하나, 항공온실가스 저감 목적은 아님
Maintenance & Engineering	04-01	Engine Core Water Wash	O	- 법정기준 연 1회이지만, 실제 연 2회 실시함
	04-02	(Airframe) DRAG Paint, Wash, Steps, Seals, Doubler	X	
	04-03	Aircraft Weight Issues(M&E)	O	
	04-04	Engine SFC-Build Standard	X	
	04-05	APU SFC-Build Standard	X	
	04-06	Configuration Change - Weight Reduction	O	
Commercial & Ground Operations	05-01	Commercial Equipment Weight Reduction	X	
	05-02	Catering Weight Reduction	X	
	05-03	Duty Free Weight Reduction	X	
	05-04	Magazines Weight Reduction	X	
	05-05	Potable Water Weight Reduction	O	- 국내선 및 단거리 노선 50%, 장거리 노선 75% 이하 탑재 관리
	05-06	Additional Fuel - Over Fuelling	O	- Over 방지를 위해 절차 시행하고 결과 Monitor & Report 함

○ 제주항공에서 적용하고 있는 감축기술은 다음과 같다.

대분류	중분류		적용여부	비 고
APU	01-01	Ground Ops APU - Total Reduction	O	- Ground time 을 25분으로 산정하고 이 시간동안 APU 를 가동하지 않은 시간만큼을 매 비행기 편에서 확인함 - 온실가스 감축량을 2달 통계한 결과 우수직원에게 포상 제공
	01-02	FOPS APU - Optimized Operation	O	- 지상장비를 이용하는 목적으로 사용하고 있음
	01-03	Flight Ops APU Optimized Operation - "No Pack"	X	
	01-04	Flight Ops APU Optimized Operation - Single Pack	X	
	01-05	Maintenance APU Utilization Optimized Operation	O	
Flight Dispatch	02-01	Optimized - Cost Index	X	- 국내선/국제선 CI 30 동일하게 적용
	02-02	Route Specific - Cost Index	X	
	02-03	Cost Index - Delay Cost Mgt	X	
	02-04	Flt Plan OPT-LATERAL	O	
	02-05	Flt Plan OPT-VERTICAL	O	
	02-06	EU-OPS-RCF 5%>3%	O	- 5% 적용 / 3% 사용하지 않음
	02-07	CF Unprotected-3%(A to B)	X	
	02-08	CF Unprotected5%(A to B)	X	
	02-09	Redispatch(Reduced CF)-EU-OPS	X	
	02-10	Flight Dispatch - Additional Fuel	추가연료 사용함	- 기상, holding, ATC delay 등의 이유로 추가연료를 사용함
	02-11	Over Tankering	사용함	

	02-12	Alternate - OPT Selection	O	- 순항속도 기준(30-60min) 으로 선정하여 교체공항 설정
	02-13	Alternate-Cost Index"0"	X	
	02-14	No Alternate Ops-(NO-ALTNIFR)	X	- 회사 매뉴얼에는 내용이 포함되어 있지만, 적용하진 않음
	02-15	Holding Fuel Optimization	O	- 15분/1,500ft 적용하며, LDG WGT 로 계산함
	02-16	Load planning - CG Management	O	- 허용범위내 중간
	02-17	Load planning - ZFW Accuracy	O	- 승객무게는 다음과 같음 성인 : 국내선 73kg, 국제선 73kg 아동 : 국내선 36kg, 국제선 37kg 유아: 국내선과 국제선 동일하게 10kg
	02-18	Fuel Bias-(Flight Planning System)	X	- 정비부서에서 실시하나 확인해야하는 사항임
	02-19	Taxi Fuel Excess Standard Load	O	- 국내외 180kg
Flight Operations	03-01	Flight Crew - Additional Fuel	추가연료 사용함	- 평균적으로 소모되는 추가연료량은 산정하지 않음 - 기상, ATC 등의 원인으로인한 추가연료 사용
	03-02	Engine Out - Taxi Out	X	
	03-03	Reduced Flap Take off	O	- FLAP 5 사용, 저감 기준에 대한 플랩 각도가 모호함
	03-04	Reduced Acceleration Altitude	X	
	03-05	CDDs &T - Departures RNPs	O	- 항공기 성능 자격 유효
	03-06	CDOs &T - Arrivals RNPs	O	- 항공기 성능 자격 유효
	03-07	Low Noise Low Drag Approaches	O	- NADP 와 유사
	03-08	Reduced Flap Landings	O	- FLAP 30 사용 - 저감 기준에 대한 플랩 각도가 모호함
	03-09	Idle Reverse on Landing	X	
	03-10	Engine Out - Taxi In	X	
	03-11	Pilot Technique - Flight Management	O	
Maintenance	04-01	Engine Core Water Wash	O	- 법정기준 연 1회이지만, 실제 항공기별 연 2회 실시함

& Engineering	04-02	(Airframe) DRAG Paint, Wash, Steps, Seals, Doubler	X	
	04-03	Aircraft Weight Issues(M&E)	O	
	04-04	Engine SFC-Build Standard	X	
	04-05	APU SFC-Build Standard	X	
	04-06	Configuration Change - Weight Reduction	O	
Commercial & GroundOperations	05-01	Commercial Equipment Weight Reduction	O	
	05-02	Catering Weight Reduction	O	
	05-03	Duty Free Weight Reduction	O	
	05-04	Magazines Weight Reduction	O	
	05-05	Potable Water Weight Reduction	O	- 국내선 50% 적용, 국제선 단거리 50% / 장거리 100% 적용함
	05-06	Additional Fuel - Over Fuelling	X	

○ 이스타항공에서 적용하고 있는 감축기술은 다음과 같다.

대분류	중분류		적용여부	비 고
APU	01-01	Ground Ops APU - Total Reduction	O	자체 GPU 보유
	01-02	FOPS APU - Optimized Operation	O	APU 운영에 관련된 내부규정 없음, 정비본부에서 APU 사용량을 기록함
	01-03	Flight Ops APU Optimized Operation - "No Pack"	X	
	01-04	Flight Ops APU Optimized Operation - Single Pack	X	
	01-05	Maintenance APU Utilization Optimized Operation	X	항공기 정비시 APU 사용여부 확인
Flight Dispatch	02-01	Optimized - Cost Index	X	국내선30, 국제선 40으로 고정값 사용, 항공사 변동비 산출이 어려움(한시간 사용비용, Cabin/Crew 비용, 정비비 등)
	02-02	Route Specific - Cost Index	X	
	02-03	Cost Index - Delay Cost Mgt	X	
	02-04	Flt Plan OPT-LATERAL	O	
	02-05	Flt Plan OPT-VERTICAL	O	
	02-06	EU-OPS-RCF 5%>3%	O	5% 적용 / 3% 사용하지 않음
	02-07	CF Unprotected-3%(A to B)	X	
	02-08	CF Unprotected5%(A to B)	X	
	02-09	Redispatch(Reduced CF)-EU-OPS	X	
	02-10	Flight Dispatch - Additional Fuel	추가연료 사용함	일반적인상황에서연료추가는하지않지만, (항공로, 도착/교체공항)의 기상에 따라 추가 주입함
	02-11	Over Tankering	X	
	02-12	Alternate - OPT Selection	O	목적지공항의 가장 근거리 공항으로 정함

	02-13	Alternate-Cost Index"0"	X	
	02-14	No Alternate Ops-(NO-ALTNIFR)	X	회사 매뉴얼에는 내용이 포함되어 있지만, 적용하진 않음
	02-15	Holding Fuel Optimization	O	15분/1,500ft 적용하며, LDG WGT 로 계산함
	02-16	Load planning - CG Management	O	허용범위내 후방
	02-17	Load planning - ZFW Accuracy	O	성인(동계 74kg, 하계 72kg) + 수화물 20kg + 추가 5kg 산정
	02-18	Fuel Bias-(Flight Planning System)	X	정비에서 실시
	02-19	Taxi Fuel Excess Standard Load	O	국내외 200kg, 15~17min
Flight Operations	03-01	Flight Crew - Additional Fuel	추가연료 사용함	요청함 (기상, ATC)
	03-02	Engine Out - Taxi Out	X	
	03-03	Reduced Flap Take off	O	FLAP 5 사용, 저감 기준에 대한 플랩 각도가 모호함
	03-04	Reduced Acceleration Altitude	O	CREW에 따라 사용
	03-05	CDDs &T - Departures RNPs	O	항공기 성능 자격 유효
	03-06	CDOs &T - Arrivals RNPs	O	항공기 성능 자격 유효
	03-07	Low Noise Low Drag Approaches	O	NADP 와 유사
	03-08	Reduced Flap Landings	O	FLAP 30 사용, 저감 기준에 대한 플랩 각도가 모호함
	03-09	Idle Reverse on Landing	O	
	03-10	Engine Out - Taxi In	X	착륙 후 엔진 cooling time 필요
	03-11	Pilot Technique - Flight Management	O	
Maintenance & Engineering	04-01	Engine Core Water Wash	O	법정기준 연 1회이지만, 실제 연 2회 실시함
	04-02	(Airframe) DRAG Paint, Wash, Steps, Seals, Doubler	X	
	04-03	Aircraft Weight Issues(M&E)	O	오븐, 카트 제거
	04-04	Engine SFC-Build Standard	X	

	04-05	APU SFC-Build Standard	X	
	04-06	Configuration Change - Weight Reduction	O	
Commercial & Ground Operations	05-01	Commercial Equipment Weight Reduction	X	
	05-02	Catering Weight Reduction	X	
	05-03	DutyFree Weight Reduction	X	
	05-04	Magazines Weight Reduction	X	
	05-05	Potable Water Weight Reduction	O	국내선 50%, 국제선 75~100%
	05-06	Additional Fuel - Over Fuelling	X	

부록 2 항공사 항공 온실가스 감축기술 자문결과 증빙자료

과제명	항공온실가스 산정 및 예측시스템 개발			
회의명	항공 온실가스 국내 감축기술 적용방안 자문회의			
개최일시·장소	일시	2015년 3월 20일(금) 오후 14:00 ~ 18:00	장소	제주항공 회의실
회 의 내 용	1. 자문의견 ○ 제주항공 -제주항공에서 No Alternate IFR Operations은 목적지 공항의 대체공항이 없는 경우 항공기내 연료감소를 위한 유효한 수단으로 사용할 수 있음 -또한 운항기술기준에 따라 목적지 공항의 기상의 날씨가 좋은 경우 대체공항으로 운항하는 연료를 싣지 않음 - 운항기술기준에서 Holding fuel은 최신 Final Reserve Fuel로 명칭은 개정되었으나, 개념인 1,500ft / 30분 운영은 동일하게 적용하고 있음 - 항공기의 BEW는 주기적으로 측정하고 있으며, 승객 및 수화물의 중량은 동·하계 승객의 표준 몸무게 및 수화물 중량을 적용하거나 실제 승객의 몸무게 및 수화물의 중량으로 측정하여 적용함 - 항공기내 연료량 수치에 대한 정확성은 항공기의 연료부족현상과 밀접한 영향이 있으므로, 정비관리부서의 정기적인 측량을 통하여 보정하고 있음 - 추가연료는 노선별로 다르게 적용하고 있으며, 일반적으로 기상악화, 항공교통량 증가, NOTAM 등의 환경적인 변수가 발생하였을 경우 추가연료를 투입함 - 제주항공 뿐만 아니라 국내공항의 RNP 출발은 현재 이루어지고 있지 않으며, 국내 항공사의 일부 항공기를 제외한 대부분의 항공기는 RNP 출발절차 운영이 가능함			

참석자 서명록

과 제 명	항공 온실가스 산정 및 예측시스템 개발
회 의 명	「항공 온실가스 산정 및 예측 시스템」 국내 감축기술 적용방안 자문회의
일시	2015.03.20(금) 14:00~18:00

연번	이름	소속	직책	서명
1	김남중	제주항공 운항통제실	대리	
2	송민규	〃	〃	
3	박국조	〃	실장	박국조
4	조현석	KOTI	연구원	조현석
5	김두현	〃	〃	김두현
6	이민혜	제주항공 운항기술팀	대리	이민혜
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

과제명	항공온실가스 산정 및 예측시스템 개발			
회의명	항공 온실가스 국내 감축기술 적용방안 자문회의			
개최일시·장소	일시	2015년 3월 26일(목) 오전 09:30 ~ 13:00	장소	대한항공 회의실
회 의 내 용	1. 자문의견 ㅇ 인천공항 GPS 사용에 의한 연료절감 효과 - 대상 기종: 인천여객청사 출발여객기 및 인천출발 화물기 - 연간 약 1,300 LBS Fuel Saving - 여객기/화물기 실적 자료는 IIAC로부터 월별 GPS 사용현황 접수 - GPS 사용에 따라 APU 사용 대체로 간주 ㅇ 운영기준 및 프로세스는 연료관리메뉴얼 제정하여 운영 ㅇ 해외공항 지상장비 사용 - 대상 : 해외공항 중 지상장비가 보유하도, APU 사용을 강제하지 않은 공항 - 해외공항에 APU 사용과 지상장비를 선택하여 사용할 수 있도록 경제성분석 Template 제공 ㅇ Decelerated Approach라고도 하는 이 절차는 착륙 Flap과 Landing Gear를 Extend하는 시점을 가능한 늦추어 소음저감 및 연료절감 달성 ㅇ 기존 절차와는 달리 착륙 Flap과 Landing Gear를 Extend하는 시점을 거리가 아닌 고도로 지정하고 있음 ㅇ 당사는 08년 후반 "Stabilized Approach 정책 변경"을 통해 동 절차의 개념을 일부 도입했으나, 운항본부 측의 반대로 IATA 권고 절차를 완전하게 반영하지는 못 하고 있음 ㅇ 2008년부터 국내선 및 3시간 이내 국제선 편을 대상으로 실시한 이후 안정화 과정을 거쳐 2009년 12월 이후 No Alternate IFR 비행계획이 6시간 이내 운항 구간으로 확대되어 시행하고 있음 ㅇ No Alternate IFR 비행계획 적용률의 가장 큰 변동요인은 목적지 공항의 기상으로 계절별로 편차 발생 ㅇ 2009년 6월 No Alternate IFR 비행계획 개선 Working Group에서 기상 이외의 적용률에 영향을 주는 요소를 확인하였으나 유의미			

	한 요소는 없었음 ○ 현재는 센터 내의 기상그룹에서 적절한 No Alternate IFR 기상 조건에 대한 조언을 해주고 있으며, minimum plan FOD의 설정으로 담당 운항관리사의 부담이 완화됨 ○ Potable Water 적정탑재 운영 중(2004.9.10) - FODIS/Potable Water Input 에서 현장으로 제공되는 적정탑재량은 편명별, 예약율 및 비행시간등 관련 Data를 회사 내 관련system 에서 제공받아 자동으로 계산되어 제공 되고 있음 - 현장에서 FODIS 시스템에 실제탑재량을 입력하면, COGNOS 시스템의 설정된 Logic에 따라 절감량이 계산되어, FTS에 구현됨 - 적정탑재량 탑재에 의해 절감되는 연료량은 다음과 같음 (1 - 실제탑재량(%)) x Potable Tank량 x Actual Trip Time x 0.04(Surplus Ratio)

참석자 서명록

과 제 명	항공 온실가스 산정 및 예측시스템 개발
회 의 명	「항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 1차년」 항공 온실가스 국내 감축기술 적용방안 자문회의
일시	2015년 3월 26일(목) 오전 09:30 ~ 14:00

연번	이름	소속	직책	서명
1	유인식	연세기획팀 (주)대한항공	차장	유인식
2	천덕희	〃	팀장	천덕희
3	박영식	〃	부장	박영식
4	최현우	〃	사원	최현우
5	조현욱	KOTI	연구원	조현욱
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

과제명	항공온실가스 산정 및 예측시스템 개발			
회의명	항공 온실가스 국내 감축기술 적용방안 자문회의			
개최일시·장소	일시	2015년 3월 24일(화) 오전 09:30 ~ 17:00	장소	아시아나 항공 회의실 및 에어부산 회의실
회 의 내 용	1. 자문의견 ○ 아시아나 항공 -아시아나에서는 국제기준 변경에 따른 연료탑재 기준을 도입하여, 보정연료 정책을 5%에서 3%로 대한항공보다 먼저 적용하였음. -또한 지속적인 비행계획 및 통계실적 반영을 통해 APM수치를 조정하고, 비행계획대비 과다 연료소모시종 및 구간 원인 분석을 하여 비행신뢰도 향상을 위해 노력하고 있음. -또한 효율적 연료탑재정책, 중량관리, 경제항로개발 TFT, 전사적 연료관리 위원회, 항공기 항력감소 등을 위해 캠페인을 실시하고있음. -2015년 연료절감량 목표는 42,902톤으로 2014년 대비 368억원 절감을 위해 노력하고 있으며, 기후변화에 대응하여 효율적 연료사용을 위해 노력하고 있음. ○에어부산 -현재 에어부산에서는 자체 온실가스 TF를 구성하여 운영하고 있지만 타항공사 보다 늦게 진출함에 있어 미진한것이 사실임. -TF팀은 총 6명으로 구성되어있으며, 운항관리사, 조종사, 경영지원팀, 운항통제팀 등으로 운영되며 월 1회 자체 회의를 진행하고 있음.			

참석자 서명록

과 제 명	항공 온실가스 산정 및 예측시스템 개발
회 의 명	「항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 1차년」 항공 온실가스 국내 감축기술 적용방안 자문회의
일시	2015년 3월 24일(화) 오전 09:30 ~ 17:00

연번	이름	소속	직책	서명
1	이경배	에어부산	사원	이경배
2	윤승용	에어부산	부기장	윤승용
3	임해진	〃	대리	임해진
4	허동기	〃	대리	허동기
5	최무영	〃	대리	최무영
6	조현석	한국교통연구원	연구원	조현석
7	강부진	〃	〃	강부진
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

참석자 서명록

과 제 명	항공 온실가스 산정 및 예측시스템 개발
회 의 명	「항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 1차년」 항공 온실가스 국내 감축기술 적용방안 자문회의
일시	2015년 3월 24일(화) 오전 09:30 ~ 17:00

연번	이름	소속	직책	서명
1	조장석	통계지원 연료관리과	차장	조장석
2	서상현	경영이사 환경경제연구원	이사장	서상현
3	김주희	〃	대리	김주희
4	이재문	〃	사원	이재문
5	유광의	한국항공대학교	교수	유광의
6	조현숙	한국교통연구원	연구원	조현숙
7	강수진	한국교통연구원	연구원	강수진
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

붙임 감축기술표

대분류		중분류		비고
1	APU	1-1	Ground Ops APU - Total Reduction	✓
		1-2	FOPS APU - Optimized Operation	
		1-3	Flight Ops APU Optimized Operation - "No Pack"	
		1-4	Flight Ops APU Optimized Operation - Single Pack	
		1-5	Maintenance APU Utilization Optimized Operation	
2	Flight Dispatch	2-1	Optimized - Cost Index	
		2-2	Route Specific - Cost Index	
		2-3	Cost Index - Delay Cost Mgt	
		2-4	Flt Plan OPT - LATERAL	
		2-5	Flt Plan OPT - VERTICAL	
		2-6	EU-OPS - RCF 5%>3%	
		2-7	CF Unprotected - 3% (A to B)	
		2-8	CF Unprotected 5%(A to B)	
		2-9	Redispatch (Reduced CF) - EU-OPS	
		2-10	Flight Dispatch - Additional Fuel	✓
		2-11	Over Tankering	✓
		2-12	Alternate - OPT Selection	✓
		2-13	Alternate - Cost Index "0"	
		2-14	No Alternate Ops - (NO-ALTN IFR)	
		2-15	Holding Fuel Optimization	✓
		2-16	Loadplanning - CG Management	✓
		2-17	Loadplanning - ZFW Accuracy	✓
		2-18	Fuel Bias - (Flight Planning System)	
		2-19	Taxi Fuel Excess Standard Load	
3	Flight Operations	3-1	Flight Crew - Additional Fuel	
		3-2	Engine Out - Taxi Out	
		3-3	Reduced Flap Take off	
		3-4	Reduced Acceleration Altitude	
		3-5	CDDs & T-Departures RNPs	
		3-6	CDOs & T-Arrivals RNPs	
		3-7	Low Noise Low Drag Approaches	
		3-8	Reduced Flap Landings	
		3-9	Idle Reverse on Landing	
		3-10	Engine Out - Taxi In	
		3-11	Pilot Technique - Flight Management	
4	Maintenance & Engineering	4-1	Engine Core Water Wash	✓
		4-2	(Airframe) DRAG Paint, Wash, Steps, Seals, Doubler	
		4-3	Aircraft Weight Issues (M&E)	
		4-4	Engine SFC - Build Standard	
		4-5	APU SFC - Build Standard	
		4-6	Configuration Change - Weight Reduction	
5	Commercial & Ground Operations	5-1	Commercial Equipment Weight Reduction	
		5-2	Catering Weight Reduction	✓
		5-3	Duty Free Weight Reduction	
		5-4	Magazines Weight Reduction	
		5-5	Potable Water Weight Reduction	✓
		5-6	Additional Fuel - Over Fuelling	

붙임 감축기술표

대분류		중분류		비고
1	APU	1-1	Ground Ops APU - Total Reduction	
		1-2	FOPS APU - Optimized Operation	
		1-3	Flight Ops APU Optimized Operation - "No Pack"	
		1-4	Flight Ops APU Optimized Operation - Single Pack	
		1-5	Maintenance APU Utilization Optimized Operation	
2	Flight Dispatch	2-1	Optimized - Cost Index	
		2-2	Route Specific - Cost Index	✓
		2-3	Cost Index - Delay Cost Mgt	
		2-4	Flt Plan OPT - LATERAL	
		2-5	Flt Plan OPT - VERTICAL	
		2-6	EU-OPS - RCF 5%>3%	
		2-7	CF Unprotected - 3% (A to B)	✓
		2-8	CF Unprotected 5%(A to B)	
		2-9	Redispatch (Reduced CF) - EU-OPS	
		2-10	Flight Dispatch - Additional Fuel	
		2-11	Over Tankering	
		2-12	Alternate - OPT Selection	
		2-13	Alternate - Cost Index "0"	
		2-14	No Alternate Ops - (NO-ALTN IFR)	
		2-15	Holding Fuel Optimization	✓
		2-16	Loadplanning - CG Management	
		2-17	Loadplanning - ZFW Accuracy	
		2-18	Fuel Bias - (Flight Planning System)	
		2-19	Taxi Fuel Excess Standard Load	✓
3	Flight Operations	3-1	Flight Crew - Additional Fuel	
		3-2	Engine Out - Taxi Out	
		3-3	Reduced Flap Take off	
		3-4	Reduced Acceleration Altitude	✓
		3-5	CDDs & T-Departures RNPs	
		3-6	CDOs & T-Arrivals RNPs	
		3-7	Low Noise Low Drag Approaches	
		3-8	Reduced Flap Landings	
		3-9	Idle Reverse on Landing	
		3-10	Engine Out - Taxi In	
		3-11	Pilot Technique - Flight Management	
4	Maintenance & Engineering	4-1	Engine Core Water Wash	
		4-2	(Airframe) DRAG Paint, Wash, Steps, Seals, Doubler	
		4-3	Aircraft Weight Issues (M&E)	
		4-4	Engine SFC - Build Standard	
		4-5	APU SFC - Build Standard	
		4-6	Configuration Change - Weight Reduction	
5	Commercial & Ground Operations	5-1	Commercial Equipment Weight Reduction	
		5-2	Catering Weight Reduction	
		5-3	Duty Free Weight Reduction	
		5-4	Magazines Weight Reduction	
		5-5	Potable Water Weight Reduction	
		5-6	Additional Fuel - Over Fuelling	

붙임 감축기술표

대분류		중분류		비고
1	APU	1-1	Ground Ops APU - Total Reduction	
		1-2	FOPS APU - Optimized Operation	
		1-3	Flight Ops APU Optimized Operation - "No Pack"	
		1-4	Flight Ops APU Optimized Operation - Single Pack	
		1-5	Maintenance APU Utilization Optimized Operation	
2	Flight Dispatch	2-1	Optimized - Cost Index	√
		2-2	Route Specific - Cost Index	√
		2-3	Cost Index - Delay Cost Mgt	
		2-4	Flt Plan OPT - LATERAL	
		2-5	Flt Plan OPT - VERTICAL	√
		2-6	EU-OPS - RCF 5%>3%	
		2-7	CF Unprotected - 3% (A to B)	
		2-8	CF Unprotected 5%(A to B)	
		2-9	Redispatch (Reduced CF) - EU-OPS	√
		2-10	Flight Dispatch - Additional Fuel	√
		2-11	Over Tankering	√
		2-12	Alternate - OPT Selection	
		2-13	Alternate - Cost Index "0"	
		2-14	No Alternate Ops - (NO-ALTN IFR)	
		2-15	Holding Fuel Optimization	√
		2-16	Loadplanning - CG Management	
		2-17	Loadplanning - ZFW Accuracy	√
		2-18	Fuel Bias - (Flight Planning System)	√
		2-19	Taxi Fuel Excess Standard Load	
3	Flight Operations	3-1	Flight Crew - Additional Fuel	√
		3-2	Engine Out - Taxi Out	
		3-3	Reduced Flap Take off	
		3-4	Reduced Acceleration Altitude	
		3-5	CDDs & T-Departures RNPs	
		3-6	CDOs & T-Arrivals RNPs	
		3-7	Low Noise Low Drag Approaches	
		3-8	Reduced Flap Landings	
		3-9	Idle Reverse on Landing	
		3-10	Engine Out - Taxi In	
		3-11	Pilot Technique - Flight Management	√
4	Maintenance & Engineering	4-1	Engine Core Water Wash	
		4-2	(Airframe) DRAG Paint, Wash, Steps, Seals, Doubler	
		4-3	Aircraft Weight Issues (M&E)	
		4-4	Engine SFC - Build Standard	
		4-5	APU SFC - Build Standard	
		4-6	Configuration Change - Weight Reduction	
5	Commercial & Ground Operations	5-1	Commercial Equipment Weight Reduction	
		5-2	Catering Weight Reduction	
		5-3	Duty Free Weight Reduction	
		5-4	Magazines Weight Reduction	
		5-5	Potable Water Weight Reduction	√
		5-6	Additional Fuel - Over Fuelling	

이스타항공 현재 시행중인 감축 수단

붙임 감축기술표

대분류		중분류		비고
1	APU	1-1	Ground Ops APU - Total Reduction	○
		1-2	FOPS APU - Optimized Operation	
		1-3	Flight Ops APU Optimized Operation - "No Pack"	
		1-4	Flight Ops APU Optimized Operation - Single Pack	
		1-5	Maintenance APU Utilization Optimized Operation	
2	Flight Dispatch	2-1	Optimized - Cost Index	○
		2-2	Route Specific - Cost Index	
		2-3	Cost Index - Delay Cost Mgt	
		2-4	Flt Plan OPT - LATERAL	
		2-5	Flt Plan OPT - VERTICAL	○
		2-6	EU-OPS - RCF 5%>3%	
		2-7	CF Unprotected - 3% (A to B)	
		2-8	CF Unprotected 5%(A to B)	
		2-9	Redispatch (Reduced CF) - EU-OPS	
		2-10	Flight Dispatch - Additional Fuel	
		2-11	Over Tankering	○
		2-12	Alternate - OPT Selection	○
		2-13	Alternate - Cost Index "0"	
		2-14	No Alternate Ops - (NO-ALTN IFR)	
		2-15	Holding Fuel Optimization	
		2-16	Loadplanning - CG Management	
		2-17	Loadplanning - ZFW Accuracy	
		2-18	Fuel Bias - (Flight Planning System)	○
		2-19	Taxi Fuel Excess Standard Load	○
3	Flight Operations	3-1	Flight Crew - Additional Fuel	
		3-2	Engine Out - Taxi Out	
		3-3	Reduced Flap Take off	
		3-4	Reduced Acceleration Altitude	
		3-5	CDDs & T-Departures RNPs	
		3-6	CDOs & T-Arrivals RNPs	
		3-7	Low Noise Low Drag Approaches	
		3-8	Reduced Flap Landings	
		3-9	Idle Reverse on Landing	
		3-10	Engine Out - Taxi In	
		3-11	Pilot Technique - Flight Management	
4	Maintenance & Engineering	4-1	Engine Core Water Wash	○
		4-2	(Airframe) DRAG Paint, Wash, Steps, Seals, Doubler	
		4-3	Aircraft Weight Issues (M&E)	○
		4-4	Engine SFC - Build Standard	
		4-5	APU SFC - Build Standard	
		4-6	Configuration Change - Weight Reduction	○
5	Commercial & Ground Operations	5-1	Commercial Equipment Weight Reduction	
		5-2	Catering Weight Reduction	○
		5-3	Duty Free Weight Reduction	
		5-4	Magazines Weight Reduction	
		5-5	Potable Water Weight Reduction	○
		5-6	Additional Fuel - Over Fuelling	

붙임 감축기술표

대분류		중분류		비고
1	APU	1-1	Ground Ops APU - Total Reduction	√
		1-2	FOPS APU - Optimized Operation	
		1-3	Flight Ops APU Optimized Operation - "No Pack"	
		1-4	Flight Ops APU Optimized Operation - Single Pack	
		1-5	Maintenance APU Utilization Optimized Operation	
2	Flight Dispatch	2-1	Optimized - Cost Index	√
		2-2	Route Specific - Cost Index	
		2-3	Cost Index - Delay Cost Mgt	
		2-4	Flt Plan OPT - LATERAL	
		2-5	Flt Plan OPT - VERTICAL	
		2-6	EU-OPS - RCF 5%>3%	√
		2-7	CF Unprotected - 3% (A to B)	
		2-8	CF Unprotected 5%(A to B)	
		2-9	Redispatch (Reduced CF) - EU-OPS	
		2-10	Flight Dispatch - Additional Fuel	
		2-11	Over Tankering	√
		2-12	Alternate - OPT Selection	
		2-13	Alternate - Cost Index "0"	
		2-14	No Alternate Ops - (NO-ALTN IFR)	
		2-15	Holding Fuel Optimization	
		2-16	Loadplanning - CG Management	
		2-17	Loadplanning - ZFW Accuracy	
		2-18	Fuel Bias - (Flight Planning System)	√
		2-19	Taxi Fuel Excess Standard Load	
3	Flight Operations	3-1	Flight Crew - Additional Fuel	
		3-2	Engine Out - Taxi Out	
		3-3	Reduced Flap Take off	
		3-4	Reduced Acceleration Altitude	
		3-5	CDDs & T-Departures RNPs	√
		3-6	CDOs & T-Arrivals RNPs	√
		3-7	Low Noise Low Drag Approaches	
		3-8	Reduced Flap Landings	
		3-9	Idle Reverse on Landing	
		3-10	Engine Out - Taxi In	
		3-11	Pilot Technique - Flight Management	
4	Maintenance & Engineering	4-1	Engine Core Water Wash	√
		4-2	(Airframe) DRAG Paint, Wash, Steps, Seals, Doubler	
		4-3	Aircraft Weight Issues (M&E)	
		4-4	Engine SFC - Build Standard	
		4-5	APU SFC - Build Standard	
		4-6	Configuration Change - Weight Reduction	
5	Commercial & Ground Operations	5-1	Commercial Equipment Weight Reduction	
		5-2	Catering Weight Reduction	
		5-3	Duty Free Weight Reduction	
		5-4	Magazines Weight Reduction	
		5-5	Potable Water Weight Reduction	
		5-6	Additional Fuel - Over Fuelling	

참석자 서명록

과 제 명	항공 온실가스 산정 및 예측시스템 개발
회 의 명	「항공 온실가스 산정 및 예측 시스템」 국내 감축기술 적용방안 자문회의
일시	2015.03.19(목) 10:00~18:00

연번	이름	소속	직책	서명
1	박남준	티웨이 항공	부장	
2	정상용	〃	기장	
3	고시현	〃	사원	
4	강혜영	티웨이 항공	대리	
5	강재욱	EASTar	팀장	강재욱
6	임현우	〃	부기장	
7	김지광	〃	대리	김지광
8	이재훈	〃	사원	이재훈
9	이석주	〃	사원	이석주
10	윤상원	〃	사원	윤상원
11	김재하	(주) 진에어	대리	김재하
12	조현수	KOTI	연구원	조현수
13	강두원	〃	〃	강두원
14	계재식	EASTar	사원	계재식
15				
16				
17				
18				
19				
20				

부록 3 항공사 14개 감축기술 검토 의견

대한항공

1. 선정된 14가지 감축기술 의견

No	제목	의견
01-01	Ground Ops APU – Total Reduction	
02-01	Optimized - Cost Index	○ Optimized C.I는 고유가인 경우, Index 값을 낮추어 연료절감(온실가스감축)에 기여할 수 있으나, 저유가인 경우에는 Index 값을 높여 오히려 더 많은 연료를 소모할 수 있음 ○ 최근 10여년 동안은 고유가 환경 속에서 Optimized C.I 정책에 따라 연료절감(온실가스 감축)에 기여하였으나, 저유가 지속 시에는 항공사마다 비용관리 측면에서 Index 값을 재조정하여 연료절감(온실가스감축)에 효과를 주지 못할 가능성 있음
02-05	Flt Plan OPT - VERTICAL	정량적 실적집계 방법 없음
02-10	Flight Dispatch - Additional Fuel	○ 추가 탑재 연료량 산정은 항공기 안전과 관련된 사항으로서, 매 편마다 달라질 수 있음 ○ 정형화된 고정값 적용 기준이 아니어서 온실가스 감축기술로는 적절하지 않음
02-12	Alternate - OPT Selection	
02-15	Holding Fuel Optimization	정량적 실적집계 방법 없음
02-17	Load planning - ZFW Accuracy	
02-18	Fuel Bias - (Flight Planning System)	
02-19	Taxi Fuel Excess Standard Load	
03-07	Low Noise Low Drag Approaches	○ KE의 경우, "Stabilized Approach 정책 변경"을 통해 동 절차의 개념을 일부 도입했으나, 현재 IATA 권고 절차를 완전하게 반영하지는 못하고 있음 ○ 상기와 같은 사유로 정량적 실적집계 어려움
03-10	Engine Out - Taxi In	
04-01	Engine Core Water Wash	
05-02	Catering Weight Reduction	
05-05	Potable Water Weight Reduction	

2. 추가적인 감축기술 조언

○ Flight Ops 분야에서 대표적인 아래 경제운항절차 3개를 감축기술로 추가 의견입니다.

- IATA에서도 권고하는 대표적인 경제운항절차로서, 실적집계 가능하고 기대효과도 비교적 큼

○ 03-03/-08 Reduced Flap Take-off/Landings, 03-09 Idle Reverse on Landing

3. 알고리즘 산정방법 조언

○ 경제운항절차 : (기종별 편당 감축효과) * (총편수)

○ 무게 경감 감축기술 : (경감 무게) * (총 비행시간) * (기종별 Surplus Ratio)

○ 01-01, Ground Ops APU - Total Reduction : 자발적협약 이행 매뉴얼 가이드 (교통안전공단 발행) 참조

4. 그 밖의 다양한 의견

○ 향후 개발되는 국가 항공온실가스 예측 프로그램은 항공사에서도 적극 활용(Tool)할 수 있는 시스템으로 개발 추진 건의 .

제주항공

항공온실가스 산정 및 예측시스템 자문의견서

회의명	「항공온실가스 산정 및 예측 시스템」 감축기술 확정	회의 일자	2015. 4. 6.
		회의 장소	-

자 문 의 견 내 용

1. 선정된 14가지 감축기술 의견

A-1 : 항공사별 상이한 산정방법의 조정 필요 (공통된 산정적용은 어려운 가운이 갖추어져야함)

2-5 : 고도배정 선정의 항해방식의 이해도 존재

2-10 : 외부환경요소 (기상, 공항상황, ATC 등)에 대한 통계 산출후 산정 필요

2. 추가적인 감축기술 조언

보정연료 5% 시행에 따른 감축량 추가
(3%)

3. 알고리즘 산정 방법 조언 (필요시)

노선별, 고도별, 월평균 기상에 따른 비행계획 시스템의 시뮬레이션 이용

4. 그 밖의 의견

-

「항공온실산정 및 예측 시스템 개발」 감축기술 관련 자문의견서로 제출합니다

소 속 : 제주항공 서 명 : 김남균 (인)

에어부산

구분	감축기술	담당	회신내용 (각 담당 공통 작성)
1	Flt Plan OPT-VERTICAL	OC	1. 선정된 감축기술에 대한 의견
2	Flight Dispatch - Additional Fuel		Engine Core Water Wash - Engine Performance를 Monitoring하여 수행중임. Ground Pos APU - Total Reduction - GND에서 지상장비(GPU,ASU)사용에 대하여 추가 검토가 필요함. (4항 참조)
3	Alternate - OPT Selection		
4	Holding Fuel Optimization		2. 추가 감축기술 조언
5	Loadplanning - ZFW Accuracy		N/A
6	Fuel Bias - (Flight Planning System)		
7	Taxi Fuel Excess Standard Load		3. 알고리즘 산정 방법 조언
8	Low Noise Low Drag Approches	OA	N/A
9	Engine OUT - Taxi In		
10	Engine Core Water Wash	MA	4. 그 외의 의견
11	Ground Pos APU - Total Reduction		Ground Pos APU - Total Reduction - APU 사용대비 지상장비사용에 따른 경제성 검토 필요. - 지상조업업체(AAP 및 해외위탁정비업체)에서 지상장비지원 가능여부 검토필요. - 지상장비사용에 따른 내부규정(정비, 운항 등) 개정검토 필요. - 지상장비사용에 따른 관계자(정비,운항,캐빈,조업 등)의 검토 및 동의 필요.
12	Catering Weight Reduction	UA	
13	Potable Water Weight Reduction		

항공안전기술개발사업

R&D-0001

항공 온실가스 감축기술 선정 및 검증 연구보고서

성과물 (A-1-①)

2015. 5. 30

Infrastructure
R&D Report

위탁연구기관 / 한국항공대학교
위탁연구책임자 / 유 광 의

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 (한국교통연구원장) 귀하

이 보고서를 “항공 온실가스 산정 및 예측시스템 개발 연구” 과제의 1차년도 위탁 최종보고서로 제출합니다.

2015. 05. 30

위탁연구기관명 : 한국항공대학교
위탁연구책임자 : 유 광 의
연 구 원 : 백 호 종
〃 : 이 금 진

<목 차>

Ⅰ. 서론 ····· 1
1. 연구배경 ····· 1
2. 국내외 연구개발 동향 ····· 2
가. 국내 연구동향 ····· 2
나. 국외 기술동향 ····· 3

Ⅱ. 본론 ····· 8
1. 연구개발 최종목표 ····· 8
가. 연구개발 최종목표 ····· 8
나. 최종목표의 성격 및 설정근거 ····· 8
다. 연차별 연구목표 및 내용 ····· 9
2. 당해연차 연구목표 및 내용 ····· 11
가. 항공기 운항 중량 최적화 및 배출 감소량 산정 방법 연구 ····· 11
나. 항공산업여건을 반영한 Macro-Level 의사결정 지원모형 프로토타잎 개발 ····· 12
3. 연구수행 내용 및 결과 ····· 13
가. 연구개발결과 요약 ····· 13
나. 연구개발 주요내용 ····· 14

Ⅲ. 결론 ····· 59
Ⅳ. 참고문헌 ····· 61

Ⅰ. 서 론

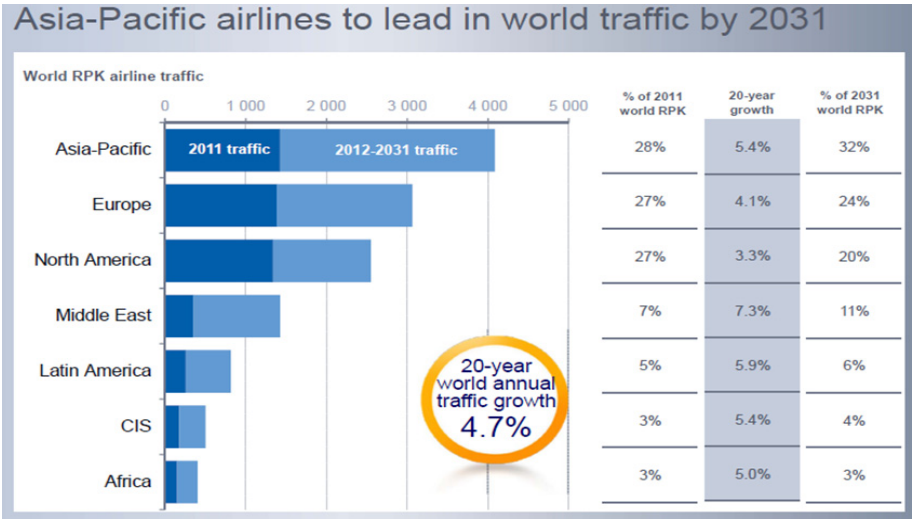
1. 연구배경

○ 국제민간항공기구(ICAO[1])는 CAEP[2] 위원회를 통하여 현재 NOx를 비롯한 대기오염물질을 항공기 엔진 인증(Certification)을 통하여 규제하고 있으며, 2016년 도입을 목표로 2010년부터 항공기 이산화탄소 인증기준(Aircraft CO2 Certification Standard)을 개발하고 있음

- 항공기 이산화탄소 인증기준은 항공기의 연료효율과 직결되기 때문에 항공 산업과 관련된 모든 제조업체, 항공사, 환경 단체, 항공 관련 각국의 정부 부처 등이 자신의 이해관계를 국제 기준에 반영하기 위해 기술 전문가를 적극적으로 파견하여 인증기준 마련에 참여시키고 있음

○ ICAO는 항공기 제조업체(OEM)를 규제하는 항공기 이산화탄소 인증 기준 이외에도 항공사(Airline)의 연간 온실가스 배출량을 규제하기 위한 탄소배출권 거래제의 국제적인 기준을 2020년 도입을 목표로 개발 중에 있음

- 탄소배출권 거래제는 상대적으로 급격히 성장하고 있는 아시아 태평양 노선을 운항하는 항공사들에게 더 큰 부담이 될 수 있으므로 선제적인 대비가 필요함



<그림 1> 세계 항공 교통량 증가 전망치

출처: Airbus, "Global Market Forecast 2012-2013"

○ 우리나라가 항공기 국제기준 마련에 참여하여 기술적인 의견을 내기 위해서는 항공운항으로 인한 환경 효과를 정량화할 수 있는 기술 확보가 필수적임

1) ICAO : International Civil Aviation Organization
2) CAEP : Committee on Aviation Environmental Protection

○ 또한 항공부문의 온실가스 감축을 촉진하기 위하여 ICAO는 회원국들에게 매 3년마다 항공부문 온실가스 감축을 위한 국가이행계획을 제출할 것을 요구하고 있음

○ 국가이행계획서에는 항공부문의 온실가스 배출실적과 전망, 주요 감축정책 및 그 예상효과 등을 수록함으로써 이를 토대로 ICAO가 전 세계의 국제항공부문 온실가스 배출량 전망 및 감축수준을 집계할 수 있도록 하고 있음

○ 그러나 항공부문 주요 감축수단들의 효과 분석이 계량적으로 이루어지기 어려운 관계로, 대부분의 국가가 구체적인 장래 예상 감축치를 제시하지 못하고 있는 상태임

○ 우리나라는 2012년 이행계획에서 여러 합리적인 가정과 활용 가능한 제한적인 데이터의 논리적 연산 및 과거 감축추세를 감안하여, 이를 추정하였으나 신뢰성이 높은 예측치라고 하기는 어려운 상태이며, 특히 저비용 항공사의 경우 필요한 데이터의 확보 등, 여러 가지 여건이 부족한 상태여서 어려움이 가중되고 있음

○ 항공부문의 효과적인 온실가스 감축수단 개발을 지원하고, 항공사와 정부, 공항 등 주요 감축활동 주체의 적극적인 감축활동을 촉진하는 등 실효성 있는 국가이행계획의 수립과 이행을 위해서는 감축효과 분석 및 이를 전체적으로 지원할 수 있는 지원시스템의 개발이 필요함.

2. 국내외 연구개발 동향

가. 국내 연구동향

○ 항공부문의 온실가스 감축량을 위한 국내의 연구는 항공분야 기후변화 대응방안(2008), 항공교통 부문 온실가스 배출규모 추정 및 관리방안(2008), 항공수요에 따른 항공부문 온실가스 예측(2010)등 관련 연구들이 토대로 항공온실가스 추정 및 저감효과 시뮬레이션 모델 개발을 진행하였음

○ 현재 교통안전공단에서 IPCC Tier 3A 급의 인벤토리 구축 연구, 한국과학기술원(KAIST)에서 항공교통 온실가스 배출 모델링을 위한 데이터 구축 연구를 진행 중에 있으며, 현재 정부의 항공부문의 온실가스 저감 국가 이행계획 수립을 통해 여러 저감 수단이 연구 되고 있으며, 이에 따른 항공 온실가스 추정 및 저감효과분석 시뮬레이션 모델 개발 시급함

- Tier 3A 급의 인벤토리 구축 연구에 필요한 사항으로 항공사들이 사용하고 있는 항공기 엔진 종류 및 국내외 공항의 이착륙 비행 스케줄을 파악하여 정확한 온실가스 산출량을 분석하고자 함

- ‘IPCC Tier 3A 급의 인벤토리 구축 연구’의 최종 목표는 항공교통 운용 시나리오의 온실가스 배출 영향 산정 및 여러 가지 항공기 운용에 따른 변화량을 비교분석하여 최소 저감하는 방식을 찾는 방식임

○ 국내에는 항공기 연료소모율 도출 가능한 비행절차 및 공역 효율성 평가 툴(PEAT)이 개발되었으나 항공 온실가스 전 방위적인 추정 및 예측을 위한 모델 개발은 이루어지고 있지 않음

- 현재 우리나라 항공부문의 지구온난화 대응은 장기적인 계획이나 체계적인 대응계획이 시작단계에 있음

- 미래의 국제 환경규제 변화에 대응할 수 있는 우리나라 항공 산업의 지속가능한 기술도입 및 운항법 개선을 위한 분석이 절실한 시점임

○ 현재 국토교통과학기술진흥원의 비행절차 및 공역 효율성 평가 툴(PEAT) 개발 연구가 설계 완료

- 이 툴은 비행절차 및 공역 설계프로그램을 이용하여 설계된 비행절차와 공역의 효율성을 평가하는 프로그램이며, 본 연구의 핵심 역량이기도 한 연료소모 도출 가능

○ 현재 정부의 항공부문 온실가스 저감 국가이행계획 수립을 통해 여러 저감 수단이 연구되고 있으며, 이에 따른 항공 온실가스 추정 및 저감효과분석 시뮬레이션 모델 개발 시급

- 성능기반항행(PBN) 도입, 단축항로 사용 등 항공기 운항 시 온실가스 저감을 위한 연구가 활발히 이루어지고 있음

나. 국외 기술현황

<표 1> 국외 기술현황

구분	모델	내용
항공 온실가스 추정(평	SAGE (System for assessing	- 미국 FAA에서 개발한 모형으로서, 항공기의 연료 소모량과 CO, HC, NOx, CO2, H2O, SO2 등의 배출량 산정

가) 시뮬레이션 모델	Aviation's Global Emissions)	- 입력 자료는 획득 가능한 수준에 따라 지역별로 상세 정도에 차이가 있음 • 북 중미와 유럽을 운항하는 항공기의 경우 모든 일정, 궤도, taxi 타임 등 상세자료가 입력되는 반면 나머지 지역은 일정 자료만 입력됨
	AEM (Advanced Emission Model)	- EUROControl에서 개발한 모형으로서 항공기의 연료소모량과 CO2, H2O, SOx, NOx, HC, CO, 벤젠, VOC, TOG 등의 배출량 산정 - 입력 자료는 항공기, 엔진, 연료연소비율, 배출율 자료 외에 콜 사인, 출발시간, 출발 도착공항, 기종 등을 포함한 전반적인 비행 및 일정자료, 비행고도, 대지속도, 상승/하강비율 등 비행자료임
	AERO2K	- QinetiQ(민간기업)이 DLG(독일), 맨체스터대, 네덜란드 국립항공우주연구소(NLR), 영국무역산업부, 에어버스사, 유로콘트롤 등과 함께 개발
	FAST (Future Aviation Scenario Tool)	- 영국 무역산업부에서 개발하였으며, 입력 자료는 항공기 이동자료(AERO2K의 데이터베이스 사용), 60종의 항공기의 연료사용량 특성 등 - 출력자료는 3D 그리드 상에 나타나며, GCM, CTMs과 같은 다른 모형을 이용하여 대류권의 오존 증가, 비행운에 의한 복사강제력 등을 산정하는데 사용
	INM (Integrated Noise Model)	- SAE AIR 1845표준 알고리즘 및 프레임워크를 기반으로 개발되었으며, 오랜기간의 측정을 통해서 구성한 NPD(Noise-Power-Distance) 데이터베이스92)를 바탕으로 항공기의 운항경로를 결합하여 공항주변의 소음지도를 예측함
	AEDT (Aviation Environment Design Tool)	- 공간과 시간영역에서 항공기 성능을 모델링하는데 사용되는 소프트웨어(연료연소, 배기가스, 소음 계산) - 단일 항공편으로부터 지역, 국가, 전 세계적 시나리오 레벨에 대한 완전한 게이트-게이트 해석 가능

		- 현재 항공기와 관련된 연료연소, 소음, 배기가스의 상호연관성을 분석하기 위해 FAA에서 사용
항공 온실가스 저감효과 분석 시스템	멕시코 볼리라스 항공의 연료절감 프로그램	- 연료절감 프로그램을 통해 볼라리스 항공은 항공기 내 음료 탑재를 40%이상 크게 줄이고 연료효율 분석 등 중량감소로 배출량을 줄여 ISO14001 표준을 취득
	독일의 연료관리(Fuel Plus) 프로그램	- 이 프로그램은 독일의 Fuel Plus software GmbH에서 개발하였고, 자동화, 최적화 및 전체 연료관리 프로세스를 모니터링하는 프로그램으로 항공산업을 지원하기 위해 주요 항공사들과 공동으로 개발한 통합 연료관리시스템이며, 일본 공수항공(ANA)등 세계 30여개 항공사와 파트너십을 맺음
	Engine Wash Optimization (Optimized System and Solutions, OSYS)	- 모든 엔진을 운항을 거듭할수록 이전에 비해 성능이 떨어지기 마련으로 감소된 성능을 다시 향상시키기 위한 방법으로 엔진세척의 정확한 기준점 설정 및 기종별 엔진세척 후의 정확한 성능 향상 효과 가능성 제공
	연료효율 향상 프로그램 (Fuel Efficiency)	- Aviaso 회사에서 개발한 연료효율 프로그램은 매 항공기 운항 데이터를 활용한 목표설정 대비 정밀 비교 및 분석 툴 제공

○ 미국이나 EU 등이 개발하여 활용 중인 지구단위의 모형에는 지나치게 방대한 양의 자료가 필요하여 구축과 자료수집에 큰 비용이 소요되는 반면 정책적 활용도는 Emission Inventory (연료소비량 및 온실가스 배출량) 계산에 국한되어 있고 ATM (자동항로관리), 항로 변경, 신기종 도입 등 상세한 분석에는 활용이 제한적임

○ 또한 Cargo Flight, Regional Aircraft 등에 대한 시뮬레이션 모델은 국제적으로 개발되어 있지 않아 우리나라와 같이 단거리 비행에 대형 항공기가 쓰이는 경우, 도시간 소형 항공기 운항이 필요한 경우, 대형 화물항공사의 온실가스 배출량 할당이 국제적으로 이루어질 경우 그에 대한 데이터베이스나 검증된 결과를 절실히 필요함

○ 국내 기관에서 보유하고 있는 항적, 기상 자료들과의 일치성과 타 국내 환경 분석 시스템과의 연동성 및 향후 확장성을 고려하면 외국 프로그램(Aero2K, AEDT등)의

사용은 제한적임

○ 항공기의 온실가스 산정 모델 연구와 더불어 '공항주변의 온실가스 모니터링 관리 기술개발 기획'도 진행되었으며, 주 연구내용은 공항내 이동체를 대상으로 발생되는 온실가스량을 산출하기 위하여 산정 모델을 개발하는 방식으로 진행되었음

- 항공기를 지원하는 이동체는 매우 다양하며, 대표적으로 Towing car, Ramp Bus 등이 있으며, 항공기가 지상에 있는 동안 운용되는 GPU, ACU 등이 있음

(1) FAA Environmental Tool Suite

○ 미 연방항공청(FAA)는 항공운항으로 소음, 대기오염, 기후변화 등의 환경영향을 종합적으로 평가하기 위한 통합적인 시뮬레이션 모델개발의 필요성을 절감하여 2004년 FAA Environmental Tool Suite 개발에 착수하여 2014년 현재도 개발이 진행 중임

○ FAA Environmental Tool Suite은 크게 4개의 주요 소프트웨어로 구성이 되며, 이들 4개의 주요 소프트웨어가 통합적으로 운영되어 궁극적으로 FAA의 항공환경정책이 사회에 미치는 비용 및 효과를 추정함

- EDS(Environmental Design Space) : 항공기 설계 및 성능해석 프로그램으로 미래의 신기술 항공기를 모델링하여 AEDT의 항공기/엔진 DB로 입력
- APMT-E(Aviation Portfolio Management Tool for Economics) : 항공정책이나 신기술도입이 미래의 항공사에 미치는 경제적 영향을 분석하며 신형 항공기의 시장진입과 미래 항공운항 스케쥴을 도출함
- AEDT(Aviation Environmental Design Tool) : APMT-E에서 도출한 미래의 항공운항 스케쥴에 따라 항공운항 시뮬레이션을 수행하여 공항주변 소음, 대기오염 물질 배출, 및 온실가스 배출량 계산
- APMT-I(Aviation Portfolio Management Tool for Impacts) : AEDT에서 계산된 소음, 대기오염물질, 온실가스 배출량 사회복지비용(social welfare)으로 환산함

○ FAA Environmental Tool Suite은 국제민간항공기구의 항공기 소음인증 규제(ICAO Aircraft Noise Certification Standard) 및 항공기엔진 질소산화물 인증 규제기준(ICAO Aircraft Engine NOx Certification Standard) 마련에 사용

(2) AEDT(Aviation Environmental Design Tool)

○ FAA Environmental Tool Suite의 일부로 개발된 AEDT는 항공기 운항으로 인한 공항주변소음(INM/MAGENT), 대기오염(EDMS), 온실가스(SAGE) 배출량을 측정하는 개별적인 소프트웨어 들을 통합하여 개발함

○ AEDT는 항공운항으로 인한 각종 환경효과를 개별적으로 추정하던 기존의 방식에서 벗어나 통합적으로 해석을 수행함으로써 공항주변 소음, 대기오염, 기후변화 등 서로 다른 환경영향간의 상호작용(interdependency) 모델링을 가능하게 함

○ AEDT는 Windows PC에서 동작하는 GUI 환경을 통해 사용자가 지정한 연구범위에 따라 공항 DB, 항공기/엔진 소음 및 배기가스 DB, 운항 DB로부터 필요한 정보를 SQL server를 통해서 수집하여 소음, 대기오염물질, 연료사용량을 계산하며, 단일비행부터 월별/연간 단위의 거시적인 해석도 수행이 가능함

○ AEDT는 지리정보시스템(GIS)과 통합되어 항공기 운항 궤적, 공항주변소음분포 및 배기가스 배출위치를 지도위에 겹쳐서 보여줌

(3) GREAT(Global Regional Environmental Aviation Tradeoff)

○ 미국의 조지아공대(Georgia Institute of Technology)는 FAA의 PARTNER Project14 Environmental Design Space의 일환으로 AEDT의 short version인 GREAT 프로그램을 개발함

○ GREAT는 Microsoft .NET Framework를 기반으로 프로그래밍 되어있으며 MS EXCEL을 통해서 GUI를 구축하였기 때문에 AEDT에 비해 사용이 아주 간단함

○ GREAT는 조지아공대에서 개발한 또 다른 FAA의 프로그램인 EDS와 간단히 연동이 되어 미래의 새 항공기에 의한 Fleet Level 온실가스 분석이 가능함

○ GREAT는 APMT-E가 수행하는 기능인 미래항공운항 스케쥴을 자체적으로 생성할 수 있기 때문에 항공환경관련 정책이나 신기술에 대한 Fleet Level의 장기적(일반적으로 2010부터 2050년까지)이고 거시적(미국전체 혹은 전세계 항공운항)인 효과를 수분 안에 계산할 수 있음

○ GREAT는 2014년 현재 거시적인 연료사용량 및 공항소음 계산기능이 들어가 있으며 향후 경제성 분석 모듈도 추가될 예정임

II. 본론

1. 연구개발 최종목표

가. 최종목표

○ 항공기 온실가스 배출량 감소량를 위한 여러가지 감축방안 가운데 '항공기 운항 중량 최적화 분야에 대한 구체적인 감축기술을 개발하고 및 그에 따른 효과를 분석'하며,

○ 아울러 '항공운송여건을 반영한 Macro-Level 의사결정 지원모형의 프로토타잎을 개발'하여 본 과제를 통해 개발되는 온실가스 감축방안이 항공산업 및 국가경제에 미치는 영향을 분석하고자 함

○ 이러한 두가지 연구개발 목표를 정리하면 다음과 같음

- 항공기 운항 중량 최적화 알고리즘 개발 및 그에 따른 온실가스 배출 감소량 산정 방법 도출
- 항공산업여건을 반영한 Macro-Level 의사결정 지원모형 프로토타잎 개발

나. 최종목표의 성격 및 설정근거

○ 항공기 운항 중량 최적화 및 배출 감소량 산정 방법 연구

- 항공기 중량은 연료 소모량에 영향이 큰데 자체 중량과 유상 하중은 증감이 어렵고 탑재 연료량에 의한 조정이 가능함
- 항공기 운항관리 분야 중 탑재 연료 최적화는 기상문제와 연계되어 불확실성이 높으므로 기술 개발에 의한 최적화가 필요함
- 본 연구는 기상 상황에 따른 추가 연료 탑재량과 실제 사용 연료량과의 관계를 분석하여 운항관리사에게 최적의 추가 연료 탑재량은 권고하는 알고리즘을 개발하고 효과를 예측하는데 있음

○ System Dynamics 기반 Macro-Level 의사결정 지원모형을 개발

- 지속적인 항공 교통수요의 증가로 수요가 집중되는 첨두시간대 지상 및 공역을 운항하는 출도착 항공기의 지체가 점차 증가하고 있어 이에 따른 경제적, 사회적 비용이 가중되고 있음

- 특히, 항공기 운항 지체에 의한 추가 연료소비는 온실가스배출량 증가로 이어져 이로 인한 사회,환경적인 비효율(Disbenefit)을 야기시키고 있으며, 이러한 환경적 비효율을 감소시키기 위한 노력이 항공산업 전반에 걸쳐 경주되고 있는 상황임.

- 온실가스 배출량 감소방안으로 고려되고 있는 다양한 형태의 대안적 방법은, 그 특성상 적용대상 및 비용측면에서 각각의 차이를 보이고 있으며, 특히 적용효과는 우리나라 항공교통산업의 현재상황 및 미래여건에 따라 많은 차이를 보일 수 있음.

- 각 감축방안의 기술적, 비용적 특성은 궁극적으로 항공시스템을 구성하는 이해관계자(Stakeholder)의 의사결정에 영향을 미치는 조건변수(또는 고려 변수)로 작용함.

- 의사결정모형은 1) 각 감축기술 대안별 온실가스 배출량 감소량을 산정하는 Micro-level 모형과 2) 각 감축기술 대안별 기술적, 비용적 특성 및 효과가 항공산업을 포함한 국가경제 및 항공교통수요에 미치는 영향을 분석하는 Macro-level 모형으로 구분될수 있음.

- 본 연구의 목적은 현재 및 미래의 항공산업여건을 예측하고 동시에 항공산업 이해관계자의 Decision Making 과정을 고려한 Macro-level 의사결정 지원모형의 프로토타잎을 개발하는데 있음

다. 연차별 연구목표 및 내용

연차	연구목표	주요연구내용	연구수행기관
1차년도	■ 항공기 운항관리 분야 연료 효율성 개선 기여 요인 파악 ■ 항공기 중량과 연료 효율성 관계 분석 ■ 중량변화에 따른 온실가스 배출량	■ 항공분야 온실가스 감축 방안 문헌조사 ■ 실무 현장 자료 조사 ■ 외국항공사 사례 조사 ■ 운항관련 문헌 조사 ■ 운항자료 분석 ■ 관련 문헌 조사 ■ 항공기 기종별 중량 구성 분석 ■ 항공사의 중량관리 기법 조사	항공대학교

	변화 연구 ■ 항공기 중량구성과 중량 관리 ■ 탑재 연료량과 항공기 중량 변화 분석	■ 운항관련 문헌 조사 ■ 운항자료 분석	
	■ 문헌조사 ■ 항공산업 이해관계자 특성 분석 ■ 온실가스 감축대안별 특성 분석 ■ Macro-Level 의사결정 지원 모형의 요구조건 분석 및 모형구축 범위설정	■ Macro-Level 의사결정 지원모형의 종류 및 구축방법 관련 문헌 조사 ■ 온실가스 배출량 감축기술 및 감축량 산정방법 관련 국내외 연구 논문 및 보고서 조사 ■ 국제기구(ICAO, IPCC, FAA 등) 및 국내기관 (국토무, 환경부 등) 관련 규정 수집, 분석 ■ 정부(관제 포함), 항공사, 공항, 승객 등 고려대상 항공산업 이해관계자의 의사결정 고려변수 및 목적함수 개략분석 ■ Macro-Level 의사결정 지원모형구축에 필요한 온실가스 감축대안별 특성(적용대상, 적용기간, 적용비용, 작용효과 등) 개략분석 ■ Macro-Level 의사결정 지원 모형의 요구사항 분석: 최종 Output 요구사항 분석 ■ Macro-Level 의사결정 지원 모형구축 범위 설정	항공대학교
2차년도	■ 항공기 기상에 따른 추가 탑재 연료 결정 요인 분석 ■ 운항관리사들의 기상 자료에 따른 탑재 연료량 결정 행위 분석 ■ 추가 연료량의 사용과 관련 기상의 관계 분석 ■ 기상바탕의 최적 추가 연료량 산출 알고리즘 및 알고리즘 개발	■ 항공사 운항관리 데이터베이스 조사 ■ 운항관리사 면접에 의한 기상여건 고려 현황 파악 ■ 기상자료와 추가탑재연료량 관계 자료 활용 ■ 운항관리사들의 의사 결정 편차 분석 ■ 기상 상황의 분류와 추가연료량 관계 분석 ■ 항공사 운항관리 데이터베이스 활용 ■ 추가 연료가 예상대로 사용될 확률을 기상 상황별로 추정 ■ 추가연료 사용 추정 알고리즘 개발	항공대학교
	■ Macro-Level 의사결정 지원 모형	■ 사회, 인구, 경제 지표, 공항운영자료, 공역 및 지상 항공기 운항여건자	항공대학교

	관련자료 수집 및 기초분석 ■ Macro-Level 의사결정 지원 모형을 위한 이해관계자 고려변수 및 목적함수 상세분석 ■ Macro-Level 의사결정 지원 모형(모듈별) 기초설계	료, 항공사 자료, 여객이용등 관련자료 수집 ■ 항공산업을 구성하는 이해관계자의 범위 및 기능상세분 ■ 경제,인구 예측모듈 등 모듈별 기초설계	
3차년도	■ 개발된 알고리즘 적용에 의한 온실가스 감축 효과 예측 모형 개발	■ 운항관리사 자의적 의사결정과 알고리즘에 의한 의사결정 비교 시뮬레이션 적용	항공대학교
	■ Macro-Level 의사결정 지원 모형(모듈별) 상세설계 ■ Macro-Level 의사결정 지원 모형 개발	■ Macro-Level 의사결정 지원 모형 (모듈별) 상세설계 ■ Macro-Level 의사결정 지원 모형 개발	항공대학교
4차년도	■ 개발된 알고리즘과 감축효과 예측모형 검증	■ 운항자료 및 시뮬레이션 분석	항공대학교
	■ Macro-Level 의사결정 지원 모형 개발 ■ Macro-Level 의사결정 지원 모형 신뢰성 검증 및 활용	■ Macro-Level 의사결정 지원 모형 모듈별 개발 ■ Macro-Level 의사결정 지원 모형 신뢰성 검증 및 활용	항공대학교

2. 당해연차 연구목표 및 내용

가. 항공기 운항 중량 최적화 및 배출 감소량 산정 방법 연구

○ 항공기 추가 연료 탑재량 최적화 알고리즘을 개발하기 위한 단계로써 항공기 운항 관리 분야 연료 효율성 개선 기여 요인 파악

- 이 단계에서는 항공분야 온실가스 감축방안에 관련된 국내외 다양한 문헌 조사

- 또한 실무 현장 자료 및 외국 항공사 관례에 대하여 조사

○ 항공기 중량과 연료 효율성의 관계에 대하여 분석

- 항공기 중량과 연료 효율성의 관계를 분석하기 위한 방법으로 항공기 운항과 관련된 문헌을 조사하고 실제 항공기 운항자료를 분석

○ 항공기의 중량 분화에 따른 온실가스 배출량 변화 연구

○ 항공기의 중량 구성과 중량 관리 기법에 대하여 연구

- 항공기의 기종에 따른 중량 구성에 대하여 분석하고 실제 항공사에서 사용하는 항공기 중량관리 기법에 대하여 조사

○ 항공기 탑재 연료량과 항공기의 중량 변화에 대하여 분석

나. 항공산업여건을 반영한 Macro-Level 의사결정 지원모형 프로토타잎 개발

○ Macro-Level 의사결정 지원모형 구축을 위한 문헌조사

- 연구 자료 분석

  • Macro-Level 의사결정 지원모형의 종류 및 구축방법 관련 문헌 조사: System Dynamics, Agent-based simulation model, 등.
  • 온실가스 배출량 감축기술 및 감축량 산정방법 관련 국내외 연구 논문 및 보고서 조사
  • 관련 규정: 국제기구(ICAO, IPCC, FAA 등) 및 국내기관 (국토무, 환경부 등) 관련 규정 수집, 분석

- 항공산업 이해관계자 특성 분석

  • 고려대상 항공산업 이해관계자: 정부(관제 포함), 항공사, 공항, 승객 등
  • 항공산업 이해관계자의 의사결정시 고려변수 및 목적함수 개략분석

- 온실가스 감축대안별 특성 분석

  • Macro-Level 의사결정 지원모형구축에 필요한 온실가스 감축대안별 특성 (적용대상, 적용기간, 적용비용, 작용효과 등) 개략분석

- Macro-Level 의사결정 지원 모형의 요구조건 분석 및 모형구축 범위설정

- Macro-Level 의사결정 지원 모형의 요구사항 분석: 최종 Output 요구사항 분석
- Macro-Level 의사결정 지원 모형구축 범위 설정
- 의사결정 지원 모형의 내용적 범위 분석
- 의사결정 지원 모형의 공간적 분석범위 및 구현방법 분석
- 의사결정 지원 모형의 시간적 범위 분석

- Macro-Level 의사결정 지원 모형 구축방법 및 모형 선정

3. 연구수행 내용 및 결과

가. 연구개발결과 요약

(1) 항공기 운항 중량 최적화

연 차	연구 내용	연구 결과
1차년도	항공기 운항관리 분야 연료 효율성 개선 기여 요인 파악	-운항관리 분야 연료 효율성 개선 방안 및 효과 연구
	항공기 중량과 연료 효율성 관계 분석	-문헌 조사 및 전문가 자문을 통해 항공기 중량 구성에 대한 연구 -항공기 연료 구성에 대한 연구 -항공기 연료 관리를 통한 온실가스 감소방안 연구
	중량변화에 따른 온실가스 배출량 변화 연구	-비행구간 별 온실가스 배출 연구 -항공기 중량 관리 연구 -항공기 비행구간 별 온실가스 감소방안 연구
	항공기 중량구성과 중량 관리	-항공기 기종별 중량 구성 분석 -항공사의 중량관리 기법 조사 -항공기 중량관리를 통한 온실가스 감소방안 연구
	탑재 연료량과 항공기 중량 변화 분석	-탑재연료량 분석 -탑재연료량 관리를 통한 온실가스 감소방안 연구

(2) Macro-Level 의사결정 지원모형 요구조건 및 구축 방법 설정

연 차	연구 내용	연구 결과
1차년도	Macro-Level 의사결정 지원모형의 종류 및 구축 방법 관련 문헌조사	- 의사결정 지원시스템의 정의, 취급정보, 분류체계, 특성 등을 조사
	항공산업 이해관계자의 의사결정 고려변수 및 목적함수 개략 분석	- 항공산업의 각 이해관계자별로 특성 및 목적을 고려한 고려변수와 목적함수 개략분석
	Macro-Level 의사결정 지원모형구축에 필요한 온실가스 감축대안별 특성 개략분석	- 감축대안별 적용 방법 및 적용효과 분석을 위한 산술식 도출
	Macro-Level 의사결정 지원 모형의 요구사항 분석	- 의사결정 지원 모형의 설정된 구축 범위별로 요구사항 설정
	Macro-Level 의사결정 지원 모형구축 범위 설정	- 시간적 범위 : 과거년도 및 장래년도로 나누어 설정 - 공간적 범위 : 국내, 국제선으로 나누어 구축 - 내용적 범위 : 이해관계자별 내용적 범위 설정

나. 연구개발 주요내용

(1) 항공기 운항 중량 최적화

(가) 항공기 운항관리 분야 연료 효율성 개선 기여 요인 분석

① 항공기 온실가스 감축 초안

○ CAEP 9차 보고서를 통해, 그간의 온실거스 감축과 친환경적인 비행을 위해 논

의한 ICAO와 국제항공기구들의 논의와 진행사항을 확인할 수 있음.
○ 온실가스 감축을 위해, 중기(10년), 장기(20년)계획을 통해서 지속적인 감축과 다양한 방법을 사용할 수 있는 계획을 세우는 것을 권고함.
○ 항공산업의 온실가스의 대부분은 항공기가 운항 중에 연소되는 연료에 의해 발생하기 때문에, 연료 연소를 감축하는 것을 주목표로 함.
○ 각 항공사의 정확한 이산화탄소배출량을 알기 위해, Carbon Emission Calculator를 이용하는 방법을 숙지.
○ ICAO 온실가스 관련 교육을 통해 주축을 다짐.
○ ICAO Fuel Saving and Estimation Tool(IFSET)을 통해 효율적인 연료사용을 유도.
○ Focal Point on Voluntary Measures(FPVM)를 통해 각 항공사가 시범기간을 가지고 각 전략을 시행할 기회를 가짐.
○ 이러한 활동을 통해, 미래 이산화탄소 증가율 중 2%를 줄일 수 있다고 추정됨.

② 국내 항공사 현황 자료
○ 항공사에서 시행하고 있는 방법을 중심으로 파악.
○ 기술적 방법에 대한 지속적인 연구와 협력을 진행 중에 있음.
○ 항공기의 구조, 항공기 엔진효율성 증대 등.
○ K항공사의 경우 2014년부터 그동안의 비행자료를 분석하여, 보정연료 탑재량을 3%로 줄여 이산화탄소 배출량을 감소시킴.
○ 엔진 세척과 지속적인 정비, 관리를 통한 엔진 효율 유지.
○ 실시간 비행정보를 통한 최대효율의 비행고도와 속도, 항로를 설정.
○ 실시간 예약시스템을 통한 항공기 중량 최소화.

③ 외국 항공사 온실가스 감축 사례
㉠ Continental Airline
○ ‘FORTUNE’의 10대 친환경 기업 “Green Giants”에 선정
○ 항공기 날개 끝, 윙렛 장착으로 항력을 줄여 연료감축 사용을 유도하여, 온실가스의 5%를 감축.
○ 엔진 블레이드 기술(E90 3D Aero Blades)를 적용한 엔진을 사용하여 연비 상승.
○ 최적연료소모 비행을 유도.
○ 효과적인 비행과 연료를 위한 운항관리사와 운항승무원 교육.
○ 지상 활주 시, 단일 엔진 사용을 권고.
○ 항공기 중량 감소를 위한 노력.
○ 위와 같은 노력을 통해, 1997년 592lb/rpms 배출 대비, 2007년에 381lb/rpms

를 배출하며 36%의 감축 결과를 가져옴.

㉡ Alaska Airline

○ 연료탑재 절약이 곧 배출의 감소와 항공사 비용감소를 목표로 함.
○ 윙렛 장착, 친환경 기종 변경, 보조동력장치(APU)사용 감소 등을 통한 온실가스 배출 감축.
○ 1998년 대비, 2008년에 30%의 온실가스 감축.

㉢ NorthWest Airline

○ 항공사 운항비용 일부를 숲을 조성하는 활동금으로 활용하여 간접적인 온실가스 감축 기여를 진행.
○ 2000년도에는 항공 산업이 기여한 온실가스 감축의 25%를 차지함.

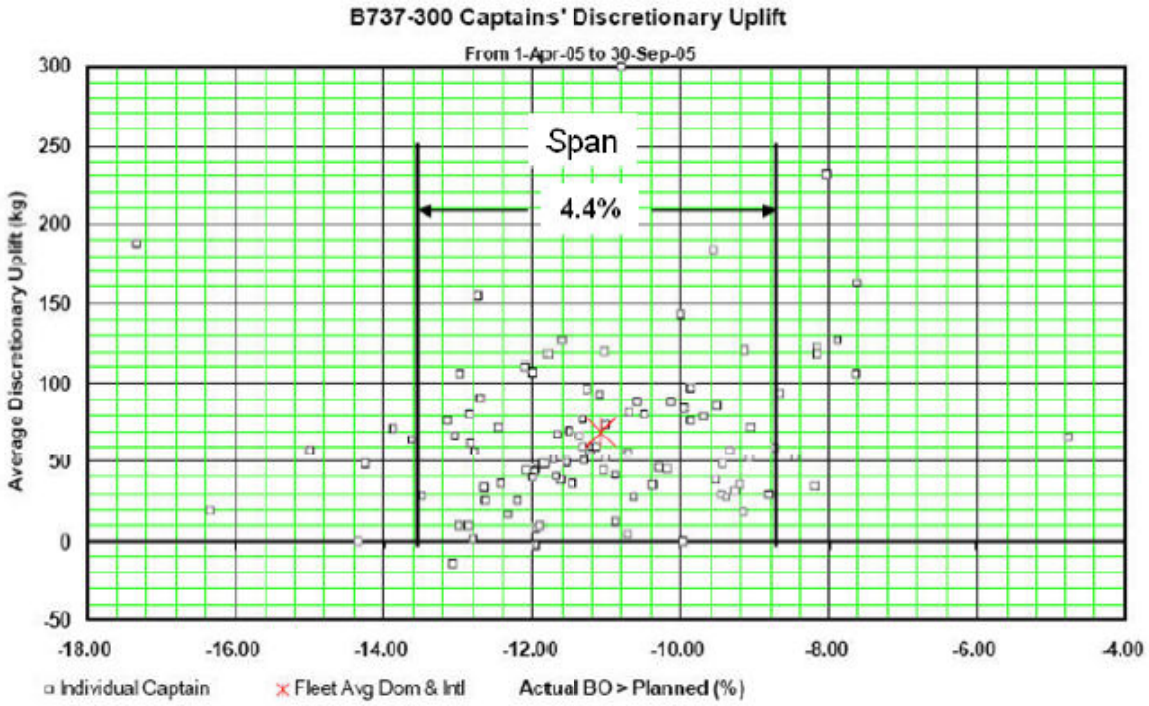
④ 운항관리 기법을 통한 온실가스 배출량 개선[3)]

▪ Pilot Technique - Flight Management

<감축 원리>

○ 많은 항공사들로부터 운항 승무원에 의한 연료 효율성이 달라질 수 있음을 확인함.
○ 이 같은 이유로 운항 승무원에 대한 적절한 교육, 표준운영절차(SOP), 교통관련 도구에 대한 접근성 등을 통해 조종사에 의한 연료 효율성을 개선시킬 수 있음.
○ 아래 그림은 2005.04.01.~2005.09.30.까지 6개월 동안의 자료를 바탕으로 B737-300 조종사들 간 연료 소모량의 분산정도를 분석한 것으로, 계획된 연료 소모량대비 ±2.2%까지 차이가 나타나는 것을 볼 수 있음.

3) 참고문헌: IATA, “Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management”, 5th Edition, 2011) 에서 발췌 정리



[그림] 파일럿에 따른 연료 소모량의 분산정도 (참고문헌: IATA, "Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management", 5th Edition, 2011))

<기대 효과>

○ 아래 그림에는 IATA에서 발표된 Pilot Technique - Flight Management 도입에 따른 온실가스 감축 기대효과가 나타나 있음. [그림 2]는 ABC항공사를 기준으로 한 결과임.

Pilot Technique Flight Management	Burn kg/yr	Target Improvement	Savings per flight in kg	Fuel Burn Saving Kgs	CO2 Reduction Metric Tons	Total Savings in US$
A330-300	314,160,000 kg	0.8%	276 kg	2,513,280 kg	7,917 t	$2,073,456
A320-200	195,888,700 kg	0.8%	33 kg	1,567,110 kg	4,936 t	$1,292,865
B747-400	292,499,400 kg	0.7%	527 kg	2,047,496 kg	6,450 t	$1,689,184
B777-200	378,456,000 kg	0.6%	280 kg	2,270,736 kg	7,153 t	$1,873,357
B737-700	182,309,400 kg	1.0%	46 kg	1,823,094 kg	5,743 t	$1,504,053
CRJ-200	52,800,000 kg	1.0%	13 kg	528,000 kg	1,663 t	$435,600
ATR 72	28,600,000 kg	1.0%	5 kg	286,000 kg	901 t	$235,950
Total				11,035,715 kg	34,763 t	$9,104,465

[그림 2] Pilot Technique - Flight Management 도입 기대 효과

○ Pilot Technique - Flight Management 도입의 이행비율을 1% 정도로 가정하였을 때, ABC 항공사는 연간 약 11,035,715kg의 연료를 감축할 수 있으며, 이는 34,763톤의 CO2감축 효과가 있음.

○ Pilot Technique - Flight Management 도입에 따른 온실가스 감축량은 아래식과 같이 정의됨.

$$CO_2\text{감축량} = \sum_{AC\,Type} \text{항공기 기종별 연간 연료소모량} \times \text{항공기 기종별 조종사 숙련도에 따른 연료감축비} \times \text{항공기 기종별 조종사 숙련도 개선 이행률} \times 3.15$$

○ 윗식을 통해 CO2 감축량을 산정하기 위해서는 항공기 기종별 Pilot Technique - Flight Management 도입에 따른 연료감축비를 산정해야함. 항공기 기종별 Pilot Technique - Flight Management 도입에 따른 연료감축비는 운항 자료, 항공기 기종 별 성능 데이터를 통해 아래와 같이 계산할 수 있음.

$$Pilot\ Technique\text{에 따른 연료감축비} = (\text{기존 조종사 숙련수준에서의 연료소모율} - \text{조종사 숙련도 개선을 통한 연료소모율})$$

○ CO2 감축량 산정 정확도에 따라서, 항공기 기종뿐만 아니라 항공사의 연료효율 개선 관리 프로그램 및 조종사에 대한 Hunan factor를 고려함으로써 보다 높은 수준의 정확도로 CO2 감축량을 산정하는 것이 가능함.

(나) 항공기 중량과 연료 효율성

① 항공기 중량의 구성

○ 안전하고 효율적인 운항을 위해서는 항공기의 무게 균형(Weight and Balance) 및 탑재관리(Loading Control)가 사용됨.

○ 항공기의 무게와 무게중심이 있는 균형점을 파악하여 최적의 연료소모를 구할 수 있으며, 최적의 온실가스 배출 지점이 됨.

○ 항공기의 운항 무게를 줄이는 것은 이착륙 속도와 거리가 감소되며 순항속도가 빨라짐.

○ 이는 연소되는 연료의 감소로 온실가스 감축과 연결 됨.

○ 즉, 같은 조건에서 항공기의 중량이 가벼울수록 연료소모가 적음.

항공기 중량 감축 → 이착륙 거리, 속도 감소
→ 연료소모 감소 → 온실가스배출 감소

무게(중량)의 종류	의미
MEW (Manufacturer Empty Weight)	순수한 항공기 자체 중량으로써 항공기 구조, 엔진, 운항필수시설 및 장비의 중량
BEW (Basic Empty Weight)	MEW에 운항에 필요한 시설 및 장비를 추가하거나 장탈하여 조정한 중량
SOW(Standard Operating Weight)	BEW에 항공기를 직접 운항하는데 필요한 항목을 합한 중량
ZFW(Zero Fuel Weight)	모든 승객 및 화물을 탑재하고 연료만을 탑재하지 않은 상태의 중량
TIW(Taxi Weight)	승객 및 화물을 탑재하고 연료도 보급한 중량
TOW (Take-Off Weight)	TIW에서 항공기가 엔진시동을 걸고 이륙개시 지점까지 활주하는데 소모되는 연료를 뺀 중량
LDW(Landing Weight)	TOW에서 항공기가 이륙하여 목적지 공항에 도착할 때까지 소모되는 연료를 뺀 중량
AGTOW(Allowable Gross Take-Off Weight)	이착륙공항의 활주로 상태, 항로 조건에 따른 연료 보급량 등의 제한에 따른 허용 최대 중량

(참고문헌: 유리, “항공사의 추가연료 탑재량과 기상요인과의 관계”, 한국항공대학교, 2014)

○ 이륙중량(TOW, Take-off weight)은 승객 및 화물탑재중량에 연료중량을 더한 값.

○ 이륙중량에는 이륙한계량(MTOW, Maximun Take-off weight)가 있는데, 항공기의 이륙을 위해서 이를 초과해서는 안됨.

○ 연료를 많이 실을수록 승객 및 화물탑재량의 합(유상하중, Payload)가 줄어들기 때문에 연료를 정확하게 계산하여 불필요한 연료를 넣지 않는 것이 관건.

② 연료의 구성

○ 항공기의 중량에서 온실가스 배출의 역할이 가장 크며, 항공사가 조절할 수 있는 요소가 연료임.

○ 연료는 항공기 중량을 차지하는 부분 중 하나로 중량 감소에 있어 큰 역할을 할 수 있음.

○ 항공기의 연료는 운항시 탑재해야 할 연료를 법적으로 명시하고 있음(법정연료).

○ 항공사는 법정 연료 외에도 운항의 안전을 위해 내부의 규정에 따라 자율적인 예비연료를 더 확보하고 있음.

㉠ 운항연료

○ 항공기의 운항에 필요한 연료.

○ 항공기의 중량, 비행 항로, 기상 등 비행 요소에 따라 변경되는 연료량.

㉡ 법정연료

○ 항공법적으로 비행에 예상치 못한 상황이 발생했을 때, 사용할 수 있는 예비연료.

○ 보정연료(Contingency fuel) : 기상상황의 변화나 정보의 부족, 갑작스러운 운항 상황의 변화에 따라 운항연료가 부족할 것을 예상하여 넣은 예비연료. 보통 운항연료의 5~10%를 넣음.

○ 대체공항연료(Alternate fuel) : 기상이나 혼잡의 이유로 항공기의 목적 공항에 착륙이 불가능하다고 판단되었을 때, 미리 정한 대체공항까지 비행할 수 있는 연료.

○ 체공연료(Holding fuel) : 교체공항 상공에 도착했을 때, 교통 혼잡 등으로 바로 착륙이 불가능 할 때, 교체공항 상공 1500ft에서 최적 체공속도로 30분 동안 체공하는 데 필요한 연료.

㉢ 추가연료

○ 법정 연료와 회사예비연료를 모두 탑재한 후에도 비행의 안전을 위한 판단으로 운항관리사와 운항승무원의 협의로 넣는 연료.

○ 항공사의 내부 규정에 따라 탑재되고 있지만, 그 탑재량의 범위는 정해져 있찌 않기 때문에 같은 중량, 같은 비행 구간을 비행하더라도 그 양은 담당 운항관리사 또는 기장의 판단에 의해 결정 됨.

㉣ 지상활주연료(Taxi fuel)

○ 엔진시동 및 보조동력장치(APU)에 사용되는 연료와 지상활주(Taxi)에 소비되는 연료.

㉤ Trip Fuel 편차 또는 Refile 보정연료(Company Contingency Fuel)

○ Refile 절차를 적용하는 구간의 경우 결심지점에서 법정연료 부족으로 인한 Refile 공항으로 회항을 예방하기위해 탑재하는 연료.

㉥ Tankering fuel

○ 목적공항의 연료단가가 출발공항보다 고가인 경우 연료비 절감을 위해 허용탑재량(ACL) 및 운항조건이 허용하는 범위에서 출발지에서 미리 탑재하는 연료.

<table>
<tr><td colspan="5">연료의 종류</td></tr>
<tr><td rowspan="8">출 발 전 탑재하는 연료 (R a m p Fuel)</td><td colspan="4">지상활주연료(Taxi Fuel)</td></tr>
<tr><td rowspan="7">이륙시 탑재되어야 하는 연료 (Fuel on Board,FOB)</td><td colspan="3">운항연료(Trip Fuel)</td></tr>
<tr><td rowspan="6">총 예 비 연 료 (T o t a l R e s e r v e Fuel)</td><td rowspan="4">법정예비연료 (Legal Reserve Fuel)</td><td>보정연료(Legal Contingency Fuel)</td></tr>
<tr><td>교체공항연료(Alternate Fuel)</td></tr>
<tr><td>체공연료(Holding Fuel)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">회사예비연료 (Company Reserve Fuel)</td><td>추가연료(Extra Fuel)</td></tr>
<tr><td>운항연료편차보정연료(Company Contingency Fuel)</td></tr>
<tr><td>Tankering Fuel</td></tr>
</table>

(참고문헌: 유리, “항공사의 추가연료 탑재량과 기상요인과의 관계”, 한국항공대학교, 2014)

(다) 중량에 다른 온실가스 배출량

○ 항공 산업의 온실가스의 배출은 연료의 연소에서 나오기 때문에, 항공기의 연료가 소모되는 구간을 비교하여 온실가스 배출을 비교할 수 있음.

① 이착륙구간(LTO, Landing and Take-Off)

○ 이착륙구간(LTO cycle)은 운항에 있어 가장 큰 추력을 내는 부분임.

○ 추력을 내는 과정에서 가장 높은 온도의 열이 발생하게 되며, 이는 온실가스의 배출을 촉진시키는 역할이 됨.

○ 이륙구간에서 소모되는 연료량은 항공기가 가장 무거울 때 소모되는 연료이기 때문에 항공기의 첫 중량에 따라서 그 양의 차이가 커짐.

○ 착륙구간의 경우, 비행계획으로 넣은 연료의 양이 얼마나 남았는가에 따라 착륙구간에서 소모되는 연료가 결정됨.

○ 과도한 연료의 탑재는 중량의 영향으로 이착륙 구간의 연료소모에 있어 영향을 끼칠 수 있음.

○ 아래의 표를 통해, 순항중의 항공기와 이착륙구간의 항공기의 배출 비율을 비교할 수 있음.

TABLE 2

DEFAULT FUEL USE AND EMISSION FACTORS FOR AVERAGE AIRCRAFT FOR LTO CYCLE AND CRUISE

Domestic	Fuel	SO_2	CO	CO_2	NO_x	NMVOCs	CH_4	N_2O
LTO (kg/LTO) - Average fleet	850	0.8	8.1	2680	10.2	2.6	0.3	0.1
LTO (kg/LTO) - Old fleet	1000	1.0	17	3150	9.0	3.7	0.4	0.1
Cruise (kg/ton)		1.0	7	3150	11	0.7	0	0.1
International	**Fuel**	**SO_2**	**CO**	**CO_2**	**NO_x**	**NMVOCs**	**CH_4**	**N_2O**
LTO (kg/LTO) - Average fleet	2500	2.5	50	7900	41	15	1.5	0.2
LTO (kg/LTO) - Old fleet	2400	2.4	101	7560	23.6	66	7	0.2
Cruise (kg/ton)		1.0	5	3150	17	2.7	0	0.1

Source: IPCC Guidelines on National Greenhouse Gas Inventories. Reference Manual, page 1.98.

(참고문헌: Treanton Karen, "Aircraft Emissions")

② 순항(Cruise)구간

○ 항공기는 비행계획 단계에서 무게에 맞춘 최적의 고도와 속도가 정해져서 비행을 시작함.

○ 순항구간은 항공기에 영향을 주는 요인이 많지 않기 때문에 일정하게 줄어드는 중량을 고려하는 것을 최적으로 함.

○ 항공기의 온실가스 배출계산을 위해 ICAO에서 정해진 계수를 사용

○ 운항 중 가장 많이 배출되는 온실가스인 이산화탄소는 3.15로 계산됨.

$$CO_2\text{배출량} = \text{소모연료} \times 3.15$$

○ 소모연료는 곧 항공기의 중량에 따라 변하기 때문에 중량이 감소할수록 순항 중 배출되는 온실가스도 감축됨.

③ 비행 구간 별 온실가스 배출량 개선[4)]

▪ Engine-Out Taxi-Out

<감축 원리>

○ 일반적으로 항공기는 지상활주 시, 항공사별로 마련해 놓은 지침에 따라 엔진의 추력을 설정함.

○ 조종의 편의와 안전을 위하여, 대개 지상활주에 사용하는 엔진은 좌우의 균형을 맞추어 운영함.

○ Engine-Out Taxi-Out 절차는 게이트로부터 활주로까지 지상활주를 하는 동안 기존에 사용하던 엔진의 수를 보다 적게 사용하는 절차임.

○ 특히, 게이트에 주기중인 항공기가 엔진 시동 허가를 받고 엔진에 시동을 건 시점부터 실제 지상활주를 시작하기 전까지 지연이 발생하는 경우, 적은 수의 엔진을 사용할수록 지연으로부터 발생하는 온실가스 배출량을 줄이는 것이 가

4) 참고문헌: IATA, "Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management", 5th Edition, 2011) 에서 발췌 정리

능함.

<기대 효과>

○ 아래 그림은 IATA에서 발표된 Engine-Out Taxi-Out를 통한 온실가스 감축 기대 효과를 나타내는 것으로 [그림 7]이 보여주는 결과는 가상의 항공사(ABC 항공사)를 대상으로 분석한 것이며, 여기에 사용된 ABC항공사의 기종별 운항 통계치는 아래 표와 같음.

Engine Out Taxi Out	Potential Savings kg/yr	Target Improvement Percent	Fuel Burn Saving Kgs	CO2 Reduction Metric Tons	Total Savings in US$
A330-300	1,546,320 kg	0%	0 kg	0 t	$0
A320-200	2,889,600 kg	40%	1,155,840 kg	3,641 t	$953,568
B747-400	589,680 kg	10%	58,968 kg	186 t	$48,649
B777-200	0 kg	0%	0 kg	0 t	$0
B737-700	2,087,400 kg	50%	1,043,700 kg	3,288 t	$861,053
CRJ-200	1,161,417 kg	60%	696,850 kg	2,195 t	$574,901
ATR 72	641,667 kg	70%	449,167 kg	1,415 t	$370,563
Total	8,916,083 kg		3,404,525 kg	10,724 t	$2,808,733

[그림 3] Engine-Out Taxi-Out 기대 효과 (가상 항공사)

[표] ABC 항공사 기종 별 운항 통계치

Aircraft Type	Number of Cycles	Taxi Out Avg Min	Min Start Time min.
A330-300	9,096	15'	03'
A320-200	48,160	12'	03'
B747-400	3,888	18'	05'
B777-200	8,100	17'	05'
B737-700	39,760	12'	03'
CRJ-200	39,820	10'	03'
ATR-72	55,000	07'	02'
Total	203,824	-	-

○ 가상의 항공사는 Heavy twin-engine 항공기에 Engine-Out Taxi-Out 절차를 적용하지 않았으며, 해당 항공사에서 시행한 Engine-Out Taxi-Out 절차의 이행 비율을 가정할 때, 연간 약 3,404,525kg의 연료를 감축할 수 있으며, 이는 10,724톤의 CO2감축을 가져옴.

○ Engine-Out Taxi-Out 절차에 따른 온실가스 감축량은 아래식과 같이 정의됨.

$$CO_2\text{감축량} = \sum_{\text{공항}} \sum_{AC\,Type} [\text{공항별 평균 } Taxi-out\text{거리} \times (\text{항공기 기종별 단위 거리당 } Taxi-Out\text{연료소모량} - \text{항공기 기종별 단위 거리당 } Engine-out\ Taxi-Out\text{ 연료소모량}) \times \text{공항별, 항공기 기종별 이륙횟수} \times \text{공항별, 항공기 기종별 } Engine-Out\ Taxi-Out\text{ 절차 이행률} \times 3.15]$$

○ 윗식을 통해 공항의 기하구조적인 특성을 고려하고, 항공기 기종별로 Engine-Out Taxi-Out 절차에 따른 CO2 감축량을 계산할 수 있음.

○ CO2 감축량 산정 정확도에 따라서, 항공기 기종 및 공항에 따른 기하학적 구조(터미널의 위치, 활주로의 방향 등) 뿐만 아니라 항공사의 Engine-Out Taxi-Out 절차에 대한 SOP 및 기존 Taxi-Out 절차, 지상활주 운항자료와 항공기 기종별 성능 데이터를 고려함으로써 보다 높은 수준의 정확도로 CO2 감축량을 산정하는 것이 가능함.

<사례 조사>

○ 2004년에 설립된 Envisa는 항공분야에 특화된 국제적 환경자문 회사로서, 유럽과 미국 공항을 대상으로 항공기 지상운영과 관련된 CO2 감축방법에 대한 보고서를 발표하였음[5].

○ Envisa는 항공기의 지상활주와 관련된 3가지 운영 방법을 비교·분석하였으며, 이는 각각 DET(Dual Engine Taxiing), SET(Single Engine Taxiing), EGTS(Electric Taxiing System)[6]

㉡ European aiports (taxiing-out)

	Fuel consumption (kg):Total	Emission of CO (kg):Total	Emission of CO_2 (kg):Total	Emission of UHC (kg):Total	Emission of NOx (kg):Total
DET	142.86	4.46	450.02	0.31	0.63
SET	119.68	3.38	376.99	0.25	0.57
EGTS	68.83	1.67	216.83	0.15	0.36
SET VS DET	-16%	-24%	-16%	-18%	-10%
EGTS VS DET	-52%	-63%	-52%	-51%	-43%
EGTS VS SET	-42%	-51%	-42%	-40%	-37%

[그림4] Europe 공항에서의 Taxi-Out 운영 방법에 대한 비교 (항공기 1대 기준)
(참고문헌: IATA, "Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management", 5th Edition, 2011)

○ [그림 4]에서 나타나듯이 엔진 수를 적게 사용할수록 연료소모량이 줄어드는 것을 알 수 있음.

5) 참고문헌: IATA, "Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management", 5th Edition, 2011)
6) EGTS는 항공기가 taxi 및 push-back시 항공기 엔진을 사용하는 대신, APU를 활용하는 방법을 말한다.

○ 각각의 지상활주 운영방법간 연료소모량을 비교 시, SET를 사용했을 때는 DET 대비 16%의 연료 절감 효과가, EGTS를 사용한 경우는 DET 대비 52% 연료 절감 효과가 나타났음.

○ CO2 비교 시, SET를 사용했을 때는 DET 대비 16%의 CO2 감축 효과가, EGTS를 사용한 경우는 DET 대비 52% CO2 감축 효과로 연료 절감비율과 동일하게 나타났음.

㉯ US aiports (taxiing-out)

	Fuel consumption (kg):Total	Emission of CO (kg):Total	Emission of CO_2 (kg):Total	Emission of UHC (kg):Total	Emission of NOx (kg):Total
DET	204.06	6.43	642.80	0.43	0.89
SET	167.89	4.68	528.88	0.34	0.80
EGTS	79.18	1.71	249.43	0.16	0.43
SET VS DET	**-18%**	**-27%**	**-18%**	**-21%**	**-10%**
EGTS VS DET	**-61%**	**-73%**	**-61%**	**-62%**	**-51%**
EGTS VS SET	**-53%**	**-63%**	**-53%**	**-52%**	**-46%**

[그림5] US 공항에서의 Taxi-Out 운영 방법에 대한 비교 (항공기 1대 기준)
(참고문헌: IATA, “Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management”, 5th Edition, 2011)

○ [그림 5]에서 나타나듯이 엔진 수를 적게 사용할수록 연료소모량이 줄어드는 것을 알 수 있음.

○ 각각의 지상활주 운영방법간 연료소모량을 비교 시, SET를 사용했을 때는 DET 대비 18%의 연료 절감 효과가, EGTS를 사용한 경우는 DET 대비 61% 연료 절감 효과가 나타났음.

○ CO2 비교 시, SET를 사용했을 때는 DET 대비 18%의 CO2 감축 효과가, EGTS를 사용한 경우는 DET 대비 61% CO2 감축 효과로 연료 절감비율과 동일하게 나타났음.

▪ Reduced Flap Take Off

<감축 원리>

○ 이륙 단계에서 Flap의 사용은 보다 많은 양력을 발생시켜 항공기가 빠르게 상승할 수 있도록 함.

○ Flap을 전개하는 순간부터 Flap의 각도가 커질수록 항력 또한 증가하며, 이렇게 발생되는 항력을 감안하여 상승에 필요한 속도를 얻기 위해서는 Flap 전개 전에 비해 엔진의 출력을 높여야 할 필요가 있음. 결과적으로 이륙 시 Flap을 전개하는 각도가 높아질수록 엔진 출력 상승에 따른 연료소비율 증가가 뒤따름.

○ 따라서 이륙 시 Flap 전개 각의 크기를 줄이는 것은 연료소비를 줄일 수 있고, 온실가스 감축에 기여함.

<기대 효과>

○ 아래 그림은 가상의 항공사(ABC)를 대상으로 IATA에서 발표한 운항횟수와 Reduced Flap Take Off를 통한 온실가스 감축 기대 효과를 나타내고 있음.

Reduced Flap Take off	Number Cycles	Saving per takeoff	Potential Savings kg/yr	Target Improvement Percent	Fuel Burn Saving Kgs	CO2 Reduction Metric Tons	Total Savings in US$
A330-300	9,096	24 kg	218,304 kg	75%	163,728 kg	516 t	$135,076
A320-200	48,160	10 kg	481,600 kg	75%	361,200 kg	1,138 t	$297,990
B747-400	3,888	150 kg	583,200 kg	60%	349,920 kg	1,102 t	$288,684
B777-200	8,100	40 kg	324,000 kg	50%	162,000 kg	510 t	$133,650
B737-700	39,760	10 kg	397,600 kg	70%	278,320 kg	877 t	$229,614
CRJ-200	39,820	5 kg	199,100 kg	30%	59,730 kg	188 t	$49,277
ATR 72	55,000	2 kg	110,000 kg	15%	16,500 kg	52 t	$13,613
Total			2,313,804 kg		1,391,398 kg	4,383 t	$1,147,903

[그림 6] Reduced Flap Take Off 기대 효과 (가상 항공사)

○ ABC 항공사 기준, 기종에 따라 Reduced Flap Take Off 설정 이행 비율을 15%~75%로 적용하였을 때, 연간 약 1,391,398kg의 연료를 감축할 수 있으며, 이는 4,383톤의 CO2감축효과가 있음.

○ Reduced Flap Take Off 설정에 따른 온실가스 감축량은 아래식과 같이 정의됨.

$$CO_2\text{감축량} = \sum_{\text{공항}} \sum_{AC\,Type} [(\text{기존 } Flap\ Take\ off \text{에 따른 항공기 기종별 평균연료소모량} - Reduced\ Flap\ Take\ off \text{에 따른 항공기 기종별 평균연료소모량}) \times \text{공항별, 항공기 기종별 이륙횟수} \times \text{공항별, 항공기 기종별 } Reduced\ Flap\ Take\ off \text{ 이행률} \times 3.15]$$

○ 윗식을 통해 공항의 기하구조적인 특성을 고려하고, 항공기 기종별로 Reduced Flap Take Off 설정에 따른 CO2 감축량을 계산할 수 있음.

○ CO2 감축량 산정 정확도에 따라서, 항공기 기종 및 공항에 따른 기하학적 구조(터미널의 위치, 활주로의 방향 등) 뿐만 아니라 항공사의 Reduced Flap Take Off 설정에 대한 SOP 및 기존 이륙 절차, 운항자료와 항공기 기종별 성능 데이터를 고려함으로써 보다 높은 수준의 정확도로 CO2 감축량을 산정하는 것이 가능함.

▪ Reduced Flap Landing

<감축 원리>

○ 착륙 단계에서 Flap을 사용하는 것으로 항력을 발생시켜 항공기가 착륙하는데 필요한 착륙활주거리를 줄임.

○ 착륙 단계에서의 Flap 전개는 항력을 증가시킴으로써 항공기의 착륙활주거리를 줄일 수 있지만 항력이 커지는 만큼 실속에 빠지지 않기 위해 추력을 증가시켜야 함. 결과적으로 착륙 시 Flap을 전개하는 각도가 커질수록 엔진 출력 상승에 따른 연료소비율 증가가 뒤따름.

○ 따라서 착륙 시 Flap 전개 각의 크기를 줄이는 것은 연료소비 및 온실가스 감축에 기여함.

<기대 효과>

○ 아래 그림은 가상의 항공사(ABC)를 대상으로 IATA에서 발표한 운항횟수와 Reduced Flap Landing을 통한 온실가스 감축 기대 효과를 나타내고 있음.

Reduced Flap Landings	Number Cycles	Savings per app.	Potential Savings kg/yr	Target Improvement Percent	Fuel Burn Saving Kgs	CO2 Reduction Metric Tons	Total Savings in US$
A330-300	9,096	60 kg	545,760 kg	85%	463,896 kg	1,461 t	$382,714
A320-200	48,160	25 kg	1,204,000 kg	75%	903,000 kg	2,844 t	$744,975
B747-400	3,888	125 kg	486,000 kg	90%	437,400 kg	1,378 t	$360,855
B777-200	8,100	75 kg	607,500 kg	80%	486,000 kg	1,531 t	$400,950
B737-700	39,760	25 kg	994,000 kg	80%	795,200 kg	2,505 t	$656,040
CRJ-200	39,820	15 kg	597,300 kg	0%	0 kg	0 t	$0
ATR 72	55,000	3 kg	165,000 kg	0%	0 kg	0 t	$0
Total			4,599,560 kg		3,085,496 kg	9,719 t	$2,545,534

[그림 7] Reduced Flap Landing 기대 효과 (가상 항공사)

○ 기종에 따라 Reduced Flap Landing 설정 이행 비율을 75%~90%로 적용하였을 때, ABC항공사의 경우, 연간 약 3,085,496kg의 연료를 감축할 수 있으며, 이는 9,719톤의 CO2감축효과가 있음

○ Reduced Flap Landing 설정에 따른 온실가스 감축량은 아래식과 같이 정의됨

$$CO_2\text{감축량} = \sum_{\text{공항}} \sum_{ACTtps} [(\text{기존 } Flap\ Landing\text{에 따른 항공기 기종별 평균연료소모량} - Reduced\ Flap\ Landing\text{에 따른 항공기 기종별 평균연료소모량}) \times \text{공항별, 항공기 기종별 착륙횟수} \times \text{공항별, 항공기 기종별 } Reduced\ Flap\ Landing\text{ 이행률} \times 3.15]$$

○ 식을 통해 공항의 기하구조적인 특성을 고려하고, 항공기 기종별로 Reduced Flap Landing 설정에 따른 CO2 감축량을 계산할 수 있음.

○ CO2 감축량 산정 정확도에 따라서, 항공기 기종 및 공항에 따른 기하학적 구조(터미널의 위치, 활주로의 방향 등) 뿐만 아니라 항공사의 Reduced Flap Landing 설정에 대한 SOP 및 기존 착륙 절차, 운항자료와 항공기 기종별 성능

데이터를 고려함으로써 보다 높은 수준의 정확도로 CO2 감축량을 산정하는 것이 가능함.

▪ Idle Reverse on Landings

<감축 원리>

○ 항공기는 활주로에 Touch-Down을 한 후에 착륙 활주거리를 줄이기 위해, 엔진에 장착되어있는 Reverse-Engine 용 도어의 전개 혹은 엔진 확장 등을 사용하여 엔진을 통해 나가는 공기의 흐름을 반전시키는 Reverse on Landings 방법을 사용함.

○ Reverse on Landings은 엔진을 통해 나가는 공기의 흐름으로 항력을 증가시키는 방법으로서, 보다 큰 항력을 발생시키기 위해서는 더 많은 공기의 흐름을 발생시키기 위한 엔진 추력 상승을 필요로 함. 이에 따라 연료 소모량의 증가가 엔진 추력 상승에 수반됨.

○ Idle Reverse on Landings은 착륙 거리가 충분히 확보되는 경우, 착륙 활주시의 Reverse Idle 상태로 자연 감속을 하는 방법을 말함.

○ 따라서, Idle Reverse on Landings은 Reverse의 엔진 추력 상승을 필요로 하지 않으므로 여기에 동반되는 연료 소모량을 줄일 수 있음.

<기대 효과>

○ 아래 그림은 가상의 항공사(ABC)를 대상으로 IATA에서 발표한 운항횟수와 Idle Reverse on Landings를 통한 온실가스 감축 기대 효과를 나타내고 있음.

Idle Reverse on Landing	Number Cycles	Fuel Burn Full Reverse	Rev time Sec	Fuel Used kg/cycle	Potential Savings kg/yr	Target Improvement Percent	Fuel Burn Saving Kgs	CO2 Reduction Metric Tons	Total Savings in US$
A330-300	9,096	9,300	15"	39 kg	352,470 kg	70%	246,729 kg	777 t	$203,551
A320-200	48,160	4,490	15"	19 kg	900,993 kg	75%	675,745 kg	2,129 t	$557,490
B747-400	3,888	17,800	18"	89 kg	346,032 kg	60%	207,619 kg	654 t	$171,286
B777-200	8,100	11,100	18"	56 kg	449,550 kg	70%	314,685 kg	991 t	$259,615
B737-700	39,760	4,070	15"	17 kg	674,263 kg	75%	505,698 kg	1,593 t	$417,200
CRJ-200	39,820	1,900	15"	8 kg	315,242 kg	75%	236,431 kg	745 t	$195,056
ATR 72	55,000	1,020	00"	0 kg	0 kg	0%	0 kg	0 t	$0
Total					3,038,550 kg		2,186,907 kg	6,889 t	$1,804,198

[그림 8] Idle Reverse on Landings 기대 효과 (가상 항공사)

○ 기종에 따라 Idle Reverse on Landings 이행 비율을 60%~75%로 적용하였을 때, ABC항공사의 경우, 연간 약 2,186,907kg의 연료를 감축할 수 있으며, 이는 6,889톤의 CO2감축효과가 있음.

○ Idle Reverse on Landings에 따른 온실가스 감축량은 아래식과 같이 정의됨.

$$CO_2\text{감축량} = \sum_{\text{공항}} \sum_{ACTypes} [(\text{기존 } Flap\ Landing\text{에 따른 항공기 기종별 평균연료소모량} - Reduced\ Flap\ Landing\text{에 따른 항공기 기종별 평균연료소모량}) \times \text{공항별, 항공기 기종별 착륙횟수} \times \text{공항별, 항공기 기종별 } Reduced\ Flap\ Landing\text{ 이행률} \times 3.15]$$

○ 식을 통해 공항의 기하구조적인 특성을 고려하고, 항공기 기종별로 Idle Reverse on Landings에 따른 CO2 감축량을 계산할 수 있음.

○ CO2 감축량 산정 정확도에 따라서, 항공기 기종 및 공항에 따른 기하학적 구조(터미널의 위치, 활주로의 방향 등) 뿐만 아니라 항공사의 Idle Reverse on Landings에 대한 SOP 및 기존 착륙 절차, 운항자료와 항공기 기종별 성능 데이터를 고려함으로써 보다 높은 수준의 정확도로 CO2 감축량을 산정하는 것이 가능함.

▪ Engine-Out Taxi-In

<감축 원리>

○ Engine-Out Taxi-In 절차의 운영 원리는 Engine-Out Taxi-Out절차와 동일하며, 활주로에 착륙하여 유도로에 진입하는 시점부터 게이트까지 지상활주를 하는 동안 기존에 사용하던 엔진의 수를 보다 적게 사용하는 절차를 말함

<기대 효과>

○ 아래 그림은 IATA에서 발표된 Engine-Out Taxi-In를 통한 온실가스 감축 기대효과를 나타내는 것으로 [그림 9]이 보여주는 결과는 가상의 항공사(ABC 항공사)를 대상으로 분석한 것이며, 여기에 사용된 ABC항공사의 기종별 운항 통계치는 아래 표와 같음.

Engine Out Taxi In	Potential Savings kg/yr	Target Improvement Percent	Fuel Burn Saving Kgs	CO2 Reduction Metric Tons	Total Savings in US$
A330-300	1,159,740 kg	80%	927,792 kg	2,923 t	$765,428
A320-200	1,605,333 kg	80%	1,284,267 kg	4,045 t	$1,059,520
B747-400	907,200 kg	60%	544,320 kg	1,715 t	$449,064
B777-200	1,154,250 kg	40%	461,700 kg	1,454 t	$380,903
B737-700	1,159,667 kg	75%	869,750 kg	2,740 t	$717,544
CRJ-200	663,667 kg	90%	597,300 kg	1,881 t	$492,773
ATR 72	256,667 kg	90%	231,000 kg	728 t	$190,575
Total	6,906,523 kg		4,916,129 kg	15,486 t	$4,055,806

[그림 9] Engine-Out Taxi-In 기대 효과 (가상 항공사)

[표] ABC 항공사 기종 별 운항 통계치

Aircraft Type	Number of Cycles	Taxi In Avg Min	Cool Down min.
A330-300	9,096	12'	03'
A320-200	48,160	08'	03'
B747-400	3,888	13'	03'
B777-200	8,100	12'	03'
B737-700	39,760	08'	03'
CRJ-200	39,820	07'	03'
ATR-72	55,000	05'	03'
Total	203,824	-	-

○ 가상의 항공사에서 시행한 Engine-Out Taxi-In 절차의 이행 비율 40%~90%를 가정할 때, 연간 약 4,916,129kg의 연료를 감축할 수 있으며, 이는 15,486톤의 CO2감축이 가능함.

○ Engine-Out Taxi-In 절차에 따른 온실가스 감축량은 아래식과 같이 정의됨.

$$CO_2\text{감축량} = \sum_{\text{공항}} \sum_{ACTypes} [\text{공항별 평균 } Taxi-In\text{거리} \times (\text{항공기기종별 단위거리당 } Taxi-In\text{연료소모량} - \text{항공기기종별 단위거리당 } Engine-out\ Taxi-In\text{연료소모량}) \times \text{공항별, 항공기기종별 이륙횟수} \times \text{공항별, 항공기기종별 } Engine-Out\ Taxi-In\text{절차 이행률} \times 3.15]$$

○ 식을 통해 공항의 기하구조적인 특성을 고려하고, 항공기 기종별로 Engine-Out Taxi-In 절차에 따른 CO2 감축량을 계산할 수 있음.

○ CO2 감축량 산정 정확도에 따라서, 항공기 기종 및 공항에 따른 기하학적 구조(터미널의 위치, 활주로의 방향 등) 뿐만 아니라 항공사의 Engine-Out Taxi-In 절차에 대한 SOP 및 기존 Taxi-In 절차, 지상활주 운항자료와 항공기 기종별 성능 데이터를 고려함으로써 보다 높은 수준의 정확도로 CO2 감축량을 산정하는 것이 가능함.

<사례 조사>

○ Taxi-In 사례도 Envisa의 보고서를 차용하였으며, 유럽 및 미국 공항의 사례를 분석하였음.

㉠ European aiports (taxiing-in)

	Fuel consumption (kg):Total	Emission of CO (kg):Total	Emission of CO_2 (kg):Total	Emission of UHC (kg):Total	Emission of NOx (kg):Total
DET	73.44	2.36	231.34	0.14	0.31
SET	55.81	1.79	175.82	0.11	0.24
EGTS	35.82	0.89	112.83	0.10	0.18
SET VS DET	-24%	-24%	-24%	-24%	-24%
EGTS VS DET	-51%	-62%	-51%	-29%	-41%
EGTS VS SET	-36%	-50%	-36%	-7%	-22%

[그림 10] Europe 공항에서의 Taxi-In 운영 방법에 대한 비교 (항공기 1대 기준)

○ 그림에서 나타나듯이 엔진 수를 적게 사용할수록 연료소모량이 줄어드는 것을 알 수 있음.

○ 각각의 지상활주 운영방법간 연료소모량을 비교 시, SET를 사용했을 때는 DET 대비 24%의 연료 절감 효과가, EGTS를 사용한 경우는 DET 대비 51% 연료 절감 효과가 나타났음.

○ CO2 비교 시, SET를 사용했을 때는 DET 대비 24%의 CO2 감축 효과가, EGTS를 사용한 경우는 DET 대비 51% CO2 감축 효과로 연료 절감비율과 동일하게 나타났음.

㉡ US aiports (taxiing-In)

	Fuel consumption (kg):Total	Emission of CO (kg):Total	Emission of CO_2 (kg):Total	Emission of UHC (kg):Total	Emission of NOx (kg):Total
DET	85.68	2.75	269.89	0.16	0.36
SET	63.65	2.04	200.49	0.12	0.27
EGTS	37.89	0.89	119.35	0.10	0.20
SET VS DET	-26%	-26%	-26%	-26%	-26%
EGTS VS DET	-56%	-67%	-56%	-38%	-45%
EGTS VS SET	-40%	-56%	-40%	-17%	-26%

[그림 11] US 공항에서의 Taxi-In 운영 방법에 대한 비교 (항공기 1대 기준)

○ 그림에서 나타나듯이 엔진 수를 적게 사용할수록 연료소모량이 줄어드는 것을 알 수 있음.

○ 각각의 지상활주 운영방법간 연료소모량을 비교 시, SET를 사용했을 때는 DET 대비 26%의 연료 절감 효과가, EGTS를 사용한 경우는 DET 대비 56% 연료 절감 효과가 나타났음.

○ CO2 비교 시, SET를 사용했을 때는 DET 대비 26%의 CO2 감축 효과가, EGTS를 사용한 경우는 DET 대비 56% CO2 감축 효과로 연료 절감비율과 동일하게 나타났음.

▪ Reduced Acceleration Altitude Departure Procedure

<감축 원리>

○ Reduced Acceleration Altitude Departure 절차란 이륙 후 3000피트 고도에서 플랩을 철회하는 기존의 방식과 달리 3000피트 이전의 고도에서 플랩을 철회하는 절차를 말함.

○ 플랩은 양력을 증가시키는 동시에 항력을 증가시켜 연료 소모량을 증가시킴. 따라서 Reduced Acceleration Altitude Departure 절차를 사용하는 경우 플랩 사용을 감소시켜 연료 소모량을 감축할 수 있음.

○ Reduced Acceleration Altitude Departure 절차에 따른 온실가스 감축량은 아래식과 같이 정의됨.

$$CO_2\text{감축량}(ton) = \sum_{procedure}\sum_{AC\ Type}\{(RAA \times F_{RAA} - RAA \times F_{non-RAA}) \times Flight\ \ Number\ \} \times 3.15$$

① RAA: 절차 별 항공기 기종 별 Reduced Acceleration Altitude Departure 절차 이행 비율

② $F_{non-RAA}$: 절차 별 항공기 기종 별 Reduced Acceleration Altitude Departure 절차 이행하지 않는 경우에 대한 연료 소모량

③ F_{RAA}: 절차 별 항공기 기종 별 Reduced Acceleration Altitude Departure 절차 이행 시 연료 소모량

④ $Flight\ Number$: 절차 별 항공기 기종 별 운항 횟수

<사례 조사>

① Boeing 社

○ Boeing은 자사의 항공기 중 다섯 개의 항공기 기종(717-200, 737-800, 777-200, 747-400, 747-400 Freighter)에 대하여 표준 출발절차와 Reduced Acceleration Altitude Departure 절차를 사용했을 경우에 대한 연료 소비량을 비교 분석하였음[7].

○ 아래 그림에는 다섯 개의 항공기 기종에 대한 비교결과가 나타나 있음. 네 번째 열에는 이륙 플랩 세팅이 나타나 있으며 다섯 번째 열에는 표준 및 Reduced Acceleration Altitude Departure 절차에 대한 연료 소비량이 각각 나타나 있음. 여섯 번째 줄에는 Low Noise Low Drag 접근절차를 사용함에 따라서 감축할 수 있는 연료량이 나타나 있음.

7) 참고문헌: IATA, “Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management”, 5th Edition, 2011

AIRPLANE MODEL	TAKEOFF GROSS WEIGHT *Pounds (kilograms)*	PROFILE TYPE	TAKEOFF FLAP SETTING	FUEL USED *Pounds (kilograms)*	FUEL DIFFERENTIAL *Pounds (kilograms)*
717-200	113,000 (51,256)	1	13	4,025 (1,826)	–
		2		3,880 (1,760)	145 (66)
737-800 Winglets	160,000 (72,575)	1	10	5,234 (2,374)	–
		2		5,086 (2,307)	148 (67)
777-200 Extended Range	555,000 (249,476)	1	15	14,513 (6,583)	–
		2		14,078 (6,386)	435 (197)
747-400	725,000 (328,855)	1	10	21,052 (9,549)	–
		2		20,532 (9,313)	520 (236)
747-400 Freighter	790,000 (358,338)	1	10	23,081 (10,469)	–
		2		22,472 (10,193)	609 (276)

[그림 12] Boeing 항공기 기종 별 Standard/Reduced Acceleration Altitude 출발 절차 비교 분석(참고문헌: IATA, “Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management”, 5th Edition, 2011)

○ 그림에 나타난 바와 같이 적은 경우에는 66kg(717-200)부터 많은 경우에는 276kg(747-400 Freighter)까지 연료를 감축할 수 있는 것으로 나타남.

○ 이에 추가적으로, Reduced Acceleration Altitude Departure 절차와 이륙 플랩 감소 방안을 동시에 사용하면 더욱 많은 연료를 감축할 수 있음을 보임.

▪ Continuous Climb Operation(CCO)

<감축 원리>

○ CCO란 활주로에서 이륙한 항공기가 순항고도에 이르기까지 최적의 비행경로로 상승하는 것을 의미하며, 여기서 “최적의 비행경로”란 상승과정에서의 일시적인(intermediate) level 비행을 최소화 하고 연속적으로 고도가 상승됨을 의미함.

○ 출발항공기의 경우 일반적으로 목표순항고도에 이르기 까지 몇 번의 level 비행을 하게 되는데, 주된 이유는 사용 중인 표준출발절차(SID) 내에 level 구간이 명시적으로 지정되어 있거나 또는 특정 waypoint에 상한 및 하한 고도가 설정되어 있기 때문임.

○ 이와 같은 고도 제한으로 인한 level 비행은 운항 효율을 감소시키며 최적의 비행경로로 상승할 때에 비해 더욱 많은 연료를 사용하게 됨.

○ CCO는 이와 같은 level 비행을 최소로 하여 항공기가 활주로를 이륙한 후부터 순항고도에 이르기까지 더욱 효율적인 비행을 가능케 함.

<기대 효과>

○ 아래 그림에는 IATA에서 발표된 CCO 도입에 따른 온실가스 감축 기대효과가 나타나 있음. 그림은 ABC항공사를 기준으로 한 결과임.

CDDs & T-Departures RNPs	Number Cycles	Saving per app.	Potential Savings kg/yr	Target Improvement Percent	Fuel Burn Saving Kgs	CO2 Reduction Metric Tons	Total Savings in US$
A330-300	9,096	100 kg	909,600 kg	7%	63,672 kg	201 t	$52,529
A320-200	48,160	50 kg	2,408,000 kg	4%	96,320 kg	303 t	$79,464
B747-400	3,888	200 kg	777,600 kg	8%	62,208 kg	196 t	$51,322
B777-200	8,100	150 kg	1,215,000 kg	7%	85,050 kg	268 t	$70,166
B737-700	39,760	50 kg	1,988,000 kg	4%	79,520 kg	250 t	$65,604
CRJ-200	39,820	30 kg	1,194,600 kg	2%	23,892 kg	75 t	$19,711
ATR 72	55,000	10 kg	550,000 kg	0%	0 kg	0 t	$0
Total			9,042,800 kg		410,662 kg	1,294 t	$338,796

[그림 13] Continuous Climb Operation 기대 효과 (참고문헌: IATA, “Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management”, 5th Edition, 2011)

○ CCO 이행비율을 0~8%로 가정하였을 때, ABC 항공사는 연간 약 410,662kg의 연료를 감축할 수 있으며, 이는 1,294톤의 CO2감축을 가져옴.

○ CCO는 CO2 감축에 추가적으로 다음과 같은 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대됨.

· 파일럿과 관제사간의 통신량 감소
· 파일럿 및 관제사의 업무량 감소
· 소음으로 인한 공역사용 제한 완화

○ CCO에 따른 온실가스 감축량은 아래식과 같이 정의됨.

$$CO_2\text{감축량}(ton) = \sum_{procedure} \sum_{AC\ Type} \{(CCO \times F_{non-cco} - CCO \times F_{cco}) \times Flight\ Number\} \times 3.15$$

⑤ *CCO*: 절차 별 항공기 기종 별 CCO 이행 비율
⑥ $F_{non-cco}$: 절차 별 항공기 기종 별 CCO 이행하지 않는 경우에 대한 연료 소모량
⑦ F_{cco}: 절차 별 항공기 기종 별 CCO 이행 시 연료 소모량
⑧ *Flight Number*: 절차 별 항공기 기종 별 운항 횟수

▪ Continuous Descent Operation(CDO)

<감축 원리>

○ CDO란 항공기가 순항단계에서 활주로에 이르기까지 최적의 비행경로로 강하하는 것을 의미하며, 여기서 “최적의 비행경로”란 접근 및 착륙단계에서의 일시적인(intermediate) level 비행을 최소화 하고 Top of Descent(TOD) 지점부터 Idle 엔진 상태로 비행할 수 있는 경로를 말함.

○ 도착항공기의 경우 일반적으로 TOD부터 활주로에 이르기 까지 몇 번의 level 비행을 하게 되는데, 주된 이유는 사용 중인 표준도착절차(STAR) 내에 level 구간이 명시적으로 지정되어 있거나 또는 특정 waypoint에 상한 및 하한 고도가 설정되어 있기 때문임.

○ 이와 같은 고도 제한으로 인한 level 비행은 운항 효율을 감소시키며 최적의 비행경로로 강하할 때에 비해 더욱 많은 연료를 사용하게 됨.

○ CDO는 이와 같은 level 비행을 최소로 하여 항공기가 TOD부터 활주로에 이르기까지 더욱 효율적인 비행을 가능케 함.

<기대 효과>

○ 아래 그림에는 IATA에서 발표된 CDO 도입에 따른 온실가스 감축 기대효과가 나타나 있음. 그림은 ABC항공사를 기준으로 한 결과임

CDOs & T-Arrivals RNPs	Number Cycles	Saving per app.	Potential Savings kg/yr	Target Improvement Percent	Fuel Burn Saving Kgs	CO2 Reduction Metric Tons	Total Savings in US$
A330-300	9,096	150 kg	1,364,400 kg	25%	341,100 kg	1,074 t	$281,408
A320-200	48,160	70 kg	3,371,200 kg	30%	1,011,360 kg	3,186 t	$834,372
B747-400	3,888	330 kg	1,283,040 kg	27%	346,421 kg	1,091 t	$285,797
B777-200	8,100	250 kg	2,025,000 kg	23%	465,750 kg	1,467 t	$384,244
B737-700	39,760	65 kg	2,584,400 kg	26%	671,944 kg	2,117 t	$554,354
CRJ-200	39,820	40 kg	1,592,800 kg	20%	318,560 kg	1,003 t	$262,812
ATR 72	55,000	15 kg	825,000 kg	0%	0 kg	0 t	$0
Total			13,045,840 kg		3,155,135 kg	9,939 t	$2,602,986

[그림 14] Continuous Descent Operation 기대 효과 (참고문헌: IATA, "Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management", 5th Edition, 2011)

○ CDO 이행비율을 20~30%로 가정하였을 때, ABC 항공사는 연간 약 3,155,135kg의 연료를 감축할 수 있으며, 이는 9,939톤의 CO2감축을 가져옴.

○ CDO는 CO2 감축에 추가적으로 다음과 같은 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대됨.

○ 파일럿과 관제사간의 통신량 감소

○ 파일럿 및 관제사의 업무량 감소

○ 소음으로 인한 공역사용 제한 완화

○ CDO에 따른 온실가스 감축량은 아래식과 같이 정의됨.

$$CO_2\text{감축량}(ton) = \sum_{procedure} \sum_{AC\ Type} \{(CDO \times F_{non\text{-}cdo} - CDO \times F_{cdo}) \times Flight\ Number\} \times 3.15$$

⑨ *CDO*: 절차 별 항공기 기종 별 CDO 이행 비율

⑩ $F_{non\text{-}cdo}$: 절차 별 항공기 기종 별 CDO 이행하지 않는 경우에 대한 연료 소모량

⑪ F_{cdo}: 절차 별 항공기 기종 별 CDO 이행 시 연료 소모량

⑫ *Flight Number*: 절차 별 항공기 기종 별 운항 횟수

○ 식을 통해 CO2 감축량을 산정하기 위해서는 Fnon-cdo 및 Fcdo를 산출하는 것이 핵심임. Fnon-cdo 및 Fcdo를 산출하기 위해서는 CCO와 동일하게 IFSET을 사용할 수 있음.

▪ Low Noise Low Drag Approach

<감축 원리>

○ Low Noise Low Drag Approach란 Stabilized approach[8]가 가능한 조건일 때, 공항 표고로부터 약 1000피트 고도로 강하할 때까지 최종 플랩 세팅을 지연하여 연료 소모량을 최소화하는 절차를 말함.

○ 플랩은 양력을 증가시키는 동시에 항력을 증가시켜 연료 소모량을 증가시킴. 따라서 Low Noise Low Drag Approach를 사용하는 경우 플랩 사용을 지연시켜 연료 소모량을 감소시킬 수 있음.

○ Low Noise Low Drag Approach 절차는 항공기 기종마다 다르게 구성됨. Boeing B737항공기의 경우 다음과 같은 순서로 접근을 수행함.

○ 기어를 내리고 flap 15로 세팅한 상태에서 flap 15 속도로 Glide slope와 정대함.

○ 1000피트 고도까지 접근한 후 착륙 플랩을 선택하고 최종 접근 속도로 감속

○ 착륙 체크리스트 점검

○ Low Noise Low Drag Approach에 의한 연료 감축량은 항공기 기종마다 약 15~380 파운드 정도로 다양하게 나타남.

○ Low Noise Low Drag Approach에 따른 온실가스 감축량은 아래식과 같이 정의됨.

$$CO_2\text{감축량}(ton) = \sum_{procedure}\sum_{AC\ Type}\{(LNLD \times F_{LNLD} - LNLD \times F_{non\text{-}LNLD}) \times Flight\ \ Number\ \} \times 3.15$$

⑬ *LNLD*: 절차 별 항공기 기종 별 Low Noise Low Drag Approach 이행 비율

⑭ $F_{non\text{-}LNLD}$: 절차 별 항공기 기종 별 Low Noise Low Drag Approach 이행하지 않는 경우에 대한 연료 소모량

⑮ F_{LNLD}: 절차 별 항공기 기종 별 Low Noise Low Drag Approach 이행 시 연료 소모량

⑯ *Flight Number*: 절차 별 항공기 기종 별 운항 횟수

<사례조사>

㉠ Boeing 社

○ Boeing은 자사의 항공기 중 네 개의 항공기 기종(737-800, 747-400, 767-300, 777-200)에 대하여 표준 접근절차와 Low Noise Low Drag 접근절차를 사용했을 경우에 대한 연료 소비량을 비교 분석하였음.

8) 다음의 조건이 만족하는 경우를 Stabilized Approach로 정의함
- 항공기가 올바른 비행경로에 위치할 것
- 항공기가 올바른 비행경로를 유지하기 위해 작은 방향 조정과 피치 조정이 필요할 것
- 비행속도가 V_{REF}+20노트와 V_{REF} 사이에 위치할 것
- 항공기가 올바른 착륙 설정을 갖고 있을 것
- 항공기 강하율이 분당 1000피트를 초과하지 않을 것
- 항공기 엔진 파워가 최소치 이상일 것

○ 아래 그림에는 네 항공기 기종에 대한 비교결과가 나타나 있음. 세 번째 열에는 착륙 플랩 세팅이 나타나 있으며 다섯 번째 열에는 표준 및 Low Noise Low Drag 접근절차에 대한 연료 소비량이 각각 나타나 있음. 여섯 번째 줄에는 Low Noise Low Drag 접근절차를 사용함에 따라서 감축할 수 있는 연료량이 나타나 있음.

AIRPLANE ENGINE	LANDING WEIGHT LBS (KG)	LANDING FLAP (DEG)	PROCEDURE	FUEL BURNED LBS (KG)	FUEL DIFFERENTIAL LBS (KG)
737-800 CFM56-7B24	120,000 (54,431)	30	Standard	230 (104)	
			Delayed	213 (97)	17 (8)
		40	Standard	266 (121)	
			Delayed	230 (104)	36 (16)
747-400 CF6-80C2B1F	450,000 (20,411)	25	Standard	590 (268)	
			Delayed	540 (245)	50 (23)
		30	Standard	610 (277)	
			Delayed	550 (250)	60 (27)
767-300 CF6-80C2B4	270,000 (122,469)	25	Standard	400 (181)	
			Delayed	370 (168)	30 (14)
		30	Standard	440 (200)	
			Delayed	390 (177)	50 (23)
777-200 GE90-94B	450,000 (204,411)	25	Standard	850 (385)	
			Delayed	790 (358)	60 (27)
		30	Standard	920 (417)	
			Delayed	820 (372)	100 (45)

[그림 15] Boeing 항공기 기종 별 Standard/Low Noise Low Drag 도착 절차 비교 분석 (참고문헌: IATA, “Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management”, 5th Edition, 2011)

○ 그림에 나타난 바와 같이 적은 경우에는 8kg(737-800/CFM56-7B24, Landing Flap 30deg)부터 많은 경우에는 45kg(777-200/GE90-94B, Landing Flap 30deg)까지 연료를 감축할 수 있는 것으로 나타남.

○ 하지만 Low Noise Low Drag Approach를 사용할 경우 실패접근 확률이 높아지며, 실패접근의 경우 많은 추가연료가 사용되므로 이에 대한 Trade-off 분석이 필요할 것으로 사료됨.

(라) 항공기 중량관리

① 기종별 중량 관리

○ 항공기의 기종별로 크기, 날개의 위치, 엔진의 출력, 좌석의 구성이 다르기 때문에 중량이 달라지면 변하는 연료소모도 각자 다름.

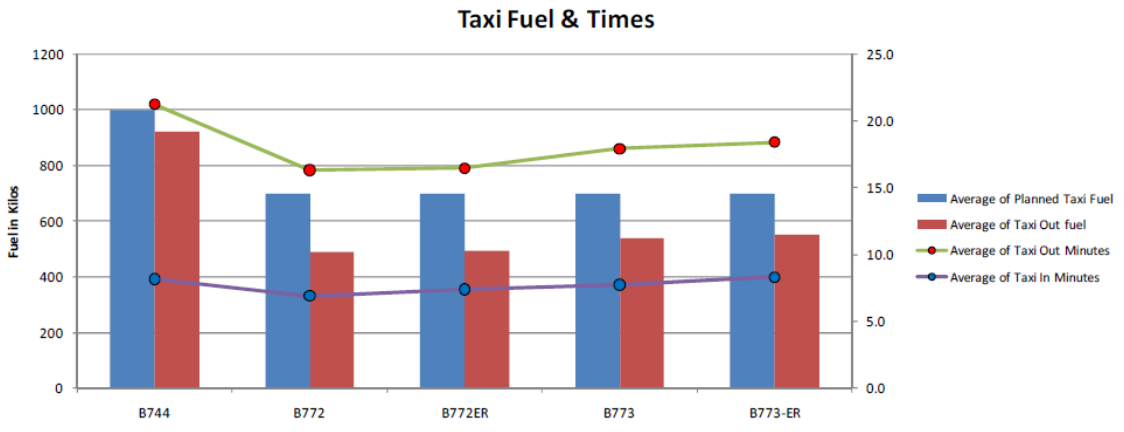
○ Fuel Penalty란 항공기의 중량이 1kg줄었을 때, 얼마만큼의 연료소모가 줄어드는지 알 수 있는 지표.

○ 각 기종은 고유의 Weight Factor가 산출되며, 이는 중량의 변화가 연료소모에 영향을 주는 지표임.
○ Weight Factor를 통해서 년당 소모되는 연료량, 그에 따른 경제성을 확인할 수 있음.
○ 각 항공사는 기종별 Fuel Penalty를 고려하여 항공사의 상황에 맞는 CI(Cost Index)를 선정함.

Fuel Penalty	Number of Aircraft	Weight Factor %	Fuel Penalty (kg/yr) 1kg - Fleet	Cost Penalty (US$) 1 kg - Fleet
A330-300	12.0	3.5%	1,999 kg	$1,649
A320-200	28.0	3.1%	2,296 kg	$1,894
B747-400	06.0	4.3%	1,221 kg	$1,007
B777-200	12.0	3.8%	2,213 kg	$1,825
B737-700	28.0	3.6%	2,752 kg	$2,270
CRJ-200	22.0	2.0%	880 kg	$726
ATR 72	22.0	1.9%	836 kg	$690
Total	130		12,197 kg	$10,062

② 항공사의 중량관리 기법

○ 최근 경제운항과 온실가스 배출이 맞물리며 항공사의 중량관리가 이슈화 됨.
○ 실시간 예약시스템(CSR)를 통해 출발 직전까지의 여객 및 화물의 현황을 파악하여 더 정확한 항공기의 중량을 추정할 수 있음.
○ 이를 사용하여 최적의 운항조건을 제시함.
○ 항공기의 자체 중량을 줄이기 위해 항공기의 페인트를 벗겨 도색되지 않은 항공기를 운항.
○ 과거 비행의 세부자료의 통계적 분석을 시행하여 감축가능부분을 감축.
○ 항공기 탑재 portable water 감축.
○ 항공사 도자기 그릇을 일회용 그릇으로 대체.
○ 유리 와인병을 페트병으로 대체.
○ Standard Taxi Fuel Allowance와 실제 Taxi Fuel의 사용량을 비교하여 감축.



○ 과거 비행 데이터에 의해 5~10%로 지정된 보정연료가 과도한 탑재라는 것을 증명하여 항공사별 3%까지 보정연료 감축.
○ 보정연료는 비행 후 남더라도 다 사용되었다고 가정하여 다음 연료주입에 고려되지 않고 연료가 주입됨.
○ 이를 고려하여 실제 남은 연료량을 정확히 산출하고 다음 비행에 적용.
○ Decision Point Re-dispatch 운항을 사용하여, 항공기의 최종목적지까지 도달하는 거리를 조절함.
○ Decision Point Re-dispatch는 보정연료를 기존의 비행보다 3분의 1까지 줄일 수 있는 방법.

③ 중량관리에 따른 온실가스 배출량 감소 기법[9)]

▪ Over Tankering

<감축 원리>

○ 연료 탱커링(Tankering)은 유가가 높은 공항에서의 급유를 최소화하기 위해, 출발공항에서의 요구량보다 많은 연료를 탑재하여 운영하는 절차임.
○ 필요 이상의 연료량을 추가로 탑재하게 되면 항공기의 무게 증가로 인한 추가적인 연료소모를 발생시키기 때문에 항공사의 확실한 상업적 이득이 있을 시에만 고려되어야 함.
○ 비행 계획 시스템에 있어 연료 탱커링은 필수적인 요소로, 시스템은 다양한 부분에서 연료 탱커링의 가능성을 자동으로 계산하고 운항관리사에게 회사 정책 및 경제적 관점에서 요구되는 탱커 연료의 양을 제시해야 함.
○ 현 시스템에서 탱커링 연료는 도착 공항의 활주로 제동 상태가 나쁘거나 나쁜 제동 상태를 예보한 경우, 도착 공항의 활주로가 매우 짧은 경우, 엔진 고장 시 복행 한계가 운행에 우려가 되는 온도가 높거나 높은 공항의 경우, 낮은 온도나 상대적으로 높은 습도, 강우량으로 인하여 연료 탱커링에 대한 우려가 있는 경우에는 제한되도록 하고 있음.
○ 최적의 비행 계획 시스템을 통해 항공기 프로파일이 임무 요구 사항을 충족하는 가장 낮은 연료 소모를 생성하여, 추가적으로 탑재된 연료가 추가 연료 수송에서 소모되도록 한다면 연료 탑재량을 낮출 수 있음.

<기대효과>

○ 아래 그림에는 IATA에서 발표된 최적화된 탱커링 연료 탑재를 통한 온실가스 감축 기대효과가 나타나 있음. 결과는 가상의 항공사(ABC 항공사)를 대상으로 분석한 것임.

9) 참고문헌: IATA, “Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management”, 5th Edition, 2011) 에서 발췌 정리

Over Tankering	Fuel Penalty (kg/yr) 1 kg / Fleet	Number of Cycles	% of Flts that Tanker Fuel	Nbr Tanker Flights	Avg Over Tankering	Percentage Improvement	Fuel Burn Saving Kgs	CO2 Reduction Metric Tons	Total Savings in US$
A330-300	1,999 kg	9,096	20%	1819	500 kg	50%	99,960 kg	315 t	$82,467
A320-200	2,296 kg	48,160	10%	4816	200 kg	50%	22,959 kg	72 t	$18,941
B747-400	1,221 kg	3,888	20%	778	600 kg	50%	73,267 kg	231 t	$60,445
B777-200	2,213 kg	8,100	0%	0	0 kg	0%	0 kg	0 t	$0
B737-700	2,752 kg	39,760	10%	3976	200 kg	50%	27,518 kg	87 t	$22,703
CRJ-200	880 kg	39,820	0%	0	0 kg	0%	0 kg	0 t	$0
ATR 72	836 kg	55,000	0%	0	0 kg	0%	0 kg	0 t	$0
Total							223,704 kg	705 t	$184,556

[그림 16] 최적화된 탱커링 연료 탑재 기대 효과 (참고문헌: IATA, “Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management”, 5th Edition, 2011)

○ 최적화된 탱커링 연료 탑재로, ABC 항공사는 연간 약 222,704kg의 연료를 감축할 수 있으며, 이는 705톤의 CO2감축을 가져옴.

○ 최적화된 탱커링 연료 탑재에 따른 온실가스 감축량은 아래식과 같이 정의됨

$$CO_2\text{감축량}\ (ton) = (\text{현재 수준의 탱커링 연료량} - \text{비행계획 시스템을 통해 최적화된 탱커링 연료량}) \times 3.15$$

▪ CG Management

<감축 원리>

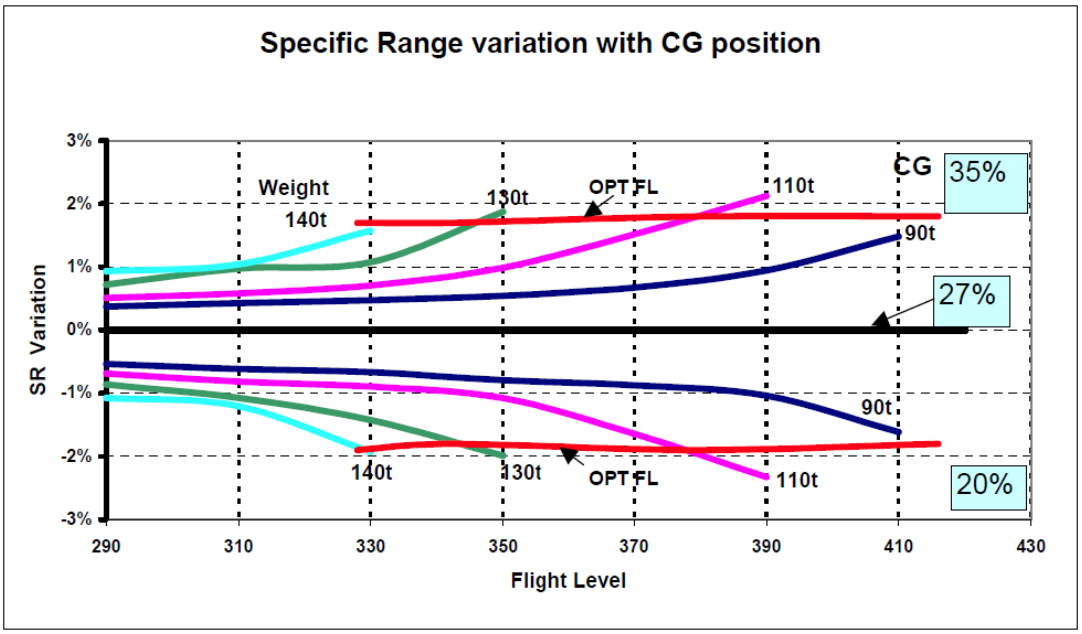
○ 항공기의 무게중심(CG)는 항공기의 안정성을 고려하여 CG 전방한계와 후방한계 사이에 위치하도록 관리함.

○ 항공기의 무게중심이 전방한계에 가까울수록 기수들림 모멘트를 발생시키기 위해 수평안정판의 양력 감소가 필요하며, 이를 상쇄하기 위한 추가적인 양력이 필요하게 됨. 이는 유도항력을 증가시켜 결과적으로 연료 소모량을 증가시킴.

○ 무게중심의 변화에 따른 항공기 항력의 증가는 항공기 기종별로 다양하게 나타나며, 크게는 약 3%의 유도항력 증가를 가져올 수 있음.

○ 아래 그림은 A310기종에 대한 무게중심 변화와 비항속거리(SR: Specific Range)의 관계를 보여주고 있음. 그림에서 볼 수 있듯이 항공기의 무게중심이 후방한계(35%)에 가까울수록 비항속거리가 증가하며, 전방한계(20%)에 가까울수록 감소하는 것을 확인할 수 있음.

○ 따라서 항공기의 무게중심을 최적의 위치에 배치함으로써 연료소모량을 감축시키고 이에 따라 온실가스 배출량을 감소시킬 수 있음.



[그림 17] Specific Range variation with CG Position (참고문헌: IATA, "Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management", 5th Edition, 2011)

<기대 효과>

○ 아래 그림에는 IATA에서 발표된 CG Management를 통한 온실가스 감축 기대 효과가 나타나 있음. 그림의 결과는 가상의 항공사(ABC 항공사)를 대상으로 분석한 것이며, ABC항공사의 기종 별 운항 통계치는 아래표와 같음.

Loadplanning CG Management	Target Improvement	Fuel Burn Saving Kg	CO2 Reduction Metric Tons	Total Savings in US$
A330-300	60%	471,240 kg	1,484 t	$388,773
A320-200	50%	9,794 kg	31 t	$8,080
B747-400	60%	614,249 kg	1,935 t	$506,755
B777-200	50%	662,298 kg	2,086 t	$546,396
B737-700	50%	227,887 kg	718 t	$188,007
CRJ-200		0 kg	0 t	$0
ATR 72		0 kg	0 t	$0
Total		1,985,468 kg	6,254 t	$1,638,011

[그림 18] CG Management 기대 효과 (참고문헌: IATA, "Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management", 5th Edition, 2011)

[표] ABC 항공사 기종 별 운항 통계치 (참고문헌: IATA, “Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management”, 5th Edition, 2011)

Aircraft Type	Number of Aircraft	Number of Cycles	Total Flight Hours per Fleet/Year
A330-300	12	9096	57120
A320-200	28	48160	74060
B747-400	6	3888	28398
B777-200	12	8100	58224
B737-700	28	39760	76440
CRJ-200	22	39820	44000
ATR-72	22	55000	44000
Total	130	203824	382242

○ CG Management 이행 비율을 50~60%로 가정하였을 때, ABC 항공사는 연간 약 1,985,468kg의 연료를 감축할 수 있으며, 이는 6,254톤의 CO2감축을 가져옴.

○ CG Management에 따른 온실가스 감축량은 아래식과 같이 정의됨.

$$CO_2\text{감축량}(ton) = \sum_{AC\ Type} \text{항공기 기종 별 연간 연료소모량} \times \text{항공기 기종 별 } CG \text{ 변경에 따른 연료감축비} \times \text{항공기기종 별 } CG\ Management \text{ 이행률}$$

○ 식을 통해 CO2 감축량을 산정하기 위해서는 항공기 기종 별 무게중심 변경에 따른 연료감축량을 계산하는 것이 핵심임. 항공기 기종 별 무게중심 변경에 따른 연료감축량은 분석 대상 항공사의 과거 Load Planning자료와 항공기 기종 별 성능 데이터를 통해 아래식과 같이 계산할 수 있음.

$$CG \text{ 변경에 따른 연료감축비} = (\text{평균 } CG\text{에서의 연료소비율} - \text{최적}CG\text{에서의 연료소비율})$$

<사례조사>

㉠ AIRBUS 社

○ AIRBUS는 자사의 항공기 중 일부 항공기에 대하여 CG Management에 따른 비항속거리 증가치를 발표하였음. AIRBUS에서 발표한 네 개의 기종(A300-600, A310, A330, A340)에 대해서 CG의 전방배치와 후방배치에 대한 비항속거리 증감은 아래 그림과 같음.

Aircraft Type	Aft CG(35-37%)	Fwd CG(20%)
A300-600	+1.7%	-0.9%
A310	+1.8%	-1.8%
A330	+0.5%	-1.3%
A340	+0.6%	-0.9%

[그림 19] CG Management에 따른 비항속거리 변화율

○ 그림에서 볼 수 있듯이 최대 3.8%(A310)부터 최소 1.5%(A340)의 비항속거리 차이가 발생함.

○ AIRBUS는 운항관리 단계에서 무게중심을 관리하는 데에 추가적으로 순항 단계에서도 최적의 연료소모율로 운항할 수 있도록 실시간으로 무게중심을 관리하는 연료 공급 장치를 개발하였음.

㉡ ATR 社

○ ATR은 자사의 소형항공기들의 경우 대형 항공기에 비해 CG Management로 인한 연료 감축량이 크지 않지만 여전히 연료효율이 증가한다고 발표함. 이에 추가적으로 자사의 ATR 72-500 항공기에 대하여 300해리 비행 시에 CG Management를 통한 연료 감축비율을 분석하였음.

○ 아래 그림들에는 무게중심이 17%의 위치일 때의 운항과 비교하여 34%와 17%에 무게중심을 위치하였을 때에 대한 운항 결과가 각각 나타나 있음. 그림에서 볼 수 있듯이, 무게중심이 34%에 위치할 때 17%에 위치할 때에 비하여 연료효율이 약 1.2% 증가하였음

Flight conditions	Airline Policy	Trip fuel (kg)	Delta (kg)	Delta (%)	Trip time	Delta (min)	Cruise FL
Aft balance 34%	Mini time	897	-2	-0.2	1h15	+0	180
	Mini fuel	821	-5	-0.6	1h20	+0	230

[그림 20] 34% CG인 경우 운항 결과

Flight conditions	Airline Policy	Trip fuel (kg)	Delta (kg)	Delta (%)	Trip time	Delta (min)	Cruise FL
Forward balance 17%	Mini time	901	+2	+0.2	1h15	+0	180
	Mini fuel	831	+5	+0.6	1h20	+0	230

[그림 21] 17% CG인 경우 운항 결과

▪ Accurate ZFW Estimation

<감축 원리>

○ Zero Fuel Weight(ZFW)는 연료를 제외하고 승객 및 수하물을 모두 포함한 항공기의 무게로써 비행에 필요한 연료를 계산하는 기준이 됨.

○ 운항 계획단계에서 산정된 ZFW에는 오차가 존재하며 이러한 오차를 고려하여 안전상의 이유로 추가적인 연료를 탑재함. 따라서 ZFW의 오차가 클수록 안전을 고려하여 더욱 많은 추가연료를 탑재하게 되며 이는 항공기의 무게를 증가시켜 결과적으로 연료소비율을 증가시킴.

○ 따라서 ZFW의 산정오차 감축은 추가연료 감소와 직접적으로 연결되며 온실가스 감축에 기여함.

<기대 효과>

○ 아래그림 에는 IATA에서 발표된 ZFW 산정 정확도 향상을 통한 온실가스 감축 기대효과가 나타나 있음. 그림 은 ABC항공사를 기준으로 한 결과임

Loadplanning ZFW Accuracy	Target Improvement	Fuel Burn Saving Kg	CO2 Reduction Metric Tons	Total Savings in US$
A330-300	50%	549,253 kg	1,730 t	$453,133
A320-200	50%	65,668 kg	207 t	$54,176
B747-400	50%	862,916 kg	2,718 t	$711,906
B777-200	50%	1,057,607 kg	3,331 t	$872,526
B737-700	50%	114,275 kg	360 t	$94,277
CRJ-200	20%	1,945 kg	6 t	$1,604
ATR 72	0%	0 kg	0 t	$0
Total		2,651,664 kg	8,353 t	$2,187,623

[그림 22] Accurate ZFW Estimation 기대 효과 참고문헌: IATA, “Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management”, 5th Edition, 2011)

○ ZFW 산정오차 감축비율을 약 50%로 가정하였을 때, ABC 항공사는 연간 약 2,651,664kg의 연료를 감축할 수 있으며, 이는 8,353톤의 CO2감축을 가져옴.

○ ZFW 산정오차 감소에 따른 온실가스 감축량은 아래식과 같이 정의됨

$$CO_2\text{감축량}(ton) = \sum_{AC\ Type}\text{항공기 기종 별 } Fuel\ Penalty(kg/year) \times\text{항공기 기종 별 } Overfuelling \times\text{항공기 기종 별 } ZFW\text{ 산정오차 감축률} \times 3.15$$

○ 여기서 항공기 기종 별 Fuel Penalty는 항공기의 총 무게가 단위무게(1kg)만큼 증가하였을 때 연간 손실되는 연료의 양을 의미하며 다음과 같이 계산할 수 있음.

$$Fuel\ Penalty = Weight\ Factor \times Flight\ Hours \times Weight\ Change$$

- Weight Factor: 기종 별 단위시간(1시간)동안 단위무게(1kg)을 운송하기 위하여 소모되는 연료량
- Flight Hours: 비행 시간
- Weight Change: 기준 항공기 총 무게 대비 무게 변화량

○ 또한 항공기 기종 별 Overfuelling은 ZFW 산정오차로 인하여 탑재한 불필요한 연료량으로써 다음과 같이 계산할 수 있음

$$Overfuelling = Average\ Cycle\ Length \times Weight\ Factor \times (PZFW - AZFW)$$

- Average Cycle Length: 기종 별 평균 비행 시간
- Weight Factor: 기종 별 단위시간(1시간)동안 단위무게(1kg)을 운송하기 위하여 소모되는 연료량
- PZFW(Planned Zero Fuel Weight): 비행 계획 당시 산정된 ZFW
- AZFW(Actual Zero Fuel Weight): 실제 ZFW

가) 탑재 연료량 감축에 의한 항공기 영향

① 연료량과 온실가스 배출량 상관관계

○ IATA에서 항공기의 연료중량 감축을 위해 여러 가지 방안과 그 방안에 대한 예상결과를 보고함.

○ 항공기의 보정연료를 5%에서 3%로 감축했을 때 나타나는 영향으로 각 기종별로 감소되는 연료소모량을 알 수 있으며 이는 곧 온실가스 감축이 됨.

EU-OPS RCF 5%>3%	Target Improvement	Fuel Burn Saving Kgs	CO2 Reduction Metric Tons	Total Savings in US$
A330-300	80%	1,104,782 kg	3,480 t	$911,445
A320-200	80%	48,439 kg	153 t	$39,962
B747-400	80%	1,469,856 kg	4,630 t	$1,212,632
B777-200	80%	1,654,002 kg	5,210 t	$1,364,552
B737-700	80%	134,133 kg	423 t	$110,660
CRJ-200	40%	8,670 kg	27 t	$7,153
ATR 72	0%	0 kg	0 t	$0
Total		4,419,883 kg	13,923 t	$3,646,403

○ 비행 후 항공기 내부에 남은 보정연료를 고려하여 연료주입을 한다고 가정했을 때, 절약되는 항공기의 연료량 분석.

○ 남은 보정연료가 5%라고 가정된 항공기의 절약연료, 이산화탄소 감축량, 수익

분석.

CF Unprotected 5% (A to B)	Target Improvement	Fuel Burn Saving Kgs	CO2 Reduction Metric Tons	Total Savings in US$
A330-300	20%	151,762 kg	478 t	$125,203
A320-200	20%	4,452 kg	14 t	$3,673
B747-400	20%	288,526 kg	909 t	$238,034
B777-200	20%	282,369 kg	889 t	$232,954
B737-700	20%	8,733 kg	28 t	$7,205
CRJ-200	0%	0 kg	0 t	$0
ATR 72	0%	0 kg	0 t	$0
Total		735,841 kg	2,318 t	$607,069

○ 남은 보정연료가 3%라고 가정된 항공기의 절약연료, 이산화탄소 감축량, 수익 분석.

CF Unprotected 3% (A to B)	Target Improvement	Fuel Burn Saving Kgs	CO2 Reduction Metric Tons	Total Savings in US$
A330-300	65%	295,936 kg	932 t	$244,147
A320-200	0%	0 kg	0 t	$0
B747-400	65%	562,626 kg	1,772 t	$464,166
B777-200	65%	550,619 kg	1,734 t	$454,261
B737-700	0%	0 kg	0 t	$0
CRJ-200	0%	0 kg	0 t	$0
ATR 72	0%	0 kg	0 t	$0
Total		1,409,180 kg	4,439 t	$1,162,574

○ Taxi fuel을 Standard Taxi Fuel allowance에 맞추지 않고 비행조건에 맞춰 연료량을 줄여서 넣은 항공기의 절약연료, 이산화탄소 감축량 수익 분석.

Taxi Fuel Excess Standard Load	Fuel Penalty (kg/yr) 1 kg / Fleet	Avg Extra per Flight	Target Improvement	Fuel Burn Saving Kgs	CO2 Reduction Metric Tons	Total Savings in US$
A330-300	1,999 kg	100 kg	75%	149,940 kg	472 t	$123,701
A320-200	2,296 kg	50 kg	65%	74,615 kg	235 t	$61,558
B747-400	1,221 kg	200 kg	75%	183,167 kg	577 t	$151,113
B777-200	2,213 kg	150 kg	75%	248,908 kg	784 t	$205,349
B737-700	2,752 kg	50 kg	65%	89,435 kg	282 t	$73,784
CRJ-200	880 kg	0 kg	0%	0 kg	0 t	$0
ATR 72	836 kg	0 kg	0%	0 kg	0 t	$0
Total				746,065 kg	2,350 t	$615,504

② 탑재연료량 관리를 통한 온실가스 배출 감소기법[10)]

▪ Flight Dispatch - Additional Fuel

<감축 원리>

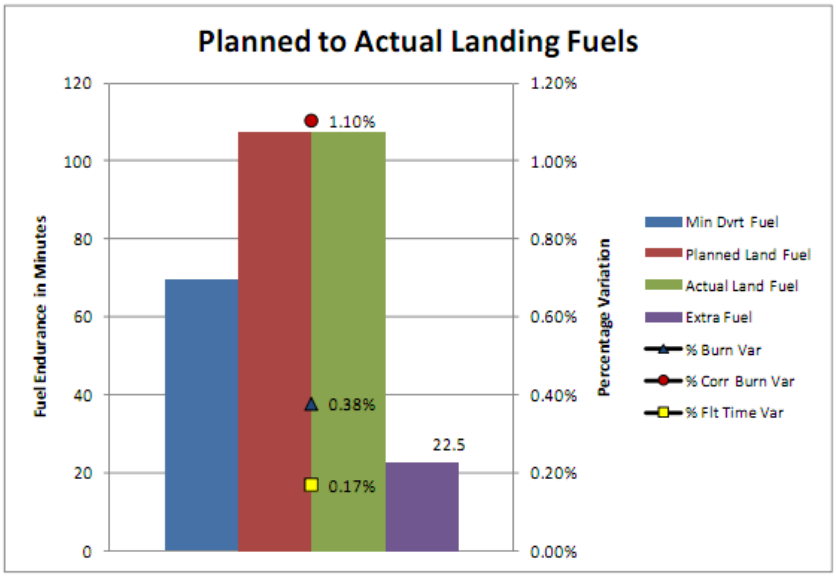
○ 추가 연료 및 회사 자체 보정 연료는 비상 연료와 기타 필요한 연료 이상으로 탑재됨.

○ 해당 연료에 대한 탑재 관리는 운항관리사나 비행 계획자의 역할에 달려 있

10) 참고문헌: IATA, “Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management”, 5th Edition, 2011)에서 발췌 정리

음. 많은 항공사들은 연료 관리 정보 시스템(Fuel Management Information System)을 개발하여 운항관리사와 조종사에게 과거 실제 연료 사용량에 대한 정보를 제공하고 있음.

○ 아래 그림은 1년 간 연료 관리 정보 시스템을 통한 계획 연료와 실제 탑재 연료량의 차이는 매우 적으나, 항공사는 항공기 당 평균 22.5분의 추가 연료를 탑재하는 것을 보이고 있음.



[그림 23] Fuel MI Summary of Landing Fuel Loads 참고문헌: IATA, "Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management", 5th Edition, 2011)

○ 탑재량에 대한 정확도 및 데이터에 대한 신뢰도를 높여 비행에 필요한 추가 연료량 결정에 대한 지침이 있다면, 필요 이상으로 탑재되는 추가 연료의 양을 줄일 수 있음.

○ 이는 결과적으로 연료 소비를 줄여 온실가스 배출을 감축할 수 있음.

<기대효과>

○ 아래 그림에는 IATA에서 발표된 Dispatcher Additional Fuel을 통한 온실가스 감축 기대 효과가 나타나 있음. 그림의 결과는 가상의 항공사(ABC 항공사)를 대상으로 분석한 것임.

Flight Dispatch Additional Fuel	Fuel Penalty (kg/yr) 1 kg / Fleet	Avg Wt Extra	Additional Fuel Burn (kg/yr)	Target Improvement	Fuel Burn Saving Kgs	CO2 Reduction Metric Tons	Total Savings in US$
A330-300	1,999 kg	300 kg	599,760 kg	50%	299,880 kg	945 t	$247,401
A320-200	2,296 kg	100 kg	229,586 kg	30%	68,876 kg	217 t	$56,823
B747-400	1,221 kg	400 kg	488,446 kg	50%	244,223 kg	769 t	$201,484
B777-200	2,213 kg	300 kg	663,754 kg	50%	331,877 kg	1,045 t	$273,798
B737-700	2,752 kg	100 kg	275,184 kg	30%	82,555 kg	260 t	$68,108
CRJ-200	880 kg	75 kg	66,000 kg	30%	19,800 kg	62 t	$16,335
ATR 72	836 kg	50 kg	41,800 kg	30%	12,540 kg	40 t	$10,346
Total			2,364,529 kg		1,059,751 kg	3,338 t	$874,294

[그림 24] 운항관리사의 추가 탑재 연료 감축 기대 효과

○ 효과적인 연료 관리 정보 시스템의 사용으로, ABC 항공사는 연간 약 1,059,751kg의 연료를 감축할 수 있으며, 이는 3,338톤의 CO2감축을 가져옴

① CO2 감축량 산정방법

(2) Dispatcher Additional Fuel에 따른 온실가스 감축량은 아래식과 같이 정의됨

$$CO_2\text{감축량 } (ton) = (\text{현재 수준의 추가 연료 탑재량} - \text{연료 관리 정보 시스템에 의한 탑재량}) \times 3.15$$

▪ Fuel Bias - Flight Planning System

<감축 원리>

○ 정확한 연료 편중 수치는 효과적인 연료 관리 프로그램의 주요한 요소이며, 계획된 연료 수치의 정확한 결과를 위해 요구됨.

○ 연료 편중에 대한 초기 입력값은 정비 및 기술 부서나 항공기 성능 모니터링 시스템(APM)으로부터 도출된 수치에 의해 제공되고 있음. 만일 APM 수치가 정확하지 않다면, 특정 오류가 시스템에 나타날 수 있음.

○ 이는 항공기 무게에 대한 정확한 계산 및 APM 수치 및 FPS와 FMS의 관계 정확성에 주요한 역할을 하며, 정확하지 않은 항공기 무게 APM과 FPS, FMS의 관계에 불안정한 영향을 주게 됨.

○ 항공사들은 연료 관리 정보 시스템을 개선하여, 비행 계획 시스템의 정확한 연료 편중 수치를 계산하기 위해 주의를 기울이고 있음.

○ 시스템의 정확한 연료 편중값에 대한 관리를 통하여 항공기 비행 정보 및 무게 계산이 정확히 이루어질 수 있으며, 이를 통해 연료 소모를 줄일 수 있어 온실가스의 감축이 가능함.

<기대효과>

○ 아래 그림에는 IATA에서 발표된 비행 계획 시스템의 연료 편중값에 대한 관리를 통한 기대효과가 나타나 있음. 결과는 가상의 항공사(ABC 항공사)를 대상으로 분석한 것임.

Fuel Bias (Flight Planning System)	Fuel Penalty (kg/yr) 1 kg / Fleet	Flt Burn Kg/Hr	Avg Cycle Length	Bias Error	Additional Fuel Carried	Fuel Burn Saving Kgs	CO2 Reduction Metric Tons	Total Savings in US$
A330-300	1,999 kg	5,500	6.28	0.5%	173 kg	345,244 kg	1,088 t	$284,827
A320-200	2,296 kg	2,645	1.54	0.5%	20 kg	46,692 kg	147 t	$38,521
B747-400	1,221 kg	10,300	7.30	0.5%	376 kg	459,330 kg	1,447 t	$378,947
B777-200	2,213 kg	6,500	7.19	0.5%	234 kg	516,876 kg	1,628 t	$426,422
B737-700	2,752 kg	2,385	1.92	0.5%	23 kg	63,089 kg	199 t	$52,049
CRJ-200	880 kg	1,200	1.10	0.5%	7 kg	5,834 kg	18 t	$4,813
ATR 72	836 kg	650	0.80	0.5%	3 kg	2,174 kg	7 t	$1,793
Total						1,439,239 kg	4,534 t	$1,187,372

[그림 25] 비행 계획 시스템의 연료 편중값에 대한 관리를 통한 기대효과

○ 비행 계획 시스템의 연료 편중값에 대한 관리로, ABC 항공사는 연간 약

1,439,239kg의 연료를 감축할 수 있으며, 이는 4,534톤의 CO2감축을 가져옴.

○ 비행 계획 시스템의 연료 편중값에 대한 관리에 따른 온실가스 감축량은 아래 식과 같이 정의됨

$$CO_2\text{감축량 } (ton) = (\text{현재 수준의 연료량} - \text{정확한 비행계획 시스템의 계산을 통해 감축된 무게에 따른 감축량}) \times 3.15$$

▪ Taxi Fuel Excess Standard Load

<감축 원리>

○ 많은 항공사들은 표준 활주 연료 허용량을 사용하고 있음.

○ 많은 상황에서 이러한 표준 허용량은 활주에 필요한 연료 요구량을 초과하여 항공기 이륙 시에 비 소모된 활주 연료가 탱크에 남아 있게 됨.

○ 이로 인하여 추가된 이륙 연료를 목적지까지 운반하는데 추가적인 연료를 소모하게 되어 효율성에 영향을 줌.

○ 그러나 반대로 일부 공항에서는 실제 활주 소모량이 허용치를 초과하기도 함.

○ 이는 조종사가 추가 연료를 탑재하도록 하여 추가 연료에 대한 문제를 악화시킴.

○ 통계적인 활주 시간과 연료 탑재를 채택하여, 초과되는 활주 연료 허용량의 탑재를 줄이고 이를 통해 무게 감축으로 소모 연료가 감소하고 온실가스를 감축할 수 있음.

<기대 효과>

○ 아래 그림에는 IATA에서 발표된 통계적 활주 연료 탑재에 따른 기대효과가 나타나 있음. 결과는 가상의 항공사(ABC 항공사)를 대상으로 분석한 것임.

Taxi Fuel Excess Standard Load	Fuel Penalty (kg/yr) 1 kg / Fleet	Avg Extra per Flight	Target Improvement	Fuel Burn Saving Kgs	CO2 Reduction Metric Tons	Total Savings in US$
A330-300	1,999 kg	100 kg	75%	149,940 kg	472 t	$123,701
A320-200	2,296 kg	50 kg	65%	74,615 kg	235 t	$61,558
B747-400	1,221 kg	200 kg	75%	183,167 kg	577 t	$151,113
B777-200	2,213 kg	150 kg	75%	248,908 kg	784 t	$205,349
B737-700	2,752 kg	50 kg	65%	89,435 kg	282 t	$73,784
CRJ-200	880 kg	0 kg	0%	0 kg	0 t	$0
ATR 72	836 kg	0 kg	0%	0 kg	0 t	$0
Total				746,065 kg	2,350 t	$615,504

[그림 26] 통계적 활주 연료 탑재에 따른 기대 효과

○ 통계적 결과를 통한 활주 연료 탑재를 통해, ABC 항공사는 연간 약 746,065kg의 연료를 감축할 수 있으며, 이는 2,350톤의 CO2감축을 가져옴

○ 통계적 결과를 통한 활주 연료 탑재에 따른 온실가스 감축량은 아래식과 같이 정의됨

$$CO_2\text{감축량 } (ton) = (\text{현재 수준의 활주 연료량} - \text{통계적 활주 연료량 채택에 따른 탑재 감축 연료량 }) \times 3.15$$

▪ Flight Crew - Additional Fuel

<감축 원리>

○ 추가 탑재 연료량에 대한 결정은 항공사 별로 다르게 운영하고 있음.

○ 일부 항공사들은 추가 연료량과 요구량에 대한 최적화 작업은 운항관리사가 수행하지만 조종사가 최종 결정할 수 있도록 함.

○ 반면 일부 항공사들은 운항관리사들이 해당 항로와 목적지 공항에 대한 최신 정보를 획득하고 있고 관제사들과 지속적으로 접촉함으로서 합리적으로 추가 연료량을 산출할 수 있기에 운항관리사가 추가 연료 탑재에 대한 주도권을 행사함.

○ 추가 연료관련 의사 결정은 항공사의 안전 의식 수준과 관련이 있으며, 어떤 상황에서는 교체공항 사용 대비 연료는 탑재하지 않고 목적지 공항에서 20분 정도 지연되는 경우만을 고려하여 연료 추가량을 산출하기도 함.

○ 항공사들은 실시간 연료 정보를 이용하여 추가 연료량을 결정하는 시스템을 활용할 수 있으며, 추가 연료량 결정 지침을 제공할 수 있음.

○ 현재와 같이 비행계획 시스템이 정교하고 항법 능력이 정밀화된 상황에서는 추가 탑재 연료는 대부분 사용되지 않고 남아 있음.

○ 이와 같은 추가 연료에 대한 연료 관리 절차를 개선하여 온실가스 감축이 가능함.

<기대 효과>

○ 아래 그림에는 IATA에서 발표된 운항승무원에 의한 추가 연료 최적화에 따른 기대효과가 나타나 있음. 결과는 가상의 항공사(ABC 항공사)를 대상으로 분석한 것임.

Flight Crew Additional Fuel	Fuel Penalty kg/yr/fleet	Avg Wt Extra	Total Fuel Burn Incurred in kg	Target Improvement	Fuel Burn Saving Kgs	CO2 Reduction Metric Tons	Total Savings in US$
A330-300	1,999 kg	1,850 kg	3,698,520 kg	50%	1,849,260 kg	5,825 t	$1,525,640
A320-200	2,296 kg	450 kg	1,033,137 kg	40%	413,255 kg	1,302 t	$340,935
B747-400	1,221 kg	2,750 kg	3,358,064 kg	50%	1,679,032 kg	5,289 t	$1,385,201
B777-200	2,213 kg	2,200 kg	4,867,526 kg	40%	1,947,011 kg	6,133 t	$1,606,284
B737-700	2,752 kg	600 kg	1,651,104 kg	45%	742,997 kg	2,340 t	$612,972
CRJ-200	880 kg	200 kg	176,000 kg	40%	70,400 kg	222 t	$58,080
ATR 72	836 kg	100 kg	83,600 kg	50%	41,800 kg	132 t	$34,485
Total			14,867,951 kg		6,743,754 kg	21,243 t	$5,563,597

[그림27] 운항승무원에 의한 추가 연료 최적화에 따른 기대 효과

○ IATA 사례에 의하면 A330-300의 경우 기존 추가 탑재 연료가 1,850kg이고 개선된 절차에 의한 추가 탑재 연료량을 평균 50% 감소시킬 수 있다고 가정할

때, 5,825톤의 CO2 배출을 감축할 수 있음.

○ IATA는 ICAO Flight Planning and Fuel Management Manual을 적용하여 연료관리 절차를 개선함. 각 노선(목적지 공항 포함)의 비행 통계자료를 이용하여 위험관리를 수행함으로서 추가 연료량을 줄일 수 있는 방안을 개발함.

○ 운항승무원에 의한 추가 연료 최적화에 따른 온실가스 감축량은 아래식과 같이 정의됨

$$CO_2\text{감축량}(ton) = (\text{현재 수준의 추가 연료 탑재량} - \text{위험관리 에의한 탑재연료 절감량}) \times \text{중량 감소에 의한 연비증가율} \times 3.15$$

① 중량감소에 따른 연비 증가율은 IATA 교범을 참조함.

② 위험 관리에 의한 탑재 연료 절감량은 Best Practice에 일정 비율을 적용함.

(2) Macro-Level 의사결정 지원모형 요구조건 및 구축 방법 설정

(가) Macro-Level 의사결정 지원모형의 종류 및 구축방법 관련 문헌 조사

○ 의사결정시스템(Decision Support System, DSS)이란 특정 비즈니스나 조직의 의사결정을 지원하는 컴퓨터 기반의 정보시스템으로 경영, 운영 및 계획레벨에서 사용됨.

○ 일반적으로 사용자의 빠르게 변화하는 문제 또는 사전에 쉽게 정의하기 어려운 문제에 대한 의사결정을 지원하기 위한 용도로 사용됨.

○ DSS의 특성[11]에 따른 Sprague (1980)의 DSS 정의 :

(1) DSS tends to be aimed at the less well structured, underspecified problem that upper level managers typically face;

(2) DSS attempts to combine the use of models or analytic techniques with traditional data access and retrieval functions;

(3) DSS specifically focuses on features which make them easy to use by noncomputer people in an interactive mode; and

(4) DSS emphasizes flexibility and adaptability to accommodate changes in the environment and the decision making approach of the user.

○ 의사지원시스템이 수집 및 제시하는 일반적인 정보는 다음을 포함함 [12]:

(1) inventories of information assets (including legacy and relational data sources, cubes, data warehouses, and data marts),

(2) comparative sales figures between one period and the next,

(3) projected revenue figures based on product sales assumptions.

○ Daniel Power[13]는 mode of assistance를 기준으로, 의사소통 중심의 DSS, 데

11) Sprague, R. H. and E. D. Carlson (1982). Building effective decision support systems. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall

12) https://en.wikipedia.org/wiki/Decision_support_system

이터 중심의 DSS, 문서 중심의 DSS, 지식 중심의 DSS 및 모델 중심의 DSS로 구분되는 DSS 분류체계를 정립함.

(1) A communication-driven DSS supports more than one person working on a shared task; examples include integrated tools like Google Docs or Groove

(2) A data-driven DSS (or data-oriented) emphasizes access to and manipulation of a time series of internal company data and, sometimes, external data.

(3) A document-driven DSS manages, retrieves, and manipulates unstructured information in a variety of electronic formats.

- A knowledge-driven DSS provides specialized problem-solving expertise stored as facts, rules, procedures, or in similar structures.[8]

(4) A model-driven DSS emphasizes access to and manipulation of a statistical, financial, optimization, or simulation model. Model-driven DSS use data and parameters provided by users to assist decision makers in analyzing a situation; they are not necessarily data-intensive. Dicodess is an example of an open source model-driven DSS generator.

○ 관리자의 전략적인 의사 결정 및 기획에 도움을 주기 위해서, 경영과학 및 운영분석과 관련된 연구들은 전통적으로 수많은 예측 기법을 제시함.

○ 비교적 최근의 많은 문헌들은 과거로부터 비롯된 문제를 다루기 위한, 다양한 정략적 · 정성적 예측 기법을 보고하고 있음.

○ 이러한 기법들은 전략적인 의사결정을 지원하기위해 오늘날 DSS라 일컬어지는 시스템에 통합되어 왔으며, 대부분의 기법들은 과거를 연구, 조사하는 것을 통해 관리자들이 관리자 스스로를 파악하고 그들의 조직을 이해하는데 도움을 줄 수 있도록 고안됨.

○ 그러나, Makridakis가 지적한 바와 같이(1990), 과거의 관측에 기반을 두고 규범이 될 수 있는 이론을 유도하거나, 향후 여러 조건이 변경될 여지가 많은 상황에서 예측을 위해 그러한 이론을 사용하는 시도들은 현실을 제대로 반영하지 못할 수 있음[14].

○ 매우 역동적이고 복잡한 환경에서 과거 자료조차 부족한 경우에, 시뮬레이션은 전략적인 의사결정을 지원하는 효과적인 대안을 도출할 수 있음.

○ 시뮬레이션의 모든 가정은 명확하게 진술되어야하며, 다양한 가정과 결과간의 독립성을 보여주기 위한 일련의 방정식으로 해석됨.

○ 그러나 시뮬레이션은 가정의 옳고 그름을 떠나, 모델 사용자가 입력한 가정으로부터 도출된 결과만 보여줄 수 있음 (Forrester[15]).

Forrester는 이에 대한 대안으로서 Systems Dynamics (SD)를 제한함. Systems Dynamics는 시장 시뮬레이션을 포함해, 경제 · 사회의 폭넓은 분야에 성공적으로 적용되어왔으며. 특히 다음과 같은 모델링에 적합함:

(1) 간섭 요소 사이의 고수준 역학 순환고리(a high degree of dynamic feedback

13) Power, D. J. (1996). What is a DSS? The On-Line Executive Journal for Data-Intensive Decision Support 1(3).
14) Makridakis, S., Forecasting, Planning, and Strategy for the 21st Century, New York 1990
15) Forrester, J., Urban Dynamics, 3rd ed., Cambridge, Massachussetts 1970.

loops)를 통해 유도된 의사결정 환경,
(2) 다양한 전문적 지식이 내포된 상황 (일반적으로, 전문가 편에서 연성정보(soft information)를 가장 잘 활용할 수 있는 경우)

○ 의사결정 모델의 고안 및 이행을 위한 SD 접근법은, 시간에 따른 현상모사의 정량적·정성적 측면이 모두 고려된 통합된 동적 모델링을 통해서 동적 시스템 전반에 깔려있는 수학의 직관적인 이해를 강조함.

○ SD의 주 특성은, 시간에 따라 시스템의 행동 양식이 변화하는 복잡한 시스템과 폐쇄 구조의 순환고리(the closed loop feedback)에 있음.

○ Sterman (2000)은 SD를 만들기 위한 다음의 순서들을 개발함[16] :

Step 1: Problem articulation: in this step, we need to find the real problem, identify the key variables and concepts, determine the time horizon and characterize the problem dynamically for understanding and designing policy to solve it.

Step 2: Dynamic hypothesis: modeler should develop a theory of how the problem arose. It guides modeling efforts by focusing on certain structures. In this step, we need to develop causal loop diagram that explain causal links among variables and convert the causal loop diagram into flow diagram. This flow diagram consists of some variables such as depicted in Table below.

Variable	Symbol	Description
Level	▭	A quantity that accumulates over time, change its value by accumulating or integrating rates
Rate	⧖	Change the values of levels
Auxiliary	○	Arise when the formulation of a level's influence on a rate involves one or more intermediate calculations, often useful in formulating complex rate equations, used for ease of communication and clarity

Step 3: Formulation: to define system dynamics model, after we convert the causal loop diagram into flow diagram, we should translate the system description into level, rate and auxiliary equations. We need to estimate some parameters, behavioral relationships and initial conditions. Writing equations will reveal gaps and inconsistencies that must be remedied in the prior description.

Step 4: Testing: the purpose testing is comparing the simulated behavior of the model to the actual behavior of the system.

Step 5: Policy formulation and evaluation. Once modelers have developed confidence in the structure and model behavior, we can utilize it to design and evaluate policies for improvement. The

16) Sterman, J. D., Business Dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world, Irwin McGraw-Hill, 2000

interactions of different policies must also be considered, because the real systems are highly nonlinear, the impact of combination policies is usually not the sum of their impacts alone.

(나) 정부(관제 포함), 항공사, 공항, 승객 등 고려대상별 항공산업 이해관계자의 의사결정 고려변수 및 목적함수 개략분석

○ 하단의 표[17]에서 나타난 것과 같이, 교통서비스의 실제 소비자에서 기술 R&D에 관련된 소비자에 이르기까지 사적·공적 양 영역의 이해관계자들이 식별됨.

○ 개별 이해관계자들은, 각자의 관심과 교통구조에 영향을 미치는 방식을 알 수 있는 목적 (Objectives)을 지니고 있음.

○ 예를 들어, 아래표의 Consumer (예, 소비자)는 교통 시스템의 최종 사용자인 개별 여행자 또는 화주로서, 이들의 목적은 교통 시간과 비용을 최소화하고 안락함과 안전을 최대화하는 것임.

○ Service Provider (예, 항공사)는 교통 서비스를 Consumer에게 판매하는 자원 소유주로서, 이익창출 및 시장 점유율, 고객의 만족도를 극대화하려는 목적을 지니고 있음.

○ Infrastructure Provider (예, 관제기관)는 사회 기반 시설(자원)의 개선 및 이용에 대한 계획과 승인을 담당하는 이해관계자로서, 사회 기반 시설의 수용량을 최대화 하고 지연을 최소화하는 것을 목적으로 함.

Stakeholders		Descriptions	Objectives
Public	Consumers	Individual travelers or shippers (for commercial goods) that are the end user for the transportation system.	min: travel time, expense, max: comfort, safety
	Society	Represents the aggregated interests of citizens, from research agencies, to communities, to the national level.	min: noise, emission, max: quality of life
Industry	Service Providers	Owners of resources who sell transportation services to consumers.	max: profit, market share, consumers' satisfaction
	Manufacturers	Design, produce and sell transportation resources to service providers and/or consumers.	max: profit, market share, service providers' satisfaction
	Insurance Companies	Provide protections against mishap operation of transportation resources by collecting insurance fee.	max: profit, market share, customers' satisfaction
Government (Policymakers)	Regulatory Agencies	Impose rules on the system that restrict stakeholder activity and resource characteristics.	max: safety, security
	Infrastructure Providers	Plan and approve employment and enhancement of infrastructure resources.	max: capacity, min: delay
Indirect Stakeholders	Media	Report information, forecast and plan from/to the public.	Varied, but vague
	Research Agencies	Develop and provide transportation related technologies.	Provide firm foundation for transportation development

17) J. Lewe and D. DeLaurentis, **Entity-Centric Abstraction and Modeling of Future Transportation Architectures**, TRF Forum, 2004

(다) Macro-Level 의사결정 지원모형구축에 필요한 온실가스 감축대안별 특성 (적용대상, 적용기간, 적용비용, 작용효과 등) 개략분석

○ 아래 표는 본 연구를 통해 분석된 각 온실가스 감축대안별 특성 및 적용효과 산술식을 정리한 것으로 각 산술식은 Macro-Level 의사결정 지원모형 구축 시 각 변수를 연결하는 산술식으로 사용될 수 있음[18].

항목	온실가스 감축대안	적용방법	적용효과 산술식
항공기 운항 중량 최적화	운항관리사의 Additional Fuel 감축에 따른 온실가스 감축	연료 관리 정보 시스템의 정확성 및 신뢰도 향상을 통한 운항관리사에 의한 추가 탑재 연료량 감축	CO_2감축량 (ton) = (현재 수준의 추가 연료 탑재량 -연료 관리 정보 시스템에 의한 탑재량) × 3.15
	최적화된 Tankering Fuel 탑재를 통한 연료 감축에 따른 온실가스 감축	최적화된 비행 계획 시스템을 통해 탑재된 Tankering Fuel이 비행에서 보다 효과적 사용에 따른 감축	CO_2감축량 (ton) = (현재 수준의 탱커링 연료량 -비행계획 시스템을 통해 최적화된 탱커링 연료량) × 3.15
	Flight Planning System Fuel Bias관리를 통한 온실가스 감축	비행 계획 시스템에 사용되는 Fuel Bias 관리를 통한 항공기 소모 연료 감축	CO_2감축량 (ton) = (현재 수준의 탱커링 연료량 -비행계획 시스템을 통해 최적화된 탱커링 연료량) × 3.15
	통계적 활주 연료 탑재에 따른 온실가스 감축	표준 활주 연료 허용량과 실제 활주 시 사용 연료량 비교 분석 및 통계적인 활주 시간 및 연료 탑재를 통한 연료 소모량 감축	CO_2감축량 (ton) = (현재 수준의 활주연료량 -통계적 활주연료량 채택에 따른 탑재감축 연료량) × 3.15
	운항승무원의 Additional Fuel 감축에 따른 온실가스 감축	운항승무원에 의한 추가 연료 탑재 사례 분석을 통한 연료 관리 절차 개선 및 추가 연료 최적화	CO_2감축량 (ton) = (현재 수준의 추가 연료 탑재량 -위험관리 예의한 탑재연료 절감량) × 중량 감소에 의한 연비증가율 × 3.15

18) 각 감축대안별 적용방법 및 적용효과 산출식은 본 보고서의 연구결과를 요약, 정리한 것임

항목	온실가스 감축대안	적용방법	적용효과 산출식
항공기 지상이동 최적화	Engine-Out Taxi-Out 절차를 통한 온실가스 감축	실제 공항 운영 사례 조사를 통해 Engine-Out Taxi-Out 절차가 지연으로 발생하는 온실가스 배출량 감축	CO_2감축량 = $\sum_{공항}\sum_{AC\,Type}$ [공항별 평균 $Taxi-out$거리 × (항공기기종별 단위 거리당 $Taxi-Out$연료소모량 − 항공기기종별 단위 거리당 $Engine-out\,Taxi-Out$연료소모량) × 공항별, 항공기기종별 이륙횟수 × 공항별, 항공기기종별 $Engine-Out\,Taxi-Out$절차 이행률 × 3.15]
	Reduced Flap Take Off를 통한 연료 및 온실가스 감축	이륙 시 Flap 전개 각의 크기에 따른 연료 소비량 감	CO_2감축량 = $\sum_{공항}\sum_{AC\,Type}$ [(기존 $Flap\,Take\,off$에 따른 항공기기종별 평균연료소모량 − $Reduced\,Flap\,Take\,off$에 따른 항공기기종별 평균연료소모량) × 공항별, 항공기기종별 이륙횟수 × 공항별, 항공기기종별 $Reduced\,Flap\,Take\,off$ 이행률 × 3.15]
	Reduced Flap Landing을 통한 연료 및 온실가스를 감축 방법 및 사례 조사	착륙 시 Flap 전개 각의 크기에 따른 연료 소비량 감축	CO_2감축량 = $\sum_{공항}\sum_{AC\,Type}$ [(기존 $Flap\,Landing$에 따른 항공기기종별 평균연료소모량 − $Reduced\,Flap\,Landing$에 따른 항공기기종별 평균연료소모량) × 공항별, 항공기기종별 착륙횟수 × 공항별, 항공기기종별 $Reduced\,Flap\,Landing$ 이행률 × 3.15]
	Idle Reverse on Landings을 통한 연료 소모량 감축에 따른 온실가스 감축 방법 및 사례 조사	엔진 추력 상승을 필요로 하지 않는 Idle Reverse on Landings 방식에 따른 온실가스 감축	CO_2감축량 = $\sum_{공항}\sum_{AC\,Type}$ [(기존 $Flap\,Landing$에 따른 항공기기종별 평균연료소모량 − $Reduced\,Flap\,Landing$에 따른 항공기기종별 평균연료소모량) × 공항별, 항공기기종별 착륙횟수 × 공항별, 항공기기종별 $Reduced\,Flap\,Landing$ 이행률 × 3.15]
	Engine-Out Taxi-In 절차를 통한 온실가스 감축 방법 및 사례 조사	Engine-Out Taxi-In 절차가 사용 엔진 수 감소를 통해 온실가스 배출량 감축	CO_2감축량 = $\sum_{공항}\sum_{AC\,Type}$ [공항별 평균 $Taxi-In$거리 × (항공기기종별 단위 거리당 $Taxi-In$연료소모량 − 항공기기종별 단위 거리당 $Engine-out\,Taxi-In$연료소모량) × 공항별, 항공기기종별 이륙횟수 × 공항별, 항공기기종별 $Engine-Out\,Taxi-In$절차 이행률 × 3.15]
	조종사에 의한 연료 효율성 개선을 통한 연료 소모량 감축에 따른 온실가스 감축 방법 및 사례 조사	실제 운항 자료 분석을 통해 운항 승무원에 의한 연료 효율성 개선이 연료 소모량 감축에 미치는 영향 및 이에 따른 온실가스 감축	CO_2감축량 = $\sum_{AC\,Type}$ 항공기기종별 연간 연료소모량 × 항공기기종별 조종사 숙련도에 따른 연료감축비 × 항공기기종별 조종사 숙련도 개선 이행률 × 3.15

항목	온실가스 감축대안	적용방법	적용효과 산출식
항공기 출도착 최적화에 따른 연료 배출량 감축	Center of Gravity(CG) Management에 따른 온실가스 감축 방법 및 사례 조사	항공기의 무게중심을 최적의 위치에 배치를 통한 연료소모량을 감축 및 온실가스 배출량 분석	CO_2감축량(ton) = $\sum_{AC\ Type}$항공기 기종 별 연간 연료소모량 ×항공기 기종 별 CG 변경에 따른 연료감축비 ×항공기기종 별 CG Management 이행률
	Zero Fuel Weight(ZFW) 추정 정확도 향상에 따른 온실가스 감축 방법 및 사례 조사	Zero Fuel Weight(ZFW) 산정 오차 감축을 통한 추가 연료 감소 및 온실가스 배출에 미치는 영향 분석	CO_2감축량(ton) = $\sum_{AC\ Type}$항공기 기종 별 Fuel Penalty(kg/year) ×항공기 기종 별 Overfuelling ×항공기 기종 별 ZFW 산정오차 감축률 ×3.15
	Reduced Acceleration Altitude 출발절차를 통한 온실가스 감축 방법 및 사례 조사	Reduced Acceleration Altitude Departure 절차를 통해 감소된 플랩 사용에 따른 연료 소모량 감축 효과 분석	CO_2감축량(ton) = $\sum_{procedure}\sum_{AC\ Type}\{(RAA\times F_{RAA} - RAA\times F_{non\text{-}RAA})\times Flight\ Number\}\times 3.15$
	Continuous Climb Operation에 따른 온실가스 감축 방법 및 사례 조사	Continuous Climb Operation을 통한 운항 효율 증대가 미치는 온실가스 감축	CO_2감축량(ton) = $\sum_{procedure}\sum_{AC\ Type}\{(CCO\times F_{non\text{-}cco} - CCO\times F_{cco})\times Flight\ Number\}\times 3.15$
	Continuous Descent Operation에 따른 온실가스 감축 방법 및 사례 조사	Continuous Climb Operation을 통한 운항 효율 증대가 미치는 온실가스 감축	CO_2감축량(ton) = $\sum_{procedure}\sum_{AC\ Type}\{(CDO\times F_{non\text{-}cdo} - CDO\times F_{cdo})\times Flight\ Number\}\times 3.15$
	Low Noise Low Drag Approach 접근절차에 따른 온실가스 감축 방법 및 사례 조사	Low Noise Low Drag Approach 접근절차에 따른 플랩 사용을 지연에 따른 연료 소모량 감축	CO_2감축량(ton) = $\sum_{procedure}\sum_{AC\ Type}\{(LNLD\times F_{LNLD} - LNLD\times F_{non\text{-}LNLD})\times Flight\ Number\}\times 3.15$

(라) Macro-Level 의사결정 지원 모형의 구축 범위 설정 및 요구사항 분석

○ System Dynamics 기반 Macro-Level 의사결정 지원 모형 구축을 위한 시간적, 공간적, 내용적 범위 및 요구사항은 다음과 같음.

○ 시간적 범위: 모형구축을 위한 시간적 범위는 구축 및 검증을 위한 과거년도와 예측을 위한 장래년도로 나누어 설정
- 과거년도: 기준년도 -20년 (자료 가용범위를 고려하여 추후 결정)
- 장래년도: 기준년도 +20년 (예측범위를 고려하여 추후 결정)
- Time Step: 항공수요의 계절적 변화 및 항공사의 운항스케쥴 변경시기를 고려하여 3개월 분기별 또는 6개월로 설정

○ 공간적 범위: 모형구축을 위한 공간적 범위는 국내, 국제선으로 나누어 구축
- 국내선: 국내 주요노선(예, 김포-제주, 김포-김해, 등)의 경우 개별적변수를 설정하여 모형을 구축, 기타 노선의 경우 총량변수를 적용
- 국제선: 주요노선(한국-중국, 한국-일본, 등)의 경우 개별변수를 설정하여 모형 구축, 기타 국제선의 경우 대륙별 (한국-북미주, 한국-유럽, 한국-동남아시아, 등) 변수를 설정하여 모형 구축

○ 내용적 범위 및 요구사항 : 관련 이해 당사자의 의사결정변수 및 그에 따른 온실가스 감소효과 분석이 가능하도록 내용적 범위 설정
- 항공사: 대형항공사 및 저가 항공사의 항공기 운항 스케쥴, 요금 정책 및 항공기 수급 결정에 대한 분석이 가능하도록 설정 또한 항공기에 따른 연료소비량 및 온실가스배출량 산정모형 구축
- 공항 공사: 주요 공항의 서비스 수준을 평가하고 양대 공항공사의 공항 유지보수, 이착륙요금, 확장 계획이 반영되도록 범위를 설정
- 관제 및 정부: Aviation System Block Update(ASBU)에 따른 항공관제시스템 신기술 구축, 적용. 신공항 건설에 대한 정책결정 과정이 포함되도록 범위 설정
- 여행자: 여행자 개인별 소득, 여행목적, 동반 여행자수 및 항공기 운항 스케쥴, 항공요금등을 종합적으로 고려하여 항공사 및 항공편 선택행태가 반영되도록 모형을 구축
- 사회(Society): 항공기 운항에 따른 온실가스배출 및 소음 발생에 따른 사회적 부작용이 분석될 수 있도록 모형구축
- 인구 및 경제: 연령별 인구 변화추이, 항공산업이 부문별 국가 경제에 미치는 파급효과가 반영되도록 모형을 구축

III. 결론

○ 항공분야 온실가스 감축방안에 관현 국내외 문헌조사를 통해 항공기 운항관리 분야 연료 효율성 개선 기여 요인을 파악함

○ 항공기 중량 구성에 대해 문헌조사를 실시하였으며, 중량과 연료 효율성의 관계에 대해서 조사함

○ 항공기 중량관리를 포함해 항공기 운항관리와 관련된 온실가스 개선 방안 및 감축량 예측모형을 문헌조사를 통해 파악함

○ System Dynamics에 의한 시뮬레이션 방법은, 시간에 따라 시스템의 행동 양식이 변화하는 복잡한 시스템과 폐쇄 구조의 순환고리(the closed loop feedback)를 효과적으로 분석할 수 있는 장점이 있어, 본 과제의 분석방법으로 적합하리라 판단됨.

- 의사결정시스템(Decision Support System, DSS)이란 특정 비즈니스나 조직의 의사결정을 지원하는 컴퓨터 기반의 정보시스템으로 경영, 운영 및 계획레벨에서 사용됨.
- 매우 역동적이고 복잡한 환경에서 과거 자료조차 부족한 경우에, 시뮬레이션은 전략적인 의사결정을 지원하는 효과적인 대안을 도출할 수 있음.

○ System Dynamics 구축시 교통서비스의 실제 소비자에서 기술 R&D에 관련된 소비자에 이르기까지 사적·공적 양 영역의 이해관계자(Stakeholders)의 의사결정과정이 포함되어야 하며, 이에 따른 (각 결정주체의) 목적함수와 결정변수를 포함되어야 함.

- 예를들어, 항공사의 경우 는 교통 서비스를 Consumer에게 판매하는 자원소유주로서, 이익창출 및 시장 점유율, 고객의 만족도를 극대화하려는 목적을 지니고 있음
- 본 연구를 통해 분석된 각 온실가스 감축대안별 특성 및 적용효과 산술식은 System Dynamics 기반 Macro-Level 의사결정 지원모형 구축시 각 변수를 연결하는 산술식으로 적용가능함.

○ System Dynamics 기반 Macro-Level 의사결정 지원 모형 구축을 위한 시간적, 공간적 범위는 다음과 같음.

- 시간적 범위: 구축 및 검증을 위한 과거년도와 예측을 위한 장래년도로 나누어 모형을 구축
  · 과거년도: 기준년도 -20년 (자료 가용범위를 고려하여 추후 결정)
  · 장래년도: 기준년도 +20년 (예측범위를 고려하여 추후 결정)
  · Time Step: 3개월 분기별 또는 6개월로 설정

- 공간적 범위: 국내, 국제선으로 나누어 구축
  · 국내선: 국내 주요노선을 개별적변수를 설정하여 모형을 구축

· 국제선: 주요 국제선(한국-중국, 한국-일본, 등)의 경우 개별변수, 기타 국제선의 경우 대륙별 변수를 설정하여 모형 구축

.

○ System Dynamics 기반 Macro-Level 의사결정 지원 모형 구축을 위한 모형의 요구사항은 관련 이해 당사자의 의사결정변수 및 그에 따른 온실가스 감소효과 분석이 가능하도록 내용적 범위 설정

IV. 참고문헌

○ IATA, “Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management”, 5th Edition, 2011

○ Sprague, R. H. and E. D. Carlson (1982). Building effective decision support systems. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall

○ https://en.wikipedia.org/wiki/Decision_support_system

○ Power, D. J. (1996). What is a DSS? The On-Line Executive Journal for Data-Intensive Decision Support 1(3).

○ Makridakis, S., Forecasting, Planning, and Strategy for the 21st Century, New York 1990

○ Forrester, J., Urban Dynamics, 3rd ed., Cambridge, Massachussetts 1970

○ Sterman, J. D., Business Dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world, Irwin McGraw-Hill, 2000

○ J. Lewe and D. DeLaurentis, Entity-Centric Abstraction and Modeling of Future Transportation Architectures, TRF Forum, 2004

○ 한국교통연구원, 항공교통 부문 온실가스 배출규모 추정 및 관리방안, 2008

○ 교통안전공단 외, 교통부문 온실가스 저감 및 통합관리 기술 개발, 2009

○ 김용석, “강하비행시의 연료소모량 비교분석”, 한국항공운항학회지, 2011

○ 한국교통연구원, 항공 온실가스감축 국가이행계획서 수립을 위한 사전연구, 2012

○ 항공부문 온실가스 자발적감축 협의회 감축결과 평가위원, 항공부문 온실가스 자발적 감축 협약 이행실적 종합 평가결과서, 2012

○ 은영주, 전대근, 오은미, 비행절차 및 공역 효율성 평가 툴 기본설계, 한국항공우주학회 2012년도 추계학술대회 논문집, pp601-607, 2012

○ 국토교통부, 기후변화 대응 항공 온실가스 감축 기술 개발 기획, 2013

○ Brian Y. Kim, Gregg G. Fleming, Joosung J. Lee, Ian A. Waitz, John-Paul Clarke, Sathya Balasubramanian, Andrew Malwitz, Kelly Klima, Maryalice Locke, Curtis A. Holsclaw, Lourdes Q. Maurice, and Mohan L. Gupta, "System for assessing Aviation's Global Emissions (SAGE), Part 1: Model description and inventory," Transportation Research Part D, Vol. 12 no. 5, 2007.

○ Joosung J. Lee, Stephen P. Lukachko, Ian A. Waitz, and Andreas Schafer, "Historical and future trends in aircraft performance, cost and emissions," invited contribution, Annual Review of Environment and Resources, Vol. 26, 2001.

○ Kivits R, Charles MB, Ryan N, A post-carbon aviation future: Airports and the transition to a cleaner aviation sector. Futures Vol. 42, 2010.

○ Schafer A, Heywood JB, Jacoby HD, Transportation in a Climate-Constrained World; The MIT Press: Cambridge, MA, USA, 2009.

○ 국립환경연구원(2007), 수송부문 온실가스 국가배출통계 구축 연구

○ 국토해양부(2010), 교통부문 온실가스 저감 및 통합관리기술 개발

○ 국토해양부(2011), 교통부문 온실가스 저감 및 통합관리기술 개발 2차년도

○ 국토교통부(2013), 국토교통과학기술진흥원, 기후변화 대응 항공 온실가스 감축 기술 개발 기획 연구

○ 환경부(2008), 환경부문 온실가스 배출량 inventory 작성 및 배출계수 개발

○ 환경부(2010), 온실가스·에너지 목표관리 운영 등에 관한 지침

○ IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)(1996), Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

○ IPCC(2000), Good Practice Guidance in National Greenhouse Gas Inventories

○ IPCC(2006), Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

○ FAA, “2010 Aviation Environmental Tools Colloquium - Colloquium Overview”, Dec. 2012, URL:http://www.faa.gov/

○ Michelle Kirby, Dongwook Lim, Taewoo Nam, et al., “Assessment of Notional CO2 Certification Standard Applicability Requirements for Future Commercial Aircraft”, AIAA ATIO Conference, August 2013

○ FAA, AEDT Technical Manual Version 2a, April 2014

○ David A. Senzig, Gregg G. Fleming, Ralph J. Iovinelli, “Model of Terminal-Area Airplane Fuel Consumption”, Journal of Aircraft, Vol.46, No. 4, 2009

○ “ICAO Environmental Meeting Commits To A CO2 Standard,” International Civil Aviation Organization [online news], Feb. 2010, URL: http://icaopressroom.wordpress.com/2010/02/19/icao-environmental-meeeting-commits-to-a-co2-standard

○ “Resolution A37-19: Consolidated statement of continuing ICAO policies and practices related to environmental protection - Climate change,” International Civil Aviation Organization, URL: http://legacy.icao.int

○ “Aircraft CO2 Emissions Standard Metric System,” International Civil Aviation Organization [online news], URL: http://www.icao.int

○ “2009-2013 FAA Flight plan,” The United States Federal Aviation Administration, 2009, URL: http://www.faa.gov

○ “Destination 2025”, The United States Federal Aviation Administration, 2011, URL: http://www.faa.gov/about/plans_reports/media/Destination2025.pdf

○ PIANO, Project Interactive Analysis and Optimization, Software Package, Ver. 5.0, Lissys Ltd., Woodhouse Eaves, UK, used under license: United Stated Department of Transportation Volpe Center, 2010.

○ ICAO Standards and Recommended Practices, “Annex 16 - Environmental Protection - Volume 2 - Aircraft Engine Emissions”, International Civil Aviation Organization, 2005

○ ICAO Standards and Recommended Practices, “Annex 16 - Environmental Protection - Volume 1 - Aircraft Noise”, International Civil Aviation Organization, 2005

○ Kirby, M.R., and Mavris, D.N., “The Environmental Design Space”, Proceedings of the Twenty-Sixth International Congress of the Aeronautical Sciences, Anchorage, AK, Sept. 2008.

○ Kirby, M., and Mavris, D., “Enhancing the Environmental Policy Making Process with the FAA’s EDS Analysis Tool,” 47th AIAA Aerospace Sciences Meeting, 5-8 January, Orlando, FL, AIAA-2009. Vol. 1262, 2009.

○ Kirby, M., Becker, K., Isley, S., Burdette, G., Mavris, D., “Development of an Interactive Capability to Tradeoff New Technologies and Future Aircraft to Reduce Aviation Environmental Impacts,” Proceedings of the 27th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences. Vol. 4, Nice, France, September 2010,

○ De Luis, J., “A Process for the Quantification of Aircraft Noise and Emissions Interdependencies,” Ph.D. Thesis, School of Aerospace Engineering, Georgia Institute of Technology, 2008.

○ Lim D., Nam T., Burdette, G., Kirby, M., Mavris, D., Bonnefoy, P. A., Hansman, R. J., Hileman, J. I., Waitz, I. A., and Yutko, B., “An Investigation of the Potential Implications Of A CO2 Emission Metric On Future Aircraft

Designs,"Proceedings of the Twenty-Seventh International Congress of the Aeronautical Sciences, Nice, France, Sept. 2010.

○ Lim, D., Nam, T., Kirby, M., and Burdette, G., “Measurement of Aircraft Fuel Efficiency”, McGraw-Hill Yearbook of Science and Technology 2014, McGraw-Hill, New York, January 3, 2014; ISBN-13: 9780071831062.

○ Lim, D., Kirby, M., Nam, T., Burdette, G., Yutko, B., Hansman, R., Mozdzanowska, A., and Bonnefoy, P., “Assessment of Carbon Dioxide Emission Metric Systems for an Aircraft Certification Standard”, Journal of Aircraft, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2014. doi: 10.2514/1.C032279.

○ Pfaender, H., Mavris, D., "Effect of Fuel Price on Aviation Technology and Environmental Outcomes", 12th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations (ATIO) Conference and 14th AIAA/ISSMO Multidisciplinary Analysis and Optimization Conference, 2012, 10.2514/6.2012-5467

○ Pfaender, H., Mavris, D., “Technology Effects on Aircraft Fleet Decisions”, AIAA-2011-6926, 11th AIAA ATIO, Virginia Beach, VA, Sep. 20-12, 2011

○ Jimenez, H., Pfaender, H., Mavris, D., “System-wide Fleet Assessment of NASA Environmentally Responsible Aviation (ERA) Technologies and Concepts for Fuel Burn and CO2”, AIAA-2011-6882, 11th AIAA ATIO, Virginia Beach, VA, Sep. 20-12, 2011

○ Pfaender, H., Mavris, D., “System-wide Environmental Impact Analysis for Advanced Vehicle Concepts in the Next Generation Air Transportation System”, AIAA-2010-9206, 10th AIAA ATIO, Fort Worth, Texas, Sep. 13-15, 2010

○ Pfaender, H., Jimenez, H., Mavris, D., “Environmental Impact Analysis of Fleet and Policy Options of Aircraft Operators using System Dynamics”,

AIAA-2010-9251, 10th AIAA ATIO, Fort Worth, Texas, Sep. 13-15, 2010

○ Pfaender, J. H., Jimenez, H., Mavris, D., “A System Dynamics Analysis of Fleet Technology and Policy Options for Environmental Impact Mitigation”, Proceedings of the 27th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences, Nice, France, 19-24 September 2010

○ Pfaender, H., Hollingsworth, P., Jimenez, H. Won, H., “Environmental Challenge: How to close the gap between policy and technology?”, AIAA ATIO, Hilton Head, 2009.

○ Hollingsworth. P., Pfaender, H., Jimenez. H., “A Method for Assessing the Environmental Benefit of Future Aviation Technologies”, ICAS, Anchorage, 2008.

○ 한국교통연구원, 항공교통 부문 온실가스 배출규모 추정 및 관리방안, 2008

○ 교통안전공단 외, 교통부문 온실가스 저감 및 통합관리 기술 개발, 2009

○ 김용석, “강하비행시의 연료소모량 비교분석”, 한국항공운항학회지, 2011

○ 한국교통연구원, 항공 온실가스감축 국가이행계획서 수립을 위한 사전연구, 2012

○ 항공부문 온실가스 자발적감축 협의회 감축결과 평가위원, 항공부문 온실가스 자발적 감축 협약 이행실적 종합 평가결과서, 2012

○ 은영주, 전대근, 오은미, 비행절차 및 공역 효율성 평가 툴 기본설계, 한국항공우주학회 2012년도 추계학술대회 논문집, pp601-607, 2012

○ 국토교통부, 기후변화 대응 항공 온실가스 감축 기술 개발 기획, 2013

○ Brian Y. Kim, Gregg G. Fleming, Joosung J. Lee, Ian A. Waitz, John-Paul Clarke, Sathya Balasubramanian, Andrew Malwitz, Kelly Klima, Maryalice Locke, Curtis A. Holsclaw, Lourdes Q. Maurice, and Mohan L. Gupta, "System for assessing Aviation's Global Emissions (SAGE), Part 1: Model description and inventory," Transportation Research Part D, Vol. 12 no. 5,

2007.

○ Joosung J. Lee, Stephen P. Lukachko, Ian A. Waitz, and Andreas Schafer, "Historical and future trends in aircraft performance, cost and emissions," invited contribution, Annual Review of Environment and Resources, Vol. 26, 2001.

○ Kivits R, Charles MB, Ryan N, A post-carbon aviation future: Airports and the transition to a cleaner aviation sector. Futures Vol. 42, 2010.

○ Schafer A, Heywood JB, Jacoby HD, Transportation in a Climate-Constrained World; The MIT Press: Cambridge, MA, USA, 2009.

○ 국립환경연구원(2007), 수송부문 온실가스 국가배출통계 구축 연구

○ 국토해양부(2010), 교통부문 온실가스 저감 및 통합관리기술 개발

○ 국토해양부(2011), 교통부문 온실가스 저감 및 통합관리기술 개발 2차년도

○ 국토교통부(2013), 국토교통과학기술진흥원, 기후변화 대응 항공 온실가스 감축 기술 개발 기획 연구

○ 환경부(2008), 환경부문 온실가스 배출량 inventory 작성 및 배출계수 개발

○ 환경부(2010), 온실가스·에너지 목표관리 운영 등에 관한 지침

○ IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)(1996), Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

○ IPCC(2000), Good Practice Guidance in National Greenhouse Gas Inventories

○ IPCC(2006), Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

○ FAA, “2010 Aviation Environmental Tools Colloquium - Colloquium Overview”, Dec. 2012, URL:http://www.faa.gov/

○ Michelle Kirby, Dongwook Lim, Taewoo Nam, et al., “Assessment of Notional

CO2 Certification Standard Applicability Requirements for Future Commercial Aircraft", AIAA ATIO Conference, August 2013

○ FAA, AEDT Technical Manual Version 2a, April 2014

○ David A. Senzig, Gregg G. Fleming, Ralph J. Iovinelli, "Model of Terminal-Area Airplane Fuel Consumption", Journal of Aircraft, Vol.46, No. 4, 2009

○ "ICAO Environmental Meeting Commits To A CO2 Standard," International Civil Aviation Organization [online news], Feb. 2010, URL: http://icaopressroom.wordpress.com/2010/02/19/icao-environmental-meeeting-commits-to-a-co2-standard

○ "Resolution A37-19: Consolidated statement of continuing ICAO policies and practices related to environmental protection - Climate change," International Civil Aviation Organization, URL: http://legacy.icao.int

○ "Aircraft CO2 Emissions Standard Metric System," International Civil Aviation Organization [online news], URL: http://www.icao.int

○ "2009-2013 FAA Flight plan," The United States Federal Aviation Administration, 2009, URL: http://www.faa.gov

○ "Destination 2025", The United States Federal Aviation Administration, 2011, URL: http://www.faa.gov/about/plans_reports/media/Destination2025.pdf

○ PIANO, Project Interactive Analysis and Optimization, Software Package, Ver. 5.0, Lissys Ltd., Woodhouse Eaves, UK, used under license: United Stated Department of Transportation Volpe Center, 2010.

○ ICAO Standards and Recommended Practices, "Annex 16 - Environmental Protection - Volume 2 - Aircraft Engine Emissions", International Civil Aviation Organization, 2005

○ ICAO Standards and Recommended Practices, “Annex 16 - Environmental Protection - Volume 1 - Aircraft Noise”, International Civil Aviation Organization, 2005

○ Kirby, M.R., and Mavris, D.N., “The Environmental Design Space”, Proceedings of the Twenty-Sixth International Congress of the Aeronautical Sciences, Anchorage, AK, Sept. 2008.

○ Kirby, M., and Mavris, D., “Enhancing the Environmental Policy Making Process with the FAA’s EDS Analysis Tool,” 47th AIAA Aerospace Sciences Meeting, 5-8 January, Orlando, FL, AIAA-2009. Vol. 1262, 2009.

○ Kirby, M., Becker, K., Isley, S., Burdette, G., Mavris, D., “Development of an Interactive Capability to Tradeoff New Technologies and Future Aircraft to Reduce Aviation Environmental Impacts,” Proceedings of the 27th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences. Vol. 4, Nice, France, September 2010,

○ De Luis, J., “A Process for the Quantification of Aircraft Noise and Emissions Interdependencies,” Ph.D. Thesis, School of Aerospace Engineering, Georgia Institute of Technology, 2008.

○ Lim D., Nam T., Burdette, G., Kirby, M., Mavris, D., Bonnefoy, P. A., Hansman, R. J., Hileman, J. I., Waitz, I. A., and Yutko, B., “An Investigation of the Potential Implications Of A CO2 Emission Metric On Future Aircraft Designs,”Proceedings of the Twenty-Seventh International Congress of the Aeronautical Sciences, Nice, France, Sept. 2010.

○ Lim, D., Nam, T., Kirby, M., and Burdette, G., “Measurement of Aircraft Fuel Efficiency”, McGraw-Hill Yearbook of Science and Technology 2014, McGraw-Hill, New York, January 3, 2014; ISBN-13: 9780071831062.

○ Lim, D., Kirby, M., Nam, T., Burdette, G., Yutko, B., Hansman, R.,

Mozdzanowska, A., and Bonnefoy, P., “Assessment of Carbon Dioxide Emission Metric Systems for an Aircraft Certification Standard”, Journal of Aircraft, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2014. doi: 10.2514/1.C032279.

○ Pfaender, H., Mavris, D., "Effect of Fuel Price on Aviation Technology and Environmental Outcomes", 12th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations (ATIO) Conference and 14th AIAA/ISSMO Multidisciplinary Analysis and Optimization Conference, 2012, 10.2514/6.2012-5467

○ Pfaender, H., Mavris, D., “Technology Effects on Aircraft Fleet Decisions”, AIAA-2011-6926, 11th AIAA ATIO, Virginia Beach, VA, Sep. 20-12, 2011

○ Jimenez, H., Pfaender, H., Mavris, D., “System-wide Fleet Assessment of NASA Environmentally Responsible Aviation (ERA) Technologies and Concepts for Fuel Burn and CO2”, AIAA-2011-6882, 11th AIAA ATIO, Virginia Beach, VA, Sep. 20-12, 2011

○ Pfaender, H., Mavris, D., “System-wide Environmental Impact Analysis for Advanced Vehicle Concepts in the Next Generation Air Transportation System”, AIAA-2010-9206, 10th AIAA ATIO, Fort Worth, Texas, Sep. 13-15, 2010

○ Pfaender, H., Jimenez, H., Mavris, D., “Environmental Impact Analysis of Fleet and Policy Options of Aircraft Operators using System Dynamics”, AIAA-2010-9251, 10th AIAA ATIO, Fort Worth, Texas, Sep. 13-15, 2010

○ Pfaender, J. H., Jimenez, H., Mavris, D., “A System Dynamics Analysis of Fleet Technology and Policy Options for Environmental Impact Mitigation”, Proceedings of the 27th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences, Nice, France, 19-24 September 2010

○ Pfaender, H., Hollingsworth, P., Jimenez, H. Won, H., “Environmental

Challenge: How to close the gap between policy and technology?", AIAA ATIO, Hilton Head, 2009.

○ Hollingsworth. P., Pfaender, H., Jimenez. H., "A Method for Assessing the Environmental Benefit of Future Aviation Technologies", ICAS, Anchorage, 2008.

○ IATA, "COMMITTEE ON AVIATION ENVIRONMENTAL PROTECTION 9th meeting report", Montreal, 2013. 02

○ 유리, "항공사의 추가연료 탑재량과 기상요인과의 관계", 한국항공대학교, 2014. 02

○ IATA, "Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management Effective October 2011 5th edition", Montreal — Geneva, 2011. 10

○ 박진서 외, "기후변화 대응 항공 온실가스 감축 기술 개발 기획 연구 최종보고서", 국토교통부, 2013. 10. 23

○ Treanton, Karen. "AIRCRAFT EMISSIONS."

항공안전기술개발사업

항공온실가스 산정 및 예측시스템 개발문서

성과물 (C-1-②)

2015.8.21

주관연구기관 / 한국교통연구원

Infrastructure
R&D Report

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

항공온실가스 산정 및 예측시스 개발문서 성과물(C-1-②)

2015·8·21

국토교통부 국토교통과학기술진흥원

주 의 사 항

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 최종보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.

항공안전기술개발사업

항공온실가스 산정 및 예측시스템 개발문서

성과물 (C-1-②)

2015. 5. 30

주관연구기관 / 한국교통연구원

국토교통부
Ministry of Land, Infrastructure and Transport

KAIA
국토교통과학기술진흥원
Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

이 보고서를 "항공온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 연구" 과제의 개념설계 개발 문서로 제출합니다.

2015 . 5 . 30

주관연구기관명 : 한국교통연구원
주관연구책임자 : 한 재 현
연 구 원 : 조 준 행
" : 김 준 혁
" : 김 상 현
" : 조 현 수
" : 정 수 진
" : 박 보 미
" : 임 재 진
" : 서 영 성

< 목 차 구 성 >

PART 1 항공온실가스 산정 및 예측시스템 총괄 개발문서

1. 운용개념기술서(OCD) Ver. 1.0
2. 운용개념기술서(OCD) Ver. 2.0
3. 시스템 요구사항 명세서 (SSRS)
4. 시스템 개발 계획서(SDP)
5. 소프트웨어 시험계획서(STP)

PART 2 항공온실가스 감축량 예측시스템 개발문서

1. 운용개념기술서(OCD)
2. 시스템 개발 계획서(SDP)
3. 소프트웨어 시험계획서(STP)

PART 1

항공온실가스 산정 및 예측시스템 총괄 개발문서

- 운용개념기술서(OCD) Ver. 1.0
- 운용개념기술서(OCD) Ver. 2.0
- 시스템 요구사항 명세서 (SSRS)
- 시스템 개발 계획서(SDP)
- 소프트웨어 시험계획서(STP)

운용 개념 기술서 Ver. 1.0

(Operational Concept Description)

항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발

문서ID : OCD_체계종합_KOTI

Version : 1.0

KOTI 한국교통연구원
THE KOREA TRANSPORT INSTITUTE

AUTHORIZATION

한국교통연구원 Approval:

본 문서에 대한 서명은 한국교통연구원 내부에서 본 문서에 대하여 수행 및 유지관리의 책임이 있음을 인정하는 것임.

승인자 :	한재현	(인)	**일자 :**	2015.05.30

검토자 :	산 정 분 야 : 박보미, 임재진 감축량 분야 : 조현수. 정수진, 김상현 경제성 분야 : 김준혁, 서영성	(인)	**일자 :**	2015.05.20

작성자 :	황유철	(인)	**일자 :**	2015.04.10

제 · 개정이력

버전	제/개정	제/개정자	개정 사유 및 내역	날짜
0.1	제 정	황유철	최초 제정	2015.02.15
0.2	개 정	“	1차 수정보완	2015.04.10
0.3	개 정	“	2차 수정보완	2015.04.23
1.0	개 정	정수진	TTA 결함 반영 및 SRR 의견 반영	2015.05.20

목 차

1. 시스템 개요 ····· 1
1.1 시스템 명 ····· 1
1.2 시스템 정의 ····· 1
1.3 문서 개요 ····· 3

2. 시스템 분석 ····· 5
2.1 시스템 개발 배경 및 목적 ····· 5
2.2 사용자 및 운용자 정의 및 특성 ····· 6
2.3 현 시스템 분석 ····· 10

3. 시스템 개발 범위 및 목표 ····· 13
3.1 시스템 개발 범위 ····· 13
3.2 시스템 목표 ····· 14
3.3 전체 시스템 구성도 ····· 16
3.4 서브시스템별 내용 및 특성 ····· 17

4. 목표 시스템 운용 시나리오 ····· 25
4.1 항공 온실가스 배출량 산정 ····· 25
4.2 항공 온실가스 감축량 예측 ····· 26
4.3 경제성 분석 및 의사 결정 지원 ····· 27

5. 목표 시스템 개발에 의한 변경사항(As-Is / To-Be) ····· 28
5.1 변경사항(As-Is / To-Be) ····· 28
5.3 변경사항의 당위성 ····· 30

6. 약어표 ····· 31

1. 시스템 개요

1.1 시스템 명

○ 「항공 온실가스 산정 및 예측시스템 개발」

1.2 시스템 정의

○ 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템은 항공로 및 공항 주변 온실가스 배출량 산정 및 감축수단 적용을 통한 온실가스 감축량에 대한 예측이 가능한 시스템이다. 또한 국내·외 항공 온실가스 규제 및 감축량 예측 등의 시나리오 분석을 통한 경제성 분석 및 의사결정이 가능하다. 본 시스템 중 웹기반의 항공 온실가스 보고 포털 서브시스템은 국가 항공 온실가스에 대한 배출정보 표준 데이터 플랫폼으로서 국내항공사의 국내·외 온실가스 규제 대응을 할 수 있는 통합 관리 기능을 포함하고 있다.

○ 본 시스템의 Business Model은 Full Version 및 Short Version으로 구분된다.

- Full Version은 정부, 정부 지원 기관 및 항공사와 같이 온실가스 감축 관련 정책업무 수립 이행을 위한 분석 등에 본 시스템을 사용하는 전문 사용자용으로서 온실가스 관련 실제 DB 및 표준 DB를 모두 사용할 수 있다.
  - 이는 실제 출/도착지, 기종, 장착 엔진, 운항 절차, 계절/기상 등 관련 데이터 입력을 통한 신뢰성 있는 온실가스 배출량/감축량 산정이 가능하도록 기능 등을 제공한다.
- Short Version은 일반 기관용과 보급용으로 나뉘는데 일반기관용 Short Version은 대학, 지자체, 관련 민간단체 및 공항공사 등 기관별 목적달성을 위해 본 시스템 사용하는 일반사용자로서 온실가스 관련 표준 DB를 이용하여 온실가스 산정, 감축량 예측 및 의사결정 모듈만 사용할 수 있다. 보급용 Short Version 동남아, 아프리카 및 중남미 등 본 시스템이 구축되어 있지 않은 국가를 대상으로 표준 DB를 이용하여 온실가스 산정모듈만 사용할 수 있다.

- 이는 온실가스 배출량을 산출하는 표준(평균) 비행궤적 등 표준(평균) 데이터만으로 온실가스 배출량을 산정하는 기능을 제공한다.

○ 본 시스템은 '항공 온실가스 보고 포털 서브시스템'과 '항공 온실가스 산정 및 예측 서브시스템'의 2개 서브시스템으로 구성된다.

○ '항공 온실가스 보고 포털 서브시스템'은 국가 항공 온실가스에 대한 배출정보 표준 데이터 플랫폼으로서 국내항공사의 국내·외 온실가스 규제 대응을 할 수 있는 통합 관리가 가능한 모듈이 서브시스템으로 구현된다.

○ '항공 온실가스 산정 및 예측 서브시스템'은 '항공 온실가스 산정', '항공 온실가스 감축량 예측' '경제성 분석 및 의사결정 지원' 그리고 '항공 온실가스 산정 지원 데이터 플랫폼'의 4개 모듈로 구성되어 있다.

- 항공 온실가스 산정 모듈은 Intergovernmental Panel on Climate Change (유엔 산하 정부 간 기후변화패널, IPCC) Tier 3b급의 항공온실가스 산정이 가능한 모듈로서 과거의 온실가스 관련 데이터를 통한 산정 및 미래 항공 수요 또는 항공기 등 미래 항공 온실가스 배출 관련 데이터를 입력하여 미래 항공 온실가스 배출량 산정이 가능한 모듈이다.
  - 본 모듈은 항공기/엔진 기종, 경도, 위도, 고도, 시간, 날씨 등 여러 항공 자료를 고려하여 연료 사용량 및 온실 가스 배출량 산정이 가능하다.
  - Tier 3b 온실가스 배출량 산정 알고리즘으로 산정하기 위해서는 비행 스케줄 자료(출/도착지, 사용된 비행기 기종 등)와 이를 일회적으로 검증할 일정량의 데이터 자료(시간, 궤도, 속도 등)가 요구된다.
- 항공 온실가스 감축량 예측 모듈은 항공온실가스 산정 모듈에 감축수단을 적용하여 항공 온실가스 산정 모듈에서 산정한 미래 온실가스 증가치를 감축수단별 감축량 효과를 비교할 수 있는 모듈이다.
  - 본 모듈은 항공안전 및 온실가스 감축의 두 부분 모두가 충족될 수 있

도록 절차상 안전을 기본으로 한 항공기 온실가스 감축량 및 저감잠재량을 분석할 수 있는 모듈이다.

- 총 5개의 범주 (Flight Operation, Flight Dispatch, APU, Maintenance&Engineering, Commercial&Ground Operation) 내 40여 가지의 감축기술에 대한 저감효과를 분석하고 저감 잠재량을 파악하여 추가 감축이 이뤄질 수 있도록 한다.

- 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈은 각종 시나리오(국내·외 환경 관련 정책 시나리오, 미래 항공수요 및 신형 항공기 도입 시나리오, 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization, ICAO) 항공기 인증규제 시나리오)와 각종 DB(항공기 성능, 항공사 운항 스케쥴, 항공사 비용)을 통한 항공기종별 비용 및 효과를 이용해 비용편익분석을 하여 Fleet Level 정책효과 분석하며, 이에 감축수단별 효과를 적용하여 감축수단별 정책효과 변화 및 비용/온실가스 감축량에 대한 분석을 통하여 정부 또는 항공사의 정책 수립에 대한 의사결정을 돕는 모듈이다.

- 항공 온실가스 산정 지원 데이터 플랫폼은 항공 온실가스 산정, 감축량 예측, 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈을 지원하는 항로, 운항, 기종, GIS, 온실가스 등의 정보를 포함하고 있는 데이터 플랫폼이다.

1.3 문서 개요

1.3.1 문서목적

○ 본 운용 개념 기술서는 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템에 대한 개요, 참고문서, 요구사항 등을 기술한 문서이다.

1.3.2 문서 내용의 요약

표 1. 문서요약

구 분	주요 내용
1. 개요	- 본 문서가 적용되는 대상 시스템의 명칭 및 정의를 기술하였다.
2. 시스템 분석	- 본 시스템 개발의 배경, 목적, 현 업무체계, 문제점, 사용자 특성 및 사용자의 요구사항에 대해 기술하였다.
3. 목표 시스템 개념	- 본 시스템의 개발 범위 및 목표 그리고 각 서브시스템별 주요 모듈에 대해 기술하였다.
4. 목표 시스템 운용 시나리오	- 본 시스템을 이용한 업무 흐름에 따라 시스템의 운용 흐름을 기술하였다.
5. 목표 시스템 구축에 의한 변경사항	- 대표적인 기존시스템과 본 시스템 개발에 의한 관련 업무의 주요 변경사항을 기술하였다.
6. 참고사항/부록	- 사용자 요구사항을 기술하였다.

1.3.3 보안 및 주의사항

○ 본 문서는 관련자 이외의 대여 또는 열람을 금하며, 발행권자의 승인 없이 복제, 복사 및 인용을 금하여 문서가 무단 유출이 되지 않도록 한다.

○ 본 문서의 변경 요소 발생시 「항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발」과제 총괄의 승인을 거쳐 변경될 수 있다.

2. 시스템 분석

2.1 시스템 개발 배경 및 목적

2.1.1 배경

○ 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization, ICAO)는 항공환경보호위원회(Committee on Aviation Environmental Protection, CAEP)를 통하여 현재 NOx를 비롯한 대기오염물질을 항공기 엔진 인증(Certification)을 통하여 규제하고 있으며, 2016년 도입을 목표로 2010년부터 항공기 이산화탄소 인증기준(Aircraft CO2 Certification Standard)을 개발하고 있다.

○ ICAO는 항공기 제조업체(OEM)를 규제하는 항공기 이산화탄소 인증 기준 이외에도 항공사(Airline)의 연간 온실가스 배출량을 규제하기 위한 탄소배출권 거래제의 국제적인 기준을 2020년 도입을 목표로 개발 중에 있다.

○ 또한 항공부문의 온실가스 감축을 촉진하기 위하여 ICAO는 회원국들에게 매 3년마다 항공부문 온실가스 감축을 위한 국가이행계획을 제출할 것을 권고하고 있다.

○ 우리나라가 이와 같은 항공 환경 국제기준 마련에 참여하여 기술적인 의견을 내기 위해서는 항공운항으로 인한 환경 효과를 정량화할 수 있는 기술 확보가 필수적이다.

○ 또한 우리나라는 2012년 국가이행계획에서 여러 합리적인 가정과 활용 가능한 제한적인 데이터의 논리적 연산 및 과거 감축추세를 감안하여, 이를 추정하였으나 신뢰성이 높은 예측치라고 하기는 어려운 상태이며, 특히 저비용 항공사의 경우 필요한 데이터의 확보 등, 여러 가지 여건이 부족한 상태여서 어려움이 가중되고 있다.

2.1.2 목적

○ 본 「항공 온실가스 산정 및 예측시스템 개발」연구개발 과제는 다음과 같은 사항을 목적으로 개발을 추진함.

- 항공부문의 온실가스 감축 주체들이 간단하고 편리하게 사용할 수 있는 온실가스 배출량 산정, 감축효과 분석 및 보고/의사결정 지원시스템의 개발 및 보급

- 항공부문의 효과적인 온실가스 감축수단 개발과 이행을 촉진하고, 이를 통하여 항공부문 온실가스 감축에 기여

- 국내적으로 항공기의 경제적 운항과 항공분야 온실가스 배출량 최소화에 기여하고 국내·외 배출 규제에 효과적으로 대응 가능한 시스템 개발

- 온실가스 저감 방안 개발 및 활용 이해관계자들에게 편의성 제공

- 항공기 절차별 온실가스 배출현황 파악 및 관리

2.2 사용자 및 운용자 정의 및 특성

2.2.1 사용자 및 운용자 정의

○ 본 시스템에 대한 사용자 및 운용자는 전문사용자, 운용자 및 일반 사용자로 구분된다.

- 전문사용자 : 정부, 정부 지원 기관 및 항공사는 온실가스 감축 관련 정책 업무 수립 및 이행을 위한 분석 등을 위해 본 시스템 사용

- 운용자 : 상용화 기관, 유지보수 기관 및 시스템 운용 기관은 본 시스템의 판매 및 시스템 구동을 위한 장비 및 S/W 유지보수 담당

- 일반 사용자 : 대학, 지자체, 관련 민간단체 및 공항공사 등 기관별 목적달성을 위해 본 시스템 사용

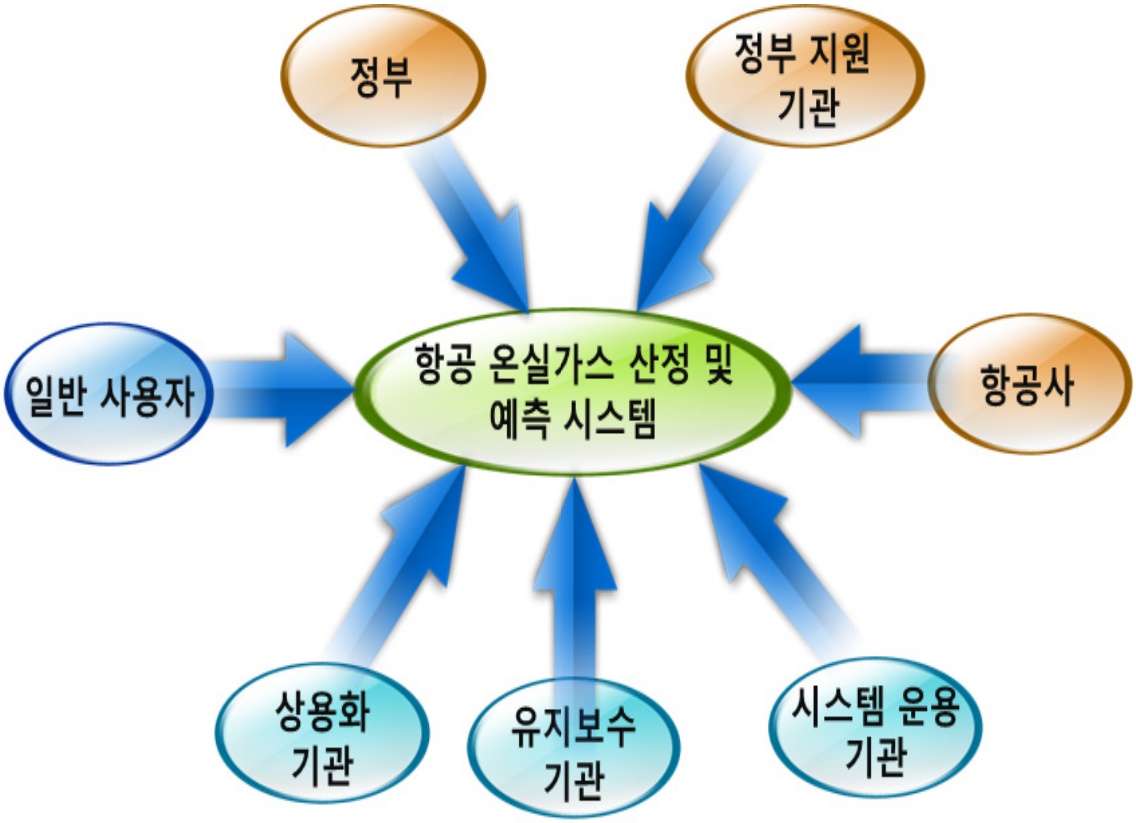


그림 1. 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 사용자 및 운용자 구성도

2.2.2 사용자 및 운용자 특성

○ 정부기관

- 항공로 주변 환경 상태를 고려한 합리적인 경로를 도출
- 항공 교통의 지속성장을 위한 항공 경로 구조 조정 도출
- 항공부문 온실가스 감축목표 달성도의 정밀한 산정 제공
- 온실가스 목표관리제를 위해 온실가스 감축 목표 설정 및 항공사의 감축 목표 달성 관리·평가
- 온실가스 감축 목표 설정 및 온실가스 감축 이행실적 관리
- 항공 온실가스 감축 국가이행계획(State's Action Plan) 수립 및 효율적 운용을 위한 정책 수립

- 시장기반체제(Market Based Measures) 추진에 있어 국제 항공부문 온실가스 모니터링, 배출량 검증 지원 및 탄소상쇄, 배출권 거래제도 도입·시행 지원

○ 정부 지원 기관

- 온실가스 자발적 감축협약 및 목표관리제 관리 툴로 사용
- 국내 환경 분석 및 항공 전문 연구진에게 고정밀 항공부문 온실가스 분석 도구 및 데이터 제공
- 온실가스 감축 이행계획서 평가 - 참여 항공사가 제출한 이행계획상의 온실가스 배출량, 연료 절감 계획 등 적절성 평가를 통한 검증 활동 수행

○ 항공사

- 온실가스 자발적 감축협약 및 목표관리제 목표 달성을 위한 감축 계획 수립
- 온실가스 자발적 감축협약 및 목표관리제 보고 툴로 사용
- 항공기 도입 시 경로당 연료 절약 및 이에 따른 환경 부가세 절약 결과 도출
- 날씨와 항공기 무게 같은 변수의 차이에 따라 가장 최적화된 이착륙 속도, 각도 등 분석기능 제공

○ 일반사용자 (대학교, 지자체, 민간단체, 공항공사 등)

- 활주로 확장 및 신공항 건설 시 요구되는 정량적인 환경적 영향 분석 및 의사결정 지원 분석 제공
- 항공교통관리 및 인프라 개선

2.2.3 사용자 요구사항

○ 공통

- 사용자 입력 및 편의기능이 제공되어야 한다.
- 시스템간 데이터 호환이 가능해야 한다.

○ 항공 온실가스 보고포털

- 목표관리제 보고, 항공부문 온실가스 인벤토리 보고서(NIR), 항공부문 국가이행계획, 항공사 자발적 협약 보고, 배출권거래제 보고, ICAO 시장기반체제 등 온실가스 관련 서비스가 제공되어야 한다.

○ 항공 온실가스 산정

- 항공 온실가스 산정의 신뢰성이 확보되어야 한다.
- 온실가스 산정시 기준값 입력 및 표준 데이터 이용이 가능해야 한다.
- 항공기 지상운용, 최적 연료량 산정 등 다양한 산정 업무를 제공해야 한다.
- GIS 맵상에 데이터가 표시되어야 한다.
- 미래 항공교통 수요 시나리오 및 DB 생성이 가능해야 한다.
- 감축수단별 적용시 미래 온실가스 산정이 가능해야 한다.
- 목표관리제 보고, 항공부문 온실가스 인벤토리 보고서(NIR), 항공부문 국가이행계획, 항공사 자발적 협약 보고, 배출권거래제 보고, ICAO 시장기반체제 등 온실가스 관련 데이터가 제공되어야 한다.

○ 항공 온실가스 감축량 예측

- 감축 수단별 항공 온실가스 감축량이 예측되어야 하며, 2개 이상의 감축수단의 중복 적용에 대해 종합적인 감축량 예측이 가능해야 한다.
- 온실가스 감축수단의 결과 데이터의 신뢰성이 확보되어야 한다.

○ 경제성 분석 및 의사결정 지원

- 감축활동 모니터링 리포트, 배출권거래제 및 자발적 협약 등 다양한 의사결정 지원 데이터가 제공되어야 한다.

- 온실가스 감축수단 적용시 경제성 분석이 가능해야 한다.

- 정부 혹은 항공사의 의사결정에 대한 구체적인 지원이 가능해야 한다.

2.3 현 시스템 분석

○ 현재 항공운송부문의 온실가스 배출량 자료로는 교통안전공단의 '배출량 조사사업'과 교통부문 온실가스 관리시스템(Korea Transport Emission Management System, KOTEMS), 국토교통부의 항공안전종합정보시스템(National Aviation Resource Management Information, NARMI)가 있다.

○ 배출량조사사업과NARMI 시스템의 경우 온실가스 통계 DB수준이며, KOTEMS의 경우 온실가스 배출 데이터 활용을 통해 자발적 감축 등을 지원하는 인벤토리이다.

○ 항공 온실가스 감축량 예측 모듈의 경우 KOTEMS와 인벤토리 구성 및 DB 체계가 유사하다.

2.3.1 현 시스템 구성

○ 교통부문 온실가스 관리시스템(KOTEMS)

- 지속가능 교통물류발전 기본계획에 따라 도로, 철도, 항공, 해운 등 전 교통수단의 온실가스 배출량 및 저감량을 관리할 수 있는 시스템으로서 전 교통부문에서 발생하는 온실가스를 체계적으로 관리하고자 개발되었으며 다음과 같은 세 가지 시스템으로 구성되어있다.

표 2. 현 시스템 구성

구 분	주요 기능
온실가스 인벤토리를 관리하는 배출정보시스템	국내/외 온실가스 정보 제공
	에너지 소비량, 온실가스 배출량, 온실가스 원단위 정보 제공
	국내 교통부문 온실가스 정보제공
자발적 협약에 의한 교통부문 기업 온실가스 배출현황을 관리하는 목표관리시스템	총괄적인 목표관리 및 이의신청 기능 제공 등
	배출량 산정, 적정 목표 설정 및 이행관리
온실가스 변화를 예측하고 평가하는 저감효과평가시스템	온실가스 감축전략별 교통수요분석(억제, 전환), 기술개선(연비향상) 등 정책변수의 변화에 따른 온실가스 저감효과 평가



그림 2. 교통부문 온실가스 통합정보시스템 구성도

2.3.2 현 시스템 한계점

○ 교통부문 온실가스 관리시스템(KOTEMS)에서는 인벤토리를 통해 배출현황을 파악하여 목표관리를 하는 시스템으로서 배출량을 관리하고, 저감하는 방법 및 감축수단 등에 대해서는 나와 있지 않다.

○ 실질적으로 온실가스 배출 현황을 통해 미래 온실가스 배출량을 예측해야 하며, 주요 온실가스 배출 요인을 통해 여러 감축 수단을 도출할 수 있어야 한다.

3. 시스템 개발 범위 및 목표

3.1 시스템 개발 범위

표 3. 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 범위

모듈	업무	업무범위	비고
항공 온실가스 보고 포털 모듈	S/W개발 및 구동 장비 구축	- 표준 데이터 플랫폼기반 국내 항공부문 온실가스 배출 정보에 대한 통합 관리 시스템 개발과 국내/외 항공온실가스 규제 대응을 위한 지원 관리 시스템 개발	
항공 온실가스 배출량 산정 상용 모듈	S/W개발	- 항공 온실가스 기초데이터 검색/추출/관리 기술 개발 - 알고리즘 모듈과 DB 통합 시스템 구축 - 배출량 산정 알고리즘 이용한 산정 모듈 개발	
항공 온실가스 감축량 예측 상용 모듈	S/W개발	- 항공 온실가스 기초데이터 검색/추출/관리 기술 개발 - 알고리즘 모듈과 DB 통합 시스템 구축 - 감축량 예측 알고리즘 이용한 예측 모듈 개발	
경제성 분석 및 의사결정 지원	S/W개발	- 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈 개발	
항공 온실가스 산정 및 예측 모듈 필수 데이터 목록 구축 및 수집 모듈	DB 구축	- 시스템 아키텍처 기획 및 개발 - Database 용량 예측 및 산정 - Database 개념/논리 설계 - 외부 시스템 연계 설계 - 기초 데이터 소스 파악 - Database 상세 논리 설계 - Database 물리 설계 - 데이터 정합성 검증 및 데이터베이스 튜닝	
각 모듈의 통합 상용 툴을 구현	S/W개발	- 사용자 인터페이스(User Interface, UI) 개발 - 보고서 및 통계 기능 개발 - Full 버전 : 실제 출·도착지, 기종, 장착 엔진, 운항 절차, 계절·기상 등 관련 데이터 입력 통해 신뢰성 있는 온실가스 배출량/감축량 산정 기능 - Short 버전 : 온실가스 배출량을 산출하는 표준 (평균) 비행경로 등 표준(평균) 데이터만으로 온실가스 배출량/감축량 산정 기능	

3.2 시스템 목표

○ 본 시스템은 항공 온실가스 보고 포털 서브시스템과 항공 온실가스 산정 및 예측 서브시스템의 2개 서브시스템으로 구성된다.

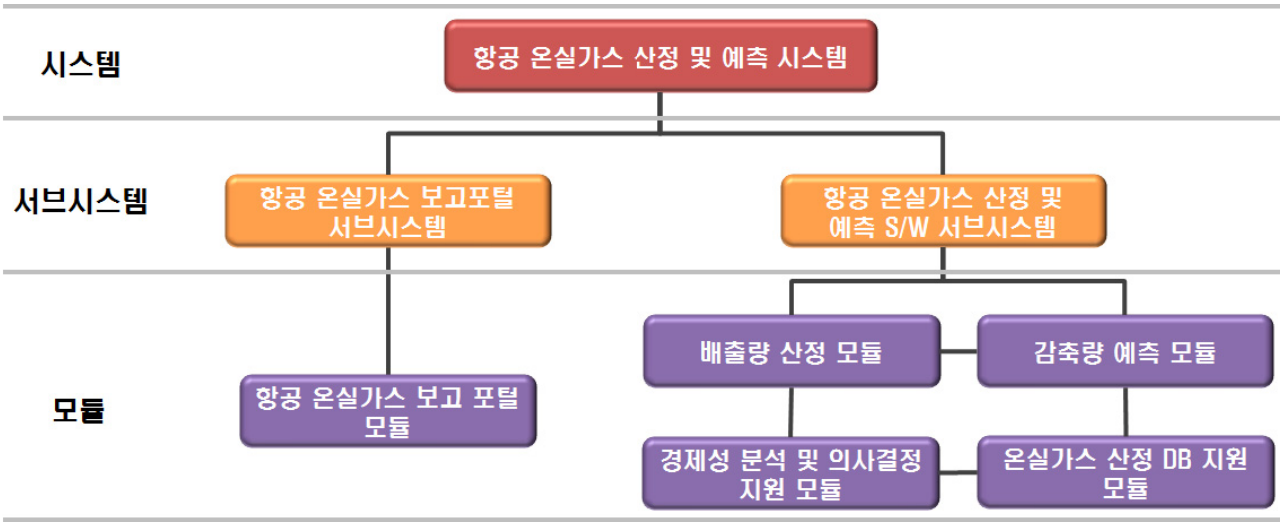


그림 3. 개발 시스템 체계도

○ 항공 온실가스 보고 포털 서브시스템

- 국가 항공 온실가스에 대한 배출정보 표준 데이터 플랫폼으로서 국적 항공사의 국내·외 온실가스 규제 대응을 할 수 있는 통합 관리가 가능한 웹 기반의 항공부분 온실가스 데이터 수집, 통계 데이터베이스를 개발한다.

○ 항공 온실가스 산정 및 예측 서브시스템

- 항공 온실가스 배출량 산정 모듈

  • 항적자료 및 항공기 성능 정보 등 실제 데이터를 사용하여 IPCC Tier3b 급 알고리즘이 적용된 항공 온실가스 배출량 산정 모듈을 개발한다.

- 항공 온실가스 감축량 예측 모듈

  • Flight Operation, Flight Dispatch, APU, Maintenance&Engineering,

Commercial&Ground Operation의 5개 범주에 대한 감축기술 적용을 통한 저감효과를 분석하고, 저감 잠재량을 파악하여 추가 감축이 이뤄질 수 있도록 한다. 감축수단별, 비행단계별, 항공기종별 등 다양한 감축 시나리오 분석기술이 요구되며, 이를 통해 항공 온실가스 감축량 데이터베이스를 구축하고 경제적 운항절차 개발 및 효과적인 운항 체계를 구축하는 기술을 개발한다.

- 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈

  • 각종 시나리오(국내·외 환경 관련 정책 시나리오, 미래 항공수요 및 신형 항공기 도입 시나리오, ICAO 항공기 인증규제 시나리오)와 각종 DB(항공기 성능, 항공사 운항 스케쥴, 항공사 비용)을 통한 항공기종별 비용 및 효과를 이용해 비용편익분석을 하여 Fleet Level 정책효과 분석하며, 이에 감축수단별 효과를 적용하여 감축수단별 정책효과 변화 및 비용/온실가스 감축량에 대한 분석을 통하여 정부 또는 항공사의 정책 수립에 대한 의사결정을 돕는 모듈을 개발한다.

- 항공 온실가스 산정 지원 데이터 플랫폼 모듈

  • 항공 온실가스 배출량 산정 및 감축량 예측 모듈을 지원하기 위한 데이터 플랫폼로서 항적, 기상, 공항 및 항공기 운항 등의 자료를 포함하며 절차별 세부적인 온실가스 배출현황 파악 및 데이터베이스로 관리한다. 또한, 온실가스 추정 프로그램 구성 후 항공정책 및 평가 시나리오 분석 역량을 제공한다.

3.3 전체 시스템 구성도

○ 시스템 구축 환경은 개발될 시스템과 관련된 기반 SW나 HW, DB 등의 운용 환경을 구성도 등으로 표현함.

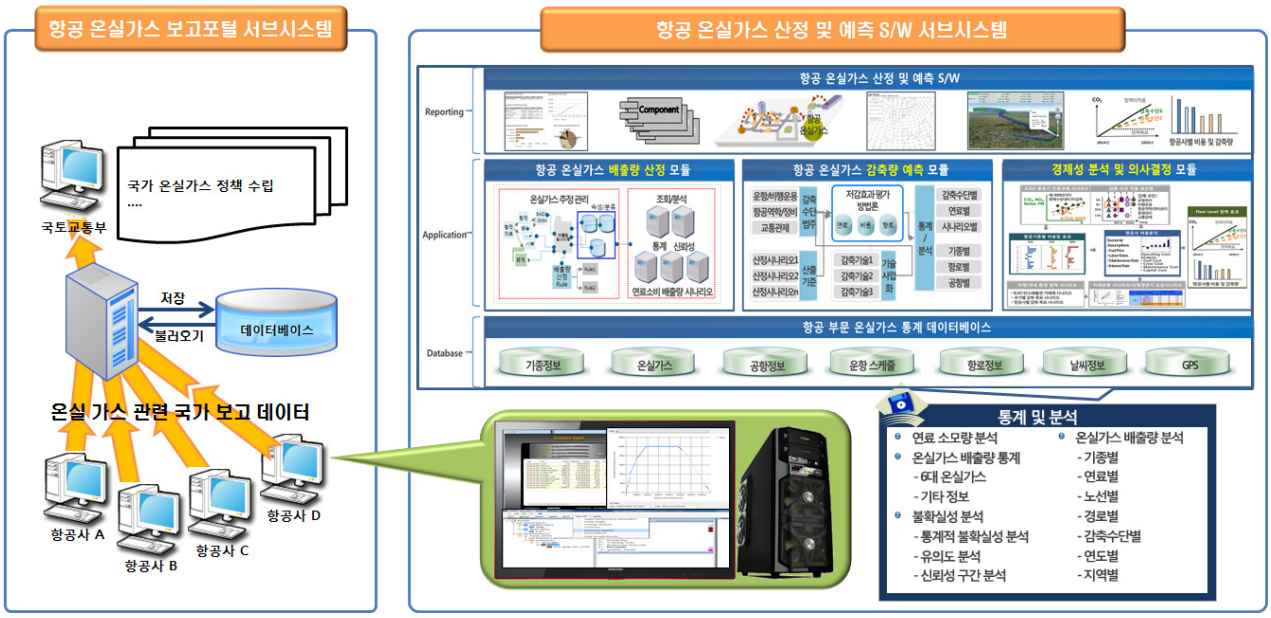


그림 4. 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 구성도



그림 5. 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 주요기능

3.4 서브시스템별 내용 및 특성

3.4.1 항공 온실가스 보고 포털 서브시스템

○ 국적 항공사의 국내·외 온실가스 규제 대응을 할 수 있는 통합 관리가 가능한 웹 기반의 항공부문 온실가스 데이터 수집, 통계 데이터베이스이다.

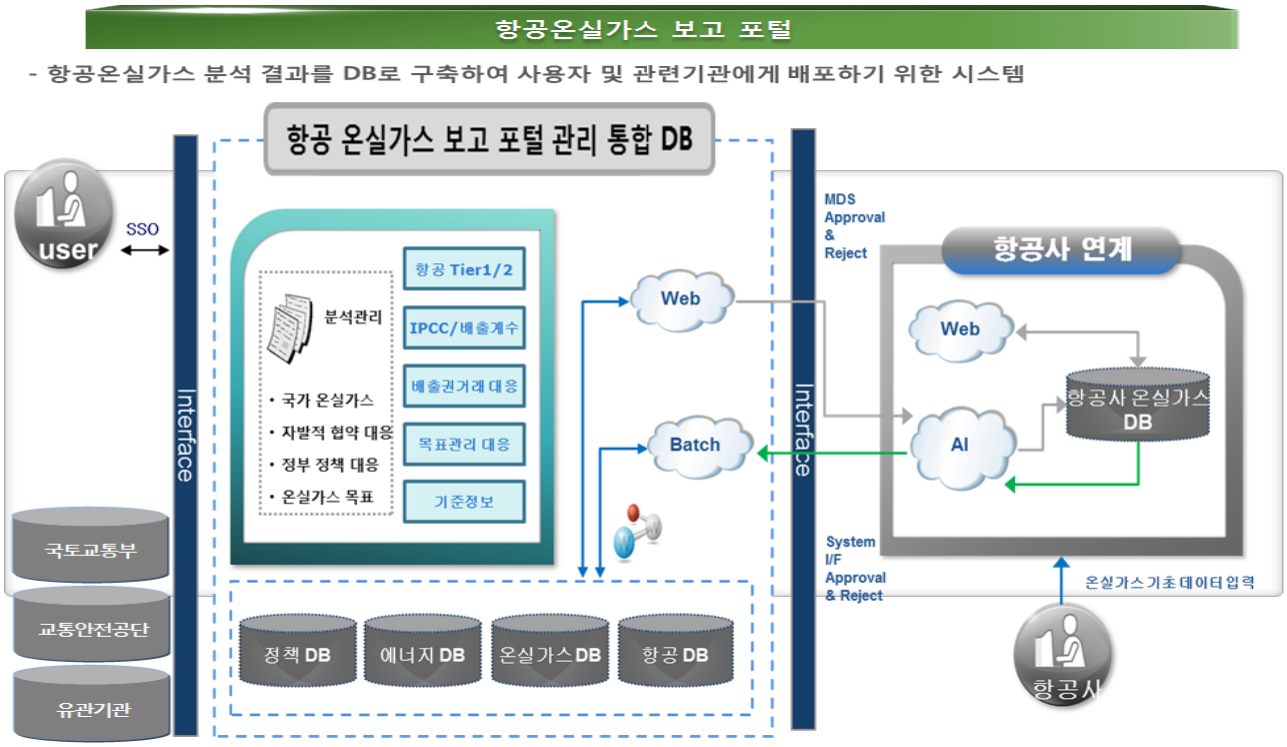


그림 6. 항공 온실가스 보고 포털 모듈 구성도

○ 핵심 컴퍼넌트

- 항공부문 온실가스 인벤토리 보고서(National Inventory Report, NIR) 컴퍼넌트
- 항공부문 국가이행계획 컴퍼넌트
- 항공사 자발적 협약 컴퍼넌트
- 배출권거래제 컴퍼넌트
- 목표관리제 컴퍼넌트

3.4.2 항공 온실가스 산정 및 예측 서브시스템

○ 항공 온실가스 배출량 산정 모듈

- 항적자료 및 항공기 성능 정보 등 실제 데이터를 사용하여 IPCC Tier3b급 알고리즘이 적용된 항공 온실가스 배출량 산정모듈이다.

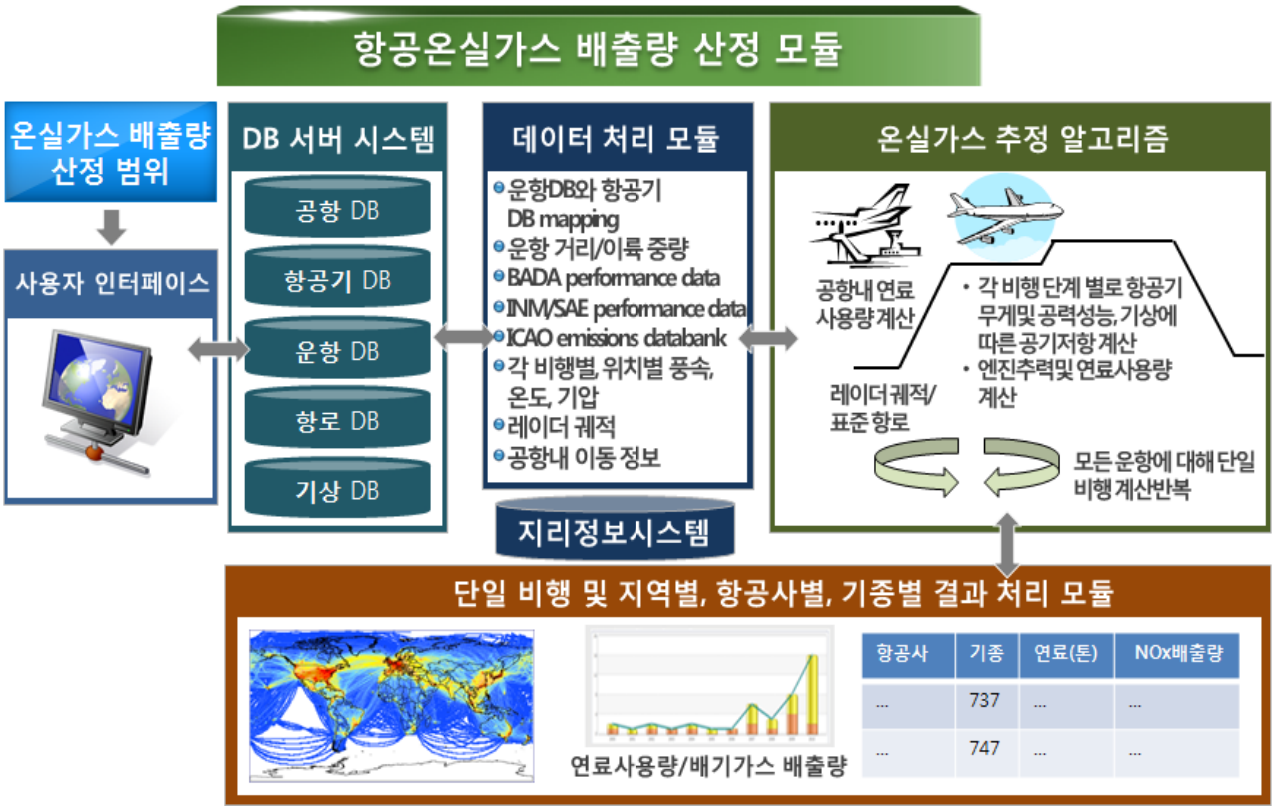


그림 7. 항공 온실가스 배출량 산정 모듈 구성도

- 항공기 및 엔진 조합 특유의 공기역학적 성능정보를 이용해 각 비행구간의 총 궤도에 걸친 연료 사용량 및 온실가스 배출량을 계산한다.
- IPCC가 지정한 가장 상급 수준의 Tier 3b 온실가스 도출 방법론을 활용하여 알고리즘을 개발한다.
- Tier 3b에 시간, 경도, 위도, 고도별 배출량 분류가 추가로 가능해지며, 이러한 입력변수 변화에 따른 연료 및 온실가스 배출량을 산정한다.
- Tier 3b 알고리즘으로 온실가스 배출량을 산정하기 위해서는 추가적인 항적자료 및 항공사 스케줄 자료(출/도착지, 사용된 비행기 기종 등)와

이를 일회적으로 검증할 일정량의 데이터 자료(시간, 궤도, 속도 등)가 요구되며, Tier 3b 방법론으로 온실가스 배출량을 산정하고 분석한다.

- 핵심 컴퍼넌트

  - 항공기/엔진 조합의 성능정보를 이용한 연료 사용량 및 온실가스 배출량 추정 알고리즘 및 모델화 컴퍼넌트
  - 항적 자료 추출/처리 및 DB 컴퍼넌트
  - 항공기 성능 및 배출량 알고리즘 데이터 처리 컴퍼넌트
  - 결과물의 신뢰성 평가 컴퍼넌트

○ 항공 온실가스 감축량 예측 모듈

- 과거부터 미래까지 산정된 온실가스 배출량에 대해 Flight Operation, Flight Dispatch, APU, Maintenance&Engineering, Commercial&Ground Operation의 5개 범주에 대한 감축기술 적용을 통한 저감효과를 분석하고, 저감 잠재량을 파악하여 추가 감축이 이뤄질 수 있도록 하는 모듈이다.

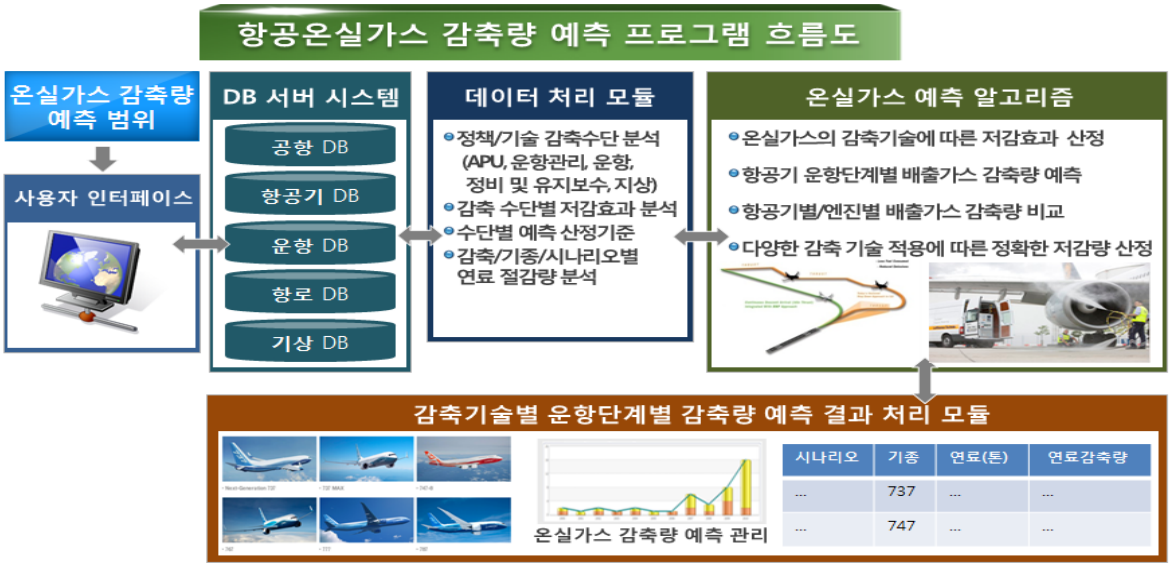


그림 8. 항공 온실가스 감축량 예측 시스템 구성도

- 감축수단별, 비행단계별, 항공기종별 등 다양한 감축 시나리오 분석기술이 요구되며, 이를 통해 항공 온실가스 감축량 데이터베이스를 구축하고 경제적 운항절차 개발 및 효과적인 운항 체계를 구축하는 기술을 개발한다.
- 항공 온실가스 감축량 예측 시스템은 항공안전과 온실가스 감축, 두 부분 모두가 충족될 수 있도록 절차상 안전을 기본으로 한 항공기 온실가스 감축량 및 저감잠재량을 분석하여, 국가 중장기 온실가스 감축이행을 위한 계획을 수립하고 관리하는 시스템이다.
- 감축수단 범주별로 저감 분석을 위한 감축기술을 선정하고, 저감효과 산출기준을 개발하여 산출식 검증을 통한 산출기준을 표준화한다.
- 감축수단별, 비행단계별, 항공기종별 분석 소프트웨어를 개발하여, 단축항로 및 경제 운항절차 연료사용량을 분석한다.

- 핵심 컴퍼넌트

- DB 서버 컴퍼넌트
- 데이터 처리 컴퍼넌트
- 감축량 예측 알고리듬 컴퍼넌트

○ 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈

- 각종 시나리오(국내·외 환경 관련 정책 시나리오, 미래 항공수요 및 신형 항공기 도입 시나리오, ICAO 항공기 인증규제 시나리오)와 각종 DB(항공기 성능, 항공사 운항 스케쥴, 항공사 비용)을 통한 항공기종별 비용 및 효과를 이용해 비용분석을 하여 Fleet Level 정책효과 분석하며, 이에 감축수단별 효과를 적용하여 감축수단별 정책효과 변화 및 비용/온실가스 감축량에 대한 분석을 통하여 정부 또는 항공사의 정책 수립에 대한 의사결정을 돕는 모듈이다.

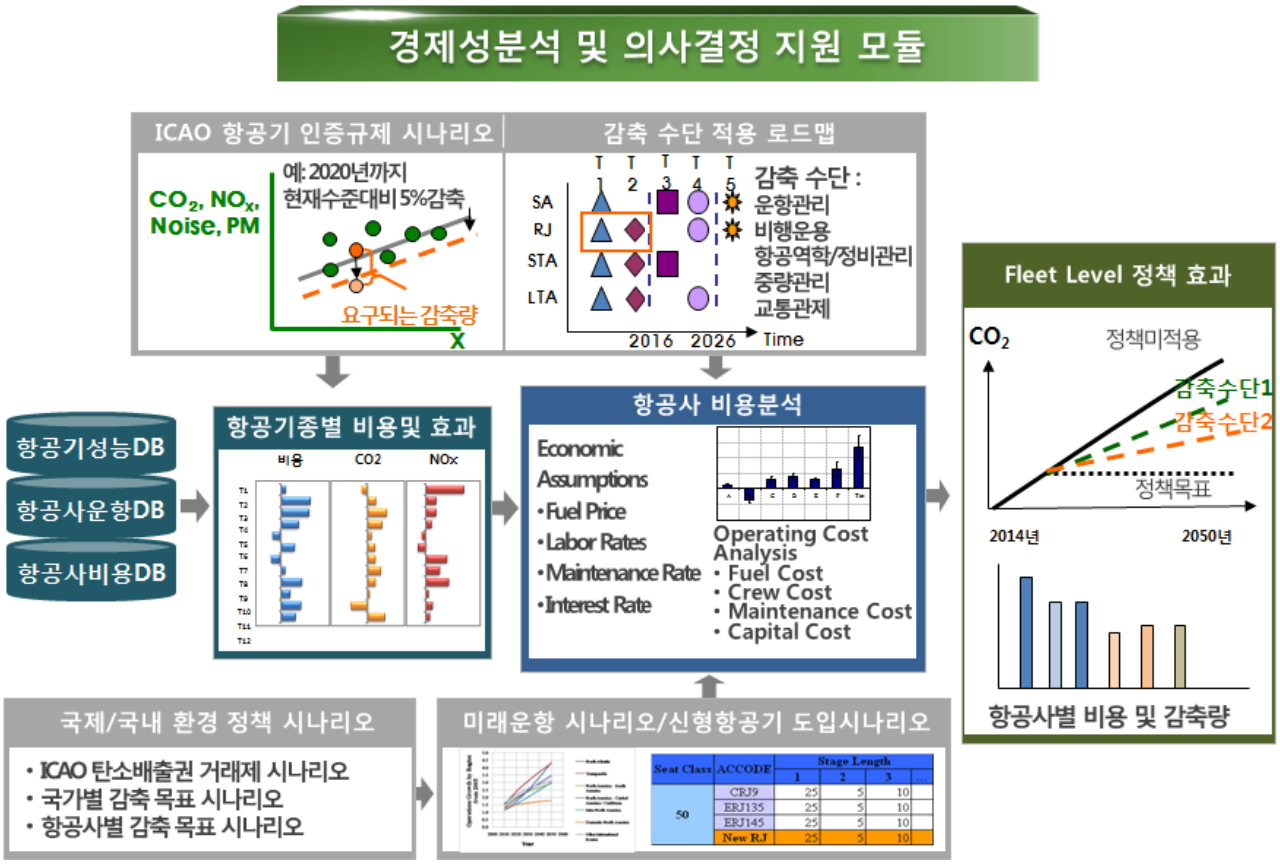


그림 9. 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈

- 항공기/엔진 기종, 경도, 위도, 고도, 시간, 날씨 등 여러 항공 자료를 고려하여 산정한 온실가스 배출량에 대해 다양한 항공운항 관련 정책, 기

술, 운용 시나리오가 항공기 연료 사용량 및 온실가스 배출에 미치는 효과를 분석한다.

- 핵심 컴퍼넌트

  - ICAO 항공기 인증규제 시나리오 컴퍼넌트
  - 국내·외 환경 정책 시나리오 컴퍼넌트
  - 미래 운항 및 신형 항공기 도입 시나리오 컴퍼넌트
  - 항공기 기종별 비용 및 효과 분석 컴퍼넌트
  - 항공사 비용 분석 컴퍼넌트
  - Fleet Level 정책 효과 분석 컴퍼넌트
  - 감축수단별, 비행단계별, 항공기종별 분석 소프트웨어를 개발하여, 단축항로 및 경제 운항절차 연료사용량을 분석 컴퍼넌트
  - 항공기종별 시나리오 분석을 통한 연료절감 효과 분석 컴퍼넌트

○ 항공 온실가스 산정 지원 데이터 플랫폼

- 항공 온실가스 배출량 산정 및 감축량 예측 모듈을 지원하기 위한 데이터 플랫폼로서 항적, 기상, 공항 및 항공기 운항 등의 자료를 포함한 데이터 플랫폼이다.
  * 항공기 운항 데이터의 경우 사용자가 보유하고 있는 데이터를 데이터 플랫폼에 저장하여 사용할 수 있도록 공간을 확보함.



그림 10. 항공 온실가스 산정 지원 데이터 플랫폼

- 항적자료 추출/처리, 항공기 성능 배출량 산정/예측 알고리즘, 거시적/미시적 시나리오 분석, 온실가스 저감효과 산출기술, 저감효과 분석기술 등을 빠르게 처리하기 위한 데이터 플랫폼을 구성한다.
- Database 개념 설계는 개념 데이터 모델링을 통해서 이루어진다. 개념 데이터 모델링은 데이터 주제영역을 정의하고 구조적 수준을 고려하여 핵심 엔티티 및 관계를 도출하여 전체 아키텍처를 형성하는 단계로, 각 유관기관별 개별업무 중심으로 구성된 주제 영역을 통합 DB중심으로 재정의 한다.
- 사용자요구분석을 통해 데이터 요구사항을 정의하고 유스케이스 명세서, 각 기관별 데이터 모델 등을 참조로 엔티티와 핵심속성을 정의하고 이들 간 관계를 정의해 데이터 아키텍처의 핵심 엔티티를 설계한다.

- 핵심 컴퍼넌트

- 항로정보 컴퍼넌트
- 운항정보 컴퍼넌트
- 항공기 기종별 정보 컴퍼넌트
- GIS 정보 컴퍼넌트
- 온실가스 통계 정보 컴퍼넌트
- 기준 정보 컴퍼넌트

4. 목표 시스템 운용 시나리오

○ 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템의 데이터 및 모듈간의 상호작용은 아래 그림과 같다.

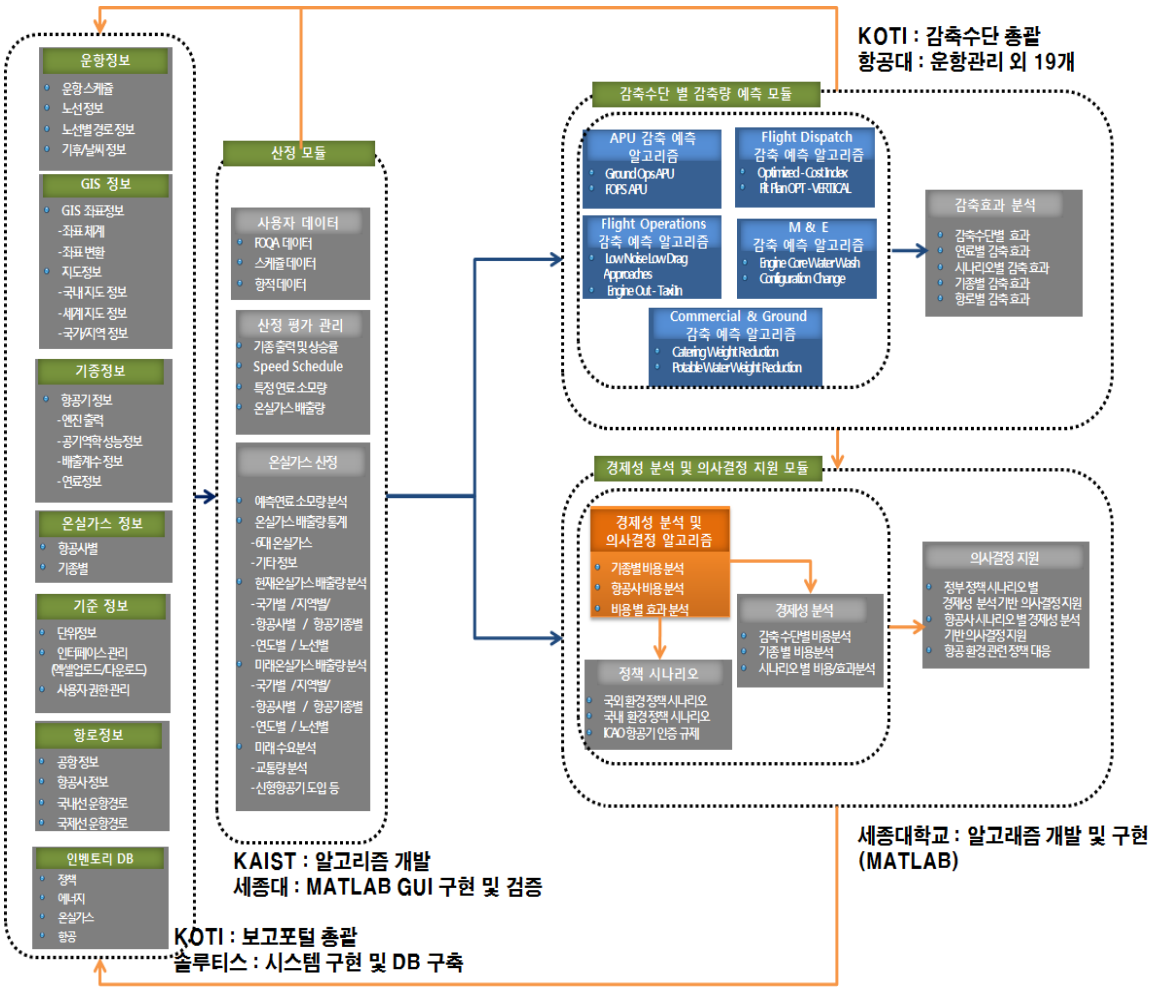


그림 11. 목표 시스템 운용 개념도

4.1 항공 온실가스 배출량 산정

4.1.1 기초 데이터베이스 구축

○ 온실가스 배출량 산정에 필요한 기초 데이터베이스를 구축한다.

- 연도별, 항공기 기종별, 국내·국제 운항, 항공기 기종별 데이터, 항공기 레

이더 데이터, 스케줄 데이터, 공항 데이터, 기상데이터 등 관련 기초 데이터베이스를 구축한다.

- 온실가스 배출량 산정에 필수적으로 필요한 항공기 성능 데이터베이스 외에 분석하고자 하는 항공사 스케줄 데이터를 확보하여 사용할 수 있도록 한다.

4.1.2 배출량 산정 알고리즘 적용

○ 항공기/엔진 기종, 경도, 위도, 고도, 시간, 운항절차, 기상, 출/도착지 등 온실가스에 영향을 주는 운항환경별 배출량 산정 및 추정 Tier3b급 알고리즘을 이용하여 배출량을 산정한다.

○ Input 데이터의 업데이트와 사용자 입력을 통한 배출량 결과물의 신뢰성을 구축한다.

○ 표준데이터와 실비행 데이터(FOQA)와 비교 검증하여 신뢰성을 유지한다.

4.1.3 보고서 및 도식화 표현

○ 항공 온실가스 배출량 산정 내역의 기록/조회 및 데이터를 분석하여 다양한 검색 조건에 따라 사용자가 볼 수 있는 보고서 및 그래프로 표현한다.

○ 항적 데이터를 통해 분석된 항공기 항적 정보를 지도에 표시하거나 그래프 형식으로 좌표 값을 표시하여 항적 정보의 분석과 항공기 이동 간 온실가스 배출량을 분석한다.

4.2 항공 온실가스 감축량 예측

4.2.1 감축량 예측 데이터베이스 구축

○ 감축수단 범주별로 저감분석을 위한 감축기술을 선정하고, 저감효과 산출기준에 따라 산출기준을 표준화하고 항공사 보유 실비행 데이터와 비교 검증을 통해 항공기종별 시나리오 분석을 통한 데이터베이스를 구축한다.

4.2.2 감축량 예측 알고리즘 적용

○ 감축수단별, 비행단계별, 항공기종별 온실가스 감축량 예측 알고리즘을 적용하여 감축기술 적용 전/후에 대한 감축량을 산정한다.

○ 감축기술 적용 전/후 결과 비교를 통해 개발 분석하여 단축항로 및 경제 운항절차 연료사용량을 분석한다.

○ Flight Operation, Flight Dispatch, APU, Maintenance&Engineering, Commercial&Ground Operation의 5개 범주에 대한 감축기술 적용을 통한 저감효과를 분석하고, 저감 잠재량을 파악하여 추가 감축이 이뤄질 수 있도록 한다.

4.2.3 감축량 목표 및 전략 제시

○ 감축량 예측을 통한 항공기 운항을 경제적이고 효과적인 운항 체계를 제공한다.

○ 온실가스 저감 정책 수립 시 근거 자료로 성과지표와 목표를 설정하여 계획 수립시 활용한다.

4.3 경제성 분석 및 의사결정 지원

4.3.1 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈

○ 기종별 비용 분석, 항공사 비용 분석, 비용별 효과분석을 통해 만들어진 경제성 분석 및 의사결정 알고리즘에 따라 데이터베이스를 구축한다.

○ 중장기 온실가스 저감 잠재량 및 감축수단별 경제성 분석 및 국가 온실가스 감축 이행계획 수립을 위한 활용 방안을 제시한다.

○ 감축수단별 효과를 적용하여 감축수단별 정책효과 변화 및 비용/온실가스 감축량에 대한 분석을 통하여 정부 또는 항공사의 정책 수립에 대한 의사결정을 지원한다.

5. 목표 시스템 개발에 의한 변경사항(As-Is / To-Be)

5.1 변경사항(As-Is / To-Be)

○ 2009년 12월 건설교통기술평가원에서 R&D로 발주한 교통부문온실가스관리 시스템(Korea Transport Emission Management System, KOTEMS)은 도로, 철도, 항공, 해운 등 각 교통수단별 온실가스 인벤토리 개발하고 통합 관리하는 시스템으로 크게 온실가스 배출량 정보시스템, 온실가스 목표관리 지원시스템, 온실가스 저감효과평가시스템으로 구성되어있다.

○ 그러나 항공부문의 온실가스 관련 정보는 단순 통계에 대한 정보 제공 수준으로 저감효과를 미시적으로 접근하는데 한계가 있으며 또한 '교통부문 온실가스 저감 및 통합관리기술 개발'의 경우 교통부문을 총괄하는 기초연구단계이다.

○ 목표 시스템인 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템은 KOTEMS의 항공부문에 대한 온실가스 관련 기능을 모두 포함하고 있으며, 추가적으로 온실가스 관련 국가 정책 업무를 지원할 수 있는 기능을 포함하고 있다.

○ 또한, KOTEMS에 반영되지 않은 배출량 산정, 감축량 예측 및 경제성분석/의사결정 S/W를 클라이언트/서버 방식으로 개발하여 Tier 3b급으로 배출량 산정이 가능하고 감축수단 적용을 통한 감축량 예측 기능을 포함하고 있으며, 국내·외 항공 온실가스 관련 정책/규제 등의 시나리오 및 감축수단 적용을 통한 경제성 분석 및 의사결정을 지원하는 기능이 포함되어있다.

표 4. KOTEMS와 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템간 비교

구분	KOTEMS(As-is)	항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 툴(To-be)
구동 방식	- 항공부문 온실가스 통계자료 · 클라우드 서버를 통한 웹 기반 뷰어 방식	- 항공부문 온실가스 통계자료 (보고포털) · 클라우드 서버를 통한 웹 기반 홈페이지 방식
	- 배출량 산정, 감축량 예측, 의사결정 · 해당사항 없음.	- 배출량 산정, 감축량 예측, 의사결정 · 클라이언트/서버 방식의 PC 설치 S/W 방식
주요 기능	- 항공부문 온실가스 통계자료 · 연료사용량 (연료별, 세부사업별) · 에너지 소비량 (연료별, 세부사업별) * 연료사용량과 동일함. · 온실가스 배출량 (연료별, 기종별, 운항목적별, 세부사업별, 국내/국제별, 지역별) * 연료별 온실가스 배출량의 경우 연료사용량 및 에너지 소비량과 동일함. * 지역별 온실가스 배출량 통계 사용되지 않음. · 목표관리제 관련 업무 작성 양식 제공	- 항공부문 온실가스 통계자료 · 연료사용량 (연료별, 세부사업별) · 에너지 소비량 (연료별, 세부사업별) · 온실가스 배출량 (연료별, 기종별, 운항목적별, 세부사업별, 국내/국제별, 지역별) · 목표관리제 보고 관련 서비스 제공 · 항공부문 온실가스 인벤토리 보고서(NIR) 관련 데이터 서비스 제공 · 항공부문 국가이행계획 관련 데이터 서비스 제공 · 항공사 자발적 협약 보고 관련 서비스 제공 · 배출권거래제 보고 관련 서비스 제공 · ICAO 시장기반체제(Market-based Measures, MBMs) 관련 서비스 제공
	- 배출량 산정, 감축량 예측 및 경제성 분석/의사결정 · Tier 1, 2급 항공 온실가스 산정	- 배출량 산정, 감축량 예측 및 경제성 분석/의사결정 · Tier 3b급 항공 온실가스 산정 · 감축수단 적용을 통한 감축량 예측 · 국내·외 항공 온실가스 관련 정책/규제 등의 시나리오 및 감축수단 적용을 통한 경제성 분석 및 의사결정 지원

5.2 변경사항의 당위성

○ 시스템 활용적 측면

- 기존에 개발된 KOTEMS는 항공부문에 대해 연차별 통계치만 제공되므로 사용자인 항공사는 해당 시스템에서 제공되는 데이터를 활용하여 자사의 정책 결정에 활용이 어렵다.

- 항공사에서 개별적으로 관리하고 있는 시스템(자동 또는 수동)과 데이터 연동에 어려움이 있어 기본 데이터 제공자인 항공사의 활용이 부진하다.

○ 국내·외 온실가스 관련 정책 대응 시스템 부재

- KOTEMS는 목표관리제, 항공부문 온실가스 인벤토리 보고서(NIR), 항공부문 국가이행계획, 항공사 자발적 협약, 배출권거래제, ICAO MBMs 등과 같은 국내·외 온실가스 관련 정책 업무를 대응하기 위한 서비스가 제공 되지 않는다. 또한 IPCC Tier2급의 산출 방법을 사용하고 있으며, 감축량 예측의 기능을 가지고 있지 않다.

- 국외는 Aero2K, AEDT, FAST 등의 여러 항공 온실가스 추정 S/W를 활용하고 있으나, 국내는 IPCC Tier 3급의 온실가스를 산정 및 예측할 수 있는 시스템이 존재 하지 않아 정량적 산정 및 예측이 어려운 실정이다.

○ 국외 S/W 활용의 어려움 및 국내 IPCC Tier3b급 산정 및 예측 S/W 부재

- 항공사는 항공기의 경제적 운항과 항공분야 연료사용량 및 온실가스 배출량 최소화에 기여하고 국내·외 온실가스 배출규제에 효과적으로 대응하기 위해 항공온실가스 산정 및 예측 시스템이 필요하다.

- 목표 시스템인 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템은 감축수단별 경제성 및 의사결정 기능지원, 감축수단별 저감효과 분석, 감축/기종/시나리오별 연료감축량을 분석하여 최적의 항공 온실가스 감축수단을 선정할 수 있게 한다.

- Tier 3b급 알고리즘이 탑재된 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템을 구축하여 ICAO 규제에 대한 능동적 대응 기술력을 확보하고, 항공기의 경제적 도입 및 최적화된 운항 정보를 제공하여, 국제 경쟁력을 강화한다.

6. 약어표

약 어	영 문	한 글
CAEP	Committee on Aviation Environmental Protection	항공환경보호위원회
ICAO	International Civil Aviation Organization	국제민간항공기구
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	유엔 산하 정부 간 기후변화패널
KOTEMS	Korea Transport Emission Management System,	교통부문온실가스관리시스템
MBMs	Market-based Measures	시장기반체제
NARMI	National Aviation Resource Management Information	항공안전종합정보시스템
NIR	National Inventory Report	국가인벤토리 보고서
UI	User Interface	사용자 인터페이스

운용 개념 기술서 Ver. 2.0

(Operational Concept Description)

항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발

문서ID : OCD_체계종합_KOTI

Version : 2.0

KAIST 세종대학교 SEJONG UNIVERSITY SOLUTIS KOTI 한국교통연구원 THE KOREA TRANSPORT INSTITUTE

AUTHORIZATION

한국교통연구원 Approval:

본 문서에 대한 서명은 한국교통연구원 내부에서 본 문서에 대하여 수행 및 유지관리의 책임이 있음을 인정하는 것임.

승인자 :	한재현	(인)	**일자 :**	2015.05.30

검토자 :	보 고 포 털 : 박진서 산 정 분 야 : 박보미, 임재진 감축량 분야 : 조현수. 정수진, 김상현 경제성 분야 : 김준혁, 서영성	(인)	**일자 :**	2015.05.27

작성자 :	황유철(KOTI) : 총괄 강지훈(솔루티스) : 보고포털 백승욱(KAIST) : 온실가스 산정 황호연(세종대) : 경제성, 의사결정 조현수,정수진(KOTI) : 감축량 예측	(인)	**일자 :**	2015.02.15

제 · 개정이력

버전	제/개정	제/개정자	개정 사유 및 내역	날짜
0.1	제 정	황유철	최초 제정	2015.02.15
0.2	“	“	1차 수정보완	2015.04.10
0.3	“	“	2차 수정보완	2015.04.23
1.0	“	조현수	TTA 결함 반영 및 SRR 의견 반영	2015.05.20
2.0	“	“	1세부, 2세부, 3세부 통합	2015.05.27

목 차

1. 시스템 개요 ····· 1
1.1 시스템 명 ····· 1
1.2 시스템 정의 ····· 1
1.3 문서 개요 ····· 4

2. 시스템 분석 ····· 5
2.1 시스템 개발 배경 및 목적 ····· 5
2.2 사용자 및 운용자 정의 및 특성 ····· 6
2.3 현 시스템 분석 ····· 12

3. 시스템 개발 범위 및 목표 ····· 25
3.1 시스템 개발 범위 ····· 25
3.2 시스템 목표 ····· 26
3.3 전체 시스템 구성도 ····· 30
3.4 서브시스템별 내용 및 특성 ····· 31

4. 목표 시스템 운용 시나리오 ····· 74
4.1 항공 온실가스 보고 포털 ····· 74
4.2 항공 온실가스 배출량 산정 ····· 80
4.3 항공 온실가스 감축량 예측 ····· 83
4.4 감축수단별 경제성 분석 및 의사 결정 지원 ····· 88

5. 목표 시스템 개발에 의한 변경사항(As-Is / To-Be) ····· 98
5.1 변경사항(As-Is / To-Be) ····· 98
5.2 변경사항의 당위성 ····· 100

6. 목표시스템 분석 ····· 101
6.1 장점 ····· 101
6.2 단점 및 제한사항 ····· 102

7. 약어표 ····· 103

1. 시스템 개요

1.1 시스템 명

○ 「항공 온실가스 산정 및 예측시스템 개발」

1.2 시스템 정의

○ 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템은 항공로 및 공항 주변 온실가스 배출량 산정 및 감축수단 적용을 통한 온실가스 감축량에 대한 예측이 가능한 시스템이다. 또한 국내·외 항공 온실가스 규제 및 감축량 예측 등의 시나리오 분석을 통한 경제성 분석 및 의사결정이 가능하다. 본 시스템 중 웹기반의 항공 온실가스 보고 포털 서브시스템은 국가 항공 온실가스에 대한 배출정보 표준 데이터 플랫폼으로서 국내항공사의 국내·외 온실가스 규제 대응을 할 수 있는 통합 관리 기능을 포함하고 있다.

○ 본 시스템의 Business Model은 Full Version 및 Short Version으로 구분된다.

- Full Version은 정부, 정부 지원 기관 및 항공사와 같이 온실가스 감축 관련 정책업무 수립 이행을 위한 분석 등에 본 시스템을 사용하는 전문 사용자용으로서 온실가스 관련 실제 DB 및 표준 DB를 모두 사용할 수 있다.
  - 이는 실제 출/도착지, 기종, 장착 엔진, 운항 절차, 계절/기상 등 관련 데이터 입력을 통한 신뢰성 있는 온실가스 배출량/감축량 산정이 가능하도록 기능 등을 기능을 제공한다.
- Short Version은 일반 기관용과 보급용으로 나뉘는데 일반기관용 Short Version은 대학, 지자체, 관련 민간단체 및 공항공사 등 기관별 목적달성을 위해 본 시스템 사용하는 일반사용자로서 온실가스 관련 표준 DB를 이용하여 온실가스 산정, 감축량 예측 및 의사결정 모듈만 사용할 수 있다. 보급용 Short Version 동남아, 아프리카 및 중남미 등 본 시스템이 구축되어 있지 않은 국가를 대상으로 표준 DB를 이용하여 온실가스 산정모듈만 사용할 수 있다.

- 이는 온실가스 배출량을 산출하는 표준(평균) 비행궤적 등 표준(평균) 데이터만으로 온실가스 배출량을 산정하는 기능을 제공한다.

○ 본 시스템은 '항공 온실가스 보고 포털 서브시스템'과 '항공 온실가스 산정 및 예측 서브시스템'의 2개 서브시스템으로 구성된다.

○ '항공 온실가스 보고 포털 서브시스템'은 국가 항공 온실가스에 대한 배출정보 표준 데이터 플랫폼으로서 국내항공사의 국내·외 온실가스 규제 대응을 할 수 있는 통합 관리가 가능한 모듈이 서브시스템으로 구현된다.

○ '항공 온실가스 보고 포털 서브시스템' 웹기반의 항공 온실가스 보고 포털 모듈로 국가 항공 온실가스에 대한 배출정보 표준 데이터 플랫폼으로서 국내항공사의 국내·외 온실가스 규제 대응을 할 수 있는 통합 관리 기능을 포함하고 있다.

○ '항공 온실가스 산정 및 예측 서브시스템'은 '항공 온실가스 산정', '항공 온실가스 감축량 예측' '경제성 분석 및 의사결정 지원' 그리고 '항공 온실가스 산정 지원 데이터 플랫폼'의 4개 모듈로 구성되어 있다.

- 항공 온실가스 산정 모듈은 Intergovernmental Panel on Climate Change (유엔 산하 정부 간 기후변화패널, IPCC) Tier 3b급의 항공온실가스 산정이 가능한 모듈로서 과거의 온실가스 관련 데이터를 통한 산정 및 미래 항공 수요 또는 항공기 등 미래 항공 온실가스 배출 관련 데이터를 입력하여 미래 항공 온실가스 배출량 산정이 가능한 모듈이다.

  - 본 모듈은 항공기 기종, 성능, 운항 절차, 기상, 출/도착지 등 온실가스에 영향을 주는 비행 조건 및 운항환경 별 항공기의 온실가스 배출량과, 운항을 지원하기 위하여 공항에서 사용되는 지상조업차량에 의한 온실가스 배출량의 산정이 가능하다.
  - 본 모듈은 표준궤적 및 항적자료를 이용한 단일 비행 중의 온실가스 배출량 산정이 가능하다.
  - 단위(국가, 지역, 항공사, 항공기) 별 온실가스 배출량을 산정 한다.
  - 본 모듈은 항공기/엔진 기종, 경도, 위도, 고도, 시간, 날씨 등 여러 항공자료를 고려하여 연료 사용량 및 온실 가스 배출량 산정이 가능하다.
  - Tier 3b 온실가스 배출량 산정 알고리즘으로 산정하기 위해서는 비행 스케줄 자료(출/도착지, 사용된 비행기 기종 등)와 이를 검증할 일정량의 데이터 자료(시간, 궤도, 속도 등)가 요구된다.

- 항공 온실가스 감축량 예측 모듈은 항공온실가스 산정 모듈에 감축수단을 적용하여 항공 온실가스 산정 모듈에서 산정한 미래 온실가스 증가치를 감축수단별 감축량 효과를 비교할 수 있는 모듈이다.

  - 본 모듈은 항공안전 및 온실가스 감축의 두 부분 모두가 충족될 수 있도록 절차상 안전을 기본으로 한 항공기 온실가스 감축량 및 저감잠재량을 분석할 수 있는 모듈이다.
  - 총 5개의 범주 (Flight Operation, Flight Dispatch, APU, Maintenance&Engineering, Commercial&Ground Operation) 내 40여 가지의 감축기술에 대한 저감효과를 분석하고 저감 잠재량을 파악하여 추가 감축이 이뤄질 수 있도록 한다.

○ 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈은 각종 시나리오(국내·외 환경 관련 정책 시나리오, 미래 항공수요 및 신형 항공기 도입 시나리오, 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization, ICAO) 항공기 인증규제 시나리오)와 각종 DB(항공기 성능, 항공사 운항 스케쥴, 항공사 비용)을 통한 항공기종별 비용 및 효과를 이용해 비용편익분석을 하여 Fleet Level 정책효과 분석하며, 이에 감축수단별 효과를 적용하여 감축수단별 정책효과 변화 및 비용/온실가스 감축량에 대한 분석을 통하여 정부 또는 항공사의 정책 수립에 대한 의사결정을 돕는 모듈이다.

○ 항공 온실가스 산정 지원 데이터 플랫폼은 항공 온실가스 산정, 감축량 예측, 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈을 지원하는 항로, 운항, 기종, GIS, 온실가스 등의 정보를 포함하고 있는 데이터 플랫폼이다.

1.3 문서 개요

1.3.1 문서목적

○ 본 운용 개념 기술서는 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템에 대한 개요, 참고문서, 요구사항 등을 기술한 문서이다.

1.3.2 문서 내용의 요약

표 1. 문서요약

구 분	주요 내용
1. 개요	- 본 문서가 적용되는 대상 시스템의 명칭 및 정의를 기술하였다.
2. 시스템 분석	- 본 시스템 개발의 배경, 목적, 현 업무체계, 문제점, 사용자 특성 및 사용자의 요구사항에 대해 기술하였다.
3. 목표 시스템 개념	- 본 시스템의 개발 범위 및 목표 그리고 각 서브시스템별 주요 모듈에 대해 기술하였다.
4. 목표 시스템 운용 시나리오	- 본 시스템을 이용한 업무 흐름에 따라 시스템의 운용 흐름을 기술하였다.
5. 목표 시스템 구축에 의한 변경사항	- 대표적인 기존시스템과 본 시스템 개발에 의한 관련 업무의 주요 변경사항을 기술하였다.
6. 참고사항/부록	- 사용자 요구사항을 기술하였다.

1.3.3 보안 및 주의사항

○ 본 문서는 관련자 이외의 대여 또는 열람을 금하며, 발행권자의 승인 없이 복제, 복사 및 인용을 금하여 문서가 무단 유출이 되지 않도록 한다.

○ 본 문서의 변경 요소 발생시 「항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발」 과제 총괄의 승인을 거쳐 변경될 수 있다.

2. 시스템 분석

2.1 시스템 개발 배경 및 목적

2.1.1 배경

○ 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization, ICAO)는 항공환경보호위원회(Committee on Aviation Environmental Protection, CAEP)를 통하여 현재 NOx를 비롯한 대기오염물질을 항공기 엔진 인증(Certification)을 통하여 규제하고 있으며, 2016년 도입을 목표로 2010년부터 항공기 이산화탄소 인증기준(Aircraft CO2 Certification Standard)을 개발하고 있다.

○ ICAO는 항공기 제조업체(OEM)를 규제하는 항공기 이산화탄소 인증 기준 이외에도 항공사(Airline)의 연간 온실가스 배출량을 규제하기 위한 탄소배출권 거래제의 국제적인 기준을 2020년 도입을 목표로 개발 중에 있다.

- 탄소배출권 거래제는 상대적으로 급격히 성장하고 있는 아시아 태평양 노선을 운항하는 항공사들에게 더 큰 부담이 될 수 있으므로 선제적인 대비가 필요하다.

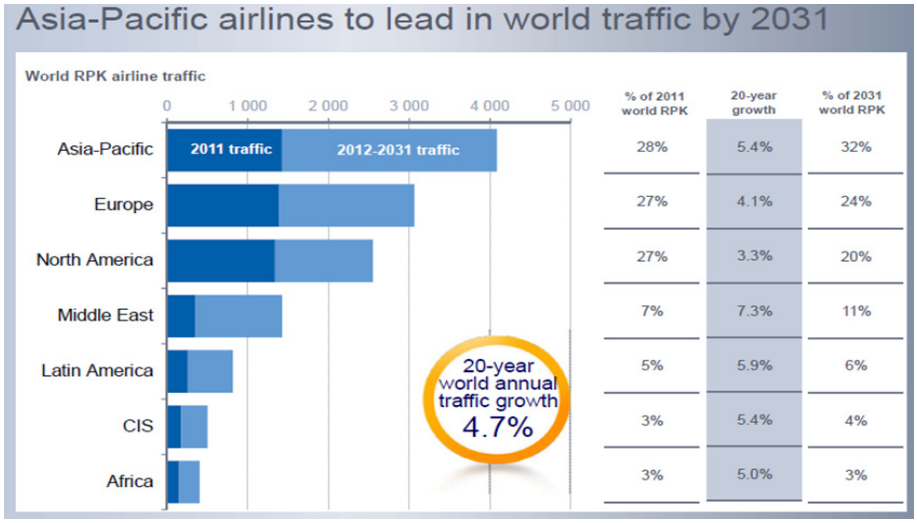


그림 1. 세계 항공 교통량 증가 전망치

○ 또한 항공부문의 온실가스 감축을 촉진하기 위하여 ICAO는 회원국들에게 매 3년마다 항공부문 온실가스 감축을 위한 국가이행계획을 제출할 것을 권고하고 있다.

○ 우리나라가 이와 같은 항공 환경 국제기준 마련에 참여하여 기술적인 의견을 내기 위해서는 항공운항으로 인한 환경 효과를 정량화할 수 있는 기술 확보가 필수적이다.

○ 또한 우리나라는 2012년 국가이행계획에서 여러 합리적인 가정과 활용 가능한 제한적인 데이터의 논리적 연산 및 과거 감축추세를 감안하여, 이를 추정하였으나 신뢰성이 높은 예측치라고 하기는 어려운 상태이며, 특히 저비용 항공사의 경우 필요한 데이터의 확보 등, 여러 가지 여건이 부족한 상태여서 어려움이 가중되고 있다.

2.1.2 목적

○ 본 「항공 온실가스 산정 및 예측시스템 개발」연구개발 과제는 다음과 같은 사항을 목적으로 개발을 추진함.

- 항공부문의 온실가스 감축 주체들이 간단하고 편리하게 사용할 수 있는 온실가스 배출량 산정, 감축효과 분석 및 보고/의사결정 지원시스템의 개발 및 보급

- 항공부문의 효과적인 온실가스 감축수단 개발과 이행을 촉진하고, 이를 통하여 항공부문 온실가스 감축에 기여

- 국내적으로 항공기의 경제적 운항과 항공분야 온실가스 배출량 최소화에 기여하고 국내·외 배출 규제에 효과적으로 대응 가능한 시스템 개발

- 온실가스 저감 방안 개발 및 활용 이해관계자들에게 편의성 제공

- 항공기 절차별 온실가스 배출현황 파악 및 관리

- 표준 플랫폼을 통한 온실가스 정보 체계화와 Tier1, Tier2, Tier3b 대한 국가 온실가스 통계 관리체계 구축을 통한 통합정보 관리

- 통합 체계 구축을 통한 정보 단일화 및 효율화
- 항공 온실가스 정보의 정부, 연구기관, 항공사 간 정보공유 체계 구축
- 국내 온실가스 규제 대응 관리 지원
- 국제온실가스 자발적 협약 대응 및 정책 수립을 위한 데이터 관리 등 대내외 항공 온실가스 정책 수립의 기반 강화

2.2 사용자 및 운용자 정의 및 특성

2.2.1 사용자 및 운용자 정의

○ 본 시스템에 대한 사용자 및 운용자는 전문사용자, 운용자 및 일반 사용자로 구분된다.

- 전문사용자 : 정부, 정부 지원 기관 및 항공사는 온실가스 감축 관련 정책 업무 수립 및 이행을 위한 분석 등을 위해 본 시스템 사용
- 운용자 : 상용화 기관, 유지보수 기관 및 시스템 운용 기관은 본 시스템의 판매 및 시스템 구동을 위한 장비 및 S/W 유지보수 담당
- 일반 사용자 : 대학, 지자체, 관련 민간단체 및 공항공사 등 기관별 목적달성을 위해 본 시스템 사용

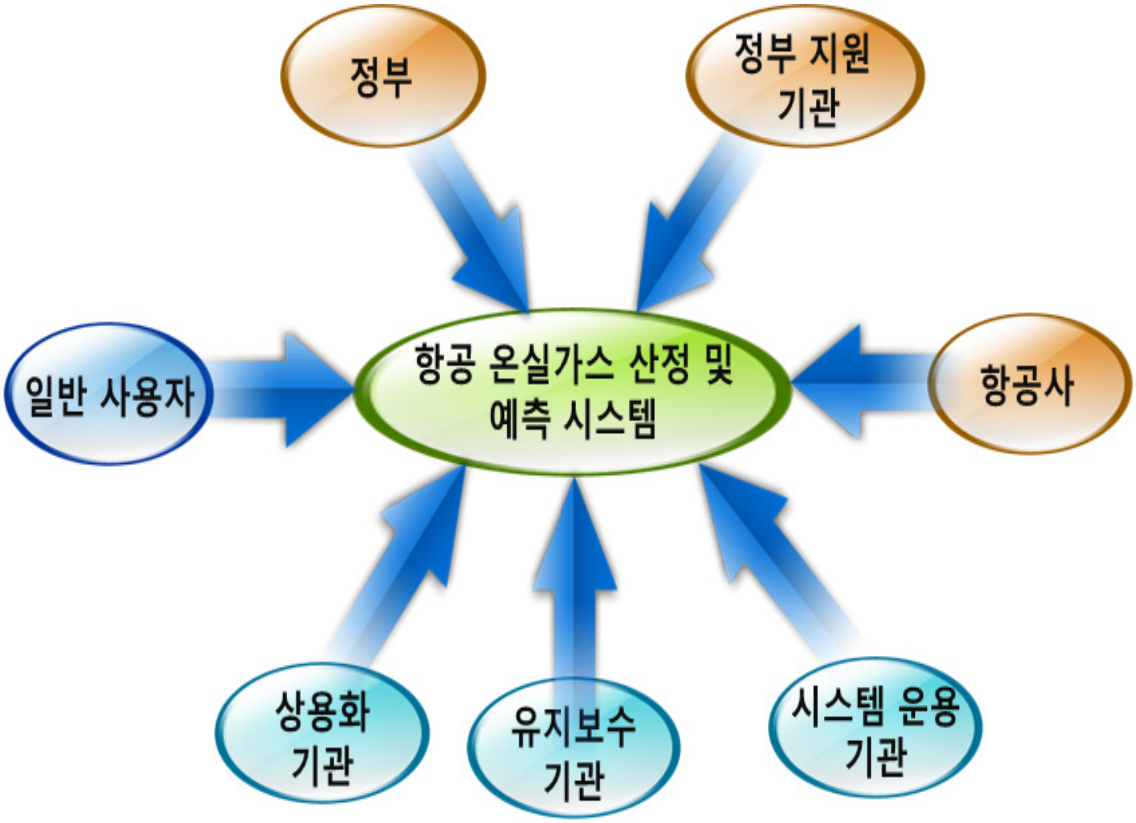


그림 2. 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 사용자 및 운용자 구성도

○ 보급포털 서브 모듈별 사용자 정의는 아래와 같다.

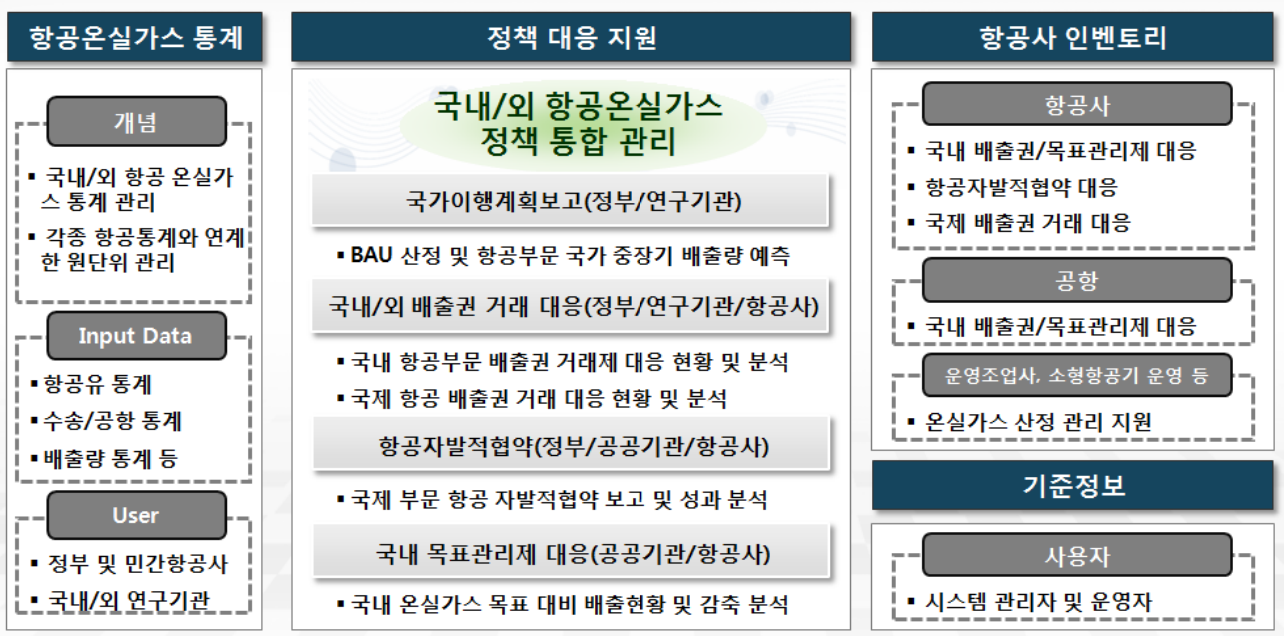


그림 3 서브 모듈별 사용자 정의

2.2.2 사용자 및 운용자 특성

○ 정부기관

- 항공로 주변 환경 상태를 고려한 합리적인 경로를 도출
- 항공 교통의 지속성장을 위한 항공 경로 구조 조정 도출
- 항공부문 온실가스 감축목표 달성도의 정밀한 산정 제공
- 온실가스 목표관리제를 위해 온실가스 감축 목표 설정 및 항공사의 감축 목표 달성 관리·평가
- 온실가스 감축 목표 설정 및 온실가스 감축 이행실적 관리
- BAU 산정 및 항공부문 국가 중장기 배출량 예측 등 항공 온실가스 감축 국가이행계획(State's Action Plan) 수립 및 효율적 운용을 위한 정책 수립
- 국내/외 항공부문 배출권거래제 대응 현황 및 분석을 통해 시장기반체제

(Market Based Measures) 추진에 있어 국제 항공부문 온실가스 모니터링, 배출량 검증 지원 및 탄소상쇄, 배출권 거래제도 도입・시행・지원

○ 정부 지원 기관

- 온실가스 자발적 감축협약 및 목표관리제 관리 툴로 사용
- 국내 환경 분석 및 항공 전문 연구진에게 고정밀 항공부문 온실가스 분석 도구 및 데이터 제공
- 온실가스 감축 이행계획서 평가 - 참여 항공사가 제출한 이행계획상의 온실가스 배출량, 연료 절감 계획 등 적절성 평가를 통한 검증 활동 수행

○ 항공사

- 온실가스 자발적 감축협약 및 국내/외 배출권거래제 및 목표관리제들에서 할당받은 목표 대비 배출현황 및 감축 분석을 통한 목표 달성을 위한 감축 계획 수립
- 온실가스 자발적 감축협약 및 국내/외 배출권거래제 및 목표관리제 보고 툴로 사용
- 항공기 도입 시 경로당 연료 절약 및 이에 따른 환경 부가세 절약 결과 도출
- 날씨와 항공기 무게 같은 변수의 차이에 따라 가장 최적화된 이착륙 속도, 각도 등 분석기능 제공

○ 일반사용자 (대학교, 지자체, 민간단체, 공항공사 등)

- 활주로 확장 및 신공항 건설 시 요구되는 정량적인 환경적 영향 분석 및 의사결정 지원 분석 제공

- 항공교통관리 및 인프라 개선

- 공항별 국내 배출권 및 목표관리제 대응

- 온실가스 산정 관리 지원

2.2.3 사용자 요구사항

○ 공통

- 사용자 입력 및 편의기능이 제공되어야 한다.

- 시스템간 데이터 호환이 가능해야 한다.

○ 항공 온실가스 보고포털

- 목표관리제 보고, 항공부문 온실가스 인벤토리 보고서(NIR), 항공부문 국가이행계획, 항공사 자발적 협약 보고, 배출권거래제 보고, ICAO 시장기반체제 등 온실가스 관련 서비스가 제공되어야 한다.

- 항공 온실가스 관련 업무(배출권거래제, 목표관리제 등) 보고서가 제공되어야 한다.

- 항공 온실가스 산정 관련 그래프가 제시되어야 한다.

- 온실가스 보고포털에 대해 항공 온실가스 관련 업무(배출권거래제, 목표관리제 등)가 포함되어야 한다.

- 온실가스 보고포털의 사용자 입력 및 편의기능이 제공되어야 한다.

- 온실가스 보고포털의 네트워크 기반 정보보호가 되어야 한다.

- 온실가스 산정 시 기준값 입력 및 표준 데이터 이용이 가능해야 한다.

○ 항공 온실가스 산정

- 항공 온실가스 산정의 신뢰성이 확보되어야 한다.

- 온실가스 산정시 기준값 입력 및 표준 데이터 이용이 가능해야 한다.

- 항공기 지상운용, 최적 연료량 산정 등 다양한 산정 업무를 제공해야 한다.

- GIS 맵상에 데이터가 표시되어야 한다.

- 미래 항공교통 수요 시나리오 및 DB 생성이 가능해야 한다.

- 감축수단별 적용시 미래 온실가스 산정이 가능해야 한다.

- 목표관리제 보고, 항공부문 온실가스 인벤토리 보고서(NIR), 항공부문 국가이행계획, 항공사 자발적 협약 보고, 배출권거래제 보고, ICAO 시장기반체제 등 온실가스 관련 데이터가 제공되어야 한다.

○ 항공 온실가스 감축량 예측

- 감축 수단별 항공 온실가스 감축량이 예측되어야 하며, 2개 이상의 감축수단의 중복 적용에 대해 종합적인 감축량 예측이 가능해야 한다.

- 온실가스 감축수단의 결과 데이터의 신뢰성이 확보되어야 한다.

○ 경제성 분석 및 의사결정 지원

- 감축활동 모니터링 리포트, 배출권거래제 및 자발적 협약 등 다양한 의사결정 지원 데이터가 제공되어야 한다.

- 온실가스 감축수단 적용시 경제성 분석이 가능해야 한다.

- 정부 혹은 항공사의 의사결정에 대한 구체적인 지원이 가능해야 한다.

- 항공 온실가스 관련 업무(배출권거래제 등) 보고서가 제공되어야 한다.

- 온실가스 감축수단별 경제성 분석 및 의사결정 지원에 대한 데이터 검증 및 산정기술이 제시되어야 한다.

- 항공 온실가스 감축수단별 경제성 분석 및 의사결정지원 관련 그래프가 제시되어야 한다.

- 시스템 간 데이터 호환이 가능해야 한다.

- 온실가스 기준값 입력 및 표준 데이터 이용이 가능해야 한다.

- 미래 항공교통 수요 시나리오 및 DB 생성이 가능해야 한다.

- 감축수단별 경제성 분석 적용 시 미래 온실가스 산정이 가능해야 한다.

2.3 현 시스템 분석

○ 현재 항공운송부문의 온실가스 배출량 자료로는 교통안전공단의 '배출량 조사사업'과 교통부문 온실가스 관리시스템(Korea Transport Emission Management System, KOTEMS), 국토교통부의 항공안전종합정보시스템(National Aviation Resource Management Information, NARMI)가 있다.

○ 배출량조사사업과NARMI 시스템의 경우 온실가스 통계 DB수준이며, KOTEMS의 경우 온실가스 배출 데이터 활용을 통해 자발적 감축 등을 지원하는 인벤토리이다.

○ 항공 온실가스 감축량 예측 모듈의 경우 KOTEMS와 인벤토리 구성 및 DB 체계가 유사하다.

2.3.1 보급포털 관련

○ 교통부문 온실가스 관리시스템(KOTEMS)

- 지속가능 교통물류발전 기본계획에 따라 도로, 철도, 항공, 해운 등 전 교통수단의 온실가스 배출량 및 저감량을 관리할 수 있는 시스템으로서 전 교통부문에서 발생하는 온실가스를 체계적으로 관리하고자 개발되었으며 다음과 같은 세 가지 시스템으로 구성되어있다.

표 2. 현 시스템 구성

구 분	주요 기능
온실가스 인벤토리를 관리하는 배출정보시스템	국내/외 온실가스 정보 제공
	에너지 소비량, 온실가스 배출량, 온실가스 원단위 정보 제공
	국내 교통부문 온실가스 정보제공
자발적 협약에 의한 교통부문 기업 온실가스 배출현황을 관리하는 목표관리시스템	총괄적인 목표관리 및 이의신청 기능 제공 등
	배출량 산정, 적정 목표 설정 및 이행관리
온실가스 변화를 예측하고 평가하는 저감효과평가시스템	온실가스 감축전략별 교통수요분석(억제, 전환), 기술개선(연비향상) 등 정책변수의 변화에 따른 온실가스 저감효과 평가

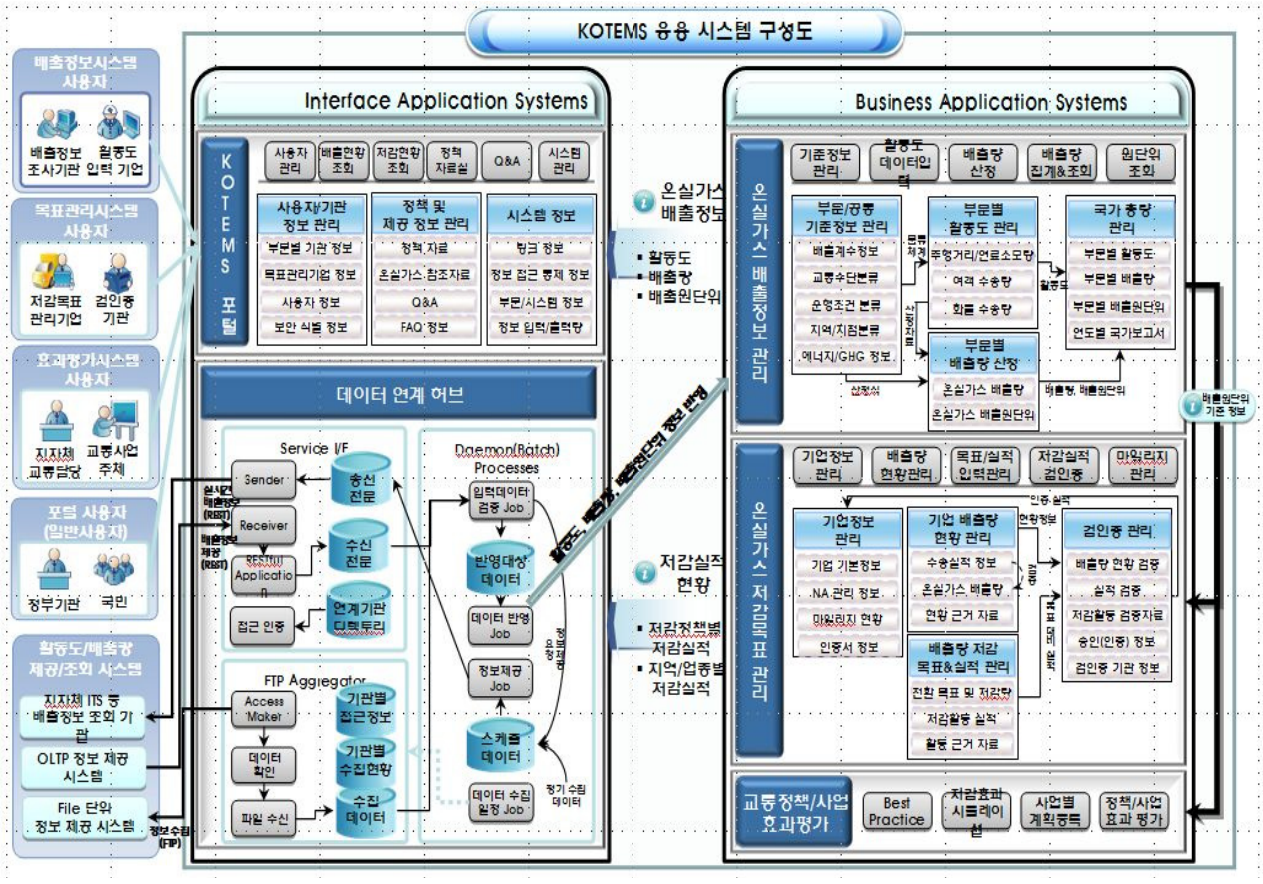


그림 4 교통부문 온실가스 관리 시스템 구성도

2.3.2 배출량 산정 관련

○ SAGE (System for assessing Aviation's Global Emissions)

- 미국 FAA에서 개발한 온실가스 산정모형으로서, 항공기의 연료 소모량과 CO, HC, NOx, CO2, H2O, SO2 등의 배출량을 산정한다.

- 입력 자료는 획득 가능한 수준에 따라 지역별로 상세 정도에 차이가 있는데, 북중미와 유럽을 운항하는 항공기의 경우 모든 일정, 궤도, taxi 타임 등 상세자료가 입력되는 반면 나머지 지역은 일정 자료만 입력된다.

○ AEM (Advanced Emission Model)

- EUROControl에서 개발한 모형으로서 항공기의 연료소모량과 CO2, H2O, SOx, NOx, HC, CO, 벤젠, VOC, TOG 등의 배출량을 산정한다

- 입력 자료는 항공기, 엔진, 연료연소비율, 배출률 자료 외에 콜 사인, 출발시간, 출발 도착공항, 기종 등을 포함한 전반적인 비행 및 일정자료, 비행고도, 대지속도, 상승/하강비율 등 비행자료이다.

○ AERO2K

- QinetiQ(민간기업)이 DLG(독일), 맨체스터대, 네덜란드 국립항공우주연구소(NLR), 영국무역산업부, 에어버스사, 유로콘트롤 등과 함께 개발 했다.

○ FAST (Future Aviation Scenario Tool)

- 영국 무역산업부에서 개발하였으며, 입력 자료는 항공기 이동자료(AERO2K의 데이터베이스 사용), 60종의 항공기의 연료사용량 특성 등이 있다.

- 출력자료는 3D 그리드 상에 나타나며, GCM, CTMs과 같은 다른 모형을 이용하여 대류권의 오존 증가, 비행운에 의한 복사강제력 등을 산정하는데 사용된다.

○ INM (Integrated Noise Model)

- SAE AIR 1845표준 알고리즘 및 프레임워크를 기반으로 개발되었으며, 오랜기간의 측정을 통해서 구성한 NPD(Noise-Power-Distance) 데이터베이스92)를 바탕으로 항공기의 운항경로를 결합하여 공항주변의 소음지도를 예측한다.

○ AEDT (Aviation Environment Design Tool)

- 공간과 시간영역에서 항공기 성능을 모델링하는데 사용되는 소프트웨어이다.(연료연소, 배기가스, 소음 계산)

- 단일 항공편으로부터 지역, 국가, 전 세계적 시나리오 레벨에 대한 완전한 게이트-게이트 해석 가능하다.

- 현재 항공기와 관련된 연료연소, 소음, 배기가스의 상호연관성을 분석하기 위해 FAA에서 사용한다.

2.3.3 감축량 예측 관련

○ 대응 되는 시스템이 현존하지 않으며, 2.3.1 KOTEMS의 분석이 어느정도 유사하다.

2.3.4 경제성 분석 및 의사결정 지원 관련

○ 경제성 분석 및 배기가스 예측 프로그램: OSyS ETS MRV solution

- OSyS의 세부 모듈인 Visum Fuel (with Controls and Data Services)는 데이터 통합, 정확한 기준선 성립을 통한 연료 계획 관리, ROI(return on investment)의 최대화, 고객 알림, dashboard와 보고서, 이해 당사자들 교육 등 다양한 기능을 제공한다.

- OSyS 세부 모듈인 OSyS Engine washing은 엔진 세척 관리 프로그램으로 각 개별 엔진 기반의 세척 주기를 관리할 수 있는 최적화 알고리즘을 포함하고 있고 이는 엔진의 성능 저하를 추적하면서 세척제 가격, 연료 가격, 매해 전기 및 수도 가격을 고려한 최적의 세척주기를 계산한다.

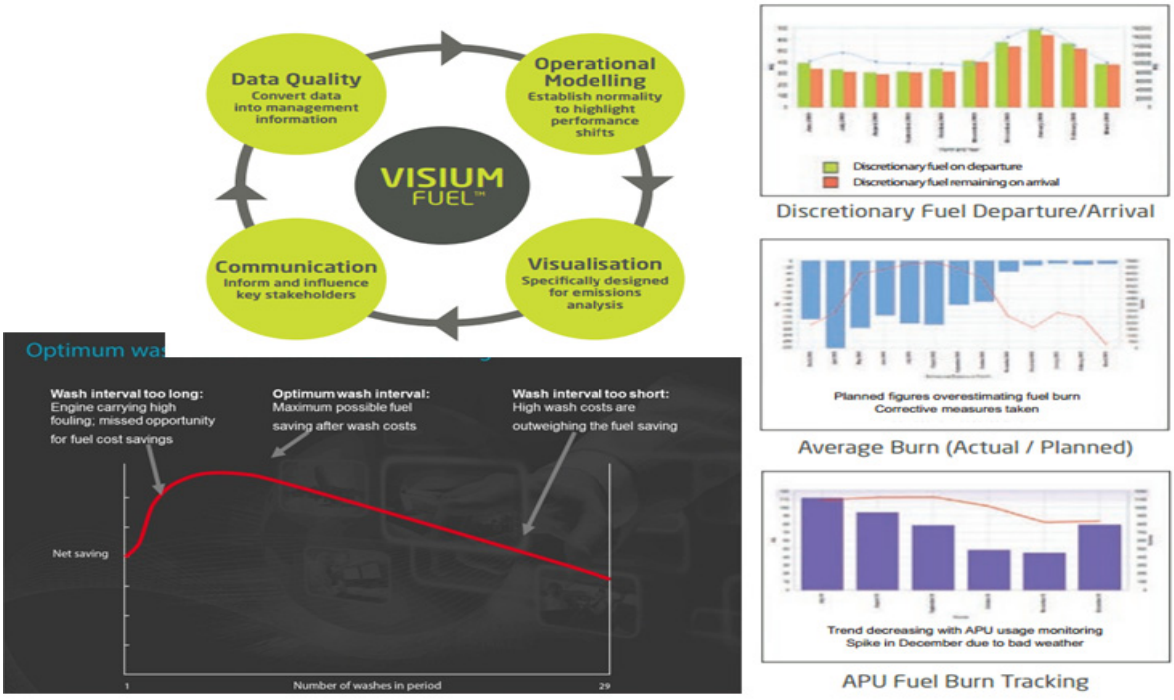


그림 5 경제성 분석 및 배기가스 예측 프로그램: OSyS

○ 경제성 분석 및 배기가스 예측 프로그램: AVIASO

- AVIASO는 비행 스케줄, 비행 계획, FOQA 등의 데이터를 사용하여 배기가스 예측을 통한 경제성 분석을 수행하며 플랩(flap)의 사용 정도에 따른 연료 사용량 변화, way-point를 포함한 비행 경로에 따른 연료 사용량 등을 계산할 수 있다.

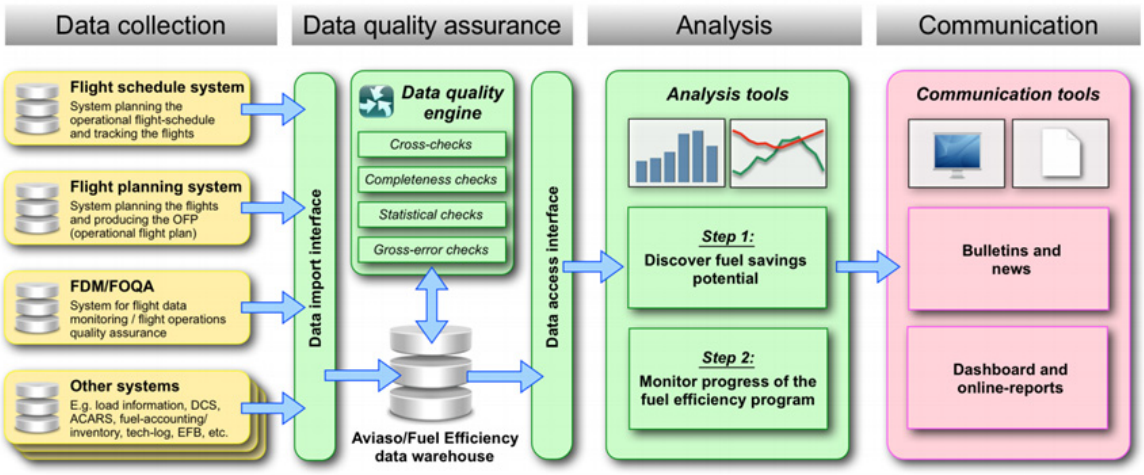


그림 6 경제성 분석 프로그램 AVIASO

○ 경제성 분석 및 배기가스 예측 프로그램: SkyBreathe

- SkyBreathe는 연료절감을 위한 솔루션을 제공하여 연료 소모량을 모니터링 하고 연료 절감을 위항 방법들을 제시할 수 있다.

- FDR 기록을 포함한 모든 연료 정보 소스를 모아 하나의 통합된 DB를 제공하고 혁신적인 알고리즘을 통해 최적의 연료 절감을 위한 방법을 제시하고 이러한 정보를 Dashboard에 구현한다.

- CO2 배출량 계산 및 분석, 연료 소비량 계산 및 분석을 통한 EU-ETS(Emission Trading Scheme) 보고서 작성을 지원한다.

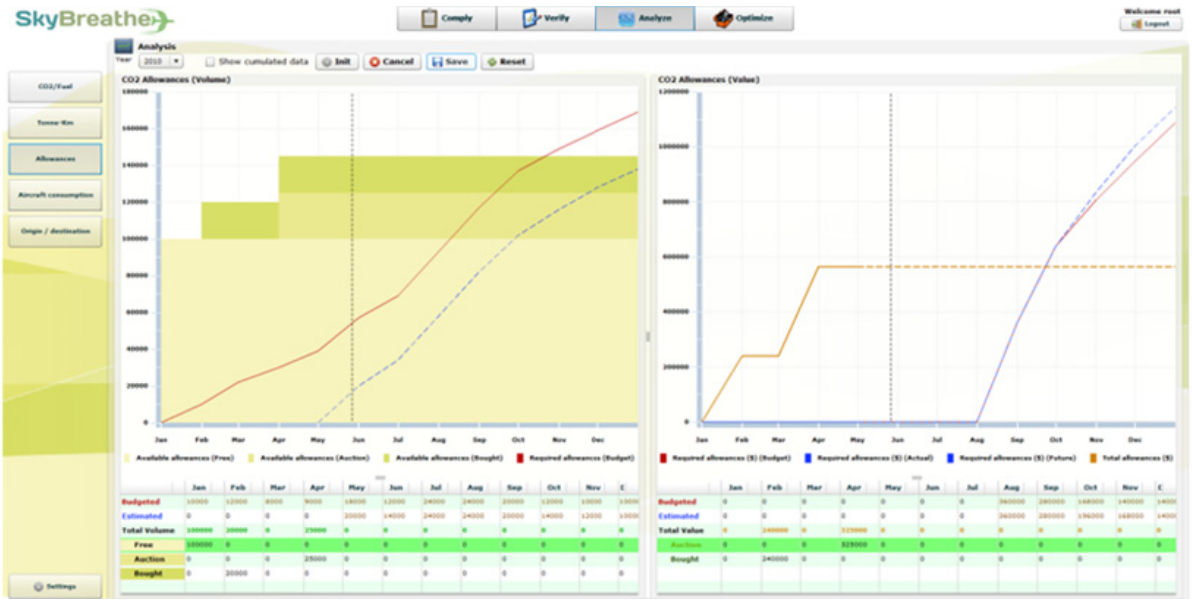


그림 7 경제성 분석 프로그램: SkyBreathe

○ 정책 결정 및 의사결정 지원 프로그램: AERO_MS

- 항공 온실가스 분석 및 감축 정책 평가에 사용되고 시나리오와 정책 분석 툴로서 항공 정책 평가 및 경향 예측 등에도 사용된다.

- EASA (European Aviation Safety Agency) 소유로 현재 및 미래에 대한 항공기 배기가스를 평가한다.

- 주 기능은 배기가스 감축을 위한 가능한 정책 옵션들에 대한 효과를 평가하고 항공사, 소비자, 정부 및 항공기 제작사에 미치는 효과를 제공한다.

- 주요 출력값들은 air transport and aircraft operations, effects on airlines, economic effects on other actors, fuel consumption and emissions, operating efficiency indicators 이다.

- AERO-MS의 주요 세부 모듈의 기능은 아래와 같다.

  - ATEC (Aircraft Technology Model)
  - ADEM (Air Transport Demand Model)
  - ACOS (Aviation Cost Model)
  - FLEM (Flights and Emissions Model)

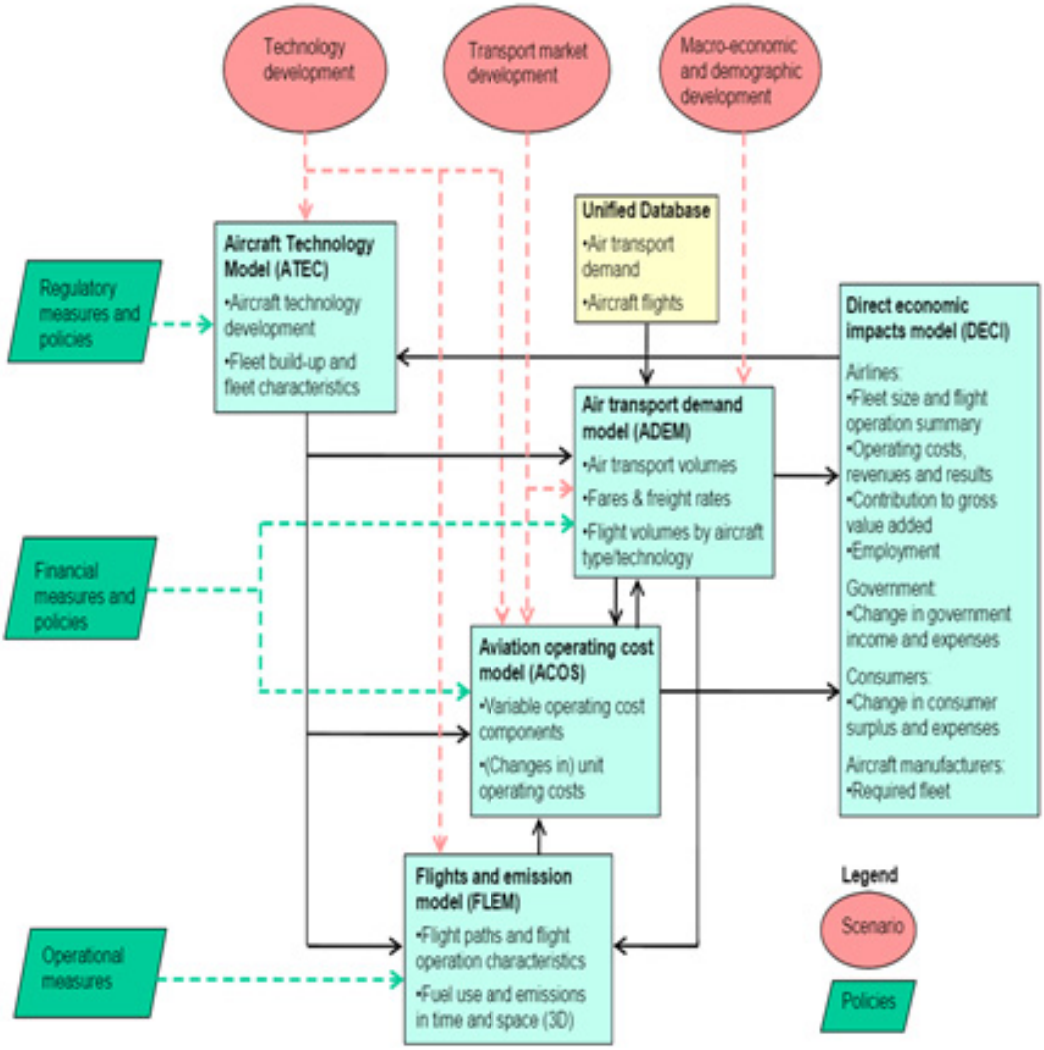


그림 8 AERO-MS 세부 모듈 구성도

○ 정책 결정 및 의사결정 지원 프로그램: APMT-E

- APMT(Aviation Portfolio Management Tool)-E(Economics)는 미국 FAA의 Environmental Tool Suite의 한 모듈로 영국의 MVA사가 미국 FAA의 의뢰로 개발되었다.

- 항공 환경 정책으로 발생하는 항공사의 비용증감 효과를 계산하는 것이 주 목적으로 그동안 ICAO NOx Standard, ICAO Noise Standard 개발에 공식적인 툴로 사용된다.

- 미래 항공 수요에 대한 시나리오를 입력하면 항공기 시장 점유율 분석(Market Share Analysis)을 통해 미래 항공기의 모델별 판매 대수를 예측한다.

- 항공사별로 분석을 수행할 수 없으며 국가 혹은 Global 단위로만 분석이 가능하다.

- 항공사별로 경제성 분석을 수행할 수 없기 때문에 EU-ETS, ICAO-ETS 등 항공사를 단위로 하는 정책 분석을 지원할 수 없다.

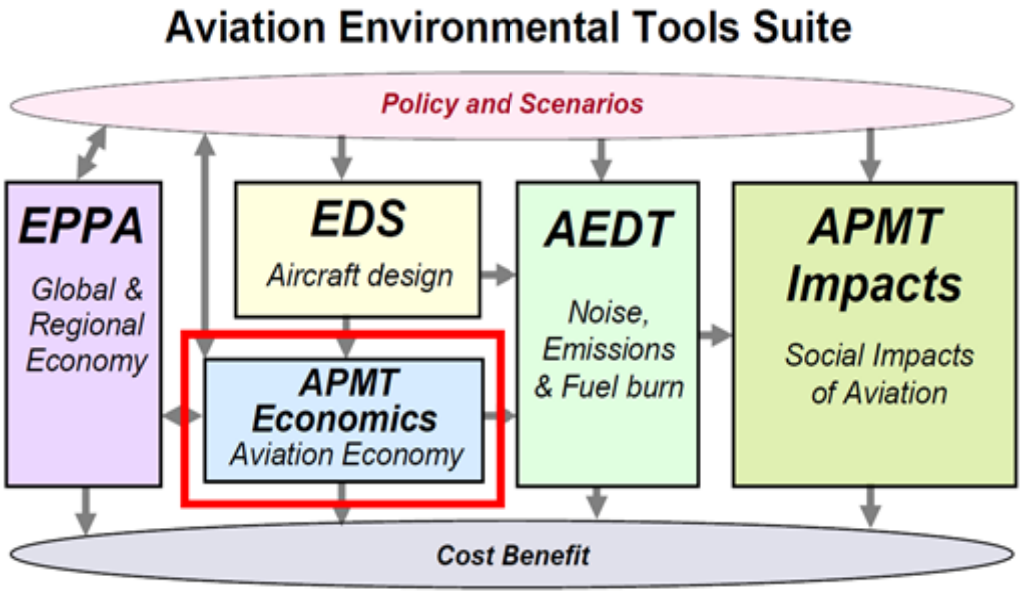


그림 9 미국 FAA의 항공 환경 툴들 중 APMT-E의 역할

○ 정책 결정 및 의사결정 지원 프로그램: GREAT

- GREAT(Global and Regional Environmental Aviation Tradeoff)는 미국 조

지아 공대(Georgia Institute of Technology)에서 FAA의 PARTNER Project 14 Environmental Design Space의 일환으로 AEDT의 short version으로 개발되었다.

- Microsoft .NET framework를 기반으로 프로그래밍되어 있으며 MS EXCEL을 통해서 GUI를 구축하여 AEDT에 비해 사용이 매우 편리하다.

- GREAT는 조지아 공대에서 개발한 또 다른 FAA 환경 프로그램인 EDS와 간단히 연동되어 미래의 새 항공기에 의한 Fleet Level 온실가스 분석이 가능하다.

- APMT-E가 수행하는 기능인 미래 항공운항 스케줄을 자체적으로 생성할 수 있기 때문에 항공 환경관련 정책이나 신기술에 대한 Fleet Level의 장기적(일반적으로 2010년~2050년)이고 거시적(미국 전체 또는 전세계 항공운항)인 효과를 수분 안에 계산할 수 있다.

- 2014년 현재 거시적인 연료 사용량 및 공항 소음 계산 기능이 있으며 경제성 분석 기능은 없다.

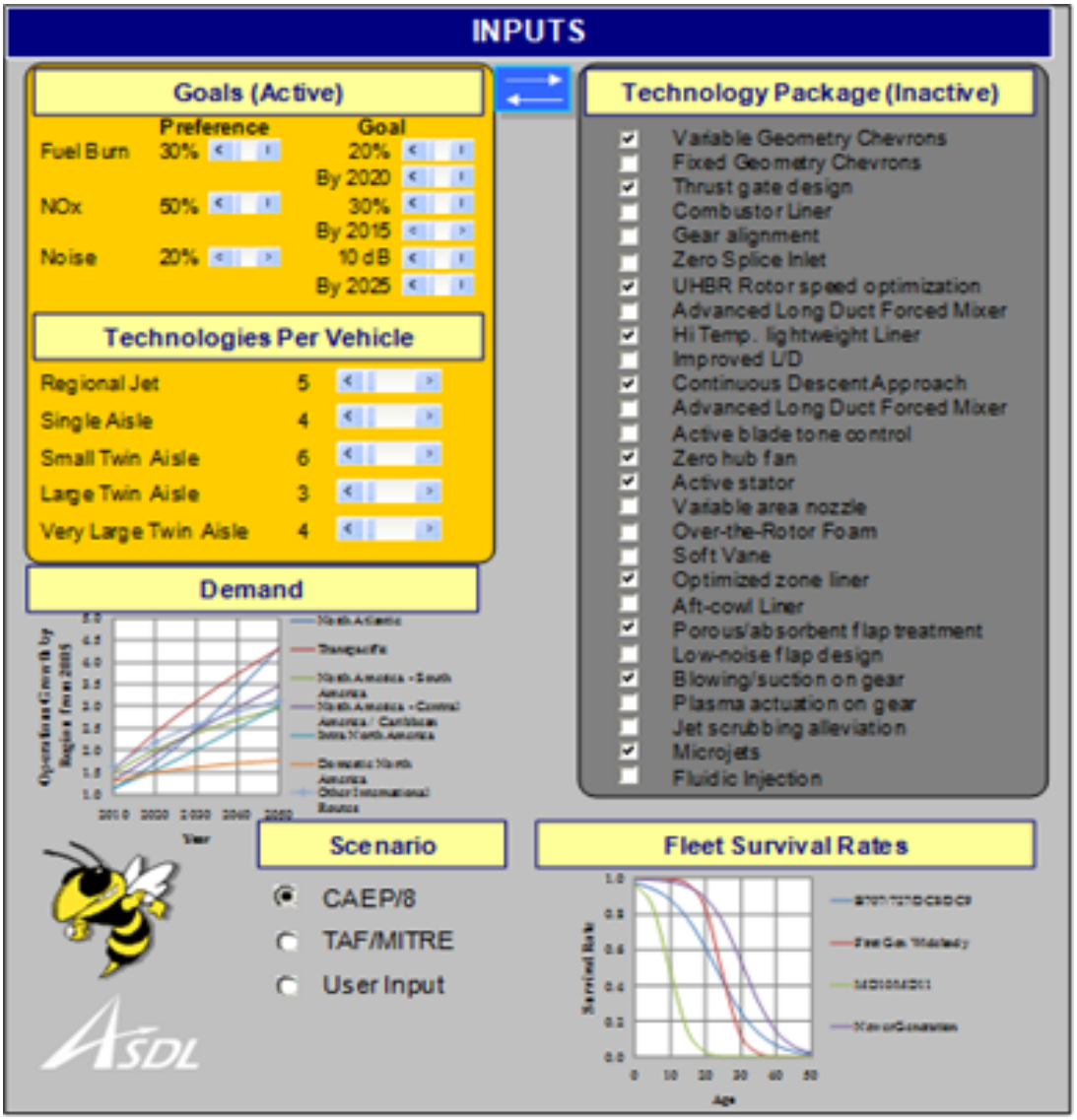


그림 10 GREAT의 입력 화면

출처: : Kirby, M.R., Becker, K., Isley, S., Burdette, G., Mavris, D., “Development of an Interactive Capability to Trade Off New Technologies and Future Aircraft to Reduce Aviation Environmental Impacts,” ICAS 2010-4.10.2-645, 2010

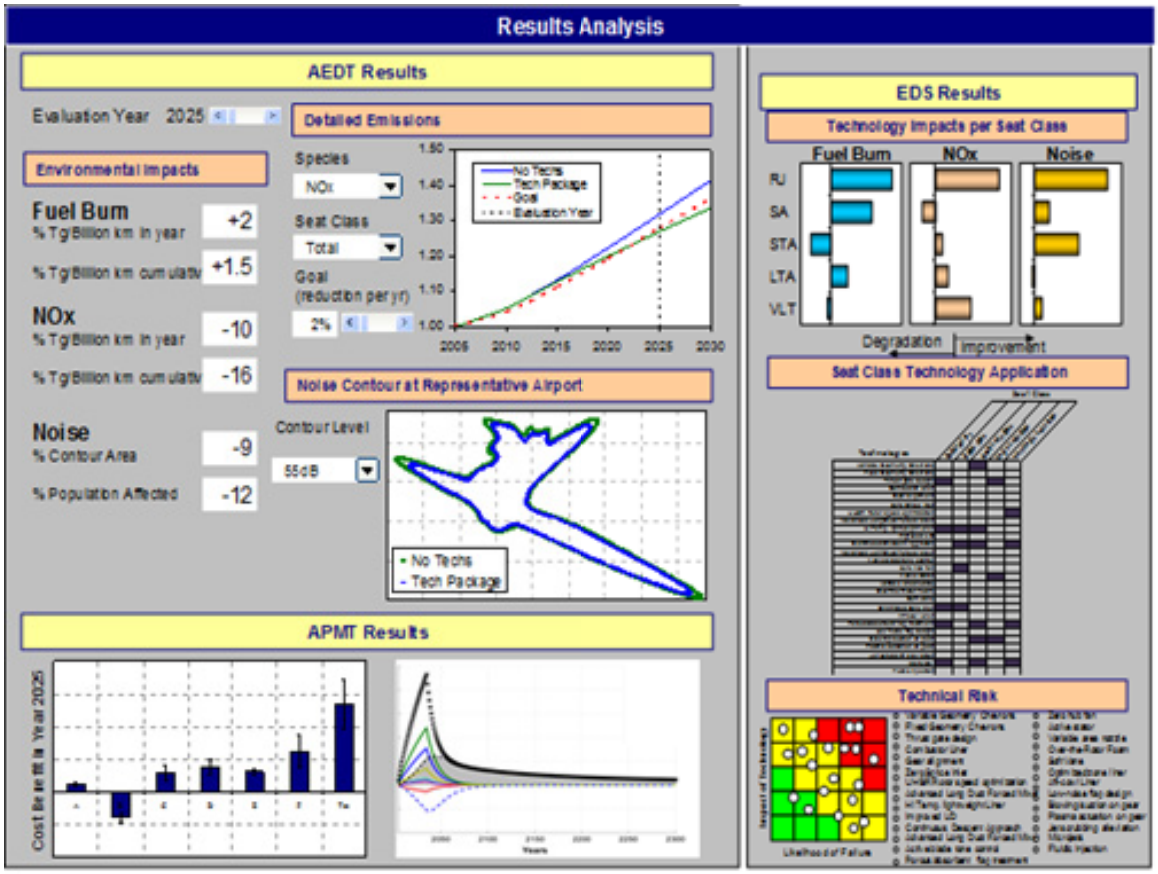


그림 11 GREAT의 출력 화면

출처: : Kirby, M.R., Becker, K., Isley, S., Burdette, G., Mavris, D., “Development of an Interactive Capability to Trade Off New Technologies and Future Aircraft to Reduce Aviation Environmental Impacts,” ICAS 2010-4.10.2-645, 2010

2.3.5 현 시스템 한계점

○ 교통부문 온실가스 관리시스템(KOTEMS)에서는 교통부문 배출현황을 파악하여 통계 정보 관리 시스템으로서 항공부문에 특화된 산정방법론 적용에 따른 배출량을 관리하고, 저감하는 방법 및 감축수단 등에 대해서는 나와 있지 않다.

○ 특히, 도로 부분의 경우 Tier 3 기반의 온실가스 배출량 및 감축량 산정도 가능하여 지자체 및 정부기관의 정책 결정 및 의사결정시 판단 기준을 제공하나, 항공부분 온실가스 배출량 산정 시 Tier2의 방법을 사용하여, Tier 3b의 산정방법론으로 온실가스 정보 관리 체계 구축이 되어있지 않다.

○ 교통부문 온실가스 관리시스템(KOTMES)는 전 분야(도로, 철도, 항공, 해운 등)를 망라하여 시스템이 구축되어 항공부문의 온실가스 산정 및 예측효과를 미시적으로 접근하는데 한계가 있다.

○ 2.3.2절에서 제시한 해외 프로그램은 항공사에서 사용하는 경제성 분석 프로그램 중 일부 기능을 국내 일부 항공사에서 사용하고 있는 것으로 판단되나 EU-ETS나 ICAO-ETS에 대비하기는 역부족인 상황이다.

○ AERO-MS, APMT-E, GREAT와 같은 정책 의사결정 지원 프로그램은 해외 판매를 하지 않고 있다.

○ 해외 프로그램은 소스 코드가 제공되지 않아 국내 상황에 맞게 프로그램의 추가/수정/변경이 불가능하다.

○ 미국이나 EU 등이 개발하여 활용 중인 지구단위의 모형에는 지나치게 방대한 양의 자료가 필요하여 구축과 자료수집에 큰 비용이 소요되는 반면 정책적 활용도는 Emission Inventory (연료소비량 및 온실가스 배출량) 계산에 국한되어 있고 ATM (자동항로관리), 항로 변경, 신기종 도입 등 상세한 분석에는 활용이 제한적이다.

○ 또한 Cargo Flight, Regional Aircraft 등에 대한 시뮬레이션 모델은 국제적으로 개발되어 있지 않아 우리나라와 같이 단거리 비행에 대형 항공기가 쓰이는 경우, 도시 간 소형 항공기 운항이 필요한 경우, 대형 화물항공사의 온실가스 배출량 할당이 국제적으로 이루어질 경우 그에 대한 데이터베이스나 검

증된 결과를 절실히 필요하다.

○ 국내 기관에서 보유하고 있는 항적, 기상 자료들과의 일치성과 타 국내 환경 분석 시스템과의 연동성 및 향후 확장성을 고려하면 외국 프로그램 (Aero2K, AEDT 등)의 사용은 제한적이다.

○ 실질적으로 온실가스 배출 현황을 통해 미래 온실가스 배출량을 예측해야 하며, 주요 온실가스 배출 요인을 통해 여러 감축 수단을 도출할 수 있어야 한다.

3. 시스템 개발 범위 및 목표

3.1 시스템 개발 범위

표 3 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 범위

모듈	업무	업무범위	비고
항공 온실가스 보고 포털 모듈	S/W개발 및 구동 장비 구축	- 표준 데이터 플랫폼기반 국내 항공부문 온실가스 배출 정보에 대한 통합 관리 시스템 개발과 국내/외 항공온실가스 규제 대응을 위한 지원 관리 시스템 개발	
항공 온실가스 배출량 산정 상용 모듈	S/W개발	- 항공 온실가스 기초데이터 검색/추출/관리 기술 개발 - 알고리즘 모듈과 DB 통합 시스템 구축 - 배출량 산정 알고리즘 이용한 산정 모듈 개발	
항공 온실가스 감축량 예측 상용 모듈	S/W개발	- 항공 온실가스 기초데이터 검색/추출/관리 기술 개발 - 알고리즘 모듈과 DB 통합 시스템 구축 - 감축량 예측 알고리즘 이용한 예측 모듈 개발	
경제성 분석 및 의사결정 지원	S/W개발	- 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈 개발	
항공 온실가스 산정 및 예측 모듈 필수 데이터 목록 구축 및 수집 모듈	DB 구축	- 시스템 아키텍처 기획 및 개발 - Database 용량 예측 및 산정 - Database 개념/논리 설계 - 외부 시스템 연계 설계 - 기초 데이터 소스 파악 - Database 상세 논리 설계 - Database 물리 설계 - 데이터 정합성 검증 및 데이터베이스 튜닝	
각 모듈의 통합 상용 툴을 구현	S/W개발	- 사용자 인터페이스(User Interface, UI) 개발 - 보고서 및 통계 기능 개발 - Full 버전 : 실제 출·도착지, 기종, 장착 엔진, 운항 절차, 계절·기상 등 관련 데이터 입력 통해 신뢰성 있는 온실가스 배출량/감축량 산정 기능 - Short 버전 : 온실가스 배출량을 산출하는 표준 (평균) 비행경로 등 표준(평균) 데이터만으로 온실가스 배출량/감축량 산정 기능	

3.2 시스템 목표

○ 본 시스템은 항공 온실가스 보고 포털 서브시스템과 항공 온실가스 산정 및 예측 서브시스템의 2개 서브시스템으로 구성된다.

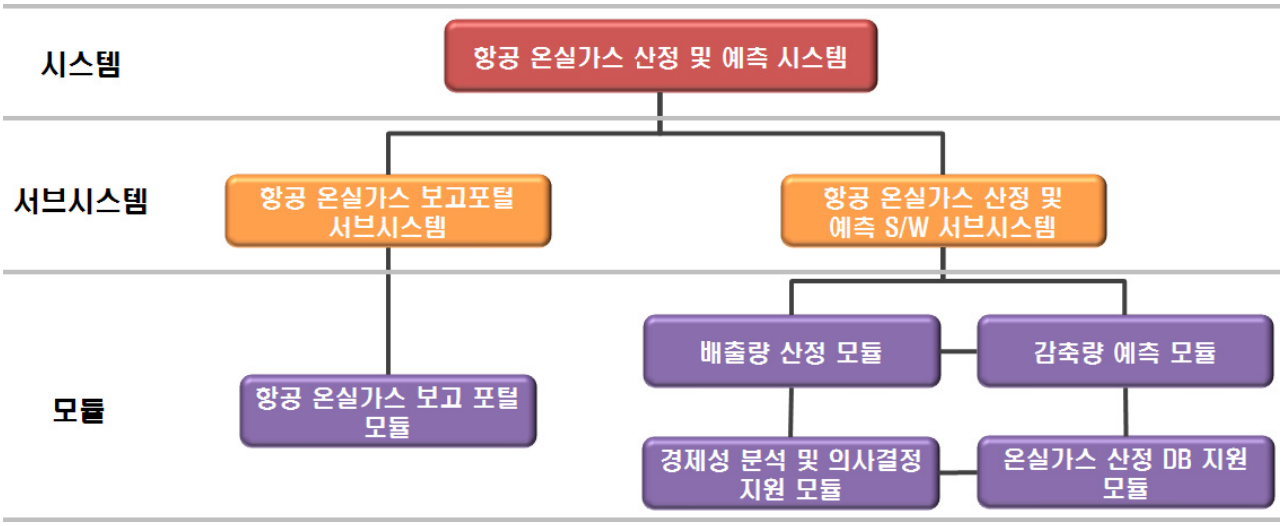


그림 12. 개발 시스템 체계도

○ 항공 온실가스 보고 포털 서브시스템

- 국가 항공 온실가스에 대한 배출정보 표준 데이터 플랫폼으로서 국적 항공사의 국내·외 온실가스 규제 대응을 할 수 있는 통합 관리가 가능한 웹 기반의 항공부분 온실가스 데이터 수집, 통계 데이터베이스를 개발한다.

- 항공 온실가스 보고 포털은 각종 항공 온실가스 규제 및 정보를 관리하는 웹기반의 '항공통계, 정책대응, 기준정보, 레포팅 모듈과 항공사별 배출량 산정 및 보고를 지원하는 '항공사 인벤토리 모듈'의 서브 모듈로 구성된다.

  • 항공통계/정책대응/기준정보/레포팅 모듈

  ① 국가인벤토리보고서(NIR)에 활용될 수 있는 항공유 및 국제벙커링 소비량을 연단위로 관리하며 이를 통해 Tier 1 배출량 산정을 수행한다.

  ② 각종 항공통계 데이터와 연계를 통한 맞춤형 정보 제공 기능 개발한다.

- 항공사 인벤토리 관리 프로그램

① 항공사 온실가스 관리체계 구축을 지원하고, 항공자발적협약 및 국내/국제 배출권거래제와 관련된 효율적 대응 업무를 수행하도록 프로그램 개발한다.

② 에너지 DB 구축을 통해 배출권 할당에서 인증 및 제출까지의 배출권거래제 요구 지침을 만족하고, 에너지 관리 및 온실가스 배출량 산정, 감축사업 등 관련 업무관리 기능 구현 한다.

○ 항공 온실가스 배출량산정 서브시스템

- 항공 온실가스 배출량 산정 모듈

- 항적자료 및 항공기 성능 정보 등 실제 데이터를 사용하여 IPCC Tier3b 급 알고리즘이 적용된 항공 온실가스 배출량 산정 모듈을 개발한다.
- IPCC Tier 3급 고정밀 항공 온실가스 배출량 산정 알고리즘을 개발한다.
- Tier 3 방법론은 비행기와 엔진 특성 공기역학적 성능 정보를 이용하여, 각 비행 구획의 총 궤도를 통해 배출량과 연료 연소를 계산하는 고정밀 배출량 산정 방식이다.
- Tier 3는 기종점 자료, Tier 3b는 총 비행 궤도 정보를 사용하며, 본 알고리즘은 이 두 가지를 모두 수행한다.

구 분	산정 방법	비고
Tier 1	온실가스 배출량 = 연료 사용량 * 배출 지수	간단/단순
Tier 2	3,000피트 이하(이착륙)과 이상(순항)으로 구분 총 온실가스 배출량 = LTO 횟수 × LTO 배출계수 + (총 연료사용량 - LTO연료사용량) × 순항배출계수	현재 국가 항공부문 온실가스 배출량 통계 수준(KOTEMS)* → ICAO 규제수준 대응 불가
Tier 3a	출·도착지 공항간 자료 이용 총 온실가스 배출량 = CO2 배출량(항공유 탄소함량x 비행단계별 연료사용량) + 기타 배출량(CH4, N2O)	Detailed CORINAIR Methodology (공개 자료)
Tier 3b	총 비행궤도 정보(총 비행항로 정보) 이용 → 항공기, 엔진성능, 항적 등 고려하여 정책집행 및 이행이 가능한 모형 (SAGE, AERO2K 등)	미국 FAA 등 일부 선진국

*KOTEMS(교통부분 온실가스 관리시스템, Korea Transport Emission Management System)

그림 13 IPCC의 온실가스 산정 등급

- 항공 온실가스 배출량 산정 알고리즘은 상호 간에 영향을 미치는 공기역학적 요인들을 고려하여 하위 Tier보다 더 정확한 연료 소모량 및 온실가스 배출량을 산정한다.
- 연료사용량 자료에 의존하는 top-down 방식의 Tier 1,2에 비해 실제 비행기 운행 자료를 활용하는 bottom-up 방식의 Tier 3b 알고리즘은 항공교통 변화, 항공장비 교체, 혹은 다른 가변 입력 시나리오를 고려한 입력 자료를 사용해 다이내믹한 미래 예측 및 시나리오 분석을 가능케 한다.

○ 항공 온실가스 감축량 예측 서브시스템

- APU, 운항관리, 운항, 정비 및 유지보수, 지상 중량관리의 5개 범주에 대한 감축기술 적용을 통한 저감효과를 분석하고, 저감 잠재량을 파악하여 추가 감축이 이뤄질 수 있도록 한다.

- 감축수단별, 비행단계별, 항공기종별 등 다양한 감축 시나리오 분석기술이 요구되며, 이를 통해 항공 온실가스 감축량 데이터베이스를 구축하고 경제적 운항절차 개발 및 효과적인 운항 체계를 구축하는 기술을 개발한다.
  - 항공온실가스 감축량을 다양한 감축수단을 이용하여 예측하는 모듈이다.
  - 정부 및 항공사의 정책을 지원할 수 있는 모듈이다.

○ 경제성 분석 및 의사결정 지원 서브시스템

- 각종 시나리오(국내·외 환경 관련 정책 시나리오, 미래 항공수요 및 신형 항공기 도입 시나리오, ICAO 항공기 인증규제 시나리오)와 각종 DB(항공기 성능, 항공사 운항 스케쥴, 항공사 비용)을 통한 항공기종별 비용 및 효과를 이용해 비용편익분석을 하여 Fleet Level 정책효과 분석하며, 이에 감축수단별 효과를 적용하여 감축수단별 정책효과 변화 및 비용/온실가스 감축량에 대한 분석을 통하여 정부 또는 항공사의 정책 수립에 대한 의사결정을 돕는 모듈을 개발한다.

- 온실가스 배출 국가 이행계획 수립과 탄소배출거래제 실시에 선제적으로 대응하기 위한 경제성 분석과 의사결정 지원 모듈을 개발한다.

- 총 5개 범주내 47여 가지의 감축 기술의 적용 시나리오에 따라(예: 항공사별, 노선별, 기종별 적용 범위 시나리오) 항공사의 직접운항비용에 미치는 영향 분석을 개발한다.

- 국내외 환경 관련 정책 시나리오 및 미래 항공수요, 신형 항공기 도입 시나리오에 따른 항공사 비용에 미치는 영향을 분석하여 정부 또는 항공사의 항공온실가스 감축 전략에 대한 의사결정을 돕는 모듈을 개발한다.

○ 항공 온실가스 산정 지원 데이터 플랫폼 모듈

- 항공 온실가스 배출량 산정 및 감축량 예측 모듈을 지원하기 위한 데이터 플랫폼로서 항적, 기상, 공항 및 항공기 운항 등의 자료를 포함하며 절차별 세부적인 온실가스 배출현황 파악 및 데이터베이스로 관리한다. 또한, 온실가스 추정 프로그램 구성 후 항공정책 및 평가 시나리오 분석 역량을 제공한다.

3.3 전체 시스템 구성도

○ 시스템 구축 환경은 개발될 시스템과 관련된 기반 SW나 HW, DB 등의 운용 환경을 구성도 등으로 표현함.

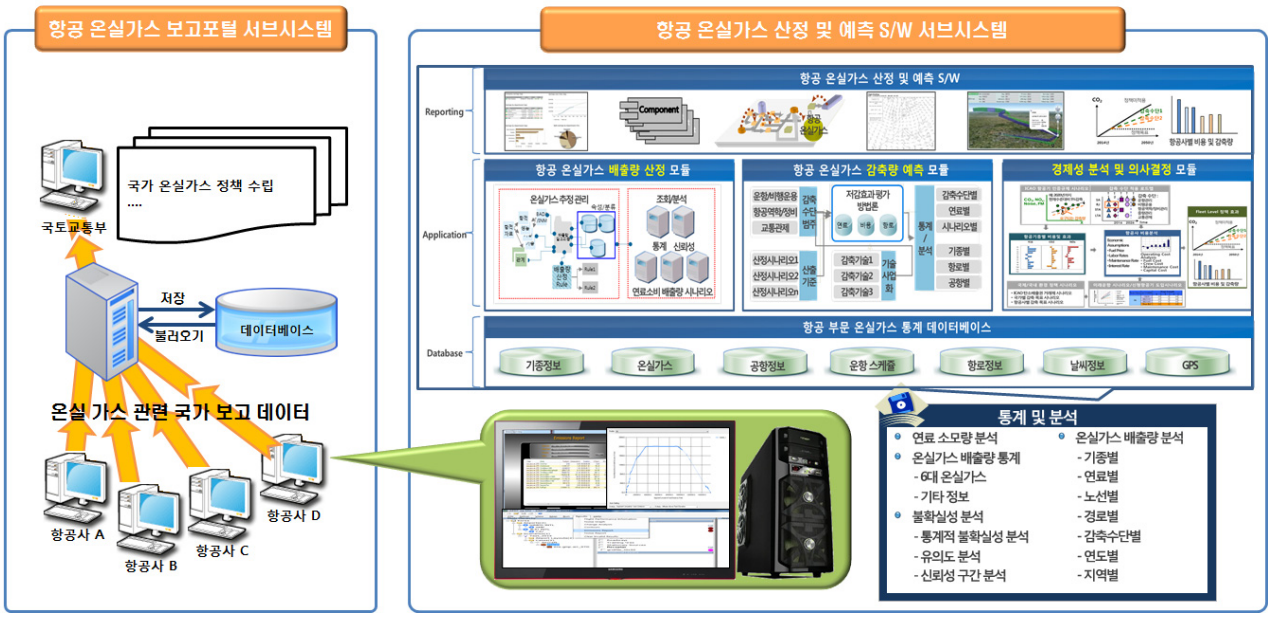


그림 14. 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 구성도



그림 15. 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 주요기능

3.4 서브시스템별 내용 및 특성

3.4.1 항공 온실가스 보고 포털

○ 국적 항공사의 국내·외 온실가스 규제 대응을 할 수 있는 통합 관리가 가능한 웹 기반의 항공부문 온실가스 데이터 수집, 통계 데이터베이스이다.

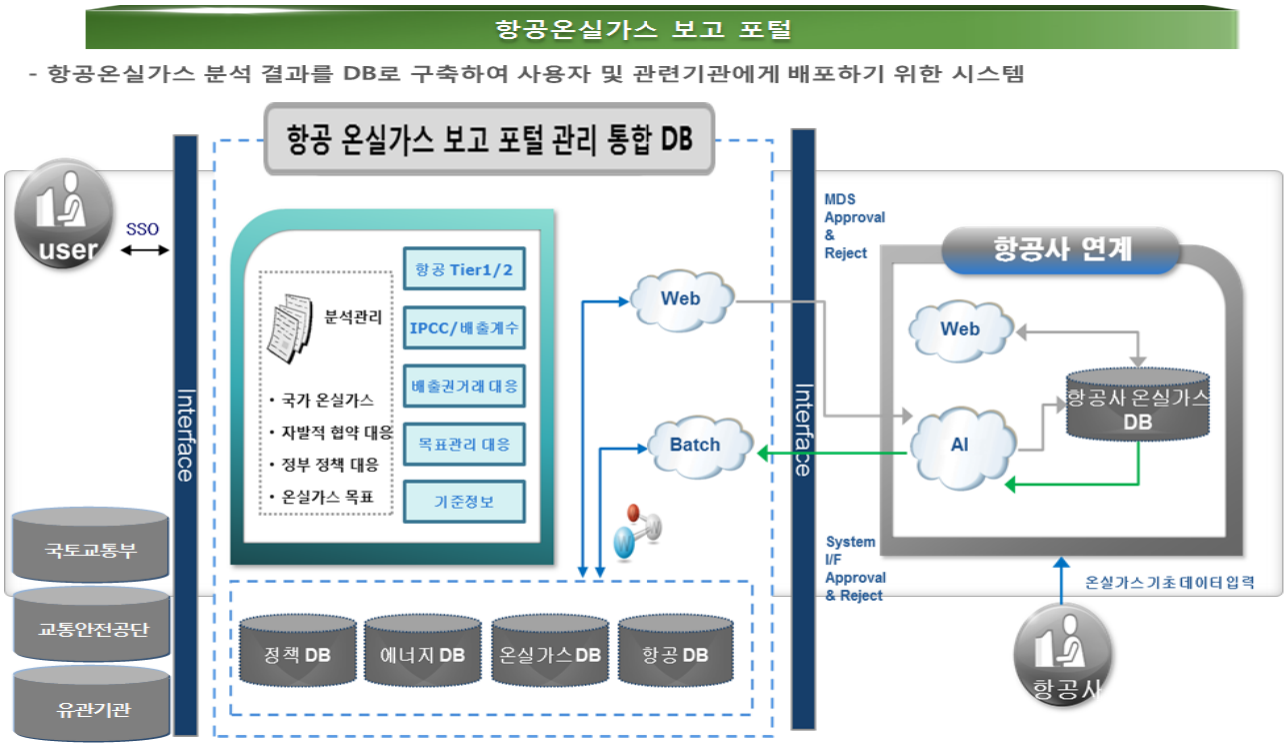


그림 16. 항공 온실가스 보고 포털 모듈 구성도

○ 전자정부 플랫폼을 반영, 공공데이터 포털의 유기적 연계 및 표준 온실가스 산정 방법론을 적용하여 각종 항공 온실가스 규제 및 정보관리가 용이한 최신의 아키텍처로 구성한다.

○ 핵심 컴퍼넌트

- 항공부문 온실가스 인벤토리 보고서(National Inventory Report, NIR) 컴퍼넌트
- 항공부문 국가이행계획 컴퍼넌트

- 항공사 자발적 협약 컴퍼넌트

- 배출권거래제 컴퍼넌트

- 목표관리제 컴퍼넌트

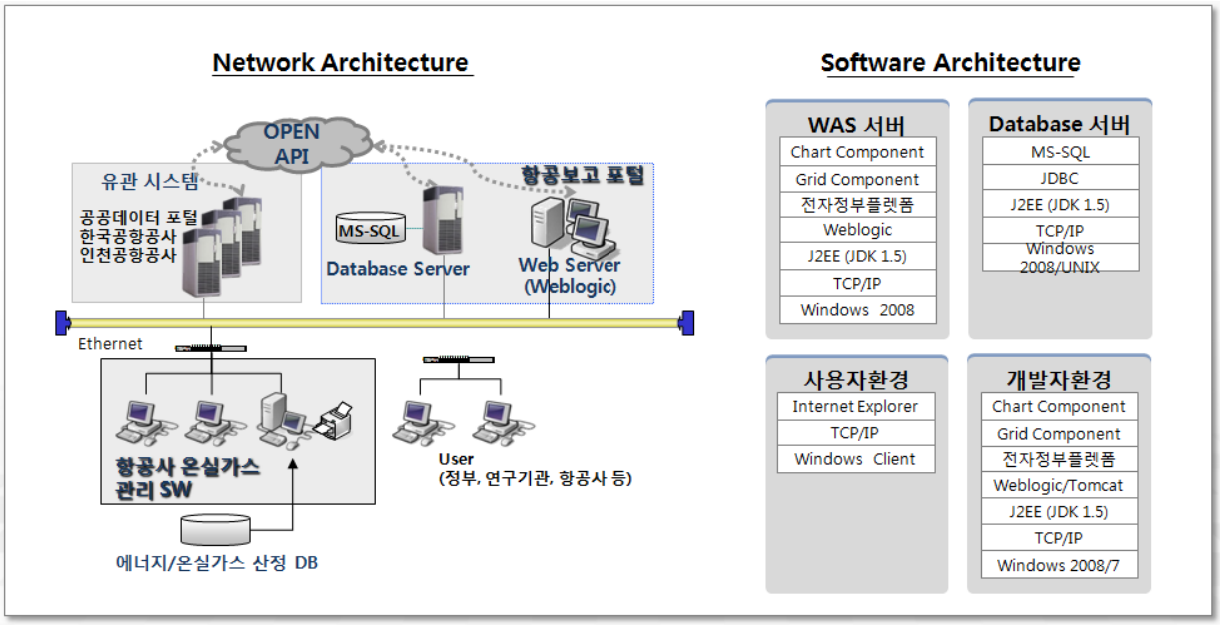


그림 17. 목표시스템 아키텍처

3.4.1.1 항공통계/정책대응/기준정보/레포팅 모듈

3.4.1.1.1 항공온실가스 통계 서브 모듈

○ 국가인벤토리보고서(NIR)에 활용될 수 있는 항공유 및 국제벙커링 소비량을 연단위로 관리하며, 이를 통해 Tier 1 배출량 산정을 수행하고 각종 항공 통계 데이터와 연계를 통한 맞춤형 정보 제공 기능 개발로 핵심 컴퍼넌트는 다음과 같다.

- 항공온실가스 배출량 산정(Tier 1) : 국적항공사의 항공유 소비량 및 항공유, 국제벙커링의 연간 관리 및 Tier 1 산정방법론 통한 온실가스 배출량을 자동으로 산정한다.

- 항공통계관리(I/F) : 공공데이터 Open API를 통한 Link or Rest 유형의 XML/Jason 연계로 대상 시스템은 국토교통부, 한국공항공사, 인천국제공항공사 등이다.

- 맞춤형 통계 검색 : Tier 1 온실가스 배출량을 각종 항공통계를 활용하여 배출원단위 및 배출량을 검색하고 검색항목 및 조건에 따라 조회가 가능한 사용자 중심의 편의성 고려한 UI 설계이다.

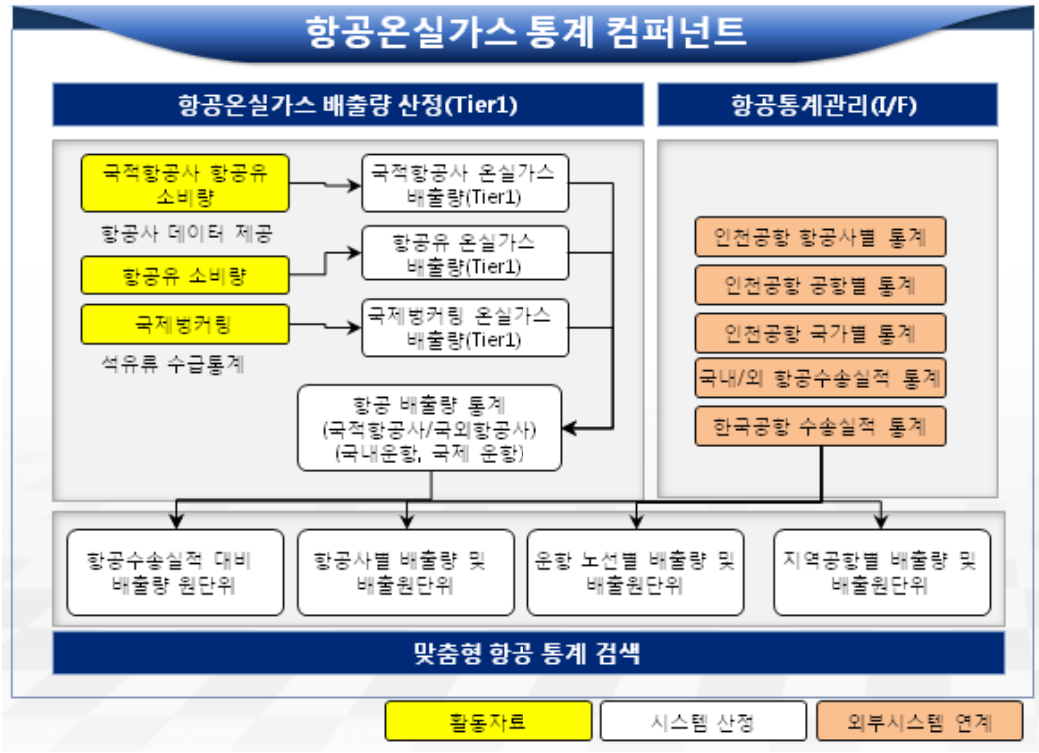


그림 18. 항공온실가스 통계 기능

3.4.1.1.2 정책대응지원 서브 모듈

○ 3년마다 보고하는 ICAO Action Plan의 대응을 위해서 ICAO 산정 방법론 적용을 통한 온실가스 배출량 산정 및 BAU 전망/예측과 각종 항공 감축 기술 및 정책에 대한 저감량 평가 기능 개발로 핵심 컴퍼넌트는 다음과 같다.

- 배출량 전망 및 예측 : 항공온실가스 통계 정보 및 각종 항공통계 정보 연계 기능 구현 및 ICAO 산정방법론 적용, BAU 전망 예측 산정 기능 구현, 항공통계를 통해 배출량 및 RTKs 원단위 산정과 배출량 Reporting 기능 구현한다.

- 감축기술 및 감축정책 관리 : 항공부분 감축기술 및 감축 수단을 DB화 하여 관리하며 자발적 협약 연계를 위해 항공사 절감 사례에 대한 등록 및 관리 기능 개발, 추후 3세부 모듈 연계를 가정한 감축량 평가 시뮬레이션 기능을 구현한다.

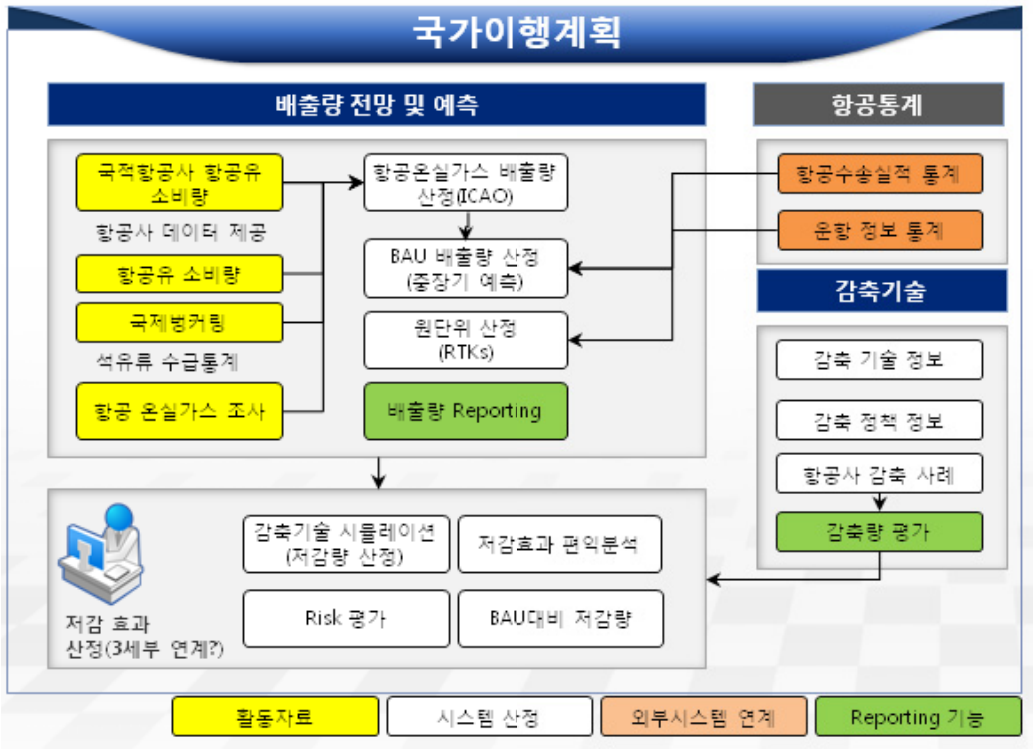


그림 19. 국가이행계획 기능

○ 국토교통부에서 시행하는 국제선의 온실가스 감축을 위한 항공자발적협약제도 운영 전반을 지원하는 기능을 구현하며, 보고 및 산정을 통한 성과분석 기능 개발로 핵심 컴퍼넌트는 다음과 같다.

- 개요 : 항공자발적협약에 대한 제도 소개 및 제도에 대한 운영을 위한 기능 구현, 각종 언론 및 공지사항에 대한 자료 공유 기능을 구현한다.(커뮤니케이션)

- 보고 : 국제선에 대한 운항정보, 항공유 사용량, 운송실적 등 활동도 등록 기능 구현과 이를 통한 온실가스 배출량 및 RTKs 원단위 시스템 자동 산정, 감축성과에 대해 감축기술과 연계한 정보 등록 및 관리 기능을 구현한다.

- 성과분석 : 항공자발적협약에 대한 목표 대비 감축성과 등에 대한 분석 기능이다.

- 감축 우수사례 : 국내외 항공기술/정책 감축사례 관리

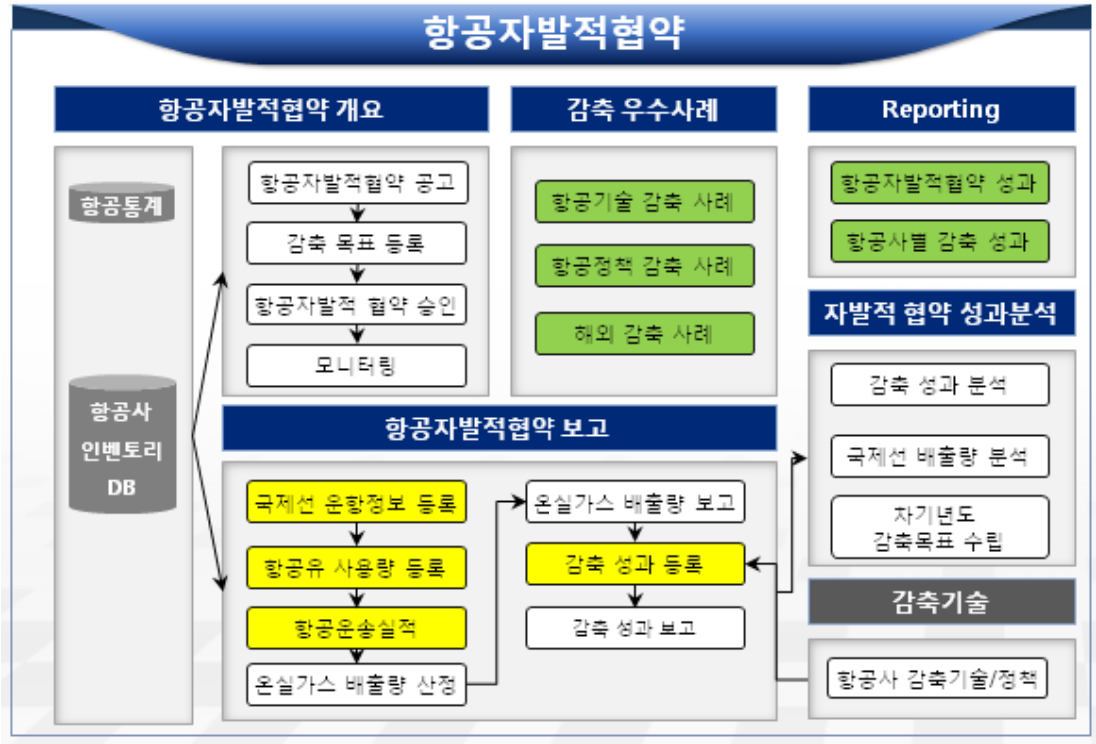


그림 20. 항공자발적협약 기능

○ 국내에서 시행중인 배출권 거래 및 ICAO(또는 EU-ETS)에서 시행 예정인 배출권거래제에 대한 국적항공사의 피해 및 손실을 최소화하기 위한 정책적 대응 마련을 위한 정보관리 기능 구현으로 핵심 컴퍼넌트는 다음과 같다.

- 국내 목표관리제 및 배출권 거래 : 국적항공사 온실가스 할당 배출권 및 감축목표 정보관리와 항공사별 연도별 배출실적 등록 및 관리, 기별 배출권 인증량 및 항공사 배출권 거래 정보 관리

- ICAO 배출권 거래(또는 EU-ETS) : ICAO 또는 EU-ETS에서 시행 예정인 국제항공부문 배출권 거래제도 대응을 위한 기능 구현과 '16년 이후 제공되는 제도운영 지침에 따른 기능 구현

- 성과 분석 : 국내/외 배출권에 대한 통합정보 관리 및 Risk 평가 기능 구현

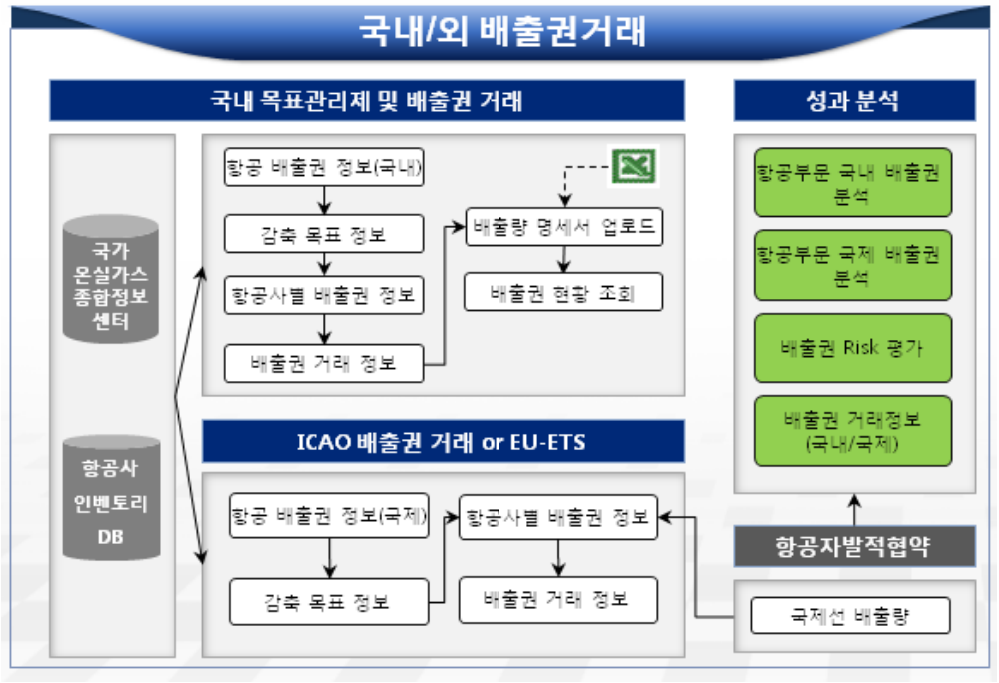


그림 21. 국내/외 배출권거래 기능

3.4.1.1.3 기준정보

○ 각 모듈별 시스템을 지원할 수 있는 기준정보 관리 모듈을 통합적으로 관리한다.



그림 22. 기준정보 기능

3.4.1.2 항공사 인벤토리 모듈

○ 항공사 온실가스 관리체계 구축을 지원하고 항공자발적 협약 및 국내/외 배출권거래제와 관련된 효율적 대응 업무를 수행하도록 기능을 개발한다.

○ 항공사 인벤토리 서브 모듈의 핵심 컴퍼넌트 다음과 같다.

- 기존 온실가스 데이터 Migration

  • 과거 인증된 국가 에너지/온실가스 명세서 내 배출시설, 에너지 사용량, 온실가스 배출량 데이터 업로드

  • 기존 온실가스 할당 목표 및 이행계획서, 이행실적 보고서 결과를 시스템에 반영한다.

- 온실가스 데이터 DB 구축 및 관리 프로세스 정립

  • 온실가스 배출량 산정 및 배출계수 이력관리

  • 이를 통한 배출현황, 온실가스감축실적 및 할당 목표 달성율 분석

  • 내부검증기능 및 외부검증 이력관리

  • 명세서 작성 및 내/외부 보고용 제출기능 자동화

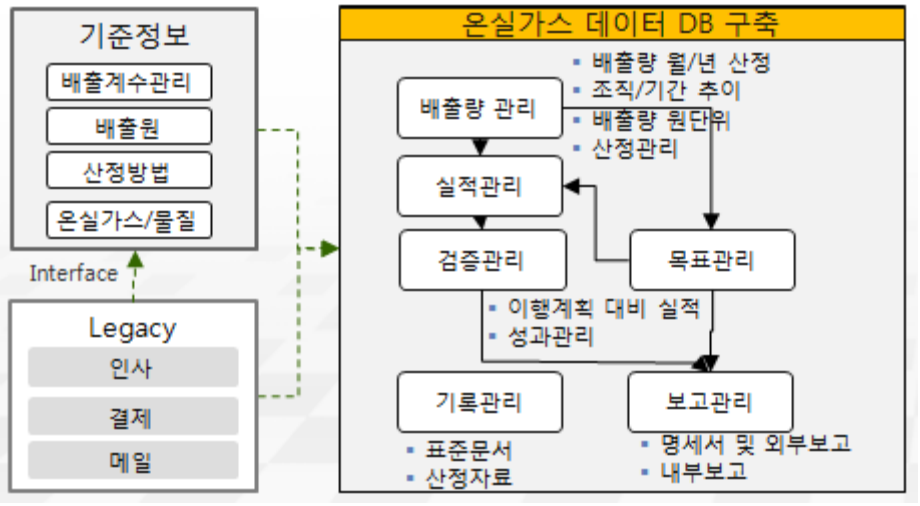


그림 23. 항공 온실가스 인벤토리 온실가스 데이터 DB 구축 기능

- 배출권 변동 및 활동 데이터 관리

  • 배출권 할당 대상 배출시설 등록 및 이력관리

- 반영대상 시설, 시설국 및 예상 이슈 등록 관리
- 신증설 계획, 에너지 사용계획, 감축실적, 투자계획 등 변동 데이터 이력 관리
- 조직경계 변동사항에 대한 이력관리 및 조회 기능
- 정보 지침에서 요구되는 시설별 모니터링 계획 및 실적 관리

- 배출량 산정 및 실적보고서 작성

- 항공기/사업장 시설 등 배출총량 관리
- 과거추세에 의한 데이터 흐름 관리 분석
- 항공기/사업장 시설 필요 배출권 분석
- 감축과제 관리에 따른 모니터링 및 진척 관리
- 관리 정보 범위에 대한 표출화를 통한 각종 실적 평가 및 조회 기능 구현에 따른 감축과제 정보 통합 관리
- 항공기/사업장 시설별 감축목표 대비 실적 분석

3.4.2 항공 온실가스 배출량 산정

○ 항적자료 및 항공기 성능 정보 등 실제 데이터를 사용하여 IPCC Tier3b급 알고리즘이 적용된 항공 온실가스 배출량 산정모듈이다.

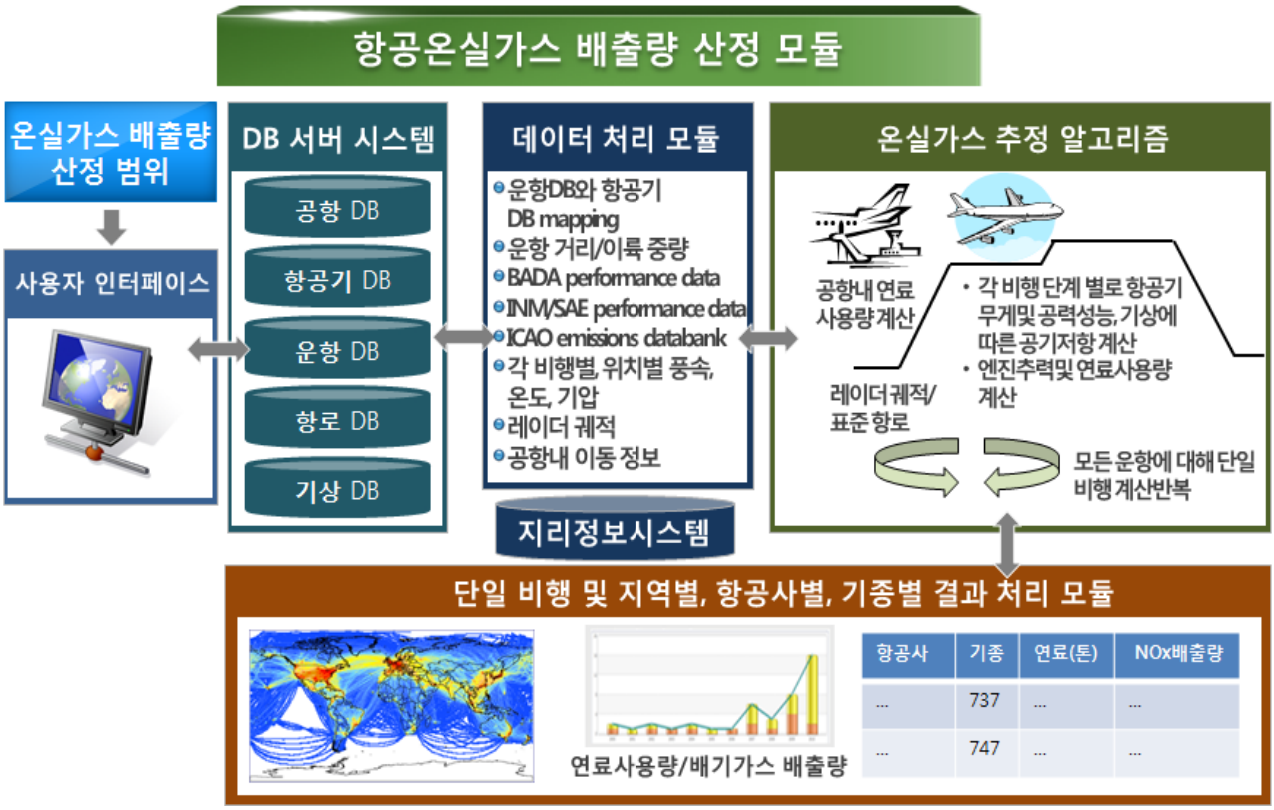


그림 24. 항공 온실가스 배출량 산정 모듈 구성도

- 항공기 및 엔진 조합 특유의 공기역학적 성능정보를 이용해 각 비행구간의 총 궤도에 걸친 연료 사용량 및 온실가스 배출량을 계산한다.

- IPCC가 지정한 가장 상급 수준의 Tier 3b 온실가스 도출 방법론을 활용하여 알고리즘을 개발한다.

- Tier 3b에 시간, 경도, 위도, 고도별 배출량 분류가 추가로 가능해지며, 이러한 입력변수 변화에 따른 연료 및 온실가스 배출량을 산정한다.

- Tier 3b 알고리즘으로 온실가스 배출량을 산정하기 위해서는 추가적인 항적자료 및 항공사 스케줄 자료(출/도착지, 사용된 비행기 기종 등)와 이를 일회적으로 검증할 일정량의 데이터 자료(시간, 궤도, 속도 등)가 요구되며, Tier 3b 방법론으로 온실가스 배출량을 산정하고 분석한다.

- 핵심 컴퍼넌트

  • 항공기/엔진 조합의 성능정보를 이용한 연료 사용량 및 온실가스 배출량 추정 알고리즘 및 모델화 컴퍼넌트

- 항적 자료 추출/처리 및 DB 컴퍼넌트
- 항공기 성능 및 배출량 알고리즘 데이터 처리 컴퍼넌트
- 결과물의 신뢰성 평가 컴퍼넌트

- 항공온실가스 산정 상용툴(I/F)

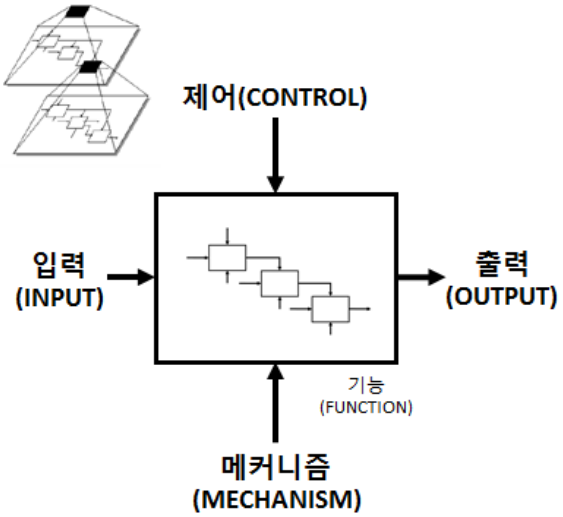
- 사용자 입력 인터페이스 데이터: Airport layout, Study boundary, Operation, Climate, Track, Fuel 데이터를 입력받아 개발한다.
- 데이터베이스: Airports DB, ICAO emission index, BASE OF AIRCRAFT DATA (BADA), Aircraft Noise and Performance (ANP)로 구성된 데이터베이스와 인터페이스하여 개발한다.
- 알고리즘 모델: 온실가스 산정을 위한 알고리즘 Weather model, Fuel burn models, Ground track, Profile-driven flight performance, Trajectory-driven flight performance, Emission model과 인터페이스하여 개발한다.
- 보고포털에 기 구축된 데이터를 활용 하기 위해 보고포털과 데이터 연계 인터페이스를 개발한다.

3.4.2.1 배출량산정 알고리즘 구성

○ 본 알고리즘의 구성을 표현하기 위해 'IDEF0'라는 방법론을 사용하였으며, 이해를 돕기 위하여 아래에 간략히 설명한다.

- 시스템의 의사결정, 행동, 활동을 모델링 할 수 있도록 디자인된 방법으로 계층적인 분해를 통한 다양한 레벨의 기능에 관한 설명을 지원한다.

- 도형적인 표현방법을 통해 활동의 수행과 관련된 입력과 출력, 제약조건과 활동 수행의 주체를 직관적으로 파악 가능하다.



- **기능(Function)**
  - 활동, 행동, 프로세스, 혹은 운영을 표현
  - 어떠한 상황에서 무엇이 일어나는지에 관한 서술
- **입력(Input)**
  - 기능을 수행하는데 필요한 개체 혹은 데이터로 기능이 수행됨에 의하여 소모되거나 변형되는 것을 표현
- **출력(Input)**
  - Function의 결과로 산출되는 산출물
- **제어(Control)**
  - 기능을 통제, 제어하는 제약조건, 가이드 혹은 출력을 결정하는데 필요한 제약조건 등으로 기능의 수행을 통제하거나 시작하게 한다.
- **메커니즘(Mechanisms)**
  - 기능을 수행하는 사람 또는 개체로서 무엇에 의해 그 기능이 수행되는가 혹은 기능의 수행에 어떠한 자원이 소용되는가를 나타냄

그림 25 IDEF0의 표현방법과 의미

○ 본 알고리즘의 구성도는 다음과 같다.

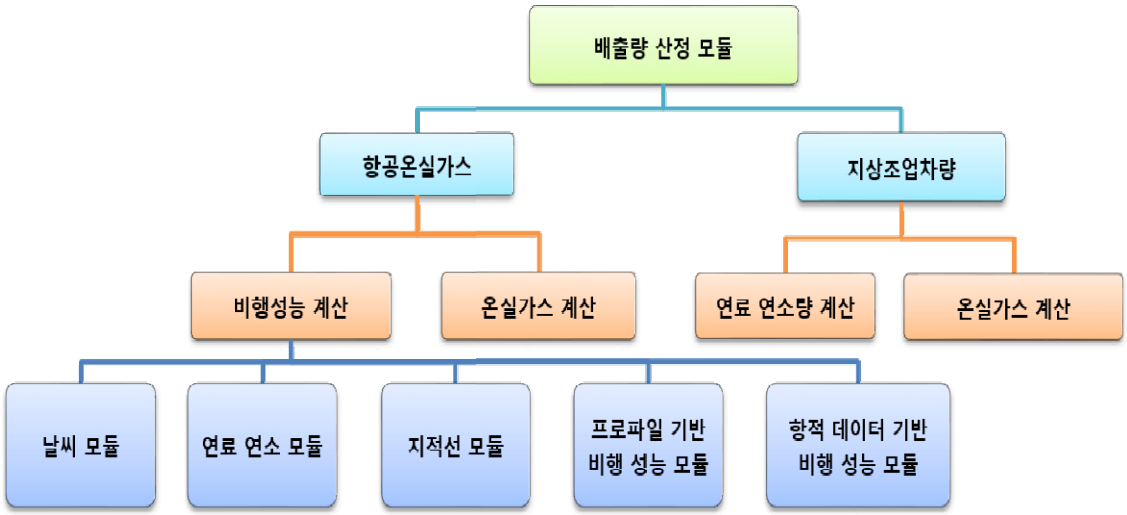


그림 26 알고리즘의 구성

○ 항공 온실가스 배출량 산정 알고리즘은 다음과 같은 입/출력, 제어 상수 및

DB로 이루어져 있다.

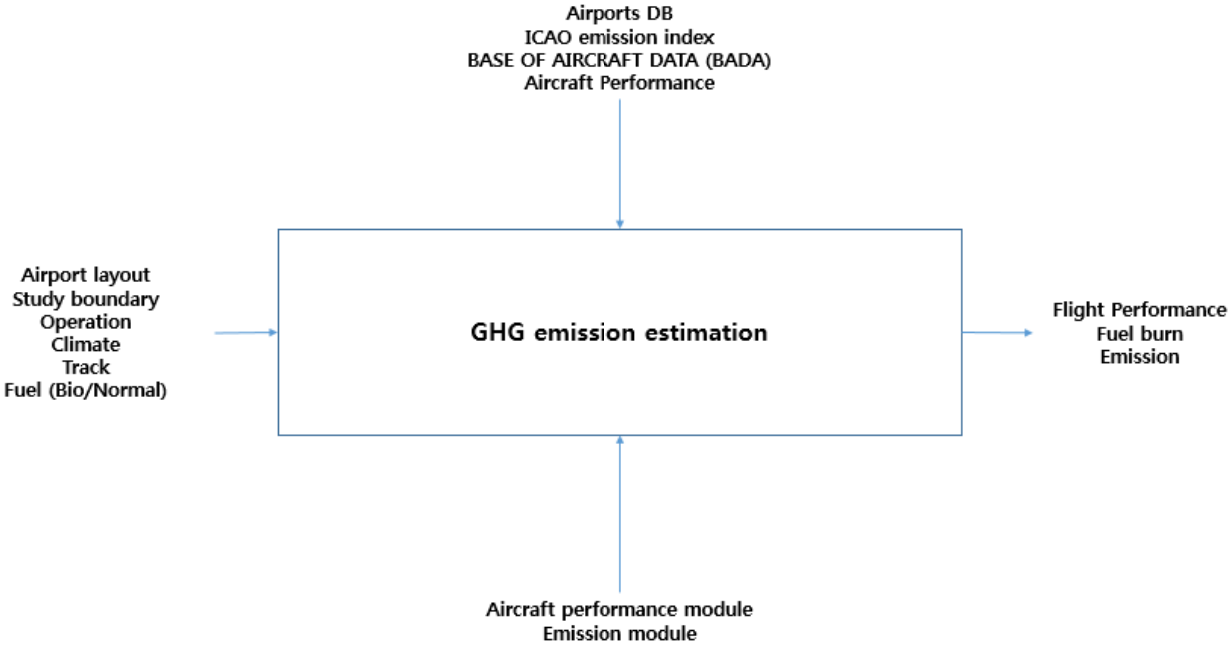


그림 27 항공 온실가스 배출량 산정 알고리즘 (Level 0)

○ 항공 온실가스 배출량 산정을 위해 다양한 입력들을 필요로 한다.

- Airport layout: 출발/도착 공항의 정보. 전체 항적의 시작 및 끝 부분의 연결에 영향을 미침. 이착륙 단계에서의 기상 특성, 지리 특성 등을 결정하는 중요한 정보이다.

- Study boundary: 조사하고자 하는 범위를 지정함. 관심 영역에 대한 온실가스 배출량 산정 계산이 가능하다.

- Operation: 출발/도착 공항의 모든 항공기들의 운항 스케줄을 포함함. 출발/도착 시간 및 활주로 등의 정보를 포함한다.

- Climate: 기상 모델. 항공기 운항에서 공력 및 연료 소모 계산에 영향을 주는 특성 및 인자들을 포함한다.

- Track: 출발/도착 공항의 항적에 대한 구체적인 정보. 프로파일 기반 데이터 생성 또는 항적 기반 데이터를 포함하며 이/착륙 및 순항 단계에서의 비행 성능 계산을 위한 필수 정보이다.

- Fuel: 바이오 연료와 같은 다른 특성의 연료 성분을 입력 받아 연료 소모량 계산에 필요한 정보이다.

○ 항공 온실가스 배출량 산정 결과는 다음과 같다.

- Flight performance: 각 항공기가 스케줄에 맞춰 운항하는 과정을 시뮬레이션하고, 위도, 경도, 속도, 고도, 중량, 추진력 등의 결과를 산출한다.

- Fuel burn: 비행 성능 정보를 이용하여 연료 소모량을 계산한다.

- Emission: 연료 소모량 및 온실가스 인자를 바탕으로 온실 가스 배출량을 산정한다.

○ 항공 온실가스 배출량 산정을 위해 필요한 DB 및 제어 상수들은 다음과 같다.

- Airports DB: 전 세계에 존재하는 공항의 자세한 정보를 담고 있다.

- Base of Aircraft Data: 순항 구간에서의 비행 동력학 및 모델링 계수 등의 정보를 담고 있다.

- Aircraft performance: 1845/Doc29 정보를 이용하여 공항 주위 이착륙과 관련된 비행 동력학 및 모델링 계수 정보를 담고 있다.

- ICAO Emission index: 소모 연료 당 각 온실가스의 배출량 정보를 담고 있다.

○ 항공 온실가스 배출량 산정을 위해 크게 비행 성능 계산 모듈과 온실가스 계산 모듈로 나눌 수 있다.

3.4.2.1.1 비행성능계산 모듈

○ 비행 성능 계산 모듈은 운항 경로, 추진력, 연료 소모량 등 공항 근방 및 활주로-활주로 간 운항에 따른 비행 성능 정보를 계산한다. 이 성능은 온실가스 배출량 산정에 이용된다.

○ 비행 성능 계산 모듈은 크게 날씨 모듈, 연료 연소 모듈, 지적선 모듈, 프로파

일 기반 비행 성능 모듈, 항적 데이터 기반 비행 성능 모듈로 나눌 수 있다.

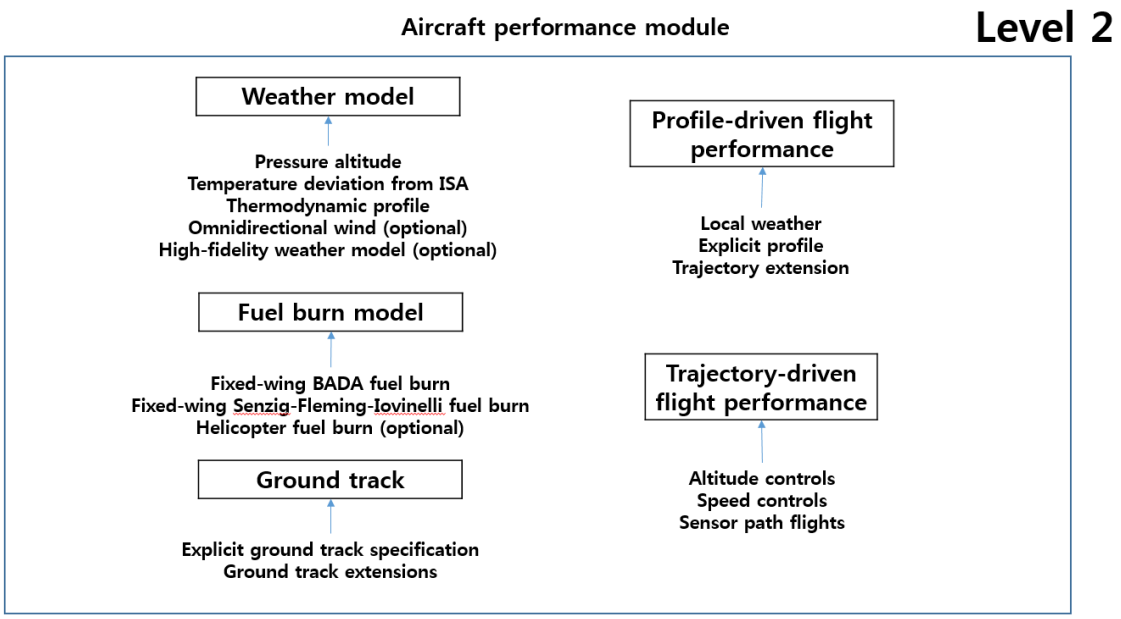


그림 28 비행 성능 계산 모듈 (Level 2)

3.4.2.1.1.1 날씨 모듈

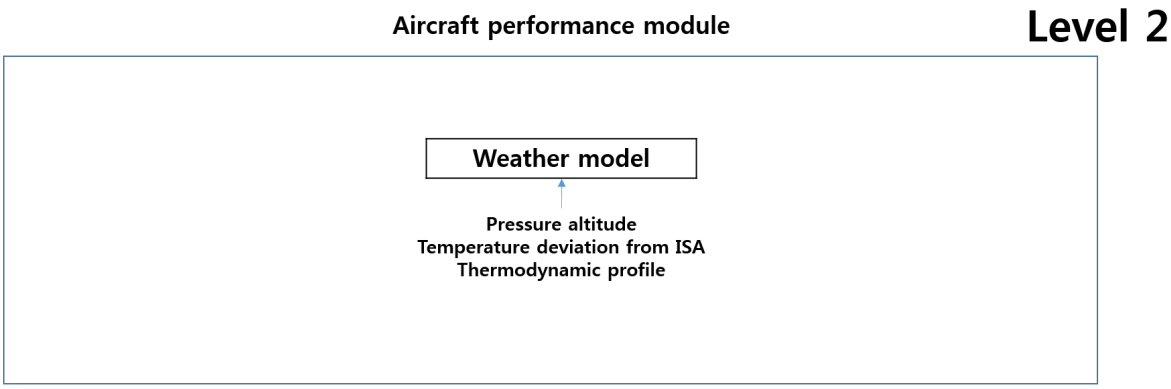


그림 29 날씨 모듈 (Level 2)

○ 주어진 지역 혹은 고도에서 측정 가능한 온도, 압력 등의 열역학적인 특성을 이용하여 항공기의 고도나 또 다른 열역학적인 특성 값을 구하는 모듈이다.

○ 열역학적인 특성의 물리학적인 성질과 RUC13, RUC20, GEOS data, NCAR data 등의 기존에 축적된 데이터베이스를 활용하여 항공기의 고도와 압력, 온도 등을 계산할 수 있다.

- Pressure altitude : 높이가 증가됨에 따라 기압이 감소하는 원리를 이용하여 주어진 기압에 해당하는 고도를 계산하는 방법으로, 항공기 비행 고도의 압력(혹은 압력비)과 ISA의 대기특성과 비교하여 압력 고도를 계산한다

- Temperature deviation from ISA : 주어진 조건(Location, Time)에서의 실제 온도와 ISA 온도와의 차이로써 항공기의 비행 성능을 계산하는데 사용된다.

- Thermodynamic profile : 특정 고도가 주어졌을 때, 기존에 가지고 있는 데이터 세트와 비교하여 온도와 압력을 구할 수 있다.

○ 위와 같은 모듈을 통해 항공기의 열역학적 특성 및 고도 등을 계산할 수 있으며 이는 추후 항공기의 성능을 계산하는데 활용된다.

3.4.2.1.1.2 연료 연소 모듈

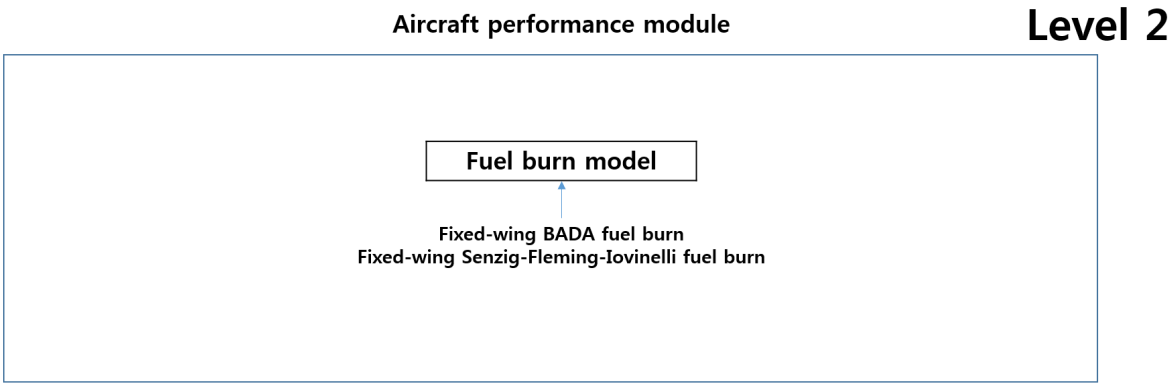


그림 30 연료 연소 모듈 (Level 2)

○ 연료 연소 모듈은 비행경로의 각 부분별 연소 연료량을 계산하는 모듈이다.

○ 소모되는 연료량은 각 비행구간 별 연료 연소율(fuel flow rate)과 엔진의 개수의 곱으로 계산되어지며 연료 연소율은 다음과 같이 두 개의 방법을 이용하여 계산 될 수 있다.

- Fixed-wing BADA fuel burn : BADA 연료 소비 모델은 명시적인 연료 연소율의 수식을 제공. 이를 통해 엔진의 타입(jet, turboprop, piston)에 따라 순항 상태(cruise phase)일 경우와 유휴 상태(idle state)일 경우의 연료 연

소율을 계산할 수 있다.

- Fixed-wing Senzing-Fleming-Iovinelli fuel burn : Terminal area(공항의 관제를 받는 공항 근처의 지역)에서의 연료 연소율을 계산하는 방법이다.

3.4.2.1.1.3 지적선 모듈

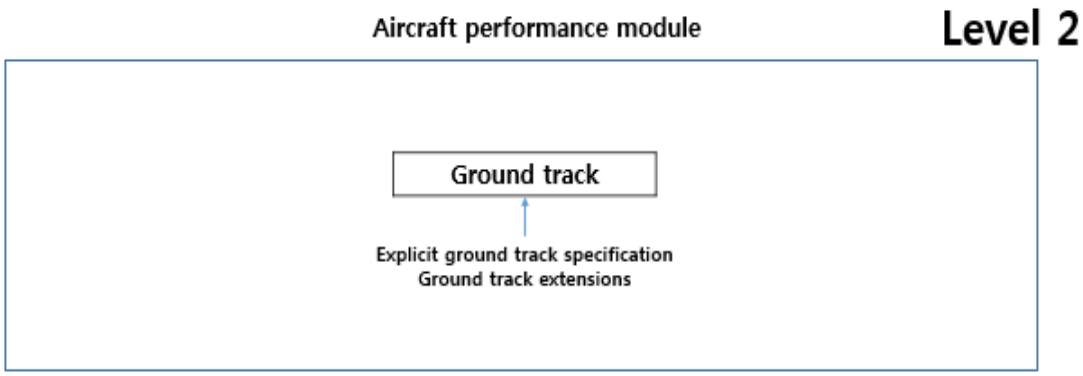


그림 31 지적선 모듈 (Level 2)

○ 지상 트랙 모듈은 항공기가 생성한 3차원 상의 경로 중 지면에서의 성분을 결정한다.

○ 지면에서의 성분은 연속된 점들에 의해 표현 되는데, 각각의 점들은 다음 두 가지 방법으로 나타내 질 수 있다.

- 지면의 성분을 지구의 위도와 경도로 나타내는 Geographic coordinates

- 관련된 공항에서부터의 동쪽, 북쪽의 거리를 Euclidean x, y 값으로 나타내는 Projected Coordinates

○ 지상 트랙 모듈은 사용자에 의해 정의되는 부분과, 프로그램 내에서 추가적으로 계산되는 부분으로 구성된다.

3.4.2.1.1.4 프로파일 기반 비행성능 모듈 및 항적 데이터 기반 비행성능 모듈

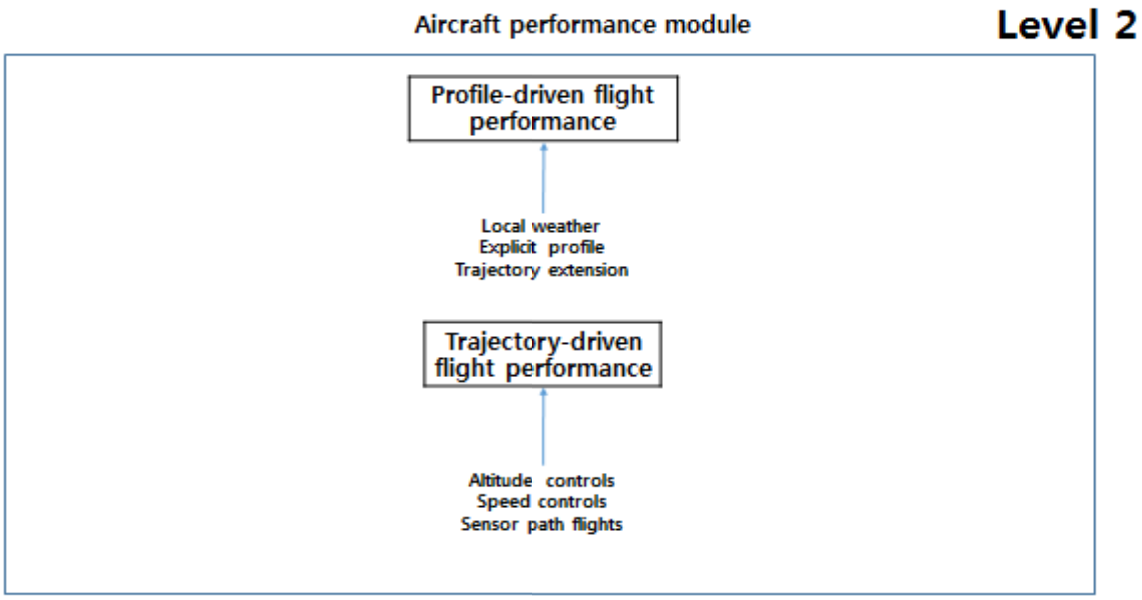


그림 32 프로파일 기반 비행 성능 모듈 및 항적 데이터 기반 비행 성능 모듈 (Level 2)

○ 항공기의 성능을 연산하는 모듈은 프로파일 기반 비행 성능 모듈과 항적 데이터 기반 비행 성능 모듈이 있다.

- 프로파일 기반 비행 성능 모듈

○ 프로파일 기반 비행 성능 모듈은 고도, 속도, 플랩 설정, 추력과 같은 항공기의 상태특징들을 이용하여 항공기의 운동을 기술하는 방법으로 항공기성능을 연산한다.

○ 연산은 크게 표준화된 프로파일을 연산하는 “Explicit profile”단계와 관심영역에 대하여 경로를 확장시키는 “Trajectory extension”단계를 가짐. 또한 항공기의 성능을 연산할 때 필요한 기상변수들은 “Local weather”모듈에 따라 정의된다.

○ “Explicit profile”단계에서는 항공기 운동 상태특징들을 연산하고 이들의 시퀀스로 구성되는 표준항로를 결정한다.

○ 이를 위해서는 기종별 엔진의 특성과 관련된 DB 및 공력특성에 관한 DB정

보가 필수적이다.

○ “Trajectory extension”단계에서는 사용자가 관심영역을 지정하였을 때 이와 관련되어 항로를 확장시킨다.

- 항적데이터 기반 비행 성능 모듈

○ 항적 데이터 기반 비행 성능 모듈은 표준 프로파일에서의 편차를 허용하고, 항공기가 다양한 비행 방법을 선택할 수 있도록 하는 모듈로써, 기존에 생성된 표준 프로파일이 항공기의 실제 궤도를 정확하게 표현하지 못하는 상황에서 항공기의 비행 성능 정보를 계산하기 위한 모델링에 유용하다.

○ 항적 데이터 기반 성능 모듈은 주어진 항적 데이터를 기반으로 하여 각 비행 단계에 대해, ‘고도, 거리, 속력, 추력’에 해당하는 출력 값을 산출할 수 있다.

○ 이를 위해 각 기체의 특성 및 항적 데이터에 해당하는 정보가 반드시 필요하다.

3.4.2.1.2 온실가스 계산 모듈

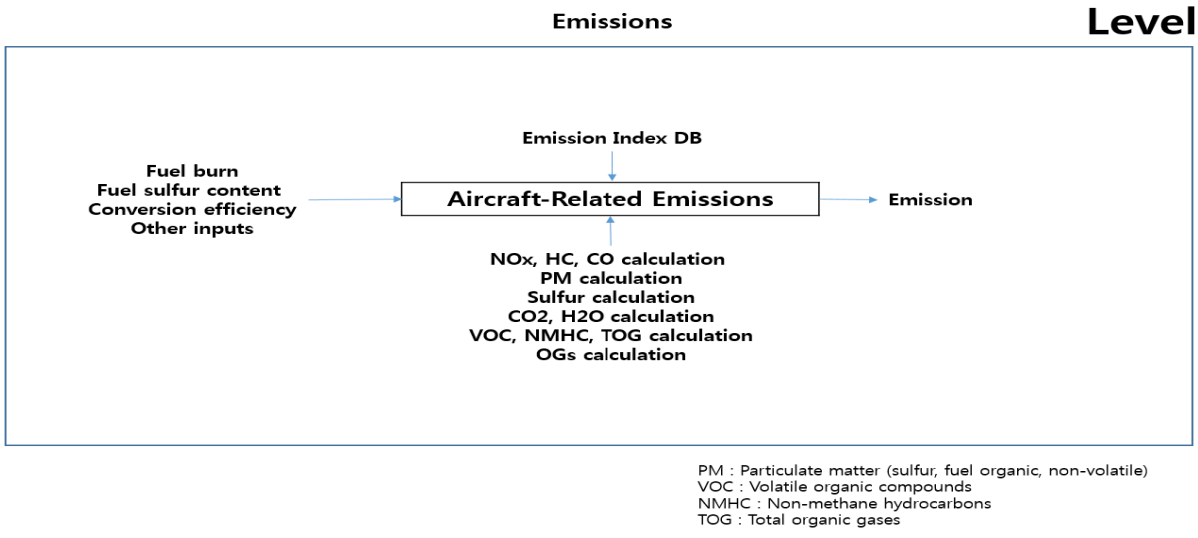


그림 33 온실가스 계산 모듈 (Level 2)

○ 온실가스 계산 모듈은 연료 소모량 및 특성 관련 입력을 받아 온실가스 인덱스 데이터베이스로부터 각 온실가스 인자들을 호출하여 최종적으로 온실 가스 배출량을 산출한다.

○ 출발/도착 활주로 간 모든 운행 단계가 온실가스 계산에 포함되며, 크게 10000 ft 이상 구간에서의 “en-route” 단계와 10000ft 이하의 “terminal” 단계로 나누고, 각 항적의 모드에 따라 나누어져 계산이 이루어져있다.

○ 산출할 수 있는 온실가스의 종류는 다음과 같다.

- 질소산화물, 탄화수소, 일산화탄소
- 부유성 고형물
- 황산화물
- 이산화탄소, 물
- 휘발성 유기화합물, 비메탄계 탄화수소, 총 유기 가스

○ 이 온실가스들을 구하기 위해 고려할 모델은 다음과 같다.

표 4 온실가스 별 사용 모델

Model	Pollutants
The Boeing Fuel Flow Method 2 (BFFM2)	NOx, HC, CO
A First Order Approximation (FOA)	PM
Fuel composition-based factors	CO2, H2O, SOx, PM
Derivative factors	NMHC, VOC, TOG, OG

○ 이를 위해 각 기체의 특성 및 연료 사용량으로부터 구하기 위한 인덱스 DB 정보가 반드시 필요하다.

3.4.2.1.3 지상조업장비 온실가스 계산 모듈

○ 지상조업장비는 항공기 기종, 규모, 이용형태에 따라 투입되는 조업장비 종류가 다양하므로 이를 배출량 산정에 반영하고자 함. 이를 위해 항공기종과 운항횟수 및 공항정보를 기준으로 조업장비의 배출량 산정이 이루어져야 한다.

○ 따라서 지상조업장비의 배출량 산정은 항공기의 배출량 산정을 위한 입력 데이터(공항 및 항공기종)를 기반으로 배출량 산정에 필요한 DB를 호출하고 이를 배출량 산정식에 대입한 후에 운항횟수를 곱하여 전체 배출량을 산정한다.

○ 이를 위해 지상조업장비 배출량 산정 모듈에는 공항 별 지상조업장비 별 연료소모량 및 항공기종 별 투입조업장비 목록 DB가 필수적이며, 이를 기반으로 각 조업장비별 배출량 산정을 수행한다

3.4.2.1.3.1 지상조업장비 배출량 산정 알고리즘

○ 지상조업장비 배출량 산정을 위한 입력 데이터 및 필요 DB와 출력데이터는 표 5과 같이 정리할 수 있다.

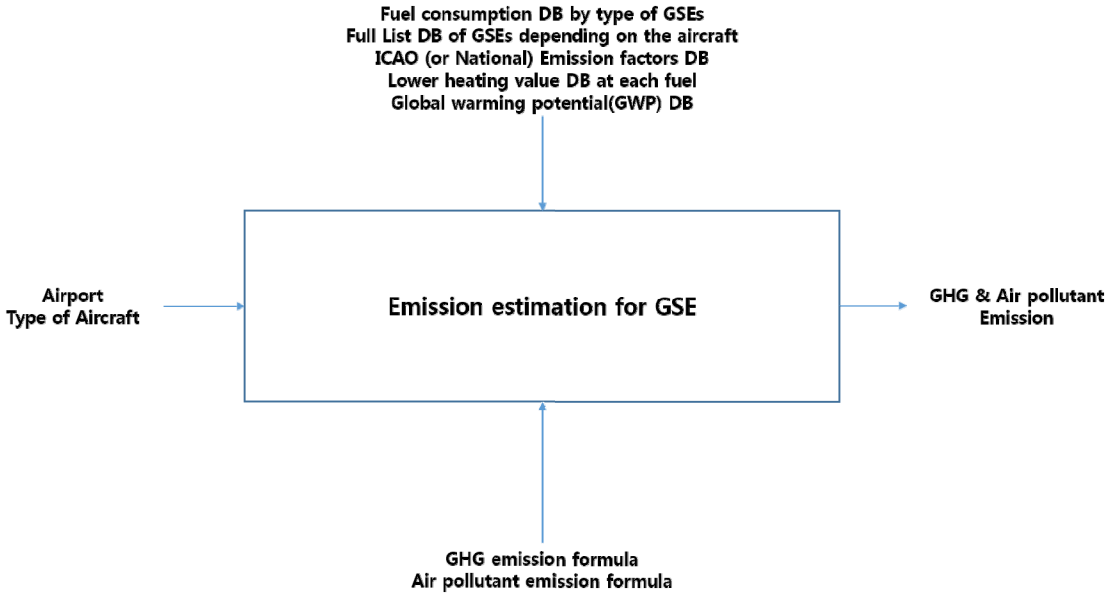


그림 34 지상조업장비 배출량 산정 알고리즘 전체 입출력 개념도

표 5 지상조업장비 배출량 산정 알고리즘 입출력 세부사항 (추가수정가능)

구분	단계별 내용	세부내용		
1	입력데이터	항공기종, 공항정보		
2	필요DB	지상조업 관련 DB	▸지상조업장비 별 연료소모량	
			▸지상조업장비 별 조업횟수	
			▸항공기종 별 투입조업장비 목록	
		연료종류 관련 DB	▸연료종류 별 저위발열량	
			▸연료 소모량에 따른 배출계수	
			▸지구온난화지수	
3	산출식	항공기종 별 조업장비 별 연료소모량 기준 배출량 산정 계산식		
4	출력값	온실가스 배출량		대기오염물질 배출량
		▸CO2, CH4, N2O		▸CO, HC, NOx, SOx, PM, VOC

○ 지상조업장비에서 배출되는 가스 종류는 다음과 같다.

- 이산화탄소, 메탄, 아산화질소

- 일산화탄소, 탄화수소, 질소산화물, 황산화물

- 부유성 고형물, 휘발성 유기화합물

○ 메탄과 아산화질소의 경우, 지구온난화지수(Global Warming Potential, GWP)를 곱하여 이산화탄소 환산량으로 변환이 가능하다.

○ 항공기 배출량 산정에 입력되는 공항 및 항공기종 입력데이터가 지상조업 배출량 산정 알고리즘의 입력데이터로 동시에 사용됨. 또한 연료 사용량으로부터 위의 가스종류별 배출량 산정을 위해서는 배출계수 DB 확보가 필수적이다.

3.4.2.1.3.2 지상조업장비 배출량 세부 산정방법

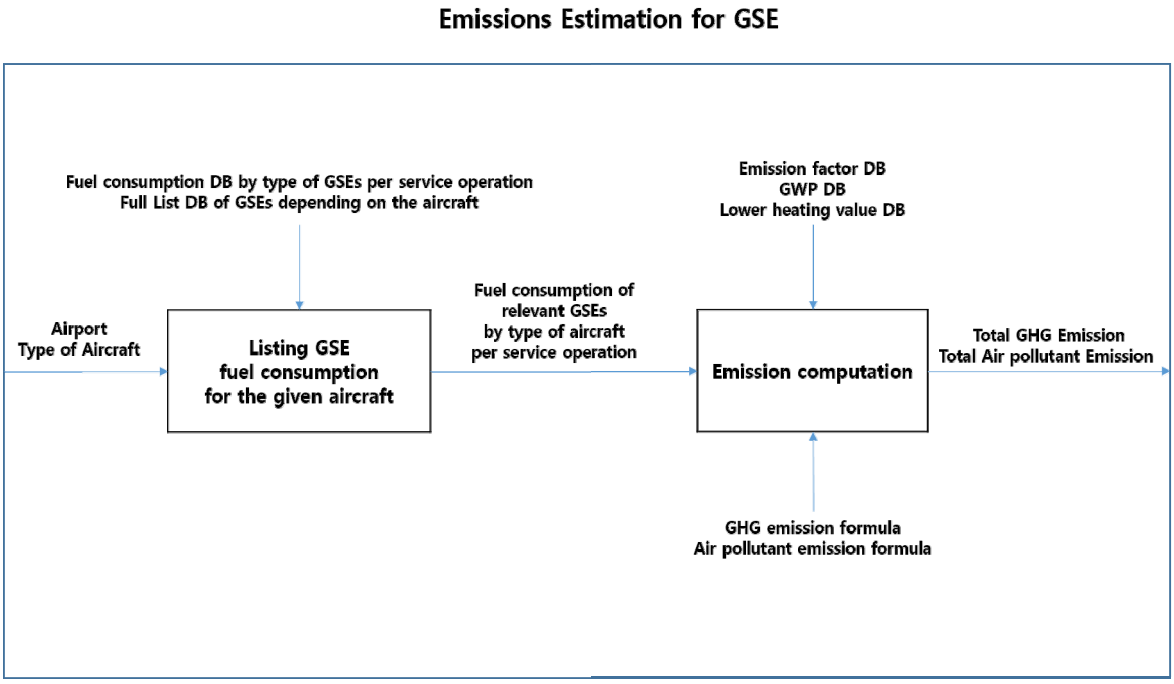


그림 35 지상조업장비 배출량 세부산정 방법론

○ 항공기종 별 지상조업장비 배출량 산정

- 배출량을 산출하고자 하는 항공기종이 정해졌을 시에 해당 기종의 투입 지상조업장비들을 선택하고, 해당 지상조업장비에 대한 연료소모량을 기반으로 계산된 장비별 온실가스 산출량을 모두 더하여 산출량을 계산한다

표 6 항공기종 별 지상조업장비의 온실가스 배출량 산정식 1 (예시)

$E_j = \sum_{l}^{N_1}(FC_{k,i,l} \times EC_i \times EF_{ij} \times 10^{-3})$	
E_j	항공기종 별 온실가스(j)의 배출량 [kgGHG]
$FC_{k,i,l}$	조업 당 공항별(k), 조업장비별(l), 연료종류(i)별 연료소모량 [kL]
EC_i	연료종류(i)별 저위발열량 [MJ/L]
EF_{ij}	연료종류(i)에 대한 온실가스(j)의 배출계수 [kgGHG/TJ]
N_1	입력 항공기종에 따른 총 투입지상조업장비 수

표 7 항공기종 별 지상조업장비의 대기오염물질 배출량 산정식 2 (예시)

$$E_j = \sum_{l}^{N_1} (FC_{k,i,l} \times EF_{ij})$$

E_j	항공기종 별 소모량에 따른 대기오염물질(j)의 배출량 [g]
$FC_{k,i,l}$	조업 당 공항별(k), 조업장비별(l), 연료종류(i)별 연료소모량 [kg]
EF_{ij}	연료종류(i)에 대한 대기오염물질(j)의 배출계수 [g/kg]
N_1	입력 항공기종에 따른 총 투입지상조업장비 수

○ 항공기종 별 배출량 산정이 이루어진 후에는 항공기종 별 운항횟수를 곱하여 각 온실가스 및 대기오염물질 전체 배출량을 계산한다.

○ 온실가스 배출량은 지구온난화지수(GWP, Global Warming Potential)을 곱하여 이산화탄소 환산량으로 변환이 가능하다.

○ 지상조업 1회 운행 당 공항(k)별 장비(l)별 연료소모량($FC_{k,l}$)은 항공기종에 상관없이 같은 공항 내 동일 장비들에 대해서 모두 일정하다고 가정하다.

○ 지상조업 1회 운행 당 공항별 장비별 연료소모량 ($FC_{k,l}$) 계산방법.

$$FC_{k,l} = \frac{\text{공항별}(k)\,\text{조업장비}(l)\text{별 연료소모량}}{\sum_{m}(\text{조업장비}(l)\text{가 투입된 항공기의 수}(m))}$$

- 공항 별 지상조업장비 별 연료소모량 DB와 해당 지상조업장비가 투입된 항공기 운항횟수 정보를 이용해서 지상조업 1회 운행 당 공항별 장비별 연료소모량을 계산할 수 있다

3.4.3 항공 온실가스 감축량 예측

○ 과거부터 미래까지 산정된 온실가스 배출량에 대해 Flight Operation, Flight Dispatch, APU, Maintenance&Engineering, Commercial&Ground Operation의 5개 범주에 대한 감축기술 적용을 통한 저감효과를 분석하고, 저감 잠재량을 파악하여 추가 감축이 이뤄질 수 있도록 하는 모듈이다.

- 감축수단별, 비행단계별, 항공기종별 등 다양한 감축 시나리오 분석기술이 요구되며, 이를 통해 항공 온실가스 감축량 데이터베이스를 구축하고 경제적 운항절차 개발 및 효과적인 운항 체계를 구축하는 기술을 개발한다.

- 항공 온실가스 감축량 예측 시스템은 항공안전과 온실가스 감축, 두 부분 모두가 충족될 수 있도록 절차상 안전을 기본으로 한 항공기 온실가스 감축량 및 저감잠재량을 분석하여, 국가 중장기 온실가스 감축이행을 위한 계획을 수립하고 관리하는 시스템이다.

- 감축수단 범주별로 저감 분석을 위한 감축기술을 선정하고, 저감효과 산출기준을 개발하여 산출식 검증을 통한 산출기준을 표준화한다.

- 감축수단별, 비행단계별, 항공기종별 분석 소프트웨어를 개발하여, 단축항로 및 경제 운항절차 연료사용량을 분석한다.

- 핵심 컴퍼넌트

  - DB 서버 컴퍼넌트
  - 데이터 처리 컴퍼넌트
  - 감축량 예측 알고리듬 컴퍼넌트

- 항공온실가스 감축량 예측 상용툴(I/F)

  - 항공온실가스의 감축량을 산정하기 위한 감축기술들과 항공기 온실가스를 산정하기위한 산정자료 등이 포함되어 있는 데이터베이스 컴포넌트 및 감축량 예측 알고리즘 컴포넌트와 상용툴간 인터페이스를 개발한다.
  - 데이터베이스 컴포넌트: 공항, 항공기, 운항, 항로, 기상 DB 등을 포함하고 있다.
  - 감축량 예측 알고리즘 컴포넌트: 여러 가지 감축기술에 따른 저감효과

산정, 항공기 운항단계별 온실가스 감축량 예측, 항공기별/엔진별 온실가스 감축량 비교, 여러 가지 감축기술의 통합적용에 따른 저감량 산정 등이 포함되어 있다.

3.4.3.1 DB 서버시스템 컴포넌트

○ 모듈을 사용하기 위한 공항, 항공기, 운항, 항로, 기상 DB 등을 포함하고 있는 컴포넌트로서 각 컴포넌트에서 포함하고 있는 내용은 다음과 같다.

- 공항DB : 우리나라를 포함한 전 세계에 운영하는 공항에 대한 DB가 포함되어있으며, 공항의 대표적인 내용은 활주로 좌표, 활주로 길이, 활주로 경사, 유도로, 주기장 등 공항의 모든 자료를 포함한다.

- 항공기DB : 상업용 항공기의 성능데이터는 포함하고 있는 DB로서 항공기의 특성에 대한 내용이 포함되어있음. 특히 항공기별 장착되는 엔진에 대한 사양이 포함되어있으므로, 온실가스 산정시 매우 중요한 요소로 작용한다.

- 운항DB : 항공기가 시간에 따라 운항한 항적위치가 저장되는 DB이며, 운항DB는 항공기의 위경도 위치, 고도, 속도, 항공기 등록기호, 항공기 callsign 등의 자료를 포함한다.

- 항로DB : 전 세계 항공로 및 픽스, SID/STAR/APP 정보를 포함하고 있는 DB로서 표준궤적을 이용한 분석에서 사용된다.

- 기상DB : 항공기의 온실가스량 산정시 고려하는 환경요소로서 이용하며, 전세계 공항 및 고도별 기상정보를 포함한다.

○ DB 서버시스템 컴포넌트는 온실가스 배출량 산정 모듈과 동일한 DB를 사용한다.

3.4.3.2 데이터 처리 컴포넌트

○ 항공온실가스 감축량을 예측하기 위한 컴포넌트는 항공온실가스의 감축량을

산정하기 위한 감축기술들과 항공기 온실가스를 산정하기위한 산정자료 등이 포함되어 있다.

- 감축수단별 감축량 예측 산정 기술 : 2011년 IATA 보고서에 제시된 항공 온실가스 감축기술을 토대로 작성하였으며, 감축기술은 APU, 운항관리, 운항, 정비 및 유지보수, 지상 중량관리로 Level 1 으로 분석되어 있으며, Level 2도 아래와 같이 분석되었다.

- 감축기술 선정을 하기 위한 방법으로 전문가들의 자문을 통해 개발 시스템에 포함될 수 있는 감축기술을 선정하였다.

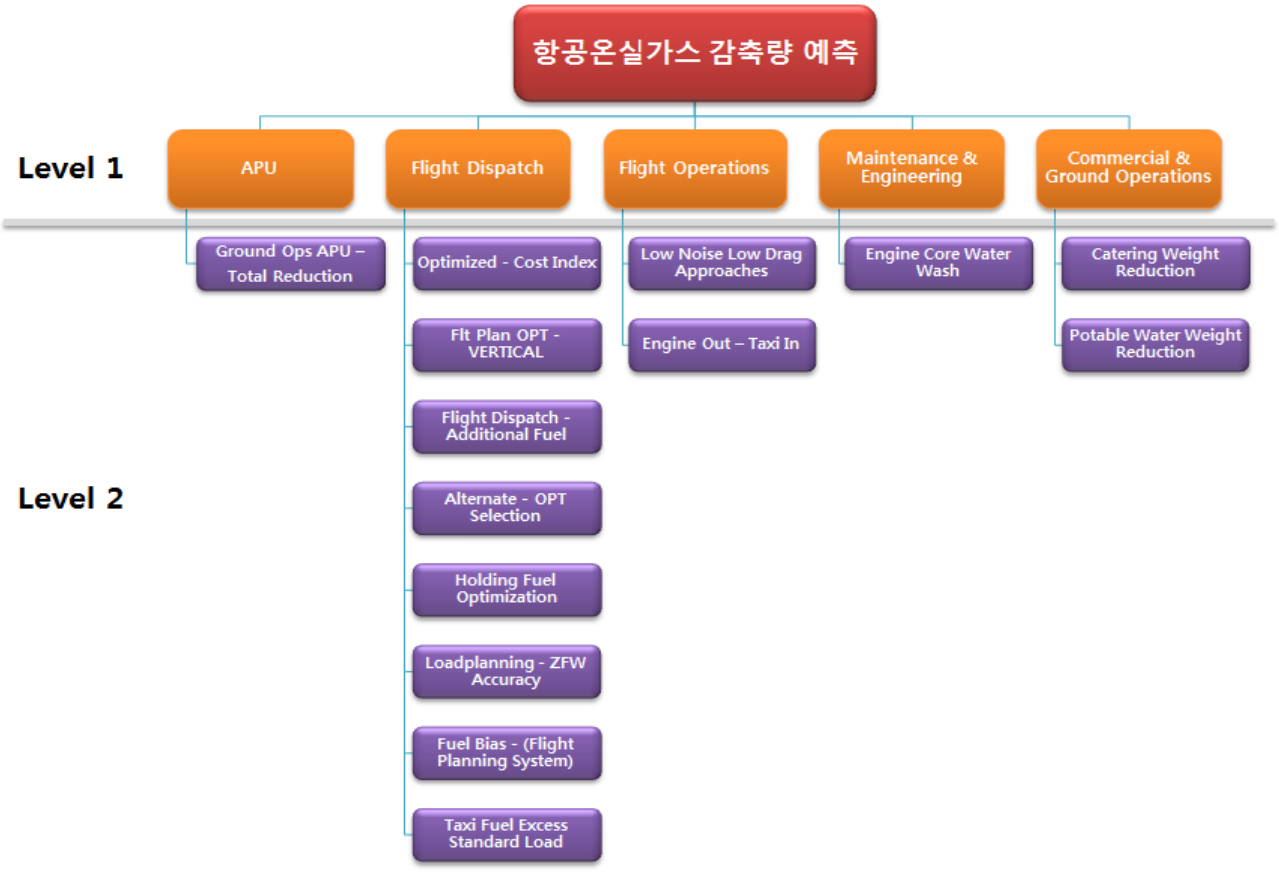


그림 36 감축량 예측 알고리즘

- 온실가스 산정 데이터 : 항공기 엔진에서 배출되는 온실가스량을 산정하기 위한 데이터는 총 BFFM, FAO, 배출계수 등으로 계산되어 산정되었다.

- 감축수단별 예측 산정 기준 : 온실가스 발생량을 산정하기 전 기준 값을 정

하여, 기준 값 대비 감소량을 산정할 수 있도록 도움을 주는 기준 값 설정임. 주로 항공사별 항공온실가스 발생량을 온실가스 산정 DB에서 추출하여 시간이 흐름에 따라 온실가스량의 발생한 기준값을 통계적으로 산정한다.

○ 온실가스 배출량 산정 모듈은 항공온실가스 산정 시스템의 데이터 처리 컴포넌트와 동일하다.

3.4.3.3 온실가스 감축량 예측 알고리즘 컴포넌트

3.4.3.3.1 항공 온실가스 감축량 예측 알고리즘 개발 방안

○ 감축기술 선정을 하기 위한 방법으로 전문가들의 자문을 통해 개발 시스템에 포함될 수 있는 감축기술을 선정하였다.

- 항공사에 소속된 운항관리, 온실가스 담당자, 조종사, 정비사 등 자문회의를 통해 진행되었으며, 항공사는 여객을 수송하는 7개의 국적항공사로 한정한다.

  • 대한항공, 아시아나항공, 진에어, 에어부산, 티웨이항공, 제주항공, 이스타항공

○ 항공온실가스 감축량 예측 알고리즘은 항공사별 자문을 통해 실제 국내 적용이 되고 있거나, 적용 가능한 알고리즘이 산출되었으며, 총 47개 중 14개로 수렴되었다.

표 8 항공기 감축량 기술

구분	대분류	중분류	
1	APU	1	Ground Ops APU - Total Reduction
2	Flight Dispatch	2	Optimized - Cost Index
		3	Flt Plan OPT - VERTICAL
		4	Flight Dispatch - Additional Fuel
		5	Alternate - OPT Selection
		6	Holding Fuel Optimization
		7	Load planning - ZFW Accuracy
		8	Fuel Bias - (Flight Planning System)

		9	Taxi Fuel Excess Standard Load
3	Flight Operations	10	Low Noise Low Drag Approaches
		11	Engine Out - Taxi In
4	Maintenance &Engineering	12	Engine Core Water Wash
5	Commercial &Ground Operations	13	Catering Weight Reduction
		14	Potable Water Weight Reduction

3.4.3.3.2 항공 온실가스 감축량 예측 알고리즘

○ **항공기 보조 엔진(APU)**

- Ground Ops APU: 항공사에서 온실가스 자발적 감축에 적용하는 기술로서, 항공기가 지상에서 소모되는 APU 사용량을 정확하게 산출하고, GPU 및 AC-GPS 사용량과 비교한 결과를 제시하는 기능이다.

○ **운항관리(Flight Dispatch)**

- 최적화 비용지수(Optimized - Cost Index): 비행계획 단계에 적용하는 고정 COST INDEX 값과 실 소모되는 COST INDEX 간의 최적 값을 산출 기능으로서, 비행계획 단계의 연료 사용량과 실사용량이 차이를 최소화 시킬 수 있다.

- 비행계획 최적화 - 수직(Flt Plan OPT - VERTICAL) : 국내 공역의 환경 및 항공기 순항고도를 최적화하여 항공기의 최적 연료 산출을 제공하는 감축기술이다.

- 운항관리 - 추가연료(Flight Dispatch - Additional Fuel) : 추가연료 과다 책정 시 운항지연, 수익손실, 지연에 대한 비용을 유발시킴에 따라 연료관리를 통해 연료효율성 책정 기술이다.

- 교체 공항 선정(Alternate - OPT Selection) : 항공사별로 교체공항에 대한 여러 시나리오 적용 통해 적합한 대체공항 선정 및 추가연료량을 결정할 수 있는 기능이다.

- 체공연료량 최적화(Holding Fuel Optimization) : 도착공항 상공에서 체공

하는 연료량을 산정하는 기능으로, 착륙 중량(LDG WGT(Landing Weight)에 따른 최적 소모연료량을 산정하는 기능이다.

- 항공기 하중 계획(Load planning - ZFW Accuracy) : 항공기 유상승객의 무게를 최적화하여, 항공기의 ZFW값과 실항공기 중량 값을 최소화하였을 경우 항공기 중량에 따른 온실가스 감축량을 산정하는 기능이다.

- 연료량 산정오차(Fuel Bias - (Flight Planning System)) : 연료 Bias 오차별 연료소모량을 계산하여 항공사에서 운영하는항공기종별 오차를 산정 및 항공사에게 오차범위 제공 기능이다.

- 유도로 연료산정(Taxi Fuel Excess Standard Load) : 유도로에서 사용하는 항공기 고정 연료 값과, 통계적인 값 또는 평균 시간으로 적용하였을 경우 감축되는 온실가스량 산정 기능이다.

○ **운항관리(Flight Operations)**

- 저소음 접근절차(Low Noise Low Drag Approaches) 항공기 도착단계에서 감축기술 적용시 감축되는 연료량 및 온실가스 감축량을 산출하는 기능이다.

- 엔진 중지(Engine Out - Taxi In) : Taxi In 과정에서 Engine Out-Taxi In 절차를 사용함으로써, 기존 대비 연료소모량 및 배출물질을 감소시킬수 있는 기술이며, 이를 적용하여 산출하는 기능이다.

○ **정비(Maintenance & Engineering)**

- 엔진 물 세척(Engine Core Water Wash): 엔진 내부 압축기(Compressor) 공기통로(Gas pass)를 주기적으로 물 세척해 줌으로써 엔진 압축효율을 높여주어 연료 절감 도모하는 기능이다.

○ **지상 중량관리(Commercial &Ground Operations)**

- 기내식 장비 중량감소(Catering Weight Reduction) : 항공기 기내에 불필요한 장비를 제거함으로 항공기 경량화 되며, Catering의 중량관리를 통해 항공기 탑재 무게를 감소시켜 항공기 연료소모 절감 달성할 수있는 기능이다.

- 이동 식수량 감소(Potable Water Weight Reduction) : 항공기에 주입되는 식수량을 조절하여 항공기의 중량을 감축하는 효과가 발생되며, 이 기능을 통하여 식수량에 따른 온실가스 발생량을 산정하는 기능이다.

○ 온실가스 감축량 예측 알고리즘 컴포넌트는 항공온실가스 감축량을 예측을 산정하기 위한 가장 핵심적인 컴포넌트이며, 앞에서 제시된 DB 서버 시스템 컴포넌트, 데이터 처리 컴포넌트 등을 이용하여 항공온실가스 감축량을 예측한다.

○ 온실가스 감축량 예측 알고리즘의 세부적인 기능으로 여러 가지 감축기술에 따른 저감효과 산정, 항공기 운항단계별 온실가스 감축량 예측, 항공기별/엔진별 온실가스 감축량 비교, 여러 가지 감축기술의 통합적용에 따른 저감량 산정 등이 포함되어 있다.

- 여러 가지 감축기술에 따른 저감효과 산정 : 본 시스템에서 적용되는 다양한 감축기술을 적용하여 현재 기준과 그리고 감축기술을 적용하였을 경우 저감효과를 산정하는 알고리즘이다.

- 항공기별/엔진별 온실가스 감축량 비교 : 동일한 구간에서 항공기 또는 엔진이 변경됨에 따라 항공기의 온실가스 변화량을 비교하는 알고리즘이다.

- 항공기 운항단계별 온실가스 감축량 예측 : 항공기 운항단계별(지상-이륙, 이륙, 상승, 상승-항공로, 순항, 하강-항공로, 하강, 지상-착륙)로 감축기술을 적용하여 운항단계별 감축량을 산정할 수 있도록 하는 알고리즘이다.

- 여러 가지 감축기술의 통합적용에 따른 저감량 산정 : 여러 가지 감축기술이 동시에 적용될 때 온실가스 감축량의 정확한 산출을 하기 위한 알고리즘이다.

3.4.4 경제성 분석 및 의사결정 지원

○ 각종 시나리오(국내·외 환경 관련 정책 시나리오, 미래 항공수요 및 신형 항공기 도입 시나리오, ICAO 항공기 인증규제 시나리오)와 각종 DB(항공기 성능, 항공사 운항 스케줄, 항공사 비용)을 통한 항공기종별 비용 및 효과를 이용해 비용분석을 하여 Fleet Level 정책효과 분석하며, 이에 감축수단별 효과를 적용하여 감축수단별 정책효과 변화 및 비용/온실가스 감축량에 대한 분석을 통하여 정부 또는 항공사의 정책 수립에 대한 의사결정을 돕는 모듈이다.

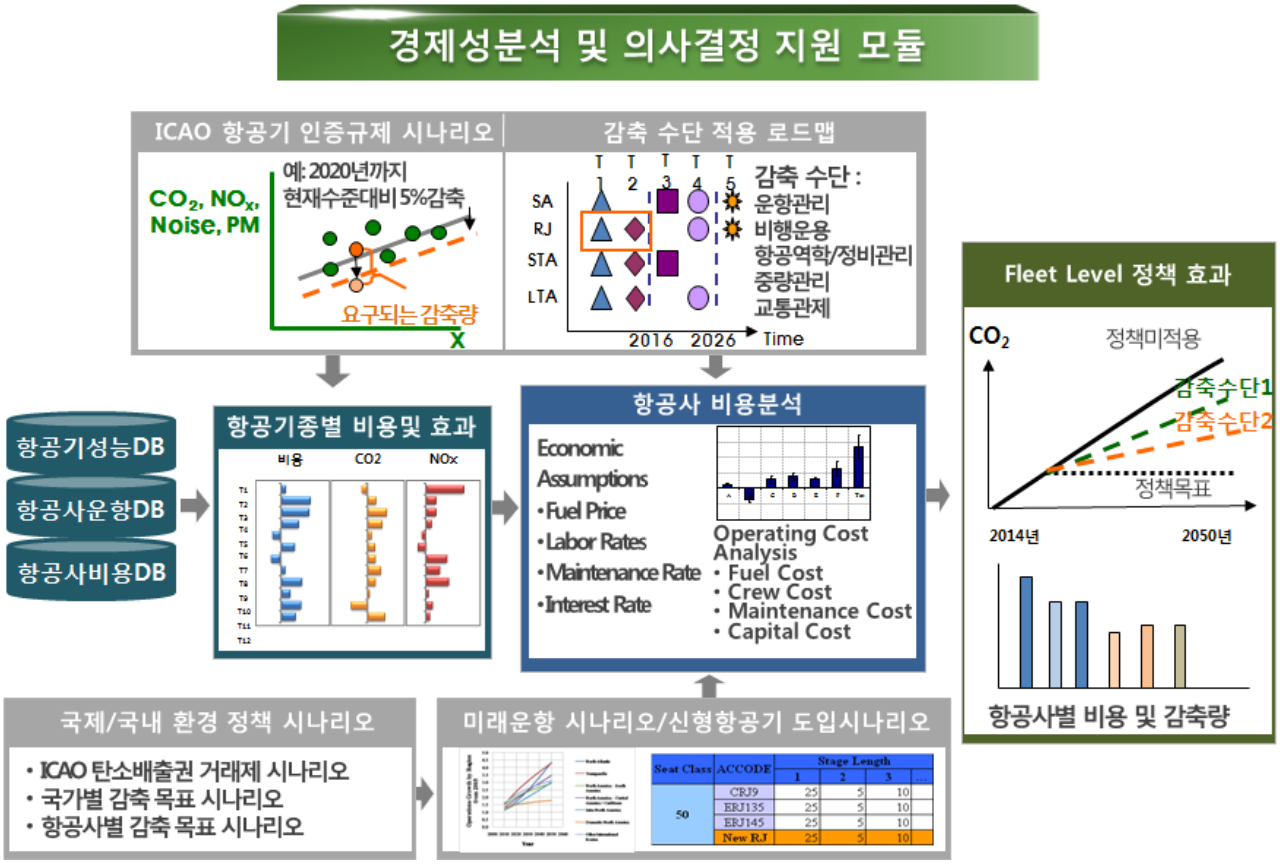


그림 37. 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈

- 항공기/엔진 기종, 경도, 위도, 고도, 시간, 날씨 등 여러 항공 자료를 고려하여 산정한 온실가스 배출량에 대해 다양한 항공운항 관련 정책, 기술, 운용 시나리오가 항공기 연료 사용량 및 온실가스 배출에 미치는 효과를 분석한다.

- 핵심 컴퍼넌트

  - ICAO 항공기 인증규제 시나리오 컴퍼넌트
  - 국내·외 환경 정책 시나리오 컴퍼넌트
  - 미래 운항 및 신형 항공기 도입 시나리오 컴퍼넌트
  - 항공기 기종별 비용 및 효과 분석 컴퍼넌트
  - 항공사 비용 분석 컴퍼넌트
  - Fleet Level 정책 효과 분석 컴퍼넌트
  - 감축수단별, 비행단계별, 항공기종별 분석 소프트웨어를 개발하여, 단축 항로 및 경제 운항절차 연료사용량을 분석 컴퍼넌트
  - 항공기종별 시나리오 분석을 통한 연료절감 효과 분석 컴퍼넌트

- 경제성분석 및 의사결정 지원(I/F)

  - 경제성분석 및 의사결정 지원 모듈은 분석을 위해 각 연관 시스템의 DB와 데이터를 연계해야 한다. 연계된 데이터는 분석 모듈에 맞는 포맷으로 재 가공 된다. 데이터 연계는 시스템별 같은 DBMS를 사용시 DBLink 의 개념으로 연계하며, 다른 DBMS를 사용시 socket 방식의 XML 포맷 또는 Offline export/import 방식의 CSV 포맷으로 데이터를 연동한다

  ① 보급포털 시스템과의 데이터 연계 : 각 항공사에서 입력한 DB 자료 (정부 제출용)

  ② 온실가스 배출량 산정 시스템과의 데이터 연계 : 공항, 항공기, 항로, 각종 산정 데이터 DB 자료

  ③ 온실가스 감축량 예측 시스템과의 데이터 연계 : 감축 수단별 온실가스 예측 데이터 DB 자료

3.4.4.1 사용자 입력 컴퍼넌트

○ GUI상에서 사용자가 경제성 분석 및 의사결정을 위한 분석의 범위, 시나리오 구성, 경제관련 변수 입력을 위한 컴퍼넌트로 다음과 같은 기능을 담당하는

창으로 구성 된다.

- 국/내외 항공 환경 정책 목표 시나리오 설정(예: 연간 1% 에너지 효율 목표 달성 혹은 2030년까지 베이스라인(Business as Usual, BAU) 대비 10% 달성)

- 항공사 별 자발적 감축 목표 설정

- ICAO 탄소배출권 거래제 시나리오 설정

  - 2020년 시행 예정인 ICAO의 탄소배출권 거래제(Emission Trading Scheme, ETS)의 시나리오를 설정
  - ICAO ETS 적용 범위(Scope of Applicability) 예: 국내 모든 항공사 포함 혹은 연간 매출액 50억 이상 항공사만 포함 등
  - 국가별 항공교통 탄소배출총량 설정(예: 2010-2014년 평균치의 97%, 95%, 93% 등)
  - 탄소배출총량의 항공사별 분배 및 경매 시나리오 설정

- 연구 범위 설정(예: 항공사, 기종, 노선, 국가 등)

- 감축 수단별로 항공사 및 기종별 적용 범위의 사용자 설정 혹은 온실가스 예측 모듈에서 찾아낸 최적의 감축 수단 조합을 입력

- 미래 운항 수요 증가 모델 설정(예: 아시아-북미 노선 연간 5% 교통량 증가 등)

- 미래 가상 친환경 항공기 성능 설정

  - 온실가스 감축량 예측 시나리오의 범주에 들어가지 않는 미래의 친환경 항공기/엔진기술개발로 인한 항공기의 성능 향상 시나리오 설정(예: 보잉 777-300ER 항공기 대비 8% 연료 효율 향상)

- 신형 항공기 도입 및 기존 항공기 퇴역 범위 및 스케줄 설정

- 경제 변수 가정 설정(예: 항공유 가격, 항공기 구입을 위한 대출 이자율, 항공사의 discount rate, 항공기 퇴역 시 재판매 가격 등)

3.4.4.2 DB 서버시스템 컴퍼넌트

○ 기본적으로 온실가스 산정 시스템에서 사용하는 공항, 항공기 성능, 미래 운항 스케줄 DB 등과 연동이 되어 필요한 데이터를 추출하여 사용한다.

○ 온실가스 예측 시스템에서 산출되는 감축수단별 온실가스 감축 효과 DB와 연동이 되어 필요한 데이터를 추출하여 사용한다.

○ 경제성 분석을 위한 별도의 DB로써 항공사 비용 DB 구축이 필요함. 항공사 비용 DB는 미국 교통부(Department of Transportation, DOT) 산하 교통통계청(Bureau of Transportation Statistics, BTS)에서 분기별로 제공하는 미국 항공사들의 Air Carrier Financial: Schedule P-5.2 데이터의 구조 및 항공기 기종 별 평균값을 사용할 수 있으며, 이상적으로는 국적 항공사들의 협조를 통해 국내 상황에 적합한 DB를 구축하는 것이 바람직하다.

○ 또한 기본적인 평균치 데이터를 바탕으로 하되 사용자가 고유한 데이터를 이용하여 기본 데이터를 수정하여 사용 가능하도록 DB를 구성한다.

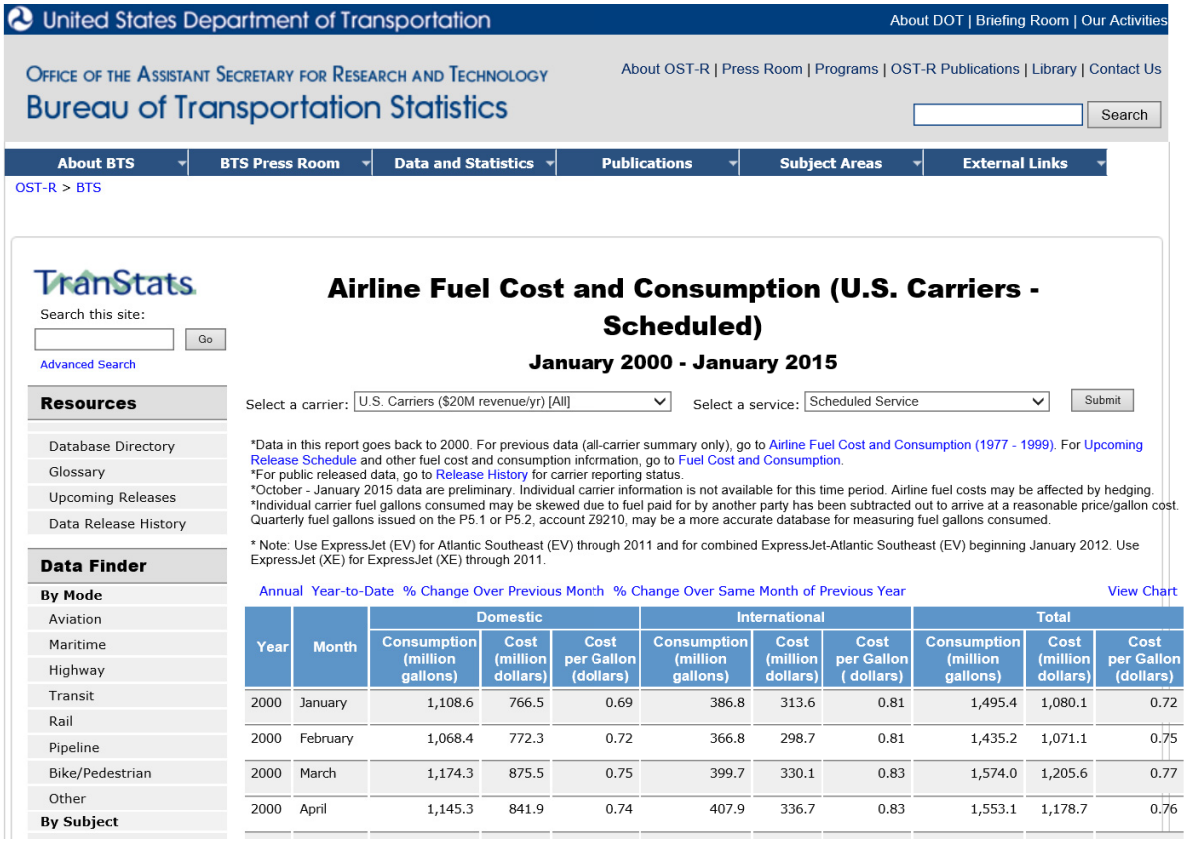


그림 38. 미국 교통국(DOT) 의 BTS 데이터 웹 포털

표 9. 미국 교통국 BTS의 Air Carrier Financial Data: Schedule P5.2의 항공사 비용 항목

PILOT_FLY_OPS	51230 - Pilots And Copilots (000)
OTH_FLT_FLY_OPS	51240 - Other Flight Personnel (000)
TRAIN_FLY_OPS	51281 - Trainees And Instructors (000)
PERS_EXP_FLY_OPS	51360 - Personnel Expenses (000)
PRO_FLY_OPS	51410 - Professional And Technical Fees And Expenses (000)
INTERCHG_FLY_OPS	51437 - Aircraft Interchange Charges (000)
FUEL_FLY_OPS	51451 - Aircraft Fuel (000)
OIL_FLY_OPS	51452 - Aircraft Oil (000)
RENTAL_FLY_OPS	51470 - Rentals (000)
OTHER_FLY_OPS	51530 - Other Supplies (000)
INS_FLY_OPS	51551 - Insurance Purchased - General (000)
BENEFITS_FLY_OPS	51570 - Employee Benefits And Pensions (000)
INCIDENT_FLY_OPS	51580 - Injuries, Loss, And Damage (000)
PAY_TAX_FLY_OPS	51680 - Taxes - Payroll (000)
OTH_TAX_FLY_OPS	51690 - Taxes - Other Than Payroll (000)
OTHER_EXP_FLY_OPS	51710 - Other Expenses (000)
TOT_FLY_OPS	51990 - Total Flying Operations (000)
AIRFRAME_LABOR	52251 - Labor - Airframes (000)
ENGINE_LABOR	52252 - Labor - Aircraft Engines (000)
AIRFRAME_REPAIR	52431 - Airframe Repairs (000)
ENGINE_REPAIRS	52432 - Aircraft Engine Repairs (000)
INTERCHG_CHARG	52437 - Aircraft Interchange Charges (000)
AIRFRAME_MATERIALS	52461 - Materials - Airframes (000)
ENGINE_MATERIALS	52462 - Materials - Aircraft Engines (000)
AIRFRAME_ALLOW	52721 - Airworthiness Allowance Provisions - Airframes (000)

AIRFRAME_OVERHAULS	52723 - Airframe Overhauls Deferred, Credit (-) (000)
ENGINE_ALLOW	52726 - Airworthiness Allowance Provisions - Aircraft Engines (000)
ENGINE_OVERHAULS	52728 - Aircraft Engine Overhauls Deferred, Credit (-) (000)
TOT_DIR_MAINT	52780 - Total Direct Maintenance - Flight Equipment (000)
AP_MT_BURDEN	52796 - Applied Maintenance Burden - Flight Equipment (000)
TOT_FLT_MAINT_MEMO	52990 - Total Flight Equipment Maintenance (000)
NET_OBSOL_PARTS	70739 - Net Obsolescence And Deterioration - Expendable Parts (000)
AIRFRAME_DEP	70751 - Airframes (000)
ENGINE_DEP	70752 - Aircraft Engines (000)
PARTS_DEP	70753 - Airframe Parts (000)
ENG_PARTS_DEP	70754 - Aircraft Engine Parts (000)
OTH_FLT_EQUIP_DEP	70755 - Other Flight Equipment (000)
OTH_FLT_EQUIP_DEP_GRP_I	70756 - Total Depreciation (7075.1 - 7075.5) (000)
FLT_EQUIP_A_EXP	70761 - Amortization Expense - Capital Leases - Flight Equipment (000)
FLY_OPS_EXP_I_A	70981 - Flying Operations (000)
TOT_AIR_OP_EXPENSES	70989 - Total Aircraft Operating Expense (Direct Operating Expense)

3.4.4.3 미래 운항 스케줄 생성 컴퍼넌트

○ 장기적인 환경 정책, 감축수단 적용의 효과를 분석하기 위해 필요한 미래 운항 스케줄을 생성하는 컴퍼넌트로 분석의 출발점이 되는 연도의 운항 스케줄을 바탕으로 사용자가 지정한 항공 수요 증가 가정에 따라 미래 운항 스케줄을 생성한다.

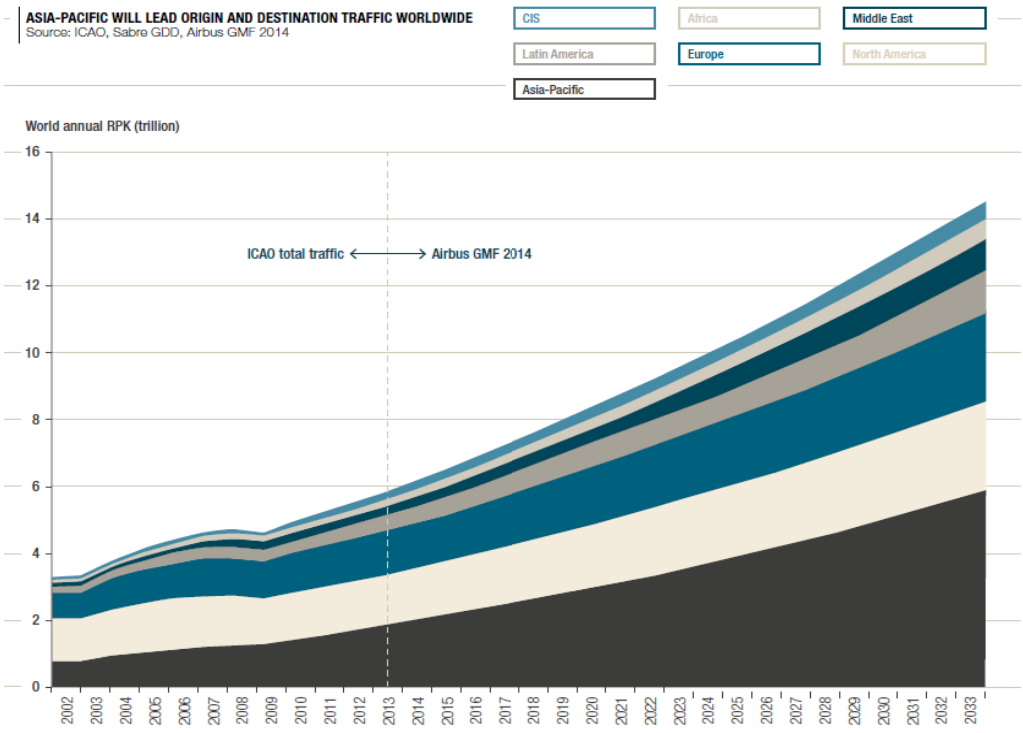


그림 39. 2014부터 2033까지 지역별 항공교통량 증가 예측 (출처: Airbus Global Market Forecast 2014-2033)

3.4.4.4 경제성 분석 알고리즘 컴퍼넌트

○ 경제성 분석 알고리즘 컴포넌트는 사용자 입력 컴퍼넌트에서 정의된 분석 범위와 정책 시나리오, 각종 경제적 변수들의 가정과 DB 서버 시스템 컴퍼넌트에서 불러드린 데이터를 바탕으로 항공사들에 미치는 비용 효과를 계산한다.

○ 항공사들에 미치는 비용은 직접운영비(Direct Operating Cost, DOC)에 해당되는 주요 비용항목은 다음의 네 항목이며, 필요에 따라 다른 항목도 추가할 수 있다.

- 연료비(Fuel cost)
  - 항공기 운항을 위한 유류 구입비로 항공사에서 제공되는 데이터를 사용하기도 하며 비행단위단 산출을 위해서는 2세부과제(항공 온실가스 산정 모듈)에서 계산되는 연료사용 산정량을 바탕으로 항공유 가격을 곱해서 계산한다.
- 조종사 및 객실 승무원 비용(Flight crew and cabin crew costs)
  - 기종별/노선별로 항공사에서 제공받은 데이터를 사용할 수 있으며, 대안으로는 항공기의 클래스별로(regional jet, single aisle, twin-aisle, large quad, freighter, business jet 등) 비행시간 당 파일럿 및 승무원 평균비용을 BTS 데이터 등의 자료를 통해 계산할 수 있다.
- 항공기 정비 비용(Maintenance and overhaul)
  - 기종별/노선별로 항공사에서 제공받은 데이터를 사용할 수 있으며, 대안으로는 항공기의 클래스별로(regional jet, single aisle, twin-aisle, large quad, freighter, business jet 등) 비행시간 당 항공기 정비 비용(인건비와 부품비 포함) BTS 데이터 등의 자료를 통해 계산할 수 있다.
- 항공기 구매 혹은 리스 비용(Ownership cost including Depreciation and Amortization)
  - 일반적으로 항공기 구매는 융자(finance)를 통하게 되므로 금융비용(이자)이 포함되며 그 외 감가상각도 항공기의 예상 수명에 대하여 계산한다.

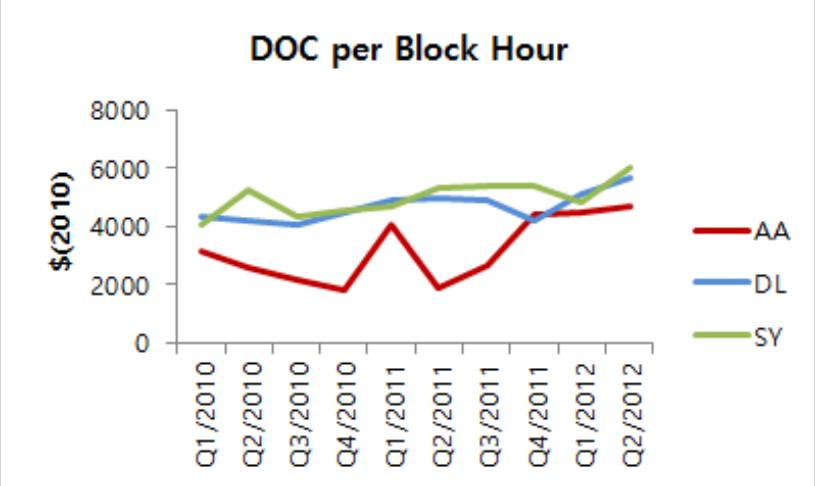


그림 40. 미국 BTS Form 41 데이터를 분석한 2010-2012 년 미국의 American Airlines(AA), Delta Airlines(DL), Sun Country(SY)의 분기별 시간당 직접운영비 변화

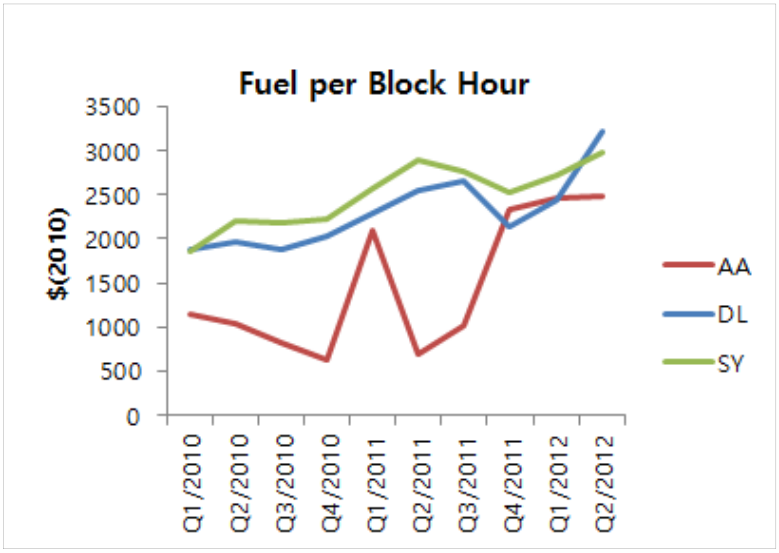


그림 41. 미국 BTS Form 41 데이터를 분석한 2010-2012 년 미국의 American Airlines(AA), Delta Airlines(DL), Sun Country(SY)의 분기별 시간당 연료비용 변화

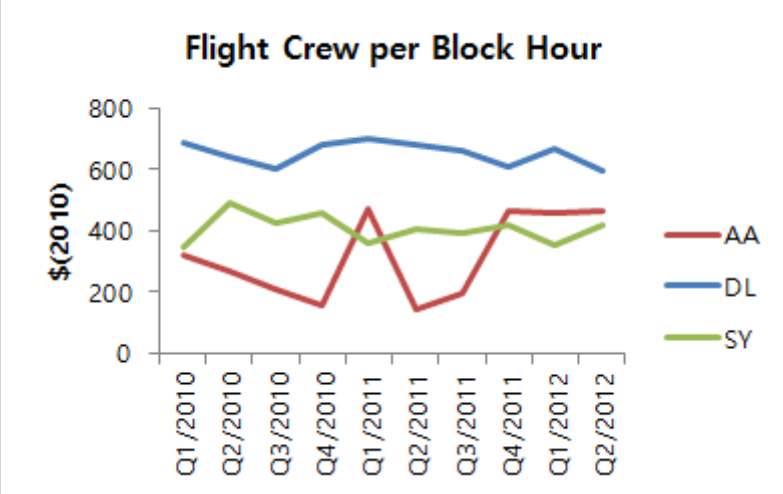


그림 42. 미국 BTS Form 41 데이터를 분석한 2010-2012 년 미국의 American Airlines(AA), Delta Airlines(DL), Sun Country(SY)의 분기별 시간당 조종사 인건비 변화

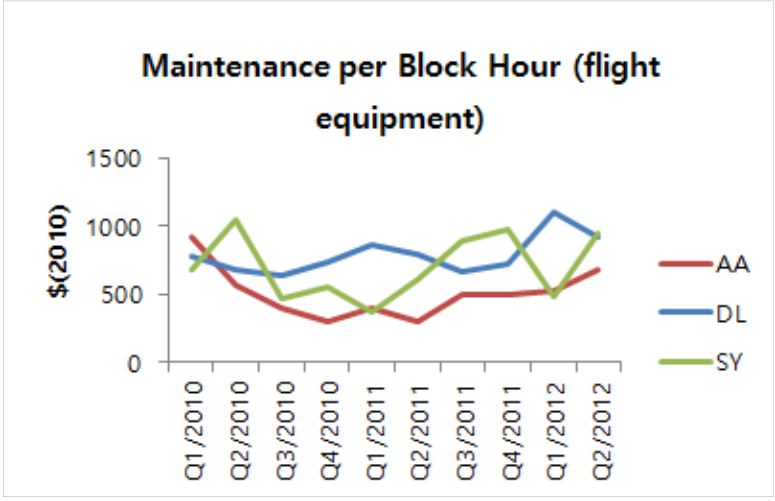


그림 43. 미국 BTS Form 41 데이터를 분석한 2010-2012 년 미국의 American Airlines(AA), Delta Airlines(DL), Sun Country(SY)의 분기별 시간당 항공기 정비비 변화

○ 경제성 분석을 위한 세부 알고리즘은 추후 모듈 상세설계를 통해 결정이 되며 기본적으로 고려해야 하는 알고리즘들은 다음과 같다.

- 항공사 Cashflow 분석 알고리즘

  • 연도별로 해당항공사의 총 수입과 총 지출을 계산한다.
  • 사용자가 입력하는 discount rate를 사용하여 기준연도로 환산한 net

present value (NPV)를 계산한다.

- 신형항공기 시장 점유율 계산 알고리즘(Market Share Model)

  - 미래에 발생하는 항공기 도입 수요를 계산한다.
  - 항공기 도입 수요는 두 가지 이유로 발생한다.
  - 첫째는 기존의 항공기들이 퇴역하는 경우 그 자리를 대체하기 위해 신규 도입이 필요하다.
  - 두 번째는 미래에 교통량이 증가함으로써 늘어나는 교통량을 수용하기 위해 항공사의 capacity (Available Seat Kilometer 혹은 Available Tonn Kilometer 로 계산)를 늘리기 위해 항공기 도입 수요가 발생한다.
  - 도입이 가능한 항공기들의 목록을 항공기 클래스와 최대운항거리(maximum range)별로 구성하여 항공사가 어떤 기종을 선정할 것인지에 대한 알고리즘을 개발한다.

- 항공권 가격과 항공교통 수요 간의 상관관계 분석 알고리즘(옵션)

  - 항공환경정책의 영향으로 항공사의 비용 부담이 장기적으로 늘어나면 항공사들은 항공권 가격을 올리는 정책으로 대응을 할 수 있으며 그 때에는 항공교통 수요에 영향을 미칠 수 있으므로 항공권 가격과 항공교통 수요 간의 상관관계를 계산하는 알고리즘이 필요하다.

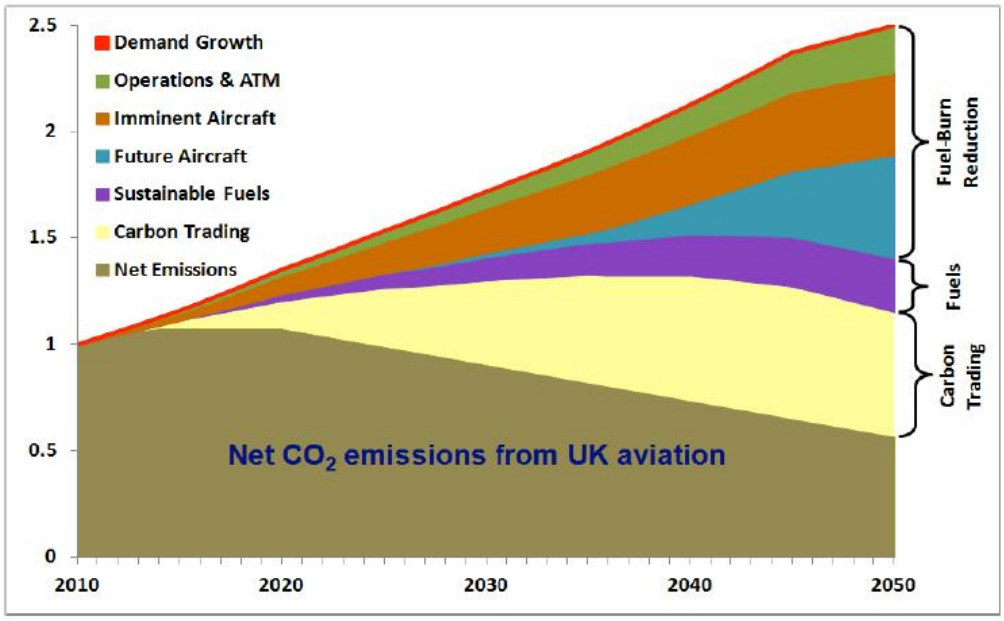
3.4.4.5 거시적 정책효과 분석 컴퍼넌트

○ 거시적 정책효과분석 컴퍼넌트는 국제, 국내, 혹은 항공사별 항공온실가스 감축 정책 효과 및 비용을 분석하는 컴퍼넌트로 사용자가 정의한 여러 가지 시나리오에 대해서 연간 온실가스 감축량과 비용효과를 분석하여 보여주며, 다음과 같은 주요 그래프를 산출한다.

- 사용자가 지정한 분석 범위 내에서 세부 범위별 감축량의 상대적 기여도를 계산하여 정책 적용 우선순위 판단을 도와준다.

- 전체 분석 기간(예: 2015년부터 2050년까지) 동안 연간 또는 누적된 감축량 및 비용 증감을 보여준다.

- 사용자가 설정한 여러 가지 정책 시나리오별 차이를 보여 줌으로써 정책 의사 결정에 기여한다.



(Sustainable Aviation CO_2 Road Map 2012)

그림 44. 감축수단별 항공온실가스 배출 감축 효과 예시(출처: 영국 Sustainable Aviation http://www.sustainableaviation.co.uk/)

3.4.5 항공온실가스 산정 지원 데이터 플랫폼

○ 항공 온실가스 배출량 산정 및 감축량 예측 모듈을 지원하기 위한 데이터 플랫폼으로서 항적, 기상, 공항 및 항공기 운항 등의 자료를 포함한 데이터 플랫폼이다.

* 항공기 운항 데이터의 경우 사용자가 보유하고 있는 데이터를 데이터 플랫폼에 저장하여 사용할 수 있도록 공간을 확보함.



그림 45. 항공 온실가스 산정 지원 데이터 플랫폼

- 항적자료 추출/처리, 항공기 성능 배출량 산정/예측 알고리즘, 거시적/미시적 시나리오 분석, 온실가스 저감효과 산출기술, 저감효과 분석기술 등을 빠르게 처리하기 위한 데이터 플랫폼을 구성한다.

- Database 개념 설계는 개념 데이터 모델링을 통해서 이루어진다. 개념 데이터 모델링은 데이터 주제영역을 정의하고 구조적 수준을 고려하여 핵심

엔티티 및 관계를 도출하여 전체 아키텍처를 형성하는 단계로, 각 유관기관별 개별업무 중심으로 구성된 주제 영역을 통합 DB중심으로 재정의 한다.

- 사용자요구분석을 통해 데이터 요구사항을 정의하고 유스케이스 명세서, 각 기관별 데이터 모델 등을 참조로 엔티티와 핵심속성을 정의하고 이들 간 관계를 정의해 데이터 아키텍처의 핵심 엔티티를 설계한다.

- 핵심 컴퍼넌트

  - 항로정보 컴퍼넌트
  - 운항정보 컴퍼넌트
  - 항공기 기종별 정보 컴퍼넌트
  - GIS 정보 컴퍼넌트
  - 온실가스 통계 정보 컴퍼넌트
  - 기준 정보 컴퍼넌트

4. 목표 시스템 운용 시나리오

○ 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템의 데이터 및 모듈간의 상호작용은 아래 그림과 같다.

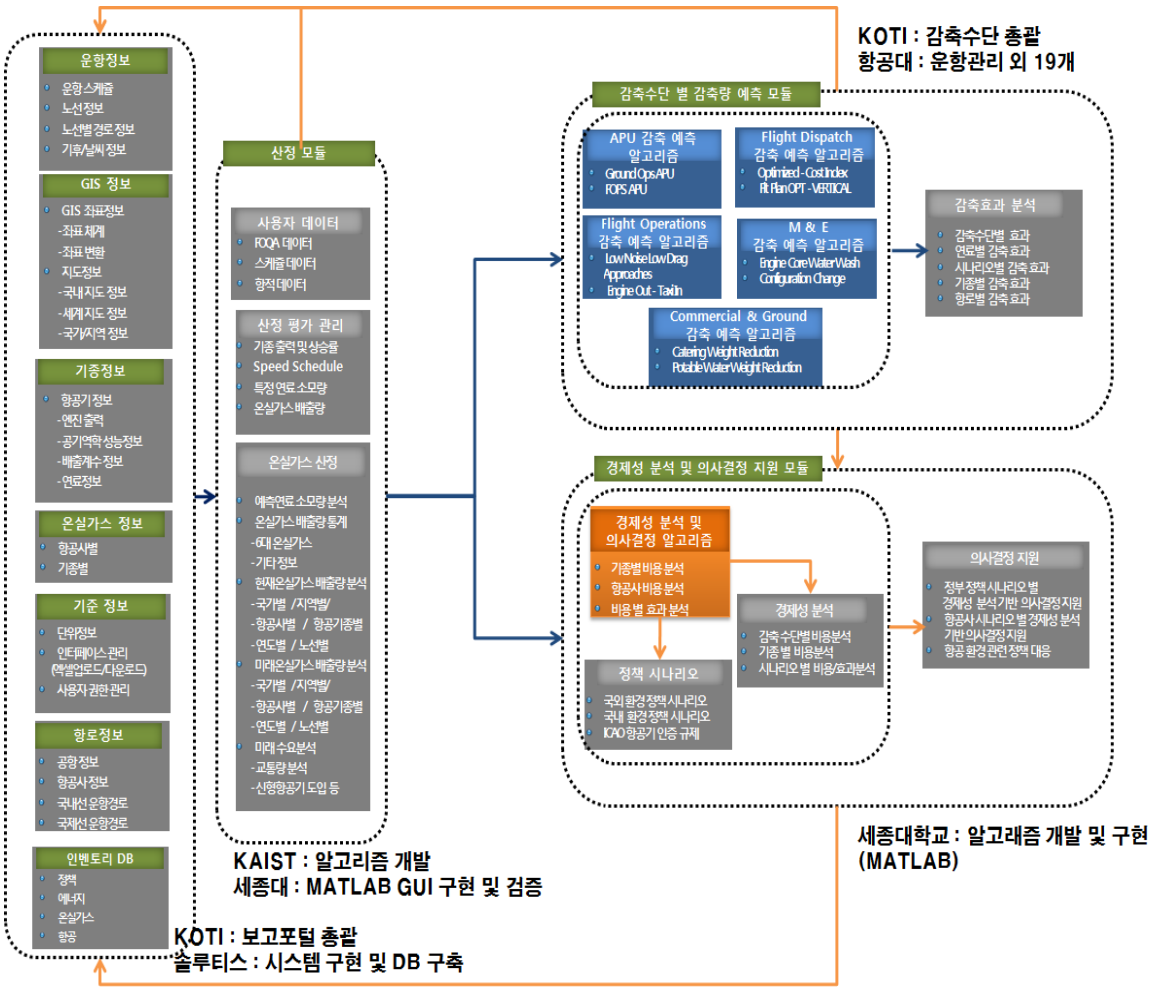


그림 46. 목표 시스템 운용 개념도

4.1 항공 온실가스 보고 포털

○ 항공온실가스 보고포털은 각종 국내/외 관련 규제 정보 및 산정방법론에 대해 활동자료(연료량, 운항정보 등)를 통해 배출량, 감축목표 등에 대해 통합적으로 관리될 수 있도록 구현한다.

○ 이는 항공통계/정책대응/기준정보/레포팅 모듈(기준정보 서브 모듈, 항통통

계 서브 모듈, 항공 온실가스 정책지원 서브 모듈)과 항공사 인벤토리 모듈로 구성된다.

○ 항공 온실가스 보고 모듈은 각 서브모듈간 유기적인 연계와 내부 연동이 필요하며, 각종 외부 데이터와 항공사 자체 데이터, 배출량 산정 방법론, 배출계수 등의 다양한 문서들이 사용된다.

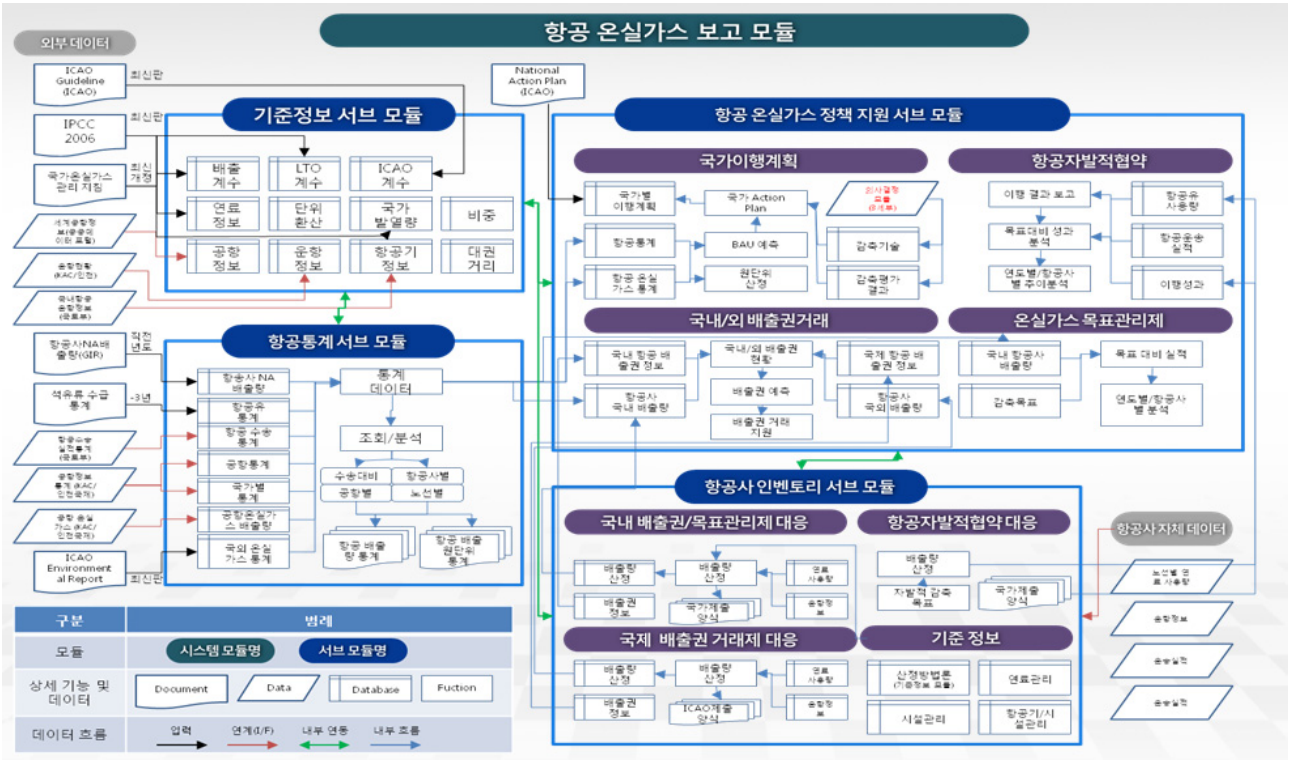


그림 47 목표 시스템 데이터 연계 구조 정의

4.1.1 항공통계/정책대응/기준정보/레포팅 서브 모듈 개발

○ 항공통계/정책대응/기준정보/레포팅 모듈은 다시 항공온실가스 통계 서브 모듈, 항공온실가스 정책 대응 지원 서브 모듈, 레포팅 서브 모듈과 기준정보 서브 모듈로 구성된다.



그림 48 항공통계/정책대응/기준정보/레포팅 서브 모듈 기능 구성도

- 연료사용량, 여객 및 화물의 수송실적, 온실가스 배출정보 및 원단위 연료 및 온실가스 배출량 등의 국내 통계 정보와 ICAO 환경보고서, EU-ETS 통계정보, IPCC 항공부문의 통계 정보 등 국제 통계 정보 데이터를 제공한다.

- 국가이행계획, 항공자발적협약, 국내외 배출권거래, 국내 목표관리제 등 국내외 관련 규제와 항공 온실가스 통계를 통해 배출량 및 예상 감축량, 배출실적 등의 정보를 제공한다.

  - 국가이행계획 : 개요 및 현황, BAU 전망 및 배출량, 저감효과평가와 예상 감축량 산정 정보 제공
  - 항공자발적협약 : 국제선 배출량 및 수송량, 저감성과 및 주요 저감활동의 성과 보고 및 목표대비 성과 분석 정보 제공
  - 국내 목표관리제 : 항공사별 배출현황 및 감축 목표 대비 배출량 정보 제공
  - 국내외 배출권거래제 : 제도 소개 및 산정방법론, 항공사 배출실적 정보 제공

- 상기의 정보를 사용자의 수요에 따라 맞춤형 검색 reporting을 제공하며, 제도별 보고 툴에 따른 reporting을 제공한다.

  • 맞춤형 검색 reporting : 항공사별, 노선별, BAU 대비 실적, 이행계획 대비 실적

  • 제도별 reporting : 국가이행계획, 항공 자발적 협약, 국가 NA, ICAO-ETS

- 기준정보를 통해 항공사의 국내/국제선 연료사용량, ICAO 및 IPCC, 국내 NA의 배출계수, 배출량 산정방법론(ICAO, Tier 1, Tier 2), 각 통계수치의 단위 정보, 국내/국제선의 운항정보, 항공기종정보, 공항정보를 관리한다.

4.1.2 항공사 인벤토리 서브 모듈 개발

○ 항공사 인벤토리 서브 모듈은 항공사 온실가스 관리체계 구축을 지원하고 항공 자발적협약 및 국내/국제 배출권거래제와 관련된 효율적 대응 업무를 수행하도록 프로그램을 개발한다.

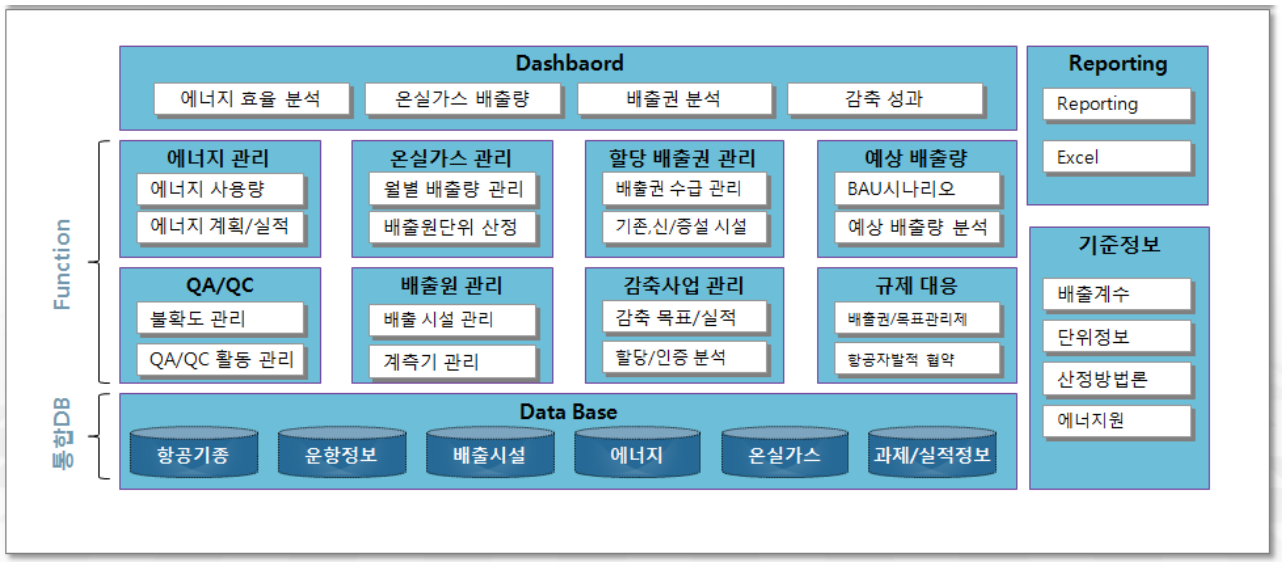


그림 49 항공 온실가스 인벤토리 서브 모듈 기능 구성도

- 에너지/온실가스 DB 구축의 운용 시나리오는 다음과 같다.

  • 1단계 : 연료 모니터링 및 연료소비(연료소비 분석, 연료효율 분석, 연료

계획 대비 실적 분석) 분석

- 2단계 : 활동량(월별 활동량 등록현황 및 월별 활동량 실적) 관리
- 3단계 : 배출량(월별 온실가스 배출량) 관리 및 배출량 분석, QA/QC
- 4단계 : 성과 관리(목표 및 실적) 및 보고관리, 기록관리

- 항공사 배출권 거래 및 목표관리제 대응을 위한 운용 시나리오는 다음과 같다.

- 1단계 : 할당 배출권 관리
- 2단계 : 에너지/온실가스 DB의 활동량 관리를 통한 배출권 수급(기존 시설 할당, 신증설 할당, 추가 할당)관리 및 감축사업(감축사업 현황, 모니터링 계획, 산정방법론) 관리
- 3단계 : 예상 배출량(BAU 시나리오, 중장기 배출 예측) 산정
- 4단계 : 규제대응(배출권 인증/제출) 및 배출권 거래(시장정보 및 매매관리)
- 5단계 : 기록관리 및 보고관리(배출권 및 감축사업)

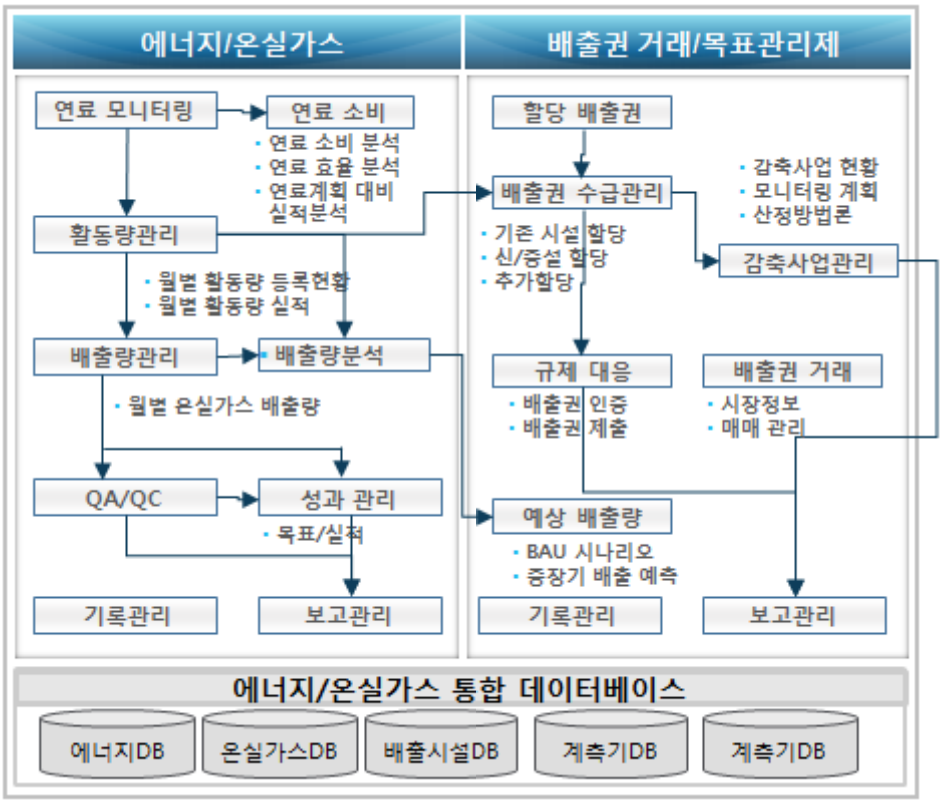


그림 50 항공사 인벤토리 서브 모듈 운용 시나리오

○ 에너지 DB 구축을 통해 배출권 할당에서 인증 및 제출까지의 배출권 거래제 요구 지침을 만족하고, 에너지 관리 및 온실가스 배출량 산정, 감축 사업 등 과련 업무 관리 기능을 구현한다.

○ 이에 대한 주요 기능은 다음과 같다.

- 항공기 운항정보 및 노선별 운항에 따른 연료 사용량 관리 및 이륙-착륙-주기장 이동 연계

- 월별 온실가스 배출현황 및 항공기 노선별/시설별 감축목표 달성 분석

- 항공기 및 배출 시설별 할당 신청부터 배출량 인증/제출까지의 배출권 거래제 요구 지침 대응

- 할당 배출권(기존, 신증설, 추가시설 등) 인증 및 제출 대응을 위한 배출권 수급 관리

- 대내외 여건을 연계한 예상 배출량 산정

4.2 항공 온실가스 배출량 산정

4.2.1 기초 데이터베이스 구축

○ 온실가스 배출량 산정에 필요한 기초 데이터베이스를 구축한다.

- 연도별, 항공기 기종별, 국내·국제 운항, 항공기 기종별 데이터, 항공기 레이더 데이터, 스케줄 데이터, 공항 데이터, 기상데이터 등 관련 기초 데이터베이스를 구축한다.

- 온실가스 배출량 산정에 필수적으로 필요한 항공기 성능 데이터베이스 외에 분석하고자 하는 항공사 스케줄 데이터를 확보하여 사용할 수 있도록 한다.

4.2.2 배출량 산정 알고리즘 적용

○ 항공기/엔진 기종, 경도, 위도, 고도, 시간, 운항절차, 기상, 출/도착지 등 온

실가스에 영향을 주는 운항환경별 배출량 산정 및 추정 Tier3b급 알고리즘을 이용하여 배출량을 산정한다.

○ Input 데이터의 업데이트와 사용자 입력을 통한 배출량 결과물의 신뢰성을 구축한다.

○ 표준데이터와 실 비행 데이터(FOQA)와 비교 검증하여 신뢰성을 유지한다.

○ 단일 비행에 대한 온실가스 배출량 산정을 기본으로 공항별, 항공기별, 연도별 온실가스 배출량 계산하는 Bottom-up 방식이다.

- 가장 중요한 것은 비행단계별 연료 사용량을 가능한 정확하게 계산하는 것이다.

- 단일 비행에서 이 비행단계별 연료 사용량을 구하되, 총 비행궤적 정보가 있다면 이를 통해 비행단계를 나누는 것이 Tier 3b 급이다.

- 공항별, 항공사별, 연도별 온실가스 배출량은 모든 단일 비행의 온실가스 배출량의 합으로써 나타내어진다.

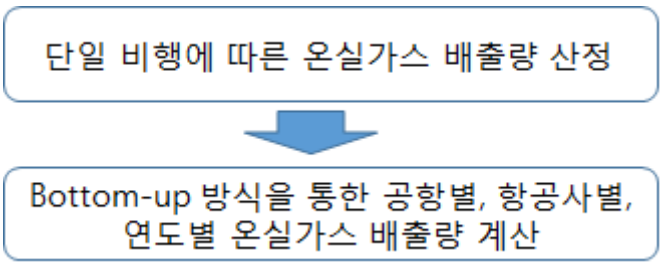


그림 51 온실가스 배출량 산정 방식

○ 단일 비행에 따른 온실가스 배출량 산정을 위한 최소 필요조건

- 단일 비행에 따른 온실가스 배출량 산정을 위해서는 비행조건(출발 공항, 도착 공항, 항공기 종류 등)을 구체적으로 지정해야 한다.

- 또한 지정된 비행조건을 정의할 수 있는 DB(공항 관련, 항공기 특성 등)와, 해당 비행에서 배출될 온실가스를 산정할 수 있는 DB(각 온실가스의 단위 배출량 계수 등)가 존재해야 한다.

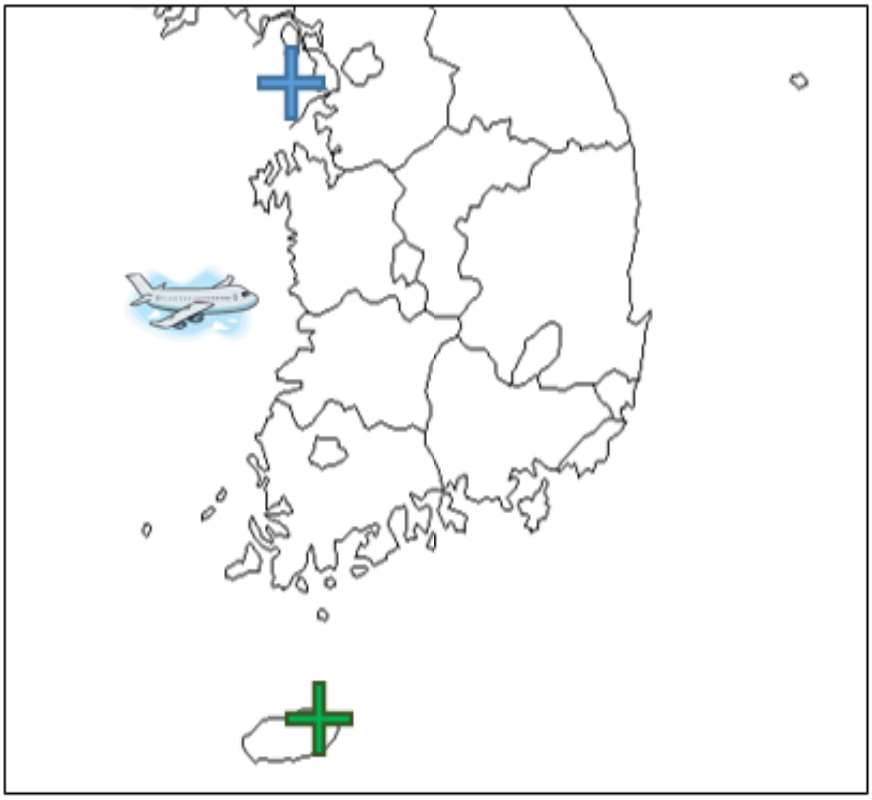


그림 52 김포, 제주 공항의 알고리즘 운용 예

4.2.3 보고서 및 도식화 표현

○ 항공 온실가스 배출량 산정 내역의 기록/조회 및 데이터를 분석하여 다양한 검색 조건에 따라 사용자가 볼 수 있는 보고서 및 그래프로 표현한다.

○ 항적 데이터를 통해 분석된 항공기 항적 정보를 지도에 표시하거나 그래프 형식으로 좌표 값을 표시하여 항적 정보의 분석과 항공기 이동 간 온실가스 배출량을 분석한다.

4.3 항공 온실가스 감축량 예측

4.3.1 항공 온실가스 감축량 예측 모듈 시나리오 구성도

○ 과거부터 미래까지 산정된 온실가스 배출량에 대해 APU, 운항관리, 운항, 정비 및 유지보수, 지상 중량관리의 5개 범주에 대한 감축기술 적용 알고리즘이다.

○ 시나리오는 총 3가지로 구분되며, 정부관점, 정부지원기관관점, 항공사관점 별로 지원하는 시나리오가 다르게 구성될 수 있다.

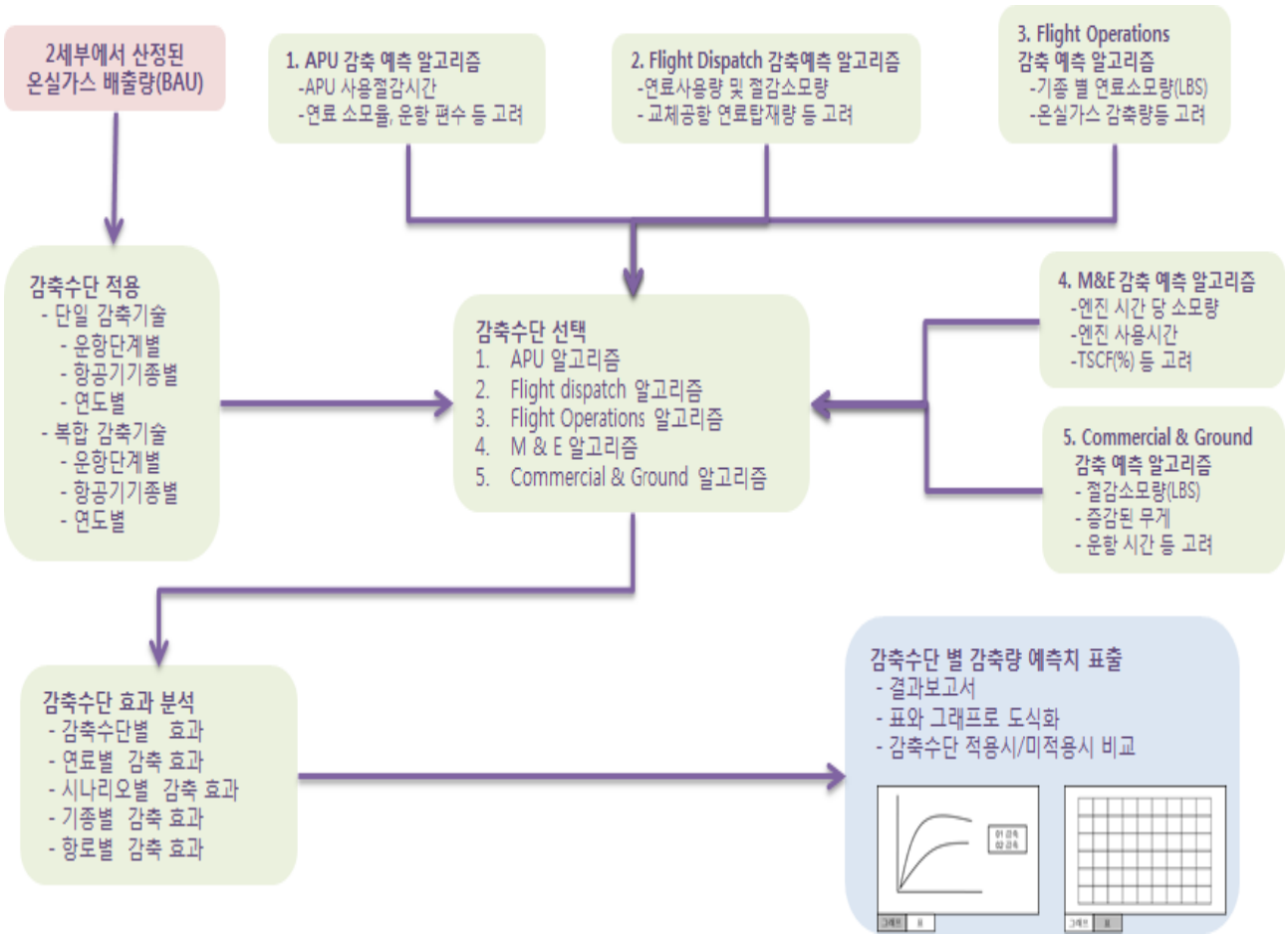
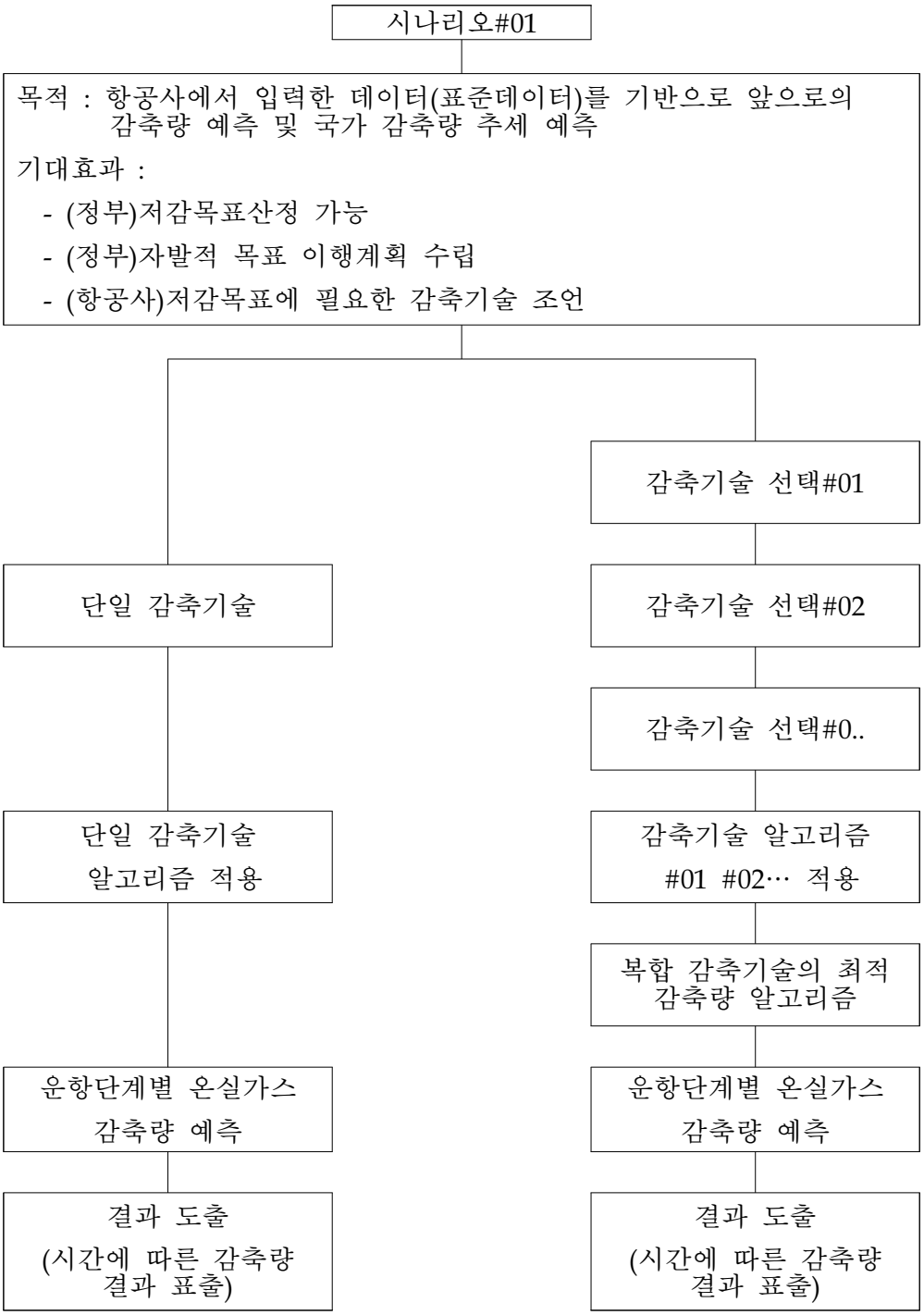


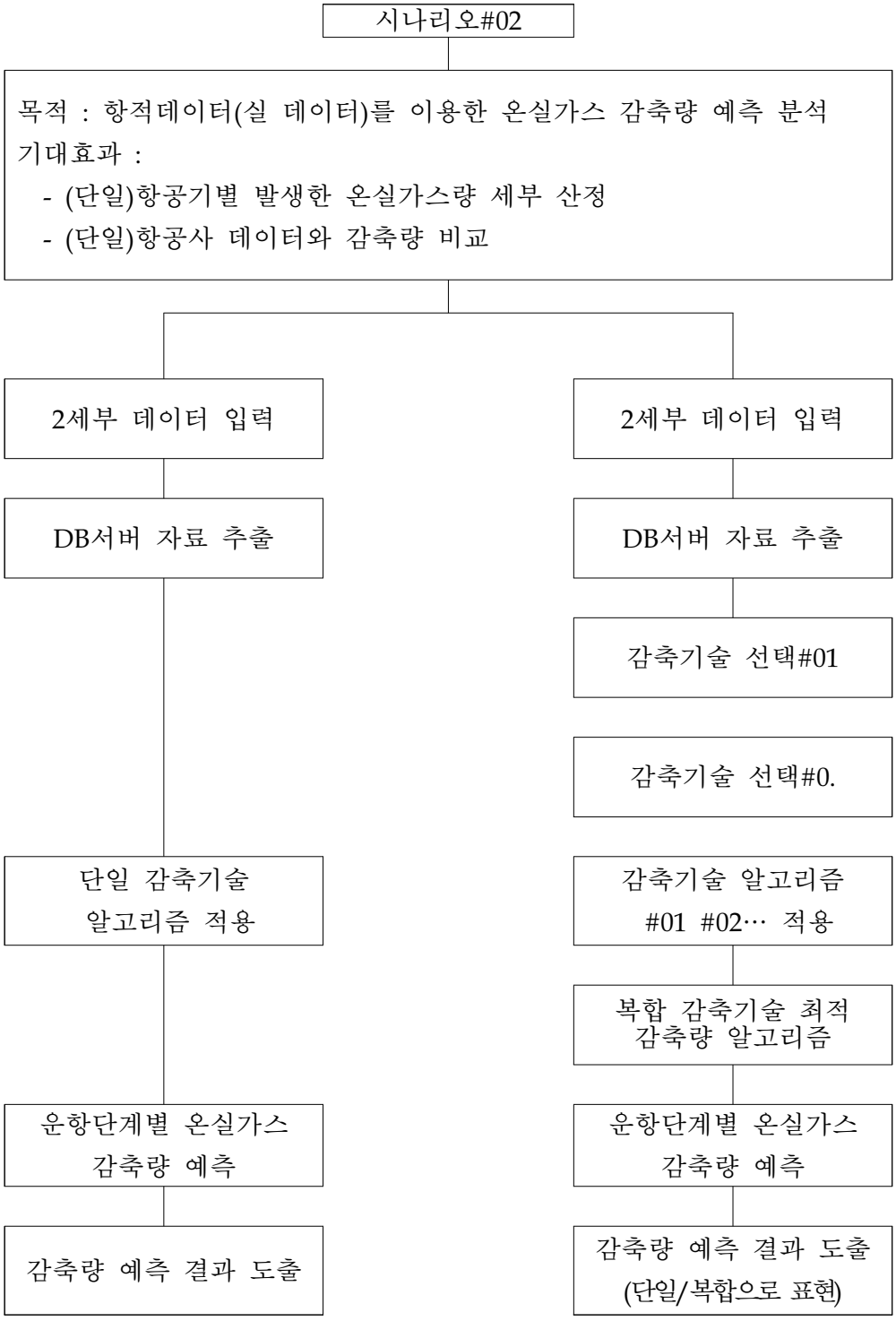
그림 53 시나리오

4.3.2 항공 온실가스 감축량 예측 모듈 적용

○ 시나리오1 : 항공온실가스 감축량 예측



○ 시나리오2 : 항공온실가스 감축량 예측



4.3.3 항공 온실가스 감축량 예측 모듈 개발 운영 흐름도

구분	단계별 내용	세부내용	비고
1	현 수준 데이터 입력	초기 값 선정 1. 2세부 결과 값 및 1세부 기본 데이터 수집 2. 임의 값으로 설정	
2	감축수단 입력	적용되는 감축수단 선정 1. 감축수단 기술적용 2. 감축수단 통합적용 3. 현 수준을 '0%'로 정의	
3	DB 서버시스템 자료 추출	필요 DB 산출 1. 2세부 DB 이용 (공항/항공기/항공로 등) 2. 1세부 DB 이용 (각 항공사에서 입력한 DB 자료 추출)	
4	데이터처리모듈	감축량 데이터 처리 모듈 1. 2세부 모듈 동일하게 사용 2. 온실가스 산정에 필요한 모듈 4가지(BFFM, FOA, 배출계수,파생계수) 3. GIS 모듈 (운항거리 계산)	
5	감축량 예측 알고리즘	감축량 예측 알고리즘 1. 감축기술에 따른 알고리즘 산정 2. 감축기술이 동시에 적용될 경우 알고리즘 3. 단계별 운항이 적용되는 통계 알고리즘	
6	감축량 예측 결과 도출	감축량 예측 결과 도출 1. 결과보고서 2. 그래프, 표로 도식화	

○ 1단계

- 감축수단 별 감축량 예측을 위해서는 2세부 '항공 온실가스 배출량 산정 모듈'의 결과값 및 1세부 '항공 온실가스 데이터플랫폼 모듈'에서 항공온실가스 산정을 위해 계산된 데이터 값을 가지고 와야 한다.

- 따라서 감축량 예측을 필요로 하는 초기 값을 1세부, 2세부에서 데이터를 가지고 와 야함. 또한 1세부, 2세부에 필요 데이터가 없을 경우 임의 값을 작성하여 현 수준의 데이터입력을 통해 데이터를 수집할 수 있도록 한다.

○ 2단계

- 현 수준 데이터 입력을 통해 데이터가 수집되었다면, 감축수단 입력을 통해 적용되는 감축기술을 선정한다.

- 감축기술은 단일선정 및 중복선정이 가능하며 운항구간 별(비행단계별) 선정도 가능하다.

○ 3단계

- 감축수단 분석을 위해 외부에서 작성된 공항 DB, 항공기 DB, 운항 DB, 항로 DB를 가지고 와야 하며 이 DB서버시스템은 온실가스 산정 모듈과 동일한 DB를 사용한다.

○ 4단계

- 온실가스 감축량 예측을 위한 모듈은 항공 온실가스 산정 모듈의 데이터 처리 컴포넌트와 동일해야 한다.

○ 5단계

- 감축량 예측알고리즘은 앞 단계인 DB 서버모듈, 데이터 처리 컴퍼넌트 등을 이용하여 항공온실가스 감축량을 예측한다.

- 사용자가 선정한 감축기술에 따른 저감효과를 산정하고 이는 개별적, 통합적으로 선정이 가능하다.

○ 6단계

- 사용자가 선정한 감축수단을 토대로 감축량 예측결과가 도출되며 이는 결과보고서와 그래프, 표로 도식화된다.

- 결과보고서는 다양한 형식(PDF, DOC, TXT, HWP 등)으로 저장이 되어야 한다.

- 결과보고서 및 감축량 예측 결과를 통해 사용자는 국가이행계획 수립 및 시행이 가능하다.

- 우리나라에 적합한 항공 온실가스 감축계획 수립 및 시행이 가능하다.

4.3.4 감축량 예측 데이터베이스 구축

○ 감축수단 범주별로 저감분석을 위한 감축기술을 선정하고, 저감효과 산출기준에 따라 산출기준을 표준화하고 항공사 보유 실비행 데이터와 비교 검증을 통해 항공기종별 시나리오 분석을 통한 데이터베이스를 구축한다.

4.3.5 감축량 예측 알고리즘 적용

○ 감축수단별, 비행단계별, 항공기종별 온실가스 감축량 예측 알고리즘을 적용하여 감축기술 적용 전/후에 대한 감축량을 산정한다.

○ 감축기술 적용 전/후 결과 비교를 통해 개발 분석하여 단축항로 및 경제 운항절차 연료사용량을 분석한다.

○ Flight Operation, Flight Dispatch, APU, Maintenance&Engineering, Commercial&Ground Operation의 5개 범주에 대한 감축기술 적용을 통한 저감효과를 분석하고, 저감 잠재량을 파악하여 추가 감축이 이뤄질 수 있도록 한다.

4.3.3 감축량 목표 및 전략 제시

○ 감축량 예측을 통한 항공기 운항을 경제적이고 효과적인 운항 체계를 제공한다.

○ 온실가스 저감 정책 수립 시 근거 자료로 성과지표와 목표를 설정하여 계획 수립이 활용한다.

4.4 감축수단별 경제성 분석 및 의사결정 지원

4.4.1 감축수단별 경제성분석 및 의사결정 지원 모듈 시나리오 구성도

○ 시나리오는 총 3가지로 구분되며, 정부 관점, 정부지원기관 관점, 항공사 관점

별로 지원하는 시나리오가 다르게 구성될 수 있다.

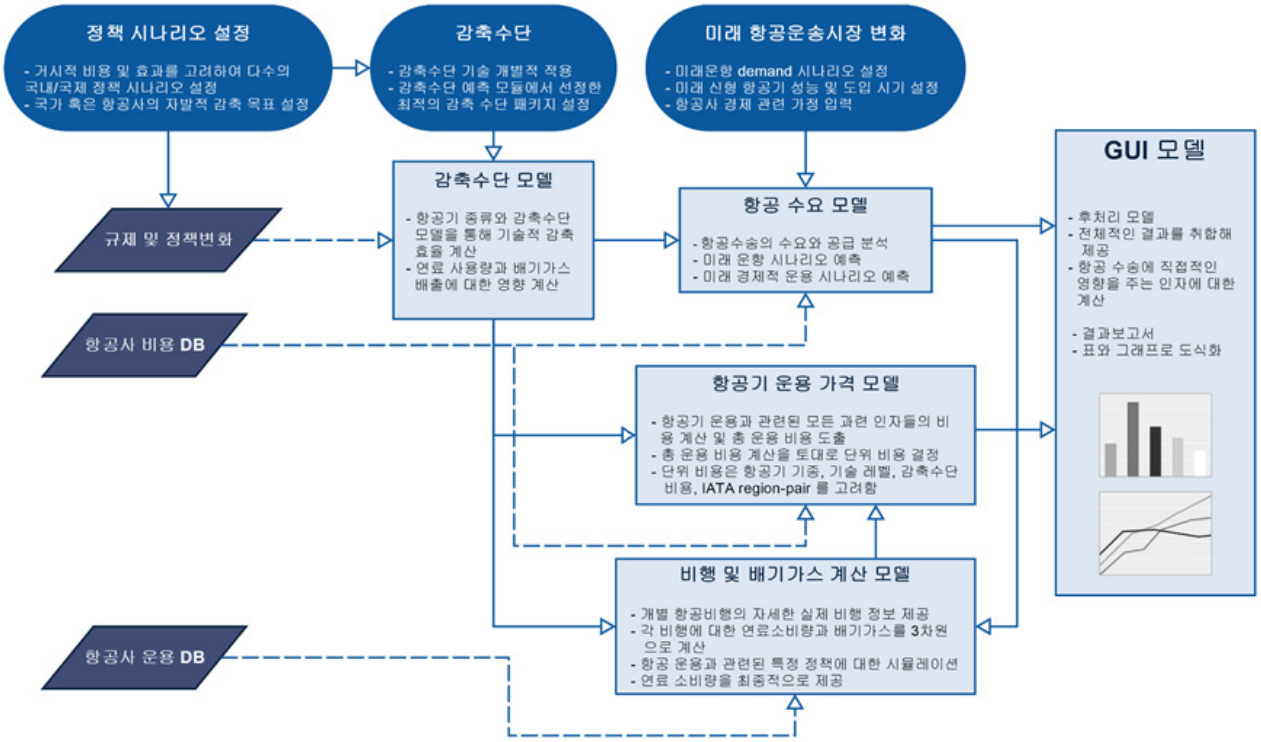


그림 54. 감축수단별 경제성분석 및 의사결정 지원 모듈 흐름도

4.4.1.1 감축수단별 경제성분석 및 의사결정 지원 모듈 시나리오

○ 정부기관/국내 정책 개발용

- 국내 항공 환경 정책 목표 시나리오를 설정 한다.(예: 연간 1% 에너지 효율 목표 달성 혹은 2030년까지 베이스라인(Business as Usual, BAU) 대비 10% 달성)

- 정책범위 및 경제적인 영향을 받는 주체를 설정 한다.(예: 국적 항공사 혹은 국내 취항 외국 항공사)

- 감축수단을 적용하지 않은 현 상태(BAU)에 미치는 영향을 분석 한다.

- 감축 수단별로 항공사 및 기종별/노선별 적용 범위의 사용자 설정 혹은 온실가스 예측 모듈에서 찾아낸 최적의 감축 수단 조합을 입력 한다.

- 미래 운항 수요 증가 모델을 설정 한다.(예: 한-중노선 연간 5% 교통량 증가 등)

- 미래 가상 친환경 항공기 성능을 설정 한다.

- 신형 항공기 도입 및 기존 항공기 퇴역 범위 및 스케줄을 설정 한다.

- 경제 변수 가정을 설정 한다.(예: 항공유 가격, 항공기 구입을 위한 대출 이자율, 항공사의 discount rate, 항공기 퇴역 시 재판매 가격 등)

- 다양한 정책수단 별로 비용 대 효과를 목표 달성에 효과적인 정책 수립의 근거로 사용 한다.

○ 정부기관/국제정책 결정 과정 참여

- 국제민간항공기구(ICAO)에서 개발하고 있는 ICAO CO2 Standard가 국내 항공 산업에 미치는 영향을 분석 한다.

- 국제민간항공기구(ICAO)에서 개발하고 있는 국제 항공시장 기반 체제(Global Market Based Measures, GMBM)가 국내 항공 산업에 미치는 영향을 분석 한다.

- 감축수단을 적용하지 않은 현상태(BAU)에 미치는 영향을 분석 한다.

- 감축 수단별로 항공사 및 기종별/노선별 적용 범위의 사용자 설정 혹은 온실가스 예측 모듈에서 찾아낸 최적의 감축 수단 조합을 입력 한다.

- 미래 운항 수요 증가 모델을 설정 한다.(예: 한-중노선 연간 5% 교통량 증가 등)

- 미래 가상 친환경 항공기 성능을 설정 한다.

- 신형 항공기 도입 및 기존 항공기 퇴역 범위 및 스케줄을 설정 한다.

- 경제 변수 가정을 설정 한다.(예: 항공유 가격, 항공기 구입을 위한 대출 이자율, 항공사의 discount rate, 항공기 퇴역 시 재판매 가격 등)

- 다양한 정책수단 별로 비용 대 효과를 목표 달성에 효과적인 정책 수립의

근거로 사용 한다.

○ 정부지원기관

- 정부기관이나 항공사에서 사용하는 시나리오와 동일한 시나리오를 분석하는 것이 가능하다.

- 항공사나 정부만 보유한 데이터가 있을 수 있으므로 민간에 개방된 데이터를 별도 입력하여 사용할 수 있는 기능이 있다.

- 정부나 항공사에서 설정한 미래 교통량 증가 가정이나, 경제성 가정들과는 다른 가정들을 설정함으로서 개관적인 평가 및 검증 활동을 수행한다.

○ 항공사

- 항공 온실가스 감축수단별 온실가스 배출량 및 비용분석을 통한 감축 계획을 수립 한다.

- 국/내외 정책이 항공사에 미치는 경제성 영향을 분석 한다.

- 신형항공기 도입에 대한 온실가스 감축 및 비용을 분석 한다.

- 항공사 별 자발적 감축 목표를 설정 한다.

- 표준데이터가 아닌 자체 보유 데이터를 입력하여 경제성 분석이 가능 하다

- 분석하고자 하는 정책범위를 설정 한다.(예: 국내 전체 노선, 국제 전체 노선, EU 노선 등)

- 감축수단을 적용하지 않은 현 상태(BAU)에 미치는 영향을 분석 한다.

- 감축 수단별로 기종별/노선별 적용 범위의 사용자 설정 혹은 온실가스 예측 모듈에서 찾아낸 최적의 감축 수단 조합을 입력 한다.

- 미래 운항 수요 증가 모델을 설정 한다.(예: 김포-제주 노선 연간 5% 교통량 증가 등)

- 미래 가상 친환경 항공기 성능을 설정 한다.

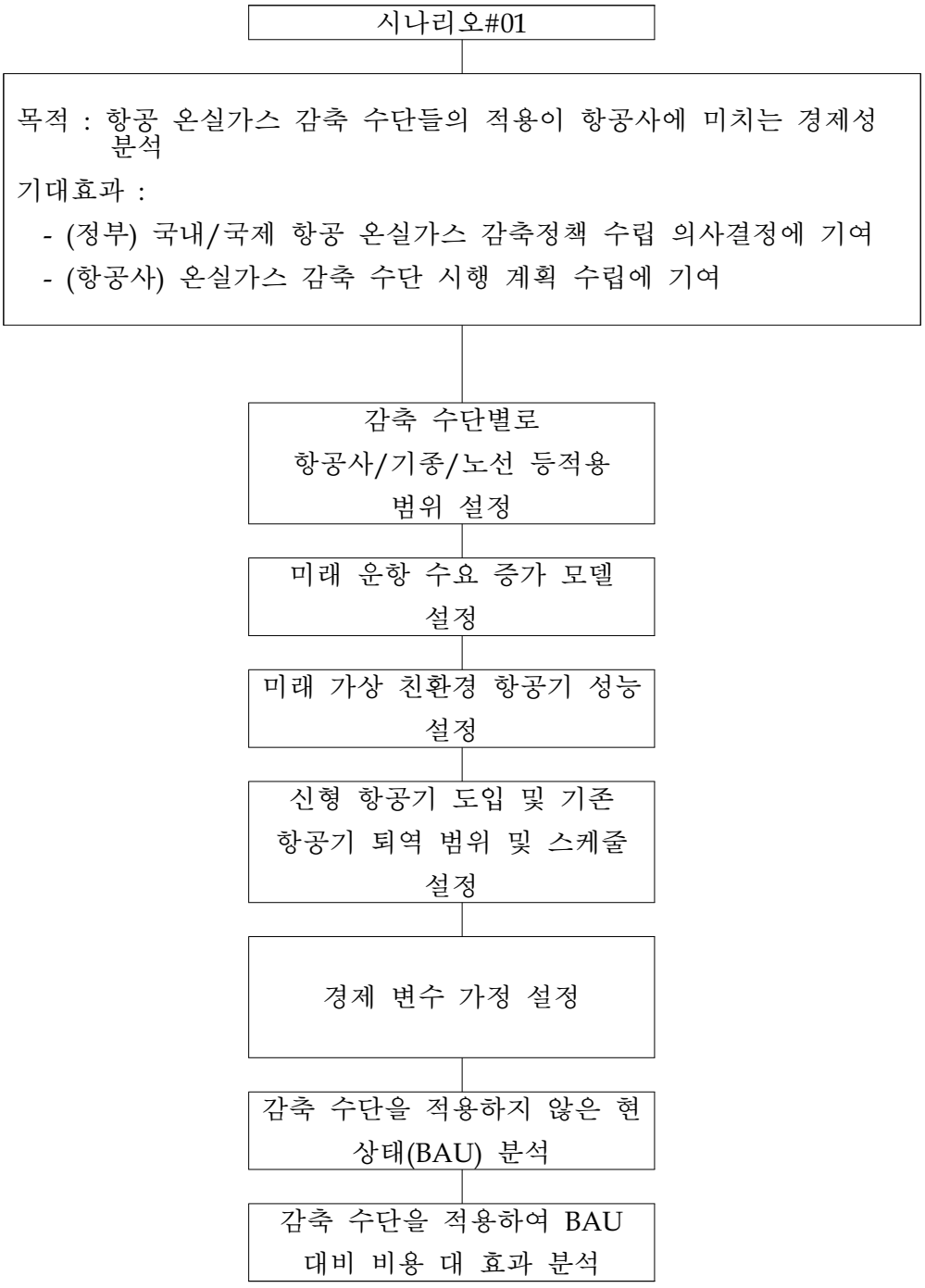
- 신형 항공기 도입 및 기존 항공기 퇴역 범위 및 스케줄을 설정 한다.

- 경제 변수 가정을 설정 한다.(예: 항공유 가격, 항공기 구입을 위한 대출 이자율, 항공사의 discount rate, 항공기 퇴역 시 재판매 가격 등)

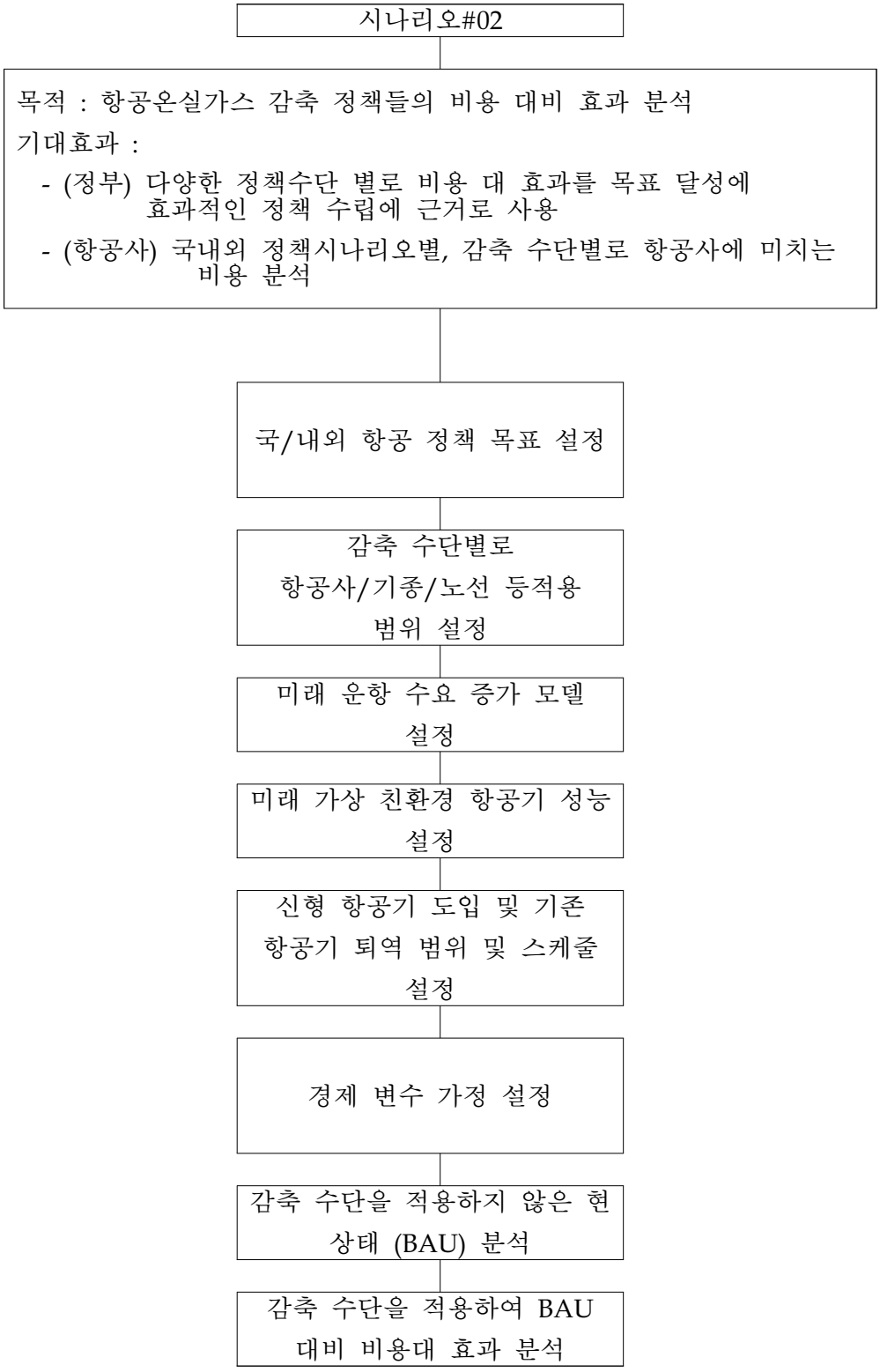
- 정책 시나리오별, 감축 수단별 항공사에 미치는 비용을 분석 한다.

4.4.2 감축수단별 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈 적용

○ 시나리오1 : 감축수단 적용 비용 대비 효과 분석



○ 시나리오2 : 국내/국제 항공환경 정책 비용 대비 효과 분석



4.4.3 감축수단별 경제성 분석 및 의사결정 지원 운영 흐름도

구분	단계별 내용	세부내용	비고
1	정책 시나리오 설정	정책 시나리오 설정 1. 거시적 비용 및 효과를 고려하여 다수의 국내/국제 정책 시나리오 설정 2. 국가 혹은 항공사의 자발적 감축 목표 설정	
2	감축수단 입력	적용되는 감축수단 선정 1. 감축수단 기술 개별적 적용 2. 감축수단 예측 모듈에서 선정한 최적의 감축수단 패키지 설정	
3	미래 경제/운항/기술관련 가정 입력	경제/기술관련 변수 가정 입력 1. 미래운항 demand 시나리오 설정 2. 미래 신형 항공기 성능 및 도입 시기 설정 3. 항공사 경제 관련 가정 입력	
4	DB 서버시스템 자료 추출	필요 DB 산출 1. 2세부과제 DB 이용(공항/항공기/항공로 등) 2. 1세부과제 DB 이용(각 항공사에서 입력한 DB 자료 추출) 3. 3세부 DB 이용(감축 수단별 온실가스 예측 데이터)	
5	데이터처리모듈	감축량 데이터 처리 모듈 1. 1, 2, 3 세부과제에서 불러들인 데이터를 경제성 분석 모듈에서 요구하는 포맷으로 가공하여 저장함 2. 항공사 비용 DB에서 필요한 데이터 읽어 들임 3. 항공사 비용 DB에서 누락된 데이터가 있는 경우, 사용자가 직접 입력	
6	항공사 비용분석 알고리즘	항공사 비용분석 알고리즘 1. 1, 2, 3 단계에서 정의된 분석 범위와 정책 시나리오, 각종 경제적 변수들의 가정과 4, 5 단계에서 처리된 데이터를 바탕으로 항공사들에 미치는 비용 효과를 계산함 2. 항공사들에 미치는 비용은 직접운영비를 계산하며, 잠재적으로 항공사 Cashflow 분석, 신형항공기 시장 점유율 분석, 항공교통 수요 분석 수행	
7	정책 비용 및 효과 도출	정책 비용 및 효과 도출 1. 결과보고서 2. 표와 그래프로 도식화	

○ 1단계

- 국/내외 항공 환경 정책 목표 시나리오를 설정 한다.(예: 연간 1% 에너지 효율 목표 달성 혹은 2030년까지 베이스라인(Business as Usual, BAU) 대비 10% 달성)

- 항공사 별 자발적 감축 목표를 설정한다.

- ICAO 탄소배출권 거래제 시나리오를 설정한다.

○ 2단계

- 경제성 분석을 설정 한다.(예: 항공사, 기종, 노선, 국가 등)

- 감축 수단별로 항공사 및 기종별 적용 범위의 사용자 설정 혹은 온실가스 예측 모듈에서 찾아낸 최적의 감축 수단 조합을 입력한다.

○ 3단계

- 미래 운항 수요 증가 모델을 설정(예: 아시아-북미 노선 연간 5% 교통량 증가 등)한다.

- 미래 가상 친환경 항공기 성능을 설정한다.

- 신형 항공기 도입 및 기존 항공기 퇴역 범위 및 스케줄 설정한다.

- 경제 변수 가정을 설정(예: 항공유 가격, 항공기 구입을 위한 대출 이자율, 항공사의 discount rate, 항공기 퇴역 시 재판매 가격 등)한다.

○ 4단계

- 온실가스 산정 시스템에서 사용하는 공항, 항공기 성능, 미래 운항 스케줄 DB 등과 연동하여 필요한 데이터 추출한다.

- 온실가스 예측 시스템에서 산출되는 감축수단별 온실가스 감축 효과 DB와 연동이 되어 필요한 데이터를 추출한다.

○ 5단계

- 1, 2, 3 세부에서 추출한 데이터를 가공하여 경제성 분석 모듈에서 요구하는 포맷으로 가공하여 저장한다.

- 항공사 비용 DB에서 필요한 데이터 불러온다.

- 항공사 비용 DB에서 누락된 데이터가 있는 경우, 사용자가 직접 입력한다.

○ 6단계

- 1, 2, 3 단계에서 정의된 분석 범위와 정책 시나리오, 각종 경제적 변수들의 가정과 4, 5 단계에서 처리된 데이터를 바탕으로 항공사들에 미치는 비용 효과를 계산한다.

- 항공사들에 미치는 비용은 직접운영비(Direct Operating Cost, DOC)를 계산하며, 잠재적으로 항공사 Cashflow 분석, 신형항공기 시장 점유율 분석(Market Share Analysis), 항공교통 수요분석을 수행한다.

○ 7단계

- 마지막 단계로 국제, 국내, 혹은 항공사별 항공온실가스 감축 정책 효과 및 비용을 분석하는 컴퍼넌트로, 사용자가 정의한 여러 가지 시나리오에 대해서 연간 온실가스 감축량과 비용효과를 분석하여 보여주며, 결과 보고서, 그래프, 표로 도식화 된다.

- 사용자가 지정한 분석 범위 내에서 세부 범위별 감축량의 상대적 기여도를 계산하여 정책 적용 우선순위 판단을 도와준다.

- 전체 분석 기간(예: 2015년부터 2050년) 동안 연간 또 누적된 감축량 및 비용 증감을 보여준다.

- 사용자가 설정한 여러 가지 정책 시나리오별 차이를 보여줌으로써 정책 의사 결정에 기여한다.

5. 목표 시스템 개발에 의한 변경사항(As-Is / To-Be)

5.1 변경사항(As-Is / To-Be)

○ 2009년 12월 건설교통기술평가원에서 R&D로 발주한 교통부문온실가스관리 시스템(Korea Transport Emission Management System, KOTEMS)은 도로, 철도, 항공, 해운 등 각 교통수단별 온실가스 인벤토리 개발하고 통합 관리하는 시스템으로 크게 온실가스 배출량 정보시스템, 온실가스 목표관리 지원시스템, 온실가스 저감효과평가시스템으로 구성되어있다.

○ 그러나 항공부문의 온실가스 관련 정보는 단순 통계에 대한 정보 제공 수준으로 저감효과를 미시적으로 접근하는데 한계가 있으며 또한 '교통부문 온실가스 저감 및 통합관리기술 개발'의 경우 교통부문을 총괄하는 기초연구단계이다.

○ 목표 시스템인 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템은 KOTEMS의 항공부문에 대한 온실가스 관련 기능을 모두 포함하고 있으며, 추가적으로 온실가스 관련 국가 정책 업무를 지원할 수 있는 기능을 포함하고 있다.

○ 또한, KOTEMS에 반영되지 않은 배출량 산정, 감축량 예측 및 경제성분석/의사결정 S/W를 클라이언트/서버 방식으로 개발하여 3b급으로 배출량 산정이 가능하고 감축수단 적용을 통한 감축량 예측 기능을 포함하고 있으며, 국내·외 항공 온실가스 관련 정책/규제 등의 시나리오 및 감축수단 적용을 통한 경제성 분석 및 의사결정을 지원하는 기능이 포함되어있다.

표 10 KOTEMS와 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템간 비교

구분	KOTEMS(As-is)	항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 툴(To-be)
구 동 방식	- 항공부문 온실가스 통계자료 · 클라우드 서버를 통한 웹 기반 뷰어 방식	- 항공부문 온실가스 통계자료 (보고포털) · 클라우드 서버를 통한 웹 기반 홈페이지 방식
	- 배출량 산정, 감축량 예측, 의사결정 · 해당사항 없음.	- 배출량 산정, 감축량 예측, 의사결정 · 클라이언트/서버 방식의 PC 설치 S/W 방식
주 요 기능	- 항공부문 온실가스 통계자료 · 연료사용량 (연료별, 세부사업별) · 에너지 소비량 (연료별, 세부사업별) * 연료사용량과 동일함. · 온실가스 배출량 (연료별, 기종별, 운항목적별, 세부사업별, 국내/국제별, 지역별) * 연료별 온실가스 배출량의 경우 연료사용량 및 에너지 소비량과 동일함. * 지역별 온실가스 배출량 통계 사용되지 않음. · 목표관리제 관련 업무 작성 양식 제공	- 항공부문 온실가스 통계자료 · 연료사용량 (연료별, 세부사업별) · 에너지 소비량 (연료별, 세부사업별) · 온실가스 배출량 (연료별, 기종별, 운항목적별, 세부사업별, 국내/국제별, 지역별) · 목표관리제 보고 관련 서비스 제공 · 항공부문 온실가스 인벤토리 보고서(NIR) 관련 데이터 서비스 제공 · 항공부문 국가이행계획 관련 데이터 서비스 제공 · 항공사 자발적 협약 보고 관련 서비스 제공 · 배출권거래제 보고 관련 서비스 제공 · ICAO 시장기반체제(Market-based Measures, MBMs) 관련 서비스 제공
	- 배출량 산정, 감축량 예측 및 경제성 분석/의사결정 · Tier 1, 2급 항공 온실가스 산정	- 배출량 산정, 감축량 예측 및 경제성 분석/의사결정 · Tier 3b급 항공 온실가스 산정 · 감축수단 적용을 통한 감축량 예측 · 국내·외 항공 온실가스 관련 정책/규제 등의 시나리오 및 감축수단 적용을 통한 경제성 분석 및 의사결정 지원

5.2 변경사항의 당위성

○ 시스템 활용적 측면

- 기존에 개발된 KOTEMS는 항공부문에 대해 연차별 통계치만 제공되므로 사용자인 항공사는 해당 시스템에서 제공되는 데이터를 활용하여 자사의 정책 결정에 활용이 어렵다.

- 항공사에서 개별적으로 관리하고 있는 시스템(자동 또는 수동)과 데이터 연동에 어려움이 있어 기본 데이터 제공자인 항공사의 활용이 부진하다.

○ 국내·외 온실가스 관련 정책 대응 시스템 부재

- KOTEMS는 목표관리제, 항공부문 온실가스 인벤토리 보고서(NIR), 항공부문 국가이행계획, 항공사 자발적 협약, 배출권거래제, ICAO MBMs 등과 같은 국내·외 온실가스 관련 정책 업무를 대응하기 위한 서비스가 제공 되지 않는다. 또한 IPCC Tier2급의 산출 방법을 사용하고 있으며, 감축량 예측의 기능을 가지고 있지 않다.

- 국외는 Aero2K, AEDT, FAST 등의 여러 항공 온실가스 추정 S/W를 활용하고 있으나, 국내는 IPCC Tier 3b급의 온실가스를 산정 및 예측할 수 있는 시스템이 존재 하지 않아 정량적 산정 및 예측이 어려운 실정이다.

○ 국외 S/W 활용의 어려움 및 국내 IPCC Tier3b급 산정 및 예측 S/W 부재

- 항공사는 항공기의 경제적 운항과 항공분야 연료사용량 및 온실가스 배출량 최소화에 기여하고 국내·외 온실가스 배출규제에 효과적으로 대응하기 위해 항공온실가스 산정 및 예측 시스템이 필요하다.

- 목표 시스템인 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템은 감축수단별 경제성 및 의사결정 기능지원, 감축수단별 저감효과분석, 감축/기종/시나리오별 연료감축량을 분석하여 최적의 항공 온실가스 감축수단을 선정할 수 있게 한다.

- Tier 3b급 알고리즘이 탑재된 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템을 구축하여 ICAO 규제에 대한 능동적 대응 기술력을 확보하고, 항공기의 경제적 도입 및 최적화된 운항 정보를 제공하여, 국제 경쟁력을 강화한다.

6. 목표시스템 분석

6.1 장점

○ 국가 항공온실가스 배출정보의 통합 관리체계를 구축 한다.

- 국토교통부에서 시행하는 항공부문 온실가스 통계 조사(연 1회 시행) 및 항공부문 국가 이행계획(매 3년마다 1회 시행)과 환경부의 배출권거래제 및 목표관리제, 항공사 자발적 협약의 대응이 가능하다.

○ 정확한 배출정보 산정에 따라 사용자의 각종 정책 수립, 집행, 효과분석 등의 근거자료로 활용이 가능해진다.

- 항공온실가스 배출량 예측의 근거자료로 정부 관리주체인 국토교통부 담당자들이 성과지표와 목표를 설정하여 계획을 수립하는데 활용할 수 있다.

- 배출시설 관리 및 감축목표, 이행계획 관리와 배출량 산정 및 분석을 통해 목표관리제 및 배출권 거래제 등의 온실가스 규제 대응을 위한 근거자료로 활용 가능하다.

○ 항공기 운항을 경제적이고 효과적인 운항체계 도출이 가능해진다.

○ 감축기술에 따른 감축량 예측 알고리즘은 각종 정책의 수립, 집행, 효과분석 등의 근거로 활용이 가능해진다.

- 항공온실가스 저감정책 수립 시 근거자료로서 정부 관리주체인 국토교통부 담당자들이 성과지표와 목표를 설정하여 계획 수립 활용이 가능해진다.

○ 경제성분석 및 의사결정지원 모듈을 통해 항공기 도입 시 경로당 연료 절약 및 이에 따른 환경 부가세 절약 결과 도출이 가능해진다.

○ 경제성분석 및 의사결정지원 모듈을 통해 활주로 확장 및 신공항 건설 시 요구되는 정량적인 환경적 영향 분석 및 의사결정 지원이 가능해진다.

6.2 단점 및 제한사항

○ 항공사별 온실가스 관리를 위한 데이터의 정보 수집 체계가 상이하며, 보유하고 있는 연료 사용량, 여객수송실적, 화물수송실적 등의 활동자료의 연간/월간 데이터 수집 기간이 달라 데이터 관리 체계의 통일 및 과거 온실가스 통계 데이터 구축에 어려움이 발생할 수 있다.

○ 보급포털의 경우 웹 기반으로 포털을 구축하여 모듈이 실행되는 동안은 외부 인터넷이 연결되어 있어야 한다.

○ 기준정보 서브 모듈 및 항공통계 서브 모듈은 각종 외부데이터에서 필요한 정보를 불러오는 방식이므로 외부 데이터의 최신 업데이트 자료 구득의 선행이 필요하다.

○ 지속적인 유지보수 비용이 발생되어야 한다.

- 신 기종별 항공기 개발에 따른 항공기 성능 제원이 필요하다.

- 온실가스를 감축할 수 있는 신기술이 개발되면 이에 따른 적용 알고리즘도 개발되어야 한다.

○ 항공 온실가스 감축량 예측시스템은 외부 DB에서 필요한 자료를 불러오는 방식이므로 모듈을 실행하는 동안은 외부 인터넷이 연결되어 있어야한다.

○ 사용자가 감축량 예측을 정확히 하기 위해서는 실 데이터가 존재하여야 하며, 실 데이터가 없을 시 DB에서 제공되는 표준 데이터 값을 이용하게 되고 이는 오차범위가 발생할 수 있다.

○ 항공사가 감축량을 예측하기 위해서는 지속적인 감축량이 산정되어야 하며, 산정된 결과 값은 1세부 DB 에 포함되어 있어야한다.

- 1세부 DB에 포함되어 있지 않으면 항공사는 산정이 가능한 모집단을 구성될 때까지 직접 입력을 해야 한다.

7. 약어표

약 어	영 문	한 글
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	유엔 산하 정부 간 기후변화패널
ICAO	International Civil Aviation Organization	국제민간항공기구
CAEP	Committee on Aviation Environmental Protection	항공환경보호위원회
OEM	Original Equipment Manufacturing	주문자 상표 부착품
KOTEMS	Korea Transport Emission Management System	교통부문 온실가스 관리시스템
NARMI	National Aviation Resource Management Information	항공안전종합정보시스템
SAGE	System for assessing Aviation's Global Emissions	
MBMs	Market-based Measures	시장기반체제
NIR	National Inventory Report	국가인벤토리 보고서
UI	User Interface	사용자 인터페이스
AEM	Advanced Emission Model	
VOC	Volatile Organic Compounds	휘발성 유기화합물
TOG	Total Organic Gases	총 유기 가스
FAST	Future Aviation Scenario Tool	
GCM	General Circulation Model	
CTMs	Chemical Transport Models	
INM	Integrated Noise Model	
NPD	Noise-Power-Distance	
AEDT	Aviation Environment Design Tool	
FAA	Federal Aviation Administration	미국 연방항공청
ATM	Air Traffic Management	항공교통관리
DB	Data Base	데이터베이스
IDEF	Integration Definition for Function Modeling	
ISA	International Standard Atmosphere	
BADA	Base of Aircraft Data	
BFFM2	The Boeing Fuel Flow Method 2	
FOA	A First Order Approximation	

약 어	영 문	한 글
PM	Particulate matter	부유성 고형물
NMHC	Non-Methane Hydrocarbons	비메탄계 탄화수소
OG	Speciated Organic Gases	
GWP	Global Warming Potential	지구온난화지수

[PART 1] 항공온실가스 산정 및 예측시스템 총괄 개발문서

시스템요구사항명세서
(System/Subsystem Requirement Specification)

항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발

문서ID : SSRS_체계종합_KOTI

Version : 1.0

AUTHORIZATION

한국교통연구원 Approval:

본 문서에 대한 서명은 한국교통연구원 내부에서 본 문서에 대하여 수행 및 유지관리의 책임이 있음을 인정하는 것임.

승인자 :	한재현	(인)	**일자 :**	2015.05.30

검토자 :	보 고 포 털 : 박진서 산 정 분 야 : 박보미, 임재진 감축량 분야 : 조현수. 정수진, 김상현 경제성 분야 : 김준혁, 서영성 상용툴 분야 : 이태옥	(인)	**일자 :**	2015.05.27

작성자 :	황유철, 이상정	(인)	**일자 :**	2015.04.10

제 · 개정이력

버전	제/개정	제/개정자	개정 사유 및 내역	날짜
0.1	제 정	황유철	최초 제정	2015.02.25
0.2	개 정	이상정	요구사항 세분화 분류	2015.04.10
0.3	개 정	정수진	TTA 결함 반영 및 SRR 의견 반영	2015.05.20
1.0	개 정	조현수	수정보완	2015.05.27

목 차

1. 개요 ····· 1
1.1 시스템 개요 ····· 1
1.1.1 시스템 구성 ····· 1
1.1.2 시스템 분해도 ····· 2
1.2 시스템 분해도 ····· 2

2. 요구사항 ····· 3
2.1 요구사항 총괄표 ····· 4
2.2 요구사항 목록 ····· 5
2.3 상세 요구사항 ····· 7
2.3.1 시스템 요구사항(System Requirements) ····· 7
2.3.2 기능 요구사항(Functional Requirements) ····· 8
2.3.3 성능 요구사항(Performance Requirements) ····· 28
2.3.4 보안 요구사항(Security Requirements) ····· 31
2.3.5 품질 요구사항(Quality Requirements) ····· 34
2.3.6 인터페이스 요구사항(Interface Requirements) ····· 36
2.3.7 데이터 요구사항(Data Requirements) ····· 36
2.3.8 프로젝트관리 요구사항(Project Management Requirements) ····· 39
2.3.9 제약사항(Constraints) ····· 41
2.3.10 프로젝트 지원 요구사항(Project Support Requirements) ····· 44
2.3.11 시험 요구사항(Test Requirements) ····· 45

3. 요구사항 변경 요약표 ····· 39

4. <첨부 1> 사용자 요구사항 도출 자료 ····· 48
5. <첨부 2> 사용자 요구사항 정의서 ····· 67

1. 개요

1.1 시스템 개요

○ 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템은 항공로 및 공항 지역내 온실가스 배출량 산정 및 감축수단 적용을 통한 온실가스 감축량에 대한 예측이 가능한 시스템이다. 또한 감축수단별 경제성 분석 및 의사결정 지원이 가능하다. 본 시스템 중 웹기반의 항공 온실가스 보고 포털 모듈은 국가 항공 온실가스에 대한 배출정보 표준 데이터 플랫폼으로서 국내항공사의 국내·외 온실가스 규제 대응을 할 수 있는 통합 관리 기능을 포함하고 있다.

1.1.1 시스템 구성

○ 본 시스템은 '항공 온실가스 보고 포털 서브시스템'과 '항공 온실가스 산정 및 예측 서브시스템'의 2개 서브시스템으로 구성된다.

○ '항공 온실가스 보고 포털 서브시스템'은 국가 항공 온실가스에 대한 배출정보 표준 데이터 플랫폼으로서 국내항공사의 국내·외 온실가스 규제 대응을 할 수 있는 통합 관리가 가능한 모듈이 서브시스템으로 구현된다.

○ '항공 온실가스 산정 및 예측 서브시스템'은 '항공 온실가스 산정', '항공 온실가스 감축량 예측' '경제성 분석 및 의사결정 지원' 그리고 '항공 온실가스 산정 지원 데이터 플랫폼'의 4개 모듈로 구성되어 있다.

- 항공 온실가스 산정 모듈은 Intergovernmental Panel on Climate Change (유엔 산하 정부 간 기후변화패널, IPCC) Tier 3b급의 항공온실가스 산정이 가능한 모듈로서 과거의 온실가스 관련 데이터를 통한 산정 및 미래 항공 수요 또는 항공기 등 미래 항공 온실가스 배출 관련 데이터를 입력하여 미래 항공 온실가스 배출량 산정이 가능한 모듈이다.

  • 본 모듈은 항공기/엔진 기종, 경도, 위도, 고도, 시간, 날씨 등 여러 항공

자료를 고려하여 연료 사용량 및 온실 가스 배출량 산정이 가능하다.

- Tier 3b 온실가스 배출량 산정 알고리즘으로 배출량을 산정하기 위해서는 비행 스케줄 자료(출/도착지, 사용된 비행기 기종 등)와 이를 검증할 일정량의 데이터 자료(시간, 궤도, 속도 등)가 요구된다.

- 항공 온실가스 감축량 예측 모듈은 항공온실가스 산정 모듈에 감축수단을 적용하여 항공 온실가스 산정 모듈에서 산정한 미래 온실가스 예측치 대비 감축수단별 감축량 효과를 비교할 수 있는 모듈이다.

  - 본 모듈은 항공안전 및 온실가스 감축의 두 부분 모두가 충족될 수 있도록 절차상 안전을 기본으로 한 항공기 온실가스 감축량 및 저감잠재량을 분석할 수 있는 모듈이다.
  - 총 5개의 범주 (Flight Operation, Flight Dispatch, APU, Maintenance&Engineering, Commercial&Ground Operation) 내 40여 가지의 감축기술에 대한 저감효과를 분석하고 저감 잠재량을 파악하여 추가 감축이 이뤄질 수 있도록 한다.

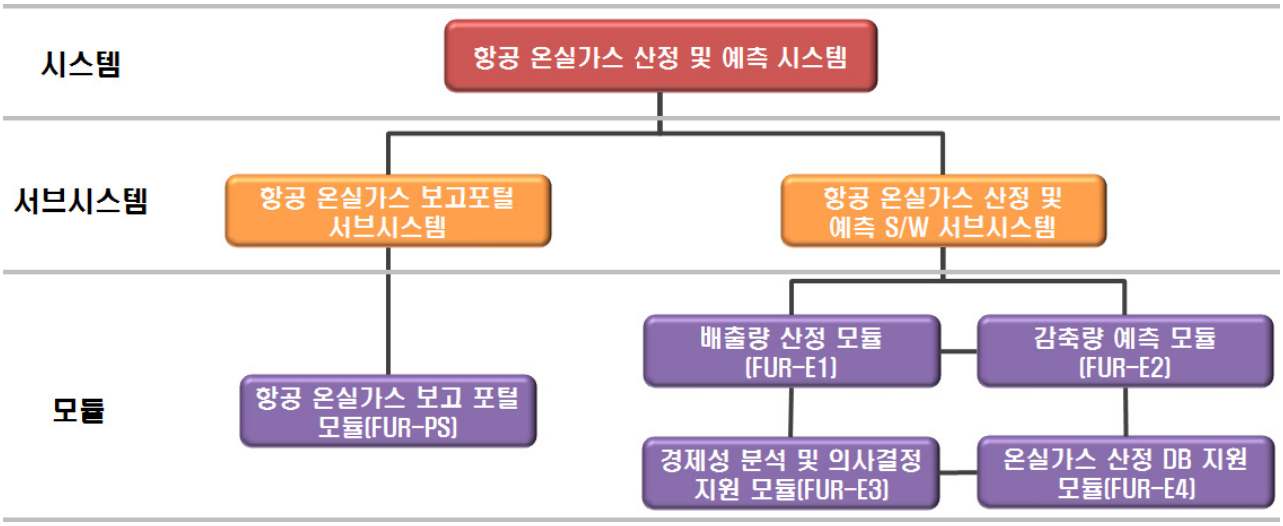
- 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈은 각종 시나리오(국내·외 환경 관련 정책 시나리오, 미래 항공수요 및 신형 항공기 도입 시나리오, 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization, ICAO) 항공기 인증규제 시나리오)와 각종 DB(항공기 성능, 항공사 운항 스케쥴, 항공사 비용)을 통한 항공기종별 비용 및 효과를 이용해 비용편익분석을 하여 Fleet Level 정책효과를 분석하며, 이에 감축수단별 효과를 적용하여 감축수단별 정책효과 변화 및 비용/온실가스 감소에 대한 분석을 통하여 정부 또는 항공사의 정책 수립에 대한 의사결정을 돕는 모듈이다.

- 항공 온실가스 산정 지원 데이터 플랫폼은 항공 온실가스 산정, 감축량 예측, 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈을 지원하는 항로, 운항, 기종, GIS, 온실가스 등의 정보를 포함하고 있는 데이터 플랫폼이다.

1.1.2 시스템 분해도

○ 아래 그림은 「항공 온실가스 산정 및 예측 시스템에 대해 서브시스템별 구성 모듈 단위로 구성한 분해도이다.

○ 본 시스템요구사항명세서는 사용자 요구사항 분석을 통해 각 모듈에 대한 시스템 요구사항을 각각 정리하였으며, 항공 온실가스 보고포털 서브시스템의 요구사항은 FUR-PS로 명시하였으며, 항공 온실가스 산정 및 예측 서브시스템의 요구사항은 FUR-E1~4로 구분하여 명시하였다.



1.2 문서 개요

○ 본 시스템 요구사항 명세서는 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템에서 일반적 기능 요구사항을 제외한 시스템 요구사항을 기술한 문서다.

○ 본 문서는 KOTI 주관 하에 수집된 첨부 1. 사용자 요구사항 도출자료, 첨부 2. 사용자 요구사항 정의서에 의거하여 작성되었다.

2 요구사항

2.1 요구사항 총괄표

분류기준	세부 내용	요구사항 수
시스템 요구사항 (SYR, System Requirement)	- 목표시스템의 구성을 위해 필요한 HW, SW, NW 등 장비 내역 및 필수 요구사항(기능요건), 구성요건에 대해 기술함	3
기능 요구사항 (FUR, Function Requirement)	- 목표시스템이 반드시 수행하여야 하거나 목표시스템을 이용하여 사용자가 반드시 수행할 수 있어야하는 기능(동작)에 대하여 기술함 - 단, 개별 기능요구사항은 전체시스템의 계층적 구조분석을 통해 단위 업무별 기능구조를 도출한 후, 이에 대한 세부기능별 상세 요구사항을 작성하는 것을 원칙으로 하며, 기능 수행을 위한 데이터 요구사항과 연계를 고려하여 기술함	17
성능 요구사항 (PER, Performance Requirement)	- 목표 시스템의 처리속도 및 시간, 처리량, 동적·정적용량, 가용성 등 성능에 대한 요구사항을 기술함	8
보안 요구사항 (SER, Security Requirement)	- 정보 자산의 기밀성과 무결성을 확보하기 위해 목표 시스템의 데이터 및 기능, 운영 접근을 통제하기 위한 요구사항을 기술함	5
품질 요구사항 (QUR, Quality Requirement)	- 목표 과제의 원활한 수행 및 운영을 위해 관리가 필요한 품질 항목, 품질 평가 대상 및 목표에 대한 요구사항을 기술함 - 신뢰성, 사용성, 유지관리성, 이식성, 보안성으로 구분하여 기술함	5
인터페이스 요구사항 (SIR, System Interface Requirement)	- 목표시스템과 외부를 연결하는 시스템 인터페이스와 사용자 인터페이스에 대한 요구사항을 기술한 것으로 타 소프트웨어, 하드웨어 및 통신 인터페이스, 타 시스템들과의 정보교환에 이용되는 프로토콜과의 연계도 포함하여 기술함 - 단, 인터페이스 요구사항의 경우 사용자 편의성, 사용자 경험 등의 사용자 중심의 요구사항을 기술함	2
데이터 요구사항 (DAR, Data Requirement)	- 목표 시스템의 서비스에 필요한 초기자료 구축 및 데이터 변환을 위한 대상, 방법, 보안이 필요한 데이터 등 데이터를 구축하기 위해 필요한 요구사항을 기술함	3
프로젝트 관리 요구사항 (PMR, Project Management Requirement)	- 과제의 원활한 수행을 위한 관리 방법 및 추진 단계별 수행방안에 대한 요구사항을 기술함	4
제약사항 (COR, Constraints)	- 목표시스템 설계, 구축, 운영과 관련하여 사전에 파악된 기술·표준·업무·법제도 등 제약조건 등을 파악하여 기술함	6
프로젝트 지원 요구사항 (PSR, Project Support Requirement)	- 과제의 원활한 수행을 위해 필요한 지원 사항 및 방안에 대한 요구사항을 기술함 - 시스템/서비스 안정화 및 운영, 교육훈련 및 기술지원, 하자보수 또는 유지관리 요구사항 등을 기술함	3
테스트 요구사항 (TER, Test Requirement)	- 도입되는 장비의 성능 테스트(BMT) 또는 구축된 시스템이 목표 대비 제대로 운영되는가를 테스트하고, 점검하기 위한 테스트 요구사항을 기술함	1
계		44

2.2 요구사항 목록

구분	번호	요구사항 명		비고
시스템 요구사항	SYS-001	클라이언트 개발 장비구성		
	SYS-002	클라이언트 프로그램 S/W 환경		
	SYS-003	S/W 개발 요구사항		
기능 요구사항	FUR-CM-001	항공온실가스 산정 및 예측 시스템 공통	보고서	
	FUR-CM-002		그래프	
	FUR-CM-003		GIS 맵 기능	
	FUR-PS-001	항공온실가스 보고포털	데이터 호환	
	FUR-PS-002		보고포털 업무	
	FUR-PS-003		사용자 기능	
	FUR-PS-004		네트워크 정보보호	
	FUR-PS-005		항공부문 통계관리	
	FUR-PS-006		배출량 산정 관리	
	FUR-E1-001	항공온실가스 배출량 산정	배출량 산정 업무	
	FUR-E2-001	항공온실가스 감축량 예측	감축량 예측 업무	
	FUR-E2-002		감축수단에 기준 제시	
	FUR-E2-003		감축수단 적용시 산정	
	FUR-E3-001	경제성 분석 및 의사결정	의사결정 제시	
	FUR-E3-002		의사결정 업무	
	FUR-E3-003		미래 항공 교통 산정	
	FUR-E4-001	온실가스 산정 DB	표준데이터 이용	
성능 요구사항	PER-001	느린 작업에 대한 진행 표시		
	PER-002	Windows 플랫폼 지원		
	PER-003	SQL 튜닝		
	PER-004	질의응답 시간		
	PER-005	웹페이지 디스플레이 시간		
	PER-006	데이터 형식 오류 시간		
	PER-007	메모리(디스크) 자원 효율성		
	PER-008	CPU 효율성		
보안 요구사항	SER-001	데이터 암복호화		
	SER-002	보안 취약성 점검 및 조치		
	SER-003	시스템 권한관리		
	SER-004	응용 및 DB보안		
	SER-005	항공보고포털 응용시스템 보안 요건		
품질 요구사항	QUR-001	기능 구현 정확성		
	QUR-002	사용성		
	QUR-003	구분성		
	QUR-004	설치 및 제거 용이성		
	QUR-005	정보 제공		
인터페이스 요구사항	SIR-001	사용자 인터페이스		
	SIR-002	외부 시스템 연계 인터페이스		

데이터 요구사항	DAR-001	데이터 표준화	
	DAR-002	데이터 구축	
	DAR-003	관련 데이터	
프로젝트 관리 요구사항	PMR-001	일정관리	
	PMR-002	산출물 관리	
	PMR-003	프로젝트 참여인력 관리	
	PMR-004	매뉴얼	
제약 사항	COR-001	개발 제약 사항	
	COR-002	형상관리	
	COR-003	개발언어	
	COR-004	데이터베이스 관리시스템(DBMS)	
	COR-005	저작권 준수	
	COR-006	전자정부 표준프레임워크 준수	
프로젝트 지원 요구사항	PSR-001	과제 수행 일반	
	PSR-002	교육지원	
	PSR-003	기타 프로젝트 지원 요구사항	
테스트 요구사항	TER-001	테스트	

2.3 상세 요구사항

2.3.1 시스템 요구사항(System Requirements)

<table>
<tr><td colspan="2">요구사항 분류</td><td>시스템 요구사항</td></tr>
<tr><td colspan="2">요구사항 고유번호</td><td>SYS-001</td></tr>
<tr><td colspan="2">요구사항 명칭</td><td>클라이언트 개발 장비구성</td></tr>
<tr><td rowspan="2">요구사항 상세 설명</td><td>정의</td><td>장비구성 필요요건</td></tr>
<tr><td>세부 내용</td><td>1) 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템을 개발하기 위한 장비를 준비한다.
2) 구성장비의 기능 및 용도를 명확히 하여 제시한다.
3) 과제의 원활한 수행을 위하여 대상 장비의 변경이 필요한 경우 변경 가능하며, 이 경우 변경사유와 장·단점을 반드시 명시한다.
4) 개발에 필요한 S/W 제품의 세부 구성요소별 기능과 구성내역을 제시한다.
5) 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 구축 및 운영에 있어 문제가 없어야 한다.
6) 효율성과 안정성을 겸비한 클라이언트 장비를 구성한다.
<table>
<tr><td></td><td colspan="2">클라이언트 PC 사양</td></tr>
<tr><td></td><td>최소 사양</td><td>권장 사양</td></tr>
<tr><td>Processor</td><td>Dual-core 1.6GHz FSB and 512KB L2 Cache</td><td>4-core 1GHz FSB and 2MB L2 Cache</td></tr>
<tr><td>RAM</td><td>4 GB Memory for 32-bit operating systems</td><td>8 GB Memory for 64-bit operating systems</td></tr>
<tr><td>Hard-disk Space</td><td>500 GB Storage</td><td>1 TB Storage</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td colspan="2">산출물 정보</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">관련 요구사항</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">출처</td><td>'15.02.03 연구진 업무회의, '15.04.08 요구사항 보완 회의</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">요구사항 분류</td><td>시스템 요구사항</td></tr>
<tr><td colspan="2">요구사항 고유번호</td><td>SYS-002</td></tr>
<tr><td colspan="2">요구사항 명칭</td><td>클라이언트 프로그램 S/W 환경</td></tr>
<tr><td rowspan="2">요구사항 상세 설명</td><td>정의</td><td>S/W 필요요건</td></tr>
<tr><td>세부 내용</td><td>1) 운영체제는 Windows 7 이상으로 구동되어야 한다.
2) 데이터베이스 처리를 위한 DBMS가 설치되어야 한다.</td></tr>
<tr><td colspan="2">산출물 정보</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">관련 요구사항</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">출처</td><td>'15.02.03 연구진 업무회의, '15.04.08 요구사항 보완 회의</td></tr>
</table>

요구사항 분류		시스템 요구사항
요구사항 고유번호		SYS-003
요구사항 명칭		S/W 개발 요구사항
요구사항 상세 설명	정의	S/W 개발
	세부 내용	1) 소스코드 수정개발이 용이하도록 소스코드는 주요 기능별로 모듈화 한다. 2) 소스코드 이해에 필요한 충분한 주석이 있어야 한다. 3) 프로그램 변경이 요구될 수 있는 각종 파라미터는 향후 유지보수가 용이하도록 정의된 값을 사용하여 유지보수의 용이성을 확보한다. 4) 운영관련 사용자 에러 메시지와 안내 메시지는 사용자 위주의 문구로 문법, 용어, 약어 및 시각 형태에 있어 일관성을 유지한다. 5) 안내 메시지를 구분 관리 및 향후 확장을 수용할 수 있는 체계로 한다.
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.01.20 KCT 업무회의, '15.02.13 연구진 업무회의

2.3.2 기능 요구사항(Functional Requirements)

요구사항 분류		기능 요구사항
요구사항 고유번호		FUR-CM-001
요구사항 명칭		항공온실가스 산정 및 예측 시스템 공통
요구 사항 상세 설명	정의	보고서: 항공온실가스 산정 및 예측 시스템 보고서 제공
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.03.23 사용자 요구사항 서면 검토

<FUR-CM-001 세부내용>

○ FUR-CM-001.01 양식에 맞는 보고서로 출력한다.

- 국가 온실가스 관련 보고 제도에 따른 보고서 출력을 지원한다.

  - 목표관리제 보고 관련 서비스 제공
  - 항공부문 온실가스 인벤토리 보고서(NIR) 관련 데이터 서비스 제공
  - 항공부문 국가이행계획 관련 데이터 서비스 제공
  - 항공사 자발적 협약 보고 관련 서비스 제공
  - 배출권거래제 보고 관련 서비스 제공

- ICAO 시장기반체제(Market-based Measures, MBMs) 관련 서비스 제공

- 항공온실가스 산정 및 예측 결과에 대한 검증 Report가 보고서 양식에 맞게 출력되어야 한다.

○ FUR-CM-001.02 결과보고서에 범위를 지정한다.

- 결과보고서에는 날짜, 항로구간, 고도, 항공기 운항중량, 속도에 따른 범위 지정에 따른 Reporting이 되어야한다.

○ FUR-CM-001.03 결과보고서에 단위를 표시한다.

- 결과보고서에 표시되는 산정 및 감축량의 단위는 "kg, %, tons, second, min, hour, kg/hr, t/hr, kg/yr, $, 원화" 등 각 결과보고서별 필요 단위에 따라 표시되어야 한다.

- 단위 환산시 국제 표준 근거에 따른 환산이 되어야 한다.

○ FUR-CM-001.04 감축수단별 보고서를 제공한다.

- 결과보고서는 사용자가 선택한 감축수단에 대해 개별적으로 제공되어야 한다.

○ FUR-CM-001.05 항공사 보고서 양식을 제공한다.

- 항공사의 감축결과 보고서 양식을 제공하여 보고 시 간단명료하게 입력이 가능해야 한다.

○ FUR-CM-001.06 결과보고서의 결과 값 나열 방식을 선택한다.

- 결과보고서에 표시되는 감축수단 적용 결과 나열방식은 가장 큰 값부터 또는 가장 작은 값부터 나열할 수 있도록 선택할 수 있어야 한다.

○ FUR-CM-001.07 보고서의 그래프를 선택한다.

- 결과보고서에 사용자가 그래프의 형식을 선택해서 표출해야한다.

○ FUR-CM-001.08 다양한 형식의 보고서로 저장한다.

- 입력 및 분석된 결과 보고서 및 관련 데이터는 사용자 설정에 따라 PDF, DOC, TXT, Excel로 저장한다.

○ FUR-CM-001.09 보고서에 다양한 종류의 데이터를 포함한다.

- 항공사 결과보고서는 "항공기 운항수(연간/월간), 감축수단(적용/미적용), 감축량(t), 감축률(%), 비용($/원화)" 가 포함되어야 한다.

요구사항 분류		기능 요구사항
요구사항 고유번호		FUR-CM-002
요구사항 명칭		항공온실가스 산정 및 예측 시스템 공통
요구 사항 상세 설명	정의	그래프: 항공온실가스 산정 및 감축량 예측 결과에 대한 그래프 기능 제공
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		

<FUR-CM-002 세부내용>

○ FUR-CM-002.01 다양한 종류의 그래프를 제공한다.

- 그래프의 종류는 막대, 원형, 선형, 누적그래프로 표시 되어야 한다.

○ FUR-CM-002.02 두 개 이상의 그래프를 표시한다.

- 두개 이상의 감축수단 적용 결과 값은 한 그래프에 중복되어 표시한다.

- 그래프가 한 화면에 두개 이상 표시되어야 한다.

○ FUR-CM-002.03 사용자가 이해하기 쉬워야 한다.

- 항공온실가스 산정 및 예측 결과 값에 대한 그래프 표시는 색상 구분을 통해 사용자가 보기에 이해하기 쉬워야 한다.

○ FUR-CM-002.04 두 개 이상의 결과 값을 표시한다.

- 한 그래프에 두개이상의 감축수단 결과 값이 표시되었을 시, 이를 동시에 적용하였을 때의 결과 값도 독립적으로 표시 되어야 한다.

○ FUR-CM-002.05 그래프의 X축, Y축의 명칭을 변경한다.

- 그래프의 X축, Y축은 사용자가 지정하여 표시되어야 한다.

요구사항 분류		기능 요구사항
요구사항 고유번호		FUR-CM-003
요구사항 명칭		항공온실가스 산정 및 예측 시스템 공통
요구 사항 상세 설명	정의	GIS 맵 기능: GIS 맵상에 항공기 항적 데이터 및 온실가스 산정 데이터를 표시
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		RFP

<FUR-CM-003 세부내용>

○ FUR-CM-003.01 데이터를 GIS 맵 상에 표시한다.

- 온실가스 배출량을 공항별/항로/섹터/국가/기간 별 산정이 가능해야 하며 이를 GIS 맵 상에 표시 되어야 한다.

○ FUR-CM-003.02 감축량 예측치를 GIS맵 상에 표시한다.

- 온실가스 감축량 예측치 에 대해 항로 별/기간 별 GIS 맵 상에 표시되어야 한다.

요구사항 분류		기능 요구사항
요구사항 고유번호		FUR-PS-001
요구사항 명칭		항공온실가스 보고포털
요구 사항 상세 설명	정의	보고포털 데이터 호환
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		‘15.01.15 사용자 요구사항 회의, ‘15.02.03 사용자 요구사항 회의

<FUR-PS-001 세부내용>

○ FUR-PS-001.01 각 기관별 내부 시스템과 데이터 호환이 가능하여야 한다.

- 각 내부 시스템과 보고포털 시스템에서 사용하는 데이터가 호환가능하게 보고포털 시스템 데이터를 설계한다.

요구사항 분류		기능 요구사항
요구사항 고유번호		FUR-PS-002
요구사항 명칭		항공온실가스 보고포털
요구 사항	정의	항공온실가스 보고포털 업무 제공

상세 설명	
산출물 정보	
관련 요구사항	
출처	'15.01.15 사용자 요구사항 회의, '15.02.03 사용자 요구사항 회의

<FUR-PS-002 세부내용>

○ FUR-PS-002.01 온실가스 목표관리제 업무를 포함한다.

- 국적항공사 온실가스 할당 배출권 및 감축 목표 정보를 관리하고 항공사별 연도별 배출 실적 등록 및 관리한다.

○ FUR-PS-002.02 항공온실가스 자발적 감축협약 업무를 포함한다.

- 국토교통부에서 시행하는 국제선의 온실가스 감축을 위한 항공 자발적 협약제도 운영 전반을 지원하는 기능을 구현하며, 보고 및 산정을 통한 성과 분석 기능을 개발한다.

○ FUR-PS-002.03 항공온실가스 자발적 감축협약 업무 검증 및 평가를 한다.

- 항공 자발적 협약에 따른 목표 대비 감축 성과 등에 대한 분석기능 및 국내/외 항공기술/정책 감축사례를 관리한다.

○ FUR-PS-002.04 배출권거래제 할당업체(항공부문) 배출량 적절성 평가가 이루어져야 한다.

- ICAO 또는 EU-ETS(Europe Emission Trading System)에서 시행 예정인 국제항공부문 배출권 거래제도 대응을 위한 기능을 구현한다.

- 기관별 배출권 인증량 및 항공사 배출권 거래 정보를 관리하고 국내/국제 배출권에 대한 통합 정보관리 및 Risk 평가 기능을 구현한다.

○ FUR-PS-002.05 항공사의 연료 외에 에너지까지 관리할 수 있어야 한다.

- 에너지 데이터베이스 구축을 통해 배출권 할당에서 인증 및 제출까지의 배출권 거래제 요구 지침을 만족하고, 에너지 관리 및 온실가스 배출량 산정, 감축 사업 등 관련 업무관리 기능을 구현한다.

요구사항 분류	기능 요구사항
요구사항 고유번호	FUR-PS-003
요구사항 명칭	항공온실가스 보고포털

요구 사항 상세 설명	정의	사용자 기능 제공
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.01.15 사용자 요구사항 회의, '15.02.03 사용자 요구사항 회의, '15.03.23 사용자 요구사항 서면 검토

<FUR-PS-003 세부내용>

○ FUR-PS-003.01 국문/영문 언어를 지원한다.

- 보고포털 화면은 국문/영문 두 가지 버전을 제공한다.

○ FUR-PS-003.02 UI가 간단명료하게 표시되어야 한다.

- 웹기반 UI로 구성되어 사용자가 이해하기 쉽고 간단 명료해야 한다.

○ FUR-PS-003.03 사용자가 입력 또는 업로드 할 수 있어야 한다.

- 항공사별 온실가스 감축 활동을 통한 연료소비량 감축실적을 사용자가 입력 또는 업로드 할 수 있어야 한다.

○ FUR-PS-003.04 온실가스 보고서를 편리하게 업로드 한다.

- 보고서 업로드 시 파일을 선택하여 편리하게 업로드 해야 한다.

- 업로드된 자료에 대해 수정이 가능해야 한다.

○ FUR-PS-003.05 보고포털에서 사용하는 데이터는 타 기관에 제공하지 않는다.

- 항공사에서 제공하는 DATA는 타 기관은 볼 수 없으며, 정부는 이 DATA를 감시목적으로 사용해서는 안 된다.

요구사항 분류		기능 요구사항
요구사항 고유번호		FUR-PS-004
요구사항 명칭		항공온실가스 보고포털
요구 사항 상세 설명	정의	네트워크 정보보호
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.01.15 사용자 요구사항 회의, '15.02.03 사용자 요구사항 회의

<FUR-PS-004 세부내용>

○ FUR-PS-004.01 보고포털 네트워크에서 정보를 보호해야 한다.

- 네트워크 기반인 경우 VPN(Virtual Private Network)으로 시스템 정보가 보호되어야 한다.

○ FUR-PS-004.02 보고포털 네트워크는 정보를 암호화한다.

- 네트워크 기반인 경우 항공사에서 입력한 정보 보호를 위해 암호화가 이루어져야 한다.

요구사항 분류		기능 요구사항
요구사항 고유번호		FUR-PS-005
요구사항 명칭		항공온실가스 배출량 통계 관리 구축
요구 사항 상세 설명	정의	국내/외 항공온실가스 배출량 통계 관리 정보 제공
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		‘15.01.15 사용자 요구사항 회의, ‘15.02.03 사용자 요구사항 회의

<FUR-PS-005 세부내용>

○ FUR-PS-005.01 국제 항공부문 온실가스 배출량 통계 정보가 관리되어야 한다.

- 국가별 이행계획, 항공부문 에너지 소비량/온실가스 배출량/원단위 데이터가 조회 및 관리되어야 한다.

○ FUR-PS-005.02 국내 항공부문 온실가스 배출량 통계 정보가 관리되어야 한다.

- 국가인벤토리보고서(NIR), 석유류 수급통계, 공항통계 등의 배출량/원단위 데이터가 조회 및 관리되어야 한다.

요구사항 분류		기능 요구사항
요구사항 고유번호		FUR-PS-006
요구사항 명칭		항공온실가스 배출량 산정관리
요구 사항 상세 설명	정의	항공부문 온실가스 배출량 산정방법론(Tier1, Tier2, ICAO) 적용
산출물 정보		
관련 요구사항		

출처	'15.01.15 사용자 요구사항 회의, '15.02.03 사용자 요구사항 회의

<FUR-PS-006 세부내용>

○ FUR-PS-006.01 IPCC2006에서 제시되는 Tier1, Tier2 산정방법론이 구현되어야 한다.

- 항공사, 공항 등의 연료 사용량에 대해서 온실가스 배출량으로 산정되는 환산계수, 계산 로직 등이 시스템을 통해 자동으로 처리되도록 하여야 한다.

- 또한, 산정 결과는 국내 온실가스 목표관리제 및 배출권 거래제, 항공 통계 정보에 적용되어야 한다.

○ FUR-PS-006.02 ICAO에서 제시하는 CO2 배출량 산정 방법론이 구현되어야 한다.

- 항공사의 항공유 사용량에 대해서 온실가스 배출량으로 산정되는 항공유 비중, 환산계수, 계산 로직 등이 시스템을 통해 자동으로 처리되도록 하여야 한다.

- 또한, 산정 결과는 국가 이행계획 BAU 산정 및 전망, 항공자발적 협약, 국제 항공 배출권거래제 정보에 적용되어야 한다.

요구사항 분류		기능 요구사항
요구사항 고유번호		FUR-E1-001
요구사항 명칭		항공온실가스 배출량 산정
요구 사항 상세 설명	정의	항공온실가스 배출량 산정 업무 제공
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.01.15 사용자 요구사항 회의, '15.01.21 사용자 요구사항 회의, '15.01.30 사용자 요구사항 회의, '15.02.03 사용자 요구사항 회의 '15.03.23 사용자 요구사항 서면 검토

<FUR-E1-001 세부내용>

○ FUR-E1-001.01 항로에 따른 최적 연료량을 산정한다.

- 비행 성능 정보를 이용하여 연료 소모량을 계산한다.

- 소모되는 연료량은 각 비행구간 별 연료 연소율(fuel flow rate)과 엔진의 개수의 곱으로 계산되어지며, 연료 연소율은 두 개의 방법을 이용하여 계산될 수 있다.

- Fixed-wing BADA fuel burn : BADA 연료 소비 모델은 명시적인 연료 연소율의 수식을 제공. 이를 통해 엔진의 타입(jet, turboprop, piston)에 따라 순항 상태(cruise phase)일 경우와 유휴 상태(idle state)일 경우의 연료 연소율을 계산할 수 있다.
- Fixed-wing Senzing-Fleming-Iovinelli fuel burn : Terminal area(공항의 관제를 받는 공항 근처의 지역)에서의 연료 소모율을 계산한다.

○ FUR-E1-001.02 항공온실가스 산정을 위해 실제 풍속, 기상 등 운항에 미치는 영향을 고려하여야 한다.

- 항공온실가스 산정을 위한 비행성능 계산 모듈의 날씨 모듈에서 주어진 지역 혹은 고도에서 측정 가능한 온도, 압력 등의 열역학적인 특성을 이용하여 항공기의 고도나 또 다른 열역학적인 특성 값을 구해서 항공온실가스 산정에 반영한다.

○ FUR-E1-001.03 연료 사용량과 알고리즘 산출 값간 오차가 최소화되어야 한다.(정비, 자연발화 등에 대한 고려 필요)

- 항공 온실가스 배출량 산정 알고리즘은 상호 간에 영향을 미치는 공기역학적 요인들을 고려하여 하위 Tier보다 더 정확한 연료 소모량 및 온실가스 배출량을 산정한다.

- 연료사용량 자료에 의존하는 top-down 방식의 Tier 1, 2에 비해 실제 비행기 운행 자료를 활용하는 bottom-up 방식의 Tier 3b 알고리즘은 항공 교통 변화, 항공장비 교체, 혹은 다른 가변 입력 시나리오를 고려한 입력 자료를 사용해 다이내믹한 미래 예측 및 시나리오를 분석한다.

○ FUR-E1-001.04 APU, Taxi 등 항공기의 지상에서 소모되는 연료에 대한 산정이 이루어져야 한다.

- 배출량을 산출하고자 하는 항공기종에 따라 해당 기종의 투입 지상조업장비들을 선택하고, 해당 지상조업장비에 대한 연료소모량을 기반으로 계산된 장비별 온실가스 산출량을 모두 더하여 배출량을 산정한다.

○ FUR-E1-001.05 비행 단계별 연료 소모량 및 온실가스 배출량이 산정되어야 한다.

- 비행단계별 연료 사용량을 가능한 정확하게 계산한다.

- 단일 비행에서 이 비행단계별 연료 사용량을 구하되, 총 비행궤적 정보가 있다면 이를 통해 비행단계를 나눈다.

○ FUR-E1-001.06 온실가스 산정 시 국내 및 국제선을 구분하여 산정이 가능하여야 한

다.

- RTK에 따른 연료 효율 내역을 산출한다.

- RTK 산정시 대권거리 및 수송실적관련 데이터를 입력할 수 있어야 한다.

- 국내 및 국제선 항공기의 경제적 운항과 항공분야 온실가스 배출량을 산정한다.

- 항공사의 국내선 항공기들의 온실가스 배출량 산정. 사용자가 국내선 스케줄에 따른 출발 공항/도착 공항/항공기 종류/항적 데이터 등을 입력하고 온실가스 배출량을 산정한다.

○ FUR-E1-001.07 항공기별 표준궤적 운항 시 연료사용량, 온실가스 배출량 산정이 되어야 한다.(IPCC Tier 3a)

- 표준궤적 및 항적자료를 이용한 단일 비행 중의 온실가스 배출량을 산정한다.

- 활주로-활주로 구간의 표준화된 항로 또는 입력받은 레이더 항적 데이터를 이용하여 단일 비행 시 각 비행 단계를 구분하고, 비행 성능, 연료 연소량, 각 온실가스 배출량을 산정한다.

○ FUR-E1-001.08 실제 기상데이터/항적 데이터를 사용하여 온실가스 산정이 가능하여야 한다.(IPCC Tier 3b)

- 항공 온실가스 배출량 산정을 위해 다양한 입력들을 필요로 한다.

- 항공기 운항에서 공력 및 연료 소모 계산에 영향을 주는 특성 및 인자들을 포함하는 Climate 데이터를 이용한다.

- 프로파일 기반 데이터 생성 또는 항적 기반 데이터를 포함하며 이/착륙 및 순항 단계에서의 비행 성능 계산을 위한 필수 정보인 Track 데이터를 이용한다.

○ FUR-E1-001.09 국적 항공사에서 운항하는 노선외 외국 항공사의 운항 노선에 대한 온실가스 산정이 되어야 한다.

- 사용자가 외국 항공사의 운항 노선 스케줄에 따른 출발 공항/도착 공항/항공기 종류/항적 데이터 등을 입력해서 온실가스를 산정한다.

○ FUR-E1-001.10 온실가스 산정치는 신뢰할 수 있도록 해야 한다. (산정 기준 제시)

- 항공 온실가스 배출량 산정을 위해 필요한 DB 및 제어 상수들을 이용하여 산정치를 신뢰할 수 있도록 한다.

  - Airports DB: 전 세계에 존재하는 공항의 자세한 정보를 담고 있다.
  - Base of Aircraft Data: 순항 구간에서의 비행 동력학 및 모델링 계수 등의 정보를 담고 있다.
  - Aircraft performance: 1845/Doc29 정보를 이용하여 공항 주위 이착륙과 관련된 비행 동력학 및 모델링 계수 정보를 담고 있다.
  - ICAO Emission index: 소모 연료 당 각 온실가스의 배출량 정보를 담고 있다.

○ FUR-E1-001.11 공항 주변(항공기 지상운용, 항공기 이착륙, 공항내 이동차량) 공항지역 내 대기오염물질 및 온실가스 배출량 제시가 가능해야 한다.

- 출발/도착 활주로 간 모든 운행 단계가 온실가스 산정 계산에 포함된다.

- 공항 별 지상조업장비 별 연료소모량 DB와 해당 지상조업장비가 투입된 항공기 운항횟수 정보를 이용해서 지상조업 1회 운행 당 공항별 장비별 연료소모량을 계산할 수 있다.

○ FUR-E1-001.12 항공기 운항에 따른 온실가스 및 대기오염에 미치는 물질의 배출량이 추가적으로 산정되어야 한다.

- 항공기종 별 배출량 산정이 이루어진 후에는 항공기종 별 운항횟수를 곱하여 각 온실가스 및 대기오염물질 전체 배출량을 계산한다.

- 온실가스 배출량은 지구온난화지수(GWP, Global Warming Potential)를 곱하여 이산화탄소 환산량으로 변환이 가능하다.

○ FUR-E1-001.13 Flight plan과 연동되어 계획대비 연료 사용량이 한눈에 통계치를 확인할 수 있는 자료를 제공하여야 한다.

- 다음과 같은 산정 결과를 통해 계획대비 연료 사용량 자료를 제공한다.

  - Flight performance: 각 항공기가 스케줄에 맞춰 운항하는 과정을 시뮬레이션하고, 위도, 경도, 속도, 고도, 중량, 추진력 등의 결과를 산출한다.
  - Fuel burn: 비행 성능 정보를 이용하여 연료 소모량을 계산한다.
  - Emission: 연료 소모량 및 온실가스 인자를 바탕으로 온실 가스 배출량을 산정한다.

요구사항 분류		기능 요구사항
요구사항 고유번호		FUR-E2-001
요구사항 명칭		항공온실가스 감축량 예측
요구 사항 상세 설명	정의	감축량 예측 업무
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.01.15 사용자 요구사항 회의, '15.01.21 사용자 요구사항 회의, '15.01.30 사용자 요구사항 회의, '15.02.03 사용자 요구사항 회의

<FUR-E2-001 세부내용>

○ FUR-E2-001.01 온실가스 및 연료량 절감을 위해 감축수단을 고려하여야 한다.(아래와 같은 감축수단을 이용한다.)

- 항공기 보조 엔진(APU)

  • Ground Ops APU: 항공사에서 온실가스 자발적 감축에 적용하는 기술로서, 항공기가 지상에서 소모되는 APU 사용량을 정확하게 산출하고, GPU및 AC-GPS 사용량과 비교한 결과를 제시하는 기능이다.

- 운항관리(Flight Dispatch)

  • 최적화 비용지수(Optimized - Cost Index, 비행계획 최적화 - 수직(Flt Plan OPT - VERTICAL), 운항관리 - 추가연료(Flight Dispatch - Additional Fuel, 교체 공항 선정(Alternate - OPT Selection, 체공연료량 최적화(Holding Fuel Optimization, 항공기 하중 계획(Load planning - ZFW Accuracy, 연료량 산정오차(Fuel Bias - (Flight Planning System), 유도로 연료산정(Taxi Fuel Excess Standard Load)를 이용한다.

- 운항(Flight Operations)

  • 저소음 접근절차(Low Noise Low Drag Approaches) 항공기 도착단계에서 감축기술 적용 시 감축되는 연료량 및 온실가스 감축량을 산출하는 기능이다.
  • 엔진 중지(Engine Out - Taxi In) : Taxi In 과정에서 Engine Out-Taxi In 절차를 사용함으로써, 기존 대비 연료소모량 및 배출물질을 감소시킬 수 있는 기술이며, 이를 적용하여 산출하는 기능이다.

- 정비(Maintenance & Engineering)

  • 엔진 물 세척(Engine Core Water Wash): 엔진 내부 압축기(Compressor) 공기통

로(Gas pass)를 주기적으로 물 세척해 줌으로써 엔진 압축효율을 높여주어 연료 절감 도모하는 기능이다.

- 지상 중량관리(Commercial & Ground Operations)

  - 기내식 장비 중량감소(Catering Weight Reduction) : 항공기 기내에 불필요한 장비를 제거함으로 항공기가 경량화되며, Catering의 중량관리를 통해 항공기 탑재 무게를 감소시켜 항공기의 연료소모를 절감, 달성할 수 있는 기능이다.
  - 이동 식수량 감소(Potable Water Weight Reduction) : 항공기에 주입되는 식수량을 조절하여 항공기의 중량을 감축하는 효과가 발생되며, 이 기능을 통하여 식수량에 따른 온실가스 발생량을 산정하는 기능이다.

○ FUR-E2-001.02 감축수단별 오차가 최소화되어야 한다.

- 데이터 표준화 및 통계자료와 정확한 수치를 이용하여 오차가 적은 알고리즘을 개발해야 한다.

○ FUR-E2-001.03 운항 구간 별(비행 단계별) 감축수단 결과 값이 표시되어야 한다.

- 프로파일 기반의 항공기 성능 표시는 Preflight, Take off, Departure, En Route, Descent, Approach, Landing 별로 감축수단 결과 값이 표시되어야 한다.

○ FUR-E2-001.04 감축량 예측을 위해서 항공사별로 발생된 온실가스 배출량을 온실가스 DB에서 불러와야 한다.

- 배출량 산정과 통합 DB 시스템을 구축 후 통합 DB의 데이터를 이용한다.

○ FUR-E2-001.05 온실가스 DB에서 불러 올 수 없는 경우 기준 값을 입력할 수 있어야 한다.

- 해당 데이터가 DBMS에 존재하지 않을시 사용자 UI에서 기준 값을 입력 받을 수 있어야 한다.

○ FUR-E2-001.06 감축수단 결과로는 그래프, 결과 값이 도출되어야 한다.

- FUR-CM-001 동일요구사항 참조

○ FUR-E2-001.07 감축수단의 적용여부는 마우스클릭으로 간단하게 켜고 끌 수 있어야 한다.

- 마우스 커서가 감축기술 이름 위치에 도달하면 마우스 커서가 달라져야 한다.

- 감축기술이 적용되면 “v” 자료 표시되어야 한다.

- 마우스 커서가 감축기술 이름 위치에 도달하면 해당 감축기술의 설명이 간략히 표시되어야 한다.(툴팁)

- 감축기술은 중복 체크가 가능해야 한다.

○ FUR-E2-001.08 감축수단별 적용 비율은 프로그램 사용자가 조절할 수 있어야 한다.

- 감축수단별 적용 비율을 적용할 수 있게 프로그래스바, 또는 입력 텍스트를 지원할 수 있는 UI를 구성해야 한다.

○ FUR-E2-001.09 온실가스 감축수단 산정기준이 명확하여야 한다.

- 감축수단별 예측 산정 기준 : 온실가스 발생량을 산정하기 전 기준 값을 정하여, 기준 값 대비 감소량을 산정할 수 있도록 도움을 주는 기준 값 설정이다. 주로 항공사별 항공온실가스 발생량을 온실가스 산정 DB에서 추출하여 시간이 흐름에 따라 온실가스량의 발생한 기준 값을 통계적으로 산정한다.

○ FUR-E2-001.10 연료 절감을 위한 운항 감축수단 적용 중 실제 풍속, 기상 등 운항에 미치는 영향 고려하여 산출하여야 한다.

- 전 세계 공항 및 고도별 기상정보를 포함한 기상DB를 구축하여 항공기의 온실가스량 산정에 이용한다.

○ FUR-E2-001.11 운항 후 잔여 연료 최소화를 위한 감축 수단이 제공되어야 한다.

- 감축수단 (운항관리(Flight Dispatch))을 이용하여 연료 최소화 방안을 구축한다.

요구사항 분류		기능 요구사항
요구사항 고유번호		FUR-E2-002
요구사항 명칭		항공온실가스 감축량 예측
요구 사항 상세 설명	정의	감축수단에 표준화된 기준 제시
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		‘15.01.15 사용자 요구사항 회의, ‘15.01.21 사용자 요구사항 회의, ‘15.01.30 사용자 요구사항 회의, ‘15.02.03 사용자 요구사항 회의,

	‘15.03.23 사용자 요구사항 서면 검토

<FUR-E2-002 세부내용>

○ FUR-E2-002.01 감축기술에 대한 표준화된 산정기준이 제시되어야 한다.

- 항공기 제작사 Manual 또는 Document에서 제시된 사항 우선적으로 적용한다.

- APU, 운항관리, 운항, 정비 및 유지보수, 지상 중량관리의 5개 범주에 대한 표준화된 산정 기준을 제시한다.

○ FUR-E2-002.02 감축수단별 저감 효과에 대한 데이터 검증 및 이에 대한 결과서가 제공되어야 한다.

- 감축수단 범주별로 저감 분석을 위한 감축기술을 선정하고, 저감 효과 산출기준을 개발하여 데이터 검증 및 결과서를 제공한다.

요구사항 분류		기능 요구사항
요구사항 고유번호		FUR-E2-003
요구사항 명칭		항공온실가스 감축량 예측
요구 사항 상세 설명	**정의**	감축수단 적용시 온실가스 산정
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		‘15.01.15 사용자 요구사항 회의, ‘15.01.21 사용자 요구사항 회의, ‘15.01.30 사용자 요구사항 회의, ‘15.02.03 사용자 요구사항 회의

<FUR-E2-003 세부내용>

○ FUR-E2-003.01 감축수단 적용 시 미래 온실가스를 산정할 수 있어야 하며, 이는 현재비용가치로 변환이 가능해야 한다.

- 국내외 환경 관련 정책 시나리오 및 미래 항공수요, 신형 항공기 도입 시나리오에 따른 항공사 비용에 미치는 영향을 분석하여 정부 또는 항공사의 항공온실가스 감축 전략에 대한 의사결정을 돕는 모듈을 개발한다.

○ FUR-E2-003.02 감축수단의 단일 비행별 또는 운항 구간별 감축수단의 효과를 사용자가 변경할 수 있어야 한다.

- 사용자가 단일비행별, 운항 구간별 감축수단의 효과를 변경할 수 있는 UI를 제공

한다.

○ FUR-E2-003.03 감축수단 적용, 미적용에 따른 출 도착 공항 간 비교가 가능하여야 한다.

○ FUR-E2-003.04 감축수단별 미래 온실가스 예측에 대한 정확한 데이터 산출이 가능하여야 한다.

- 미래 항공교통 수요 시나리오 및 DB 생성이 가능해야 한다.

- 감축수단별 적용 시 미래 온실가스 산정이 가능해야 한다.

○ FUR-E2-003.05 국내 항공사에서 운행하는 노선 외 해외 여러 노선에 대한 감축량 예측이 되어야 한다.

요구사항 분류		기능 요구사항
요구사항 고유번호		FUR-E3-001
요구사항 명칭		경제성 분석 및 의사결정
요구 사항 상세 설명	정의	의사결정 제시
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.01.15 사용자 요구사항 회의, '15.01.21 사용자 요구사항 회의, '15.01.30 사용자 요구사항 회의, '15.02.03 사용자 요구사항 회의

<FUR-E3-001 세부내용>

○ FUR-E3-001.01 감축활동 모니터링을 위한 통계 Report가 제공되어야 한다.

- FUR-CM-001 동일요구사항 참조

○ FUR-E3-001.02 배출권거래제, 자발적 협약, 배출량 상쇄 등에 대한 비용 산정, 경제성 분석 등이 자동적으로 계산되어 감축기술 등을 제시할 수 있어야 한다.

- 감축활동 모니터링 리포트, 배출권거래제 및 자발적 협약 등 다양한 의사결정 지원 데이터가 제공되어야 한다.

- 목표관리제, 항공부문 온실가스 인벤토리 보고서(NIR), 항공부문 국가이행계획, 항공사 자발적 협약, 배출권거래제, ICAO MBMs 등과 같은 국내·외 온실가스 관련 정책 업무를 대응하기 위한 서비스가 제공되어야 한다.

○ FUR-E3-001.03 각 항공사의 자발적 감축량 및 목표관리제의 목표를 제시하고 실행

방안에 대한 구체적인 의사결정을 제시할 수 있어야 한다.

- 온실가스 자발적 감축협약 및 목표관리제 관리, 국가이행 계획 작성 툴로 사용 할 수 있어야 한다.

- 항공사 별 자발적 감축 목표를 설정할 수 있어야 한다.

○ FUR-E3-001.04 시나리오별(배출권구매, 자발적 협약사항, 목표관리제 사항) 경제성 분석 결과를 제시하여야 한다.

- GUI상에서 사용자가 경제성 분석 및 의사결정을 위한 분석의 범위, 시나리오구성, 경제관련 변수 입력을 위한 컴퍼넌트를 다음과 같은 기능을 기준으로 구성해야 한다.

  - 국/내외 항공 환경 정책 목표 시나리오 설정(예: 연간 1% 에너지 효율 목표 달성 혹은 2030년까지 베이스라인(Business as Usual, BAU) 대비 10%달성)을 설정한다.
  - 항공사 별 자발적 감축 목표 설정한다.
  - ICAO 탄소배출권 거래제 시나리오를 설정한다.
  - 연구 범위를 설정(예: 항공사, 기종, 노선, 국가 등)한다.
  - 감축 수단별로 항공사 및 기종별 적용 범위의 사용자 설정 혹은 온실가스 예측 모듈에서 찾아낸 최적의 감축 수단 조합을 입력한다.
  - 미래 운항 수요 증가 모델을 설정(예: 아시아-북미 노선 연간 5% 교통량 증가 등) 한다.
  - 미래 가상 친환경 항공기 성능을 설정한다.
  - 신형 항공기 도입 및 기존 항공기 퇴역 범위 및 스케줄을 설정한다.
  - 경제 변수 가정을 설정(예: 항공류 가격, 항공기 구입을 위한 대출 이자율, 항공사의 discount rate, 항공기 퇴역 시 재판매 가격 등) 한다.

○ FUR-E3-001.05 FUR-E3-001.05의 시나리오 기준은 사용자에 의해 선택할 수 있어야 한다.

요구사항 분류		기능 요구사항
요구사항 고유번호		FUR-E3-002
요구사항 명칭		경제성 분석 및 의사결정
요구 사항 상세 설명	정의	의사결정 업무
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.01.15 사용자 요구사항 회의, '15.01.21 사용자 요구사항 회의, '15.01.30 사용자 요구사항 회의, '15.02.03 사용자 요구사항 회의

<FUR-E3-002 세부내용>

○ FUR-E3-002.01 항공사별 Direct Operation Cost DB를 사용하여 감축수단별 항공사에 미치는 비용 증감 계산이 가능해야 한다.

- 경제성 분석 알고리즘 컴포넌트는 사용자 입력 컴퍼넌트에서 정의된 분석 범위와 정책 시나리오, 각종 경제적 변수들의 가정과 DB 서버 시스템 컴퍼넌트에서 불러들인 데이터를 바탕으로 항공사들에 미치는 비용 효과를 계산해야 한다.

- 항공사들에 미치는 비용은 직접운영비(Direct Operating Cost, DOC)에 해당되는 주요 비용항목은 다음의 네 항목이며, 필요에 따라 다른 항목도 추가할 수 있다.

  • 연료비(Fuel cost) : 항공기 운항을 위한 유류 구입비로 항공사에서 제공되는 데이터를 사용하기도 하며 비행단위단 산출을 위해서는 항공 온실가스 산정모듈에서 계산되는 연료 사용 산정량을 바탕으로 항공류 가격을 곱해서 계산한다.
  • 조종사 및 객실 승무원 비용(Flight crew and cabin crew costs) : 기종별/노선별로 항공사에서 제공받은 데이터를 사용할 수 있으며, 대안으로는 항공기의 클래스별로(regional jet, single aisle, twin-aisle, large quad, freighter, business jet 등) 비행시간 당 파일럿 및 승무원 평균비용을 BTS(Bureau of Transportation Statistics) 데이터 등의 자료를 통해 계산할 수 있다.
  • 항공기 정비 비용(Maintenance and overhaul) : 기종별/노선별로 항공사에서 제공받은 데이터를 사용할 수 있으며, 대안으로는 항공기의 클래스별로(regional jet, single aisle, twin-aisle, largequad, freighter, business jet 등) 비행시간 당 항공기 정비 비용(인건비와 부품비 포함) BTS 데이터 등의 자료를 통해 계산할 수 있다.
  • 항공기 구매 혹은 리스 비용(Ownership cost including Depreciation andAmortization) : 일반적으로 항공기 구매는 융자(finance)를 통하게 됨으로 금융비용(이자)이 포함되며 그 외 감가상각도 항공기의 예상 수명에 대하여 계산한다.

○ FUR-E3-002.02 배출권 거래제에 대한 결과 및 구매비용 산출이 가능하여야 한다.

- FUR-E3-001.02 동일요구사항 참조

○ FUR-E3-002.03 배출권 거래제를 고려한 의사결정 정보가 지원되어야 한다.

- 배출권거래제등과 같은 국내·외 온실가스 관련 정책 업무를 대응하기 위한 서비스가 제공되어야 한다.

○ FUR-E3-002.04 항공사별 항공기(기체 및 엔진 포함)의 퇴역시기 및 신규 항공기 도입 수요에 대한 계산이 가능해야 한다.

- 신형항공기 시장 점유율 계산 알고리즘(Market Share Model)을 구현한다.

  • 미래에 발생하는 항공기 도입 수요를 계산한다.
  • 항공기 도입 수요는 두 가지 이유로 발생한다.
  • 첫째는 기존의 항공기들이 퇴역하는 경우 그 자리를 대체하기 위해 신규도입이 필요 하다.
  • 두 번째는 미래에 교통량이 증가함으로써 늘어나는 교통량을 수용하기 위해 항공사의 capacity (Available Seat Kilometer 혹은 Available Ton Kilometer 로 계산)를 늘리기 위해 항공기 도입 수요가 발생 한다.
  • 도입이 가능한 항공기들의 목록을 항공기 클래스와 최대운항거리 (maximum range)별로 구성하여 항공사가 어떤 기종을 선정할 것인지에 대한 알고리즘을 개발한다.

○ FUR-E3-002.05 여러 감축수단을 적용 시 효율적인 감축수단이 무엇인지 우선순위 선정이 가능하여야 한다.

- 사용자가 지정한 분석 범위 내에서 세부 범위별 감축량의 상대적 기여도를 계산하여 정책 적용 우선순위 판단을 도와주어야 한다.

○ FUR-E3-002.06 온실가스 목표관리제 업무 지원을 위한 경제성 분석 및 의사결정 데이터를 제공하여야 한다.

- 기본적으로 온실가스 산정 시스템에서 사용하는 공항, 항공기 성능, 미래운항 스케줄 DB 등과 연동이 되어 필요한 데이터를 추출하며, 온실가스 예측 시스템에서 산출되는 감축수단별 온실가스 감축 효과 DB와 연동이 되어 필요한 데이터를 추출하여 사용할 수 있게 해야 한다.

○ FUR-E3-002.07 항공 온실가스 자발적 감축협약 업무 지원을 위한 경제성 분석 및 의사결정 데이터를 제공하여야 한다.

- FUR-E3-002.06 동일요구사항 참조

○ FUR-E3-002.08 항공 온실가스 자발적 감축협약 업무 검증 및 평가가 가능해야 한다.

- FUR-PS-002.03 동일요구사항 참조

○ FUR-E3-002.09 배출권거래제 할당업체(항공부문) 배출량 적절성 평가가 이루어져야 한다.

- FUR-PS-002.04 동일요구사항 참조

요구사항 분류		기능 요구사항
요구사항 고유번호		FUR-E3-003
요구사항 명칭		경제성 분석 및 의사결정
요구 사항 상세 설명	정의	미래 항공 교통 산정
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.01.15 사용자 요구사항 회의, '15.01.21 사용자 요구사항 회의, '15.01.30 사용자 요구사항 회의, '15.02.03 사용자 요구사항 회의

<FUR-E3-003 세부내용>

○ FUR-E3-003.01 미래 항공교통 수요 시나리오 생성이 가능해야 한다. 이는 사용자가 up-load 또는 GUI상 직접입력 모두 가능해야 한다.

- 미래 운항 DB를 구축해야 한다.

○ FUR-E3-003.02 미래 운항 스케쥴, 미래 항공기 성능 및 항공기별 퇴역시기/신규 항공기 도입 등 미래 항공교통 운항 DB 생성이 가능해야 한다. 이는 사용자가 up-load 또는 GUI상 직접입력 모두 가능해야 한다.

- 미래운항 스케줄 생성 컴포넌트를 구축해야 한다.
  - 장기적인 환경 정책, 감축수단 적용의 효과를 분석하기 위해 필요한 미래 운항 스케줄을 생성하는 컴퍼넌트로 분석의 출발점이 되는 연도의 운항 스케줄을 바탕으로 사용자가 지정한 항공 수요 증가 가정에 따라 미래 운항 스케줄을 생성한다.
- 미래 가상 친환경 항공기 성능 설정이 가능해야 한다.
- 신형 항공기 도입 및 기존 항공기 퇴역 범위 및 스케줄 설정이 가능해야 한다.
- 경제 변수 가정 설정(예: 항공유 가격, 항공기 구입을 위한 대출 이자율, 항공사의 discount rate, 항공기 퇴역 시 재판매 가격 등)이 가능해야 한다.

요구사항 분류	기능 요구사항
요구사항 고유번호	FUR-E4-001

요구사항 명칭		온실가스 산정 DB
요구 사항 상세 설명	정의	표준데이터 이용
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.01.15 사용자 요구사항 회의, '15.01.21 사용자 요구사항 회의, '15.01.30 사용자 요구사항 회의, '15.02.03 사용자 요구사항 회의

<FUR-E4-001 세부내용>

○ FUR-E4-001.01 온실가스 DB에서 가지고 올 수 없는 경우 기준 값을 입력할 수 있어야 한다.

- 온실가스 DB에서 데이터를 가지고 올 수 없는 경우 사용자가 기준 값을 입력할 수 있는 UI를 제공해야 한다.

○ FUR-E4-001.02 실제 데이터 없이 표준 DB에서 항공 및 지상 온실가스가 산출 가능하여야 한다.

- 표준 DB를 DBMS에 구축하여, 실제 운항 데이터가 없을 경우 표준 데이터를 이용하여 항공 및 지상 온실가스를 산출 할 수 있어야 한다.

- Short 버전에서는 표준 DB만을 가지고 산출해야 한다.

2.3.3 성능 요구사항(Performance Requirements)

요구사항 분류		성능 요구사항
요구사항 고유번호		PER-001
요구사항 명칭		느린 작업에 대한 진행 표시
요구 사항 상세 설명	정의	정보요청에 대한 응답 처리 시까지 프로그래스바로 표현
	세부 내용	1) 검색 기능에 대한 응답 처리시 까지 진행 상황을 프로그래스바를 이용하여 표출한다.
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.01.20 연구진 업무회의, '15.02.13 연구진 업무회의

요구사항 분류	성능 요구사항
요구사항 고유번호	PER-002
요구사항 명칭	Windows 플랫폼 지원

요구사항 상세 설명	정의	프로그램 지원 OS
	세부 내용	1) 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템은 Windows 7 이상 버전에서 무리 없이 구동해야 한다.
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.02.13 연구진 업무회의, '15.04.08 요구사항 보완 회의

요구사항 분류		성능 요구사항
요구사항 고유번호		PER-003
요구사항 명칭		SQL 튜닝
요구사항 상세 설명	정의	SQL 튜닝
	세부 내용	1) 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 중 작성된 신규 및 수정 SQL문에 대하여 정상적인 성능이 나오지 않을시 튜닝 및 전문 인력에 승인을 받고 튜닝된 내역을 반영해야 한다.
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.02.13 연구진 업무회의, '15.04.08 요구사항 보완 회의

요구사항 분류		성능 요구사항
요구사항 고유번호		PER-004
요구사항 명칭		질의 응답시간
요구사항 상세 설명	정의	데이터 질의응답에 대한 결과 노출 시간 정의
	세부 내용	- 모든 질의는 평균 응답시간으로 사용자가 요청을 하는 시간으로 부터 3초 이내에 그 결과를 보여줘야 함. 단, 대량의 데이터(데이터량 2GB 이상)에 대한 통계 및 데이터 검색에는 적용되지 않을 수 있음
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.02.13 연구진 업무회의, '15.04.08 요구사항 보완 회의

요구사항 분류	성능 요구사항
요구사항 고유번호	PER-005
요구사항 명칭	웹 페이지 디스플레이 시간

요구사항 상세 설명	정의	웹 페이지 로딩 성능 정의
	세부 내용	- 시스템이 만드는 각 웹페이지의 경우, 1Mbps 이상 네트워크 접속을 사용해서 사용자가 요청한 시간으로부터 3초 내에 완전히 디스플레이 되어야 함 - 단, 한개 이상의 큰 이미지(50KB 이상)와 동영상을 가지고 있는 페이지 또는 시스템을 사용하는 사용자 숫자가 동시사용자 용량의 90%를 초과하는 경우에는 예외로 할 수 있음
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.02.13 연구진 업무회의, '15.04.08 요구사항 보완 회의

요구사항 분류		성능 요구사항
요구사항 고유번호		PER-006
요구사항 명칭		데이터 형식 오류 응답 시간
요구사항 상세 설명	정의	오류 메시지 결과 노출 시간 정의
	세부 내용	- 사용자가 입력한 데이터 형식의 모든 오류는 사용자가 시스템에 그 정보를 입력한 지 3초 이하에 적당한 오류 메시지를 사용자에게 제시해야 함
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.02.13 연구진 업무회의, '15.04.08 요구사항 보완 회의

요구사항 분류		성능 요구사항
요구사항 고유번호		PER-007
요구사항 명칭		메모리(디스크) 자원 효율성
요구사항 상세 설명	정의	메모리 사용률에 대한 정의
	세부 내용	- 테스트 기간과 시험운영 기간에 시스템의 자원(메모리, 디스크) 사용 정도를 평가하며, 메모리(디스크) 평균 사용률은 서비스 가용시간 동안에 75%를 넘으면 안 됨
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.02.13 연구진 업무회의, '15.04.08 요구사항 보완 회의

요구사항 분류		성능 요구사항
요구사항 고유번호		PER-008
요구사항 명칭		CPU 효율성
요구사항 상세 설명	정의	CPU 사용률에 대한 정의
	세부 내용	- 테스트 기간과 시험 운영 기간에 CPU 사용률을 평가하며, 서비스 가용 시간 동안의 사용률과 최대 부하 아래에서의 사용률을 측정함 CPU 평균 사용률은 90%를 넘으면 안 됨
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.02.13 연구진 업무회의, '15.04.08 요구사항 보완 회의

2.3.4 보안 요구사항(Security Requirements)

요구사항 분류		보안 요구사항
요구사항 고유번호		SER-001
요구사항 명칭		데이터 암복호화
요구사항 상세 설명	정의	데이터 암복호화
	세부 내용	1) 항공사에서 제공하는 DATA를 서버와 연동할 때는 데이터 암/복호화가 이루어져야 한다. 2) 항공사데이터는 타기관이 볼 수 없도록 계정을 할당하여 데이터를 전송한다.
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.02.13 연구진 업무회의

요구사항 분류		보안 요구사항
요구사항 고유번호		SER-002
요구사항 명칭		보안 취약성 점검 및 조치
요구사항 상세 설명	정의	보안 취약성 점검 및 조치
	세부 내용	- 보안이 필요한 페이지(관리자모드, 로그인, 개인정보변경 등)는 세션을 유지하도록 하고, 외부에서 직접접근을 제한하는 등의 보안대책을 적용 - FTP, Telnet, Finger 등 불필요한 서비스 Port 제거, 운영DB 및 시스템에 대한 접근통제, 로그관리 등 보안조치 수행

		- 웹서버 개발 보안 전자정부 가이드라인을 준수하여 주요 보안 취약점 (접근통제 취약점, 부적절한 파라미터사용, XSS, 버퍼오버플로우, SQL Injection, 업로드・다운로드 취약점 등)을 고려하여 보안대책을 수립 - 시스템을 운영하기 전에 보안 도구를 이용하여 서버 설정정보 및 저장 자료 절취, 위・변조 가능성 등 보안 취약점을 점검 및 조치하여야 한다.
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15002013 연구진 업무회의

요구사항 분류		보안 요구사항
요구사항 고유번호		SER-003
요구사항 명칭		시스템 권한관리
요구사항 상세 설명	정의	시스템 권한 설정 관리 정의
	세부 내용	- 사용자를 분류하여 등급 및 역할에 따라 권한을 설정해야 함
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.02.13 연구진 업무회의

요구사항 분류		보안 요구사항
요구사항 고유번호		SER-004
요구사항 명칭		응용 및 DB보안
요구사항 상세 설명	정의	응용 및 DB보안
	세부 내용	- 일반사용자는 직접적으로 DB 접근불가 - 사용자 인증정보, 카드번호, 아이디, 패스워드 등은 소스 코드에 직접 하드코딩 금지 - 이용자ID, 이용시간, 조회내용, 사용현황 등의 조회 이력을 관리해야 함
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.02.13 연구진 업무회의

요구사항 분류		보안 요구사항
요구사항 고유번호		SER-005
요구사항 명칭		항공보고포털 응용시스템 보안 요건
요구	정의	항공보고포털 응용시스템의 각종 보안요소 정의

사항 상세 설명	세부 내용	- 사용자의 입력값이 SQL Injection을 발생하지 않도록 함 - SQL 서버의 에러 메시지를 외부에 제공하지 않도록 함 - Statement 객체 사용을 자제하고 Prepared Statement 객체 사용을 하도록 함 - 파일 업로드 시 파일 확장자에 대한 적합성 여부를 검증하여 악성 백도어(웹쉘) 파일을 업로드하고 서버 상에서 저장된 경로를 찾아 백도어 파일을 실행할 수 없도록 함 - 에러 발생 시 디렉토리 및 각종 라이브러리에 대한 정보가 노출되지 않도록 함 - 소프트웨어를 개발 또는 변경하는 경우 변경된 소프트웨어 보안약점이 없도록 하여야 하며, '소프트웨어 개발 보안가이드'를 준수하여야 함
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.02.13 연구진 업무회의

2.3.5 품질 요구사항(Quality Requirements)

요구사항 분류		품질 요구사항
요구사항 고유번호		QUR-001
요구사항 명칭		기능 구현 정확성
요구사항 상세 설명	정의	기능 구현 정확성
	세부 내용	1) 초기 확정된 요구사항에서 변경관리 절차를 통해 승인을 획득한 요구사항을 최종 베이스라인으로 간주한다. 2) 사용자 요구사항에 대한 기능 제공 여부는 각 기능 요구사항의 검증(테스트) 활동을 통해 예상된 결과가 정상적으로 도출되었을 경우 요구사항을 제공한 것으로 평가한다. 3) 기능 구현 정확성은 사용자가 직접 테스트 수행 기간에 테스트를 수행 평가하며, 과제수행기관은 사용자 테스트를 지원한다.
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.01.20 연구진 업무회의, '15.02.13 연구진 업무회의

요구사항 분류		품질 요구사항
요구사항 고유번호		QUR-002
요구사항 명칭		사용성
요구사항 상세 설명	정의	사용성
	세부 내용	1) 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템에서 제공하는 사용자 기능의 도움말을 제공한다. 2) 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템은 에러 메시지를 제공한다. 3) 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템은 콘텐츠의 모양이나 배치를 논리적으로 이해하기 쉽게 구성한다. 4) 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템에서 제공하는 기능에 대해 사용자 매뉴얼에서 정보를 제공한다. 5) 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템에서 제공하는 인터페이스 기능과 방법을 매뉴얼에 포함한다.
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.01.20 연구진 업무회의, '15.02.13 연구진 업무회의

요구사항 분류		품질 요구사항
요구사항 고유번호		QUR-003
요구사항 명칭		구분성
요구사항 상세 설명	정의	구분성
	세부 내용	1) 사용자 구분 - 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 사용자를 구분해서 FULL, SHORT 버전을 설치한다. 2) 사용자 접근 제어 - FULL 버전 SHORT 버전에 따라 사용할 수 있는 기능을 구분해서 개발한다.
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.01.20 연구진 업무회의, '15.02.13 연구진 업무회의

요구사항 분류		품질 요구사항
요구사항 고유번호		QUR-004
요구사항 명칭		설치 및 제거 용이성
요구사항 상세 설명	정의	어플리케이션 설치 및 제거 용이성
	세부 내용	1) 사용자매뉴얼 또는 관리자매뉴얼에 프로그램을 설치하거나 제거하기 위한 정보를 문서로 제공해야 한다. 2) 프로그램의 설치 및 제거 용이성을 평가하기 위해 해당 정보가 있는 문서를 따라서 사용자 및 관리자가 쉽게 설치 및 제거해야 한다.
산출물 정보		운영자 매뉴얼
관련 요구사항		
출처		'15.01.20 연구진 업무회의, '15.02.13 연구진 업무회의

요구사항 분류		품질 요구사항
요구사항 고유번호		QUR-005
요구사항 명칭		정보 제공
요구사항 상세 설명	정의	정보 제공
	세부 내용	1) 프로그램은 메시지 창 기능을 통해 정보를 제공한다. 2) 프로그램의 콘텐츠의 모양이나 배치를 논리적으로 이해하기 쉽게 구성해야 한다. 3) 프로그램은 버전표시를 지원해야 한다.
산출물 정보		
관련 요구사항		

출처	'15.101.20 연구진 업무회의, '15.02.13 연구진 업무회의

2.3.6 인터페이스 요구사항(Interface Requirements)

요구사항 분류		인터페이스 요구사항
요구사항 고유번호		SIR-001
요구사항 명칭		사용자 인터페이스
요구사항 상세 설명	정의	사용자 편의성과 접근성을 고려한 인터페이스 요건
	세부 내용	1) 온실가스 산정 및 예측 시스템의 모든 기능은 클라이언트 프로그램을 통하여 작동되도록 구현한다. 2) 온실가스 산정 및 예측 시스템은 관리자의 반복적인 업무를 효율화하기 위해 키보드 단축키 실행 기능을 제공해야 한다.
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.01.20 연구진 업무회의, '15.02.13 연구진 업무회의

요구사항 분류		인터페이스 요구사항
요구사항 고유번호		SIR-002
요구사항 명칭		외부 시스템 연계 인터페이스
요구사항 상세 설명	정의	외부 시스템 연계 인터페이스
	세부 내용	1) 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 인터페이스 연동 시 각 기관에 운영 중인 타 시스템 환경에 영향을 미치지 않아야 한다. 2) 외부 시스템 연동에 있어 제약사항이 있으면 이를 명시해야 하며, 구체적으로 대안을 제시해야 한다. 3) 외부 연계 상세시스템 구성도를 제시해야 한다.
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.01.20 연구진 업무회의, '15.02.13 연구진 업무회의

2.3.7 데이터 요구사항(Data Requirements)

요구사항 분류	데이터 요구사항
요구사항 고유번호	DAR-001
요구사항 명칭	데이터 표준화

요구사항 상세 설명	정의	항공온실가스 산정 및 예측 시스템 개발을 위한 데이터 표준화
	세부 내용	1) 코드의 표준화를 수행해서 개발한다. 2) 시스템별로 산재해 있는 데이터 정보 요소에 대한 명칭, 정의, 형식, 규칙에 대한 원칙을 수렴해 표준데이터를 산정한다. 3) 표준화 대상 이외 필요한 표준화 대상을 선정하고 이에 대한 표준화를 수행한다.
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.01.20 연구진 업무회의, '15.02.13 연구진 업무회의

요구사항 분류		데이터 요구사항
요구사항 고유번호		DAR-002
요구사항 명칭		데이터 구축
요구사항 상세 설명	정의	초기 데이터베이스 구축
	세부 내용	1) 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발을 위해 필수적인 초기데이터를 구축한다. 2) 항공/지상 온실가스 Tier 3b급 기초 데이터 규모 및 연관 관계, 데이터 구조를 파악한다. 3) 연관기관 데이터 발생시점 및 성격 등 데이터구조 차원에 따라 데이터를 그룹핑하여 체계적으로 구분해서 관리한다. 4) 항공기 정보 관리 - Tier 3b급 알고리즘을 이용하여 개발하기 위해 운항형태, 엔진/항공기 종류와 효율, 비행고도 등의 데이터도 DB화한다. - 항공기 정보는 물리 DB 구현 시 하나의 Subject Area로 구성한다. 5) 항로 및 운항 정보 관리 - 주기적인 항적 자료와 이를 검증할 일시적 기간만큼의 레이더 자료가 요구된다. - 항공사 항적 자료 및 연료 사용량 및 온실가스 배출량을 운항 DB에 적재한다. 6) 배출량 산정 결과 정보는 통계 DB를 따로 구성하여 월별로 통계정보를 업데이트 한다.
산출물 정보		데이터베이스 구축 계획서
관련 요구사항		
출처		'15.01.20 연구진 업무회의, '15.02.13 연구진 업무회의

요구사항 분류		데이터 요구사항
요구사항 고유번호		DAR-003
요구사항 명칭		관련 데이터
요구	정의	항공온실가스 산정 및 예측 시스템 필요 데이터

<table>
<tr><td rowspan="2">사항
상세
설명</td><td>세부
내용</td><td>
1) 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템은 데이터를 연계할 때 데이터의 정합성을 검증해야 한다.
2) 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 핵심 컴포넌트 개발을 위해서는 다음과 같은 자료를 이용한다.
<table>
<tr><th>데이터</th><th>변수</th></tr>
<tr><td>항공기
레이더
데이터</td><td>고정변수
- 비행 ID(출/도착 공항, 항공사, 항공기, 엔진타입 (희망사항))
- 도착/출발 실제 시간, 구간당 변수 (time series data)
- 구간 Time, 고도, 속도
- 상승속도(이착륙 절차), 좌표 (coordinates)—thrust(N)</td></tr>
<tr><td>스케줄
데이터</td><td>(레이더 데이터와 부분적 중복 가능)
- 출발공항, 도착공항
- 사용된 항공기 기종(필수), 엔진기종(희망사항)</td></tr>
<tr><td>공항데이터</td><td>- 각 공항의 경도, 위도</td></tr>
</table>
3) 항공기 이동 데이터베이스에는 다음과 같은 데이터를 필요로 한다.
<table>
<tr><th>데이터</th><th>변수</th></tr>
<tr><td>엔진 할당
항공기엔진 매핑</td><td>국제/국내 항공사들이 보유하는 항공기의
- 항공기 고유 번호
- 엔진 기종
- 연료 용량
- etc</td></tr>
<tr><td>Taxi Time
On-Time
Performance Data</td><td>국내 항공사들의 편당
- 출발 지연
- 도착 지연
- Taxi Time</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td colspan="2">산출물 정보</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">관련 요구사항</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">출처</td><td>'15.01.20 연구진 업무회의, '15.02.13 연구진 업무회의</td></tr>
</table>

2.3.8 프로젝트관리 요구사항(Project Management Requirements)

요구사항 분류		프로젝트관리 요구사항
요구사항 고유번호		PMR-001
요구사항 명칭		일정관리
요구사항 상세 설명	정의	프로젝트 일정 관리
	세부 내용	1) 총 과제기간은 아래와 같이 정의한다. · 2014.10.31 ~ 2018.04.30 2) 1차년도 과제기간은 아래와 같이 정의한다. · 2014.10.31 ~ 2015.05.30 3) 과업기간 동안에 내/외부 관계자를 참석시켜 착수보고회, 중간보고회, 자체평가회를 각각 1회 실시하고 그 결과를 반영하여 산출물을 보완하여야 한다. · 착수보고회 : 협약일로부터 15일 이내 · 자체평가회 : 전문기관 연차평가로부터 30일 이내
산출물 정보		착수보고서, 중간보고서, 자체평가회
관련 요구사항		
출처		항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 RFP

요구사항 분류		프로젝트관리 요구사항
요구사항 고유번호		PMR-002
요구사항 명칭		산출물 관리
요구사항 상세 설명	정의	프로젝트 산출물 관리
	세부 내용	1) 참여(공동, 위탁)연구기관은 연구개발과제 추진과정에서 생산되는 제반 작업 단위별 산출물에 대하여 주관연구 기관과 협의하여 일정계획, 산출물의 종류, 주요내용, 작성 및 제출시기, 제출 부수를 제시한다. 2) 산출물의 관리 방안을 제시한다. 3) 본 과제 수행에 필요한 모든 자료 등은 저작권에 위배되지 않아야 한다.
산출물 정보		연차별 산출물, 운영자 매뉴얼, 사용자 매뉴얼
관련 요구사항		
출처		항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 RFP

요구사항 분류		프로젝트관리 요구사항
요구사항 고유번호		PMR-003
요구사항 명칭		프로젝트 참여인력 관리
요구사항 상세 설명	정의	프로젝트 참여인력 관리
	세부 내용	1) 본 과제의 참여연구기관의 연구책임자는 반드시 해당기관의 소속으로써 고급기술자 이상의 직원으로 기관별 과제를 총괄할 수 있는 전문 인력이어야 한다. 2) 연구개발 과제 진행 중 특별한 사유가 없는 한 참여연구원의 교체는 원칙적으로 불가하나, 불가항력 사유로 인력교체 필요 시 인력교체 후 15일 이내 주관연구기관에 통보하여야 하며, 동급 이상의 대체인력을 투입하여 업무 인수인계를 한다. 3) 투입인력 구성 시 본 과제와 관련된 프로젝트에 참여하였거나, 유사 프로젝트 경험이 있는 전문 기술 인력을 포함하여야 한다.
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 RFP

요구사항 분류		프로젝트관리 요구사항
요구사항 고유번호		PMR-004
요구사항 명칭		매뉴얼
요구사항 상세 설명	정의	매뉴얼
	세부 내용	1) 사용자 매뉴얼 - 사용자 매뉴얼은 화면 단위를 기준으로 사용 방법을 설명하며 목표시스템 세부 기능사용 방법 및 SW 설치 및 제거 방법을 설명해야 한다. 2) 운영자 매뉴얼 - 운영자 매뉴얼은 목표시스템 내에 설치된 각종 SW 실행 방법, 목표시스템 실행방법, 목표시스템 및 SW 구성항목 설정 방법, 프로그램 목록 설명, 제공 기능, 타 시스템과 연계 방법, 로그 확인 및 분석 방법을 설명한다.
산출물 정보		사용자 매뉴얼, 운영자 매뉴얼
관련 요구사항		
출처		항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 RFP

2.3.9 제약사항(Constraints)

요구사항 분류		제약사항
요구사항 고유번호		COR-001
요구사항 명칭		개발 제약사항
요구사항 상세 설명	정의	개발 제약사항
	세부 내용	1) 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템은 국방 CBD 방법론의 절차와 과정(개발 표준, 기술표준 문서화)에 따라 개발되어야 한다. 2) 윈도우 플랫폼에서 동작하는 프로그래밍 언어의 사용을 원칙으로 한다. 3) 적용 기술은 업무 요구사항의 변화를 만족시킬 수 있도록 확장성과 유연성을 확보한다. 4) 적용기술은 최신 기술이 접목되고, 운용환경에서 성능과 기능이 검증된 기술을 사용한다.
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.01.22 중간보고 대비 전문가 초청 세미나

요구사항 분류		제약사항
요구사항 고유번호		COR-002
요구사항 명칭		형상관리
요구사항 상세 설명	정의	형상관리 도구 제약사항
	세부 내용	1) 버전관리 기능이 제공되는 소스 관리 툴을 사용한다. 2) 소스 저장소로의 접근이 최적화되어 있는 툴을 사용한다. 3) 클라이언트/서버 통신규약이 버전간 차이를 양방향으로 보낼 수 있는 툴을 사용한다.
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.01.20 연구진 업무회의, '15.02.13 연구진 업무회의

요구사항 분류		제약사항
요구사항 고유번호		COR-003
요구사항 명칭		개발언어
요구사항	정의	개발언어 제약 사항
	세부	1) 개발 언어는 모듈별 성격을 고려하여 프로그램 언어를 제시한다.

상세 설명	내용	
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.01.20 연구진 업무회의, '15.02.13 연구진 업무회의, '15.04.08 요구사항 보완 회의

요구사항 분류		제약사항
요구사항 고유번호		COR-004
요구사항 명칭		DBMS
요구사항 상세 설명	정의	DBMS 제약 사항
	세부 내용	1) DBMS는 상세설계 전 모듈별 개발 특성 및 데이터를 고려하여 확정한다.
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.01.20 연구진 업무회의, '15.02.13 연구진 업무회의, '15.04.08 요구사항 보완 회의

요구사항 분류		제약사항
요구사항 고유번호		COR-005
요구사항 명칭		저작권 준수
요구사항 상세 설명	정의	저작권 침해 여부에 대한 대응 방안 정의
	세부 내용	- 시스템을 구축함에 있어 도입되는 장비, 적용 기술 및 UI/UX에 사용되는 모든 콘텐츠에 대하여 저작권을 침해하지 않아야 함
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.02.13 연구진 업무회의, '15.04.08 요구사항 보완 회의

요구사항 분류	제약사항
요구사항 고유번호	COR-006
요구사항 명칭	전자정부 표준 프레임워크 준수

요구사항 상세 설명	정의	전자정부 표준프레임워크 준수 및 상호호환성 인증 획득 지원 정의
	세부 내용	- 정부에서 추진하는 전자정부 표준프레임워크(2.5버전 이상)를 적용하여야 함 - 구현하려는 기능을 전자정부 공통컴포넌트의 기능과 비교하여 적용을 적극 검토해야 함 - 사업 완료 시에 적용된 공통컴포넌트에 대한 내역을 제출해야 함 - 전자정부 표준프레임워크를 기반으로 실행환경의 MVC아키텍처를 준수하여 설계 및 개발 - 모바일 서비스 구축은 개발표준(전자정부 모바일 프레임워크)을 활용하여 구축 - 전자정부 표준 프레임워크 및 공통 컴포넌트 적용이 불가능할 경우 타당한 사유를 제시하여 신규 개발 하여야 함
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.02.13 연구진 업무회의, '15.04.08 요구사항 보완 회의

2.3.10 프로젝트 지원 요구사항(Project Support Requirements)

요구사항 분류		프로젝트지원 요구사항
요구사항 고유번호		PSR-002
요구사항 명칭		교육지원
요구사항 상세 설명	정의	교육지원
	세부 내용	1) 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템에 대한 사용자/운영자 교육을 진행한다. 2) 과제 관련 교육 계획 수립 및 실시, 평가한다. 3) 사용자 교육, 운영자 교육 실시하고 피드백을 관리한다. - 사용자 교육, 운영자 교육

일자	시간	상세 교육 내용	대상자/인원	강사
과제 완료 단계에서 협의	4시간	항공 온실가스 산정 및 예측 시스템에 대한 일반적인 사용법 및 기능의 활용법 사용자 교육	시스템 사용자	구축 개발자
과제 완료 단계에서 협의	4시간	항공 온실가스 산정 및 예측 시스템의 운영자 교육을 통한 시스템 운영 이해	시스템 운영자	구축 개발자

4) 세부 교육 일정은 국토교통부 감독부서 및 국토교통과학기술진흥원 담당 부서와 협의하여 수행한다.
5) 사용자 교육의 경우 집합교육을 원칙으로 하나 이에 대한 어려움이 있을 경우 사용자 매뉴얼로의 대체하고 가능 여부는 주관연구기관과 협의 후 결정한다.
6) 상기의 교육대상 및 교육방법은 교육일정에 따라서 조정할 수 있다.

산출물 정보	
관련 요구사항	
출처	'15.101.20 연구진 업무회의, '15.02.13 연구진 업무회의, '15.04.08 요구사항 보완 회의

요구사항 분류		프로젝트지원 요구사항
요구사항 고유번호		PSR-001
요구사항 명칭		과제 수행 일반
요구사항 상세 설명	정의	과제 수행 일반
	세부 내용	1) 과제 기간 중 PMO를 적극 활용하여 과제 관리를 해야 한다.
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'14.12.29 시제업체 선정평가

요구사항 분류		프로젝트지원 요구사항
요구사항 고유번호		PSR-003
요구사항 명칭		기타 프로젝트 지원 요구사항
요구사항 상세 설명	정의	기타 프로젝트 지원 요구사항
	세부 내용	1) S/W에 대한 물품 및 유지보수지원과 관련한 기술지원 확약서는 계약체결 전 제출하여야 한다. 2) 제안한 시스템, 협력업체, 개발범위 등이 부적절하다고 판단되는 경우, 협상과정에서 교체를 요구할 수 있다. 3) 본 과제와 관련하여 주관연구기관의 자료 제출 및 검사 요구가 있을 경우 이에 응해야 한다.
산출물 정보		
관련 요구사항		
출처		'15.101.20 연구진 업무회의, '15.02.13 연구진 업무회의, '15.04.08 요구사항 보완 회의

2.3.11 시험 요구사항(Test Requirements)

요구사항 분류		시험 요구사항
요구사항 고유번호		TER-001
요구사항 명칭		시험
요구사항 상세 설명	정의	시험
	세부 내용	1) 요구사항별 시험 케이스를 작성 한다. - 시험 케이스를 작성하여 통합 시험 및 인수 시험 시 시험 케이스로 사용, 시험 케이스별 시나리오를 작성한다. 2) 개발 업무 단위별 단위 시험을 실시한다. - FULL/SHORT 버전별 시험을 실시한다. - 개별 업무 기능별 단위 시험을 실시한다. - 시험 시 오류사항에 대한 대처 방안을 제시한다. 3) 개발 업무 그룹 간 연계 통합 시험 실시 - 시험 계획 및 통합 시험 시나리오를 작성하다. - 시나리오별 연계 시험을 실시한다. - 통합시험을 실시하고 오류사항에 대한 대처방안을 제시한다. 4) 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 성과물에 대한 인수시험을 실시한다. - GS 인증으로 인수 시험을 대체한다.
산출물 정보		시험 계획서, 시험 결과서

관련 요구사항	
출처	'15.01.20 연구진 업무회의, '15.02.13 연구진 업무회의, '15.04.08 요구사항 보완 회의

3. 요구사항 변경 요약표

요구사항 번호	변경일	변경 사유 및 내역 (요약본)	비고

4. 첨부 1 사용자 요구사항 의견서

4.1 '15.01.15 사용자 요구사항 회의

4.1.1 사용자 요구사항 의견서

온실가스 관련 업무 수행에 있어 이슈사항 또는 문제점
- 항공사의 다양한 감축활동을 통한 연료소비량(배출량) 감축실적을 정확히 계산하고 평가하는 프로그램(툴) 부재
온실가스 관련 업무 수행 현황
- 국가 항공온실가스 배출량 조사 및 통계관리 - 항공사 연료소비량 및 수송실적 조사, 통계관리(ICAO 제출) - 온실가스 목표관리제 대행업무(명세서 및 이행실적 평가 등) - 항공온실가스 자발적감축협약 검증평가업무 - 배출권거래제 할당업체(항공부문) 배출량 적절성 평가 - 항공온실가스 감축관련 조사연구 - 항공환경세미나 개최 등
세부 요구사항 (온실가스 관련 업무 수행에 있어 개발 시스템 반영 요청사항)
- 항공사 감축실적에 대한 평가 툴 개발 요청 · 감축수단별 감축량을 계산하는 프로그램 개발을 통해 항공사가 제시하는 감축량의 적절성 평가에 활용
개선방안 (상기 이슈사항 또는 문제점 해결을 위한 시스템 보완 기능)
- 저감효과 분석시스템 개발 시, 감축기술에 대한 표준화된 산정기준을 개발하고 감축수단별 저감효과에 대한 데이터 검증 필요(실비행 데이터와의 비교가 필수적이나, 중간단계로 시뮬레이터를 활용한 검증도 가능)
추가 질문 사항
▷ **온실가스 관리 시스템 보유 여부** 없음. ▷ **온실가스 관리 담당 부서 존재 여부** **- 담당 업무 범위** 파트단위로 2명이 온실가스 관리업무 수행 **- 정부로부터의 지원 여부(지원을 받는다면 어떠한 지원을 받고 있는지)** 없음 ▷ **온실가스 관리 시스템 운영 현황** 없음.
2015년 1월 15일 소속 :교통안전공단 성명 : 김용석 (서명)

온실가스 관련 업무 수행에 있어 이슈사항 또는 문제점

- 온실가스 산정등급에서의 문제가 아닌 연료사용량 산정에 있어서의 어려움이 존재(급유량 오입력, 비중값 미입력 등) -> Tier 2에서의 문제
- 연료절감량 산정 시 관리를 하고 안하고 했을 때 시점에서의 상대적 수치만 가능함. 운항 시 여러 절감기술이 행해지고 여러 외부조건이 작용하기 때문에 절대적 수치를 산정하기 어려움

온실가스 관련 업무 수행 현황

세부 요구사항 (온실가스 관련 업무 수행에 있어 개발 시스템 반영 요청사항)

- 사용자의 편의성 고려(단순, 명확하게)
- 검증받기 수월하도록 -> Tier 3은 너무 복잡하여 검증받기 어려움
- Tier 3까지 가야 할 필요성이 안 느껴짐
- 항공사 data 공개의 가부를 먼저 따져봐야 함
- 최종목적이 최적연료 항로를 항공사에 제공하는 것이 목적이라면 항공사 입장에서는 찬성함. 그러나 최종목적이 국가 이행계획 수립 시 각 수단 별 연료절감량 계산이 목적이라면 그게 가능할지 의문임
  · 운항에서는 여러 절감활동이 행해지고 풍속, 기상 등 여러 영향이 미치는데 각 수단별 연료절감량을 산출하는 것이 가능할 것인지 의문

개선방안 (상기 이슈사항 또는 문제점 해결을 위한 시스템 보완 기능)

- 사용자가 사용하기 편하도록 심플하게, 검증받기 수월하도록

추가 질문 사항

▷ 온실가스 관리 시스템 보유 여부

보유

▷ 온실가스 관리 담당 부서 존재 여부

- 담당 업무 범위

온실가스 시스템 통해 연료사용량 및 온실가스 배출량 집계

- 정부로부터의 지원 여부(지원을 받는다면 어떠한 지원을 받고 있는지)

없음

▷ 온실가스 관리 시스템 운영 현황

- 내부 시스템과의 연동 또는 독립 시스템여부

내부 시스템 inter-face

- 시스템 운영 시작 연도

2011년

- 시스템 운영 및 관리 주체는 누구인지(내부 부서 또는 외부 업체)

내부부서

- 온실가스 관리의 범위, 방식 및 운영체계 등의 시스템 관련 현황

내부 온실가스 정보시스템 이용(항공기)

각 지점에서 에너지 사용량 받음(건물, 지상교통)

2015년 1월 15일

소속 :아시아나항공 성명 : 김주희 (서명)

온실가스 관련 업무 수행에 있어 이슈사항 또는 문제점
- 실 연료량 파악 · 구매량과 사용량의 오차가 있습니다. 이유는 비행 종료 후 정비목적, 자연발화 등의 오차량으로 인해 최소화 하기위해 노력중입니다. - remain fuel 감소 추진
온실가스 관련 업무 수행 현황
- APMS 산출 - 연료절감 방안 및 데이터 산출(온실가스)
세부 요구사항 (온실가스 관련 업무 수행에 있어 개발 시스템 반영 요청사항)
의견없음
개선방안 (상기 이슈사항 또는 문제점 해결을 위한 시스템 보완 기능)
- Flight plan과 연동되어 계획대비 얼마만큼 사용되었는지 한눈에 통계치를 확인 할 수있는 자료 (엔진 성능분석 및 사유를 인지하여 온실가스 절감방안 모색) - 지상에서 소모되는 연료(정비)체크
추가 질문 사항
▷ 온실가스 관리 시스템 보유 여부 연료관리시스템을 통한 온실가스 산출 **▷ 온실가스 관리 담당 부서 존재 여부** **- 담당 업무 범위** 온실가스 자발적 감축 TFT 팀원 **- 정부로부터의 지원 여부(지원을 받는다면 어떠한 지원을 받고 있는지)** 없음 **▷ 온실가스 관리 시스템 운영 현황** **- 내부 시스템과의 연동 또는 독립 시스템여부** 독립되어있음 **- 시스템 운영 시작 연도** 2011년 **- 시스템 운영 및 관리 주체는 누구인지(내부 부서 또는 외부 업체)** 내부부서 **- 온실가스 관리의 범위, 방식 및 운영체계 등의 시스템 관련 현황**
2015년 1월 15일 소속 :이스타항공 성명 : 이재훈 (서명)

온실가스 관련 업무 수행에 있어 이슈사항 또는 문제점

미작성

온실가스 관련 업무 수행 현황

미작성

세부 요구사항 (온실가스 관련 업무 수행에 있어 개발 시스템 반영 요청사항)

미작성

개선방안 (상기 이슈사항 또는 문제점 해결을 위한 시스템 보완 기능)

미작성

추가 질문 사항

▷ **온실가스 관리 시스템 보유 여부**

독립관리 시스템은 미보유

해당 수치산정을 위한 자료(연료소비량, 수송실적, 운항실적 등)는 시스템화 하여 DB관리하고 있음

▷ **온실가스 관리 담당 부서 존재 여부**

- 담당 업무 범위

현재 관리전담조직은 미구축

관련 부서 담당자와의 유기적 연결을 통항 업무처리가 진행중임

- 정부로부터의 지원 여부(지원을 받는다면 어떠한 지원을 받고 있는지)

통합 온실가스 관리시스템 개발 지원

▷ **온실가스 관리 시스템 운영 현황**

- 내부 시스템과의 연동 또는 독립 시스템여부

독립 관리시스템은 미보유

관련 자료는 개별적으로 내부시스템 관리를 통해 축적하고 있음

- 시스템 운영 시작 연도

독립시스템 미운영

- 시스템 운영 및 관리 주체는 누구인지(내부 부서 또는 외부 업체)

관련 자료에 대한 개별 관리주체 부서가 있음

- 온실가스 관리의 범위, 방식 및 운영체계 등의 시스템 관련 현황

온실가스 관리를 위한 필요자료(연료소비량, 수송실적, 운항실적 등)에 대한 DB추출 후 해당 데이터를 이용하여 결과 값 산출

2015년 1월 15일

소속 :진에어 성명 : 김재하 (서명)

온실가스 관련 업무 수행에 있어 이슈사항 또는 문제점

- 2014SIS도 목표관리지정업체로 지정되어 4개년 자료를 모으고 있습니다. 그런데 연료데이터 수집에서 총 연료구매량 대비 실제 사용량 자료를 보면 3% 정도의 오차가 생기게 됩니다. 이 원을 찾기에 어려움이 있으며 다양한 요인들이 발생되기 때문에 정확한 소모연료(단계별)산출이 어렵습니다.
- 지상에서 출발/도착까지 소모연료·온실가스 배출량 산정에 어려움이 있음

온실가스 관련 업무 수행 현황

- 운항승무원이 기록하는 로그지를 바탕으로 비행시간, 연료 등의 자료를 얻고 있습니다.
- 온실가스 감축을 위한 TFT를 구성하여 월 1회 외의를 통해 결과발표를 하고 감축방안을 모색, 토론하고 있습니다.
- 감축량활동 모니터를 위해 운항승무원, 객실승무원으로부터 Report를 받아 통계를 내고 있음
- 타사에서 운용하고 있는 ACAS 항공기 장착·운용 예정임

세부 요구사항 (온실가스 관련 업무 수행에 있어 개발 시스템 반영 요청사항)

- 비행단계별 소모연료량·온실가스 배출량 산정 툴
- 시스템의 부록으로 항공사 연료 외에 에너지까지 관리 할 수 있는 툴
- APU 사용 등 밖으로 드러나지 않는 요소들을 반영하여 산정 시 선택할 수 있는 툴(숨어있는 소모연료 보정을 위함)
- 국내 배출량과 국제배출량(기준)을 비교할 수 있는 툴(월/연도별) -> 국내외 동향을 볼 수 있도록

개선방안 (상기 이슈사항 또는 문제점 해결을 위한 시스템 보완 기능)

추가 질문 사항

▷ **온실가스 관리 시스템 보유 여부**

없음

▷ **온실가스 관리 담당 부서 존재 여부**

- 담당 업무 범위

운항기술팀에서 온실가스 감축 및 자발적 감축협약을 담당하고 있음

- 정부로부터의 지원 여부(지원을 받는다면 어떠한 지원을 받고 있는지)

▷ **온실가스 관리 시스템 운영 현황**

- 내부 시스템과의 연동 또는 독립 시스템여부

온실가스 관리시스템은 없으며, 항공운항자료는 회사 내부시스템으로 관리되며 이 자료를 뽑아 엑셀로 CO_2 배출량을 계산하고 있음

- 시스템 운영 시작 연도

- 시스템 운영 및 관리 주체는 누구인지(내부 부서 또는 외부 업체)

- 온실가스 관리의 범위, 방식 및 운영체계 등의 시스템 관련 현황

2015년 1월 15일

소속 :티웨이항공 성명 : 강혜영 (서명)

온실가스 관련 업무 수행에 있어 이슈사항 또는 문제점

- 티웨이항공은 2012년 국토교통부와 자발적적 감축 협약을 체결 이후 연료효율을 개선하기 위한 항공연료 감축 업무에 집중하여 왔으며
- 2014년 온실가스 및 에너지 목표관리 업체로 선정되어, 온실가스 및 에너지 사용량 명세서를 작성중임
- 온실가스 배출량 측정(산출)을 위한 관리시스템이 없어서 운항실적을 관리하는 운항관리시스템에서 연료사용량 및 수송실적에 대한 Raw Data를 exsel 형태로 받아 관리함으로써 실제 구매량과의 약간의 (2-3%) 오차가 있는 data로 통계량을 산출하고 있으므로
- 정확한 배출량 산정 및 감축업무 수행에 따른 감축량 선정을 위한 인벤토리 시스템 구축이 가장 큰 현안임

온실가스 관련 업무 수행 현황

- 2012년 ~ : 온실가스 자발적 감축 협약 체결 및 이행
- 연료효율은 2011년 55.45% / 2012년 47.18% / 2013년 43.70%로 개선되었으며
- 2015-2016년 연료효율 3% 개선을 위해 항공연료 431ton 감축하기 위한 이행계획서 제출
- 국내선 연료는 목표관리업체 할당 및 이행계획 의건 감축업무 추진예정이며
- 국제선 연료는 온실가스 자발적 감축 협약 체결 이행계획에 의거 업무 추진예정임

세부 요구사항 (온실가스 관련 업무 수행에 있어 개발 시스템 반영 요청사항)

- 항공연료 실제 구매량과 운항관리시스템에 의한 연료사용 실적 사이에 오차가 있으므로, APU 사용량을 포함한 연료사용량을 측정할 수 있는 기능
- 온실가스 저감기술 수행에 따른 실제 감축효과를 산축할수있는 기능
- B737 기종의 노선 운항 표준 연료 산출 등

개선방안 (상기 이슈사항 또는 문제점 해결을 위한 시스템 보완 기능)

- 항공기 On ground operation 시 연료사용량(APU포함) 산정 툴
- 항로 별 CDA(Continue Descent Approach) 이행, Reverse Idle Thrust 사용, 저항력 Flap사용에 따른 감축효과 산출 기능
- 운항연료 실제 사용량 자동산출 기능 등

추가 질문 사항

▷ **온실가스 관리 시스템 보유 여부**

시스템 없음

▷ **온실가스 관리 담당 부서 존재 여부**

- 담당 업무 범위

온실가스 관리 주관부서는 운항기술팀이며, 온실가스 관리 및 감축업무 추진효율성 증대를 위해 전담반(TFT)운영중임

- 정부로부터의 지원 여부(지원을 받는다면 어떠한 지원을 받고 있는지)

현재 국토교통부 및 교통안전공단으로부터 업무관련 실무자 교육 등의 지원을 받음

▷ **온실가스 관리 시스템 운영 현황**

- 내부 시스템과의 연동 또는 독립 시스템여부

온실가스 관리만을 위한 전담시스템은 없으며, 항공연료의 사용량 측정을 위한 운항관리시스템에서 엑

셀데이터를 지원받고 있음

- 시스템 운영 시작 연도
- 시스템 운영 및 관리 주체는 누구인지(내부 부서 또는 외부 업체)
- 온실가스 관리의 범위, 방식 및 운영체계 등의 시스템 관련 현황

2015년 1월 15일

소속 :티웨이항공 성명 : 박남준 (서명)

4.1.2 사용자 요구사항 회의 회의록

과제명	항공 온실가스 산정 및 예측시스템 개발			
회의명	항공 온실가스 산정 및 예측시스템 개발 자문회의			
개최일시·장소	일시	2015년 1월 15일(목)	장소	서울지방철도특별사법경찰대 소회의실(100호)
회의내용	1. 자문의견 □ 프로그램 개발의 full/short 버전의 차이가 정부와 항공사의 사용관점의 차이인가 → full/short 버전은 DB를 사용하여 정밀한 분석을 실시하는 관점에서 차이이므로, 실제 정부와 항공사는 모두 full 버전을 사용하여 분석이 가능함 □ 항공사 데이터를 연구지원에 사용하는 정도가 어느정도 인가? → 항공사에서 사용하는 데이터는 연료 소모량, 항공기 중량, 항공기 엔진 정보, 실시간 항공기 위치정보 등이며, 이 것은 실시간으로 전달 받는 사항이 아닌 월단위로 지원받을 예정임 ※ 추가적으로 대한항공에서 Tier 3b 급의 항공온실가스 산정시스템 개발을 구상하였으나, IPCC 또는 UN 국제회의에서 온실가스 산정방법이 Tier 1/2 급으로 사용하고 있으므로 개발을 포기하였음 (IPCC Tier 2등급/UN Tier 1등급 사용) □ 외부 input data가 방대한데 이를 구현할 수있는 db구축이 가능한지? → 다루는 데이터가 방대하고 복잡할수록 검증의 문제가 생김. 따라서 정확한 통계산정에 필요한 데이터, 저감기술에 필요한 데이터가 무엇진지 판단하고, 필요한 값만 집어넣어 복잡한 구동력이 없도록 해야 정확한 데이터 값을 획득할 수 있음. □ 국외프로그램 시연 필요함 (국토부 지시사항) → 개발프로그램의 대상 및 목표를 구체화시키기 위하여 벤치마킹하는 해외 프로그램의 시연회가 필요함 □ 국외프로그램과 차별성 → 국외 프로그램과 차별화되어진 결과 값 제공 또는 국내환경에 최적화된 결과 값이 도출되는 등 국외 프로그램과 차별성을 갖추어 정부, 항공사가 적극적으로 사용할 수 있도록 해야함 (ex. 사용자 편리성이 강조된 UI 구성 및 빠른 결과 값 도출 등) ※ 초기단계에는 벤치마킹하는 해외 프로그램을 의존하여 프로그램 개발하며, 중장기단계에서 항공사 데이터에서 수집한 데이터와 비교하여 발생되는 차이 값을 좁혀가는 것이 바람직함			

□ 항공사별 사용하는 비행계획 시스템과 실 소모되는 연료사용량의 오차 값이 매번 발생되며, 오차 값에 대한 이유를 찾는 작업이 필요함

→ 항공사에서 사용하는 비행계획 시스템은 제작사 항공기 성능데이터(AFM)를 기준으로 시스템이 개발되었으나, 실 소모되는 연료사용량과 오차가 발생되어 왜 발생되는지에 대한 이유를 프로그램 개발팀과 협의하여 적절한 이유가 도출되었으면 함

□ Tier 3b급 개발이 적절한지 여부도 판단해야할 필요성이 있음

→ 국제회의에서 사용되는 온실가스 산정 등급은 Tier 1/2 급이며, 이 등급으로 산정할 경우 검증 및 통계적으로 사용이 가능하지만, Tier 3b 급의 경우 모든 항공기를 대상으로 분석을 실시하는 것을 원칙으로 분석이 되어야 함. 따라서 Tier 3b급의 결과값을 토대로 통계적인 결과 값으로 도출한다면 Tier 1/2급의 분석보다 오히려 신뢰성이 없어질 수 있음

※ 추가적으로 본 시스템의 목적이 정부 보고의 모니터링인지 통계의 모니터링인지 검증을 목적으로한 모니터링인지 확실하지 않음으로 목적의 구체성을 확보할 필요가 있음

□ 국내 항공사 참여방안

→ 현재 개발되고 있는 SMS 시스템 구축의 경우 제주항공과 협력하여 개발하고 있으며, 협력 개발 이점으로 추후 프로그램 판매 시 제주항공은 무상으로 제공한다는 조건이 있음 (타항공사의 경우 무조건 구매를 해야함)

→ 이를 토대로 국내항공사의 무료 배포 및 기타 혜택을 제공하여 국내 항공사를 개발단계에서 참여하는 방법이 필요함

→ 또한 항공사와 함께 연계하여, 항공사를 테스트베드로 구축하고 같이 참여한 항공사에게 benefit을 주는 방안 논의 필요

→ 다만, 협력하는 항공사의 자료는 「NDA -Non Disclose Agreement」 방식을 적용하여 협력 항공사에게 불이익이 되지 않도록 사전조치가 필요함

2. 종합의견

→ 항공 온실가스 예측 및 산정시스템에 대한 실수요자 정확히 파악할 필요성

→ 항공 온실가스 예측 및 산정시스템 분명한 목적 제시

→ 초기 항공사에게 필요정보가 무엇이고, 정보제공 동의 협약서 등 체결하는 방안(비밀보장제, 보안유지 등)

4.2 '15.01.21 사용자 요구사항 회의록

구 분	내용	
회의일시	2015년 1월 21일(수) 12:00~17:00	
회의장소	제주항공 회의실	
참 석 자	**연 구 진**	제주항공 김남준 대리, 티웨이항공 박남준 팀장, 강혜영 대리, 본원 박진서 부연구위원, 심가람 연구원
회의내용		

◦ 제주항공 온실가스 관리 현황

- 항공 온실가스 관리 범위: 항공기 연료 및 온실가스 관리, 건물 및 지상조업은 관리하지 않음

・건물의 경우 공항공사 건물로 공사에서 관리

- 제주항공 온실가스 관리 부서: 운항통제실 김남준 대리 1인 체제(온실가스 관리 및 연료절감 업무 외 영업스케줄(노선, SLOT 등 관리), 시스템 관리 등

- 국내 대응 정책: 자발적 협약, 목표관리제(배출권 거래제)

・2014.03 4년치 온실가스 배출량 검증을 통해 배출권 거래제 기업 선정

・2015. '14년 온실가스 배출량 검증 예정

- 현재 온실가스 산정 현황: Tier 1/2급(Tier 2급 산정은 2015.01.19부터)

・B737-800 17대 보유, LTO 계산 시 IPCCC 800 계산 단위 일괄 입력

- 2014.02 ERP 시스템 open(온실가스 관리 시스템 포함)

・ERP 시스템 및 엑셀 데이터 혼합 사용

・(산정) ramp fuel-remaining fuel

→ (2% 오차) ramp fuel + 급유량(실제 연료 구매량)-remaining fuel

→ 오차 발생 이유 예측 ① Flight log의 단위 kg(100단위)/연료구매량 밀도(1단위) ② 비행이후 도착에서 급유사이에 사용된 연료량(APU 사용 등)

→ 매편당 급유량을 정비사가 직접 수작업 입력함(오차 %를 통한 검증 추가)

◦ 티웨이항공 온실가스 관리 현황

- 항공 온실가스 관리 범위: 항공기 연료 및 온실가스 관리, 건물 온실가스

	관리, 지상조업은 관리하지 않음 ・건물(에너지)은 월 or 년 단위 관리 예정 - 티웨이항공 온실가스 관리 부서: TFT 운영(월 1회 회의) ・연료 절감 실적 및 온실가스 관리 - 국내 대응 정책: 자발적 협약, 목표관리제 ・2015. 2월 중 4년치 온실가스 배출량 검증 예정 - 현재 온실가스 산정 현황: Tier 1급(엑셀로 관리) ・수기 flight log를 월단위로 엑셀 수작업 입력 ・2010. 교통안전공단에서 Tier 2급 산정 프로그램 사용했으나, 현재 사용하지 않음 ・운항관리시스템의 연료구매실적을 통한 오차 확인(3% 이내) ・(산정) ramp fuel-remaining fuel (10단위) ・자발적 협약 이행매뉴얼 내 감축수단별 산정 방식 + α(구식 수작업) - AKAS 없어 수기 log 작성 중
대응방안(계획)	<항공사 의견 수렴> - 개별적 범위를 지정하여 reporting 할 수 있는 기능 중요함 - 온실가스 통계량 오차 상존 - Flight Operation for Fuel saving 수단별 저감량 분석 산정의 정확도 결여 - 온실가스 감축 이행 추진협의체 구성 필요 - 온실가스 배출량 사용실적 항공부분 검증기관 필요(환경부 인가의 문제 상존) - 배출권 거래제도 대응기구 설립 필요(국내외 환경정책 대응 등) - 배출량 상쇄 프로그램 구축 필요

4.3 '15.01.30 사용자 요구사항 회의록

구 분	내용	
회의일시	2015년 01월 30일(금) 10:30~12:00	
회의장소	아시아나항공 회의실	
참 석 자	**연 구 진**	아시아나항공 서창현 차장, 김주희 대리, 이재문 대리, 솔루티스 강지훈 대리, 본원 박진서 부연구위원
회의내용	◦ **아시아나항공 온실가스 관리 현황** - 항공 온실가스 관리 범위: 항공기 연료 및 온실가스 관리, 건물 및 지상조업 관리 ・건물의 경우 공항공사 건물로 공사에서 관리 - 아시아나항공 온실가스 관리부서 : 경영지원팀 - 국내 대응 정책 : 자발적 협약, 배출권 거래제 ・2009년 이후 온실가스/에너지 목표관리제 관리업체 ・금년부터 배출권거래제 업체로 변경 지정되어 진행 - 현재 온실가스 산정 현황: Tier 1/2급 - 관리시스템 : AGIS(아시아나 온실가스 정보 시스템) 를 통해 관리 ・여객 수송실적(EU, ICAO 기준), 화물 수송실적, 연료 사용량 등을 관리 ・연료사용량 관리 : 급유 영수증(잔량 연료량은 ACARS를 통해 전송) → ACARS 데이터 전송 오류가 많음. 오류 시에는 Log 값을 오프라인으로 찾아서 보정 ・APLIS, AAFS, AMPIRE, AABIS, CSP 등 내부 시스템과 데이터 연계	
대응방안(계획)	<항공사 의견 수렴> - 국적항공사 데이터와 국가 통계DB 오차 발생(운항횟수, 실적 등) → 항공사 배출권 거래 대응을 위해 표준DB 개발이 필요 - 항공사 의견이 반영된 온실가스 예측배출량 산정을 위한 표준화된 기준 및 방법론 설정이 필요 → 항공사 공통 적용 가능할 수 있는 일관성 및 표준성 있는 기준 설정이 필요	

4.4 '15.02.03 사용자 요구사항 회의록

구 분	내용	
회의일시	2015년 02월 03일(화) 13:30~16:30	
회의장소	대한항공 회의실	
참 석 자	연 구 진	대한항공 배정환 차장, 유안식 차장, 진에어 김재하 대리, KCT 이상정 수석, 카이스트 김요한 연구원, 본원 심가람 연구원, 황유철 연구원
회의내용	◦ 대한항공 온실가스 관리 현황 - 항공 온실가스 관리 범위: 항공기 연료 및 온실가스 관리, 건물 및 지상조업 관리 - 대한항공 온실가스 관리부서 : 환경팀, 운영기획팀 등 다양한 부서가 종합적으로 대응 - 국내 대응 정책 : EU-ETS(현재 진행하지 않고 있음), 자발적 협약, (목표관리제)배출권 거래제 ・2009년 이후 온실가스/에너지 목표관리제 관리업체 ・금년(2015)부터 배출권거래제 업체로 변경 지정되어 진행 - 현재 온실가스 산정 현황: Tier 1/2급 - 관리시스템 : ETS-OMS(2009년 시행-2010목표/자발적 대응 Target)를 통해 관리(ACARS 등 사내 시스템과 데이터 연동) ・여객 수송실적(EU, ICAO 기준), 화물 수송실적, 연료 사용량 등을 관리 ・연료사용량 관리 : 급유 영수증(잔량 연료량은 ACARS를 통해 전송)-KASS의 시스템과 연동 → ACARS 데이터 전송 오류가 많음. 오류 시에는 Log 값을 오프라인으로 찾아서 보정 ・Tank remain fuelA + uplift - Tank remain B ◦ 진에어 온실가스 관리 현황 - 항공 온실가스 관리 범위: 항공기 연료 및 온실가스 관리, 건물 - 진에어 온실가스 관리부서 : 운항팀, 정비팀 등 - 국내 대응 정책 : 자발적 협약, 목표관리제 ・2015년 4년치 배출 현황 자료 제출 예정 - 현재 온실가스 산정 현황: Tier 1급	

	・ramp out(출발전 급유량-KASS) - 연료잔류량 ・ACARS 데이터, 연료 소비량 데이터, 운송 실적 데이터(ERP 시스템) 등을 받아 엑셀 작업(월별 단위)
대응방안(계획)	<항공사 의견 수렴> - 네트워크 연동 시스템의 경우(소프트웨어 or 웹기반이든) 데이터 보안의 문제 - 각 항공사의 데이터 관리 수준의 평준화 반대 - 시스템 사용시 사용자 편의 및 효율성 확보 필요 - 감축 수단별 표준화된 신뢰성 있는 산정 방법 제시 필요 ・예: 항로 재설계의 경우 감축량 산정→신뢰성 확보의 문제

4.5 '15.03.23 사용자 요구사항 서면 검토

항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 사용자 요구사항 검토 의견서

요구사항 ID	FUR-0001	세부내용	항공온실가스 산정 및 예측 상용 툴 보고서
검토의견 *2) 범위 지정에 따른 Reporting 이 이루어져야 한다 (날짜,항로,구간,고도 등등)* →항공온실가스 산정 및 예측에서 항공기 운항중량과 Speed 는 매우 중요한 변수가 됨을 고려하여 범위 지정에 포함하면 더욱 Data 의 정확성이 제고 될것으로 사려됩니다.			
요구사항 ID	FUR-0002	세부내용	표준화 된 산정기준 제시
검토의견 1) 감축기술에 대한 표준화 된 산정기준이 제시되어야 한다. → 산정기준 선정에 있어서 항공기 제작사 Manual or Document 을 우선적으로 적용 요.(감축기술을 실행하는 운항승무원에게 가장 설득력있는 기준을 제시 할 필요가 있으며), 2) 감축수단별 저감효과에 대한 데이터 검증 및 이에 대한 결과서가 제공되어야 한다. → Data 검증에 가능하면 항공기 FOQA Data 와 호환한다면 신뢰성 배가 될 것으로 사려됩니다..			
요구사항 ID	*FUR-0009*	세부내용	*온실가스의 다양한 산정 업무를 제공*
검토의견 *3) 연료사용량과 알고리즘 산 값간 오차가 최소화 되어야 한다.(정비, 자연발화 등에 대한 고려 필요).* *→ 정비, 발화 이외에 항공기 고유의 성능특성 (APMS: Aircraft Performance Monitoring Sys) 을 고려 함이 요구됩니다.* *13) Flight Plan 과 연동되어 계획대비 연료사용량이 한눈에 총계치를 확인 할 수 있는 자료를 제공하여야 한다.* *→ 계획 대비 연료량 산정 시 실제 항공기 중량, 속도, Wind, Temp 등을 오려한 비교값 선정 요. (실제 운항Data 는 Computer based Flight Plan 과 오차가 상존함을 고려 할 필요가 있습니다).*			
요구사항 ID	FUR 0012	세부내용	감축수단 별 미래 온실가스 선정이 가능
검토의견 *5) 국내 및 해외 여러 노선에 대한 감축량 예측이 되어야 한다.* *→ 항공기 운항 수요가 급증하는 노선 (제주,방콕 등) 에 대한 감축량 예측산정이 노선의 Traffic Condition 고려 요.* *제주, 방콕 노선은 운항수요가 급증하여 Traffic Condition 이 열악해지는 추세 임 (Optimun Altitude 배정 불가, 예기치 않은 Holding 등) 이러한 미래 Traffic Condition 을 고려할 필요성이 있습니다.*			
요구사항 ID		세부내용	
검토의견			
요구사항 ID		세부내용	
검토의견			
요구사항 ID		세부내용	
검토의견			
요구사항 ID		세부내용	

2015년 3 월 25 일

자문위원 소속 : 티웨이항공 성명 : 박남준 박남준(서명)

항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 사용자 요구사항 검토 의견서

요구사항 ID	FUR-0005	세부내용	5) 항공사의 연료 외에 에너지까지 관리 할 수 있어야 할 것이다.
1. 목표관리제 및 배출권 거래제에서 적용되고 있는 항공기를 포함하여 다른 배출 시설에 대한 배출량도 연동되어 관리될 경우 효율적이라고 생각됨			
요구사항 ID	FUR-0009	세부내용	6) 온실가스 산정 시 국내 및 국제선을 구분하여 산정이 가능하여야 한다.
1. 국내선 및 국제선 구분하여 RTK에 따른 연료 효율 내역도 산출 필요 (자발적 감축 협약 관련) 2. RTK 산정 시 대권거리 및 수송실적 정보가 반영되어야 함 - 대권거리의 경우에는 국토교통부에서 통합 일원화하고 있는 수치로 DB 구축 필요 3. 과거 실적 데이터 분석을 통해 다양한 각도에서 통계 분석 될 수 있도록 적용 필요 - 과거 3개년의 평균 배출량, 배출량 변화 추이 - 기종 별, 기번 별 연료 사용량 및 배출량 추이 - 노선 별 최적 연료 사용량 대비 실제 사용량의 편차 및 발생 이유 등			
요구사항 ID	FUR-0013	세부내용	1) 감축활동 모니터링을 위한 통계 Report가 제공되어야 한다.
1. 월별 or 분기별 등 주기적으로 실제 연료 소비량 및 온실가스 배출량이 모니터링 되어 목표 치 대비 운영하면서 의사결정이 가능하도록 데이터 분석 알고리즘 구축			
요구사항 ID	FUR-0001	세부내용	1) 검증 Report가 출력 되어야 한다.
1. report 형식은 연료사용량, 온실가스 배출량, 감축 수단 별 저감량 등 다양한 각도로 접근 필요 2. 또한 자발적 감축협약에서 사용하고 있는 보고서 형식도 적용 가능하면 효율적이라고 생각됨			
요구사항 ID	DAR-003	세부내용	2) 항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴 핵심 컴포넌트 개발을 위한 필요 자료
1. 공항데이터 정보 사용 시 경도, 위도 자료의 정확성 확보 요망(해당 공항의 AIP 자료 정보 사용)			
요구사항 ID	FUR-0015	세부내용	9) 온실가스 감축수단 산정기준이 명확하여야 한다.
1. 감축수단 별 산정기준 적용 시 형평성의 입장에서 각 해당 항공사에 동일 기준이 적용될 수 있도록 관리 필요 - 항공기 기종 별 제작사에서 발행된 매뉴얼에서 제시하는 기술적인 내용 적용 등			
요구사항 ID	FUR-0001	세부내용	1) 결과보고서에 표시되는 감축량의 단위는 "kg, %, tons, second, min, hour, kg/hr, t/hr, kg/yr, $, 원화" 등으로 표시되어야 한다.
1. 단위 환산 시 국제 표준 근거에 따른 환산이 될 수 있도록 반영 (목표관리제 관련 수치 반영 시 검증 대상) ex) lbs -> kg 단위 환산 시 SI(국제단위계) 기준 적용하여 산출(한국 표준 과학원) : 1kg = 2.2046 lbs			
요구사항 ID	FUR-0001	세부내용	8) 결과보고서는 다양한 형식(PDF, DOC, TXT, HWP 등)으로 저장이 되어야 한다.
1. 입력 및 분석 된 결과보고서 및 관련 데이터에 대한 저장 및 추출 시 자료의 성격에 따라 Excel 파일 형식으로도 가능하도록 고려			
요구사항 ID	DAR-003	세부내용	3) 항공기 이동 데이터베이스에 필요한 정보 - Taxi Time
1. 해당 공항의 항공기 운항 시 실제 Taxi Time 관련 정확한 정보 DATA 습득을 통해, Taxi Fuel 탑재량 절감 방안 연계 도모 필요			
기타의견			
1. 국토교통부에서 신설 항로 구축 (RNAV 관련 등) 에 대한 항로 거리 단축에 따른 해당 항공사 연료 저감량이 자동 산출 될 수 있는 DB 구축			

2015년 3 월 27 일

자문위원 소속 : ㈜ 진 에 어 성명 : 김 재 하 (서명)

항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 사용자 요구사항 검토 의견서

요구사항 ID	*FUR-0005*	세부내용	5) 항공사의 연료 외에 에너지까지 관리 할 수 있어야 할 것이다.
검토의견 : 경제운항에 연료, 에너지 외에 항공사의 운항목표 중의 하나인 즉, 연료, 에너지 절감이 아닌 Tankering, Reduced thrust takeoff 등 또한 관리			
요구사항 ID	FUR-0006	세부내용	5) 항공사에서 제공하는 DATA는 타 기관은 볼 수 없으며, 정부는 이 DATA를 감시목적으로 사용해서는 안 된다.
검토의견 : 감시목적 뿐만 아니라 상벌 목적으로 사용할 수 없다는 내용 추가. 경쟁적으로 실시할 경우 안전운항에 저해 요소로 작용할 수 있음			
요구사항 ID	FUR-0009	세부내용	4) APU, Taxi 등 항공기의 지상에서 소모되는 연료에 대한 산정이 이루어져야 한다.
검토의견: 정비행위를 위해 사용하는 연료는 물론 지상에서 소모되는 연료에 포함되지만, 사례로 명확하게 정비행위 또한 표시할 필요가 있음.			

2015년 월 일

자문위원 소속 : 이스타항공 성명 : 김재수 (서명)

항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 사용자 요구사항 검토 의견서

요구사항 ID	SYS-001	**세부내용**	1) 항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴을 개발하기 위한 장비를 준비함
-컴퓨터 요구사항이 기존 오피스업무에 사용하는 pc에 대해 지나치게 높은 사항을 요구한다. 대부분 오피스에서 적용하는 pc의 경우 기본적인 문서작업에 필요한 사항으로 설정되어있는 것에 반에, 업무관련 담당자 pc 전체를 바꿔야 할 만큼 지나치게 고사양이라고 판단됩니다.			
요구사항 ID	SYS-002	**세부내용**	운영체제는 Windows 7 으로 구동되어야 한다.
-Window 7 외에 다른 운영체제에서도 구동이 가능한지 검토 부탁드립니다.			
요구사항 ID	FUR-0002	**세부내용**	1) 감축기술에 대한 표준화된 산정기준이 제시되어야 한다. 2) 감축수단별 저감효과에 대한 데이터 검증 및 이에 대한 결과서가 제공되어야 한다.
-모든 항공사들의 감축기술 및 저감효과 산정기준의 표준화 필요(기종별 분류)			
요구사항 ID	FUR-0006	**세부내용**	3) 항공사별 온실가스 감축 활동을 통한 연료소비량 감축실적을 사용자가 입력 또는 up-load할 수 있어야 한다. 4) 온실가스 보고서가 편리하게 UPLOADING이 가능 할 수 있도록 해야 한다.
-up-loading 한 자료를 특별한 제약없이 수정이 가능한 기능 추가			
요구사항 ID	FUR-0009	**세부내용**	4) APU, Taxi 등 항공기의 지상에서 소모되는 연료에 대한 산정이이루어져야 한다. 13) Flight plan과 연동되어 계획대비 연료 사용량이 한눈에 통계치를 확인 할 수 있는 자료를 제공하여야 한다.
-일부 LCC 는 회사 여건상 지상에서 APU 및 Taxi 연료 산정에 있어 관련 통계 시스템이 구축되어 있지 않기 때문에 실제 사용량 산출에 어려움. 시스템이 구축될때까지 대체 산정방안에 대한 기준 제시 필요 *-매편 Flight Plan을 해당 시스템에 어떻게 연동을 시킬 것 인지에 대한 구체적인 방법 제시 요구*			

2015년 월 일

자문위원 소속 : 이스타항공 성명 : 김지광 (서명)

5. <첨부 2> 사용자 요구사항 정의서

한국교통연구원 THE KOREA TRANSPORT INSTITUTE

단계	*요구정의*
문서번호	
작성일자	

업무 기능	요구사항 ID	요구사항 명	세부요구사항 ID	요구사항 설명	상태	중요도	난이도	기능 분류	관련 부서	관련 서브시스템	추가 관련 기능	요구사항 중복, 유사, 연관성	업무 대응 가능 기관
	UR-01	공통	UR-01-001	검증 Report가 출력 되어야 한다.				기능	미분류	산정			항공사 및 정부
			UR-01-002	감축기술에 대한 표준화된 산정기준이 제시되어야 한다.				기능	미분류	감축기술			항공사 및 정부
			UR-01-003	감축수단별 저감효과에 대한 데이터 검증 및 이에 대한 결과서가 제공되어야 한다.				기능	미분류	산정	의사결정		항공사 및 정부
			UR-01-004	범위 지정에 따른 Reporting이 이루어져야 한다. (날짜, 항로 구간, 고도 등등)				기능	미분류	전체			항공사 및 정부
			UR-01-005	그래프의 종류는 막대, 원형, 선형, 누적그래프 등 여러 그래프로 표시되어야 한다.				기능	미분류	전체			미분류
			UR-01-006	두개 이상의 감축수단 적용 결과 값은 한 그래프에 중복되어 표시될 수있어야 하며, 이는 사용자가 보기에 이해하기 쉬워야 한다.				기능	미분류	전체	의사결정		미분류
			UR-01-007	한 그래프에 두개이상의 감축수단 결과값이 표시되었을 시, 이를 동시에 적용하였을때의 결과값도 독립적으로 표시되어야 한다.				기능	미분류	전체	의사결정		미분류
			UR-01-008	그래프가 한 화면에 두개 이상 표시되어야 한다.				기능	미분류	전체			미분류
			UR-01-009	그래프의 X축,Y축은 사용자가 지정하여 표시되어야 한다.				기능	미분류	전체			미분류
			UR-01-010	결과보고서에 표시되는 감축량의 단위는 "kg, %, tons, second, min, hour, kg/hr, t/hr, kg/yr, $, 원화" 등으로 표시되어야 한다.				기능	미분류	전체			미분류
			UR-01-011	감축수단별 저감효과에 대한 데이터 검증 및 이에 대한 결과서가 제공되어야 한다.				기능	미분류	의사결정	감축기술		미분류
			UR-01-012	결과보고서는 사용자가 선택한 감축수단에 대해 개별적으로 제공되어야 한다.				기능	미분류	미분류			미분류
			UR-01-013	항공사의 감축결과보고서 양식이 제공되어 보고 시 간단명료하게 입력이 가능하도록 하여야 한다.				기능	미분류	보고포털	의사결정		미분류
			UR-01-014	결과보고서에 표시되는 감축수단 적용 결과 나열방식은 가장 큰 값부터 또는 가장 작은 값부터로 선택할 수 있어야 한다.				기능	미분류	감축량 예측	의사결정		미분류
			UR-01-015	결과보고서에사용자가그래프를선택할수있어야한다.				기능	미분류	전체			미분류
			UR-01-016	결과보고서는 다양한 형식(PDF, DOC, TXT,HWP 등)으로 저장이 되어야 한다.				기능	미분류	전체			미분류
			UR-01-017	항공사결과보고서는"항공기 운항수(연간/월간) 감축수단(적용/미적용) 감축량(t) 감축률(%) 비용($/원화)" 가 포함되어야 한다.				기능	미분류	전체			미분류
	UR-02	온실가스 보고포털	UR-02-001	회사별 내부 시스템과 데이터 호환이 가능하여야 한다.				비기능	미분류	보고포털	산정		미분류
			UR-02-002	온실가스 목표관리제 업무를 포함하여야 한다.				기능	미분류	보고포털	의사결정		항공사 및 정부
			UR-02-003	항공 온실가스 자발적 감축협약 업무를 포함하여야 한다.				기능	미분류	보고포털	의사결정		항공사 및 정부

			UR-02-004	항공 온실가스 자발적 감축협약 업무 검증 및 평가가 가능해야 한다.				기능	미분류	보고포털	의사결정		항공사 및 정부
			UR-02-005	배출권거래제 할당업체(항공부문) 배출량 적절성 평가가 이루어져야 한다.				기능	미분류	보고포털	의사결정		항공사 및 정부
			UR-02-006	온실가스 보고서가 편리하게 UPLOADING이 가능 할 수있도록 해야 한다.				기능	미분류	보고포털	의사결정		항공사 및 정부
			UR-02-007	국문/영문지원이가능해야한다.				기능	미분류	보고포털	산정, 의사결정		정부
			UR-02-008	UI가 간단명료하게 표시되어야 한다.				비기능	미분류	보고포털	산정, 의사결정		항공사 및 정부
			UR-02-009	항공사별 온실가스 감축 활동을 통한 연료소비량 감축실적을 사용자가 입력 또는 up-load할 수 있어야 한다.				기능	미분류	보고포털			항공사 및 정부
			UR-02-010	항공사의 연료 외에 에너지까지 관리 할 수 있어야 할 것이다.				기능	미분류	보고포털			항공사 및 정부
			UR-02-011	네트워크 기반인 경우 VPN 등 시스템 정보가 보호되어야 한다.				비기능	미분류	보고포털			항공사 및 정부
			UR-02-012	네트워크 기반인 경우 항공사에서 입력한 정보의 암호화가 이루어져야 한다.				비기능	미분류	보고포털			항공사 및 정부
			UR-02-013	항공사에서 제공하는 DATA는 타 기관은 볼 수 없으며, 정부는 이 DATA를 감시목적으로 사용해서는 안된다.				비기능	미분류	보고포털			미분류
	UR-03	항공 온실가스 산정	UR-03-001	항로에 따른 최적 연료량 산정이 가능해야 한다.				기능	미분류	산정			미분류
			UR-03-002	항공 온실가스 산정을 위해 실제 풍속, 기상 등 운항에 미치는 영향을 고려하여야 한다.				기능	미분류	산정			미분류
			UR-03-003	온실가스 DB에서 가지고 올 수 없는 경우 기준 값을 입력할 수 있어야 한다.				기능	미분류	산정		UR-05-005	미분류
			UR-03-004	연료 사용량과 알고리즘 산출값간 오차가 최소화 되어야 한다.(정비, 자연발화 등에 대한 고려 필요)				기능	미분류	산정			미분류
			UR-03-005	APU, Taxi 등 항공기의 지상에서 소모되는 연료에 대한 산정이 이루어져야 한다.				기능	미분류	산정			미분류
			UR-03-006	비행 단계별 연료 소모량 및 온실가스 배출량이 산정되어야 한다.				기능	미분류	산정			미분류
			UR-03-007	온실가스 산정시 국내 및 국제선을 구분하여 산정이 가능하여야 한다.				기능	미분류	산정			미분류
			UR-03-008	항공기별 표준괘적 운항시 연료사용량, 온실가스 배출량 산정이 되어야 한다.(IPCC Tier 3a)				기능	미분류	산정			미분류
			UR-03-009	실제 기상데이터/항적 데이터를 사용하여 온실가스 산정이 가능하여야 한다.(IPCC Tier 3b)				기능	미분류	산정			미분류
			UR-03-010	국적 항공사에서 운항하는 노선 외 외국 항공사의 운항 노선에 대한 온실가스 산정이 되어야 한다.				기능	미분류	산정			미분류
			UR-03-011	온실가스 산정치는 신뢰할 수 있도록 해야한다. (산정 기준 제시)				비기능	미분류	검증			미분류
			UR-03-012	공항 주변(항공기 지상운용, 항공기 이착륙, 공항내 이동차량) 대기오염물질 및 온실가스 배출량 제시가 가능해야 한다.				기능	미분류	산정			미분류
			UR-03-013	온실가스 배출량을 공항별/항로/섹터/국가/기간 별 산정이 가능해야 하며 이를 GIS 맵 상에 표시되어야 한다.				기능	미분류	검증			미분류
			UR-03-014	실제 데이터 없이 표준 DB에서 항공 및 지상 온실가스가 산출 가능하여야 한다.				기능	미분류	산정			미분류
			UR-03-015	항공기 운항에 따른 온실가스 및 대기오염에 미치는 물질의 배출량이 추가적으로 산정되어야 한다.				기능	미분류	산정			미분류

			UR-03-016	미래 항공교통 수요 시나리오 생성이 가능해야 한다. 이는 사용자가 up-load 또는 GUI상 직접입력 모두 가능해야 한다.				기능	미분류	산정			미분류
			UR-03-017	미래 운항스케쥴, 미래 항공기 성능 및 항공기별 퇴역시기/신규 항공기 도입 등 미래 항공교통 운항 DB 생성이 가능 해야한다. 이는 사용자가 up-load 또는 GUI상 직접입력 모두 가능해야 한다.				기능	미분류	산정			미분류
			UR-03-018	Flight plan과 연동되어 계획대비 연료 사용량이 한눈에 통계치를 확인 할 수있는 자료를 제공하여야 한다.				기능	미분류	산정			미분류
			UR-03-019	감축수단적용시미래온실가스를산정할수있어야하며,이는 현재비용가치로 변환이 가능해야한다.				기능	미분류	산정			미분류
			UR-03-020	감축수단의 단일 비행별 또는 운항 구간별 감축수단의 효과를 사용자가 변경할 수 있어야 한다				기능	미분류	산정	의사결정		미분류
			UR-03-021	감축수단 적용, 미적용에 따른 출도착 공항 간 비교가 가능하여야 한다.				기능	미분류	산정	감축수단		미분류
			UR-03-022	감축수단별 미래 온실가스 예측에 대한 정확한 데이터 산출이 가능하여야 한다.				기능	미분류	산정			미분류
			UR-03-023	국내 항공사에서 운행하는 노선 외 해외 여러 노선에 대한 감축량 예측이 되어야 한다.				기능	미분류	산정			미분류
			UR-03-024	온실가스 감축량 예측치에 대해 항로 별/기간 별 GIS 맵 상에 표시되어야 한다.				기능	미분류	검증			미분류
	UR-04	의사결정	UR-04-001	감축활동 모니터링을 위한 통계 Report가 제공되어야 한다.				기능	미분류	의사결정			미분류
			UR-04-002	배출권거래제, 자발적 협약, 배출량 상쇄 등에 대한 비용 산정, 경제성 분석 등이 자동적으로 계산되어 최적의 감축기술 등을 제시할 수 있어야 한다.				기능	미분류	의사결정			미분류
			UR-04-003	각 항공사의 자발적 감축량 및 목표관리제의 목표를 제시하고 실행방안에 대한 구체적인 의사결정을 제시할 수있어야 한다.				기능	미분류	의사결정			미분류
			UR-04-004	시나리오별(배출권구매, 자발적 협약사항, 목표관리제 사항) 최적의 경제성 분석 결과를 제시하여야 한다.				기능	미분류	의사결정			미분류
			UR-04-005	UR-04-004의 시나리오 기준은 사용자에 의해 선택할 수 있어야 한다.				기능	미분류	의사결정			미분류
			UR-04-006	항공사별 direct Operation Cost DB를 사용하여 감축수단별 항공사에 미치는 비용 증감 계산이 가능해야 한다.				기능	미분류	의사결정			미분류
			UR-04-007	배출권 거래제에 대한 결과 및 구매비용 산출이 가능하여야 한다.				기능	미분류	의사결정			미분류
			UR-04-008	배출권 거래제를 고려한 의사결정 정보가 지원되어야 한다.				기능	미분류	의사결정			미분류
			UR-04-009	항공사별 항공기(기체 및 엔진 포함)의 퇴역시기 및 신규 항공기 도입 수요에 대한 계산이 가능해야 한다.				기능	미분류	의사결정			미분류
			UR-04-010	여러 감축수단을 적용 시 최적의 감축수단이 무엇인지 우선순위 선정이 가능하여야 한다.				기능	미분류	의사결정			미분류
			UR-04-011	온실가스 목표관리제 업무 지원을 위한 경제성 분석 및 의사결정 데이터를 제공하여야 한다.				기능	미분류	의사결정	보고포털	UR-02-002	항공사 및 정부
			UR-04-012	항공 온실가스 자발적 감축협약 업무 지원을 위한 경제성 분석 및 의사결정 데이터를 제공하여야 한다.				기능	미분류	의사결정	보고포털	UR-02-003	항공사 및 정부
			UR-04-013	항공 온실가스 자발적 감축협약 업무 검증 및 평가가 가능해야 한다.				기능	미분류	의사결정	보고포털	UR-02-004	항공사 및 정부

			UR-04-014	배출권거래제 할당업체(항공부문) 배출량 적절성 평가가 이루어져야 한다.				기능	미분류	의사결정	보고포털	UR-02-005	항공사 및 정부
	UR-05	감축량 예측	UR-05-001	온실가스 및 연료량 절감을 위해 감축수단을 고려하여야 한다				비기능	미분류	감축량 예측			미분류
			UR-05-002	감축수단별 오차가 최소화 되어야 한다				기능	미분류	감축량 예측			미분류
			UR-05-003	운항 구간 별(비행 단계별) 감축수단 결과값이 표시되어야 한다.				기능	미분류	감축량 예측			미분류
			UR-05-004	감축량예측을하기위해선항공사별로발생된배출가스량을온실가스DB에서가지고와야한다.				기능	미분류	감축량 예측			미분류
			UR-05-005	온실가스 DB에서 가지고 올 수 없는 경우 기준 값을 입력할 수 있어야 한다.				기능	미분류	감축량 예측		UR-03-003	미분류
			UR-05-006	감축수단 결과로는 그래프, 결과값이 도출되어야 한다.				기능	미분류	감축량 예측			미분류
			UR-05-007	감축수단의 적용여부는 마우스클릭으로 간단하게 켜고 끌 수 있어야 한다.				기능	미분류	감축량 예측	의사결정		미분류
			UR-05-008	감축수단별 적용 비율은 프로그램 사용자가 조절할 수 있어야 한다.				기능	미분류	감축량 예측	의사결정		미분류
			UR-05-009	온실가스감축수단산정기준이명확하여야한다.				기능	미분류	감축량 예측	감축기술		미분류
			UR-05-010	연료 절감을 위한 운항 감축수단 적용 중 실제 풍속, 기상 등 운항에 미치는 영향 고려하여 산출하여야 한다.				기능	미분류	감축량 예측			미분류
			UR-05-011	운항 후 잔여 연료 최소화를 위한 감축 수단이 제공되어야 할 것이다				기능	미분류	감축량 예측			미분류

시스템 개발 계획서

(System Development Plan)

항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발

문서ID : SDP_체계종합_KOTI

Version : 1.0

KOTI 한국교통연구원
THE KOREA TRANSPORT INSTITUTE

AUTHORIZATION

1. 시스템 개요

한국교통연구원 Approval:

본 문서에 대한 서명은 한국교통연구원 내부에서 본 문서에 대하여 수행 및 유지관리의 책임이 있음을 인정하는 것임.

승인자 :	한재현	(인)	**일자 :**	2015.05.30

검토자 :	보 고 포 털 : 박진서 산 정 분 야 : 박보미, 임재진 감축량 분야 : 조현수. 정수진, 김상현 경제성 분야 : 김준혁, 서영성	(인)	**일자 :**	2015.05.27

작성자 :	황유철	(인)	**일자 :**	2015.04.27

제・개정이력1. 시스템 개요

버전	제/개정	제/개정자	개정 사유 및 내역	날짜
0.1	제 정	황유철	최초 제정	2015.04.27
1.0	“	정수진	TTA 결함 반영 및 SRR 의견 반영	2015.05.20

목 차1. 시스템 개요

1. 시스템 개요 ····· 1
1.1 시스템 명 ····· 1
1.2 개발 기간 ····· 1
1.3 개발 배경 및 목적 ····· 1
1.4 연구개발 기대효과 ····· 3
1.5 관련 사용자 분류 및 특징 ····· 3
1.6 활용 분야 ····· 6

2. 시스템 개발 범위 및 목표 ····· 7
2.1 업무단위별 개발 범위 ····· 7
2.2 시스템 목표 ····· 8
2.3 전체 시스템 구성도 ····· 9

3. 프로젝트 수행 전략 ····· 11
3.1 개발 생명주기 및 프로세스 ····· 11
3.2 개발 방법론 ····· 12
3.5 형상관리 계획 ····· 12
3.5 품질관리 계획 ····· 15
3.6 문서관리 계획 ····· 16

4. 시스템 개발 수행 조직 및 개발 시스템 체계 ····· 18

5. 시스템 개발 세부 일정 ····· 20

1. 시스템 개요

1.1 시스템 명

○ 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템

1.2 개발 기간

구분	1차년	2차년	3차년	4차년
기간	'14.10.31~'15.05.30	'15.06.01~'16.05.30	'16.06.01~'17.05.	'17.06.01~'18.04.30

1.3 개발 배경 및 목적

1.3.1 배경

○ 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization, ICAO)는 Committee on Aviation Environmental Protection(CAEP) 위원회를 통하여 현재 NOx를 비롯한 대기오염물질을 항공기 엔진 인증(Certification)을 통하여 규제하고 있으며, 2016년 도입을 목표로 2010년부터 항공기 이산화탄소 인증 기준(Aircraft CO_2 Certification Standard)을 개발하고 있다.

○ ICAO는 항공기 제조업체(OEM)를 규제하는 항공기 이산화탄소 인증 기준 이외에도 항공사(Airline)의 연간 온실가스 배출량을 규제하기 위한 탄소배출권 거래제의 국제적인 기준을 2020년 도입을 목표로 개발 중에 있다.

○ 또한 항공부문의 온실가스 감축을 촉진하기 위하여 ICAO는 회원국들에게 매 3년마다 항공부문 온실가스 감축을 위한 국가이행계획을 제출할 것을 요구하고 있다.

○ 우리나라가 이와 같은 항공 환경 국제기준 마련에 참여하여 기술적인 의견을 내기 위해서는 항공운항으로 인한 환경 효과를 정량화할 수 있는 기술 확보가 필수적이다.

○ 또한 우리나라는 2012년 이행계획에서 여러 합리적인 가정과 활용 가능한 제한적인 데이터의 논리적 연산 및 과거 감축추세를 감안하여, 이를 추정하였으나 신뢰성이 높은 예측치라고 하기는 어려운 상태이며, 특히 저비용 항공사의 경우 필요한 데이터의 확보 등, 여러 가지 여건이 부족한 상태여서 어려움이 가중되고 있다.

1.3.2 목적

○ 본 「항공 온실가스 산정 및 예측시스템 」은 다음과 같은 사항을 목적으로 개발을 추진한다.

- 항공부문의 온실가스 감축 주체들이 간단하고 편리하게 사용할 수 있는 온실가스 배출량 산정, 감축효과 분석 및 보고/의사결정 지원시스템의 개발 및 보급

- 항공부문의 효과적인 온실가스 감축수단 개발과 이행을 촉진하고, 이를 통하여 항공부문 온실가스 감축에 기여

- 국내적으로 항공기의 경제적 운항과 항공분야 온실가스 배출량 최소화에 기여하고 국내·외 배출 규제에 효과적으로 대응 가능한 시스템 개발

- 온실가스 저감 방안 개발 및 활용 이해관계자들에게 편의성 제공

- 항공기 절차별 온실가스 배출현황 파악 및 관리

1.4 연구개발 기대효과

○ 우리나라 항공 산업이 세계 수준의 온실가스 배출 모델링 기술을 확보하여 기후변화 대응 전략을 수립함으로써, 우리나라가 지속가능 경영의 국제적 모범사례로 자리 잡는데 크게 기여

- 적절한 환경투자 수준을 정량적으로 도출

- 항공 산업의 친환경 신기술도입 및 운항 개선 활동에 경제적 타당성과 당위성을 부여하여 저탄소 녹색성장 촉진에 기여

○ 항공기 절차별 온실가스 저감 방안 설정 가능

- 세부적인 온실가스 저감 방안 개발 및 활용 가능

- 목표관리제나 자발적 협약으로 온실가스 저감 목표를 설정하고 있는 항공운송사업자들이 보다 효과적인 목표설정 및 방안 마련 가능

- 절차별 배출 알고리즘은 각종 정책의 수립, 집행, 효과분석 등의 근거로 활용 가능

○ 항공기 지상이동 및 절차별 온실가스 배출 알고리즘의 경쟁력 확보 기반 마련

○ 항공 온실가스 저감효과 분석 모델 기술의 연구 분석을 통해 국가 온실가스 감축목표 설정과 이를 이행하기 위한 관리체계를 확립함으로써 국제항공 기후변화 대응력 확보 기대

1.5 관련 사용자 분류 및 특징

1.5.1 사용자 정의

○ 본 시스템에 대한 사용자는 전문사용자, 운용자 및 일반 사용자로 구분된다.

- 전문사용자 : 정부, 정부 지원 기관 및 항공사는 온실가스 감축관련 정책업무 수립 및 이행을 위한 분석 등을 위해 본 시스템 사용

- 운용자 : 상용화 기관, 유지보수 기관 및 시스템 운용 기관은 본 시스템의 판매 및 시스템 구동을 위한 장비 및 S/W 유지보수 담당

- 일반 사용자 : 대학, 지방자치단체, 관련 민간단체 및 공항공사 등 기관별 목적달성을 위해 본 시스템 사용

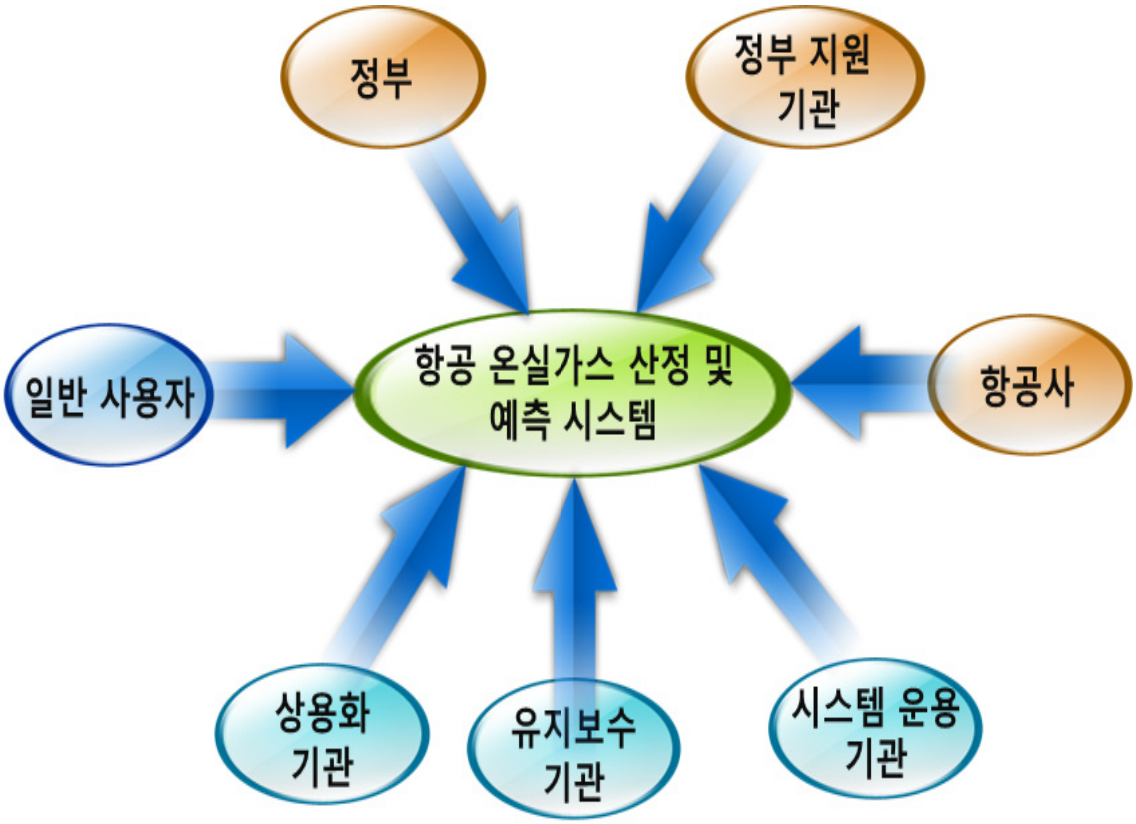


그림 1. 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 사용자 및 운용자 구성도

1.5.2 사용자 특성

○ 정부기관

- 항공로 주변 환경 상태를 고려한 합리적인 경로를 도출

- 항공 교통의 지속성장을 위한 항공 경로 구조 조정 도출

- 항공부문 온실가스 감축목표 달성도의 정밀한 측정 제공

- 온실가스 목표관리제를 위해 온실가스 감축 목표 설정 및 항공사의 감축

목표 달성 관리·평가

- 온실가스 감축 목표 설정 및 온실가스 감축 이행실적 관리
- 항공 온실가스 감축 국가이행계획(State's Action Plan) 수립 및 효율적 운영을 위한 정책 수립
- 시장기반체제(Market Based Measures) 추진에 있어 국제 항공부문 온실가스 모니터링, 배출량 검증 지원 및 탄소상쇄, 배출권 거래제도 도입·시행 지원

○ 정부 지원 기관

- 온실가스 자발적 감축협약 및 목표관리제 관리 툴로 사용
- 국내 환경 분석 및 항공 전문 연구진에게 고정밀 항공부문 온실가스 분석 도구 및 데이터 제공
- 온실가스 감축 이행계획서 평가 - 참여 항공사가 제출한 이행계획상의 온실가스 배출량, 연료 절감 계획 등 적절성 평가를 통한 검증 활동 수행

○ 항공사

- 온실가스 자발적 감축협약 및 목표관리제 목표 달성을 위한 감축 계획 수립
- 온실가스 자발적 감축협약 및 목표관리제 보고 툴로 사용
- 항공기 도입 시 경로당 연료 절약 및 이에 따른 환경 부가세 절약 결과 도출
- 날씨와 항공기 무게 같은 변수의 차이에 따라 가장 최적화된 이착륙 속도, 각도 등 분석기능 제공

○ 일반사용자 (대학교, 지자체, 민간단체, 공항공사 등)

- 활주로 확장 및 신공항 건설시 요구되는 정량적인 환경적 영향 분석 및 의사결정을 즉시 제공

- 항공교통관리 및 인프라 개선

1.6 활용 분야

○ 온실가스 목표관리제

- (정부) 온실가스 감축 목표 설정 및 항공사의 감축 목표 달성 관리·평가

- (항공사) 온실가스 감축 목표 달성을 위한 감축 계획 수립 및 시행

○ 항공부문 온실가스 자발적 감축 협약

- (정부) 온실가스 감축 목표 설정 및 온실가스 감축 이행실적 관리

- (항공사) 온실가스 감축 이행계획서 수립 및 시행

- (교통안전공단) 온실가스 감축 이행계획서 평가 - 참여 항공사가 제출한 이행계획 상의 온실가스 배출량, 연료 절감 계획 등 적절성 평가를 통한 검증 활동 수행

○ 국가이행계획(State's Action Plan)

- (정부) 온실가스 감축 계획 수립 및 효율적 운영을 위한 정책 수립

- (항공사) 항공기교체, 효율적인 운영 등

- (공항) 항공교통관리 및 인프라 개선

○ 시장기반체제(Market Based Measures) 추진 정책

- (정부) 국제 항공부문 온실가스 모니터링, 배출량 검증 지원 및 탄소상쇄, 배출권 거래제도 도입·시행 지원

○ 항공기 절차별 온실가스 배출현황 파악 및 관리

2. 시스템 개발 범위 및 목표

2.1 업무단위별 개발 범위

2.1.1 시스템 개발

표 2. 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 범위

서브시스템	모듈	업무	업무범위	비고
항공 온실가스 보고 포털 서브시스템	항공 온실가스 보고 포털 모듈	S/W개발 및 구동 장비 구축	- 표준 데이터 플랫폼 기반 국내 항공부문 온실가스 배출정보에 대한 통합 관리 시스템 개발과 국내/외 항공온실가스 규제 대응을 위한 지원 관리 시스템 개발	
항공 온실가스 산정 및 예측 S/W 서브시스템	항공 온실가스 배출량 산정 모듈	S/W개발	- 항공 온실가스 기초데이터 검색/추출/관리 기술 개발 - 알고리즘 모듈과 DB 통합 시스템 구축 - 배출량 산정 알고리즘 이용한 산정 모듈 개발	
	항공 온실가스 감축량 예측 모듈	S/W개발	- 항공 온실가스 기초데이터 검색/추출/관리 기술 개발 - 알고리즘 모듈 과 DB 통합 시스템 구축 - 감축량 예측 알고리즘 이용한 예측 모듈 개발	
	경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈	S/W개발	- 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈 개발	
	항공 온실가스 산정 및 예측 모듈 필수 데이터 목록 구축 및 수집 모듈	DB 구축	- 시스템 아키텍처 기획 및 개발 - Database 용량 예측 및 산정 - Database 개념/논리 설계 - 외부 시스템 연계 설계 - 기초 데이터 소스 파악 - Database 상세 논리 설계 - Database 물리 설계 - 데이터 정합성 검증 및 데이터베이스 튜닝	

	각 모듈의 통합 상용 툴	S/W개발	- 사용자 인터페이스(UI) 개발 - 보고서 및 통계 기능 개발 - Full 버전 : 실제 출·도착지, 기종, 장착 엔진, 운항 절차, 계절·기상 등 관련 데이터 입력 통해 신뢰성 있는 온실가스 배출량/감축량 산정 기능 - Short 버전 : 온실가스 배출량을 산출하는 표준 (평균) 비행경로 등 표준(평균) 데이터만으로 온실가스 배출량/감축량 산정 기능	

2.2 시스템 목표

○ 본 시스템은 항공 온실가스 보고 포털 서브시스템과 항공 온실가스 산정 및 예측 서브시스템의 2개 서브시스템으로 구성된다.

○ 항공 온실가스 보고 포털 서브시스템

- 국가 항공 온실가스에 대한 배출정보 표준 데이터 플랫폼으로서 국적 항공사의 국내·외 온실가스 규제 대응을 할 수 있는 통합 관리가 가능한 웹 기반의 항공부분 온실가스 데이터 수집, 통계 데이터베이스를 개발한다.

○ 항공 온실가스 산정 및 예측 서브시스템

- 항공 온실가스 배출량 산정 모듈

  • 항적자료 및 항공기 성능 정보 등 실제 데이터를 사용하여 IPCC Tier3b 급 알고리즘이 적용된 항공 온실가스 배출량 산정 모듈을 개발한다.
  • 항공 온실가스 감축량 예측 모듈
  • 운항관리, 조종운항, 정비 및 역학, 중량관리, 교통관제의 5개 범주에 대한 감축기술 적용을 통한 저감효과를 분석하고, 저감 잠재량을 파악하여

추가 감축이 이뤄질 수 있도록 한다. 감축수단별, 비행단계별, 항공기종별 등 다양한 감축 시나리오 분석기술이 요구되며, 이를 통해 항공 온실가스 감축량 데이터베이스를 구축하고 경제적 운항절차 개발 및 효과적인 운항 체계를 구축하는 기술을 개발한다.

- 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈
- 각종 시나리오(국내·외 환경 관련 정책 시나리오, 미래 항공수요 및 신형 항공기 도입 시나리오, ICAO 항공기 인증규제 시나리오)와 각종 DB (항공기 성능, 항공사 운항 스케쥴, 항공사 비용)을 통한 항공기종별 비용 및 효과를 이용해 비용분석을 하여 Fleet Level 정책효과 분석하며, 이에 감축수단별 효과를 적용하여 감축수단별 정책효과 변화 및 비용/온실가스 감축량에 대한 분석을 통하여 정부 또는 항공사의 정책 수립에 대한 의사결정을 돕는 모듈을 개발한다.

- 항공 온실가스 산정 및 예측 데이터 플랫폼 모듈

- 항공 온실가스 배출량 산정 및 감축량 예측 모듈을 지원하기 위한 데이터 플랫폼로서 항적, 기상, 공항 및 FOQA 등의 자료를 포함하고 있다.

2.3 전체 시스템 구성도

○ 시스템 구축 환경은 개발될 시스템과 관련된 기반 SW나 HW, DB 등의 운영환경을 구성도로 표현함.

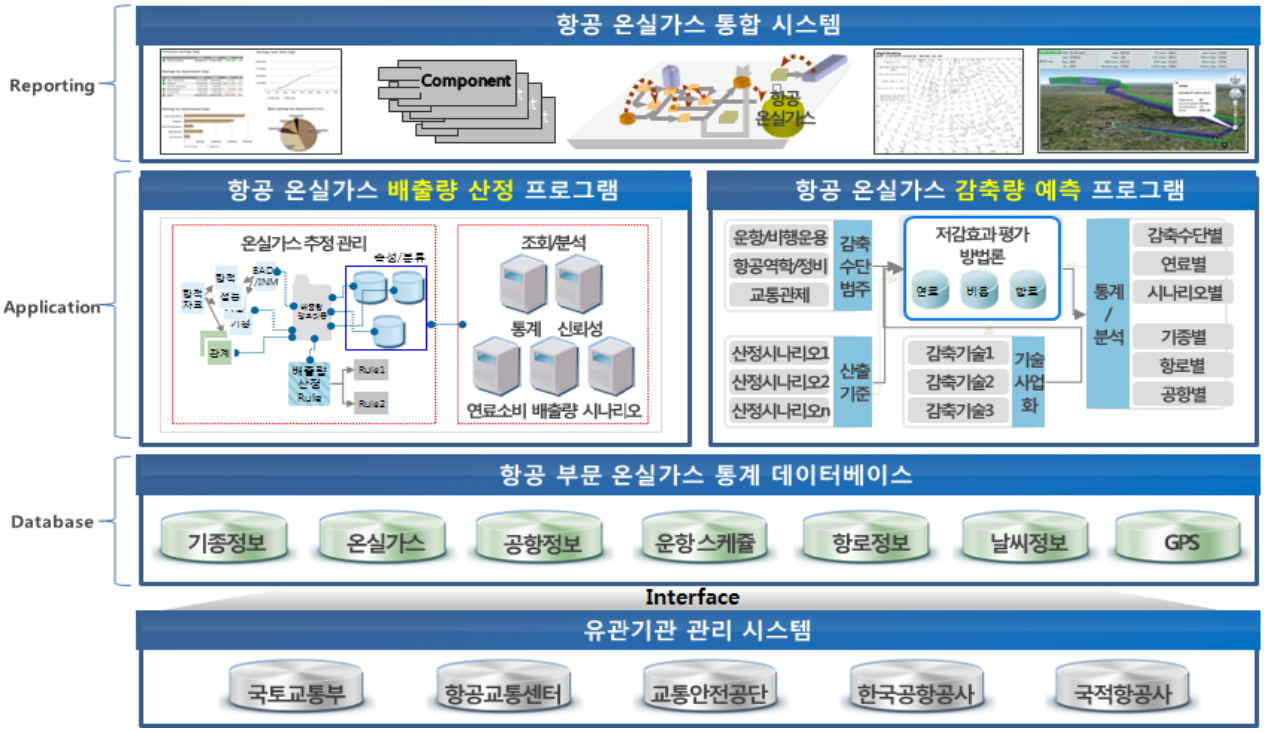


그림 2. 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 구성도

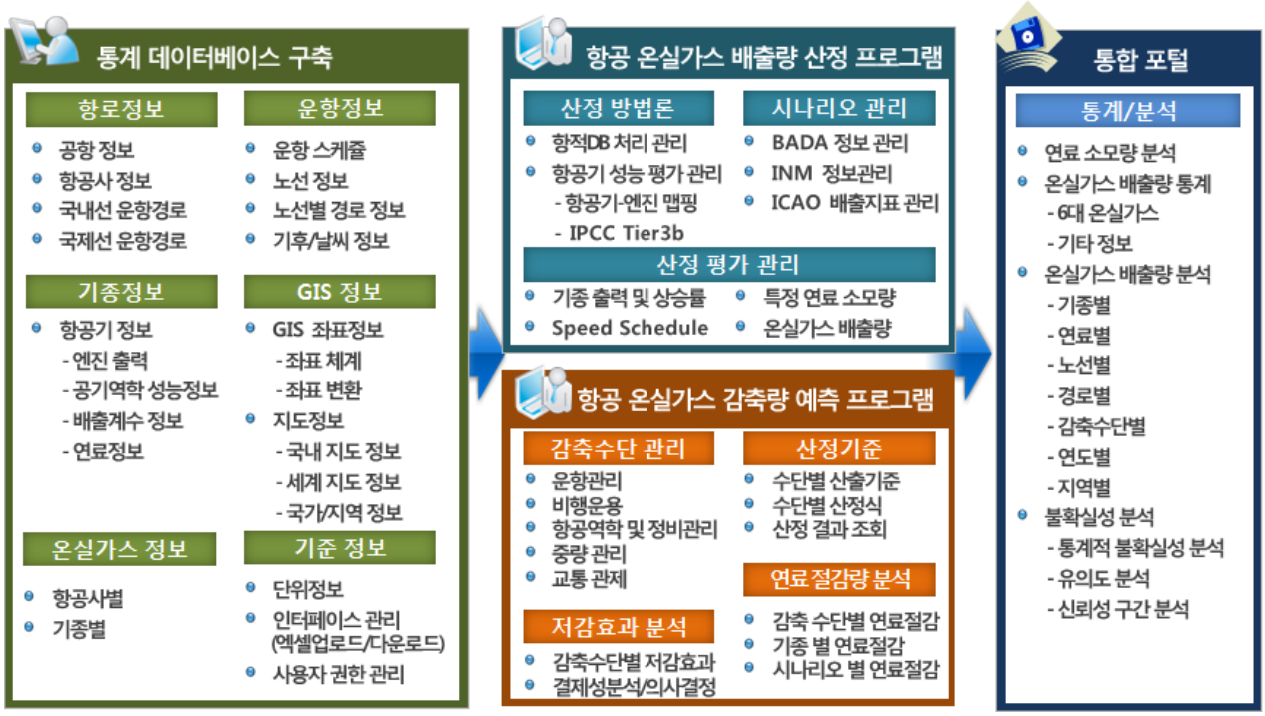


그림 3. 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 주요기능

3. 프로젝트 수행 전략

3.1 개발 생명주기 및 프로세스

3.1.1 개발 생명주기

○ 폭포수 모델(waterfall model)은 순차적인 소프트웨어 개발 프로세스(소프트웨어를 만들기 위한 프로세스)로, 국가연구개발사업 특성에 따라 본 시스템 개발 생명주기로 적용하여 소프트웨어 요구사항 분석 단계에서 시작하여, 소프트웨어 설계, 소프트웨어 구현, 소프트웨어 시험, 소프트웨어 통합 단계 등을 거쳐, 소프트웨어 유지보수 단계로 추진한다.

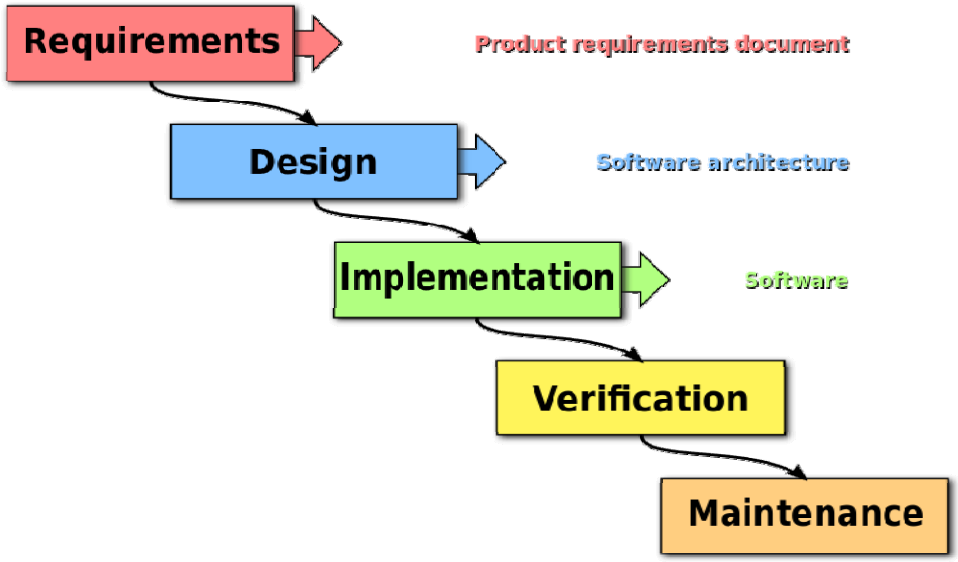


그림 4. 폭포수 모델(Waterfall Model)

3.1.2 개발 프로세스

○ 본 시스템 개발을 위한 전략으로 V형 개발 프로세스를 적용하여 개발 과정에서 감추어진 오류를 찾아내 시스템의 신뢰성을 높인다.

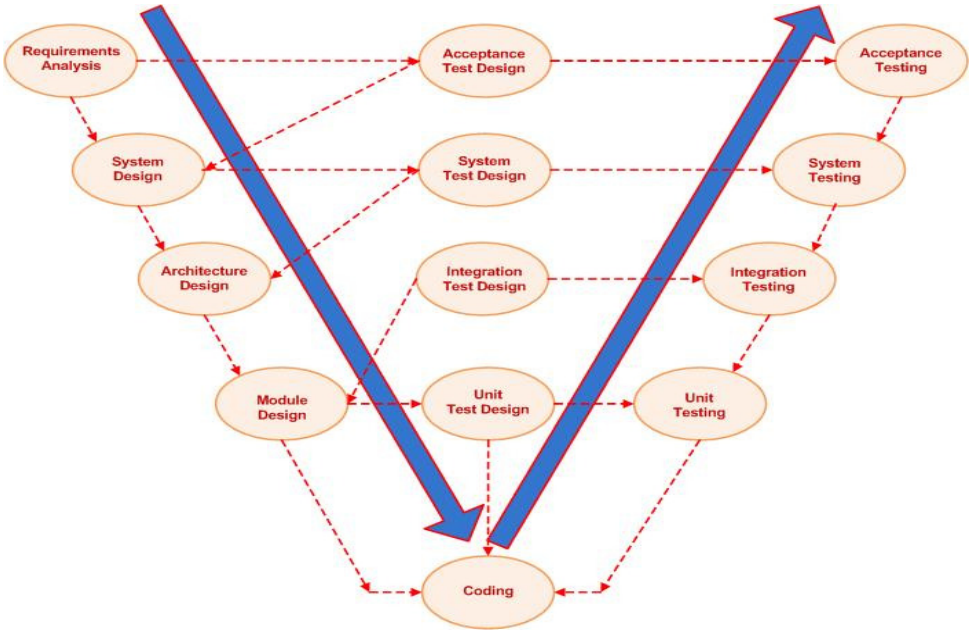


그림 5. 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 방법론

3.2 개발 방법론

○ 본 시스템 개발을 위한 방법론으로 Component-based Development(CBD)방법론을 채택하였다.

○ 위 CBD 방법론에 따른 시스템 개발을 위해 국방 CBD 방법론을 준용하며, 필요시 방법론의 부분적 수정 또는 변경을 할 수 있다.

○ 각 서브시스템 구현시 컴퍼넌트 단위별 구현을 원칙으로 하며, 각 컴퍼넌트 오류 발생시 타 기능과 연동되지 않도록 개발할 것을 권고한다.

○ 코딩규칙

- 본 시스템 개발의 표준화를 위해 “무기체계 소프트웨어 개발 및 관리 실무지침서” (부록 6)의 SW 코딩 규칙, 주석 규칙, 명명 규칙, 프로그램 작성 규칙 등을 따를 것을 권고한다.

3.5 형상관리 계획

3.4.1 형상관리 방안

○ Subversion(SVN)과 같은 형상관리 툴을 활용하여 형상관리를 실시한다.

3.4.2 문서 산출물 범위

○ 「항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발」의 단계별 개발 문서의 유형은 다음과 같다.

표 3. 개발 단계별 산출물명 및 기호

구분	산출물명(기호)	작성 단계
1	운용개념기술서(OCD)	시스템 요구사항분석/개념설계
2	시스템 요구사항 명세서(SSRS)	시스템 요구사항분석/개념설계
3	시스템 개발 계획서(SDP)	시스템 요구사항분석/개념설계
4	시스템 시험 계획서(STP)	시스템 요구사항분석/개념설계
5	시스템 상세 설계기술서(SSDD)	시스템/소프트웨어 구조/상세설계
6	상세 인터페이스통제문서(ICD)	시스템/소프트웨어 구조/상세설계
7	상세 인터페이스설계기술서(IDD)	시스템/소프트웨어 구조/상세설계
8	상세 데이터베이스설계기술서(DBDD)	시스템/소프트웨어 구조/상세설계
9	소프트웨어 개발완료 보고서 (개발환경, 파일/ 모듈 설명, 알고리즘 및 처리 루틴 등 내용 포함)	시스템/소프트웨어 구현
10	사용자/관리자 문서 (사용자지침서, 체계운영자지침서, 소프트웨어버전기술서, 소프트웨어산출물명세서 내용 포함)	시스템/소프트웨어 구현
11	시험절차서(STD)	시스템/소프트웨어 구현
12	시험결과보고서(STR) (단위, 통합, 인수 시험 결과 내용 포함)	시스템/소프트웨어 통합 시험

3.4.2 개발산출물 명명 규칙

○ 산출물 문서 명명

- 산출물 문서명은 Level 4 단위로 작성함.

- 산출물 문서명은 “[Level : 1)산출물 기호]_[Level 2 : 개발분야]_[Level 3 : 수행기관명]_[Level 4 : 버전 명]” 으로 함
(예 : SDP_체계종합_KOTI_V1.0.hwp)

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	파일 확장자
SDP	체계종합	KOTI	V1.0	.hwp, .ppt 등

- 산출물명에 사용되는 영문표기는 모두 대문자를 기준으로 함.

- 버전표기를 위한 숫자는 소수점 한자리를 포함하여 표기함.

- 단어 간의 띄어쓰기는 사용하지 않음.

○ 버전관리

- 각 산출물 문서 내에 개정이력을 통해 버전을 관리함.

- 최초 산출물 버전은 V1.0 을 기준으로 함.

- 산출물 수정 권고사항으로 인한 조치 산출물 버전은 0.1씩 버전 업하여 수정함. (과거 산출물을 삭제하지 않음.)

최초산출물	SDP_체계종합_KOTI_V1.0.hwp
1차 수정산출물	SDP_체계종합_KOTI_V1.1.hwp
2차 수정산출물	SDP_체계종합_KOTI_V1.2.hwp

3.4.3 요구사항 유형 및 명명 규칙

○ 요구사항 유형은 아래 분류 기준에 따라 기술함.

구분	요구사항유형	영문명	기호
1	시스템 요구사항	System Requirements	SYS
2	기능 요구사항	Functional Requirements	FUR
3	성능 요구사항	Performance Requirements	PER
4	보안 요구사항	Security Requirements	SER
5	품질 요구사항	Quality Requirements	QUR
6	인터페이스 요구사항	System Interface Requirements	SIR
7	데이터 요구사항	Data Requirements	DAR
8	프로젝트 관리 요구사항	Project Management Requirements	PMR
9	제약 사항	Constraints	COR
10	프로젝트 지원 요구사항	Project Support Requirements	PSR
11	테스트 요구사항	Test Requirements	TER

3.5 품질관리 계획

○ 소프트웨어 관점에서 System engineering 절차에 따라 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 산출물에 대해 검토회의를 통해 품질을 확인함.

○ 또한 산출물의 품질 향상을 위해 검토회의 전 국가공인시험기관의 검증시험을 통해 품질향상 실시함.

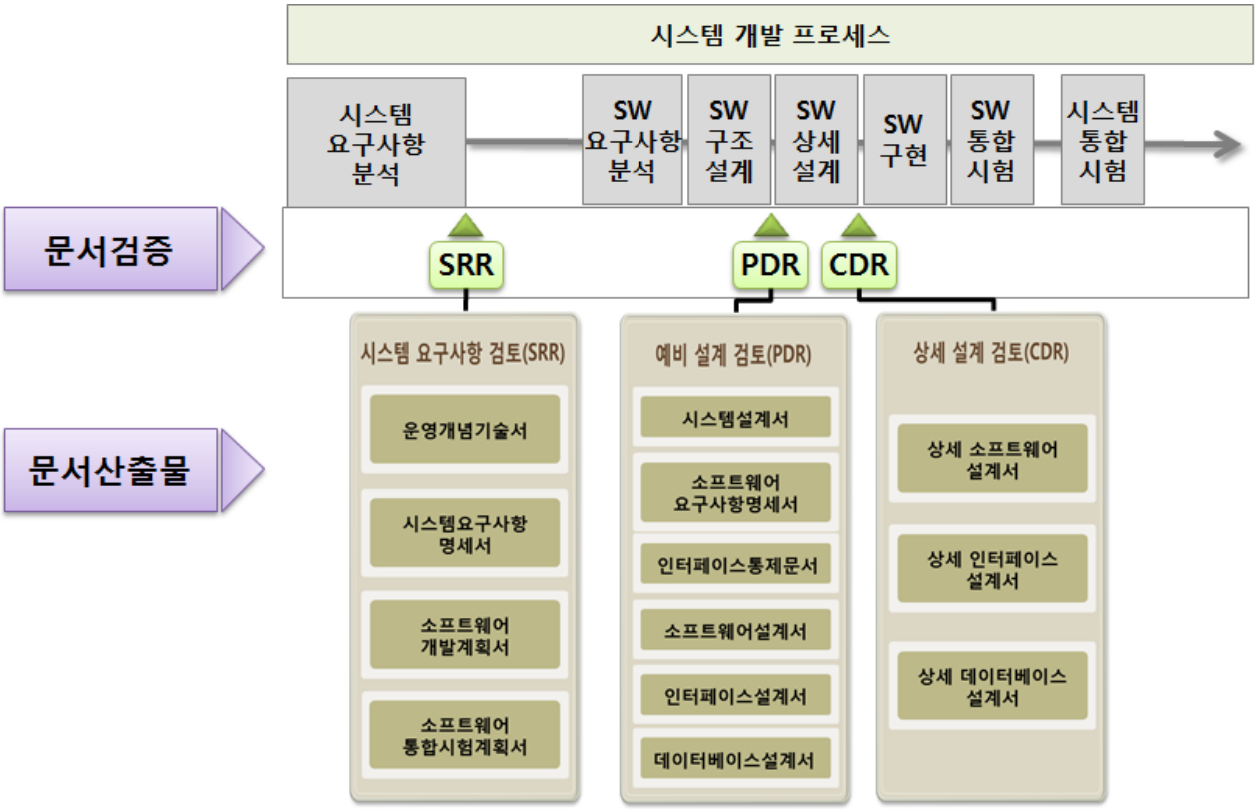


그림 6. 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 품질관리 방안

3.6 문서관리 계획

3.6.1 문서 형태 분류

○ 산출물

- 연구개발을 추진하면서 각 단계에서 작성되는 구성상의 문서를 말하며, 협약과 관련한 산출물, 양식이 제공되거나 관리할 필요가 있는 Working 문서 등을 지칭한다.

○ 일반문서

- 일반문서는 업무보고자료, 참조자료, 결재문서, 발송·수신 공문, 게시물 등과 같이 특별한 관리 활동이 불필요한 문서를 말한다.

3.6.2 문서 형식

○ 문서작성 일반

- 모든 문서의 작성은 '아래한글'을 이용하는 것을 원칙으로 한다.
- 문서의 성격에 따라 '아래한글'이 부적합할 경우 '엑셀' 또는 '파워포인트' 등을 사용하여 작성할 수 있다.
- 글자 표기 시 영문용어는 이에 대응하는 한글용어로 통일하여 기록하고 일치되는 한글용어가 없거나 한글용어로 표현할 때 의미상 왜곡 가능성이 있을 경우에는 영문으로 표기한다.
- 영문용어는 한글용어로 기록하고 괄호를 사용하여 영문 전체명 및 영문약자를 콤마를 사용하여 기록한다.
  예시 : 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization, ICAO)

○ 문서 기본양식

- 본 시스템 개발과 관련한 문서는 첨부 1양식에 따라 작성함을 원칙으로 한다.

○ 제·개정이력

- 버전 : 문서의 작성 버전을 기재
- 제/개정 : 제정 또는 개정여부 기재
- 제/개정자 : 문서 작성자를 기재
- 개정 사유 및 내역 : 문서 변경사항을 간략히 기재
- 날짜 : 문서 변경일자를 기재

4. 시스템 개발 수행 조직 및 개발 시스템 체계

4.1 시스템 개발 수행 조직



그림 7. 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 조직도

4.2 개발 시스템 체계

○ 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템은 2개 서브시스템으로 구성된다..

- 배출량 산정, 감축량 예측, 경제성 분석 및 의사결정 지원의 4개 모듈을 통합하여 항공 온실가스 산정 및 예측 S/W 서브시스템으로 구성된다.

- 항공 온실가스 보고 포털 모듈은 항공 온실가스 보고포털 서브시스템 구현된다.

- 각 모듈을 알고리즘 또는 DB를 구동하기 위한 컴퍼넌트를 포함하고 있다.

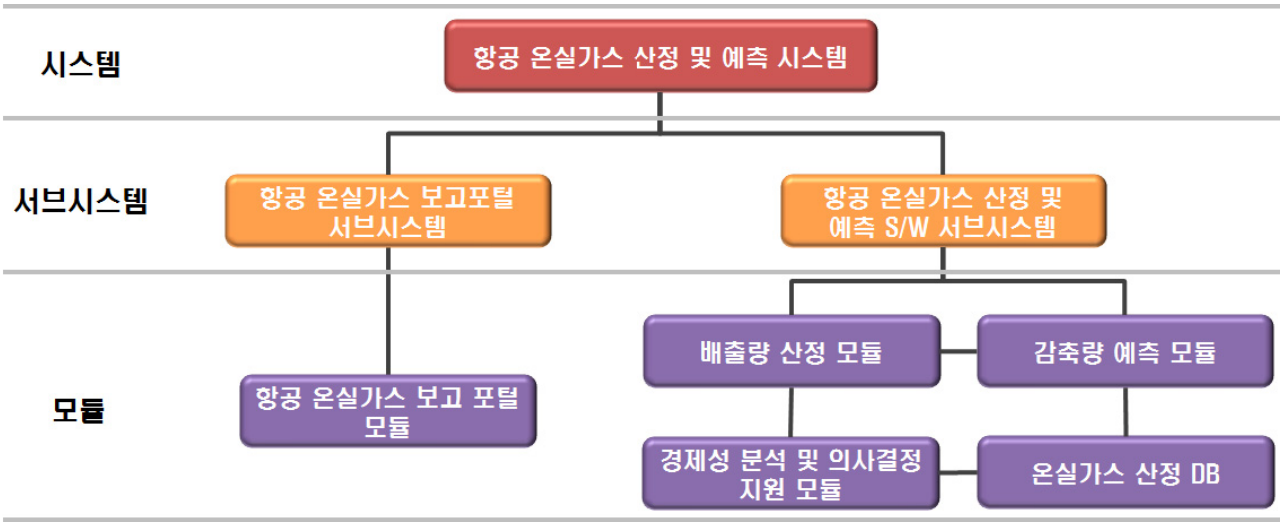


그림 8. 개발 시스템 체계도

5. 시스템 개발 세부 일정

○ 본 시스템 개발 세부 일정은 1차년 개념 설계 완료 후 개정될 수 있다.

구분	연구과제명 (연구수행기관)	관련 성과목표/지표			세부추진내용 (연구수행 Activity)	Activity별 산출물	소요 연구비 (백만원)	1차년도		2차년도				3차년도				4차년도			
		핵심성과	단위성과	질적 성과지표				3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
주관	KOTI						3,600	465		1,035				1,250				840			
주관	항공 온실가스 데이터플랫폼 개발 (KOTI)	A	A-1	A-1-①	요구도 조사 및 분석	조사 분석 결과 보고서	15	15													
				A-1-②	시스템 아키텍처 기획	기획 보고서	20	20													
			A-2	A-2-①	S/W 및 H/W 아키텍처 설계 및 구축	설계 보고서	65			35											
			A-3	A-3-①	DB 인터페이스 프로토타입 구축	설계 보고서	40							40							
				A-3-②	시스템 검증	검증 결과 보고서	20									25					
			A-4	A-4-①	DB 시범운영	운영 결과 보고서	25											35			
				A-4-②	사용매뉴얼 수립	사용매뉴얼	15											25			
		B	B-1	B-1-①	요구도 조사 및 분석	조사 분석 결과 보고서	15	15													
				B-1-②	시스템 아키텍처 기획	기획 보고서	20	20													
			B-2	B-2-①	S/W 및 H/W 아키텍처 설계 및 구축	설계 보고서	65			35											
			B-3	B-3-①	DB 인터페이스 프로토타입 구축	설계 보고서	40							40							
				B-3-②	시스템 검증	검증 결과 보고서	20									25					
			B-4	B-4-①	DB 시범운영	운영 결과 보고서	25											35			
				B-4-②	사용매뉴얼 수립	사용매뉴얼	15											25			
주관	항공 온실가스 감축량 예측 프로그램 개발 (KOTI)	C	C-1	C-1-①	온실가스 감축기술선정	분석보고서	142.5	142.5													
				C-1-②	예측 프로그램 개념설계	개발 문서	142.5	142.5													
				C-1-③	산정 및 예측 프로그램 코딩 지원	코딩 문서	110	110													
			C-2	C-2-①	국적항공사 적용 감축활동 조사	조사보고서	101			101											
				C-2-②	예측 프로그램 상세설계	SW 및 상세설계서	153			153											
				C-2-③	국가 온실가스 감축 이행계획수립	계획수립보고서	101			101											
				C-2-④	산정 및 예측 프로그램 모듈 개발	모듈 개발문서	410			410											

구분	연구과제명 (연구수행기관)	관련 성과목표/지표			세부추진내용 (연구수행 Activity)	Activity별 산출물	소요 연구비 (백만원)	1차년도		2차년도				3차년도				4차년도			
		핵심성과	단위성과	질적 성과지표				3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
				C-2-⑤	전체 시스템 개발문서 검증	검증결과서	200			200											
			C-3	C-3-①	예측 시스템 통합 지원	시스템 통합 문서	150							150							
				C-3-②	산정 및 예측 시스템 통합구축	SW 통합문서	410							410							
				C-3-③	프로그램 검증	검증 결과서	300							300							
				C-3-④	감축수단별 저감량 검증	검증 결과서	100							100							
				C-3-⑤	개발버전에 따른 결과 비교 검증	full/short 프로그램 비교 결과 검증서	160								160						
			C-4	C-4-①	시범운영계획수립	시험운용계획서	150											150			
				C-4-②	시스템 테스트	시범운용결과서	180											180			
				C-4-③	프로그램 안정화	오류 반영결과서	170												170		
				C-4-④	시스템 인증지원	GS인증서	100											100			
			C-5	C-5-①	시스템 활용방안계획서	시스템활용계획서	120											120			
공동	KAIST						1,500	206		444				444				406			
공동	항공 온실가스 배출량 산정 알고리즘 개발 (KAIST)	A	A-1	A-1-①	조사분석	조사분석 문서	144	144													
				A-1-②	요구조건 도출	요구조건 문서	62		62												
			A-2	A-2-①	인자 도출	인자 문서	67			67											
				A-2-②	알고리즘 개발	배출량산정알고리즘 MATLAB 코드	130				130										
				A-2-③	알고리즘 문서화	배출량산정알고리즘 MATLAB 문서	25						25								
			A-3	A-3-①	알고리즘 개발	배출량산정알고리즘 MATLAB 코드	89				89										
				A-3-②	알고리즘 문서화	배출량산정알고리즘 MATLAB 문서	22						22								
				A-3-③	알고리즘 개발	배출량산정알고리즘 MATLAB 코드	89				89										
				A-3-④	알고리즘 문서화	배출량산정알고리즘 MATLAB 문서	22						22								
			A-4	A-4-①	분석단위 도출	선정 단위 리스트	30							30							
				A-4-②	알고리즘 개발	배출량산정알고리즘 MATLAB 코드	162								162						
				A-4-③	알고리즘 문서화	배출량산정알고리즘 MATLAB 문서	30										30				
			A-5	A-5-①	알고리즘 개발	배출량산정알고리즘 MATLAB 코드	91							91							
				A-5-②	알고리즘 문서화	배출량산정알고리즘 MATLAB 문서	20										20				

구분	연구과제명 (연구수행기관)	관련 성과목표/지표			세부추진내용 (연구수행 Activity)	Activity별 산출물	소요 연구비 (백만원)	1차년도		2차년도				3차년도				4차년도			
		핵심성과	단위성과	질적 성과지표				3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
				A-5-③	알고리즘 검증/ 수정/보완	검증/수정/보완 기록	111								111						
			A-6	A-6-①	매뉴얼 작성	매뉴얼 (알고리즘 챕터)	100												100		
				A-6-②	전략 수립	전략 수립 참여	62												62		
			A-7	A-7-①	알고리즘 검증/수정/보완	검증/수정/보완 기록	80												80		
				A-7-②	시범운영 참여	시험 참여 및 피드백 기록	164													164	
공동	**세종대학교**						**1,550**	**372**		**494**				**494**				**246**			
공동	**항공 온실가스 배출량 산정 모듈 구현 및 검증 (세종대학교)**	B	B-1	B-1-①	항공 온실가스 배출량 산정 프로그램 개념설계(한국과학기술원과 공동)	배출량 산정 프로그램 개념설계 보고서	30	30													
				B-1-②	해외 유사 프로그램(AEDT2a) 도입, 기능 분석	AEDT2a 기능분석 보고서	40	40													
			B-2	B-2-①	BADA3/BADA4 계수 DB 추가 구축 및 항공기-엔진 모델 Mapping	배출량 산정 프로그램 상세설계 보고서	50			50											
				B-2-②	항공 온실가스 배출량 산정 모듈 구현(제한적 기능) 및 검증	배출량 산정 프로그램 상세설계 보고서	50			50											
				B-2-③	해외 유사 프로그램(AEDT2b) 기능 분석 및 본 과제 알고리즘과 비교분석	프로그램 검증 중간 보고서	70				70										
			B-3	B-3-①	항공 온실가스 배출량 산정 모듈 구현(tier 3b급)	프로토타입 프로그램/개발 중간보고서	50							50							
				B-3-②	해외 유사 프로그램(AEDT2b)와 비교를 통한 배출량 산정 알고리즘 검증	알고리즘 비교분석 보고서	120							120							
			B-4	B-4-①	통합된 항공 온실가스 배출량 산정 시스템 검증 및 수정 보완	배출량 산정 프로그램 개발 최종 결과 보고서	50												50		
				B-4-②	해외 유사 프로그램(AEDT2b)와 비교를 통한 배출량 산정 알고리즘 검증	배출량 산정 프로그램 검증 최종결과 보고서	70													70	
				B-4-③	완성된 항공 온실가스 배출량 산정 프로그램 매뉴얼 작성 및 배포	항공 온실가스 배출량 산정 프로그램 매뉴얼	20														20

구분	연구과제명 (연구수행기관)	관련 성과목표/지표			세부추진내용 (연구수행 Activity)	Activity별 산출물	소요 연구비 (백만원)	1차년도		2차년도				3차년도				4차년도			
		핵심성과	단위성과	질적 성과지표				3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
공동	항공 온실가스 감축량 예측 프로그램 개발 (세종대학교)	C	C-1	C-1-①	감축수단별 경제성 분석 및 의사결정 지원(3세부) 모듈 개념설계	경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈 개념설계 보고서	70	70														
			C-2	C-2-①	감축수단별 경제성 분석 및 의사결정 지원(3세부) 모듈 상세설계	경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈 상세설계 보고서	162			162												
			C-3	C-3-①	경제성 분석 및 의사결정 지원(제3세부) 알고리즘 개발 및 구현	경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈 개발 중간결과 보고서	162							162								
			C-4	C-4-①	경제성 분석 및 의사결정 지원(제3세부) 모듈의 검증 및 수정 보완	경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈 개발 최종 결과 보고서	106											106				
위탁	솔루티스						550	80		300				120				50			
위탁	항공온실가스 배출정보 관리 시스템 개발 (솔루티스)	A	A-1	A-1-①	데이터 현황 조사	현황 분석보고서	5	5														
				A-1-②	항공배출정보시스템 기본 개념 설계	기초 개념 설계서	15	15														
				A-1-③	항공배출정보시스템 기능 구조 설계	프로토타입 화면	20	20														
				A-1-④	항공배출정보시스템 화면 설계	화면/데이터 설계서	20		20													
				A-1-⑤	항공배출정보시스템 프로토타입 개발	항공사용 인벤토리 시스템	20		20													
			A-2	A-2-①	항공배출정보시스템 데이터 구조 설계	데이터 설계서	50			50												
				A-2-②	항공배출정보시스템 단위기능 설계	통합 설계서	50			50												
				A-2-③	항공배출정보시스템 단위기능 개발	항공배출정보 시스템	100				100											
				A-2-④	항공배출정보시스템 기능 통합	항공배출정보 시스템	70					70										
				A-2-⑤	항공배출정보시스템 통합 테스트	항공배출정보 시스템	30						30									
			A-3	A-3-①	항공사용 인벤토리 시스템 기본 개념 설계	기초 개념 설계서	15							15								

구분	연구과제명 (연구수행기관)	관련 성과목표/지표			세부추진내용 (연구수행 Activity)	Activity별 산출물	소요 연구비 (백만원)	1차년도		2차년도				3차년도				4차년도			
		핵심성과	단위성과	질적 성과지표				3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
				A-3-②	항공사용 인벤토리 시스템 기능 구조 설계	기초 개념 설계서	25							25							
				A-3-③	항공사용 인벤토리 시스템 프로토타입 개발	프로토타입 화면	25							25							
				A-3-④	항공사용 인벤토리 시스템 상세설계	화면/데이터 설계서	25								25						
				A-3-⑤	항공사용 인벤토리 시스템 단위 개발	항공사용 인벤토리 시스템	30									30					
			A-4	A-4-①	항공온실가스 시스템 기능 통합	항공온실가스 통합 시스템	30											30			
			A-4	A-4-②	항공온실가스 시스템 통합 테스트	테스트 결과 보고서	10													10	
			A-4	A-4-③	항공온실가스 시스템 시범운영	운영결과보고서	10														10
위탁	**항공대학교**						**300**	**70**		**80**				**80**				**70**			
위탁	**항공온실가스 감축 기술 선정 및 검증 (항공대학교)**	B	B-1	B-1-①	항공기 운항관리 분야 연료 효율성 개선 기여 요인 파악	보고서	7	7													
					항공기 중량과 연료 효율성 관계 분석	보고서	7	7													
					중량변화에 따른 온실가스 배출량 변화 연구	보고서	7	7													
					항공기 중량구성과 중량 관리	보고서	7	7													
					탑재연료량과 항공기 중량 변화 분석	보고서	7	7													
			B-2	B-2-①	항공기 기상에 따른 추가 탑재연료 결정 요인 분석	보고서	15			15											
					운항관리사들의 기상 자료에 따른 연료량 결정 행위 분석	보고서	10				10										
					추가 연료량의 사용과 관련 기상이 관계 분석	보고서	10					10									
					기상바탕의 최적 추가 연료량 산출 알고리즘 개발	보고서	10					10									
			B-3	B-3-①	개발된 알고리즘 적용에 의한 온실가스 감축 효과 예측모형 개발	소프트웨어	40							40							
			B-4	B-4-①	개발된 알고리즘과 감축효과	보고서	35											35			

구분	연구과제명 (연구수행기관)	관련 성과목표/지표			세부추진내용 (연구수행 Activity)	Activity별 산출물	소요 연구비 (백만원)	1차년도		2차년도				3차년도				4차년도			
		핵심성과	단위성과	질적 성과지표				3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
					예측모형 검증																
		C	C-1	C-1-①	Macro-Level 의사결정 지원모형 구축을 위한 문헌조사	보고서	7	7													
					항공산업 이해관계자 특성 분석	보고서	7	7													
					온실가스 감축대안별 특성 분석	보고서	7	7													
					Macro-Level 의사결정 지원모형의 요구조건 분석 및 모형구축 범위설정	보고서	7	7													
					Macro-Level의사결정모형구축방법및모형선정	소프트웨어	7	7		5											
			C-2	C-2-①	Macro-Level의사결정지원모형을 관련자료수집및기초분석	보고서	10			10											
					Macro-Level 의사결정 지원 모형을 위한 이해관계자 고려변수 및 목적함수 상세분석	보고서	10				10										
					Macro-Level의사결정지원모형(모듈별)기초설계	보고서	10					10									
			C-3	C-3-①	Macro-Level의사결정지원모형(모듈별)상세설계	보고서	20							20							
					Macro-Level 의사결정 지원 모형 개발	소프트웨어	20								20						
			C-4	C-4-①	Macro-Level 의사결정 지원 모형 개발	소프트웨어	25												25		
					Macro-Level 의사결정 지원 모형 신뢰성 검증 및 활용	보고서	10														10
							7,000	961		2,251				2,216				1,572			

소프트웨어 시험 계획서
(Software Test Plan)

항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발

문서ID : STP_체계종합_KOTI

Version : 1.0

KOTI 한국교통연구원 THE KOREA TRANSPORT INSTITUTE
(주)케이씨티

AUTHORIZATION

한국교통연구원 Approval:

본 문서에 대한 서명은 한국교통연구원 내부에서 본 문서에 대하여 수행 및 유지관리의 책임이 있음을 인정하는 것임.

승인자 :	한재현	(인)	**일자 :**	2015.05.30

검토자 :	보 고 포 털 : 박진서 산 정 분 야 : 박보미, 임재진 감축량 분야 : 조현수. 정수진, 김상현 경제성 분야 : 김준혁, 서영성 상용툴 분야 : 이태옥	(인)	**일자 :**	2015.05.27

작성자 :	황유철, 이상정	(인)	**일자 :**	2015.04.27

제・개정이력

버전	제/개정	제/개정자	개정 사유 및 내역	날짜
0.1	제 정	황유철	최초 제정	2015.04.27
0.2	개 정	이상정	시험계획 세분화	2015.04.30
1.0	“	조현수	TTA 결함 반영 및 SRR 의견 반영	2015.05.20

- 목 차 -

1. 개요 ····· 1
1.1 시험 목적 ····· 1
1.2 시험 수행 조직도 ····· 1
1.3 책임과 역할 ····· 2
1.4 시험 환경 ····· 2
1.5 시험 범위 ····· 3
1.6 시험 일정 ····· 3
2. 단위시험 계획 ····· 5
2.1 단위시험 목적 ····· 5
2.2 단위시험 입력/산출물 ····· 5
2.3 단위시험 착수/완료기준 ····· 5
2.4 단위시험 상세 수행조직 ····· 6
2.5. 단위시험 수행 방안 ····· 6
3. 통합시험 계획 ····· 7
3.1 통합시험 목적 ····· 7
3.2 통합시험 입력/산출물 ····· 7
3.3 통합시험 착수/완료기준 ····· 7
3.4 통합시험 상세 수행조직 ····· 8
3.5 통합시험 수행 방안 ····· 8
4. 인수시험 계획 ····· 10
4.1 인수시험 목적 ····· 10
4.2 인수시험 입력/산출물 ····· 10
4.3 인수시험 착수/완료기준 ····· 10
4.4 인수시험 상세 수행조직 ····· 11
4.5 인수시험 수행 방안 ····· 11

1. 개요

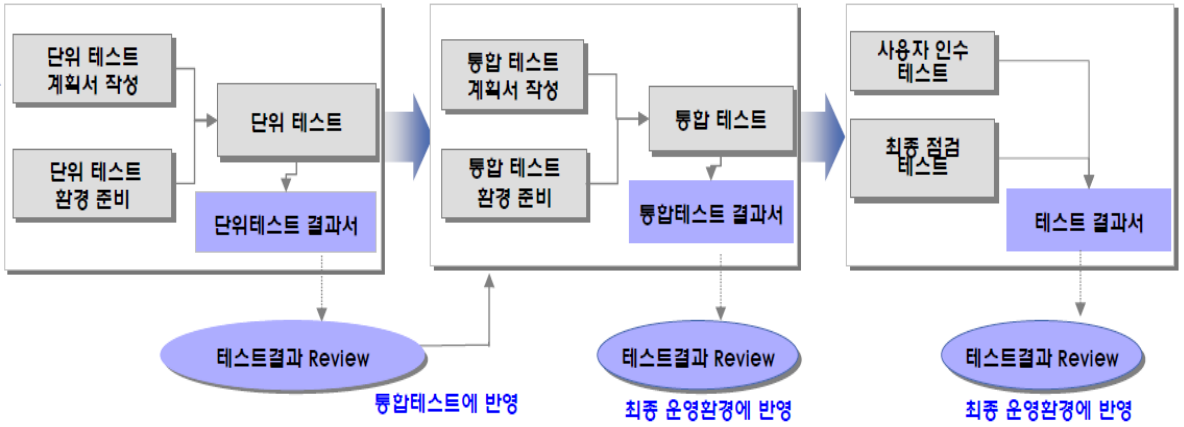
1.1 시험 목적

○ 분석단계에서 도출한 현업 요구사항 및 설계사양을 시스템이 만족 시키는지를 검증한다.

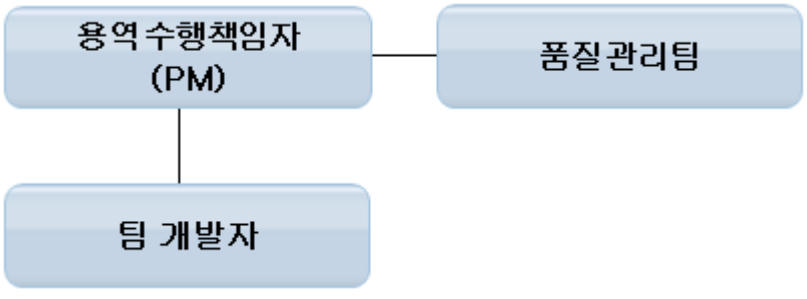
○ 프로그램들 간의 인터페이스가 설계 사양대로 이루어져 기능이 정상적으로 수행되고 있는지 검증한다.

○ 기능 수행후의 결과가 예상된 작성된 수치 데이터와 일치하는지를 검증한다. (불일치 시 원인 도출)

○ 기능 수행 시 또는 산출물의 결과에 포함된 결함을 파악하여 제거한다.



1.2 시험 수행 조직도



1.3 책임과 역할

구성원	역할과 책임	비고
용역수행책임자 (PM)	- 시험계획 승인 - 시험활동 총괄	
용역수행책임자 (PM), 팀 개발자	- 시험 계획서/결과서 작성 - 시험 체크리스트 작성 및 검증 - 시험 환경준비 - 시험 계획 협의 및 수립 - 시험 수행 및 결과 확인 - 원인분석 및 조치	
팀 개발자	- 시험 계획서/결과서 지원 - 시험 수행 지원 - 시험 결과 수정사항 반영	

1.4 시험 환경

○ 통합/인수시험은 기본적으로 운영 최종 프로그램으로 시험하는 것을 원칙으로 한다.

1.4.1 시험 환경

○ 본 계획서 상의 시험 대상들은 다음과 같은 환경에서 시험된다.

구분	내용	버전	비고
Hardware	항공 온실가스 산정 및 예측 상용 프로그램 설치 PC		
Software	항공 온실가스 산정 및 예측 상용 프로그램, DBMS 설치, 리포팅툴설치		

1.5 시험 범위

○ 본 프로젝트에서 수행되는 시험은 다음과 같다.

○ 단위시험 : 하나의 소프트웨어 모듈이 정상적으로 그 기능을 수행하는지의 여부를 시험 하는 최소 수준의 시험이다.

○ 통합시험 : 어플리케이션의 데이터 및 업무기능의 인터페이스가 정상적으로 작동하는지에 중점을 두어 시험을 실시한다.

○ 인수시험

- 고객이 검수를 위해 본 개발 시스템이 고객의 요구사항이 완벽하게 수행하는지의 여부를 고객이 시험한다.

- 한국교통연구원의 인수 절차에 따라 인수시험을 시행한다.

1.6 시험 일정

○ 본 계획서 상의 시험 일정은 프로젝트 계획서의 일정에 따라 변경될 수 있다.

분류	내용	M	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	+10	+11
단위/통합 시험	- 프로그램 수정 및 보완 · 데이터베이스 성능 튜닝 · 프로그램 수정												
	- 단위 시험 · 시험 베드 구축												
	- 통합 시험 · 통합시험 진행 · 외부 검증 진행												

태스크	상세업무	시작일	종료일	담 당 자
현황평가	시험 산정			PM
시험 계획서 작성	시험계획서 작성			PM
단위시험 작성	단위시험 체크리스트 작성			PM
시험 시나리오 작성	통합시험 시나리오 작성			PM/개발자
	시험 시나리오 검토			PM
프로그램코딩/단위 시험	단위시험 실시			PM/개발자
통합시험 실시	시험 환경 구축			PM
	통합시험 실시			PM/개발자
	통합시험 결함조치			개발자
	통합시험 결함조치 확인 및 재검토			PM/개발자
	통합시험 결함조치 취합			PM
인수시험 실시	인수시험 실시			인수팀
	인수시험 결함조치			개발자
	인수시험 결함조치 확인 및 재검토			PM/개발자
	인수시험 결함조치 취합			PM

2. 단위시험 계획

2.1 단위시험 목적

○ 분석단계에서 도출한 요구사항을 시스템이 만족 시키는지를 검증한다.

○ 프로그램의 기능 및 단위시스템 내의 프로그램 간 인터페이스를 검증한다.

○ 단위시험 결함보고서를 확인하여 단위시스템 내에서 기능이 제대로 구현되었는지 확인한다.

○ 각 기능이 전체 분석/설계서를 바탕으로 구성되었는지 확인한다.

2.2 단위시험 입력/산출물

○ 입력물 : 소스코드, 요구사항정의서, 단위시험 체크리스트

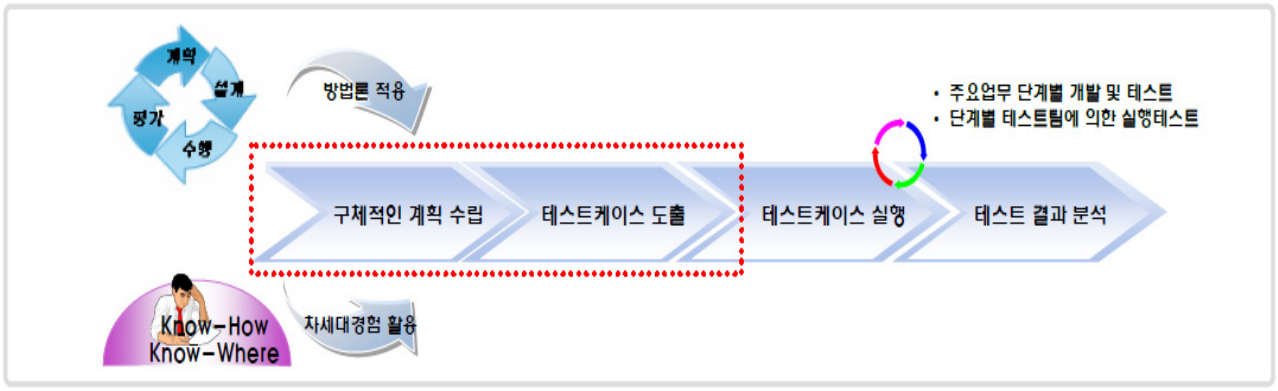
○ 출력물 : 단위시험 결과서

2.3 단위시험 착수/완료기준

○ 착수기준 : 소스 코딩 완료, 단위시험 환경 준비 완료

○ 완료기준 : 단위시험 시 발생한 결함에 대한 조치완료 확인(PM)

2.4 단위시험 상세 수행조직



구분	수행내용	산출물
개발자	- 단위시험 시나리오(시험케이스)를 만들고 시험을 실시한다.	단위시험 시나리오, 결과물,
PM	- 개발자 시험 완료된 대상에 대해 점검 및 필요시 확인 시험을 수행한다.	
시험팀 (품질/인증팀)	- 제출된 단위시험 시나리오(결과)와 결과물을 검토한다. - 개발자 시험이 완료된 대상에 대해 운영환경에서 수행하는 대량의 데이터를 활용하여 시험을 수행한다.	

2.5 단위시험 수행 방안

○ 작성된 단위시험 체크리스트를 기준으로 단위시험을 실시한다.

○ 기능 오류의 최소화를 위해 개발자가 전 프로그램의 단위시험을 실시한다.

○ 시험 오류 시 재시험을 실시한다.

○ 프로그램의 오류가 발견되지 않을 때 최종적으로 PM이 확인한 후 종료한다.

○ 단위시험 결함은 단위시험 체크리스트(결과)에 작성하여 제출한다.

○ PM은 필요하다고 판단되면 프로그램에 대한 완성도를 높이기 위해 Sampling하여 단위시험을 할 수 있다.

3. 통합시험 계획

3.1 통합시험 목적

○ 분석단계에서 도출된 전체 요구사항 및 설계사양을 시스템이 만족 시키는지를 검증한다.

○ 프로그램들 간의 인터페이스가 설계 사양대로 이루어져 기능이 정상적으로 수행되는지 검증한다.

○ 기능 수행후의 결과가 사전에 예상되어 작성된 수치모델 데이터와 일치하는지를 검증한다. (불일치 시 원인 도출)

○ 기능 수행시 또는 산출물의 결과에 포함된 결함을 파악하여 제거한다.

○ 개발된 프로그램과 타 시스템이 유기적으로 연계되어 업무처리가 가능한지를 검증한다.

○ 단위시험이 완료된 기능을 시험 시나리오에 따라 시험을 실시하여 기능들 간의 통합을 검증한다.

3.2 통합시험 입력/산출물

○ 입력물 : 통합시험 시나리오

○ 출력물 : 통합시험 결과

3.3 통합시험 착수/완료기준

○ 착수기준

- 소스 코드에 대한 단위시험 완료

- 통합시험 환경 준비 완료

- 통합시험 시나리오 준비 완료

○ 완료기준 : PM의 통합시험 결과 검토 완료

3.4 통합시험 상세 수행조직

모듈	역할	담당자	비고
전체	PM		
항공온실가스 산정 및 예측 상용툴	시험수행 및 결과 취합		
	시험수행 담당자		
	시험수행 담당자		
	시험수행 담당자		
	시험수행 담당자		

3.5 통합시험 수행 방안

3.5.1 수행 절차

1) Case에 의한 통합시험 시나리오 작성 후 시험 수행

2) 발생한 결함 기록(결함보고서) 및 취합

3) 결함 보완

4) 보완된 부분 재시험 실시 : 1) 단계부터 완료기준을 만족할 때까지 반복 수행

5) 통합시험 결과 정리

3.5.2 수행 범위

○ 사용자 관점에서 각 업무흐름도별 경로의 적절한 흐름 및 업무처리 여부를 확인

○ 기능이 사용하기 편하고 사용자의 요구에 부합하여 기능상 요구사항을 적절히 반영되었는지 테스트

○ 비정상적인 결과(에러 또는 버그)가 발생하는 부분을 찾아 문제를 보완

범위	상세 내용	비고
서버와 연계 정합성 시험	단위 시험이 완료된 화면과 Batch에 대한 모든 시험 케이스에 정상 처리 여부 시험	
항공 온실가스 배출량 산정 프로그램	항적 자료 추출 및 알고리즘 프로그램 시험 기상자료 추출 및 알고리즘 프로그램 시험 배출량 유형별 리포팅 시험	
항공 온실가스 감축량 예측 프로그램	시나리오 별 감축 알고리즘 프로그램 시험 감축량 유형별 리포팅 시험	

3.5.3 수행 지침

○ 통합시험은 데이터 정합성의 관점에서 데이터 인터페이스 시험을 완료한 후 데이터와 업무를 통합한 업무기능 인터페이스 시험을 실시한다.

수행지침	상세 내용	비고
1) 데이터 인터페이스 시험 수행지침	- 통합시험의 시나리오를 구성하기 위하여 참조하는 문서는 요구사항 정의서를 포함한 분석설계서를 기본으로 한다. - 해당 데이터의 생성 및 수정을 기준으로 하여 조회가 정확하게 이루어지는지를 검증한다. - 시험을 실시 후 결함을 도출하여 처리한다.	
2) 업무기능 인터페이스 시험 수행지침	- 통합시험의 시나리오를 구성하기 위하여 참조하는 문서는 요구사항 정의서를 포함한 분석설계서를 기본으로 한다. - 업무기능 인터페이스 시험을 위해 요구사항정의서와 설계모델을 종합적으로 검토하여 프로그램 및 시험 순서를 도출한다. (수치데이터가 필요로 하는 경우에는 사전에 준비) - 최상위 기능 단위까지 위의 절차를 정의한다. 최상위레벨의 빌드에서는 일련의 업무흐름이 모두 포함 될 수 있도록 한다.	

4. 인수시험 계획

4.1 인수시험 목적

○ 개발이 완료된 후 인수 책임자가 직접 시험을 수행함으로써 요청된 요구사항의 시스템 반영 여부를 최종적으로 검증한다.

○ 기능적 완성도, 시스템 성능, 사용의 편의성 등을 최종적으로 검증한다.

범위	상세 내용	비고
시스템 부문	- 시스템 가동 환경 검증 - 시스템 소프트웨어 안정 상태 검증 - 네트워크 및 연결 상태 검증 - 시스템 주요 자원 사용 현황 분석	
성능	- 주요 출력 내용 응답시간 검증	
운영절차	- 운영 절차 검증	
UI	- 배출량 산정 유형별 리포팅 검증 - 감축량 예측 유형별 리포팅 검증	
데이터 정합성	- 데이터 검증	

4.2 인수시험 입력/산출물

○ 입력물 : 인수시험 계획서

○ 출력물 : 인수시험 결과서

4.3 인수시험 착수/완료기준

○ 착수기준

- 인수시험 환경 준비 완료

- 인수시험 시나리오 준비 완료(인수시험 시나리오는 고객이 작성하는 것이 원칙이나 고객의 요청 시 프로젝트팀이 통합시험 시나리오를 제공)

○ 완료기준 : 인수 책임자의 인수시험 결과 검토 완료

4.4 인수시험 상세 수행조직

역할	담당자	비고
시험 수행 관리자		인수책임자
시험 수행 담당자		인수팀
시험 지원 관리자		PM
시험 지원 담당자		프로젝트 팀

4.5 인수시험 수행 방안

4.5.1 수행절차

1) 인수시험 시나리오 의해 시험 수행

2) 발생한 결함 기록(결함보고서) 및 취합

3) 결함 보완

4) 보완된 부분 회귀시험 실시 : 1) 단계부터 완료기준을 만족할 때까지 반복 수행

5) 인수시험 결과 정리

4.5.2 수행지침

○ 인수시험은 고객이 직접 수행하도록 하며, 프로젝트팀은 고객이 인수시험 계획에 의해 시험 수행에 필요한 화면 및 시스템의 접근방법 등을 지원한다.

PART 2

항공온실가스 감축량 예측시스템 개발문서

- 운용개념기술서(OCD)
- 시스템 개발 계획서(SDP)
- 소프트웨어 시험계획서(STP)

운용 개념 기술서

(Operational Concept Description)

항공 온실가스 감축량 예측 모듈 개발

문서ID : OCD_감축량 예측_KOTI

Version : 1.0

KOTI 한국교통연구원
THE KOREA TRANSPORT INSTITUTE

AUTHORIZATION

한국교통연구원 Approval:

본 문서에 대한 서명은 한국교통연구원 내부에서 본 문서에 대하여 수행 및 유지관리의 책임이 있음을 인정하는 것임.

승인자 :	한재현	(인)	**일자 :**	2015.05.30

검토자 :	김상현	(인)	**일자 :**	2015.05.27

작성자 :	조현수, 정수진	(인)	**일자 :**	2015.02.15

제 · 개정이력

버전	제/개정	제/개정자	개정 사유 및 내역	날짜
0.1	제 정	조현수 정수진	최초 제정	2015.02.15
0.2	개 정	“	1차 수정보완	2015.04.10
1.0	“	“	TTA 결함 반영 및 SRR 의견 반영	2015.05.20

목 차

1. 개요 ····· 1
1.1 시스템 적용범위 ····· 1
1.2 시스템 개요 ····· 2
1.3 문서 개요 ····· 2
1.3.1 문서목적 ····· 2
1.3.2 문서 내용의 요약 ····· 2
1.3.3 보안 및 주의사항 ····· 3

2. 시스템 분석 ····· 4
2.1 시스템 개발배경, 목적. 범위 ····· 4
2.1.1 배경 ····· 4
2.1.2 목적 ····· 4
2.1.3 범위 ····· 5
2.2 현시스템 분석 및 한계점 ····· 6
2.2.1 현 시스템 구성 ····· 6
2.2.2 현 시스템 한계점 ····· 7
2.3 사용자 · 운용자 정의 및 특성 ····· 8
2.3.1 사용자 및 운용자 정의 ····· 8
2.3.2 사용자 및 운용자 특성 ····· 9
2.3.3 사용자 요구사항 ····· 10

3. 시스템 개발 범위 및 목표 ····· 11
3.1 시스템 개발 범위 ····· 11
3.2 시스템 목표 ····· 11
3.3 전체 시스템 구성도 ····· 13
3.3.1 항공 온실가스 감축량 예측 모듈 흐름도 ····· 13
3.4 서브시스템별 내용 및 특징 (WBS) ····· 16
3.4.1 항공 온실가스 감축량 예측 ····· 16

4. 목표시스템 운영 시나리오 ····· 22
4.1 항공 온실가스 감축량 예측 모듈 개발 ····· 22
4.1.1 항공 온실가스 감축량 예측 모듈 시나리오 구성도 ····· 22
4.1.2 항공 온실가스 감축량 예측 모듈 적용 ····· 23
4.1.3 항공 온실가스 감축량 예측 모듈 개발 운영 흐름도 ····· 25

5. 목표시스템 구축에 의한 변경사항 ····· 27
5.1 변경사항 ····· 27
5.2 변경사항의 우선순위(보완예정) ····· 27
5.3 변경사항의 당위성 ····· 28
5.4 시타 변경사항(보완예정) ····· 28

6. 목표 시스템 분석 ····· 29
6.1 장점 ····· 29
6.2 단점 및 제한사항 ····· 30
6.3 대안별 비교분석 ····· 31

1. 개요

1.1 시스템 적용범위

○ 항공 온실가스 감축량 예측 모듈 개발

○ 항공온실가스 감축수단 별 경제성 분석 및 의사결정 지원

1.2 시스템 개요

○ 항공 온실가스 감축량 예측 모듈은 항공 온실가스 감축량 예측 모듈과 감축수단 별 경제성분석 · 의사결정 지원 모듈로 구성되어있다.

- 항공 온실가스 감축량 예측 모듈 : 항공온실가스 감축수단 별 알고리즘을 통해 저감효과를 분석하며 이에 따른 저감잠재량을 예측할 수 있도록 한다.

  • 본 모듈은 항공안전 및 온실가스 감축의 두 부분 모두가 충족될 수 있도록 절차상 안전을 기본으로 한 항공기 온실가스 감축량 및 저감잠재량을 분석할 수 있는 모듈이다.

  • 총 5개의 범주 (APU, 운항관리, 운항, 정비 및 유지보수, 지상) 내 40여 가지의 감축기술에 대한 저감효과를 분석하고 저감 잠재량을 파악하여 추가 감축이 이뤄질 수 있도록 한다.

- 항공온실가스 감축수단 별 경제성분석 · 의사결정 지원 모듈 개발 : 항공온실가스 감축수단 별 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈을 통해 사용자에게 감축수단 적용을 위한 의사결정을 지원해줄 수 있도록 한다.

  • 각종 시나리오(국내·외 환경 관련 정책 시나리오, 미래 항공수요 및 신형 항공기 도입 시나리오, 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization, ICAO) 항공기 인증규제 시나리오)와 각종 DB(항공기 성능,

항공사 운항 스케쥴, 항공사 비용)을 통한 항공기종별 비용 및 효과를 이용해 비용분석을 하여 Fleet Level 정책효과 분석하며, 이에 감축수단별 효과를 적용하여 감축수단별 정책효과 변화 및 비용/온실가스 감축량에 대한 분석을 통하여 정부 또는 항공사의 정책 수립에 대한 의사결정을 돕는 모듈이다.

1.3 문서 개요

1.3.1 문서목적

○ 본 운용 개념 기술서는 항공 온실가스 감출량 예측 모듈 개발에 대한 개요, 참고문서, 요구사항 등을 기술한 문서로서 시스템 개발 시 사용자, 운용자 간 의사소통을 원활하게 하는데 있다.

1.3.2 문서 내용의 요약

표 1. 문서요약

구 분	주요 내용
1. 개요	본 문서가 적용되는 대상 시스템의 명칭 및 정의를 기술하여 시스템 개요를 정의하였다.
2. 시스템 분석	본 시스템 개발의 배경 및 목적, 사용자 특성, 현 시스템 분석을 기술하였다.
3. 시스템 개발 범위 및 목표	본 시스템의 개발 범위 및 전체시스템 구성도를 통해 목표를 정의하였으며, 각 서브시스템(모듈)별 컴포넌트에 대해 기술하였다.
4. 목표 시스템 운영 시나리오	본 시스템을 이용한 업무 흐름에 따라 시스템의 운용 흐름을 기술하였다.
5. 목표 시스템 구축에 의한 변경사항	대표적인 기존시스템과 본 시스템 개발에 의한 관련 업무의 주요 변경사항을 기술하였다.
6. 목표 시스템 분석	목표시스템에 대한 장단점 및 제한사항을 통해 대안별 비교분석을 기술하였다.
7. 참고사항	사용자 요구사항을 기술하였다.

1.3.3 보안 및 주의사항

○ 본 문서는 관련자 이외의 대여 또는 열람을 금하며, 발행권자의 승인없이 복제, 복사 및 인용을 금하며 문서가 무단 유출이 되지 않도록 한다.

○ 본 문서의 변경 요소 발생시 「항공 온실가스 감축량 예측 모듈 개발」과제 총괄의 승인을 거쳐 변경될 수 있다

2. 시스템 분석

2.1 시스템 개발 배경 , 목적 , 범위

2.1.1 배경

○ 우리나라는 2012년 항공온실가스 이행계획에서 여러 합리적인 가정과 활용 가능한 제한적인 데이터의 논리적 연산 및 과거 감축추세를 감안하여, 이를 추정하였으나 신뢰성이 높은 예측치라고 하기는 어려운 상태임.

- 특히 저비용 항공사의 경우 필요한 데이터의 확보 등, 여러 가지 여건이 부족한 상태여서 어려움이 가중되고 있음.

○ 따라서 항공부문의 효과적인 온실가스 감축수단 개발을 지원하고, 항공사와 정부, 공항 등 주요 감축활동 주체의 적극적인 감축활동을 촉진하는 등 실효성 있는 국가이행계획의 수립과 이행을 위해 감축효과 분석 및 이를 전체적으로 지원할 수 있는 지원시스템의 개발이 필요성이 인식됨.

2.1.2 목적

○ 본 「항공 온실가스 감축량 예측 모듈 개발」연구 과제는 다음과 같은 사항을 목적으로 개발을 추진함.

- 항공부문의 효과적인 온실가스 감축수단 개발과 이행을 촉진하고, 이를 통하여 항공부문 온실가스 감축에 기여

- 항공부문의 온실가스 감축 주체들이 간단하고 편리하게 사용할 수 있는 감축수단 별 효과 분석 및 보고/의사결정 지원시스템의 개발 및 보급

- 국내적으로 항공기의 경제적 운항과 항공분야 온실가스 배출량 최소화에 기여하고 국내·외 배출 규제에 효과적으로 대응 가능한 시스템 개발

- 온실가스 감축수단 별 효과분석을 통한 저감 방안 개발 및 활용을 통해 이해관계자들에게 편의성 제공

2.1.3 범위

- 항공 온실가스 산정 모듈에서 산정한 미래 온실가스 증가치를 감축수단별 감축량 효과 비교

  - 항공기 온실가스 감축량 및 저감잠재량을 분석할 수 있는 모듈
  - 총 5개의 범주 (Flight Operation, Flight Dispatch, APU, Maintenance&Engineering, Commercial&Ground Operation) 내 40여 가지의 감축기술에 대한 저감효과를 분석
  - 저감 잠재량을 파악하여 추가 감축이 이뤄질 수 있도록 지원

2.2 현 시스템 분석 및 한계점

○ 현재 항공운송부문의 온실가스 배출량 자료로는 교통안전공단의 '배출량 조사사업'과 교통부문 온실가스 관리시스템(KOTEMS, Korea Transport Emission Management System), 국토교통부의 'NARMI'가 있음.

○ '배출량조사사업'과 'NARMI' 시스템의 경우 온실가스 통계 DB수준이며, KOTEMS의 경우 온실가스 배출 데이터 활용을 통해 자발적 감축 등을 지원하는 인벤토리임.

○ 항공 온실가스 감축량 예측 모듈의 경우 KOTEMS와 인벤토리 구성 및 DB 체계가 유사함.

2.2.1 현 시스템 구성

○ 교통부문 온실가스 관리시스템(KOTEMS, Korea Transport Emission Management System)

- 지속가능 교통물류발전 기본계획에 따라 도로, 철도, 항공, 해운 등 전 교통수단의 온실가스 배출량 및 저감량을 관리할 수 있는 시스템으로서 전 교통부문에서 발생하는 온실가스를 체계적으로 관리하고자 개발되었으며 다음과 같은 세 가지 시스템으로 구성되어있음.

표 2. 현 시스템 구성

구 분	주요 기능
온실가스 인벤토리를 관리하는 배출정보시스템	국내/외 온실가스 정보 제공
	에너지 소비량, 온실가스 배출량, 온실가스 원단위 정보 제공
	국내 교통부문 온실가스 정보제공
자발적 협약에 의한 교통부문 기업 온실가스 배출현황을 관리하는 목표관리시스템	총괄적인 목표관리 및 이의신청 기능 제공 등
	배출량 산정, 적정 목표 설정 및 이행관리
온실가스 변화를 예측하고 평가하는 저감효과평가시스템	온실가스 감축전략별 교통수요분석(억제, 전환), 기술개선(연비향상) 등 정책변수의 변화에 따른 온실가스 저감효과 평가



그림 1. 교통부문 온실가스 통합정보시스템 구성도

2.2.2 현 시스템 한계점

○ 교통부문 온실가스 관리시스템(KOTEMS)에서는 인벤토리를 통해 배출현황을 파악하여 목표관리를 하는 시스템으로서 배출량을 관리하고, 저감하는 방법 및 감축수단 등에 대해서는 고려되어 있지 않음.

○ 실질적으로 온실가스 배출 현황을 통해 미래 온실가스 배출량을 산정하며, 주요 온실가스 배출 요인를 통해 여러 감축 수단을 도출할 수 있어야 함.

2.3 사용자 • 운용자 정의 및 특성

2.3.1 사용자 및 운용자 정의

○ 본 시스템에 대한 사용자 및 운용자는 전문사용자, 운용자 및 일반 사용자로 구분됨.

- 전문사용자 : 정부, 정부 지원 기관 및 항공사는 온실가스 감축 관련 정책 업무 수립 및 이행을 위한 분석 등을 위해 본 시스템 사용
- 운용자 : 상용화 기관, 유지보수 기관 및 시스템 운용 기관은 본 시스템의 판매 및 시스템 구동을 위한 장비 및 S/W 유지보수 담당
- 일반 사용자 : 대학, 지자체, 관련 민간단체 및 공항공사 등 기관별 목적달성을 위해 본 시스템 사용

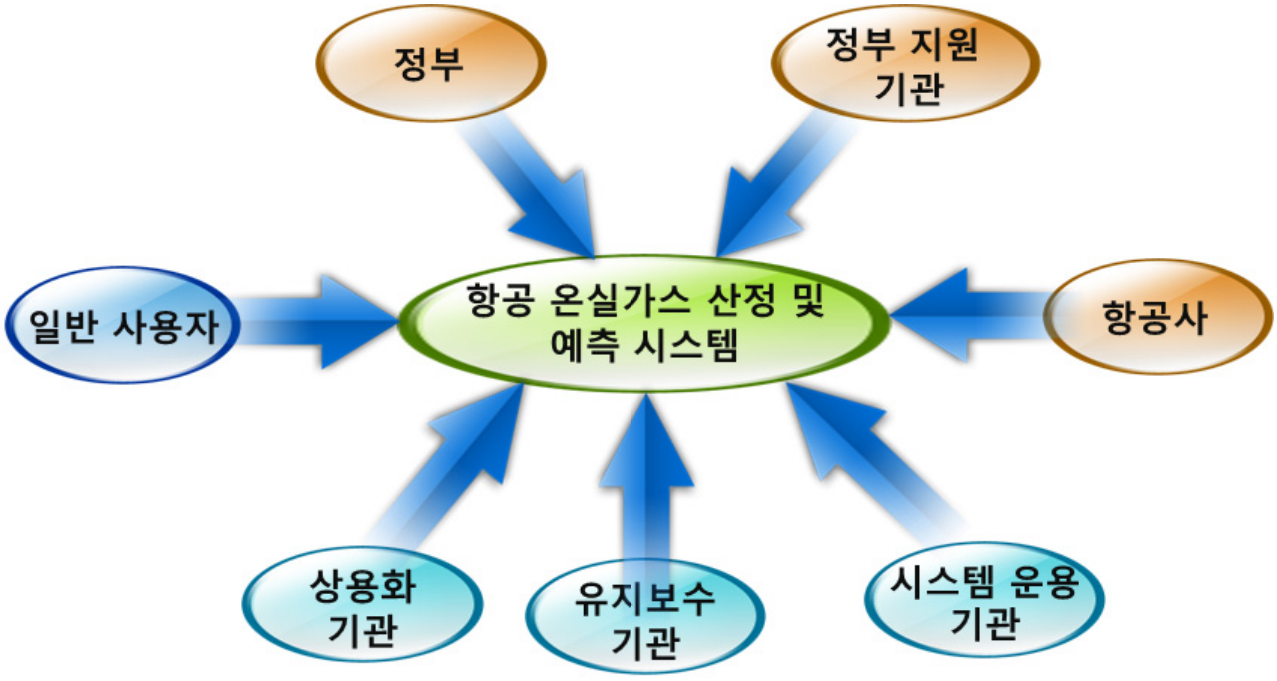


그림 2. 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 사용자 및 운용자 구성도

2.3.2 사용자 및 운용자 특성

○ 정부기관

- 항공부문 온실가스 감축목표 달성도의 정밀한 산정 제공
- 온실가스 감축 목표 설정 및 항공사의 감축 목표 달성 관리·평가
- 항공 온실가스 감축 이행실적 관리
- 항공 온실가스 정책수단 별 효과분석을 통한 효율적 정책 수립
- 항공 온실가스 감축 국가이행계획 수립 및 효율적 운용을 위한 정책 수립
- 시장기반체제(Market Based Measures) 추진에 있어 국제 항공부문 온실가스 모니터링, 배출량 검증 지원 및 탄소상쇄, 배출권 거래제도 도입·시행 지원

○ 정부 지원 기관

- 온실가스 자발적 감축협약 및 목표관리제 관리 툴로 사용
- 국내 환경 분석 및 항공 전문 연구진에게 고정밀 항공부문 온실가스 감축량 예측 분석 도구 및 데이터 제공
- 온실가스 감축 이행계획서 평가 - 참여 항공사가 제출한 이행계획 상의 온실가스 배출량, 연료 절감 계획 등 적절성 평가를 통한 검증 활동 수행

○ 항공사

- 항공 온실가스 감축수단 별 온실가스 배출량 분석을 통한 감축 계획 수립
- 항공부문 온실가스 배출 최소화를 위해 효과적인 온실가스 감축수단 개발 및 의사결정을 지원
- 항공기 도입 시 경로당 연료 절약 및 이에 따른 환경 부가세 절약 결과 도출
- 실제 항공부문 온실가스 감축량의 대부분을 차지하는 항공기 교체에 의한 감축효과 제공

2.3.3 사용자 요구사항

○ 항공 온실가스 관련 업무(배출권거래제 등) 보고서가 제공되어야 한다.

○ 온실가스 감축수단에 대한 데이터 검증 및 산정기술이 제시되어야 한다.

○ 항공 온실가스 감축량 예측 관련 그래프가 제시되어야 한다.

○ 시스템 간 데이터 호환이 가능해야 한다.

○ 온실가스 시 기준값 입력 및 표준 데이터 이용이 가능해야 한다.

○ 항공기 지상운용, 최적 연료량 산정 등 다양한 산정 업무를 제공해야 한다.

○ GIS 맵상에 데이터가 표시되어야 한다.

○ 미래 항공교통 수요 시나리오 및 DB 생성이 가능해야 한다.

○ 감축수단별 적용 시 미래 온실가스 산정이 가능해야 한다.

○ 감축활동 모니터링 리포트, 배출권거래제 및 자발적 협약 등 다양한 의사결정 지원 데이터가 제공되어야 한다.

○ 온실가스 감축수단 적용 시 경제성 분석이 가능해야 한다.

○ 정부 혹은 항공사의 의사결정에 대한 구체적인 지원이 가능해야 한다.

3. 시스템 개발 범위 및 목표

3.1 시스템 개발 범위

모듈	업무	업무범위	비고
항공 온실가스 감축량 예측 상용 모듈	S/W개발	- 항공 온실가스 기초데이터 검색/추출/관리 기술 개발 - 알고리즘 모듈과 DB 통합 시스템 구축 - 감축량 예측 알고리즘 이용한 예측 모듈 개발	
경제성 분석 및 의사결정 지원	S/W개발	- 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈 개발	

3.2 시스템 목표

○ 항공 온실가스 감축량 예측 모듈은 감축량 예측모듈과 경제성분석 및 의사결정 지원모듈로 구성된다.

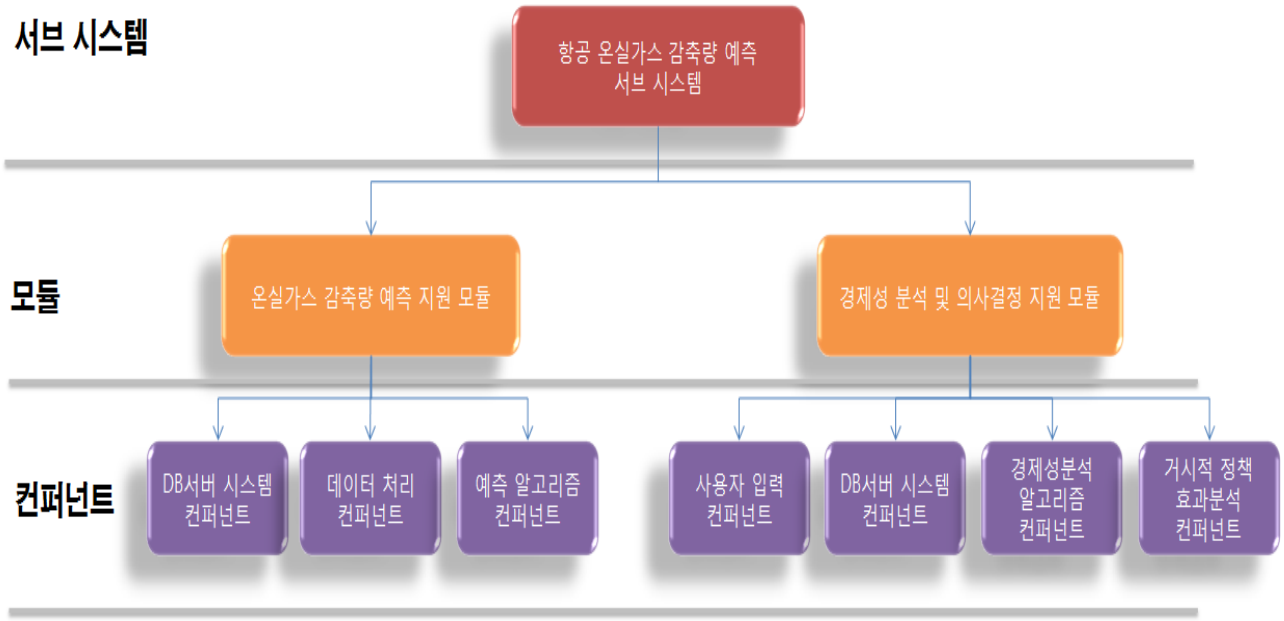


그림 3. 개발 시스템 체계도

○ 항공 온실가스 감축량 예측 모듈 개발

○ APU, 운항관리, 운항, 정비 및 유지보수, 지상의 5개 범주에 대한 감축기술 적용을 통한 저감효과를 분석하고, 저감 잠재량을 파악하여 추가 감축이 이뤄질 수 있도록 한다.

- 감축수단별, 비행단계별, 항공기종별 등 다양한 감축 시나리오 분석기술이 요구되며, 이를 통해 항공 온실가스 감축량 데이터베이스를 구축하고 경제적 운항절차 개발 및 효과적인 운항 체계를 구축하는 기술을 개발한다.

  • 항공온실가스 감축량을 다양한 감축수단을 이용하여 예측할 수 있는 모듈
  • 정부 및 항공사의 정책을 지원할 수 있는 모듈

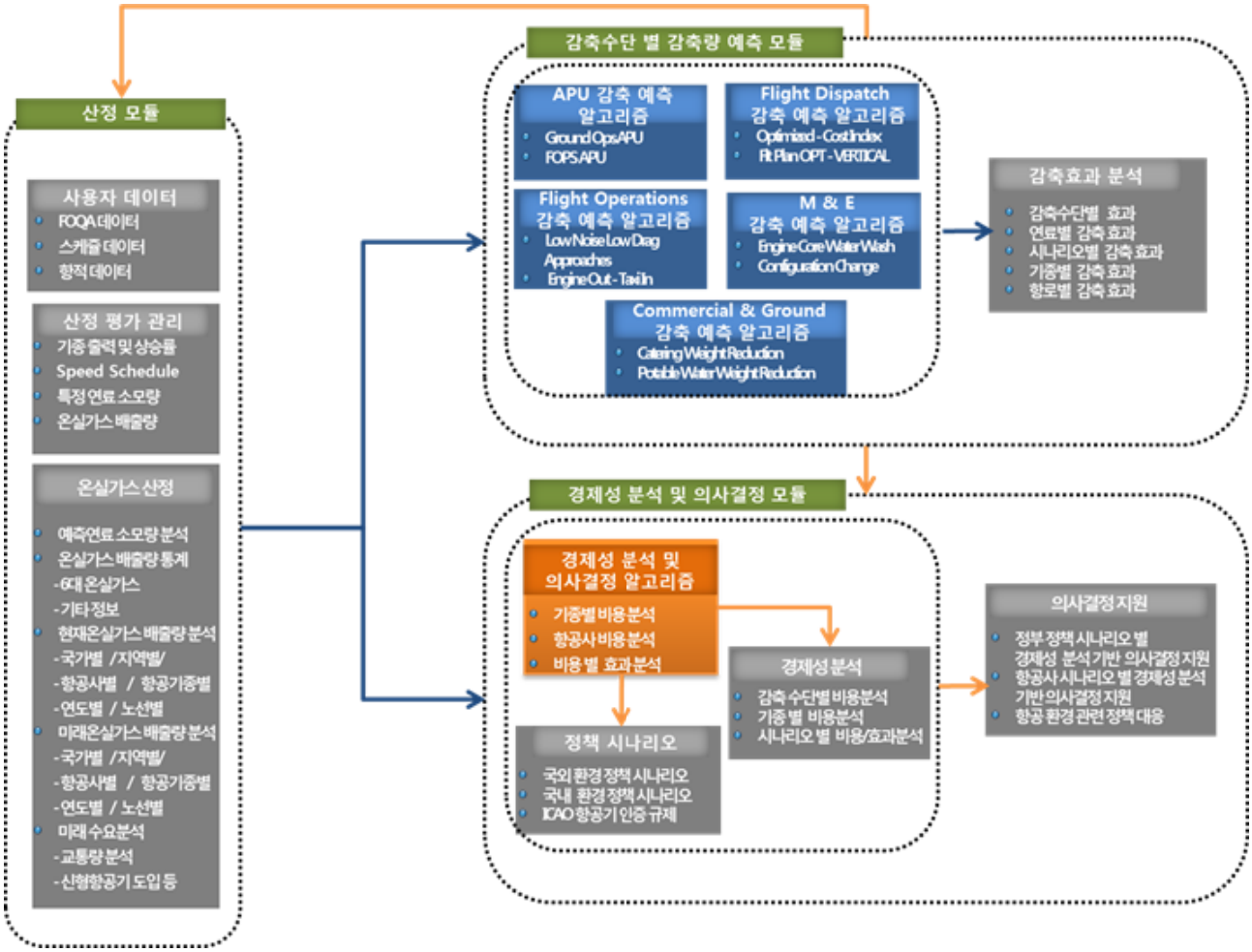
○ 항공온실가스 감축수단 별 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈 개발

- 온실가스 배출 국가 이행계획 수립과 탄소배출거래제 실시에 선제적으로 대응하기 위한 경제성 분석과 의사결정 지원 모듈 개발

- 총 5개 범주내 47여 가지의 감축 기술의 적용 시나리오에 따라(예: 항공사별, 노선별, 기종별 적용 범위 시나리오) 항공사의 직접운항비용에 미치는 영향 분석 개발

- 국내외 환경 관련 정책 시나리오 및 미래 항공수요, 신형 항공기 도입 시나리오에 따른 항공사 비용에 미치는 영향을 분석하여 정부 또는 항공사의 항공온실가스 감축 전략에 대한 의사결정을 돕는 모듈 개발

3.3 전체 시스템 구성도



3.3.1 항공 온실가스 감축량 예측 모듈 흐름도

○ 과거부터 미래까지 산정된 온실가스 배출량에 대해 APU, 운항관리, 운항, 정비 및 유지보수, 지상 중량관리의 5개 범주에 대한 감축기술 적용을 통한 저감효과를 분석하고, 저감 잠재량을 파악하여 추가 감축이 이뤄질 수 있도록 하는 모듈이다.

- **APU :** 항공기 보조동력장치(APU, Auxiliary Power Unit)는 항공기 후미에 설치되어 주동력기관의 시동에 필요한 동력 또는 비상동력을 공급하는 소

형 가스터빈 엔진 형식의 일종으로 주엔진 고장 또는 정지 상태에 있을 때 동력을 공급하는 역할을 함. APU 사용은 동일한 시간의 지상전원공급장치 사용에 비해 연료소비량이 상당함에 따라 항공사 자체적으로도 APU 사용을 최소화하여 연료절감을 실현하고 있음. 따라서 지상에서 AC-APU 사용을 억제하고 AC-GPS를 사용함으로써 항공기의 연료절감을 달성할 수 있으며, 이에 대한 정량적 결과를 감축수단 알고리즘을 통해 예측할 수 있음.

- **운항관리 :** 운항관리에는 기상 및 항로, 대체공항 등을 고려하는 비행계획 단계, 탑재연료의 관리, 항공기와 탑재물품 및 무게중심 등 항공기 운항 전에 필요한 제반사항을 고려해야 함. 따라서 항공기의 전반적인 스케줄 및 운용을 적절히 관리하는 감축수단 알고리즘을 통해 예측할 수있음.

- **운항 :** 운항승무원의 주요 임무는 최적의 비행계획이 세워진 항공편에 대해 가장 효율적인 속도와 고도로 안전하게 비행하는 것이며, 이와 더불어 연료 효율성을 높이기 위해 여러 제반사항을 고려하여야 함. 항공기가 운항을 시작할 때부터 멈출 때까지 운항 전반 감축수단 알고리즘을 통해 예측할 수 있음.

- **정비 및 유지보수** : 유지보수 및 항공역학적인 부분에서 항공기의 운용 시 항공기가 가진 최대의 성능을 낼수 있도록 여러 제반사항 등을 고려하여야 함. 따라서 유지보수 및 정비의 관점에서 항공온실가스 저감 관련 정량적 결과를 감축수단 알고리즘을 통해 예측 할 수 있음.

- **지상 중량관리**: 항공기의 중량 감소는 항공기 관리방안의 일환으로 기체, 장비, 탑재물품 등의 중량을 체계적으로 관리함으로서 전반적인 항공기 중량감소를 이끌어수 있음. 중량을 감소함으로서 연료절감을 이끌어내고, 이에 대한 정량적 결과를 감축수단 알고리즘을 통해 예측할 수있음.

○ 감축수단별, 비행단계별, 항공기종별 등 다양한 감축 시나리오 분석기술이 요구되며, 이를 통해 항공 온실가스 감축량 데이터베이스를 구축하고 경제적 운항절차 개발 및 효과적인 운항 체계를 구축하는 기술을 개발한다.

○ 항공 온실가스 감축량 예측 시스템은 항공안전과 온실가스 감축, 두 부분 모두가 충족될 수 있도록 절차상 안전을 기본으로 한 항공기 온실가스 감축량 및 저감잠재량을 분석하여, 국가 중장기 온실가스 감축이행을 위한 계획을

수립하고 관리하는 시스템이다.

○ 감축수단 범주별로 저감 분석을 위한 감축기술을 선정하고, 저감효과 산출기준을 개발하여 산출식 검증을 통한 산출기준을 표준화한다.

○ 핵심 컴퍼넌트

- DB 서버 컴퍼넌트

- 데이터 처리 컴퍼넌트

- 감축량 예측 알고리즘 컴퍼넌트

○ 각 컴퍼넌트 간의 데이터 흐름도는 아래와 같음

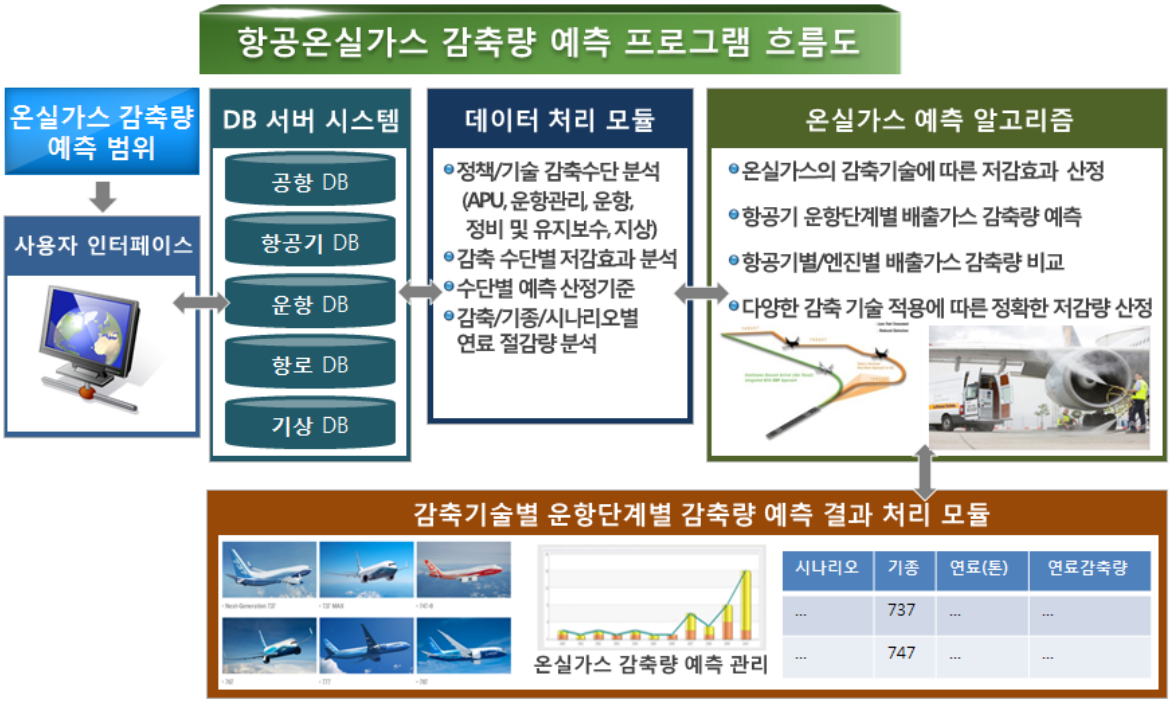


그림 5. 항공 온실가스 감축량 예측 시스템 구성도

3.4 서브시스템별 내용 및 특징 (WBS)

3.4.1 항공 온실가스 감축량 예측

3.4.1.1 DB 서버시스템 컴포넌트

○ 모듈을 사용하기 위한 공항, 항공기, 운항, 항로, 기상 DB 등을 포함하고 있는 컴포넌트로서 각 컴포넌트에서 포함하고 있는 내용은 다음과 같음.

- 공항DB : 우리나라를 포함한 전세계에 운영하는 공항에 대한 DB가 포함되어있으며, 공항의 대표적인 내용은 활주로 좌표, 활주로 길이, 활주로 경사, 유도로, 주기장 등 공항의 모든 자료를 포함함.

- 항공기DB : 상업용 항공기의 성능데이터는 포함하고 있는 DB로서 항공기의 특성에 대한 내용이 포함되어있음. 특히 항공기별 장착되는 엔진에 대한 사양이 포함되어있으므로, 온실가스 산정시 매우 중요한 요소로 작용함.

- 운항DB : 항공기가 시간에 따라 운항한 항적위치가 저장되는 DB이며, 운항DB는 항공기의 위경도 위치, 고도, 속도, 항공기 등록기호, 항공기 callsign 등의 자료를 포함함.

- 항로DB : 전세계 항공로 및 픽스, SID/STAR/APP 정보를 포함하고 있는 DB로서 표준궤적을 이용한 분석에서 사용됨.

- 기상DB : 항공기의 온실가스량 산정시 고려하는 환경요소로서 이용하며, 전세계 공항 및 고도별 기상정보를 포함함.

○ DB 서버시스템 컴포넌트는 온실가스 배출량 산정 모듈과 동일한 DB를 사용함.

3.4.1.2 데이터 처리 컴포넌트

○ 항공온실가스 감축량을 예측하기 위한 컴포넌트는 항공온실가스의 감축량을 산정하기 위한 감축기술들과 항공기 온실가스를 산정하기 위한 산정자료 등이 포함되어 있음.

- 감축수단별 감축량 예측 산정 기술 : 2011년 IATA 보고서에 제시된 항공 온실가스 감축기술을 토대로 작성하였으며, 감축기술은 APU, 운항관리, 운항, 정비 및 유지보수, 지상 중량관리로 Level 1 으로 분석되어 있으며, Level 2도 아래와 같이 분석되었음.

- 감축기술 선정을 하기 위한 방법으로 전문가들의 자문을 통해 개발 시스템에 포함될 수 있는 감축기술을 선정하였음.



- 온실가스 산정 데이터 : 항공기 엔진에서 배출되는 온실가스량을 산정하기 위한 데이터는 총 BFFM, FAO, 배출계수 등으로 계산되어 산정됨.

- 감축수단별 예측 산정 기준 : 온실가스 발생량을 산정하기 전 기준 값을 정하여, 기준 값 대비 감소량을 산정할 수 있도록 도움을 주는 기준 값 설정임. 주로 항공사별 항공온실가스 발생량을 온실가스 산정 DB에서 추출하여 시간이 흐름에 따라 온실가스량의 발생한 기준값을 통계적으로 산정함.

○ 온실가스 배출량 산정 모듈은 항공온실가스 산정 시스템의 데이터 처리 컴포넌트와 동일함.

3.4.1.3 온실가스 감축량 예측 알고리즘 컴포넌트

3.4.1.3.1 항공 온실가스 감축량 예측 알고리즘 개발 방안

○ 감축기술 선정을 하기 위한 방법으로 전문가들의 자문을 통해 개발 시스템에 포함될 수 있는 감축기술을 선정하였음.

- 항공사에 소속된 운항관리, 온실가스 담당자, 조종사, 정비사 등 자문회의를 통해 진행되었으며, 항공사는 여객을 수송하는 7개의 국적항공사로 한정함.

  • 대한항공, 아시아나항공, 진에어, 에어부산, 티웨이항공, 제주항공, 이스타항공

○ 항공온실가스 감축량 예측 알고리즘은 항공사별 자문을 통해 실제 국내 적용이 되고 있거나, 적용 가능한 알고리즘이 산출되었으며, 총 47개 중 14개로 수렴되었음.

구분	대분류	중분류	
1	APU	1	Ground Ops APU - Total Reduction
2	Flight Dispatch	2	Optimized - Cost Index
		3	Flt Plan OPT - VERTICAL
		4	Flight Dispatch - Additional Fuel
		5	Alternate - OPT Selection
		6	Holding Fuel Optimization
		7	Load planning - ZFW Accuracy
		8	Fuel Bias - (Flight Planning System)
		9	Taxi Fuel Excess Standard Load
3	Flight Operations	10	Low Noise Low Drag Approaches
		11	Engine Out - Taxi In
4	Maintenance &Engineering	12	Engine Core Water Wash
5	Commercial &Ground	13	Catering Weight Reduction

3.4.1.3.2 항공 온실가스 감축량 예측 알고리즘

○ **항공기 보조 엔진(APU)**

- Ground Ops APU: 항공사에서 온실가스 자발적 감축에 적용하는 기술로서, 항공기가 지상에서 소모되는 APU 사용량을 정확하게 산출하고, GPU 및 AC-GPS 사용량과 비교한 결과를 제시하는 기능임

○ **운항관리(Flight Dispatch)**

- 최적화 비용지수(Optimized - Cost Index): 비행계획 단계에 적용하는 고정 COST INDEX 값과 실 소모되는 COST INDEX 간의 최적 값을 산출 기능으로서, 비행계획 단계의 연료 사용량과 실사용량이 차이를 최소화 시킬 수 있음

- 비행계획 최적화 - 수직(Flt Plan OPT - VERTICAL) : 국내 공역의 환경 및 항공기 순항고도를 최적화하여 항공기의 최적 연료 산출을 제공하는 감축기술임

- 운항관리 - 추가연료(Flight Dispatch - Additional Fuel) : 추가연료 과다 책정 시 운항지연, 수익손실, 지연에 대한 비용을 유발시킴에 따라 연료관리를 통해 연료효율성 향상 기술임

- 교체 공항 선정(Alternate - OPT Selection) : 항공사별로 교체공항에 대한 여러 시나리오 적용을 통해 적합한 대체공항 선정 및 추가연료량을 결정할 수 있는 기능

- 체공연료량 최적화(Holding Fuel Optimization) : 도착공항 상공에서 체공하는 연료량을 산정하는 기능으로, 착륙 중량(LDG WGT(Landing Weight)에 따른 최적 소모연료량을 산정하는 기능

- 항공기 하중 계획(Load planning - ZFW Accuracy) : 항공기 유상승객의 무게를 최적화하여, 항공기의 ZFW값과 실항공기 중량 값을 최소화하였을

경우 항공기 중량에 따른 온실가스 감축량을 산정하는 기능

- 연료량 산정오차(Fuel Bias - (Flight Planning System)) : 연료 Bias 오차별 연료소모량을 계산하여 항공사에서 운영하는 항공기종별 오차를 산정 및 항공사에게 오차범위 제공 기능

- 유도로 연료산정(Taxi Fuel Excess Standard Load) : 유도로에서 사용하는 항공기 고정 연료 값과, 통계적인 값 또는 평균 시간으로 적용하였을 경우 감축되는 온실가스량 산정 기능

○ **운항관리(Flight Operations)**

- 저소음 접근절차(Low Noise Low Drag Approaches) 항공기 도착단계에서 감축기술 적용시 감축되는 연료량 및 온실가스 감축량을 산출하는 기능임

- 엔진 중지(Engine Out - Taxi In) : Taxi In 과정에서 Engine Out-Taxi In 절차를 사용함으로써, 기존 대비 연료소모량 및 배출물질을 감소시킬수 있는 기술이며, 이를 적용하여 산출하는 기능임

○ **정비(Maintenance & Engineering)**

- 엔진 물 세척(Engine Core Water Wash): 엔진 내부 압축기(Compressor) 공기통로(Gas pass)를 주기적으로 물 세척해 줌으로써 엔진 압축효율을 높여주어 연료 절감 도모하는 기능임

○ **지상 중량관리(Commercial &Ground Operations)**

- 기내식 장비 중량감소(Catering Weight Reduction) : 항공기 기내에 불필요한 장비를 제거함으로 항공기를 경량화하며, Catering의 중량관리를 통해 항공기 탑재 무게를 감소시켜 항공기 연료소모 절감을 달성할 수 있는 기능임

- 이동 식수량 감소(Potable Water Weight Reduction) : 항공기에 주입되는 식수량을 조절하여 항공기의 중량을 감축하는 효과가 발생되며, 이 기능을 통하여 식수량에 따른 온실가스 발생량을 산정하는 기능임

○ 온실가스 감축량 예측 알고리즘 컴포넌트는 항공온실가스 감축량을 산정하기

위한 가장 핵심적인 컴포넌트이며, 앞에서 제시된 DB 서버 시스템 컴포넌트, 데이터 처리 컴포넌트 등을 이용하여 항공온실가스 감축량을 예측함.

○ 온실가스 감축량 예측 알고리즘의 세부적인 기능으로 여러 가지 감축기술에 따른 저감효과 산정, 항공기 운항단계별 온실가스 감축량 예측, 항공기별/엔진별 온실가스 감축량 비교, 여러 가지 감축기술의 통합적용에 따른 저감량 산정 등이 포함되어 있음.

- 여러 가지 감축기술에 따른 저감효과 산정 : 본 시스템에서 적용되는 다양한 감축기술을 적용하여 현재 기준과 그리고 감축기술을 적용하였을 경우 저감효과를 산정하는 알고리즘임.

- 항공기별/엔진별 온실가스 감축량 비교 : 동일한 구간에서 항공기 또는 엔진이 변경됨에 따라 항공기의 온실가스 변화량을 비교하는 알고리즘임.

- 항공기 운항단계별 온실가스 감축량 예측 : 항공기 운항단계별(지상-이륙, 이륙, 상승, 상승-항공로, 순항, 하강-항공로, 하강, 지상-착륙)로 감축기술을 적용하여 운항단계별 감축량을 산정할 수 있도록 하는 알고리즘임.

- 여러 가지 감축기술의 통합적용에 따른 저감량 산정 : 여러 가지 감축기술이 동시에 적용될 때 온실가스 감축량의 정확한 산출을 하기 위한 알고리즘임.

4. 목표시스템 운영 시나리오

4.1 항공 온실가스 감축량 예측 모듈 개발

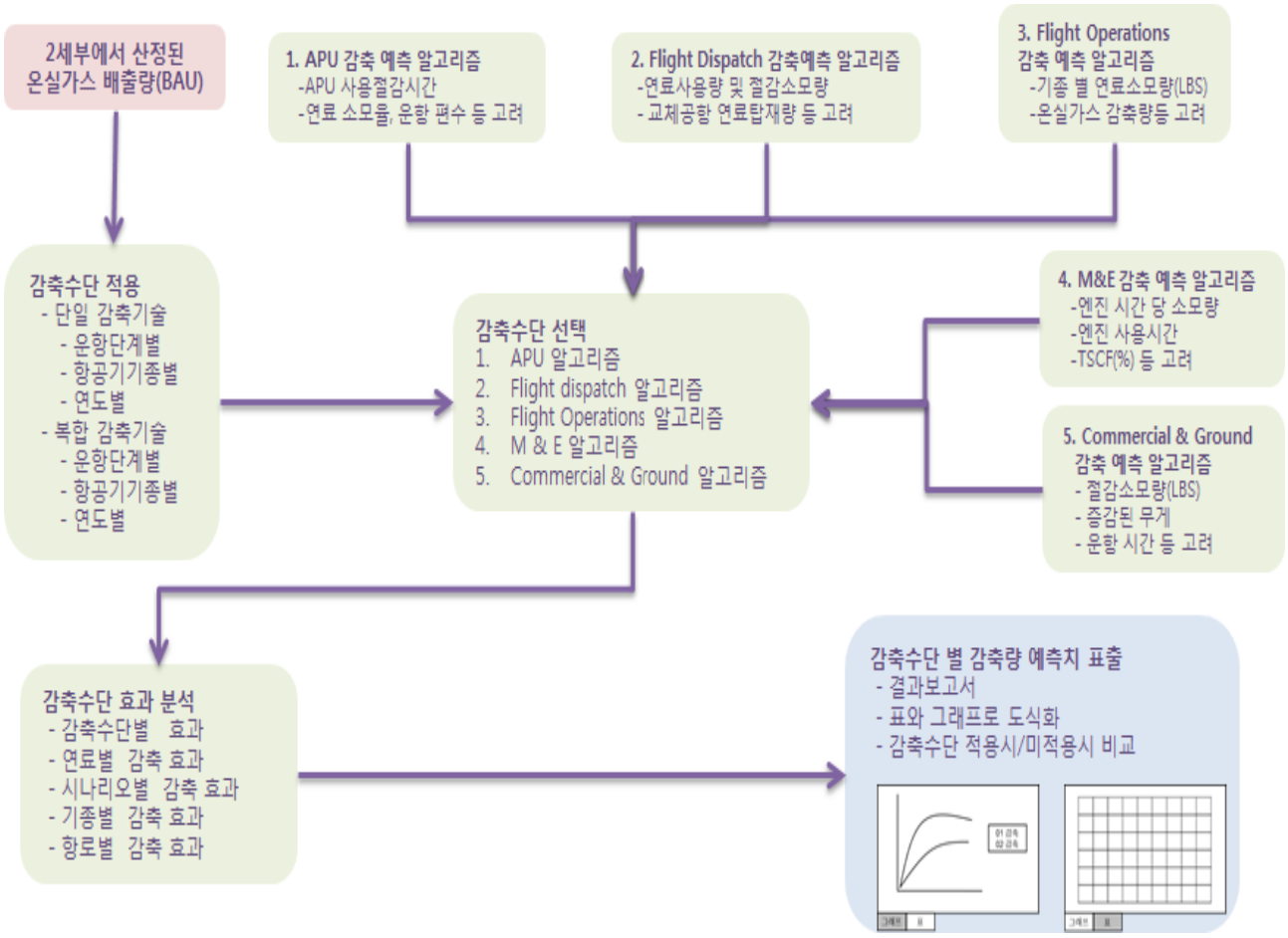
4.1.1 항공 온실가스 감축량 예측 모듈 시나리오 구성도

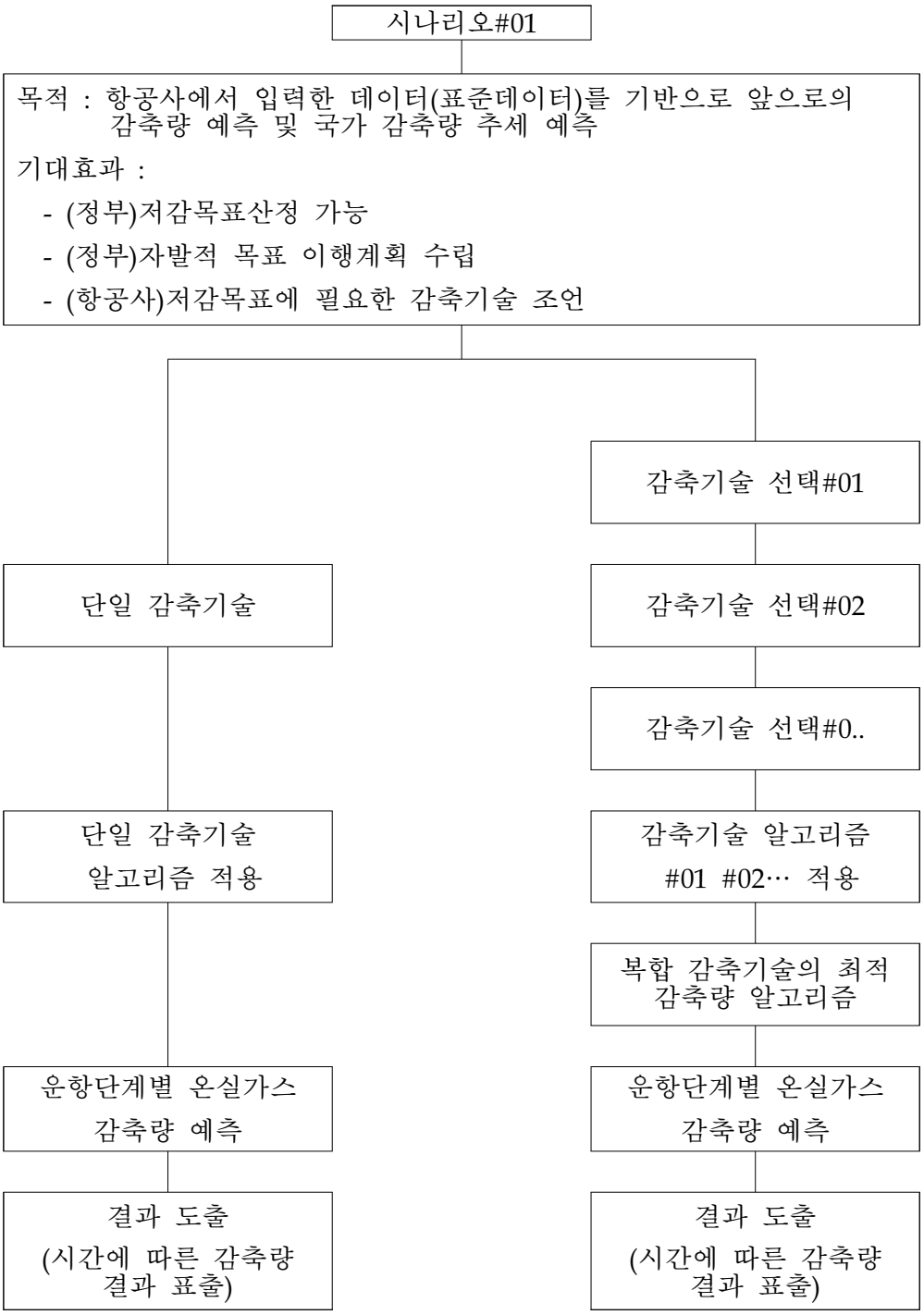
○ 과거부터 미래까지 산정된 온실가스 배출량에 대해 APU, 운항관리, 운항, 정비 및 유지보수, 지상 중량관리의 5개 범주에 대한 감축기술 적용 알고리즘임.

○ 시나리오는 총 3가지로 구분되며, 정부관점, 정부지원기관관점, 항공사관점 별로 지원하는 시나리오가 다르게 구성될 수 있음.

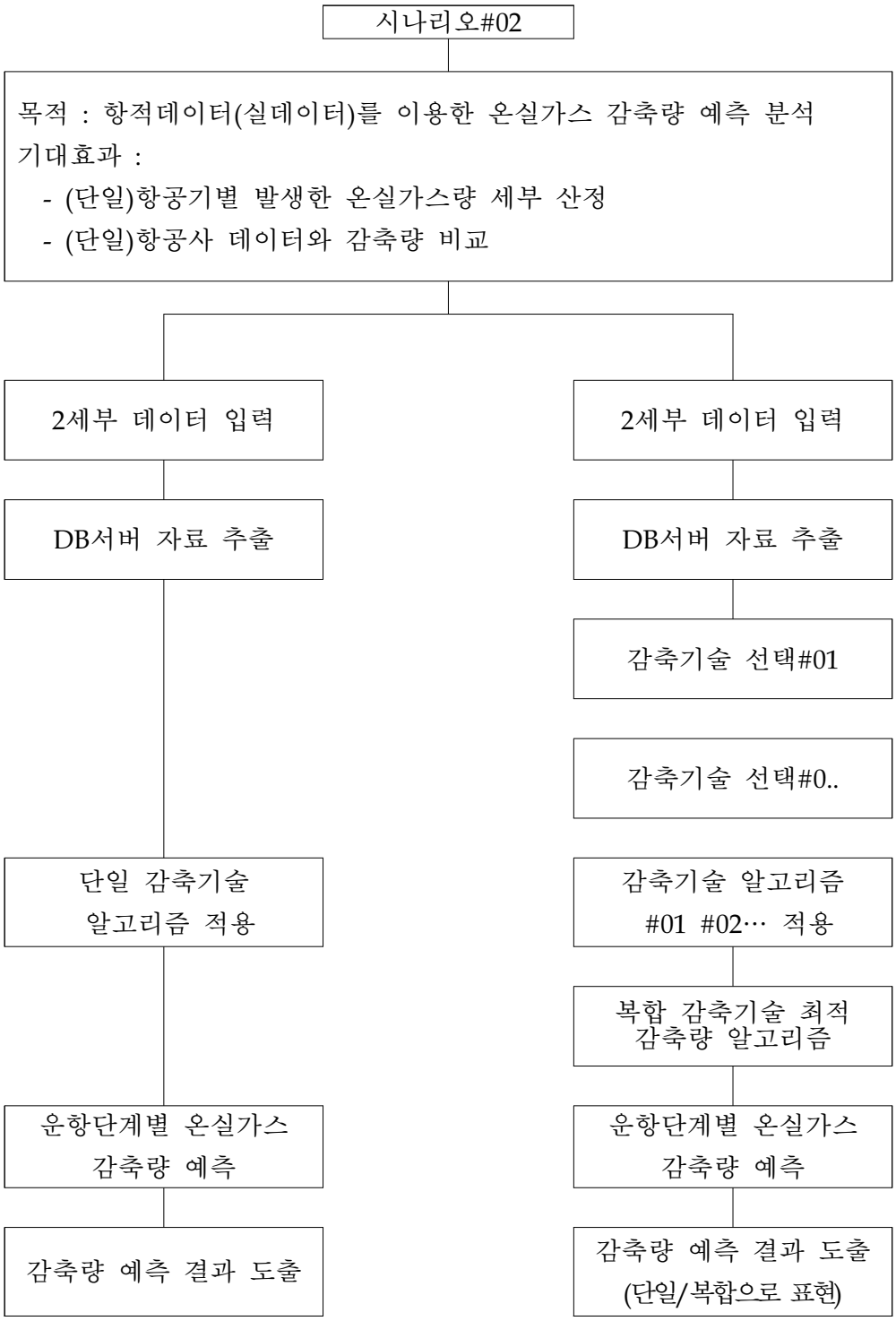
4.1.2 항공 온실가스 감축량 예측 모듈 적용

○ 시나리오1 : 항공온실가스 감축량 예측


2세부에서 산정된
온실가스 배출량(BAU)
1. APU 감축 예측 알고리즘
-APU 사용절감시간
-연료 소모율, 운항 편수 등 고려
2. Flight Dispatch 감축예측 알고리즘
-연료사용량 및 절감소모량
- 교체공항 연료탑재량 등 고려
3. Flight Operations
감축 예측 알고리즘
-기종 별 연료소모량(LBS)
-온실가스 감축량등 고려
감축수단 적용
- 단일 감축기술
- 운항단계별
- 항공기기종별
- 연도별
- 복합 감축기술
- 운항단계별
- 항공기기종별
- 연도별
감축수단 선택
1. APU 알고리즘
2. Flight dispatch 알고리즘
3. Flight Operations 알고리즘
4. M & E 알고리즘
5. Commercial & Ground 알고리즘
4. M&E 감축 예측 알고리즘
-엔진 시간 당 소모량
-엔진 사용시간
-TSCF(%) 등 고려
5. Commercial & Ground
감축 예측 알고리즘
- 절감소모량(LBS)
- 증감된 무게
- 운항 시간 등 고려
감축수단 효과 분석
- 감축수단별 효과
- 연료별 감축 효과
- 시나리오별 감축 효과
- 기종별 감축 효과
- 항로별 감축 효과
감축수단 별 감축량 예측치 표출
- 결과보고서
- 표와 그래프로 도식화
- 감축수단 적용시/미적용시 비교



○ 시나리오2 : 항공온실가스 감축량 예측


시나리오#02
목적 : 항적데이터(실데이터)를 이용한 온실가스 감축량 예측 분석
기대효과 :
- (단일)항공기별 발생한 온실가스량 세부 산정
- (단일)항공사 데이터와 감축량 비교
2세부 데이터 입력
DB서버 자료 추출
단일 감축기술
알고리즘 적용
운항단계별 온실가스
감축량 예측
감축량 예측 결과 도출
2세부 데이터 입력
DB서버 자료 추출
감축기술 선택#01
감축기술 선택#0..
감축기술 알고리즘
#01 #02… 적용
복합 감축기술 최적
감축량 알고리즘
운항단계별 온실가스
감축량 예측
감축량 예측 결과 도출
(단일/복합으로 표현)

4.1.3 항공 온실가스 감축량 예측 모듈 개발 운영 흐름도

구분	단계별 내용	세부내용	비고
1	현 수준 데이터 입력	초기값 선정 1. 2세부 결과 값 및 1세부 기본 데이타 수집 2. 임의 값으로 설정	
2	감축수단 입력	적용되는 감축수단 선정 1. 감축수단 기술적용 2. 감축수단 통합적용 3. 현수준을 '0%'로 정의	
3	DB 서버시스템 자료 추출	필요 DB 산출 1. 2세부 DB 이용 (공항/항공기/항공로 등) 2. 1세부 DB 이용 (각 항공사에서 입력한 DB 자료 추출)	
4	데이터처리모듈	감축량 데이터 처리 모듈 1. 2세부 모듈 동일하게 사용 2. 온실가스 산정에 필요한 모듈 4가지(BFFM, FOA, 배출계수, 파생계수) 3. GIS 모듈 (운항거리 계산)	
5	감축량 예측 알고리즘	감축량 예측 알고리즘 1. 감축기술에 따른 알고리즘 산정 2. 감축기술이 동시에 적용될 경우 알고리즘 3. 단계별 운항시 적용되는 통계 알고리즘	
6	감축량 예측 결과 도출	감축량 예측 결과 도출 1. 결과보고서 2. 그래프, 표로 도식화	

○ 1단계

- 감축수단 별 감축량 예측을 위해서는 2세부 '항공 온실가스 배출량 산정 모듈'의 결과값 및 1세부 '항공 온실가스 데이터플랫폼 모듈'에서 항공온실가스 산정을 위해 계산된 데이터 값을 가지고 와야 함.

- 따라서 감축량 예측을 필요로 하는 초기값을 1세부, 2세부에서 데이터를 가지고 와야함. 또한 1세부, 2세부에 필요 데이터가 없을 경우 임의값을 작성하여 현 수준의 데이터입력을 통해 데이터를 수집할 수 있도록 함.

○ 2단계

- 현 수준 데이터 입력을 통해 데이터가 수집되었다면, 감축수단 입력을 통해 적용되는 감축기술을 선정함.

- 감축기술은 단일선정 및 중복선정이 가능하며 운항구간 별(비행단계별) 선정도 가능함.

○ 3단계

- 감축수단 분석을 위해 외부에서 작성된 공항 DB, 항공기 DB, 운항 DB, 항로 DB를 가지고 와야 하며 이 DB서버시스템은 온실가스 산정 모듈과 동일한 DB를 사용함.

○ 4단계

- 온실가스 감축량 예측을 위한 모듈은 항공 온실가스 산정 모듈의 데이터 처리 컴포넌트와 동일해야 함.

○ 5단계

- 감축량 예측알고리즘은 앞 단계인 DB 서버모듈, 데이터 처리 컴퍼넌트 등을 이용하여 항공온실가스 감축량을 예측함.

- 사용자가 선정한 감축기술에 따른 저감효과를 산정하고 이는 개별적, 통합적으로 선정이 가능함.

○ 6단계

- 사용자가 선정한 감축수단을 토대로 감축량 예측결과가 도출되며 이는 결과보고서와 그래프, 표로 도식화됨.

- 결과보고서는 다양한 형식(PDF, DOC, TXT, HWP 등)으로 저장이 되어야 함.

- 결과보고서 및 감축량 예측 결과를 통해 사용자는 국가이행계획 수립 및 시행이 가능함.

- 우리나라에 적합한 항공 온실가스 감축계획 수립 및 시행이 가능함.

5. 목표시스템 구축에 의한 변경사항

5.1 변경사항

○ 2009년 12월 건설교통기술평가원에서 R&D로 발주한 교통부문 온실가스 관리 시스템(Korea Transport Emission Management System, KOTEMS)은 도로, 철도, 항공, 해운 등 각 교통수단별 온실가스 인벤토리 개발하고 통합 관리하는 시스템으로 크게 온실가스 배출량 정보시스템, 온실가스 목표관리 지원시스템, 온실가스 저감효과평가시스템으로 구성되어 있음.

○ 그러나 항공부문의 온실가스 관련 정보는 단순 통계에 대한 정보 제공 수준으로 저감효과를 미시적으로 접근하는데 한계가 있으며 또한 '교통부문 온실가스 저감 및 통합관리기술 개발'의 경우 교통부문을 총괄하는 기초연구단계임

○ 목표 시스템인 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템은 KOTEMS의 항공부문에 대한 온실가스 관련 기능을 모두 포함하고 있으며, 추가적으로 온실가스 관련 국가 정책 업무를 지원할 수 있는 기능을 포함하고 있음

○ 또한, KOTEMS에 반영되지 않은 배출량 산정, 감축량 예측 및 경제성분석/의사결정지원 S/W를 클라이언트/서버 방식으로 개발하여 물론 3b급으로 배출량 산정이 가능하고 감축수단 적용을 통한 감축량 예측 기능을 포함하고 있으며, 국내·외 항공 온실가스 관련 정책/규제 등의 시나리오 및 감축수단 적용을 통한 경제성 분석 및 의사결정을 지원하는 기능이 포함되어 있음

5.2 변경사항의 당위성

○ 시스템 활용적 측면

- 기존에 개발된 KOTEMS는 항공부문에 대해 연차별 통계치만 제공되므로 사용자인 항공사는 해당 시스템에서 제공되는 데이터를 활용하여 자사의 정책 결정에 활용이 어려움

- 항공사에서 개별적으로 관리하고 있는 시스템(자동 또는 수동)과 데이터 연

동에 어려움이 있어 기본 데이터 제공자인 항공사의 활용이 부진함

○ 국내·외 온실가스 관련 정책 대응 시스템 부재

- KOTEMS는 목표관리제, 항공부문 온실가스 인벤토리 보고서(NIR), 항공부문 국가이행계획, 항공사 자발적 협약, 배출권거래제, ICAO MBMs 등과 같은 국내·외 온실가스 관련 정책 업무를 대응하기 위한 서비스가 제공되지 않는다. 또한 IPCC Tier2급의 산출 방법을 사용하고 있으며, 감축량 예측의 기능을 가지고 있지 않음

- 국외는 Aero2K, AEDT, FAST 등의 여러 항공 온실가스 추정 S/W를 활용하고 있으나, 국내는 온실가스를 산정 및 예측할 수 있는 시스템이 존재하지 않아 정량적 산정 및 예측이 어려운 실정임

○ 국외 S/W 활용의 어려움 및 국내 IPCC Tier3b급 산정 및 예측 S/W 부재

- 항공사는 항공기의 경제적 운항과 항공분야 연료사용량 및 온실가스 배출량 최소화에 기여하고 국내·외 온실가스 배출규제에 효과적으로 대응하기 위해 항공온실가스 산정 및 예측 시스템이 필요함

- 목표 시스템인 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템은 감축수단별 경제성 및 의사결정 기능지원, 감축수단별 저감효과 분석, 감축/기종/시나리오별 연료감축량을 분석하여 최적의 항공 온실가스 감축수단을 선정할 수 있게 함

- Tier 3b급 알고리즘이 탑재된 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템을 구축하여 ICAO 규제에 대한 능동적 대응 기술력을 확보하고, 항공기의 경제적 도입 및 최적화된 운항 정보를 제공하여, 국제 경쟁력을 강화함

6. 목표시스템 분석

6.1 장점

○ 국내 유일 감축량 예측 시스템으로 항공 온실가스 감축 예측량을 산정할 수 있음.

- 국내 온실가스 산정 시스템 중에서 감축기술을 적용한 감축량 산정 시스템이 존재하지 않음

- 국제적으로도 온실가스 감축량 예측을 산정하기 위한 시스템 개발은 전무하며, 감축기술에 대한 산정방식도 전체 연료사용량에서 감축량을 산정하는 방식임

○ 감축수단에 따른 항공 온실가스 저감 수준을 정량적으로 도출이 가능해져 항공 산업의 친환경 신기술도입 및 운항법 개선 활동에 경제적 타당성과 당위성을 부여하여 저탄소 녹색성장 촉진에 기여할 수 있음.

○ 항공기 운항단계 별 감축기술적용이 가능해져 단계별 저감방안이 설정 가능해짐.

- 세부적인 온실가스 감축량 예측에 따라 사용자가 관리할 수 있는 범위가 넓어짐.

○ 항공기 운항을 경제적이고 효과적인 운항체계 도출이 가능해짐.

○ 감축기술에 따른 감축량 예측 알고리즘은 각종 정책의 수립, 집행, 효과분석 등의 근거로 활용이 가능해짐.

- 항공온실가스 저감정책 수립 시 근거자료로서 정부 관리주체인 국토교통부 담당자들이 성과지표와 목표를 설정하여 계획 수립 활용이 가능해짐.

○ 경제성분석 및 의사결정지원 모듈을 통해 항공기 도입 시 경로당 연료 절약 및 이에 따른 환경 부가세 절약 결과 도출이 가능해짐.

○ 경제성분석 및 의사결정지원 모듈을 통해 활주로 확장 및 신공항 건설 시 요

구되는 정량적인 환경적 영향 분석 및 의사결정 지원이 가능해짐.

6.2 단점 및 제한사항

○ 예측 모듈에 적용된 감축기술은 영구적인 감축적용기술이 아닌 현 시점에서 감축기술이므로 추후 감축기술로서 적용되지 않을 수 있음.

○ 지속적인 유지보수 비용이 발생되어야 함.

- 신 기종별 항공기 개발에 따른 항공기 성능 제원 필요

- 온실가스를 감축할 수 있는 신기술이 개발되면 이에 따른 적용 알고리즘도 개발되어야 함

○ 항공 온실가스 감축량 예측시스템은 외부 DB에서 필요한 자료를 불러오는 방식이므로 모듈을 실행하는 동안은 외부 인터넷이 연결되어 있어야함.

○ 사용자가 감축량 예측을 정확히 하기위해서는 실데이터가 존재하여야 하며, 실데이터가 없을 시 DB에서 제공되는 표준 데이터 값을 이용하게 되고 이는 오차범위가 발생할 수 있음.

○ 항공사가 감축량을 예측하기 위해서는 지속적인 감축량이 산정되어야 하며, 산정된 결과 값은 1세부 DB 에 포함되어 있어야함.

- 1세부 DB에 포함되어 있지 않으면 항공사는 산정이 가능한 모집단을 구성될 때까지 직접 입력을 해야 함.

6.3 대안별 비교분석

○ 예측 모듈에 적용된 감축기술이 영구적인 감축적용기술이 아니기 때문에 유지보수를 통해 스펙을 향상시켜야하며, 이에 따른 유지보수비용이 발생함에 따라 지속적인 투자를 지원해야 함.

- 온실가스를 감축할 수 있는 신기술이 개발되면 이에 따른 적용 알고리즘도 개발될 수 있도록 지원해야 함.

○ DB에서 제공되는 표준 데이터 값을 이용하게 될 시 오차범위를 줄일 수있는 방안을 지속적으로 모색해야 함.

시스템 개발 계획서

(System Development Plan)

항공 온실가스 감축량 예측 모듈 개발

문서ID : SDP_감축량 예측_KOTI

Version : 1.0

KOTI 한국교통연구원
THE KOREA TRANSPORT INSTITUTE

AUTHORIZATION

한국교통연구원 Approval:

본 문서에 대한 서명은 한국교통연구원 내부에서 본 문서에 대하여 수행 및 유지관리의 책임이 있음을 인정하는 것임.

승인자 :	한재현	(인)	**일자 :**	2015.05.30
검토자 :	김상현	(인)	**일자 :**	2015.05.27
작성자 :	정수진, 조현수	(인)	**일자 :**	2015.04.10

제 · 개정이력

버전	제/개정	제/개정자	개정 사유 및 내역	날짜
0.1	제 정	조현수 정수진	최초 제정	2015.04.10
1.0	개 정	“	TTA 결함 반영 및 SRR 의견 반영	2015.05.20

목 차

1. 시스템 개요 ····· 1
1.1 시스템 명 ····· 1
1.2 개발 기간 ····· 1
1.3 개발 배경 및 목적 ····· 1
1.3.1 배경 ····· 1
1.3.2 목적 ····· 2
1.4 연구개발 기대효과 ····· 2
1.5 관련 사용자 분류 및 특징 ····· 3
1.5.1 사용자 정의 ····· 3
1.5.2 사용자 특성 ····· 4

2. 시스템 개발 범위 및 목표 ····· 6
2.1 업무단위별 개발 범위 ····· 6
2.1.1 시스템 개발 ····· 6
2.2 시스템 목표 ····· 6
2.3 시스템 구성도 ····· 8
2.3.1 항공 온실가스 감축량 예측 모듈 흐름도 ····· 8

3. 프로젝트 수행 전략 ····· 11
3.1 개발 생명주기 및 프로세스 ····· 11
3.2 개발 방법론 ····· 13
3.3 형상관리 계획 ····· 13
3.4 품질관리 계획 ····· 16
3.5 문서관리 계획 ····· 17

4. 시스템 개발 수행 조직 및 개발 시스템 체계 ····· 19
4.1 시스템 개발 수행 조직 ····· 19
4.2 개발 시스템 체계 ····· 19

5. 시스템 개발 세부 일정 ····· 22

1. 시스템 개요

1.1 시스템 명

○ 항공 온실가스 감축량 예측 모듈 개발

1.2 개발 기간

구분	1차년	2차년	3차년	4차년
기간	'14.10.31~'15.05.30	'15.06.01~'16.05.30	'16.06.01~'17.05.	'17.06.01~'18.04.30

1.3 개발 배경 및 목적

1.3.1 배경

○ 우리나라는 2012년 항공온실가스 감축 이행계획에서 여러 합리적인 가정과 활용 가능한 제한적인 데이터의 논리적 연산 및 과거 감축추세를 감안하여, 이를 추정하였으나 신뢰성이 높은 예측치라고 하기는 어려운 상태임.

- 특히 저비용 항공사의 경우 필요한 데이터의 확보 등, 여러 가지 여건이 부족한 상태여서 어려움이 가중되고 있음.

○ 따라서 항공부문의 효과적인 온실가스 감축수단 개발을 지원하고, 항공사와 정부, 공항 등 주요 감축활동 주체의 적극적인 감축활동을 촉진하는 등 실효성 있는 국가이행계획의 수립과 이행을 위해 감축효과 분석 및 이를 총괄적으로 지원할 수 있는 지원시스템의 개발이 필요성이 인식됨.

1.3.2 목적

○ 본 「항공 온실가스 감축량 예측 모듈 개발」 연구 과제는 다음과 같은 사항을 목적으로 개발을 추진함.

- 항공부문의 효과적인 온실가스 감축수단 개발과 이행을 촉진하고, 이를 통하여 항공부문 온실가스 감축에 기여

- 항공부문의 온실가스 감축 주체들이 간단하고 편리하게 사용할 수 있는 감축수단 별 효과 분석 및 보고/의사결정 지원시스템의 개발 및 보급

- 국내적으로 항공기의 경제적 운항과 항공분야 온실가스 배출량 최소화에 기여하고 국내·외 배출 규제에 효과적으로 대응 가능한 시스템 개발

- 온실가스 감축수단별 효과분석을 통한 저감 방안 개발 및 활용을 통해 이해관계자들에게 편의성 제공

1.4 연구개발 기대효과

○ 국내 유일 감축량 예측 시스템으로 항공 온실가스 감축 예측량을 산정할 수 있음.

○ 감축수단에 따른 항공 온실가스 저감 수준을 정량적으로 도출이 가능해져 항공 산업의 친환경 신기술도입 및 운항 개선 활동에 경제적 타당성과 당위성을 부여하여 저탄소 녹색성장 촉진에 기여할 수 있음.

○ 항공기 운항단계별 감축기술적용이 가능해져 단계별 저감방안이 설정 가능해짐.

- 세부적인 온실가스 감축량 예측에 따라 사용자가 관리할 수 있는 범위가 넓어짐.

○ 항공기 운항을 경제적이고 효과적인 운항체계 구현이 가능해짐.

○ 감축기술에 따른 감축량 예측 알고리즘은 각종 정책의 수립, 집행, 효과분석 등의 근거로 활용이 가능해짐.

- 항공온실가스 저감정책 수립 시 근거자료로서 정부 관리주체인 국토교통부 담당자들이 성과지표와 목표를 설정하여 계획 수립 활용이 가능해짐.

○ 경제성분석 및 의사결정지원 모듈을 통해 신형항공기 도입 시 경로당 연료 절약 및 이에 따른 환경 부가세 절약 결과 도출이 가능해짐.

○ 항공 온실가스 저감효과 분석 모델 기술의 연구 분석을 통해 국가 온실가스 감축목표 설정과 이를 이행하기 위한 관리체계를 확립함으로써 국제항공 기후변화 대응력 확보 기대

1.5 관련 사용자 분류 및 특징

1.5.1 사용자 정의

○ 본 시스템에 대한 사용자는 전문사용자, 운용자 및 일반 사용자로 구분됨.

- 전문사용자 : 정부, 정부 지원 기관 및 항공사는 온실가스 감축관련 정책업무 수립 및 이행을 위한 분석 등을 위해 본 시스템 사용

- 운용자 : 상용화 기관, 유지보수 기관 및 시스템 운용 기관은 본 시스템의 판매 및 시스템 구동을 위한 장비 및 S/W 유지보수 담당

- 일반 사용자 : 대학, 지방자치단체, 관련 민간단체 및 공항공사 등 기관별 목적달성을 위해 본 시스템 사용

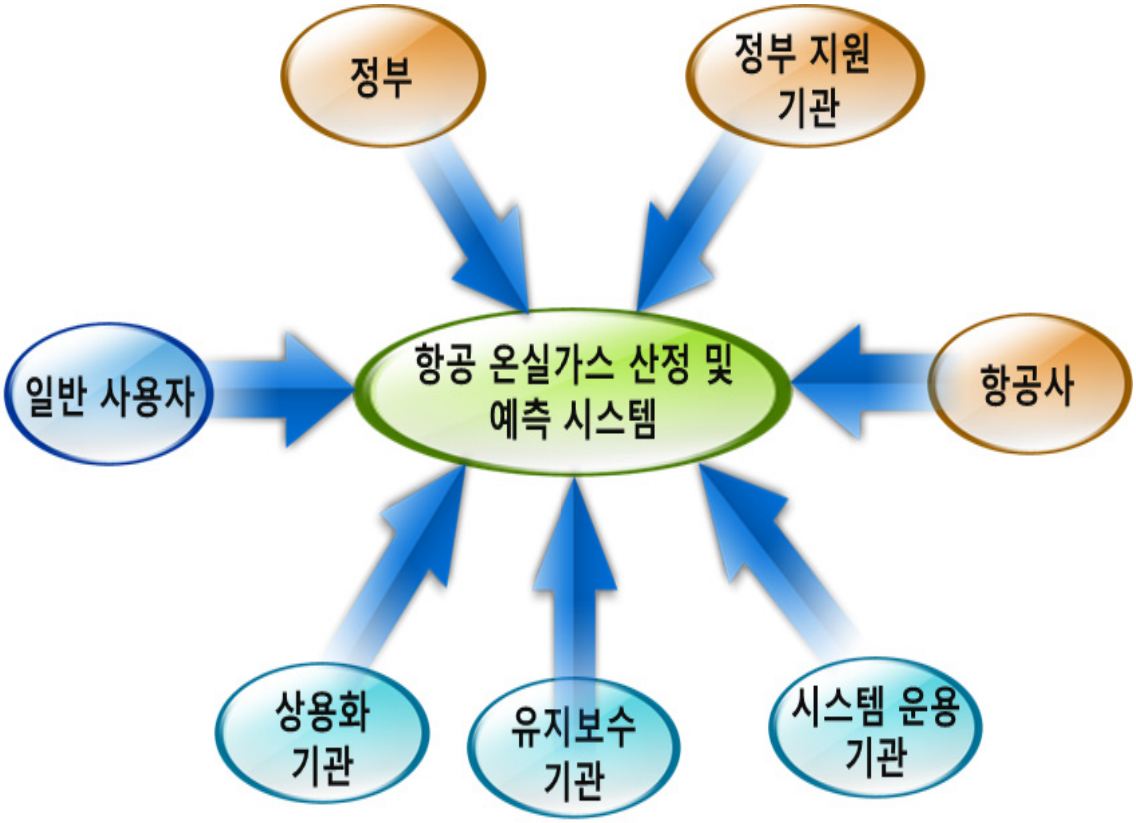


그림 1. 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 사용자 및 운용자 구성도

1.5.2 사용자 특성

○ 정부기관

- 항공부문 온실가스 감축목표 달성도의 정밀한 산정 제공
- 온실가스 감축 목표 설정 및 항공사의 감축 목표 달성 관리·평가
- 항공 온실가스 감축 이행실적 관리
- 항공 온실가스 정책수단별 효과분석을 통한 효율적 정책 수립
- 항공 온실가스 감축 국가이행계획 수립 및 효율적 운용을 위한 정책 수립
- 시장기반체제(Market Based Measures) 추진에 있어 국제 항공부문 온실가스 모니터링, 배출량 검증 지원 및 탄소상쇄, 배출권 거래제도 도입·시행 지원

○ 정부 지원 기관

- 온실가스 자발적 감축협약 및 목표관리제 관리 툴로 사용
- 국내 환경 분석 및 항공 전문 연구진에게 고정밀 항공부문 온실가스 감축량 예측 분석 도구 및 데이터 제공
- 온실가스 감축 이행계획서 평가 - 참여 항공사가 제출한 이행계획상의 온실가스 배출량, 연료 절감 계획 등 적절성 평가를 통한 검증 활동 수행

○ 항공사

- 항공 온실가스 감축수단 별 온실가스 배출량 분석을 통한 감축 계획 수립
- 항공부문 온실가스 배출 최소화를 위해 효과적인 온실가스 감축수단 개발 및 의사결정을 지원
- 신형 항공기 도입 시 경로당 연료 절약 및 이에 따른 환경 부가세 절약 결과 도출
- 실제 항공부문 온실가스 감축량의 대부분을 차지하는 항공기 교체에 의한 감축효과 제공

2. 시스템 개발 범위 및 목표

2.1 업무단위별 개발 범위

2.1.1 시스템 개발

표 1. 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 범위

모듈	업무	업무범위	비고
항공 온실가스 감축량 예측 모듈	S/W개발	- 항공 온실가스 기초데이터 검색/추출/관리 기술 개발 - 알고리즘 모듈과 DB 통합 시스템 구축 - 감축량 예측 알고리즘을 이용한 예측 모듈 개발	
경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈	S/W개발	- 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈 개발	

2.2 시스템 목표

○ 항공 온실가스 감축량 예측 모듈은 감축량 예측모듈과 경제성분석 및 의사결정 지원모듈로 구성됨.

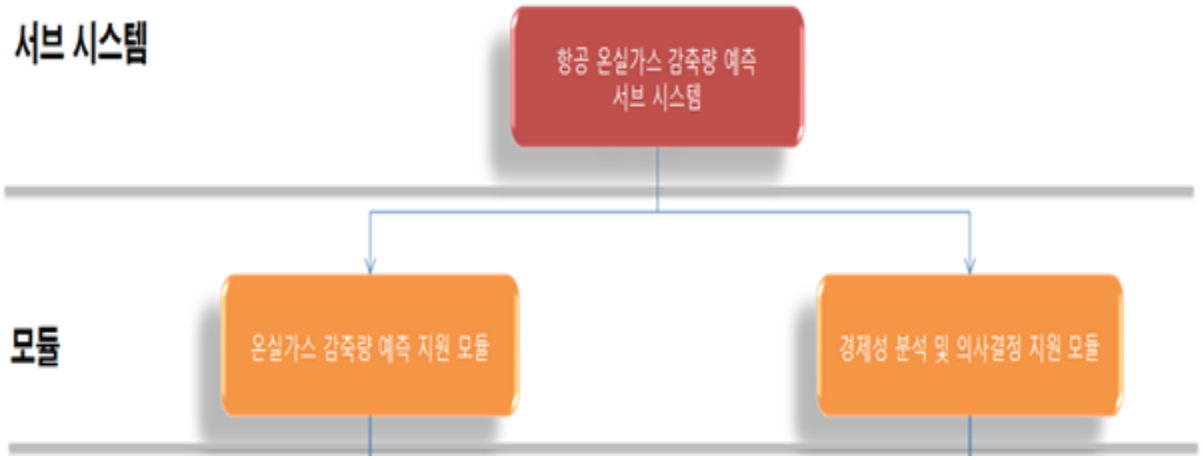


그림 2. 개발 시스템 체계도

○ 항공 온실가스 감축량 예측 모듈 개발

○ APU, 운항관리, 운항, 정비 및 유지보수, 지상 중량관리의 5개 범주에 대한 감축기술 적용을 통한 저감효과를 분석하고, 저감 잠재량을 파악하여 추가 감축이 이뤄질 수 있도록 함.

- 감축수단별, 비행단계별, 항공기종별 등 다양한 감축 시나리오 분석기술이 요구되며, 이를 통해 항공 온실가스 감축량 데이터베이스를 구축하고 경제적 운항절차 개발 및 효과적인 운항 체계를 구축하는 기술을 개발함.

• 항공온실가스 감축량을 다양한 감축수단을 이용하여 예측할 수 있는 모듈
• 정부 및 항공사의 정책을 지원할 수 있는 모듈

○ 항공온실가스 감축수단별 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈 개발

- 온실가스 감축 국가 이행계획 수립과 탄소배출거래제 실시에 선제적으로 대응하기 위한 경제성 분석과 의사결정 지원 모듈 개발

- 총 5개 범주내 47가지의 감축 기술의 적용 시나리오에 따라(예: 항공사별, 노선별, 기종별 적용 범위 시나리오) 항공사의 직접운항비용에 미치는 영향 분석 개발

- 국내외 환경관련 정책 시나리오 및 미래 항공수요, 신형 항공기 도입 시나리오에 따른 항공사 비용에 미치는 영향을 분석하여 정부 또는 항공사의 항공온실가스 감축 전략에 대한 의사결정을 돕는 모듈 개발

2.3 시스템 구성도

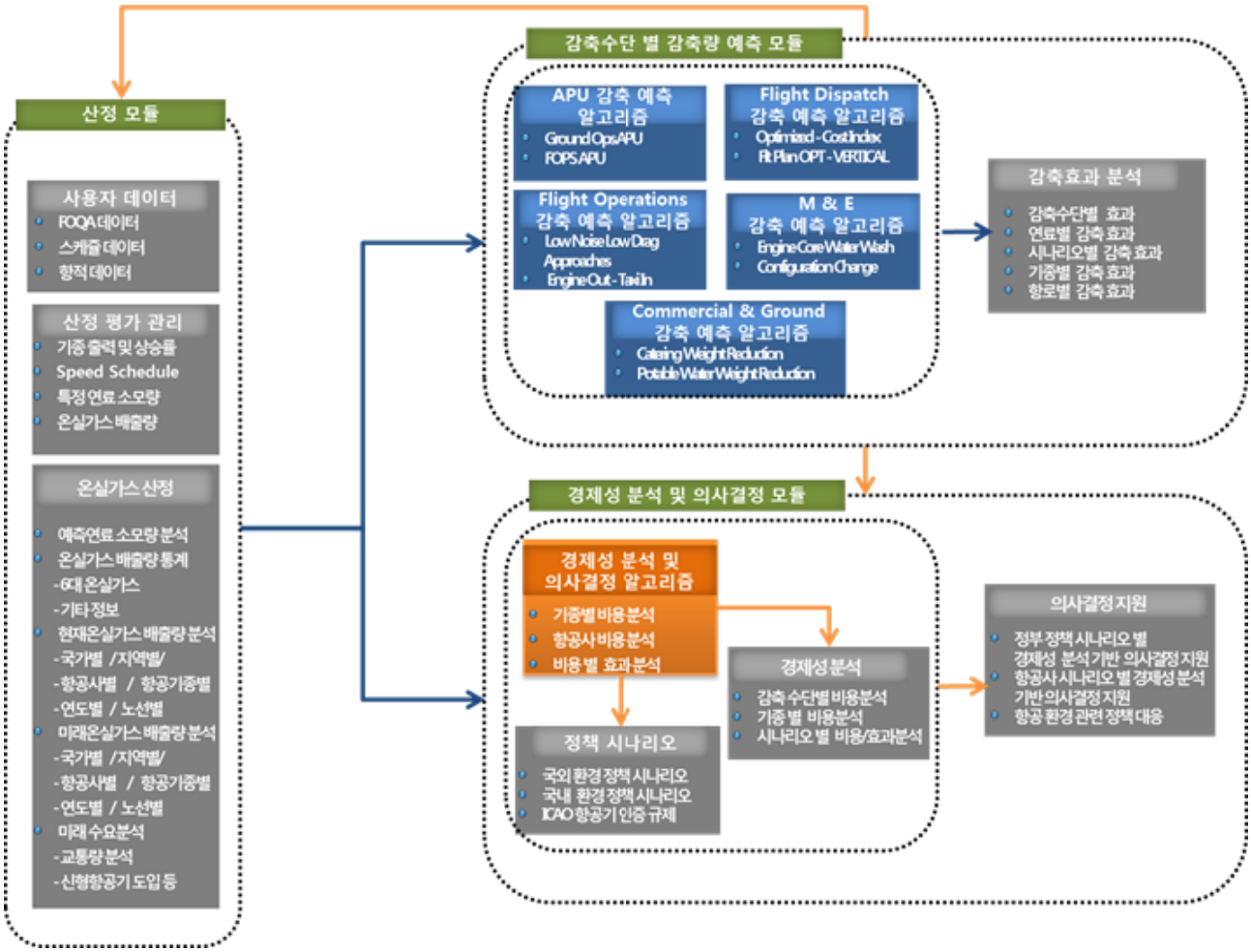


그림 3. 개발 시스템 구성도

2.3.1 항공 온실가스 감축량 예측 모듈 흐름도

○ 과거부터 미래까지 산정된 온실가스 배출량에 대해 APU, 운항관리, 운항, 정비 및 유지보수, 지상 중량관리의 5개 범주에 대한 감축기술 적용을 통한 저감효과를 분석하고, 저감 잠재량을 파악하여 추가 감축이 이뤄질 수 있도록 하는 모듈임

- **APU :** 항공기 보조동력장치(APU, Auxiliary Power Unit)는 항공기 후미에 설치되어 주동력기관의 시동에 필요한 동력 또는 비상동력을 공급하는 소형 가스터빈 엔진 형식의 일종으로 주엔진 고장 또는 정지 상태에 있을 때

동력을 공급하는 역할을 함. APU 사용은 동일한 시간의 지상전원공급장치 사용에 비해 연료소비량이 상당함에 따라 항공사 자체적으로도 APU 사용을 최소화하여 연료절감을 실현하고 있음. 따라서 지상에서 AC-APU 사용을 억제하고 AC-GPS를 사용함으로써 항공기의 연료절감을 달성할 수 있으며, 이에 대한 정량적 결과를 감축수단 알고리즘을 통해 예측할 수 있음.

- **운항관리 :** 운항관리에는 기상 및 항로, 대체공항 등을 고려하는 비행계획 단계, 탑재연료의 관리, 항공기와 탑재물품 및 무게중심 등 항공기 운항 전에 필요한 제반사항을 고려해야 함. 따라서 항공기의 전반적인 스케줄 및 운용을 적절히 관리하는 감축수단 알고리즘을 통해 예측할 수있음.

- **운항 :** 운항승무원의 주요 임무는 최적의 비행계획이 세워진 항공편에 대해 가장 효율적인 속도와 고도로 안전하게 비행하는 것이며, 이와 더불어 연료 효율성을 높이기 위해 여러 제반사항을 고려하여야 함. 항공기가 운항을 시작할 때부터 멈출 때까지 운항 전반 감축수단 알고리즘을 통해 예측할 수 있음.

- **정비 및 유지보수** : 유지보수 및 항공역학적인 부분에서 항공기의 운용 시 항공기가 가진 최대의 성능을 낼수 있도록 여러 제반사항 등을 고려하여야 함. 따라서 유지보수 및 정비의 관점에서 항공온실가스 저감 관련 정량적 결과를 감축수단 알고리즘을 통해 예측할 수 있음.

- **지상 중량관리**: 항공기의 중량 감소는 항공기 관리방안의 일환으로 기체, 장비, 탑재물품 등의 중량을 체계적으로 관리함으로서 전반적인 항공기 중량감소를 이끌어낼 수 있음. 중량을 감소함으로서 연료절감을 이끌어내고, 이에 대한 정량적 결과를 감축수단 알고리즘을 통해 예측할 수 있음.

○ 감축수단별, 비행단계별, 항공기종별 등 다양한 감축 시나리오 분석기술이 요구되며, 이를 통해 항공 온실가스 감축량 데이터베이스를 구축하고 경제적 운항절차 개발 및 효과적인 운항 체계를 구축하는 기술을 개발함.

○ 항공 온실가스 감축량 예측 시스템은 항공안전과 온실가스 감축, 두 부분 모두가 충족될 수 있도록 절차상 안전을 기본으로 한 항공기 온실가스 감축량 및 저감잠재량을 분석하여, 국가 중장기 온실가스 감축이행을 위한 계획을 수립하고 관리하는 시스템임

○ 감축수단 범주별로 저감 분석을 위한 감축기술을 선정하고, 저감효과 산출기준을 개발하여 산출식 검증을 통한 산출기준을 표준화함.

○ 핵심 컴퍼넌트

- DB 서버 컴퍼넌트
- 데이터 처리 컴퍼넌트
- 감축량 예측 알고리즘 컴퍼넌트

○ 각 컴퍼넌트 간의 데이터 흐름도는 아래와 같음



그림 4. 항공 온실가스 감축량 예측 시스템 구성도

3. 프로젝트 수행 전략

3.1 개발 생명주기 및 프로세스

3.1.1 개발 생명주기

○ 폭포수 모델(waterfall model)은 순차적인 소프트웨어 개발 프로세스(소프트웨어를 만들기 위한 프로세스)로, 국가연구개발사업 특성에 따라 본 시스템 개발 생명주기로 적용하였으며, 시스템 설계시 결과물을 체계적으로 문서화 작업을 통해 진행하기 때문에 산출물이 명확함.

- 폭포수 모델은 개발시 각 단계를 확실히 매듭짓고 그 결과를 철저히 검토하여 승인과정을 거친 후 다음단계를 진행하는 선형 순차적 모델임.

○ 본 모델은 소프트웨어 요구사항 분석 단계에서 시작하여, 소프트웨어 설계, 소프트웨어 구현, 소프트웨어 시험, 소프트웨어 통합 단계 등을 거쳐, 소프트웨어 유지보수 단계로 추진함.

- 요구사항 분석 : 개발하고자 하는 소프트웨어에 대한 요구사항 수집, 문제 이해 및 분석 단계이며, 고객의 요구사항을 기능, 성능, 인터페이스 등 파악하고 문서화

- 소프트웨어 설계 : 프로그램의 데이터 구조, 소프트웨어 구조, 인터페이스 구조, 알고리즘 등 모든 시스템의 구조 결정 및 문서화

- 소프트웨어 구현 : 설계 명세서를 시스템의 실제 모습으로 구현

- 소프트웨어 시험 : 프로그램이 입력에 따라 요구되는 결과대로 작동하는지, 내부적 이상 여부 및 오류 발견을 위해 수행하며, 테스트 계획을 세운 후 문서화

- 유지보수 : 개발된 소프트웨어의 변경사항 수정

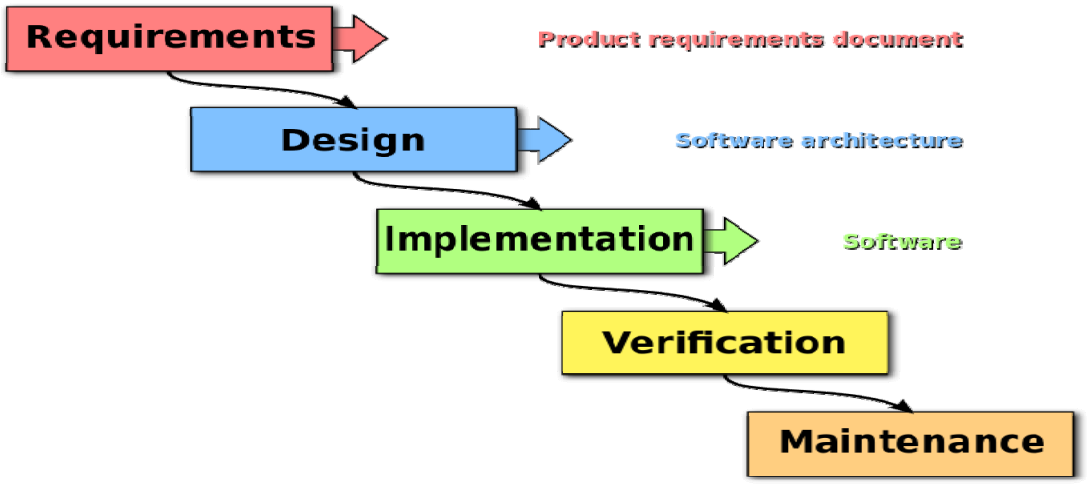


그림 5. 폭포수 모델(Waterfall Model)

3.1.2 개발 프로세스

○ 본 시스템 개발 시 폭포수 모델을 통해 체계적인 문서화 및 단계적 산출물을 명확히 하며, 시스템 개발에 따른 검증 및 테스트작업을 강조하기 위해 V형 개발 프로세스를 적용하였음.

○ V형 개발프로세스의 경우 모든 단계에 검증과 확인에 있어 개발 과정에서 감추어진 오류를 찾아내 시스템의 신뢰성을 높일 수 있음.

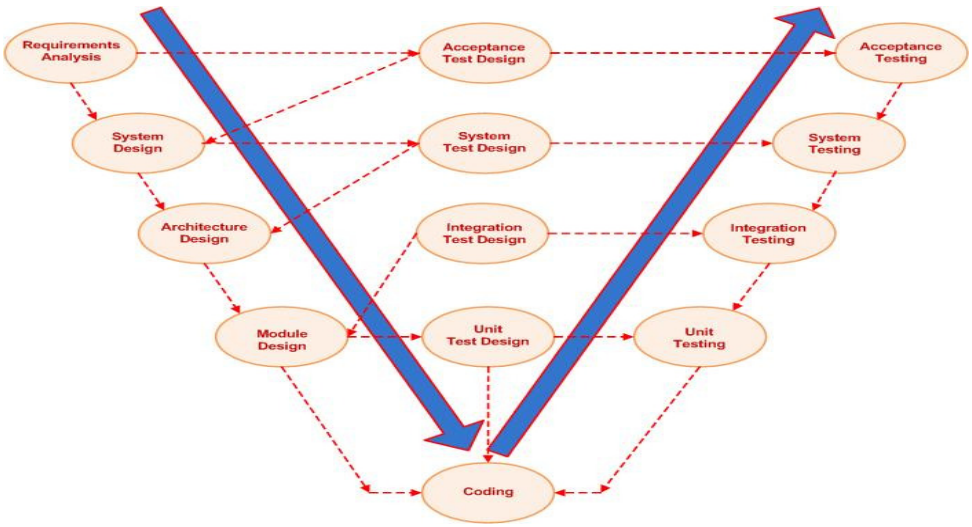


그림 6. 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 방법론

3.2 개발 방법론

○ 본 시스템 개발을 위한 방법론으로 Component-based Development(CBD)방법론을 채택하였음.

○ 시스템 개발을 위해 국방 CBD 방법론을 준용하며, 필요시 방법론의 부분적 수정 또는 변경을 할 수 있음.

- 국방 CBD 방법론은 UML(Unified Modeling Language) 기반의 CBD(Component Based Development) 방법론에 기초하여 분석, 설계 및 구현 산출물을 표준화시켜 여러 사람이 설계하고 개발하더라도 서로 간의 의사소통이 쉽고, 일관성을 유지하며, 최소의 노력으로 높은 품질의 컴포넌트 기반 정보시스템을 개발할 수 있음.

○ 각 서브시스템 구현시 컴퍼넌트 단위별 구현을 원칙으로 하며, 각 컴퍼넌트 오류 발생시 타 기능과 연동되지 않도록 개발할 것을 권고함.

○ 코딩규칙

- 본 시스템 개발의 표준화를 위해 “무기체계 소프트웨어 개발 및 관리 실무지침서” (부록 6)의 SW 코딩 규칙, 주석 규칙, 명명 규칙, 프로그램 작성 규칙 등을 따를 것을 권고함.

3.3 형상관리 계획

3.3.1 형상관리 방안

○ Subversion(SVN)과 같은 형상관리 툴을 활용하여 형상관리를 실시함.

○ 형상 식별은 요구사항 분석과 검토가 끝난 산출물을 대상으로 함.

○ 형상을 이루는 자료의 산출물과 요구사항 분석이 끝난 후 적용한 구성요소를

식별함.

3.3.2 문서 산출물

○ 형상을 기록하여 시스템에서 사용할 수 있는 항목을 식별하고 관리한 후 그것을 문서화함.

○ 항목의 식별 방법은 문서에서의 개정이력을 활용하고 식별할 내용이 많을 경우 프로젝트 팀장과 협의 후에 문서를 재 작성함.

○ 「항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발」의 단계별 개발 문서의 유형은 다음과 같음

표 2. 개발 단계별 산출물명 및 기호

구분	산출물명(기호)	작성 단계
1	운용개념기술서(OCD)	시스템 요구사항분석/개념설계
2	시스템 요구사항 명세서(SSRS)	시스템 요구사항분석/개념설계
3	시스템 개발 계획서(SDP)	시스템 요구사항분석/개념설계
4	시스템 시험 계획서(STP)	시스템 요구사항분석/개념설계
5	시스템 상세 설계기술서(SSDD)	시스템/소프트웨어 구조/상세설계
6	상세 인터페이스통제문서(ICD)	시스템/소프트웨어 구조/상세설계
7	상세 인터페이스설계기술서(IDD)	시스템/소프트웨어 구조/상세설계
8	상세 데이터베이스설계기술서(DBDD)	시스템/소프트웨어 구조/상세설계
9	소프트웨어 개발완료 보고서 (개발환경, 파일/ 모듈 설명, 알고리즘 및 처리 루틴 등 내용 포함)	시스템/소프트웨어 구현
10	사용자/관리자 문서 (사용자지침서, 체계운영자지침서, 소프트웨어버전기술서, 소프트웨어산출물명세서 내용 포함)	시스템/소프트웨어 구현
11	시험절차서(STD)	시스템/소프트웨어 구현
12	시험결과보고서(STR) (단위, 통합, 인수 시험 결과 내용 포함)	시스템/소프트웨어 통합 시험

3.3.3 개발산출물 명명 규칙

○ 산출물 문서 명명

- 산출물 문서명은 Level 4 단위로 작성함.

- 산출물 문서명은 “[Level : 1)산출물 기호]_[Level 2 : 개발분야]_[Level 3 : 수행기관명]_[Level 4 : 버전 명]” 으로 함
(예 : SDP_감축량 예측_KOTI_V1.0.hwp)

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	파일 확장자
SDP	감축량예측	KOTI	V1.0	.hwp, .ppt 등

- 산출물명에 사용되는 영문표기는 모두 대문자를 기준으로 함.

- 버전표기를 위한 숫자는 소수점 한자리를 포함하여 표기함.

- 단어 간의 띄어쓰기는 사용하지 않음.

○ 버전관리

- 각 산출물 문서 내에 개정이력을 통해 버전을 관리함.

- 최초 산출물 버전은 V1.0 을 기준으로 함.

- 산출물 수정 권고사항으로 인한 조치 산출물 버전은 0.1씩 버전 업 하여 수정함. (과거 산출물을 삭제하지 않음.)

최초산출물	SDP_감축량 예측_KOTI_V1.0.hwp
1차 수정산출물	SDP_감축량 예측_KOTI_V1.1.hwp
2차 수정산출물	SDP_감축량 예측_KOTI_V1.2.hwp

3.3.4 요구사항 유형 및 명명 규칙

○ 요구사항 유형은 아래 분류 기준에 따라 기술함.

구분	요구사항유형	영문명	기호
1	시스템 요구사항	System Requirements	SYS
2	기능 요구사항	Functional Requirements	FUR
3	성능 요구사항	Performance Requirements	PER
4	보안 요구사항	Security Requirements	SER
5	품질 요구사항	Quality Requirements	QUR
6	인터페이스 요구사항	System Interface Requirements	SIR
7	데이터 요구사항	Data Requirements	DAR
8	프로젝트 관리 요구사항	Project Management Requirements	PMR
9	제약 사항	Constraints	COR
10	프로젝트 지원 요구사항	Project Support Requirements	PSR
11	테스트 요구사항	Test Requirements	TER

3.4 품질관리 계획

○ 소프트웨어 관점에서 System engineering 절차에 따라 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 산출물에 대해 검토회의를 통해 품질을 확인함.

○ 또한 산출물의 품질 향상을 위해 검토회의 전 국가공인시험기관의 검증시험을 통해 품질향상 실시함.

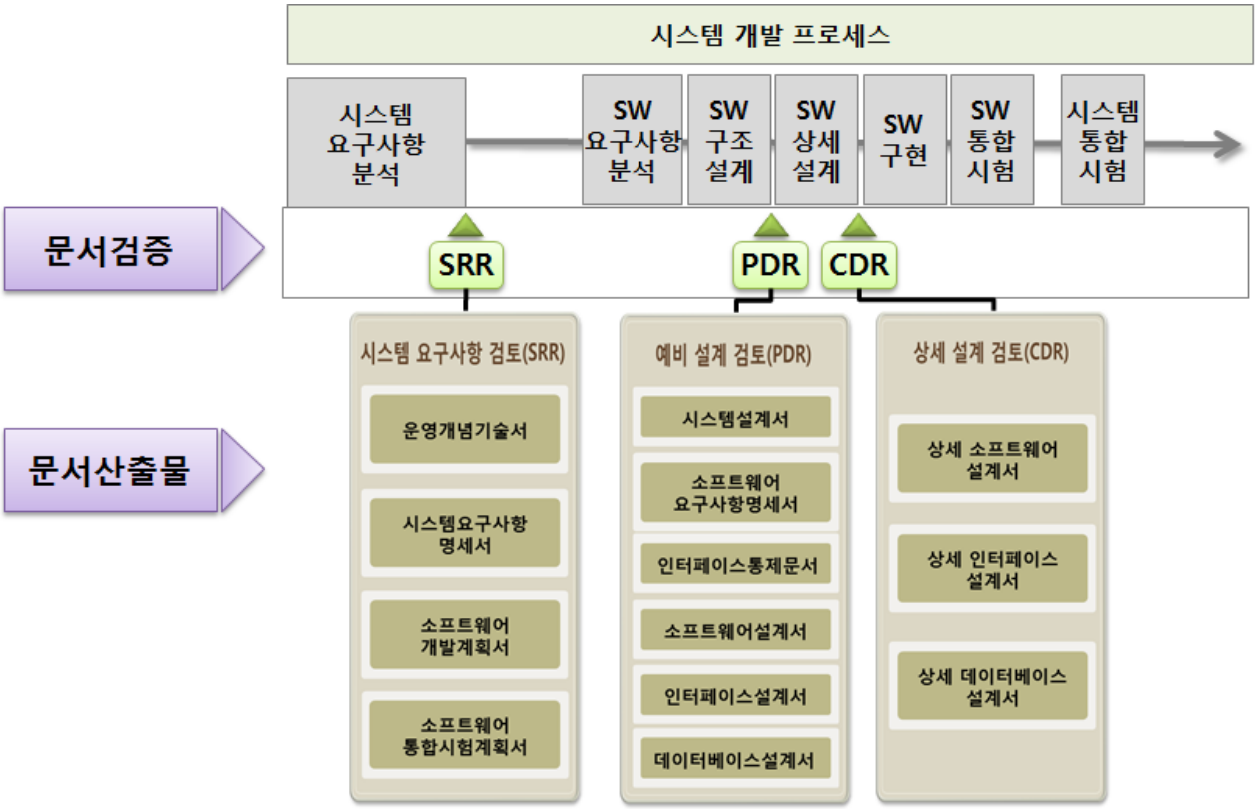


그림 7. 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 품질관리 방안

3.5 문서관리 계획

3.5.1 문서 형태 분류

○ 산출물

- 연구개발을 추진하면서 각 단계에서 작성되는 구성상의 문서를 말하며, 협약과 관련한 산출물, 양식이 제공되거나 관리할 필요가 있는 Working 문서 등을 지칭함

○ 일반문서

- 일반문서는 업무보고자료, 참조자료, 결재문서, 발송·수신 공문, 게시물 등과 같이 특별한 관리 활동이 불필요한 문서를 말함

3.5.2 문서 형식

○ 문서작성 일반

- 모든 문서의 작성은 '아래한글'을 이용하는 것을 원칙으로함
- 문서의 성격에 따라 '아래한글'이 부적합할 경우 '엑셀' 또는 '파워포인트' 등을 사용하여 작성할 수 있음
- 글자 표기 시 영문용어는 이에 대응하는 한글용어로 통일하여 기록하고 일치되는 한글용어가 없거나 한글용어로 표현할 때 의미상 왜곡 가능성이 있을 경우에는 영문으로 표기함
- 영문용어는 한글용어로 기록하고 괄호를 사용하여 영문 전체명 및 영문약자를 콤마를 사용하여 기록함
  예시 : 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization, ICAO)

○ 문서 기본양식

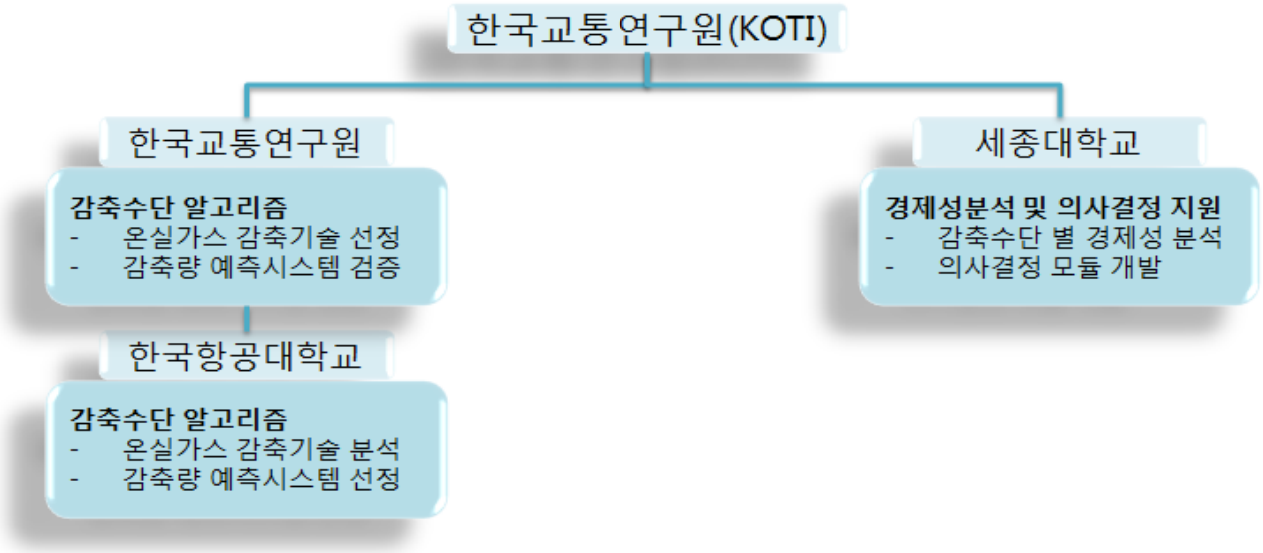
- 본 시스템 개발과 관련한 문서는 첨부 1양식에 따라 작성함을 원칙으로함

○ 제·개정이력

- 버전 : 문서의 작성 버전을 기재
- 제/개정 : 제정 또는 개정여부 기재
- 제/개정자 : 문서 작성자를 기재
- 개정 사유 및 내역 : 문서 변경사항을 간략히 기재
- 날짜 : 문서 변경일자를 기재

4. 시스템 개발 수행 조직 및 개발 시스템 체계

4.1 시스템 개발 수행 조직



4.2 개발 시스템 체계

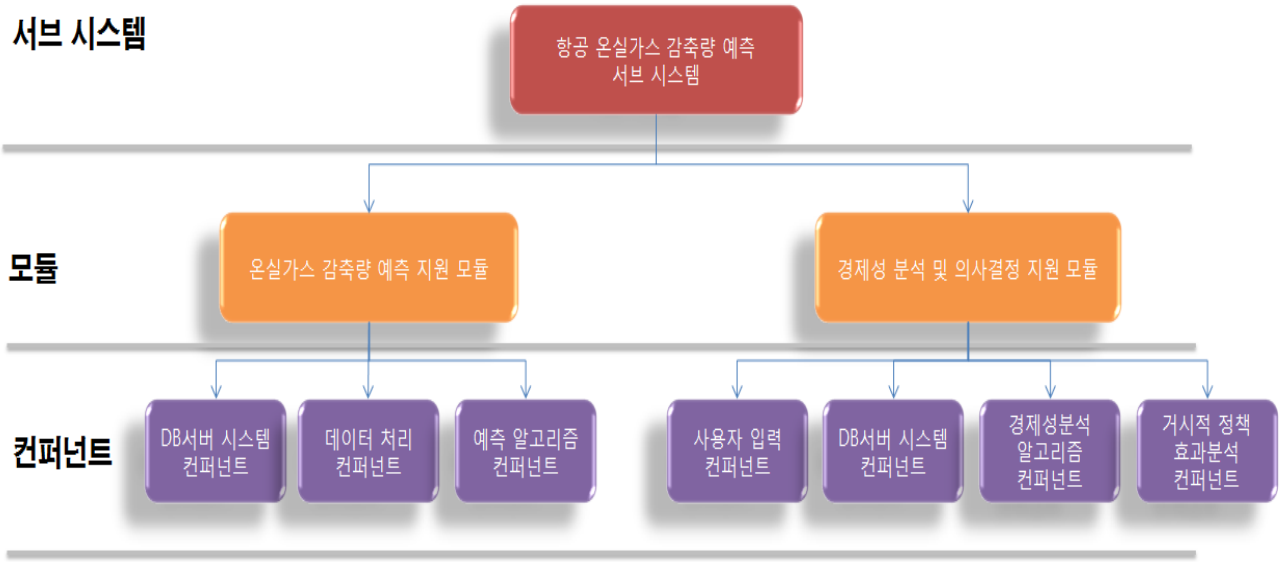


그림 9. 개발 시스템 체계도

4.2.1 항공 온실가스 감축량 예측

4.2.1.1 DB 서버시스템 컴포넌트

○ 모듈을 사용하기 위한 공항, 항공기, 운항, 항로, 기상 DB 등을 포함하고 있는 컴포넌트

○ DB 서버시스템 컴포넌트는 온실가스 배출량 산정 모듈과 동일한 DB를 사용함.

4.2.1.2 데이터 처리 컴포넌트

○ 항공온실가스 감축량을 예측하기 위한 컴포넌트는 항공온실가스의 감축량을 산정하기 위한 감축기술들과 항공기 온실가스를 산정하기 위한 산정자료 등이 포함되어 있음.

○ 온실가스 배출량 산정 모듈은 항공온실가스 산정 시스템의 데이터 처리 컴포넌트와 동일함.

4.2.1.3 온실가스 감축량 예측 알고리즘 컴포넌트

○ 온실가스 감축량 예측 알고리즘 컴포넌트는 항공온실가스 감축량을 예측을 산정하기 위한 가장 핵심적인 컴포넌트이며, 앞에서 제시된 DB 서버 시스템 컴포넌트, 데이터 처리 컴포넌트 등을 이용하여 항공온실가스 감축량을 예측함.

○ 온실가스 감축량 예측 알고리즘의 세부적인 기능으로 여러 가지 감축기술에 따른 저감효과 산정, 항공기 운항단계별 온실가스 감축량 예측, 항공기별/엔진별 온실가스 감축량 비교, 여러 가지 감축기술의 통합적용에 따른 저감량 산정 등이 포함되어 있음.

4.2.2 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈

4.2.2.1 사용자 입력 컴퍼넌트

○ GUI상에서 사용자가 경제성 분석 및 의사결정을 위한 분석의 범위, 시나리오 구성, 경제관련 변수 입력을 위한 컴퍼넌트로 다음과 같은 기능을 담당하는 창으로 구성됨

4.2.2.2 DB 서버시스템 컴퍼넌트

○ 기본적으로 온실가스 산정 시스템에서 사용하는 공항, 항공기 성능, 미래 운항 스케줄 DB 등과 연동이 되어 필요한 데이터를 추출하여 사용함

○ 온실가스 감축량 예측 시스템에서 산출되는 감축수단별 온실가스 감축 효과 DB와 연동이 되어 필요한 데이터를 추출하여 사용함

4.2.2.3 경제성 분석 알고리즘 컴퍼넌트

○ 경제성 분석 알고리즘 컴포넌트는 사용자 입력 컴퍼넌트에서 정의된 분석 범위와 정책 시나리오, 각종 경제적 변수들의 가정과 DB 서버 시스템 컴퍼넌트에서 불러드린 데이터를 바탕으로 항공사들에 미치는 비용 효과를 계산함

4.2.2.4 거시적 정책효과분석 컴퍼넌트

○ 거시적 정책효과분석 컴퍼넌트는 국제, 국내, 혹은 항공사별 항공온실가스 감축 정책 효과 및 비용을 분석하는 컴퍼넌트로, 사용자가 정의한 여러 가지 시나리오에 대해서 연간 온실가스 감축량과 비용효과를 분석하여 보여줌.

5. 시스템 개발 세부 일정

○ 본 시스템 개발 세부 일정은 1차년 개념 설계 완료 후 개정될 수 있다.

구분	연구과제명 (연구수행기관)	관련 성과목표/지표			세부추진내용 (연구수행 Activity)	Activity별 산출물	소요 연구비 (백만원)	1차년도		2차년도				3차년도				4차년도			
		핵심성과	단위성과	질적 성과지표				3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
주관	KOTI						3,600	465		1,035				1,250				840			
주관	항공 온실가스 감축량 예측 프로그램 개발 (KOTI)	C	C-1	C-1-①	온실가스 감축기술선정	분석보고서	142.5	142.5													
				C-1-②	예측 프로그램 개념설계	개발 문서	142.5	142.5													
				C-1-③	산정 및 예측 프로그램 코딩 지원	코딩 문서	110	110													
			C-2	C-2-①	국적항공사 적용 감축활동 조사	조사보고서	101			101											
				C-2-②	예측 프로그램 상세설계	SW 및 상세설계서	153			153											
				C-2-③	국가 온실가스 감축 이행계획수립	계획수립보고서	101			101											
				C-2-④	산정 및 예측 프로그램 모듈 개발	모듈 개발문서	410			410											
				C-2-⑤	전체 시스템 개발문서 검증	검증결과서	200			200											
			C-3	C-3-①	예측 시스템 통합 지원	시스템 통합 문서	150							150							
				C-3-②	산정 및 예측 시스템 통합구축	SW 통합문서	410							410							
				C-3-③	프로그램 검증	검증 결과서	300							300							
				C-3-④	감축수단별 저감량 검증	검증 결과서	100							100							
				C-3-⑤	개발버전에 따른 결과 비교 검증	full/short 프로그램 비교 결과 검증서	160								160						
			C-4	C-4-①	시범운영계획수립	시험운용계획서	150											150			
				C-4-②	시스템 테스트	시범운용결과서	180											180			
				C-4-③	프로그램 안정화	오류 반영결과서	170												170		
				C-4-④	시스템 인증지원	GS인증서	100											100			
			C-5	C-5-①	시스템 활용방안계획서	시스템활용계획서	120											120			
공동	항공 온실가스 감축량 예측 프로그램 개발 (세종대학교)	C	C-1	C-1-①	감축수단별 경제성 분석 및 의사결정 지원(3세부) 모듈 개념설계	경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈 개념설계 보고서	70	70													
			C-2	C-2-①	감축수단별 경제성 분석 및 의사결정 지원(3세부) 모듈	경제성 분석 및 의사결정 지원	162			162											

구분	연구과제명 (연구수행기관)	관련 성과목표/지표			세부추진내용 (연구수행 Activity)	Activity별 산출물	소요 연구비 (백만원)	1차년도		2차년도				3차년도				4차년도			
		핵심성과	단위성과	질적 성과지표				3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
					상세설계	모듈 상세설계 보고서															
			C-3	C-3-①	경제성 분석 및 의사결정 지원(제3세부) 알고리즘 개발 및 구현	경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈 개발 중간결과 보고서	162							162							
			C-4	C-4-①	경제성 분석 및 의사결정 지원(제3세부) 모듈의 검증 및 수정 보완	경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈 개발 최종 결과 보고서	106											106			
위탁	**항공대학교**						**300**	**70**		**80**				**80**				**70**			
위탁	**항공온실가스 감축 기술 선정 및 검증 (항공대학교)**	B	B-1	B-1-①	항공기 운항관리 분야 연료 효율성 개선 기여 요인 파악	보고서	7	7													
					항공기 중량과 연료 효율성 관계 분석	보고서	7	7													
					중량변화에 따른 온실가스 배출량 변화 연구	보고서	7	7													
					항공기 중량구성과 중량 관리	보고서	7	7													
					탑재연료량과 항공기 중량 변화 분석	보고서	7	7													
			B-2	B-2-①	항공기 기상에 따른 추가 탑재연료 결정 요인 분석	보고서	15			15											
					운항관리사들의 기상 자료에 따른 연료량 결정 행위 분석	보고서	10				10										
					추가 연료량의 사용과 관련 기상이 관계 분석	보고서	10					10									
					기상바탕의 최적 추가 연료량 산출 알고리즘 개발	보고서	10					10									
			B-3	B-3-①	개발된 알고리즘 적용에 의한 온실가스 감축 효과 예측모형 개발	소프트웨어	40							40							
			B-4	B-4-①	개발된 알고리즘과 감축효과 예측모형 검증	보고서	35											35			
		C	C-1	C-1-①	Macro-Level 의사결정 지원모형 구축을 위한 문헌조사	보고서	7	7													
					항공산업 이해관계자 특성 분석	보고서	7	7													
					온실가스 감축대안별 특성 분석	보고서	7	7													

구분	연구과제명 (연구수행기관)	관련 성과목표/지표			세부추진내용 (연구수행 Activity)	Activity별 산출물	소요 연구비 (백만원)	1차년도		2차년도				3차년도				4차년도			
		핵심성과	단위성과	질적 성과지표				3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
					Macro-Level 의사결정 지원모형의 요구조건 분석 및 모형구축 범위설정	보고서	7	7													
					Macro-Level의사결정모형구축방법및모형선정	소프트웨어	7	7		5											
			C-2	C-2-①	Macro-Level의사결정지원모형을 관련자료수집및기초분석	보고서	10			10											
					Macro-Level 의사결정 지원 모형을 위한 이해관계자 고려변수 및 목적함수 상세분석	보고서	10				10										
					Macro-Level의사결정지원모형(모듈별)기초설계	보고서	10					10									
			C-3	C-3-①	Macro-Level의사결정지원모형(모듈별)상세설계	보고서	20							20							
					Macro-Level 의사결정 지원 모형 개발	소프트웨어	20								20						
			C-4	C-4-①	Macro-Level 의사결정 지원 모형 개발	소프트웨어	25												25		
					Macro-Level 의사결정 지원 모형 신뢰성 검증 및 활용	보고서	10														10
							7,000	961		2,251				2,216				1,572			

소프트웨어 시험 계획서
(Software Test Plan)

항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발

문서ID : STP_감축량예측_KOTI

Version : 1.0

KOTI 한국교통연구원
THE KOREA TRANSPORT INSTITUTE

AUTHORIZATION

한국교통연구원 Approval:

본 문서에 대한 서명은 한국교통연구원 내부에서 본 문서에 대하여 수행 및 유지관리의 책임이 있음을 인정하는 것임.

승인자 :	한재현	(인)	**일자 :**	2015.05.30
검토자 :	김상현	(인)	**일자 :**	2015.05.27
작성자 :	정수진, 조현수	(인)	**일자 :**	2015.04.10

제 · 개정이력

버전	제/개정	제/개정자	개정 사유 및 내역	날짜
0.1	제 정	조현수 정수진	최초 제정	2015.04.10
1.0	개 정	“	TTA 결함 반영 및 SRR 의견 반영	2015.05.20

- 목 차 -

1. 개요 ····· 1
1.1 시험 목적 ····· 1
1.2 시험 수행 조직도 ····· 1
1.3 책임과 역할 ····· 2
1.4 시험 환경 ····· 2
1.5 시험 범위 ····· 3
1.6 시험 일정 ····· 3
2. 단위시험 계획 ····· 5
2.1 단위시험 목적 ····· 5
2.2 단위시험 입력/산출물 ····· 5
2.3 단위시험 착수/완료기준 ····· 5
2.4 단위시험 상세 수행조직 ····· 6
2.5. 단위시험 수행 방안 ····· 6
3. 통합시험 계획 ····· 7
3.1 통합시험 목적 ····· 7
3.2 통합시험 입력/산출물 ····· 7
3.3 통합시험 착수/완료기준 ····· 7
3.4 통합시험 상세 수행조직 ····· 8
3.5 통합시험 수행 방안 ····· 8
4. 인수시험 계획 ····· 10
4.1 인수시험 목적 ····· 10
4.2 인수시험 입력/산출물 ····· 10
4.3 인수시험 착수/완료기준 ····· 10
4.4 인수시험 상세 수행조직 ····· 11
4.5 인수시험 수행 방안 ····· 11

1. 개요

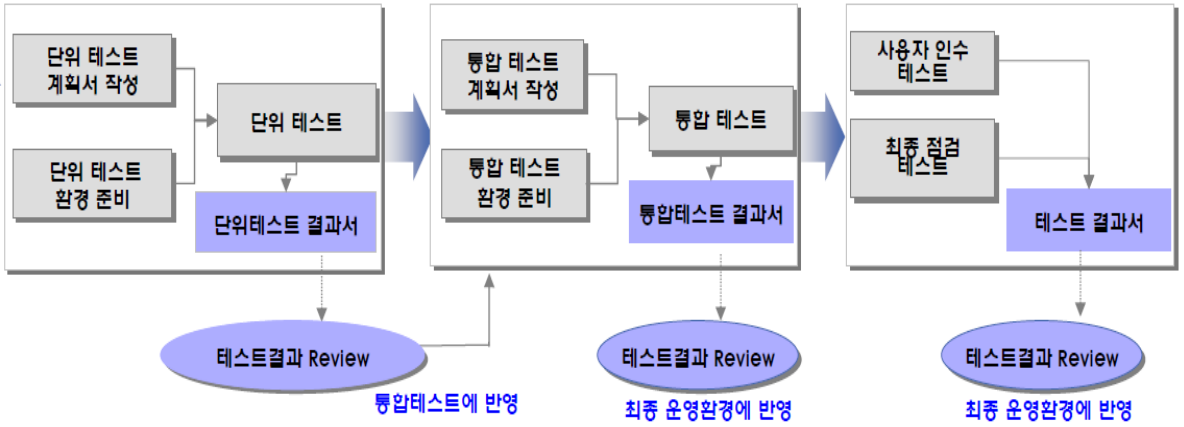
1.1 시험 목적

○ 분석단계에서 도출한 현업 요구사항 및 설계사양을 시스템이 만족 시키는지를 검증한다.

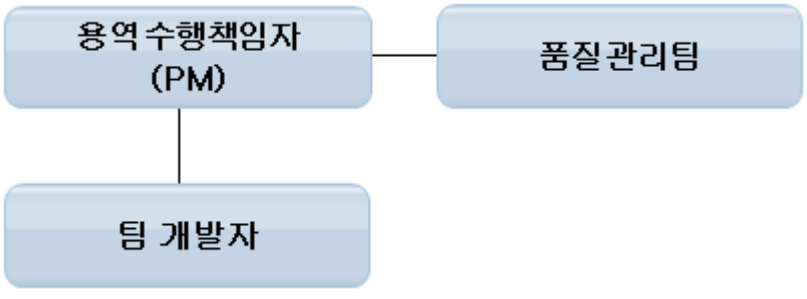
○ 프로그램들 간의 인터페이스가 설계 사양대로 이루어져 기능이 정상적으로 수행되고 있는지 검증한다.

○ 기능 수행후의 결과가 예상된 작성된 수치 데이터와 일치하는지를 검증한다. (불일치 시 원인 도출)

○ 기능 수행 시 또는 산출물의 결과에 포함된 결함을 파악하여 제거한다.



1.2 시험 수행 조직도



1.3 책임과 역할

구성원	역할과 책임	비고
용역수행책임자 (PM)	- 시험계획 승인 - 시험활동 총괄	
용역수행책임자 (PM), 팀 개발자	- 시험 계획서/결과서 작성 - 시험 체크리스트 작성 및 검증 - 시험 환경준비 - 시험 계획 협의 및 수립 - 시험 수행 및 결과 확인 - 원인분석 및 조치	
팀 개발자	- 시험 계획서/결과서 지원 - 시험 수행 지원 - 시험 결과 수정사항 반영	

1.4 시험 환경

○ 통합/인수시험은 기본적으로 운영 최종 프로그램으로 시험하는 것을 원칙으로 한다.

1.4.1 시험 환경

○ 본 계획서 상의 시험 대상들은 다음과 같은 환경에서 시험된다.

구분	내용	버전	비고
Hardware	항공 온실가스 예측 상용 프로그램 설치 PC		
Software	항공 온실가스 예측 상용 프로그램, DBMS 설치, 리포팅툴설치		

1.5 시험 범위

○ 본 프로젝트에서 수행되는 시험은 다음과 같다.

○ 단위시험 : 하나의 소프트웨어 모듈이 정상적으로 그 기능을 수행하는지의 여부를 시험 하는 최소 수준의 시험이다.

○ 통합시험 : 어플리케이션의 데이터 및 업무기능의 인터페이스가 정상적으로 작동하는지에 중점을 두어 시험을 실시한다.

○ 인수시험

- 고객이 검수를 위해 본 개발 시스템이 고객의 요구사항이 완벽하게 수행하는지의 여부를 고객이 시험한다.

- 한국교통연구원의 인수 절차에 따라 인수시험을 시행한다.

1.6 시험 일정

○ 본 계획서 상의 시험 일정은 프로젝트 계획서의 일정에 따라 변경될 수 있다.

분류	내용	M	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	+10	+11
단위/통합 시험	- 프로그램 수정 및 보완 · 데이터베이스 성능 튜닝 · 프로그램 수정												
	- 단위 시험 · 시험 베드 구축												
	- 통합 시험 · 통합시험 진행 · 외부 검증 진행												

태스크	상세업무	시작일	종료일	담 당 자
현황평가	시험 산정			PM
시험 계획서 작성	시험계획서 작성			PM
단위시험 작성	단위시험 체크리스트 작성			PM
시험 시나리오 작성	통합시험 시나리오 작성			PM/개발자
	시험 시나리오 검토			PM
프로그램코딩/단위 시험	단위시험 실시			PM/개발자
통합시험 실시	시험 환경 구축			PM
	통합시험 실시			PM/개발자
	통합시험 결함조치			개발자
	통합시험 결함조치 확인 및 재검토			PM/개발자
	통합시험 결함조치 취합			PM
인수시험 실시	인수시험 실시			인수팀
	인수시험 결함조치			개발자
	인수시험 결함조치 확인 및 재검토			PM/개발자
	인수시험 결함조치 취합			PM

2. 단위시험 계획

2.1 단위시험 목적

○ 분석단계에서 도출한 요구사항을 시스템이 만족시키는지를 검증한다.

○ 프로그램의 기능 및 단위시스템 내의 프로그램 간 인터페이스를 검증한다.

○ 단위시험 결함보고서를 확인하여 단위시스템 내에서 기능이 제대로 구현되었는지 확인한다.

○ 각 기능이 전체 분석/설계서를 바탕으로 구성되었는지 확인한다.

2.2 단위시험 입력/산출물

○ 입력물 : 소스코드, 요구사항정의서, 단위시험 체크리스트

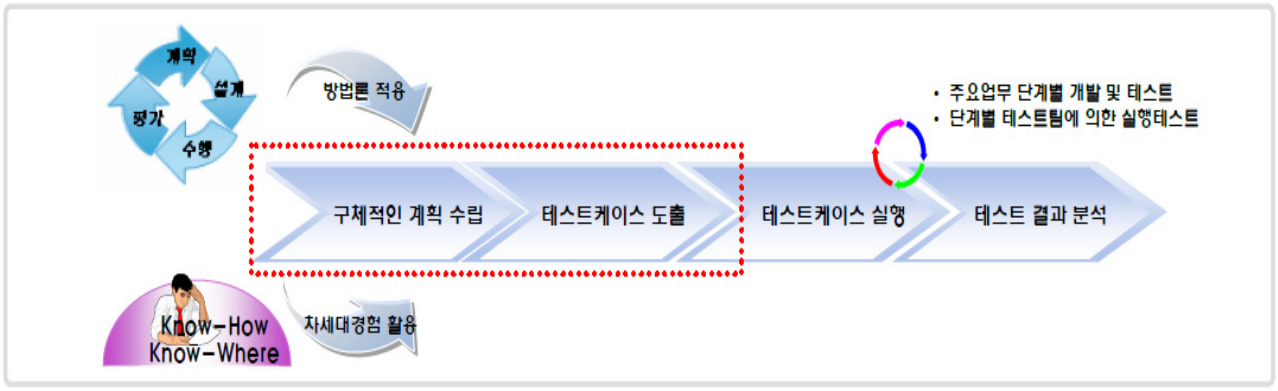
○ 출력물 : 단위시험 결과서

2.3 단위시험 착수/완료기준

○ 착수기준 : 소스 코딩 완료, 단위시험 환경 준비 완료

○ 완료기준 : 단위시험 시 발생한 결함에 대한 조치완료 확인(PM)

2.4 단위시험 상세 수행조직



구분	수행내용	산출물
개발자	- 단위시험 시나리오(시험케이스)를 만들고 시험을 실시한다.	단위시험 시나리오, 결과물,
PM	- 개발자 시험 완료된 대상에 대해 점검 및 필요시 확인 시험을 수행한다.	
시험팀 (품질/인증팀)	- 제출된 단위시험 시나리오(결과)와 결과물을 검토한다. - 개발자 시험이 완료된 대상에 대해 운영환경에서 수행하는 대량의 데이터를 활용하여 시험을 수행한다.	

2.5 단위시험 수행 방안

○ 작성된 단위시험 체크리스트를 기준으로 단위시험을 실시한다.

○ 기능 오류의 최소화를 위해 개발자가 전 프로그램의 단위시험을 실시한다.

○ 시험 오류 시 재시험을 실시한다.

○ 프로그램의 오류가 발견되지 않을 때 최종적으로 PM이 확인한 후 종료한다.

○ 단위시험 결함은 단위시험 체크리스트(결과)에 작성하여 제출한다.

○ PM은 필요하다고 판단되면 프로그램에 대한 완성도를 높이기 위해 Sampling하여 단위시험을 할 수 있다.

2.6 단위시험 대상범위

○ 단위시험의 대상범위는 각 기능별로 구현되는지를 시험한다.

○ 감축수단을 적용하는데 단일감축량 적용 및 복합감축량 적용을 하기위한 기능 단위시험으로는 다음과 같다

구분	시나리오 ID	기 능	시험자	결과
단일감축 기술	RFM_SRT_001	운항단계별		
	RFM_SRT_002	항공기 기종별		
	RFM_SRT_003	연도별		
복합감축 기술	RFM_CRT_001	운항단계별		
	RFM_CRT_002	항공기 기종별		
	RFM_CRT_003	연도별		

○ 감축수단 알고리즘별 단위시험은 각각의 알고리즘별로 시험한다. 또한, 알고리즘에 적용하는 데이터베이스의 호환성도 알고리즘 운영에 포함하여 시험한다.

구분	시나리오 ID	기 능	시험자	결과
APU	RFM_APU_001	GPU/AC-GPS 사용 권장		
Flight Dispatch	RFM_FDH_001	CI 개선		
	RFM_FDH_002	횡적 비행계획 최적화		
	RFM_FDH_003	대체공항 최적화 운영		
	RFM_FDH_004	저플랩 이륙절차		
	RFM_FDH_005	연속강하절차 & T형 RNP 도착절차		
	RFM_FDH_006	저소음 저항력 절차		
	RFM_FDH_007	저항력 플랩 절차		
	RFM_FDH_008	공회전 역추진		
FLIGHT	RFM_FLT_001	단일엔진 택싱 아웃		
	RFM_FLT_002	엔진 코어 세척		
M&E	RFM_MEG_001	항공기 프레임 경량화		
C&G	RFM_CGO_001	경량화를 위한 항공기 구조변경		
	RFM_CGO_002	기내서비스장비 무게 감소		

○ 감축수단 알고리즘 분석에 따른 효과별 단위시험은 다음과 같다. 총 5가지로 단위시험이 실행되지만, 각각의 단위시험에서 전체 감축기술 알고리즘에 대한 효과분석이 되는지 시험해야한다.

구분	시나리오 ID	기 능	시험자	결과
감축수단별 효과	RFM_RME_001	감축수단별 효과		
	RFM_RME_002	연료별 감축 효과		
	RFM_RME_003	시나리오별 감축효과		
	RFM_RME_004	기종별 감축효과		
	RFM_RME_005	항로별 감축효과		

○ 알고리즘 최종 결과 값은 아래 기능들로 결과물이 도출되어야 하며, 각 기능별로 단위시험을 수행한다.

구분	시나리오 ID	기 능	시험자	결과
감축수단별 결과 값	RFM_RMR_001	결과보고서		
	RFM_RMR_002	표/그래프 도식화		
	RFM_RMR_003	감축수단 적용/미적용 비교		

3. 통합시험 계획

3.1 통합시험 목적

○ 분석단계에서 도출된 전체 요구사항 및 설계사양을 시스템이 만족시키는지를 검증한다.

○ 프로그램들 간의 인터페이스가 설계 사양대로 이루어져 기능이 정상적으로 수행되는지 검증한다.

○ 기능 수행후의 결과가 사전에 예상되어 작성된 수치모델 데이터와 일치하는지를 검증한다. (불일치 시 원인 도출)

○ 기능 수행시 또는 산출물의 결과에 포함된 결함을 파악하여 제거한다.

○ 개발된 프로그램과 타 시스템이 유기적으로 연계되어 업무처리가 가능한지를 검증한다.

○ 단위시험이 완료된 기능을 시험 시나리오에 따라 시험을 실시하여 기능들 간의 통합을 검증한다.

3.2 통합시험 입력/산출물

○ 입력물 : 통합시험 시나리오

○ 출력물 : 통합시험 결과

3.3 통합시험 착수/완료기준

○ 착수기준

- 소스 코드에 대한 단위시험 완료

- 통합시험 환경 준비 완료

- 통합시험 시나리오 준비 완료

○ 완료기준 : PM의 통합시험 결과 검토 완료

3.4 통합시험 상세 수행조직

모듈	역할	담당자	비고
전체	PM		
항공온실가스 산정 및 예측 상용툴	시험수행 및 결과 취합		
	시험수행 담당자		
	시험수행 담당자		
	시험수행 담당자		
	시험수행 담당자		

3.5 통합시험 수행 방안

3.5.1 수행 절차

1) Case에 의한 통합시험 시나리오 작성 후 시험 수행

2) 발생한 결함 기록(결함보고서) 및 취합

3) 결함 보완

4) 보완된 부분 재시험 실시 : 1) 단계부터 완료기준을 만족할 때까지 반복 수행

5) 통합시험 결과 정리

3.5.2 수행 범위

○ 사용자 관점에서 각 업무흐름도별 경로의 적절한 흐름 및 업무처리 여부를 확인

○ 기능이 사용하기 편하고 사용자의 요구에 부합하여 기능상 요구사항을 적절히 반영되었는지 테스트

○ 비정상적인 결과(에러 또는 버그)가 발생하는 부분을 찾아 문제를 보완

범위	상세 내용	비고
서버와 연계 정합성 시험	단위 시험이 완료된 화면과 Batch에 대한 모든 시험 케이스에 정상 처리 여부 시험	
항공 온실가스 배출량 산정 프로그램	항적 자료 추출 및 알고리즘 프로그램 시험 기상자료 추출 및 알고리즘 프로그램 시험 배출량 유형별 리포팅 시험	
항공 온실가스 감축량 예측 프로그램	시나리오 별 감축 알고리즘 프로그램 시험 감축량 유형별 리포팅 시험	

3.5.3 수행 지침

○ 통합시험은 데이터 정합성의 관점에서 데이터 인터페이스 시험을 완료한 후 데이터와 업무를 통합한 업무기능 인터페이스 시험을 실시한다.

수행지침	상세 내용	비고
1) 데이터 인터페이스 시험 수행지침	- 통합시험의 시나리오를 구성하기 위하여 참조하는 문서는 요구사항 정의서를 포함한 분석설계서를 기본으로 한다. - 해당 데이터의 생성 및 수정을 기준으로 하여 조회가 정확하게 이루어지는지를 검증한다. - 시험을 실시 후 결함을 도출하여 처리한다.	
2) 업무기능 인터페이스 시험 수행지침	- 통합시험의 시나리오를 구성하기 위하여 참조하는 문서는 요구사항 정의서를 포함한 분석설계서를 기본으로 한다. - 업무기능 인터페이스 시험을 위해 요구사항정의서와 설계모델을 종합적으로 검토하여 프로그램 및 시험 순서를 도출한다. (수치데이터가 필요로 하는 경우에는 사전에 준비) - 최상위 기능 단위까지 위의 절차를 정의한다. 최상위레벨의 빌드에서는 일련의 업무흐름이 모두 포함 될 수 있도록 한다.	

4. 인수시험 계획

4.1 인수시험 목적

○ 개발이 완료된 후 인수 책임자가 직접 시험을 수행함으로써 요청된 요구사항의 시스템 반영 여부를 최종적으로 검증한다.

○ 기능적 완성도, 시스템 성능, 사용의 편의성 등을 최종적으로 검증한다.

범위	상세 내용	비고
시스템 부문	- 시스템 가동 환경 검증 - 시스템 소프트웨어 안정 상태 검증 - 네트워크 및 연결 상태 검증 - 시스템 주요 자원 사용 현황 분석	
성능	- 주요 출력 내용 응답시간 검증	
운영절차	- 운영 절차 검증	
UI	- 배출량 산정 유형별 리포팅 검증 - 감축량 예측 유형별 리포팅 검증	
데이터 정합성	- 데이터 검증	

4.2 인수시험 입력/산출물

○ 입력물 : 인수시험 계획서

○ 출력물 : 인수시험 결과서

4.3 인수시험 착수/완료기준

○ 착수기준

- 인수시험 환경 준비 완료

- 인수시험 시나리오 준비 완료(인수시험 시나리오는 고객이 작성하는 것이 원칙이나 고객의 요청 시 프로젝트팀이 통합시험 시나리오를 제공)

○ 완료기준 : 인수 책임자의 인수시험 결과 검토 완료

4.4 인수시험 상세 수행조직

역할	담당자	비고
시험 수행 관리자		인수책임자
시험 수행 담당자		인수팀
시험 지원 관리자		PM
시험 지원 담당자		프로젝트 팀

4.5 인수시험 수행 방안

4.5.1 수행절차

1) 인수시험 시나리오 의해 시험 수행

2) 발생한 결함 기록(결함보고서) 및 취합

3) 결함 보완

4) 보완된 부분 회귀시험 실시 : 1) 단계부터 완료기준을 만족할 때까지 반복 수행

5) 인수시험 결과 정리

4.5.2 수행지침

○ 인수시험은 고객이 직접 수행하도록 하며, 프로젝트팀은 고객이 인수시험 계획에 의해 시험 수행에 필요한 화면 및 시스템의 접근방법 등을 지원한다.

항공안전기술개발사업

항공온실가스 산정 및 예측 시스템 개념 분석 보고서

성과물 (C-1-③)

2015.8.21

주관연구기관 / 한국교통연구원
위탁용역기관 / ㈜ KCT

Infrastructure
R&D Report

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

항공온실가스 산정 및 예측 시스템 개념 분석 보고서
성과물 (C-1-③)
2015.8.21
국토교통부
국토교통과학기술진흥원

주 의 사 항

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 최종보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.

항공안전기술개발사업

항공온실가스 산정 및 예측 시스템 개념 분석 보고서

성과물 (C-1-③)

2015. 5. 30

주관연구기관 / 한국교통연구원
위탁용역기관 / ㈜KCT

국토교통부
Ministry of Land, Infrastructure and Transport

KAIA
국토교통과학기술진흥원
Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

이 보고서를 "항공온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 연구" 과제의 항공온실가스 산정 및 예측 시스템 개념 분석 보고서로 제출합니다.

2015 . 5 . 30

주관연구기관명 : 한국교통연구원
주관연구책임자 : 한 재 현
연 구 원 : 조 준 행
" : 김 준 혁
" : 김 상 현
" : 박 보 미
" : 조 현 수
" : 정 수 진
" : 임 재 진
" : 서 영 성
" : 황 유 철
위탁용역기관명 : ㈜KCT
위탁용역책임자 : 이 태 옥

< 목 차 >

제 1장 서론 ····· 1
1. 연구 배경 및 필요성 ····· 1
가. 연구 배경 ····· 1
나. 연구 필요성 ····· 2
2. 연구 목적 ····· 3
3. 연구 범위 ····· 3

제 2장 국·내외 연구 동향 ····· 5
1. 국외 동향 ····· 5
가. 국외 정책 동향 ····· 5
나. 국외 기술 동향 ····· 8
2. 국내 동향 ····· 13
가. 국내 정책 동향 ····· 13
나. 국내 기술 동향 ····· 16

제 3장 항공 온실가스 산정 및 예측을 위한 요구사항 분석 ····· 19
1. 사용자 요구사항 분석 ····· 19
가. 요구사항 수행절차 ····· 20
나. 사용자 요구사항 분석 ····· 28

제 4장 항공온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 방안 ····· 48
1. 시스템 엔지니어링 기법 적용 ····· 48
가. 기법 필요성 ····· 48
2. 목표 시스템 ····· 54
가. 목표 ····· 54
나. 목표 정립 근거 ····· 55
다. 목표 정립 과정 ····· 57
라. 목표 시스템 개발 범위 ····· 59
마. 목표 시스템 방법론 ····· 66

3. 개념설계 도출 ····· 68
가. 요구사항 수립 ····· 68
나. 운용개념서 수립 ····· 69
다. 시스템개발계획서 수립 ····· 73
4. 시스템 요구사항 검토(SRR) ····· 78
가. TTA 개발문서 검증 결과 ····· 78
나. SRR 검토회의 ····· 80

제 5장 항공온실가스 산정 및 예측 시스템 상용방안 ····· 81
1. 해외 유사 시스템 기능 분석 ····· 81
가. 해외 유사 시스템 ····· 81
2. AEDT 기능 분석 ····· 84
가. 개요 ····· 84
나. 소프트웨어 구성 ····· 84
다. 소프트웨어 기능 ····· 86
3. PIANO-X 기능 분석 ····· 93
가. 개요 ····· 93
나. 파일구조 및 메뉴 ····· 93
다. piano-x 기능 ····· 94

제 5장 DBMS 설계 ····· 105
1. DBMS 개념설계 ····· 105
가. 개념데이터 ····· 105
나. ERD ····· 107
2. DBMS 논리설계 ····· 112
가. 논리 모델링 ····· 112

제 6장 상용툴 UI 개념 설계 ····· 116
1. UI Frame 화면 ····· 116
가. UI 구성 ····· 116
2. 상세메뉴 구성안 ····· 118

가. 상세메뉴 ····· 118

제7장 결론 ····· 126
1. 결론 및 시사점 ····· 126
가. 결론 ····· 126
나. 시사점 ····· 127

참 고 문 헌 ····· 128

부록 1 KCT 1차년도 용역보고서
부록 2 KCT 1차년도 설계문서
부록 3 국제세미나 결과 보고서
부록 4 국외출장 결과 보고서
부록 5 TTA 문서검정 결과서
부록 6 SRR 결과보고서
부록 7 프로토타입(기능에 대한 화면 UI 구성)

< 표 목 차 >

<표 1 > 국내 온실가스 감축 국가이행계획 지원 ····· 15
<표 2 > NARMI 시스템의 주요기능 ····· 20
<표 3 > KOTEMS의 주요기능 ····· 21
<표 4 > NARMI, KOTEMS, 본 연구개발과제 비교분석표 ····· 23
<표 5 > 사용자 요구사항 분석 조사 ····· 26
<표 6 > 사용자 그룹 정의 ····· 29
<표 7 > 상세 요구사항 도출 ····· 33
<표 8 > 상세 요구사항 중 기능 요구사항 도출 ····· 39
<표 9 > 상세 요구사항 중 비기능 요구사항 도출 ····· 43
<표 10 > 시스템 요구사항 체계적 분류 ····· 44
<표 11 > 시스템 요구사항 도출 ····· 45
<표 12 > 항공온실가스 산정 및 예측 시스템 목표 ····· 55
<표 13 > 항공 온실가스 배출량 산정 기준 및 방법 ····· 56
<표 14 > 항공온실가스 산정 및 예측 시스템 목표 정립 ····· 58
<표 15 > 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 범위 ····· 65
<표 16 > 개발 단계별 산출물명 및 기호 ····· 67
<표 17 > 항공온실가스 보고포털 모듈 개발 범위 및 목표 ····· 70
<표 18 > 항공온실가스 산정모듈 개발범위 및 목표 ····· 71
<표 19 > 항공온실가스 감축량 예측모듈 개발 범위 및 목표 ····· 72
<표 20 > 항공온실가스 감축수단별 경제성분석 및 의사결정 지원 모듈 개발 범위 및 목표 72
<표 21 > 항공온실가스 보고포털 상세업무 및 역할 ····· 75
<표 22 > 항공온실가스 산정모듈 상세업무 및 역할 ····· 76
<표 23 > 항공온실가스 감축량 예측모듈 상세업무 및 역할 ····· 77
<표 24 > 항공온실가스 통합설계모듈 상세업무 및 역할 ····· 78
<표 25 > 기관별 개발문서 작성 ····· 79
<표 26 > TTA 전문기관 검토 결과 ····· 79
<표 27 > SRR 검토회의 결과 ····· 80
<표 28 > AEDT 구성 ····· 82
<표 29 > 항공 온실가스 분석툴 기능비교 ····· 83
<표 30 > 항공 온실가스 분석툴 기능비교 ····· 83

< 그 림 목 차 >

<그림 1 > FAA Environmental Tool Suite ····· 8
<그림 2 > AEDT 정보 흐름도 ····· 9
<그림 3> AEDT 2a 시스템 구조 ····· 10
<그림 4> AERO-MS 시스템 구조 ····· 12
<그림 5 > NARMI 시스템 구조 ····· 16
<그림 6 > 교통부문 온실가스 통합정보시스템 구성도 ····· 17
<그림 7 > 사용자/시스템 요구사항 선정 절차 ····· 19
<그림 8 > 사용자/시스템 요구사항 도출과정 ····· 31
<그림 9 > 기술개발 단계별 수명주기비용영향 비교분석 ····· 49
<그림 10 > 초기단계 투자의 중요성 ····· 49
<그림 11 > 폭포수 모델에 대한 개발 단계 ····· 50
<그림 12 > 에자일방법론에 대한 개발 단계 ····· 51
<그림 13 > 나선형 모델방법에 대한 개발 단계 ····· 52
<그림 14 >항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 방법론 ····· 53
<그림 15 > 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 구성도 ····· 59
<그림 16 >개발 시스템 체계도 ····· 59
<그림 17 > 항공 온실가스 보고 포털 모듈 구성도 ····· 61
<그림 18 > 항공 온실가스 배출량 산정 모듈 구성도 ····· 63
<그림 19 > 항공 온실가스 감축량 예측 시스템 구성도 ····· 64
<그림 20 > 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈 ····· 65
<그림 21 > 개발 기간에 따른 V모델과 세부 검토 일정 ····· 73
<그림 22 > 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 조직도 ····· 74

제 1장 서론

1. 연구 배경 및 필요성

가. 연구 배경

○ 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization, ICAO)는 항공환경보호위원회(Committee on Aviation Environmental Protection, CAEP)를 통하여 현재 NOx를 비롯한 대기오염물질을 항공기 엔진 인증(Certification)을 통하여 규제하고 있으며, 2016년 도입을 목표로 2010년부터 항공기 이산화탄소 인증기준(Aircraft CO2 Certification Standard)을 개발하고 있다.

- 항공기 이산화탄소 인증기준은 항공기의 연료효율과 직결되기 때문에 항공 산업과 관련된 모든 제조업체, 항공사, 환경 단체, 항공 관련 각국의 정부 부처 등이 자신의 이해관계를 국제 기준에 반영하기 위해 기술 전문가를 적극적으로 파견하여 인증기준 마련에 참여시키고 있다.

○ ICAO는 항공기 제조업체(OEM)를 규제하는 항공기 이산화탄소 인증 기준 이외에도 항공사(Airline)의 연간 온실가스 배출량을 규제하기 위한 탄소배출권 거래제의 국제적인 기준을 2020년 도입을 목표로 개발 중에 있다.

- 탄소배출권 거래제는 상대적으로 급격히 성장하고 있는 아시아 태평양 노선을 운항하는 항공사들에게 더 큰 부담이 될 수 있으므로 선제적인 대비가 필요하다.

○ 또한 항공부문의 온실가스 감축을 촉진하기 위하여 ICAO는 회원국들에게 매 3년마다 항공부문 온실가스 감축을 위한 국가이행계획을 제출할 것을 권고하고 있다.

○ 국가이행계획서에는 항공부문의 온실가스 배출실적과 전망, 주요 감축정책 및 그 예상효과 등을 수록함으로써 이를 토대로 ICAO가 전 세계의 국제항공

부문 온실가스 배출량 전망 및 감축수준을 집계할 수 있도록 하고 있다.

○ 우리나라가 이와 같은 국가이행계획 및 항공 환경 국제기준 마련에 참여하여 기술적인 의견을 내기 위해서는 항공운항으로 인한 환경 효과를 정량화할 수 있는 기술 확보가 필수적이다.

나. 연구 필요성

○ ICAO는 2010년 제37차 총회에서, 체약국에게 자국의 국제항공 CO2 배출량 감축을 위한 이행계획서를 자발적으로 제출할 것을 권고[1]하는 결의안(A37-19)을 채택하고, 이 권고에 따라 많은 체약국들이 2012년 6월 이후 자국의 국제항공 온실가스 감축 이행계획을 ICAO에 제출하였다.

- 이후 ICAO 제38차 총회(2013년)에서는 결의안(A38-17)을 통하여 체약국에게 이행계획을 매 3년마다 갱신하여 당해 6월말까지 제출할 것을 권고하였다. [2]

○ 국가이행계획 작성은 ICAO 요구사항 충족 뿐아니라 향후 우리나라 국제항공부문의 효율적인 감축을 위해서도 매우 중요하며, 우리나라 여건 및 향후 국제선 수요변화, 관련기술의 발달속도를 감안한 온실가스 감축 이행계획을 수립할 필요성이 있다.

○ 그러나 국내 항공부문 주요 감축수단들의 효과 분석이 계량적으로 이루어지기 어려운 관계로, 대부분의 국가가 구체적인 장래 예상 감축치를 제시하지 못하고 하고 있다.

○ 또한 2012년 항공온실가스 이행계획에서 여러 합리적인 가정과 활용 가능한 제한적인 데이터의 논리적 연산 및 과거 감축추세를 감안하여, 이를 추정하였으나 신뢰성이 높은 예측치라고 하기는 어려운 상태이다[3].

- 특히 저비용 항공사의 경우 필요한 데이터의 확보 등 여러 가지 여건이 부족한 상태여서 어려움이 가중되고 있다.

---

1) 총회 결의안 (A37-19) 제9조.
2) 총회 결의안 (A38-17) 제11조, 제12조.
3) 항공 온실가스 산정 및 예측시스템 개발 기획보고서 (2013)

○ 따라서 항공부문의 효과적인 온실가스 감축수단 개발을 지원하고, 항공사와 정부, 공항 등 주요 감축활동 주체의 적극적인 감축활동을 촉진하는 등 실효성 있는 국가이행계획의 수립과 이행을 위해 감축효과 분석 및 이를 전체적으로 지원할 수 있는 지원시스템의 개발이 필요성이 인식되고 있다.

2. 연구 목적

○ 「항공 온실가스 산정 및 예측시스템 개발」 연구는 다음과 같은 사항을 목적으로 개발을 추진한다.

- 항공부문의 온실가스 감축주체들이 간단하고 편리하게 사용할 수 있는 온실가스 배출량 산정, 온실가스 감축효과 분석모형 및 보고/의사결정 지원 시스템을 개발한다.
- 항공부문의 효과적인 온실가스 감축수단 개발과 이행을 촉진하고, 이를 통하여 항공부문 온실가스 감축에 기여한다.
- 또한 국내적으로 항공기의 경제적 운항과 항공분야 온실가스 배출량 최소화에 기여하고 국내·외 배출 규제에 효과적으로 대응 가능한 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템을 개발한다.
- 온실가스 저감 방안 개발 및 활용 이해관계자들에게 편의성 제공하여 항공기 절차별 온실가스 배출현황 파악 및 관리를 용이하게 한다

3. 연구 범위

○ 항공부문의 온실가스 감축주체들이 간단하고 편리하게 사용할 수 있는 온실가스 감축효과 분석모형 및 지원시스템의 개발과 보급을 통하여 항공부문의 효과적인 온실가스 감축수단 개발과 이행을 촉진하고, 이를 통하여 항공부문 온실가스 감축에 기여하는 시스템을 개발한다.

- 항공 온실가스 데이터 플랫폼 개발

· 온실가스에 관련된 데이터 산출 및 온실가스 산정 및 예측 프로그램의 기본데이터 제공에 관한 데이터베이스 구축

- 항공 온실가스 배출량 산정 모듈 연구개발

· 운항환경, 항공기 성능, 기상, 출도착 공항의 영향에 따른 온실가스 배출량 산정 모델 연구개발

- 항공 온실가스 감축량 예측 모듈 연구개발

· 온실가스 감축기술 선정 및 감축수단별 산출방법을 개발하여 실제 감축 효과분석과 정확한 예측 프로그램 개발

- 항공 온실가스 감축량 감축수단별 경제성 분석 및 의사결정지원모듈 연구개발

· 온실가스 감축수단 및 감축량에 대한 정책적, 경제적 분석을 통해 정책수립 및 의사결정을 지원하는 프로그램 개발

제 2장 국·내외 연구 동향

1. 국외 동향

가. 국외 정책 동향

(1) IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)[4)]

○ IPCC는 세계기상기구(WMO)와 · 유엔환경계획(UNEP)이 공동으로 설립('88)한 정부/기구간의 협의체로서 인간의 사회·경제활동으로 인하여 발생되는 기후변화에 대한 위험성의 이해와 관련된 과학적, 기술적, 사회·경제적인 정보의 평가 및 정책결정자들에게 제공하는 기구이다.

○ IPCC는 기후변화에 대한 과학적 근거를 제공하기 위해 5-6년 간격으로 기후변화 현황과 미래기후를 예측한 보고서를 발간하고 있다.

○ 또한 유엔기후변화협약(UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change)은 각 국가는 2-3년 주기로 당사총회로 국가 보고서가 제출되도록 하고 있다[5)].

○ 온실가스 배출량 산정을 위해 IPCC는 유엔기후변화협약에 보고하기 위해 온실가스 인벤토리를 작성할 때 각 국가에서 통용할 국제적으로 합의된 방법론으로 가이드라인을 만들었다.

○ IPCC 가이드라인은 수집에서 보고까지 인벤토리 작성의 전 과정에 있어 품질을 확보하는데 필요한 지침을 제공한다. 또한 전체 인벤토리의 취득에 유리하며 지속적으로 인벤토리를 향상시킬 수 있는 지역의 배출원에 집중할

4) UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change, 유엔기후변화협약)에서는 인간활동에 의한 기후변화만으로 정의하는 반면 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 기후변화에 관한 정부간 협의체)는 인간행위로 인한것이든 자연적인 변동이든 시간의 경과에 따른 기후 변화를 모두 포괄하여 정의하고 있다.

5) 저비용 항공사 온실가스 관리 표준모델 개발 연구(2011)

수 있는 수단을 제공하여 투명성, 완전성, 일관성, 비교가능성 및 정확성을 지표로 한다.

(2) ICAO(International Civil Aviation Organization)

○ 현재 국제항공부문의 온실가스 감축 규제는 ICAO를 중심으로 추진되고 있다.

○ 2010년 37차 총회 결의안을 통해 국제항공온실가스에 대한 지구적 규제방안의 기본원칙에 합의하였으며 이는 다음과 같다.

- 첫째, 2020년까지 매년 평균 1.5%의 연료효율성 향상
- 둘째, 2020년까지 탄소중립을 바탕으로 한 성장
- 셋째, 2050년까지 2005년 대비 온실가스 50% 감축

○ 이에 따라 운송실적이 최소한도에 못 미치는 국가를 제외한 모든 체약국은 2012년부터 3년 주기로 국가이행계획을 제출해야 하며, 우리나라는 2012년 6월 1차 국가이행계획을 제출하였으며, 2015년 6월 2차 국가이행계획 제출을 앞두고 있다.

○ ICAO는 국가이행계획을 위해 "Guidance on the Development of States' Action Plans on CO2 Emissions Reduction Activities(2013)"라는 이행계획 지침을 발간하여 체약국이 필요정보의 내용, 형태 및 제공시기, 요구사항 등을 매뉴얼로 제시하였다.

○ 국가 이행계획에는 국제항공부문의 유상수송량(RTK), 연료소비량, 온실가스 배출량 및 감축계획, 비용편익분석, 위험관리분석 등 포괄적인 내용을 수록하여야 한다.

○ 국가 이행계획의 범위

- 국내, 지역, 양자 및 다자합의에 의한 대책을 모두 포함
- 국가이행계획에 의한 국제선의 영향은 동시편익으로 간주
- 공항과 지상장비에 의한 배출은 국내 배출로 간주

○ 국가이행계획 주요내용

- 국제항공의 과거(가능시 미래예측 포함)연료소비량과 CO2배출량

· 2010년, 2020년 2050년은 반드시 포함

· 모든 활용가능한 데이터 사용

- 기준연도나 기준선을 포함한 감축목표에 대해 국가 자발적 기여도 포함

- 국제항공의 CO2 감축을 위한 감축정책 리스트

· 이미 시행중인 것과 시행 고려중인 것으로 구분하여 작성

(3) IATA(International Air Transport Association)

○ IATA는 항공 온실가스로 인한 기후변화에 적극적으로 대응하고, 온실가스 배출량을 감축하기 위해 항공업계를 지원하고 있다. 항공온실가스 배출은 연료사용과 밀접한 관계를 맺고 있는데, IATA가 직접 연료가격에 영향을 줄 수는 없지만 연료 소비량을 줄이기 위해 항공업계를 대변할 수 있는 관세, 수수료 및 세금을 줄이는 등 시장상황을 개선하기 위해 노력하고 있다.

○ IATA는 항공부분 탄소중립을 바탕으로한 성장으로 기술개발, 운용개선 등 추진을 통해 연료소비를 2005년 대비 2020년까지 20%저감 목표 및 이를 위해 2009년부터 2020년까지 매년 평균 1.5%의 연료효율성을 향상을 제시하였다

○ 특히 2005년부터 항공업계의 온실가스 배출량을 줄이기 위해 항공사 내 연료효율지원 및 구현을 지원하고자 'Green Team'을 운영하고 있으며, 이는 잠재적인 연료효율성과 온실가스 배출 감축을 연구한다.

○ 항공업계에서 지속적으로 축적된 데이터를 기반으로 Green Team은 CO2 저감운용방안을 시행 및 검증하고 'Guidance Material and Best Practices for Fuel and Environmental Management'보고서를 발간하여 항공사들이 실질적으로 적용 가능한 방안을 제시함으로서 항공사 및 여러 국가가 사용할 수 있도록 하였다

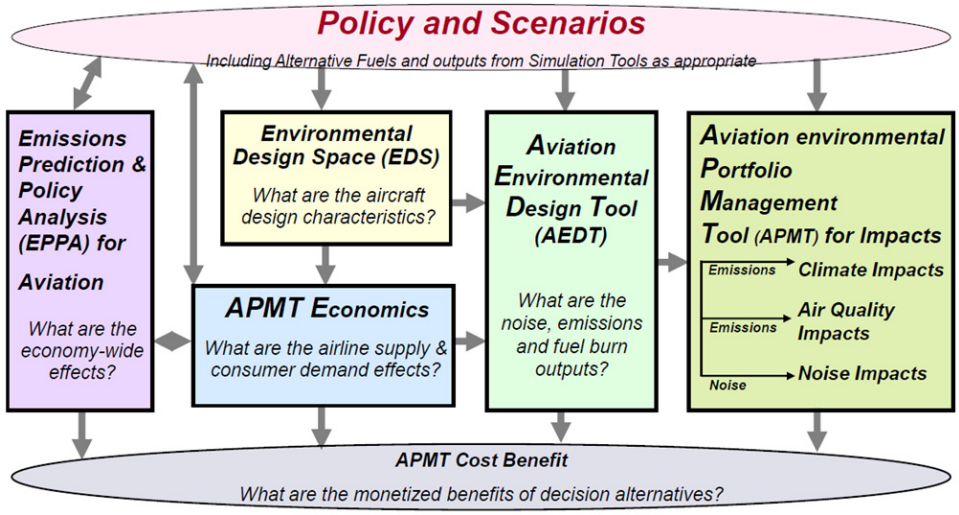
- 항공사의 연료관리 모범사례를 벤치마킹하여 운항관리, 운항, 정비 및 유지보수, 지상 중량관리 등 5가지로 구분하고 부문별 감축수단을 소개하여 해당 항공사가 실제 적용할 수 있도록 지원한다.

나. 국외 기술 동향

(1) FAA Environmental Tool Suite

○ 미국 연방항공국(Federal Aviation Administration)에서 항공산업계의 항공기 소음, 온실가스 배출, 연료연소 등과 같이 비행 중 발생하는 환경오염에 대해 미국 정부가 국내항공 환경계획, 환경규제의 적합성, 연구해석 등을 위한 시스템 필요성을 인식하고, 정확한 항공온실가스 산정을 위해 2004년부터 현재까지 환경영향 종합평가를 위한 환경 시뮬레이션 툴(Environmental Tool Suite)을 개발하고 있다

○ FAA Environmental Tool Suite은 크게 4개의 주요 소프트웨어로 구성이 되며, 이들 4개의 주요 소프트웨어가 통합적으로 운영되어 궁극적으로 FAA의 항공환경정책이 사회에 미치는 비용 및 효과를 추정한다.



<그림 1 > FAA Environmental Tool Suite

- EDS(Environmental Design Space) : 항공기 설계 및 성능해석 프로그램으로 미래의 신기술 항공기를 모델링하여 AEDT의 항공기/엔진 DB로 입력

- APMT-E(Aviation Portfolio Management Tool for Economics) : 항공정책이나 신기술도입이 미래의 항공사에 미치는 경제적 영향을 분석하며 신형 항공기의 시장 진입과 미래 항공운항 스케줄 도출

- AEDT(Aviation Environmental Design Tool) : APMT-E에서 도출한 미래

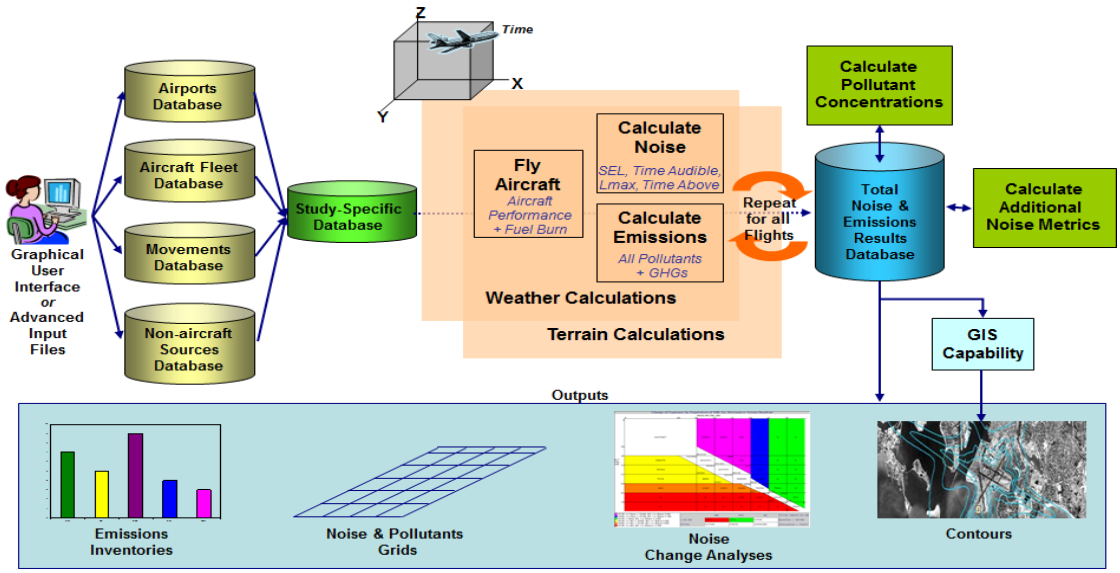
의 항공운항 스케줄에 따라 항공운항 시뮬레이션을 수행하여 공항주변 소음, 대기오염 물질 배출, 및 온실가스 배출량 계산

- APMT-I(Aviation Portfolio Management Tool for Impacts) : AEDT에서 계산된 소음, 대기오염물질, 온실가스 배출량의 사회복지비용(social welfare)으로 환산

○ FAA Environmental Tool Suite은 국제민간항공기구의 항공기 소음인증 규제(ICAO Aircraft Noise Certification Standard) 및 항공기엔진 질소산화물 인증 규제기준(ICAO Aircraft Engine NOx Certification Standard) 마련에 사용된다.

가) AEDT(Aviation Environmental Design Tool)

○ AEDT는 환경 시뮬레이션 툴의 일부로 개발되어 항공기 운항으로 인한 항공온실가스 배출량, 소음, 대기오염을 산정할 수 있는 시스템으로 주요 목적은 항공 교통에 의한 환경적 결과를 모델링하고 FAA 항공교통기관의 정책을 수립하고 수행하는 것이다. 6)



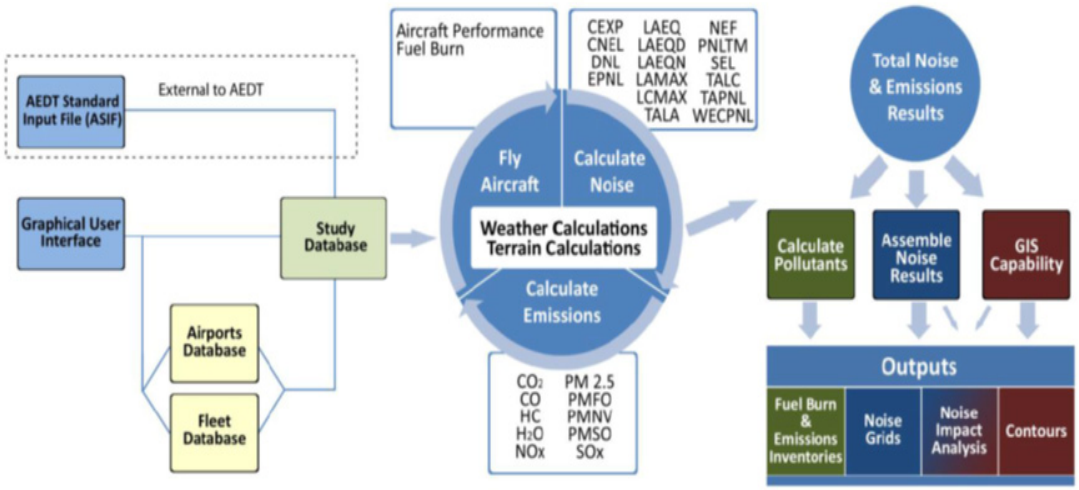
<그림 2 > AEDT 정보 흐름도

출처 : Roof, C.J.,"Overview of the FAA's AEDT", US DOT Volpe Center, 2008

○ AEDT는 <그림 3>과 같이 항공기의 성능을 모델링하여 연료소모량, 배기가

6) 항공 온실가스 산정 및 예측시스템개발 기획보고서(2013)

스 배출 그리고 소음을 시간에 따라 계산하는 소프트웨어이며 지역, 국가 그리고 세계적인 수준에 대한 전체 비행의 분석과 각 공항간 단일비행에 대해서도 계산이 가능하다[7].



<그림 3> AEDT 2a 시스템 구조

나) GREAT(Global Regional Environmental Aviation Tradeoff)

○ 미국의 조지아공대(Georgia Institute of Technology)는 FAA의 PARTNER Project14 Environmental Design Space의 일환으로 AEDT의 short version인 GREAT 프로그램을 개발하였다.

○ GREAT는 Microsoft.NET Framework를 기반으로 프로그래밍되어 있으며 MS EXCEL을 통해서 GUI를 구축하였기 때문에 AEDT에 비해 사용이 아주 간단하며, EDS와 간단히 연동이 되어 미래의 새 항공기에 의한 Fleet Level 온실가스 분석이 가능하다.

○ GREAT는 APMT-E가 수행하는 기능인 미래항공운항 스케줄을 자체적으로 생성할 수 있기 때문에 항공환경관련 정책이나 신기술에 대한 Fleet Level의 장기적(일반적으로 2010부터 2050년까지)이고 거시적(미국전체 혹은 전 세계 항공운항)인 효과를 단시간에 계산이 가능하다.

○ 또한 GREAT는 사용자 INPUT GUI 개념도로 온실가스감축 목표 설정, 온실가스감축 목표 기술 옵션 선택, 미래의 항공운항 증감 시나리오 설정, 노

7) Aviation Environmental Design Tool(AEDT) Technical Manual(2014)

후 항공기 퇴역 시나리오 설정이 가능하며, 사용자가 선택한 항공기 신기술의 효과를 기준년도로부터 향후 20~40년간 계산하여 도식화가 가능하다.

(2) AERO-MS[8)]

○ 네덜란드 민간 항공우주연구소(NLR)는 AERO(항공 배기 가스 및 감축 옵션 평가) 라는 프로젝트를 통해 항공기 엔진에 의한 대기 오염 관련 문제를 평가하고 항공 운송이 대기에 미치는 영향을 감소시키기 위한 조치를 분석하는 동시에 그와 같은 조치가 가져올 환경적 이득과 경제적 영향에 대해 검토하였다.

○ 이러한 목적을 달성하기 위해 광범위한 전 지구적 정보 수집과 AERO 모델링 시스템(AERO-MS)이라고 명명된 모델링 시스템이 개발되었다.

○ AERO-MS는 항공 수송 수요 발생과 이에 대한 설명부터 항공기 엔진 배기 가스의 환경적, 경제적 영향 평가까지 포함하면서 관련 경제, 상업, 기술, 환경적 요소를 포괄적으로 통합하여 제공하고 있으며 미래 항공 운송산업의 예측, 온실가스 환경 및 경제적 결과를 평가할 수 있다.

○ AERO-MS는 순항 고도에서 항공기 엔진에서 배출된 온실가스가 전 지구적 환경에 미치는 영향을 검토하도록 설계되었으며, 전세계적 관점 및 국소지역과 규모의 배출이 발생되는 지점에서도 평가가 가능하다.

○ 또한 항공 운송 수요와 공급의 기술적, 경제적 특징에 대한 상세 설명을 포함하기 때문에 다른 환경 요인 평가를 위해 중요한 기준을 잠재적으로 공급한다. 그렇지만 현재 AERO-MS의 모델 적용은 전 항공기 엔진 배기 가스와 관련된 전 지구적 문제에 초점을 맞추고 있다.

○ AERO 모델링 시스템은 <그림 4>와 같이 총 5개의 모델로 구성이 되며 이는 아래와 같다.

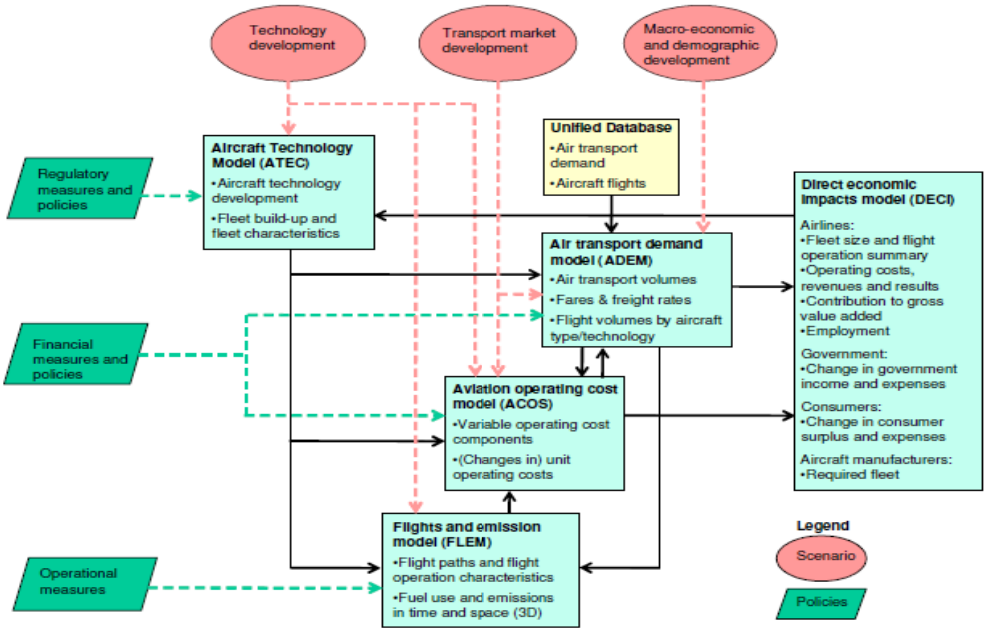
- 항공기 기술 모델(ATEC) : 시간에 따른 모델링에 기반하여(연료 소모, 배출 계수, 새 항공기 구매 가격 등을 포함하는) 항공기 형태 및 기술 단계의 연산하는 모델이다.

8) Aviation Emissions and Evaluation of Reduction Options(AER0) Main Report Part 1.

- 항공 운송 수요와 공급 모델(ADEM) : 항공 운송 측면의 수요 및 공급을 고려한 수요공급모델이다.

- 항공 운용 비용 모델(ACOS) : 항공기 기종, 기술수준, 항공 운송의 모든 관련 가변 비용 구성 요소와 단위 비용을 연산하는 모델이다.

- 항공편 및 온실가스 모델(FLEM) : 실제 비행 프로파일에 대한 상세한 설명 및 3차원 그리드 상에서 연료 소모와 온실가스(CO2, NOx, SO2, CxHy, CO, H2O 포함) 배출량을 계산하는 모델이다.



<그림 4> AERO-MS 시스템 구조

출처 : Aviation Emissions and Evaluation of Reduction Options(AER0) Main Report

(3) FAST(Future Aviation Scenario Tool)[9)]

○ FAST는 O3와 CH4, 항공 NOx 등의 배출량의 영향을 평가하기 위해 영국 무역산업부(DTI)에서 개발하였으며, 항공기 이동자료는 AERO2K의 데이터베이스 및 OAG데이터를 사용하여 60여종의 항공기의 연료사용량 특성을 산정하는 툴이다.

○ FAST는 AEDT같은 대규모의 시스템을 구축하는 것이 아닌 소규모의 다양한 모델을 개발하여 분석하기 위한 목적으로 각 모델간 결과물 적용이 용이하다.

9) 항공온실가스 산정 및 예측시스템 개발 기획보고서(2013)

(4) AEM(Advanced Emission Model)[10)]

○ AEM은 EUROControl에서 개발한 모형으로서 항공기의 연료소모량과 특정 기체 및 배출가스를 대응하기 위해 만들어졌으며, CO2, H2O, SOx, NOx, HC, CO, 벤젠, VOC, TOG 등의 질량을 추정하여 배출량을 산정할 수 있다.

○ AEM은 항공기 기종, 엔진타입 뿐아니라 4D 궤적을 포함한 프로파일세트로서 연료연소비율, 배출율 자료 외에 콜 사인, 출발시간, 출발 도착공항, 기종 등을 포함한 전반적인 비행 및 일정자료, 비행고도, 대지속도, 상승/하강 비율 등 비행자료를 포함하고 있다.

2. 국내 동향

가. 국내 정책 동향

(1) 온실가스·에너지 목표관리제

○ 정부는 비용효과적인 온실가스 감축정책 및 산업의 국제경쟁력 투자계획 등을 반영한 부문별 감축목표 설정 및 에너지 목표관리제를 시행하고자 '저탄소 녹색 성장기본법' 제 42조(기후변화대응 및 에너지의 목표관리)[11)] 및 같은 법 시행령 제26조 제2항[12)]에 따라 온실가스·에너지 목표관리제를 제정·고시하였다.

○ 온실가스·에너지 목표관리제는 온실가스 배출량 또는 에너지 사용량에 대한

---

10) https://www.eurocontrol.int/services/advanced-emission-model-aem

11) 제42조(기후변화대응 및 에너지의 목표관리) ① 정부는 범지구적인 온실가스 감축에 적극 대응하고 저탄소 녹색성장을 효율적·체계적으로 추진하기 위하여 다음 각 호의 사항에 대한 중장기 및 단계별 목표를 설정하고 그 달성을 위하여 필요한 조치를 강구하여야 한다.

12) 제26조(온실가스·에너지 목표관리의 원칙 및 역할) ① 환경부장관은 온실가스 감축 목표의 설정·관리 및 필요한 조치에 관하여 총괄·조정 기능을 수행한다.

② 환경부장관은 온실가스 및 에너지 목표관리의 통합·연계, 국내산업의 여건, 국제적인 동향, 이중 규제의 방지 등 관련 규제의 선진화 등을 고려하여 법 제42조제5항에 따른 목표의 설정·관리 및 검증 등에 관한 종합적인 기준 및 지침을 마련하여 이를 관보에 고시한다. 이 경우 제3항에 따른 부문별 관계 중앙행정기관의 장(이하 "부문별 관장기관"이라 한다)과의 협의 및 위원회의 심의를 거쳐야 한다.

목표를 설정하고, 이행계획, 관리체계 등을 통해 목표를 효율적으로 달성하는 제도로 관리업체와 온실가스 배출량 목표를 상호협의하고, 실적에 대한 MRV(산정·보고·검증)을 통해 인센티브와 과징금(개선명령, 과태료 등)을 부과하는 정부협약이다.

(2) 자발적 감축협약

○ 항공 온실가스 감축 자발적 협약은 정부와 항공운송사업자 간 협약을 체결하고 검증평가기관의 이행실적 검증을 통해 항공온실가스 저감활동을 자발적으로 촉진하기 위한 제도이다. 자발적 감축협약은 향후 예상되는 ICAO 및 EU 온실가스 규제에 선제적으로 대응할 수 있도록 국적항공사의 역량을 확보할 수 있는 기회를 제공한다.

○ 자발적 감축협약에서는 항공부문 온실가스 저감을 위한 정책을 선정하기 위하여, 먼저 ICAO 이행계획 지침에 제시된 저감기술과 관련 선행연구 및 항공사별 온실가스 저감활동 조사결과를 바탕으로 시행 가능한 온실가스 감축정책 목록을 작성한다.

○ 국가 항공사의 자발적 감축협약 데이터는 국가이행계획을 뒷받침하는 근거자료로 사용되게 되며 항공사별 감축수단 선정은 보안상 공식적으로 공개되지 않는다.

○ 자발적 협약에서 제시된 감축수단별 저감효과를 통해 각 항공사별로 감축량을 검증평가기관에 제출하면 된다.

(3) 국가이행계획

○ 우리나라는 ICAO가 2010년 37차 총회에서 이행계획 제출을 결의함에 따라 ICAO의 요구 사항을 충족하면서 우리나라의 여건 및 향후 국제선 수요의 변화와 관련기술의 발달 속도를 감안한 항공부문(특히 국제 항공부문)의 온실가스 감축을 위한 이행계획을 수립하고자 하였다. 또한 국제항공뿐 아니라 국내부문을 포함한 전체 항공부문의 온실가스 배출량을 합리적으로 감축하기 위한 중장기 계획안을 제시하였다.

- 2012년 6월 1차 국가이행계획 제출
- 2015년 6월 2차 국가이행계획 제출 예정

○ 우리나라는 ‘온실가스감축 국가이행계획 T/F’를 만들어 항공사, 공항운영기관, 정부 및 관제기관, 연구기관의 관계자로 이루어진 분석팀을 구성하여 국가이행계획을 대응하고 있으며. 주기적으로 예상배출량(BAU), 감축목표, 감축수단의 적절성 및 개선방안에 대해 논의를 하고 있다.

<표 1 > 국내 온실가스 감축 국가이행계획 지원

참 여 기 관	담 당 업 무
국토교통부	-업무 총괄 -관제, 공항관련 자료제공, 수단 검토
항공사	-운항, 연료관련 통계 및 자료제공 -아이디어 및 개선계획 검토, 협의
공항공사	-공항관련 통계, 계획 등 제공 -개선계획 협의
연구기관	-이행계획 수립 실무작업 -분과회의, 자문회의, 협의회 개최 -연구자문
협회	-관련통계 제공 및 검토

○ 또한 T/F 외에도 각 관계기관의 해당업무 종사자와의 회의를 통하여 문제점을 파악하고 개선안을 도출하며, 다수 기관이 관계된 사안의 경우는 관계자 합동회의를 통하여 수행하고 있다.

(4) 항공 온실가스 저감기술 이행매뉴얼

○ 항공사는 국가 항공온실가스 감축목표 달성을 위해 자발적감축협약, 국가이행계획 지원 등 다양한 활동을 수행해 왔으나, 저감기술에 대한 적용 노하우와 관련정보의 부족 등으로 항공사간 저감기술의 적용수준은 상당한 차이가 있었다.

○ 또한 저감효과의 측정 분석을 위한 표준화된 산정기준이 없어 저감성과의 정량화된 평가 또한 상당한 어려움이 있었다.

○ “항공온실가스 저감기술 이행매뉴얼”은 연료저감 효과 산정기준이 항공사별로 상이한 일부 저감기술에 대해서는 국제민간항공기구(ICAO) 및 국제항공

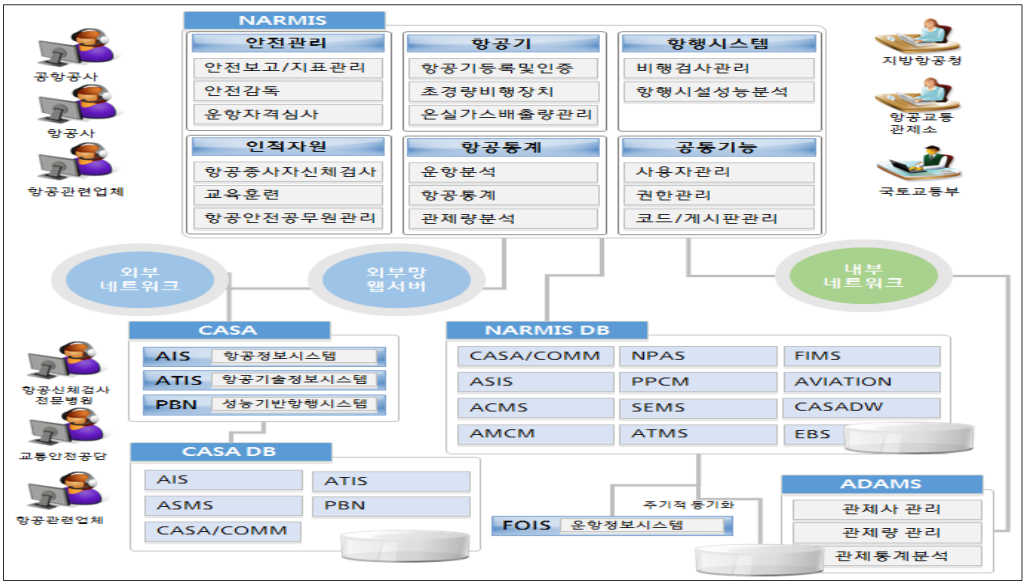
운송협회(IATA)의 지침서와 항공기 기종별 제작사 매뉴얼은 물론 국내·외 항공사들의 이행사례 등을 참고로 감축수단에 따른 적용방안을 심도있게 검토하여 항공기 성능개선, 비행운용, 운항관리 및 중량관리 부문 등 23종의 다양한 저감 신기술들을 발굴·수록하여 표준화된 산정 기준을 마련하였다.

○ 따라서 본 매뉴얼을 통해 항공사는 표준화된 산정 기준으로 정량화된 수치를 제시하여 자발적 협약에 더 적극적으로 임할 수 있으며 이를 통해 국가 이행계획을 적극적으로 지원할 수 있다.

나. 국내 기술 동향

(1) 통합항공안전정보시스템(NARMI)

○ 우리나라의 항공안전지표관리, 항공기 등록 및 인증이력 관리, 항행안전시설 관리, 관제정보관리, 항공안전공무원 교육훈련관리, 항공안전감독 정보관리, 국제기준의 이행관리 등 항공안전에 관한 제반정보를 수집하고 관리하는 시스템이다.



<그림 5 > NARMI 시스템 구조

출처 : https://www.esky.go.kr/ (통합항공안전정보시스템 홈페이지)

○ 통합항공안전정보시스템의 경우 단순 국제선을 취항하는 유상운송용 항공기의 연료 소모량 및 이산화탄소 배출량 관리하는 단순 DB에 불과하고, 감축하기

위한 예측시스템이 아닌 현재 발생한 온실가스를 기관별로 작성해서 제출하는 방식이다.

(2) KOTEMS(Korea Transport Emission Management System)

○ KOTEMS는 지속가능 교통물류발전 기본계획에 따라 도로, 철도, 항공, 해운 등 전 교통수단의 온실가스 배출량 및 저감량을 관리할 수 있는 시스템으로 정부가 교통부분 온실가스 관련 모든 배출정보를 DB화하여 관리하고, 관계부처 또는 지자체 온실가스 감축정책 추진 시 정책별로 감축효과평가, 온실가스 목표관리업체지원 등 온실가스 감축을 지원한다.

○ 전 교통부문에서 발생하는 온실가스를 체계적으로 관리하고자 개발되었으며 다음과 같은 세 가지 시스템으로 구성되어 있다.

- 온실가스 인벤토리를 관리하는 배출정보시스템
- 자발적 협약에 의한 교통부문 기업 온실가스 배출현황을 관리하는 목표관리시스템
- 온실가스 변화를 예측하고 평가하는 저감효과평가시스템



<그림 6 > 교통부문 온실가스 통합정보시스템 구성도

출처 : KOTEMS 홈페이지(www.kotems.or.kr)

3. 종합결론

○ 국외에서 사용되는 모형의 경우 방대한 데이터를 사용하여 DB구축에 비용 및 시간이 소요되며 실제 국내실정과 맞지 않아 실제 국내에서 사용되는 것에 어려움이 따른다.

○ Cargo Flight, Regional Aircraft 등의 시뮬레이션 모델은 국제적으로 개발되어 있지 않아 국내와 같이 단거리 비행에 대형 항공기가 쓰이는 경우, 도시간 소형 항공기 운항이 필요한 경우, 대형 화물항공사의 온실가스 배출량 할당이 국제적으로 이루어질 경우 그에 대한 데이터베이스나 검증된 결과를 절실히 필요로 한다.

○ 또한 국제적으로 가장 인정받는 AEDT는 미국항공산업의 입장에 특화되어있어 국내 상황에 잘 맞지 않으며, 해외에 판매하는 버전과, ICAO 정책개발에 사용하는 버전이 상이하여 국내 실정에 맞는 데이터 확보가 어려운 상태이다.

- 미국항공사는 150-250인승의 장거리 항공기 기종을 보유하고 있으며, 국적항공사들은 대형항공기의 단거리비행 및 화물기 운항이 상대적으로 많아 AEDT를 적용할시 어려움

- AEDT에서는 소스코드가 제공되지 않아 필요에 따른 수정이 불가능하여 ATM(자동항로관리), 항로 변경, 신기종 도입 등 상세 분석 제한됨

○ 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템은 국내에서는 처음으로 기술 개발을 위한 기획단계에 있으며 국내시장은 아직 형성되지 않아 항공 온실가스 산정 및 예측시스템 자체 소프트웨어 개발을 통해 국제 항공·기술정책에 영향력 강화가 필요하다.

제 3장 항공 온실가스 산정 및 예측을 위한 요구사항 분석

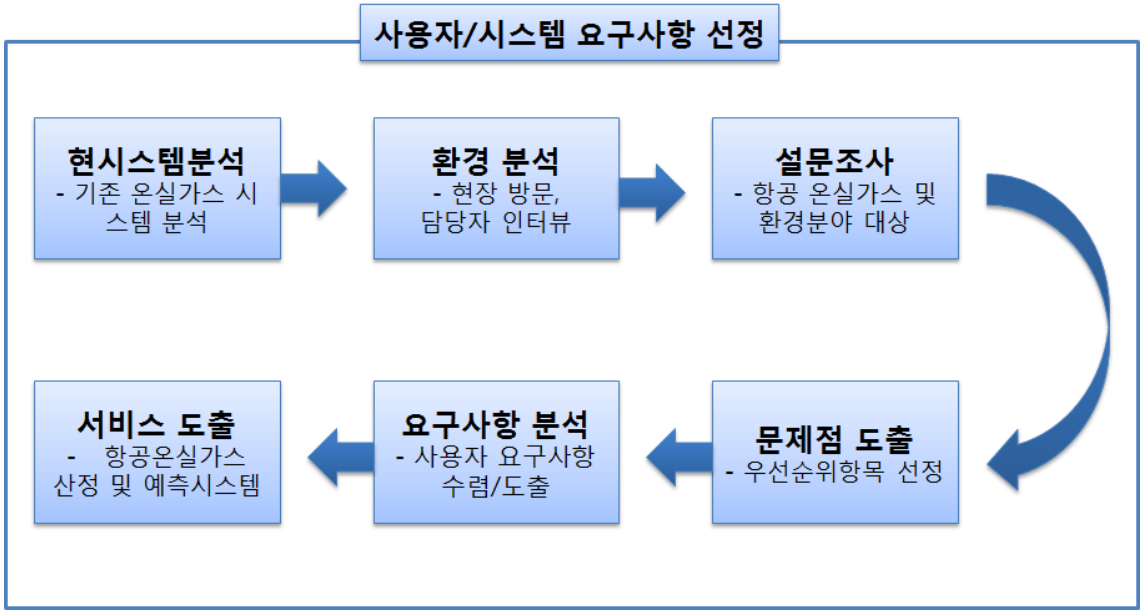
1. 사용자 요구사항 분석

○ 사용자 및 시스템 요구분석은 시스템의 목표를 확립하는 과정으로 시스템이 만족시켜야 할 요구사항, 모델링을 통해 명세화하는 과정이다.

○ 이를 위해 사용자 및 시스템 요구사항 분석을 위해 다음 그림과 같이 항공 온실가스관련 시스템 특성에 대한 분석을 토대로 현장방문, 담당자 인터뷰 등을 통한 환경 분석을 거쳤다.

○ 이후 항공 온실가스 분야 종사자들을 대상으로 면담조사를 실시하여 도출된 문제점으로부터 우선순위 항목을 선정하였다.

○ 선정된 항목을 통해 '항공 온실가스 산정 및 예측시스템'의 요구사항을 도출하고, 각 세부 기술마다의 사용자 및 시스템 요구사항을 선정하였다.



<그림 7 > 사용자/시스템 요구사항 선정 절차

가. 요구사항 수행절차

(1) 현 시스템 분석

○ 현재 항공운송부문의 온실가스 배출량 자료로는 교통안전공단의 '배출량 조사사업'과 KOTEMS, 통합항공안전정보시스템(NARMI)이 있다.

○ '배출량조사사업'과 'NARMI' 시스템의 경우 온실가스 통계 DB수준이며, KOTEMS의 경우 온실가스 배출 데이터 활용을 통해 자발적 감축 등을 지원하는 인벤토리이다.

가) 통합항공안전정보시스템(NARMI)

○ 통합항공안전정보시스템의 '배출가스 분석'의 경우 단순 국제선을 취항하는 유상운송용 항공기의 연료 소모량 및 이산화탄소 배출량 관리하는 Tier 2 수준의 통계 DB에 불과하여 이를 통해 사전에 온실가스를 감축하기 위한 정책적, 기술적 분석을 하기는 어렵다.

<표 2 > NARMI 시스템의 주요기능

구분	시스템 명	개 요
안전관리	항공안전의무·자율보고 관리	항공분야 안전장애 발생 현황을 분야별, 원인별로 분석하여 항공안전 위험요소를 색출·개선·관리
	안전감독관리	항공사·공항·관제기관·위험물에 대한 안전감독 계획·결과 등의 정보를 DB화하여 체계적으로 관리
	운항자격심사관리	조종사 운항자격심사 계획·실적관련 자료 등을 DB화하고, 심사결과 분석정보 공유
	운항 및 비행정보	공항별 항공기 출·도착 정보, 비행계획, 기상정보 등 운항관련 제반정보를 종합 관리
항공기	항공기 등록/인증이력관리	항공기 등록에서 말소까지의 소유권·임차권 등 권리 변동이력 및 인증이력 관리
	항공기술정보	항공기 형식 및 감항증명 등에 관한 기술자료 등 항공기에 관한 기술자료 관리
	초경량비행장치	초경량 비행장치 신고 현황 및 제원 관리
	배출가스분석	국제선을 취항하는 유상운송용 항공기의 연료 소모량 및 이산화탄소 배출량 관리

항행 시스템	비행검사관리	항행시설/장비에 대한 비행검사 계획 및 검사결과 관리
	항행시설성능분석	우리나라에 설치된 항행안전시설에 대한 점검·수리 등에 관한 이력, 비행검사자료 등을 관리
	항공정보	비행정보 및 항공정보간행물 등의 개정 관리 및 정보제공
인적자원	교육훈련관리	교육훈련 계획수립, 신청 및 수료결과에 대한 등록과 처리, 교육자료 등록·갱신 등 제반교육 정보관리
	항공직공무원 이력관리	항공안전공무원의 인적사항 및 인사정보, 자격관리 등 각종 이력관리
	항공종사자 신체검사관리	항공전문의사가 실시한 신체검사결과를 Web방식으로 데이터베이스화하여 항공종사자 신체검사 이력 자료를 공유
	항행전문가 네트워크	항행분야 국내외 전문가의 인적정보, 자격 등에 관한 각종 인적정보 및 관련 기술정보 관리
통계분석	항공통계분석시스템	항공기 운항실적, 관제량, 배출가스 통계 및 분석 관리

출처 : 통합항공안전정보시스템 홈페이지(https://www.esky.go.kr/)

나) KOTEMS

○ 지속가능 교통물류발전 기본계획에 따라 도로, 철도, 항공, 해운 등 전 교통수단의 온실가스 배출량 및 저감량을 관리할 수 있는 시스템으로서 전 교통부문에서 발생하는 온실가스를 체계적으로 관리하고자 개발되었으며 다음과 같은 세 가지 시스템으로 구성되어 있다.

<표 3 > KOTEMS의 주요기능

구 분	주요 기능
온실가스 인벤토리를 관리하는 배출정보시스템	국내/외 온실가스 정보 제공
	에너지 소비량, 온실가스 배출량, 온실가스 원단위 정보 제공
	국내 교통부문 온실가스 정보제공
자발적 협약에 의한 교통부문 기업 온실가스 배출현황을 관리하는 목표관리시스템	총괄적인 목표관리 및 이의신청 기능 제공 등
	배출량 산정, 적정 목표 설정 및 이행관리
온실가스 변화를 예측하고 평가하는 저감효과평가시스템	온실가스 감축전략별 교통수요분석(억제, 전환), 기술개선(연비향상) 등 정책변수의 변화에 따른 온실가스 저감효과 평가

출처 : KOTEMS 홈페이지(https://www.kotems.or.kr/)

○ 배출정보시스템의 주요기능

- 국제항공부문의 온실가스 정보의 경우 국가별 교통(도로, 철도, 항공, 해운 등) 및 산업 전반의 배출현황을 알려주고 있어 국제 항공부문의 배출량을 별도로 산출할 수 없다.

- 국내 온실가스 정보의 경우 국가 인벤토리보고서, 항공부분의 연료소모량, 에너지 소비량, 온실가스 배출량 등 통계 DB를 간략히 나타내고 있다

- 항공부문 온실가스에 국한하여 볼 경우는 기종별, 연료별, LTO 횟수 등을 통해 항공온실가스 배출량을 산정(Tier 2급)하며 항공사별 구분이 되어있지 않다.[13)]

○ 목표관리 지원시스템의 주요기능

- 온실가스/에너지목표관리제(NA, Negotiated Agreement)는 현재 환경부 국가온실가스종합관리시스템(NGMS)에서 지원하고 있으나 KOTEMS의 경우 NGMS에서 지원하지 않는 부분을 발굴하여 지원하고 있다.

  · 총괄적 목표관리 및 이의신청 기능 제공

- 자발적 온실가스/에너지목표관리제(VA)참여업체의 온실가스, 에너지 목표관리 지원

  · 항공부문의 경우 목표관리지원시스템을 통해 온실가스 배출량 산정, 적정 목표설정 및 이행관리 자발적 협약 이행실적관리를 유상수송량(RTK)에 기반하여 실시한다.

○ 저감효과 평가시스템의 주요기능

- 교통부문(도로, 철도, 해운, 항공 등)의 온실가스 저감정책 및 사업효과를 평가하기 위한 방법론 개발 및 제시하는 것이며, 다른 교통부문의 경우 온실가스 감축잠재량을 계산하는 방법 및 간단한 계산방법이 공개되어 있으나 항공부문의 경우 아직 지원되지 않는다.

○ 교통부문 온실가스 관리시스템(KOTEMS)에서는 인벤토리를 통해 교통부문

13) 항공 온실가스 산정 및 예측시스템 기획보고서(2013)

배출현황을 파악하여 통계 정보 관리 시스템으로서 항공부문에 특화된 산정방법론 적용에 따른 배출량 관리가 이루어지지 않고 있다.

○ 또한 교통부문 온실가스 관리시스템(KOTEMS)은 전 분야(도로, 철도, 항공, 해운 등)를 망라하여 시스템이 구축되어 항공부문의 온실가스 산정 및 예측 효과를 미시적으로 접근하는데 한계가 있다.

○ 따라서 실질적으로 온실가스 배출 현황을 통해 미래 온실가스 배출량을 예측이 필요하며, 항공사 및 국가 항공부문 온실가스 규제 및 협약 등이 증가되고 있어 이에 따른 온실가스 관리 범위의 확대가 요구되어야 한다.

다) 소결론

○ 아래<표 4>는 기존에 존재하는 시스템과 '항공 온실가스 산정 및 예측시스템'을 비교분석한 것이다.

<표 4 > NARMI, KOTEMS, 본 연구개발과제 비교분석표

구분	NARMI		KOTEMS		본 연구개발과제	
	국내항공	국제항공	국내항공	국제항공	국내항공	국제항공
Tier 1	X	X	X	X	X	X
Tier 2	O	O	O	X	X	X
Tier 3	X	X	X	X	O	O

○ 기존에 존재하는 시스템의 경우 Tier 2를 제공하고 있으나, 이는 전반적인 정밀도가 떨어지며 분석 또한 계량적으로 이루어지기 어렵기 때문에 구체적인 장래 예측치를 파악하기가 어렵다.

○ 따라서 항공부문의 효과적인 온실가스 감축수단 개발을 지원하고, 항공사와 정부, 공항 등 주요 감축활동 주체의 적극적인 감축활동을 촉진하는 등 실효성 있는 국가이행계획의 수립과 이행을 위해 감축효과 분석 및 이를 전체적으로 지원할 수 있는 지원시스템의 개발이 필요성이 인식되고 있다.

○ 또한 항공부문 온실가스 규제, 협약 대응을 위한 Tier 3b 급 온실가스 산정 정보의 제공이 절실히 필요한 시점이다.

(4) 사용자 요구사항 분석을 위한 조사

가) 개요

○ 사용자 요구사항 분석을 위하여 면담, 인터뷰 및 워크숍 등을 통해 의견을 수집하였다. 이는 '항공 온실가스 산정 및 예측시스템 개발'의 연구내용에 기초하여 사용자 계층의 요구사항과 우선순위를 평가함으로써 국가연구개발 사업의 실효성을 제고하려는 목적에서 진행되었다.

- 2015년 1월 15일 항공 온실가스 관련 사용자 요구사항 회의 진행

  · 정부, 항공사, 정부지원기관 대상 전문가

  · 항공사 별 온실가스 관리 현황 파악

  · 항공 온실가스 예측 및 산정시스템에 대한 실수요자 파악

  · 항공 온실가스 예측 및 산정시스템 구체적인 최종목표 제시 필요

- 2015년 2월 3일 사용자 요구사항 회의 진행

  · 대한항공, 진에어 대상 전문가

  · 항공사 온실가스 관리 현황 파악

  · 항공 온실가스 예측 및 산정시스템 개발시 사용자 편익 및 효율성에 대한 구체적인 제시 필요

  · 네트워크 연동시 항공사 데이터 보안에 대한 구체적인 방안제시 필요

- 2015년 3월 19일 항공 전문 기관별 사용자 요구사항 및 시스템 요구사항 회의 진행

  · 티웨이항공, 진에어. 이스타항공 대상 전문가

  · 항공사 온실가스 관리 현황 파악

  · 항공 온실가스 감축기술 및 보유 기술 파악

  · 항공 온실가스 감축기술별 항공사 적용 가능여부 논의

- 2015년 3월 20일 항공 전문 기관별 사용자 요구사항 및 시스템 요구사항 회의 진행

· 제주항공 대상 전문가

· 항공사 온실가스 관리 현황 파악

· 항공 온실가스 감축기술 및 보유 기술 파악

· 항공 온실가스 감축기술별 항공사 적용 가능여부 논의

- 2015년 3월 23일-27일 사용자 요구사항 서면 검토 진행

· 티웨이항공, 진에어. 이스타항공 대상 전문가

· 항공 온실가스 산정 및 예측시스템 사용자 요구사항 검토

- 3월 24일 항공 전문 기관별 사용자 요구사항 및 시스템 요구사항 회의 진행

· 아시아나항공, 에어부산 대상 전문가

· 항공사 온실가스 관리 현황 파악

· 항공 온실가스 감축기술 및 보유 기술 파악

· 항공 온실가스 감축기술별 항공사 적용 가능여부 논의

- 3월 26일 항공 전문 기관별 사용자 요구사항 및 시스템 요구사항 회의 진행

· 대한항공 대상 전문가

· 항공사 온실가스 관리 현황 파악

· 항공 온실가스 감축기술 및 보유 기술 파악

· 항공 온실가스 감축기술별 항공사 적용 가능여부 논의

- 2015년 4월 13일-15일 NLR 국제세미나 진행(사용자 요구사항 의견 수렴)

· 국토교통부 항공기술과 및 학연 대상 전문가

· 항공 온실가스 시스템 개념설계 구체화 마련

· 항공 온실가스 시스템 관련 국제 협력방안 논의

나) 조사 내용

○ 사용자 요구사항 분석을 위하여 면담, 인터뷰 및 워크숍 등을 통해 <표 5>의 내용을 조사하였다. 항공온실가스 관련 업무 수행에 있어 문제점을 통해 '항공 온실가스 산정 및 예측 시스템'의 차별화된 요구사항을 수렴하고자 하였으며, 각 기관별 업무 수행현황을 통하여 업무의 효율성을 증대시킬 수 있는 방안을 조사하였다.

○ 시스템 요구사항 분석을 위하여 항공온실가스 산정 및 예측 시스템을 이용할 수 있는 대상자를 선정하여, 개발 시스템에 포함될 수 있는 감축기술의 타당성 및 실제 국내 적용방안에 대해 논의하였다.

○ 또한 현재 기존 시스템과의 비교를 통하여 추가적인 요구사항 및 해결방안 논의를 통하여 사업의 실효성을 제고하고자 하였다.

<표 5 > 사용자 요구사항 분석 조사

구분	기관	비고
온실가스 관련 업무 수행에 있어서 이슈사항 또는 문제점	정부, 항공사, 정부지원기관	
현재 각 기관별 관련업무 수행현황	항공사, 정부지원기관	
온실가스 관련 업무수행에 있어 개발시스템 반영 요청사항	항공사, 정부지원기관	
상기 이슈사항 또는 문제점 해결을 위한 방안	항공사, 정부지원기관	
추가적인 요구사항	정부, 항공사, 정부지원기관	
감축기술 적용방안	정부, 항공사	
감축기술 선정안	정부, 항공사	

다) 문제점 도출

○ 기존 시스템의 한계

- 현재 우리나라의 경우 IPCC 가이드라인의 Tier 2b 급 방법을 사용하여 항공 부분의 온실가스 배출량을 추정해 왔기 때문에 전반적인 정밀도가 미흡하며 항공기/엔진 기술의 개발의 효과, 항공기 운항 궤적 변경의 효과 등을 산출할 수 없는 한계가 있다.

- 단거리 비행이 많은 국내 운항에는 실제 연료사용량과 비교하여 오차가 더 큰 이유로 정밀한 산정 방법론이 요구된다.

- KOTEMS에서도 항공부문에 특화된 산정방법론 적용에 따른 배출량 관리가 이루어지지 않고 있으며, 도로 부분의 경우 Tier 3 기반의 온실가스 배출량 및 감축량 산정도 가능하여 지자체 및 정부기관의 정책 결정 및 의사결정시 판단 기준을 제공하나, 항공부분 온실가스 배출량 산정 시 Tier2의 방법을 사용하여, Tier 3b의 산정방법론으로 온실가스 통계 관리 체계 구축이 되어있지 않다.

○ 항공 온실가스 산정 및 예측시스템 개발의 필요성

- 항공사의 다양한 감축활동을 통한 연료소비량(온실가스 배출량) 감축실적을 정확히 계산하고 평가하는 프로그램(툴)이 부재하여 정확한 수치 산정이 어렵다.

- 온실가스 산정등급에서의 문제가 아닌 연료사용량 산정에 있어서의 어려움이 존재(급유량 오입력, 비중값 미입력 등)한다.

- 연료절감량 산정 시 관리를 하고 안하고 했을 때 시점에서의 상대적 수치만 가능하고, 운항 시 여러 절감기술이 행해지고 여러 외부조건이 작용하기 때문에 절대적 연료 절감량 수치를 산정하기 어렵다.

- 따라서 정확한 배출량 산정 및 감축업무 수행에 따른 감축량 선정을 위한 시스템 구축이 가장 큰 현안이다.

- 또한 항공사의 온실가스 관련 데이터 입력이 없어도 항공기의 온실가스 배출량 산정이 가능하도록 하여 온실가스 데이터의 신뢰성 확보가 필요하다.

- 항공사 및 정부측면에서 항공온실가스 산정뿐만 아니라 감축수단별 감축량 예측이 가능해야 하며, 특히 감축수단 적용시 적용에 따른 비용과 편익분석을 통해 사용자의 의사결정을 지원할 수 있어야 한다.

○ 항공 온실가스 감축 기술 적용할 수 있는 시스템 개발의 필요성

- 항공사 감축실적 및 이를 예측할 수 있는 평가 툴 개발이 부재하여 정확한 수치 산정이 어렵다.

- 감축수단별 감축량을 계산하는 프로그램 개발을 통해 항공사가 제시하는

감축량의 적절성 평가에 활용될 수 있도록 해야 한다.

- 항공연료 실제 구매량과 운항관리시스템에 의한 연료사용 실적 사이에 오차가 있으므로, APU 사용량을 포함한 연료사용량을 측정할 수 있는 기능이 필요하다.

○ 항공 온실가스 산정 및 예측시스템 개발의 신뢰성

- 항공 온실가스 저감효과 분석시스템 개발 시, 감축기술에 대한 표준화된 산정기준을 개발하고 감축수단별 저감효과에 대한 데이터 검증 필요하다.

- 실비행 데이터와의 비교가 필수적이나, 중간단계로 시뮬레이터를 활용한 검증도 가능함으로 신뢰성 있는 데이터가 필요하다.

- Tier 3b 급의 경우 모든 항공기를 대상으로 분석을 실시하는 것을 원칙으로 분석이 되어야 하며, Tier 3b급의 결과값을 토대로 통계적인 결과 값으로 도출한다면 표준화되고 신뢰성있는 값이 도출되어야 한다.

나. 사용자 요구사항 분석

(1) 사용자 그룹의 정의

○ '항공 온실가스 산정 및 예측시스템'에 대한 사용자는 <표 6>과 같이 정부, 항공사, 정부지원기관, 기타로 구분되며, 사용자 그룹은 '항공 온실가스 산정 및 예측 시스템'을 통해 아래와 같은 업무를 수행하고자 한다.

<표 6 > 사용자 그룹 정의

사용자	내용	비고
정부	온실가스 감축 관련 정책업무 수립 및 이행을 위한 분석 등을 위해 본 시스템을 사용한다.	
항공사	온실가스 감축 관련 정책업무 대응 및 실제 적용하기 위한 시뮬레이션 분석 등을 위해 본 시스템을 사용한다.	
정부지원기관	온실가스 감축 관련 정부 정책업무 수립지원 및 적절성 평가를 위한 분석 등을 위해 본 시스템을 사용한다.	
기타	항공온실가스 감축 관련 환경적 영향분석 및 의사결정 지원 분석연구 등을 위해 본 시스템을 사용한다.	

가) 정부

○ 항공로 주변 환경 상태를 고려한 합리적인 경로 도출

○ 항공 교통의 지속성장을 위한 항공 경로 구조 조정 도출

○ 항공부문 온실가스 감축목표 달성도의 정밀한 산정

○ 온실가스 목표관리제를 위해 온실가스 감축 목표 설정 및 항공사의 감축 목표 달성 관리·평가 가능

○ 온실가스 감축 목표 설정 및 온실가스 감축 이행실적 관리

○ 항공 온실가스 감축 국가이행계획(State's Action Plan) 수립 및 효율적 운용을 위한 정책 수립

○ 항공 온실가스 감축수단별 정책수립 및 이행이 가능하도록 신뢰성 있는 감축효과 제시

○ 국내/외 항공부문 배출권거래제 대응 현황 및 분석을 통해 시장기반체제 (Market Based Measures) 추진에 있어 국제 항공부문 온실가스 모니터링, 배출량 검증 지원 및 탄소상쇄, 배출권 거래제도 도입・시행・지원

○ BAU 산정 및 항공부문 국가 중장기 배출량 예측 등 항공 온실가스 감축 및 국가이행계획(State's Action Plan) 등 효율적 운용을 위한 정책 수립

나) 항공사

○ 온실가스 자발적 감축협약 및 목표관리제 목표 달성을 위한 감축 계획 수립

○ 온실가스 자발적 감축협약 및 목표관리제 보고 툴로 사용

○ 항공기 도입 시 경로당 연료 절약 및 이에 따른 환경 부가세 절약 결과 도출

○ 날씨와 항공기 무게 같은 변수의 차이에 따라 가장 최적화된 이착륙 속도, 각도 등 분석기능 사용

다) 정부지원기관

○ 온실가스 자발적 감축협약 및 목표관리제 관리 툴로 사용

○ 국내 환경 분석 및 항공 전문 연구진에게 고정밀 항공부문 온실가스 분석 도구 및 데이터 제공

○ 국내/외 항공 온실가스 통계 및 각종 항공통계와 연계한 원단위 관리 데이터 제공 및 온실가스 감축량 예측 분석 도구 활용

○ 온실가스 감축 이행계획서 평가 - 참여 항공사가 제출한 이행계획상의 온실가스 배출량, 연료 절감 계획 등 적절성 평가를 통한 검증 활동 지원

라) 기타

○ 활주로 확장 및 신공항 건설 시 요구되는 정량적인 환경적 영향 분석 및 의사결정 지원 분석

○ 항공교통관리 및 인프라 개선 지원 연구

(2) 사용자 및 시스템 요구사항 도출 과정

○ 사용자 및 시스템 요구사항을 도출하기 위하여 항공 온실가스 대상 전문가(정부, 항공사, 정부지원기관 등)에게 요구사항 및 의견을 수렴하였다.

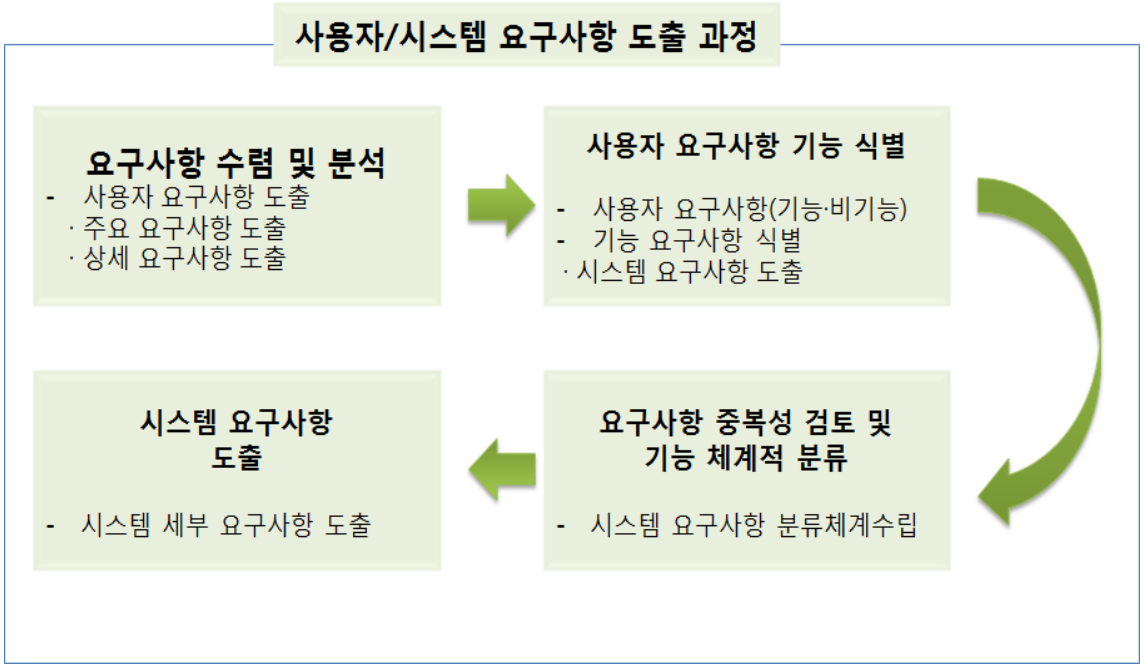
○ 전문가에게 수렴된 요구사항은 주요 요구사항을 우선적으로 도출하였으며, 우선요구사항을 통해 산출된 상세요구사항을 통해 사용자 및 시스템 요구사항을 전체적으로 수렴 및 분석하였다.

○ 수렴된 사용자 요구사항은 기능과 비기능으로 식별하였으며 기능으로 식별된 요구사항을 통해 시스템 요구사항을 도출하였다.

- 기능 : 기능요구사항은 반드시 구현되어야 할 필수적인 작업과 동작 등을 통해 어떤 기능이 구현되어야 하는지 설명

- 비기능 : 특정기능보다는 전체 시스템의 동작을 평가하는 척도로 사용

○ 기능과 비기능으로 분류된 시스템 요구사항 중 중복성검토를 통하여 실제적으로 필요한 기능을 확인 및 중복성 검토를 끝낸 기능을 체계적으로 분류하여 시스템의 세부 요구사항을 도출하였다.



<그림 8 > 사용자/시스템 요구사항 도출과정

(3) 요구사항 수렴 및 분석

가) 주요 요구사항 도출

○ '항공 온실가스 산정 및 예측시스템'에 대한 사용자 요구사항 중 주요 요구사항을 도출한 결과 15개의 요구사항이 도출되었다.

○ '15개 요구사항은 '항공 온실가스 산정 및 예측시스템'에 공통으로 들어가는 2개 항목, '항공 온실가스 보고포털'에 한정되는 1개 항목, '항공온실가스 산정'에 한정되는 7개 항목, '항공온실가스 감축량 예측'에 한정되는 2개 항목, '항공온실가스 경제성분석 및 의사결정 지원'에 한정되는 3개 항목으로 구성되어 있다

- 공통

  · 사용자 입력 및 편의기능이 제공되어야 한다.

  · 시스템간 데이터 호환이 가능해야 한다.

- 항공 온실가스 보고포털

  · 목표관리제 보고, 항공부문 온실가스 인벤토리 보고서(NIR), 항공부문 국가이행계획, 항공사 자발적 협약 보고, 배출권거래제 보고, ICAO 시장기반체제 등 온실가스 관련 서비스가 제공되어야 한다.

- 항공 온실가스 산정

  · 항공 온실가스 산정의 신뢰성이 확보되어야 한다.

  · 온실가스 산정시 기준값 입력 및 표준 데이터 이용이 가능해야 한다.

  · 항공기 지상운용, 최적 연료량 산정 등 다양한 산정 업무를 제공해야 한다.

  · GIS 맵상에 데이터가 표시되어야 한다.

  · 미래 항공교통 수요 시나리오 및 DB 생성이 가능해야 한다.

  · 감축수단별 적용시 미래 온실가스 산정이 가능해야 한다.

  · 목표관리제 보고, 항공부문 온실가스 인벤토리 보고서(NIR), 항공부문 국가이행계획, 항공사 자발적 협약 보고, 배출권거래제 보고, ICAO 시장기반체제 등 온실가스 관련 데이터가 제공되어야 한다.

- 항공 온실가스 감축량 예측

  · 감축 수단별 항공 온실가스 감축량이 예측되어야 하며, 2개 이상의 감축수단의 중복 적용에 대해 종합적인 감축량 예측이 가능해야 한다.

  · 온실가스 감축수단의 결과 데이터의 신뢰성이 확보되어야 한다.

- 경제성 분석 및 의사결정 지원

  · 감축활동 모니터링 리포트, 배출권거래제 및 자발적 협약 등 다양한 의사결정 지원 데이터가 제공되어야 한다.

  · 온실가스 감축수단 적용시 경제성 분석이 가능해야 한다.

· 정부 혹은 항공사의 의사결정에 대한 구체적인 지원이 가능해야 한다.

나) 상세 요구사항 도출

○ 15개로 도출된 주요 요구사항을 세분화하여 79개의 상세 요구사항을 도출하였으며 이는 <표 7>과 같다.

- 15개 요구사항을 세분화하여 상세 요구사항을 도출하였으며, '항공 온실가스 산정 및 예측시스템'에 공통지원으로 들어가는 항목 17개, '항공 온실가스 보고포털'에 한정되는 13개 항목, '항공온실가스 산정'에 한정되는 24개 항목, '항공온실가스 감축량 예측'에 한정되는 11개 항목, '항공온실가스 경제성분석 및 의사결정 지원'에 한정되는 14개 항목으로 총 79개의 항목으로 구성되었다.

<표 7 > 상세 요구사항 도출

구분	사용자 요구사항	비고
공통 지원	검증 Report가 출력되어야 한다.	
	감축기술에 대한 표준화된 산정기준이 제시되어야 한다.	
	감축수단별 저감효과에 대한 데이터 검증 및 이에 대한 결과서가 제공되어야 한다.	
	범위 지정에 따른 Reporting이 이루어져야 한다. (날짜, 항로 구간, 고도 등)	
	그래프의 종류는 막대, 원형, 선형, 누적그래프 등 여러 그래프로 표시되어야 한다.	
	두개 이상의 감축수단 적용 결과 값은 한 그래프에 중복되어 표시될 수 있어야 하며, 이는 사용자가 보기에 이해하기 쉬워야 한다.	
	한 그래프에 두개이상의 감축수단 결과 값이 표시되었을 시, 이를 동시에 적용 하였을때의 결과 값도 독립적으로 표시되어야 한다.	
	그래프가 한 화면에 두개 이상 표시되어야 한다.	
	그래프의 X축, Y축은 사용자가 지정하여 표시되어야 한다.	

구분	사용자 요구사항	비고
	결과보고서에 표시되는 감축량의 단위는 "kg, %, tons, second, min, hour, kg/hr, t/hr, kg/yr, $, 원화" 등으로 표시되어야 한다.	
	감축수단별 저감효과에 대한 데이터 검증 및 이에 대한 결과서가 제공되어야 한다.	
	결과보고서는 사용자가 선택한 감축수단에 대해 개별적으로 제공되어야 한다.	
	항공사의 감축결과보고서 양식이 제공되어 보고 시 간단명료하게 입력이 가능하도록 하여야 한다.	
	결과보고서에 표시되는 감축수단 적용 결과 나열방식은 가장 큰 값부터 또는 가장 작은 값부터로 선택할 수 있어야 한다.	
	결과보고서에 사용자가 그래프를 선택 할 수 있어야 한다.	
	결과보고서는 다양한 형식(PDF, DOC, TXT, HWP 등)으로 저장이 되어야 한다.	
	항공사결과보고서는 "항공기 운항수(연간/월간), 감축수단(적용/미적용), 감축량(t), 감축률(%), 비용($/원화)" 가 포함되어야 한다.	
보고포털	회사별 내부 시스템과 데이터 호환이 가능하여야 한다.	
	온실가스 목표관리제 업무를 포함하여야 한다.	
	항공 온실가스 자발적 감축협약 업무를 포함하여야 한다.	
	항공 온실가스 자발적 감축협약 업무 검증 및 평가가 가능해야 한다.	
	배출권거래제 할당업체(항공부문) 배출량 적절성 평가가 이루어져야 한다.	
	온실가스 보고서가 편리하게 UPLOADING이 가능 할 수 있도록 해야 한다.	
	국문/영문 지원이 가능해야 한다.	
	UI가 간단명료하게 표시되어야 한다.	
	항공사별 온실가스 감축 활동을 통한 연료소비량 감축실적을 사용자가 입력 또는 up-load할 수 있어야 한다.	

구분	사용자 요구사항	비고
	항공사의 연료 외에 에너지까지 관리 할 수 있어야 한다.	
	네트워크 기반인 경우 VPN 등 시스템 정보가 보호되어야 한다.	
	네트워크 기반인 경우 항공사에서 입력한 정보의 암호화가 이루어져야 한다.	
	항공사에서 제공하는 DATA는 타 기관은 볼 수 없으며, 정부는 이 DATA를 감시목적으로 사용해서는 안된다.	
온실가스 산정	항로에 따른 최적 연료량 산정이 가능해야 한다.	
	항공 온실가스 산정을 위해 실제 풍속, 기상 등 운항에 미치는 영향을 고려하여야 한다.	
	온실가스 DB에서 가지고 올 수 없는 경우 기준 값을 입력할 수 있어야 한다.	
	연료 사용량과 알고리즘 산출값간 오차가 최소화 되어야 한다. (정비, 자연발화 등에 대한 고려 필요)	
	APU, Taxi 등 항공기의 지상에서 소모되는 연료에 대한 산정이 이루어져야 한다.	
	비행 단계별 연료 소모량 및 온실가스 배출량이 산정되어야 한다.	
	온실가스 산정시 국내 및 국제선을 구분하여 산정이 가능하여야 한다.	
	항공기별 표준궤적 운항시 연료사용량, 온실가스 배출량 산정이 되어야 한다.(IPCC Tier 3a)	
	실제 기상데이터/항적 데이터를 사용하여 온실가스 산정이 가능하여야 한다.(IPCC Tier 3b)	
	국적 항공사에서 운항하는 노선 외 외국 항공사의 운항 노선에 대한 온실가스 산정이 되어야 한다.	
	온실가스 산정치는 신뢰할 수 있도록 해야한다. (산정 기준 제시)	
	공항 주변(항공기 지상운용, 항공기 이착륙, 공항내 이동차량) 대기오염물질 및 온실가스 배출량 제시가 가능해야 한다.	
	온실가스 배출량을 공항별/항로/섹터/국가/기간 별 산정이 가능해야 하며 이를 GIS 맵 상에 표시되어야 한다.	

구분	사용자 요구사항	비고
	실제 데이터 없이 표준 DB에서 항공 및 지상 온실가스가 산출 가능하여야 한다.	
	항공기 운항에 따른 온실가스 및 대기오염에 미치는 물질의 배출량이 추가적으로 산정되어야 한다.	
	미래 항공교통 수요 시나리오 생성이 가능해야 한다. 이는 사용자가 up-load 또는 GUI상 직접입력 모두 가능해야 한다.	
	미래 운항스케쥴, 미래 항공기 성능 및 항공기별 퇴역시기/신규 항공기 도입 등 미래 항공교통 운항 DB 생성이 가능해야 한다. 이는 사용자가 up-load 또는 GUI상 직접입력 모두 가능해야 한다.	
	Flight plan과 연동되어 계획대비 연료 사용량이 한눈에 통계치를 확인할 수 있는 자료를 제공하여야 한다.	
	감축수단 적용시 미래온실가스를 산정할 수 있어야 하며, 이는 현재 비용가치로 변환이 가능해야 한다.	
	감축수단의 단일 비행별 또는 운항 구간별 감축수단의 효과를 사용자가 변경할 수 있어야 한다	
	감축수단 적용, 미적용에 따른 출도착 공항 간 비교가 가능하여야 한다.	
	감축수단별 미래 온실가스 예측에 대한 정확한 데이터 산출이 가능하여야 한다.	
	국내 항공사에서 운행하는 노선 외 해외 여러 노선에 대한 감축량 예측이 되어야 한다.	
	온실가스 감축량 예측치에 대해 항로 별/기간 별 GIS 맵 상에 표시되어야 한다.	
감축량 예측 지원	온실가스 및 연료량 절감을 위해 감축수단을 고려하여야 한다	
	감축수단별 오차가 최소화 되어야 한다	
	운항 구간 별(비행 단계별) 감축수단 결과값이 표시되어야 한다.	
	감축량예측을 하기위해선 항공사별로 발생된 배출가스량을 온실가스DB에서 가지고 와야 한다.	

구분	사용자 요구사항	비고
	온실가스 DB에서 가지고 올 수 없는 경우 기준 값을 입력할 수 있어야 한다.	
	감축수단 결과로는 그래프, 결과값이 도출되어야 한다.	
	감축수단의 적용여부는 마우스클릭으로 간단하게 켜고 끌 수 있어야 한다.	
	감축수단별 적용 비율은 프로그램 사용자가 조절할 수 있어야 한다.	
	온실가스 감축수단 산정기준이 명확해야 한다.	
	연료 절감을 위한 운항 감축수단 적용 중 실제 풍속, 기상 등 운항에 미치는 영향 고려하여 산출하여야 한다.	
	운항 후 잔여 연료 최소화를 위한 감축 수단이 제공되어야 할 것이다.	
의사결정 지원	감축활동 모니터링을 위한 통계 Report가 제공되어야 한다.	
	배출권거래제, 자발적 협약, 배출량 상쇄 등에 대한 비용 산정, 경제성 분석 등이 자동적으로 계산되어 최적의 감축기술 등을 제시할 수 있어야 한다.	
	각 항공사의 자발적 감축량 및 목표관리제의 목표를 제시하고 실행방안에 대한 구체적인 의사결정을 제시할 수 있어야 한다.	
	시나리오별(배출권구매, 자발적 협약사항, 목표관리제 사항) 최적의 경제성 분석 결과를 제시하여야 한다.	
	시나리오별(배출권구매, 자발적 협약사항, 목표관리제 사항)의 시나리오 기준은 사용자에 의해 선택할 수 있어야 한다.	
	항공사별 direct Operation Cost DB를 사용하여 감축수단별 항공사에 미치는 비용 증감 계산이 가능해야 한다.	
	배출권 거래제에 대한 결과 및 구매비용 산출이 가능하여야 한다.	
	배출권 거래제를 고려한 의사결정 정보가 지원되어야 한다.	
	항공사별 항공기(기체 및 엔진 포함)의 퇴역시기 및 신규 항공기 도입 수요에 대한 계산이 가능해야 한다.	

구분	사용자 요구사항	비고
	여러 감축수단을 적용 시 최적의 감축수단이 무엇인지 우선순위 선정이 가능하여야 한다.	
	온실가스 목표관리제 업무 지원을 위한 경제성 분석 및 의사결정 데이터를 제공하여야 한다.	
	항공 온실가스 자발적 감축협약 업무 지원을 위한 경제성 분석 및 의사결정 데이터를 제공하여야 한다.	
	항공 온실가스 자발적 감축협약 업무 검증 및 평가가 가능해야 한다.	
	배출권거래제 할당업체(항공부문) 배출량 적절성 평가가 이루어져야 한다.	

(4) 사용자 요구사항 기능 식별

○ 수렴된 사용자 요구사항은 기능과 비기능으로 식별하였으며 기능으로 식별된 요구사항을 통해 시스템 요구사항을 도출하였다.

- 79개의 상세요구사항을 실제 반드시 구현되어야 하는 기능과, 특정기능이 아닌 시스템을 평가하는 척도인 비기능으로 분류하여 식별하였다.

가) 기능 요구사항

○ 상세 요구사항에서 기능 요구사항으로 식별된 항목은 72개 항목으로 '항공 온실가스 산정 및 예측시스템'에 공통지원으로 들어가는 항목 17개, '항공 온실가스 보고포털'에 한정되는 8개 항목, '항공온실가스 산정'에 한정되는 23개 항목, '항공온실가스 감축량 예측'에 한정되는 10개 항목, '항공온실가스 경제성분석 및 의사결정 지원'에 한정되는 14개 항목으로 총 72개의 항목으로 구성되었다.

<표 8 > 상세 요구사항 중 기능 요구사항 도출

구분	사용자 요구사항	기능 식별
공통 지원	검증 Report가 출력되어야 한다.	기능

	감축기술에 대한 표준화된 산정기준이 제시되어야 한다.	기능
	감축수단별 저감효과에 대한 데이터 검증 및 이에 대한 결과서가 제공되어야 한다.	기능
	범위 지정에 따른 Reporting이 이루어져야 한다. (날짜, 항로 구간, 고도 등)	기능
	그래프의 종류는 막대, 원형, 선형, 누적그래프 등 여러 그래프로 표시되어야 한다.	기능
	두개 이상의 감축수단 적용 결과 값은 한 그래프에 중복되어 표시될 수 있어야 하며, 이는 사용자가 보기에 이해하기 쉬워야 한다.	기능
	한 그래프에 두개이상의 감축수단 결과값이 표시되었을 시, 이를 동시에 적용하였을때의 결과값도 독립적으로 표시되어야 한다.	기능
	그래프가 한 화면에 두개 이상 표시되어야 한다.	기능
	그래프의 X축,Y축은 사용자가 지정하여 표시되어야 한다.	기능
	결과보고서에 표시되는 감축량의 단위는 "kg, %, tons, second, min, hour, kg/hr, t/hr, kg/yr, $, 원화" 등으로 표시되어야 한다.	기능
	감축수단별 저감효과에 대한 데이터 검증 및 이에 대한 결과서가 제공되어야 한다.	기능
	결과보고서는 사용자가 선택한 감축수단에 대해 개별적으로 제공되어야 한다.	기능
	항공사의 감축결과보고서 양식이 제공되어 보고 시 간단명료하게 입력이 가능하도록 하여야 한다.	기능
	결과보고서에 표시되는 감축수단 적용 결과 나열방식은 가장 큰 값부터 또는 가장 작은 값부터로 선택할 수 있어야 한다.	기능
	결과보고서에 사용자가 그래프를 선택할 수 있어야 한다.	기능
	결과보고서는 다양한 형식(PDF, DOC, TXT,HWP 등)으로 저장이 되어야 한다.	기능
	항공사결과보고서는 "항공기 운항수(연간/월간), 감축수단(적용/미적용), 감축량(t), 감축률(%), 비용($/원화)" 가 포함되어야 한다.	기능
보고포털	온실가스 목표관리제 업무를 포함하여야 한다.	기능

	항공 온실가스 자발적 감축협약 업무를 포함하여야 한다.	기능
	항공 온실가스 자발적 감축협약 업무 검증 및 평가가 가능해야 한다.	기능
	배출권거래제 할당업체(항공부문) 배출량 적절성 평가가 이루어져야 한다.	기능
	온실가스 보고서가 편리하게 UPLOADING이 가능 할 수 있도록 해야 한다.	기능
	국문/영문지원이 가능해야 한다.	기능
	항공사별 온실가스 감축 활동을 통한 연료소비량 감축실적을 사용자가 입력 또는 up-load할 수 있어야 한다.	기능
	항공사의 연료 외에 에너지까지 관리 할 수 있어야 한다.	기능
온실가스 산정	항로에 따른 최적 연료량 산정이 가능해야 한다.	기능
	항공 온실가스 산정을 위해 실제 풍속, 기상 등 운항에 미치는 영향을 고려하여야 한다.	기능
	온실가스 DB에서 가지고 올 수 없는 경우 기준 값을 입력할 수 있어야 한다.	기능
	연료 사용량과 알고리즘 산출값간 오차가 최소화 되어야 한다. (정비, 자연발화 등에 대한 고려 필요)	기능
	APU, Taxi 등 항공기의 지상에서 소모되는 연료에 대한 산정이 이루어져야 한다.	기능
	비행 단계별 연료 소모량 및 온실가스 배출량이 산정되어야 한다.	기능
	온실가스 산정시 국내 및 국제선을 구분하여 산정이 가능하여야 한다.	기능
	항공기별 표준괘적 운항시 연료사용량, 온실가스 배출량 산정이 되어야 한다.(IPCC Tier 3a)	기능
	실제 기상데이터/항적 데이터를 사용하여 온실가스 산정이 가능하여야 한다.(IPCC Tier 3b)	기능
	국적 항공사에서 운항하는 노선 외 외국 항공사의 운항 노선에 대한 온실가스 산정이 되어야 한다.	기능
	공항 주변(항공기 지상운용, 항공기 이착륙, 공항내 이동차량) 대기오염물질 및 온실가스 배출량 제시가 가능해야 한다.	기능

	온실가스 배출량을 공항별/항로/섹터/국가/기간 별 산정이 가능해야 하며 이를 GIS 맵 상에 표시되어야 한다.	기능
	실제 데이터 없이 표준 DB에서 항공 및 지상 온실가스가 산출 가능하여야 한다.	기능
	항공기 운항에 따른 온실가스 및 대기오염에 미치는 물질의 배출량이 추가적으로 산정되어야 한다.	기능
	미래 항공교통 수요 시나리오 생성이 가능해야 한다. 이는 사용자가 up-load 또는 GUI상 직접입력 모두 가능해야 한다.	기능
	미래 운항스케줄, 미래 항공기 성능 및 항공기별 퇴역시기/신규 항공기 도입 등 미래 항공교통 운항 DB 생성이 가능해야 한다. 이는 사용자가 up-load 또는 GUI상 직접입력 모두 가능해야 한다.	기능
	Flight plan과 연동되어 계획대비 연료 사용량이 한눈에 통계치를 확인 할 수 있는 자료를 제공하여야 한다.	기능
	감축수단 적용시 미래온실가스를 산정할 수 있어야하며, 이는 현재 비용가치로 변환이 가능해야한다.	기능
	감축수단의 단일 비행별 또는 운항 구간별 감축수단의 효과를 사용자가 변경할 수 있어야 한다	기능
	감축수단 적용, 미적용에 따른 출도착 공항 간 비교가 가능하여야 한다.	기능
	감축수단별 미래 온실가스 예측에 대한 정확한 데이터 산출이 가능하여야 한다.	기능
	국내 항공사에서 운행하는 노선 외 해외 여러 노선에 대한 감축량 예측이 되어야 한다.	기능
	온실가스 감축량 예측치에 대해 항로 별/기간 별 GIS 맵 상에 표시되어야 한다.	기능
감축량 예측 지원	감축수단별 오차가 최소화 되어야 한다	기능
	운항 구간별(비행 단계별) 감축수단 결과 값이 표시되어야 한다.	기능
	감축량 예측을 하기위해선 항공사별로 발생된 배출가스량을 온실가스DB에서 가지고 와야 한다.	기능
	온실가스 DB에서 가지고 올 수 없는 경우 기준 값을 입력할 수 있	기능

	어야 한다.	
	감축수단 결과로는 그래프, 결과값이 도출되어야 한다.	기능
	감축수단의 적용여부는 마우스클릭으로 간단하게 켜고 끌 수 있어야 한다.	기능
	감축수단별 적용 비율은 프로그램 사용자가 조절할 수 있어야 한다.	기능
	온실가스 감축수단 산정기준이 명확해야 한다.	기능
	연료 절감을 위한 운항 감축수단 적용 중 실제 풍속, 기상 등 운항에 미치는 영향 고려하여 산출하여야 한다.	기능
	운항 후 잔여 연료 최소화를 위한 감축 수단이 제공되어야 할 것이다.	기능
의사결정 지원	감축활동 모니터링을 위한 통계 Report가 제공되어야 한다.	기능
	배출권거래제, 자발적 협약, 배출량 상쇄 등에 대한 비용 산정, 경제성 분석 등이 자동적으로 계산되어 최적의 감축기술 등을 제시할 수 있어야 한다.	기능
	각 항공사의 자발적 감축량 및 목표관리제의 목표를 제시하고 실행방안에 대한 구체적인 의사결정을 제시할 수 있어야 한다.	기능
	시나리오별(배출권구매, 자발적 협약사항, 목표관리제 사항) 최적의 경제성 분석 결과를 제시하여야 한다.	기능
	배출권구매, 자발적 협약사항, 목표관리제 사항의 시나리오 기준은 사용자에 의해 선택할 수 있어야 한다.	기능
	항공사별 direct Operation Cost DB를 사용하여 감축수단별 항공사에 미치는 비용 증감 계산이 가능해야 한다.	기능
	배출권 거래제에 대한 결과 및 구매비용 산출이 가능하여야 한다.	기능
	배출권 거래제를 고려한 의사결정 정보가 지원되어야 한다.	기능
	항공사별 항공기(기체 및 엔진 포함)의 퇴역시기 및 신규 항공기 도입 수요에 대한 계산이 가능해야 한다.	기능
	여러 감축수단을 적용 시 최적의 감축수단이 무엇인지 우선순위 선정이 가능하여야 한다.	기능

	온실가스 목표관리제 업무 지원을 위한 경제성 분석 및 의사결정 데이터를 제공하여야 한다.	기능
	항공 온실가스 자발적 감축협약 업무 지원을 위한 경제성 분석 및 의사결정 데이터를 제공하여야 한다.	기능
	항공 온실가스 자발적 감축협약 업무 검증 및 평가가 가능해야 한다.	기능
	배출권거래제 할당업체(항공부문) 배출량 적절성 평가가 이루어져야 한다.	기능

나) 비기능 요구사항

○ 상세요구사항에서 비기능 요구사항으로 식별된 항목은 7개 항목으로 '항공 온실가스 보고포털'에 한정되는 5개 항목, '항공온실가스 산정'에 한정되는 1개 항목, '항공온실가스 감축량 예측'에 한정되는 1개 항목으로 총 7개이다.

<표 9 > 상세 요구사항 중 비기능 요구사항 도출

구분	사용자 요구사항	기능 식별
보고포털	회사별 내부 시스템과 데이터 호환이 가능하여야 한다.	비기능
	UI가 간단명료하게 표시되어야 한다.	비기능
	네트워크 기반인 경우 VPN 등 시스템 정보가 보호되어야 한다.	비기능
	네트워크 기반인 경우 항공사에서 입력한 정보의 암호화가 이루어져야 한다.	비기능
	항공사에서 제공하는 DATA는 타 기관은 볼 수 없으며, 정부는 이 DATA를 감시목적으로 사용해서는 안된다.	비기능
온실가스 산정	온실가스 산정치는 신뢰할 수 있도록 해야한다. (산정 기준 제시)	비기능
감축량 예측	온실가스 및 연료량 절감을 위해 감축수단을 고려하여야 한다	비기능

(5) 요구사항 중복성 검토 및 기능 체계적 분류

○ 사용자 요구사항 식별을 통해 기능과 비기능으로 구분된 요구사항 중 중복성

검토를 통하여 요구사항이 유사하거나 연관성이 있는 항목을 하나로 합산하였다. 따라서 79개의 상세 요구사항은 총 44개로 도출되었으며 이는 <표 10>과 같다.

○ 사용자 요구도 조사에 따른 요구사항 명세를 기반으로 요구사항 목록을 구체화하여 요구사항 분석의 상세화를 통해 체계적으로 분류하였다.

○ 이는 시스템 구성, 기능, 성능, 인터페이스, 데이터, 테스트, 보안, 품질, 제약사항, 프로젝트 관리, 프로젝트 지원 요구사항 등 11개로 분류되었으며 요구사항 분류기준 항목 각각에 대해 정의하였다. [14]

<표 10 > 시스템 요구사항 체계적 분류

분류기준	세부 내용	요구 사항 수
시스템 요구사항 (SYR, System Requirement)	- 목표시스템의 구성을 위해 필요한 HW, SW, NW 등 장비 내역 및 필수 요구사항(기능요건), 구성요건에 대해 기술함	3
기능 요구사항 (FUR, Function Requirement)	- 목표시스템이 반드시 수행하여야 하거나 목표시스템을 이용하여 사용자가 반드시 수행할 수 있어야하는 기능(동작)에 대하여 기술함 - 단, 개별 기능요구사항은 전체시스템의 계층적 구조분석을 통해 단위 업무별 기능구조를 도출한 후, 이에 대한 세부기능별 상세 요구사항을 작성하는 것을 원칙으로 하며, 기능 수행을 위한 데이터 요구사항과 연계를 고려하여 기술함	17
성능 요구사항 (PER, Performance Requirement)	- 목표 시스템의 처리속도 및 시간, 처리량, 동적·정적용량, 가용성 등 성능에 대한 요구사항을 기술함	8
보안 요구사항 (SER, Security Requirement)	- 정보 자산의 기밀성과 무결성을 확보하기 위해 목표 시스템의 데이터 및 기능, 운영 접근을 통제하기 위한 요구사항을 기술함	5
품질 요구사항 (QUR, Quality Requirement)	- 목표 과제의 원활한 수행 및 운영을 위해 관리가 필요한 품질 항목, 품질 평가 대상 및 목표에 대한 요구사항을 기술함 - 신뢰성, 사용성, 유지관리성, 이식성, 보안성으로 구분하여 기술함	5
인터페이스 요구사항 (Interface Requirement)	- 목표시스템과 외부를 연결하는 시스템 인터페이스와 사용자 인터페이스에 대한 요구사항을 기술한 것으로 타 소프트웨어, 하드웨어 및 통신 인터페이스, 타 시스템들과의 정보교환에 이용되는 프로토콜과의 연계도 포함하여 기술함 - 단, 인터페이스 요구사항의 경우 사용자 편의성, 사용자 경험 등의 사용자 중심의 요구사항을 기술함	2
데이터 요구사항 (DAR, Data Requirement)	- 목표 시스템의 서비스에 필요한 초기자료 구축 및 데이터 변환을 위한 대상, 방법, 보안이 필요한 데이터 등 데이터를 구축하기 위해 필요한 요구사항을 기술함	3

14) 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템의 시스템 요구사항 명세서의 풀버전은 성과물(C-1-②)에 상세히 기술됨

분류기준	세부 내용	요구 사항 수
시스템 요구사항 (SYR, System Requirement)	- 목표시스템의 구성을 위해 필요한 HW, SW, NW 등 장비 내역 및 필수 요구사항(기능요건), 구성요건에 대해 기술함	3
프로젝트 관리 요구사항 (PMR, Project Management Requirement)	- 과제의 원활한 수행을 위한 관리 방법 및 추진 단계별 수행방안에 대한 요구사항을 기술함	4
제약사항 (COR, Constraints)	- 목표시스템 설계, 구축, 운영과 관련하여 사전에 파악된 기술·표준·업무·법제도 등 제약조건 등을 파악하여 기술함	6
프로젝트 지원 요구사항 (PSR, Project Support Requirement)	- 과제의 원활한 수행을 위해 필요한 지원 사항 및 방안에 대한 요구사항을 기술함 - 시스템/서비스 안정화 및 운영, 교육훈련 및 기술지원, 하자보수 또는 유지관리 요구사항 등을 기술함	3
테스트 요구사항 (TER, Test Requirement)	- 도입되는 장비의 성능 테스트(BMT) 또는 구축된 시스템이 목표 대비 제대로 운영되는가를 테스트하고, 점검하기 위한 테스트 요구사항을 기술함	1
계		44

(6) 시스템 요구사항 도출

○ 최종적으로 도출된 요구사항을 구체적으로 정의하여 도출하였다.

○ 이는 사용자 간 충돌이 발생하지 않기위하여 중복성검토 및 체계적으로 분류하여 작성되었으며 목표시스템의 기능, 비기능의 기술을 고려하였다.

○ 또한 기능요구사항은 데이터요구사항과 관련성이 높기 때문에 기능요구사항과 데이터 요구사항 사이의 연관관계의 추적성을 높였다. [15]

<표 11 > 시스템 요구사항 도출

구분	번호	요구사항 명		비고
시스템 요구사항	SYS-001	클라이언트 개발 장비구성		
	SYS-002	클라이언트 프로그램 S/W 환경		
	SYS-003	S/W 개발 요구사항		
기능 요구사항	FUR-CM-001	항공온실가스 산정 및 예측 시스템 공통	보고서	
	FUR-CM-002		그래프	
	FUR-CM-003		GIS 맵 기능	
	FUR-PS-001	항공온실가스 보고포털	데이터 호환	
	FUR-PS-002		보고포털 업무	
	FUR-PS-003		사용자 기능	

	FUR-PS-004		네트워크 정보보호	
	FUR-PS-005		항공부문 통계관리	
	FUR-PS-006		배출량 산정 관리	
	FUR-E1-001	항공온실가스 배출량 산정	배출량 산정 업무	
	FUR-E2-001	항공온실가스 감축량 예측	감축량 예측 업무	
	FUR-E2-002		감축수단에 기준 제시	
	FUR-E2-003		감축수단 적용시 산정	
	FUR-E3-001	경제성 분석 및 의사결정	의사결정 제시	
	FUR-E3-002		의사결정 업무	
	FUR-E3-003		미래 항공 교통 산정	
	FUR-E4-001	온실가스 산정 DB	표준데이터 이용	
성능 요구사항	PER-001	느린 작업에 대한 진행 표시		
	PER-002	Windows 플랫폼 지원		
	PER-003	SQL 튜닝		
	PER-004	질의응답 시간		
	PER-005	웹페이지 디스플레이 시간		
	PER-006	데이터 형식 오류 시간		
	PER-007	메모리(디스크) 자원 효율성		
	PER-008	CPU 효율성		
보안 요구사항	SER-001	데이터 암복호화		
	SER-002	보안 취약성 점검 및 조치		
	SER-003	시스템 권한관리		
	SER-004	응용 및 DB보안		
	SER-005	항공보고포털 응용시스템 보안 요건		
품질 요구사항	QUR-001	기능 구현 정확성		
	QUR-002	사용성		
	QUR-003	구분성		
	QUR-004	설치 및 제거 용이성		
	QUR-005	정보 제공		
인터페이스 요구사항	SIR-001	사용자 인터페이스		
	SIR-002	외부 시스템 연계 인터페이스		
데이터 요구사항	DAR-001	데이터 표준화		
	DAR-002	데이터 구축		
	DAR-003	관련 데이터		
프로젝트 관리 요구사항	PMR-001	일정관리		
	PMR-002	산출물 관리		
	PMR-003	프로젝트 참여인력 관리		

	PMR-004	매뉴얼	
제약 사항	COR-001	개발 제약 사항	
	COR-002	형상관리	
	COR-003	개발언어	
	COR-004	DBMS	
	COR-005	저작권 준수	
	COR-006	전자정부 표준프레임워크 준수	
프로젝트 지원 요구사항	PSR-001	과제 수행 일반	
	PSR-002	교육지원	
	PSR-003	기타 프로젝트 지원 요구사항	
시험 요구사항	TER-001	시험	

15) 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템의 시스템 요구사항 명세서의 풀버전은 성과물(C-1-②)에 상세히 기술됨

제4장 항공온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 방안

1. 시스템 엔지니어링 기법 적용

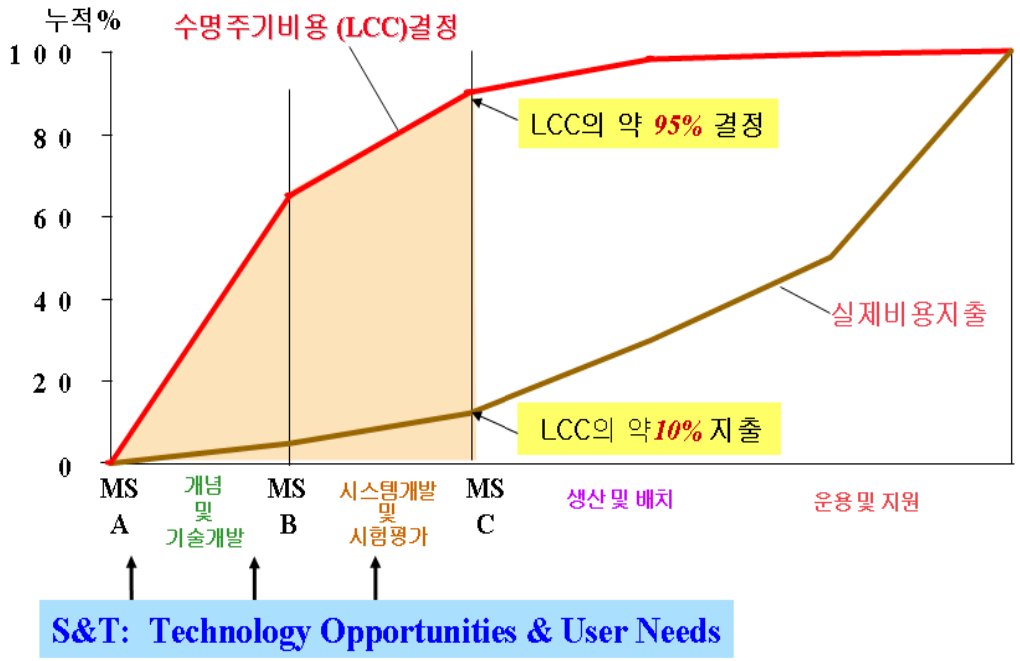
가. 기법 필요성

○ 목표 시스템은 2개의 서브시스템을 가지고 있고, 5개의 모듈을 포함하며, 모듈간 개발하는 기관들이 상이하므로, 시스템을 개발하기 위한 마스터 플랜, 요구사항, 목표 시스템 정의 등의 규격을 개발 착수할 때 미리 산정해야 할 필요성이 있다.

○ 초기 개발에 시스템의 명확화가 되지 않는다면, 사용자의 요구사항을 충족하지 못하는 시스템이 개발이 되거나, 원치 않는 시스템이 개발되어 이를 수정하기 위해서 기존에 계획하였던 비용보다 더 많은 비용이 발생할 수 있다.

- <그림 9>에서 실제 지출비용은 생산/배치 및 운영유지 단계에서 가장 크지만, 그 비용이 결정되는 시기는 개념정의 및 개발단계에서 결정되므로, 개발단계에서 수명주기 비용의 95%가 결정된다.

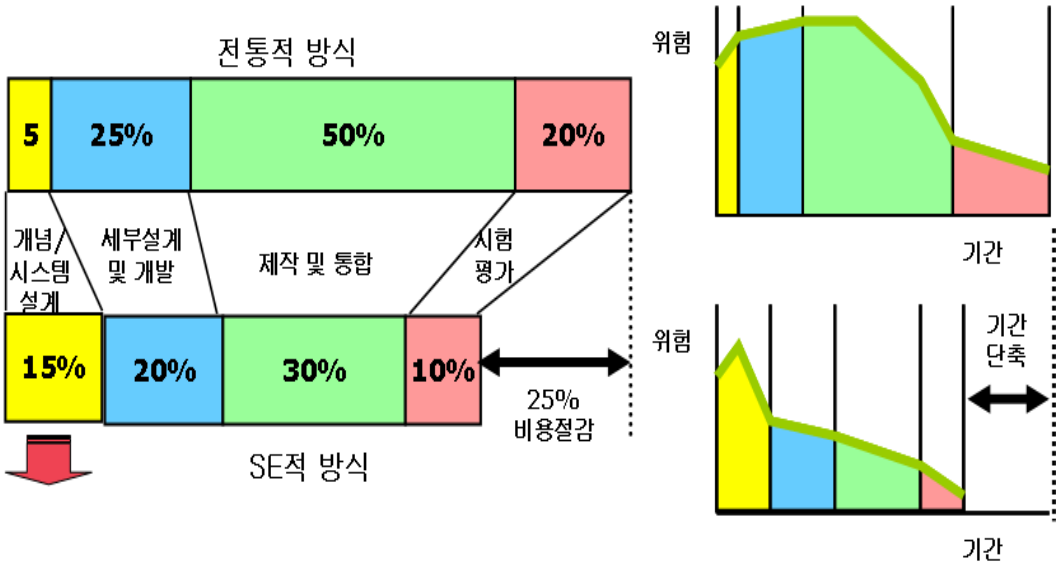
- 즉, 시스템의 개념 및 기술개발을 위한 초기비용이 높을 경우, 생산 및 배치에서 많은 비용을 절약할 수 있다. 따라서 기술개발의 실패와 위험을 줄이기 위해서는 개념 및 연구개발 단계에 적절한 투자와 노력이 요구된다.



<그림 9 > 기술개발 단계별 수명주기비용영향 비교분석

출처 : 시스템엔지니어링 가이드북, 방위사업청(2007)

- <그림 10>은 초기투자의 중요성을 강조하기 위한 것으로 개발초기 시스템의 정의를 위한 개발 비용 15~20%정도로 사용하였을 경우 최종 시스템이 완료되었을 때 약 25%의 결과가 절감할 수 있다는 것을 보여준다.

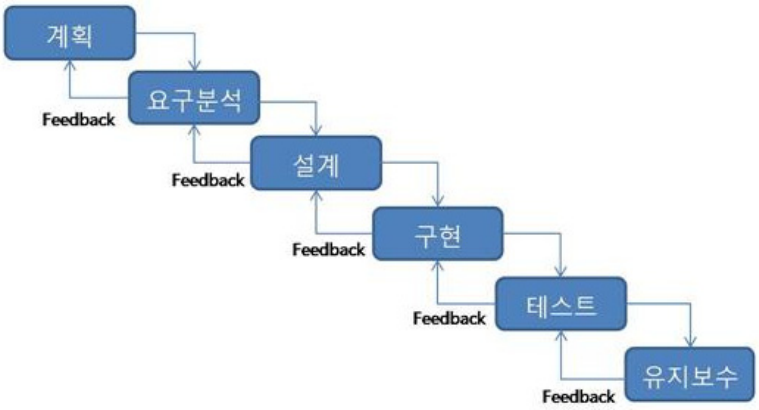


<그림 10 > 초기단계 투자의 중요성

출처 : 시스템엔지니어링 가이드북, 방위사업청(2007)

○ 따라서, 시스템을 연구개발하는 경우, 연구개발의 위험과 비용을 줄이기 위해서는 시스템엔지니어링 방법을 도입하여 연구 개발하는 것이 필요하다. 시스템엔지니어링 방법에는 크게 폭포수방법론, 애자일 방법론, 나선형 방법론, V 모델 등 다양한 방법들이 있다.

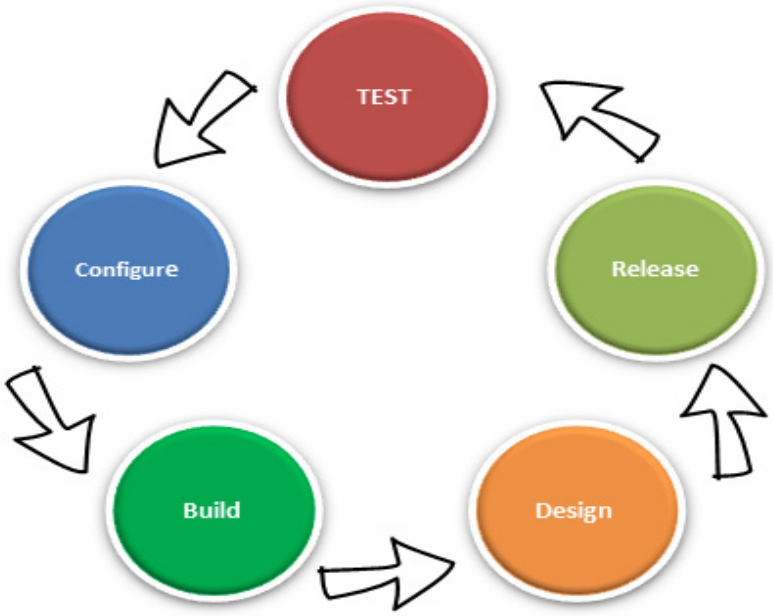
- 첫 번째로, 폭포수 모델은 <그림 11>과 같이 시스템을 개발하기 위하여 계획, 요구분석, 설계, 구현, 검증 등으로 각 단계별로 수행해야 할 업무를 세분화하여 관리를 하는 모델이다. 이 모델은 개발 단계가 겹쳐서 각 진행단계에 문제가 발생할 당시 이전 단계로 피드백되어 해결하는 방식이다. 단점으로는 초창기 요구사항분석이 완벽하게 이루어져야 하지만, 개발이 진행되는 사항에서 요구사항이 변경되기 어려우며, 복잡한 시스템의 경우 순차 흐름별로 개발하기도 어렵다.



<그림 11 > 폭포수 모델에 대한 개발 단계

이미지 출처 : http://bluebreeze.co.kr/549

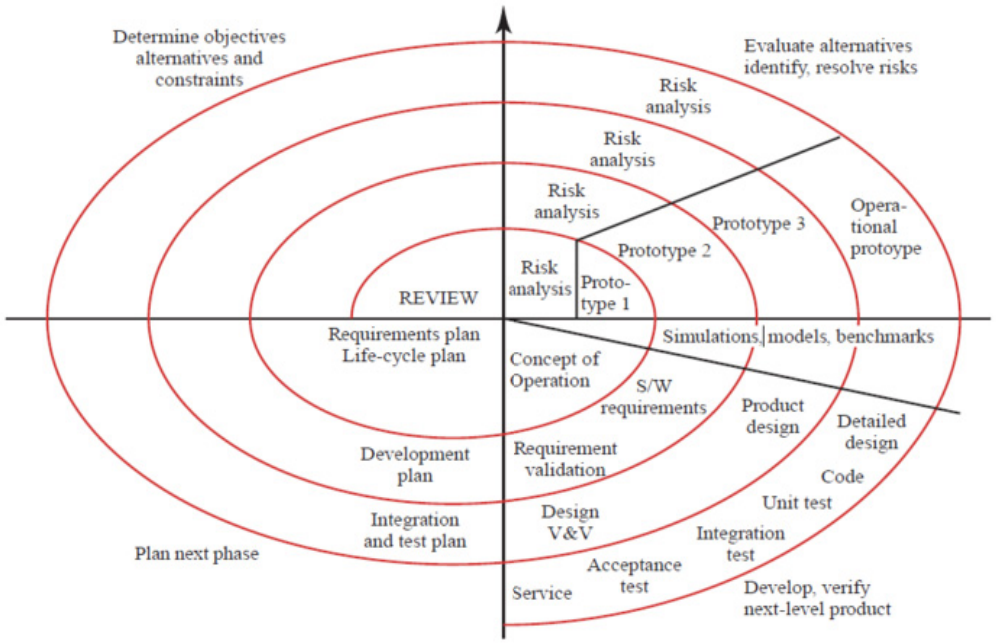
- 두 번째로, 애자일 방법론은 개발 목표와 기간이 매우 장기일 경우 개발하는 동안 사용자의 요구사항이 변경될 수 있을 경우 이 방법론을 적용하여 사용한다. 특히 애자일 개발방식은 계획과 개발, 출시에 따른 개발 주기가 반복되는 경우 개발 환경에 맞게 요구사항이 추가되거나 변경될 경우 많이 사용하게 된다. 단점으로는 애자일 방법론은 지속적인 피드백에 따라 최종개발목표가 변경될 수 있는 위험이 있다.



<그림 12 > 에자일방법론에 대한 개발 단계

이미지 출처 : http://leejungsoo.kr.pe/entry/%EC%95%A0%EC%9E%90%EC%9D%BC-AGILE

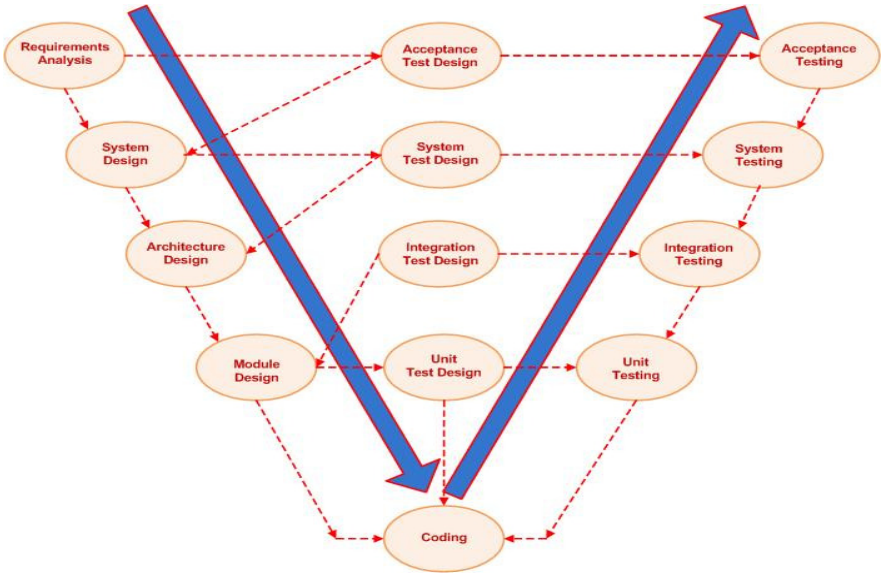
- 세 번째로, 나선형 모델방법은 <그림 13>과 같이 1. 계획수립, 2. 위험분석, 3.개발/구축, 4. 평가, 5. 의사소통 단계로 이어지며 기존의 개발방법론에 위험분석이 추가되어, 시스템이 개발될 경우 발생할 수 있는 위험 관리를 통해 위험요건 발생을 최소화한다. 나선형 모델방법은 하나의 원을 프로세스의 한단계로 보며, 여러 개의 원을 시계방향으로 회전하는 동안 여러 단계의 일이 진행된다. 단점으로는 예산과 시간이 많이 소요되고, 모델자체가 어려워 프로젝트 관리가 매우 어렵다.



<그림 13 > 나선형 모델방법에 대한 개발 단계

이미지 출처 : 시스템엔지니어링 가이드북, 방위사업청(2007)

- 마지막으로 V모델은 폭포수 모형에 시스템 검증과 테스트 작업을 강조한 모델로서, 모듈의 상세설계를 단위테스트에서 검증하고, 시스템 설계는 통합테스트 단계에서 검증하고, 사용자 요구사항은 시스템 테스트과정에서 검증하는 방법으로 구성한다. V모델의 장점은 각 단계별로 주요사항들을 검증할 수 있어 오류를 최소화로 줄일 수 있는 장점이 있지만, 반복적인 점검이 없어 이전 단계의 변경사항이 발생할 경우 재검증을 실시해야 하는 단점이 있다.



<그림 14 >V형 모델에 대한 개발단계

출처 : 시스템엔지니어링 가이드북, 방위사업청(2007)

○ V모델은 <그림 14>와 같이 크게 요구사항분석->개념설계->아키텍쳐 설계->상세설계에 해당하는 검증단계와 단위시스템 검증 -> 통합시스템 검증-> 인수시스템인 유효화단계로 구분된다.

- 요구사항분석은 목표 시스템 구성 및 규격을 결정하는 사항 중 하나이며, 사용자 및 시스템의 요구사항으로 도출된 결과는 개발완료단계에서 시스템이 요구사항에 적합하게 개발되었는지를 판단하는 기준이 된다.

- 개념설계는 요구사항 분석에서 도출된 요구사항들을 기반으로 시스템 운용개념을 정의하고, 정의된 시스템에 대한 시스템 개발계획 및 시스템 기능별 시험계획서가 작성된다. 개념설계에서 도출된 기능은 시스템 테스트 단계에서 개발이 개념설계에 적합하게 되었는지 검사하는 기준이 된다.

- 아키텍쳐 설계는 개념설계의 결과에 따른 각 모듈들의 연동을 상세화하는 단계로서 시스템 아키텍쳐를 완성하여 시스템간 모듈의 인터페이스를 도출한다.

- 모듈설계는 아키텍쳐 설계에서 완성된 각 모듈의 구조를 구체화하여 문서적으로 시스템을 완벽하게 완성하는 단계이다. 모듈설계에서 완성된 문서는 실제 코딩을 하는데 필요한 사항들이 전부 포함되어 있는 문서이며, 이 문서는 단위 테스트시 모듈별 기능을 확인하는 주요 검사항목이 된다.

- 코딩은 모듈설계가 완성된 문서를 토대로 시스템이 작동할 수 있도록 개발자가 프로그램 언어를 통하여 완성하는 단계이다.

- 단위테스트는 모듈설계가 완료된 문서와 개발 시스템의 모듈이 정확하게 개발되었는지 검사하는 단계이다.

- 통합테스트는 단위시험을 완료한 모듈을 통합하여 아키텍쳐 설계에서 계획한 인터페이스를 검사하는 단계이다. 아키텍처 설계에서 설계한 인터페이스와 통합 시스템에서 개발된 인터페이스가 동일하게 개발되었는지를 확인한다.

- 통합테스트는 통합 시스템의 각 기능들이 정확하게 작동하는지를 검사하는 단계로서 개념설계단계에서 작성된 주요 기능이 통합테스트의 검사항목이 되며, 개발한 시스템에 기능이 포함되어 있는지 확인한다.

- 인수테스트는 시스템의 최종 인수를 앞둔 시험으로서, 시스템 개발을 위한 요구사항을 도출한 항목들이 시스템에 포함되어 작동되는지를 검사한다.

○ 시스템엔지니어링 기법에 대하여 검토 결과, 다음과 같은 사항을 고려하여 V형 모델을 선정하여 본 연구개발에 적용하였다.

- 항공온실가스 산정 및 예측 시스템을 비교적 짧은 연구개발기간(3년 6개월)을 고려하였다.

- 항공온실가스 산정 및 예측 시스템의 개발을 산학연의 연구추진체계에서 개발 표준화 정립을 고려하였다.

- 연구개발의 각 단계별로 주요사항을 검증하여 연구개발의 오류를 최소화하여 시행착오를 최소화할 필요가 있다.

2. 목표 시스템

가. 목표

○ '항공 온실가스 산정 및 예측 시스템'은 사용자 요구사항 및 시스템 요구사항을 반영하여 고정밀(Tier 3b급)의 항공 온실가스 배출량을 산정하고 감축량을 예측하는 시스템으로서 신뢰성있는 국가이행계획을 수립할 수 있도록 정

책지원이 가능한 시스템을 목표로 한다.

○ 감축주체가 자발적으로 참여 할 수 있도록 감축효과를 예측할 수 있는 신뢰성 있는 데이터를 제공하며, 탄소배출권 거래제 등 국제항공정책에 능동적으로 대처할 수 있는 국익지원정책을 제공하고, 저개발국 보급을 통한 국제항공 정책영향력을 강화하는 시스템을 개발한다.

<표 12 > 항공온실가스 산정 및 예측 시스템 목표

추진 목표	고정밀(Tier 3b급) 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 및 보급
정책 지원	고정밀 온실가스 배출량 산정/예측을 통한 신뢰성있는 국가 이행계획 수립
신뢰성 지원	온실가스 감축주체(항공사 등)들의 자발적 참여를 통한 감축효과 극대화
국익 지원	탄소배출권거래제 등 국제항공정책에 능동적 대처 - 국익 우선 정책 제시
저개발국 지원	Short Version 저개발국 보급을 통한 국제항공정책 영향력 강화

나. 목표 정립 근거

○ 항공선진국인 미국, 유럽은 2000년 초반에 이미 Tier 3급의 AEDT, AERO-MS를 개발하여 보유하고 있으며, 이 프로그램들을 이용하여 ICAO CAEP 회의에서 항공분야의 배출가스에 대한 주요 사안들을 결정하거나, 회의를 이끌고 있다.

○ 국내 항공온실가스 관련 프로그램을 조사한 결과 나르미 및 KOTEMS는 Tier 2 급으로 항공온실가스를 산정할 수 있는 시스템이며, 우리나라를 비롯한 대부분의 국가들은 Tier 2급으로 항공온실가스 배출량을 산정한다.

- Tier 1/2/3a/3b 급의 산정기준은 범정부간기후변화패널(IPCC, Intergovernmental Panel of Climate Change)에서 제시한 기준이며, 아래 표의 기준에 따라서 분류가 된다.

<표 13 > 항공 온실가스 배출량 산정 기준 및 방법

구 분	산정 방법	비 고
Tier 1	온실가스 배출량 = 연료 사용량 * 배출 지수	-
Tier 2	**3,000피트 이하(이착륙)과 이상(순항)으로 구분** 총 온실가스 배출량 = LTO 횟수 × LTO 배출계수 + (총 연료사용량 - LTO연료사용량) × 순항배출계수	NARMI. KOTEMS 수준
Tier 3a	**출·도착지 공항간 자료 이용** 총 온실가스 배출량 = CO2 배출량(항공유 탄소함량x비행단계별 연료사용량) + 기타 배출량(CH4, N2O)	Detailed CORINAIR Methodology (공개 자료)
Tier 3b	**총 비행궤도 정보(총 비행항로 정보) 이용** → 항공기, 엔진성능, 항적 등 고려하여 정책집행 및 이행이 가능한 모형 (SAGE, AERO2K 등)	미국 FAA 등 일부 선진국

○ 항공교통분야는 Tier 3b급에 대한 국외 연구는 이미 상당한 수준의 연구가 진행되어 목표 시스템과 유사한 항공온실가스 산정 및 예측 시스템이 개발되어 일부 선진 국가의 항공온실가스 정책에 사용되고 있지만, 국내연구는 기초연구조차 이루어지지 않았다.

○ 국외에서 기 개발된 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템은 오직 국가정책이나 자국의 항공사들에게 이익을 발생하기 위한 방법으로 사용되며, 타국을 대상으로 판매하거나 배포하지 않는다.

- 다만, 미국에서 개발한 AEDT 프로그램의 경우 자국에서 사용하는 버전과 상용버전을 개발하여 상용버전만 판매하며, 국가의 항공온실가스 배출량 및 경제성분석을 위한 호환 프로그램인 APMT-E 및 APMT 프로그램을 판매하지 않아 국가 정책지원 및 항공사의 경제성분석에 사용할 수 없다.

○ 2015년부터 국내에서 항공교통분야를 포함한 교통분야가 온실가스 규제 대상으로 포함되었으나, 항공사의 경우 Tier 1/2급을 엑셀 프로그램이나, 수기로 작성하는 기관이 대부분으로, 개발 완료시 항공사의 활용도 또한 매우 높은 시스템이다.

다. 목표 정립 과정

○ 신뢰성 있는 데이터 부재 및 환경효과를 구체적으로 제시하지 못하여 항공부문의 효과적인 온실가스 감축수단 개발을 지원하고, 항공사와 정부, 공항 등 주요 감축활동 주체의 적극적인 감축활동을 촉진하는 등 실효성 있는 국가이행계획의 수립과 이행을 위해 감축효과 분석 및 이를 전체적으로 지원할 수 있는 지원시스템의 개발이 필요성이 인식되었다.

○ 기존에 존재하는 시스템의 경우 Tier 1, 또는 2를 제공하고 있으나, 이는 전반적인 정밀도가 떨어지며 분석 또한 계량적으로 이루어지기 어렵기 때문에 구체적인 장래 예측치를 파악하기가 어려운 단점이 존재하였다.

○ 따라서 사용자 요구사항 분석을 위하여 면담, 인터뷰 및 워크숍 등을 통하여 항공온실가스 관련 업무 수행에 있어 어려운점을 도출하였으며, 각 기관별 업무 수행현황을 통하여 업무의 효율성을 증대시킬 수 있는 방안을 조사하였다.

○ 사용자 및 시스템 요구사항을 도출하기 위하여 항공 온실가스 대상 전문가(정부, 항공사, 정부지원기관 등)에게 요구사항 및 의견을 수렴하였으며, 각 기관별 업무 수행현황을 통하여 업무의 효율성을 증대시킬 수 있는 방안을 조사하였다.

○ 전문가에게 수렴된 요구사항은 주요 요구사항을 우선적으로 도출하였으며, 우선요구사항을 통해 산출된 상세 요구사항을 통해 사용자 및 시스템 요구사항을 전체적으로 수렴 및 분석하였다.

○ 도출된 사용자 요구사항 분석은 중복성검토를 통하여 실제적으로 필요한 기능을 확인하였으며, 중복성검토를 끝낸 기능을 체계적으로 분류하였으며, 이를 통해 시스템의 세부 요구사항을 도출하였다.

○ 사용자 요구도 조사에 따른 요구사항 명세를 기반으로 요구사항 목록을 구체화하여 요구사항 분석의 상세화를 통해 체계적으로 분류하였다.

○ 또한 전문인증기관에게 시스템요구사항을 검증받고, 시스템 요구사항검토회의를 통해 요구사항 확정하는 과정을 거쳐 목표시스템의 요구사항을 최종적으로 정립하였다.

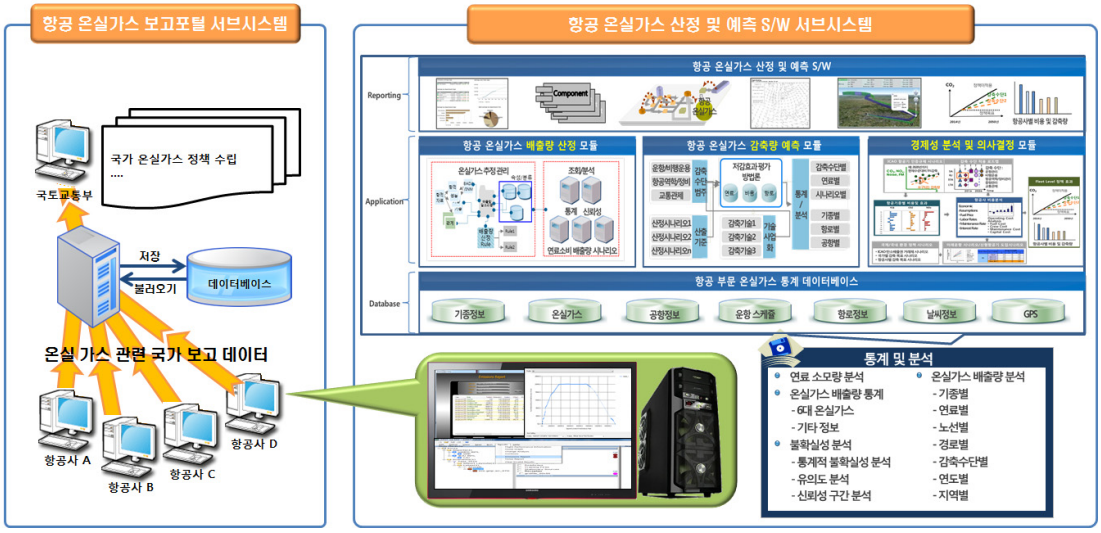
<표 14 > 항공온실가스 산정 및 예측 시스템 목표 정립

구분	목표 정립과정	세부내용	비고
1	필요성 인식	시스템 개발의 필요성 인식 1. 항공온실가스 감축 및 예측치에 대한 신뢰성있는 자료 부재 2. 국가 항공온실가스 정책을 지원할 수 있는 정책지원시스템 부재	
2	현 시스템 분석	기존 온실가스 시스템 분석 1. KOTEMS 및 NARMI 등 기존 시스템 분석 2. 기존 시스템 분석을 통한 문제점 도출	
3	환경분석 및 자문	현장방문 및 전문가 대상 자문 1. 현장방문 통한 온실가스 관리 현황 파악 2. 대상별 온실가스 감축기술 및 보유 기술 파악 3. 현시스템 문제점을 통한 개선의견 도출	
4	사용자 요구사항 수렴	사용자 요구사항 수렴 및 분석 1. 사용자 요구사항 수렴 및 도출 · 주요 요구사항 도출 · 상세 요구사항 도출	
5	시스템 요구사항 도출	사용자 요구사항 기능 식별 1. 사용자 요구사항 중 기능·비기능 식별을 통한 시스템 요구사항 도출 · 기능 요구사항 식별 · 시스템 요구사항 도출	
6	요구사항 중복성 검토	요구사항 중복성 검토 및 기능 체계 분류 1. 요구사항 중복성 검토를 통하여 유사하거나 연관성있는 항목 통합 2. 요구사항 기능 체계적으로 분류 실시	
7	목표시스템 정립	목표시스템 정립 1. 사용자/시스템 요구사항 반영을 통한 목표 시스템 개념 정립 2. 시스템 요구사항 검토회의 진행을 통한 요구사항 확정 3. 전문기관 검토를 통한 검증 실시	

라. 목표 시스템 개발 범위

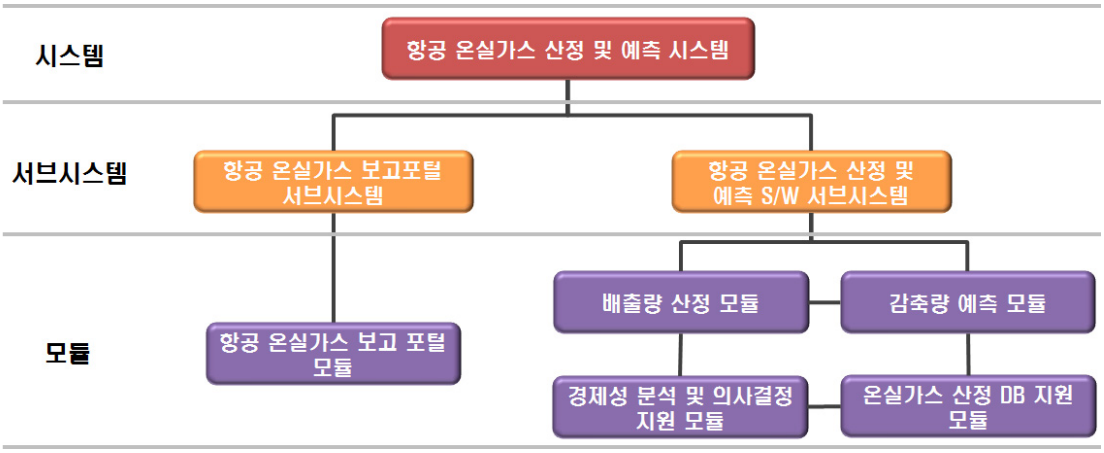
(1) 전체 시스템

○ 전체 시스템의 구성은 항공온실가스 보고포털 서브시스템과 항공온실가스 산정 및 예측 서브시스템으로 구성되며, 전체 시스템 구성도는 다음과 같다.



<그림 15 > 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 구성도

○ 목표 시스템은 항공 온실가스 보고 포털 서브시스템과 항공 온실가스 산정 및 예측 서브시스템의 2개 서브시스템으로 구성된다.



<그림 16 >개발 시스템 체계도

○ 항공 온실가스 보고 포털 서브시스템은 국가 항공 온실가스에 대한 배출정보 표준 데이터 플랫폼으로서 국적 항공사의 국내·외 온실가스 규제 대응을 할 수 있는 통합 관리가 가능한 웹 기반의 항공부분 온실가스 데이터 수집, 통계 데이터베이스를 개발한다.

○ 항공 온실가스 산정 및 예측 서브시스템은 항공 온실가스 배출량 산정 모듈, 항공 온실가스 감축량 예측 모듈, 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈, 항공 온실가스 산정 지원 데이터 플랫폼 모듈로 총 4개로 구성된다.

- 항공 온실가스 배출량 산정 모듈은 항적자료 및 항공기 성능 정보 등 실제 데이터를 사용하여 IPCC Tier3b급 알고리즘이 적용된 항공 온실가스 배출량 산정 모듈을 개발한다.

- 항공 온실가스 감축량 예측 모듈은 운항, 운항관리, APU, 정비 및 유지보수, 지상 중량관리의 5개 범주에 대한 감축기술 적용을 통한 저감효과를 분석하고, 저감 잠재량을 파악하여 추가 감축이 이뤄질 수 있도록 한다.

- 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈은 각종 시나리오(국내·외 환경 관련 정책 시나리오, 미래 항공수요 및 신형 항공기 도입 시나리오, ICAO 항공기 인증규제 시나리오)와 각종 DB(항공기 성능, 항공사 운항 스케쥴, 항공사 비용)을 통한 항공기종별 비용 및 효과를 이용해 비용편익분석을 하여 Fleet Level 정책효과 분석하며, 이에 감축수단별 효과를 적용하여 감축수단별 정책효과 변화 및 비용/온실가스 감축량에 대한 분석을 통하여 정부 또는 항공사의 정책 수립에 대한 의사결정을 돕는 모듈을 개발한다.

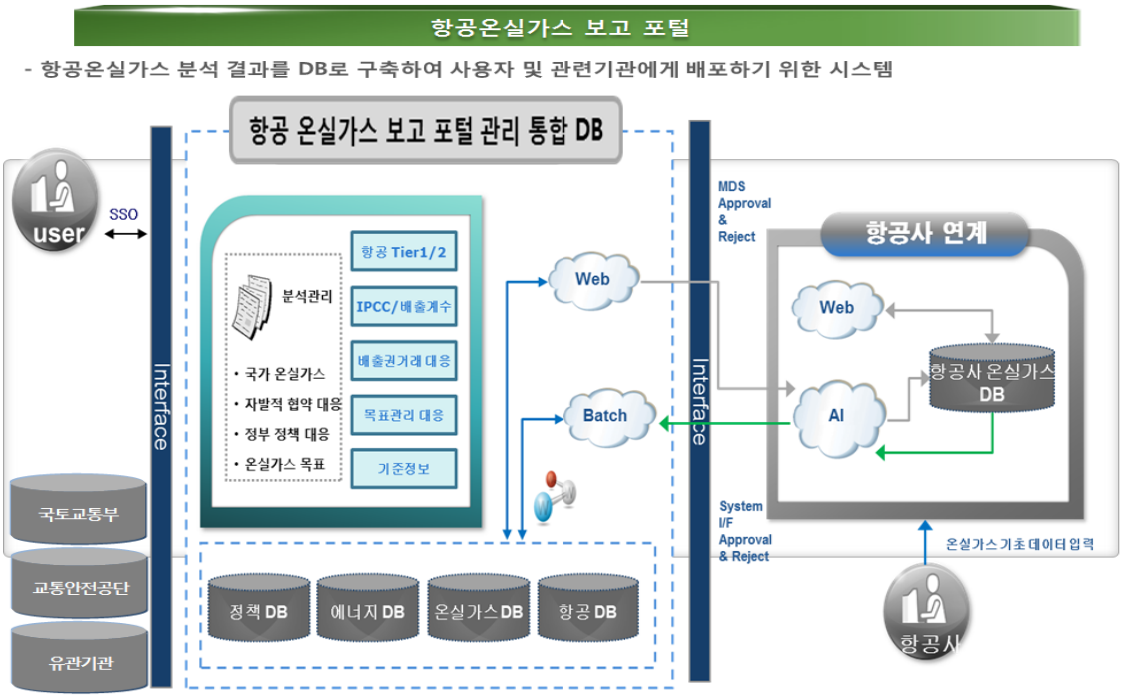
- 항공 온실가스 산정 지원 데이터 플랫폼 모듈은 항공 온실가스 배출량 산정 및 감축량 예측 모듈을 지원하기 위한 데이터 플랫폼로서 항적, 기상, 공항 및 항공기 운항 등의 자료를 포함하며 절차별 세부적인 온실가스 배출현황 파악 및 데이터베이스로 관리한다. 또한, 온실가스 추정 프로그램 구성 후 항공정책 및 평가 시나리오 분석 역량을 제공한다.

(2) 서브 시스템

○ 항공온실가스 보고포털 서브시스템은 국적 항공사의 국내·외 온실가스 규제 대응을 할 수 있는 통합 관리가 가능한 웹 기반의 항공부분 온실가스 데이터 수집, 통계 데이터베이스이다.

○ 주요 컴포넌트는 통계 데이터베이스를 이용하여 국가가 이행하고 있는 협약 및 거래제, 관리제 등이고, 이것들을 지원하기 위해서는 항공사들이 직접 사용할 수 있도록 웹방식으로 설계된다.

- 항공부문 온실가스 인벤토리 보고서(National Inventory Report, NIR) 컴퍼넌트
- 항공부문 국가이행계획 컴퍼넌트
- 항공사 자발적 협약 컴퍼넌트
- 배출권거래제 컴퍼넌트
- 목표관리제 컴퍼넌트



<그림 17 > 항공 온실가스 보고 포털 모듈 구성도

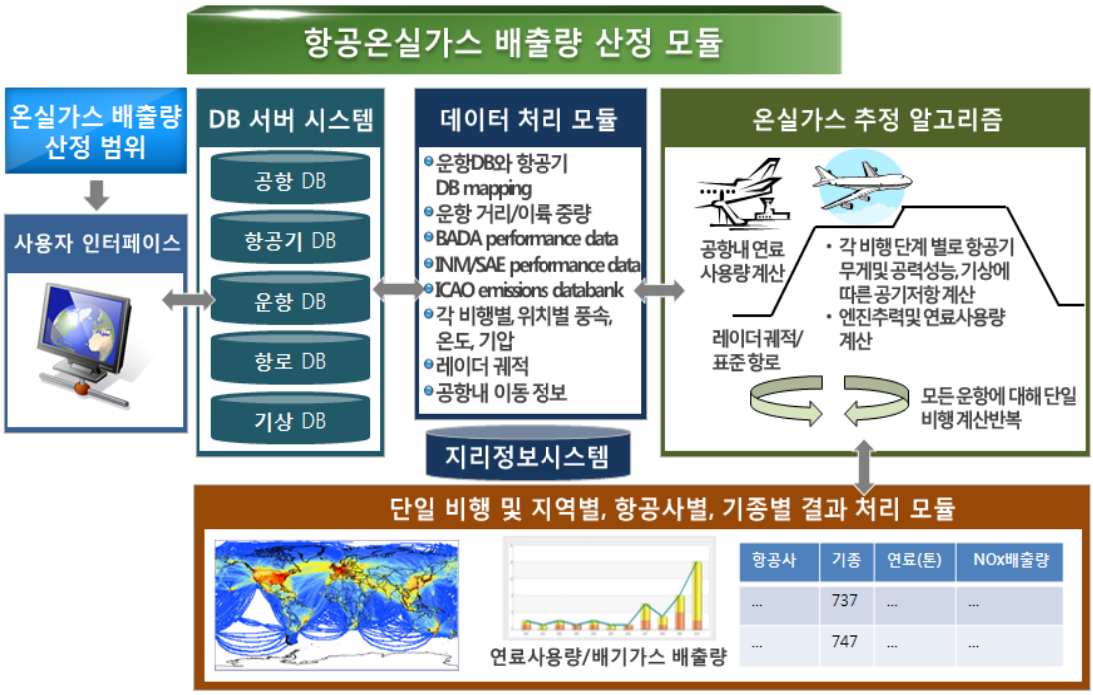
○ 항공온실가스 산정 모듈은 <그림 19>와 같이 항적자료 및 항공기 성능 정보 등 실제 데이터를 사용하여 IPCC Tier3b급 알고리즘이 적용된 항공 온실가스 배출량 산정모듈이다. Tier 3b급은 IPCC가 지정한 가장 상급 수준으로서 현재 국제적으로 인정된 프로그램은 AEDT, LEAS-iT 등 몇가지 되지 않는다.

○ Tier 3b급에서 항공온실가스 산정은 항공기 및 엔진 조합 특유의 공기역학적 성능정보를 이용해 각 비행구간의 총 궤도에 걸친 연료 사용량 및 온실가스 배출량을 계산한다. 또한 추가로 시간, 경도, 위도, 고도별 배출량 분류가 추가되어 이러한 입력변수 변화에 따른 연료 소모량 및 온실가스 배출량을 산정한다.

○ 개발예정인 Tier 3b급 알고리즘의 검증방법은 항적자료 및 항공사 스케줄 자료(출/도착지, 사용된 비행기 기종 등)를 이용하여 비교검증을 실시하며, 그 결과에 대한 Tier 3b 방법론으로 온실가스 배출량을 산정하고 분석한다.

○ 주요 컴포넌트는 항공 온실가스를 산정할 수 있는 항공기/엔진별 성능정보, 배출량 정보, 항적자료 추출/처리 컴포넌트로 구성된다.

- 항공기/엔진 조합의 성능정보를 이용한 연료 사용량 및 온실가스 배출량 추정 알고리즘 및 모델화 컴퍼넌트
- 항적 자료 추출/처리 및 DB 컴퍼넌트
- 항공기 성능 및 배출량 알고리즘 데이터 처리 컴퍼넌트
- 결과물의 신뢰성 평가 컴퍼넌트

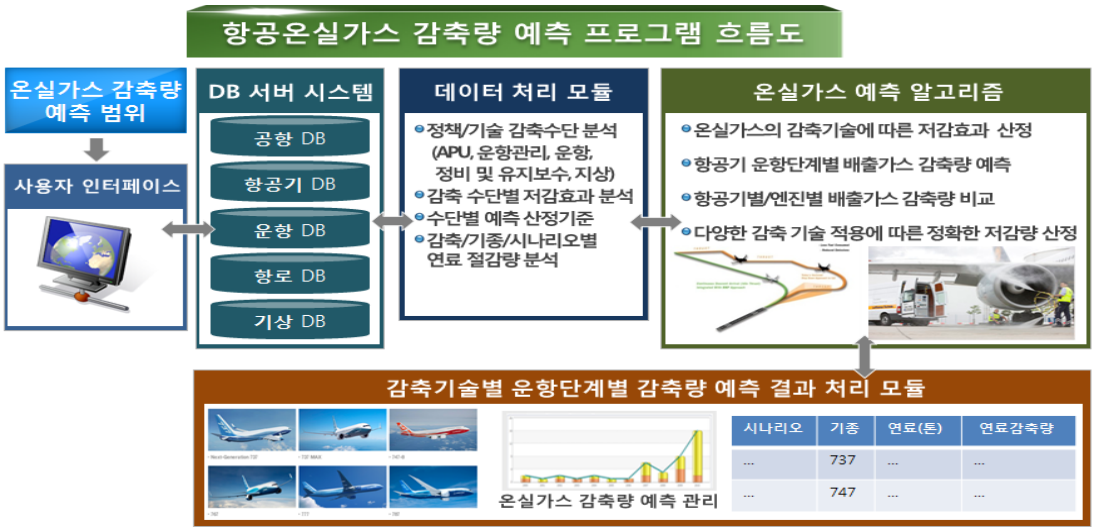


<그림 18 > 항공 온실가스 배출량 산정 모듈 구성도

○ 항공온실가스 감축량 예측 모듈은 과거부터 미래까지 산정된 온실가스 배출량에 대해 Flight Operation, Flight Dispatch, APU, Maintenance&Engineering, Commercial&Ground Operation의 5개 범주에 대한 감축기술 적용을 통한 저감효과를 분석하고, 저감 잠재량을 파악하여 추가 감축이 이뤄질 수 있도록 하는 모듈이다.

○ 주요 컴포넌트는 <그림 19>과 같이 항공온실가스 감축량을 예측할 수 있는 DB 서버 컴퍼넌트, 이를 처리하는 데이터처리 컴포넌트, 감축량 예측 알고리듬으로 구성된다.

- DB 서버 컴퍼넌트
- 데이터 처리 컴퍼넌트
- 감축량 예측 알고리듬 컴퍼넌트



<그림 19 > 항공 온실가스 감축량 예측 시스템 구성도

○ 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈은 <그림 20>과 같이 각종 시나리오와 각종 DB를 이용하여 비용분석를 하며, 이를 토대로 Fleet Level 정책효과 분석을 한다. 그리고 감축수단별 효과를 적용하여 감축수단별 정책효과 변화 및 비용/온실가스 감축량에 대한 분석을 통하여 정부 또는 항공사의 정책 수립에 대한 의사결정을 돕는 모듈이다.

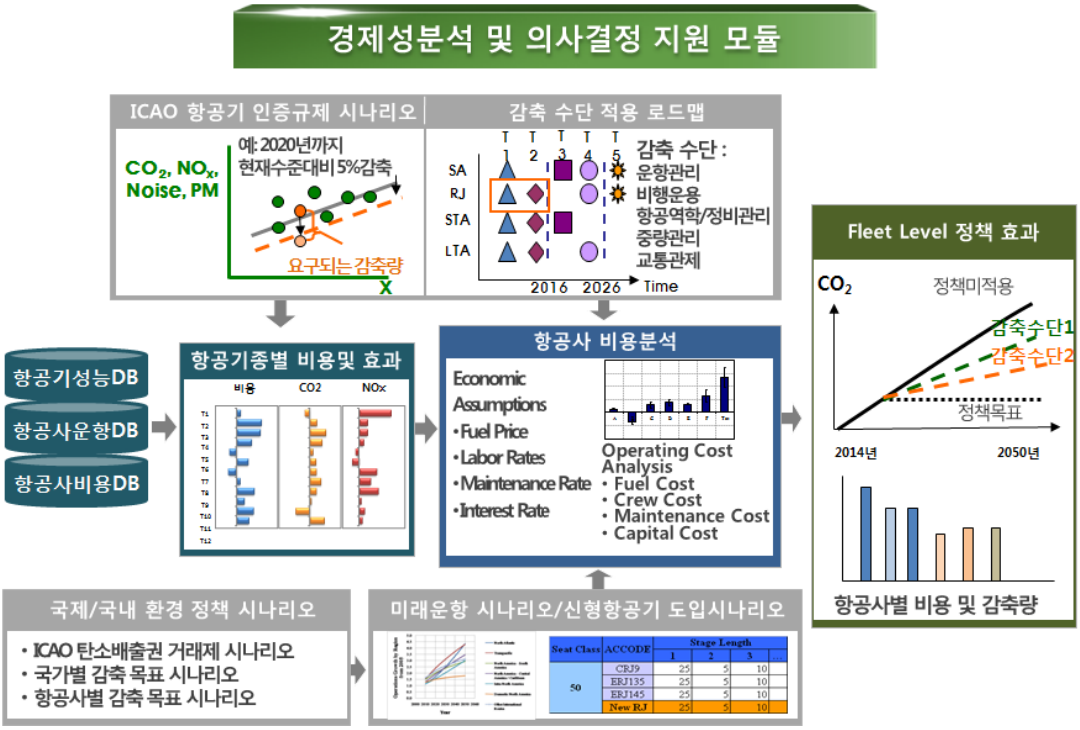
○ 이때 시나리오는 국내·외 환경 관련 정책 시나리오, 미래 항공수요 및 신형 항공기 도입 시나리오, ICAO 항공기 인증규제 시나리오를 의미하며, 이를 위한 분석에 사용되는 DB는 항공기 성능, 항공사 운항 스케쥴, 항공사 비용이다.

○ 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈을 사용하는 다음과 같은 컴퍼넌트들이 사용된다.

- ICAO 항공기 인증규제 시나리오 컴퍼넌트,
- 국내·외 환경 정책 시나리오 컴퍼넌트
- 미래 운항 및 신형 항공기 도입 시나리오 컴퍼넌트
- 항공기 기종별 비용 및 효과 분석 컴퍼넌트
- 항공사 비용 분석 컴퍼넌트
- Fleet Level 정책 효과 분석 컴퍼넌트
- 감축수단별, 비행단계별, 항공기종별 분석 소프트웨어를 개발하여, 단축항로

및 경제 운항절차 연료사용량을 분석 컴퍼넌트

- 항공기종별 시나리오 분석을 통한 연료절감 효과 분석 컴퍼넌트



<그림 20 > 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈

○ 개발하는 목표시스템은 항공온실가스 산정 및 예측시스템의 개발 필요성을 충족시킬 수 있는 시스템이며, 목표 시스템의 모듈은 총 4개의 모듈과 이를 지원하는 데이터베이스로 구분된다. 그리고 각 모듈에 대한 통합지원을 위하여 구현하는 업무로 분류하였다.

○ <표 15>은 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템의 연구개발 범위와 연구개발 후 상용화를 위한 상용툴 구현 범위를 보여준다.

<표 15 > 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 범위

모듈	구분	연구개발범위
항공 온실가스 보고 포털 모듈	S/W개발 및 구동 장비 구축	- 표준 데이터 플랫폼기반 국내 항공부문 온실가스 배출정보에 대한 통합 관리 시스템 개발과 국내/외 항공온실가스 규제 대응을 위한 지원 관리 시스템 개발
항공 온실가스 배출량 산정 상용 모듈	S/W개발	- 항공 온실가스 기초데이터 검색/추출/관리 기술 개발 - 알고리즘 모듈과 DB 통합 시스템 구축 - 배출량 산정 알고리즘 이용한 산정 모듈 개발
항공 온실가스	S/W개발	- 항공 온실가스 기초데이터 검색/추출/관리 기술 개발

감축량 예측 상용 모듈		- 알고리즘 모듈과 DB 통합 시스템 구축 - 감축량 예측 알고리즘 이용한 예측 모듈 개발
경제성 분석 및 의사결정 지원	S/W개발	- 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈 개발
항공 온실가스 산정 및 예측 모듈 필수 데이터 목록 구축 및 수집 모듈	DB 구축	- 시스템 아키텍처 기획 및 개발 - Database 용량 예측 및 산정 - Database 개념/논리 설계 - 외부 시스템 연계 설계 - 기초 데이터 소스 파악 - Database 상세 논리 설계 - Database 물리 설계 - 데이터 정합성 검증 및 데이터베이스 튜닝
각 모듈의 통합 상용 툴을 구현	S/W개발	- 사용자 인터페이스(User Interface, UI) 개발 - 보고서 및 통계 기능 개발 - Full 버전 : 실제 출·도착지, 기종, 장착 엔진, 운항 절차, 계절·기상 등 관련 데이터 입력 통해 신뢰성 있는 온실가스 배출량/감축량 산정 기능 - Short 버전 : 온실가스 배출량을 산출하는 표준 (평균) 비행경로 등 표준(평균) 데이터만으로 온실가스 배출량/감축량 산정 기능

마. 목표 시스템 방법론

○ 목표시스템을 개발하는 개발방법론은 V모델을 적용한다. 다만 개념설계에서 상세설계까지 필요한 개발문서를 결정하는 기준은 국방 CBD 방법론을 따라 개발을 실시한다. 특히 CBD 방법론에서 개발에 필요한 문서는 총 12종으로 결정하였으며, 이에 문서 종류는 다음과 같다.

- 개념설계단계에서는 목표시스템의 요구사항을 수립하여, 목표시스템 규격스펙을 결정하고, 이에 따른 시스템 개발계획서를 구체화하여 최종 시험계획서까지 작성한다. 총 4종 문서가 작성되어야 한다.

- 상세설계는 PDR, CDR의 두단계로 구분하여 진행할 예정이며, 개발문서는 총 4종의 문서이다. 개념설계에서 완성된 설계문서를 토대로 시스템 모듈별 기능을 구체화하고, 모듈 인터페이스를 설계한다음 통제문서를 작성한다. 또한, 기능이 구체화되면 시스템에서 요구되는 데이터베이스에 대한

스펙도 결정이되므로, 이에대한 설계도 진행하게 된다.

- 상세설계가 완료되면, 시스템의 개발이 본격화되며, 시스템 개발이 완료되어 구현되는 시점에서 소프트웨어 개발완료 보고서, 사용자/관리자 문서, 시험절차서가 작성된다.

- 시스템 구현이 완료되면, 개발 시스템이 요구사항에 적합한 시스템인지 최종 시험결과보고서가 작성된다.

○ <표 16>은 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템의 연구개발 단계별 개발문서 종류를 보여준다.

<표 16 > 개발 단계별 산출물명 및 기호

구분	산출물명(기호)	작성 단계
1	운용개념기술서(OCD)	시스템 요구사항분석/개념설계
2	시스템 요구사항 명세서(SSRS)	시스템 요구사항분석/개념설계
3	시스템 개발 계획서(SDP)	시스템 요구사항분석/개념설계
4	시스템 시험 계획서(STP)	시스템 요구사항분석/개념설계
5	시스템 상세 설계기술서(SSDD)	시스템/소프트웨어 구조/상세설계
6	상세 인터페이스통제문서(ICD)	시스템/소프트웨어 구조/상세설계
7	상세 인터페이스설계기술서(IDD)	시스템/소프트웨어 구조/상세설계
8	상세 데이터베이스설계기술서(DBDD)	시스템/소프트웨어 구조/상세설계
9	소프트웨어 개발완료 보고서 (개발환경, 파일/ 모듈 설명, 알고리즘 및 처리 루틴 등 내용 포함)	시스템/소프트웨어 구현
10	사용자/관리자 문서 (사용자지침서, 체계운영자지침서, 소프트웨어버전기술서, 소프트웨어산출물명세서 내용 포함)	시스템/소프트웨어 구현
11	시험절차서(STD)	시스템/소프트웨어 구현
12	시험결과보고서(STR) (단위, 통합, 인수 시험 결과 내용 포함)	시스템/소프트웨어 통합 시험

3. 개념설계 도출

가. 요구사항 수립

○ 제3장에서 항공온실가스 산정 및 예측 시스템의 사용자 요구사항을 수립하였으며, 요구사항은 현시스템 분석-> 환경 분석-> 설문조사-> 문제점 도출-> 요구사항 분석-> 서비스 도출로서 단계별로 요구사항 수립 및 확정하였다.

○ 현시스템 분석에서는 기존에 사용하고 있는 국내의 NARMI, KOTEMS 프로그램의 기능을 분석하였다. NARMI는 항공사에서 사용하고 있는 운항자격심사관리, 운항 및 비행정보, 항공기 등록/이력관리 등의 기능에 Tier 2급의 항공온실가스 배출량에 대한 통계제공 기능을 추가한 것이며, KOTEMS는 교통부문의 온실가스 배출량 산정을 하기 위하여 개발한 시스템으로 항공교통분야의 Tier 1과 Tier2의 국내 항공온실가스 배출량을 산정하는 배출정보시스템으로 자발적 온실가스/에너지 목표 관리제 등을 위한 목표관리 지원시스템, 저감효과 평가시스템 등을 담당한다.

○ 환경분석 및 설문조사는 항공사내에서 자체적으로 구축한 프로그램을 조사하였고, 관련 담당자들을 만나서 면담, 인터뷰 및 워크숍 등을 통하여 실시하였다. 총 8번에 설문조사를 실시하여 사용자 및 시스템 요구사항을 수립하였으며, 요구사항은 개발 시스템의 사용자인 정부, 항공사, 연구기관 등을 대상으로 하였다.

○ 문제점 도출은 기존에 개발되어 있는 시스템의 Tier 1/2급 산정의 한계와 단거리 비행시 이착륙구간에서 발생하는 오차에 대한 정확성여부가 큰 문제였으며, 이를 위해서 항공기 운항단계별로 산정이 가능한 Tier 3b급의 항공온실가스 산정시스템이 필요하고, 항공온실가스 감축을 위한 감축기술 또는 경제적분석이 필요하다.

○ 요구사항 도출은 설문조사 대상을 사용자 그룹별로 구분하여 정부, 항공사, 정부지원기관, 기타로 정리하였으며, 정부는 국가정책으로 많은 요구사항이 도출되었고, 항공사는 항공사에서 대응하는 거래제 및 국내외 감축기술들의 산정과 적용방법들이 주요 요구사항이고 정부지원기관은 국가를 지원하기 위한 학술적인 측면에서 도출되었다. 총 도출된 요구사항은 79개의 요구사항이 도

출되었고, 기능별로 기능/비기능별 식별하여 최종 14개 항목의 72개의 세부기능 요구사항을 도출하였다.

○ 목표 시스템의 요구사항 결과는 개발문서 시스템요구사항명세서에 명시되어 있다.

나. 운용개념서 수립

○ 시스템요구사항명세서에 명시된 요구사항을 충족하는 목표시스템을 구축하기 위한 시스템의 운용개념을 RFP상에서 구분되어진 모듈로 초안을 설계하여 연구를 수행하였다.

○ 우선적으로 목표시스템을 만족하는 요구사항을 큰 개념에서 수용하기 위한 방법은 정부와 항공사에서 생각하고 있는 요구사항이 다르므로, 이를 수용해야 하는 목표시스템이 도출되어야 한다는 것이다. 특히 정부는 국가정책을 지원할 수 있는 목표시스템을 구상한 반면 항공사는 그 하위의 개념으로 항공사에서 정확하게 배출가스를 산출하여 그 결과값을 국가에 보고하고, 작년대비 감축기술 적용과 항공기 교체를 통한 항공온실가스 감축이 어느 정도인지를 확인하기 위한 용도로 요구사항이 분류 할 수 있다.

○ 즉, 운용개념은 정부의 정책지원을 만족하는 상위개념이라면, 하위개념으로 항공사가 발생하는 항공온실가스 산정과 감축활동은 신뢰성있도록 산정되어 항공사에서 산출되는 항공온실가스 발생량을 정확하게 산정하고, 그 결과를 정부에게 지원할 수 있어야 한다. 그리고 정부지원기관은 항공사가 정확한 항공온실가스 발생량을 산정하고 이 결과를 정부에 지원할 수 있는 매개체 역할이 될 수 있도록 지원해야 하는 것이다.

○ 이를 충족하기 위하여 목표 시스템을 항공온실가스 산정 모듈, 항공온실가스 감축량 예측 모듈, 항공온실가스 보고포털모듈, 경제성 분석 및 의사결정 모듈로 분리하였다.

- 항공온실가스 보급포털모듈은 항공사의 항공온실가스 산정 결과가 정부에서 제시한 표준 데이터 플랫폼으로 사용되고, 항공사내에서 입력이 가능하도록 웹버젼으로 개발되어야 하도록 지원하는 요구사항을 충족한 모듈

이다.

- 항공온실가스 산정 모듈은 항공온실가스 산정을 위한 모듈로서 항공사의 요구사항이 항공온실가스 발생량을 정확하게 산정하기 위한 요구사항의 수립과 정부의 BAU(Business As Usual)를 산정하기 위한 과거의 항공온실가스 발생량을 산정하기 위한 요구사항을 충족하기 위한 모듈이다.

- 항공온실가스 감축량 예측 모듈은 항공사의 감축활동에 대한 정확한 량을 산정하기 위한 요구사항과 정부의 현 수준에서 앞으로의 미래치를 전망하고, 그 결과를 국제기구에 제출하기 위한 용도로서 정책지원하는 요구사항을 충족하기 위한 모듈이다.

- 경제성 분석 및 의사결정 모듈은 항공사의 감축활동에 투자하는 비용과 항공기의 교체비용이 항공온실가스 발생량을 해결하기 위한 비용과 비교하여 그 결과를 경제적인 관점에서 도출하고, 이를 위한 최적의 의사결정은 어떻게 결정을 해야할지에 대한 요구사항을 충족하기 위한 모듈이다.

- 항공온실가스 산정 DB 지원 모듈은 항고온실가스 산정 및 예측 시스템을 지원하기 위한 DB를 구축하여 통합적으로 개발하고, 항공온실가스 산정 및 예측 시스템에 필요한 데이터베이스를 개발한다.

○ 항공온실가스 보급포털모듈의 운용개념으로 요구사항들을 포함한 모듈 개발 범위 및 모듈 개발 목표는 아래 <표 17>과 같다.

<표 17 > 항공온실가스 보고포털 모듈 개발 범위 및 목표

모듈명	항공온실가스 보급포털모듈
시스템 개발 범위	- 항공부문 국가 온실가스 정보 관리 표준 데이터 체계 수립 및 시스템 개발 - Tier 3b 온실가스 배출량의 신뢰성 강화를 위한 항공부문 Tier 1, Tier 2 온실가스 정보 관리 체계 구축 - 항공 온실가스 정보의 정부, 연구기관, 항공사 고유 및 효율적 업무지원을 위한 통합 온실가스 정보관리 체계 구축 - 항공분야 국내/외 정책 대응 사항 관련 정보의 표준 데이터베이스화 관리 - 자발적협약, 국제 배출권거래제 등 국내/외 온실가스 규제 대응 관리를 위한 항공사 인벤토리 관리 기능 개발
시스템 목표	① 항공통계/정책대응/기준정보/레포팅 모듈 - 국가인벤토리보고서(NIR)에 활용될 수 있는 항공유 및 국제벙커

	링 소비량을 연단위로 관리하며 이를 통해 Tier 1 배출량 산정을 수행함. - 각종 항공통계 데이터와 연계를 통한 맞춤형 정보 제공 기능 개발. ② 항공사 인벤토리 관리 프로그램 - 항공사 온실가스 관리체계 구축을 지원하고, 항공자발적협약 및 국내/국제 배출권거래제와 관련된 효율적 대응 업무를 수행하도록 프로그램 개발 - 에너지 DB 구축을 통해 배출권 할당에서 인증 및 제출까지의 배출권거래제 요구 지침을 만족하고, 에너지 관리 및 온실가스 배출량 산정, 감축사업 등 관련 업무관리 기능 구현. - 다국어 지원 및 모든 목록/기능에 엑셀 다운로드 기능 개발.

○ 항공온실가스 산정모듈의 운용개념으로 요구사항들을 포함한 모듈 개발범위 및 모듈 개발 목표는 아래 <표 18>과 같다.

<표 18 > 항공온실가스 산정모듈 개발범위 및 목표

모듈명	항공온실가스 산정모듈
시스템 개발 범위	① 단일 비행의 경도, 위도, 고도와 시간에 따른 구간별 온실가스 배출량 산정을 핵심 기능으로 Tier 3급의 항공온실가스 산정 모듈을 개발함 ② 항공온실가스 산정에서 활주로-활주로 구간의 표준화된 항로 또는 입력받은 레이더 항적 데이터를 이용하여 단일 비행 시 각 비행 단계를 구분하고, 비행 성능, 연료 연소량, 각 온실가스 배출량을 산정함 ③ 사용 중인 DB 상에서 정의할 수 있는 단위 비행 조건에 대하여, 해당 단위 비행을 구성하는 단일 비행별 결과를 취합하여 비행기, 엔진, 공항, 지역과 세계적 총량의 항으로 출력을 지정할 수 있음
시스템 목표	① 항공 온실가스 배출량 산정 입력한 비행 조건에 대한 항공 온실가스 배출량을 유엔 산하 정부 간 기후변화패널의 Tier 3b급 산정 ② 연료사용량 자료에 의존하는 top-down 방식의 Tier 1,2에 비해 실제 비행기 운행 자료를 활용하는 bottom-up 방식의 Tier 3b 알고리즘은 항공 교통 변화, 항공장비 교체, 혹은 다른 가변 입력 시나리오를 고려한 입력 자료를 사용해 다이내믹한 미래 예측 및 시나리오 분석을 가능케 함

○ 항공온실가스 감축량 예측모듈의 운용개념으로 요구사항들을 포함한 모듈 개발범위 및 모듈 개발 목표는 <표 19>과 같다.

<표 19 > 항공온실가스 감축량 예측모듈 개발 범위 및 목표

모듈명	항공온실가스 감축량 예측모듈
시스템 개발 범위	① 항공사에서 배출되고 있는 항공온실가스의 저감량을 예측 할 수 있는 모듈 개발 ② 저감량을 APU, 운항관리, 운항, 정비 및 유지보수, 지상 중량관리의 5개 범주에 대한 감축기술의 알고리즘 적용 ③ 감축량 예측 알고리즘에 대한 감축수단별, 비행단계별, 항공기종별 등 다양한 감축 시나리오 분석기술 결과 도출
시스템 목표	① APU, 운항관리, 운항, 정비 및 유지보수, 지상 중량관리의 5개 범주에 대한 감축기술 적용을 통한 저감효과를 분석하고, 저감 잠재량을 파악하여 추가 감축이 이뤄지도록 함 ② 감축수단별, 비행단계별, 항공기종별 등 다양한 감축 시나리오 분석기술이 요구되며, 이를 통해 항공 온실가스 감축량 데이터베이스를 구축하고 경제적 운항절차 개발 및 효과적인 운항 체계를 구축하는 기술을 개발함

○ 항공온실가스 감축수단별 경제성분석 및 의사결정 지원모듈의 운용개념으로 요구사항들을 포함한 모듈개발범위 및 목표는 <표 20>과 같다.

<표 20 > 항공온실가스 감축수단별 경제성분석 및 의사결정 지원 모듈 개발 범위 및 목표

모듈명	항공온실가스 감축수단별 경제성분석 및 의사결정지원 모듈
시스템 개발 범위	① 온실가스 배출국가 이행계획수수립과 탄소배출거래제 실시에 선제적으로 대응하기위한 경제성분석 및 의사결정 지원 모듈 개발 ② 총 5개 범주내 감축기술적용 시나리오에 따라(예:항공사별, 노선별, 기종별 적용) 항공사의 직접운항비용에 미치는 영향을 분석 ③ 국내외 환경관련 정책시나리오 및 미래 항공수요, 신형 항공기 도입 시나리오에 따른 항공사 비용에 미치는 영향을 분석하여 항공온실가스 감축전략에 대한 의사결정을 돕는 모듈 개발
시스템 목표	① 각종 시나리오(국내·외 환경 관련 정책 시나리오, 미래 항공수요 및 신형 항공기 도입 시나리오, ICAO 항공기 인증규제 시나리오)와 각종 DB(항공기 성능, 항공사 운항 스케쥴, 항공사 비용)을 통한 용분석/ Fleet Level 정책효과 분석 ② 감축수단별 효과를 적용하여 감축수단별 정책효과 변화 및 비용/온실가스 감축량에 대한 분석을 통하여 정부 또는 항공사의 정책 수립에 대한 의사결정을 진행함

다. 시스템개발계획서 수립

○ 시스템 운영개념이 확정됨에 따라 각 모듈별 개발계획이 필요하며, 모듈별 개발 일정을 계획하기 위하여 전체 개발 일정이 결정되어야 한다.

○ 전체 개발일정은 RFP상 최초 4차년 개발이었으나, 1차년도 종료 시점에 3차년 개발로 변경되었므로, 1차년도 개념설계, 2차년도 상세설계 및 모듈 개발, 3차년도 시스템 통합개발 및 검증 단계로 구분한다.

- 전체 3차년도 개발일정을 결정하는 회의는 연구책임자별 회의에서 결정한 사항이며, 5월달에 연구책임자회의에서 전체 일정을 결정하였고, 세부 기관별 개발일정은 이와 동일하게 기관별로 계획하는 것으로 결정하였다.

○ 또한 개발일정은 시스템개발방법론 중에서 V모델을 적용하였으며, V모델을 적용한 이유는 개발 시스템의 요구사항은 첫 단계 이후 변경될 가능이 적어 개념설계, 상세설계의 단계별로 진행이 되어도 설계문서 변경될 소지가 적다.

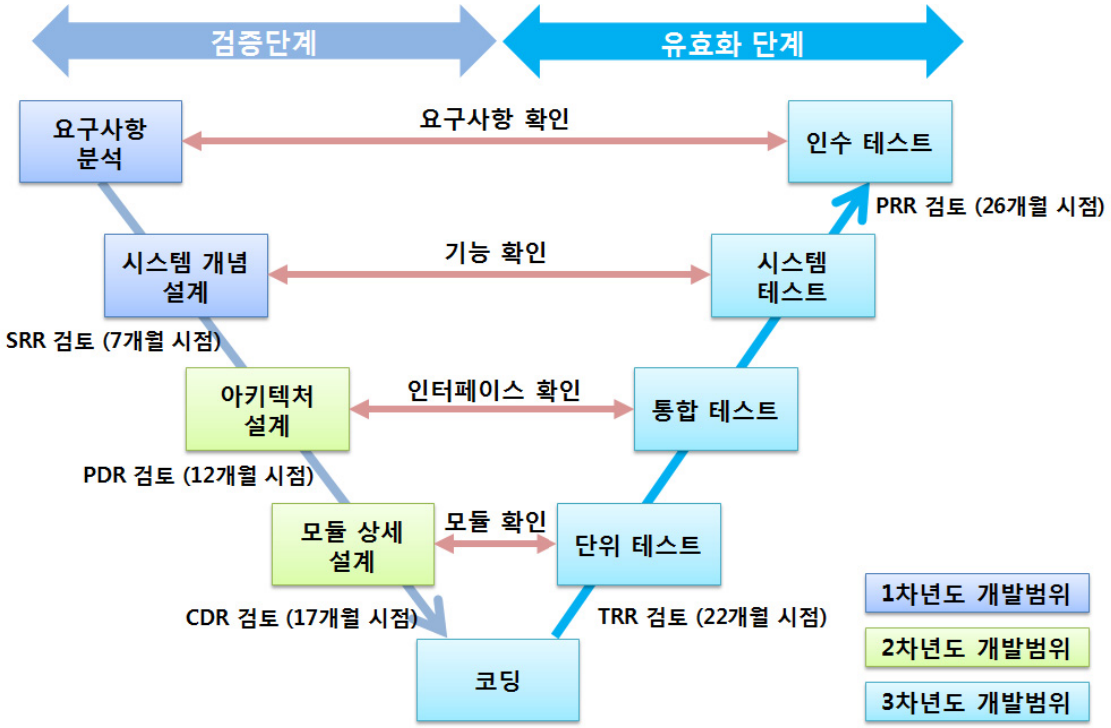
○ 그리고 V모델의 장점은 요구사항, 개념설계, 상세설계별 도출한 요구사항, 기능, 모듈 기능 등을 단계별 내용에 확인할 수 있으므로, 해당되는 유효화 단계에서 검증을 실시하므로, 시스템 개발 방법론 중에서 신뢰성이 매우 높다.

- 시스템이 개발된 이후에는 개발 시스템의 GS인증 시험을 전문기관에 의뢰를 계획하고 있으며, 개발기간이 단축됨에따라 개발 완료 후 시스템의 완성도가 높아야 하므로 V모델을 선정하게 되었다.

○ V모델을 적용한 시스템 개발 일정은 SRR은 과업시작 후 7개월, PDR은 과업시작 후 12개월, CDR은 과업시작 후 17개월, TRR은 과업 시작 후 22개월, PRR은 과업시작 후 26개월로 정하여 개발한다.

○ 목표 시스템을 개발하기 위한 시스템 개발 수행 조직은 <그림 21>과 같이 모듈별로 구성하였으며, 모듈별로 각 기관별 연구책임자와 담당자를 선정하여 주요 연락망을 구성하였다.

- 연구책임자의 역활은 각 기관별로 주어진 업무를 기한내 완료할 수 있도록 기관별 연구 총괄을 담당하며, 기관별 담당자는 주관기관인 한국교통연구원의 총괄 담당자 및 주관기관의 기관별 관리자에게 연락하여 실무업무를 담당하는 역할을 한다.



<그림 21 > 개발 기간에 따른 V모델과 세부 검토 일정



<그림 22 > 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 조직도

○ 개발 일정이 순조롭게 진행되기 위해서는 해당시기에 기관별 결과물이 도

출되어야 한다. 구체적인 사항은 첨부파일의 기관별 개발일정을 확인하며, 아래 <표 21>, <표 22>,<표 23>은 각 기관별 상세 담당업무와 관련하여 기관별로 어떤 역할을 해야하는 지를 기술하였다.

<표 21 > 항공온실가스 보고포털 상세업무 및 역할

단계별 TASK	상세 Activities	FROM (기관명)역할	TO (기관명)역할
1. 항공온실가스보고포털(통계/정책지원/기준정보) 상세 설계			
1.1 항공온실가스보고포털 DB 설계			
1.1.1	입력 데이터 정의	(교통연구원)데이터 정의	(솔루티스)데이터 구조 설계
1.1.2	샘플 데이터 입수	(교통연구원)데이터 입수	(솔루티스)데이터 구조 설계
1.1.3	항공온실가스 로직 및 출력 데이터 정의	(교통연구원)데이터 정의	(솔루티스)데이터 구조 설계
1.1.4	기준정보 DB 설계	(솔루티스)데이터베이스 설계	(교통연구원)설계 검토(요구사항 추적)
1.1.5	항공온실가스 통계 DB 설계	(솔루티스)데이터베이스 설계	(교통연구원)설계 검토(요구사항 추적)
1.1.6	정책지원(국가이행계획/항공VA) DB 설계	(솔루티스)데이터베이스 설계	(교통연구원)설계 검토(요구사항 추적)
1.1.7	정책지원(MBN-ETS/배출권거래)DB 설계	(솔루티스)데이터베이스 설계	(교통연구원)설계 검토(요구사항 추적)
1.1.8	항공보고포털 통합 DB 상세 설계	(솔루티스)DB 상세설계	(교통연구원)설계 검토(요구사항 추적)
1.2 항공온실가스보고포털 인터페이스 설계			
1.2.1	인터페이스 대상, 주기 및 입수 방안 정의	(교통연구원)인터페이스 정의	(솔루티스)인터페이스 구조 설계
1.2.2	인터페이스 로직 및 DB 기초 설계	(솔루티스)인터페이스 기초 설계	(교통연구원)설계 검토(요구사항 추적)
1.2.3	인터페이스 로직 및 DB 상세 설계	(솔루티스)인터페이스 기초 설계	(교통연구원)설계 검토(요구사항 추적)
1.3 항공온실가스보고포털 상세 설계			
1.3.1	항공온실가스보고포털 통합 프로세스 설계	(교통연구원)업무 프로세스 정의	(솔루티스)프로세스 설계
1.3.2	기능 단위별 세부 프로세스 설계	(교통연구원)업무 프로세스 정의	(솔루티스)프로세스 설계
1.3.3	입력 및 출력 기능 단위별 UI	(솔루티스)UI설계	(교통연구원)설계

	설계(개략)		검토(요구사항 추적)
1.3.4	입력 및 출력 기능 단위별 UI 설계(상세)	(솔루티스)UI설계	(교통연구원)설계 검토(요구사항 추적)
1.3.5	통합 UI 설계 및 검토	(솔루티스)UI설계	(교통연구원)설계 검토(요구사항 추적)
2. 항공온실가스보고포털 개발			
2.1 항공온실가스보고포털 DB 개발			
2.1.1	기준 정보 모듈 개발	(솔루티스)시스템 개발	
2.1.2	항공 통계 모듈 개발	(솔루티스)시스템 개발	
2.1.3	유관기관 대상 인터페이스 개발	(솔루티스)시스템 개발	
2.1.4	기초 데이터 마이그레이션	(솔루티스)시스템 개발	
2.2 항공온실가스보고포털 DB 테스트			
2.2.1	테스트 시나리오 개발	(교통연구원)테스트 시나리오 정의	(솔루티스)테스트 시나리오
2.2.2	기준정보 모듈 단위 테스트	(솔루티스)단위 테스트	(교통연구원)테스트 결과 검토
2.2.3	항공 통계 모듈 단위 테스트	(솔루티스)단위 테스트	(교통연구원)테스트 결과 검토
2..2.4	대상 인터페이스 테스트	(솔루티스)단위 테스트	(교통연구원)테스트 결과 검토

- 항공온실가스 산정 모듈에서 산정 모듈기초설계, 모듈 프로세서 및 화면설계, DB 상세설계에서 기관별 역할은 다음 표와 같다.

<표 22 > 항공온실가스 산정모듈 상세업무 및 역할

단계별 TASK	상세 Activities	FROM (기관명)역할	TO (기관명)역할
1.1 Tier3 배출량 산정 모듈 기초 설계			
1.1.1	세부 기능 정의 및 기초 설계	(KAIST)필수 구현 기능 제공	(솔루티스)상세 기능 구조 정의 및 구조 설계
1.1.2	세부 기능에 대한 해외 유사 프로그램 대비 비교 분석	(KAIST)기능별 구현 비교 검토(알고리즘)	(KAIST)기능별 구현 비교 검토(GUI)
1.1.3	샘플 데이터 입수 및 Tier3b 산정 알고리즘 분석	(KAIST)샘플데이터 및 알고리즘 개발	(솔루티스)소프트웨어 구조 설계
1.1.4	기초 데이터 입수 및 취득 방안 정의	(KAIST)데이터 입수	(솔루티스)소프트웨어 구조 설계
1.2 Tier3 배출량 산정 모듈 프로세스 및 화면 설계			
1.2.1	배출량 산정 모듈 기능별 프로세스 설계	(KAIST)산정 프로세스 정의	(솔루티스)프로세스 설계

1.2.2	입력 및 출력 기능 단위별 UI 설계(개략)	(솔루티스)UI설계	(KAIST)설계 검토(요구사항 추적)
1.2.3	입력 및 출력 기능 단위별 UI 설계(상세)	(솔루티스)UI설계	(KAIST)설계 검토(요구사항 추적)
1.3 Tier3 배출량 산정 모듈 DB 상세 설계			
1.3.1	ERD(데이터 연계 구조) 상세 설계	(솔루티스)데이터베이스 설계	(KAIST)설계 검토(요구사항 추적)
1.3.2	DB 및 인터페이스 설계(개략)	(솔루티스)데이터베이스 설계	(KAIST)설계 검토(요구사항 추적)
1.3.3	DB 및 인터페이스 설계(상세)	(솔루티스)데이터베이스 설계	(KAIST)설계 검토(요구사항 추적)

- 항공온실가스 감축량 예축 모듈에서 DB설계, 인터페이스 설계, 상세설계 간에서 기관별 역할은 다음 표와 같다.

<표 23 > 항공온실가스 감축량 예측모듈 상세업무 및 역할

단계별 TASK	상세 Activities	FROM (기관명)역할	TO (기관명)역할
2.1 온실가스 감축량 예측 기능 설계			
1.1.1	세부 기능 정의 및 기초 설계	(교통연구원)필수 구현 기능 제공	(솔루티스)상세 기능 구조 정의 및 구조 설계
1.1.2	세부 기능에 대한 해외 유사 프로그램 대비 비교 분석	(교통연구원)기능별 구현 비교 검토(알고리즘)	(교통연구원)기능별 구현 비교 검토(GUI)
1.1.3	샘플 데이터 입수 및 Tier3b 예측 방법론 분석	(교통연구원)샘플데이터 및 알고리즘 개발	(솔루티스)소프트웨어 구조 설계
1.1.4	기초 데이터 입수 및 취득 방안 정의	(교통연구원)데이터 입수	(솔루티스)소프트웨어 구조 설계
2.2 온실가스 감축량 예측 모듈 프로세스 및 화면 설계			
1.2.1	감축량 예측 모듈 기능별 프로세스 설계	(교통연구원)예측 프로세스 정의	(솔루티스)프로세스 설계
1.2.2	입력 및 출력 기능 단위별 UI 설계(개략)	(솔루티스)UI설계	(교통연구원)설계 검토(요구사항 추적)
1.2.3	입력 및 출력 기능 단위별 UI 설계(상세)	(솔루티스)UI설계	(교통연구원)설계 검토(요구사항 추적)
2.3 온실가스 감축량 예측 모듈 DB 상세 설계			
1.3.1	ERD(데이터 연계 구조) 설계	(솔루티스)데이터베이스 설계	(교통연구원)설계 검토(요구사항 추적)
1.3.2	DB 및 인터페이스 설계(개략)	(솔루티스)데이터베이스 설계	(교통연구원)설계 검토(요구사항 추적)

1.3.3	DB 및 인터페이스 설계(상세)	(솔루티스)데이터베이스 설계	(교통연구원)설계 검토(요구사항 추적)

- 항공온실가스 통합설계 모듈에서 통합설계와 결과보고서 작성 등에 대한 기관별 역할은 다음 표와 같다.

<표 24 > 항공온실가스 통합설계모듈 상세업무 및 역할

단계별 TASK	상세 Activities	FROM (기관명)역할	TO (기관명)역할
3.1 Tier3 배출량 산정 및 예측 프로그램 통합 설계			
3.1.1	통계/분석 요구 기능 정의	(KAIST/교통연구원,세종대)분석 방안 수립	(솔루티스)상세 기능 구조 정의 및 구조 설계
3.1.2	통합 데이터 상세 설계	(솔루티스)데이터베이스 설계	(KAIST/세종대/교통연구원)설계 검토(요구사항 추적)
3.1.3	통합 프로세스 설계	(KAIST/교통연구원,세종대)통합 프로세스 정의	(솔루티스)프로세스 설계
3.1.4	통합 기능별 화면 설계	(솔루티스)UI설계	(KAIST/교통연구원/세종대)설계 검토(요구사항 추적)
3.2 결과보고서 작성			
3.2.1	통합 설계 보고서 및 수정 보완	개선방안 협의	통합 설계 보고서 작성

4. 시스템 요구사항 검토(SRR)

가. TTA 개발문서 검증 결과

○ 개념설계에 작성된 문서는 SRR 검토가 4월에 총 10일간 문서검토가 수행되었으며, 검토된 기관별 작성 문서는 다음과 같다.

<표 25 > 기관별 개발문서 작성

모듈명	작성기관	작성문서	작성문서 종류
총 괄	KOTI	4종	시스템요구사항명세서 운용개념기술서 소프트웨어시험계획서 시스템개발계획서
보고포털	솔루티스	3종	운용개념기술서 소프트웨어시험계획서 시스템개발계획서
온실가스 산정 모듈	KAIST(알고리즘), 세종대(구현&검증)	1종	운용개념기술서 (기관별 작성)
감축량 예측 모듈	KOTI/항공대	3종	운용개념기술서 소프트웨어시험계획서 시스템개발계획서
경제성 분석 및 의사결정지원 모듈	세종대	1종	운용개념기술서

○ TTA 전문기관의 문서검토 결과 다음과 같은 개발문서별 결함이 지적되었으며, 각 기관 문서별 수정보완을 수행하여 개발문서의 질적수준을 향상시켰다.

○ 최종개발문서의 산출물은 성과물 C-1-②에 제시된다.

<표 26 > TTA 전문기관 검토 결과

TTA 전문기관 주요 검토 결과
① 시스템 요구사항 명세서 - 상세 요구사항에 고려되지 않은 항목이 있음 - 인터페이스 요구사항 : 사용자인터페이스, 외부 시스템연계 인터페이스 외에 네트워크 통신 인터페이스, 데이터 연계 인터페이스 등의 정보 필요 각 모듈이 공통으로 사용하는 DB에 대한 데이터 종류 및 인터페이스 방법에 대한 정의 및 범위에 대한 정보가 제공되지 않음 - 상세 요구사항이 모듈 별로 제공되지 않음 - 각 모듈에서 요구사항에 대한 추적성이 제공되지 않음 **② 운용개념기술서** - 문서 전반적으로 개발시스템 내용 분석의 상세정보 제공 오류로 인한 완전성 결함 다수

③ 시스템 개발 계획서 - 문서 전반적으로 개발시스템 내용 분석의 상세정보 제공 오류로 인한 완전성 결함 다수 **④ 소프트웨어 시험 계획서** - 시스템 설계 이후 단계의 시험계획(단위시험, 통합시험 계획 등)으로 구성됨 - 시험 구성 시스템(HW, SW) 등 시스템 요구사항에 대한 시험 계획 정보가 제공되지 않음

나. 시스템 요구사항 검토(SRR) 검토회의

○ 또한 시스템 요구사항 검토회의(SSR)는 2015년 4월 27일 실시하였으며, SRR에 사용된 자료는 부록 6에 작성되었다.

○ 주요검토결과는 <표 27>과 같으며, 이 결과를 반영하여 수정보완하여 최종개발문서 산출물은 성과물 C-1-②에 제시되어있다.

<표 27 > SRR 검토회의 결과

SRR 주요 검토 결과
① 개발 문서 13종 필요성에 대한 논의 필요 - 과제 참여기관별 개발문서 작성 권수가 상이하며, 기관별 작성 문서의 일관성, 깊이의 통일성이 없으므로 이에 대한 통일 및 구체적인 논의필요 **② RFP 최종성과물에 대해 재검토 필요** - RFP 상 최종성과물은 TRL LVL 7단계이나, 1차년도 완료되는 요구사항 및 연구결과의 품질이 최종성과물의 기대치에 미진한 것으로 판단됨 **③ 시스템요구사항에 대한 구체성 미흡 및 운영개념 총괄작성 필요** - 서브시스템에 대해 기관별 과제가 진행됨으로 총괄에서 도출하기 어려움 **④ 웹기반 개발 시 V모델 적용에 대한 논의 필요** - 1차년도 TTA의 보완사항 수정 후 개발 방법론 논의 필요 **⑤요구사항에 대한 재정립 필요** - 요구사항에 대해 참여기관에서 제출된 자료 정리하고, 주관기관에서 확정해주는 자리가 필요할 것으로 판단됨 ➔ 최종성과물 C-1-② 개발문서 최종본 참고

제5장 항공온실가스 산정 및 예측 시스템 상용방안

1. 해외 유사 시스템 기능 분석

가. 해외 유사 시스템

○ 항공온실가스 산정 및 예측 시스템과 유사한 해외 유사시스템은 ICAO CAEP[16]에서 지정한 프로그램과 유럽 NLR에서 개발한 AERO-MS와 LEAS-iT을 검토하였다.

○ CAEP은 항공온실가스와 관련된 다양한 접근방법은 항공온실가스의 발생량 산정방법부터 시작되었고, 현재는 발생하는 항공온실가스를 시장개념을 도입하여 항공온실가스 감축을 하기위한 방법 등을 검토중이다.

○ 특히 2010년 CAEP 8차 회의의 주요 내용중에서 항공기 소음 및 항공온실가스를 평가하기위한 방법으로 세계에 많은 항공온실가스 시스템들과 이를 뒷받침하는 데이터베이스들이 평가되었다. 평가팀들은 소음, 지역 대기질, 온실가스배출 및 경제성 이론 등 많은 전문가팀들로 구성되었고, 평가할 때 분석된 내용들은 다음과 같다.

- Capabilities, Data requirements to support interaction with forecasting activities, Methodologies, Readliness, Transparency, Usability, Validation and Verification (V&V) 등으로 평가하였다

○ 평가결과 CAEP/8에서는 항공온실가스와 경제성 분석과 관련된 프로그램들을 승인하였으며, 항공온실가스와 관련된 프로그램은 AEDT/SAGE, AEM III,

16) CAEP : 항공한경보호를 위하여 국제적으로 모여진 위원회이며, CAEP에서 하는 주요 업무는 미래의 동향과 국제민간항공 산업을 위하여 항공기 소음 및 배기가스의 현재와 미래의 영향에 대한 규제 및 감축을 가능한한 다양한 방법들로 분석한다. 또한 이러한 연구들의 목표는 기술적 실현가능성, 경제적 타당성, 더하여 고려된 옵션들의 상층관계들을 평가하기 위함이다.

Aero2k, FAST 등이다.

- AEDT 프로그램은 BADA와 ANP, EDB를 데이터베이스를 이용하여 산정된다.

<표 28 > AEDT 구성

구분	분야	프로그램 또는 데이터베이스 이름	배포버전	지원기관
프로그램	GHG	AEDT/SAGE	1.4	US FAA
		AEM III	2.0	EUROCONTROL
		Aero2k	2.0	UK DfT
		FAST	-	UK DfT
	Economics	APMT/Economics	4.0.3	US FAA
		NOx Cost	4.0	CAEP
데이터베이스	All	Airport Database	1.5.4	US FAA, EUROCONTROL
	All	Common Operations Database	2.0	US FAA, EUROCONTROL
	LAQ, GHG	ICAO aircraft engine emissions databank (EDB)	16A	UK DfT, CAEP
	All	ANP - Aircraft Noise and Performance	1.0	EUROCONTROL
	All	Base of Aircraft Data (BADA)	3.6	EUROCONTROL
	All	FESG Traffic Forecast (pax. + cargo)	CAEP/8	ICAO Secretariat, CAEP, ICCAIA
	All	FESG Retirement Curves	CAEP/8	ICCAIA, CAEP
	All	Growth & Replacement Database	7	ICCAIA, CAEP

○ 또한, NLR에서 2000년도에 개발한 경제성 분석 및 의사결정 프로그램인 AERO-MS와 항공온실가스 산정하기 위한 LEAS-iT 프로그램을 검토하였다. AERO-MS 프로그램은 현재 EASA에서 유지관리를 책임지고 있으며, 2006년에 경제성 분석 데이터베이스 및 추가 기능들을 업데이트하였다.

○ 본 연구개발 목표시스템과 기능이 유사한 기능들과 해외 프로그램들을 비교분석한 결과는 아래 표와 같으며, 개발 시스템과 가장 유사한 시스템은 NLR 기관에서 개발한 AERO-MS 와 LEAS-iT을 결합한 시스템이다.

- 개발된 프로그램 중에서 현재 판매가 가능한 프로그램은 AEDT 프로그램이며, AEDT 프로그램도 상용버전만 판매가 가능하다.

- 항공온실가스 관련된 프로그램은 국가의 정책을 결정하는데 지원하는 프로그램이므로, 개발된 상태로 타 국가에 판매하기 매우 어려우며 현재 판매하고 있는 AEDT 상용화 버전은 정부가 사용하고 있는 AEDT 제품에서 항공온실가스 산정 및 소음을 분석할 수 있도록 기능을 간략화한 버전이다.

<표 29 > 항공 온실가스 분석툴 기능비교

국가	명 칭	산정				정책수립 지원	의사결정 지원	경제성 분석
		현재	미래	지상 이동	대기 질			
네덜란드	AERO-MS	O	O	X	X	O	O	O
	LEAS-IT	O	O	O	O	X	X	X
미국	AEDT	O	X	X	X	X	X	X
	APMT-E	X	X	X	X	O	O	O
유럽	AEM	O	X	X	X	X	X	X
영국	FAST	O	△	X	X	△	X	X

○ 개발 시스템과 가장 유사한 시스템은 AERO-MS 와 LEAS-iT을 결합한 시스템으로 우리는 국제세미나를 통해 목표시스템을 구체화 하였으며 이를 정리한 표는 다음과 같다.[17)]

<표 30 > 항공 온실가스 분석툴 기능비교

명 칭	산정			정책수립 지원	의사결정 지원	경제성 분석
	현재	미래	지상이동			
AERO-MS	O	O	X	O	O	O
LEAS-IT	O	O	O	X	X	X
APMT-E	X	X	X	O	O	O
항공온실가스 산정 및 예측시스템	O	O	O	O	O	O

17) 세부사항은 부록3 국제세미나 결과보고서 참조

2. AEDT 기능 분석[18)]

가. 개요

○ 본 과제에서 개발하고 있는 항공온실가스 산정 및 예측 시스템의 기본모듈인 온실가스 산정모듈과 가장 유사시스템인 AEDT 시스템의 UI 및 기능분석을 하였고, 그 결과를 토대로 개발 시스템의 UI 및 요구사항, 데이터베이스 등을 작성하였다.

○ AEDT 프로그램은 ICAO 항공온실가스 관련 회의의 주체인 CAEP 에서도 공식 소프트웨어로 인정할만큼 정확도 및 산정 결과의 신뢰성이 뛰어나며, 데이터베이스도 CAEP에서 인정하는 BADA 데이터를 사용한다.

○ 따라서 AEDT 프로그램의 경우 기능 분석을 위하여 프로그램을 구매하였으며, 매뉴얼 및 소프트웨어 구성/설치, 프로그램 내부 구조분석까지 실시하였다.

나. 소프트웨어 구성

○ 소프트웨어는 AEDT 소프트웨어와 필수 소프트웨어, 옵션 소프트웨어로 구분된다. AEDT 소프트웨어만 설치하여 운영되는 방식이 아닌 소프트웨어 프로그램, 데이터베이스, GIS 소프트웨어 등 여러 소프트웨어가 구분되어있는 방식이다.

○ 필수 소프트웨어와 옵션 소프트웨어의 구분은 필수 소프트웨어는 본 AEDT 메뉴와 직접적인 방식으로 운영되지만, 옵션 소프트웨어는 AEDT 프로그램의 INPUT 파일로서 옵션 소프트웨어의 결과 파일을 AEDT 프로그램에서 불러들여 최종 결과를 도출한다.

○ AEDT 소프트웨어는 AEDT 프로그램을 설치하는 주요 실행파일로서 총 두 개의 파일로서 'AEDT_2A_SP2_Installer.zip'과 AEDT_2A_SP2_Distributed_Installer.zip(option)' 설치파일로 구분되어있다.

---

18) KCT 위탁용역 보고서의 요약내용임

○ 필수 소프트웨어는 총 3개의 설치파일이 있으며, 데이터베이스 구성인 SQL ‘ＳＱＬ＿Ｓｅｒｖｅｒ＿２００８＿Ｒ２＿Ｅｘｐｒｅｓｓ＿ｘ６４．ｅｘｅ’과 ‘SQL_Server_2008_R2_Express_x86.exe’ 과 GIS맵을 구성하는 ‘ESRI_ArcGIS_Installer_v10.zip’과 차트를 작성하는 ‘MSChart.exe’ 으로 구분된다.

○ 옵션 소프트웨어는 소음 분석을 위한 INMASIFConverter.zip - INM to ASIF converter tool과 AEDT 프로그램을 운영하기 위한 데이터 작성 프로그램인 NIRS2ASIF.zip - for NIRS to ASIF converter tool 이다.

○ 소프트웨어 설치 순서는 필수 소프트웨어인 SQL과 GIS 설치파일을 우선설치하고 AEDT 프로그램을 설치하며, 구체적인 소프트웨어 설치 순서는 다음과 같다.

- Airport 데이터 - 표준 FAA와 국제 항공 운송 협회 (IATA) 코드를 사용하는 공항 데이터
- Fleet 데이터 - 사용 가능한 항공기 모델(기종, 엔진....)
- 기본 연구 데이터 - 새로운 연구를 만들고 추가하기 위한 기준 스키마
- NIRS(Noise Integrated Routing System) 연구 - Sample 데이터
- INM(Integrated Noise Model) 연구 - Sample 데이터
- BADA(Base of Aircraft Data)

○ 소프트웨어 주요 특징은 프로그램에서 공항정보 및 항공기 정보를 가지고 있지만, 프로그램 시나리오는 옵션 프로그램을 실행하여 시나리오를 구성한다.

- XML 기반의 AEDT Standard Input File (ASIF) 을 이용한 연구 모델 등록 : 4D 궤도, 차량 정보, 이벤트 할당의 대용량 데이터를 포함
- 변경 분석 및 영향 평가 : 영공 재설계 및 절차 변경에 대한 소음 변화 분석 및 영향 평가
- 일부 ASIF 추가 : 점진적으로 기존 연구에 추가 지원
- 분산 처리 : AEDT 2A의 처리 시간을 단축하기 위해 원격 서버에 걸쳐

다수의 작업을 실행할 수 있는 기능을 제공

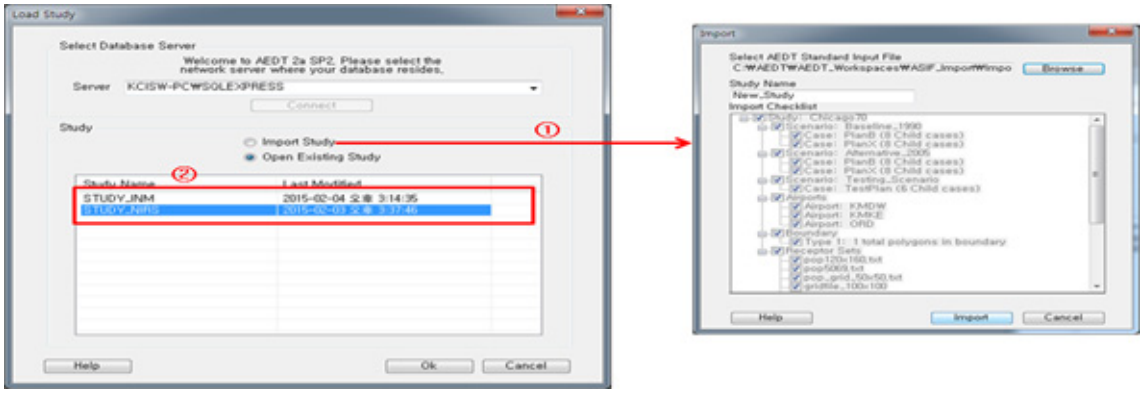
- Helicopter Modeling

다. 소프트웨어 기능

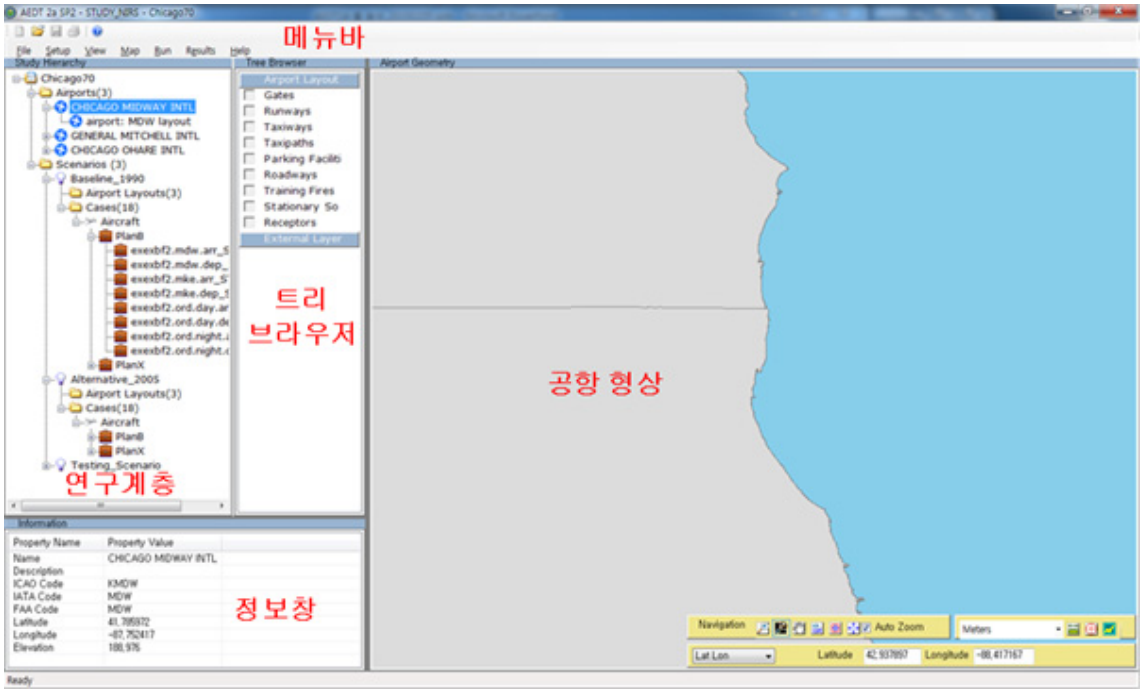
○ 소프트웨어를 실행하게 되면, 시나리오를 선택하는 창이 뜨게되고, 선택하는 창에는 Import Study, Open Existing Study를 선택하게 되어있다.

- Import Study : 새로운 연구를 등록하기 위해서는 ASIF를 사용 (AEDT에서 ASIF 생성은 지원 않함)

- Open Existing Study : 기존의 연구 데이터베이스 목록에서 원하는 연구를 선택



○ UI 구성은 상단 메뉴바, 왼쪽 연구트리, 트리브라우저, 정보창이 표시되며, 메인창은 GIS 맵이 표시되며, 각 기능별 세부사항은 다음과 같다.



- 연구계층은 구조, 공항, 시나리오, 케이스를 나타내며 현재 로딩한 시나리오 파일에 대한 구조가 표현되어있다.

- 트리브라우저는 공항 형상에 볼 수 있는 GIS 레이어를 표현하며, 트리 브라우저에서 해당 레이어를 선택하면 해당그래픽에 표시된다.

  (기본 레이어는 공항 레이어 요소(Gates, Runway, Taxiway등)를 나열하고 트랙, 비행성능, 영역, 소음등고선, impact sets, change zone등을 포함)

- 공항형상은 GIS 맵에 활주로, 수용체, 트랙, 비행 성능, 소음 등고선, 충격 세트, 및 외부 등을 표출한다.

- 정보창은 현재 선택된 연구 계층의 항목, 트리 브라우저 또는 공항 형상의 속성을 표시한다.

○ AEDT 프로그램의 데이터 설정은 주로 ASIF 옵션 프로그램을 이용하여 추가가 가능하며, 추가적인 데이터 설정은 다음과 같다.

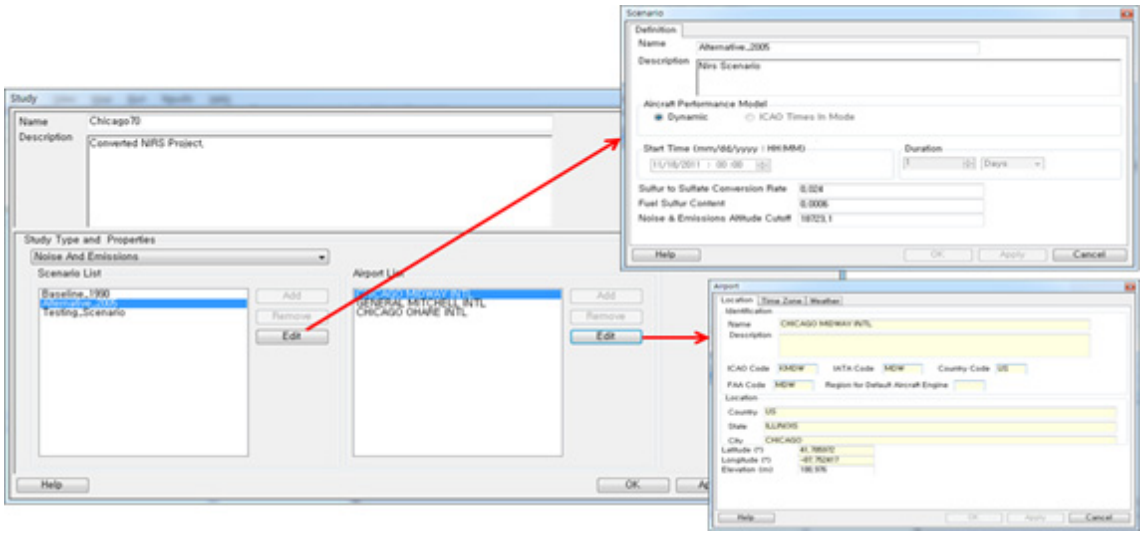
- 인구 데이터 -> Population Import Tool을 통해 연구에 인구 데이터를 추가가 가능하다

- GIS 레이어 -> 메뉴바에서 새로운 GIS 레이어를 추가한다.

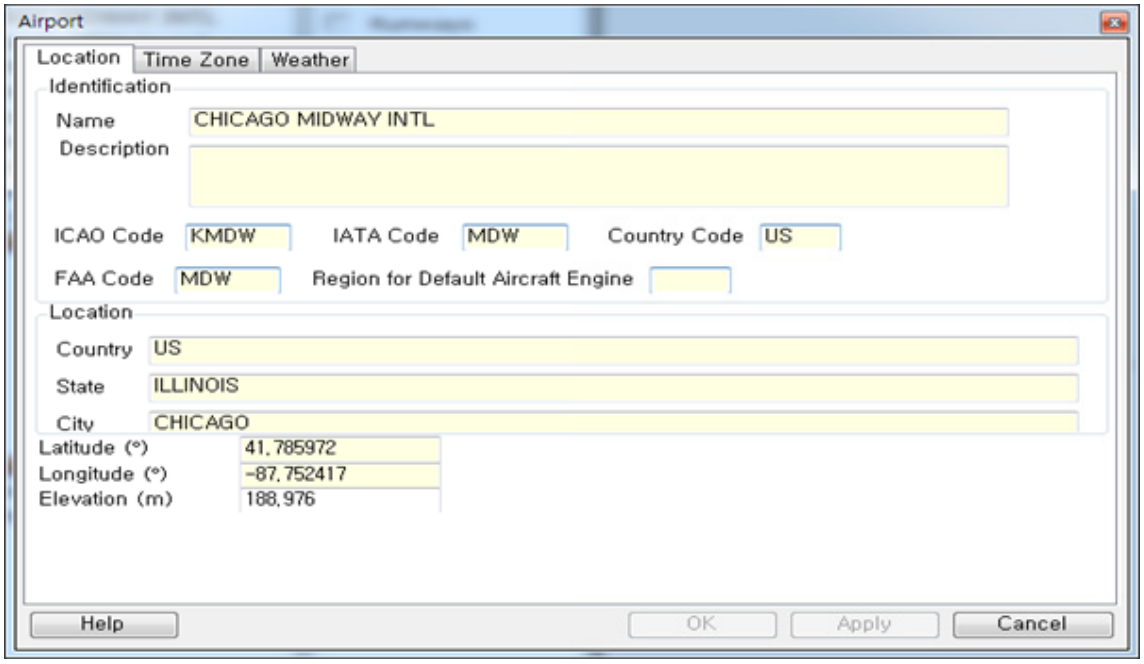
- 지형 파일 -> 메뉴바 Setup->File Paths에서 지정한다.

- 날씨 파일 -> 메뉴바 Setup->File Paths에서 지정한다.

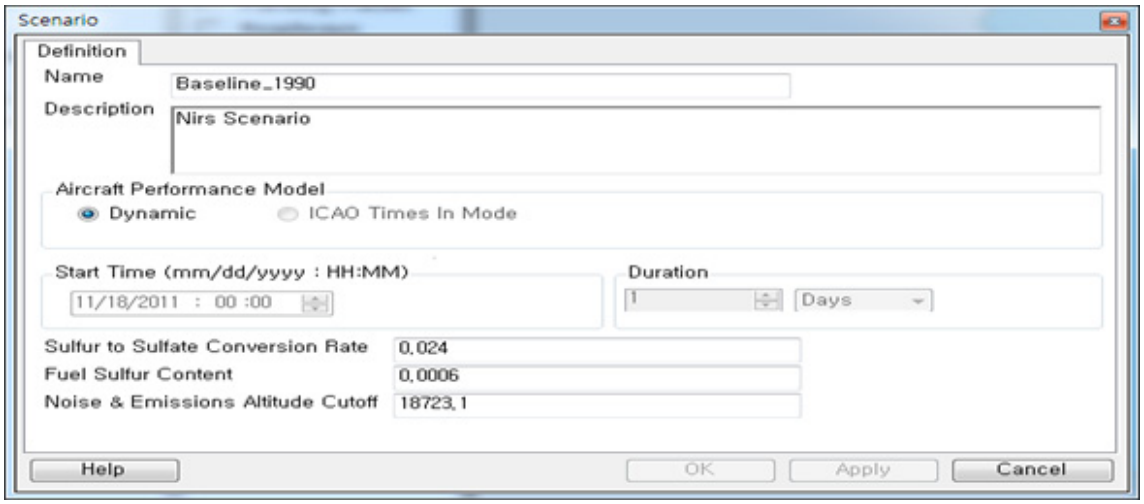
○ 연구정보 설정은 -> Menu->Setup->Study Setup 로 하며, 연구 이름과 설명 수정, 연구 속성과 타입의 지정, 시나리오 및 공항정보도 수정이 가능하다.



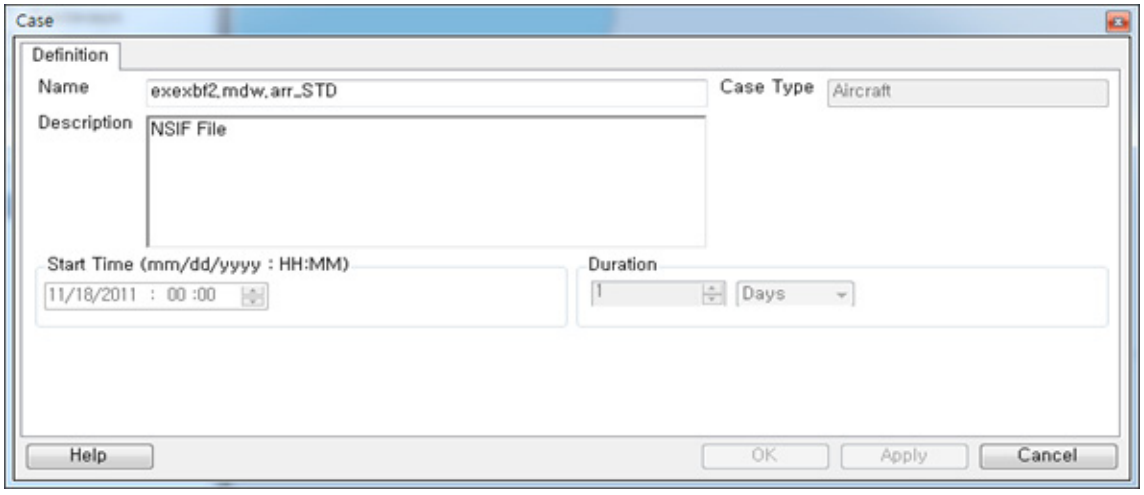
○ 공항 설정은 연구 계층에서, 공항 레이아웃에서 공항명을 더블 클릭으로 창을 오픈 하여 공항 정보이 가능하다.



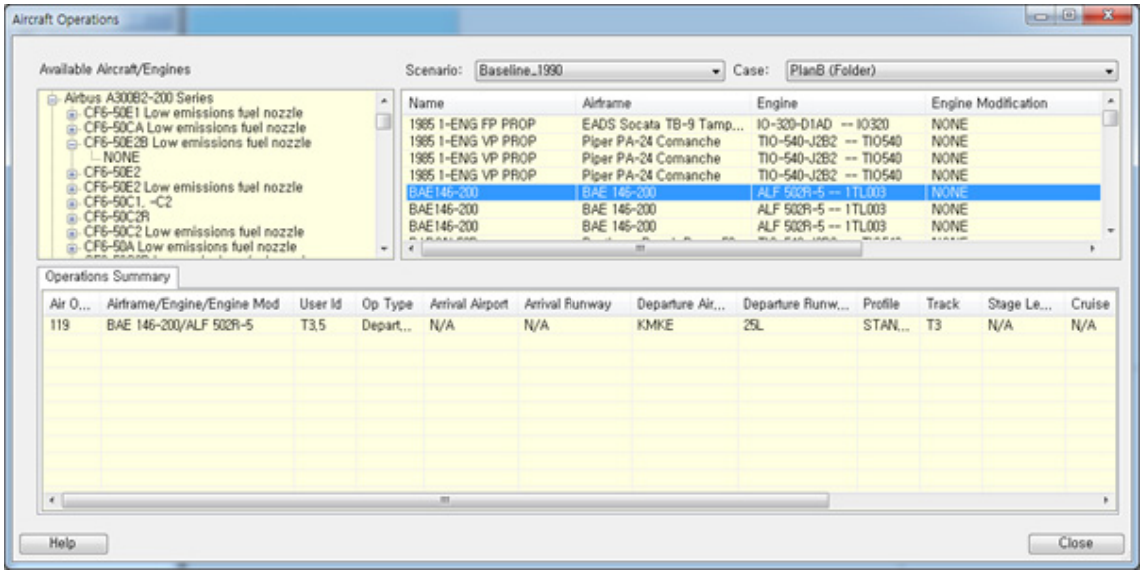
○ 시나리오 설정은 AEDT GUI가 아닌, ASIF 로 작성하여 수정을 해야하며, 작성된 시나리오 값에 수정이 가능한 기능은 황산염에 황산 전환율, 연료 황 함량, 소음 및 배출 고도 컷오프 값등을 입력한다



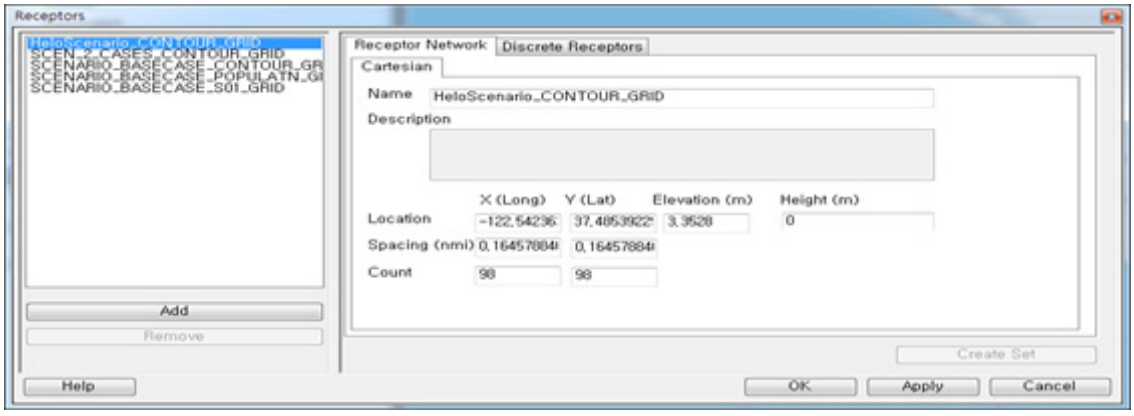
○ 케이스도 AEDT 프로그램에서 수정할 수 있는 사항은 아니며, ASIF에서 작성할 수 있고, 프로그램에서 수정은 케이스 이름 및 설명이 가능하다.



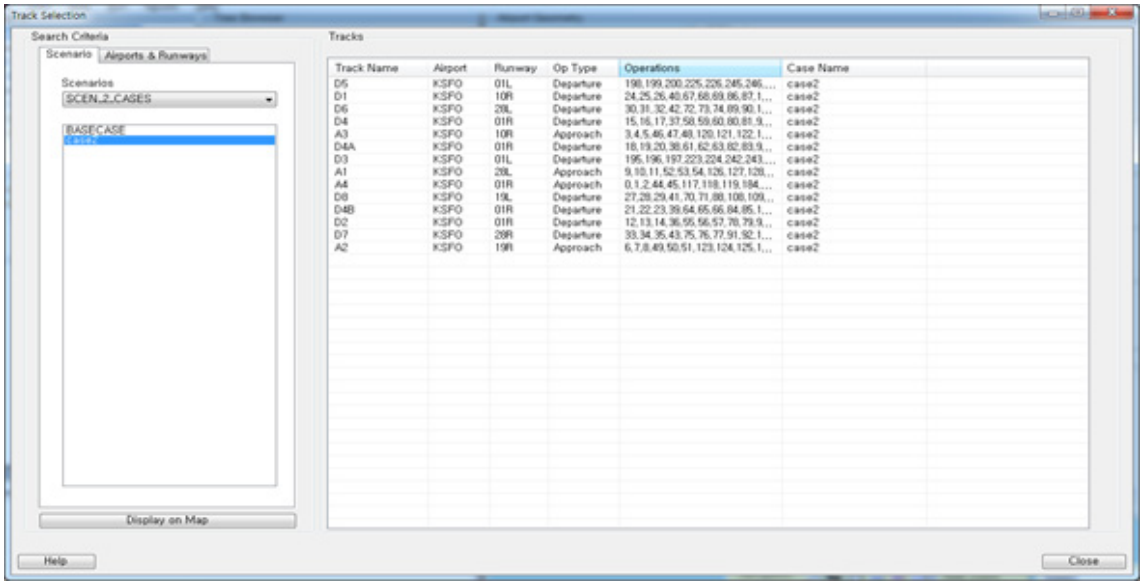
○ 항공기 운영정보는 ASIF 옵션 프로그램을 이용하여 수정해야하며, AEDT 프로그램에서는 연구계측 구조에서 최하위 케이스에서 edit operations을 선택하여 케이스별 항공기 운영 정보를 알 수 있다.



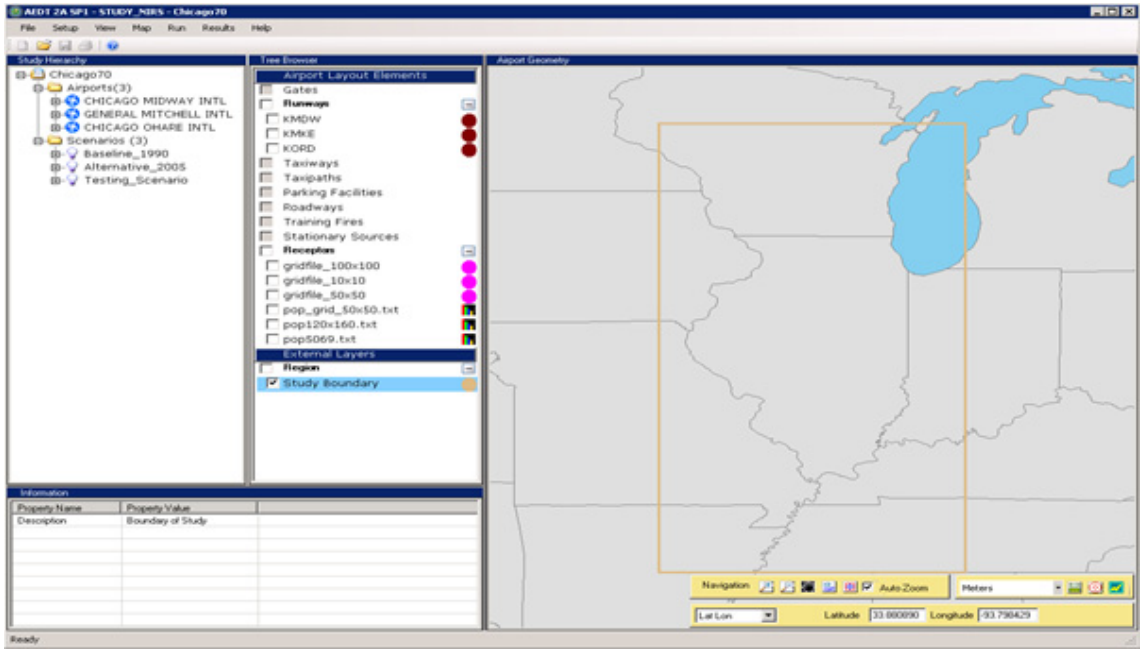
○ Receptors와 Receptor 세트 설정은 GUI 또는 ASIF 옵션 프로그램을 이용하여 설정이 가능하며, Receptor는 설명, 위도, 경도, 고도, 높이, 공간, 카운트 설정하며, Receptor 세트는 수용체 한 유형의 집합으로서 하나이상의 Receptor를 수집할 수는 없다.



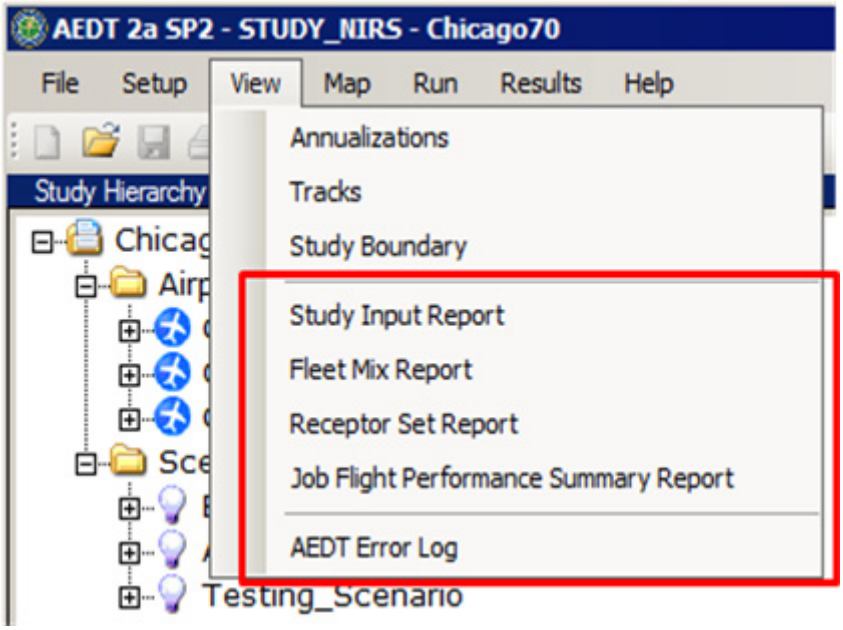
○ AEDT 프로그램에서 GIS 맵에 트랙을 표시하는건 시나리오 및 공항&활주로 탭에서 시나리오별 공항, 활주로 시단, 운영 유형을 선택하여 지도에 표시하면 된다.



○ 분석범위는 ASIF를 통하여 생성된 분석범위를 지도에 표시한다.



○ 보고서 출력은 Study input report와 fleet Mix Report, Receptor Set Report, Job Flight Performance Summary Report 가 있으며, 보고서 형태별로 파라미터가 달리 표시되어 분석결과가 도출된다.


AEDT 2a SP2 - STUDY_NIRS - Chicago70
File
Setup
View
Map
Run
Results
Help
Annualizations
Tracks
Study Boundary
Study Input Report
Fleet Mix Report
Receptor Set Report
Job Flight Performance Summary Report
AEDT Error Log
Study Hierarchy
Testing_Scenario

3. PIANO-X 기능 분석

가. 개요

○ PIANOX 프로그램은 항공온실가스 산정 알고리즘의 비교대상 프로그램으로서, 1차년도 세종대학교에서 프로그램을 이용한 결과 도출 및 검증 분석환경에 대한 연구를 진행하고 있다.

○ PIANOX 프로그램은 항공기 엔진의 배출량에 관련된 분석을 실시하는 툴이며, 배출가스에 대한 값은 NOx, HC, CO, CO2 가 발생되는 값들이 해석된다. 특히 항공기의 엔진의 연료소비율(SFC, Specific Fuel Consumption) 값이 변경됨에 따라 배출가스 및 연료 소모량 변화를 구체적으로 알 수 있는 프로그램이다.

○ 특히 세종대학교에서는 개발하는 산정 알고리즘과 엔진 성능부문에 비교분석을 실시하여 발생하는 오차 값을 확인한다. 현재 개발하는 알고리즘은 BADA 데이터를 사용하지만, PIANOX는 자체분석한 데이터베이스를 사용하므로, 이에 대한 오차 값을 파악하여 정확한 값을 비교하는 것이 중요하다.

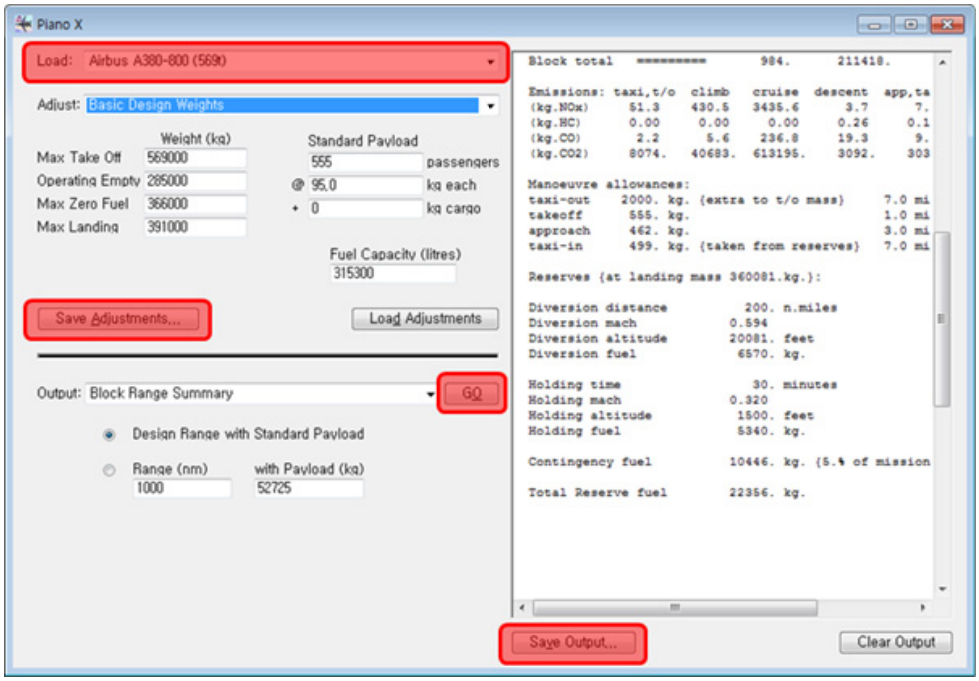
○ PIANOX는 프로그램의 기능 위주로 분석을 실시하였고, 추가로 매뉴얼 및 소프트웨어 구성 분석을 실시하였다.

나. 파일구조 및 메뉴

○ PIANO-X 프로그램의 파일구조는 항공기와 관련된 pianox-planes 와 조정변수와 관련된 pianox-adjustments 디렉토리로 분류되어 존재된다.

○ 메뉴는 Load, adjust, output 등 3개가 존재하며, 각 메뉴마다 주요 기능은 다음과 같다.

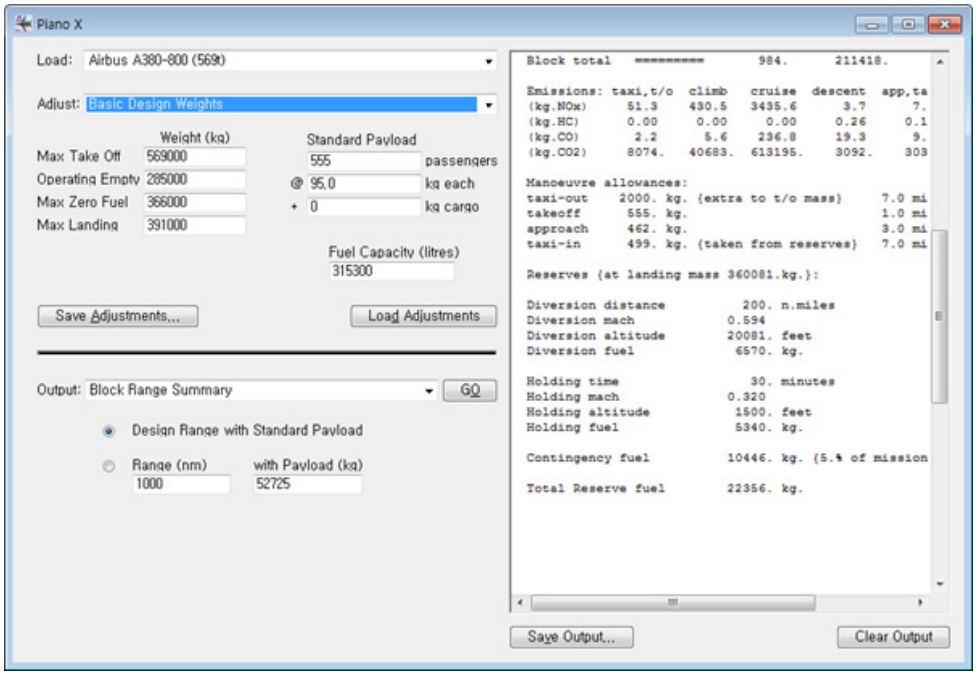
- Load : 항공기 선택
- adjust : 인자값 선택
- output : 결과 값 도출



다. piano-x 기능

○ piano-x 기능은 기본 무게, 추력/항력/연료흐름, 배출 지수, 속도와 비행고도, 보유량/허용량, 단위성능, 블록범위 및 비행 프로필, 상세 비행 프로필, 블록 성능 테이블, 지점 성능, 유상하중범위, 이륙/착륙 필드 길이로 되어있다.

○ 기본 무게(Basic Weight)는 항공기에 유상승객이 탑승하지 않은 상태이며, 항공사에서 SOW(SOW, Standard Operation Weight) 및 BEW(Basic Empty Weight)와 동일한 무게이다.



- Weight

  · Max Take Off Weights (최대이륙 중량)

  · Operating empty weight (운영 빈 무게 중량)

  · Maximum zero fuel weight (최대 제로 연료 중량)

  · Maximum landing weight (최대 착륙 중량)

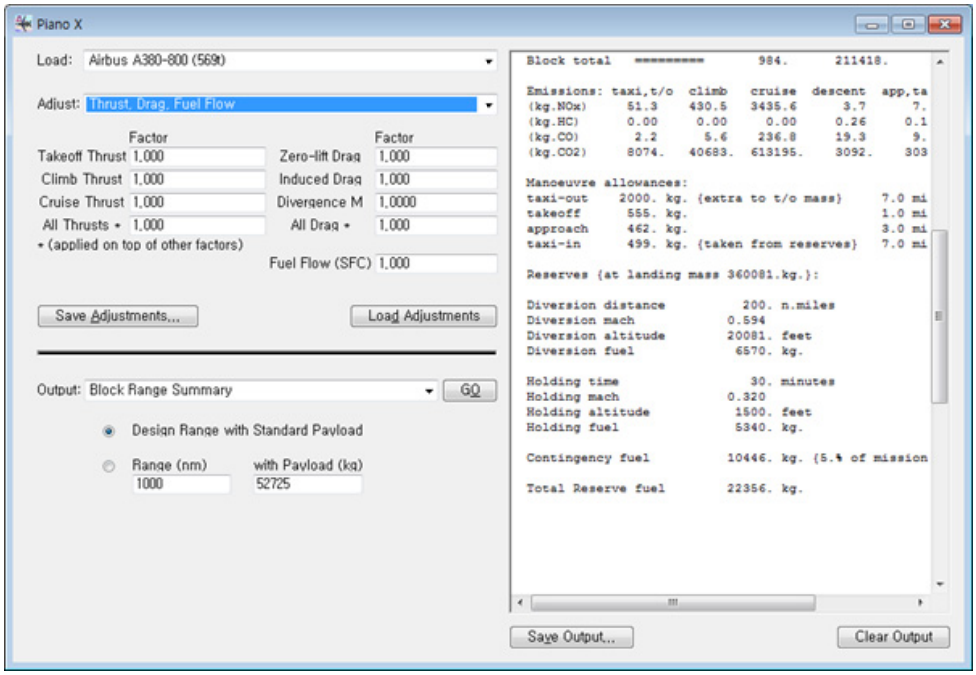
- Standard Payload

  · Passengers (승객)

  · Cargo (카고)

- Fuel Capacity(liters) (연료 용량)

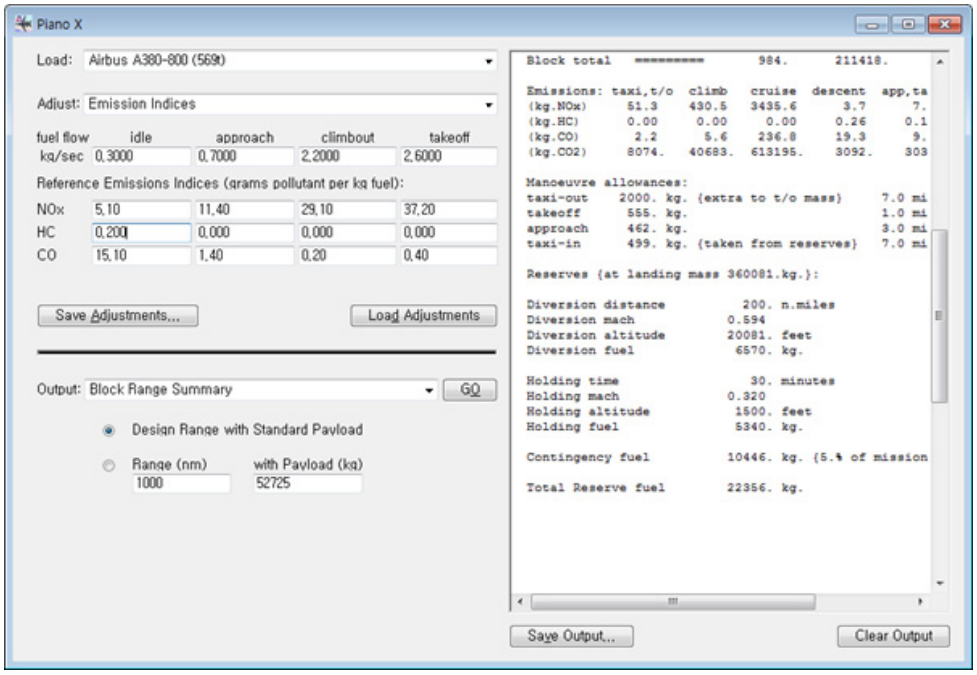
○ Load에서 선택된 항공기에 대한 성능을 조절변수로서 추력(Thrust), Drag, 연료흐름(FuelFlow)이고, 추조 factor를 조절하여 결정한다.



- Thrust Factor
  - · Takeoff Thrust (이륙 추력)
  - · Climb Thrust (상승 추력)
  - · Cruise Thrust (순항 추력)
  - · All Thrusts (다른 추력상에 제일 우선순위 적용)
- Drag Factor (Drag-항력?)
  - · Zero-lift Drag
  - · Induced Drag (유도 항력)
  - · Divergence M (발산 M)
  - · All Drag (다른 항력)
- Fuel flow (SFC) (연료 흐름)

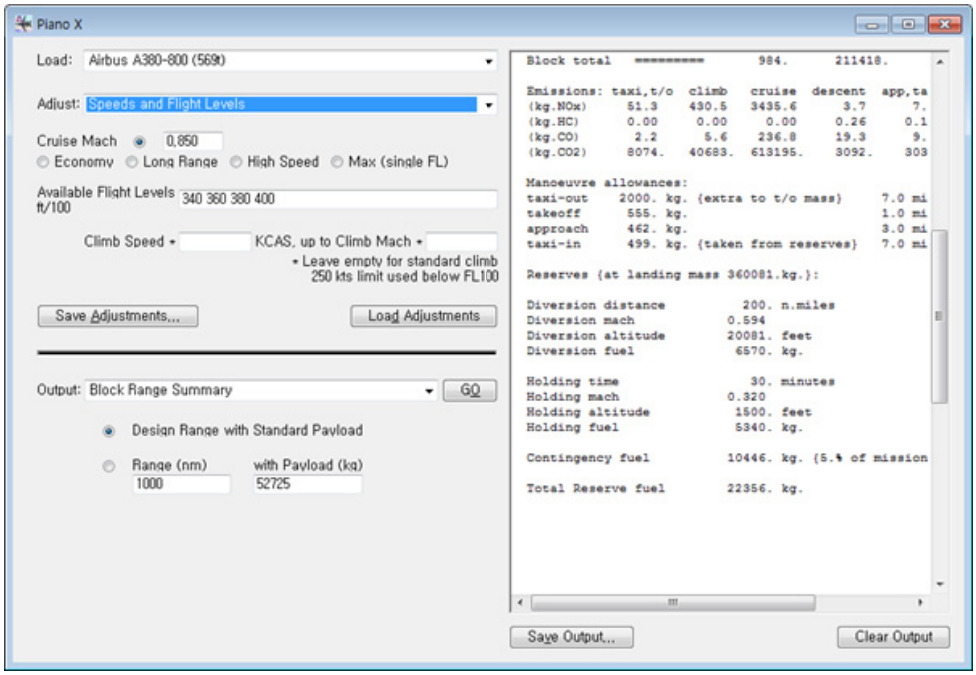
○ 배출 지수(Emission Indices)는 항공기의 연료가 소모되면서 발생될 수 있는 변수들을 조절하며, 변수들은 항공기의 상태인

idle, approach, climbout, takeoff 로 구분하여 입력한다.



- Fuel Flow (단계별 연료 소모량, 단계는 ICAO aircraft engine emissions databank 구분에 의한 분류)
  - · Idle(유휴)
  - · Approach(진입)
  - · Climbout(이륙중의 급상승)
  - · Takeoff(이륙)
- Emission Indices(단계별 kg 당 단순 오염물질 배출량)
  - · NOx (질소)
  - · HC (탄화수소)
  - · CO (탄소)

○ 항공기의 상승속도와 순항 속도, 순항고도를 입력할 수 있으며, 항공기의 속도는 직접입력을 하거나, 기존에 입력된 4가지 값에 따라서 선택이 가능하다.



- Speed

  · Cruise 속도 직접입력 또는 아래의 값 선택가능

  (Economy, Long Range, High Speed, Max)

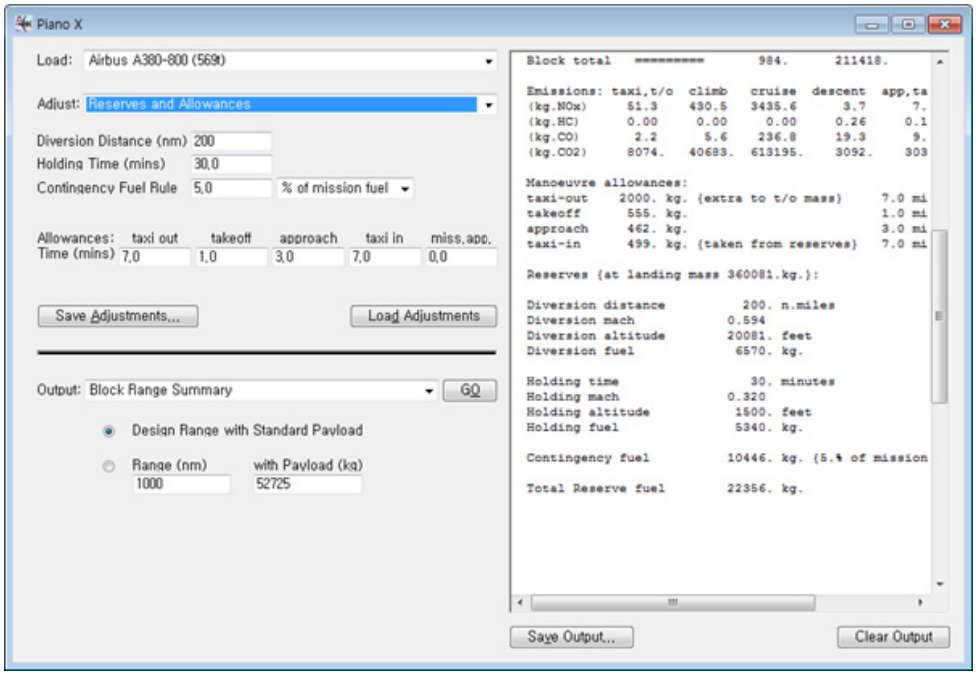
  · Climb Speed 선택 가능, 않넣으면 시스템이 입력함

  · Up to Climb Mach 선택 가능, 않넣으면 시스템이 입력함

- Flight level

  · Available Flight level을 넣을수 있음

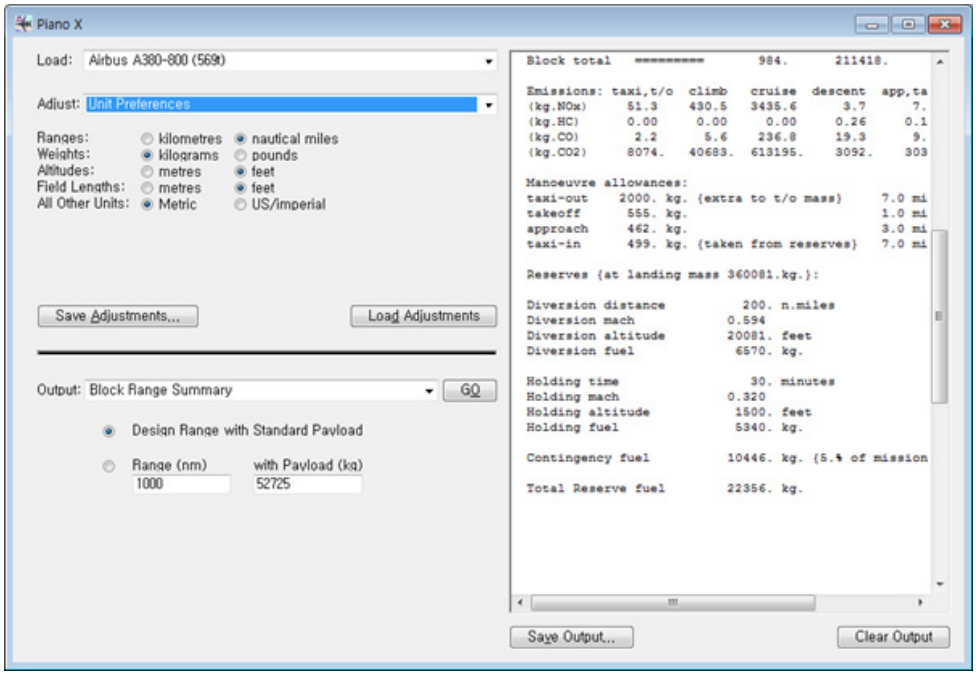
○ 예비연료 및 허용량(Reserves and Allowances)은 비행계획을 수립할 때 항공법에서 제시되어있는 예비탑재연료량을 입력하도록 되어있다.



- Diversion Distance (우회 거리)
- Holding Time (보류시간)
- Contingency Fuel Rule (비상연료)
- Allowance

  (Taxi out, Takeoff, Approach, Taxi in, Miss. App)

○ 단위설정(Unit Preferences)은 항공기의 거리 및 무게, 고도, 활주로 거리 등에 대한 기준을 미터/그램 와 피트/파운드 두가지 기준에 충족이 되도록 기능에서 구분이 가능하다.



- Ranges : kilometers, nautical miles

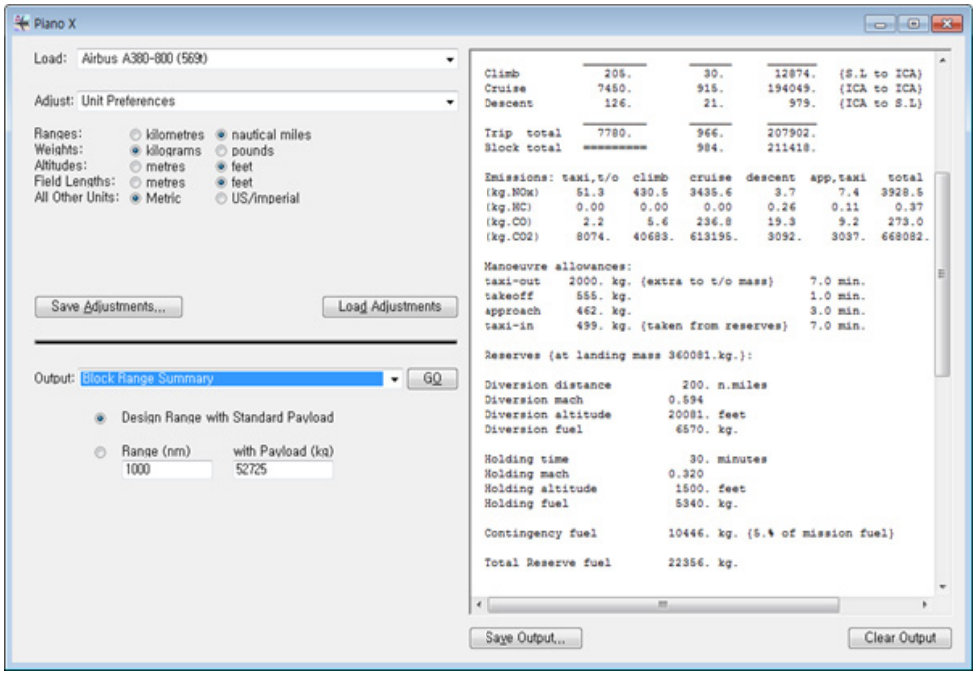
- Weights : kilograms, pounds

- Altitudes : metres, feet

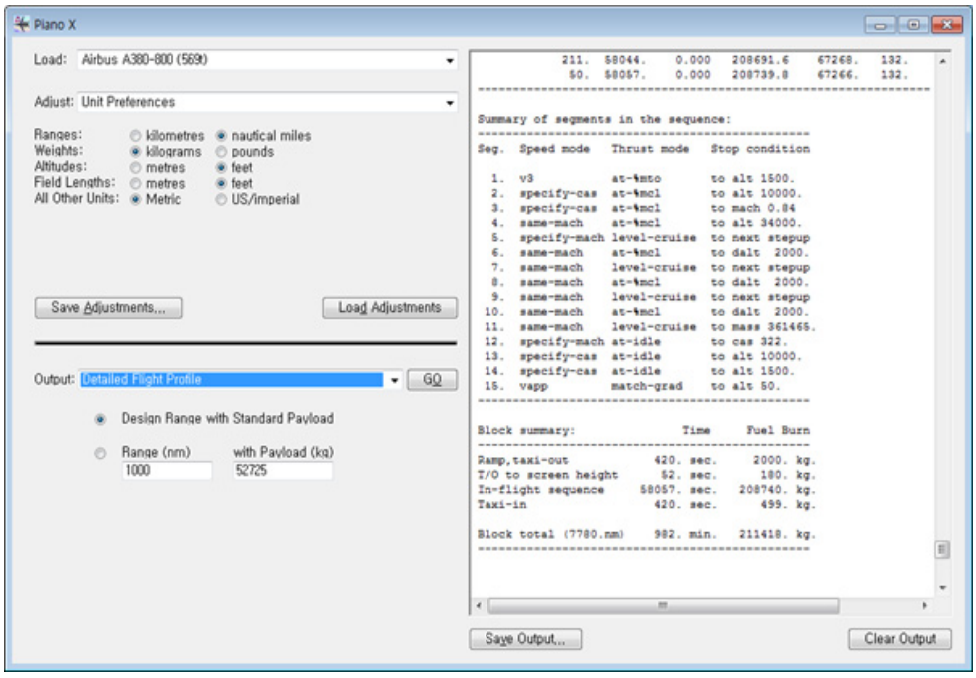
- Field Lengths : metres, feet

- All Other Units : Metris, US/imperial

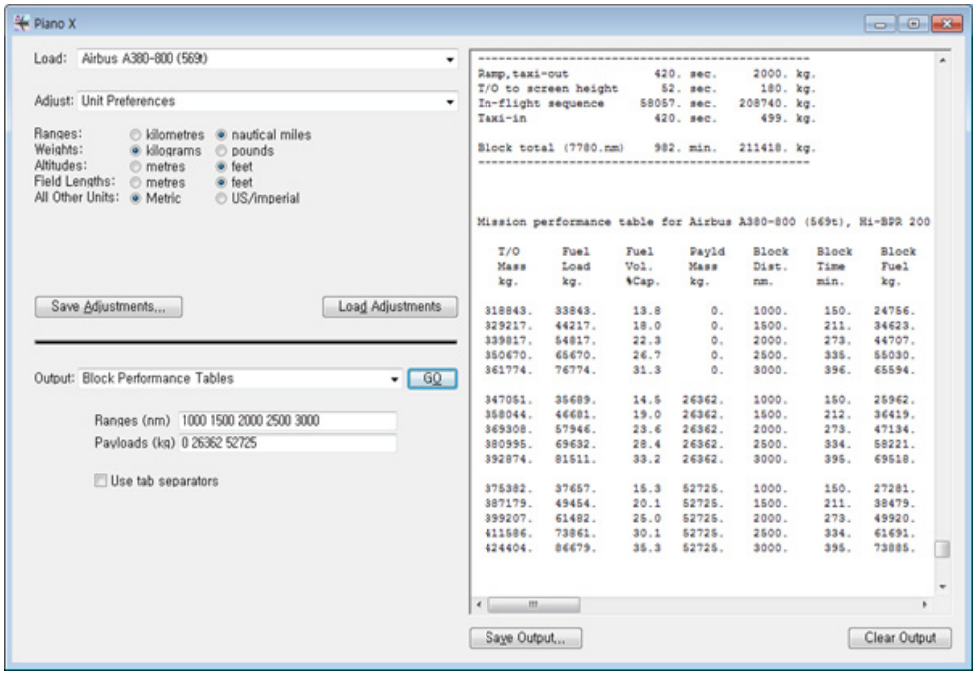
○ 블록 범위 및 비행 프로필(Block Ranges and Flight Profile)은 pianox를 운영한 결과 값에 대한 표출범위를 설정하는 것으로서, 필요시간, 거리, 연료소모량, 오염물질 배출 등이 표출된다.



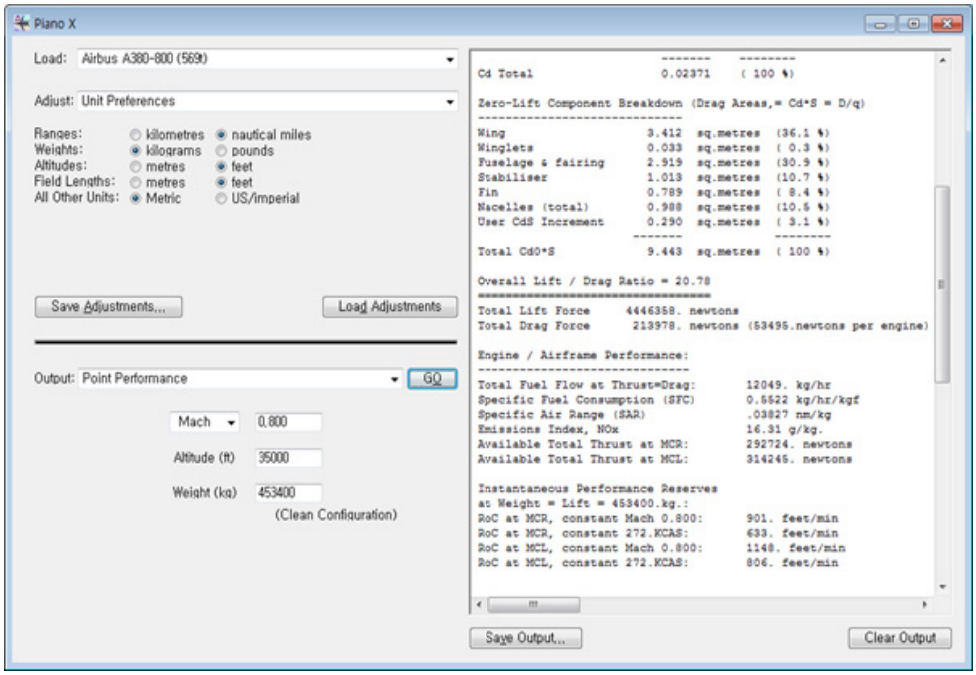
○ 상세비행프로필(Detailed Flight Profile)은 전체 비행에 대한 상세한 정보를 알 수 있으며, 결과 값은 비행단계별로 구체적으로 표출된다.



○ 블록 성능테이블(Block Performance Table)은 선택된 항공기의 성능 결과값을 표출하며, 표에서는 거리와 하중에 따라서 다양한 결과값을 도출할 수 있도록 한다.

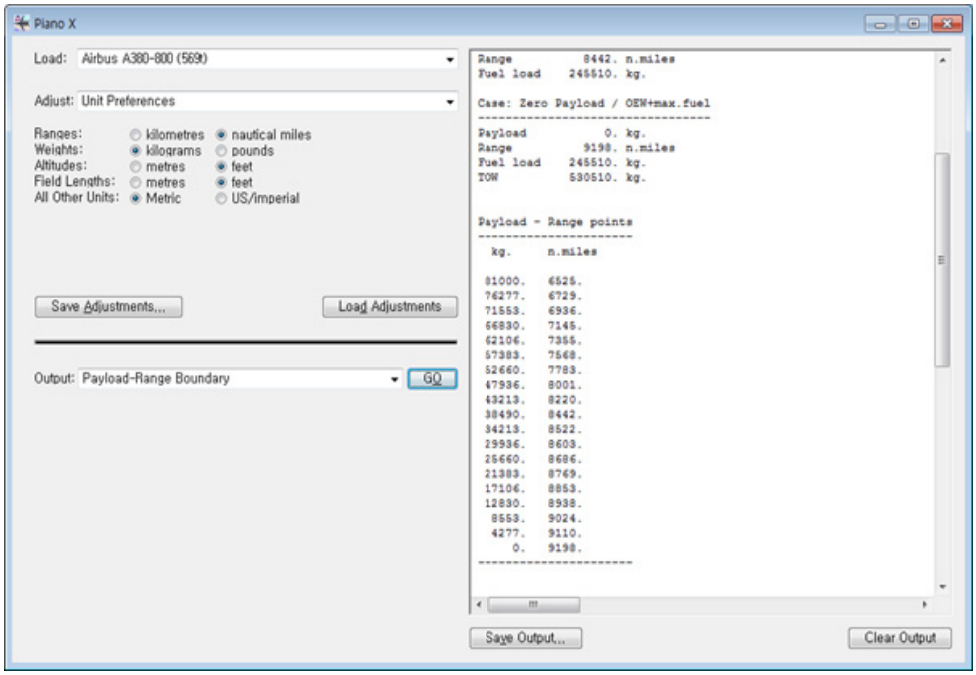


○ 지점성능(Point Performance)은 특정 속도, 특정 고도, 무게에 대한 순간 항공기의 세부정보를 생성할 수 있도록 표출한다.

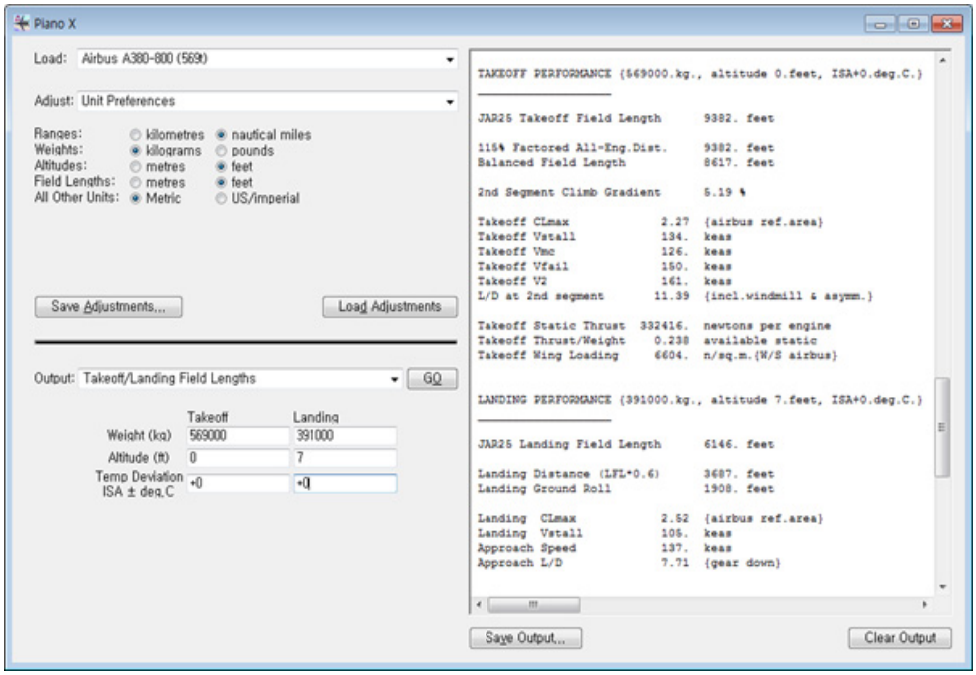


- 속도 : mach, km/h
- Altitude
- Weight

○ 유상하중범위(Payload-Range Boundary)는 유상하중에 따라 항공기가 운항할 수 있는 범위를 알려주는 기능이며, 항공기에 따라서 유상하중의 최대 값이 다르며, 이에 따른 거리결과도 달라진다.



○ 이륙/착륙 활주로 길이(Takeoff/landing Field Lengths)는 항공기별, 항공기 중량별 사용하는 활주로 길이가 달라지며, 환경적인 요소인 공항의 고도, 온도에 따라서도 달라진다.


Piano X
Load: Airbus A380-800 (569t)
Adjust: Unit Preferences
Ranges: kilometres nautical miles
Weights: kilograms pounds
Altitudes: metres feet
Field Lengths: metres feet
All Other Units: Metric US/imperial
Save Adjustments...
Load Adjustments
Output: Takeoff/Landing Field Lengths
GO
Takeoff
Landing
Weight (kg) 569000 391000
Altitude (ft) 0 7
Temp Deviation ISA ± deg.C +0 +0
TAKEOFF PERFORMANCE (569000.kg., altitude 0.feet, ISA+0.deg.C.)
JAR25 Takeoff Field Length 9382. feet
115% Factored All-Eng.Dist. 9382. feet
Balanced Field Length 8617. feet
2nd Segment Climb Gradient 5.19 %
Takeoff CLmax 2.27 {airbus ref.area}
Takeoff Vstall 134. keas
Takeoff Vmc 126. keas
Takeoff Vfail 150. keas
Takeoff V2 161. keas
L/D at 2nd segment 11.39 {incl.windmill & asymm.}
Takeoff Static Thrust 332416. newtons per engine
Takeoff Thrust/Weight 0.238 available static
Takeoff Wing Loading 6604. n/sq.m.{W/S airbus}
LANDING PERFORMANCE (391000.kg., altitude 7.feet, ISA+0.deg.C.)
JAR25 Landing Field Length 6146. feet
Landing Distance (LFL*0.6) 3687. feet
Landing Ground Roll 1908. feet
Landing CLmax 2.52 {airbus ref.area}
Landing Vstall 105. keas
Approach Speed 137. keas
Approach L/D 7.71 {gear down}
Save Output...
Clear Output

제5장 DBMS 설계[19)]

1. DBMS 개념설계

가. 개념데이터

○ 개념설계 단계에서 DBMS 구성은 총 6개의 핵심엔터티를 도출하였고, 도출된 6개의 핵심 엔터티를 다시 상세논리설계로 구성하였다. 핵심엔터티는 개발시스템에서 가장 많이 사용되는 핵심 키워드인 공항, FLEET, 항공/비행, 기후, 통계, 알고리즘으로 구분되었다.

○ 또한 1차년도 분석한 AEDT 프로그램의 DB 구조에서도 핵심 데이터들이 포함되어 있으며, DB의 개념설계로 개발 시스템에 필요한 사항들을 정의하는 단계로서 상세설계시 DB구축 시간을 최소화하기 위한 용도로 설계되었다.

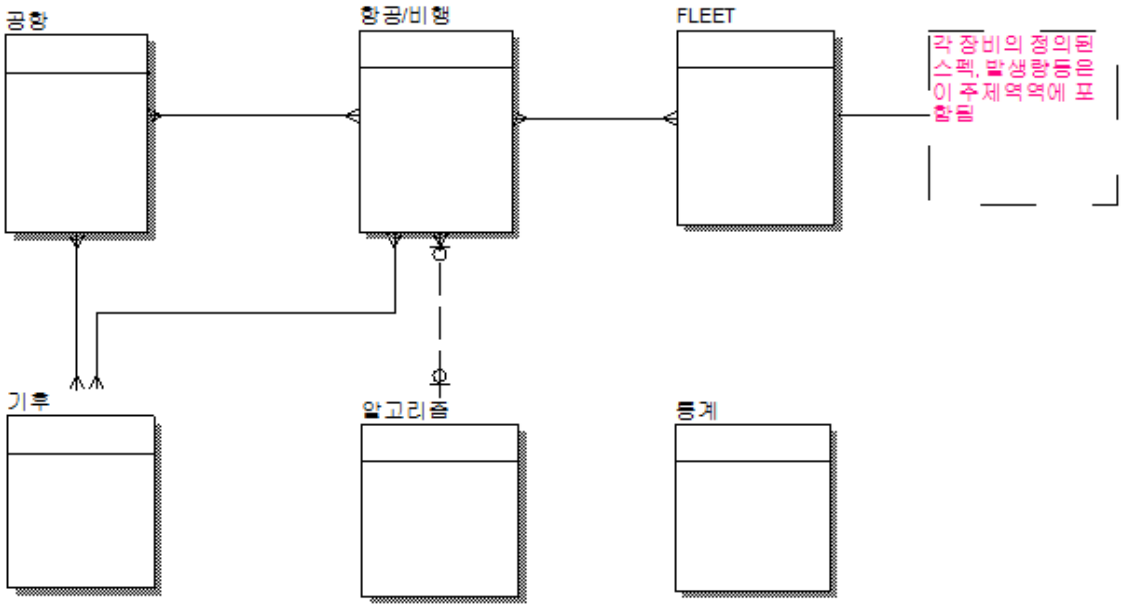
- DBMS의 개념설계를 위해 AEDT2a 분석결과, KAIST 알고리즘, 사용자 요구사항 등을 검토하였다.
- FLEET의 경우 AEDT2a의 데이터모델을 분해했을 경우 최종적으로 도출되었다
- KAIST에서 제공한 온실가스 산정 알고리즘은 단일 비행을 기본으로 제공됨으로 항공/비행 주제영역이 도출된다. 또한 항공/비행 주제영역은 단일 비행을 큰 개념의 집합으로 표현할 수 있는 시나리오를 포함한다
- 기후조건을 배출량 산정에 반영해야 하는 사용자 요구사항과 관련하여 기후 주제영역이 도출되었다
- 그외, 최종결과를 빠르게 확인 할 수 있는 통계데이터, 알고리즘에 파라미터를 제공하는 알고리즘 주제영역이 도출되었다

19) 상용툴 개념설계를 진행한 KCT 위탁용역 보고서 내용을 수록함

○ 주요 엔터티의 정의는 다음과 같다.

레벨	주제 영역명	설명	대표 엔터티
	공항	각 공항의 데이터 및, 공항관련 데이터	AIRPORT
	FLEET	각 유닛의 장비 및 성능데이터	FLEET
	항공/비행	항공기별 항공 자료 데이터, 노선데이터	AVIATION
	기후	위치 별 기후 데이터, 몇 년치 통계데이터이며, 실시간 기후 데이터는, 항공데이터에서 처리	CLIMATE
	통계	고객이 요구사항에 대한 통계데이터	TOT_XXX
	알고리즘	알고리즘과 연관된 각종 기준 및 Parameter	ALGORITHEM

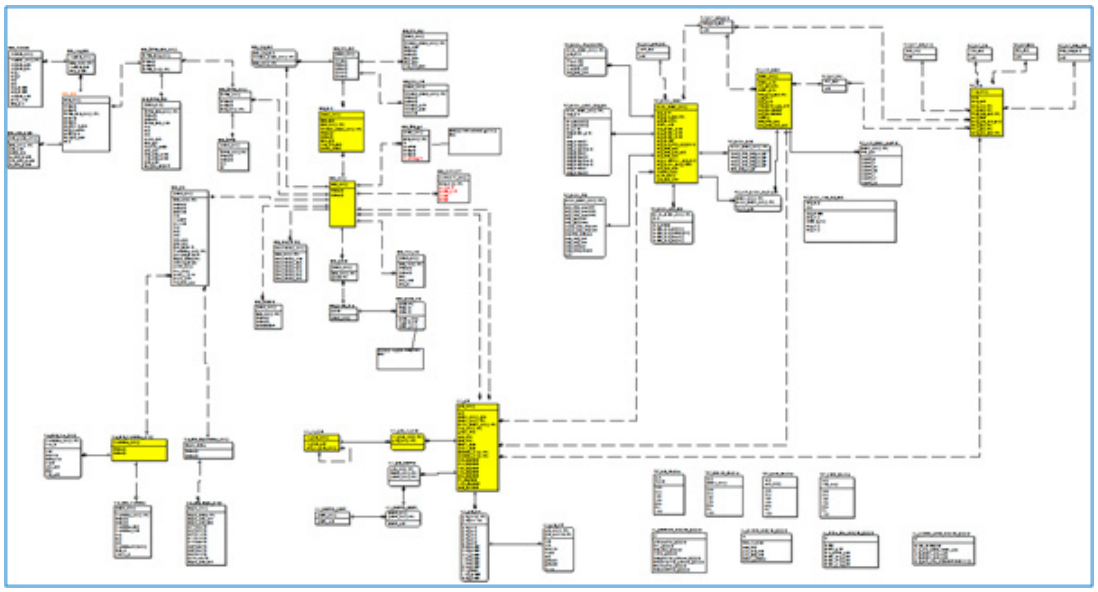
○ 핵심 엔터티가 도출 된 후, 상세적으로 서브 엔터티가 도출하였고, 현단계에서 공항, 항공/비행, FLEET,기후는 M:M 관계로 도출되었으며, 논리모델링 단계에서는 여러 개의 1:M 관계로 풀게 된다



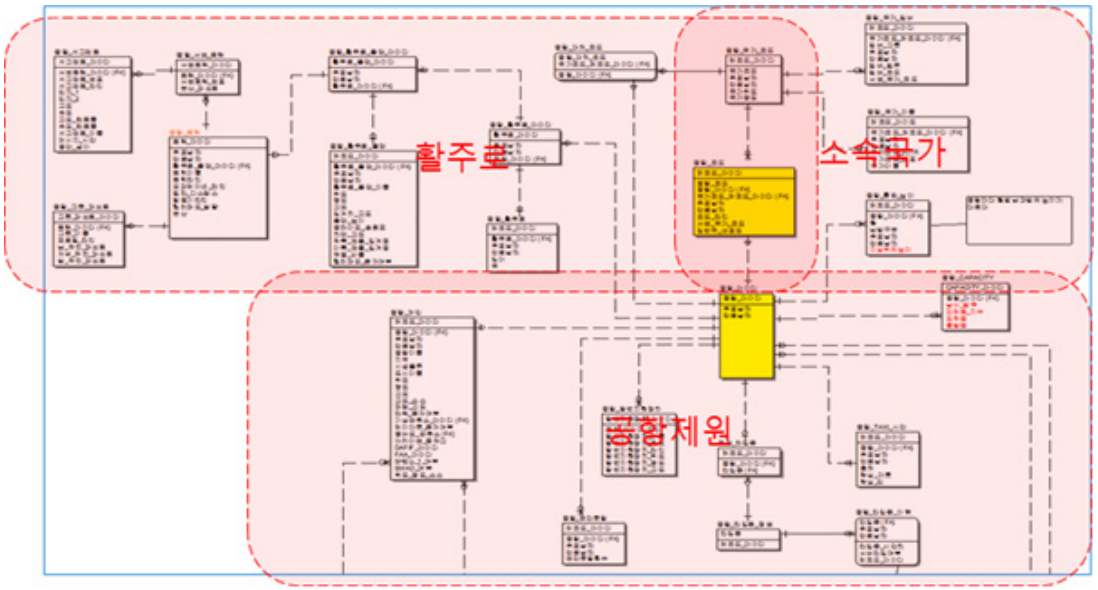
나. ERD

○ ERD는 주로 AEDT 프로그램의 데이터 모델링과 요구사항 정의에 따른 내용에 따라 내요을 복합적으로 구성하였으며, 작성은 ER-Win 7.2를 사용하여 작성하였다.

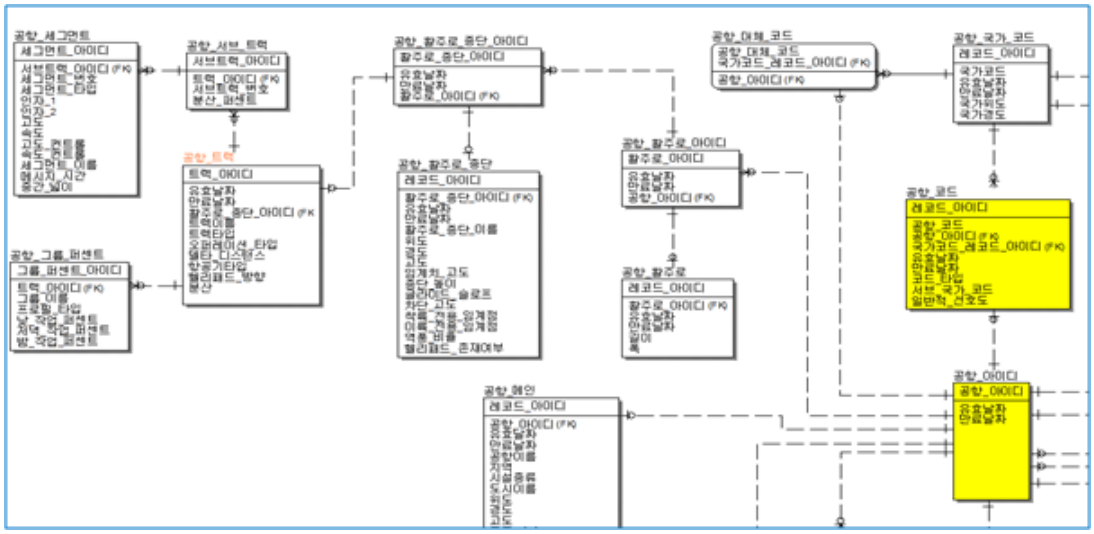
○ 전체 논리 모델링은 다음과 같다.



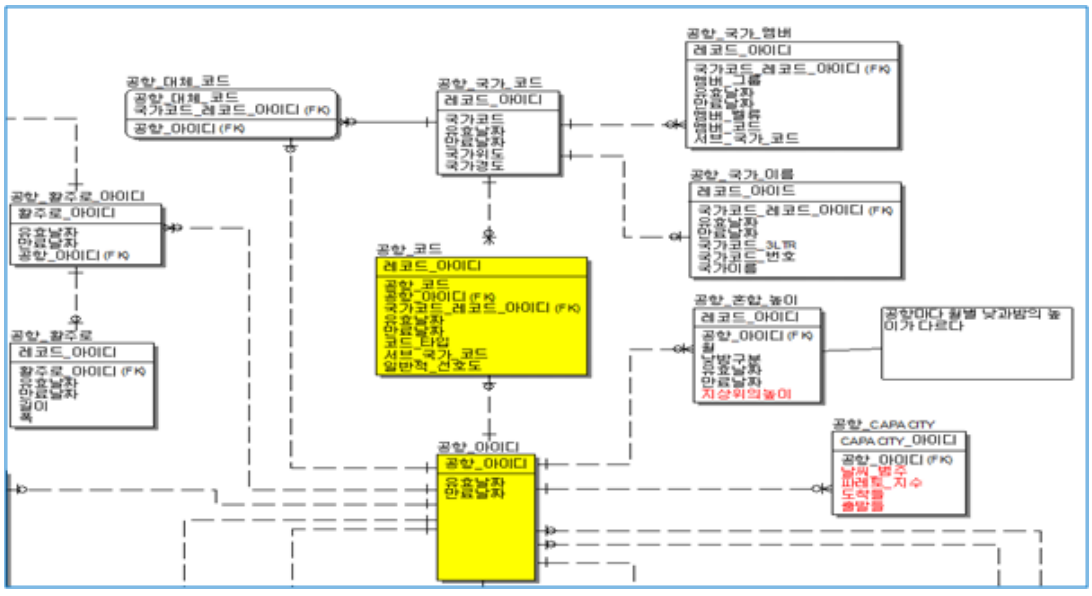
○ 공항 전체 모델링은 다음과 같다.



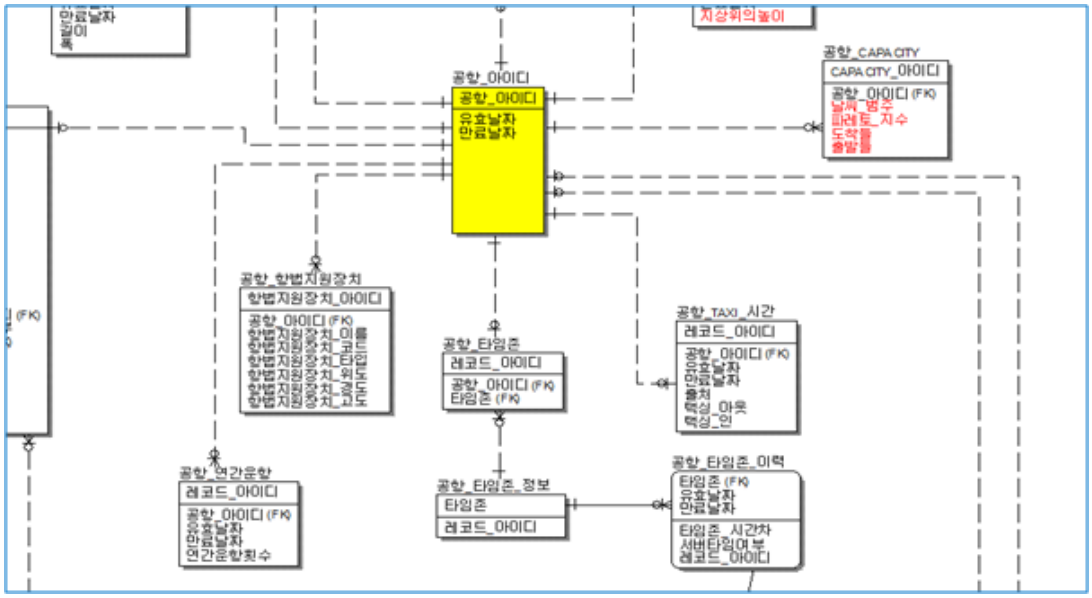
○ 공항 활주로 모델링은 다음과 같다.



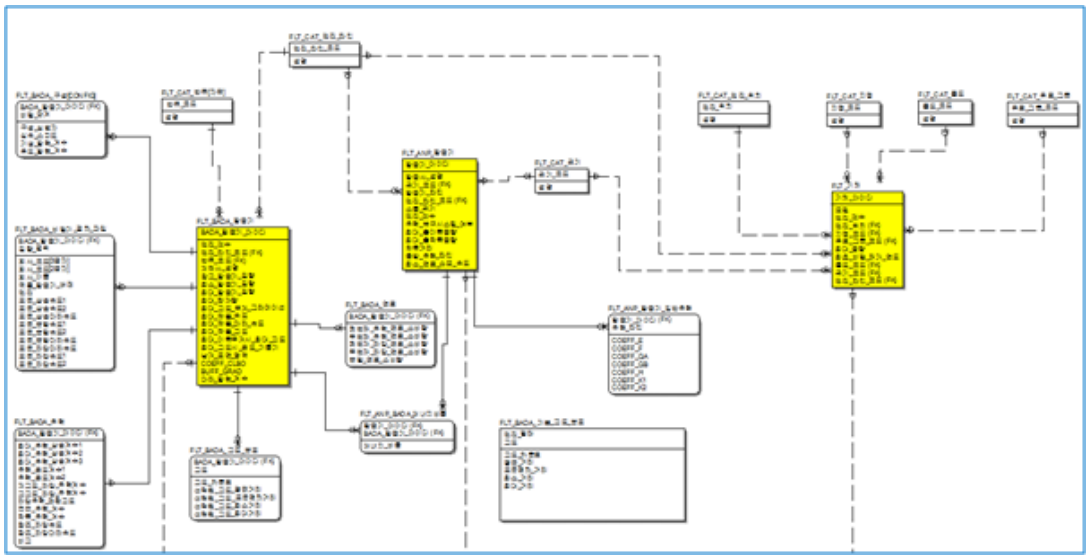
○ 공항 소속국가 모델링은 다음과 같다.



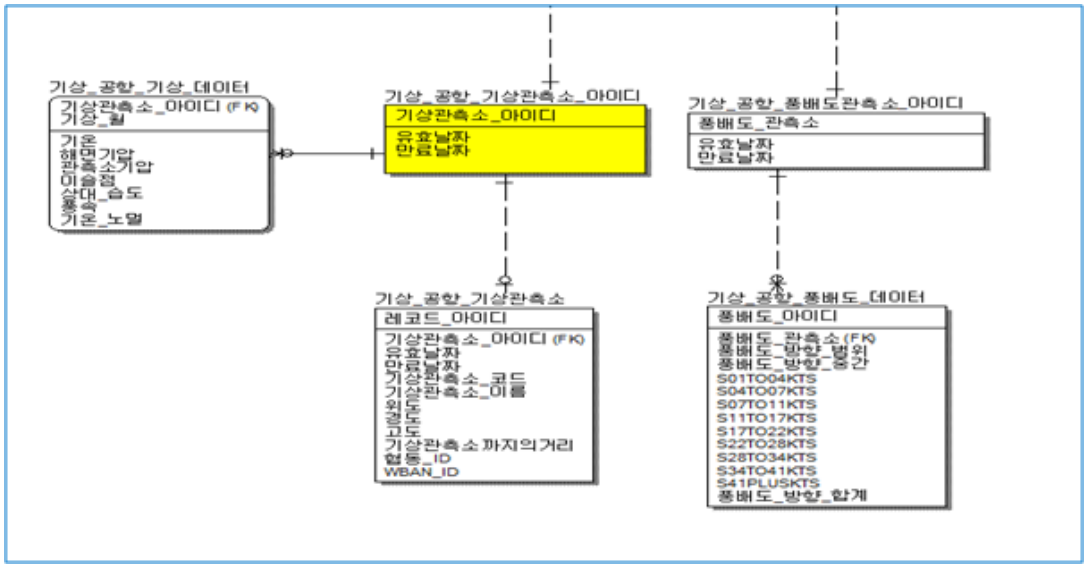
○ 공항 제원 모델링은 다음과 같다.



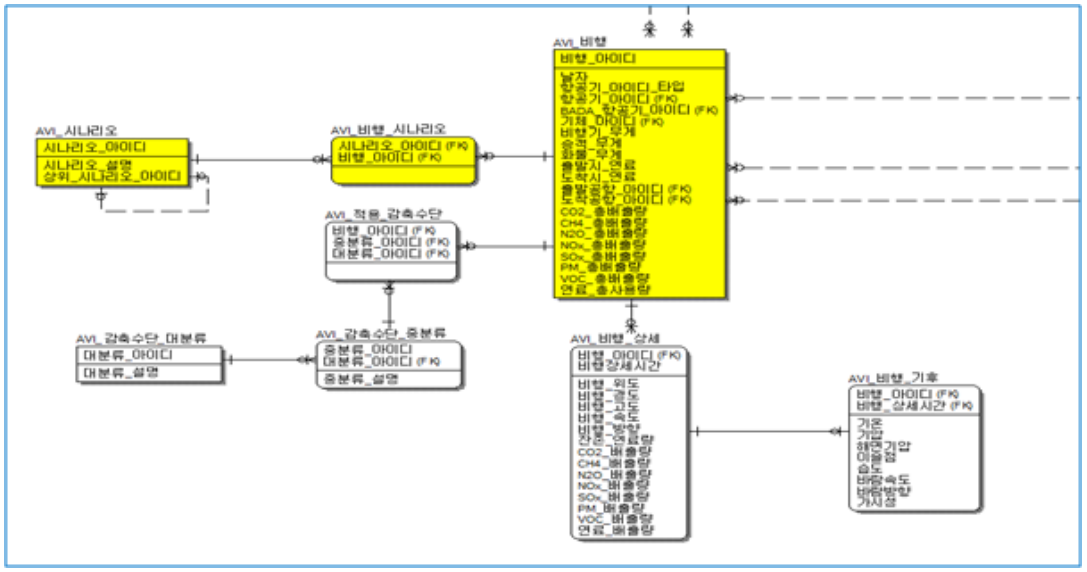
○ FLEET 모델링은 다음과 같으며, 각 항공기의 제원, 연료 소모량 등을 표현한다.



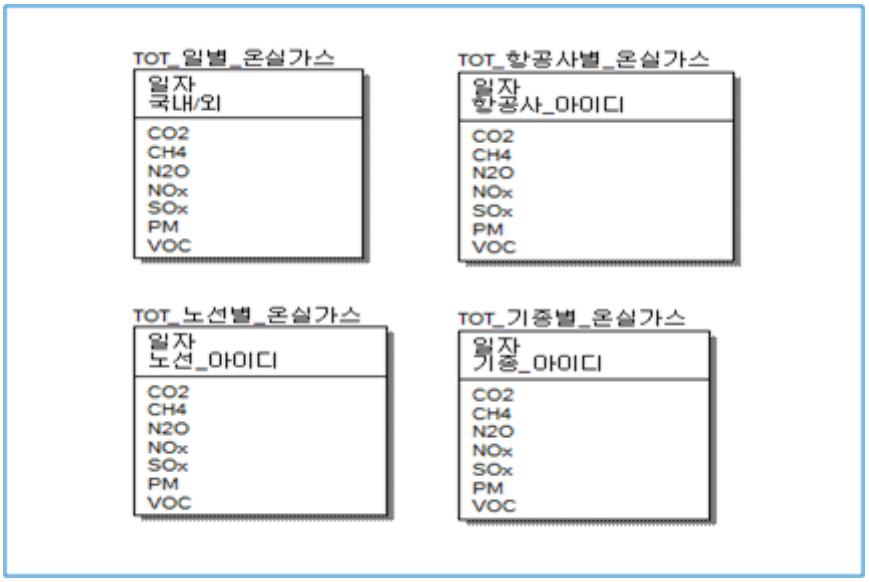
○ 기후 모델링은 다음과 같으며, 기후, 풍향 등이 포함되어있다.



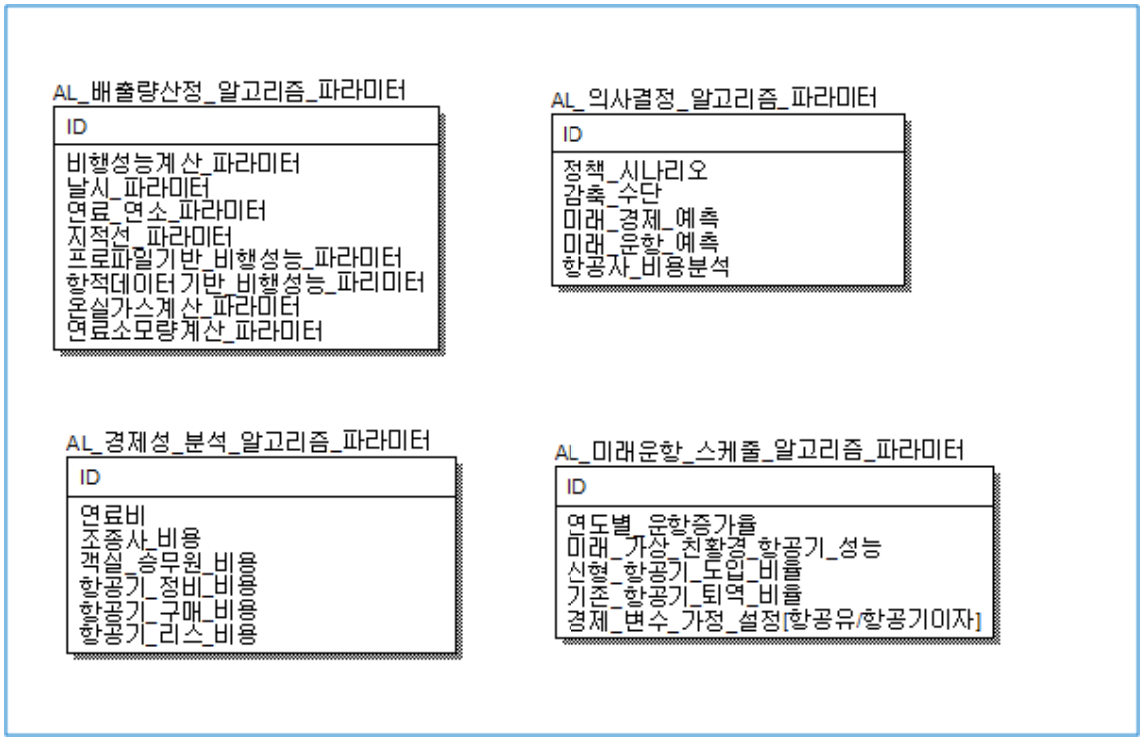
○ 항공/비행 모델링은 다음과 같으며, 운영되는 항공/비행 데이터는 시나리오 데이터를 포함하고 있다.



○ 통계 모델링은 다음과 같으며, 운영된 항공/비행 데이터는 시나리오 데이터를 포함하고 있다.



○ 알고리즘 모델링은 다음과 같으며, 알고리즘에서 사용하는 파라미터 데이터는 다음과 같다.



2. DBMS 논리설계

가. 논리 모델링

○ 논리모델링은 AEDT의 데이터 모델링과, 요구사항 정의에 따른 내용을 복합적으로 구성하였으며, ERD에 표출된 각 엔터티의 상세내역을 표현한다.

○ 논리 모델링은 각 엔터디별 정의서가 작성이 되며, 작성되는 포맷은 다음과 같다.

엔티티 정의서						
용역명	항공온실가스 산정 및 예측 시스템		작성일	2015.6.25	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_세그먼트		
개요	세그멘트 엔터티는 서브-트렉 세그먼트 정보를 가지고 있다. 각 서브-트렉은 하나 또는 여러 개의 서그멘트를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비고
1	세그먼트_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	서브트렉_아이디	INTEGER	4	N	FK	
3	세그먼트_번호	INTEGER	4	N		
4	세그먼트_타입	NCHAR	1	N		
5	인자_1	FLOAT	4	Y		
			304			
업무규칙						

○ ERD에 표출된 각 엔터티의 상세내역은 총 61가지이며, 6가지 핵심엔티티별로는 공항 22개, 기상 5개, 항공/ 8개, FLEET 18개, 통계 4개, 알고리즘 4개로 구분된다.

- 공항 핵심엔터티에 따른 상세내역은 다음과 같다

  · 공항_세그먼트 엔터티

  · 공항_그룹_퍼센트

· 공항_서브_트렉

· 공항_트렉

· 공항_활주로_종단_아이디

· 공항_활주로_아이디

· 공항_활주로

· 공항_대체_코드

· 공항_국가_코드

· 공항_국가_멤버

· 공항_국가_이름

· 공항_코드

· 공항_아이디

· 공항_혼합_높이

· 공항_CAPACITY

· 공항_메인

· 공항_항법지원장치

· 공항_연간운항

· 공항_타임존

· 공항_타임존_정보

· 공항_타임존_이력

· 공항_TAXI_시간

- 기상 핵심엔터티에 따른 상세내역은 다음과 같다

· 기상_공항_기상관측소_아이디

· 기상_공항_기상_데이터

· 기상_공항_기상관측소

· 기상_공항_풍배도관측소_아이디

· 기상_공항_풍배도_데이터

- 항공/비행 핵심엔터티에 따른 상세내역은 다음과 같다

· AVI_비행

· AVI_시나리오

· AVI_비행_시나리오

· AVI_감축수단_대분류

· AVI_감축수단_중분류

· AVI_적용_감축수단

· AVI_비행_상세

· AVI_비행_기후

- FLEET 핵심엔터티에 따른 상세내역은 다음과 같다

· FLT_BADA_구성(CONFIG)

· FLT_BADA_비행기_절차_파일)

· FLT_BADA_추력

· FLT_CAT_반류(자국)

· FLT_BADA_항공기

· FLT_BADA_고도_분포

· FLT_CAT_엔진_타입

· FLT_BADA_연료

· FLT_ANP_BADA_에너지비율

· FLT_ANP_항공기

· FLT_CAT_크기

· FLT_ANP_항공기_일반추력테이블

· FLT_BADA_기본_고도_분포

· FLT_CAT_엔진_위치

· FLT_CAT_지정

· FLT_CAT_용도

· FLT_CAT_유로_그룹

· FLT_기체

- 통계 핵심엔터티에 따른 상세내역은 다음과 같다

· TOT_일별_온실가스

· TOT_항공사별_온실가스

· TOT_노선별_온실가스

· TOT_기종별_온실가스

- 알고리즘 핵심엔터티에 따른 상세내역은 다음과 같다

· AL_배출량산정_알고리즘_파라미터

· AL_경제성분석_알고리즘_파라미터

· AL_의사결정_알고리즘_파라미터

· AL_미래운항_스케줄_알고리즘_파라미터

※ 핵심엔터티에 따른 상세내역의 구체적인 사항은 첨부 2. KCT 위탁용역 보고서에 상세하게 작성되어있음

제6장 상용툴 UI 개념 설계[20]

1. UI Frame 화면

가. UI 구성

○ 시스템 요구사항 정의서와 해외 유사 시스템(AEDT, PIANO-X)의 UI를 분석하여 다음과 같은 UI 프로토타입을 구성하였고, 실제 프로토타입 구현 프로그램은 Visual C++로 작성되었다.



화면 시안1

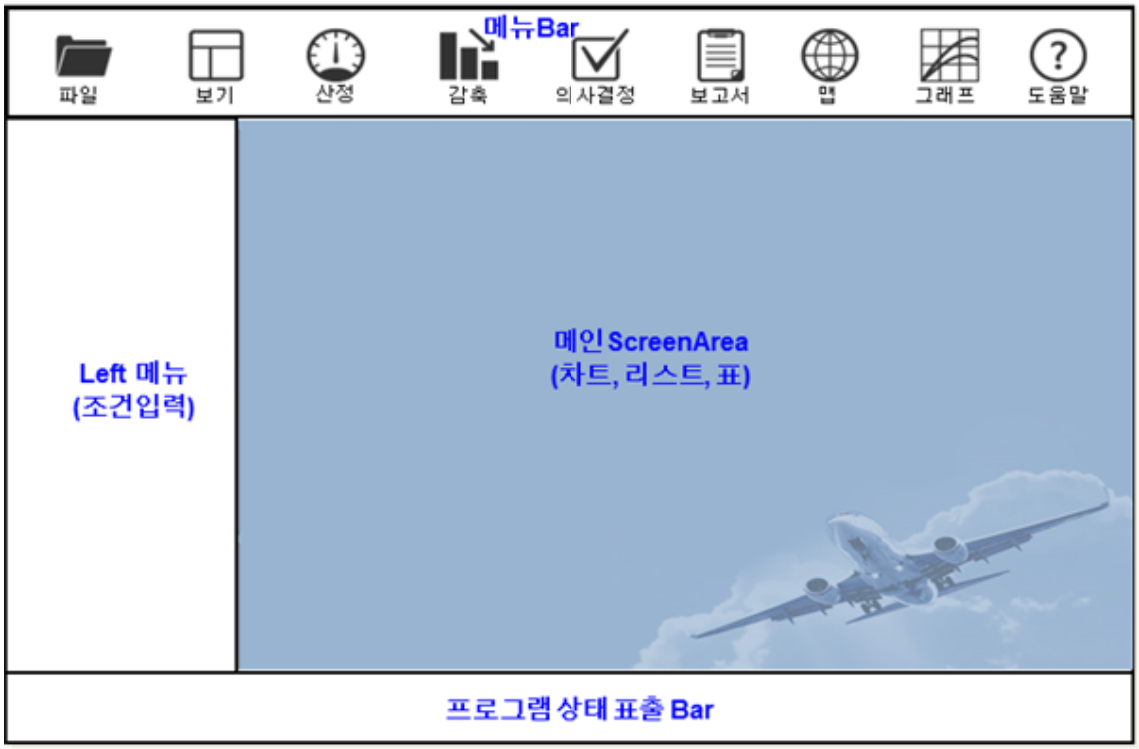


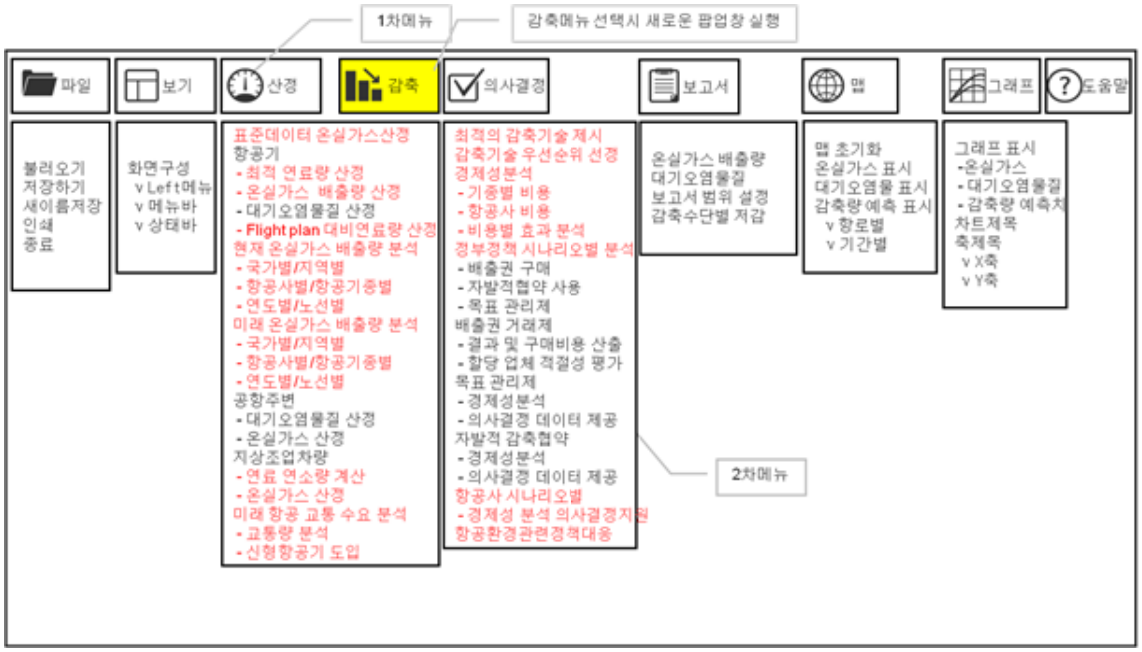
화면 시안2

○ 전체 상용툴 UI-Frame - 상용툴 실행 시 초기화면은 전체 적으로 상단 메뉴, 왼쪽 메뉴 조건입력, 중간 메인창으로 구성되고, 메뉴를 클릭하면 소메뉴가 다시 표출되는 형식으로 구성하였다.

○ 메뉴에 따른 주요 메뉴 구성안은 다음과 같으며, 주요 메뉴는 시스템 요구사항을 바탕으로 구성하였다.

20) 상용툴 개념설계를 진행한 KCT 위탁용역 보고서 내용을 수록함


메뉴Bar
파일
보기
산정
감축
의사결정
보고서
맵
그래프
도움말
Left 메뉴
(조건입력)
메인 ScreenArea
(차트, 리스트, 표)
프로그램 상태 표출 Bar


1차메뉴
감축메뉴 선택시 새로운 팝업창 실행
파일
보기
산정
감축
의사결정
보고서
맵
그래프
도움말
불러오기
저장하기
새이름저장
인쇄
종료
화면구성
∨Left메뉴
∨메뉴바
∨상태바
표준데이터 온실가스산정
항공기
- 최적 연료량 산정
- 온실가스 배출량 산정
- 대기오염물질 산정
- Flight plan 대비연료량 산정
현재 온실가스 배출량 분석
- 국가별/지역별
- 항공사별/항공기종별
- 연도별/노선별
미래 온실가스 배출량 분석
- 국가별/지역별
- 항공사별/항공기종별
- 연도별/노선별
공항주변
- 대기오염물질 산정
- 온실가스 산정
지상조업차량
- 연료 연소량 계산
- 온실가스 산정
미래 항공 교통 수요 분석
- 교통량 분석
- 신형항공기 도입
최적의 감축기술 제시
감축기술 우선순위 선정
경제성분석
- 기종별 비용
- 항공사 비용
- 비용별 효과 분석
정부정책 시나리오별 분석
- 배출권 구매
- 자발적협약 사용
- 목표 관리제
배출권 거래제
- 결과 및 구매비용 산출
- 할당 업체 적절성 평가
목표 관리제
- 경제성분석
- 의사결정 데이터 제공
자발적 감축협약
- 경제성분석
- 의사결정 데이터 제공
항공사 시나리오별
- 경제성 분석 의사결정지원
항공환경관련정책대응
2차메뉴
온실가스 배출량
대기오염물질
보고서 범위 설정
감축수단별 저감
맵 초기화
온실가스 표시
대기오염물 표시
감축량 예측 표시
∨항로별
∨기간별
그래프 표시
-온실가스
- 대기오염물질
- 감축량 예측치
차트제목
축제목
∨X축
∨Y축

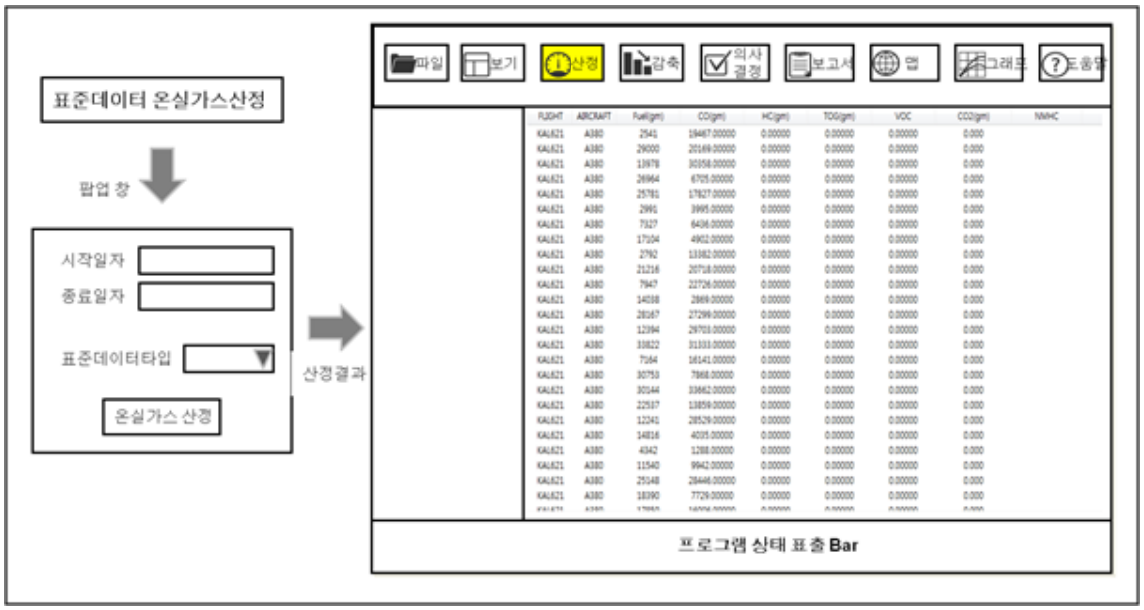
2. 상세메뉴 구성안

가. 상세메뉴

○ 상세메뉴 구성안은 현재 수립된 요구사항을 토대로 상세메뉴를 구성하였고, 구성된 메뉴들은 대부분 기본 컨셉을 위한 방법으로 작업되었다. 상세메뉴에 대한 구체적인 기능과 요구사항들이 확정된 상황에서 UI 메뉴 구성이 완료되므로, 이에 2차년도의 상세설계가 완료되는 시점에서 가능하다.

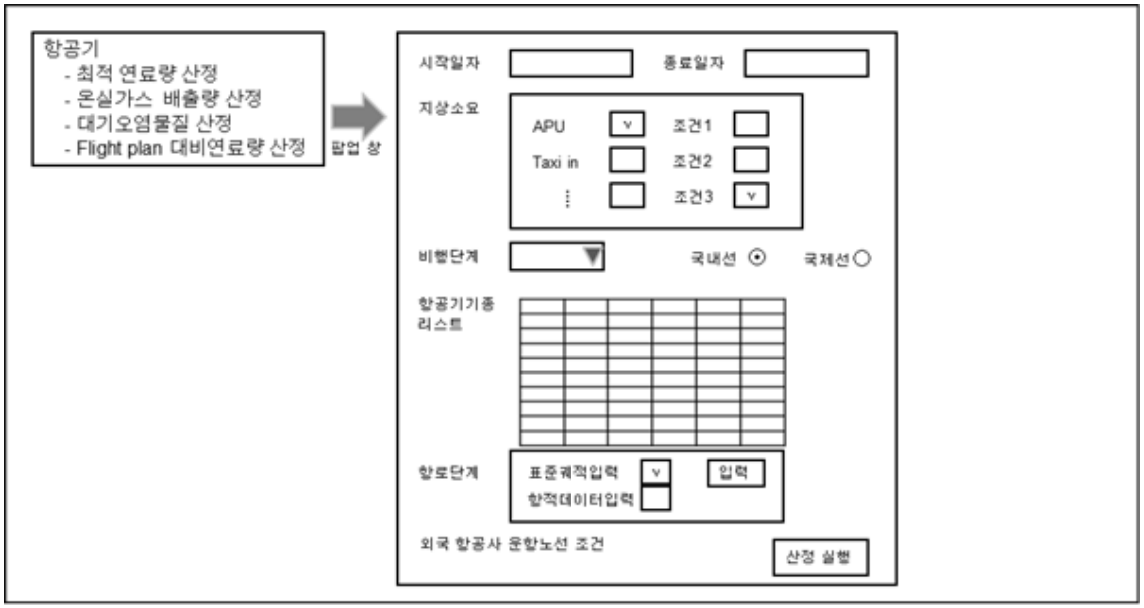
○ 따라서 개념설계가 완료된 시점에서 상세메뉴 구성은 기본 컨셉으로 구상되었다.

○ 산정 메뉴의 상세 콘텐츠는 산정을 위한 항적데이터 또는 출도착 공항에 대한 사항을 입력하여 항공온실가스 산정을 할 수 있도록 UI가 구성되어있으며, 산정에 관련된 UI 구성은 요구사항 FUR-E1-001 번과 동일하다.



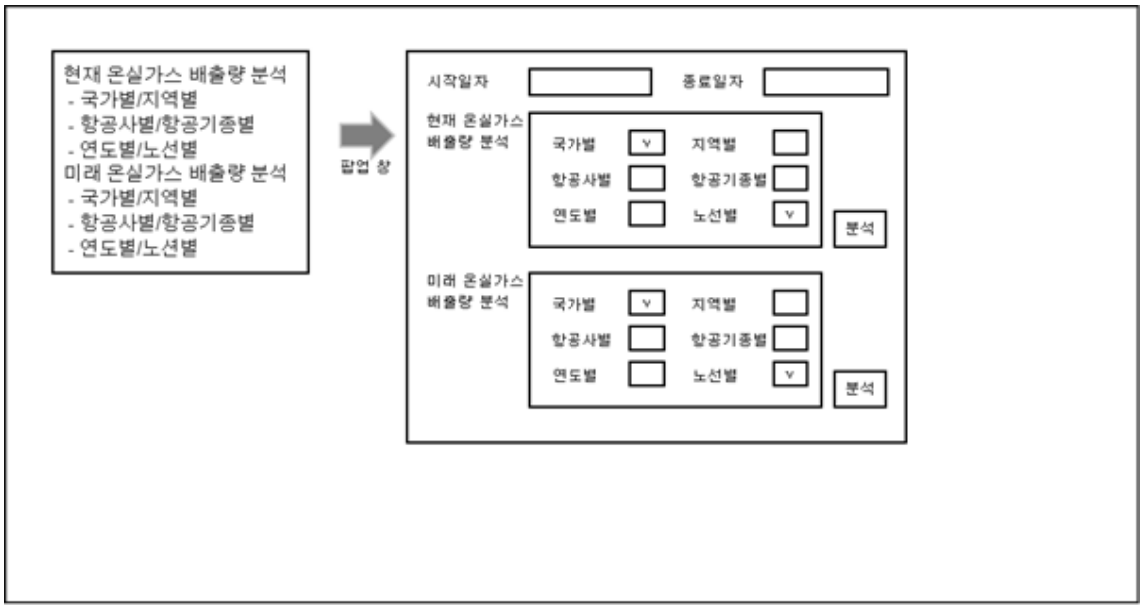
○ 산정메뉴의 항공기 메뉴관련 구성안은 항공기의 최적 연료 산정, 온실가스 배출량 산정, 대기오염물질 산정, 비행계획서 대비 연료량 산정을 위한 팝업창이 따로 제공이 되며, 지상에서 소요되는 APU 및 비행단계, 항공기 기종, 항로 단계들을 선택하여 산정이 실행할 수 있도록 되어있다.

○ 산정 메뉴의 항공기 메뉴 관련 구성안은 요구사항 FUR-E1-001.01 ~FUR-E1-001.13를 반영하여 구성한다.



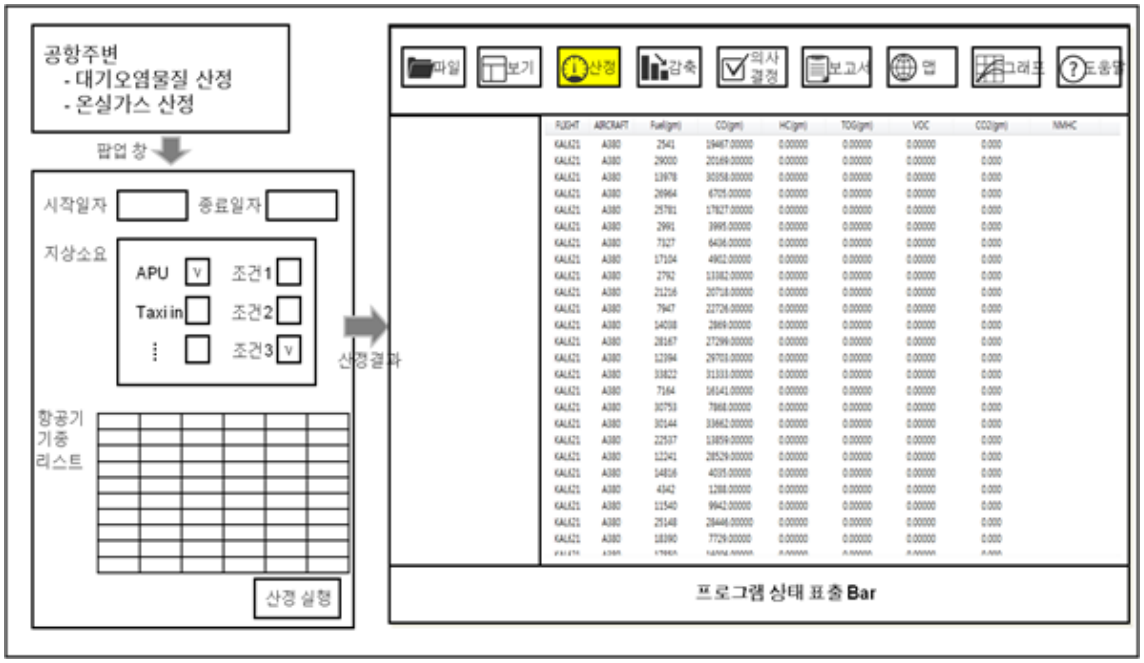
○ 현재/미래 온실가스 배출량 분석은 항공온실가스 배출량을 산정하기 위한 방법으로서 과업의 RFP 상에 표시된 국가별/지역별, 항공사별/항공기종별, 연도별/노선별로 구분하여 UI를 구성하였다.

○ 이에대한 요구사항은 FUR-E3-003.01 ~FUR-E3-003.02를 반영하여 구성하였다.



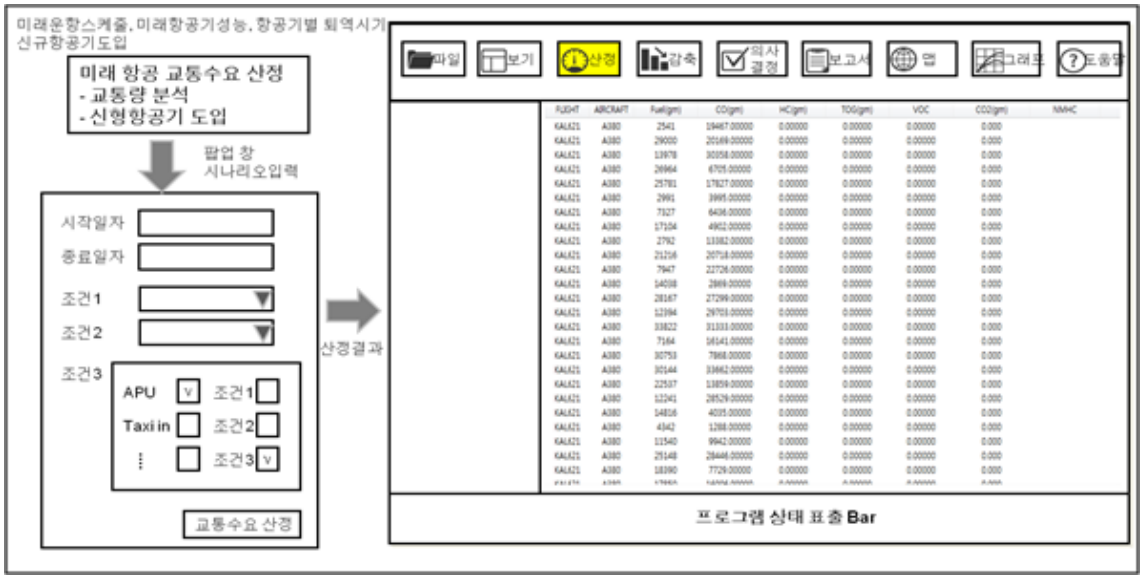
○ 산정 메뉴의 공항주변 관련 메뉴 구성안은 대기오염물질 산정과 온실가스 산정을 하기위한 방법으로 사용되었으며, 항공기 기종별로 APU, 지상이동에 관련된 오염량을 선택하여 결과를 도출한다.

○ 이에대한 요구사항은 FUR-E1-001.04 ~FUR-E1-001.11를 반영하여 구성하였다.



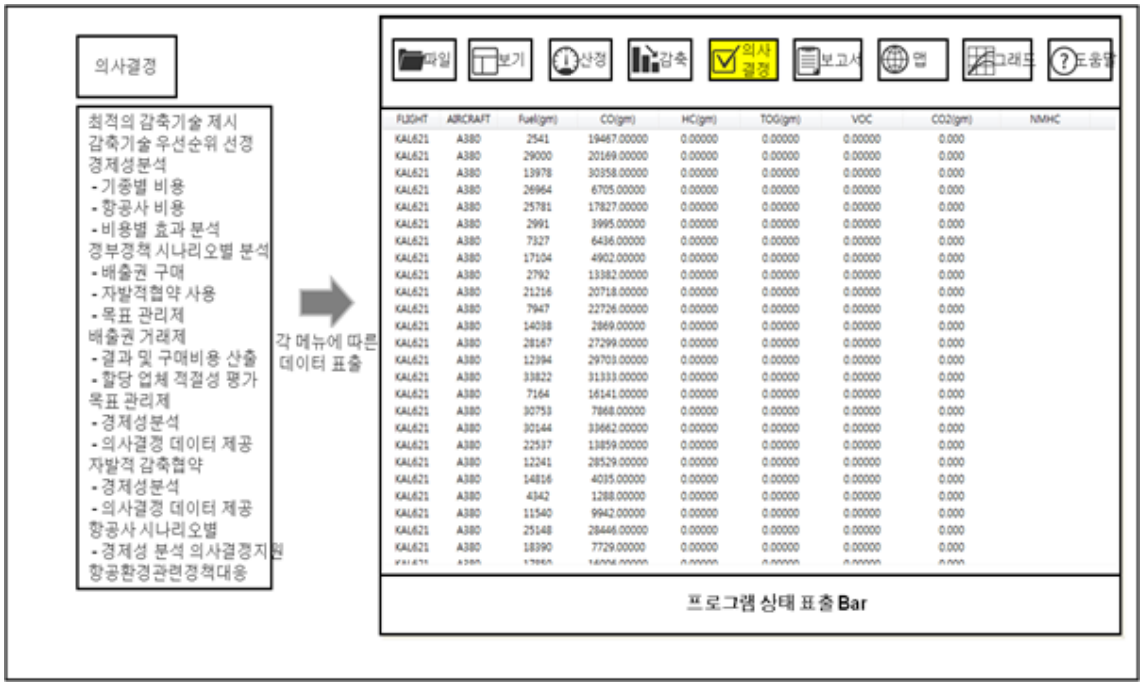
○ 산정메뉴의 미래항공 교통수요 산정 메뉴 구성은 교통량 분석과 신형 항공기 도입을 위한 구성이며, 여기서 주요 메뉴는 미래운항스케쥴, 미래항공기성능, 항공기별 퇴역시기 신규 항공기 도입을 위한 화면구성이다.

○ 이에대한 요구사항은 FUR-E3-003을 반영하여 구성하였다.



○ 경제성 분석 및 의사결정 메뉴는 프로그램에 포함되어있는 비용 및 항공온실가스 감축량 산출 로직을 이용하여 기종별/항공사별/정부 등 다양한 효과분석을 실시 할 수 있고, 정부에서 대응하는 배출권 거래제/목표관리제/자발적 감축협약에 관련된 결과를 미리 산출할 수 있도록 지원한다.

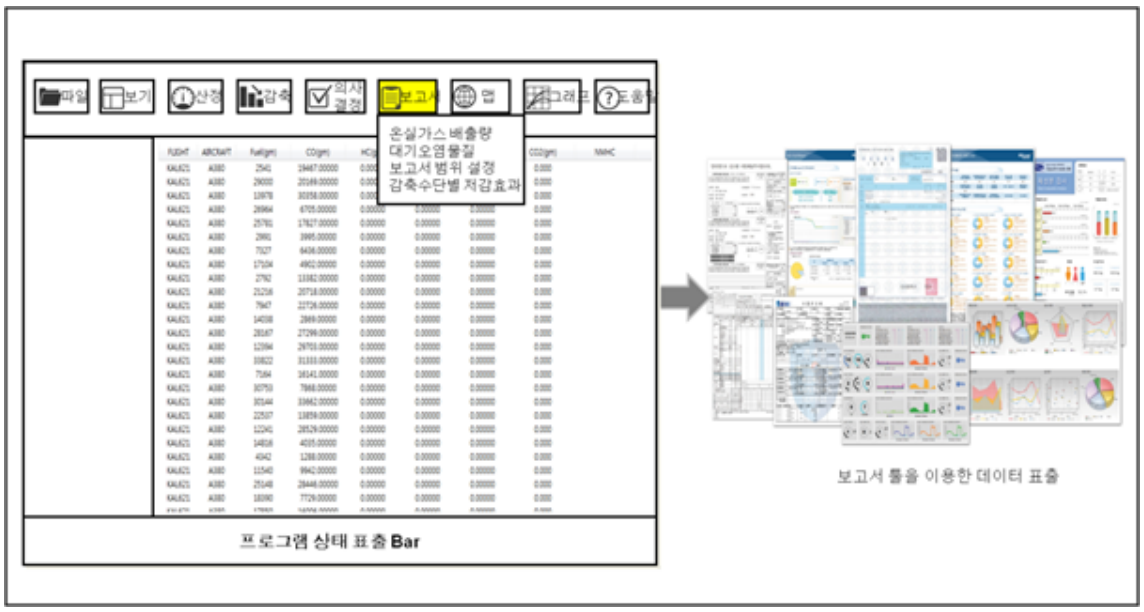
○ 이에대한 요구사항은 FUR-E3-002를 반영하여 구성하였다.



○ 산정 메뉴에서 보고서 및 그래프 출력은 사용자가 어떤 결과를 얻을 수 있도

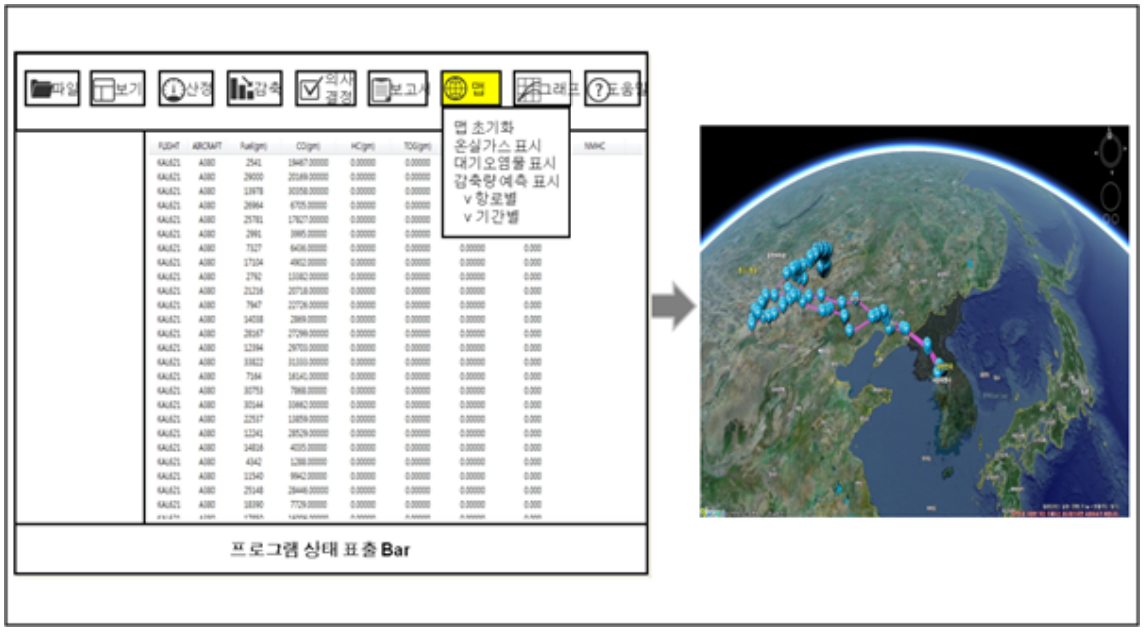
록 선별하여 작업하였고, 이를 통한 결과는 아래 그림에서 표, 그래프, 보고서 형식등으로 표출 되도록 하였다. 아래 그림의 데이터 표출 방식은 예시이며, 본 결과때는 를 짐작하였다

○ 이에대한 요구사항은 FUR-CM-001를 반영하여 구성하였다.



○ 항공온실가스의 산정에서 표준 궤적 및 항공기 위경도 좌표를 GIS맵상에 표출하여 항공기의 이동 경로와 위치를 사용자가 쉽게 파악하기 위한 방법으로 사용된다.

○ 이에대한 요구사항은 FUR-CM-003를 반영하여 구성하였다.



○ 항공온실가스 감축량은 개발되고 있는 로직상 산정 알고리즘과 의사결정 로직의 알고리즘을 이용하고 있으므로, 기본적인 메뉴는 동일하게 사용하게 된다.

○ 따라서 감축량 산정에서 대표적인 메뉴만 기본 컨셉으로 구성하고, 나머지 메뉴는 상세설계에서 결정하게 된다.

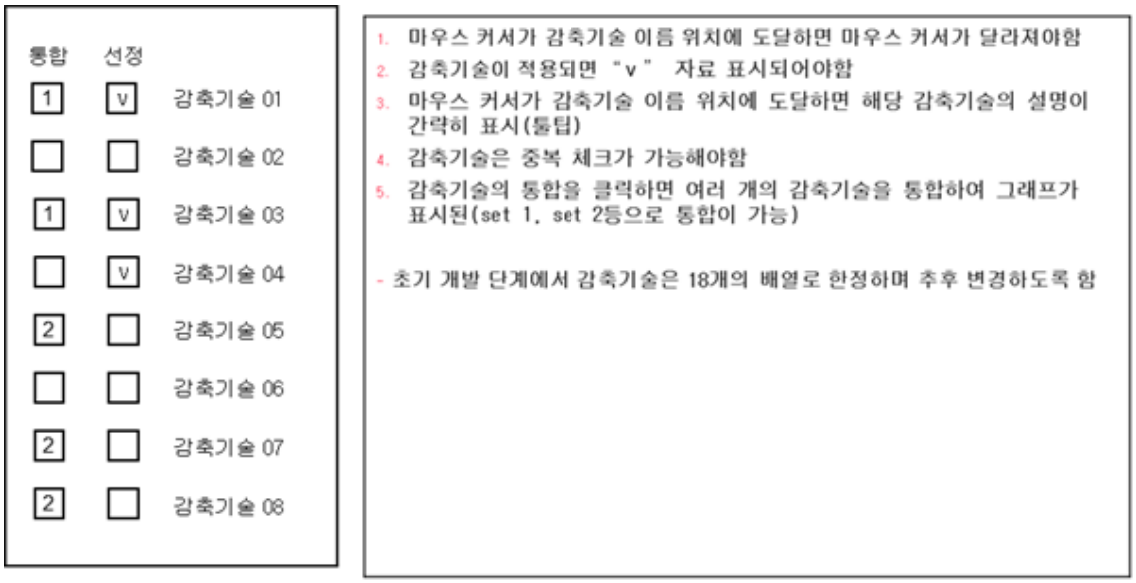
○ 이에대한 요구사항은 FUR-E2-001~FUR-E2-003를 반영하여 구성하였다.



- 화면구성의 세부 메뉴들을 클릭하면 창이 표시되거나 사라짐(사라질 경우 새창으로 열기도 가능)
- 감축기술은 적용되는 감축기술을 표시한다.
- 차트구성은 X축과 Y축을 지정하며, 표의 정보들을 입력한다.
- 도움말을 클릭하면 감축기술에 대한 설명이 새창으로 표시되어 나타남

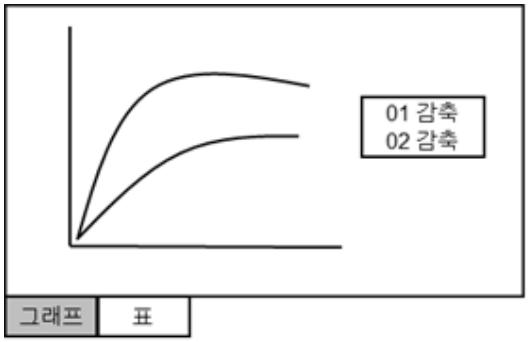
○ 감축기술을 선택하는 메뉴는 개별 감축량을 결정하거나, 그룹 감축량 산정할 수 있도록 반영하여 메뉴의 기본 컨셉을 결정하였다

○ 이에대한 요구사항은 FUR-E2-001을 반영하여 구성하였다.



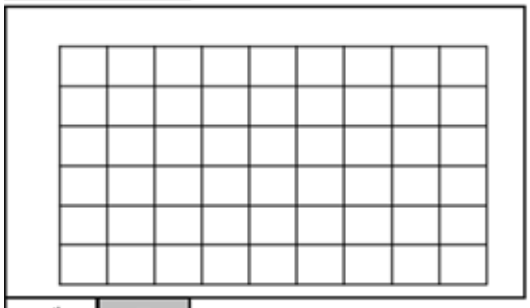
○ 감축기술에 대한 결과를 표출하는 방법으로는 대표적인 그래프와 표로 선정하여 표출할 수 있도록 하고, 이전 화면에서 그룹 또는 개별 감축기술을 선택한 결과를 그래프와 표에서 표출할 수 있도록 결정한다.

○ 그리고 감축량 결과는 산정과 유사한 형태로 결과를 표시한다.



그래프 | 표

1. 메인창은 주로 차트와 표가 탭식으로 변형 되어 표시가 가능하도록 함
2. 차트는 메인창의 사이즈별로 적절하게 조절이 되어야함
3. 차트가 하나 또는 여러 개가 표시되어야함



그래프 | 표

1. 주요 내용은 '항공기 운항수(연간/월간) 감축수단(적용/미적용) 감축량(t) 감축률(%) 비용($/원화)' 임 – 결과보고서와 동일하게 표시

제7장 결론

1. 결론 및 시사점

가. 결론

○ 항공온실가스 산정 및 예측 시스템을 개발하기 위한 1차년도 과업으로 개념설계를 완성하였으며, 주요 사항으로 개발 시스템의 사용자들을 대상으로 요구사항을 수립한 결과를 토대로 시스템을 모듈로 구분하여 모듈별 정의를 구체화하였다. 시스템의 개발 일정을 구체화하였다.

○ 개발 시스템의 요구사항 도출은 국내외 관련 시스템을 분석하였으며, 그 결과 국내에는 Tier 2 급의 KOTEMS, NARMI 시스템과, 정부, 항공사, 연구기관 등의 사용자요구사항, 국외 시스템의 기능 요구사항등을 분석하였다.

○ 시스템의 운용개념은 요구사항에서 도출된 내용을 토대로 수립하였으며, 운용개념은 시스템을 각 모듈별로 구분하여 개발하는 참여 기관별로 상세화를 하였다.

○ 시스템 개발계획은 전체 회의를 통하여 시스템의 전체 일정을 결정하였고, 전체 일정에 적합하도록 각 모듈별 개발일정을 상세화 하였다. 또한, 개발 일정을 구체화하면서 기관별 협업을 위한 결과물을 주고받는 시기등도 명시하여 전체 개발일정이 지연되지 않도록 명확화 하였다.

○ 개념설계에서 추가로 항공온실가스를 산정할 수 있는 국외 시스템인 AEDT, PIANOX 프로그램을 구입 및 프리웨어를 사용하여 기능 분석을 실시하였으며, 개발 시스템의 UI 및 데이터베이스의 컨셉도 결정하였다.

나. 시사점

○ 일반적으로 항공온실가스 산정 및 예측 시스템은 국가의 정책을 지원하는 프로그램으로 국가의 이익과 직결될 수 있으므로, 대부분의 프로그램은 판매를 하지 않는다. 판매하는 AEDT 프로그램은 정부 버전의 전체 시스템중에서 소음과 항공온실가스에 대한 산정만 가능할 수 있도록 프로그램을 수정하여 판매하고 있다.

○ 이 점으로 개발하고 있는 항공온실가스 산정 및 예측시스템은 정부의 정책지원과 밀접한 관련이 있음을 알 수 있으며, 추가로 항고온실가스 부문에서 우리나라 항공사들의 경쟁력을 가지기위하여 항공사의 항고온실가스와 관련된 경제성 분석과 의사결정을 지원하거나, 항공사들에게 감축기술에 대한 정보 및 표준화된 산정 프로그램을 제공하여 항공사의 경쟁력을 갖추고자 한다.

○ 1차년도에 진행한 개념설계를 기반으로 2차년도 상세설계에서 구체화할 예정이며, 상세설계에서는 코딩하기 직전의 문서가 도출되는 단계로서 1차년도에 설계되었던 UI 및 데이터베이스 구조 컨셉이 2차년도 상세설계를 통하여 명화활 될 예정이다.

○ 또한, 1차년도에 주관기관에서 시스템 총괄업무와 항공온실가스 예측 모듈 설계, 전체 시스템 개발문서까지 동시에 많은 업무들이 진행하게 되어 주관기관에서 과업을 진행하는데 어려움이 많이 발생되었다. 따라서 2차년도 과업부터는 주관 기관 업무 중에서 시스템 개발 문서관리를 컨소시엄내 프로그램 개발 기관에게 이관하여 주관기관 업무를 축소하여 2차년도에는 더욱 성과높은 결과물을 제시할 수 있도록 하였다.

참 고 문 헌

○ 항공 온실가스 산정 및 예측시스템 개발 기획보고서 (2013)

○ 저비용 항공사 온실가스 관리 표준모델 개발 연구(2011)

○ 항공 온실가스 산정 및 예측시스템개발 기획보고서(2013)

○ Aviation Environmental Design Tool(AEDT) Technical Manual(2014)

○ Aviation Emissions and Evaluation of Reduction Options(AER0) Main Report Part 1.

○ https://www.eurocontrol.int/services/advanced-emission-model-aem

○ Aviation Emissions and Evaluation of Reduction Options(AER0) Main Report Part 1.

○ 저비용 항공사 온실가스 관리 표준모델 개발 연구(2011)

○ Roof, C.J.,"Overview of the FAA's AEDT", US DOT Volpe Center, 2008

○ Aviation Environmental Design Tool(AEDT) Technical Manual(2014)

○ https://www.eurocontrol.int/services/advanced-emission-model-aem

○ 저탄소 녹색 성장기본법

○ NARMI 홈페이지(www.esky.go.kr)

○ KOTEMS 홈페이지(www.kotems.or.kr)

○ 시스템엔지니어링 가이드북 (방위사업청, 2007)

부록

부록 1 KCT 1차년도 용역보고서
부록 2 KCT 1차년도 설계문서
부록 3 국제세미나 결과 보고서
부록 4 국외출장 결과 보고서
부록 5 TTA 문서검정 결과서
부록 6 SRR 결과보고서
부록 7 프로토타입(기능에 대한 화면 UI 구성)

1차년 위탁용역 보고서

항공온실가스 산정 및 예측 상용툴 구현

(1차년도 개념설계)

문서번호 : 보고서

Version 1.0

2015-05-27

(주)케이씨티

제 출 문

한국교통연구원장 귀하

본 보고서를 "항공온실가스 산정 및 예측 상용툴 구현 (1 차년도 개념설계)"의 위탁용역 보고서로 제출 합니다.

2015, 5, 27

위탁연구기관 : ㈜케이씨티

대표이사 : 이 호 성

■ 총 괄 연 구 책 임 자 / 부설기술연구소 소장 이태옥 연구총괄

제.개정 이력

버전	변경일자	제.개정 내용	작성자
0.1	2015-04-29	최초 작성	이상정
0.2	2015-05-02	DBMS 내용수정	이상정
1.0	2015-05-27	내용 검토 및 오타수정	이상정

목차

1. 문서 개요 10

1.1 문서 개요 10

1.1.1 문서목적 10

1.1.2 보안 및 주의사항 10

2. 상용툴 UI 구성 11

2.1 상용툴 UI-Frame - 상용툴 실행 시 스플래쉬 윈도우 화면 11

2.2 상용툴 UI-Frame - 상용툴 실행 시 초기화면 11

2.3 상용툴 메뉴Bar Contents - 메뉴 구성안 12

2.4 산정메뉴 상세 Contents - 표준 데이터 온실가스 산정 메뉴 구성안 12

2.5 산정메뉴 상세 Contents - 항공기 메뉴 관련 구성안 13

2.6 산정메뉴 상세 Contents - 현재/미래 온실가스 배출량 분석 13

2.7 산정메뉴 상세 Contents - 공항주변 관련 메뉴 구성안 14

2.8 산정메뉴 상세 Contents - 미래 항공 교통수요 산정 메뉴 구성안 14

2.9 의사결정메뉴 상세 Contents - 의사결정 메뉴 구성안 15

2.10 산정메뉴 상세 Contents - 보고서 및 그래프 출력(예) 15

2.11 산정메뉴 상세 Contents - GIS맵 연계(예) 16

2.12 감축 UI Frame - 상용툴 메뉴Bar 에서 감축 메뉴 선택 시 구성 16

2.13 메뉴Bar Contents - 메뉴Bar 구성 17

2.14 감축기술 – 감축기술 메뉴 구성 17

2.15 감축기술 – 감축기술 구성 18

2.16 메인 ScreenArea – 메인창은 감축량의 결과를 나타내는 창으로 활용됨 18

3. DBMS 개념 설계 19

3.1 개념 데이터 19

3.1.1 개념 데이터 모델 정의 19

3.1.2 개념 데이터 모델 의의 19

3.2 주제영역 정의 20

3.2.1 주제 영역 개념 20
3.2.2 주제 영역 정의 20
3.3 주제영역 정의 21
3.3.1 개념데이터 모델 구성요소 21
3.3.2 주제영역 선정 21
3.3.3 개념데이터 모델 22
4. ERD 23
4.1 논리 모델링 (모델링 전체) 23
4.2 공항 - 전체모델 24
4.3 공항 - 활주로 24
4.4 공항 - 소속국가 25
4.5 공항 - 공항제원 25
4.6 FLEET 26
4.7 기후 26
4.8 항공/비행 27
4.9 통계 27
4.10 알고리즘 28
5. 논리 모델링 29
5.1 공항_세그먼트 엔터티 29
5.2 공항_그룹_퍼센트 30
5.3 공항_서브_트렉 31
5.4 공항_트렉 32
5.5 공항_활주로_종단_아이디 33
5.6 공항_활주로_아이디 34
5.7 공항_활주로 35
5.8 공항_대체_코드 36
5.9 공항_국가_코드 37

5.10 공항_국가_멤버 38
5.11 공항_국가_이름 39
5.12 공항_코드 40
5.13 공항_아이디 41
5.14 공항_혼합_높이 42
5.15 공항_CAPACITY 43
5.16 공항_메인 44
5.17 공항_항법지원장치 45
5.18 공항_연간운항 46
5.19 공항_타임존 47
5.20 공항_타임존_정보 48
5.21 공항_타임존_이력 49
5.22 공항_TAXI_시간 50
5.23 기상_공항_기상관측소_아이디 51
5.24 기상_공항_기상_데이터 52
5.25 기상_공항_기상관측소 53
5.26 기상_공항_풍배도관측소_아이디 54
5.27 기상_공항_풍배도_데이터 55
5.28 AVI_비행 56
5.29 AVI_시나리오 57
5.30 AVI_비행_시나리오 58
5.31 AVI_감축수단_대분류 59
5.32 AVI_감축수단_중분류 60
5.33 AVI_적용_감축수단 61
5.34 AVI_비행_상세 62
5.35 AVI_비행_기후 63
5.36 FLT_BADA_구성(CONFIG) 64

5.37 FLT_BADA_비행기_절차_파일) 65
5.38 FLT_BADA_추력 66
5.39 FLT_CAT_반류(자국) 67
5.40 FLT_BADA_항공기 68
5.41 FLT_BADA_고도_분포 69
5.42 FLT_CAT_엔진_타입 70
5.43 FLT_BADA_연료 71
5.44 FLT_ANP_BADA_에너지비율 72
5.45 FLT_ANP_항공기 73
5.46 FLT_CAT_크기 74
5.47 FLT_ANP_항공기_일반추력테이블 75
5.48 FLT_BADA_기본_고도_분포 76
5.49 FLT_CAT_엔진_위치 77
5.50 FLT_CAT_지정 78
5.51 FLT_CAT_용도 79
5.52 FLT_CAT_유로_그룹 80
5.53 FLT_기체 81
5.54 TOT_일별_온실가스 82
5.55 TOT_항공사별_온실가스 83
5.56 TOT_노선별_온실가스 84
5.57 TOT_기종별_온실가스 85
5.58 AL_배출량산정_알고리즘_파라미터 86
5.59 AL_경제성분석_알고리즘_파라미터 87
5.60 AL_의사결정_알고리즘_파라미터 88
5.61 AL_미래운항_스케줄_알고리즘_파라미터 89
6. AEDT2a 분석 90
6.1 AEDT2a 분석 90

6.1.1 소프트웨어 구성 90
6.1.2 소프트웨어 설치 90
6.1.3 소프트웨어 특징 91
6.2 AEDT2a 실행 91
6.2.1 연구 로드 91
6.2.2 AEDT 2a UI 92
6.2.2.1 연구계층 창 92
6.2.2.2 트리 브라우저 93
6.2.2.3 공항 형상 93
6.2.2.4 정보창 93
6.3 AEDT2a 데이터 설정 93
6.3.1 데이터 설정 93
6.3.2 연구정보 설정(Menu->Setup->Study Setup) 94
6.3.3 공항 설정 94
6.3.4 시나리오 설정 및 수정 95
6.3.5 케이스 설정 및 수정 95
6.3.6 항공기 운영 정보(Menu->Setup->Study Aircraft) 96
6.3.7 수용체(Receptors)와 수용체 세트 설정 96
6.4 AEDT2a VIEW 97
6.4.1 Tracks 97
6.4.2 연구범위 97
6.4.3 보고서 98
6.5 AEDT2a 연구실행 99
6.5.1 실행 옵션 정의(Menu->Run->Run Options) 99
6.5.2 작업 생성(Menu->Run->Start Run) 99
6.6 AEDT2a 연구 실행 결과 100
6.6.1 결과 100

6.7 AEDT2a 기본 설치 데이터 베이스 101
6.7.1 설치 데이터 베이스 – AIRPORT1 101
6.7.2 설치 데이터 베이스 – FLEET1 102
7. ASIF Reference Guide 분석 105
7.1 ASIF 형식의 개요 및 주석 샘플 ASIF 105
7.2 ASIF을 통한 새로운 연구 생성 105
7.3 ASIF 설계 시 고려사항 112
7.4 Study 생성 및 업데이트를 위한 ASIF 요구사항 112
7.5 ASIF XML 설계 시 고려사항 113
8. PIANO-X 분석 143
8.1 파일구조 143
8.2 메뉴 143
8.3 Basic Weights(기본 무게) 144
8.4 Thrust, Drag, FuelFlow(추력, Drag, 연료흐름) 145
8.5 Emission Indices(배출 지수) 146
8.6 Speed and Flight levels(속도와 비행수준) 147
8.7 Reserves and Allowances(보유량, 허용량) 148
8.8 Unit Preferences(단위 설정) 149
8.9 Block Ranges and Flight Profile(블록 범위 및 비행 프로필) 150
8.10 Detailed Flight Profile (자세한 비행 프로필) 151
8.11 Block Performance Table 151
8.12 Point Performance 152
8.13 Payload-Range Boundary 152
8.14 Takeoff/landing Field Lengths(이륙/착륙 필드 길이) 153
9. System 요구사항 154
9.1 System 요구사항 154
9.2 AEDT System 요구사항 154

10. 데이터 연계방안 155

10.1 CSV 포멧 활용 155

11. 시스템 아키텍처 156

12. 1차년 과업 체크 리스트 157

1. 문서 개요

1.1 문서 개요

1.1.1 문서목적

- 본 문서는 항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴에 대한 1차년도 최종 완료 문서이다.
  - 상용툴 UI 구성
  - DBMS 개념설계
  - DBMS ERD
  - DBMS 논리설계
  - AEDT2a 분석
  - ASIF Reference Guide 분석
  - PIANO-X 분석

- 한국교통연구원에서 운영개념서와 사용자요구사항 정의서를 제공받아 KCT에서는 기능/비기능으로 구분해서 시스템 요구사항명세서를 도출하였다. 이후 유사 상용툴 분석과 요구사항을 분석하여 DB 개념설계, UI 파일롯 등을 진행하였다.

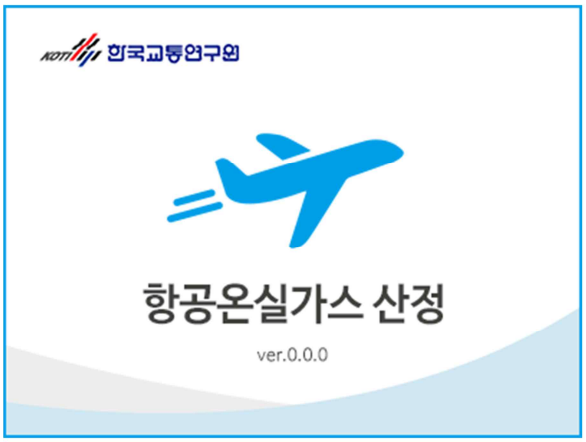
1.1.2 보안 및 주의사항

- 본 문서는 관련자 이외의 대여 또는 열람을 금하며, 발행권자의 승인 없이 복제, 복사 및 인용을 금하여 문서가 무단 유출이 되지 않도록 한다.
- 본 문서의 변경 요소 발생시 「항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발」과제 총괄의 승인을 거쳐 변경될 수 있다.

2. 상용툴 UI 구성

시스템 요구사항 정의서와 해외 유사 시스템(AEDT, PIANO-X)의 UI를 분석하여 다음과 같은 UI 프로토타입을 구성하였다. 실제 프로토타입 구현 프로그램은 Visual C++로 작성되었다.

2.1 상용툴 UI-Frame - 상용툴 실행 시 스플래쉬 윈도우 화면

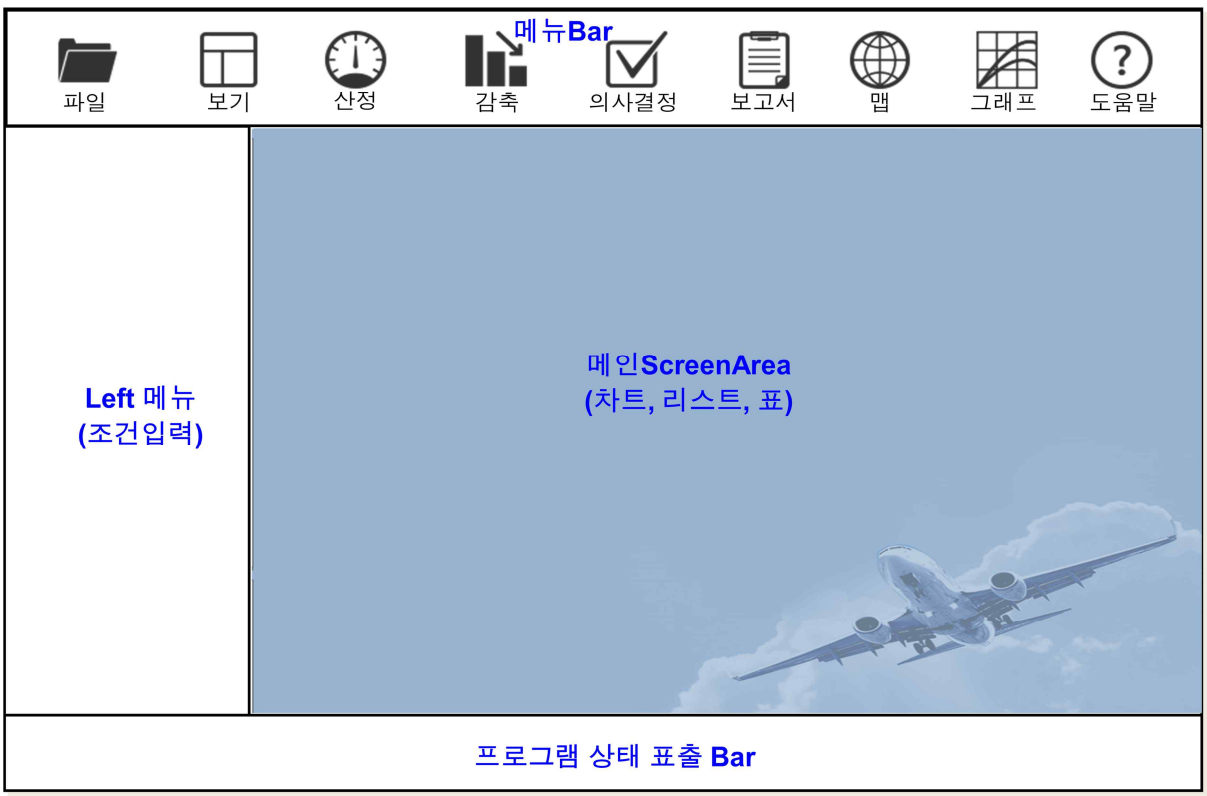


화면 시안1



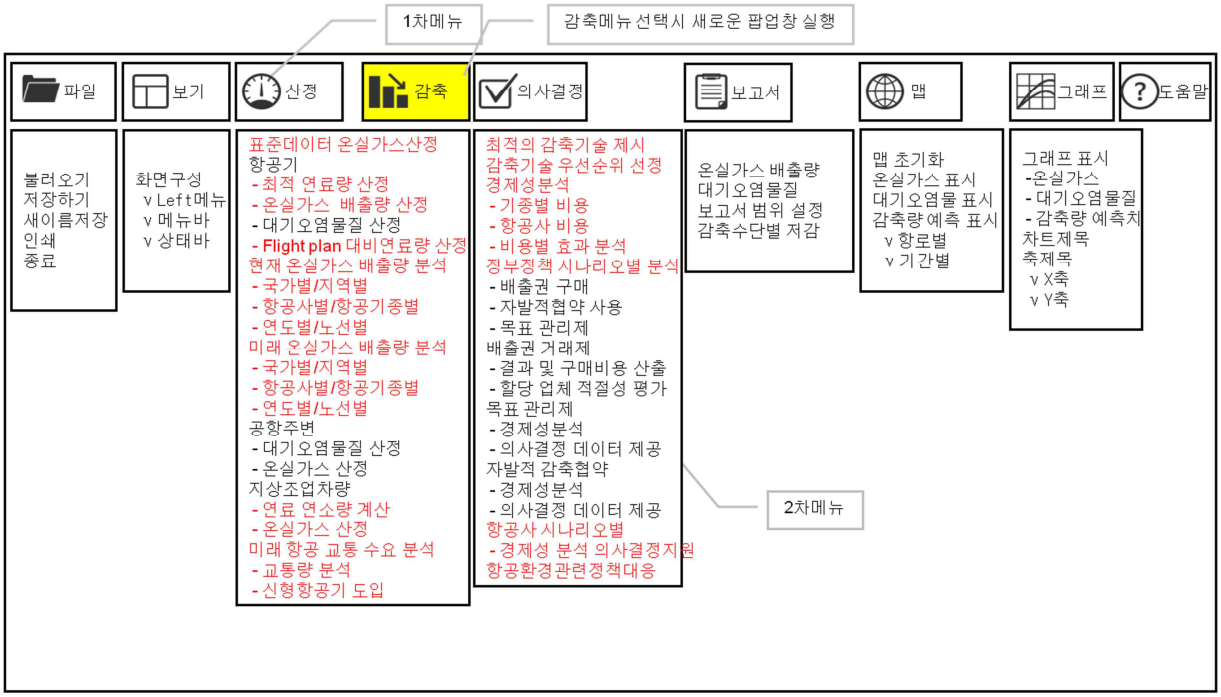
화면 시안2

2.2 상용툴 UI-Frame - 상용툴 실행 시 초기화면



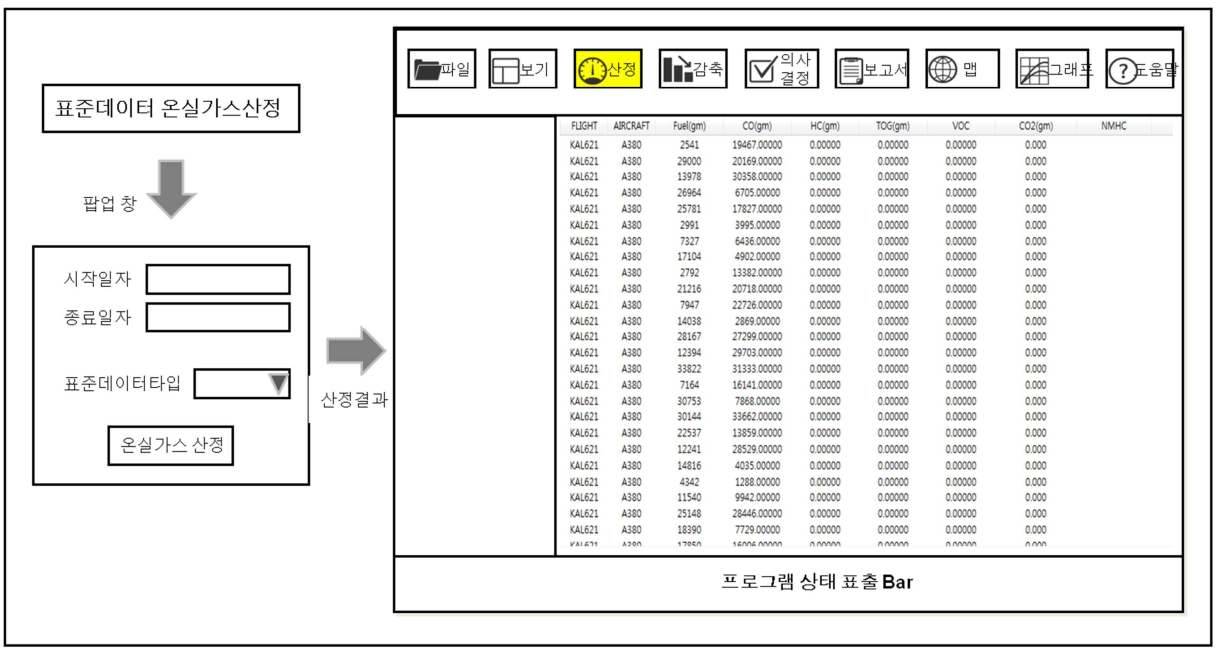
* AEDT 기본 메뉴 프레임을 참조

2.3 상용툴 메뉴Bar Contents - 메뉴 구성안



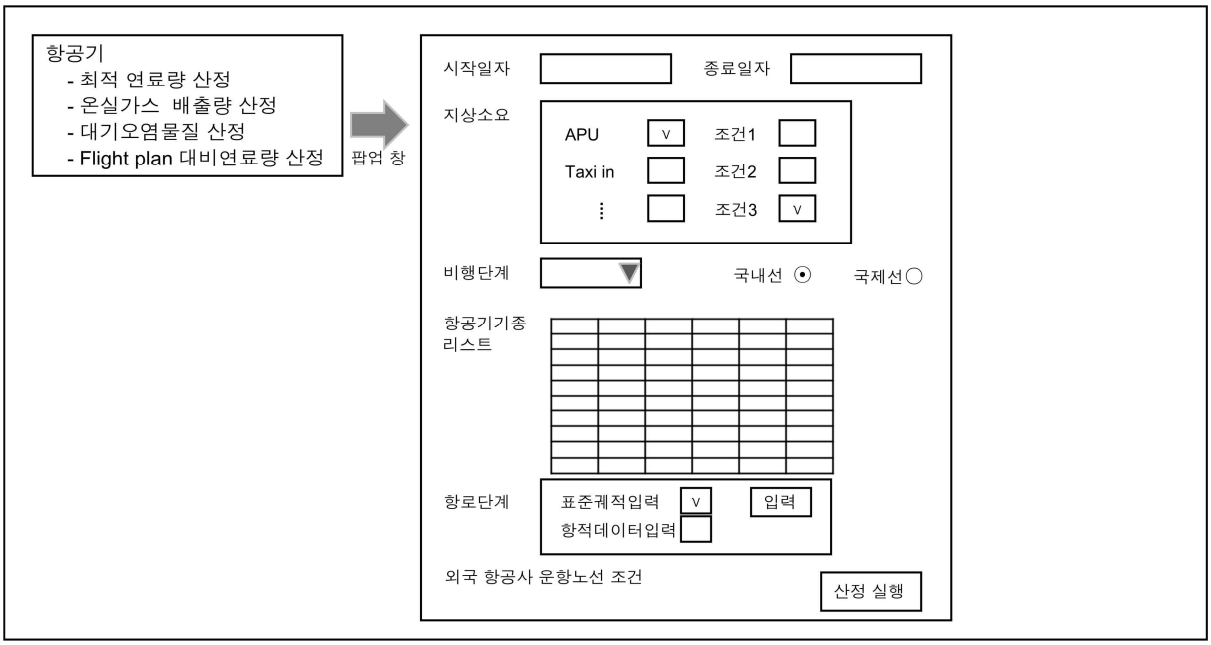
* 시스템 요구사항을 바탕으로 구성

2.4 산정메뉴 상세 Contents - 표준 데이터 온실가스 산정 메뉴 구성안



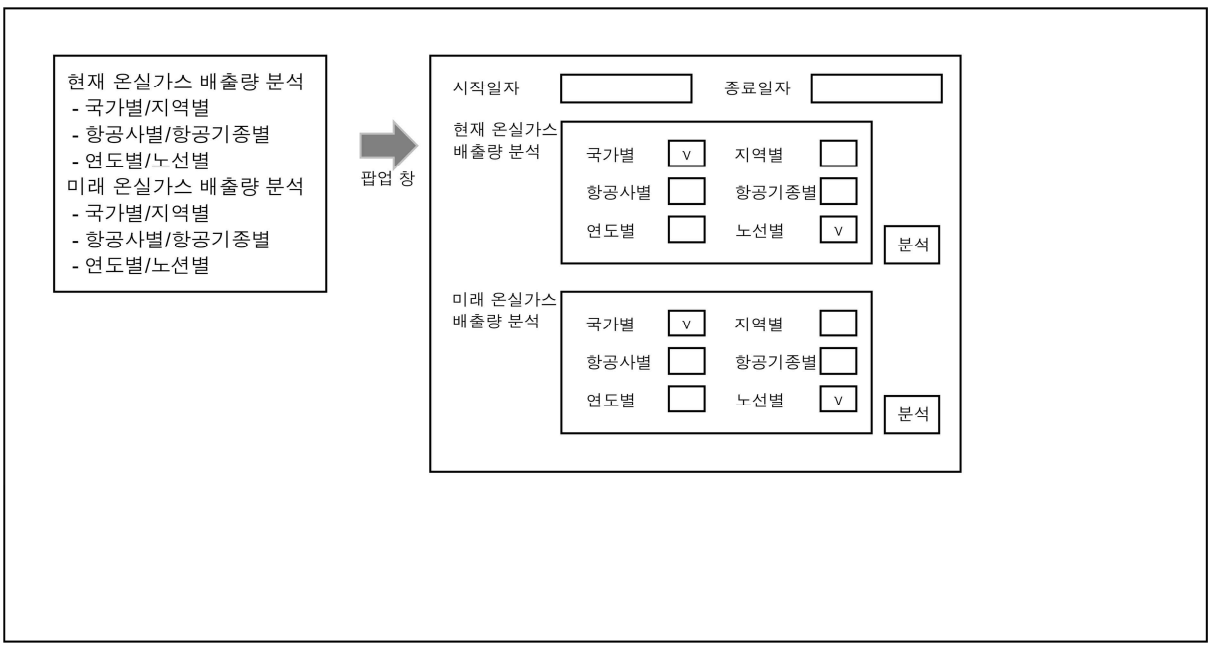
* 요구사항 ID : FUR-E1-001

2.5 산정메뉴 상세 Contents - 항공기 메뉴 관련 구성안



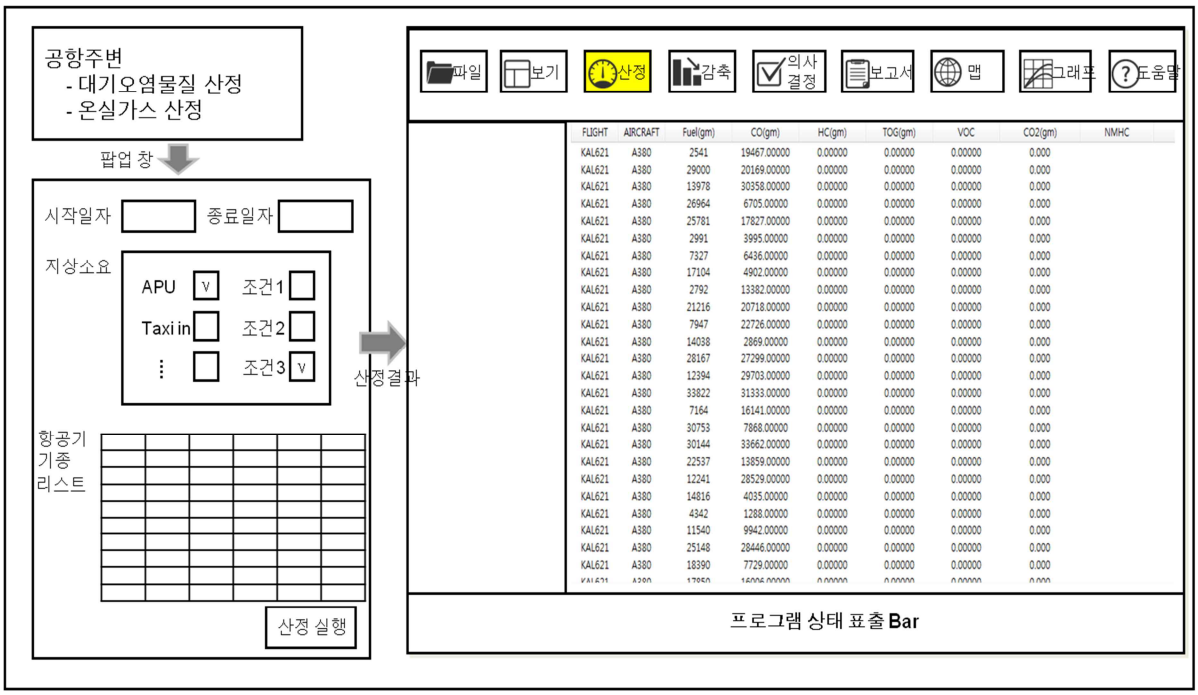
* 요구사항 ID : FUR-E1-001.01 ~ FUR-E1-001.13

2.6 산정메뉴 상세 Contents - 현재/미래 온실가스 배출량 분석



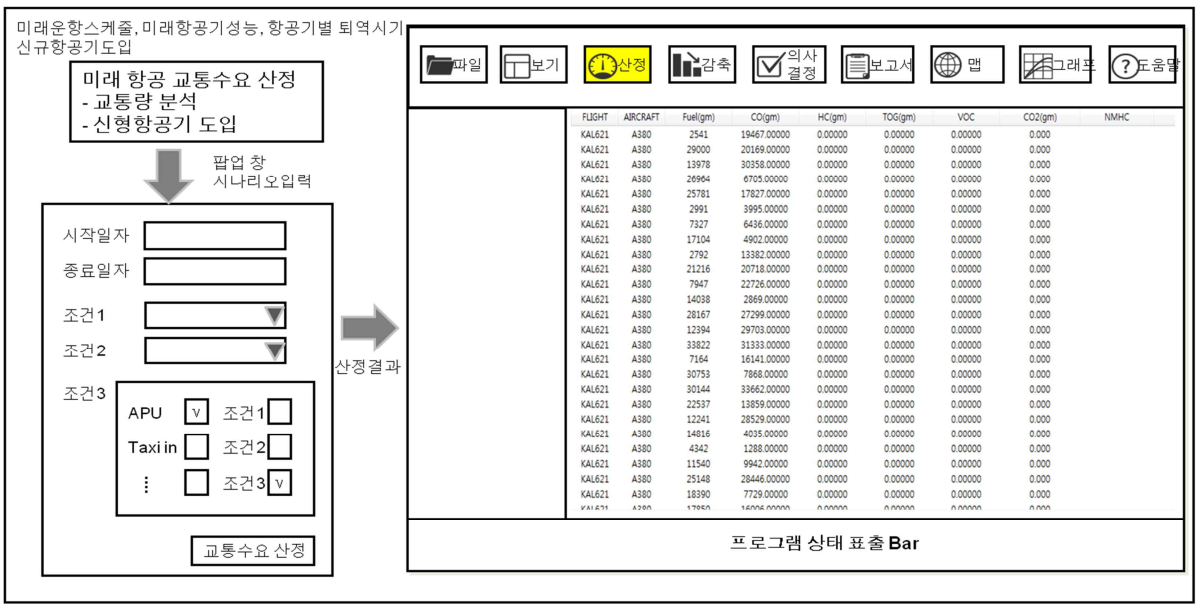
* 요구사항 ID : FUR-E3-003.01 ~ FUR-E3-003.02

2.7 산정메뉴 상세 Contents - 공항주변 관련 메뉴 구성안



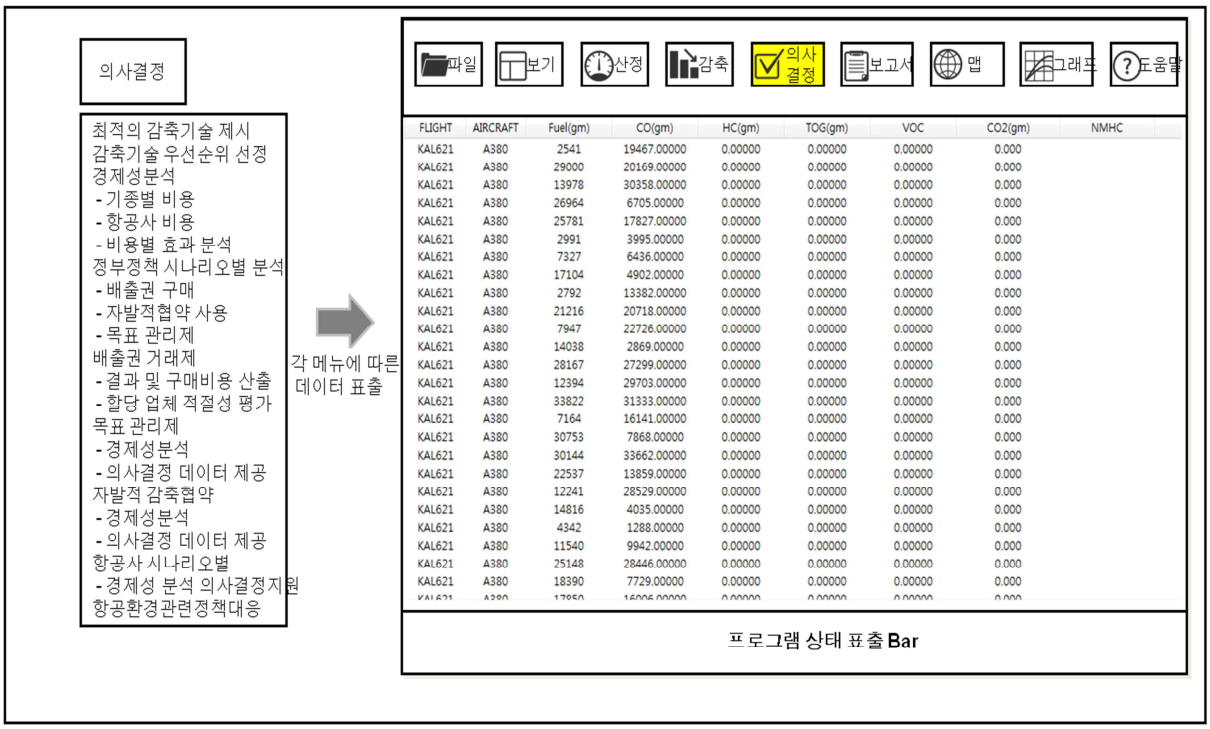
* 요구사항 ID : FUR-E1-001.04, FUR-E1-001.11

2.8 산정메뉴 상세 Contents - 미래 항공 교통수요 산정 메뉴 구성안



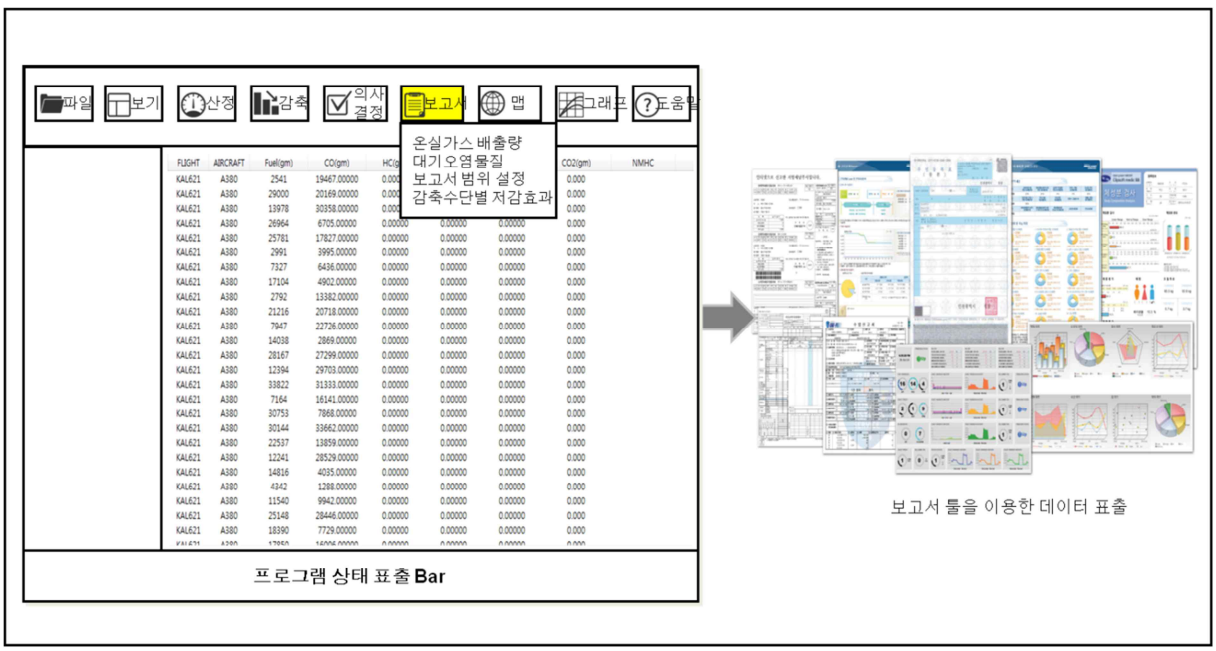
* 요구사항 ID : FUR-E3-003

2.9 의사결정메뉴 상세 Contents - 의사결정 메뉴 구성안



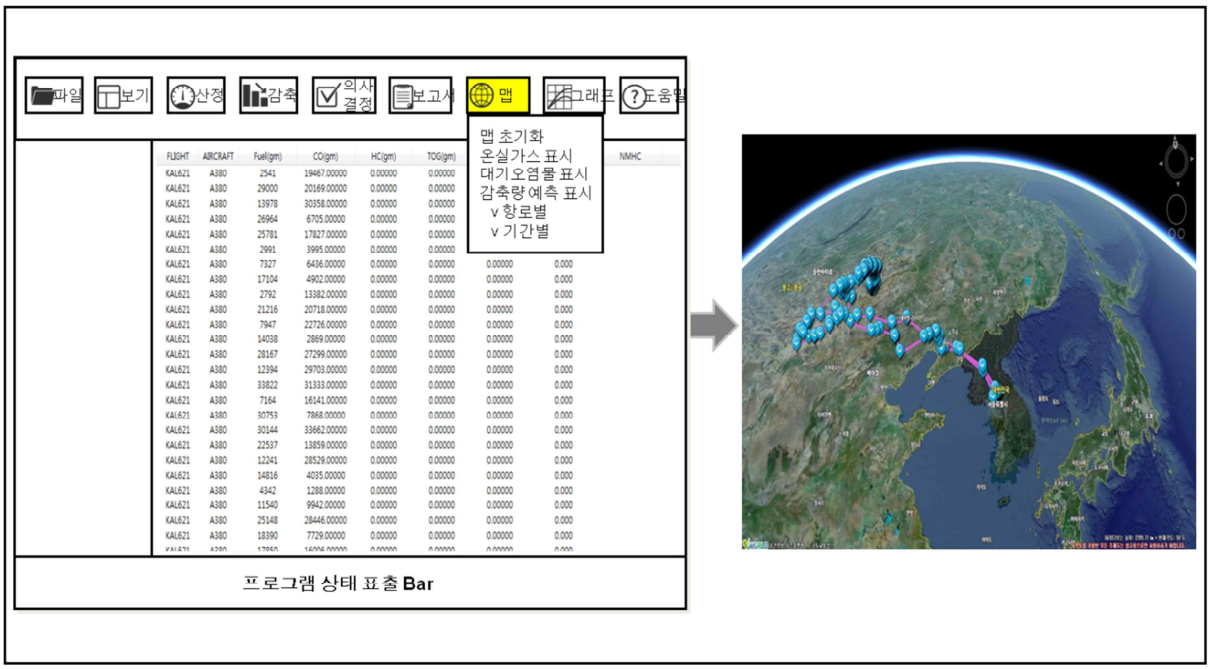
* 요구사항 ID : FUR-E3-002

2.10 산정메뉴 상세 Contents - 보고서 및 그래프 출력(예)



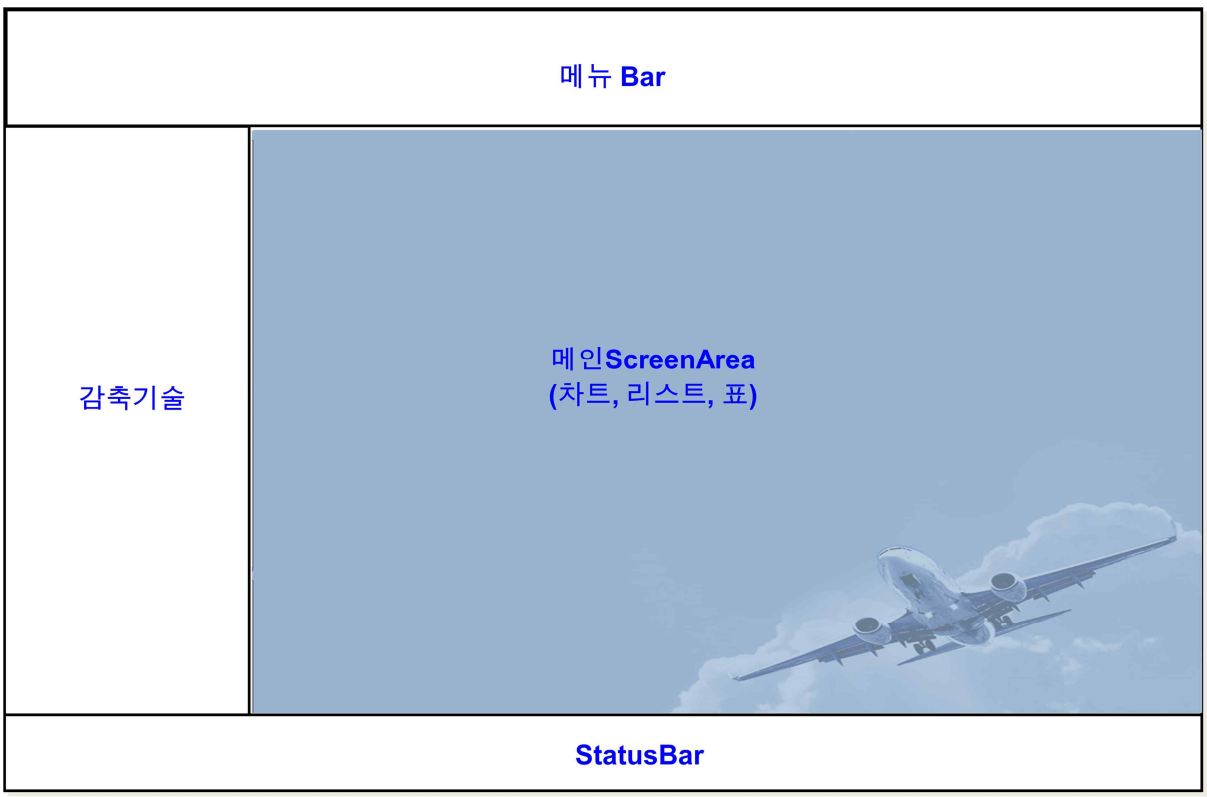
* 요구사항 ID : FUR-CM-001

2.11 산정메뉴 상세 Contents - GIS맵 연계(예)



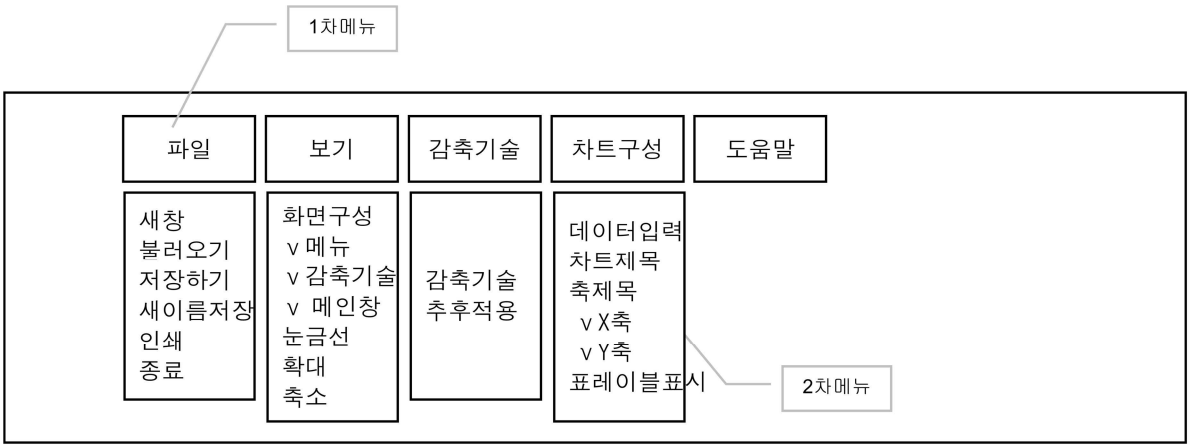
* 요구사항 ID : FUR-CM-003

2.12 감축 UI Frame - 상용툴 메뉴Bar 에서 감축 메뉴 선택 시 구성



* AEDT 기본 메뉴 프레임을 참조

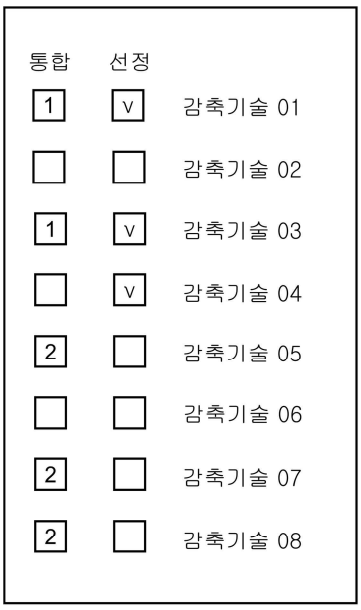
2.13 메뉴Bar Contents - 메뉴Bar 구성



- 화면구성의 세부 메뉴들을 클릭하면 창이 표시되거나 사라짐(사라질 경우 새창으로 열기도 가능)
- 감축기술은 적용되는 감축기술을 표시한다.
- 차트구성은 X축과 Y축을 지정하며, 표의 정보들을 입력한다.
- 도움말을 클릭하면 감축기술에 대한 설명이 새창으로 표시되어 나타남

* 요구사항 ID : FUR-E2-001, FUR-E2-002, FUR-E2-003

2.14 감축기술 – 감축기술 메뉴 구성



1. 마우스 커서가 감축기술 이름 위치에 도달하면 마우스 커서가 달라져야함
2. 감축기술이 적용되면 "ㅇ" 자료 표시되어야함
3. 마우스 커서가 감축기술 이름 위치에 도달하면 해당 감축기술의 설명이 간략히 표시(툴팁)
4. 감축기술은 중복 체크가 가능해야함
5. 감축기술의 통합을 클릭하면 여러 개의 감축기술을 통합하여 그래프가 표시된(set 1, set 2등으로 통합이 가능)

- 초기 개발 단계에서 감축기술은 18개의 배열로 한정하며 추후 변경하도록 함

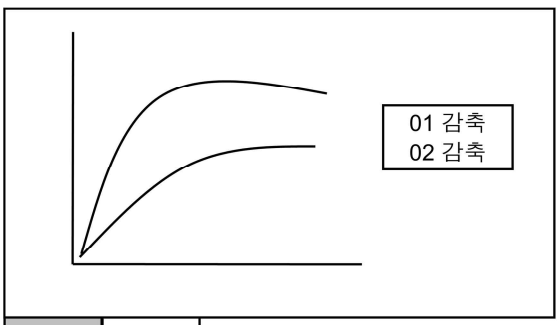
* 요구사항 ID : FUR-E2-001

2.15 감축기술 – 감축기술 구성

구분	대분류	중분류	
1	항공기 보조 엔진(APU)	1	지상 APU 사용량(Ground Ops APU - Total Reduction)
2	운항 관리(Flight Dispatch)	2	최적화 비용지수(Optimized - Cost Index)
		3	비행계획 최적화-수직(Flt Plan OPT - VERTICAL)
		4	운항관리-추가연료(Flight Dispatch - Additional Fuel)
		5	교체 공항 선정(Alternate - OPT Selection)
		6	체공 연료량 최적화(Holding Fuel Optimization)
		7	항공기 하중 계획(Load planning - ZFW Accuracy)
		8	연료량 산정 오차(Fuel Bias - (Flight Planning System))
		9	유도로 연료 산정(Taxi Fuel Excess Standard Load)
3	비행 관리(Flight Operations)	10	저소음 접근절차(Low Noise Low Drag Approaches
		11	엔진 정지(Engine Out - Taxi In)
4	정비(Maintenance &Engineering)	12	엔진 물 세척(Engine Core Water Wash)
5	지상 중량 관리(Commercial &Ground Operations)	13	기내식 장비 중량 감소(Catering Weight Reduction)
		14	이동 식수량 감소(Potable Water Weight Reduction)

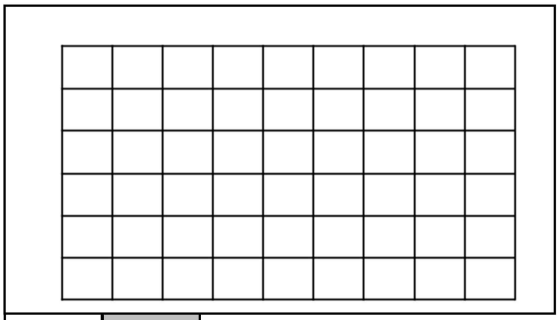
* 요구사항 ID : FUR-E2-002

2.16 메인 ScreenArea – 메인창은 감축량의 결과를 나타내는 창으로 활용됨



그래프 | 표

1. 메인창은 주로 차트와 표가 탭식으로 변형 되어 표시가 가능하도록 함
2. 차트는 메인창의 사이즈별로 적절하게 조절이 되어야함
3. 차트가 하나 또는 여러 개가 표시되어야함



그래프 | 표

1. 주요 내용은 '항공기 운항수(연간/월간) 감축수단(적용/미적용) 감축량(t) 감축률(%) 비용($/원화)' 임 – 결과보고서와 동일하게 표시

3. DBMS 개념 설계

1차년도는 개념 설계 단계로서, DBMS 개념설계를 다음과 같이 진행 하였다. 전체 6개의 Subject Area 가 도출되었으며, 다음차수에서 각 Subject Area에 대한 상세 논리 설계가 진행된다.

3.1 개념 데이터

3.1.1 개념 데이터 모델 정의

- 개념적 데이터 모델이란 건물로 말하면 철제 빔으로 건물의 골격을 세워 놓은 형태와 유사하다. 건 물의 골격이 주요 골조 자재로 구성되어 있듯이 개념 데이터 모델도 주요 핵심 엔터티들로 구성된다. 핵심 엔터티란 행위의 주체나 목적물이 되는 개체 집합에 해당하는 엔터티를 의미한다. 이들은 부모가 존재하지 않는 창조된 집합이어서 다른 집합의 존재 유무에 상관없이 독립적으로 탄생할 수 있다. 핵심 엔터티는 대체적으로 여러 가지 하위의 행위 엔터티를 탄생시킨다.

3.1.2 개념 데이터 모델 의의

- 개념 데이터 모델은 단지 대상을 주요 핵심 엔터티로 한정한다는 것일 뿐이지 모델링 기법은 논리적 모델링과 특별히 다를 것이 없다. 만약 우리가 하향식으로 데이터아키텍처를 수립해 간다면 개념적 모델은 개괄적 모델을 좀더 상세화된 형태로 진화시키거나 중요 엔터티만 선정하여 모델링을 함으로써 탄생된다. 물론 이후에도 모델링의 상세화는 계속되어 갈 것이며, 필연적으로 개념적 모델도 따라서 약간씩 변화가 일어날 수 밖에 없다. 하지만, 개념 데이터 모델은 앞으로 아무리 상세한 모델링이 진행되더라도 전체적인 골격은 개념적 모델을 벗어나지 않는다.

3.2 주제영역 정의

3.2.1 주제 영역 개념

- 주제 영역(Subject Area)은 기업이 사용하는 데이터의 최상위 집합이다. 예를 들어, 제조 업체의 경우 인사, 생산, 자재, 판매 등의 주제 영역이 있을 수 있다. 하나의 주제 영역으로 정의되는 데이터간의 관계는 밀접하고, 다른 주제 영역에 포함되는 데이터 간의 상호작용은 최소화할 수 있도록 정의한다. 데이터는 기본적으로 관계 구조로 표현된다. 관계 구조는 데이터 간의 관계가 복수 개로 표현되면서 서로 연결되어 있기 때문에 하향식(Top-down) 분석이 용이하지 않다. 계획 수립 단계는 하향식 분석을 원칙으로 하고, 검증을 위해서 부분적으로 상향식 분석을 사용한다. 데이터를 하향식으로 분석하기 위한 개념으로 유용한 것이 주제 영역이다. 주제 영역은 계층적으로 표현될 수 있다. 주제 영역을 분해하면 하위 수준의 주제 영역이나 엔터티가 나타난다.

  본 프로젝트의 최상의 집합은 아래와 같이 나뉜다.

  Subject 1 : 공항

  Subject 2 : FLEET

  Subject 3 : 항공/비행

  Subject 4 : 기후

  Subject 5 : 통계

  Subject 6 : 알고리즘

3.2.2 주제 영역 정의

레벨	주제 영역명	설명	대표 엔터티
	공항	각 공항의 데이터 및, 공항관련 데이터	AIRPORT
	FLEET	각 유닛의 장비 및 성능데이터	FLEET
	항공/비행	항공기별 항공 자료 데이터, 노선데이터	AVIATION
	기후	위치 별 기후 데이터, 몇 년치 통계데이터이며, 실시간 기후 데이터는, 항공데이터에서 처리	CLIMATE
	통계	고객이 요구사항에 대한 통계데이터	TOT_XXX

	알고리즘	알고리즘과 연관된 각종 기준 및 Parameter	ALGORITHEM

3.3 주제영역 정의

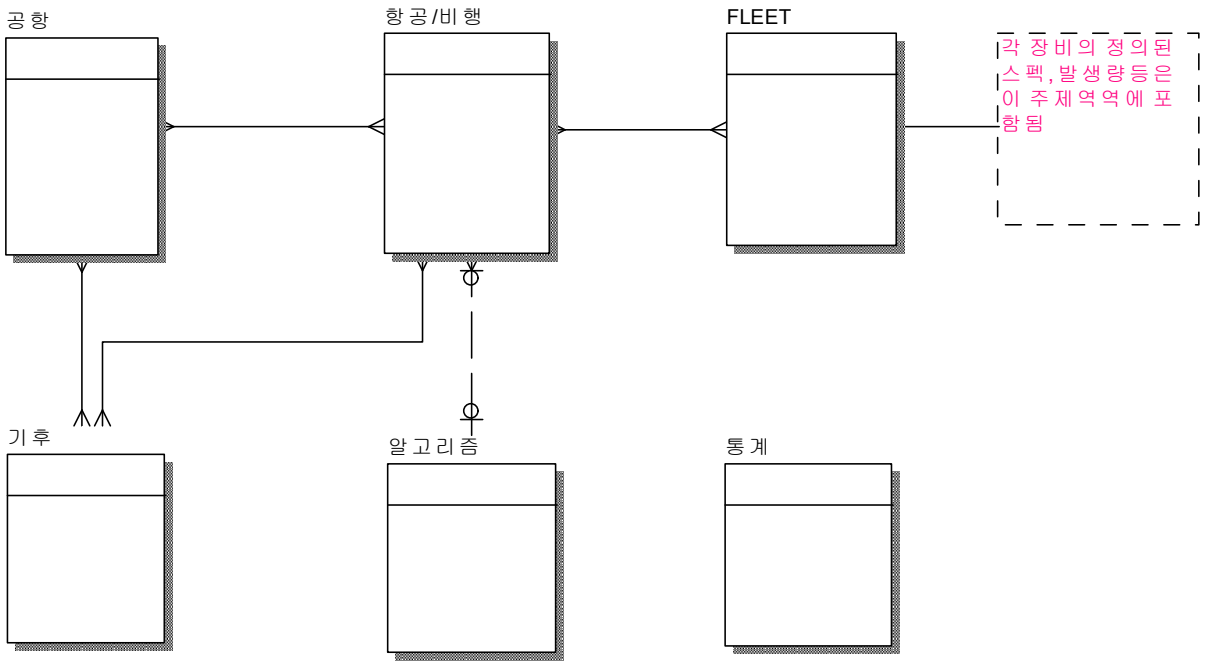
3.3.1 개념데이터 모델 구성요소

- 개념 데이터 모델은 핵심 엔터티(키엔터티, 메인엔터티)와 핵심 엔터티 사이의 관계 도출을 통해 핵심 구조라 할 수 있는 데이터 모델의 골격을 정의한 것이다.
- 아래와 같이 핵심 엔터티가 도출 되었으며, 설계 단계시 상세적으로 서브 엔터티가 도출된다.
- 현단계에서 공항, 항공/비행, FLEET,기후는 M:M 관계로 도출되었으며, 논리모델링 단계에서는 여러 개의 1:M 관계로 풀게 된다.

3.3.2 주제영역 선정

- 본 용역의 주제영역은 AEDT2a 분석결과, KAIST 알고리즘, 사용자 요구사항을 바탕으로 구성되었다.
- FLEET 의 경우 AEDT2a 의 데이터모델을 분해했을 경우 최종적으로 도출되었다.
- KAIST 의 알고리즘은 단일 비행을 기본으로 제공됨으로 항공/비행 주제영역이 도출된다. 또한 항공/비행 주제영역은 단일 비행을 큰 개념의 집합으로 표현할 수 있는 시나리오를 포함한다.
- 기후조건을 배출량 산정에 반영해야 하는 사용자 요구사항과 관련하여 기후 주제영역이 도출되었다..
- 그외, 최종결과를 빠르게 확인 할 수 있는 통계데이터, 알고리즘에 파라미터를 제공하는 알고리즘 주제영역이 도출되었다.

3.3.3 개념데이터 모델



4. ERD

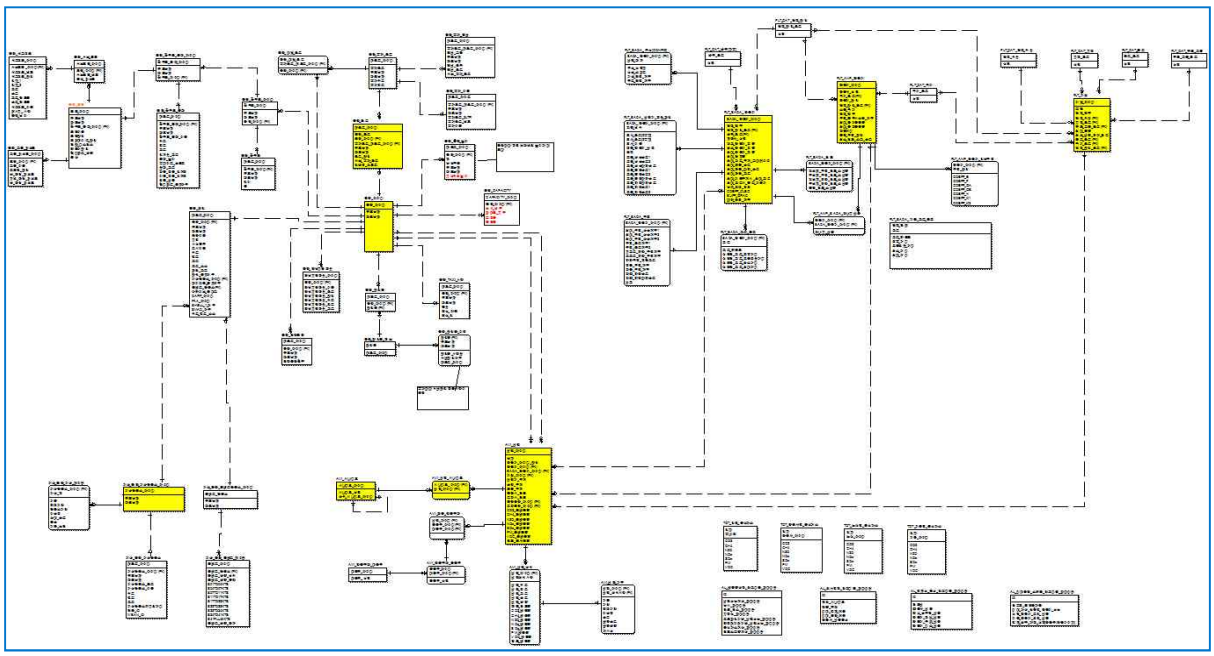
AEDT의 데이터 모델링과, 요구사항 정의에 따른 내용을 복합적으로 구성하였다.

주제영역을 바탕으로 작성된 논리 모델이다.

ER-Win 7.2로 작성되었다.

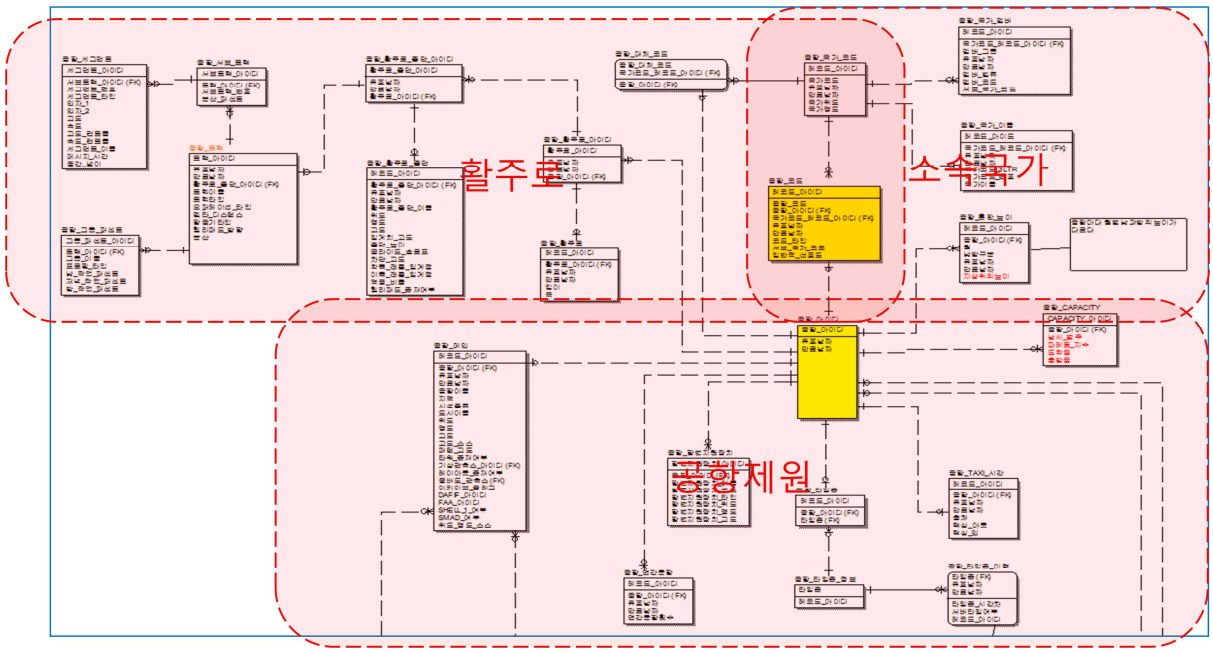
4.1 논리 모델링 (모델링 전체)

- 전체모델을 표현 했으며, 이후로 세부적으로 분류된다.



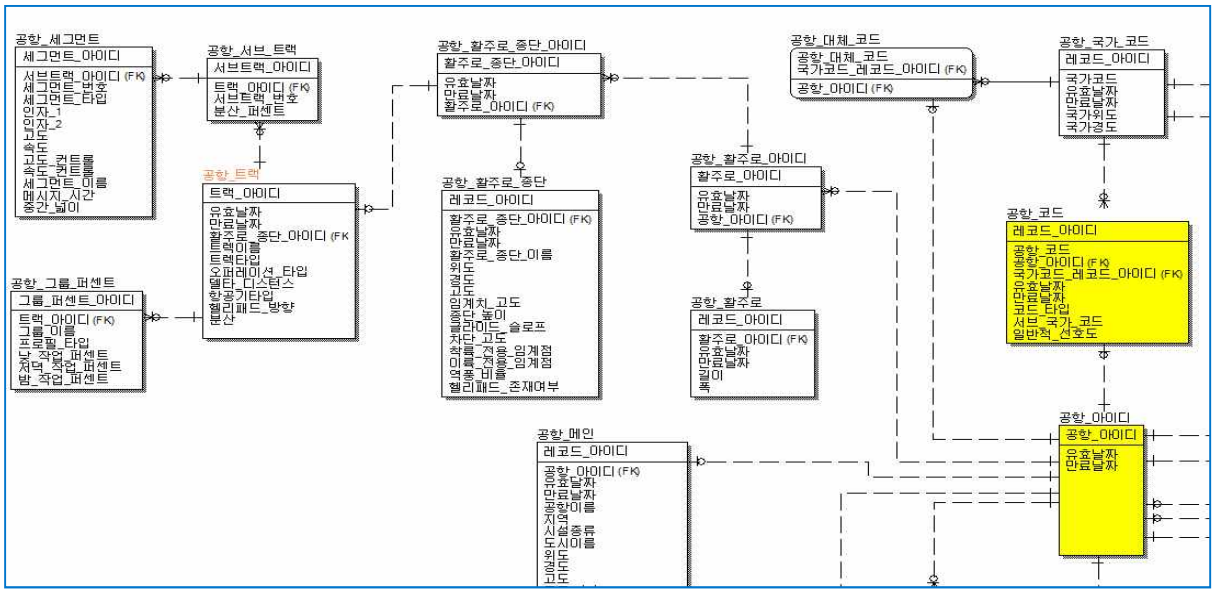
4.2 공항 - 전체모델

- 공항전체 모델을 표현한다.



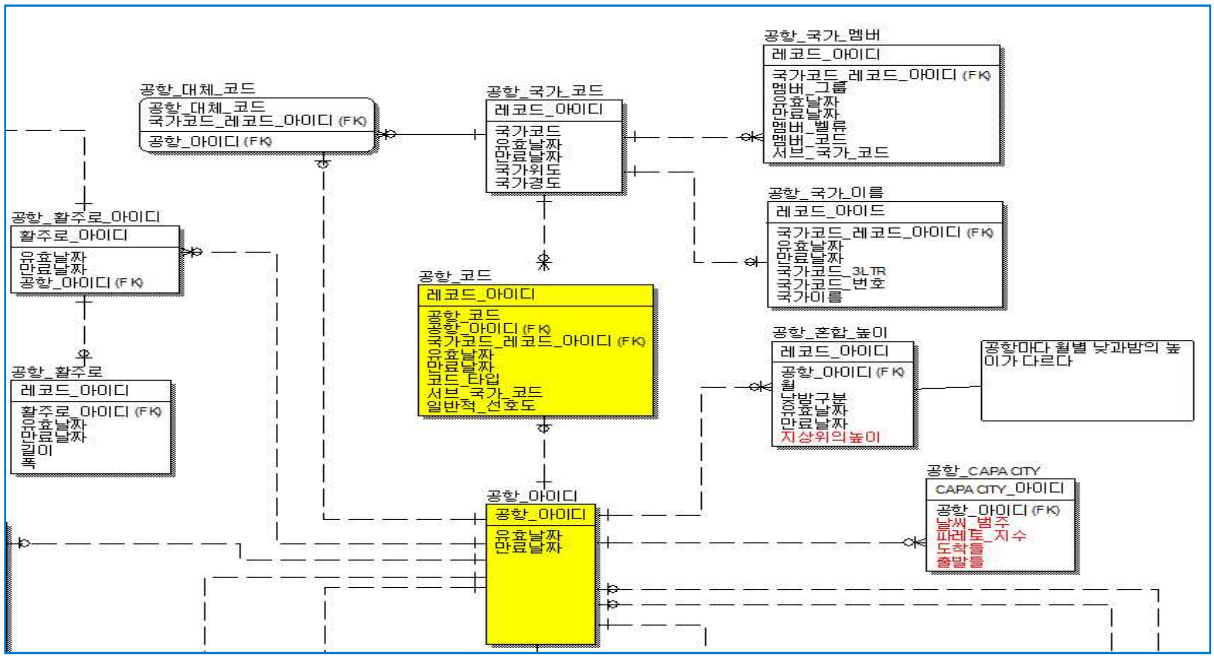
4.3 공항 - 활주로

- 공항모델 중 활주로 부분을 표현한다.



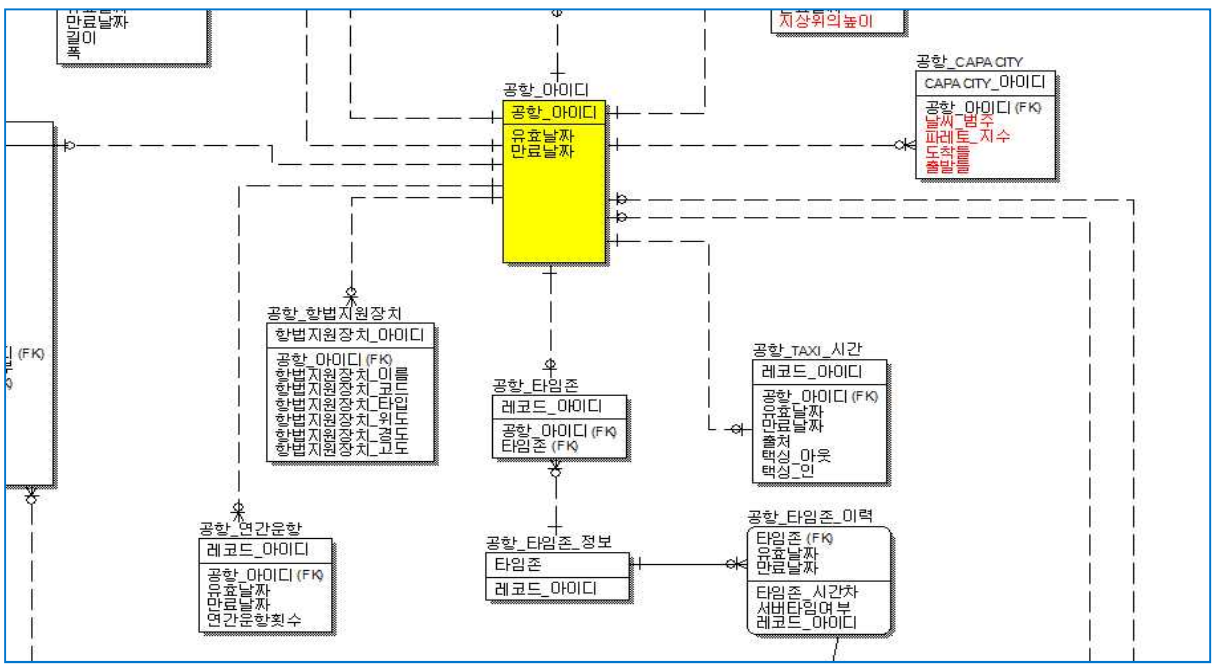
4.4 공항 - 소속국가

- 공항모델 중 연관된 소속국가 부분을 표현한다.



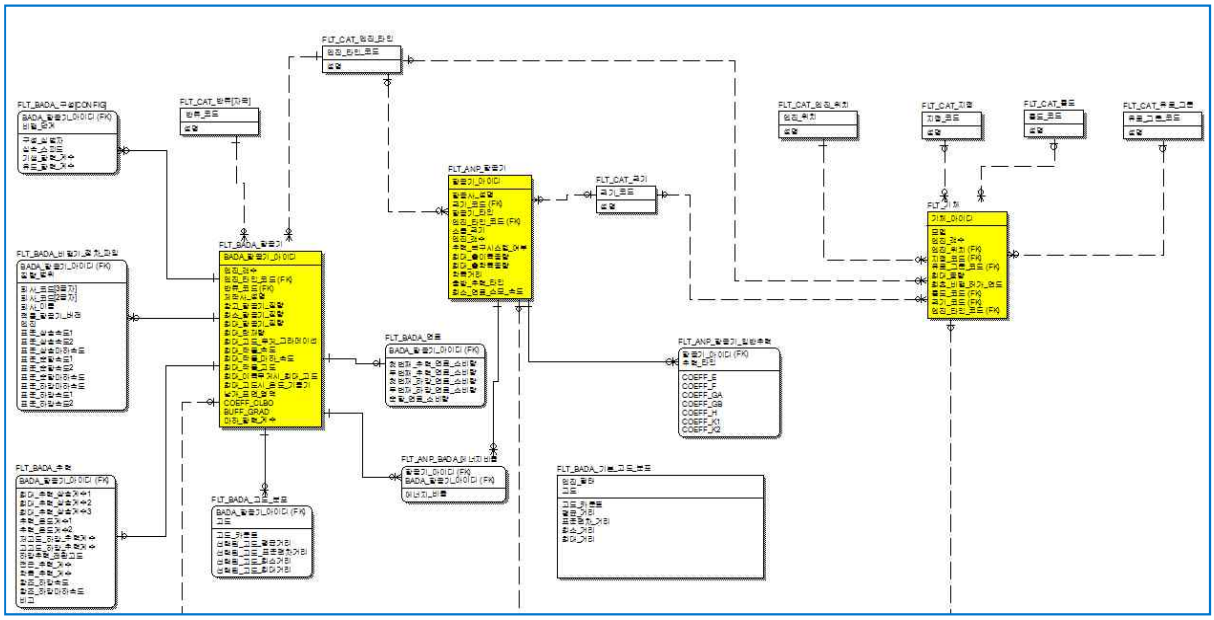
4.5 공항 - 공항제원

- 공항모델 중 공항 제원(CAPACITY) 부분을 표현한다.



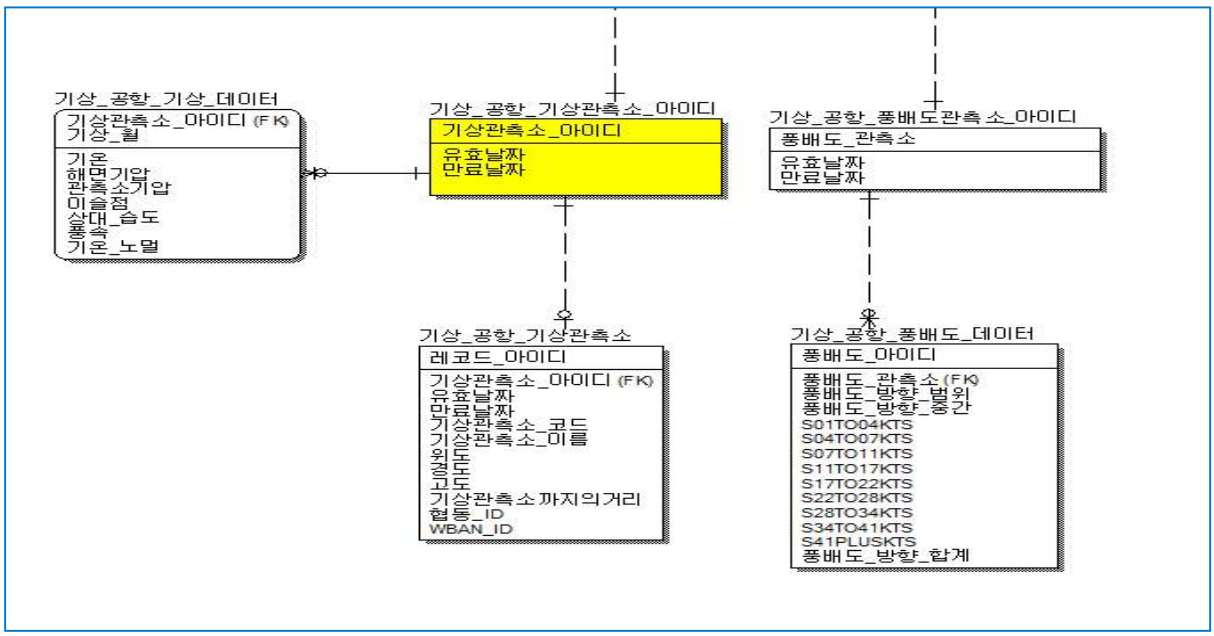
4.6 FLEET

- 각 항공기의 제원, 연료소모량 등을 표현한다.



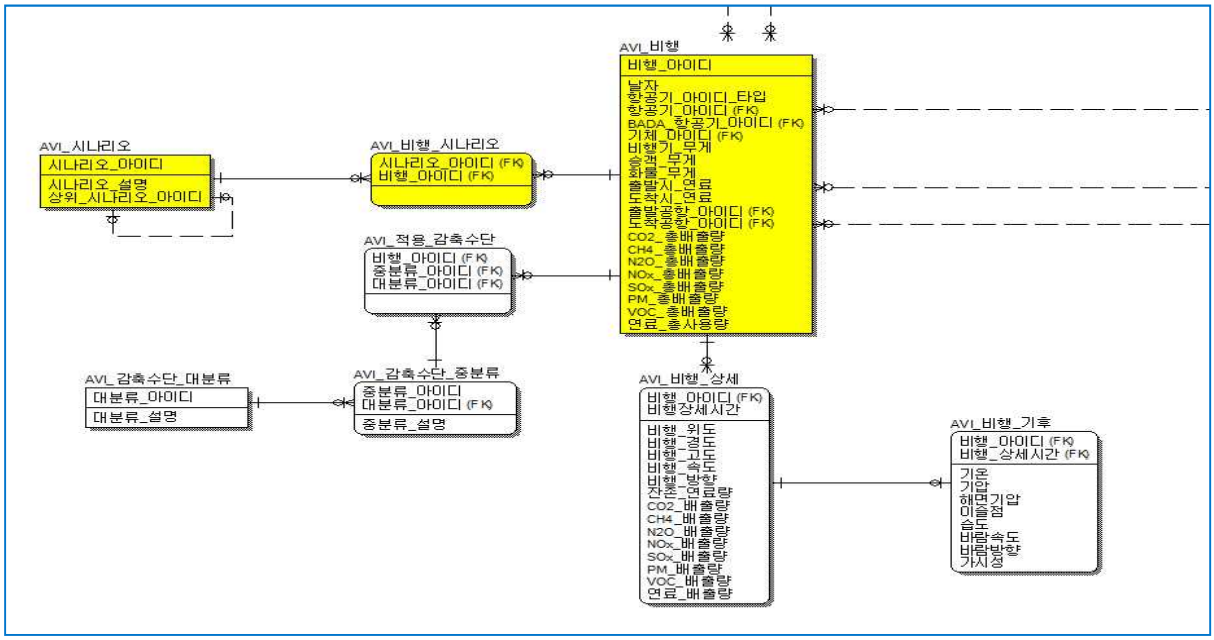
4.7 기후

- 기후 데이터를 표현한다(기후, 풍향).



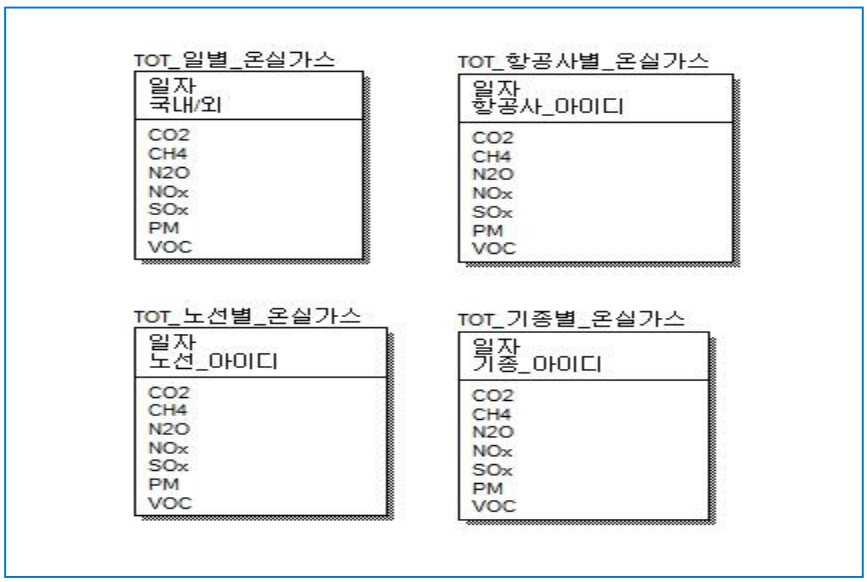
4.8 항공/비행

- 실 운영된 항공/비행 데이터를 표현한다(시나리오데이터 포함).



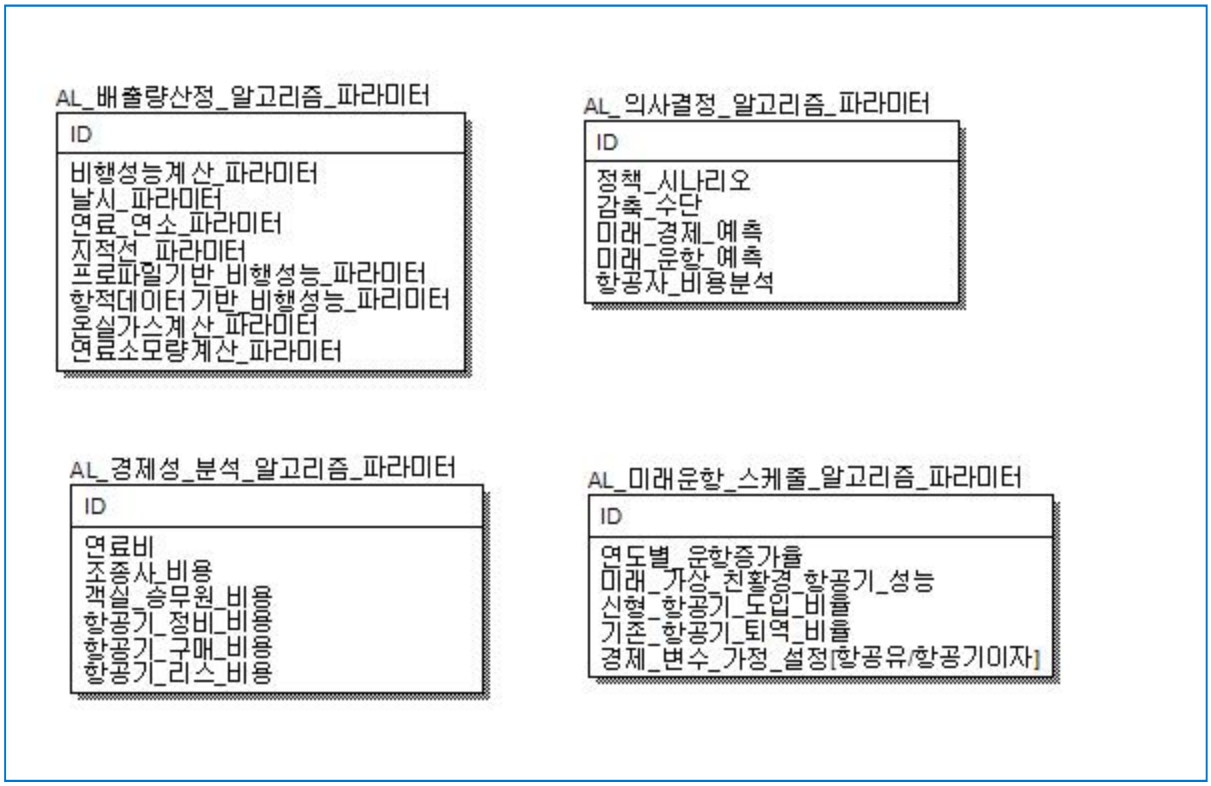
4.9 통계

- 운영된 항공/비행에서 배출된 온실가스 통계데이터를 표현한다.



4.10 알고리즘

- 각종 알고리즘에서 사용할 파라미터 데이터를 표현한다



5. 논리 모델링

AEDT의 데이터 모델링과, 요구사항 정의에 따른 내용을 복합적으로 구성하였다.

ERD에 표출된 각 엔터티의 상세내역을 표현한다.

5.1 공항_세그먼트 엔터티

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_세그먼트		
개요	세그멘트 엔터티는 서브-트렉 세그먼트 정보를 가지고 있다. 각 서브-트렉은 하나 또는 여러 개의 서그멘트를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	세그먼트_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	서브트렉_아이디	INTEGER	4	N	FK	
3	세그먼트_번호	INTEGER	4	N		
4	세그먼트_타입	NCHAR	1	N		
5	인자_1	FLOAT	4	Y		
6	인자_2	FLOAT	4	Y		
7	고도	FLOAT	4	Y		
8	속도	FLOAT	4	Y		
9	고도_컨트롤	INTEGER	4	Y		
10	속도_컨트롤	INTEGER	4	Y		
11	세그먼트_이름	NVARCHAR	255	Y		
12	메시지_시간	DATETIME	8	Y		
13	중간_넓이	FLOAT	4	Y		
			304			
업무규칙						

5.2 공항_그룹_퍼센트

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_그룹_퍼센트		
개요	그룹 퍼센트 엔터티는 활주로 활용도 정보를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	그룹_퍼센트_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	트랙_아이디	INTEGER	4	N	FK	
3	그룹_이름	NVARCHAR	3	N		
4	프로필_타입	NCHAR	1	Y		
5	낮_작업_퍼센트	FLOAT	4	Y		
6	저녁_작업_퍼센트	FLOAT	4	Y		
7	밤_작업_퍼센트	FLOAT	4	Y		
			24			
업무규칙						

5.3 공항_서브_트렉

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_서브_트렉		
개요	서브-트렉 엔터티는 트렉들에 대한 서브-트렉 정보를 가지고 있다. 각 트렉은 하나 또는 여러 개의 서브-트렉을 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	서브트렉_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	트렉_아이디	INTEGER	4	N	FK	
3	서브트렉_번호	INTEGER	4	N		
4	분산_퍼센트	FLOAT	4	N		
			16			
업무규칙						

5.4 공항_트렉

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_트렉		
개요	트렉 엔터티는 활주로 또는 헬리콥터 착륙장에 대한 트렉정보(출발 과 도착)를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	트렉_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	유효날짜	DATETIME	8	N		
3	만료날짜	DATETIME	8	N		
4	활주로_종단_아이디	INTEGER	5	N	FK	
5	트렉이름	NVARCHAR	8	N		
6	트렉타입	NCHAR	1	N		
7	오퍼레이션_타입	NCHAR	1	N		
8	델타_디스턴스	INTEGER	4	Y		
9	항공기타입	INTEGER	4	N		
10	헬리패트_방향	FLOAT	4	Y		
11	분산	INTEGER	4	Y		
			51			
업무규칙						

5.5 공항_활주로_종단_아이디

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_활주로_종단_아이디		
개요	공항 활주로 종단 아이디 엔터티는 할주로 종단 아이디의 리스트들 그리고 그들의 실제 유효기간을 저장하고 있다. 활주로 종단 엔터티는 이 엔터티를 참조한다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	레코드_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	활주로_종단_아이디	INTEGER	4	N	FK	
3	유효날짜	DATETIME	8	N		
4	만료날짜	DATETIME	8	N		
5	활주로_종단_이름	NVARCHAR	8	Y		
6	위도	FLOAT	4	Y		
7	경도	NUMBER	4	Y		
8	고도	FLOAT	4	Y		
9	임계치_고도	FLOAT	4	Y		
10	종단_높이	INTEGER	4	Y		
11	글라이드_슬로프	FLOAT	4	Y		
12	차단_고도	INTEGER	4	Y		
13	착륙_전용_임계점	FLOAT	4	Y		
14	이륙_전용_임계점	FLOAT	4	Y		
15	역풍_비율	FLOAT	4	Y		
16	헬리패드_존재여부	NCHAR	1	Y		
			73			
업무규칙						

5.6 공항_활주로_아이디

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_활주로_아이디		
개요	공항 할주로 아이디 엔터티는 활주로 아이디의 리스트들 그리고 그들의 실제 유효기간을 저장하고 있다. 활주로 엔터티는 이 엔터티를 참조한다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	활주로_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	유효날짜	DATETIME	8	N		
3	만료날짜	DATETIME	8	N		
4	공항_아이디	INTEGER	4	N	FK	
			24			
업무규칙						

5.7 공항_활주로

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_활주로		
개요	공항 활주로 엔터티는 활주로 또는 핼리패드의 정보(ex. 길이)를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	레코드_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	활주로_아이디	INTEGER	4	N	FK	
3	유효날짜	DATETIME	8	N		
4	만료날짜	DATETIME	8	N		
5	길이	INTEGER	4	Y		
6	폭	INTEGER	4	Y		
			32			
업무규칙						

5.8 공항_대체_코드

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_대체_코드		
개요	공항 대체 코드 엔터티는 특별한 타입을 위해서 공항 코드 엔터티 안에 있는 코드의 대체 코드를 가지고 있다. 이렇게 함으로서 하나의 공항 ID는 항상 하나의 공항 코드와 매핑 할수 있게 된다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	공항_대체_코드	NVARCHAR	4	N	PK	
2	국가코드_레코드_아이디	INTEGER	4	N	FK	
3	공항_아이디	INTEGER	4	N		
			12			
업무규칙						

5.9 공항_국가_코드

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_국가_코드		
개요	공항 국가 코드 엔터티는 국가 코드(ISO two-letter country code)의 리스트를 가지고 있다, 그리고 지정된 나라가 공항 운영을 시간한 일자를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	레코드_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	국가코드	NCHAR	2	N		
3	유효날짜	DATETIME	8	N		
4	만료날짜	DATETIME	8	N		
5	국가위도	FLOAT	4	N		
6	국가경도	FLOAT	4	N		
			30			
업무규칙						

5.10 공항_국가_멤버

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_국가_멤버		
개요	이 엔터티는 국가들을 그룹핑 하는데 사용된다. 어떤경우는 여러나라가 같은 그룹에 속하며(e.g. Europena Union Member State), 어떤경우는 그룹들이 좀더 세분화 된다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	레코드_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	국가코드_레코드_아이디	INTEGER	4	N	FK	
3	멤버_그룹	NVARCHAR	50	N		
4	유효날짜	DATETIME	8	N		
5	만료날짜	DATETIME	6	N		
6	멤버_밸류	NVARCHAR	50	Y		
7	멤버_코드	INTEGER	4	Y		
8	서브_국가_코드	NVARCHAR	2	Y		
			128			
업무규칙						

5.11 공항_국가_이름

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_국가_이름		
개요	공항 국가 이름 엔터티는 국가 코드 레코드 ID 와 ISO 국가 이름을 매핑한다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	레코드_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	국가코드_레코드_아이디	INTEGER	4	N	FK	
3	유효날짜	DATETIME	8	N		
4	만료날짜	DATETIME	8	N		
5	국가코드_3LTR	NCHAR	3	N		
6	국가코드_번호	NCHAR	3	N		
7	국가이름	NVARCHAR	60	N		
			90			
업무규칙						

5.12 공항_코드

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_코드		
개요	공항 코드 엔터티는 다른 타입들의 공항코드를 가지고 있다(e.g IATA, ICAO)					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	레코드_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	공항_코드	NVARCHAR	4	N		
3	공항_아이디	INTEGER	4	N	FK	
4	국가코드_레코드_아이디	INTEGER	4	N	FK	
5	유효날짜	DATETIME	8	N		
6	만료날짜	DATETIME	8	N		
7	코드_타입	NVARCHAR	8	N		
8	서브_국가_코드	NVARCHAR	2	Y		
9	일반적_선호도	NCHAR	1	N		
			43			
업무규칙						

5.13 공항_아이디

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_아이디		
개요	공항 아이디 엔터티는 고유한 공한 아이디를 가지고 있고 그들이 실제로 사용되기 시작한 날자를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	공항_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	유효날짜	DATETIME	8	N		
3	만료날짜	DATETIME	8	N		
			20			
업무규칙						

5.14 공항_혼합_높이

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_혼합_높이		
개요	혼합 높이 엔터티는 공항의 이용 가능한 높이 데이터를 혼합 하여가지고 있다. 공항마다 월별, 낮/밤의 이용 가능한 높이가 다르다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	레코드_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	공항_아이디	INTEGER	4	N	FK	
3	월	INTEGER	4	N		
4	낮밤구분	NVARCHAR	3	N		
5	유효날짜	DATETIME	8	N		
6	만료날짜	DATETIME	8	N		
7	지상위의높이	INTEGER	4	N		
			35			
업무규칙						

5.15 공항_CAPACITY

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_CAPACITY		
개요	공항 CAPACITY 엔터티는 연간 공항의 CAPACITY 정보를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	CAPACITY_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	공항_아이디	INTEGER	4	N	FK	
3	날씨_범주	INTEGER	4	N		
4	파레토_지수	INTEGER	4	N		
5	도착들	REAL	4	N		
6	출발들	REAL	4	N		
			24			
업무규칙						

5.16 공항_메인

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_메인		
개요	공항 메인 엔터티는 공항이름, 위/경도, 고도 등등의 정보를 가지고 있다. 대부분의 엔터티 들은 이 엔터티 와 JOIN 될수 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	레코드_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	공항_아이디	INTEGER	4	N	FK	
3	유효날짜	DATETIME	8	N		
4	만료날짜	DATETIME	8	N		
5	공항이름	NVARCHAR	100	Y		
6	지역	NVARCHAR	50	Y		
7	시설종류	NVARCHAR	25	N		
8	도시이름	NVARCHAR	50	Y		
9	위도	FLOAT	4	N		
10	경도	FLOAT	4	N		
11	고도	INTEGER	4	N		
12	고도_소스	NCHAR	1	Y		
13	고도_패턴	INTEGER	4	Y		
14	타워_존재여부	NCHAR	1	Y		
15	기상관측소_아이디	INTEGER	4	N	FK	
16	레이아웃_존재여부	NCHAR	1	Y		
17	풍배도_관측소	NVARCHAR	5	N	FK	
18	아카이브_플래그	NCHAR	1	Y		
19	DAFIF_아이디	NVARCHAR	7	Y		
20	FAA_아이디	NVARCHAR	15	Y		
21	SHELL_1_여부	NCHAR	1	Y		
22	SMAD_여부	NCHAR	1	Y		
23	위도_경도_소스	NVARCHAR	1	Y		
			303			
업무규칙						

5.17 공항_항법지원장치

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_항법지원장치		
개요	공항 항법지원장치 엔터티는 공항의 각 항법지원장치 자료를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	항법지원장치_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	공항_아이디	INTEGER	4	N	FK	
3	항법지원장치_이름	NVARCHAR	40	N		
4	항법지원장치_코드	NVARCHAR	6	N		
5	항법지원장치_타입	NCHAR	1	N		
6	항법지원장치_위도	FLOAT	4	N		
7	항법지원장치_고도	INTEGER	4	N		
			63			
업무규칙						

5.18 공항_연간운항

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_연간운항		
개요	공항 연간운항 엔터티는 공항의 연간 운항 자료를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	레코드_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	공항_아이디	INTEGER	4	N	FK	
3	유효날짜	DATETIME	8	N		
4	만료날짜	DATETIME	8	N		
5	연간운항횟수	INTEGER	8	N		
			32			
업무규칙						

5.19 공항_타임존

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_타임존		
개요	공항 타임존 엔터티는 각 공항들의 타임존을 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	레코드_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	공항_아이디	INTEGER	4	N	FK	
3	타임존	NVARCHAR	100	N	FK	
			108			
업무규칙						

5.20 공항_타임존_정보

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_타임존_정보		
개요	공항 타임존 정보 엔터티는 타임존 이름을 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	타임존	NVARCHAR	100	N	PK	
2	레코드_아이디	INTEGER	4	N		
			104			
업무규칙						

5.21 공항_타임존_이력

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_타임존_이력		
개요	공항 타임존 정보 엔터티는 타임존 이름을 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	타임존	NVARCHAR	100	N	PK	
2	유효날짜	DATETIME	8	N	PK	
3	만료날짜	DATETIME	8	N	PK	
4	타임존_시간차	INTEGER	4	Y		
5	서버타임여부	NCHAR	1	Y		
6	레코드_아이디	INTEGER	4	Y		
			125			
업무규칙						

5.22 공항_TAXI_시간

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_TAXI_시간		
개요	공항 TAXI 시간 엔터티는 각 공항의 연간 평균 TAXI IN 그리고 TAXI OUT 의 정보를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	레코드_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	공항_아이디	INTEGER	4	N		
3	유효날짜	DATETIME	8	N		
4	만료날짜	DATETIME	8	N		
5	출처	NVARCHAR	6	Y		
6	택싱_아웃	INTEGER	4	N		
7	택싱_인	INTEGER	4	N		
			38			
업무규칙						

5.23 기상_공항_기상관측소_아이디

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	기상		엔티티명	기상_공항_기상관측소_아이디		
개요	공항 기상 관측소 아이디 엔터티는 기상 관측소 아이디 와 그들의 유효 날자를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	기상관측소_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	유효날짜	DATETIME	8	N		
3	만료날짜	DATETIME	8	N		
			20			
업무규칙						

5.24 기상_공항_기상_데이터

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	기상		엔티티명	기상_공항_기상_데이터		
개요	기상 데이터 엔터티는 각 기상관측소 마다 13 개의 레코드를 가지고있다(12 개의 월과 1 개의 년)					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	기상관측소_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	기상_월	NVARCHAR	3	N	PK	
3	기온	REAL	4	Y		
4	해면기압	REAL	4	Y		
5	관측소기압	REAL	4	Y		
6	이슬점	REAL	4	Y		
7	상대_습도	FLOAT	4	Y		
8	풍속	REAL	4	Y		
9	정상_기온	REAL	4	Y		
			35			
업무규칙						

5.25 기상_공항_기상관측소

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	기상		엔티티명	기상_공항_기상관측소		
개요	기상관측소 엔터티는 기상관측소 이름, 위도/경도, 고도 등의 정보를 가지고 있다. 각공항은 가장 가까운 기상관측소의 정보를 참조할수 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	레코드_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	기상관측소_아이디	INTEGER	4	N	PK	
3	유효날짜	DATETIME	8	N		
4	만료날짜	DATETIME	8	N		
5	기상관측소_코드	NVARCHAR	5	Y		
6	기상관측소_이름	NVARCHAR	25	Y		
7	위도	FLOAT	4	N		
8	경도	FLOAT	4	N		
9	고도	INTEGER	4	N		
10	기상관측소까지의 거리(데이터 소스로부터)	FLOAT	4	N		
11	협동_ID	NVARCHAR	6	Y		
12	WBAN_ID	NVARCHAR	5	Y		
			81			
업무규칙						

5.26 기상_공항_풍배도관측소_아이디

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	기상		엔티티명	기상_공항_풍배도관측소_아이디		
개요	풍배도 관측소 아이디 엔터티는 풍배도 관측소 리스트와 그들의 유효일자를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	풍배도_관측소	NVARCHAR	5	N	PK	
2	유효날짜	DATETIME	8	N		
3	만료날짜	DATETIME	8	N		
			21			
업무규칙						

5.27 기상_공항_풍배도_데이터

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	기상		엔티티명	기상_공항_풍배도_데이터		
개요	풍배도 데이터 엔터티는 각 풍배도 관측소에 대한 풍배도 데이터를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	풍배도_아이디	NVARCHAR	10	N	PK	
2	풍배도_관측소	NVARCHAR	5	N	FK	
3	풍배도_방향_범위	NVARCHAR	14	N		
4	풍배도_향향_중간	NVARCHAR	4	N		
5	S01TO04KTS	NUMBER	4	N		
6	S07TO11KTS	NUMBER	4	N		
7	S11TO17KTS	NUMBER	4	N		
8	S17TO22KTS	NUMBER	4	N		
9	S22TO28KTS	NUMBER	4	N		
10	S28TO34KTS	NUMBER	4	N		
11	S34TO41KTS	NUMBER	4	N		
12	S41PLUSKTS	NUMBER	4	N		
13	풍배도_방향_합계	INTEGER	4	N		
			69			
업무규칙						

5.28 AVI_비행

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	비행		엔티티명	AVI_비행		
개요	AVI 비행 엔터티는 실제로 비행기가 운항한 정보를 가지고 있다. 또한 배출가스량, 온실가스량등을 포함하고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	비행_아이디	NUMBER	20	N	PK	
2	날자	DATE	4	N		
3	항공기_아이디_타입	INTEGER	4	Y		
4	항공기_아이디	NVARCHAR	12	Y	FK	
5	BADA_항공기_아이디	NVARCHAR	10	Y	FK	
6	기체_아이디	INTEGER	4	Y	FK	
7	비행기_무게	FLOAT	4	Y		
8	승객_무게	FLOAT	4	Y		
9	화물_무게	FLOAT	4	Y		
10	출발시_연료	INTEGER	4	Y		
11	도착시_연료	INTEGER	4	Y		
12	출발공항_아이디	INTEGER	4	Y		
13	도착공항_아이디	INTEGER	4	Y		
14	CO2_총배출량	FLOAT	4	Y		
15	CH4_총배출량	FLOAT	4	Y		
16	N2O_총배출량	FLOAT	4	Y		
17	NOx_총배출량	FLOAT	4	Y		
18	SOx_총배출량	FLOAT	4	Y		
19	PM_총배출량	FLOAT	4	Y		
20	VOC_총배출량	FLOAT	4	Y		
21	연료_총사용량	FLOAT	4	Y		
			114			
업무규칙						

5.29 AVI_시나리오

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	비행		엔티티명	AVI_시나리오		
개요	AVI 시나리오 엔터티는 사용자가 설정한 시나리오를 가지고 있다. 특이한점으로 상위 시나리오를 재귀적으로 포함하고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	시나리오_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	시나리오_설명	NVARCHAR	300	Y		
3	상위_시나리오_아이디	INTEGER	4	Y		
			308			
업무규칙						

5.30 AVI_비행_시나리오

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	비행		엔티티명	AVI_비행_시나리오		
개요	AVI 비행 시나리오 엔터티는 사용자가 설정한 시나리오와 실제 비행한 비행간의 관계를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	시나리오_아이디	INTEGER	4	N	PK, FK	
2	비행_아이디	NVARCHAR	20	N	PK, FK	
			24			
업무규칙						

5.31 AVI_감축수단_대분류

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	비행		엔티티명	AVI_감축수단_대분류		
개요	AVI 감축수단 대분류 엔터티는 감축수단 별 대분류 내용을 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	대분류_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	대분류_설명	NVARCHAR	200	Y		
			204			
업무규칙						

5.32 AVI_감축수단_중분류

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	비행		엔티티명	AVI_감축수단_중분류		
개요	AVI 감축수단 중분류 엔터티는 감축수단별 대분류와 감축수단별 중분류 정보를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	중분류_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	대분류_아이디	INTEGER	4	N	PK, FK	
			8			
업무규칙						

5.33 AVI_적용_감축수단

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	비행		엔티티명	AVI_적용_감축수단		
개요	AVI 적용 감축수단 엔터티는 각 비행별 적용된 감축수단 정보를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	중분류_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	대분류_아이디	INTEGER	4	N	PK, FK	
			8			
업무규칙						

5.34 AVI_비행_상세

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	비행		엔티티명	AVI_비행_상세		
개요	AVI 비행 상세 엔터티는 실제로 비행기가 운항중 포인드별 정보를 가지고 있다. 또한 또한 운항 표인트별 배출가스량, 온실가스량등을 포함하고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	비행_아이디	NUMBER	20	N	PK	
2	비행상세시간	DATETIME	8	N	PK	
3	비행_위도	FLOAT	4	N		
4	비행_경도	FLOAT	4	N		
5	비행_고도	INTEGER	4	N		
6	비행_속도	INTEGER	4	N		
7	비행_방향	FLOAT	4	N		
8	잔존_연료량	FLOAT	4	Y		
9	CO2_배출량	FLOAT	4	Y		
10	CH4_배출량	FLOAT	4	Y		
11	N2O_배출량	FLOAT	4	Y		
12	NOx_배출량	FLOAT	4	Y		
13	SOx_배출량	FLOAT	4	Y		
14	PM_배출량	FLOAT	4	Y		
15	VOC_배출량	FLOAT	4	Y		
16	연료_배출량	FLOAT	4	Y		
			84			
업무규칙						

5.35 AVI_비행_기후

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	비행		엔티티명	AVI_비행_기후		
개요	AVI 비행 기후 엔터티는 각 비행 포인트별 기후 정보를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	비행_아이디	NVARCHAR	20	N	PK, FK	
2	비행_상세시간	DATETIME	8	N	PK, FK	
3	기온	FLOAT	4	N		
4	기압	FLOAT	4	N		
5	해면기압	FLOAT	4	Y		
6	이슬점	FLOAT	4	Y		
7	습도	FLOAT	4	N		
8	바람속도	INTEGER	4	N		
9	바람방향	INTEGER	4	N		
10	가시성	INTEGER	4	Y		
			60			
업무규칙						

5.36 FLT_BADA_구성(CONFIG)

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_BADA_구성(CONFIG)		
개요	BADA 구성 계수를 포함한다.(including: takeoff, initial climb, cruise, etc.)					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	BADA_항공기_아이디	NVARCHAR	10	N	PK, FK	
2	비행_단계	NCHAR	2	N	PK	
3	구성_실별자	NVARCHAR	10	Y		
4	실속_스피드	FLOAT	4	Y		
5	기생_항력_계수	FLOAT	4	Y		
6	유도_항력_계수	FLOAT	4	Y		
			34			
업무규칙						

5.37 FLT_BADA_비행기_절차_파일)

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_BADA_비행기_절차_파일		
개요	BADA 비행기 절차 파일 엔터티는 CLIMB, CRUISE, DECENT 등의 추천 속도 절차를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	BADA_항공기_아이디	NVARCHAR	10	N	PK, FK	
2	질량_범위	NCHAR	2	N	PK	
3	회사_코드[3글자]	NVARCHAR	3	N		
4	회사_코드[2글자]	NVARCHAR	2	Y		
5	회사_이름	NVARCHAR	15	Y		
6	적용_항공기_버전	NVARCHAR	12	Y		
7	엔진	NVARCHAR	12	Y		
8	표준_상승속도1	INTEGER	4	N		
9	표준_상승속도2	INTEGER	4	N		
10	표준_상승마하속도	REAL	4	N		
11	표준_순항속도1	INTEGER	4	N		
12	표준_순항속도2	INTEGER	3	N		
13	표준_순항마하속도	REAL	4	N		
14	표준_하강마하속도	REAL	4	N		
15	표준_하강속도1	INTEGER	4	N		
16	표준_하강속도2	INTEGER	4	N		
			91			
업무규칙						

5.38 FLT_BADA_추력

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_BADA_추력		
개요	FLT BADA 추력 엔터티는 각 BADA 항공기 에 대한 추력 정보를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	BADA_항공기_아이디	NVARCHAR	10	N	PK, FK	
2	최대_추력_상승계수1	FLOAT	4	N		
3	최대_추력_상승계수2	FLOAT	4	N		
4	최대_추력_상승계수3	FLOAT	4	N		
5	추력_온도계수1	FLOAT	4	N		
6	추력_온도계수2	FLOAT	4	N		
7	저고도_하강_추력계수	FLOAT	4	N		
8	고고도_하강_추력계수	FLOAT	4	N		
9	하강추력_전환고도	FLOAT	4	N		
10	접근_추력_계수	FLOAT	4	N		
11	착륙_추력_계수	FLOAT	4	N		
12	참조_하강속도	FLOAT	4	N		
13	참조_하강마하속도	REAL	4	N		
14	비고	NVARCHAR	255	Y		
			313			
업무규칙						

5.39 FLT_CAT_반류(자국)

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_CAT_반류(자국)		
개요	FLT CAT 반류 엔터티는 반류(자국) 에 대한 코드 엔트티 이다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	반류_코드	NCHAR	1	N	PK	
2	설명	NVARCHAR	50	N		
			51			
업무규칙						

5.40 FLT_BADA_항공기

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_BADA_항공기		
개요	FLT BADA 항공기 엔터티는 BADA 항공기 Identifiers 와 characteristics 등을 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	BADA_항공기_아이디	NVARCHAR	10	N	PK	
2	엔진_개수	INTEGER	4	N		
3	엔진_타입_코드	NCHAR	1	N	FK	
4	반류_코드	NCHAR	1	N	FK	
5	제작사_설명	NVARCHAR	255	N		
6	참고_항공기_질량	FLOAT	4	N		
7	최소_항공기_질량	FLOAT	4	N		
8	최대_항공기_질량	FLOAT	4	N		
9	최대_탑재량	FLOAT	4	N		
10	최대_고도_무게_그라데이션	FLOAT	4	N		
11	최대_작동_속도	FLOAT	4	N		
12	최대_작동_마하_속도	FLOAT	4	N		
13	최대_작동_고도	FLOAT	4	N		
14	최대_이륙무게시_최대_고도	FLOAT	4	N		
15	최대_고도시_온도_기울기	FLOAT	4	N		
16	날개_표면_영역	FLOAT	4	N		
17	COEFF_CLBO	FLOAT	4	N		
18	BUFF_GRAD	FLOAT	4	N		
19	마하_항력_계수	FLOAT	4	N		
			327			
업무규칙						

5.41 FLT_BADA_고도_분포

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_BADA_고도_분포		
개요	FLT BADA 고도 분포 엔터티는 BADA 에서 정의한 고도 분포 데이터를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	BADA_항공기_아이디	NVARCHAR	10	N	PK, FK	
2	고도	INTEGER	4	N	PK	
3	고도_카운트	INTEGER	4	Y		
4	선택된_고도_평균거리	FLOAT	4	Y		
5	선택된_고도_표준편차거리	FLOAT	4	Y		
6	선택된_고도_최소거리	FLOAT	4	Y		
7	선택된_고도_최대거리	FLOAT	4	Y		
			34			
업무규칙						

5.42 FLT_CAT_엔진_타입

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_CAT_엔진_타입		
개요	FLT CAT 엔진 타입 엔터티는 엔진 종류들의 list 를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	엔진_타입_코드	NCHAR	1	N	PK	
2	설명	NVARCHAR	50	N		
			51			
업무규칙						

5.43 FLT_BADA_연료

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_BADA_연료		
개요	FLT BADA 연료 엔터티는 BADA 항공기에 대한 연료계수를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	BADA_항공기_아이디	NVARCHAR	10	N	PK, FK	
2	첫번째_추력_연료_소비량	FLOAT	4	N		
3	두번째_추력_연료_소비량	FLOAT	4	N		
4	첫번재_하강_연료_소비량	FLOAT	4	N		
5	두번재_하강_연료_소비량	FLOAT	4	N		
6	순항_연료_소비량	FLOAT	4	N		
			30			
업무규칙						

5.44 FLT_ANP_BADA_에너지비율

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_ANP_BADA_에너지비율		
개요	FLT ANP BADA 에너지비율 엔터티는 ANP 에서 BADA 전이 영역으로 변환할때서 고도 의 변화 에 비해 가속 에 사용 가능한 에너지 의 비율 정보를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	항공기_아이디	NVARCHAR	12	N	PK, FK	
2	BADA_항공기_아이디	NVARCHAR	10	N		
3	에너지_비율	FLOAT	4	N		
			26			
업무규칙						

5.45 FLT_ANP_항공기

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_ANP_항공기		
개요	FLT ANP 항공기 엔터티는 항공기의 Identifiers 와 특징들을 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	항공기_아이디	NVARCHAR	12	N	PK	
2	항공사_설명	NVARCHAR	40	Y		
3	크기_코드	NCHAR	1	N	FK	
4	항공기_타입	NCHAR	1	Y		
5	엔진_타입_코드	NCHAR	1	Y	FK	
6	소음_크기	INTEGER	4	Y		
7	엔진_개수	INTEGER	4	Y		
8	추력_복구시스템_여부	NCHAR	1	N		
9	최대_총이륙중량	INTEGER	4	N		
10	최대_총착륙중량	INTEGER	4	Y		
11	착륙거리	INTEGER	4	Y		
12	출발_추력_타입	NCHAR	1	Y		
13	최소_연료_소모_속도	FLOAT	4	Y		
			81			
업무규칙						

5.46 FLT_CAT_크기

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_CAT_크기		
개요	FLT CAT 크기 엔터티는 항공기의 크기 데이터를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	크기_코드	NCHAR	1	N	PK	
2	설명	NVARCHAR	50	N		
			51			
업무규칙						

5.47 FLT_ANP_항공기_일반추력테이블

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_ANP_항공기_일반추력		
개요	FLT ANP 항공기 일반추력 엔터티는 일반추력 정보를 가지고 있다(convert EPR or N1 to pounds thrust)					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	항공기_아이디	NVARCHAR	12	N	PK,FK	
2	추력_타입	NCHAR	1	N	PK	
3	COEFF_E	FLOAT	4	Y		
4	COEFF_F	FLOAT	4	Y		
5	COEFF_GA	FLOAT	4	Y		
6	COEFF_GB	FLOAT	4	Y		
7	COEFF_H	FLOAT	4	Y		
8	COEFF_K1	FLOAT	4	Y		
9	COEFF_K2	FLOAT	4	N		
			41			
업무규칙						

5.48 FLT_BADA_기본_고도_분포

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_BADA_기본_고도_분포		
개요	FLT_BADA_기본_고도_분포는 Default 고도 분포 정보를 가지고 있다다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	엔진_형태	NVARCHAR	10	N	PK	
2	고도	INTEGER	4	N	PK	
3	고도_카운트	INTEGER	4	Y		
4	평균_거리	FLOAT	4	Y		
5	표준편차_거리	FLOAT	4	Y		
6	최소_거리	FLOAT	4	Y		
7	최대_거리	FLOAT	4	Y		
			34			
업무규칙						

5.49 FLT_CAT_엔진_위치

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_CAT_엔진_위치		
개요	FLT CAT 엔진 위치 엔터티는 엔진 위치 코드들의 리스트를 가지고 있다					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	엔진_위치	NVARCHAR	1	N	PK	
2	설명	NVARCHAR	50	N		
			51			
업무규칙						

5.50 FLT_CAT_지정

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_CAT_지정		
개요	FLT CAT 지정 엔터티는 다음 코드를 가지고 있다(Civil, General aviation, Military)					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	지정_코드	NCHAR	1	N	PK	
2	설명	NVARCHAR	50	N		
			51			
업무규칙						

5.51 FLT_CAT_용도

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_CAT_용도		
개요	FLT CAT 지정 엔터티는 다음 코드를 가지고 있다(Civil, General aviation, Military)					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	지정_코드	NCHAR	1	N	PK	
2	설명	NVARCHAR	50	N		
			51			
업무규칙						

5.52 FLT_CAT_유로_그룹

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_CAT_유로_그룹		
개요	FLT CAT 유료 그룹 엔터티는 유럽국가들의 그룹정보를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	유로_그룹_코드	NCHAR	2	N	PK	
2	설명	NVARCHAR	50	N		
			52			
업무규칙						

5.53 FLT_기체

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_기체		
개요	LFT 기체 엔터터는 비행기 기체의 리스트를 가지고 있다(Lists the airframes.)					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	기체_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	모델	NVARCHAR	50	N		
3	엔진_갯수	INTEGER	4	N		
4	엔진_위치	NVARCHAR	1	N	FK	
5	지정_코드	NCHAR	1	N	FK	
6	유로_그룹_코드	NCHAR	2	N	FK	
7	최대_중량	INTEGER	4	N		
8	최초_비행_허가_연도	INTEGER	4	Y		
9	용도_코드	NCHAR	1	N	FK	
10	크기_코드	NCHAR	1	N	FK	
11	엔진_타입_코드	NCHAR	1	N	FK	
			73			
업무규칙						

5.54 TOT_일별_온실가스

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	통계		엔티티명	TOT_일별_온실가스		
개요	TOT 일별 온실가스 엔터티는 일별 온실가스의 통계정보를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	일자	DATE	4	N	PK	
2	국내/외	NCHAR	1	N	PK	
3	CO2	FLOAT	4	Y		
4	CH4	FLOAT	4	Y		
5	N2O	FLOAT	4	Y		
6	Nox	FLOAT	4	Y		
7	Sox	FLOAT	4	Y		
8	PM	FLOAT	4	Y		
9	VOC		4			
			33			
업무규칙						

5.55 TOT_항공사별_온실가스

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	통계		엔티티명	TOT_항공사별_온실가스		
개요	TOT 항공사별 온실가스 엔터티는 항공사별 온실가스의 통계정보를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	일자	DATE	4	N	PK	
2	항공사_아이디	NVARCHAR	12	N	PK	
3	CO2	FLOAT	4	Y		
4	CH4	FLOAT	4	Y		
5	N2O	FLOAT	4	Y		
6	Nox	FLOAT	4	Y		
7	Sox	FLOAT	4	Y		
8	PM	FLOAT	4	Y		
9	VOC		4			
			44			
업무규칙						

5.56 TOT_노선별_온실가스

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	통계		엔티티명	TOT_노선별_온실가스		
개요	TOT 노선별 온실가스 엔터티는 노선별 온실가스의 통계정보를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	일자	DATE	4	N	PK	
2	노선_아이디	NVARCHAR	12	N	PK	
3	CO2	FLOAT	4	Y		
4	CH4	FLOAT	4	Y		
5	N2O	FLOAT	4	Y		
6	Nox	FLOAT	4	Y		
7	Sox	FLOAT	4	Y		
8	PM	FLOAT	4	Y		
9	VOC		4			
			44			
업무규칙						

5.57 TOT_기종별_온실가스

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	통계		엔티티명	TOT_기종별_온실가스		
개요	TOT 기종별 온실가스 엔터티는 기종별 온실가스의 통계정보를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	일자	DATE	4	N	PK	
2	기종_아이디	NVARCHAR	12	N	PK	
3	CO2	FLOAT	4	Y		
4	CH4	FLOAT	4	Y		
5	N2O	FLOAT	4	Y		
6	Nox	FLOAT	4	Y		
7	Sox	FLOAT	4	Y		
8	PM	FLOAT	4	Y		
9	VOC		4			
			44			
업무규칙						

5.58 AL_배출량산정_알고리즘_파라미터

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	알고리즘		엔티티명	AL_배출량산정_알고리즘_파리미터		
개요	AL 배출량산정 알고리즘 파라미터 엔터티는 배출량산정 알고리즘에 필요한 파라미터 정보를 가지고 있다					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	ID	INTEGER	4	N	PK	
2	비행성능계산_파라미터	INTEGER	4	Y		
3	날시_파라미터	INTEGER	4	Y		
4	연료_연소_파라미터	INTEGER	4	Y		
5	지적선_파라미터	INTEGER	4	Y		
6	프로파일기반_비행성능_파라미터	INTEGER	4	Y		
7	항적데이터기반_비행성능_파리미터	INTEGER	4	Y		
8	온실가스계산_파라미터	INTEGER	4	Y		
9	연료소모량계산_파라미터	INTEGER	4	Y		
			36			
업무규칙						

5.59 AL_경제성분석_알고리즘_파라미터

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	알고리즘		엔티티명	AL_경제성분석_알고리즘_파리미터		
개요	AL 경제성분석 알고리즘 파라미터 엔터티는 경제성분석 알고리즘에 필요한 파라미터 정보를 가지고 있다					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	ID	INTEGER	4	N	PK	
2	연료비	INTEGER	4	Y		
3	조종사_비용	INTEGER	4	Y		
4	객실_승무원_비용	INTEGER	4	Y		
5	항공기_정비_비용	INTEGER	4	Y		
6	항공기_구매_비용	INTEGER	4	Y		
7	항공기_리스_비용	INTEGER	4	Y		
			28			
업무규칙						

5.60 AL_의사결정_알고리즘_파라미터

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	알고리즘		엔티티명	AL_의사결정_알고리즘_파리미터		
개요	AL 의사결정 알고리즘 파라미터 엔터티는 의사결정 알고리즘에 필요한 파라미터 정보를 가지고 있다					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	ID	INTEGER	4	N	PK	
2	정책_시나리오	INTEGER	4	Y		
3	감축_수단	INTEGER	4	Y		
4	미래_경제_예측	INTEGER	4	Y		
5	미래_운항_예측	INTEGER	4	Y		
6	항공사_비용분석	INTEGER	4	Y		
			24			
업무규칙						

5.61 AL_미래운항_스케줄_알고리즘_파라미터

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.06.25	작성자	이상정
주제영역	알고리즘		엔티티명	AL_미래운항_스케줄_알고리즘_파리미터		
개요	AL 미래운항 스케줄 알고리즘 파라미터 엔터티는 미래운항 스케줄 알고리즘에 필요한 파라미터 정보를 가지고 있다					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	ID	INTEGER	4	N	PK	
2	연도별_운항증가율	INTEGER	4	Y		
3	미래_가상_친황경_항공기_성능	INTEGER	4	Y		
4	신형_항공기_도입_비율	INTEGER	4	Y		
5	기존_항공기_퇴역_비율	INTEGER	4	Y		
6	경제_변수_가정_설정[항공유/항공기이자]	INTEGER	4	Y		
			24			
업무규칙						

6. AEDT2a 분석

AEDT 사용자 매뉴얼을 및 실제 프로그램을 사용하여 분석 하였다.
소프트웨어 구성 및 설치방법, 내부데이터 까지 분석했으며 사용법도 상세히 기술하였다.

6.1 AEDT2a 분석

6.1.1 소프트웨어 구성

- 필수 SW

1. SQL_Server_2008_R2_Express_x64.exe or SQL_Server_2008_R2_Express_x86.exe
2. ESRI_ArcGIS_Installer_v10.zip
3. MSChart.exe

- AEDT SW

1. AEDT_2A_SP2_Installer.zip
2. AEDT_2A_SP2_Distributed_Installer.zip(option)

- 옵션 SW

1. INMASIFConverter.zip – INM to ASIF converter tool
2. NIRS2ASIF.zip – for NIRS to ASIF converter tool

- 설치순서

1. SQL_Server_2008_R2_Express_x64 or SQL_Server_2008_R2_Express_x86
2. ESRI_ArcGIS
3. AEDT 2A

6.1.2 소프트웨어 설치

- AEDT 2A 설치 시 기초 데이터 베이스

1. Airport 데이터 - 표준 FAA와 국제 항공 운송 협회 (IATA) 코드를 사용하는 공항 데이터
2. Fleet 데이터 - 사용 가능한 항공기 모델(기종, 엔진....)
3. 기본 연구 데이터 - 새로운 연구를 만들고 추가하기 위한 기준 스키마
4. NIRS(Noise Integrated Routing System) 연구 – Sample 데이터
5. INM(Integrated Noise Model) 연구 – Sample 데이터

※BADA(Base of Aircraft Data) Data는 Fleet 데이터라 추정

6.1.3 소프트웨어 특징

- AEDT 2A 주요 특징

1. XML 기반의 AEDT Standard Input File (ASIF) 을 이용한 연구 모델 등록 : 4D 궤도, 차량 정보, 이벤트 할당의 대용량 데이터를 포함
2. 변경 분석 및 영향 평가 : 영공 재설계 및 절차 변경에 대한 소음 변화 분석 및 영향 평가
3. 일부 ASIF 추가 : 점진적으로 기존 연구에 추가 지원
4. 분산 처리 : AEDT 2A 의 처리 시간을 단축하기 위해 원격 서버에 걸쳐 다수의 작업을 실행할 수 있는 기능을 제공
5. Helicopter Modeling

- AEDT output : 보고서, 그래프, fleet mix 설명 테이블 , receptor sets, 비행성능, 소음, 윤곽, 연료소모

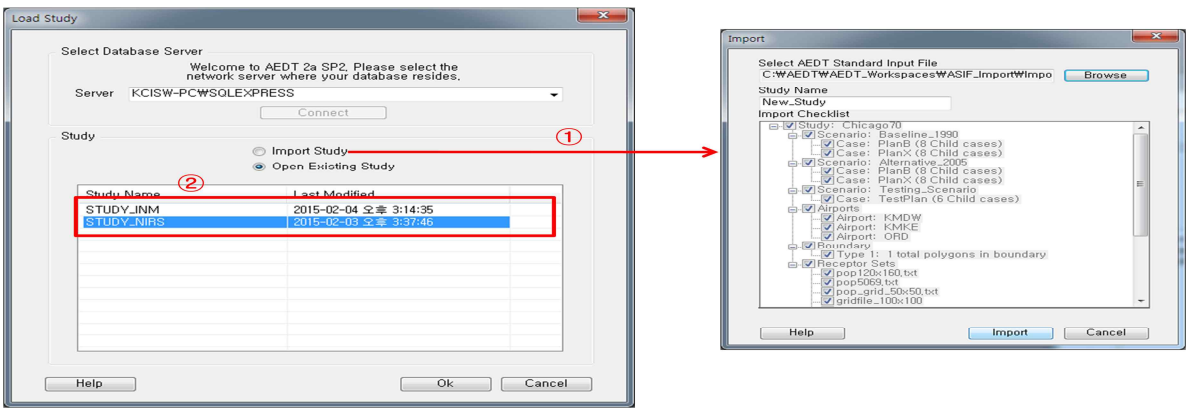
※ AEDT Standard Input File (ASIF) 제작은 AEDT 에서 지원 않함 , 제작방법 분석 필요

6.2 AEDT2a 실행

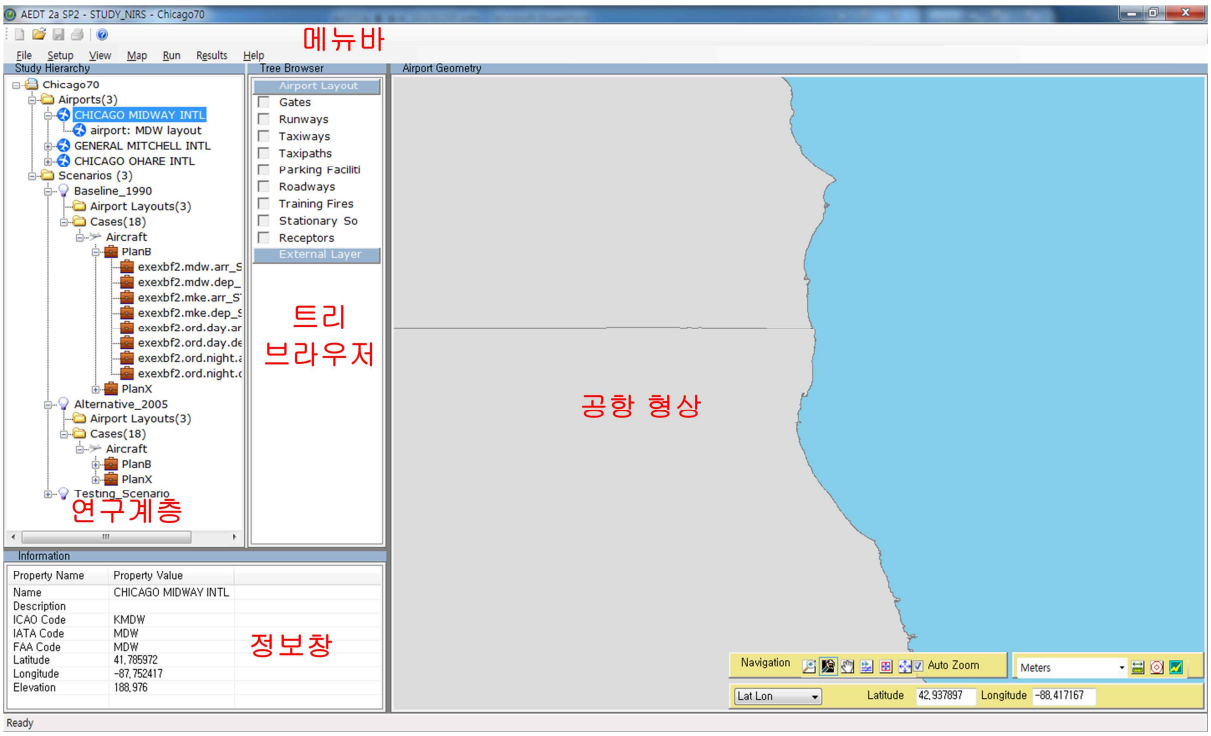
6.2.1 연구 로드

- AEDT 2A Load Study

1. Import Study : 새로운 연구를 등록하기 위해서는 ASIF를 사용(AEDT에서 ASIF 생성은 지원 않함)
2. Open Existing Study : 기존의 연구 데이터베이스 목록에서 원하는 연구를 선택



6.2.2 AEDT 2a UI



6.2.2.1 연구계층 창

- 연구의 계층 구조 , 공항, 시나리오, 케이스를 나타냄
- AEDT 연구는 여러 시나리오를 포함하고 시나리오는 최소 하나의 하위 케이스를 포함한다.
- 하위 케이스는 선택적이고 사용자는 여러 시나리오에 같은 케이스를 적용할 수 있다.

▪ 시나리오

1. 연구의 목적은 다양한 영공 시나리오(설계 대안)에서 소음, 배출 및 연료 소모의 변화를 정량화 함
2. 시나리오는 케이스의 조합으로 이루어진다.

▪ 케이스

1. 케이스는 AEDT 연구에서 가장 작은 구성 단위이고 케이스는 항공기 운항의 특정 세트를 대표해서 시나리오로 조합된다. 사용자는 케이스에 분석할 요소를 정의한다.

6.2.2.2 트리 브라우저

- 트리 브라우저는 공항 형상에 볼 수 있는 GIS 레이어를 표현
- 트리 브라우저에서 선택하면, 공항 형상에 선택한 레이어의 해당그래픽을 표시
- 기본 레이어는 공항 레이어 요소(Gates, Runway, Taxiway등)를 나열하고 트랙, 비행성능, 영역, 소음등고선, impact sets, change zone등을 포함하는 사용자에 의해 생성된 레이어는 외부 레이어에 나열
- 트리 브라우저에 표시되는 요소는 연구 계층 구조에서 선택한 내용에 따라 변경

6.2.2.3 공항 형상

- 공항 형상은 활주로, 수용체, 트랙, 비행 성능, 소음 등고선, 충격 세트, 및 외부 층의 그래픽 디스플레이를 제공

6.2.2.4 정보창

- 정보 창은 현재 선택된 연구 계층의 항목, 트리 브라우저 또는 공항 형상의 속성을 표시

6.3 AEDT2a 데이터 설정

6.3.1 데이터 설정

- 부분 ASIF 추가

1. 연구의 개별 구성 요소를 포함하는 부분 ASIF 추가 기능을 지원

- 인구 데이터 가져오기

1. 사용자는 Population Import Tool을 통해 연구에 인구 데이터를 추가 할 수 있음

- GIS 레이어 추가

1. 메뉴바에서 새로운 GIS 레이어를 추가함

- 지형 파일 위치 경로 지정

1. 메뉴바 Setup->File Paths에서 지정

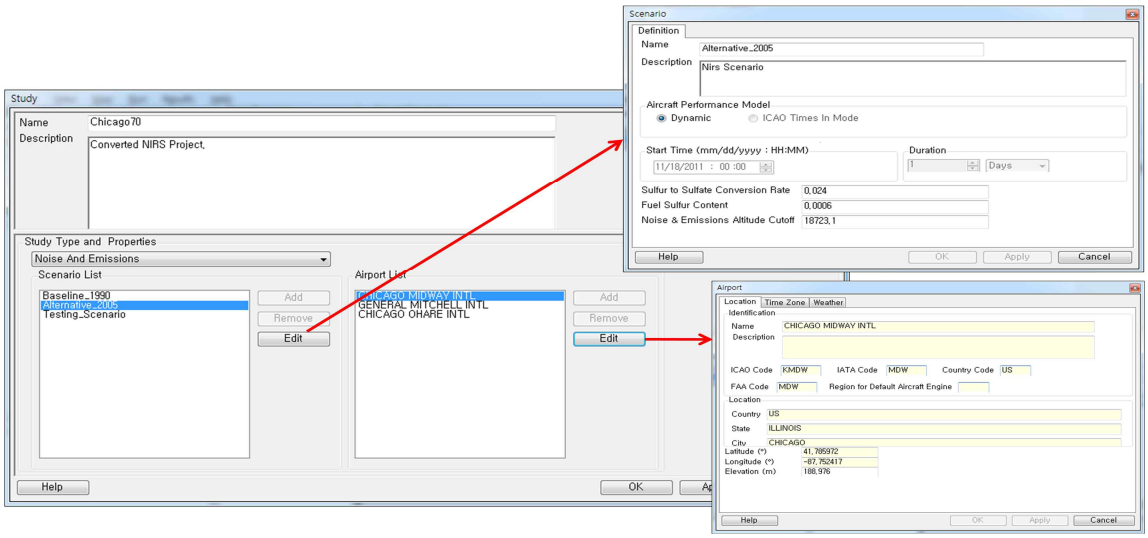
- 날씨 파일 위치 경로 지정

1. 메뉴바 Setup->File Paths에서 지정
2. 공항 데이터베이스에서 연평균 날씨
3. 날씨 데이터를 사용할 수 없는 경우 국제 표준 대기(ISA) 기상조건을 적용

6.3.2 연구정보 설정(Menu->Setup->Study Setup)

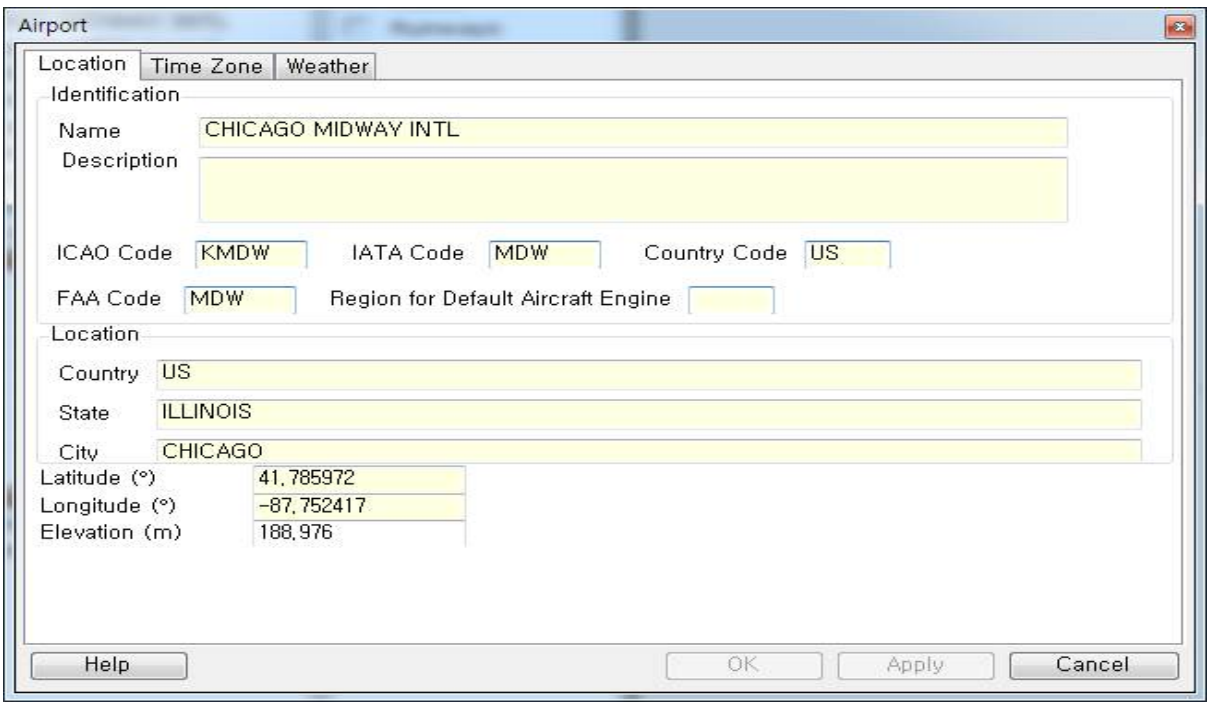
- 연구 이름과 설명의 수정이 가능
- 연구 속성과 타입의 지정
- 시나리오 및 공항정보도 수정 가능

※새로운 연구는 ASIF로 만들어야 함



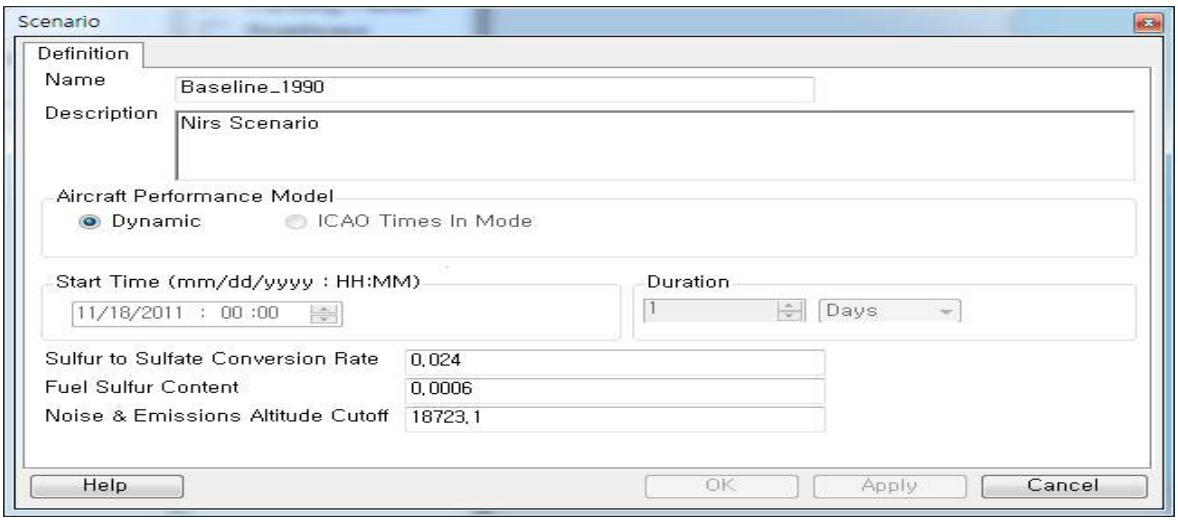
6.3.3 공항 설정

- 연구 계층에서, 공항 레이아웃에서 공항명을 더블 클릭으로 창을 오픈 하여 공항 정보를 설정



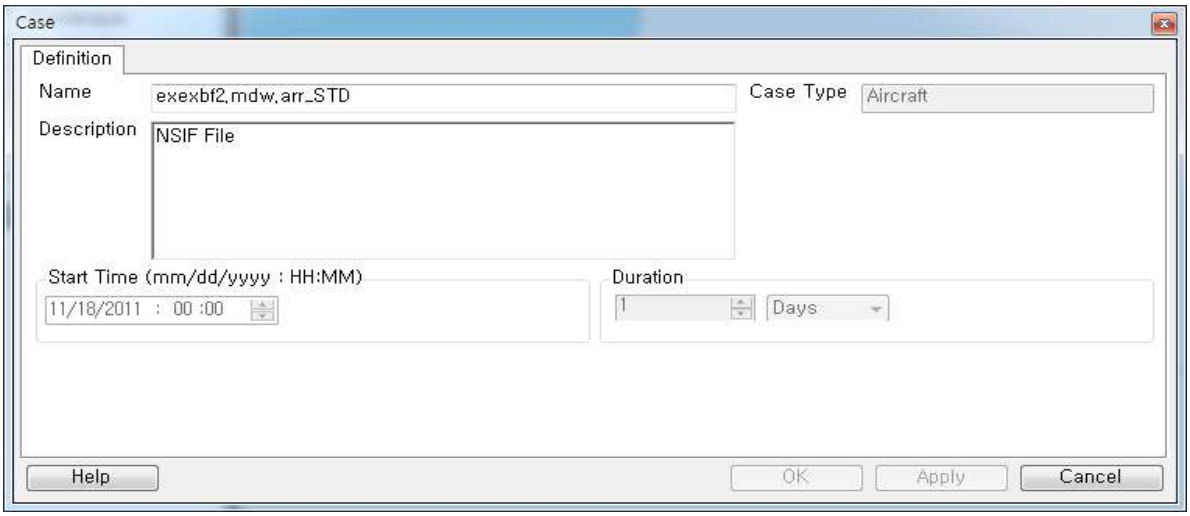
6.3.4 시나리오 설정 및 수정

- 시나리오는 AEDT GUI가 아닌, ASIF로 작성
  - 시나리오명을 더블 클릭으로 창 오픈 하여 시나리오 이름 및 설명을 편집
  - 항공기 성능 모델 선택, 시작 시간을 선택
  - 황산 전환율 대비 유황 값 입력, 디폴트 값은 0.024 (2.4 %)
  - 연료 황 함량 입력, 디폴트 값은 0.0006 (0.06 %)
  - 소음 및 배출 고도 컷 오프 입력



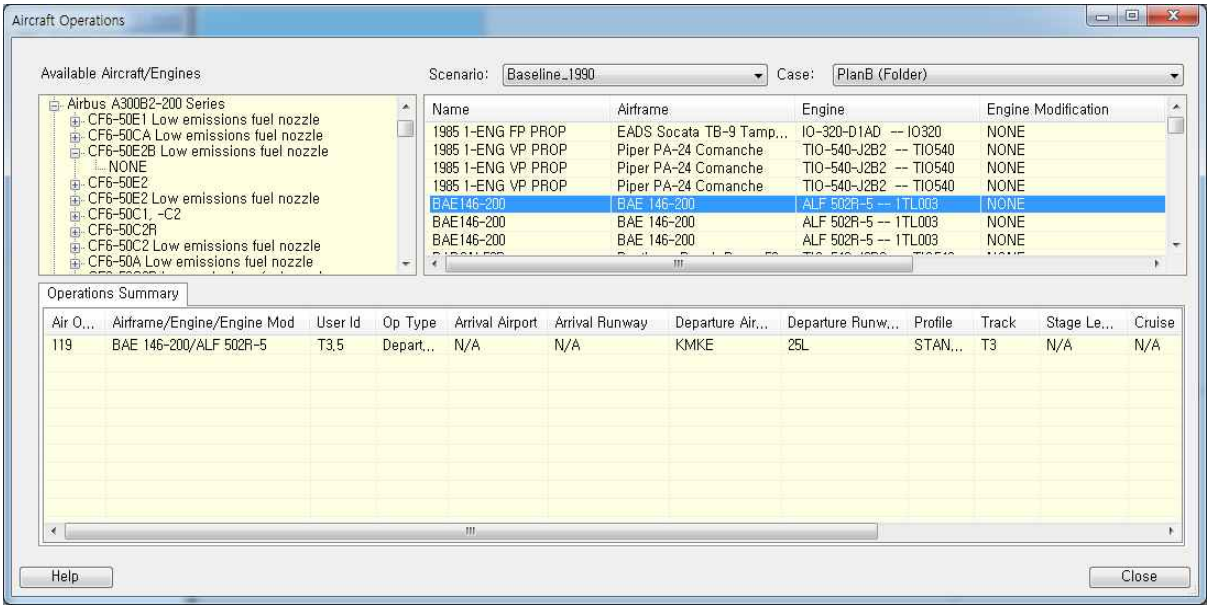
6.3.5 케이스 설정 및 수정

- 케이스는 AEDT GUI가 아닌, ASIF로 작성
  - 케이스 대화 상자는 연구 계층 구조에서 최하위 케이스에서 마우스 오른쪽 property를 선택 후 오픈
  - 케이스 이름 및 설명을 편집



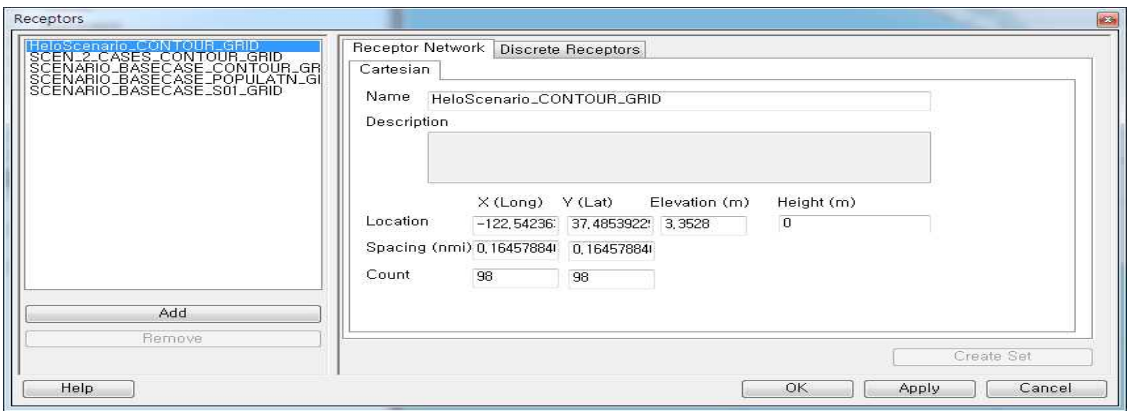
6.3.6 항공기 운영 정보(Menu->Setup->Study Aircraft)

- 항공기 운영은 연구에 포함된 ASIF를 통해 생성되고 편집해야 함
  - 항공기 운영 정보 대화 상자도 연구 계층 구조에서 최하위 케이스에서 마우스 오른쪽 Edit Operations 선택 후 오픈
  - 시나리오에 따라 케이스별 추가된 항공기 운영 정보를 알 수 있음



6.3.7 수용체(Receptors)와 수용체 세트 설정

- 별개의 수용체와 수용체 네트워크는 GUI를 통해 또는 ASIF에 설정
  - 수용체명, 설명, 위도, 경도, 고도, 높이, 공간, 카운트 설정
- 수용체 세트
  - 수용체 세트는 수용체 한 유형의 집합
  - 수용체 세트는 수용체의 하나 이상의 유형을 포함할 수 없음

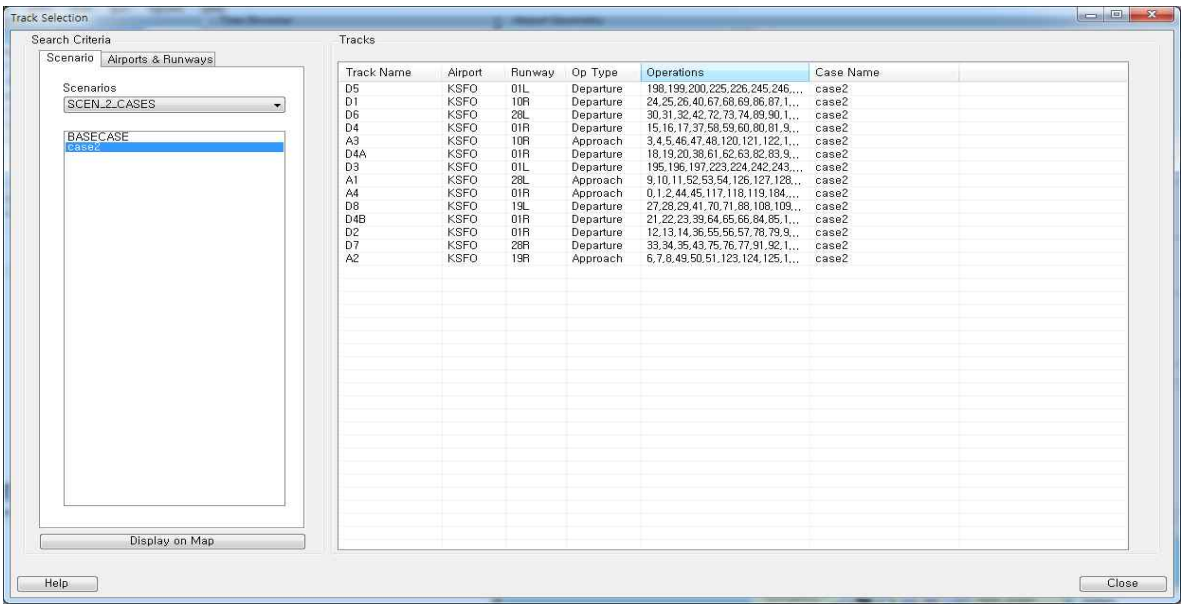


6.4 AEDT2a VIEW

6.4.1 Tracks

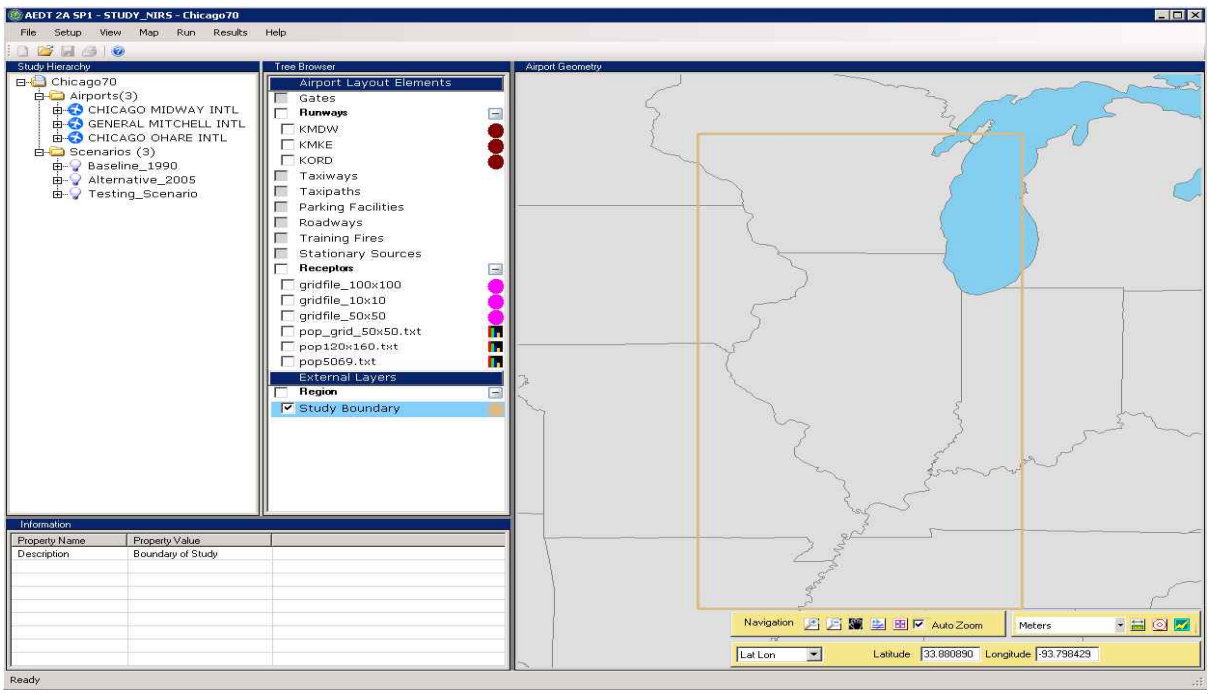
- 지도에 트랙을 표시

- 원하는 시나리오 및 공항 및 활주로 탭에서 공항, 활주로 끝, 및 운영 유형을 선택하여 지도에 표시



6.4.2 연구범위

- ASIF를 통해 생성된 연구 범위를 지도에 표시



6.4.3 보고서

- Study Input Report

- 사용자가 요소들에 대한 파라미터들과 연구의 모든 시나리오와 케이스 및 공항의 정보를 나타냄

- Fleet Mix Report

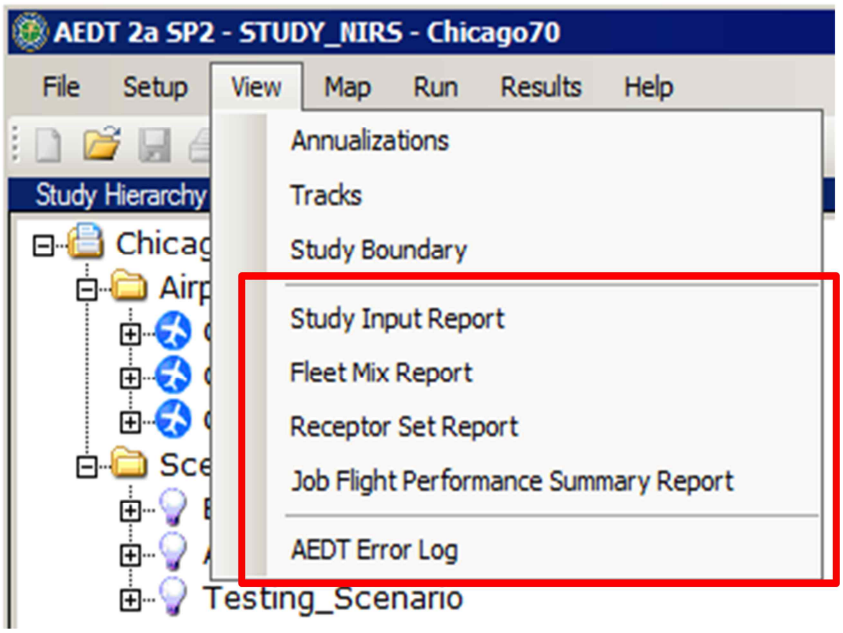
- fleet mix 보고서는 운영 개요, 모든 기종의 자세한 목록, 시나리오/케이스에 의해 기종의 비교, 시나리오/케이스에 활주로 카운트 정보를 제공

- Receptor Set Report

- Job Flight Performance Summary Report

- 여러 개의 로그 파일에서 비행 성능 오류의 요약을 볼 수 있게 제공

- AEDT Error Log

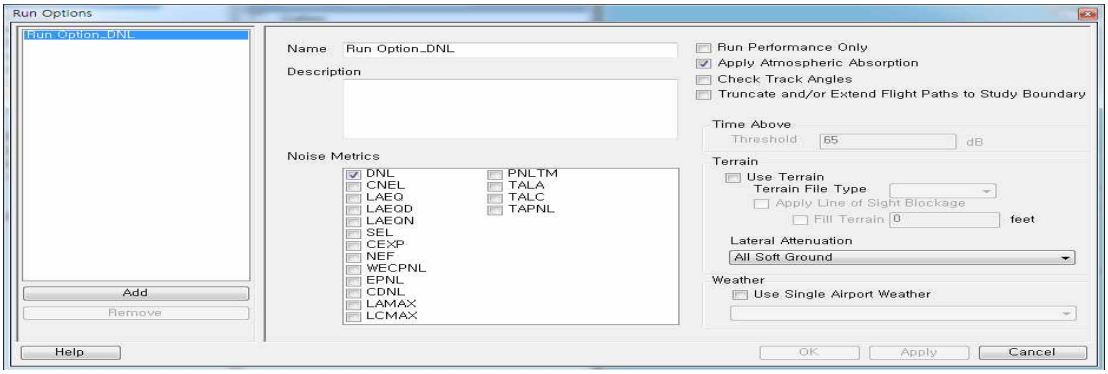


6.5 AEDT2a 연구실행

6.5.1 실행 옵션 정의(Menu->Run->Run Options)

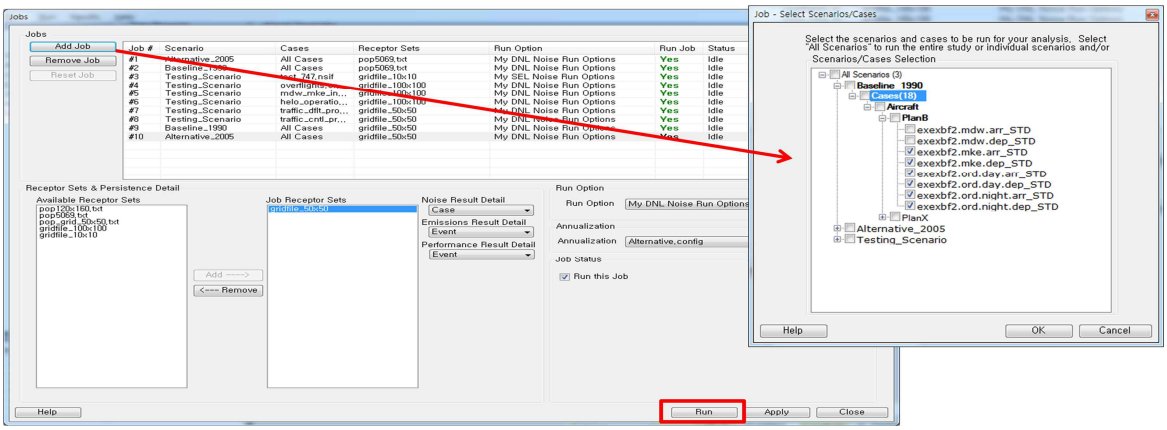
- Run Options

1. 옵션 이름을 입력하거나 실행 옵션에 대한 기본 이름 사용
2. 실행 성능, 대기 흡수 적용, 트랙 각도 확인 옵션 설정
3. 소음 미터, 지형 파일 사용 선택, 측면감쇠 선택(소음관련), 날씨



6.5.2 작업 생성(Menu->Run->Start Run)

- AEDT가 실행할 작업을 추가(시나리오별 케이스 추가)
- 실행 하기 위한 옵션을 설정
- Run 버튼으로 작업 실행



- Emissions Result Detail

- NONE : 배출량 데이터가 데이터베이스에 저장되지 않음
- CASE : 케이스 레벨 누적 배출량 데이터가 연구 데이터베이스에 저장
- EVENT : 개별 비행 레벨의 배출량 자료 및 케이스 레벨의 배출량 자료가 데이터베이스에 저장
- SEGMENT : 세그먼트 배출 자료, 개별 비행 배출량 및 케이스 레벨 누적 배출량 자료 모두 데이터베이스에 저장

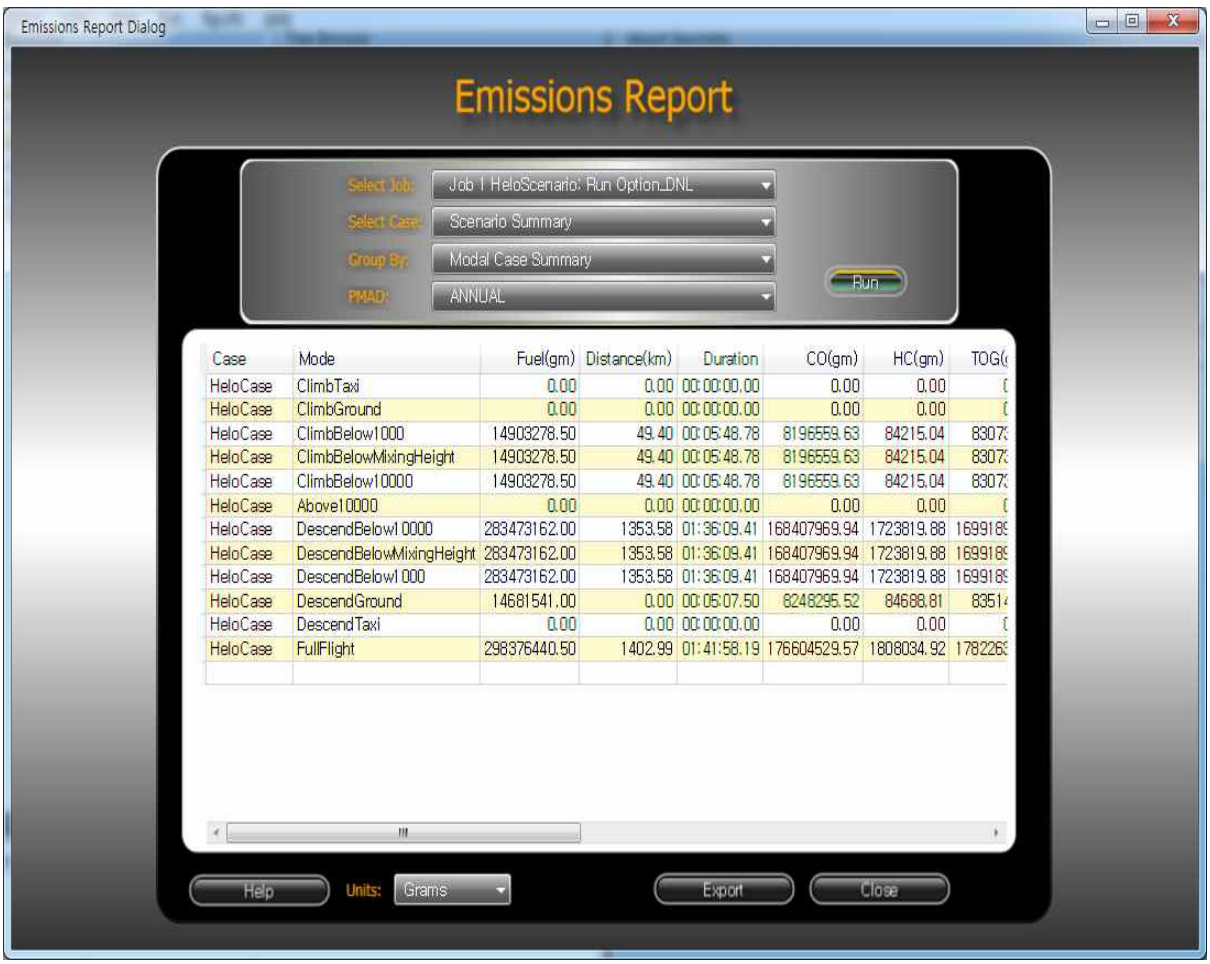
6.6 AEDT2a 연구 실행 결과

6.6.1 결과

- 배출 보고서 옵션 선택

1. 작업 선택
2. 케이스 선택
3. 그룹옵션 선택 (Modal Case Summary, Flight Summary, Flight Mode)
4. PMAD 선택 (None, PMAD, or Annual)
   - None: 배출과 연료 소모 결과는 연평균 하루의 값
   - PMAD: Peak Month Average Day 배율
   - Annual: 년간 배율

- 옵션 선택 후 Run 버튼으로 생성



6.7 AEDT2a 기본 설치 데이터 베이스

6.7.1 설치 데이터 베이스 – AIRPORT1

- AIRPORT 데이터베이스 테이블 목록 1

테이블 이름	내용	비고
APT_AIRPORT_ZONEINFO_ZONE		
APT_ALT_CODE		
APT_ANNUAL_OPS		
APT_CAPACITY		
APT_CNTRY_CODE		
APT_CNTRY_MEMBER		
APT_CNTRY_NAME		
APT_CODE		
APT_DECK_SOURCE_INFO		
APT_GROUP_PCT		
APT_ID		
APT_MAIN		
APT_MIX_HGT		
APT_NAV		
APT_ROSE_DATA		
APT_ROSE_STN		

- AIRPORT 데이터베이스 테이블 목록 2

테이블 이름	내용	비고
APT_ROSE_STN_ID		
APT_RWY		
APT_RWY_END		
APT_RWY_END_ID		
APT_RWY_ID		
APT_SEGMENT		
APT_SUBTRACK		
APT_TAXI_TIME		
APT_TRACK		
APT_WTHR_DATA		
APT_WTHR_STN		
APT_WTHR_STN_ID		
APT_ZONEINFO_HISTORY		
APT_ZONEINFO_ZONES		
DB_VERSION		

6.7.2 설치 데이터 베이스 – FLEET1

- FLEET 데이터베이스 테이블 목록 1

테이블 이름	내용	비고
FLT_ACTYPE_CARRIER		
FLT_ACTYPE_CORRECTION		
FLT_ACTYPES		
FLT_AEDT_CARRIERS		
FLT_AIRFRAME_ACTYPE_MAP		
FLT_AIRFRAMES		
FLT_ANP_AIRPLANE_ACFT_SUBS		
FLT_ANP_AIRPLANE_FLAPS		
FLT_ANP_AIRPLANE_NOISE_GROUPS		
FLT_ANP_AIRPLANE_NPD_CURVES		
FLT_ANP_AIRPLANE_PROCEDURES		
FLT_ANP_AIRPLANE_PROCEDURES_EXT		
FLT_ANP_AIRPLANE_PROFILE_POINTS		
FLT_ANP_AIRPLANE_PROFILE_POINTS_EXT		
FLT_ANP_AIRPLANE_PROFILES		
FLT_ANP_AIRPLANE_THRUST_GENERAL		

- FLEET 데이터베이스 테이블 목록 2

테이블 이름	내용	비고
FLT_ANP_AIRPLANE_THRUST_JET		
FLT_ANP_AIRPLANE_THRUST_PROP		
FLT_ANP_AIRPLANE_THRUST_UNITS		
FLT_ANP_AIRPLANE_TSFC_COEFFICIENTS		
FLT_ANP_AIRPLANE_TSFC_COEFFICIENTS_NOTUSED		
FLT_ANP_AIRPLANES		
FLT_ANP_BADA_ENERGYSHARE		
FLT_ANP_CAT_METRIC		
FLT_ANP_CAT_SPECTRAL_CLASS		
FLT_ANP_HELICOPTER_DIRECTIVITY		
FLT_ANP_HELICOPTER_NOISE_GROUPS		
FLT_ANP_HELICOPTER_NPD_CURVES		
FLT_ANP_HELICOPTER_PROCEDURES		
FLT_ANP_HELICOPTER_PROFILES		
FLT_ANP_HELICOPTERS		
FLT_APU_DEFAULTS		

- FLEET 데이터베이스 테이블 목록 3

테이블 이름	내용	비고
FLT_APU_EF		
FLT_BADA_ACFT		
FLT_BADA_ALTITUDE_DISTRIBUTION		
FLT_BADA_APF		
FLT_BADA_CONFIG		
FLT_BADA_DEFAULT_ALTITUDE_DISTRIBUTION		
FLT_BADA_FUEL		
FLT_BADA_THRUST		
FLT_CAEP8_FOP_SEAT_CLASS		
FLT_CARGO_ACTYPES		
FLT_CAT_ACTYPE_SOURCE		
FLT_CAT_DESIGNATIONS		
FLT_CAT_ENGINE_LOCATIONS		
FLT_CAT_ENGINE_TYPES		
FLT_CAT_EURO_GROUPS		
FLT_CAT_FLEET_SOURCE		

- FLEET 데이터베이스 테이블 목록 4

테이블 이름	내용	비고
FLT_CAT_ICAO_TYPES		
FLT_CAT_OAG_TYPES		
FLT_CAT_REGIONS		
FLT_CAT_SIZES		
FLT_CAT_SOURCES		
FLT_CAT_STAGE_LENGTH		
FLT_CAT_USAGE		
FLT_CAT_WAKES		
FLT_CNTRY_TAIL_NUM_MATCH_REGEX		
FLT_DEFAULT_ENGINES		
FLT_DISPERSION		
FLT_ENGINE_MODS		
FLT_ENGINES		
FLT_EQUIPMENT		
FLT_FLEET		
FLT_FOP_DEFAULT_SEATS		

- FLEET 데이터베이스 테이블 목록 5

테이블 이름	내용	비고
FLT_FOP_EFFICIENCY_PARAMS		
FLT_FOP_FESG_ROUTES		
FLT_FOP_FESG_SEATS		
FLT_FOP_FOM_CR_OP		
FLT_FOP_FOM_PA_OP		
FLT_FOP_PHASE_OUT		
FLT_FOP_REGISTRATIONS		
FLT_FOP_REPLACEMENTS		
FLT_FOP_REPLACEMENTS_MIX		
FLT_FOP_RETIREMENTS		
FLT_FOP_SEAT_CLASS		
FLT_IATA_ICAO_ACTYPE_MAP		
FLT_ICAO_CAEP_LOW_COST_CARRIERS		
FLT_NOISE_CAT_ICAO_UID_MISSING		
FLT_NOISE_CERTIFICATION		
FLT_NOISE_CERTIFICATION_ICAO_UID_MAP		

- FLEET 데이터베이스 테이블 목록 6

테이블 이름	내용	비고
FLT_REF_ACCODES		
FLT_REF_ANP_EQUIPMENT_DEFAULT		
FLT_REF_ASQP_TAIL_MAP		
FLT_REF_BJ_TP		
FLT_REF_CH2		
FLT_REF_HELO_EQUIPMENT_DEFAULT		
FLT_REF_IATA_ACTYPES		
FLT_REF_ICAO_ACTYPES		
FLT_TIMES_IN_MODE		
DB_VERSION		

7. ASIF Reference Guide 분석

ASIF XML 파일은 AEDT 새로운 연구를 생성하고 기존 AEDT 연구를 업데이트하는데 사용되고 ASIF XML 파일을 분석한다.

7.1 ASIF 형식의 개요 및 주석 샘플 ASIF

- ASIF 형식은 사용자가 공항, 시나리오, 케이스, 항공편, 트랙 및 운영을 포함한 전체의 AEDT 연구를 가져올 수 있다. ASIF는 XML형식을 기반으로 한다.
- ASIF 표준XML 에디터에서 생성하고 수정할 수 있다.

AEDT 설치 시 샘플 ASIF파일
C:\AEDT\AEDT_Workspaces\ASIF_Import\Import_Files\asif_small.xml

7.2 ASIF을 통한 새로운 연구 생성

- 다음과 같이 새로운 AEDT 연구를 만들기 위해 ASIF 파일을 작성하는 단계는 다음과 같다.

1. 빈 연구 파일을 생성
2. 공항 레이아웃 섹션 추가
3. 수용체 세트를 작성(소음 분석 연구에 필요한)
4. 연구 시나리오 및 케이스 계층 구조 만들기
5. 트랙과 항공 운항 시나리오 케이스 추가
6. 시나리오의 연간 화 방식 생성

Step 1: Create empty study file

최소한 ASIF는 표준 XML 선언, 연구 섹션 및 연구 메타 데이터로 구성되어 있다.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<AsifXml xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" version="1.1.10"
content="study">
  <study>
        <!-- User defined study name -->
        <name>SingleFlightDeparture</name>
        <!-- Noise and Emissions is the only supported study type in AEDT 2a. -->
        <type>Noise and Emissions</type>
        <!-- Indicate the usage of metric or imperial units within the study -->
        <metricUnits>false</metricUnits>
        <!-- Emissions units to be used for the study: MetricTonnes, -->
        <!-- Kilograms, Grams, ImperialTons, or Pounds -->
        <emissionsUnits>Kilograms</emissionsUnits>
```

```
        <!-- User defined study description -->
        <description>A sample study with a single departure.</description>
        <!-- Add airport layouts here -->
        <!-- Add receptors here -->
        <!-- Add scenarios here -->
  </study>
</AsifXml>
```

Step 2: Populate airport layouts section

AEDT는 연구지역에 선언된 모든 공항이 필요하고 ASIF에서 공항과 활주로를 지원하지 않는 경우 AEDT에서 AEDT 시스템 데이터(Airport database)에서 공항, 활주로 정의를 가져온다.

```
<airportLayouts>
  <layout>
        <!-- Airport with no runway tags will import runways from -->
        <!-- the AEDT system data. -->
        <airportCode type="ICAO">KORD</airportCode>
  </layout>
  <layout>
        <!-- User can specify an airport with user defined runway -->
        <airportCode type="ICAO">KMDW</airportCode>
        <elevation>620</elevation>
        <latitude>41.786111</latitude>
        <longitude>-87.7525</longitude>
        <!-- Airports can have one or more runways defined -->
        <runway>          활주로
              <!-- Runway length (in feet) -->
              <length>5932</length>
              <!-- Runway width (in feet) -->
              <width>150</width>
              <!-- One or more runway ends -->
              <runwayEnd>     활주로 끝
                    <!-- user defined name for runway end -->
                    <name>04R</name>
                    <!-- latitude and longitude of runway end -->
                    <latitude>41.779496</latitude>
                    <longitude>-87.75876</longitude>
                    <!-- elevation in feet -->
```

```
                    <elevation>0.0</elevation>
                    <!-- threshold crossing height -->
                    활주로 말단 -> threshold
                    <threshCrossHeight>50.0</threshCrossHeight>
                    <!-- glide slope for an approach to this runway end -->
                    항공기가 착륙하기 위해서는 활공하는 것이며
                    이 경우의 비행경로와 수평면이 이루는 각을 활공각
                    <glideSlope>3.0</glideSlope>
                    <!-- displaced threshold for departure-->
                    항공기 이륙을 위하여 사용 가능하지만 착륙을 위한 활주로로
                    이용할 수  없는 부분 -> displaced threshold
                    <depDispThresh>0.0</depDispThresh>
                    <!-- displaced threshold for approach -->
                    <appDispThresh>0.0</appDispThresh>
                    <!-- Percent change in airport average headwind -->
                    공항 평균 역풍 비율
                    <percentWind>0.0</percentWind>
                </runwayEnd>
                <runwayEnd>
                    <name>22L</name>
                    <latitude>41.791167</latitude>
                    <longitude>-87.743554</longitude>
                    <elevation>0.0</elevation>
                    <threshCrossHeight>50.0</threshCrossHeight>
                    <glideSlope>3.0</glideSlope>
                    <depDispThresh>0.0</depDispThresh>
                    <appDispThresh>0.0</appDispThresh>
                    <percentWind>0.0</percentWind>
                </runwayEnd>
            </runway>
    </layout>
</airportLayouts>
```

Step 3: Create receptor set

연구에서 소음 분석을 포함한다면, 다음 중 하나 이상을 포함하는 경우 <receptorSet> 요소를 작성해야 한다.

```
<receptorSet>
  <!-- User defined name -->
```

```
  <name>gridfile_100x100</name>
  <!-- Receptor definition – either grid of centroid -->
  <grid>
        <!-- Latitude and longitude of southwest corner of grid -->
        <latitude>41.97872</latitude>
        <longitude>-87.90439</longitude>
        <!-- Width and height of grid (in nautical miles) -->
        <width>100.0</width>
        <height>100.0</height>
        <!-- Number of points across height and width of grid -->
        <numWidth>100</numWidth>
        <numHeight>100</numHeight>
  </grid>
</receptorSet>
```

인구 수용체는 하나의 환경 영향을 캡처하는데 사용되거나 불연속 점은 미국 인구 조사 자료나 인구 수와 관련됩니다.

```
<receptorSet>
  <!-- User defined name -->
  <name>pop120x160.txt</name>
  <!-- User can provide one or more population locations -->
  <centroid>
        <!-- centroid meta data, sample from US census data -->
        <stateFips>1</stateFips>
        <countyFips>1</countyFips>
        <blockId>0</blockId>
        <bnaId>0</bnaId>
        <!-- centroid location -->
        <latitude>40.642384</latitude>
        <longitude>-87.29556</longitude>
        <!-- population count at location -->
        <count>3</count>
  </centroid>
  <!-- User can add additional centroid elements here. -->
</receptorSet>
```

Step 4: Create study scenario and case hierarchy

AEDT 연구는 시나리오로 구성되어 있다. 시나리오는 기준 또는 다른 분석을 수행하는데 사용되는 케이스의 Set이 포함된다. 케이스는 항공기 트랙 및

운영 그룹에 사용된다.

```
<scenario>
  <!-- User defined scenario name and description -->
  <name>Baseline_1990</name>
  <!-- User defined start time for scenario -->
  <startTime>2009-11-10T15:02:00</startTime>
  <!-- Duration of scenario (in hours) -->
  <duration>24</duration>
  <!-- Taxi model for scenario -->
  <taxiModel>UserSpecified</taxiModel>
  <!-- Aircraft performance model -->
  <acftPerfModel>SAE1845</acftPerfModel>
  <!-- Enable/disable bank angle calculations for --> 경사각-bank angle
  <!-- aircraft performance modeling -->
  <bankAngle>true</bankAngle>
  <!-- Sulfur related settings -->
  <sulfurConversionRate>0.05</sulfurConversionRate>
  <fuelSulfurContent>6.8E-4</fuelSulfurContent>
  <description>A NIRS scenario</description>
  <airportLayouts>
        <layout>KMDW</layout>
        <layout>KORD</layout>
  </airportLayouts>
  <cases>
        <!-- One or more case elements -->
        <case>
              <!-- sequential case number unique in this scenario -->
              <caseId>0</caseId>
              <!-- User defined case name -->
              <name>PlanB</name>
              <!-- Noise emissions source -->
              <source>Aircraft</source>
              <!-- Case start time and duration -->
              <startTime>2009-11-10T15:02:00</startTime>
              <duration>24</duration>
              <!-- Add trackOpSet elements here -->
        </case>
  </cases>
</scenario>
```

Step 5: Populate cases with tracks and air operations

<trackOpSet> 요소는 하나의 트랙과 해당트랙에 진행된 항공 운영 수로 정의된다.

```
<!-- Add trackOpSet elements here -->
<trackOpSet>
  <!-- Single track element -->
  <track>
        <!-- User defined track id -->
        <id>T9</id>
        <!-- User defined track name -->
        <name>DJM04R_EON.10803</name>
        <!-- Track operation type: A=Arrival, D=Departure, V=Overflight -->
        <optype>D</optype>
        <!-- Airport and runway for this track -->
        <airport type="ICAO">KMDW</airport>
        <runway>04R</runway>
        <vectorCourseHelipad>0</vectorCourseHelipad>
        <!-- AEDT 2a only processes the first subtrack associated with a track
        <!-- dispersionWeight is not used in AEDT 2a -->
        <subtrack>
              <id>0</id>
              <dispersionWeight>1</dispersionWeight>
              <!-- Set of trackNode or trackVector elements, -->
              <!-- all must be the same for each subtrack -->
              <trackNodes>
                    <trackNode>
                          <latitude>40.65640</latitude>
                          <longitude>-73.71322</longitude>
                    </trackNode>
                    <trackNode>
                          <latitude>40.65640</latitude>
                          <longitude>-53.71322</longitude>
                    </trackNode>
              </trackNodes>
        </subtrack>
  </track>
  <!--operation element represents one or more flights on a track-->
  <operations>
        <operation>
```

```
                <!-- User defined operation id -->
                <id>T9.1</id>
                <!-- AEDT aircraftType for this operation -->
                <aircraftType>
                        <airframeModel>Raytheon Beech 1900-C</airframeModel>
                        <engineCode>PT67B</engineCode>
                        <engineModCode>NONE</engineModCode>
                </aircraftType>
                <!-- number of times to fly this operation -->
                <numOperations>1.0</numOperations>
                <!-- User defined flight number -->
                <flightNumber>CKE545</flightNumber>
                <!-- user defined operation type -->
                <userType>MU3001</userType>
                <!-- user defined parameter data -->
                <userParam>J</userParam>
                <!-- Arrival or departure airport and runway -->
                <departureAirport type="ICAO">KMDW</departureAirport>
                <departureRunway>04R</departureRunway>
                <arrivalAirport type="FAA">LIT</arrivalAirport>
                <!-- offTime for departures or onTime for arrivals -->
                <offTime>2009-11-10T15:02:00</offTime>
                <!-- aircraft profile for this operation -->
                <saeProfile>STANDARD</saeProfile>
        </operation>
  </operations>
</trackOpSet>
```

Step 6: Create scenario's annualization tree

연간화는 특정 기간 동안 소음과 배기 가스 노출을 나타내는 결과를 생성하기 위해 시나리오내의 일부 또는 모든 케이스로 부터 소음 및 배출 결과의 가중 가산을 수행한다.

```
<annualization>
  <!-- User defined scenario annulalization name -->
  <name>Baseline.config</name>
  <!-- Define one or more groups of cases and groups -->
  <annualizationGroup>
        <weight>0.7</weight>
```

```
        <!-- Associate scenario case with this annualization group -->
        <annualizationCase>
            <!-- Specify case name to include -->
            <name>PlanB</name>
            <!-- Define rollup weight for this case -->
            <weight>1.0</weight>
        </annualizationCase>
    </annualizationGroup>
</annualization>
```

7.3 ASIF 설계 시 고려사항

- 이벤트 통합

AEDT 는 기존 툴인 NIRS와는 다르게 주어진 케이스의 모든 항공 운항에 대한 소음을 계산한다. AEDT 소음 모델링 성능을 최적화하기 위해, ASIF에서 단일 항공 운항을 대표하는 케이스에 작업처럼 조합하는 것이 좋다.

- Event Dates for Average Annual Day Study

연평균 일 데이터 이벤트, 시나리오, 케이스와 연구를 위해 모두 같은 날짜를 입력해야 한다.

- Number of Operations in a Case and Results Reuse

재사용 될 수 있는 결과의 최소 단위는 케이스에 항공 운항 세트이다.

- Modeling Intra-Study Flights (Runway to Runway)

Intra-Study Flights는 연구 지역 내에 출발, 도착 공항을 가지고 있다.

이 세그먼트에 대한 연료 소모는 상승 또는 하강 모델 보다는 크루즈의 BADA 연료 연소 모델을 기반으로 하고 연료 연소에 따라 배출결과가 영향을 받는다.

7.4 Study 생성 및 업데이트를 위한 ASIF 요구사항

- Create New Study with ASIF : AEDT는 ASIF을 통해 새로운 연구의 생성을 지원한다.
- Update Existing Study via ASIF : ASIFs 기존 연구를 업데이트하는 데 사용된다.

ASIF 연구 업데이트 파일은 AEDT 연구의 일부를 포함, 필요한 나머지 요소는 파일을 이미 가져온 어떤 프로젝트에 존재해야 한다.

- 연구 요소는 연구 수준 요소이며, import 시에 대해 사용자에게 메시지를 필요로 하지 않는다.
- 시나리오 요소는 연구에서 기존의 시나리오와 관련되어야 하며, 사용자는

시나리오 선택 메시지가 표시된다.

- 케이스 요소는 연구에서 기존의 케이스와 관련되어야 하며, 사용자는 시나리오 및 관련 케이스 선택 메시지가 표시된다.

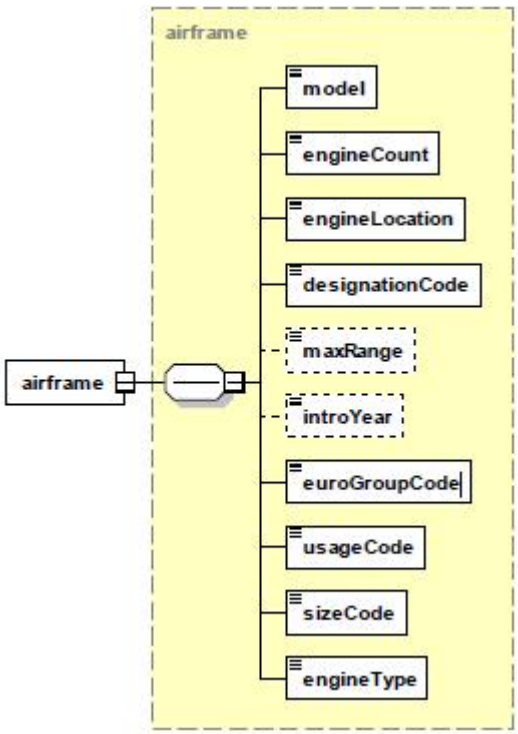
7.5 ASIF XML 설계 시 고려사항

- Element 설명
- aircraftType 항공기 특징



XML Tag	Type	Num	Choice	Description
anpAircraftId	-	1	a	Record identifier.
airFrameModel	string50	1		Air frame model.
engineCode	string50	1		Engine code.
engineModCode	string50	?		Engine modification code.

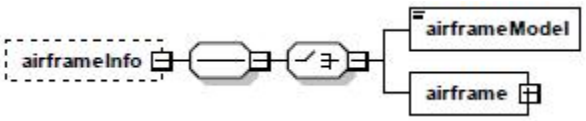
- airframe 새로운 기체 지정



XML Tag	Type	Num	Description
model	string50	1	
engineCount	int	?	Number of engines on airframe.
engineLocation	enum	?	Position of engine on airframe.

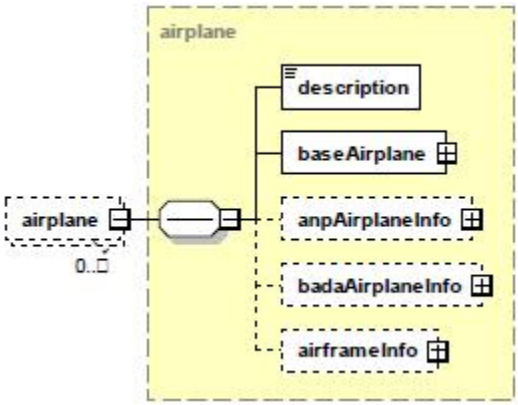
			Valid values:F(Fuselage/Tail), W (Wing).
designationCode	string1	?	Type of aviation. Valid values: C (Civil), G (General Aviation), M (Military).
maxRange	int	?	
introYear	int	?	기체 도입 년도.
euroGroupCode	string2	?	European group code for this airframe. values: H1 (Helicopter Light), H2 (Helicopter Heavy), JB(Jet Business), JL(Jet Large), JM (Jet Medium), JR (Jet Regional), JS (Jet Small), PP (Propeller), SS (Supersonic), TP (Turboprop).
usageCode	string1	?	Usage code for this airframe. H(Heavy), L(Large), M(Medium), S(Small), T(Light), V(Very Light).
sizeCode	string1	?	Size code for this airframe H(Heavy), L(Large), M(Medium), S(Small), T(Light), V(Very Light).
engineType			Type of engine on this airframe. E(Electric), J(Jet), P(Piston), T(Turboprop).

- airframeInfo 기체 정보 명시



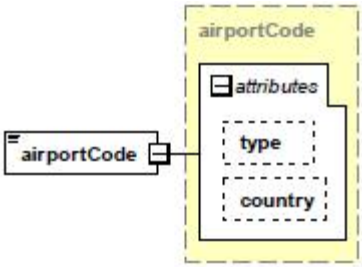
XML Tag	Type	Num	Choice	Description
airframeModel	string50	1	a	Indicates the airframe model.
airframe	-	1	a	Specifies the airframe.

- airplane 항공기 특징



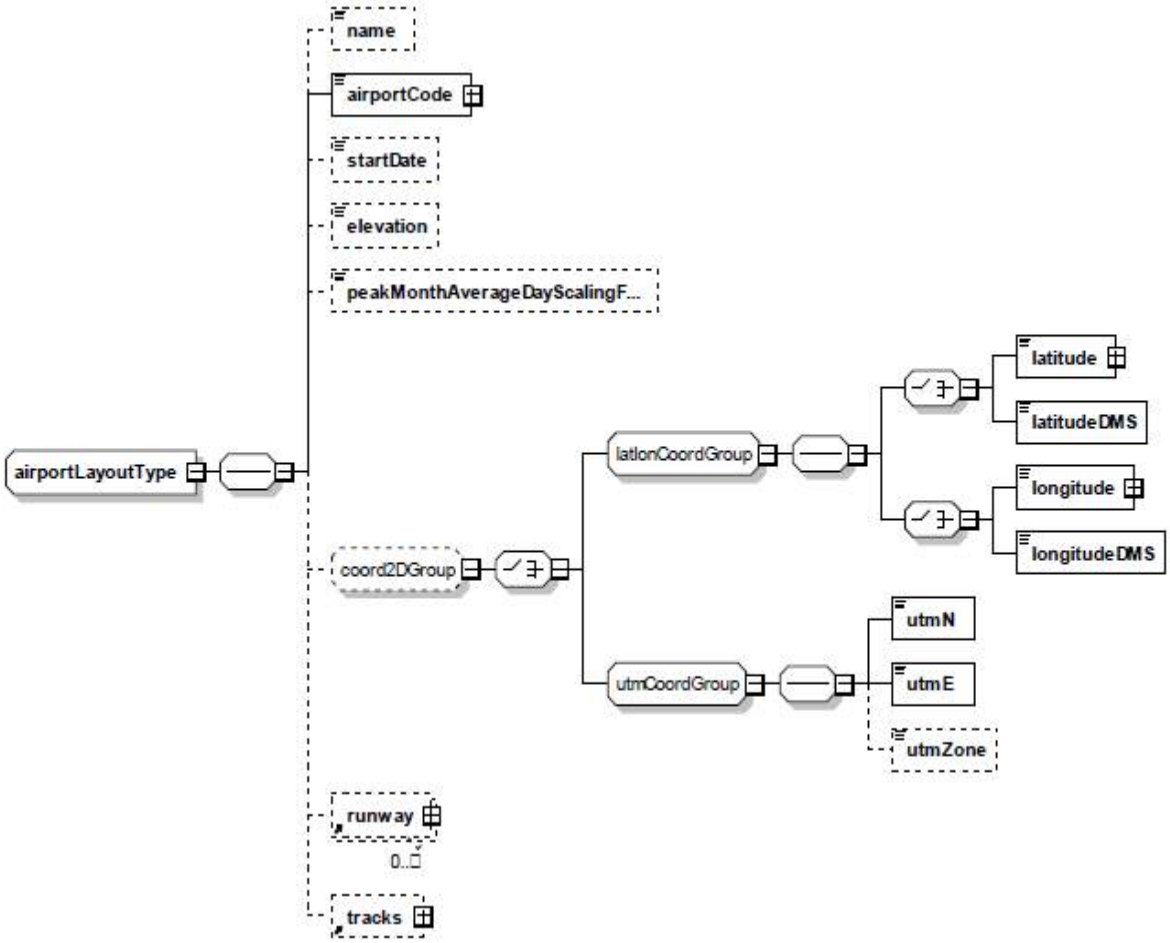
XML Tag	Type	Num	Description
description	string255	1	Airplane's description.
baseAirplane	-	1	Base description of an airplane.
anpAirplaneInfo	-	*	ANP modifications to the airplane's base description.
badaAirplaneInfo	-	*	BADA modifications to the airplane's base description.
airframeInfo	-	*	Specifies the airframe model.

- airportCode 공항 코드



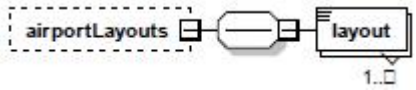
XML Tag	Type	Num	Description
type	enum	?	dbo.APT_CODE 테이블
country	string3	?	Airport.APT_CNTRY_CODE.CNTRY_CODE

- airportLayoutType 공항 레이아웃 정의



XML Tag	Type	Num	Description
name	string255	1	ID of the layout. Must be unique.
airportCode	-	1	
startDate	date	1	Date airport is included in the study.
elevation	float	?	Elevation of the layout in feet above MSL.
coord2Dgroup	-	1	공항 레이아웃의 2d
peakMonthAverageDayScalin	double	1	연평균 날 작업과 피크 월 하루 평균 작업을 변환 적용한 값
runway	-	*	Runways included in the layout
tracks	-	*	비행트랙 설정. See section 5.2.54.

- airportLayouts 하나 이상의 공항 레이아웃을 포함

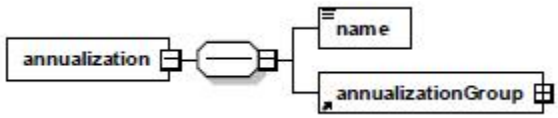


XML Tag	Type	Num	Description
layout	-	?	공항 레이아아수 설명

Attributes

XML Tag	Type	Num	Description
dummy	int	?	Not used.

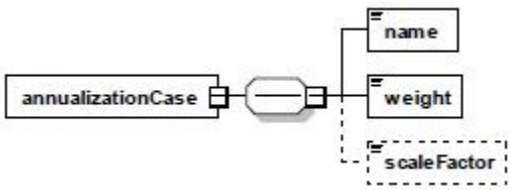
- annualization 하나 이상의 연간화 그룹을 포함



XML Tag	Type	Num	Description
name	string255	1	Name of annualization.
annualizationGroup	-	+	년간 그룹 설명

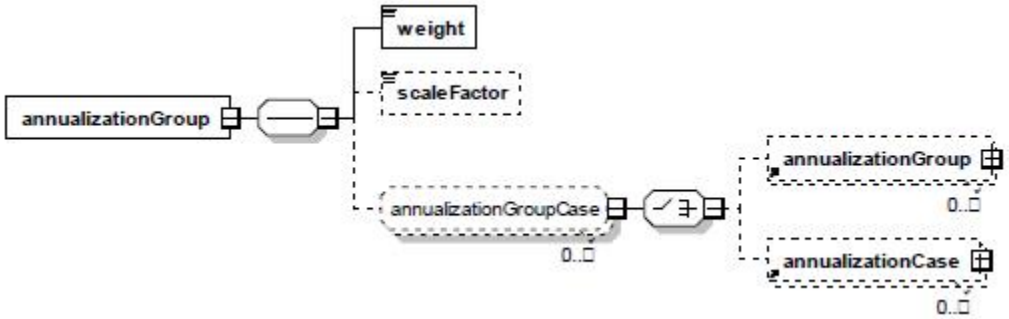
- annualizationCase

연간화 케이스는 시나리오 연간화 롤업에 가중되는 연구 결과 사례의 모음이다.



XML Tag	Type	Num	Description
name	string255	1	케이스의 설명
weight	double	1	케이스와 연관된 가중치.
scaleFactor	float	?	축척 계수는 케이스의 결과에 적용

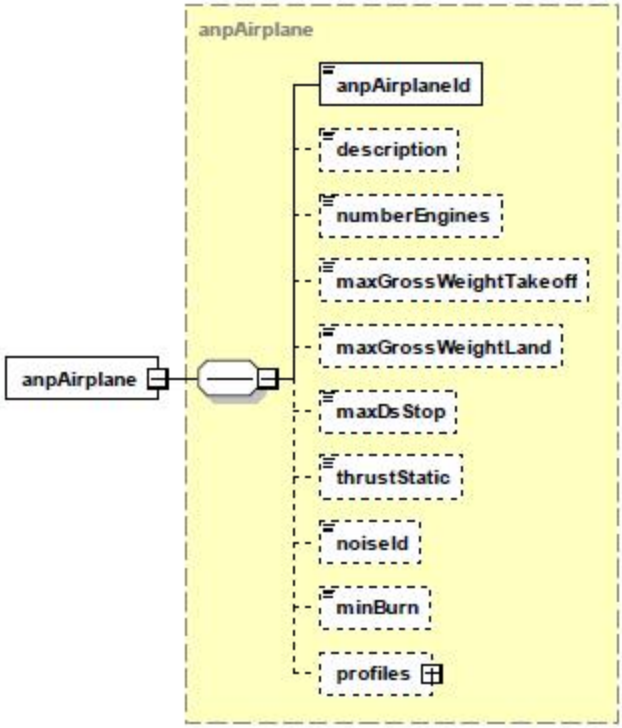
- annualizationGroup 하나 이상의 가중 연간 화 그룹의 케이스를 포함



XML Tag	Type	Num	Description
Weight	double	1	연간화 그룹과 연관된 가중치.
scaleFactor	float	?	축적 계수는 년간 그룹 결과에 적용
annualizationGroupCase	-	+	그룹이나 케이스의 년간 그룹 리스트

ANP(Aircraft Noise and Performance Model)

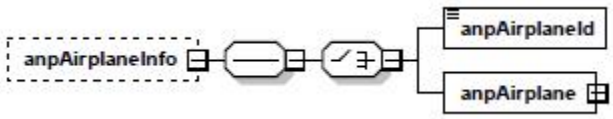
- anpAirplane 새로운 사용자 정의 ANP 비행기의 세부 특징



XML Tag	Type	Num	Description
anpAirplaneId	string12	1	ANP 항공기의 아이디
description	string40	?	ANP 항공기의 설명
numberEngines	int	?	항공기 엔진의 수
maxGrossWeightTakeoff	int	?	이륙최대 총중량(min = 0, max = 999999, 파운드).
maxGrossWeightLand	int	?	착륙최대 총중량(min = 0, max = 999999, 파운드).
maxDsStop	int	?	최대 착륙 중량으로 FAR 착륙 필드 길이(min =0, max = 20000, feet).
thrustStatic	int	?	Static rated 추진력 or 100% 추진력 (lb, min =0, max = 200000).

noiseId	string12	?	ID of a Noise Group.
minBurn	double	?	최소 연료 소모 비율. (kg/sec)
profiles	-	?	ANP Profiles

- anpAirplaneInfo 항공기 세부 특징



XML Tag	Type	Num	choice	Description
anpAirplaneId	string12	1	a	ANP 항공기 모델의 아이디
anpAirplane	-	1	a	새로 정의된 ANP 설명

- AsifXml ASIF ASIF에서 Root node

XML Tag	Type	Num	Choice	Description
options	-	?		Study에 적용된 옵션
airportLayouts	-	+	a	ASIF 레이아웃
annualization	-	*	a	년간화
boundary	-	*	a	Study 영역
case	-	+	a	시나리오에 포함된 케이스
fleet	-	?	a	Stduy Fleet 데이터
operation	-	*	a	항공기 운항
receptorSet	-	*	a	수용체
scenario	-	+	a	시나리오
study	-	1	a	전체 Study
trackOpSet	-	+	a	trackOpSets

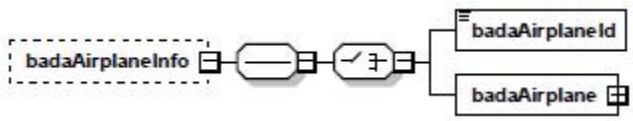
- badaAirplane 새로운 사용자 정의 BADA 비행기 설명



XML Tag	Type	Num	Description
badaAirplaneId	string12	1	BADA 데이터의 항공기 아이디
mfgDescription	string255	?	제조업자 설명.
referenceAircraftMass	float	?	최저 항공기 질량 (min = 0.0, max = 455.0, metric ton).
minAircraftMass	float	?	최저 항공기 질량 (min = 0.0, max = 455.0, metric ton).
maxAircraftMass	float	?	최대 항공기 질량 (min = 0.0, max = 455.0, metric ton).
maxPayloadMass	float	?	최대 유효탑재량 질량 (min = 0.0, max = 455.0, (metric ton).

weightGradient	float	?	최대 고도 무게 경도 (min = 0.0, max = 10.0, feet/kg).
maxOperatingSpeed	float	?	최대 운항 속도 (min = 0.0, max = 600.0, knots cas).
maxOperatingMachNumber	float	?	최대 운항 마하수 (min = 0.0, max = 10.0, mach).
maxOperatingAltitude	float	?	최대 운항 고도 (min = -9999.0, max = 60000.0, feel MSL).
maxAltitudeAtMaxTakeoffWeight	float	?	최대 이륙 무게와 ISA에서 최대 고도 ISA(min = -9999.0, max = 60000.0, feel MSL).
temperatuerGradientOnMaximalAltitude	float	?	최대 고도에서 기온 경도 (min = -1000.0, max = 10.0), feet/degrees C).
wingSurfaceArea	float	?	윙 표면적 (min = 0.0, max = 1000.0, square meters).
buffetOnsetLiftCoeff	float	?	Buffet onset 양력 계수 (min = 0.0, max = 10.0).
buffetGradient	float	?	Buffeting gradient(jet only) (min = 0.0, max = 10.0 (mach-1).
machDragCoeff	float	?	마하 항력 계수 (min = 0.0, max = 10.0).
profiles	-	?	BADA profiles for this airplane.

- badaAirplaneInfo 사용하는 바다 정보를 지정



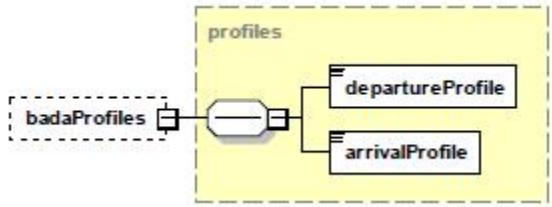
XML Tag	Type	Num	choice	Description
badaAirplaneId	string12	1	a	BADA 비행기 모델 ID
badaAirplane	-	1	a	사용자 정의 비행기 설명

- badaProfile BADA 프로필 설명



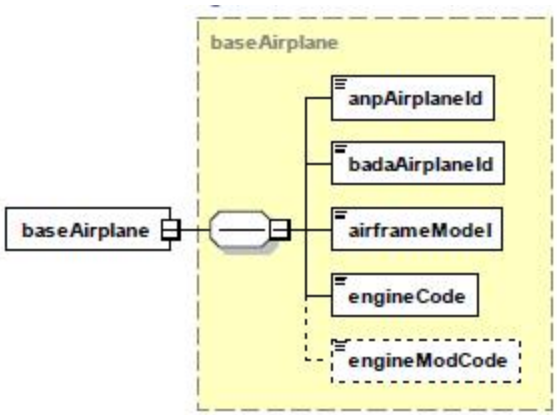
XML Tag	Type	Num	Description
massRangeValue	string2	1	질량 범위 LO(low range), AV(average range), HI (high range).
companyCode1	string3	?	회사 코드 3문자.
companyCode2	string2	?	회사 코드 2문자
companyName	string15	?	항공사 이름.
aircraftVersion	string12	?	항공기 버전.
engine	string12	?	엔진 식별자.
climbSpeedBelowTransitionAltitude	short	?	1,500/6,000와 10,000feet 사이에 표준 상승속도 (min = 0.0, max = 600.0), knots cas).
climbSpeedAboveTransitionAltitude	short	?	10,000피트에서 마하 전이 고도 사이의표준 상승 속도 (min = 0.0, max = 600.0, knots cas).
climbMachNumber	double	?	마하 전이 고도에 표준 상승 마하수 (min = 0.0, max = 10.0, mach).
cruiseSpeedBelowTransitionAltitude	short	?	3,000~10,000feet 표준 순항 속도 (min = 0.0, max = 600.0, knots cas).
cruiseSpeedAboveTransitionAltitude	short	?	마하전이시 10,000feet 위의 표준 순항 속도 (min = 0.0, max = 600.0, knots cas).
cruiseMachNumber	double	?	전이 고도 위의 표준 순항 마하수 (min = 0.0, max = 10.0, mach).
descentMachNumber	double	?	전이 고도 위의 표준 하강 마하수 (min = 0.0, max = 10.0, mach).
descentSpeedUnderTransitionAltitude	short	?	3,000/6,000~10,000feet 표준 하강 속도 (min = 0.0, max = 600.0, knots cas).
descentSpeedOverTransitionAltitude	?		마하 전이시 10,000feet 위의 표준 하강 속도(min = 0.0, max = 600.0, knots cas).

- badaProfiles



XML Tag	Type	Num	Description
profile	-	+	One or more BADA profiles

- baseAirplane 비행기에 대한 기본 구성



XML Tag	Type	Num	Description
anpAirplaneId	string12	?	비행기의 ANP ID.
badaAirplaneId	string10	?	비행기의 BADA ID.
airframeModel	string50	?	비행기의 기체 모델.
engineCode	string50	?	비행기의 엔진 코드.
engineModCode	string50	?	비행기의 엔진 수정 코드

- boundary 연구에 포함 된 연구 또는 기타 element 경계를 지정

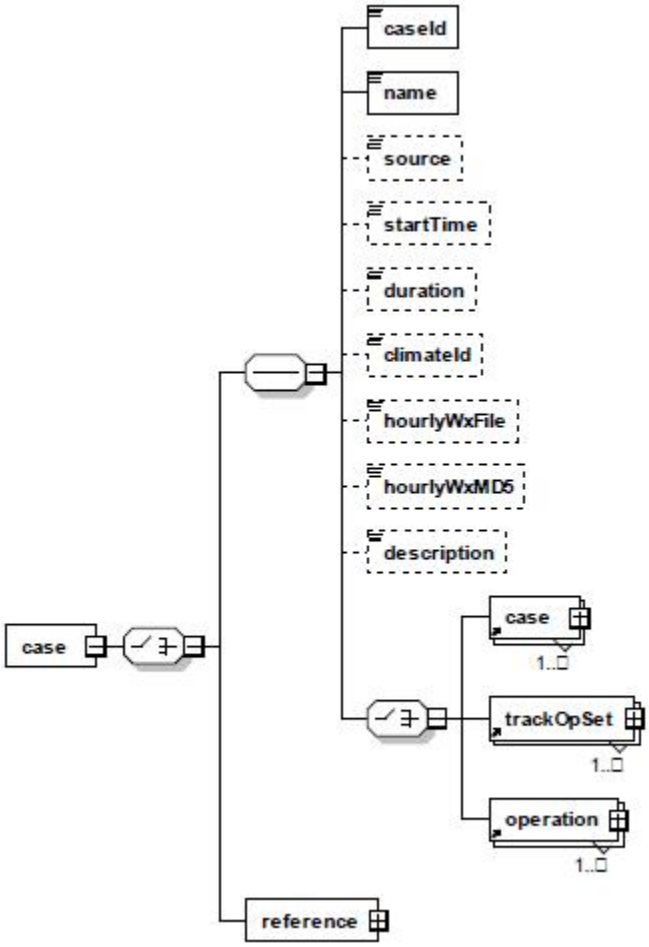


연구 경계가 지정되면, 출발, 도착, 및 영공 운항에 기인하는 모든 비행 경로가 연구 경계로부터 계산된다.

XML Tag	Type	Num	Description
polygon	-	+	경계를 결정하는 좌표 설정
Attributes			

XML Tag	Type	Num	Description
dummy	int	?	Not used.

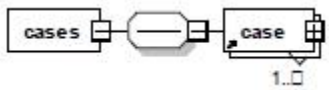
- case 케이스에 일반 매개변수 설명



XML Tag	Type	Num	Choice	Description
caseid	int	1		Case ID.
name	string255	1		케이스명
source	enum	1	a	케이스의 배출 소스.
startTime	datetime	1		케이스 시작 시간 시나리오 시작 시간과 동일해야함
duration	int	1		케이스 기간 시나리오 기간과 동일해야함
climateId	string8	1		기후조건 ID
hourlyWxFile	string255	?		배출 계산에 사용 시간별 기상 데이터를 포함하는 파일.

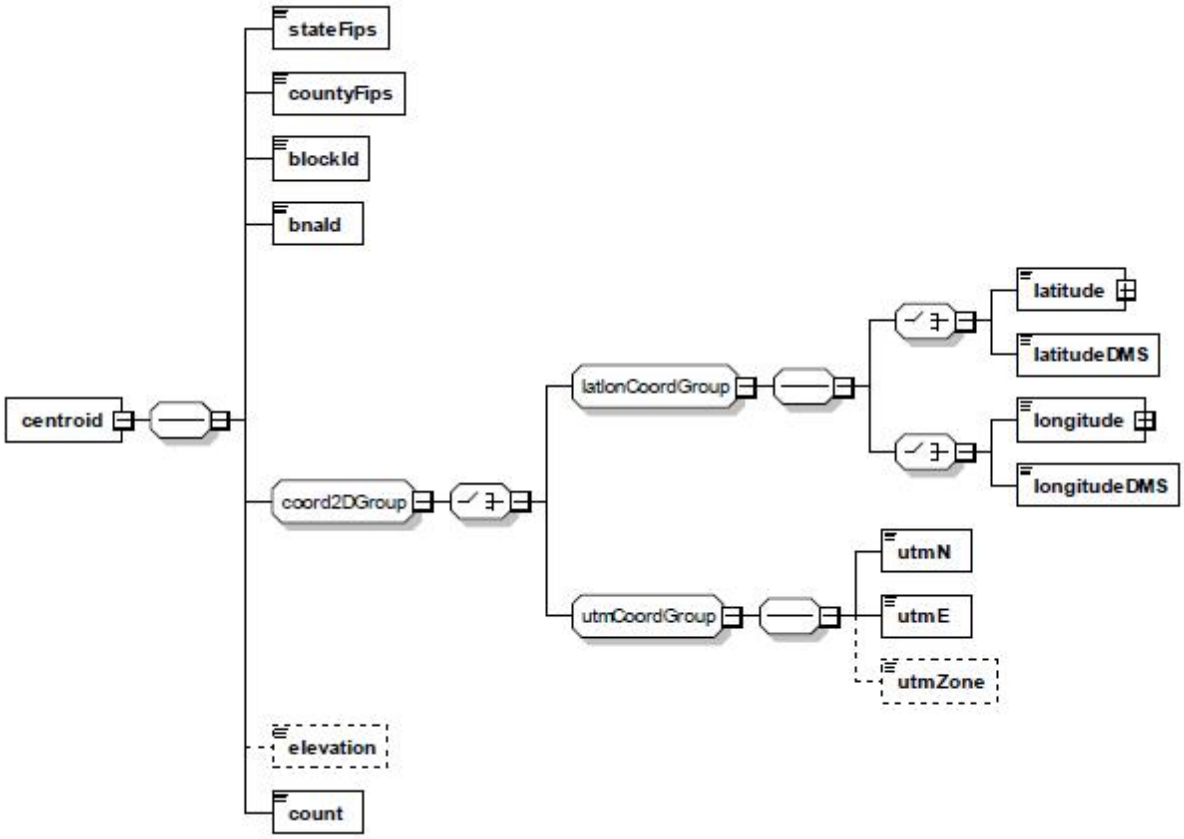
hourlyWxMD5	string16	?		
description	string255	?		케이스의 설명
case	-		b	케이스에 케이스를 사용한다.
trackOpSet	-	+	b	케이스의 트랙과 운항
operation	-		b	케이스에 운항을 사용
reference	-	S	a	케이스 elements가 사용될 수 없다

- cases 하나 이상의 케이스



XML Tag	Type	Num	Description
case	-	*	케이스

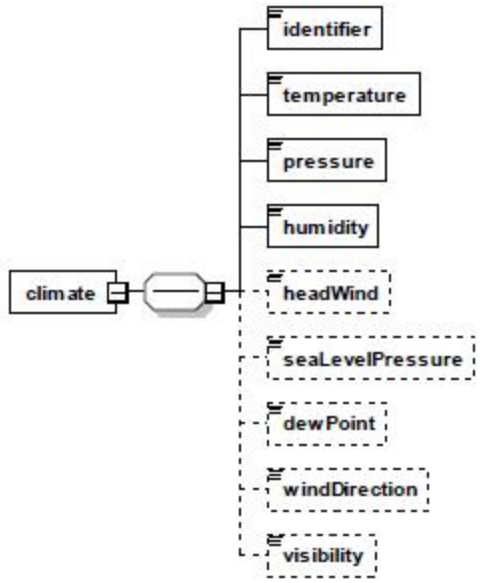
- centroid 다각형의 기하학적 중심에 대해 설명



XML Tag	Type	Num	Description
stateFips	int	?	Optional 인구조사 상태 식별자.

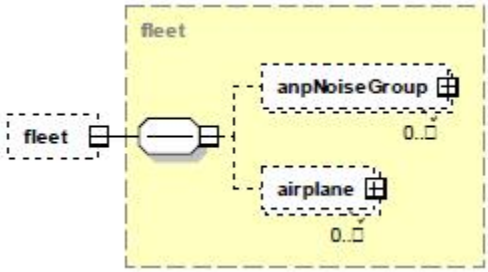
countyFips	int	?	Optional 인구조사 county identifier.
blockId	int	?	Optional 인구조사 BLOCK ID.
bnaId	string6	?	Optional 인구조사 BNA ID.
coord2DGroup	-	1	2D좌표의 형태로 활주로 끝을 표시함.
elevation	float	?	지형을 사용하지 않을 경우 MSL (피트) 위 중심의 고도. 지정되지 않은 경우, AEDT 2a는 동작 공항의 고도를 사용
count	int	?	중심의 인구수

- climate 연구기간 동안 날씨의 특징



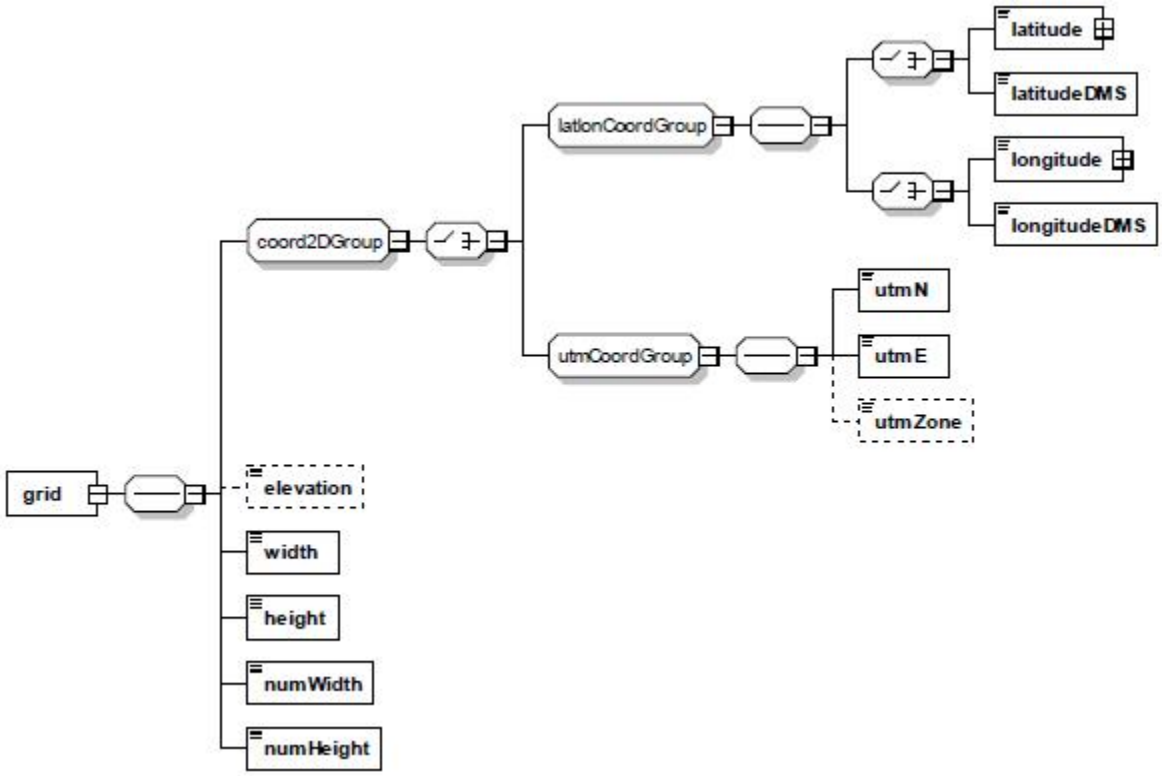
XML Tag	Type	Num	Description
identifier	string8	1	기후조건의 식별자.
temperature	float	?	기후조건에서 온도. (degress F)
pressure	float	?	기후조건에서 기압(mmHg)
humidity	float	?	기후조건에서 습도. (mmHg)
headWind	float	?	역풍 속도. (knots)
seaLevelPressure	float	?	해수면의 대기압. (mmHg)
dewPoint	float	?	기후조건에서 이슬점. (degrees F)
windDirection	float	?	바람방향(degrees)
visibility	float	?	기후조건에서 가시성. (nMi)

- fleet 비행기 fleet 설명.



XML Tag	Type	Num	Description
anpNoiseGroup	-	*	항공기 소음 매개 변수
airplane	-	*	비행기 설명

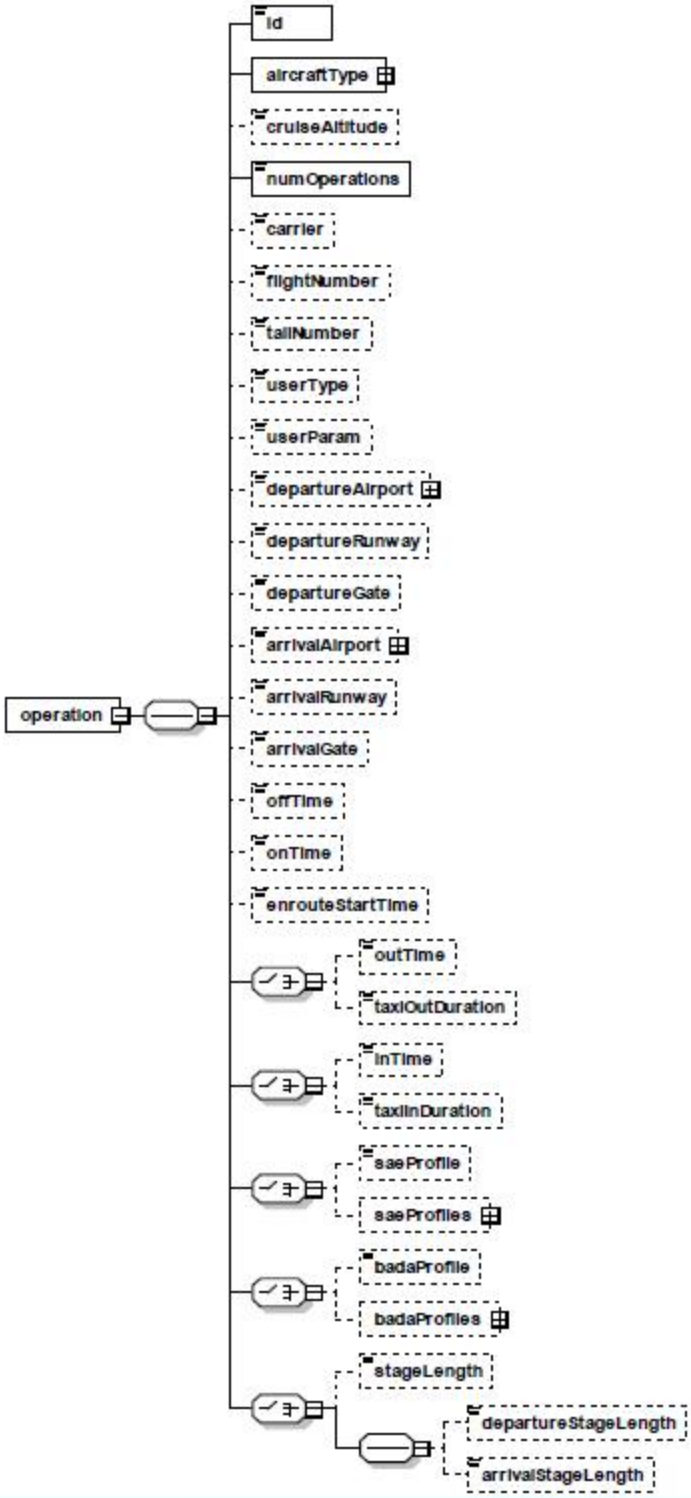
- grid 일정한 간격의 직사각형 영향 수용체 설명



XML Tag	Type	Num	Description
coord2DGroup	-	1	그리드의 원점은 2D좌표 형태로 명시된다.
elevation	float	?	그리드의 고도 MSL(ft) 운영 공항의 고도를 사용
width	float	1	그리드 폭 (nmi).
height	float	1	그리드 높이 (nmi).
numWidth	int	1	포인트의 수는 그리드의 폭에 걸쳐 퍼져있음
numHeight	int	1	포인트의 수는 그리드의 높이에 걸쳐 퍼져있

음

- operation

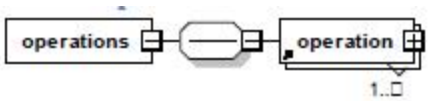


XML Tag	Type	Num	Choice	Description
id	string16	1		지정식별자

aircraftType	-	1		비행 항공기의 종류
cruiseAltitude	double	1		운항에 대한 항공기 순항 고도(ft).
numOperations	double	1		운항을 포함하는 운항수
carrier	string4	?		Carrier flying the flight. Not fully supported in AEDT 2a.
flightNumber	string16	?		Not fully supported in AEDT 2a.
tailNumber	string8	?		비행꼬리 번호 Not fully supported in AEDT 2a.
userType	string12	?		사용자정의 기종. Not fully supported in AEDT
userParam	string16	?		운항과 연관된 사용자정의 파라매터 Not fully supported in AEDT 2a.
departureAirport	-	S		출발 공항의 ICAO code.
departureRunway	string8	S		출발 공항의 활주로 ID
departureGate	string4	S		출발 공항 게이트 Not fully supported in AEDT 2a.
arrivalAirport	-	S		도착공항의 ICAO code
arrivalRunway	string8	S		도착공항의 활주로 ID
arrivalGate	string4	S		도착공항의 게이트 Not fully supported in AEDT 2a.
offTime	datetime	S		Wheels-off time. Required for any departure or runup, circuit, runup, or touch-and-go operation.
onTime	datetime	S		Wheels on time. Required for any arrival operation.
enrouteStartTime	datetime	S		Not fully supported in AEDT 2a
outTime	datetime	S	a	Not fully supported in AEDT 2a.
taxiOutDuration	int	S	a	Not fully supported in AEDT 2a.
inTime	datetime	S	b	도착게이트에 도착하는 항공기 시간 taxiInDuration = (onTime - inTime).
taxiInDuration	int	S	b	taxi-in 동안 초
saeProfile	string8	*	c	SAE 인터내셔널에 의해 지정된 특성을 이용 하여 비행기의 도착과 출발 단계에 대한 기본 프로필 할당

saeProfiles - * c SAE 인터내셔널에 의해 지정된 특성을 이용 하여 비행기의 도착과 출발 단계에 대한 기본 프로필 할당
badaProfile string8 * d BADA에 의해 지정된 특성을 이용하여 비행기의 도착과 출발 단계에 대한 기본 프로필 할당
stageLength string1 ? e 기본 출발 및 도착 단계의 길이 값을 재정의 하여 운항 형태가 도착하면 AEDT에서 길이 사용
departureStageLe ngth string1 ? 기본 출발 단계 길이 정의.
arrivalStageLength string1 ? e 기본 도착 단계 길이 정의 운항 형태가 도착이면 AEDT는 항상 단계 길이는 1

- operations 항공기 비행 운항 목록을 포함



XML Tag	Type	Num	Description
operation	-	+	항공기 운항.

Attributes

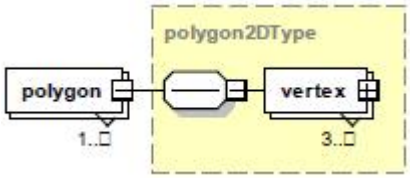
XML Tag	Type	Num	Description
dummy	int	?	Not used.

- options 연구에 적용된 기본 옵션값



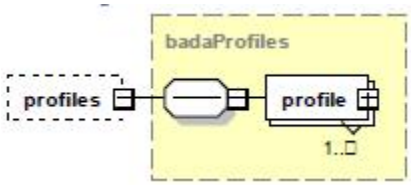
XML Tag	Type	Num	Description
utmZoneDefault	int	1	Default UTM zone number.

- polygon 다각형 형상 지정



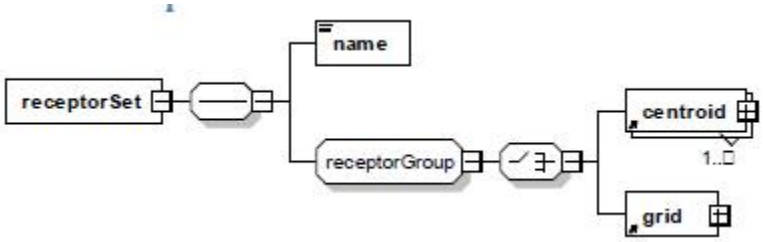
XML Tag	Type	Num	Description
vertex	-	3+	다각형에 정의된 꼭지점 목록.
dummy	int	?	Not used.

- profiles 도착과 출발 프로파일 포함



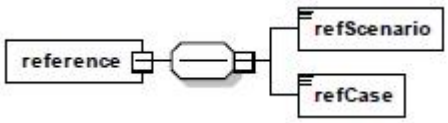
XML Tag	Type	Num	Description
departureProfile	string8	1	A flight's departure profile.
arrivalProfile	string8	1	A flight's arrival profile.

- receptorSet 다양한 지점에서 하나이상의 수용체 셋을 포함



XML Tag	Type	Num	Description
name	string255	+	수용체 셋의 서술적 이름
receptorGroup	-	+	이 위치의 수용체 그룹의 설명

- reference 시나리오명과 케이스 명에 의해 케이스 참조

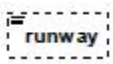


XML Tag	Type	Num	Description
scenarioRef	string255	1	존재하는 시나리오명
caseRef	String255	1	기존 케이스명은 참조된 시나리오에 직접 연결됨

조건

- 참조된 시나리오의 모든 공항 레이아웃은 대상 시나리오에 할당되어야 함
- 참조된 케이스는 새로운 시나리오에 고유한 이름을 가져야 함

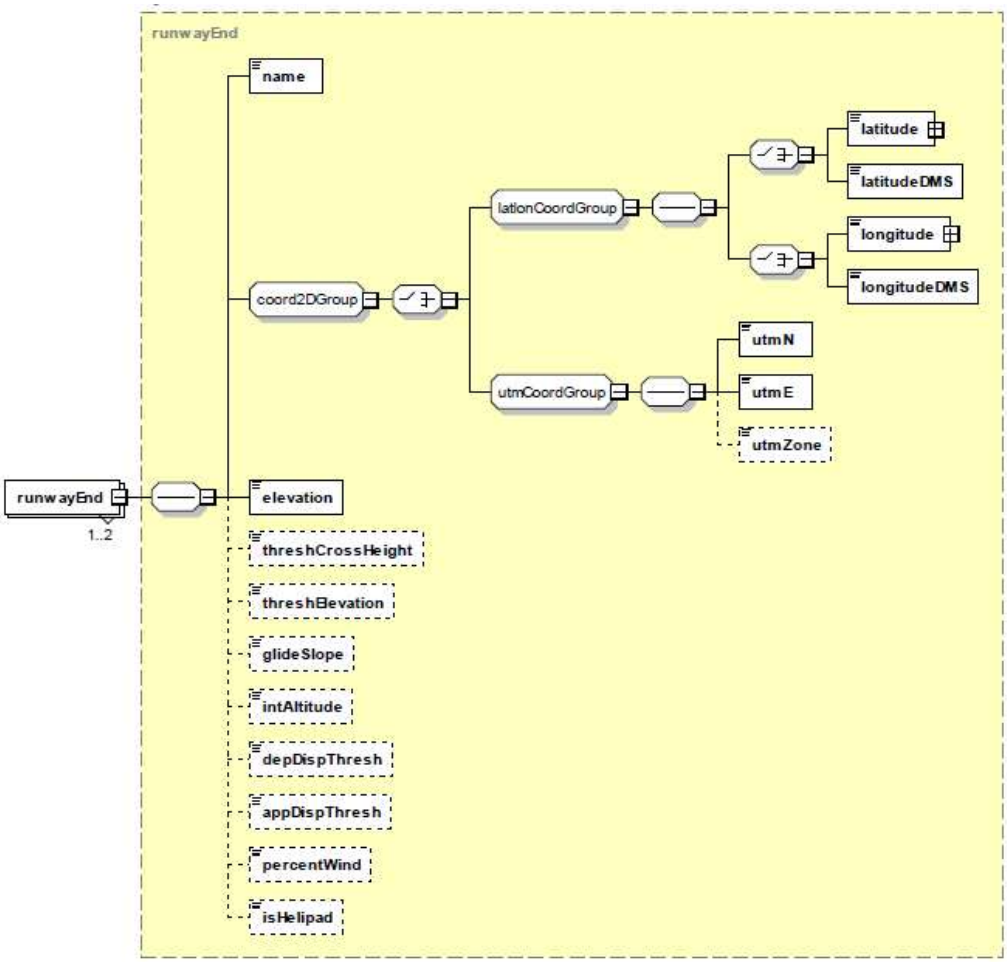
- runway 활주로 크기 설명



XML Tag	Type	Num	Description
length	int	1	활주로 길이(feet).

width	int	1	활주로 폭 (feet).
runwayEnd	-	1-2	활주로 끝의 특성.

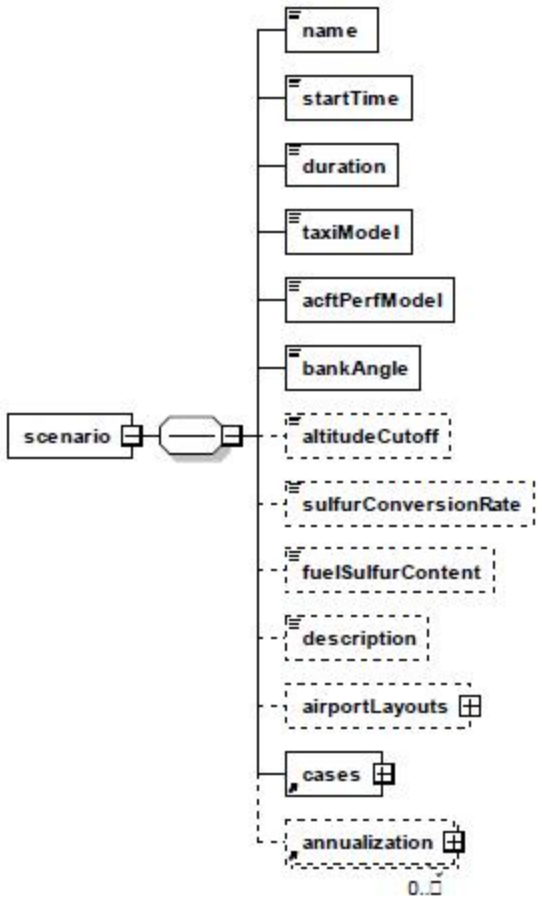
- runwayEnd 활주로 끝의 특성



XML Tag	Type	Num	Description
name	string8	1	활주로 끝 ID.
coord2DGroup	enum	?	활주로 끝 지점의 2d 좌표 형태 명시.
elevation	float	?	활주로 끝의 고도 MSL in feet.
threshCrossHeight	float	?	활주로 말단 접근 crossing 높이 AGL (feet).
threshElevation	float	?	활주로 말단의 고도 (feet MSL).
glideSlope	float	?	활주로 끝과의 활공각(degrees).
intAltitude	float	?	Runway endpoint's elevation in hundreds of feet.
depDispThresh	float	?	이륙 displaced threshold (feet).

appDispThresh	float	?	접근 displaced threshold (feet).
percentWind	float	?	공항 평균 역풍의 비율 변화.
isHelipad	string	?	활주로 끝이 헬기 착륙장을 나타냄

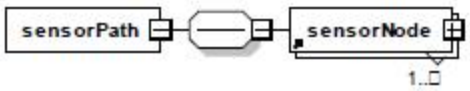
- scenario 비행 시나리오 설명



XML Tag	Type	Num	Description
name	string255	1	시나리오 명.
startTime	datetime	1	시나리오 시작 시간.
duration	int	1	시나리오 기간(hours).
taxiModel	enum	1	taxi 모델링의 종류
acftPerfModel	enum	1	항공기 성능 모델 종류 (ICAO, SAE1845.)
bankAngle	Boolean	1	뱅크 각의 계산이 계산에 포함해야 하는지 여부
altitudeCutoff	float	1	이 시나리오에 대한 차단 궤도 모델링 고도

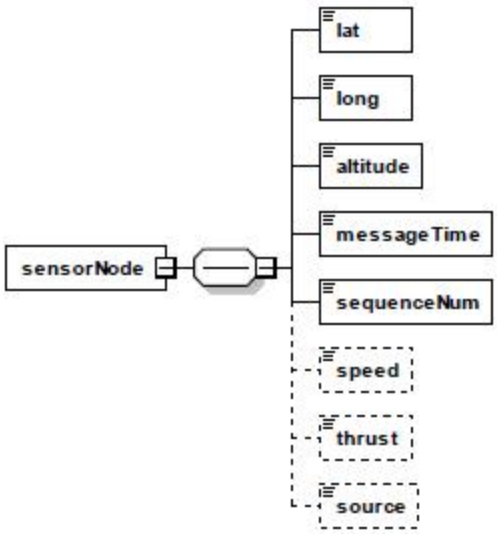
sulfurConversionRate	float	1	유황 변환 비율 Default Value: 0.024(2.4%).
fuelSulfurContent	float	1	배출계산에 사용된 연료에 황 Default Values: 0.0006 (0.06%)
description	string255	?	시나리오 설명.
airportLayouts	-	*	시나리오에 사용된 공항 레이아웃의 설명
cases	-	*	시나리오에 사용된 케이스들의 셋
annualization	-	*	이 시나리오의 연간화

- sensorPath 레이더 데이터를 기초로 한 비행 경로 설명



XML Tag	Type	Num	Description
sensorNode	-	+	레이더 데이터를 기초로 한 경로를 설명한 sensorNode의 모음.

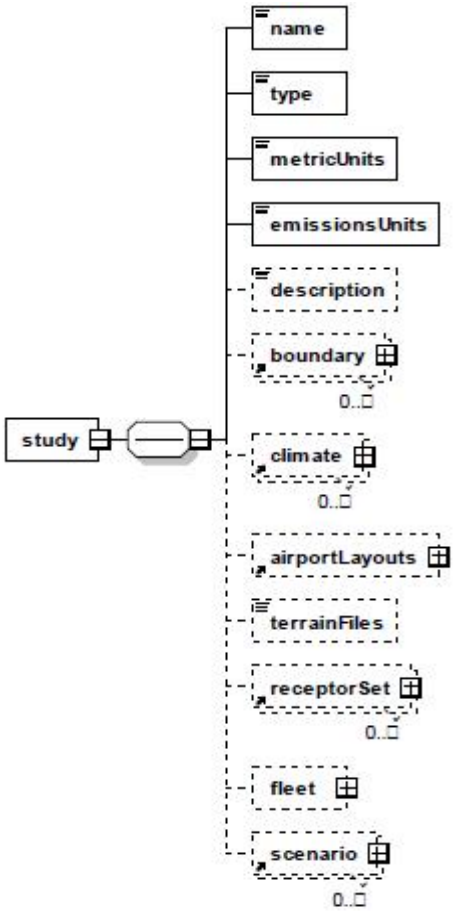
- sensorNode 레이더 비행 경로의 단일 노드 설명



XML Tag	Type	Num	Description
lat	double	1	노드 위도(decimal degrees).
long	double	1	노드 경도(decimal degrees).
altitude	double	1	고도(feet)
messageTime	dateTime	1	NOTE: Not used in AEDT 2a.

sequenceNum	int	1	노드 목록에서 이 위치 순서.
speed	float	?	이 지점에서 항공기 지상 속도(knots).
thrust	float	?	NOTE: Not used in AEDT 2a.
source	string255	?	NOTE: Not used in AEDT 2a.

- study 연구에 대한 특정 정보를 포함

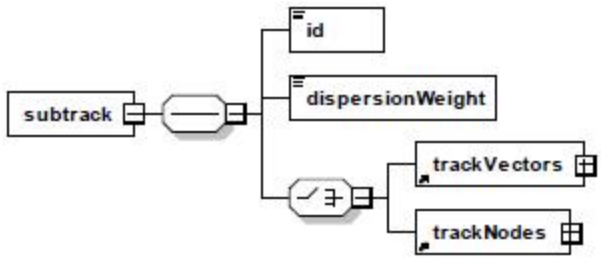


XML Tag	Type	Num	Description
name	string255	1	연구명.
type	enum	1	연구형태
metricUnits	boolean	1	미터법이면 TRUE 영국식 표기법 FALSE.
emissionsUnits	enum	1	배출단위 MetricTonnes, Kilograms, Grams, ImperialTons, or Pounds.
description	string255	?	설명
boundary	-	*	연구에 포함된 지역 경계
climate	-	*	연구 기간 동안 기후

airportLayouts	-	+	연구에 포함된 공항 레이아웃
terrainFiles	string255	*	
receptorSet	-	*	연구에 대한 정의된 수용체 셋
fleet	-	?	연구에 참여한 정의된 항공기
scenario	-	+	연구에 정의된 시나리오

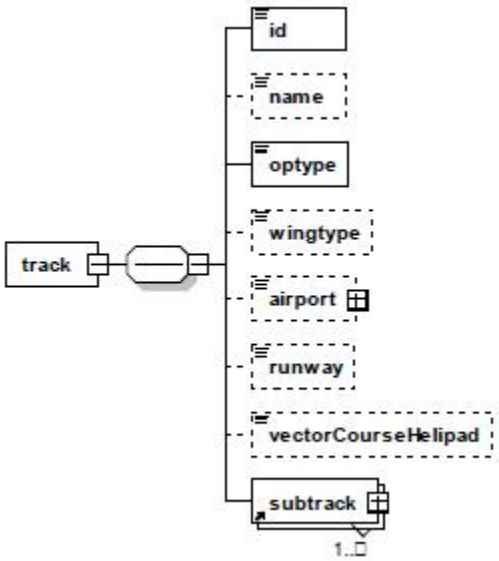
- subtrack 비행기 트랙을 나타내는 부분의 컬렉션

AEDT 2a 는 트랙과 연관된 첫 서브트랙을 처리한다.



XML Tag	Type	Num	Choice	Description
id	string16	1		Subtrack ID.
dispersionWeight	float	1		이 트랙과 연관된 분산중량
trackVectors	-	*	a	서브트랙을 백터 집합
trackNodes	-	*	a	서브트랙 노드 집합

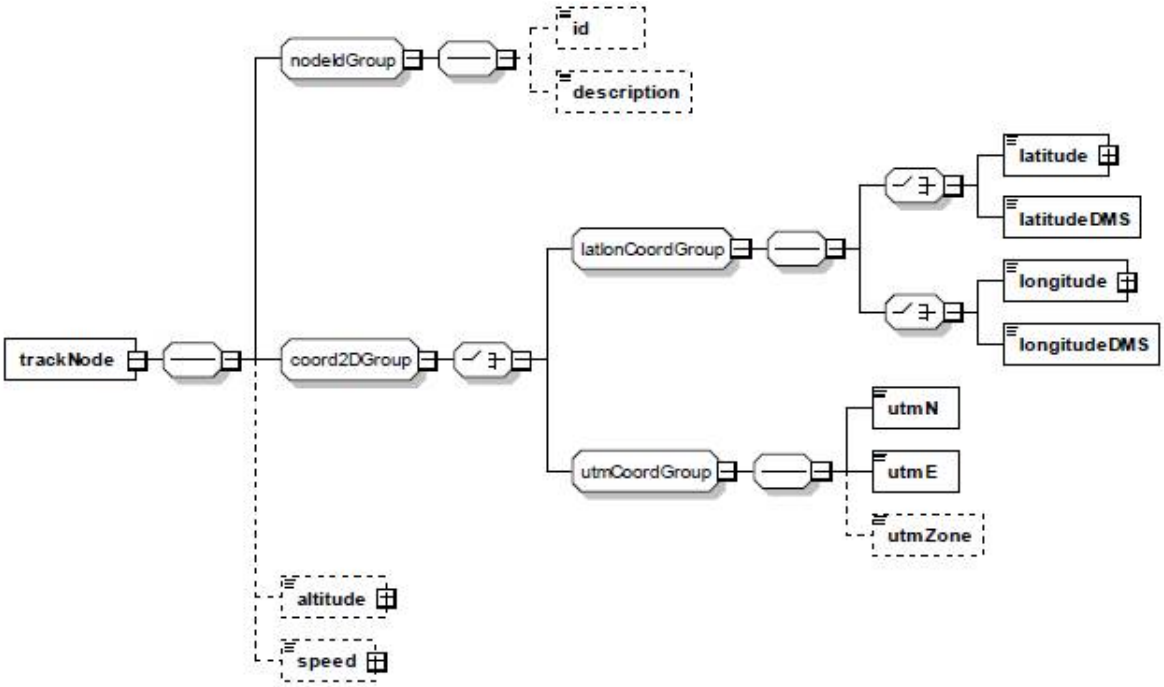
- track 비행 트랙



XML Tag	Type	Num	Description
id	string16	1	Track ID.
name	string64	?	트랙이름

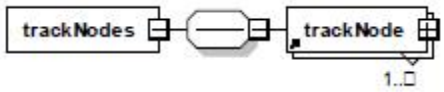
optype	enum	?	운항 형태 values: A, Arrival, D, Departure, V, Overflight, C, Circuit, T, TouchAndGo, R, Runup, W, RunwayToRunway.
wingtype	enum	?	날개 종류 values: F, FixedWing, R, RotaryWing. 지정이 안된 경우 AEDT는 optype 기반으로 날개 type을 결정한다.
airport	-	?	트랙과 연관된 공항
runway	string8	?	활주로 식별자
vectorCourseHelipad	double	?	헬기착륙장에서 출발하는 헬기의 초기 코스 방향
sutrack	-	+	이 트랙의 일부인 서브트랙의 목록

- track Node 비행트랙 노드



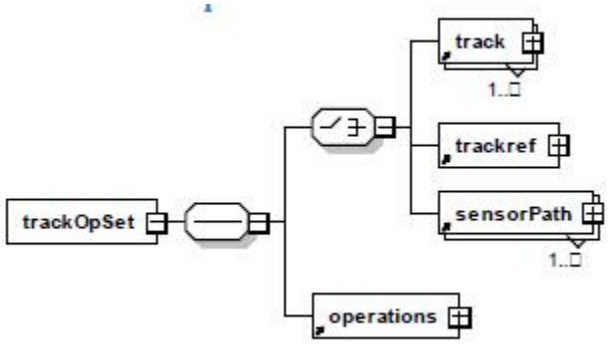
XML Tag	Type	Num	Description
nodeIdGroup	-	*	노드 목록과 설명 See section 5.3.4.
coord2DGroup	-	*	노드의 2d 좌표 형태 명시 See section 5.3.2.
altitude	float	*	노드 고도. 속성 노드 포함. (nMi MSL)
speed	float	*	비행기 속도. 속성 노드 포함(knots) Not used in AEDT 2a.

- trackNodes 비행트랙 노드의 셋



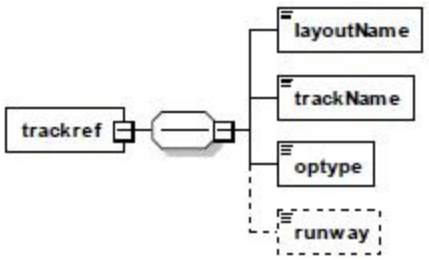
XML Tag	Type	Num	Description
trackNode	-	*	비행 트랙 노드 section 5.2.50.

- trackOpSet 트랙과 연관된 운항의 목록



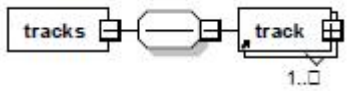
XML Tag	Type	Num	Choice	Description
track	-	+	a	비행 트랙
trackref	-	+	a	비행 트랙 참조
sensorPath	-	+	a	레이더 데이터를 기반으로 활주로에서 활주로의 완전한 비행 경로.
operations	-	+		하나이상의 운항 목록 포함

- trackref 비행 트랙 참조



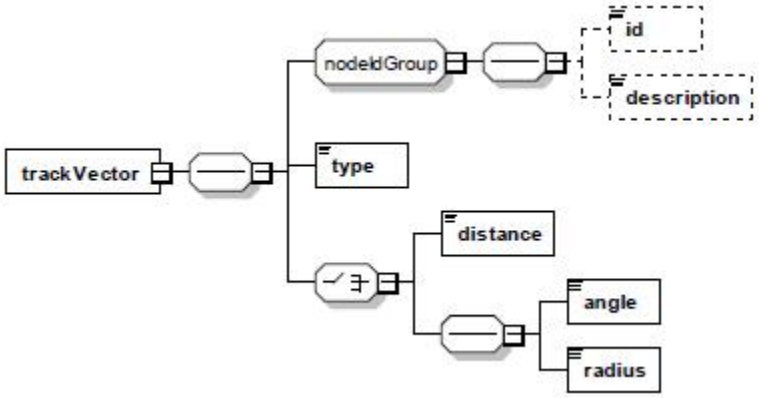
XML Tag	Type	Num	Description
layoutName	string255	1	트랙에 연관된 공항 레이아웃.
trackName	string64	?	비행 트랙명.
optype	enum	?	운항 형태. values: A, Arrival, D, Departure, V, Overflight, C, Circuit, T, TouchAndGo, R, Runup, W, RunwayToRunway.
runway	string8	*	비행 트랙의 활주로명.

- tracks 비행 트랙 집합



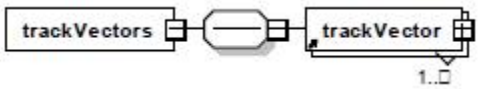
XML Tag	Type	Num	Description
track	-	+	A flight track. See section 5.2.49.

- trackVector 비행 트랙 백터



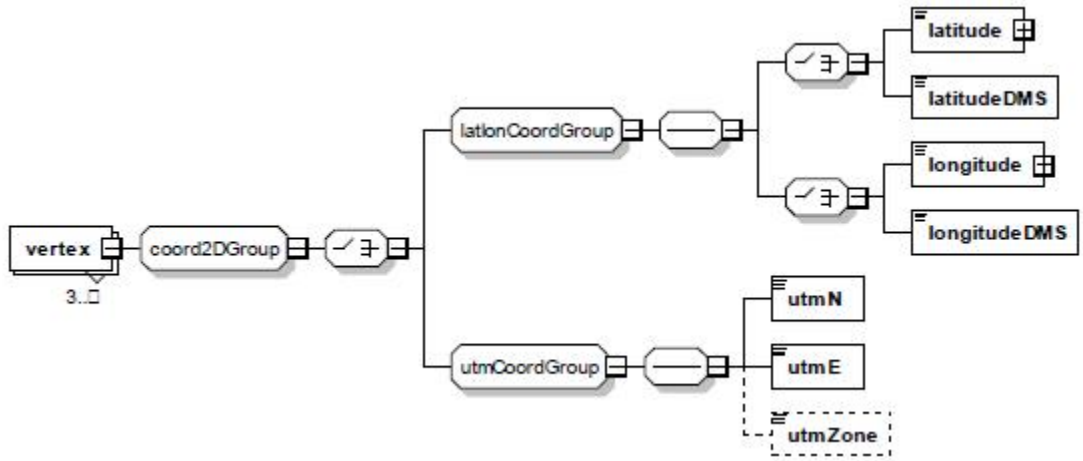
XML Tag	Type	Num	choice	Description
nodeIdGroup	-	*		노드 목록과 설명
type	enum	*		백터 형식 values: S, Straight, L, LeftTurn, R, RightTurn.
distance	float	1	a	비행거리(feet).
angle	float	1		Angle of the vector (degrees).
radius	float	1		Radius of the vector (feet).

- trackVectors 비행 트랙 백터의 목록



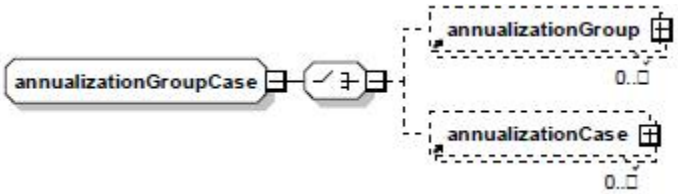
XML Tag	Type	Num	Description
trackVector	-	*	비행 트랙 백터

- vertex 다각형 꼭지점의 좌표를 포함



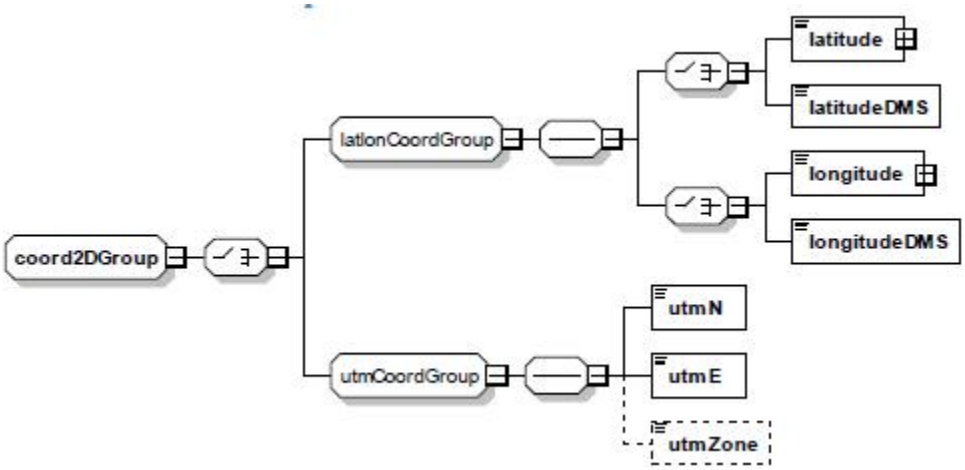
XML Tag	Type	Num	Description
coord2DGroup	enum	1	노드의 2D 좌표 형태 명시

- annualizationGroupCase



XML Tag	Type	Num	Choice	Description
annualizationGroup	-	*	a	하위 요소는 그룹으로 연간화됨
annualizationCase	-	*	a	하위 요소는 케이스로 연간화됨

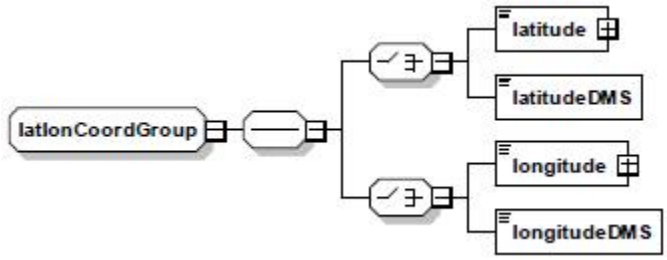
- coord2dGroup 2D 좌표 지정하는 법을 나타냄



XML Tag	Type	Num	Choice	Description
latonCoordGroup	-	1	a	2D 좌표를 위도/경도 명시

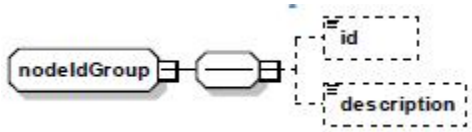
utmCoordGroup	-	1	a	2D 좌표를 위도/경도 명시

- latlonCoordGroup 위도 경도 사용 좌표 표시



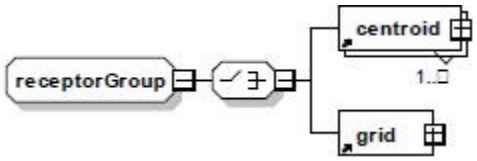
XML Tag	Type	Num	Choice	Description
latitude	-	1	a	위도
latitudeDMS	-	1	a	위도 as dd"mm'sss 표시
longitude	-	1	b	경도
longitudeDMS	-	1	b	경도 as dd"mm'sss 표시

- nodeIdGroup 노드 ID 그룹 설명



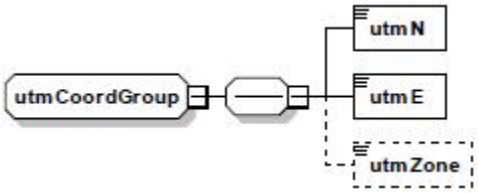
XML Tag	Type	Num	Description
id	string16	1	노드 그룹 ID
description	string16	1	노드 그룹 설명

- receptorGroup 중심이나 위치를 표시하는 그리드를 포함



XML Tag	Type	Num	Choice	Description
centroid	-	1	a	중심의 위치 설명
grid	-	1	a	점의 그리드 설명

- utmCoordGroup 점의 UTM 좌표 포함



XML Tag	Type	Num	Description
utmN	double	1	적도 북쪽의 UTM x좌표
utmE	double	1	동쪽 중앙 자오선 지점의 UTM Y 좌표.
utmZone	Int	?	포인트의 UTM 존 set in the <options> tag.

8. PIANO-X 분석

PIANO-X는 유럽에서 사용되는 유사 프로그램으로서 Short 버전 UI구현에 참조하기 위해서 분석 하였다.

8.1 파일구조

아래 두 개의 디렉터리가 같은 레벨에 존재 해야 함

pianox-planes - 비행기 관련

pianox-adjustments - 조정 관련

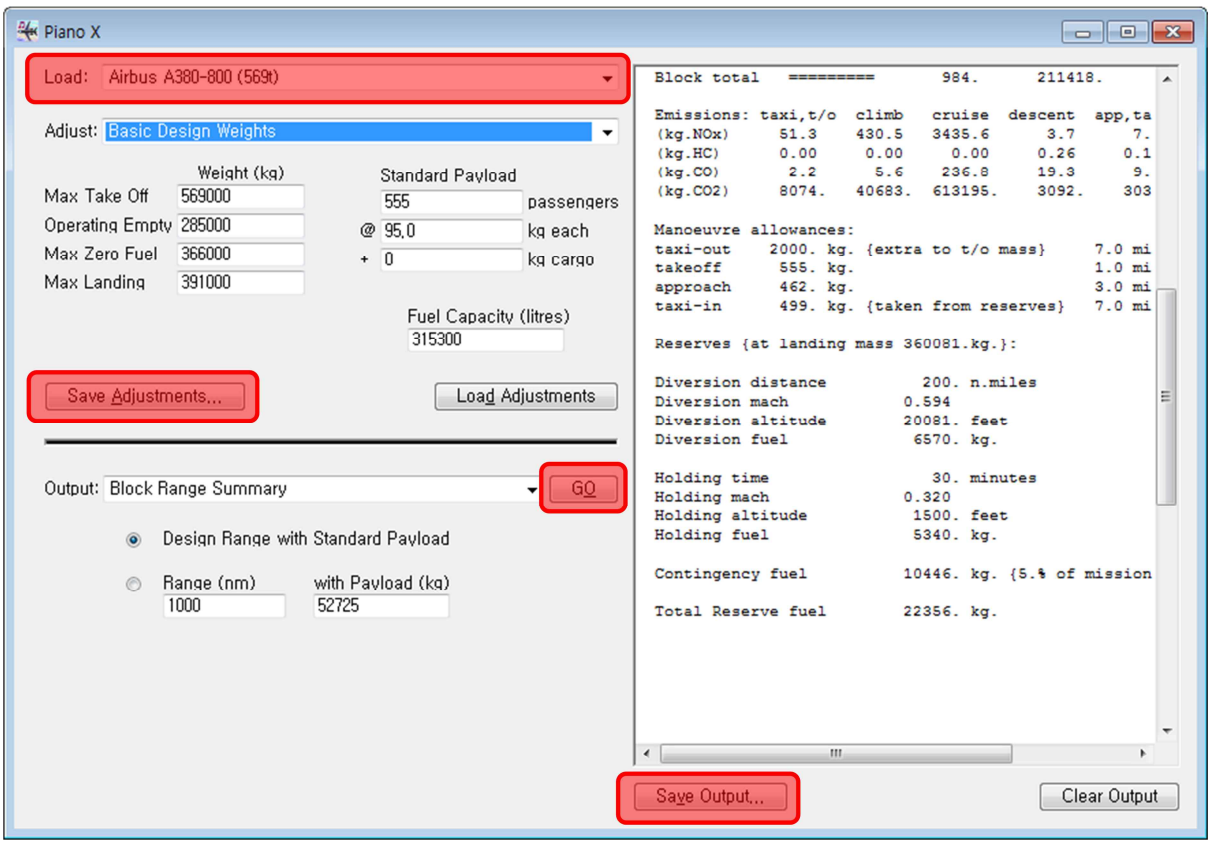
8.2 메뉴

3 개가 존재함:

- 1. LOAD
- 2. ADJUST
- 3. OUTPUT

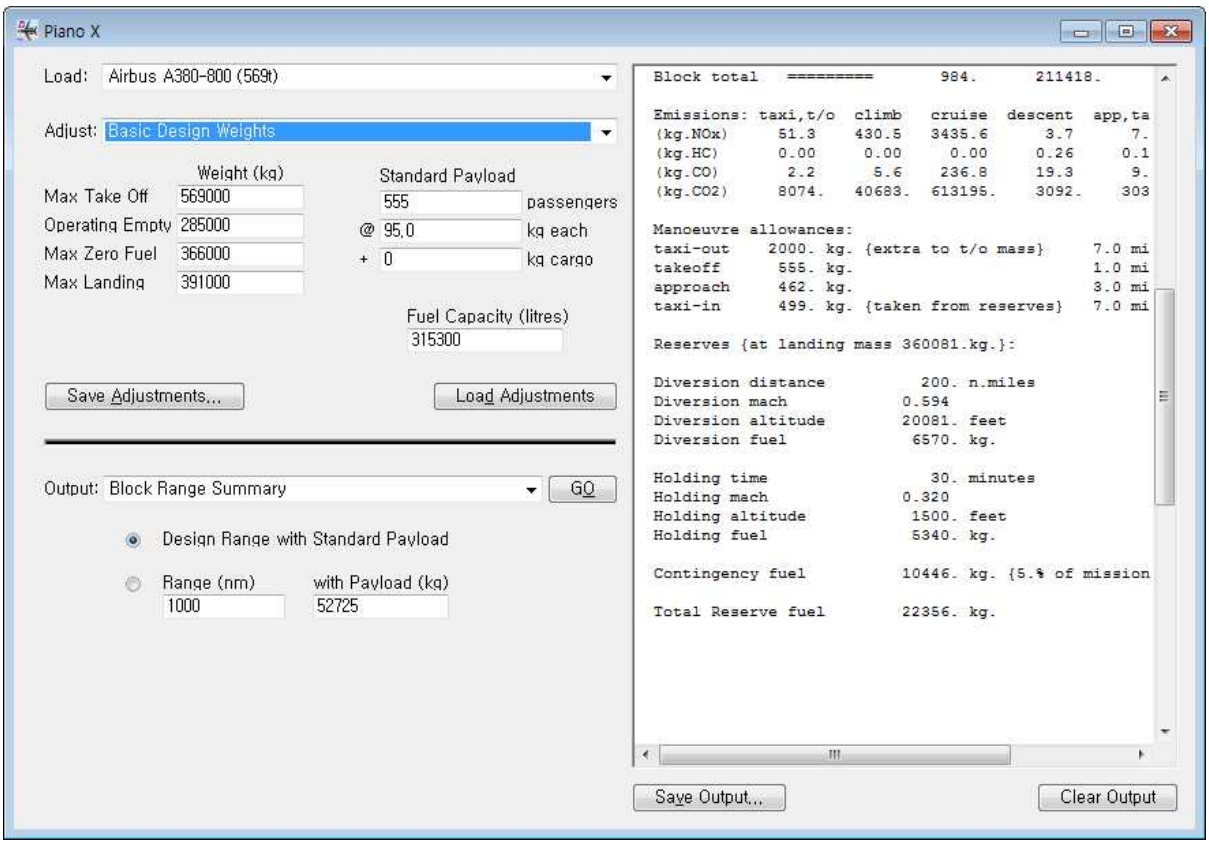
사용법:

LOAD(비행기 선택) -> ADJUST(인자 값 선택) -> OUTPUT(결과값)



8.3 Basic Weights(기본 무게)

기본 항공기 무게 구성 인자 값



- Weight

  Max Take Off Weights (최대이륙 중량)

  Operating empty weight (운영 빈 무게 중량)

  Maximum zero fuel weight (최대 제로 연료 중량)

  Maximum landing weight (최대 착륙 중량)

- Standard Payload

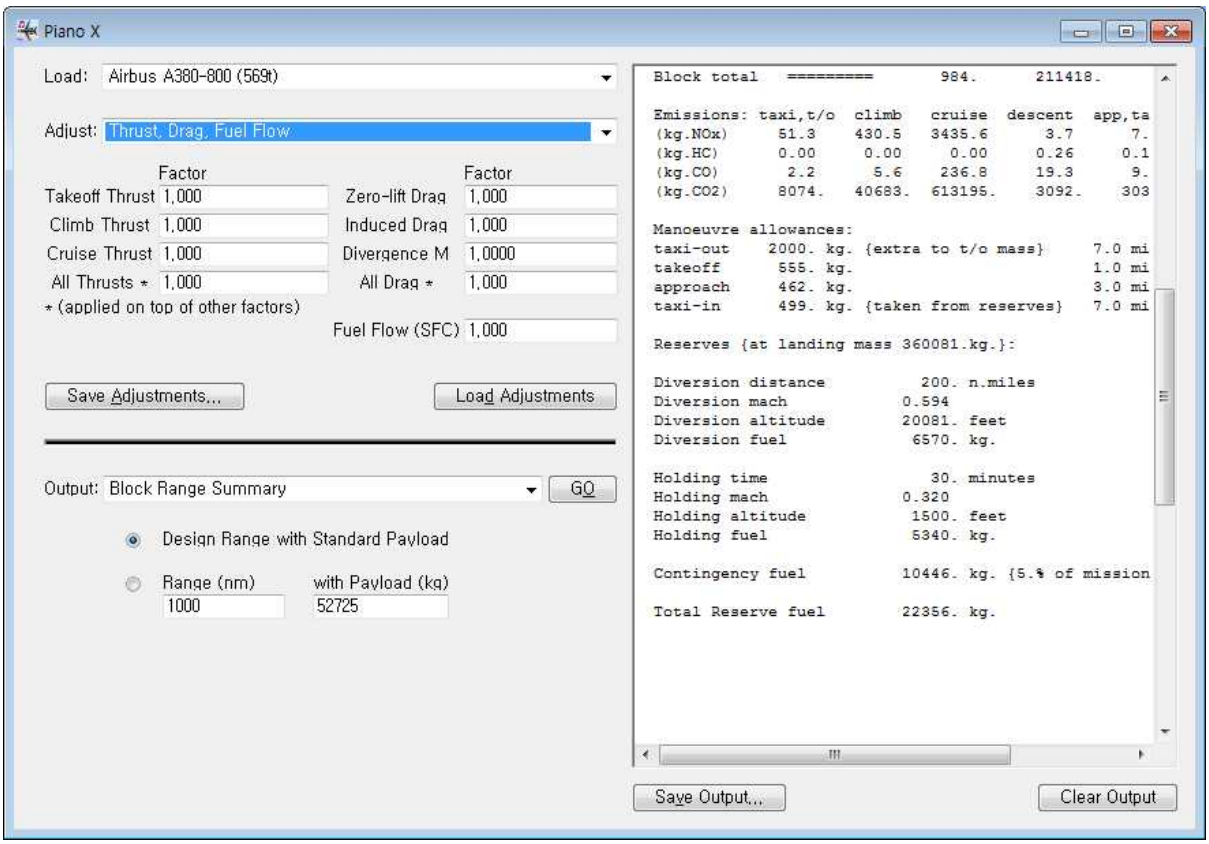
  Passengers (승객)

  Cargo (카고)

- Fuel Capacity(liters) (연료 용량)

8.4 Thrust, Drag, FuelFlow(추력, Drag, 연료흐름)

추력, Drag, 연료흐름 구성 인자 값 (Factor를 조정해줄 수 있다)



- Thrust Factor

  Takeoff Thrust (이륙 추력)

  Climb Thrust (상승 추력)

  Cruise Thrust (순항 추력)

  All Thrusts (다른 추력상에 제일 우선순위 적용)

- Drag Factor (Drag-항력)

  Zero-lift Drag

  Induced Drag (유도 항력)

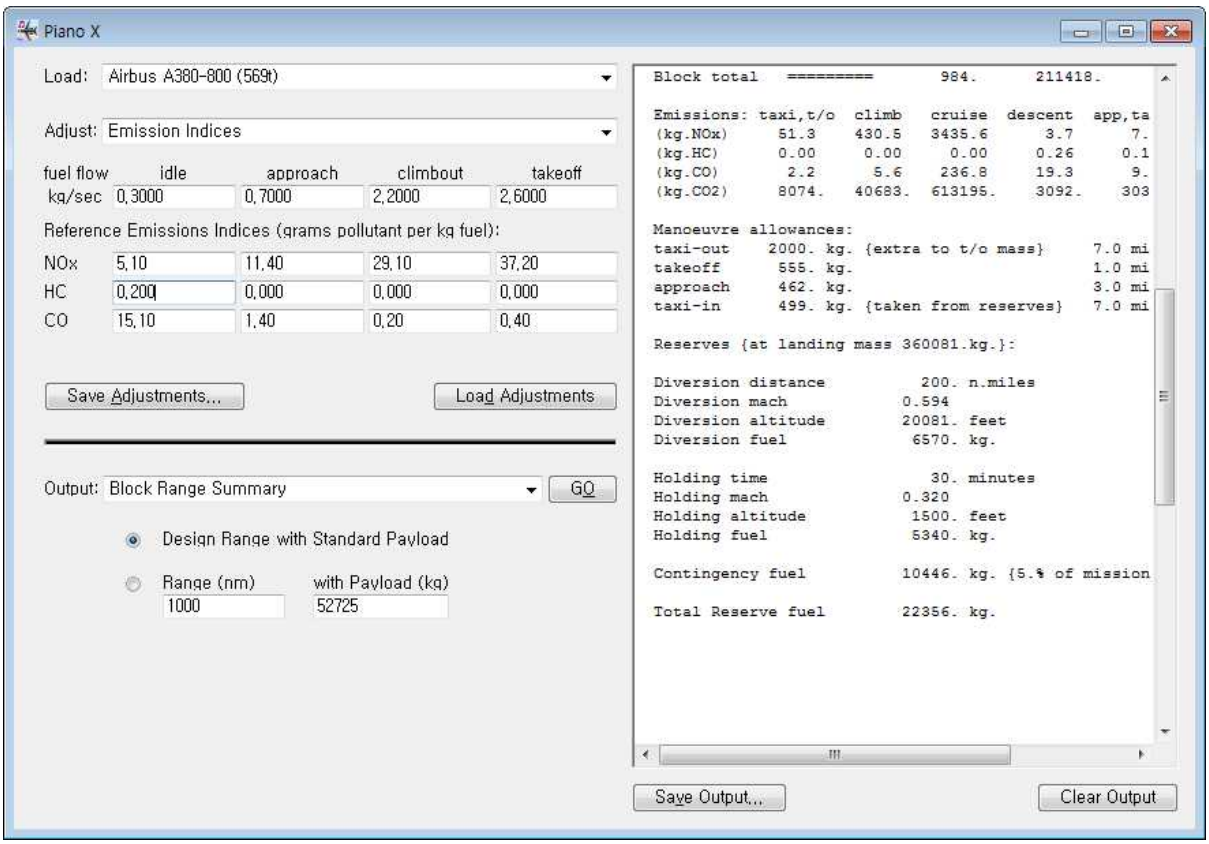
  Divergence M (발산 M)

  All Drag (다른 항력)

- Fuel flow (SFC) (연료 흐름)

8.5 Emission Indices(배출 지수)

항공 오염 물질 배출량 지수 인자 값(인자 값을 조절해줄 수 있다)



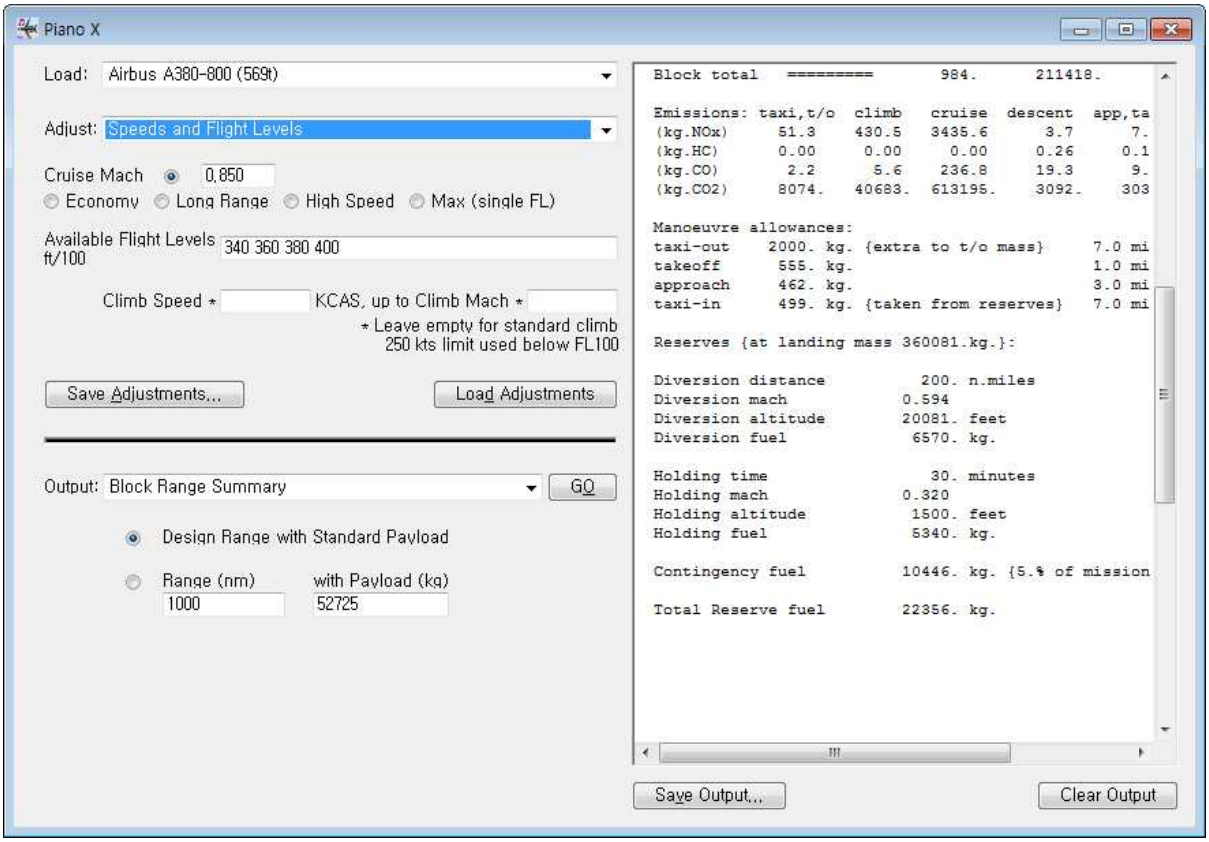
- Fuel Flow (단계별 연료 소모량, 단계는 ICAO 구분에 의한 분류)
  Idle(유휴)
  Approach(진입)
  Climbout(이륙중의 급상승)
  Takeoff(이륙)

- Emission Indices(단계별 kg 당 단순 오염물질 배출량)
  NOx (질소)
  HC (탄화수소)
  CO (탄소)

8.6 Speed and Flight levels(속도와 비행수준)

속도를 직접 넣을 수도 있고 선택할 수 있다. Flight level을 사용할 수 있다.

Flight level : 수백 피트의 표준 압력-고도



- Speed

  Cruise 속도 직접입력 또는 아래의 값 선택가능

  Economy

  Long Range

  High Speed

  Max

  Climb Speed 선택 가능, 않넣으면 시스템이 입력함

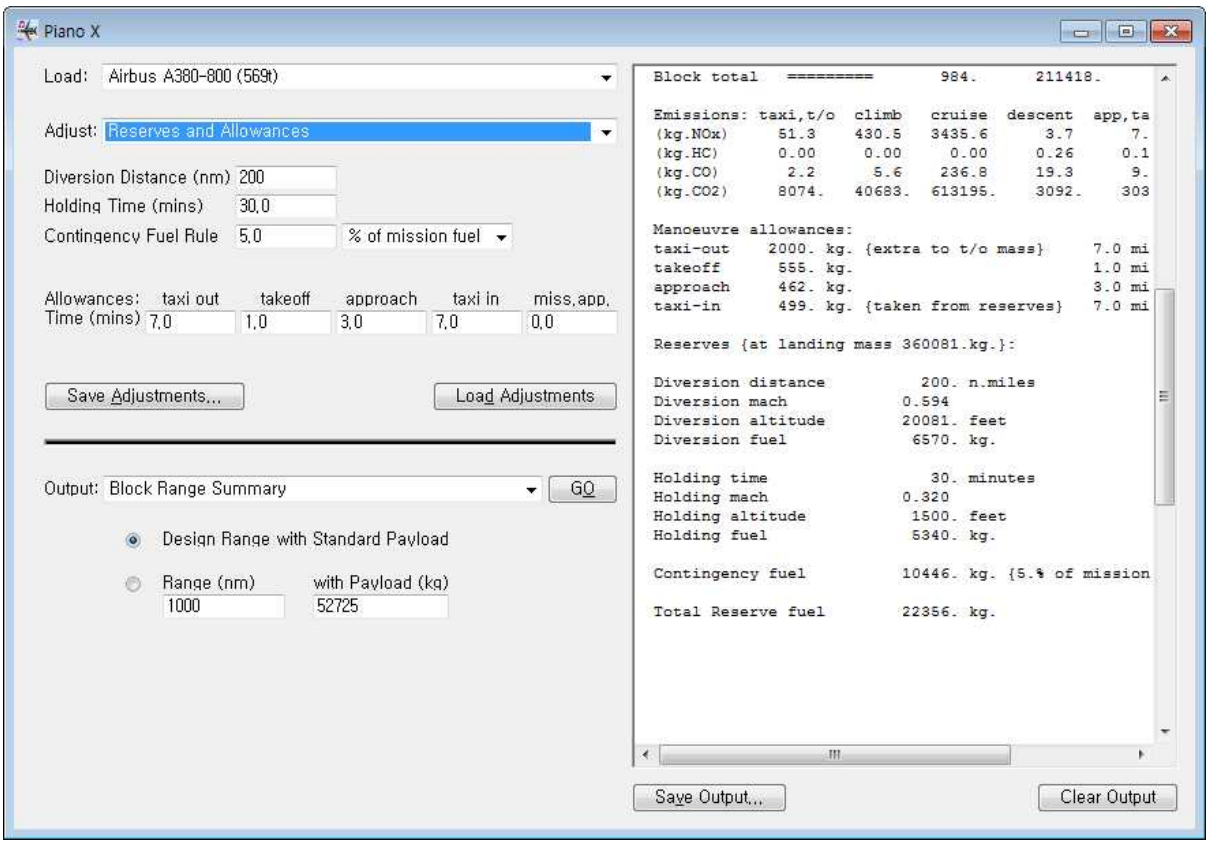
  Up to Climb Mach 선택 가능, 않넣으면 시스템이 입력함

- Flight level

  Available Flight level을 넣을 수 있음

8.7 Reserves and Allowances(보유량, 허용량)

정상에서 외적인 요인들 입력(우회 운전, 비상연료 등....)



- Diversion Distance (우회 거리)
- Holding Time (보류시간)
- Contingency Fuel Rule (비상연료)
- Allowance

  Taxi out

  Takeoff

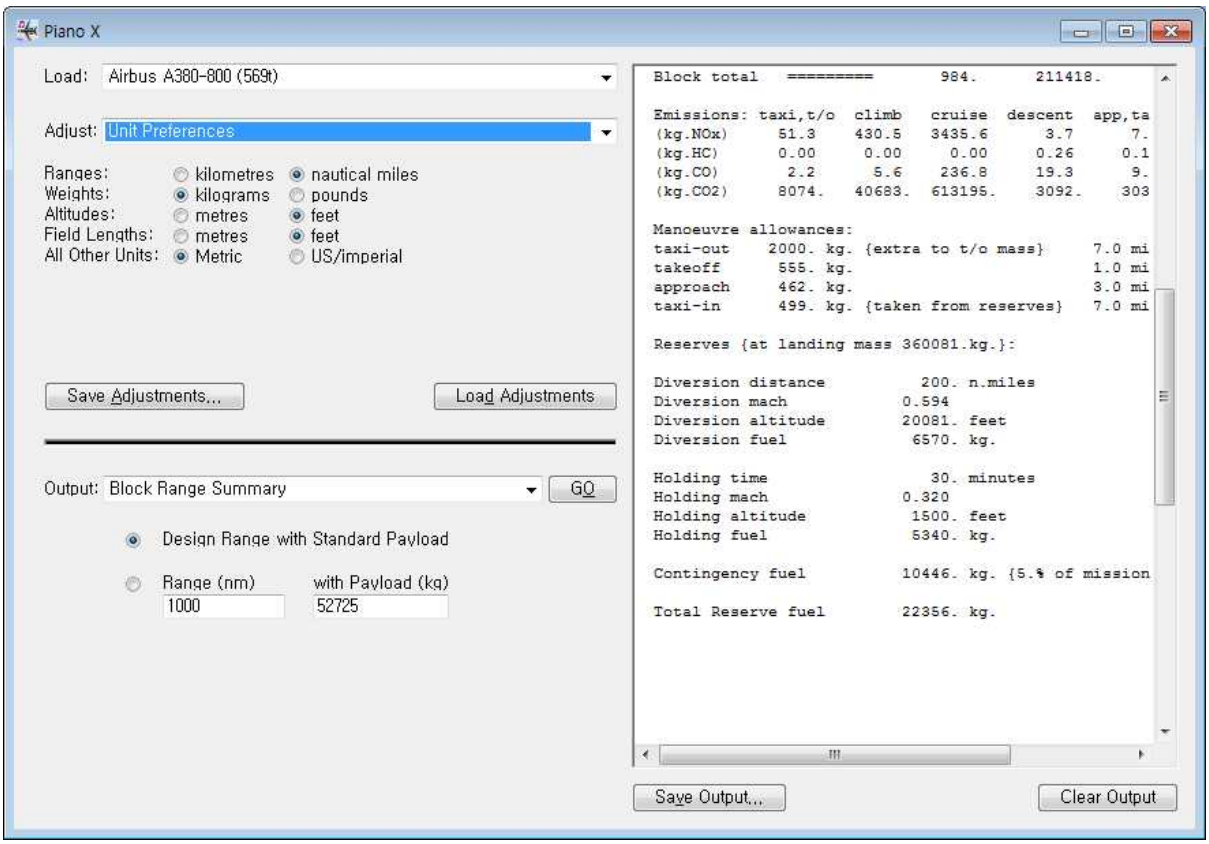
  Approach

  Taxi in

  Miss. App

8.8 Unit Preferences(단위 설정)

단위 설정



- 단위설정

  Ranges : kilometers, nautical miles

  Weights : kilograms, pounds

  Altitudes : metres, feet

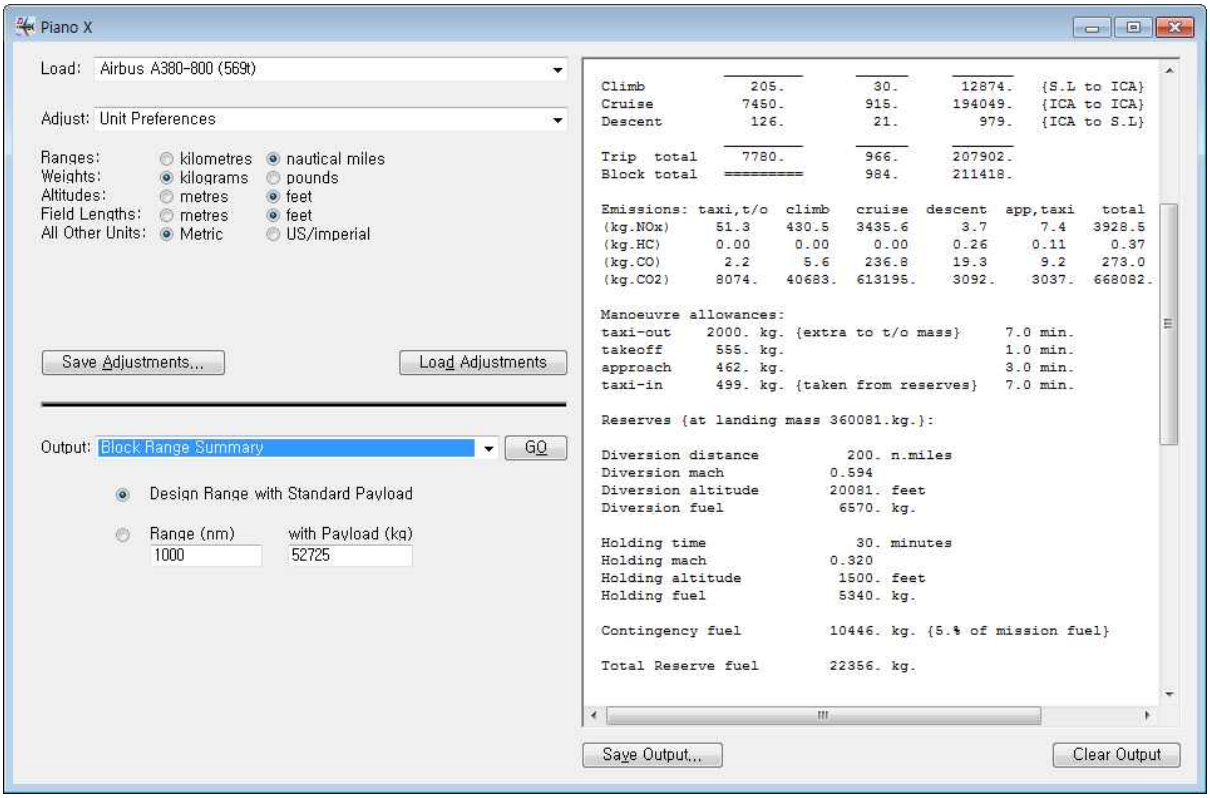
  Field Lengths : metres, feet

  All Other Units : Metris, US/imperial

8.9 Block Ranges and Flight Profile(블록 범위 및 비행 프로필)

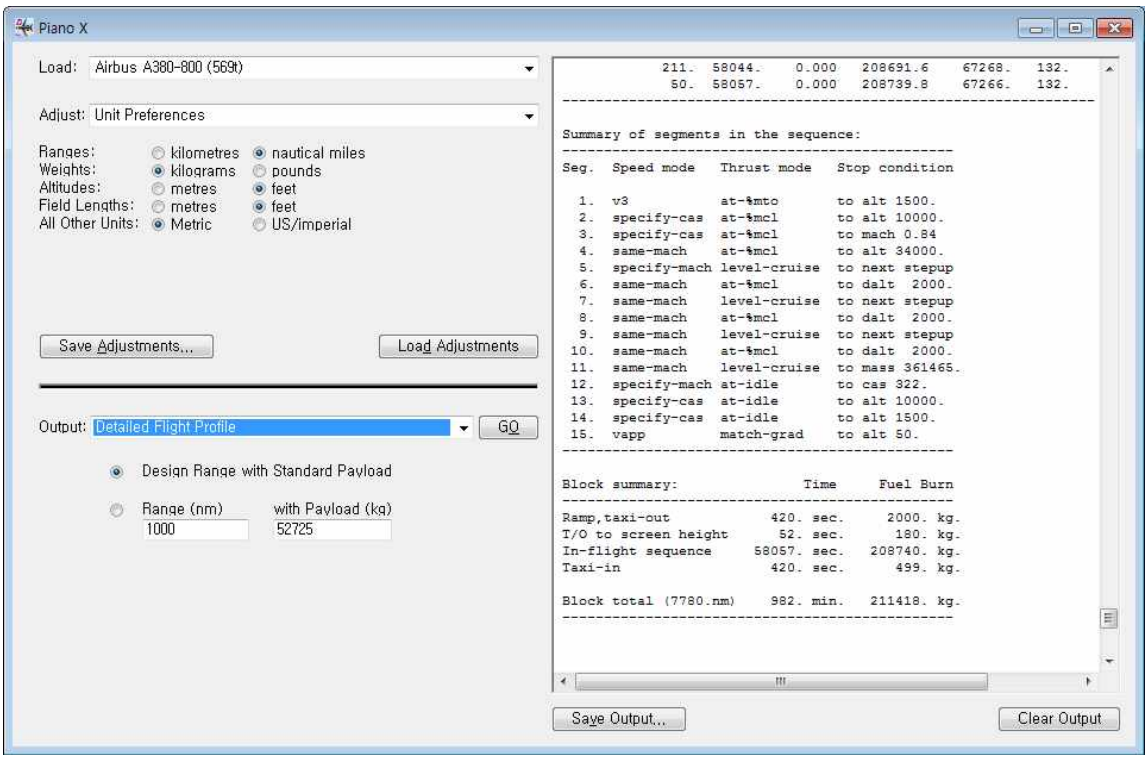
필요시간, 거리, 연료 소모량, 오염물질 배출 등을 모두 표출한다.

기본적으로 이 정도면 대부분의 기능을 커버한다.



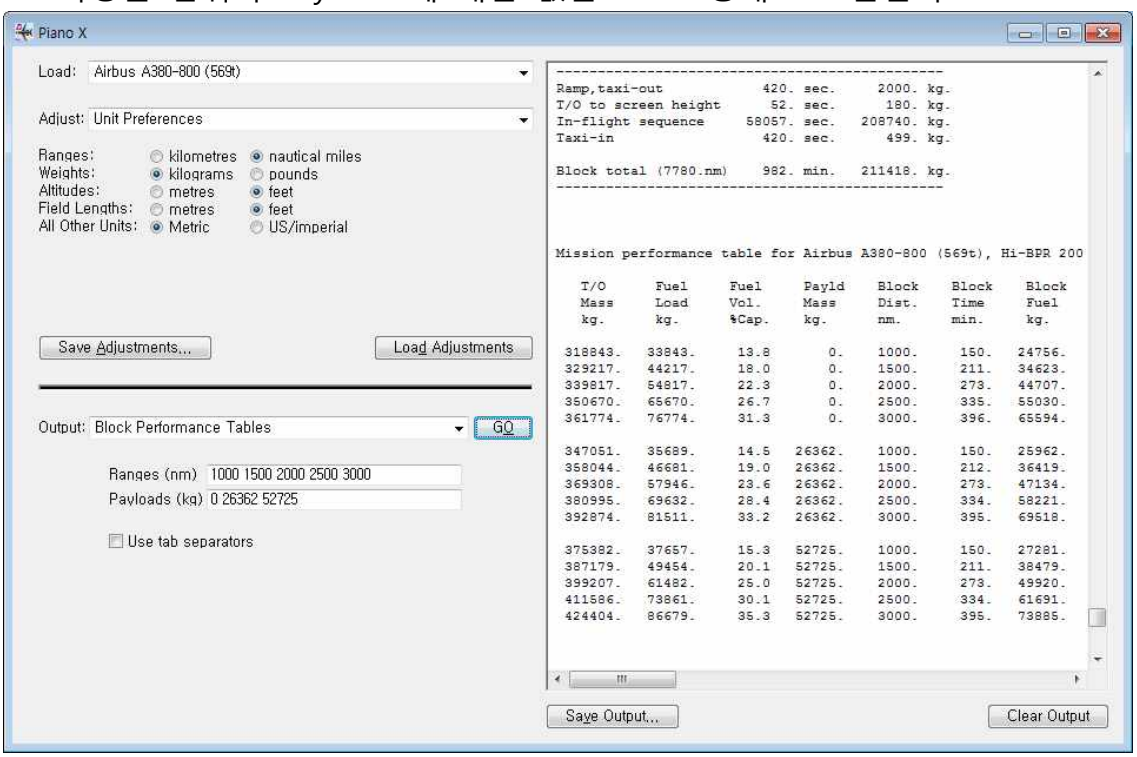
8.10 Detailed Flight Profile (자세한 비행 프로필)

전체비행에 대한 단계적으로 상세한 정보를 알 수 있다.



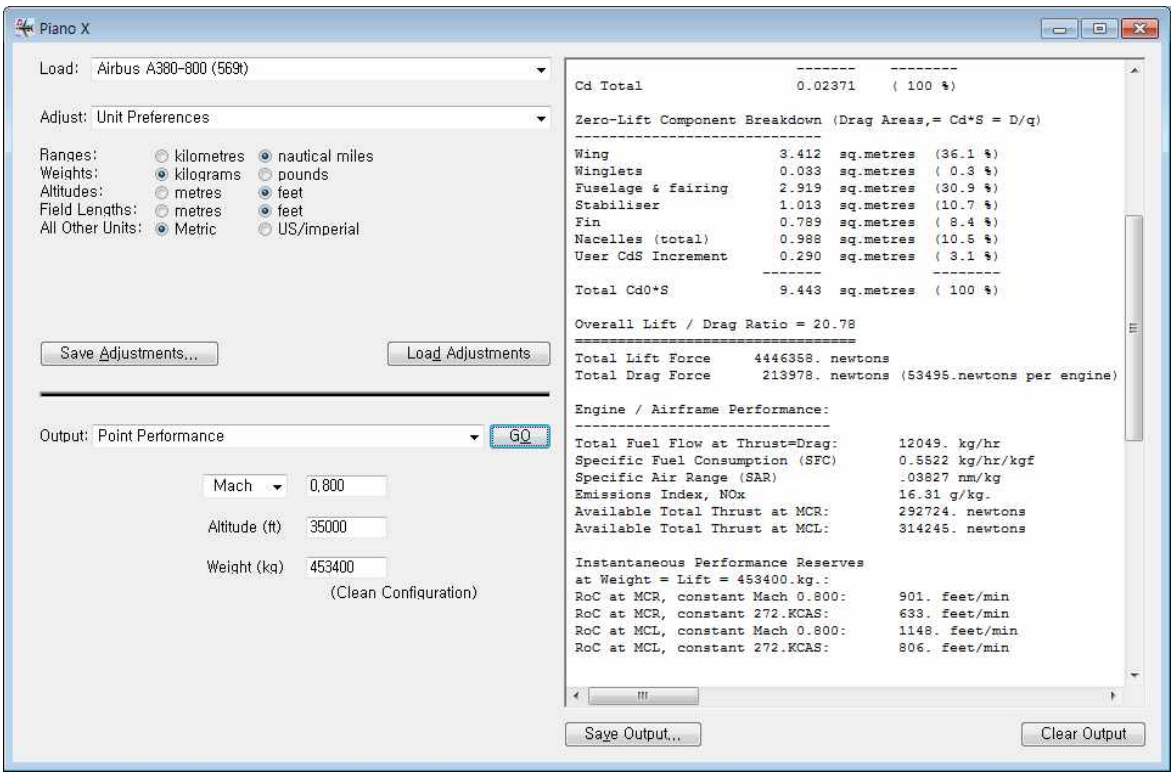
8.11 Block Performance Table

지정된 범위와 Payload 에 대한 값을 Table 형태로 표출한다.

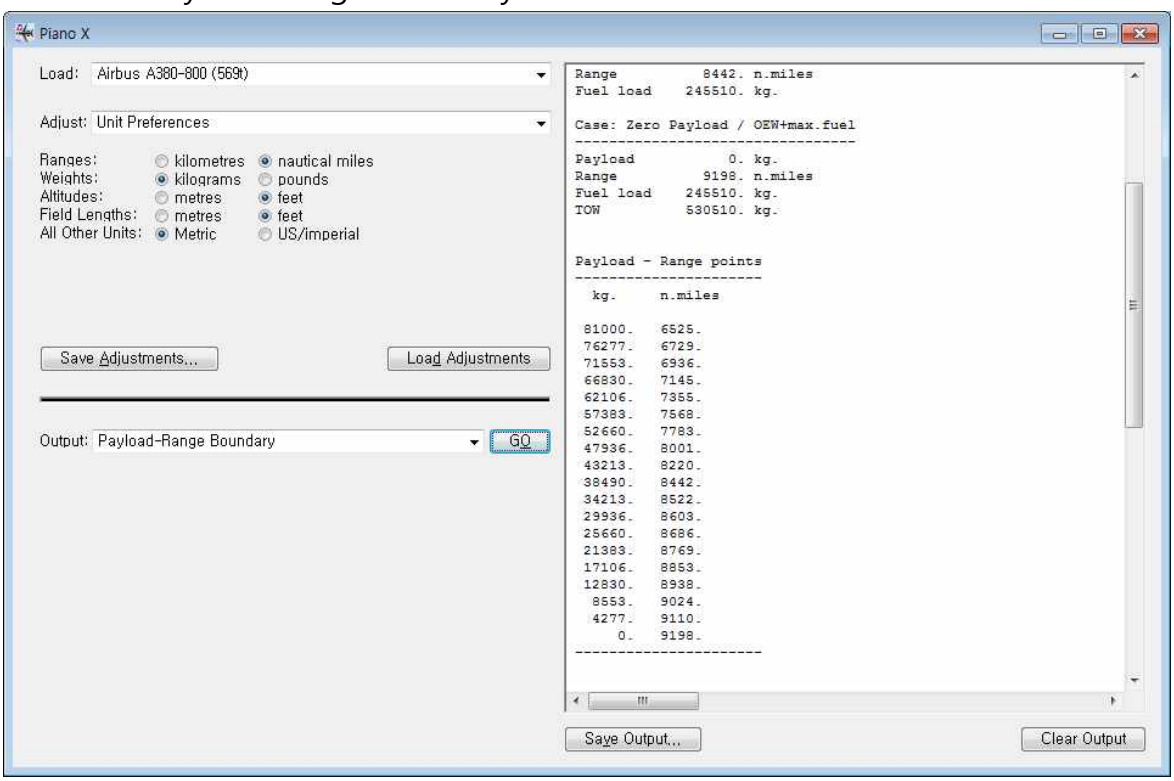


8.12 Point Performance

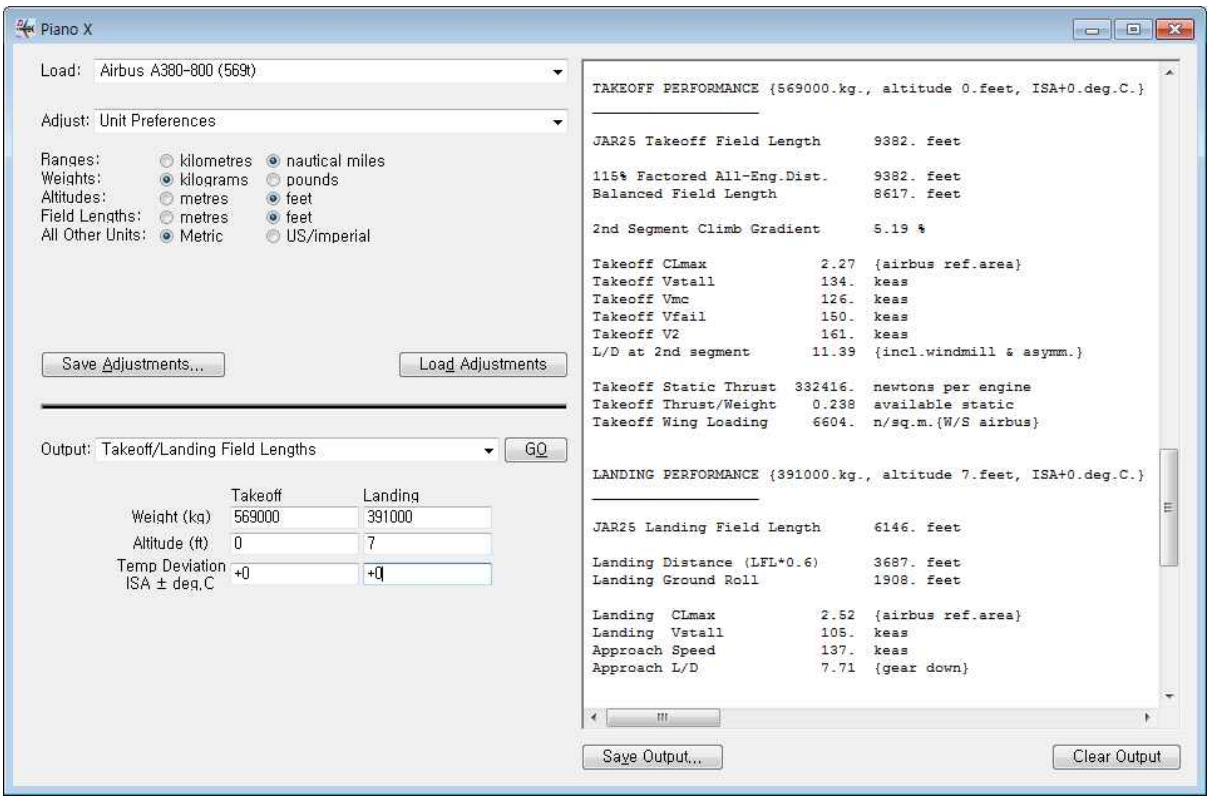
특정 속도, 고도, 무게에 순간 항공기 성능의 세부 정보를 생성한다.



8.13 Payload-Range Boundary



8.14 Takeoff/landing Field Lengths(이륙/착륙 필드 길이)



9. System 요구사항

프로젝트 분석단계에 Web 방식에서 Standalone 방식으로 변경되었다.
변경되기전 웹방식의 시스템 요구사항은 제안서에 상세히 기술되어 있다.
아래 내용은 Standalone 방식의 시스템 요구사항이다.

9.1 System 요구사항

GIS와 관련하여 AEDT와는 다르게 외부 GIS 서버를 이용함으로써 시스템 사양을 낮출 수 있다.
데이터 베이스는 성능과 기능에서 많은 부분이 개선된 SQL Server 2012를 사용한다.

	클라이언트 PC 사양	
	최소 사양	권장 사양
Operating Systems	MS Windows7 x32-based	MS Windows7 x64-bases
Processor	Dual-core 1.6GHz FSB and 512KB L2 Cache	4-core 1GHz FSB and 2MB L2 Cache
RAM	4 GB Memory for 32-bit operating systems	8 GB Memory for 64-bit operating systems
Hard-disk Space	500 GB Storage	1 TB Storage
SQL Requirements	MS SQL Server 2012 (32bit)	MS SQL Server 2012 (64bit)

9.2 AEDT System 요구사항

유사시스템으로 AEDT System 요구사항을 기술한다.(참고용)
AEDT User manual 에 표기 되어 있다.

	AEDT System Specifications	
	Minimum	**Preferred**
Operating Systems	Microsoft Windows XP (x32 or x64) or Microsoft Windows 7 x32-based Systems	Microsoft Windows 7 x64-based Systems[2] Microsoft Windows Server 2008 R2
Processor	Modern dual core processor with 2 GHz or higher clock	Modern many core (>2) processors with 2 GHz or higher clock
RAM	4 GB Memory for 32-bit operating systems	64 GB Memory for 64-bit operating systems
Hard-disk Space	500 GB Storage	2 TB Storage RAID
SQL Requirements	Microsoft SQL Server 2008 R2 (x32 or x64) or Microsoft SQL Server 2008 R2 Express (x32 or x64)	Microsoft SQL Server 2008 R2 (x64)

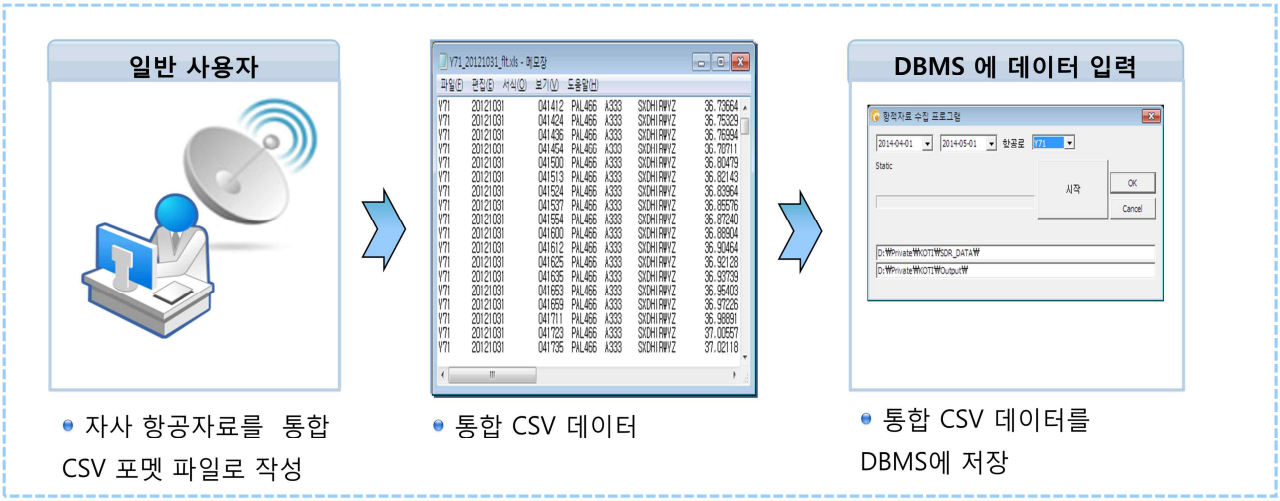
10. 데이터 연계방안

프로젝트 분석단계에 Web 방식에서 Standalone 방식으로 변경 되었다.
이에 따라서 데이터 연계 방식을 아래와 같이 구성한다.

10.1 CSV 포멧 활용

항공자료를 입력 받기 위해 일반 사용자들이 익숙한 CSV(엑셀) 포멧을 이용 (AEDT 프로그램의 경우 일반 사용자들이 XML 파일을 수동으로 생성하여 이용) 한다.

각 항공사들이 이용하는 데이터 포멧을 파악 후 정제하여 통합 CSV 포멧을 제공 한다.

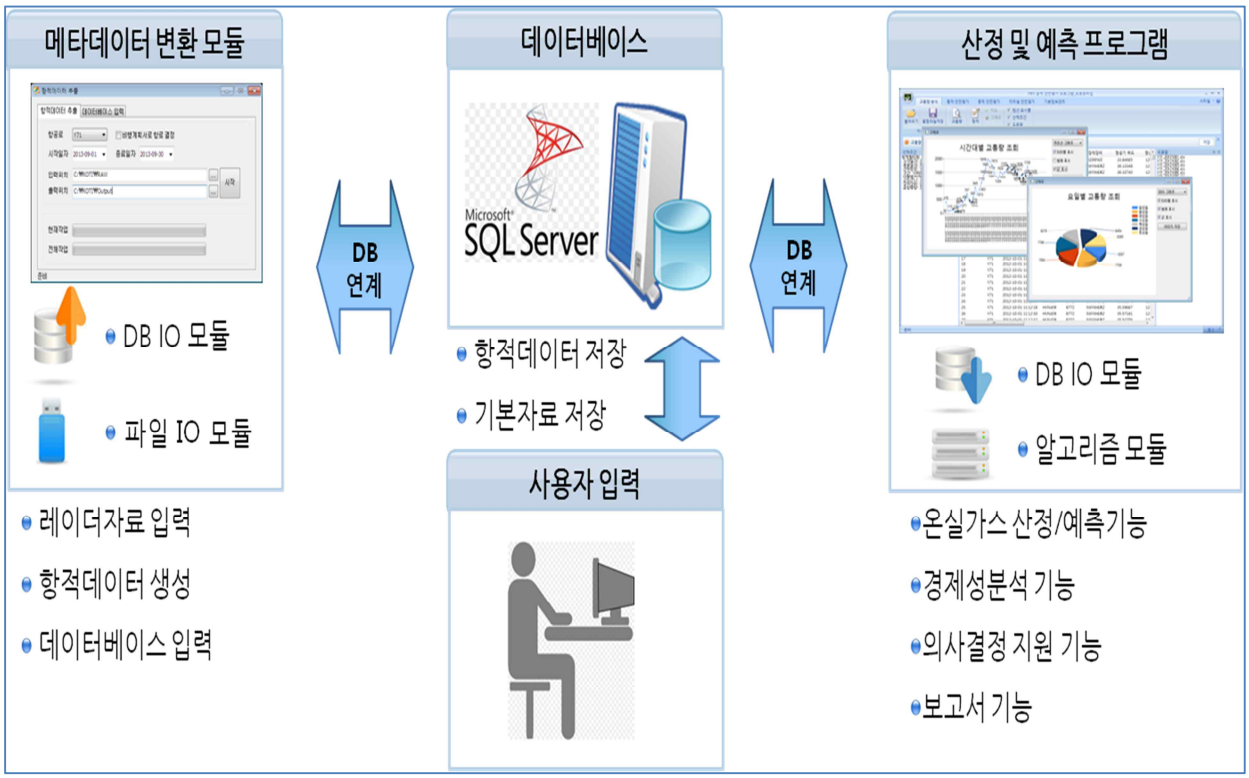


11. 시스템 아키텍처

프로젝트 분석단계에 Web 방식에서 Standalone 방식으로 변경되었다.
변경되기전 웹방식의 시스템 아케텍처는 제안서에 상세히 기술되어 있다.
아래 내용은 Standalone 방식의 시스템 아키텍처다.

각종항공 데이터를 입력 받아 알고리즘과 DB를 이용하여 최종 결과를 산출하는 구조로 구성되어 있다.

아래 구성도중 메타 데이터 변환 모듈은 CSV 포멧 또는 사용자 입력 데이터로부터 필요 데이터를 추출하여 데이터베이스에 저장한다.
목표 시스템 프로그램은 입력된 데이터베이스의 항적 데이터와 알고리즘을 이용하여 분석 및 예측을 수행한다.



12. 1차년 과업 성과 리스트

1 차년 과업 내용	보고서	비고
1) 항공/지상 Tier 3b 산정을 위한 기초 데이터 현황 분석 및 플랫폼 개념 설계		
○ 항공/지상 Tier 3b 산정을 위한 기초 데이터 현황 분석	6.ADET2a 분석-p90 7.ASIF Reference Guide-p105 8.PIANO-X 분석-p143	기초 데이터 현황 분석을 위한 유사 툴 분석
- 항공 Tier 3b 기초데이터 플랫폼 구현을 위한 정보 구조 체계 및 세부내역 분석	6.ADET2a 분석-p90 7.ASIF Reference Guide-p105 8.PIANO-X 분석-p143	ASIF 입력 파일의 정보구조체계를 분석함
- 항공 Tier 3b 기초 데이터 입수 및 연계 방안 수립	10. 데이터 연계방안-p155	Web 방식에서 Standalone 방식으로변경됨
○ 항공/지상 온실가스 Tier 3b 기초 데이터 플랫폼 구축 모델 수립	3.DBMS 개념 설계-p19	
- 항공/지상 온실가스 Tier 3b 기초 데이터 표준화를 위한 합리적 모델 제시	3.DBMS 개념 설계-p19	
- 항공/지상 온실가스 Tier 3b 기초 데이터 규모 및 연관 관계, 데이터 구조 등을 파악 및 연계 방안 마련	4.DRD-p23 5.논리모델링-p29 6.ADET2a 분석-p90	
- 항공/지상 온실가스 기초데이터 분류, 데이터 수집은 각 연구 기관에서 수행중인 연구내용을 모두 포괄하는 형식으로 추진하되, 향후 점진적인 분류 구조 체계화 할 수는 시스템 개발 방안 분석 및 제시	4.DRD-p23 5.논리모델링-p29 6.ADET2a 분석-p90	
○ 항공/지상 온실가스 Tier 3b 기초 데이터 플랫폼 개념 설계		
- 요구사항 및 개념설계 분석	시스템 요구사항명세서(01. SSRS_체계종합_KOTI_V2.8)	
- 시스템 아키텍처 설계	운용개념 기술서(OCD_체계종합_KOTI_V1.6.hwp)	코티에서 제공한 운용개념 기술서와 유사시스템 분석을 통해 분석한 결과 기존 운영개념 기술서를 따름
- 데이터 아키텍처 설계	3.DBMS 개념 설계-p19 4.DRD-p23 5.논리모델링-p29	

1 차년 과업 내용	보고서	비고
- 표준 연계 서비스 구축 방안 수립	항공온실가스 산정 및 예측 상용 툴 구현 위탁용역 제안서	Web 방식에서 Standalone 방식으로변경됨
- 정보 보호를 위한 전산보안 솔루션 적용 방안 수립	항공온실가스 산정 및 예측 상용 툴 구현 위탁용역 제안서	Web 방식에서 Standalone 방식으로변경됨
- 항공 온실가스 Tier 3b 기초 데이터 플랫폼 개념 설계	3.DBMS 개념 설계-p19	
. 항공기 정보 관리	4.DRD-p23 5.논리모델링-p29	
. 항로 및 운항 정보 관리	4.DRD-p23 5.논리모델링-p29	
. Tier 3b 배출량 산정 정보 관리	4.DRD-p235.논리모델링-p29	
. GIS(좌표) 및 지도(3D) 연계 구현	2.상용툴 UI 구성-p11 항공온실가스 산정 및 예측 상용 툴 구현 위탁용역 제안서	Web 방식에서 Standalone 방식으로변경됨
* 개념 설계는 1 차년도에 실시하고, 관련기능의 상세 설계 및 상용 툴 구현은 2 차년도 시행		
2) Tier 3b 급 항공 온실가스 배출량 산정 상용 모듈 개념 설계		
○ 요구사항 및 개념설계 분석	시스템 요구사항명세서(01. SSRS_체계종합_KOTI_V2.8)	
○ 시스템 아키텍처 설계	운용개념 기술서(OCD_체계종합_KOTI_V1.6.hwp)	코티에서 제공한 운용개념 기술서와 유사시스템 분석을 통해 분석한 결과 기존 운영개념 기술서를 따름
○ 데이터 아키텍처 설계	3.DBMS 개념 설계-p19 4.DRD-p23 5.논리모델링-p29	
○ 표준 연계 서비스 구축 방안 수립	항공온실가스 산정 및 예측 상용 툴 구현 위탁용역 제안서	Web 방식에서 Standalone 방식으로변경됨
3) Tier 3b 급 항공 온실가스 감축량 예측 상용 모듈 개념 설계		

1 차년 과업 내용	보고서	비고
○ 요구사항 및 개념설계 분석	시스템 요구사항명세서(01. SSRS_체계종합_KOTI_V2.8)	
○ 시스템 아키텍처 설계	운용개념 기술서(OCD_체계종합_KOTI_V1.6.hwp) 11.시스템아키텍처	코티에서 제공한 운용개념 기술서와 유사시스템 분석을 통해 분석한 결과 기존 운영개념 기술서를 따름
○ 데이터 아키텍처 설계	3.DBMS 개념 설계-p19 4.DRD-p23 5.논리모델링-p29	
○ 표준 연계 서비스 구축 방안 수립	항공온실가스 산정 및 예측 상용 툴 구현 위탁용역 제안서 10.데이터 연계방안-p156	Web 방식에서 Standalone 방식으로변경됨
4) 각 모듈의 통합 상용 툴 개념 설계		
○ 국외 유사 상용툴(AEDT 등) 기능 분석 및 화면 UI 구성 방안 제시	2.상용툴 UI 구성-p11 6.ADET2a 분석-p90 7.ASIF Reference Guide-p105 8.PIANO-X 분석-p143	
○ 요구사항 및 개념설계 분석	시스템 요구사항명세서(01. SSRS_체계종합_KOTI_V2.8)	
○ 시스템 아키텍처 설계	운용개념 기술서(OCD_체계종합_KOTI_V1.6.hwp) 11.시스템아키텍처	코티에서 제공한 운용개념 기술서와 유사시스템 분석을 통해 분석한 결과 기존 운영개념 기술서를 따름
○ 데이터 아키텍처 설계	3.DBMS 개념 설계-p19 4.DRD-p23 5.논리모델링-p29	
○ 표준 연계 서비스 구축 방안 수립	항공온실가스 산정 및 예측 상용 툴 구현 위탁용역 제안서 10.데이터 연계방안-p156	Web 방식에서 Standalone 방식으로변경됨
5) 각 모듈 및 통합 상용 툴 개념 설계에 대한 프로토타입 화면 UI 구성 구현		

1 차년 과업 내용	보고서	비고
○ 요구사항 및 개념설계 분석, 시스템 아키텍처 설계 등에 따른 각 모듈 및 통합 상용 툴 프로토타입 화면 구현	1 차년도 위탁보고서-2.상용툴 UI 구성-p11~p18 시스템 요구사항명세서(01. SSRS_체계종합_KOTI_V2.8)	실제 프로토토입 프로그램 제출됨
6) 상용 툴 구현 및 운용을 위한 H/W 및 SW 도입방안 상세명세 제시		
○ 기초 개발 도구 확보 방안	항공온실가스 산정 및 예측 상용 툴 구현 위탁용역 제안서	Web 방식에서 Standalone 방식으로변경됨
○ 하드웨어 장비 구성 방안(필요 하드웨어, Spec 등)	항공온실가스 산정 및 예측 상용 툴 구현 위탁용역 제안서 9. 시스템 요구사항-p154	Web 방식에서 Standalone 방식으로변경됨 CD 로 제공되어 서버 이중화 방안 필요 없음. 회의록
○ 하드웨어 이중화 구성 방안	항공온실가스 산정 및 예측 상용 툴 구현 위탁용역 제안서	Web 방식에서 Standalone 방식으로변경됨
○ S/W 구성 방안(필요 SW 라이센스, Spec 등)	항공온실가스 산정 및 예측 상용 툴 구현 위탁용역 제안서	Web 방식에서 Standalone 방식으로변경됨
○ 시스템 정보 보안 방안	항공온실가스 산정 및 예측 상용 툴 구현 위탁용역 제안서	Web 방식에서 Standalone 방식으로변경됨
7) 항공 온실가스 산정 및 예측 상용 툴의 상용화 구현 세부 계획 수립		
○ 항공 온실가스 산정 및 예측 상용 툴 상용화를 위한 도입 S/W 의 유료화 및 H/W 업그레이드 등을 고려한 상용화 구현 세부 계획 수립	운용개념 기술서(OCD_체계종합_KOTI_V1.6.hwp)	코티에서 제공한 운용개념 기술서와 유사시스템 분석을 통해 분석한 결과 기존 운영개념 기술서를 따름 (Short 버전, Full 버전 분류)
○ 유지보수 계획 수립	항공온실가스 산정 및 예측 상용 툴 구현 위탁용역 제안서	

엔티티목록

용 역 명	항공온실가스 산정및 예측 상용툴		
용역코드		버전	1.0
작 성 자	이상정	작성일	2015.05.27

주식회사 케이씨티
KOREA COMPUTER TERMINAL INCORPORATED

개정이력			
문서명		엔티티목록	
버전	날짜	내용	작성자
0.1	2016.05.27	최초 제정	이상정

엔티티목록					
용역명	항공온실가스 산정 및 예측 상용툴				
작성일	2015.05.27			작성자	이상정
NO	생성위치	주제영역(기능명)	엔티티명	길이	비고
1	내부	공항	공항_세그먼트	304	
2	내부	공항	공항_그룹_퍼센트	24	
3	내부	공항	공항_서브_트렉	16	
4	내부	공항	공항_트렉	51	
5	내부	공항	공항_활주로_종단_아이디	73	
6	내부	공항	공항_활주로_아이디	24	
7	내부	공항	공항_활주로	32	
8	내부	공항	공항_대체_코드	12	
9	내부	공항	공항_국가_코드	30	
10	내부	공항	공항_국가_멤버	128	
11	내부	공항	공항_국가_이름	90	
12	내부	공항	공항_코드	43	
13	내부	공항	공항_아이디	20	
14	내부	공항	공항_혼합_높이	35	
15	내부	공항	공항_CAPACITY	24	
16	내부	공항	공항_메인	303	
17	내부	공항	공항_항법지원장치	63	
18	내부	공항	공항_연간운항	32	
19	내부	공항	공항_타임존	108	
20	내부	공항	공항_타임존_정보	104	
21	내부	공항	공항_타임존_이력	125	
22	내부	공항	공항_TAXI_시간	38	
23	내부	기상	기상_공항_기상관측소_아이디	20	
24	내부	기상	기상_공항_기상_데이터	35	
25	내부	기상	기상_공항_기상관측소	81	
26	내부	기상	기상_공항_풍배도관측소_아이디	21	
27	내부	기상	기상_공항_풍배도_데이터	69	
28	내부	비행/운항	AVI_비행	114	
29	내부	비행/운항	AVI_시나리오	308	
30	내부	비행/운항	AVI_비행_시나리오	24	

31	내부	비행/운항	AVI_감축수단_대분류	204	
32	내부	비행/운항	AVI_감축수단_중분류	8	
33	내부	비행/운항	AVI_적용_감축수단	8	
34	내부	비행/운항	AVI_비행_상세	84	
35	내부	비행/운항	AVI_비행_기후	60	
36	내부	FLEET	FLT_BADA_구성(CONFIG)	34	
37	내부	FLEET	FLT_BADA_비행기_절차_파일	91	
38	내부	FLEET	FLT_BADA_추력	313	
39	내부	FLEET	FLT_CAT_반류(자국)	51	
40	내부	FLEET	FLT_BADA_항공기	327	
41	내부	FLEET	FLT_BADA_고도_분포	34	
42	내부	FLEET	FLT_CAT_엔진_타입	51	
43	내부	FLEET	FLT_BADA_연료	30	
44	내부	FLEET	FLT_ANP_BADA_에너지비율	26	
45	내부	FLEET	FLT_ANP_항공기	81	
46	내부	FLEET	FLT_CAT_크기	51	
47	내부	FLEET	FLT_ANP_항공기_일반추력	41	
48	내부	FLEET	FLT_BADA_기본_고도_분포	34	
49	내부	FLEET	FLT_CAT_엔진_위치	51	
50	내부	FLEET	FLT_CAT_지정	51	
51	내부	FLEET	FLT_CAT_용도	51	
52	내부	FLEET	FLT_CAT_유로_그룹	52	
53	내부	FLEET	FLT_기체	73	
54	내부	통계	TOT_일별_온실가스	33	
55	내부	통계	TOT_항공사별_온실가스	44	
56	내부	통계	TOT_노선별_온실가스	44	
57	내부	통계	TOT_기종별_온실가스	44	
58	내부	알고리즘	AL_배출량산정_알고리즘_파리미터	36	
59	내부	알고리즘	AL_경제성분석_알고리즘_파리미터	28	
60	내부	알고리즘	AL_의사결정_알고리즘_파리미터	24	
61	내부	알고리즘	AL_미래운항_스케줄_알고리즘_파리미터	24	

엔티티정의서

용역명	항공온실가스 산정 및 예측 상용툴		
용역코드		버전	1.0
작성자	이상정	작성일	2015.05.27

주식회사 케이씨티
KOREA COMPUTER TERMINAL INCORPORATED

개정이력			
문서명		엔티티정의서	
버전	날짜	내용	작성자
0.1	2015.05.27	최초 제정	이상정

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_세그먼트		
개요	세그멘트엔터티는서브-트렉세그먼트정보를가지고있다. 각서브-트렉은하나또는여러개의서그멘트를가지고있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	세그먼트_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	서브트렉_아이디	INTEGER	4	N	FK	
3	세그먼트_번호	INTEGER	4	N		
4	세그먼트_타입	NCHAR	1	N		
5	인자_1	FLOAT	4	Y		
6	인자_2	FLOAT	4	Y		
7	고도	FLOAT	4	Y		
8	속도	FLOAT	4	Y		
9	고도_컨트롤	INTEGER	4	Y		
10	속도_컨트롤	INTEGER	4	Y		
11	세그먼트_이름	NVARCHAR	255	Y		
12	메시지_시간	DATETIME	8	Y		
13	중간_넓이	FLOAT	4	Y		
			304			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_그룹_퍼센트		
개요	그룹 퍼센트 엔터티는 활주로 활용도 정보를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	그룹_퍼센트_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	트랙_아이디	INTEGER	4	N	FK	
3	그룹_이름	NVARCHAR	3	N		
4	프로필_타입	NCHAR	1	Y		
5	낮_작업_퍼센트	FLOAT	4	Y		
6	저녁_작업_퍼센트	FLOAT	4	Y		
7	밤_작업_퍼센트	FLOAT	4	Y		
			24			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_서브_트렉		
개요	서브-트렉엔터티는트렉들에대한서브-트렉정보를가지고있다. 각트렉은하나또는여러개의서브-트렉을가지고있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	서브트렉_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	트렉_아이디	INTEGER	4	N	FK	
3	서브트렉_번호	INTEGER	4	N		
4	분산_퍼센트	FLOAT	4	N		
			16			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_트렉		
개요	트렉 엔터티는 활주로 또는 헬리콥터 착륙장에 대한 트렉정보(출발 과 도착)를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	트렉_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	유효날짜	DATETIME	8	N		
3	만료날짜	DATETIME	8	N		
4	활주로_종단_아이디	INTEGER	5	N	FK	
5	트렉이름	NVARCHAR	8	N		
6	트렉타입	NCHAR	1	N		
7	오퍼레이션_타입	NCHAR	1	N		
8	델타_디스턴스	INTEGER	4	Y		
9	항공기타입	INTEGER	4	N		
10	헬리패트_방향	FLOAT	4	Y		
11	분산	INTEGER	4	Y		
			51			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_활주로_종단_아이디		
개요	공항활주로종단아이디엔터티는할주로종단아이디의리스트들그리고그들의실제유효기간을저장하고있다. 활주로종단엔터티는이엔터티를참조한다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	레코드_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	활주로_종단_아이디	INTEGER	4	N	FK	
3	유효날짜	DATETIME	8	N		
4	만료날짜	DATETIME	8	N		
5	활주로_종단_이름	NVARCHAR	8	Y		
6	위도	FLOAT	4	Y		
7	경도	NUMBER	4	Y		
8	고도	FLOAT	4	Y		
9	임계치_고도	FLOAT	4	Y		
10	종단_높이	INTEGER	4	Y		
11	글라이드_슬로프	FLOAT	4	Y		
12	차단_고도	INTEGER	4	Y		
13	착륙_전용_임계점	FLOAT	4	Y		
14	이륙_전용_임계점	FLOAT	4	Y		
15	역풍_비율	FLOAT	4	Y		
16	헬리패드_존재여부	NCHAR	1	Y		
			73			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_활주로_아이디		
개요	공항할주로아이디엔터티는활주로아이디의리스트들그리고그들의실제유효기간을저장하고있다. 활주로엔터티는이엔터티를참조한다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	활주로_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	유효날짜	DATETIME	8	N		
3	만료날짜	DATETIME	8	N		
4	공항_아이디	INTEGER	4	N	FK	
			24			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_활주로		
개요	공항 활주로 엔터티는 활주로 또는 헬리패드의 정보(ex. 길이)를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	레코드_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	활주로_아이디	INTEGER	4	N	FK	
3	유효날짜	DATETIME	8	N		
4	만료날짜	DATETIME	8	N		
5	길이	INTEGER	4	Y		
6	폭	INTEGER	4	Y		
			32			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_대체_코드		
개요	공항대체코드엔터티는특별한타입을위해서공항코드엔터티안에있는코드의대체코드를가지고있다. 이렇게함으로서하나의공항ID는항상하나의공항코드와매핑할수있게된다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	공항_대체_코드	NVARCHAR	4	N	PK	
2	국가코드_레코드_아이디	INTEGER	4	N	FK	
3	공항_아이디	INTEGER	4	N		
			12			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_국가_코드		
개요	공항 국가 코드 엔터티는 국가 코드(ISO two-letter country code)의 리스트를 가지고 있다, 그리고 지정된 나라가 공항 운영을 시간한 일자를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	레코드_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	국가코드	NCHAR	2	N		
3	유효날짜	DATETIME	8	N		
4	만료날짜	DATETIME	8	N		
5	국가위도	FLOAT	4	N		
6	국가경도	FLOAT	4	N		
			30			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_국가_멤버		
개요	이 엔터티는 국가들을 그룹핑 하는테 사용된다. 어떤경우는 여러나라가 같은 그룹에 속하며(e.g. Europena Union Member State), 어떤경우는 그룹들이 좀더 세분화 된다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	레코드_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	국가코드_레코드_아이디	INTEGER	4	N	FK	
3	멤버_그룹	NVARCHAR	50	N		
4	유효날짜	DATETIME	8	N		
5	만료날짜	DATETIME	6	N		
6	멤버_밸류	NVARCHAR	50	Y		
7	멤버_코드	INTEGER	4	Y		
8	서브_국가_코드	NVARCHAR	2	Y		
			128			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_국가_이름		
개요	공항 국가 이름 엔터티는 국가 코드 레코드 ID와 ISO 국가 이름을 매핑한다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	레코드_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	국가코드_레코드_아이디	INTEGER	4	N	FK	
3	유효날짜	DATETIME	8	N		
4	만료날짜	DATETIME	8	N		
5	국가코드_3LTR	NCHAR	3	N		
6	국가코드_번호	NCHAR	3	N		
7	국가이름	NVARCHAR	60	N		
			90			
			128			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_코드		
개요	공항 코드 엔터티는 다른 타입들의 공항코드를 가지고 있다(e.g IATA, ICAO)					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	레코드_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	공항_코드	NVARCHAR	4	N		
3	공항_아이디	INTEGER	4	N	FK	
4	국가코드_레코드_아이디	INTEGER	4	N	FK	
5	유효날짜	DATETIME	8	N		
6	만료날짜	DATETIME	8	N		
7	코드_타입	NVARCHAR	8	N		
8	서브_국가_코드	NVARCHAR	2	Y		
9	일반적_선호도	NCHAR	1	N		
			43			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_아이디		
개요	공항 아이디 엔터티는 고유한 공한 아이디를 가지고 있고 그들이 실제로 사용되기 시작한 날자를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	공항_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	유효날짜	DATETIME	8	N		
3	만료날짜	DATETIME	8	N		
			20			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_혼합_높이		
개요	혼합높이엔터티는공항의이용가능한높이데이터를혼합하여가지고있다. 공항마다월별,낮/밤의이용가능한높이가다르다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	레코드_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	공항_아이디	INTEGER	4	N	FK	
3	월	INTEGER	4	N		
4	낮밤구분	NVARCHAR	3	N		
5	유효날짜	DATETIME	8	N		
6	만료날짜	DATETIME	8	N		
7	지상위의높이	INTEGER	4	N		
			35			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_CAPACITY		
개요	공항 CAPACITY 엔터티는 연간 공항의 CAPACITY 정보를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	CAPACITY_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	공항_아이디	INTEGER	4	N	FK	
3	날씨_범주	INTEGER	4	N		
4	파레토_지수	INTEGER	4	N		
5	도착들	REAL	4	N		
6	출발들	REAL	4	N		
			24			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_메인		
개요	공항메인엔터티는공항이름,위/경도,고도등등의정보를가지고있다. 대부분의엔터티들은이엔터티와JOIN될수있다. 조인될때는공항아이디,유효날짜,만료날짜를이용한다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	레코드_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	공항_아이디	INTEGER	4	N	FK	
3	유효날짜	DATETIME	8	N		
4	만료날짜	DATETIME	8	N		
5	공항이름	NVARCHAR	100	Y		
6	지역	NVARCHAR	50	Y		
7	시설종류	NVARCHAR	25	N		
8	도시이름	NVARCHAR	50	Y		
9	위도	FLOAT	4	N		
10	경도	FLOAT	4	N		
11	고도	INTEGER	4	N		
12	고도_소스	NCHAR	1	Y		
13	고도_패턴	INTEGER	4	Y		
14	타워_존재여부	NCHAR	1	Y		
15	기상관측소_아이디	INTEGER	4	N	FK	
16	레이아웃_존재여부	NCHAR	1	Y		
17	풍배도_관측소	NVARCHAR	5	N	FK	
18	아카이브_플래그	NCHAR	1	Y		
19	DAFIF_아이디	NVARCHAR	7	Y		
20	FAA_아이디	NVARCHAR	15	Y		
21	SHELL_1_여부	NCHAR	1	Y		
22	SMAD_여부	NCHAR	1	Y		
23	위도_경도_소스	NVARCHAR	1	Y		
			303			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_항법지원장치		
개요	공항 항법지원장치 엔터티는 공항의 각 항법지원장치 자료를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	항법지원장치_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	공항_아이디	INTEGER	4	N	FK	
3	항법지원장치_이름	NVARCHAR	40	N		
4	항법지원장치_코드	NVARCHAR	6	N		
5	항법지원장치_타입	NCHAR	1	N		
6	항법지원장치_위도	FLOAT	4	N		
7	항법지원장치_고도	INTEGER	4	N		
			63			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_항법지원장치		
개요	공항 항법지원장치 엔터티는 공항의 각 항법지원장치 자료를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	항법지원장치_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	공항_아이디	INTEGER	4	N	FK	
3	항법지원장치_이름	NVARCHAR	40	N		
4	항법지원장치_코드	NVARCHAR	6	N		
5	항법지원장치_타입	NCHAR	1	N		
6	항법지원장치_위도	FLOAT	4	N		
7	항법지원장치_고도	INTEGER	4	N		
			63			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_연간운항		
개요	공항 연간운항 엔터티는 공항의 연간 운항 자료를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	레코드_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	공항_아이디	INTEGER	4	N	FK	
3	유효날짜	DATETIME	8	N		
4	만료날짜	DATETIME	8	N		
5	연간운항횟수	INTEGER	8	N		
			32			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_타임존		
개요	공항 타임존 엔터티는 각 공항들의 타임존을 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	레코드_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	공항_아이디	INTEGER	4	N	FK	
3	타임존	NVARCHAR	100	N	FK	
			108			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_타임존_정보		
개요	공항 타임존 정보 엔터티는 타임존 이름을 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	타임존	NVARCHAR	100	N	PK	
2	레코드_아이디	INTEGER	4	N		
			104			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_타임존_이력		
개요	공항 타임존 정보 엔터티는 타임존 이름을 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	타임존	NVARCHAR	100	N	PK	
2	유효날짜	DATETIME	8	N	PK	
3	만료날짜	DATETIME	8	N	PK	
4	타임존_시간차	INTEGER	4	Y		
5	서버타임여부	NCHAR	1	Y		
6	레코드_아이디	INTEGER	4	Y		
			125			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	공항		엔티티명	공항_TAXI_시간		
개요	공항 TAXI 시간 엔터티는 각 공항의 연간 평균 TAXI IN 그리고 TAXI OUT의 정보를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	레코드_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	공항_아이디	INTEGER	4	N		
3	유효날짜	DATETIME	8	N		
4	만료날짜	DATETIME	8	N		
5	출처	NVARCHAR	6	Y		
6	택싱_아웃	INTEGER	4	N		
7	택싱_인	INTEGER	4	N		
			38			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	기상		엔티티명	기상_공항_기상관측소_아이디		
개요	공항 기상 관측소 아이디 엔터티는 기상 관측소 아이디 와 그들의 유효 날자를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	기상관측소_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	유효날짜	DATETIME	8	N		
3	만료날짜	DATETIME	8	N		
			20			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	기상		엔티티명	기상_공항_기상_데이터		
개요	기상 데이터 엔터티는 각 기상관측소 마다 13개의 레코드를 가지고있다(12개의 월과 1개의 년)					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	기상관측소_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	기상_월	NVARCHAR	3	N	PK	
3	기온	REAL	4	Y		
4	해면기압	REAL	4	Y		
5	관측소기압	REAL	4	Y		
6	이슬점	REAL	4	Y		
7	상대_습도	FLOAT	4	Y		
8	풍속	REAL	4	Y		
9	정상_기온	REAL	4	Y		
			35			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	기상		엔티티명	기상_공항_기상관측소		
개요	기상관측소엔터티는기상관측소이름,위도/경도,고도등의정보를가지고있다. 각공항은가장가까운기상관측소의정보를참조할수있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	레코드_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	기상관측소_아이디	INTEGER	4	N	PK	
3	유효날짜	DATETIME	8	N		
4	만료날짜	DATETIME	8	N		
5	기상관측소_코드	NVARCHAR	5	Y		
6	기상관측소_이름	NVARCHAR	25	Y		
7	위도	FLOAT	4	N		
8	경도	FLOAT	4	N		
9	고도	INTEGER	4	N		
10	기상관측소까지의 거리 (데이터 소스로부터)	FLOAT	4	N		
11	협동_ID	NVARCHAR	6	Y		
12	WBAN_ID	NVARCHAR	5	Y		
			81			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	기상		엔티티명	기상_공항_풍배도관측소_아이디		
개요	풍배도 관측소 아이디 엔터티는 풍배도 관측소 리스트와 그들의 유효일자를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	풍배도_관측소	NVARCHAR	5	N	PK	
2	유효날짜	DATETIME	8	N		
3	만료날짜	DATETIME	8	N		
			21			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	기상		엔티티명	기상_공항_풍배도_데이터		
개요	풍배도데이터엔터티는각풍배도관측소에대한 풍배도 데이터를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	풍배도_아이디	NVARCHAR	10	N	PK	
2	풍배도_관측소	NVARCHAR	5	N	FK	
3	풍배도_방향_범위	NVARCHAR	14	N		
4	풍배도_향향_중간	NVARCHAR	4	N		
5	S01TO04KTS	NUMBER	4	N		
6	S07TO11KTS	NUMBER	4	N		
7	S11TO17KTS	NUMBER	4	N		
8	S17TO22KTS	NUMBER	4	N		
9	S22TO28KTS	NUMBER	4	N		
10	S28TO34KTS	NUMBER	4	N		
11	S34TO41KTS	NUMBER	4	N		
12	S41PLUSKTS	NUMBER	4	N		
13	풍배도_방향_합계	INTEGER	4	N		
			69			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	비행		엔티티명	AVI_비행		
개요	AVI비행엔터티는실제로비행기가운항한정보를가지고있다. 또한배출가스량,온실가스량등을포함하고있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	비행_아이디	NUMBER	20	N	PK	
2	날자	DATE	4	N		
3	항공기_아이디_타입	INTEGER	4	Y		
4	항공기_아이디	NVARCHAR	12	Y	FK	
5	BADA_항공기_아이디	NVARCHAR	10	Y	FK	
6	기체_아이디	INTEGER	4	Y	FK	
7	비행기_무게	FLOAT	4	Y		
8	승객_무게	FLOAT	4	Y		
9	화물_무게	FLOAT	4	Y		
10	출발시_연료	INTEGER	4	Y		
11	도착시_연료	INTEGER	4	Y		
12	출발공항_아이디	INTEGER	4	Y		
13	도착공항_아이디	INTEGER	4	Y		
14	CO2_총배출량	FLOAT	4	Y		
15	CH4_총배출량	FLOAT	4	Y		
16	N2O_총배출량	FLOAT	4	Y		
17	NOx_총배출량	FLOAT	4	Y		
18	SOx_총배출량	FLOAT	4	Y		
19	PM_총배출량	FLOAT	4	Y		
20	VOC_총배출량	FLOAT	4	Y		
21	연료_총사용량	FLOAT	4	Y		
			114			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	비행		엔티티명	AVI_시나리오		
개요	AVI시나리오엔터티는사용자가설정한시나리오를가지고있다. 특이한점으로상위시나리오를재귀적으로포함하고있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	시나리오_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	시나리오_설명	NVARCHAR	300	Y		
3	상위_시나리오_아이디	INTEGER	4	Y		
			308			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	비행		엔티티명	AVI_비행_시나리오		
개요	AVI 비행 시나리오 엔터티는 사용자가 설정한 시나리오와 실제 비행한 비행 간의 관계를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	시나리오_아이디	INTEGER	4	N	PK, FK	
2	비행_아이디	NVARCHAR	20	N	PK, FK	
			24			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	비행		엔티티명	AVI_감축수단_대분류		
개요	AVI 감축수단 대분류 엔터티는 감축수단 별 대분류 내용을 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	대분류_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	대분류_설명	NVARCHAR	200	Y		
			204			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	비행		엔티티명	AVI_감축수단_중분류		
개요	AVI 감축수단 중분류 엔터티는 감축수단별 대분류와 감축수단별 중분류 정보를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	중분류_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	대분류_아이디	INTEGER	4	N	PK, FK	
			8			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	비행		엔티티명	AVI_적용_감축수단		
개요	AVI 적용 감축수단 엔터티는 각 비행별 적용된 감축수단 정보를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	중분류_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	대분류_아이디	INTEGER	4	N	PK, FK	
			8			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	비행		엔티티명	AVI_비행_상세		
개요	AVI비행상세엔터티는실제로비행기가운항중포인드별정보를가지고있다. 또한또한운항표인트별배출가스량,온실가스량등을포함하고있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	비행_아이디	NUMBER	20	N	PK	
2	비행상세시간	DATETIME	8	N	PK	
3	비행_위도	FLOAT	4	N		
4	비행_경도	FLOAT	4	N		
5	비행_고도	INTEGER	4	N		
6	비행_속도	INTEGER	4	N		
7	비행_방향	FLOAT	4	N		
8	잔존_연료량	FLOAT	4	Y		
9	CO2_배출량	FLOAT	4	Y		
10	CH4_배출량	FLOAT	4	Y		
11	N2O_배출량	FLOAT	4	Y		
12	NOx_배출량	FLOAT	4	Y		
13	SOx_배출량	FLOAT	4	Y		
14	PM_배출량	FLOAT	4	Y		
15	VOC_배출량	FLOAT	4	Y		
16	연료_배출량	FLOAT	4	Y		
			84			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	비행		엔티티명	AVI_비행_기후		
개요	AVI 비행 기후 엔터티는 각 비행 포인트별 기후 정보를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	비행_아이디	NVARCHAR	20	N	PK, FK	
2	비행_상세시간	DATETIME	8	N	PK, FK	
3	기온	FLOAT	4	N		
4	기압	FLOAT	4	N		
5	해면기압	FLOAT	4	Y		
6	이슬점	FLOAT	4	Y		
7	습도	FLOAT	4	N		
8	바람속도	INTEGER	4	N		
9	바람방향	INTEGER	4	N		
10	가시성	INTEGER	4	Y		
			60			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_BADA_구성(CONFIG)		
개요	BADA 구성 계수를 포함한다.(including: takeoff, initial climb, cruise, etc.)					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	BADA_항공기_아이디	NVARCHAR	10	N	PK, FK	
2	비행_단계	NCHAR	2	N	PK	
3	구성_실별자	NVARCHAR	10	Y		
4	실속_스피드	FLOAT	4	Y		
5	기생_항력_계수	FLOAT	4	Y		
6	유도_항력_계수	FLOAT	4	Y		
			34			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_BADA_비행기_절차_파일		
개요	BADA 비행기 절차 파일 엔터티는 CLIMB, CRUISE, DECENT 등의 추천 속도 절차를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	BADA_항공기_아이디	NVARCHAR	10	N	PK, FK	
2	질량_범위	NCHAR	2	N	PK	
3	회사_코드[3글자]	NVARCHAR	3	N		
4	회사_코드[2글자]	NVARCHAR	2	Y		
5	회사_이름	NVARCHAR	15	Y		
6	적용_항공기_버전	NVARCHAR	12	Y		
7	엔진	NVARCHAR	12	Y		
8	표준_상승속도1	INTEGER	4	N		
9	표준_상승속도2	INTEGER	4	N		
10	표준_상승마하속도	REAL	4	N		
11	표준_순항속도1	INTEGER	4	N		
12	표준_순항속도2	INTEGER	3	N		
13	표준_순항마하속도	REAL	4	N		
14	표준_하강마하속도	REAL	4	N		
15	표준_하강속도1	INTEGER	4	N		
16	표준_하강속도2	INTEGER	4	N		
			91			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_BADA_추력		
개요	FLT BADA 추력 엔터티는 각 BADA 항공기 에 대한 추력 정보를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	BADA_항공기_아이디	NVARCHAR	10	N	PK, FK	
2	최대_추력_상승계수1	FLOAT	4	N		
3	최대_추력_상승계수2	FLOAT	4	N		
4	최대_추력_상승계수3	FLOAT	4	N		
5	추력_온도계수1	FLOAT	4	N		
6	추력_온도계수2	FLOAT	4	N		
7	저고도_하강_추력계수	FLOAT	4	N		
8	고고도_하강_추력계수	FLOAT	4	N		
9	하강추력_전환고도	FLOAT	4	N		
10	접근_추력_계수	FLOAT	4	N		
11	착륙_추력_계수	FLOAT	4	N		
12	참조_하강속도	FLOAT	4	N		
13	참조_하강마하속도	REAL	4	N		
14	비고	NVARCHAR	255	Y		
			313			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_CAT_반류(자국)		
개요	FLT CAT 반류 엔터티는 반류(자국) 에 대한 코드 엔트티 이다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	반류_코드	NCHAR	1	N	PK	
2	설명	NVARCHAR	50	N		
			51			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_BADA_항공기		
개요	FLT BADA 항공기 엔터티는 BADA 항공기 Identifiers와 characteristics등을 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	BADA_항공기_아이디	NVARCHAR	10	N	PK	
2	엔진_개수	INTEGER	4	N		
3	엔진_타입_코드	NCHAR	1	N	FK	
4	반류_코드	NCHAR	1	N	FK	
5	제작사_설명	NVARCHAR	255	N		
6	참고_항공기_질량	FLOAT	4	N		
7	최소_항공기_질량	FLOAT	4	N		
8	최대_항공기_질량	FLOAT	4	N		
9	최대_탑재량	FLOAT	4	N		
10	최대_고도_무게_그라데이션	FLOAT	4	N		
11	최대_작동_속도	FLOAT	4	N		
12	최대_작동_마하_속도	FLOAT	4	N		
13	최대_작동_고도	FLOAT	4	N		
14	최대_이륙무게시_최대_고도	FLOAT	4	N		
15	최대_고도시_온도_기울기	FLOAT	4	N		
16	날개_표면_영역	FLOAT	4	N		
17	COEFF_CLBO	FLOAT	4	N		
18	BUFF_GRAD	FLOAT	4	N		
19	마하_항력_계수	FLOAT	4	N		
			327			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_BADA_고도_분포		
개요	FLT BADA 고도 분포 엔터티는 BADA 에서 정의한 고도 분포 데이터를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	BADA_항공기_아이디	NVARCHAR	10	N	PK, FK	
2	고도	INTEGER	4	N	PK	
3	고도_카운트	INTEGER	4	Y		
4	선택된_고도_평균거리	FLOAT	4	Y		
5	선택된_고도_표준편차거리	FLOAT	4	Y		
6	선택된_고도_최소거리	FLOAT	4	Y		
7	선택된_고도_최대거리	FLOAT	4	Y		
			34			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_CAT_엔진_타입		
개요	FLT CAT 엔진 타입 엔터티는 엔진 종류들의 list 를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	엔진_타입_코드	NCHAR	1	N	PK	
2	설명	NVARCHAR	50	N		
			51			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_BADA_연료		
개요	FLT BADA 연료 엔터티는 BADA 항공기에 대한 연료계수를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	BADA_항공기_아이디	NVARCHAR	10	N	PK, FK	
2	첫번째_추력_연료_소비량	FLOAT	4	N		
3	두번째_추력_연료_소비량	FLOAT	4	N		
4	첫번재_하강_연료_소비량	FLOAT	4	N		
5	두번재_하강_연료_소비량	FLOAT	4	N		
6	순항_연료_소비량	FLOAT	4	N		
			30			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_ANP_BADA_에너지비율		
개요	FLT ANP BADA 에너지비율 엔터티는 ANP 에서 BADA 전이 영역으로 변환할때서 고도 의 변화 에 비해 가속 에 사용 가능한 에너지 의 비율 정보를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	항공기_아이디	NVARCHAR	12	N	PK, FK	
2	BADA_항공기_아이디	NVARCHAR	10	N		
3	에너지_비율	FLOAT	4	N		
			26			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_ANP_항공기		
개요	FLT ANP 항공기 엔터티는 항공기의 Identifiers 와 특징들을 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	항공기_아이디	NVARCHAR	12	N	PK	
2	항공사_설명	NVARCHAR	40	Y		
3	크기_코드	NCHAR	1	N	FK	
4	항공기_타입	NCHAR	1	Y		
5	엔진_타입_코드	NCHAR	1	Y	FK	
6	소음_크기	INTEGER	4	Y		
7	엔진_개수	INTEGER	4	Y		
8	추력_복구시스템_여부	NCHAR	1	N		
9	최대_총이륙중량	INTEGER	4	N		
10	최대_총착륙중량	INTEGER	4	Y		
11	착륙거리	INTEGER	4	Y		
12	출발_추력_타입	NCHAR	1	Y		
13	최소_연료_소모_속도	FLOAT	4	Y		
			81			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_CAT_크기		
개요	FLT CAT 크기 엔터티는 항공기의 크기 데이터를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	크기_코드	NCHAR	1	N	PK	
2	설명	NVARCHAR	50	N		
			51			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_ANP_항공기_일반추력		
개요	FLT ANP 항공기 일반추력 엔터티는 일반추력 정보를 가지고 있다(convert EPR or N1 to pounds thrust)					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	항공기_아이디	NVARCHAR	12	N	PK,FK	
2	추력_타입	NCHAR	1	N	PK	
3	COEFF_E	FLOAT	4	Y		
4	COEFF_F	FLOAT	4	Y		
5	COEFF_GA	FLOAT	4	Y		
6	COEFF_GB	FLOAT	4	Y		
7	COEFF_H	FLOAT	4	Y		
8	COEFF_K1	FLOAT	4	Y		
9	COEFF_K2	FLOAT	4	N		
			41			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_BADA_기본_고도_분포		
개요	FLT_BADA_기본_고도_분포는 Default 고도 분포 정보를 가지고 있다다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	엔진_형태	NVARCHAR	10	N	PK	
2	고도	INTEGER	4	N	PK	
3	고도_카운트	INTEGER	4	Y		
4	평균_거리	FLOAT	4	Y		
5	표준편차_거리	FLOAT	4	Y		
6	최소_거리	FLOAT	4	Y		
7	최대_거리	FLOAT	4	Y		
			34			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_CAT_엔진_위치		
개요	FLT CAT 엔진 위치 엔터티는 엔진 위치 코드들의 리스트를 가지고 있다					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	엔진_위치	NVARCHAR	1	N	PK	
2	설명	NVARCHAR	50	N		
			51			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_CAT_지정		
개요	FLT CAT 지정 엔터티는 다음 코드를 가지고 있다(Civil, General aviation, Military)					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	지정_코드	NCHAR	1	N	PK	
2	설명	NVARCHAR	50	N		
			51			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_CAT_용도		
개요	FLT CAT 지정 엔터티는 다음 코드를 가지고 있다(Civil, General aviation, Military)					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	지정_코드	NCHAR	1	N	PK	
2	설명	NVARCHAR	50	N		
			51			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_CAT_유로_그룹		
개요	FLT CAT 유료 그룹 엔터티는 유럽국가들의 그룹정보를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	유로_그룹_코드	NCHAR	2	N	PK	
2	설명	NVARCHAR	50	N		
			52			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	FLEET		엔티티명	FLT_기체		
개요	LFT 기체 엔터터는 비행기 기체의 리스트를 가지고 있다(Lists the airframes.)					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	기체_아이디	INTEGER	4	N	PK	
2	모델	NVARCHAR	50	N		
3	엔진_갯수	INTEGER	4	N		
4	엔진_위치	NVARCHAR	1	N	FK	
5	지정_코드	NCHAR	1	N	FK	
6	유로_그룹_코드	NCHAR	2	N	FK	
7	최대_중량	INTEGER	4	N		
8	최초_비행_허가_연도	INTEGER	4	Y		
9	용도_코드	NCHAR	1	N	FK	
10	크기_코드	NCHAR	1	N	FK	
11	엔진_타입_코드	NCHAR	1	N	FK	
			73			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	통계		엔티티명	TOT_일별_온실가스		
개요	TOT 일별 온실가스 엔터티는 일별 온실가스의 통계정보를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	일자	DATE	4	N	PK	
2	국내/외	NCHAR	1	N	PK	
3	CO2	FLOAT	4	Y		
4	CH4	FLOAT	4	Y		
5	N2O	FLOAT	4	Y		
6	Nox	FLOAT	4	Y		
7	Sox	FLOAT	4	Y		
8	PM	FLOAT	4	Y		
9	VOC		4			
			33			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	통계		엔티티명	TOT_항공사별_온실가스		
개요	TOT 항공사별 온실가스 엔터티는 항공사별 온실가스의 통계정보를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	일자	DATE	4	N	PK	
2	항공사_아이디	NVARCHAR	12	N	PK	
3	CO2	FLOAT	4	Y		
4	CH4	FLOAT	4	Y		
5	N2O	FLOAT	4	Y		
6	Nox	FLOAT	4	Y		
7	Sox	FLOAT	4	Y		
8	PM	FLOAT	4	Y		
9	VOC		4			
			44			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	통계		엔티티명	TOT_노선별_온실가스		
개요	TOT 노선별 온실가스 엔터티는 노선별 온실가스의 통계정보를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	일자	DATE	4	N	PK	
2	노선_아이디	NVARCHAR	12	N	PK	
3	CO2	FLOAT	4	Y		
4	CH4	FLOAT	4	Y		
5	N2O	FLOAT	4	Y		
6	Nox	FLOAT	4	Y		
7	Sox	FLOAT	4	Y		
8	PM	FLOAT	4	Y		
9	VOC		4			
			44			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	통계		엔티티명	TOT_기종별_온실가스		
개요	TOT 기종별 온실가스 엔터티는 기종별 온실가스의 통계정보를 가지고 있다.					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	일자	DATE	4	N	PK	
2	노선_아이디	NVARCHAR	12	N	PK	
3	CO2	FLOAT	4	Y		
4	CH4	FLOAT	4	Y		
5	N2O	FLOAT	4	Y		
6	Nox	FLOAT	4	Y		
7	Sox	FLOAT	4	Y		
8	PM	FLOAT	4	Y		
9	VOC		4			
			44			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	알고리즘		엔티티명	AL_배출량산정_알고리즘_파리미터		
개요	AL 배출량산정 알고리즘 파라미터 엔터티는 배출량산정 알고리즘에 필요한 파라미터 정보를 가지고 있다					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	ID	INTEGER	4	N	PK	
2	비행성능계산_파라미터	INTEGER	4	Y		
3	날시_파라미터	INTEGER	4	Y		
4	연료_연소_파라미터	INTEGER	4	Y		
5	지적선_파라미터	INTEGER	4	Y		
6	프로파일기반_비행성능_파라미터	INTEGER	4	Y		
7	항적데이터기반_비행성능_파리미터	INTEGER	4	Y		
8	온실가스계산_파라미터	INTEGER	4	Y		
9	연료소모량계산_파라미터	INTEGER	4	Y		
			36			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	알고리즘		엔티티명	AL_경제성분석_알고리즘_파리미터		
개요	AL 경제성분석 알고리즘 파라미터 엔터티는 경제성분석 알고리즘에 필요한 파라미터 정보를 가지고 있다					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	ID	INTEGER	4	N	PK	
2	연료비	INTEGER	4	Y		
3	조종사_비용	INTEGER	4	Y		
4	객실_승무원_비용	INTEGER	4	Y		
5	항공기_정비_비용	INTEGER	4	Y		
6	항공기_구매_비용	INTEGER	4	Y		
7	항공기_리스_비용	INTEGER	4	Y		
			28			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	알고리즘		엔티티명	AL_의사결정_알고리즘_파리미터		
개요	AL 의사결정 알고리즘 파라미터 엔터티는 의사결정 알고리즘에 필요한 파라미터 정보를 가지고 있다					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	ID	INTEGER	4	N	PK	
2	정책_시나리오	INTEGER	4	Y		
3	감축_수단	INTEGER	4	Y		
4	미래_경제_예측	INTEGER	4	Y		
5	미래_운항_예측	INTEGER	4	Y		
6	항공사_비용분석	INTEGER	4	Y		
			24			
			28			
업무규칙						

엔티티정의서						
용역명	항공 온실가스 산정 및 예측 상용툴		작성일	2015.05.27	작성자	이상정
주제영역	알고리즘		엔티티명	AL_미래운항_스케줄_알고리즘_파리미터		
개요	AL 미래운항 스케줄 알고리즘 파라미터 엔터티는 미래운항 스케줄 알고리즘에 필요한 파라미터 정보를 가지고 있다					
NO	속성명	TYPE	길이	NULL	특성	비 고
1	ID	INTEGER	4	N	PK	
2	연도별_운항증가율	INTEGER	4	Y		
3	미래_가상_친환경_항공기_성능	INTEGER	4	Y		
4	신형_항공기_도입_비율	INTEGER	4	Y		
5	기존_항공기_퇴역_비율	INTEGER	4	Y		
6	경제_변수_가정_설정[항공유/항공기이자]	INTEGER	4	Y		
			24			
업무규칙						

「항공온실가스 산정 및 예측 시스템 개발」
제 1차 국제세미나
결과보고서

2015. 4. 30.

KOTI 한국교통연구원
THE KOREA TRANSPORT INSTITUTE

Ⅰ 제 1차 국제세미나 개요

□ **제 목 :** 「항공온실가스 산정 및 예측 시스템 개발」제 1차 국제세미나

□ **목 적 :** 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발을 위해 네덜란드 항공교통전문기관인 NLR에서 개발된 AERO-MS, LEAS-iT 분석툴의 이론적 배경, 주요 기능에 대한 발표 및 데모를 통해 한국형 분석툴의 개념설계 구체화

□ **주요내용**

○ NLR의 온실가스 산정 및 예측용 TOOLs에 대한 방법론 발표 및 데모

- AERO-MS (온실가스 산정 및 예측용 툴)
- LEAS-iT (공항주변 대기질 산정용 툴)

○ 한국형 온실가스 평가분석 툴과 AERO-MS 모델과의 연계 방안 협의

□ **기대효과**

○ 개발 프로그램의 개념설계 구체화

○ 해외 벤치마킹 모델인 AERO-MS 및 LEAS-iT 프로그램의 주요 기능 분석을 통한 국내 프로그램의 개발 방향성 확립

○ 해외 프로그램의 사용자 및 활용 분야를 이용한 국내 개발프로그램의 사용자 및 활용용도 구체화 가능

○ 국제회의 사용시 국내 개발 프로그램의 활용성 방안 제고 및 항공온실가스 산정 및 감축기술 등의 분석/구현 국제수준화

□ **일시/장소 :** 2015. 4. 13(월) ~ 2015. 4.15(수) / 한국교통연구원 4층 중회의장

□ **참석자 (37명)**

○ NLR Dr Paul BroK, Mr Jan Middel (AERO-MS, LEAS-iT 개발자) (2)

○ 국토교통부 김상수 과장, 장철·정재향 주무관 (3)

○ 국토교통과학기술진흥원 백승훈 실장 (1)

○ 세종대학교 황호연 교수, 주희진 연구보조원 (2)

○ 항공대학교 유광의·백호종·이금진 교수, (3)

○ 한국과학기술원 백승욱·이주성·안재명·최한림·금동석 교수, 석준홍 박사, 이동기 연구보조원 (7)

○ 솔루티스 강지훈 이사, 노기현 과장 (2)

○ ㈜케이씨티 이태옥 소장, 이상정 수석연구원, 이상희·권영석 팀장 (4)

○ 한국교통연구원 김제철 본부장, 한재현 실장, 김준혁·박진서·김상현 부연구위원, 조현수·심가람·정수진·임재진·황유철·서영성·박보미·이준규 연구원 (13)

Ⅱ 국제세미나 회의 일정

□ 회의일정

○ 2015년 4월 12일 일요일

시 간	내 용	주최
14:40	인천 국제공항 도착	
15:50	인천 국제공항에서 숙소로 이동	KOTI/NLR
17:40	숙소도착	KOTI/NLR
저녁	숙소근처에서 저녁식사 + 국제세미나 세부일정 협의	KOTI/NLR

○ 2015년 4월 13일 월요일 (1 일차)

시 간	내 용	주최
9:30	세미나장 도착	
10:00	- KOTI측과 국토교통부(MLIT)의 환영인사 - 세미나 참석자 및 세미나 소개	KOTI
10:30	- 국내 항공분야 GHG 온실가스 감축 현황 발표	KOTI
11:00	- **모듈 1. LEAS-iT tool에 관한 분석 방법론 발표** · 툴 주요 기능 · 프로그램 분석 방법론 · 적용 / 사례 연구 / 예시 결과	NLR (Dr Paul Brok)
12:00	점심 식사	
13:30	- **모듈 2. AERO modelling system (AERO-MS)에 분석 방법론 발표** · 툴 주요 기능 · 프로그램 분석 방법론 · 적용 / 사례 연구 / 예시 결과	NLR (Dr Jan Middel)
16:00	- Korea Evaluation Tool 시스템 구조 및 NLR aviation emissions modelling tools 및 데이터베이스와의 연계 가능성 협의	모두
17:00	세미나 1일차 종료	
저녁	만찬	모두

○ 2015년 4월 14일 화요일 (2 일차)

시 간	내 용	주최
09:00	- KOTI측 인사 · 새로운 참석자 소개 · 세미나 1일차에 대한 요약정리 · 세미나 2일차에 대한 개요	KOTI
09:30	- **모듈 3. LEAS-iT tool 활용한 공항 대기질 분석 데모** · 사례 분석 (암스테르담 스키폴 공항 사례)	NLR (Dr Paul BroK)
12:00	점심 식사	
13:30	- **모듈 4. AERO modelling system (AERO-MS)활용한 시나리오별 온실가스 배출량 분석 데모** · 사례 분석 (시나리오별 사례)	NLR (Dr Jan Middel)
17:00	세미나 2일차 종료	모두
저녁	세미나 마지막 날 준비	모두

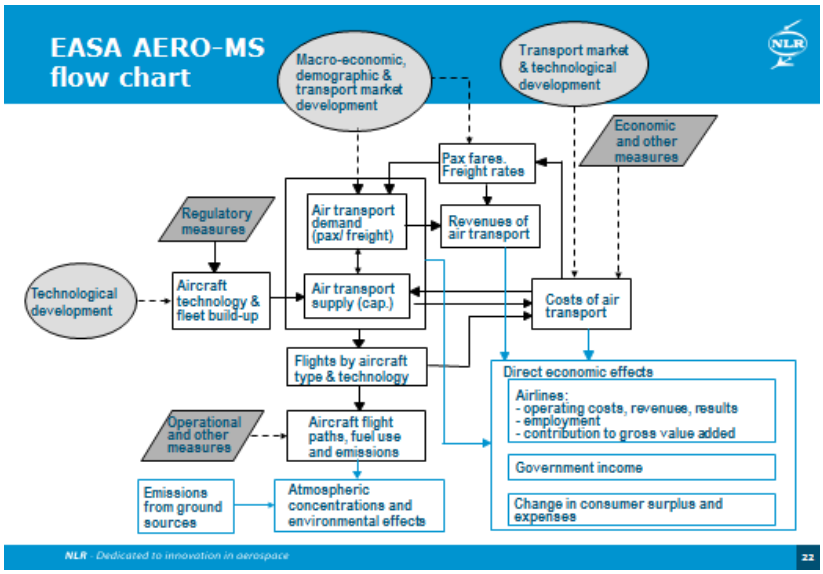
○ 2015년 4월 15일 수요일 (3 일차)

시 간	내 용	주최
09:00	- KOTI측 인사 · 새로운 참석자 소개 · 세미나 1, 2일차에 대한 요약정리 · 세미나 3일차에 대한 개요	KOTI
09:30	- **모듈 5. LEAS-iT tool 활용한 항공환경정책수립 지원방안 발표** · 사례별 적용에 관한 설명 · 프로그램을 이용한 국내 연구의 방향성 제시 · 공항 대기질 분석 미래 로드맵 수립시 고려 사항 · 결론, 권고 및 행동 강령	NLR (Dr Paul Brok)
12:00	- 점심 식사	
13:30	- **모듈 6. AERO modelling system (AERO-MS) 활용한 탄소배출권거래제 적용방안 발표** · 사례별 적용에 관한 설명 · 프로그램을 이용한 국내 연구의 방향성 제시 · 항공 온실가스 배출 산정 미래 로드맵 수립시 고려 사항 · 결론, 권고 및 행동 강령	NLR (Dr Jan Middel)
16:00	- 항공 온실가스 감축에 관한 미래 협력 방안 협의	모두
17:00	세미나 종료	
00:55	네덜란드 귀국 (인천 국제공항에서 KE 5925편으로 출국)	NLR

Ⅲ 국제세미나 결과 보고

2015년 4월 13일 월요일 (1 일차)

Module 01 주요내용



○ 네덜란드 NLR의 Jan Middel 선임연구위원은 AERO-MS의 주요 기능, 방법론, 샘플 적용 결과 등을 소개함. AERO-MS는 Aviation Emissions & Evaluation of Reduction Options을 위한 모델링 시스템을 의미하며, 국내 및 국제수준의 항공 온실가스 배출량을 감축하기 위한 정책수단 및 여러 시나리오의 항공 환경에 미치는 영향과 경제성 분석을 위한 정책분석툴임.

○ 정책수단으로는 Strawman 제안 혹은 다른 항공배출관련 비용, 세금, 과징금 등 규정적, 기술적, 운영적, 시장기반조치 등을 포함함.

○ 항공사등 항공환경 Stakeholder들의 비용변화/적용분야 수준변화에 대한 대응이 AERO-MS에 포함되며, AERO-MS 모델링 시스템을 사용하여 대응 변화에 대한 분석이 가능함.

○ AERO-MS에서 항공기 운항, 연료사용량, CO2 배출량에 대한 결과는 외부 데이터 소스와 해외의 다른 모델로부터의 유사한 결과와 잘 일치됨.

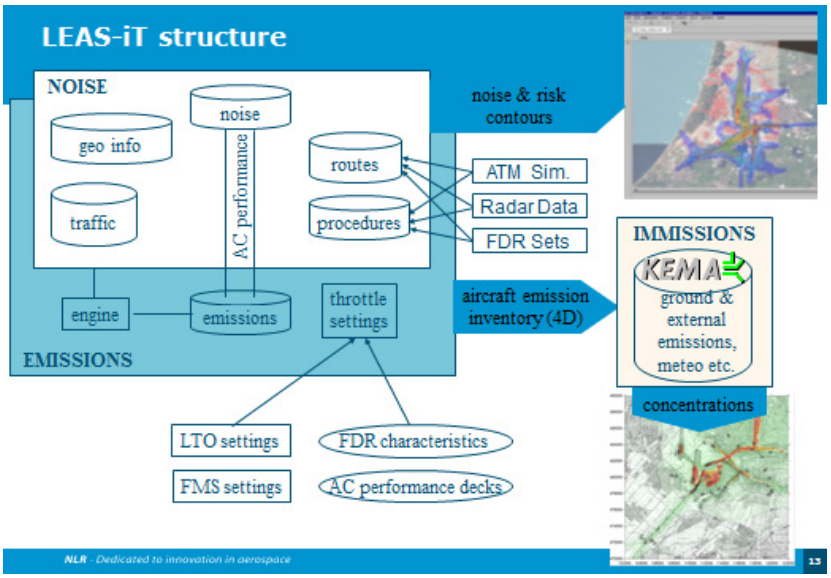
○ 중국의 사례처럼 지역적 산출데이터는 실제 운항회수와 OAG 비행

계획에 근거한 운항회수 데이터베이스와 비교시 차이가 있음. 따라서, AERO-MS는 별도의 전세계 항공교통 데이터베이스를 사용함.

○ 또한, AERO-MS는 Great Circle Distance Routes 기반하여 미래 항공 온실가스 배출량을 예측함 (운항의 비효율성은 CANSO data의 detour 인자를 고려하여 해결됨)

○ AERO-MS는 지난 20년 이상 ICAO-CAEP, European Commission, 유럽의 각국 정부, IATA/UNFCCC 등에서 자주 사용됨

Module 02 주요내용



○ 네덜란드 NLR의 Paul Brok 연구위원은 LEAS-iT의 주요기능, 방법론, 샘플 결과 등을 소개함.

○ LEAS-iT는 Local aviation Emissions in Airport Scenarios – inventory Tool을 의미하며, 공항근처의 소음 및 제3자 위험분석 모델과 연관되어 항공기 운항과 유도로/에어사이드내 APU와 GPU에서의 온실가스 배출양, 엔진 테스트, 연료관리 등으로 배출되는 공항부근 혹은 국가내 항공 온실가스 배출량을 산정하기 위한 모델임.

○ 최종 산출된 항공 온실가스 인벤토리는 4차원(위도, 경도, 고도, 시간)의 격자별 연료사용량, 온실가스 배출량을 포함하며, 이산화탄소(CO2), 질소산화물(NOx), 미연소 탄화수수(UHC), 황산화물(SOx),

납(Pb), 미세물질(PM) 등의 배출물의 종류별 배출량 산정함.

○ 또한, 대기질 분석을 위해 화학종의 확산 모델과 지상에서의 화학종의 농도 계산이 요구됨.

○ 격자별 LEAS-iT의 온실가스 배출량 산정은 공항주변의 에어사이드와 랜드사이드의 격자별 온실가스 배출기반 대기질 분석의 입력데이터로 사용됨.

○ 네덜란드의 대기질 분석 모듈은 LEAS-iT모델과 KEMA STACKS 모델의 조합으로 구성됨.

○ 이 모델은 질소 분포 분석을 위해 사용될 수도 있음.

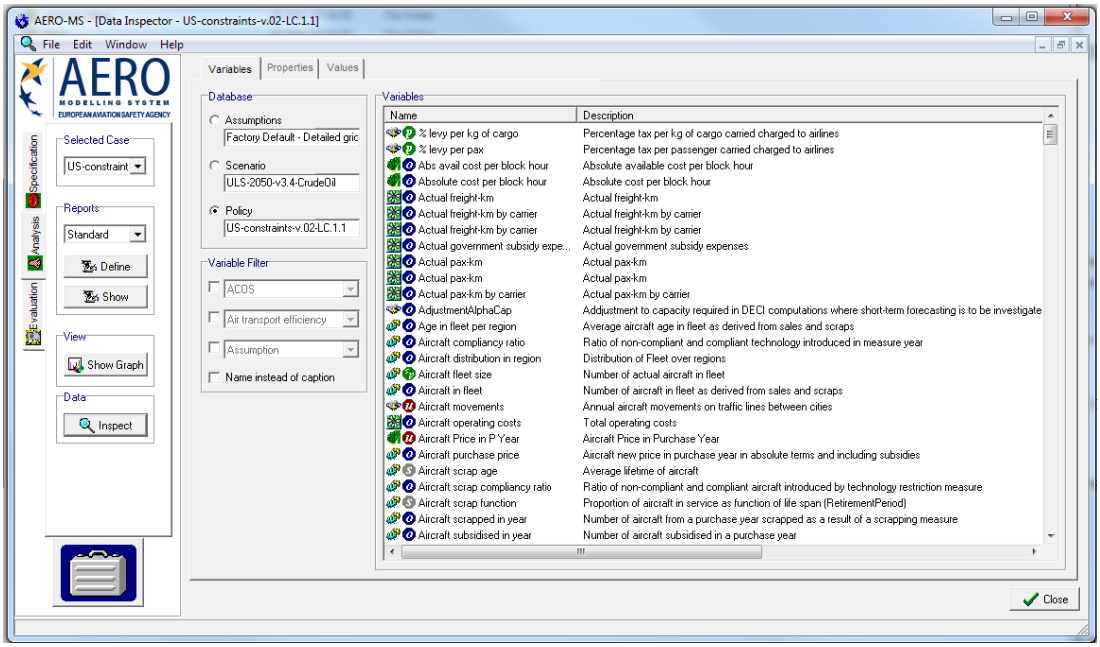
○ 정책수단을 고려할 때, 이러한 영향도 고려되어 LEAS-iT의 입력 데이터에 통합됨.

○ 또한, 실제 비행 궤적(예, 레이더 항적데이터)은 LEAS-iT의 입력데이터로 활용되어 LEAS-iT에 포함된 고효율 항공기 엔진 모델이 현재 개발중이며, 항공기 운항 분석에도 활용될 예정임. AERO-MS의 항공기 운항에 따른 온실가스 산정모델(FLEM)과 비교하여 LEAS-iT는 3000ft이내에서 실제 항공기 및 엔진 종류에 따른 더 정밀한 온실가스 산정을 수행할 수 있음.

○ NLR LEAS-iT 연구의 주 고객으로 정부부처, 공항당국, 지방자치단체, NGO 환경단체 등 이 있으며, 주요 연구분야는 trade-off 연구, 환경 영향 평가, 연간 공항 온실가스 배출량 모니터 및 통제, 대체 비행절차 및 ATM관련 정책수단 영향분석 연구 등이 있음.

2015년 4월 14일 화요일 (2 일차)

Module 03 주요내용



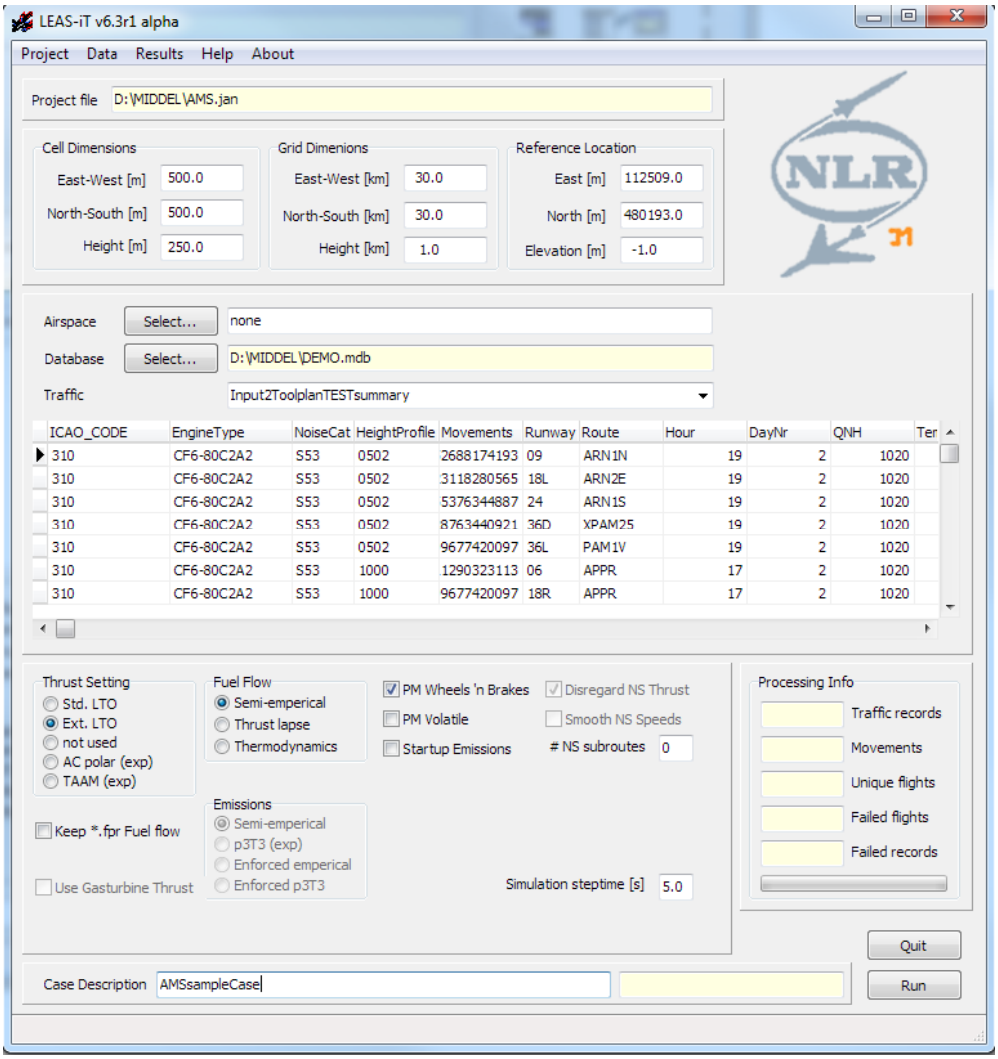
○ Jan Middel (NLR)선임 연구위원은 AERO-MS의 graphical user interface (GUI)의 기능별 원리 및 작동법에 대한 데모를 실시함. 또한, 입력데이터의 행렬과 주요 가정, 시나리오, 정책변수 등에 대하여 설명함.

○ AERO-MS는 원래 Borland software (Unix C language)로 작성되었으나, 최근 Visual Studio (C++)로 변환됨. AERO-MS의 입력 / 가정 / 시나리오 / 정책 데이터 등은 저장되어 있으며, 섬세하게 개발된 데이터베이스를 통해서도 제공됨. 하지만 최근 점진적으로 MS-Access SQL-format files로 변환되고 있음. 표준 AERO-MS는 전지구적 항공 온실가스 배출량 산정시간이 약 10분정도 소요됨. 이 경우 항공기 운항에 따른 온실가스 배출량 산정 모델(FLEM)은 사전에 계산이 필요하며, FLEM의 계산 소요시간으 약 20분정도임. 주요 산정 결과는 주로 MS-Excel 형식으로 혹은 사후 가공을 위한 Matlab 환경 형식으로 표출됨.

○ 지리적 정보는 GIS 응용프로그램으로 표출되며, AERO-MS에 관련된 데이터를 주고 받을 수 있음.

○ 본 국제세미나에서의 데모는 CAEP-8 시나리오와 그에 관련된 수단들을 사용하여 AERO-MS 샘플 산출함.

Module 04 주요내용



○ Paul Brok 연구위원은 LEAS-iT tool 의 graphical user interface (GUI)의 기능별 원리 및 작동법에 대한 데모를 하였으며, 각 정책수단별 입력데이터셋의 선정 방법, 가정, 툴의 셋팅 등에 대하여 설명함.

○ LEAS-iT은 Embarcadero RAD studio (C++)로 작성되었으며, MS-Access database 형식으로 입력 데이터로 구성됨.

○ 표준 LEAS-iT 공항 온실가스 인벤터리 산정은 약 10분정도 소요됨.

○ LEAS-iT의 결과물은 주로 결과의 가시화와 확인을 위하여 Matlab 응용프로그램을 사용하며 계산 결과 데이터를 추출하여 사후 처리 과정을 통해 가공됨.

○ 선택적으로 지리적 정보는 QGIS(공개 소스)가 사용되나 LEAS-iT은 GIS 시스템과 독립적임.

○ 항공 온실가스의 가시화 업션은 3차원 공간에 온실가스 배출량을 표출하며 줌 기능과 회전 기능이 가능함.

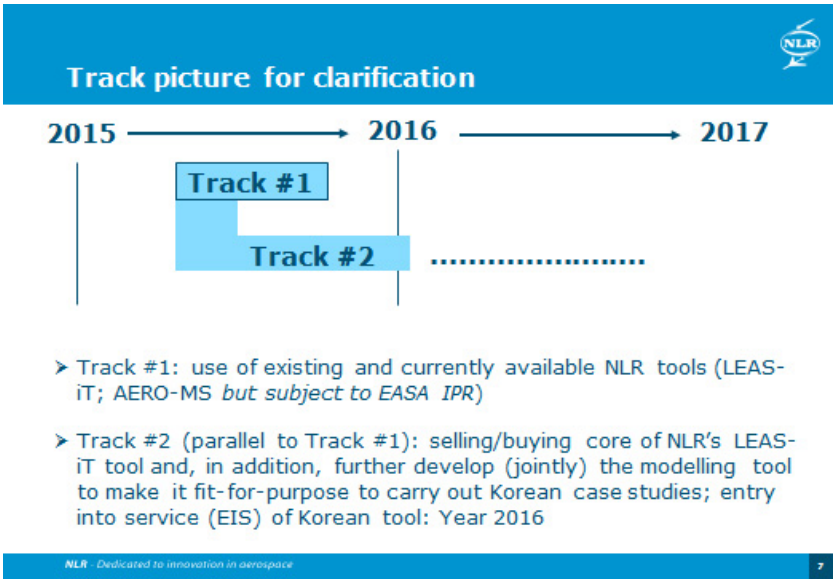
· 항로, 공항, 공역별 온실가스 배출 위치 가시화
· 건설지역, 도로, 랜드스케프 등 광범위한 환경에서 온실가스 배출 가시화
· CTR과 TMA 지역 같은 제한된 공역에서의 온실가스 배출 제한
· LEAS-iT의 산정후 격자별 결과물 (예, 유도로, 이착륙, 여러 공항의 조합 등)

○ 국제 세미나 기간중 데모는 네덜란드의 25,000회의 이착륙시의 Amsterdam Schiphol 공항에 대한 항공교통량을 고려하여 수행됨.

○ 추가적으로 LEAS-iT의 산정 결과는 Matlab으로 데이터를 이동하여 설명함.

2015년 4월 15일 수요일 (3 일차)

Module 05+06 주요내용



AERO-MS와 LEAS-iT관련 추후 협력 방안 협의

○ 고려사항:

1. 국내 및 전 세계 항공 온실가스 배출량 산정 인벤토리, 시나리오, 정책수단 분석
2. 항공 온실가스 자문, 한국의 배출권거래제(ETS), ICAO의 전 세계 시장기반 조치(MBM)제도, ICAO의 국가 온실가스 감축 이행계획(SAP)

○ NLR은 항공 온실가스 배출량 인벤토리와 시나리오/정책 영향분석을 위하여 다음과 같은 두가지 트랙을 제시함:

1. 항공 온실가스 배출량 산정 및 정책지원(2015년도)을 위하여, 기존의 LEAS-iT와 AERO-MS를 활용하는 방안(이 경우 AERO-MS의 EASA의 지적재산권(IPR) 고려 필요)
2. 한국의 독자적인 툴의 개발을 위해, NLR은 LEAS-iT(with or without source code) 의 핵심부를 활용하여 공동 개발(1년6개월 소요 예상)

○ 상기 제시안에 대하여 NLR의 개발비와 개발기간을 필요시 구체화 가능.

○ 하지만 지적 재산권 문제도 동시에 고려 필요함. (공동 개발시 한국

내 사용은 가능하나 한국외 지역의 적용 불가 제시함)

○ 공동 개발시 NLR의 AERO-MS(현재 EASA 지적재산권, ICAO CAEP는 2000년에 AERO-MS를 보증함, 전 세계 항공 온실가스 배출량 및 시장기반조치 분석을 위해 전 세계 관련 기관을 지원하기 위해 적용됨)의 20년 이상의 경험과 전문성을 제공 가능함.

○ 각 사례별 고려를 위하여 국가별 ETS와 ICAO의 국가이행계획에 대한 자문도 가능함.

○ 이미 KOTI-NLR과의 MoU 체결을 통해 협력 강화 기대함

<첨부 2> 발표자료

Dedicated to innovation in aerospace



AERO model - Aviation Emissions & Evaluation of Reduction Options

GHG emissions in an aviation system context

Dr. Jan Middel

AERO-MS Features (1)

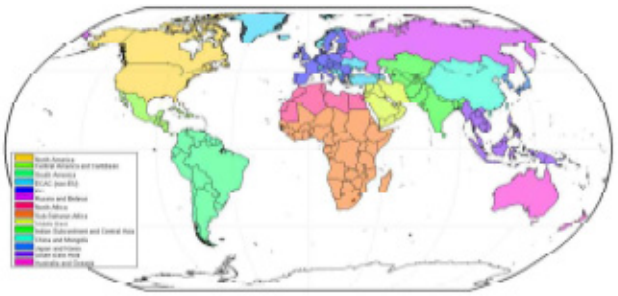
EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY
AGENCE EUROPÉENNE DE LA SÉCURITÉ AÉRIENNE
EUROPÄISCHE AGENTUR FÜR FLUGSICHERHEIT

Designed for

- Policy analysis tool for the evaluation and examination of economic and environmental impacts of various scenarios and policies to reduce international and domestic aviation emissions – including regulatory, technological, operational and market-based measures
- Assesses stakeholder's responses to cost changes

Scope of detail

- Background scenarios
- Policy measures
- Spatially disaggregated
- World-wide coverage



AERO-MS Features (2)

Aircraft Types
- Generic types grouped by seat class, range & technology levels, representative of global fleet

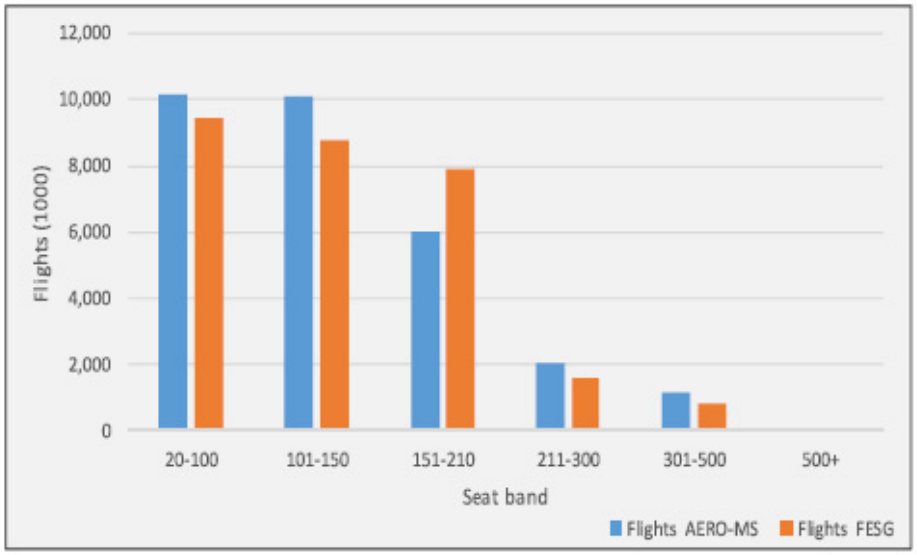
Segmentation of Demand and Aircraft Role
- Business, Economy and Low Cost
- Passenger and Freight
- Scheduled and Charter/LCC

Airline Grouping
- By carrier (origin) region

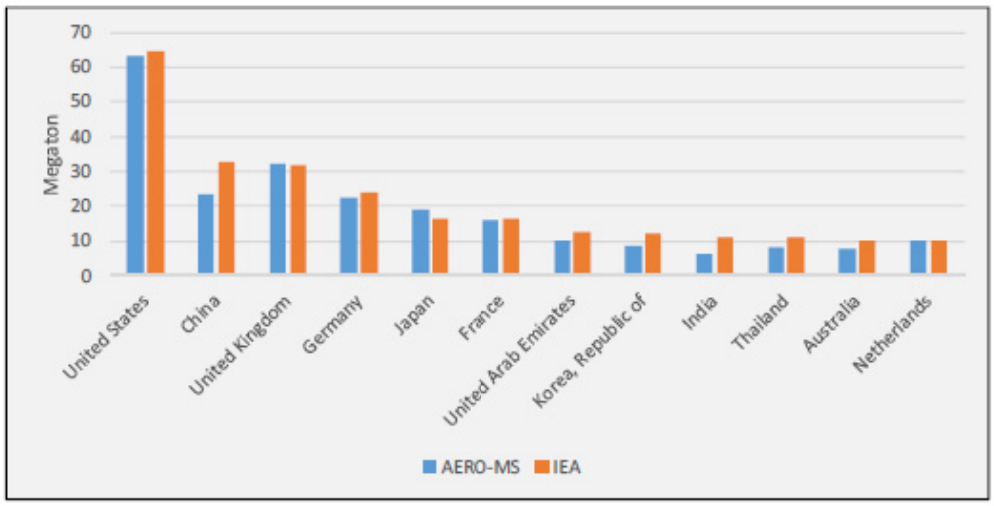
Surface competition

AERO-MS output
- Future year (snapshot) equilibrium forecasts
- Global & regional results on demand, operations, fleet, fuel use, costs, revenues and emissions (e.g., CO_2, NO_x, SO_2)

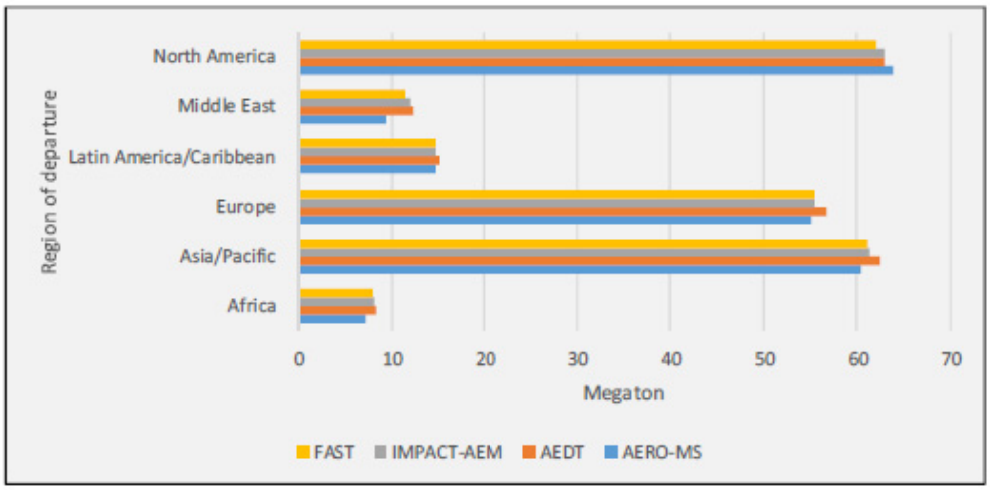
AERO 2010 compared to CAEP/FESG data Passenger flights



AERO 2010 compared to IEA data
CO2 emissions by country



AERO 2010 compared to "CAEP" model output
Fuel burn by departure region

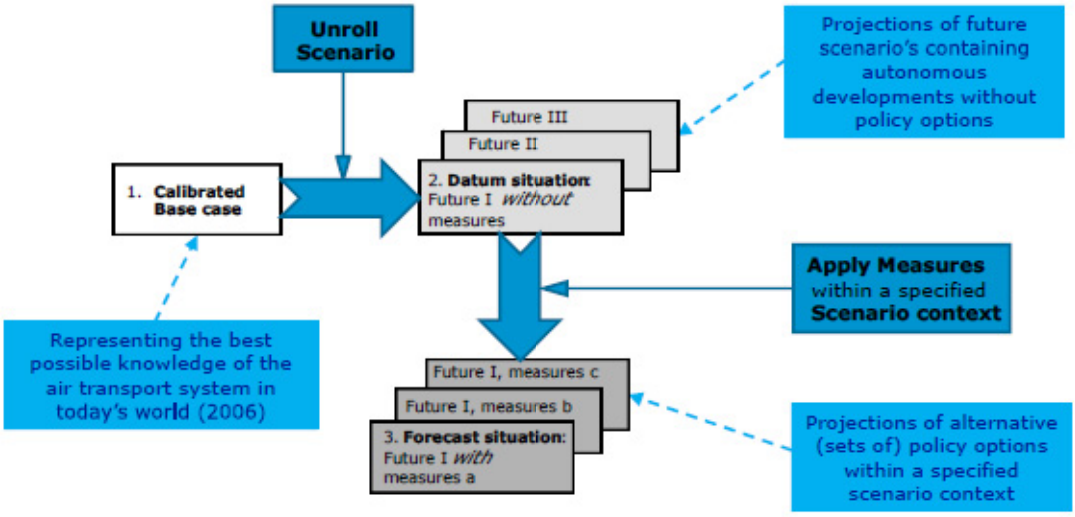


AERO-MS Features (3)

Data sources:

- 123,025 airport-pairs with 33.1 million civil flights from Eurocontrol WISDOM database (2.6bn pax trips; 4,700bn RPK; 158bn RTK)
- Airline cost and fare data from IATA and ICAO
- Global fleet inventory properties from the Eurocontrol PRISME Fleet 2, OAG Fleet Databases, ICAO Emissions Databank
- Aircraft performance based on EUROCONTROL BADA data

AERO-MS Modeling Approach



AERO-MS – Modules

ATEC – Aircraft technology model
- Calculates fleet technology profile for ADEM and ACOS

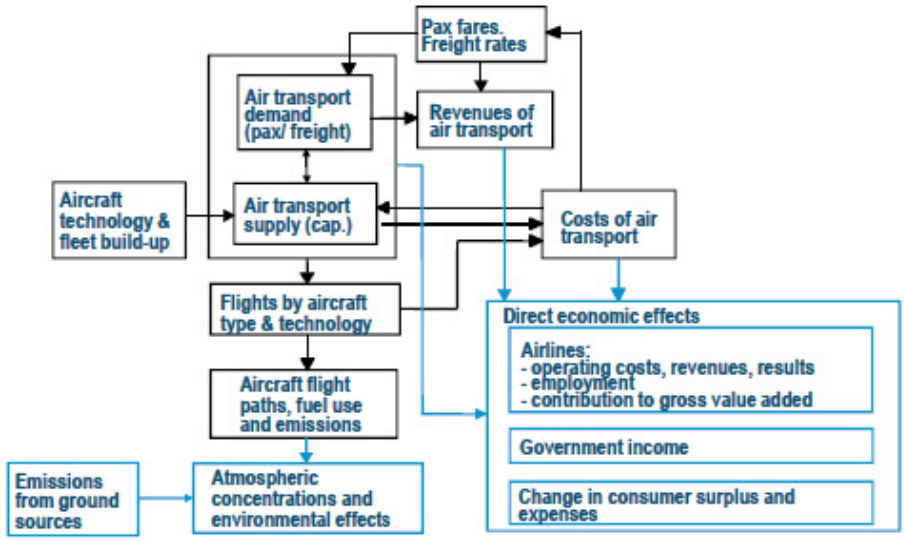
ACOS – Aircraft operating cost model
- Calculates operating costs
- Calculates policy-induced changes in aircraft costs to feed to ADEM

ADEM – Aircraft demand model
- Computes demand impacts of cost changes
- Generates forecast operations

DECI – Direct economic impact model
- Computes and collates output metrics

FLEM – Flights and emissions model
- Detailed aircraft operations and spatial emissions distributions

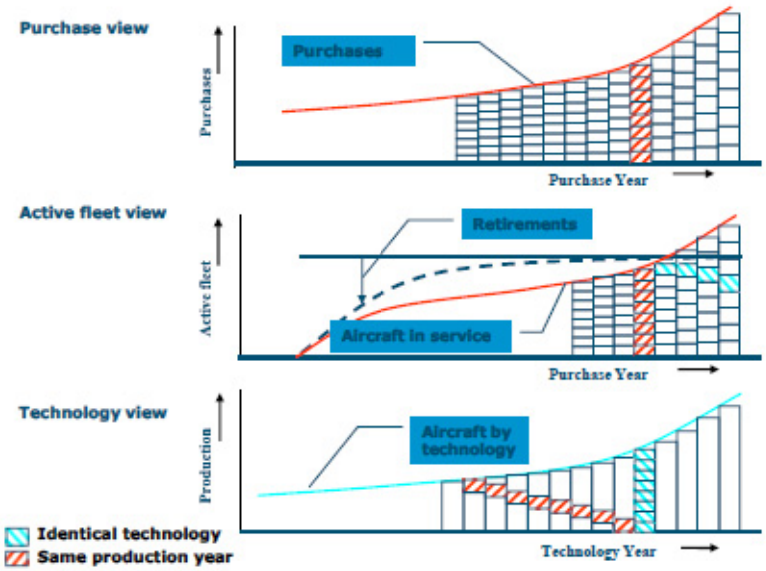
AERO-MS model flow chart



ATEC principles

- **Calculates fleet properties**
  - Seat & range bands
  - Old and current technologies
  - Aircraft purpose (pax, freighter)
  - Retirement curves
  - Sales curves
  - Technology scenarios (autonomous)
  - Technology regulatory measures (imposed)
  - Curves rooted in historic fleet build-up
  - Regional differentiation
  - Fleet size and build-up
  - Aircraft new price
  - Fuel consumption
  - Emissions aspects

ATEC sample fleet build-up



ADEM principles

Match supply (fleet) and demand (pax, cargo)

External drivers

- Population & GDP scenarios drive demand
- Travelling behavior

Fleet mix and Flight frequency

- Scale frequency and fleet mix on traffic lines
- Airport to airport basis
- Sensitive to traffic density
- Sensitive to costs changes
- Adjust Old-Current
- Adjust aircraft seat-band proportions
- Changes constrained to (ATEC) fleet availability

ACOS: Cost components by physical unit

Cost component	Cycle related	Distance related	Block-hour related
Block time	✓	✓	
Fuel	✓	✓	
Maintenance			✓
Flight crew			✓
Cabin crew			✓
Landing	✓		
En-route (nav.)		✓	
Depreciation			✓
Finance			✓

ACOS: Dimensions of Cost components

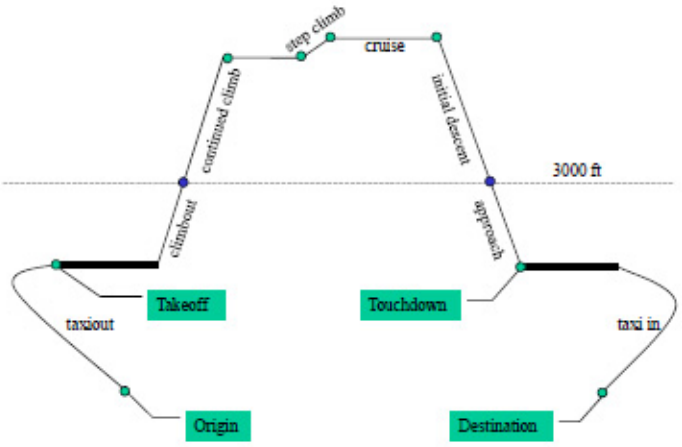
Cost component	Physical unit	Region Pair	Seat band	Technology	Purpose	Distance Band	Movement type
Block time	Cycle		✓	✓			
Block time	Distance	✓	✓	✓	✓	✓	
Fuel	Cycle	✓	✓	✓	✓		
Fuel	Distance	✓	✓	✓	✓	✓	
Maintenance	Block-hour	✓	✓	✓			
Flight crew	Block-hour	✓	✓	✓			✓
Cabin crew	Block-hour	✓	✓	✓	✓		✓
Landing	Cycle	✓	✓	✓			
En-route	Distance	✓	✓	✓			
Depreciation	Block-hour	✓	✓	✓	✓		✓
Finance	Block-hour	✓	✓	✓	✓		✓

DECI: Direct Economic Impact model

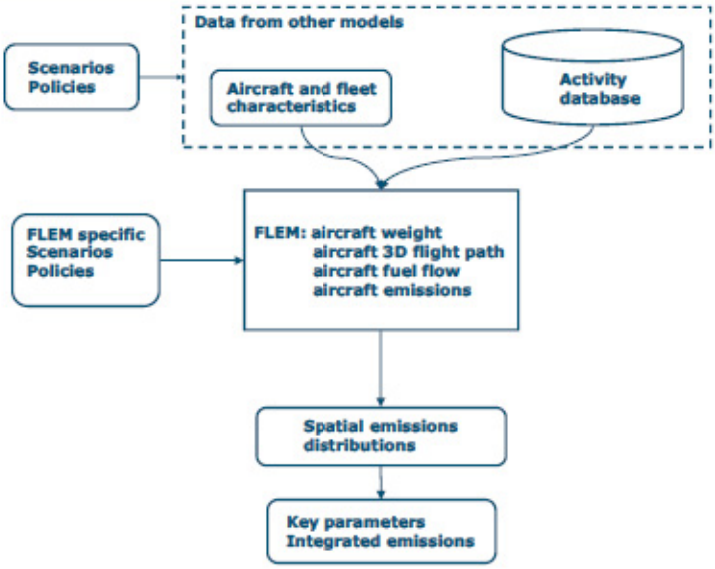
- **Evaluation, summarising:**
  - Air transport quantities
  - Aircraft operating costs, revenues and results
  - Employment and gross value added (GVA)
  - Fuel consumption
  - Air transport efficiency

  NB: In many dimensions (region, seat band, movement type, etc.)

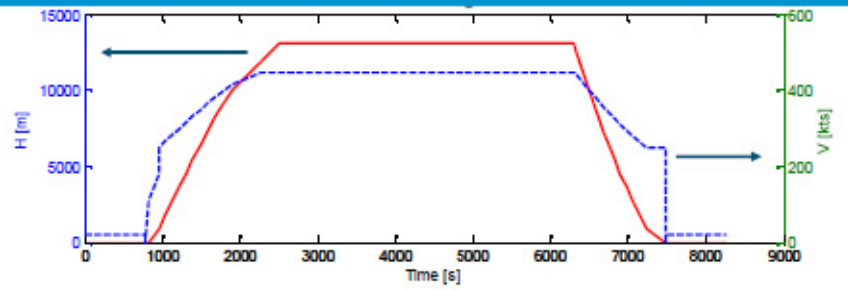
FLEM: FLights and Emissions Model flight skeleton

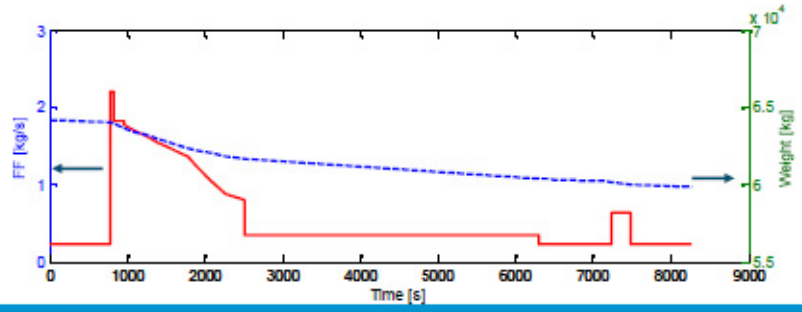


FLEM: FLights and Emissions Model

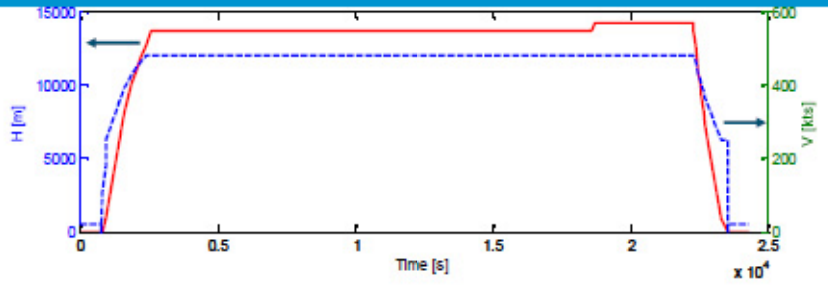


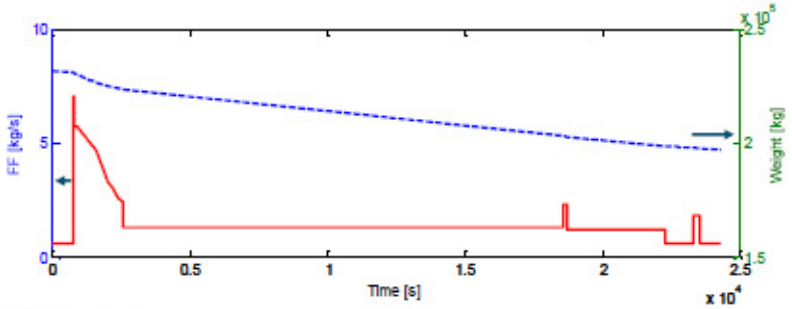
FLEM Sample Flight profile [1/2]

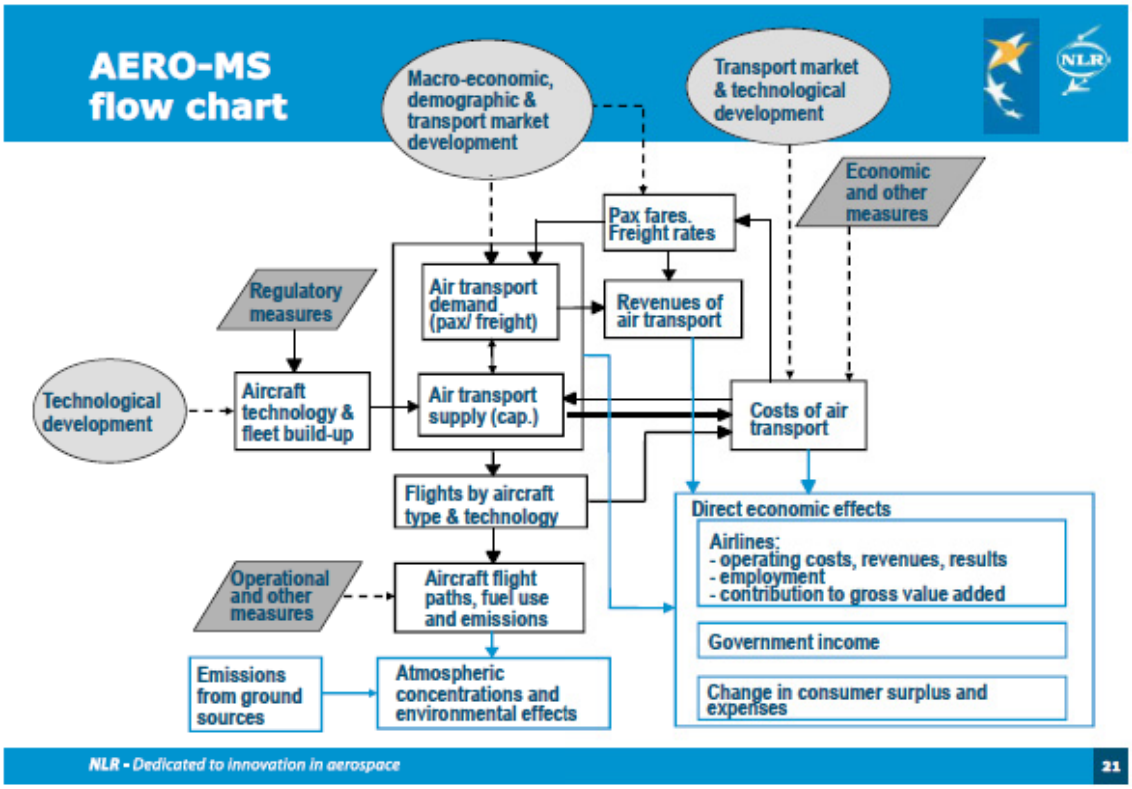


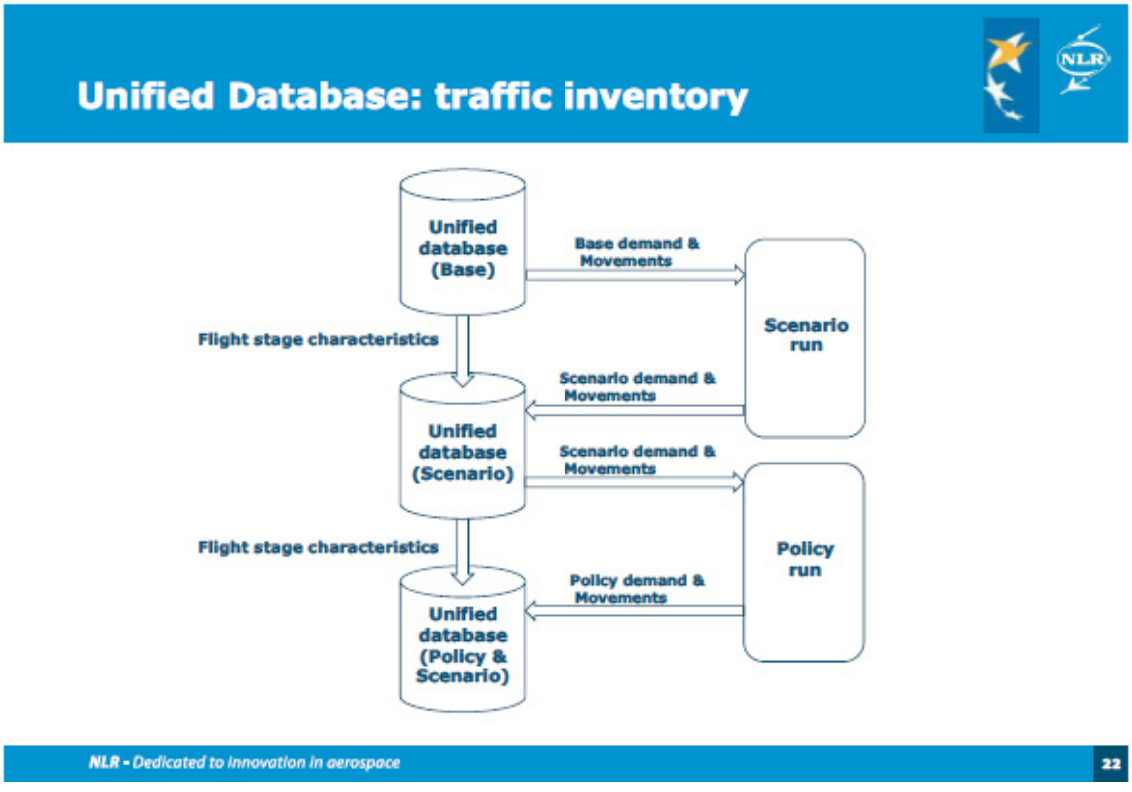


FLEM Sample Flight profile [2/2]






AERO-MS flow chart
Macro-economic, demographic & transport market development
Transport market & technological development
Economic and other measures
Pax fares. Freight rates
Regulatory measures
Air transport demand (pax/ freight)
Revenues of air transport
Technological development
Aircraft technology & fleet build-up
Air transport supply (cap.)
Costs of air transport
Flights by aircraft type & technology
Direct economic effects
Airlines:
- operating costs, revenues, results
- employment
- contribution to gross value added
Operational and other measures
Aircraft flight paths, fuel use and emissions
Government income
Emissions from ground sources
Atmospheric concentrations and environmental effects
Change in consumer surplus and expenses
NLR - Dedicated to innovation in aerospace
21


Unified Database: traffic inventory
Unified database (Base)
Base demand & Movements
Scenario run
Flight stage characteristics
Scenario demand & Movements
Unified database (Scenario)
Scenario demand & Movements
Flight stage characteristics
Policy run
Policy demand & Movements
Unified database (Policy & Scenario)
NLR - Dedicated to innovation in aerospace
22

About scenarios and policy measures

- **Scenario year**
  - Year for which analysis will be done
- **Measure year**
  - Announcement year
  - Effective year
  - Year in which policy starts
- **Compare several policy measure combinations**
  - Linked to one scenario

Type of scenarios

- **Alternative views on the future**
  - Storylines on consistent behavior
  - Quantification
- **Social economic aspects**
  - Population, GDP
  - Function of Aviation, travelling behavior
  - Regional differentiation
  - Usually external inputs
  - From simple extrapolation to complex alternative futures
- **Technology aspects**
  - Fuel flow
  - Emissions
  - Price dependencies
  - Fleet build-up & segmentation (regional, seat band, purpose, age, retirement schemes)

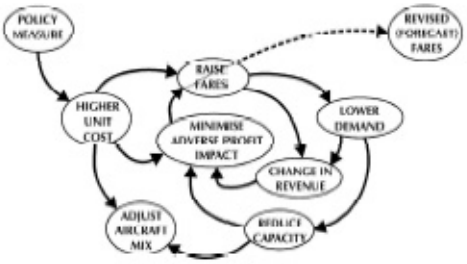
Stakeholder Responses in AERO-MS

Supply side
- Accelerated fleet renewal (forced or financial)
- Accelerated technology shift
- Fleet age/technology shift
- Redistribution fleet mix
- New aircraft capacity shift

Demand side
- Response to ticket prices (passing on cost changes)

Evasive responses
- Fuel tankering
- Fleet mix adjustments

Operational responses
- Adjusting flight path
- Adjusting flight speeds



Cournot Oligopoly

- Multiple airlines all producing homogenous products (economy class, business class)
- Airlines independently decide on seat supply
- Airlines output decision affects the ticket price
- Number of airlines competing on a traffic line are fixed and limited
- Airlines compete in quantities, and choose quantities simultaneously
- Airlines act economically rational and usually seek to maximize profit given their competitors' decisions.

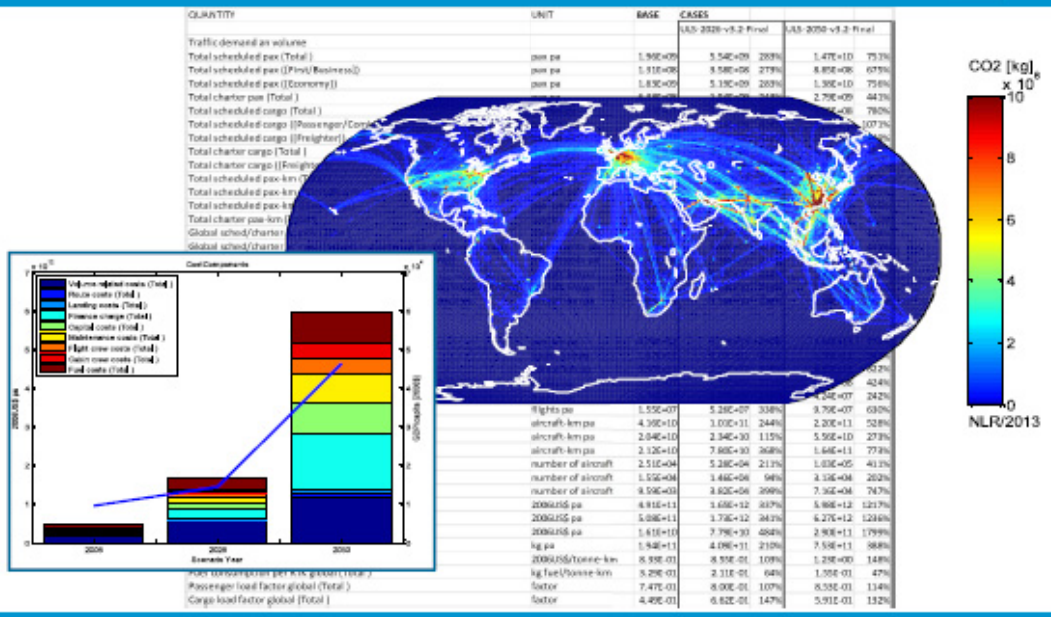
Economic/financial policy examples

- Fuel taxation
- Route charges
- Airport charges
- Ticket taxation applied to airlines
- Value added taxation applied directly to air-service users

Regulatory/operational policy examples

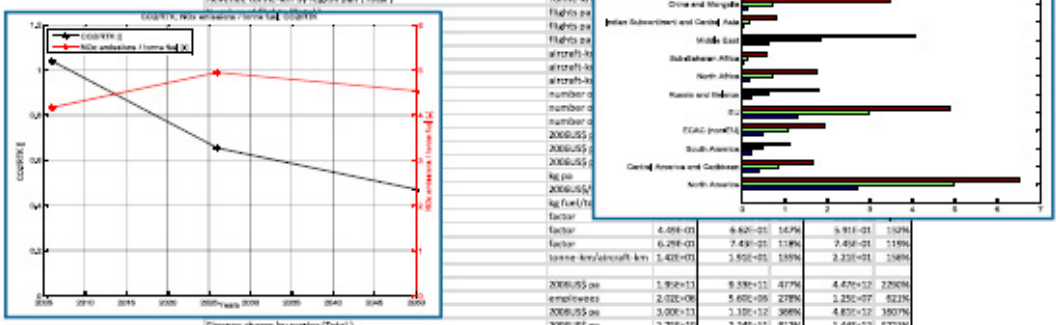
- **Removing older aircraft from the global/regional operational fleet**
  - Based on aircraft certification year
  - Based on aircraft age, purchase year
- **Enforce additional technology improvement**
  - Fuel use stringency
  - Emission stringency
  - Noise stringency
- **Financial incentives: providing a tax credit**
  - Influence purchase price of new aircraft, with latest technology
- **Reduction of air traffic detour and delays**
  - Air traffic management (ATM)
- **Operational adjustments**
  - Flight altitude and speed

NLR visualization of AERO-MS results



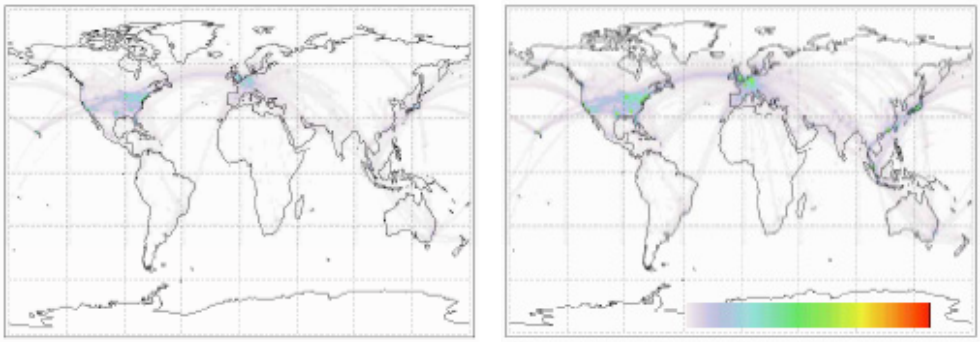
NLR - Dedicated to innovation in aerospace

NLR visualization of AERO-MS results



NLR - Dedicated to innovation in aerospace

FLEM global aviation emissions distributions



AERO-MS: Korean airports and connections



AERO-MS & Airport Environmental Models

Aim: combine global and local assessments

- Global scenario/policy effects on (local) airport environmental noise & emissions
- Local airport environmental assessments

Base case inventory at airport level (recorded)

- AERO: movements & (noise, emissions) properties by fleet segment (seat & range band, technology level)
- Airport model: movements & (noise) properties by actual, detailed aircraft types, runway allocation and routing, flight procedures

Scenario/policy case (future situation)

- AERO: (change in) movements & fleet properties by fleet segment Airport operating in world-wide network (GDP, population, travelling behavior, technology advances, fleet development, costs changes, policies)

AERO-MS – Airport Environmental Noise Model

AERO applicable results at airport by seat & range bands, technology level

- Movements (factor) at airport level
- Technology Advances in noise (certification delta's) at regional level
- Gaseous emissions factors (LTO based)

Mapping procedure AERO to Airport Environmental Noise model

- Adjust properties of detailed aircraft types, according to fleet segment
- Adjust runway allocation, routing and profiles (deal with constraints)

Airport modeling

- Adjust movements & (noise) properties by actual, detailed aircraft types, routing, flight procedures

Evaluation

- **Scorecards and Reports**
- **User defined**
  - User selected set of variables
  - User defined aggregation level
    - Airport, country, IATA region, Region pair, Global
    - Type of travel
    - Generic Aircraft types
    - Aircraft purpose
  - Selected Stakeholders
    - Government
    - Airlines
    - Fleet

Point of Contact:

Dr. Jan Middel
NLR
+31-88-511-3559
Jan.Middel@nlr.nl

Disclaimer:

The publicly available information contained in this document is for general information purposes only. Please contact the above-mentioned person prior to any redistribution or reproduction of part or all of the contents in any form of this document.

Dedicated to innovation in aerospace



LEAS-iT Flight and Taxi Emissions Local Air Quality aspects

Dr. Jan Middel and Paul Brok MScAE

Sustainable Aviation



Local air quality in the Netherlands

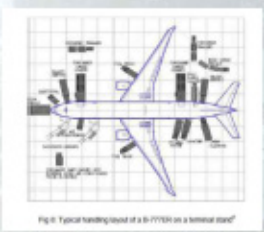
- **Environmental Impact Assessments**
- **Base and Alternative scenarios**
  - Business as usual
  - Alternatives (low and higher growth)
  - Most environmental-friendly alternative (including emission reduction measures)

Airport relevant Emission sources: Airside

- **Aircraft**
  - Main engines
  - APU
  - Tyres, brakes wear & tear
- **Platform service vehicles**
  - Power supply, Towing, Fuel, Catering, Baggage, De-icing, etcetera



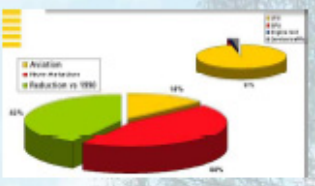



Airport relevant Emission sources: Landside

Airport Internal & External sources:

- Background concentrations
- Cars, buses, other vehicles & vessels on local roads and parking places
- Buildings: heating, cooling, other energy supplies
- Construction works
- Airport maintenance
- Storage and handling of fuel
- Aircraft maintenance & testing
- Fire drills







Airside: Aircraft engine Emissions

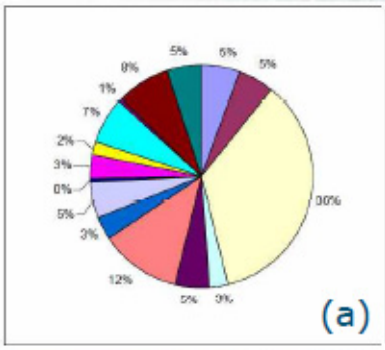
Relevant Emissions

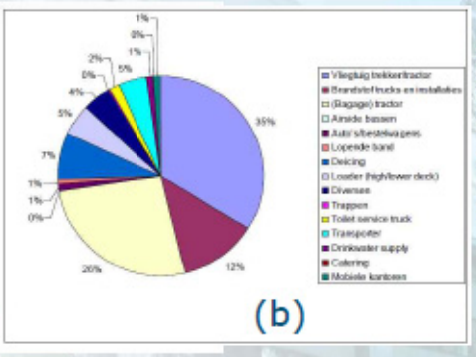
- CO2 (carbon dioxide)
- H2O (water vapor)
- NOx (nitrogen oxides)
- CO (carbon monoxide)
- UHC (unburnt hydro carbons)
- Csoot (soot, coarse particulate matter)
- Particulate matter (fine, ultra-fine)
- SOx (sulphur oxides)



Airside: other emission sources

Typical emissions from platform service vehicles:
CO2, NOx, UHC, CO, SOx & PM





Sample diagrams platform traffic:
(a) % fraction total platform traffic
(b) % contribution to NOx emissions



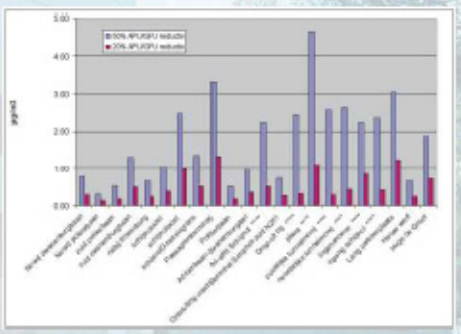



Airside Emission Reduction & Mitigation options (1/2)

Technical reduction options

- Electrical powered platform vehicles
- Alternatives to APU & GPU:
  - Pre-conditioned air units
  - Wall electric power
- Taxiing or pulling
- Departure procedures
- Arrival procedures





Airside Emission Reduction & Mitigation options (2/2)

Operational / policy measures

- Efficient management & use of vehicles
- Efficient airport infrastructure
- Airport carbon accreditation (ACI)



airport carbon accreditation
MAPPING | REDUCTION | OPTIMISATION | NEUTRALITY

+ **MAPPING**
Footprint measurement

+ **REDUCTION**
Carbon management towards a reduced carbon footprint

+ **OPTIMISATION**
Third party engagement in carbon footprint reduction

+ **NEUTRALITY**
Carbon neutrality for direct emissions by offsetting

Landside Emission Reduction & Mitigation Options

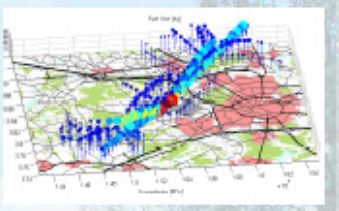
- Green building
- Collect emissions during fuel transfer
- Emission reduction road transport vehicles
- Introduce filters on car exhaust pipes
- Speed reduction on highways
- Rerouting cargo on roads
- Change transport mode to and from airport

Airport	Car (%)	Taxi (%)	Bus (%)	Train (%)	Other (%)
Amsterdam	52	13	6	25	4
Berlin/Tegel	34	45	17	-	-
Brussels	55	20	-	25	-
Köln	64	22	11	-	3
Düsseldorf	65	19	2	14	-
Frankfurt	58	12	3	29	-
Geneva	35	21	10	34	-
Hamburg	52	36	8	-	4
London/Gatwick	55	9	12	24	-
London/Heathrow	46	20	13	20	1
London/Stansted	69	8	10	12	1
Manchester	66	22	4	8	-
Munich	43	8	7	42	-
Paris/CDG	54	14	9	25	-
Paris/Orly	80	16	18	8	-
Zurich	29	8	29	34	-

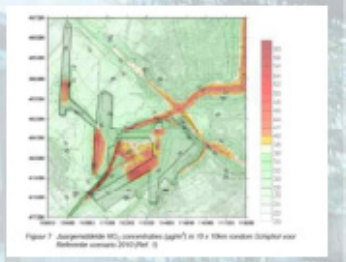
Modelling (with & without measures) of Airport Emissions & Air Quality

Combination van NLR- & KEMA-models

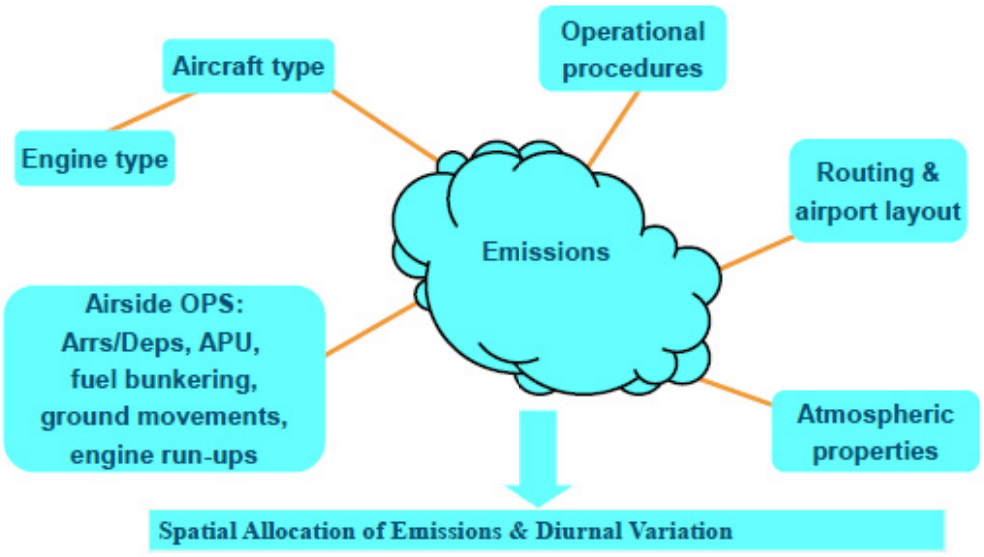
- **NLR LEAS-iT model: 4-D emissions** (lat-lon-altitude-time) emission inventory of aircraft operations
  - including contributions of APU, GPU,
  - Aircraft engine test site and fuel handling

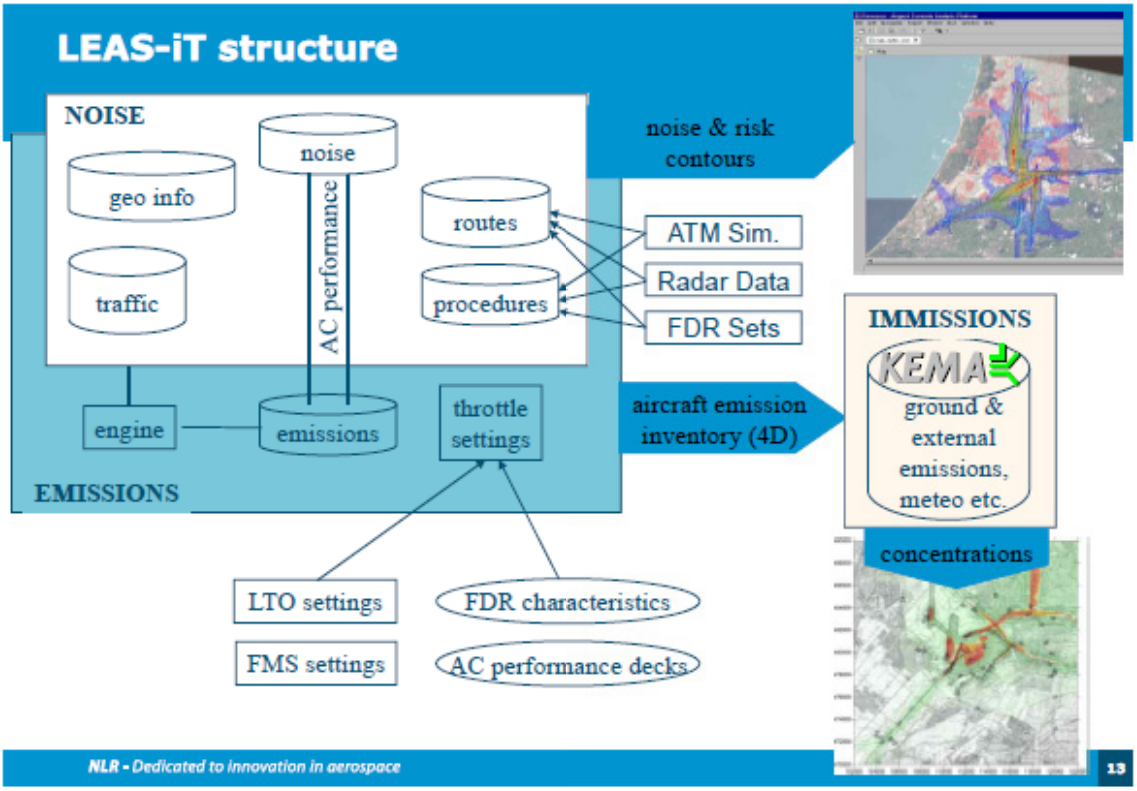


- **KEMA STACKS model: Local Air Quality** (concentrations at ground level) and nitrogen deposition (Natura 2000 areas); Inputs:
  - LEAS-iT outputs & landside source
  - Additional contributions of platform traffic
  - Landside sources



LEAS-iT Aircraft Emission Actors





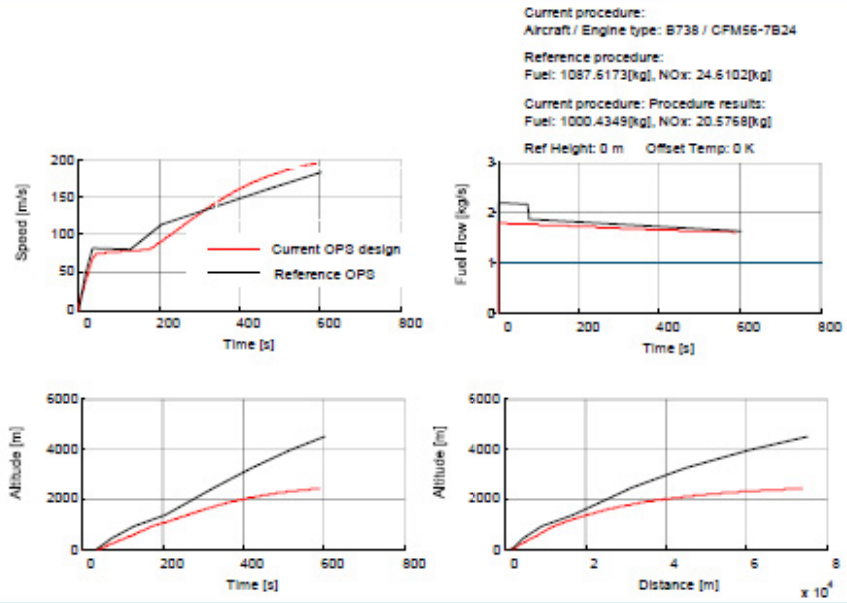
Airside Emissions profiling

- **Aircraft/Engine**
  - NLR & ICAO database (including small engines)
- **Routes & Operational Procedures**
  - Position & Speed: Sources:
    - NLR implementation Netherlands regulatory noise model ENVIRA
    - Radar tracks
    - NLR ATM simulator: NARSIM
    - FDR (AC & simulator)
    - Airport traffic simulation tools (TAAM, AirTOp)
    - NLR aircraft profile design tool
  - Throttle settings:
    - LTO standard
    - LTO extended (FMS derived)
    - FDR derived (generalised & clustered)
    - NLR aircraft profile design tool (performance based)
- **Atmospheric data**
  - NLR database, diurnal variations

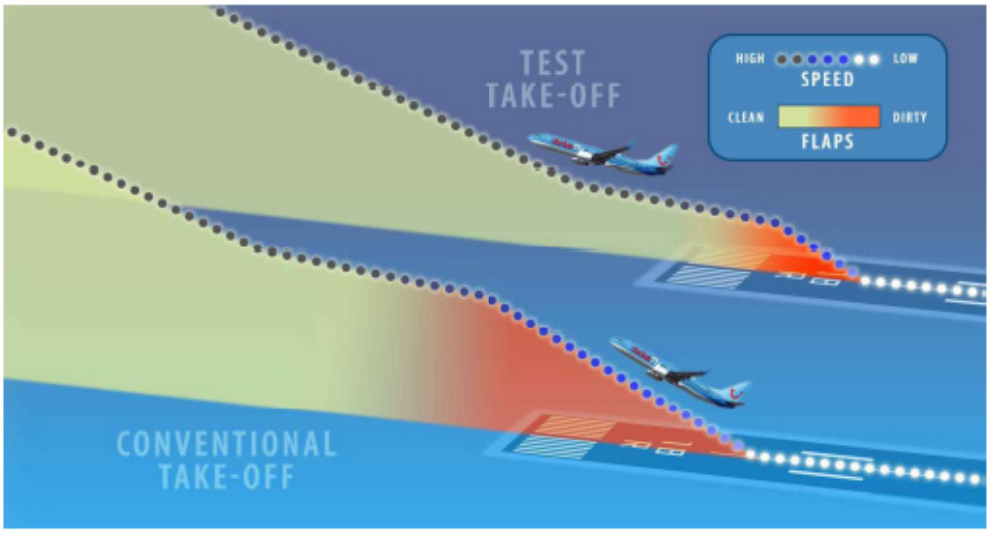
Performance based operations simulation

- **Aircraft performance datasets**
  - Aerodynamics
  - Weights
  - Aircraft flight envelope
  - Thrust and fuel flows
- **Define operation (typically from pilots perspective)**
  - Speed schedule (V2 based)
  - Throttle setting
  - Configuration changes (gear flaps)
  - Weight
- **Resulting flight profile from "pilot" inputs & flight mechanics**
  - Speed
  - Altitude
  - Fuel flow
  - NOx etc. (default: Boeing-2 method, ICAO emissions database)
- **Compare: change, improve...**

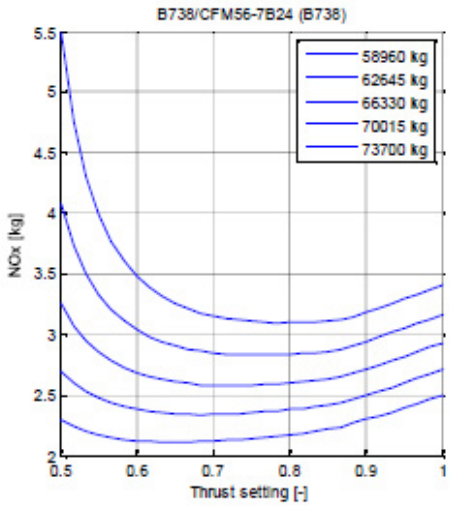
Operations Design Tool: performance based

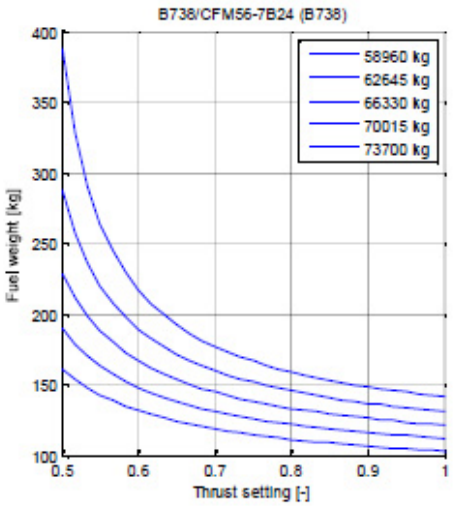


Example alternative departure procedure



Example Profile design: NOx-fuel burn trade-off





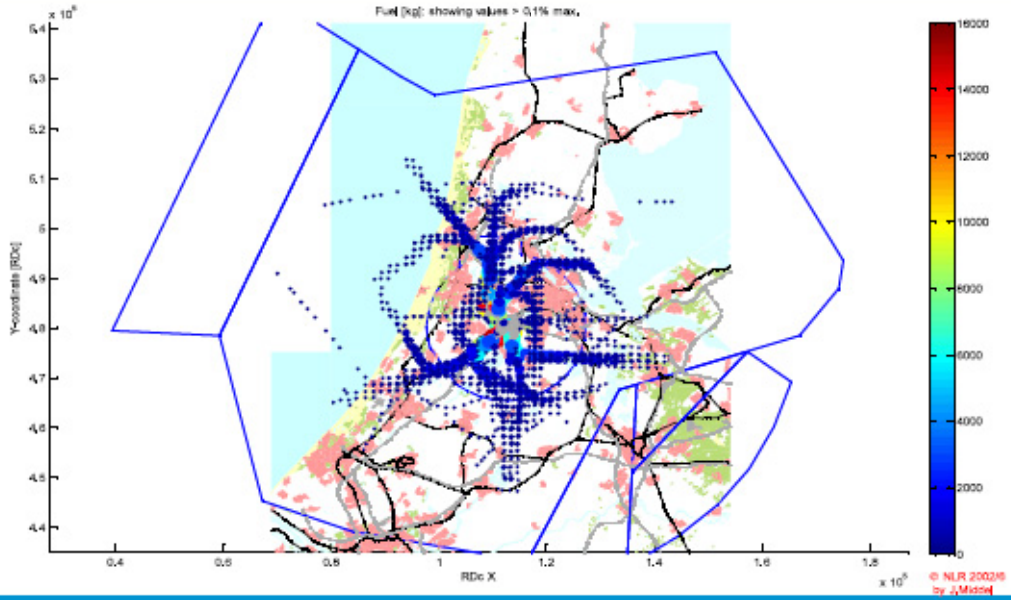
Aircraft emissions calculation and allocation

- **Combine route and profile in 4D**
- **Compute thrust/fuel flow**
  - If input, proceed
  - If not known compute/estimate
- **Compute emissions along flight trajectory**
- **Determine cross sections grid and flight profile**
- **Allocate to grid (including days, hour of day)**

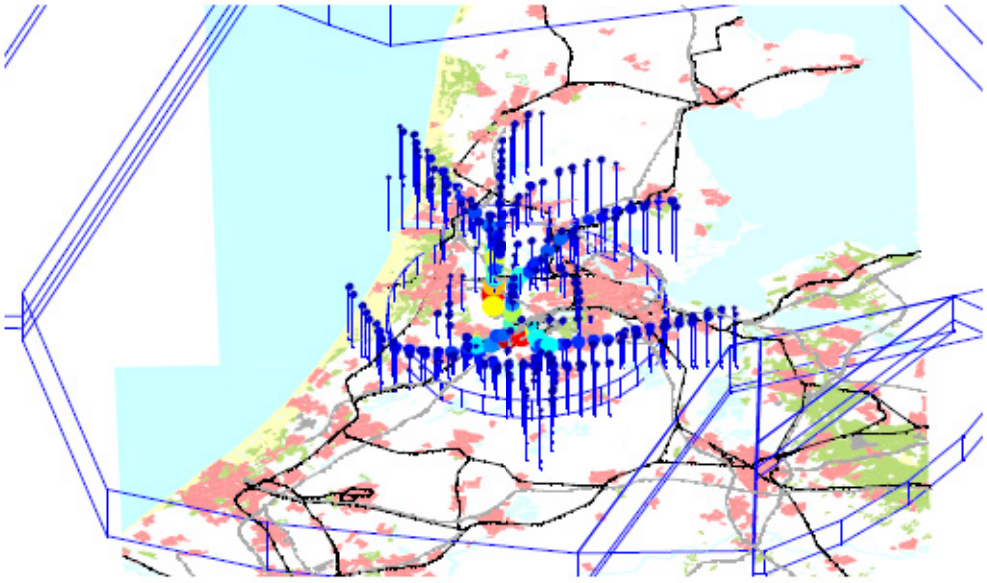
Route modelling

- **Geographical Information System**
- **Aircraft performance based**
  - Speed schedule
  - Turns flight mechanics: ICAO max bank, roll rates, turn rates
- **Starting position & heading, fly to:**
  - Next position (roll-in, turn roll-out, straight)
  - New Heading (roll-in, turn, roll-out)
  - Intercept
    - beacon, radial, intercept angle
    - roll-in, turn, roll-out (at intercept angle), straight, roll-in, roll-out (on radial)

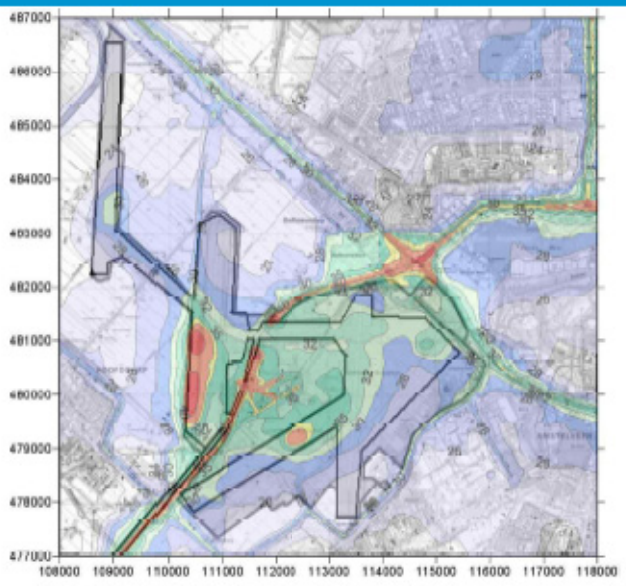
Sample emissions allocation



Sample emissions allocation 3D perspective

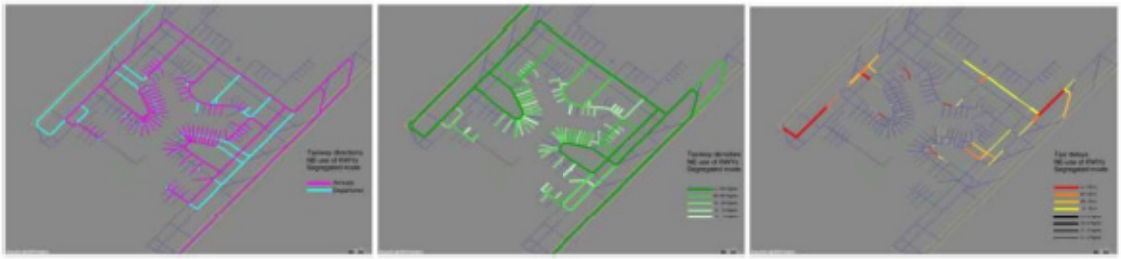


Local Air Quality
Year average concentration NO2 (all sources)



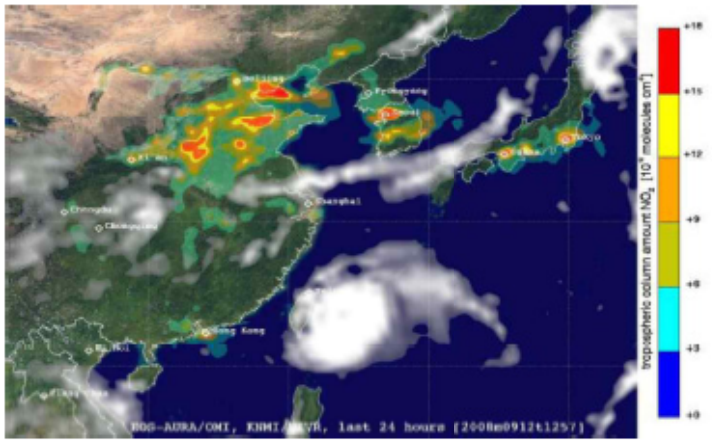
Taxi Simulation Analysis

- **Design and simulate ATM taxi procedures: identify bottlenecks**
  - Check capacity taxi tracks meeting Departure/Arrival schedules
  - Check balance gate and runway allocations
  - Evaluate/minimize taxi delay
  - Find solutions and optimize taxi-operations
- **Convert taxi simulation into emissions**
  - Construct routing, speed schedule for emission model
  - Speed routing schedule sets throttle setting/braking data
  - Convert aircraft-gate classification into aircraft-engine-emissions types



Local Air Quality (LAQ): Immissions

Daily OMI satellite measurements of air pollutants at, for instance, the North-East Asia region

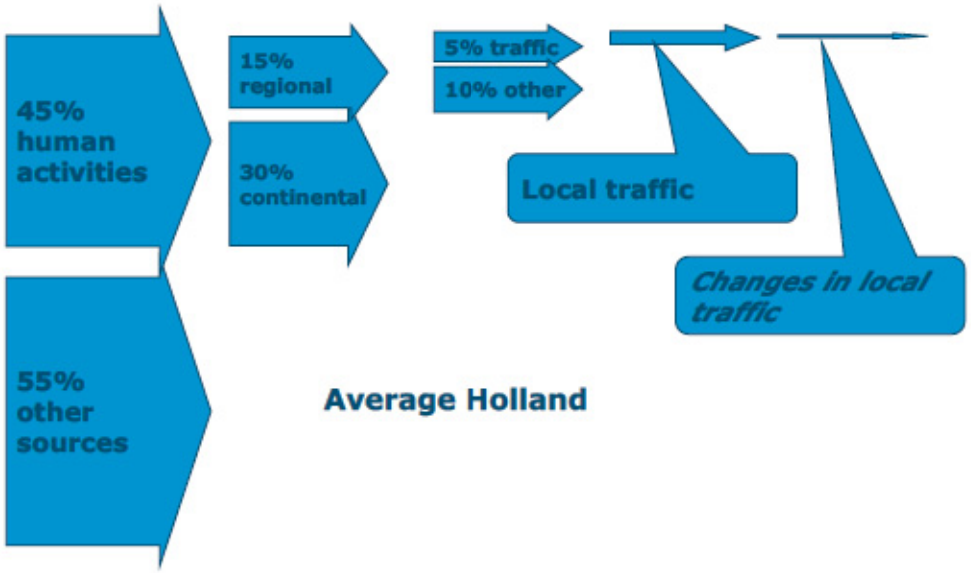


Emission sources relevant for LAQ modelling

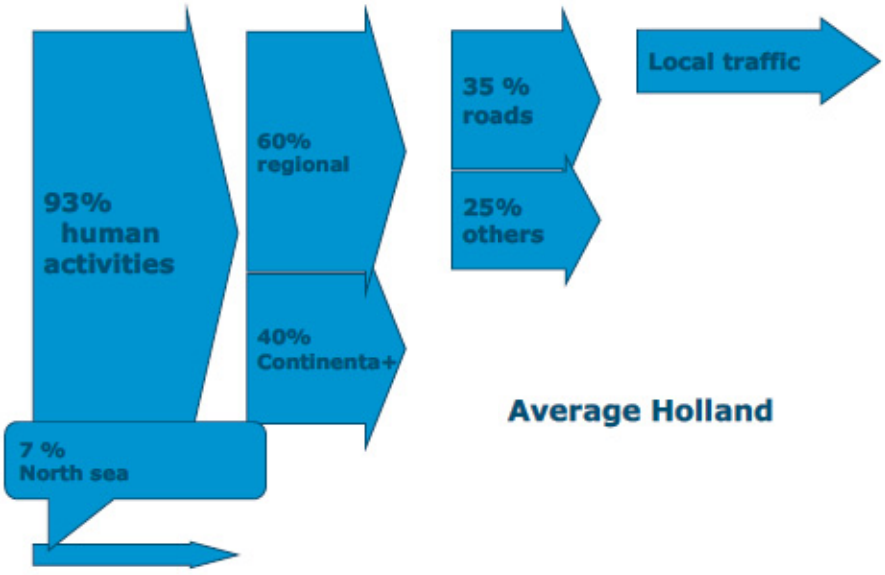
- Industry
- Agriculture
- Traffic
- Consumers
- Power generation
- Natural sources



Break down of PM10 concentrations



Break down of NO2 concentrations



LAQ modelling: input data

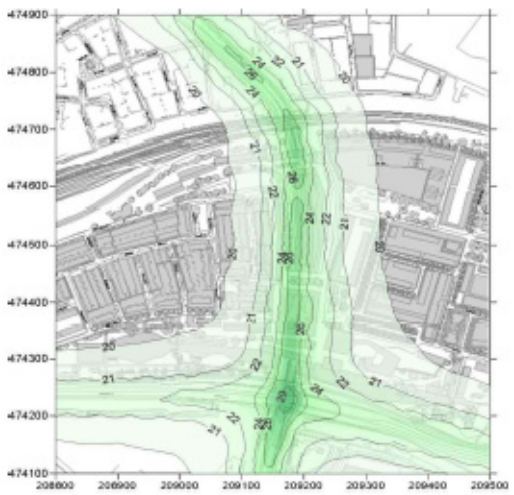
- Emissions (industry, traffic incl. aircraft, etcetera)
- Traffic intensities (cars, aircraft)
- Meteorology
- Airport information (gates, runways, etcetera)
- Background concentration

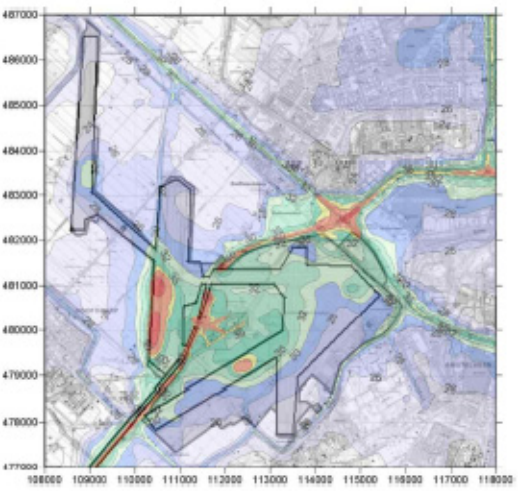
LAQ modelling: meteorology

- Wind direction
- Wind speed (10 m, 60 m)
- Cloud cover
- Global radiation
- Temperature
- Precipitation
- (vertical temp-profile)

- For STACKS: hourly values, several years

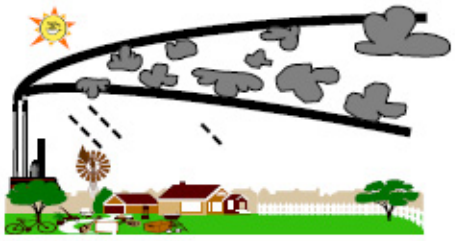
LAQ model output: contours of concentrations





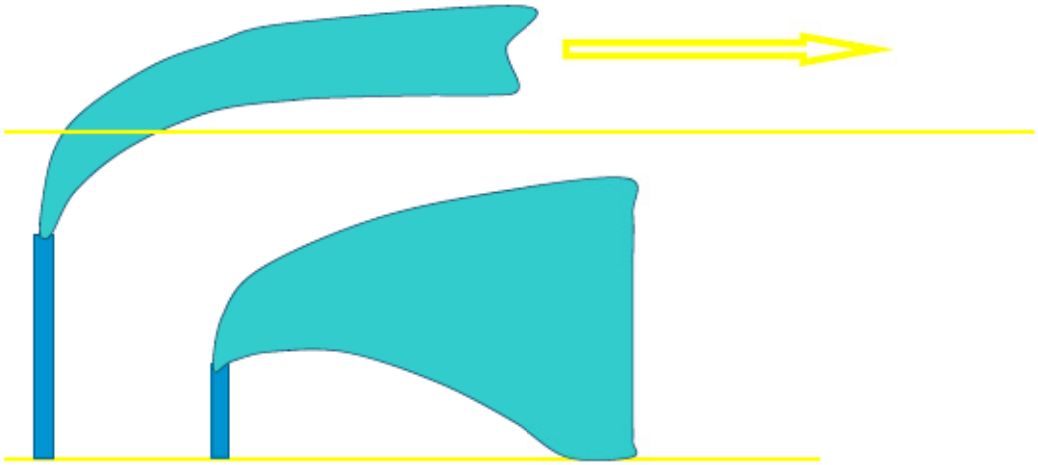
STACKS: Basics

- Gaussian Model consensus model
- Modern atmospheric physics (Monin-Obukhov theory)
- - stationary sources
  - point sources
  - surface sources
  - (traffic / aircraft)
- Building influences
- Validated
- Hour-by-hour calculation of 5 years meteorological input



Methods

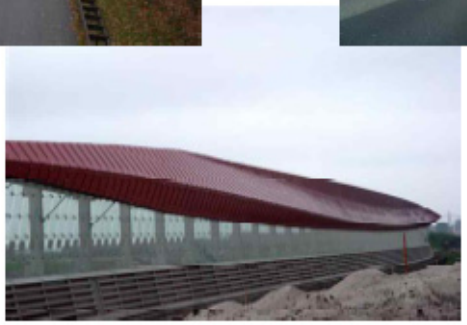
- **Inversion penetration: determined by height of mixed layer + plume rise / penetration**



Sample Technical Measures [1/2]

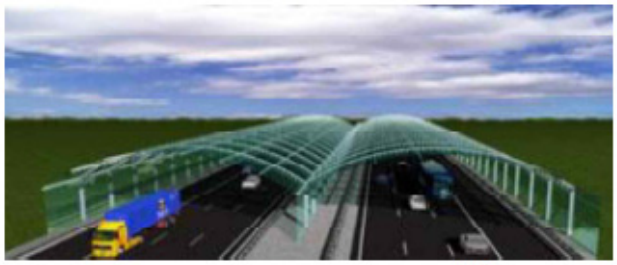






Sample Technical Measures [2/2]

Advanced shielding and air quality treatment



Movares



Thank you

부록 4 국외출장 결과 보고서

국외출장 보고서

- 네덜란드 NLR의 Environmental Tool 에 대한 조사·분석 -

2015. 2.

KOTI 한국교통연구원 THE KOREA TRANSPORT INSTITUTE

1. 출장개요

□ 목적

○ 본 원에서 수행 중인 "항공 온실가스 산정 및 예측시스템 개발(1차년도)"의 주요과업인 온실가스 산정과 온실가스 감축수단별 감축량 예측 프로그램 개발 및 정부 정책 수립을 위한 항공온실가스 산정 및 예측 프로그램 기능 분석을 위해, 유럽의 대표적인 네덜란드 항공교통전문연구기관인 NLR에서 개발한 항공온실가스 산정 모델인 LEAS-iT와 탄소배출권거래제(ETS) 대응 및 온실가스에 대한 항공정책 분석툴인 AERO-MS 조사·분석 및 네덜란드 정부(Ministry of Infrastructure and Environment)의 전반적인 항공온실가스의 정책 시나리오 등 자료 수집을 위함

- NLR LEAS-iT의 역할 및 기능 조사·분석
- NLR AERO-MS Tool의 기능/요구사항/정책 반영 과정
- 네덜란드 정부/연구기관/항공사/공항의 항공온실가스관련 역할

□ 출장지 및 기간

○ 출장지: 유럽의 항공교통전문연구기관인 NLR(네덜란드 암스테르담 소재), 네덜란드 MoIE(Ministry of Infrastructure and Environment) (네덜란드 헤이그 소재)

○ 기간 : 2015. 2. 22. ~ 2. 27.(4박6일)

□ 출장자

○ 한재현 연구위원

	성 명	소속	직 책	출장기간	업무수행 내용
1	한재현	교통연구원	연구위원	2.22~ 2.27.	- NLR LEAS-iT Emission 모델 기능 조사·분석 - NLR LEAS-iT 개발과정에서 획득된 노하우 및 경험 습득 - NLR AERO-MS Tool의 온실가스 감축 정책 반영과정 프로세스 조사·분석 - 네덜란드 정부의 항공온실가스 정책 활용방안 조사

2. 협의 내용

○ 네덜란드 항공교통전문연구기관인 NLR에서 개발된 온실가스 배출 산정 모델인 LEAS-iT의 주요 기능 및 개발과정 협의

○ NLR LEAS-iT 전반적 모델링 설명 및 서브시스템 간 연동 방안 협의

○ NLR의 온실가스 감축량 산정 Tool인 AERO-MS의 주요기능 및 개발과정 협의

- LEAS-iT와 AERO-MS의 연계 활용 방안 및 차이점

- 온실가스 산정 Tool과 툴을 활용한 정부정책 분석/지원 활동

○ 유럽의 온실가스 현황 및 동향

- 유럽의 온실가스회의 이슈

- 각국에서 사용하는 온실가스 산정 프로그램의 장단점

○ 항공사(KLM)의 온실가스 배출량에 대한 관심 및 호응도

○ 유럽 정부 입장에서 온실가스 정책지원 방법 및 온실가스

이행계획 수립 시 감축량 예측 방안

- 정부에서 온실가스 저감정책 결정위한 의사결정모델 및 과정
- 국가이행계획 수립 시 감축량 예측 방법 및 감축기술 선정 방법
- 현 시점 온실가스 배출량을 저감할 수 있는 감축기술 및 산정 방법

3. 출장 일정

일 자	장 소	내 용	참 석 자
2. 22(일) 14:30~(예정)	서울 인천공항⇒ 암스테르담 스키폴공항	- 출국 및 암스테르담 도착	한재현
2.23(월) 09:00~	NLR	· 한국교통연구원 부서별 연구 소개 · 한국의 온실가스 감축이행계획 소개 · 한국의 온실가스 산정 및 감축량 예측시스템 개발 계획 발표 · 온실가스 배출 산정 모델인 LEAS-iT의 주요 구성/기능 및 개발과정 협의	한재현 Louis Aartman Emy LAP Ab Hoolhorst
2.24(화) 09:00~	NLR	· NLR의 LEAS-iT의 온실가스 배출량 산정 방안 · NLR의 AERO-MS Tool의 주요 구성/기능 및 의사결정 과정	한재현 Louis Aartman Emy LAP Ab Hoolhorst
2.25(수) 09:00~	NLR	· NLR의 LEAS-iT와 AERO-MS 연계 활용 산정 방안 · NLR의 AERO-MS Tool을 활용한 정책 반영 및 국가 이행계획 수립 방안	한재현 Louis Aartman Emy LAP Ab Hoolhorst Roel Hogenhuis Michael Arntzen Alfred Roelen
2.26(목) 08:30~	MoIE (헤이그) 기차 이동	· 한국의 온실가스 감축이행계획 소개 · 항공온실가스 정책관련 협의(Ministry of the Infrastructure and Environment)	한재현 Emy LAP ELs de Wit Michael Lunter Rob van der Boom
20:15	암스테르담 스키폴공항	- 현지 출발	
2.27(금) ~ 14:55	서울	- 귀국	한재현

4. 주요 협의사항

□ 의제 1 : 한국교통연구원 및 주요 연구활동 발표

○ 한국교통연구원 부서별 주요 연구활동 소개

(1) 국정교통연구본부

- 기후변화대응, KTX경제권, 미래사회구조 등 신성장 융합기술을 모색하고 새로운 교통기술의 발전에 따라 변화하는 교통관련 기술 및 관련 정책현안 연구

(2) 종합교통연구본부

- 일상생활과 밀접한 대중교통 활성화 등 녹색교통 관련 정책 개발 및 운영기관 합리화 등에 관한 연구. 특히 탄소시대에 대비한 친환경 교통수단의 활성화 및 지속가능한 교통계획 수립에 관한 연구와 교통부문의 사회통합을 위한 관련 연구

(3) 철도교통연구본부

- 지속가능한 국가교통체계 구축에 주도적 역할을 담당하는 철도교통의 발전을 위하여 정책 연구와 기술 개발

(4) 도로교통연구본부

- 도로정책과 기술을 연구·개발하여 국가/지방자치단체의 간선도로망 구축 및 운영정책에 필요한 논리적 근거와 객관적 자료 제시.
- ITS 기술 개발 및 안전·방재·자전거관련 연구를

수행하여 도로의 효율성 강화, 도로의 지속가능성 증진, 그리고 교통사고와 각종 재해로부터 국민을 보호할 수 있는 정책 개발

(5) 항공교통연구본부

- 항공교통정책과 공항개발 중장기 계획, 항공교통 및 공항 안전기준, 항공기 소음 및 배출가스저감 방안 등 항공교통산업에 대한 연구
- 항공교통 신기술 개발 및 동향 분석 및 국내적응 방안에 관한 연구

(6) 물류연구본부

- 21세기 글로벌 경쟁시대를 맞아 물류산업이 고부가 가치를 창출하는 국가의 신성장동력으로 자리잡고, 저비용 고효율의 첨단화된 녹색물류체계 구축을 통해 제조업, 유통업, 농·수산업 등 우리나라 주요 산업의 국제경쟁력이 한 단계 발전할 수 있는 국가 물류정책 수립 전반에 관한 연구
- 를 수행하고 있으며, 궁극적으로 물류기술 및 물류시장 선진화 기반을 조기에 확립하고 국가경쟁력을 강화시키기 위한 연구

(7) 국가교통DB센터

- 미래 사회 변화에 대한 교통부문에서의 대응 전략을 구축하기 위하여 종합적이고 표준화된 국가교통DB를 구축·관리하며, 교통투자사업의 정책수립 및 평가를 지원하고 국가교통체계의 효율적인 구축방향과 미래 메가 트렌드를 분석하고 교통 부문의 이슈선정을 통한 정책적 대응 전략 제공

○ 항공교통연구본부 주요 연구 소개

- PBN 비행절차 및 안전평가 연구
- 항공교통흐름관리기반 효율적 공역활용 방안 연구
- ASBU 국내적용방안 연구
- 항공 온실가스 산정 및 감축 연구
- 시스템 안전기반 항공안전감독 연구

○ 항공 온실가스 산정 및 감축방안 연구 소개

(1) 한국의 기후변화에 대한 항공 정책

- 2008년 : 기후변화 항공부문 대응팀 구성
  (항공사, 공항공사, 정부, 연구기관 등)
- 2009년 : 항공부문 온실가스 DB 구축 시작
- 2010년 : 항공 온실가스 감축에 대한 자발적 협약 체결(항공사는 감축이행계획을 정부에 제출)
- 2011년 : 온실가스 목표관리제 도입
- 2015년 : 탄소배출권거래제 도입(온실가스 목표관리제가 탄소배출권거래제로 대체됨)

(2) 항공온실가스 산정 및 감축량 예측 시스템 개발 계획 설명

- 제 1세부 : 온실가스 인벤토리 DB 플랫폼
- 제 2세부 : 온실가스 산정 모듈
- 제 3세부 : 온실가스 감축량 예측 모듈

□ 의제 2 : LEAS-IT, 온실가스 산정 및 공항주변 온실가스 분포 모델링 협의

○ 공항주변 대기질 영향인자
- 항공기종, 엔진기종, 운영절차, 비행궤적, 대기성분, 에어사이드 운영(항공기 출도착, APU, 연료방출, 지상이동, 엔진워밍 등), 시간별 온실가스 확산

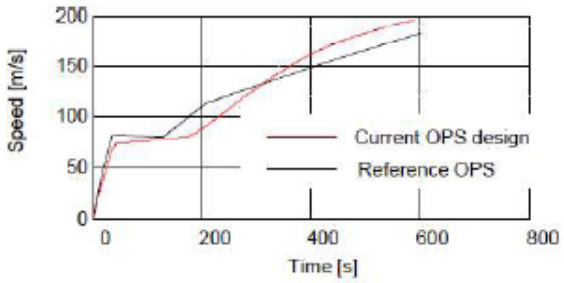
○ LEAS-iT 구성
- 소음분석모듈, 온실가스 배출량 산정모듈, 항공온실가스 인벤토리(4D), 기상데이터, GIS 등

○ Airside 온실가스 배출량 산정시 입력 데이터
- 항공기/엔진 성능 데이터
(NLR & ICAO DB)
- 항적 및 운영절차
(RADAR 자료, ATM 시뮬레이터, FDR, TAAM, 항공기 형상설계 툴)
- 추력 설정
(표준 LTO, FMS, FDR, 항공기 형상설계 툴)
- 기상데이터
(NLR DB)

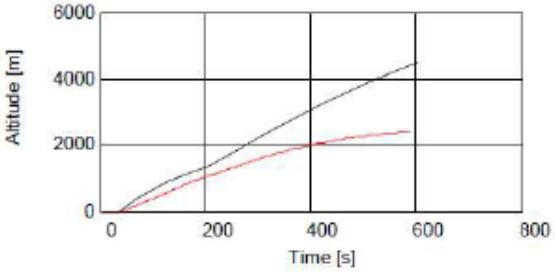
○ 항공기 성능기반 운항 시뮤레이션
- 항공기 성능 데이터
(항공역학, 중량, 비행포켓, 추력-연료량)

- 조종사관점 운항 정의
  (비행속도계획, 추력설정, 랜딩기어/플랩 구성 변화, 중량)
- 비행형태에 따른 결과
  (항공기 속도, 고도, 연료소모량, NOx 등)
- 산정결과 비교 및 개선

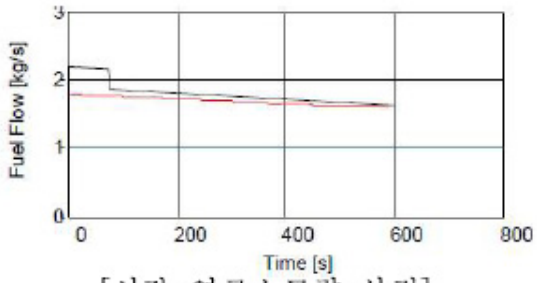
○ 항공기 성능기반 운항설계 툴
- 항공기/엔진 기종 : B738/CFM56-7B24 고려
- 기준 설차 : 연료 1087.6 Kg, NOx :24.6 Kg
- 현 절차 결과 : 1000.4 Kg, NOx : 20.5 Kg



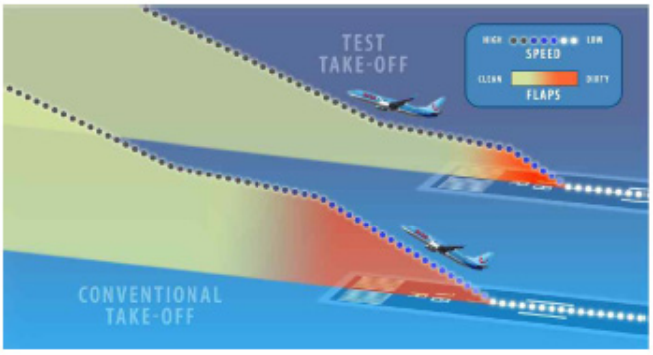
[시간-비행속도 산정]



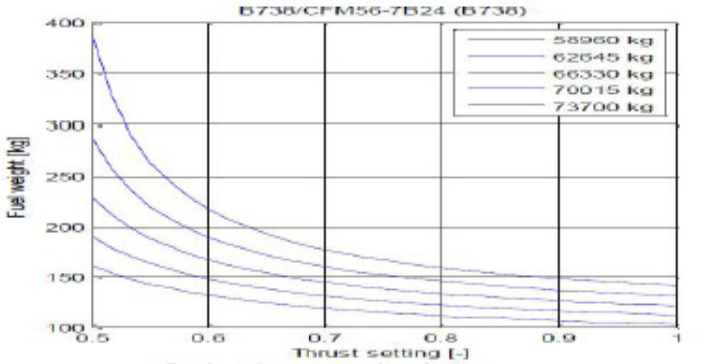
[시간-고도 산정]



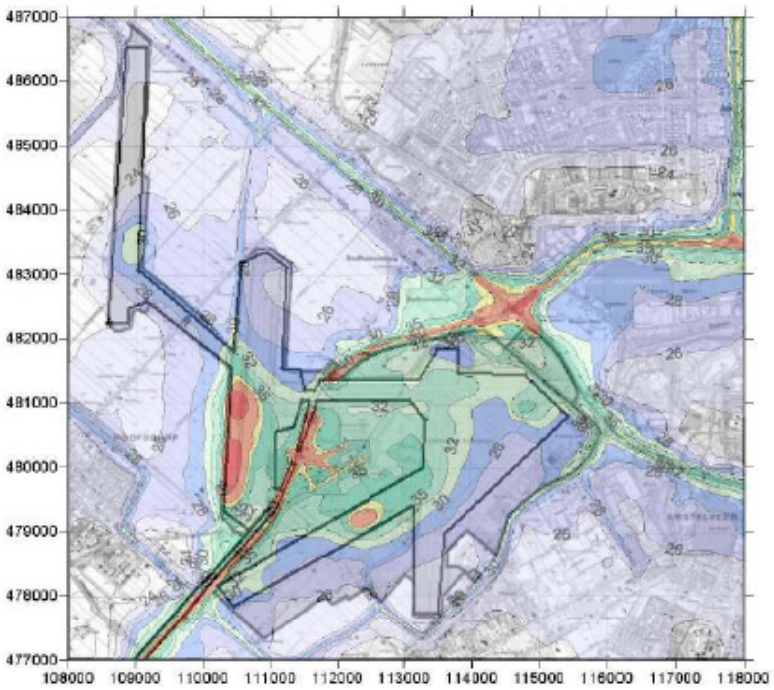
[시간-연료소모량 산정]



[시간-이륙시 온실가스/유해물질 배출량 농도]



[추력-연료소모량 산정]



[공항주변 온실가스 분포 모델링]

□ 의제 3 : AERO-MS, 온실가스 산정 및 의사결정 지원 툴 협의(AERO-MS: Aviation Emissions and evaluation of Reduction Options Modeling System)

○ AERO-MS 주요 특징

- 온실가스 산정 및 의사결정 지원 툴로 경제적, 환경적 영향을 시나리오별로 분석하여 국제/국내 항공온실가스 감축에 활용
- 온실가스 감축을 위해 규정, 기술, 운항, 시장기반감축(Market-based measures) 포함

- 비용/편익 분석을 통한 Stakeholder의 대응평가

○ AERO-MS 산출 범위
- Background 시나리오
- 정책적 감축 수단별
- 지역별/전 세계의 구역별

○ 항공기 구분
- 좌석수, 항속거리, 기술수준 등 기단 구분

○ 항공기 사업별 수요 구분
- Business, Economy, Low Cost
- 여객, 화물
- 정기, 부정기(전세기)

○ 항공사별 구분
- 항공사 운항 지역(origin)별 구분

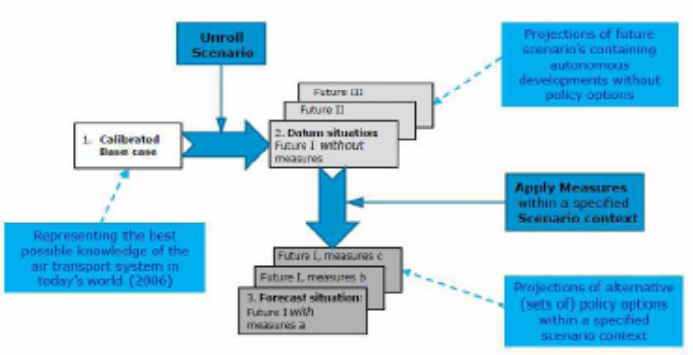
○ AERO-MS Output
- 미래 수요 예측
- 전세계적/지역별 항공수요, 운항수, 기단, 연료량, 운항 비용, 매출량, 온실가스 배출량(CO2, NOx, SO2 등)

○ AERO-MS Database 소스
- Eurocontrol의 WISDOM DB(26억명 여객 여행,

4700 Billion RPK, 158 billion RTK)로부터 3310만 민간 운항회수 포함하며 123,025 공항간 이착륙 고려

- IATA와 ICAO의 항공사 비용, 운임 데이터 활용
- Eurocontrol의 PRISME Fleet 2, OAG Fleet Database, ICAO Emissions Databank를 활용(전세계 항공기 기단, 항공기 성능 및 온실가스 인벤터리 산출용)

○ AERO-MS 모델링

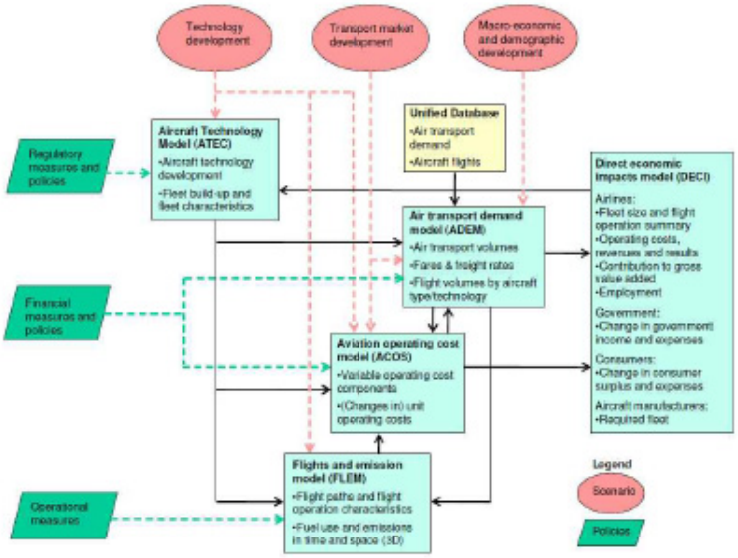


- 2006년기준 항공교통시스템 적용하며, DB 보완
- 각종 시나리오 구성
  (1) 미래모형 시나리오 1 : 감축 조치없는 경우
  (2) 미래모형 시나리오 2
  (3) 미래모형 시나리오 3
  * 정책업션없이 미래모형 시나리오 생성

- 각종 조치를 고려한 시나리오 구성
  (1) 미래모형 시나리오 a : 감축 조치 a
  (2) 미래모형 시나리오 b : 감축 조치 b
  (3) 미래모형 시나리오 c : 감축 조치 c
  * 대안 정책업션 고려하여 미래 시나리오 생성

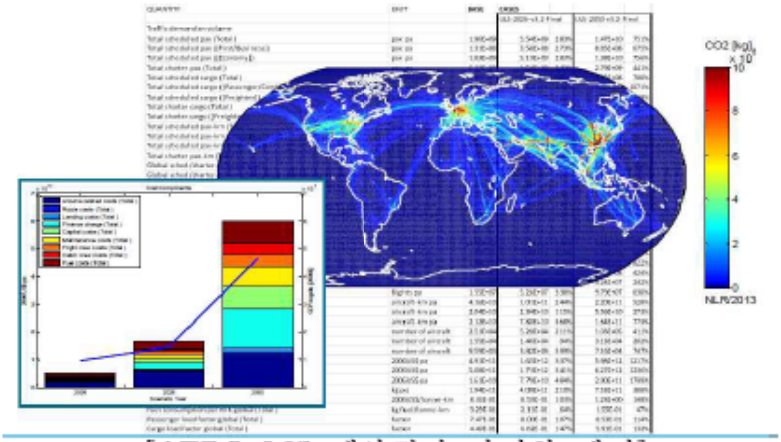
○ AERO-MS 모듈 구성
- ATEC : Aircraft Technology Model
  (항공수요예측모듈인 ADEM와 항공기운항비용 산출모듈인 ACOS를 사용하여 기단 및 항공기 성능 등 산출)
- ACOS : Aircraft Operating Cost Model
  (항공기 운영비용 산출 및 항공수요예측모듈인 ADEM에 적용될 항공기비용 변경 계산)
- ADEM : Aircraft Demand Model
  (항공기 비용변화에 따른 항공수요 영향 예측, 항공수요예측 생성)
- DECI : Direct Economic Impact Model
  (온실가스 산정 및 예측 결과값 메트릭스 산정 및 연계하여 의사결정 지원)
- FLEM : Flights and Emissions Model
  (세부적인 항공기 운영 및 위치별 온실가스 배출량 분포 산정)

○ AERO-MS 기능 흐름도

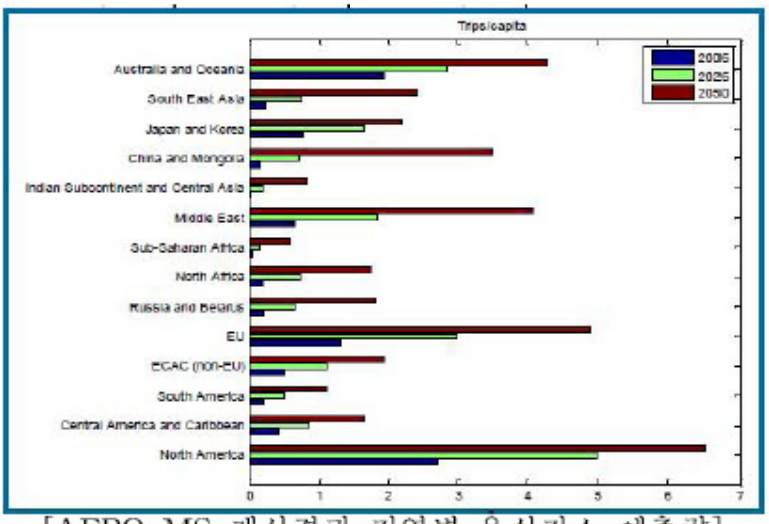


[AERO-MS의 기능 흐름도]

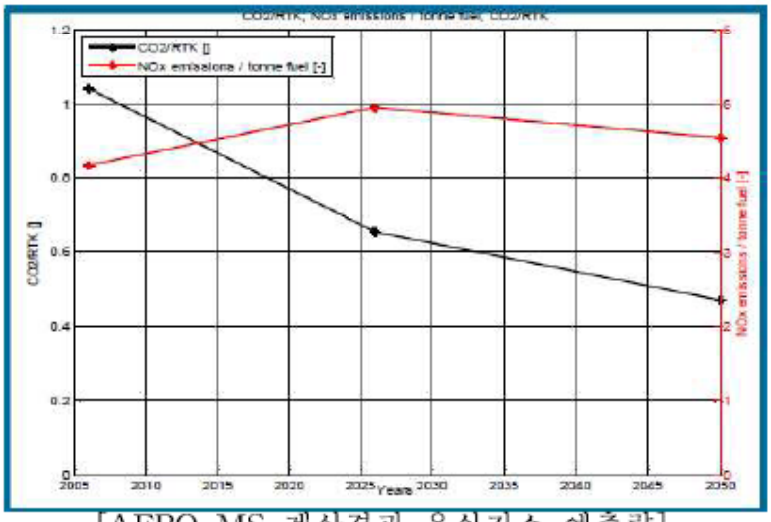
○ AERO-MS 결과



[AERO-MS 계산결과 가시화 예시]



[AERO-MS 계산결과_지역별 온실가스 예측량]



[AERO-MS 계산결과_온실가스 예측량]

□ 의제 4 : 항공 환경 정책 및 국가 이행계획 수립 방안 협의

○ Ministry of Infrastructure and Environment(I&E) 소개
- I&E부처는 3개 섹션으로 구성 : 정책(Policy)섹션, 집행(Implementation)섹션, 검사(Inspection)섹션
- 정책섹션에는 이동/교통국(Directorate-General for Mobility and Transport), 공간개발/수자원국(Directorate-General for Spatial Development and Water Affairs), 환경/국제업무국(Directorate-General for the Environment and International Affairs)로 구분
- 2008년에 교통부처와 환경부처가 통합되어 I&E 부처가 설립됨 : 교통정책과 환경정책이 통합되어 일원화됨.

- 환경/국제업무국(Directorate-General for the Environment and International Affairs)은 다른 국과들과 협력하여 네덜란드 환경문제를 고려하여 건강하고 안전한 삶의 환경 개선업무 수행.

* 환경/국제업무국의 주요 정책이슈사항
  - 건실한 환경(Sound Environment)
  - 기후와 지속성장(Climate and Sustainability)
* 항공부문 전략
  - 혁신적인 항공기 기술/운항과 인프라, 지속적

인 바이오연료 소스/생산/운반 관련 개발 등을 통하여 효율성 향상 목표
- 주기적 전략 update는 매 3년 혹은 4년마다 수행하여 신기술 접목과 추가적인 수단 활용.

- 네덜란드정부의 환경/국제업무국(Directorate-General for the Environment and International Affairs)는 유럽공동체(EU)와도 협력하여 항공환경문제를 다루지만 우리나라의 국토부/환경부와 MoU 추진 등 국제 협력 강화 제안함.

□ 의제 5 : KOTI-NLR 국제협력 방안 협의

○ 항공 온실가스 산정 및 배출량 감축 예측 툴 개발 분야
- KOTI-NLR 국제세미나 개최 (2015년 4월-5월중)
- AERO-MS 데모(한국 지역의 온실가스 산정)
- NLR 온실가스 전문가 1인 초청(제반 경비 KOTI 부담)
- KOTI-NLR 공동연구 방안 구체화

○ 시스템기반 항공안전감독 지원기술 개발 분야
- NLR에서 개발한 시스템기반 항공안전감독 지원기술인 CATS 소개 및 협력을 위한 NLR 전문가 추천함

○ 온실가스 국가이행계획 분야
- 네덜란드 정부의 교통/환경부는 온실가스관련 우리나라의 국토부/환경부와 MoU 추진 등 국제 협

력 강화 제안함.

부록 5 TTA 문서검증 결과서

체계종합 OCD					
순번	문서명	대분류	소분류	결함요약	결함 설명
1	시스템요구사항 명세서	요구사항 명세서 구조분석	일관성	기능요구사항 일관성오류	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합_KOTI, p7,27] 'SYS-002'와 'PER-002' 는 같은 요구사항에 대해 다른 항목으로 중복 제공됨
2	시스템요구사항 명세서	요구사항 명세서 구조분석	일관성	기능요구사항 일관성오류	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합_KOTI, p32,33] 요구사항 'DAR-001' 과 'DAR-002' 는 상호 일관성이 있어야 함 -'DAR-002'의 데이터와 'DAR-001'의 데이터 베이스 구축이 서로 연계되어 일관성 있게 기술되어야 함
3	시스템요구사항 명세서	요구사항 명세서 구조분석	일관성	기능요구사항 일관성오류	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합_KOTI, p36~37] 요구사항 'COR-001', 'COR-002', 'COR-003', 'COR-004' 는 요구사항 정의와 세부 내용에 일관성이 없음 - 세부 내용이 제약사항이 아닌 시스템 요구사항, SW요구사항, 프로젝트 관리 요구사항 등에 해당하는 내용으로 구성됨
4	시스템요구사항 명세서	요구사항 명세서 구조분석	완전성	상세정보 미제공	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합_KOTI] 모듈별 요구사항이 일부 내용만 제공됨 -기능, 성능, 인터페이스, 데이터 등의 요구사항이 모듈별 상세 정보가 제공되지 않음
5	시스템요구사항 명세서	요구사항 명세서 구조분석	추적성	출처 정보 미제공	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합_KOTI] 문서전반에 걸친 요구사항이 '운용개념기술서' 와 '소프트웨어개발계획서'에 일관성있게 추적되지 않음
6	시스템요구사항 명세서	개별요구사항 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합_KOTI] 문서 전반적으로 개별 요구사항에 우선순위, 중요도, 위험도 속성정보가 제공되지 않음
7	시스템요구사항 명세서	개별요구사항 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합_KOTI] 문서 전반적으로 개별 요구사항에 품질정보가 구분되어 있지 않음
8	시스템요	개별요구	완전성	상세 정보	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합

	구사항 명세서	사항 내용분석		미제공	_KOTI] 문서 전반적으로 개별 요구사항에 관련 소스나 관련 산출물 등 추적정보가 제공되지 않음
9	시스템요 구사항 명세서	개별요구 사항 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합_KOTI, p8] 요구사항 'FUR-CM-001'은 보고서 제공에 대한 요구사항으로 보고서의 종류와 형태 및 양식에 대한 산출물 정보가 구체적으로 서술되어야 함
10	시스템요 구사항 명세서	개별요구 사항 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합_KOTI, p10] 요구사항 'FUR-CM-002' 그래프 기능에 포함되어야 하는 필수 INPUT과 OUTPUT에 대한 정보가 제공되어 있지 않음
11	시스템요 구사항 명세서	개별요구 사항 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합_KOTI, p14] 요구사항 'FUR-E1-001' 의 배출량 산정 근거 및 기준에 대한 정보가 제공되지 않음
12	시스템요 구사항 명세서	개별요구 사항 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합_KOTI, p21] 요구사항 'FUR-E2-003' 의 온실가스 산정 기준 및 단위, 현재 비용가치 변환 기준 등의 상세 정보가 제공되지 않음
13	시스템요 구사항 명세서	개별요구 사항 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합_KOTI, p22] 요구사항 'FUR-E3-001' 의사결정에 대해 영향을 미치는 외부 요인이나 전제조건에 대한 정보가 제공되지 않음
14	시스템요 구사항 명세서	개별요구 사항 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합_KOTI, p27] 요구사항 'FUR-E4-001' 의 표준 데이터에 대한 상세 정보가 제공되지 않음
15	시스템요 구사항 명세서	개별요구 사항 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합_KOTI, p28] 요구사항 'PER-003' 의 SQL 튜닝에 대한 근거 및 상세 절차가 제공되지 않음
16	시스템요 구사항 명세서	개별요구 사항 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합_KOTI, p30] 요구사항 'QUR-003' 의 Full, Short 버전에 대한 범위 정보가 제공되지 않음
17	시스템요 구사항 명세서	개별요구 사항 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합_KOTI, p31] 요구사항 'SIR-001' 의 '사용자 인터페이스' 는 화면단위에서 상세 정보가 제공되지 않음
18	시스템요	개별요구	완전성	상세 정보	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합

	구사항 명세서	사항 내용분석		미제공	_KOTI, p34] 요구사항 'PMR-001' 의 '프로젝트 일정관리' 에 프로젝트 개발관 관련된 개발 프로세스 진행상의 일정이 포함되어야 함
19	시스템요 구사항 명세서	개별요구 사항 내용분석	명확성	불명확한 정보제공	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합 _KOTI, p7] 요구사항 'SYS-001'의 상세설명 중 '5) 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 구축 및 운영에 있어 문제가 없어야 한다' 항목은 문제의 범위와 내용이 불명확함
20	시스템요 구사항 명세서	개별요구 사항 내용분석	명확성	불명확한 정보제공	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합 _KOTI, p26] 요구사항 'FUR-E3-003'의 미래 항공교통 수요 시나리오 생성에 대한 상세정보가 제공되지 않아 의미가 불명확함
21	시스템요 구사항 명세서	개별요구 사항 내용분석	명확성	불명확한 정보제공	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합 _KOTI, p30] 요구사항 'QUR-005'의 '정보 제공'에서 정보가 의미하는 내용이 제공되지 않음
22	시스템요 구사항 명세서	개별요구 사항 내용분석	시험가 능성	수치 정보 미제공	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합 _KOTI, p14] 요구사항 'FUR-E1-001' 의 배출량 산정 근거 및 기준에 대한 수치 정보가 제공되지 않음
23	시스템요 구사항 명세서	개별요구 사항 내용분석	시험가 능성	수치 정보 미제공	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합 _KOTI, p17] 요구사항 'FUR-E2-001' 의 감축량 예측에 대한 수치화된 기준이나 목표 정보가 제공되지 않음
24	시스템요 구사항 명세서	개별요구 사항 내용분석	시험가 능성	수치 정보 미제공	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합 _KOTI, p27] 요구사항 'PER-001' 의 성능 요구사항에 대한 기준 수치 정보가 제공되지 않음
25	시스템요 구사항 명세서	개별요구 사항 내용분석	시험가 능성	요구사항검 증방법 미제공	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합 _KOTI, p28] 요구사항 'QUR-001' 의 '기능 구현 정확성 ' 검증 방법이 기능 요구사항에 대한 테스트를 통해 예상된 결과가 정상정으로 도출되었는지를 검증하는 것이나 테스트 방법과 예상된 결과 측정 기준에 대한 정보가 제공되지 않음
26	시스템요 구사항 명세서	개별요구 사항 내용분석	시험가 능성	요구사항검 증방법 미제공	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합 _KOTI, p39] 요구사항 'TER-001' 은 테스트 방법, 절차 및 측정 기준 등에 대한 검증방법이 제공되지 않음
27	시스템요	요구사항	추적성	출처 정보	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합

	구사항 명세서	명세서 구조분석		미제공	_KOTI, p10] 기능 요구사항 'FUR-CM-002'의 출처가 제공되지 않음
28	시스템요 구사항 명세서	개별요구 사항 내용분석	완전성	요구사항 누락	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합 _KOTI] '시스템 상태 및 모드'에 대한 요구사항이 누락됨
29	시스템요 구사항 명세서	개별요구 사항 내용분석	완전성	요구사항 누락	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합 _KOTI] '시스템 운용환경'에 대한 요구사항이 누락됨
30	시스템요 구사항 명세서	개별요구 사항 내용분석	완전성	일부 정보 미제공	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합 _KOTI] '시스템 요구사항의 우선순위 및 중요성'에 대한 정보가 제공되지 않음
31	시스템요 구사항 명세서	개별요구 사항 내용분석	완전성	일부 정보 미제공	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합 _KOTI] '품질정보' 중 신뢰성, 효율성, 유지보수성에 대한 정보가 제공되지 않음
32	시스템요 구사항 명세서	개별요구 사항 내용분석	완전성	요구사항 누락	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합 _KOTI] '안전'에 대한 요구사항이 누락됨
33	시스템요 구사항 명세서	개별요구 사항 내용분석	완전성	요구사항 누락	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합 _KOTI] '시스템 내부 자료'에 대한 요구사항이 누락됨
34	시스템요 구사항 명세서	개별요구 사항 내용분석	완전성	요구사항 누락	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합 _KOTI] '시스템 설치 적응'에 대한 요구사항이 누락됨
35	시스템요 구사항 명세서	요구사항 명세서 구조분석	완전성	추적 정보 미제공	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합 _KOTI] 최상위 시스템으로부터 각 서브시스템 및 시스템 요구사항까지, 추적이 가능한 요구사항간의 관계 정보가 제공되지 않음
36	시스템요 구사항 명세서	개별요구 사항 내용분석	완전성	일부 정보 미제공	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합 _KOTI] 문서 전반적으로 '산출물 정보', '관련 요구사항' 부분이 기술되지 않음
37	시스템요 구사항 명세서	개별요구 사항 내용분석	정확성	용어 표기 오류	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합 _KOTI, p20] '정비(Maintenance & Engineering)'항목의 일부 문장("…공기통로(Gas pass)를…")에서 'Gas pass'가 잘못 기술됨 -'Gaspass'->'Gaspath'
38	시스템요 구사항 명세서	개별요구 사항 내용분석	정확성	용어 표기 오류	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합 _KOTI, p20] 'FUR-E2-001.03'항목의 일부 문장("…성능

					표시는 Prefilght, Trakoff, Departure, En Route…")에서 'Trakoff'가 잘못 기술됨 -'Trakoff'->'Takeoff'
39	시스템요구사항 명세서	개별요구사항 내용분석	일관성	용어 일관성 오류	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합_KOTI, p25] 'FUR-E3-002.01'항의 일부 문장("경제성 분석 알고리즘 컴포넌트는 사용자 입력 컴퍼넌트 에서 정의된…")에서 '컴포넌트' 와 '컴퍼넌트'가 혼용되어 기술됨
40	시스템요구사항 명세서	요구사항 명세서 구조분석	완전성	일부 정보 미제공	[시스템요구사항명세서>SSRS_체계종합_KOTI, p52] '4.1.1사용자 요구사항 의견서'항의 '티웨이항공' 의견서 내용중 '개선방안' 부분이 비어있어 미작성인지 누락된건지 판단하기 어려움

체계종합 OCD

순번	문서명	대분류	소분류	결함요약	결함 설명
1	운용 개념기술서	현행 시스템 내용분석	추적성	추적오류	[운영개념기술서>OCD_체계종합_KOTI,p8] '2.2.2사용자요구사항'내용이 시스템 요구사항명세서에'사용자 요구사항'목록으로 기술되어 있지않음
2	운용 개념기술서	현행 시스템 내용분석	완전성	일부 정보 미제공	[운영 개념 기술서>OCD_체계종합_KOTI, p9] '현 시시스템이 KOTEMS, NARMI 두가지로 서술되어 있으나, KOTEMS에 대한 시스템 구성내용만 있고 NARMI 시스템 구성내용이 없음
3	운용개념 기술서	개발 시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운영 개념 기술서>OCD_체계종합_KOTI, p18] 'Tier3b방법론'의 정의가 제공되지 않음
4	운용개념 기술서	개발 시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운영 개념 기술서>OCD_체계종합_KOTI] 온실가스 배출량을 산정하고 감축량을 예측하는데 필요한 데이터 확보 방안에 대한 정보가 제공되지 않음
5	운용개념 기술서	개발 시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운영 개념 기술서>OCD_체계종합_KOTI, p20] '경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈' 에서 경제성 분석 기준, 시나리오 체계 등에 대한 기준 정보가 제공되지 않음
6	운용개념 기술서	개발 시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운영 개념 기술서>OCD_체계종합_KOTI, p22] 'Database개념 설계' 의 '통합 DB' 에 대한

					구성내용이 제공되지 않음
7	운용개념 기술서	개발 시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운영 개념 기술서>OCD_체계종합_KOTI] 서브 모듈들 간의 인터페이스에 대한 정보가 제공되지 않음
8	운용개념 기술서	운용개념 기술서 구조분석	정확성	시스템명 식별오류	[운영 개념 기술서>OCD_체계종합_KOTI] 시스템명은 '항공 온실가스 산정 및 예측 시스템'이나 문서 전반적으로 '항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발', '항공 온실가스 산정 및 예측 시스템'으로 혼용되어 기술됨

체계종합 SDP

순번	문서명	대분류	소분류	결함요약	결함 설명
1	소프트웨어 개발 계획서	소프트웨어 개발 계획분석	완전성	상세 정보 미제공	[시스템 개발 계획서>SDP_체계종합_KOTI, p1] '1.2개발 기간' 항의 표의 '3차년'의 '기간' 중 ' '17.05. '로 날짜정보 누락됨
2	소프트웨어 개발 계획서	개발계획서 구조분석	완전성	중복 정보 제공	[시스템 개발 계획서>SDP_체계종합_KOTI, p1~2] '1.3개발 배경 및 목적'항(하위절 포함)의 내용이 [운영 개념 기술서>OCD_체계종합_KOTI] 의 '2.1 시스템 개발 배경 및 목적'항(하위절 포함)의 내용과 중복됨
3	소프트웨어 개발 계획서	개발계획서 구조분석	완전성	중복 정보 제공	[시스템 개발 계획서>SDP_체계종합_KOTI, p3] '1.5관련 사용자 분류 및 특징'항(하위절 포함)의 내용이 [운영 개념 기술서>OCD_체계종합_KOTI] 의 '2.3 사용자 및 운용자 정의 및 특성'항(하위절 포함)의 내용과 중복됨
4	소프트웨어 개발 계획서	소프트웨어 개발 계획분석	완전성	일부 정보 미제공	[시스템 개발 계획서>SDP_체계종합_KOTI, p8] '2.1.1시스템 개발'항의 '표 3. 항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발 범위' 내용 중 '서브시스템' 정보가 누락됨
5	소프트웨어 개발 계획서	소프트웨어 개발 계획분석	완전성	불필요한 정보제공	[시스템 개발 계획서>SDP_체계종합_KOTI, p11] '3.1.1개발 생명주기' 항의 일부 문장 ("… 순차적인 소프트웨어 개발 프로세스(소프트웨어를 만들기 위한 프로세스)로,…")에서

					괄호안 문장이 중복된 의미로 기술됨
6	소프트웨어 개발 계획서	소프트웨어 개발 계획분석	명확성	불명확한 용어사용	[시스템 개발 계획서>SDP_체계종합_KOTI, p15] '3.5품질관리 계획' 절의 일부 문장 ("… System engineering 절차에 따라… ")에서 'System engineering 절차'의 의미가 정확하지 않게 기술됨
7	소프트웨어 개발 계획서	개발계획서 구조분석	완전성	개요 정보 미제공	[시스템 개발 계획서>SDP_체계종합_KOTI] '1.개요' 장에서는 문서와 시스템에 대한 전반적인 내용이 아래와 같은 세부 절로 나누어 기술되어야 하지만, 해당 내용 중 일부가 제공되지 않음 -적용범위 -시스템 개요 -문서 개요
8	소프트웨어 개발 계획서	개발계획서 구조분석	완전성	요구사항개요 정보미제공	[시스템 개발 계획서>SDP_체계종합_KOTI] '2.요구사항에 대한 개요' 장에서는 3장 이후에 기술될 계획에 대한 내용을 수립하기 위한 요구사항을 아래와 같은 세부 절로 나누어 기술되어야 하지만, 해당 내용이 제공되지 않음 -개발될 시스템과 소프트웨어 상의 요구사항과 제약사항 : 시스템 개발에 필요한 주요 요구사항 및 제약사항을 기술하여 목표시스템에 대한 정보를 공유할 수 있도록 기술되어야 함 -소프트웨어 개발관련 문서화에 대한 요구사항과 제약사항 : 개발 문서 목록 및 문서 작성 규정 등에 대한 내용이 기술되어야 함 -시스템 수명주기에서 사업의 위치 : "본 사업 내용은 XX개발 사업 중 XX 개발 분야이며, 현 개발 단계는 계획 수립 단계이다."와 같이 현황에 대해 기술되어야 함 -채택된 프로그램에 대한 요구사항과 제약사항 : "XX시스템은 XX 연구개발로... "와 같이 프로그램에 대한 채택 배경 또는 채택 요구사항 등에 대한 내용이 기술되어야 함 -사업일정계획과 자원상의 요구사항과 제약사항

					: "CMMI Level 2에 기반을 둔 SW 개발 프로세스에 따라 개발활동을 수행하며, 품질보증 담당자는 이에 대한 준수여부를 주기적으로 감사하고 보고한다."와 같은 개발프로세스에 따라 일정이 계획될 수 있도록 업체가 보유한 개발프로세스 등 개발 자원상의 요구사항에 대해 기술되어야 함
9	소프트웨어 개발 계획서	개발계획서 구조분석	완전성	개발계획 정보미제공	[시스템 개발 계획서>SDP_체계종합_KOTI] '3.소프트웨어 개발 계획' 장에서는 소프트웨어 개발 과정과 계획에 대한 내용이 아래와 같은 세부 절로 나누어 기술 되어야 하지만, 해당 내용 중 일부가 제공되지 않음 -소프트웨어 개발 과정 -소프트웨어 개발 계획 : 소프트웨어 개발방법(제공됨), 산출물 관련 표준규격사항(제공됨), 보안성 보증 계획
10	소프트웨어 개발 계획서	개발계획서 구조분석	완전성	개 발 세 부 계 획 정보미제공	[시스템 개발 계획서>SDP_체계종합_KOTI] '4.소프트웨어 개발 세부 계획' 장에서는 개발 계획, 환경, 설계, 구현, 평가 등에 대한 세부적 내용이 아래와 같은 세부 절로 나누어 기술 되어야 하지만, 해당 내용 중 일부가 제공되지 않음 -사업 계획과 감독 :소프트웨어 개발 계획, 구성항목 시험 계획, 시스템 시험계획 -소프트웨어 개발 환경의 구축 : 소프트웨어 공학 환경, 시험 환경 -소프트웨어 요구사항 분석 -소프트웨어 설계 : 소프트웨어 설계 시 고려사항, 소프트웨어 형상항목 구조설계 -소프트웨어 구현 -소프트웨어 통합 및 시험 -시스템(CSCI/HWCI) 통합 및 시험 -개발 시험 평가 -운영시험 평가지원 -소프트웨어 전이 준비 -소프트웨어 형상 관리 (제공됨) -소프트웨어 산출물 평가

					-소프트웨어 품질보증 -수정 활동 -기타 소프트웨어 개발 활동
11	소프트웨어 개발 계획서	개발계획서 구조분석	완전성	개발조직과 자원 정보미제공	[시스템 개발 계획서>SDP_체계종합_KOTI] '6.개발 조직과 자원' 장에서는 개발에 참여하는 조직 관련 정보, 개발에 필요한 자원 정보에 대한 내용이 아래와 같은 세부 절로 나누어 기술 되어야 하지만, 해당 내용 중 일부가 제공되지 않음 -개발 조직(제공됨) -개발 자원
12	소프트웨어 개발 계획서	개발계획서 구조분석	정확성	시스템명 식별오류	[시스템 개발 계획서>SDP_체계종합_KOTI] 시스템명은 '항공 온실가스 산정 및 예측 시스템'인데 문서 전반적으로 '항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발', '항공 온실가스 산정 및 예측 시스템'로 혼용되어 기술됨
13	소프트웨어 개발 계획서	개발계획서 구조분석	일관성	용어 일관성 오류	[시스템 개발 계획서>SDP_체계종합_KOTI] 문서 전반적으로 'DB', 'Database', '데이터베이스' 용어가 혼용되어 기술됨

체계종합 STP					
순번	**문서명**	**대분류**	**소분류**	**결함요약**	**결함 설명**
1	소프트웨어 시험 계획서	소프트웨어개발 계획분석	명확성	불명확한 용어사용	[소프트웨어 시험 계획서>STP_체계종합_KOTI, p2] '1.4시험 환경' 절의 일부 문장 ("…기본적으로 운영 최종 프로그램으로 시험하는 것을…")에서 '운영 최종 프로그램' 구문이 명확하지 않게 기술됨
2	소프트웨어 시험 계획서	소프트웨어개발 계획분석	완전성	일부 정보 미제공	[소프트웨어 시험 계획서>STP_체계종합_KOTI, p2] '1.4.1시험 환경' 항의 표 내용 중 '버전'에 대한 정보가 누락됨
3	소프트웨어 시험 계획서	소프트웨어개발 계획분석	완전성	상세 정보 미제공	[소프트웨어 시험 계획서>STP_체계종합_KOTI, p3~4] '1.6시험 일정' 절의 표에 대한 상세 설명이 제공되지 않음
4	소프트웨어 시험 계획서	소프트웨어개발 계획분석	완전성	일부 정보 미제공	[소프트웨어 시험 계획서>STP_체계종합_KOTI, p4] '1.6시험 일정' 절의 표에서 '시작일', '종료일' 정보가 누락됨

5	소프트웨어 시험 계획서	소프트웨어개발 계획분석	완전성	일부 정보 미제공	[소프트웨어 시험 계획서>STP_체계종합_KOTI, p8] '3.4통합시험 상세 수행조직'절의 표에서 '담당자' 부분의 내용이 누락됨
6	소프트웨어 시험 계획서	소프트웨어개발 계획분석	완전성	일부 정보 미제공	[소프트웨어 시험 계획서>STP_체계종합_KOTI, p11] '4.4인수시험 상세 수행조직' 절의 표에서 담당자 부분이 누락됨
7	소프트웨어 시험 계획서	소프트웨어개발 계획분석	완전성	상세 정보 미제공	[소프트웨어 시험 계획서>STP_체계종합_KOTI] 문서 전반적으로 표/그림에 대한 상세정보가 누락됨

KAIST_OCD					
순번	**문서명**	**대분류**	**소분류**	**결함요약**	**결함 설명**
1	운용개념기술서	현행시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_배출량산정_KAIST, p4] AEM알고리즘의 특징에 대한 내용은 제공되지만, 해당 알고리즘을 적용시 문제점, 한계에 대한 상세정보가 제공되지 않음
2	운용개념기술서	현행시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_배출량산정_KAIST, p4] AEM알고리즘의 특징에 대한 내용은 제공되지만, 출력자료에 대한 상세정보가 제공되지 않음
3	운용개념기술서	현행시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_배출량산정_KAIST, p4] AERO2K알고리즘에 대한 개발주체에 대한 내용은 제공되나, 해당 알고리즘의 특징과 적용시 문제점,한계에 대한 상세정보가 제공되지 않음
4	운용개념기술서	현행시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_배출량산정_KAIST, p4] AERO2K알고리즘에 대한 개발주체에 대한 내용은 제공되나, 출력자료에 대한 상세정보가 제공되지 않음
5	운용개념기술서	현행시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_배출량산정_KAIST, p5] FAST알고리즘에서 입력 자료에 대한 정보가 'AERO2K 데이터베이스 사용'으로만 제공되고 상세정보가 제공되지 않음
6	운용개념기	현행시스	완전성	상세 정보	[운용 개념 기술서>OCD_배출량산정

	술서	템 내용분석		미제공	_KAIST, p5] FAST알고리즘 적용시 문제점, 한계에 대한 상세정보가 제공되지 않음
7	운용개념기술서	현행시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_배출량산정_KAIST, p5] INM알고리즘은 '공항주변 소음지도를 예측함'으로 설명하고 온실가스관련 정보는 제공하지 않음
8	운용개념기술서	현행시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_배출량산정_KAIST, p5] AEDT알고리즘에서 '완전한 게이트-게이트 해석 가능' 에 대한 상세정보를 제공하지 않음
9	운용개념기술서	현행시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_배출량산정_KAIST, p5] '2.2.2현 알고리즘의 한계점'에서 '지나치게 방대한 양의 자료가 필요'에 대한 상세한 정보를 제공하지 않음
10	운용개념기술서	현행시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_배출량산정_KAIST, p7] '국내 기관에서 보유하고 있는 항적, 기상자료들과의 일치성' 측면에서 사용이 제한적인 이유가 상세하게 제공되지 않음
11	운용개념기술서	현행시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_배출량산정_KAIST, p7] '국내 환경 분석 시스템과의 연동성' 측면에서 사용이 제한적인 이유가 상세하게 제공되지 않음
12	운용개념기술서	현행시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_배출량산정_KAIST, p7] '외국 프로그램의 사용이 제한적임' 관련하여 각 각의 외국 프로그램별로 제한적인 기능이 무엇인지에 대한 상세한 정보가 제공되지 않음
13	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	명확성	불명확한 용어 사용	[운용 개념 기술서>OCD_배출량산정_KAIST, p8] '3.3알고리즘 운용'에서 '단일 비행에서 이 비행단계별 연료 사용량' 에서 '이 비행단계' 용어의 의미가 명확하지 않음
14	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	정확성	정보 제공 오류	[운용 개념 기술서>OCD_배출량산정_KAIST, p8] '비행기, 엔진, 공항, 지역과 세계적 총량의 항으로' 내용 중 '총량의 합으로'가 '총량의 항으로'로 잘못 표기됨
15	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_배출량산정_KAIST, p14] '1845/Doc29'에 대한 정보를 제공하지 않

					음
16	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_배출량산정_KAIST, p9] 온실가스 배출량 산정을 위해서는 비행조건을 구체적으로 지정해야 하지만, 비행조건에 대한 정보 일부만 제공하고 상세정보를 제공하지 않음
17	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_배출량산정_KAIST, p18] '3.4.2온실가스 계산 모듈'에서 '온실가스 인덱스 데이터베이스'에 대한 상세정보를 제공하지 않음
18	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_배출량산정_KAIST, p19] '온실가스 인자들을 호출하여 최종적으로 온실 가스 배출량을 산출함' 에서 '온실가스 인자들을 호출'의 의 의미가 명확하지 않음
19	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_배출량산정_KAIST, p19] '표 2. 온실가스 별 사용 모델' 에서 각 모델에 대한 상세한 정보를 제공하지 않음
20	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_배출량산정_KAIST, p14] '3.4.1.1날씨 모듈'에서 입력데이터, 필요 DB, 출력데이터, 산정식에 대한 상세정보를 제공하지 않음
21	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_배출량산정_KAIST, p15] BADA연료 소비 모델의 연료 연소율 수식에 대한 상세한 정보를 제공하지 않음
22	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_배출량산정_KAIST, p15] Terminalarea(공항의 관제를 받는 공항 근처의 지역)에서의 연료 연소율을 계산하는 방법에 대한 상세한 정보를 제공하지 않음
23	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_배출량산정_KAIST, p16] 지적선 모듈의 입력데이터, 필요 DB, 출력데이터, 산정식에 대한 상세정보를 제공하지 않음
24	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_배출량산정_KAIST, p16] "지상 트랙 모듈은 사용자에 의해 정의되는 부분"에 대한 상세정보를 제공하지 않음
25	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_배출량산정_KAIST, p16] 지상 트랙 모듈에서 프로그램 내에서 추가

					적으로 계산되는 부분에 대한 상세정보를 제공하지 않음
26	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_배출량산정_KAIST, p17] 프로파일 기반 비행 성능 모듈의 입력데이터, 필요 DB, 출력데이터, 산정식에 대한 상세정보를 제공하지 않음
27	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_배출량산정_KAIST, p18] 항적데이터 기반 비행 성능 모듈의 입력데이터, 필요 DB, 출력데이터, 산정식에 대한 상세정보를 제공하지 않음

솔루티스_OCD					
순번	**문서명**	**대분류**	**소분류**	**결함요약**	**결함 설명**
1	운용개념기술서	운용개념기술서 구조분석	정확성	시스템명 식별오류	[운영 개념 기술서>OCD_항공온실가스보고포털_SOLUTIS] 연구개발계획서에는 '항공 온실가스 데이터 플랫폼 개발'로 표기되어 있고, 운영개념기술서에는 '항공부문 국가 온실가스 정보 관리 표준 데이터 체계 수립 및 시스템 개발'로 표기됨
2	운용개념기술서	운용개념기술서 구조분석	일관성	용어 일관성 오류	[운영 개념 기술서>OCD_항공온실가스보고포털_SOLUTIS, p4~5] '사용자 및 운용자 정의' 와 '사용자 및 운용자 특성' 항목 기준이 일치하지 않음
3	운용개념기술서	운용개념기술서 구조분석	정확성	정보 제공 오류	[운영 개념 기술서>OCD_항공온실가스보고포털_SOLUTIS, p6] 사용자 요구사항 항목과 내용이 시스템요구사항명세서의 '항공온실가스 보고 포털'의 사용자 기능 제공 항목과 일치하지 않음
4	운용개념기술서	운용개념기술서 구조분석	완전성	일부 정보 미제공	[운영 개념 기술서>OCD_항공온실가스보고포털_SOLUTIS] 목차의 일부 내용이 누락됨 ('1. 개요', '1.1 적용범위' 등)
5	운용개념기술서	운용개념기술서 구조분석	완전성	일부 정보 미제공	[운영 개념 기술서>OCD_항공온실가스보고포털_SOLUTIS] 개발 시스템의 기대효과 정보가 제공되지 않음
6	운용개념기술서	운용개념기술서 구조분석	완전성	일부 정보 미제공	[운영 개념 기술서>OCD_항공온실가스보고포털_SOLUTIS, p6] 사용자 요구사항 항목과 내용이 시스템요구사항명세서의 '항공온실가스 보고 포털'의

					사용자 기능 제공으로 추정되나, 시스템 요구사항 명세서의 항목이 제공되지 않음
7	운용개념기술서	현행시스템 내용분석	완전성	일부 정보 미제공	[운영 개념 기술서>OCD_항공온실가스보고포털_SOLUTIS, p7~9] 현행시스템의 배경, 목적, 운영정책, 상태, 사용 대상 정보가 제공되지 않음
8	운용개념기술서	현행시스템 내용분석	완전성	일부 정보 미제공	[운영 개념 기술서>OCD_항공온실가스보고포털_SOLUTIS, p7] 현시스템 분석에서 '배출량조사사업' 과 'NARMI' 정보가 제공되지 않음
9	운용개념기술서	현행시스템 내용분석	완전성	일부 정보 미제공	[운영 개념 기술서>OCD_항공온실가스보고포털_SOLUTIS, p7~9] 현행시스템의 배경, 목적, 운영정책, 상태, 사용 대상 정보가 제공되지 않음
10	운용개념기술서	현행시스템 내용분석	일관성	용어 일관성 오류	[운영 개념 기술서>OCD_항공온실가스보고포털_SOLUTIS, p7~8] '온실가스 배출량 및 저감량' 과 '온실가스 배출량 및 감축량' 이 혼용되어 사용됨
11	운용개념기술서	문서구성 및 정보분석	문서 구성 적합성	서술 방식 오류	[운영 개념 기술서>OCD_항공온실가스보고포털_SOLUTIS, p9] 시스템 개발 범위 에서 '~다음과 같다' , 나머지 시스템 개발 범위 및 목표 항목에서는 '~다음과 같음' 방식으로 혼용됨
12	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	완전성	일부 정보 미제공	[운영 개념 기술서>OCD_항공온실가스보고포털_SOLUTIS, p10] ①항공통계/정책대응/기준정보/레포팅 모듈에서 항공 통계 데이터가 '각종 항공 통계 데이터'로 기술되어 있고 내용이 제공되지 않음
13	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	완전성	일부 정보 미제공	[운영 개념 기술서>OCD_항공온실가스보고포털_SOLUTIS, p14~19] '전제 조건'에서 서버용량, CPU 용량 등 항목별 전제조건과 조건값의 기준이 제공되지 않음
14	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	정확성	정보 제공 오류	[운영 개념 기술서>OCD_항공온실가스보고포털_SOLUTIS, p14~19] 단위 표시가 없음
15	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	완전성	일부 정보 미제공	[운영 개념 기술서>OCD_항공온실가스보고포털_SOLUTIS, p11] '그림 4. 목표 시스템 아키텍쳐' 에서 'Network Architecture'와 'Software Architecture'만 기술되어 있고 DB 구조 및 네트워크와 소프트웨어 레이어별 구조가 제공되지 않음
16	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	완전성	일부 정보 미제공	[운영 개념 기술서>OCD_항공온실가스보고포털_SOLUTIS, p12~13] 웹서버, DB서버 등을 구성하게 되는 물리

					적 서버 구성 정보가 제공되지 않음
17	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운영 개념 기술서>OCD_항공온실가스보고 포털_SOLUTIS, p12] 서버 구성요소 및 네트워크 구성요소 중 'KOTEMS'는 '그림 3. 목표시스템 구성도'와 '그림 4. 목표시스템 아키텍처' 중 어디에도 포함되어 있지 않음
18	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운영 개념 기술서>OCD_항공온실가스보고 포털_SOLUTIS] 문서전반에 걸쳐 Tier 1, Tier 2, Tier 3에 대한 정보가 제공되지 않음
19	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	완전성	Usecase 미제공	[운영 개념 기술서>OCD_항공온실가스보고 포털_SOLUTIS, p34~38] 목표 시스템 운용 시나리오 에서 각 모듈별 내용이 운용시나리오가 아닌 모듈 기능 설명으로 되어 있음
20	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	완전성	불필요한 정보제공	[운영 개념 기술서>OCD_항공온실가스보고 포털_SOLUTIS, p20~26] '⑥Conceptual View' ~ '⑩웹을 통한 정보 침해의 방지' 내용은 '소프트웨어 개발 계획서'에 포함되어야 하는 내용임
21	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	완전성	일부 정보 미제공	[운영 개념 기술서>OCD_항공온실가스보고 포털_SOLUTIS, p39] 목표 시스템 개발에 의한 변경사항 에서 변경사항 내용이 개발 배경 및 목적에 해당하는 내용이고 변경사항에 대한 내용은 없음
22	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	일관성	용어 일관성 오류	[운영 개념 기술서>OCD_항공온실가스보고 포털_SOLUTIS, p27~29] 'ICAO', 'ICAO(또는 EU-ETS)', 'ICAO 또는 EU-ETS'로 혼용 표기되어 있음
23	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	명확성	불명확한 정보제공	[운영 개념 기술서>OCD_항공온실가스보고 포털_SOLUTIS, p12] DB서버 에서 '각각의 Tier는 2 식의 서버로 이중화 되며' 에서 '2 식'의 의미가 불명확함
24	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	명확성	불명확한 정보제공	[운영 개념 기술서>OCD_항공온실가스보고 포털_SOLUTIS, p19] 소프트웨어 아키텍처 설계의 주안점 및 제약사항에서 'End-Point'의 의미 가 불명확함

솔루티스_SDP					
순번	**문서명**	**대분류**	**소분류**	**결함요약**	**결함 설명**
1	소프트웨	개발계획	완전성	일부 정보	[시스템 개발 계획서>SDP_항공온실가스보

	어개발 계획서	서 구조분석		미제공	고포털_SOLUTIS] 연구개발계획서의 성과점검기준표의 내용 일부가 제공되지 않음 - 항공 온실가스 데이트 플랫폼 설계 및 구축의 데이터 구조 설계 내용
2	소프트웨 어개발 계획서	개발계획 서 구조분석	완전성	일부 정보 미제공	[시스템 개발 계획서>SDP_항공온실가스보 고포털_SOLUTIS] 시스템요구사항명세서의 S/W 개발 요구사항 및 기능 요구사항 일부 정보가 제공되지 않음
3	소프트웨 어개발 계획서	개발계획 서 구조분석	정확성	정보 제공 오류	[시스템 개발 계획서>SDP_항공온실가스보 고포털_SOLUTIS, p1] '1.1시험 목적'의 내용과 그림의 연관성이 없음
4	소프트웨 어개발 계획서	개발계획 서 구조분석	완전성	개발자원 정보미제공	[시스템 개발 계획서>SDP_항공온실가스보 고포털_SOLUTIS] 개발계획서에 필요한 정보 (요구사항에 대한 개요, 소프트웨어 개발계획, 소프트웨어 개발 세부계획 정보가 제공되지 않음
5	소프트웨 어개발 계획서	개발계획 서 구조분석	완전성	개발자원 정보미제공	[시스템 개발 계획서>SDP_항공온실가스보 고포털_SOLUTIS] 시스템요구사항명세서의 S/W 개발 요구사항이 반영되어 있지 않음
6	소프트웨 어개발 계획서	개발계획 서 구조분석	완전성	개발자원 정보미제공	[시스템 개발 계획서>SDP_항공온실가스보 고포털_SOLUTIS] UI개발에 대한 설계 계획 정보가 제공되지 않음
7	소프트웨 어개발 계획서	개발계획 서 구조분석	완전성	보안및주의 사항 정보미제공	[시스템 개발 계획서>SDP_항공온실가스보 고포털_SOLUTIS] 보안 및 주의사항 정보가 제공되지 않음
8	소프트웨 어개발 계획서	개발계획 서 구조분석	추적성	식별자 추 적 오류	[시스템 개발 계획서>SDP_항공온실가스보 고포털_SOLUTIS] 시스템요구사항명세서의 S/W 개발 요구사항 상호 교차 추적 안됨
9	소프트웨 어개발 계획서	소프트웨 어개발 계획분석	완전성	일부 정보 미제공	[시스템 개발 계획서>SDP_항공온실가스보 고포털_SOLUTIS, p10] 소프트웨어 개발방법론 및 개발 프로세스를 체택한 기준에 대한 정보가 제공되지 않음
10	소프트웨 어개발 계획서	소프트웨 어개발 계획분석	완전성	일부 정보 미제공	[시스템 개발 계획서>SDP_항공온실가스보 고포털_SOLUTIS] 컴퓨터 하드웨어 자원 정보가 제공되지 않음
11	소프트웨 어개발 계획서	소프트웨 어개발 계획분석	완전성	상세 정보 미제공	[시스템 개발 계획서>SDP_항공온실가스보 고포털_SOLUTIS, p10~16]프로젝트 수행 전략 은 소프트웨어 개발 세부 계획에 해당하는 내용으로 소프트웨어 요구사항 분석,

					설계, 구현 등의 정보가 제공되지 않음
12	소프트웨어개발계획서	소프트웨어개발계획분석	완전성	상세 정보 미제공	[시스템 개발 계획서>SDP_항공온실가스보고포털_SOLUTIS, p11~p14] 소프트웨어 개발도구, 형상관리 툴 사용근거 및 사용방안에 대한 정보가 제공되지 않음
13	소프트웨어개발계획서	소프트웨어개발계획분석	완전성	일부 정보 미제공	[시스템 개발 계획서>SDP_항공온실가스보고포털_SOLUTIS, p15] SQLMap명명 규칙, JSP/JS 명명 규칙 정보가 제공되지 않음
14	소프트웨어개발계획서	소프트웨어개발계획분석	완전성	일부 정보 미제공	[시스템 개발 계획서>SDP_항공온실가스보고포털_SOLUTIS, p15] 소프트웨어 개발 기능상의 제약사항 에 대한 정보가 제공되지 않음
15	소프트웨어개발계획서	소프트웨어개발계획분석	완전성	상세 정보 미제공	[시스템 개발 계획서>SDP_항공온실가스보고포털_SOLUTIS] 소프트웨어 요구사항 분석을 위한 접근방법이 제공되지 않음
16	소프트웨어개발계획서	소프트웨어개발계획분석	완전성	일부 정보 미제공	[시스템 개발 계획서>SDP_항공온실가스보고포털_SOLUTIS, p11~p15] 소프트웨어 형상관리를 위한 접근방법 중 버전관리, 변경통제 정보가 제공되지 않음
17	소프트웨어개발계획서	소프트웨어개발계획분석	일관성	용어 일관성 오류	[시스템 개발 계획서>SDP_항공온실가스보고포털_SOLUTIS, p11~p15] 소프트웨어 형상관리를 위한 접근방법 중 버전관리, 변경통제 정보가 제공되지 않음

솔루티스_STP

순번	문서명	대분류	소분류	결함요약	결함 설명
1	소프트웨어개발계획서	개발계획서 구조분석	완전성	시험환경 정보미제공	[소프트웨어 시험 계획서>STP_항공온실가스보고포털_SOLUTIS, p2] 시험환경 HW, SW 환경등 시험환경 구성요소에 대한 정보가 제공되지 않음
2	소프트웨어개발계획서	개발계획서 구조분석	완전성	요구사항개요 정보미제공	[소프트웨어 시험 계획서>STP_항공온실가스보고포털_SOLUTIS, p13] 인수시험 방법이 시스템요구사항명세서의 테스트요구사항과 불일치 -요구사항명세서에는 인수테스트를 GS인증으로 대체함
3	소프트웨어개발계획서	개발계획서 구조분석	완전성	불필요한 산출물	[소프트웨어 시험 계획서>STP_항공온실가스보고포털_SOLUTIS] STP문서는 시스템 설계 단계 이후에 작성

					하는 문서로, 본 단계에서는 소프트웨어개발계획서내에 시험계획, 시험 환경 등의 내용이 포함되어야 함
4	소프트웨어개발계획서	소프트웨어개발계획분석	완전성	일부 정보 미제공	[소프트웨어 시험 계획서>STP_항공온실가스보고포털_SOLUTIS, p2] 시험환경이 해당 시스템에 맞게 구체적 시험환경 대상 및 방법 정보가 제공되지 않음
5	소프트웨어개발계획서	소프트웨어개발계획분석	완전성	상세 정보 미제공	[소프트웨어 시험 계획서>STP_항공온실가스보고포털_SOLUTIS] 소프트웨어 기능별 시험(단위/통합) 계획 연계 정보가 제공되지 않음
6	소프트웨어개발계획서	소프트웨어개발계획분석	완전성	상세 정보 미제공	[소프트웨어 시험 계획서>STP_항공온실가스보고포털_SOLUTIS, p5] '1.8 데이터 전환계획'에 있어 해당하는 데이터 종류와 내용이 제공되지 않음
7	소프트웨어개발계획서	소프트웨어개발계획분석	완전성	일부 정보 미제공	[소프트웨어시험계획서, p6] 단위시험에 대한 테스트케이스 작성 정보가 제공되지 않음

감축량예측_OCD					
순번	**문서명**	**대분류**	**소분류**	**결함요약**	**결함 설명**
1	운용개념기술서	운용개념기술서 구조분석	정확성	시스템명 식별 오류	[운영 개념 기술서>OCD_감축량 예측_KOTI, p1] 시스템 '항공 온실가스 감축량 예측 모듈'에 속하는 '항공온실가스 감축수단 별 경제성 분석 · 의사결정 지원 모듈'이 '항공온실가스 감축수단 별 경제성분석 · 의사결정 지원 모듈 개발'로 잘못 표기됨
2	운용개념기술서	현행시스템 내용분석	정확성	정보 제공 오류	[운영 개념 기술서>OCD_감축량 예측_KOTI, p5] '그림 1'의 그림과 제목이 '항공 온실가스 감축량 예측 시스템 사용자 및 운용자 구성도'이어야 하나, '항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 사용자 및 운용자 구성도'로 잘못 표기됨
3	운용개념기술서	운용개념기술서 구조분석	정확성	용어 표기 오류	[운영 개념 기술서>OCD_감축량 예측_KOTI] 문서 전반적으로 일부 용어가 잘못 표기됨 -p4,"개발의 필요성이"가 "개발이 필요성이"로 잘못 표기됨

4	운용개념기술서	현행시스템 내용분석	완전성	일부 정보 미제공	[운영 개념 기술서>OCD_감축량 예측_KOTI] 현재 시스템의 범위에 대한 정보가 제공되지 않음
5	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	완전성	일부 정보 미제공	[운영 개념 기술서>OCD_감축량 예측_KOTI] 개발 시스템 지원사항에 대한 정보가 제공되지 않음
6	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	완전성	일부 정보 미제공	[운영 개념 기술서>OCD_감축량 예측_KOTI] 개발 시스템의 운영 방식 및 제약사항에 대한 정보가 제공되지 않음
7	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	완전성	일부 정보 미제공	[운영 개념 기술서>OCD_감축량 예측_KOTI, p26] '5.목표시스템 구축에 의한 변경사항'항에서 변경사항 우선순위에 대한 정보가 제공되지 않음
8	운용개념기술서	현행시스템 내용분석	일관성	용어 일관성 오류	[운영 개념 기술서>OCD_감축량 예측_KOTI] '컴포넌트' 용어가 페이지마다 다르게 표기됨 -p10,컨퍼넌트 -p14,컴퍼넌트 -p15,17,컴포넌트
9	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	완전성	항목 표기 오류	[운영 개념 기술서>OCD_감축량 예측_KOTI, p15] 해당 항목명이 '3.4 컴포넌트별 내용 및 특징'이지만 '3.4 서브시스템별 내용 및 특징'으로 잘못 제공됨
10	운용개념기술서	운용개념기술서 구조분석	정확성	시스템명 식별 오류	[운영 개념 기술서>OCD_감축량 예측_KOTI] 시스템명은 '항공 온실가스 감축량 예측 시스템'이나 아래와 같이 잘못 표기됨 -p10,'항공 온실가스 감축량 예측 모듈'
11	운용개념기술서	운용개념기술서	정확성	용어 표기 오류	[운영 개념 기술서>OCD_감축량 예측_KOTI, p10] 모듈명은 '항공 온실가스 감축량 예측 모듈'

		구조분석			이나 '항공 온실가스 감축량 예측 상용 모듈'로 잘못 표기됨
12	운용개념기술서	운용개념기술서 구조분석	정확성	용어 표기 오류	[운영 개념 기술서>OCD_감축량 예측_KOTI, p10] 모듈명은 '항공온실가스 감축수단별 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈'이나 '경제성 분석 및 의사결정 지원'으로 잘못 표기됨
13	운용개념기술서	운용개념기술서 구조분석	정확성	용어 표기 오류	[운영 개념 기술서>OCD_감축량 예측_KOTI, p13] "이끌어낼 수 있음"이 "이끌어수 있음"으로 잘못 표기됨
14	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	정확성	서술 방식 오류	[운영 개념 기술서>OCD_감축량 예측_KOTI, p18] '최적화 비용지수'에 대한 내용 중 "비행계획 단계에 적용하는 고정 COST INDEX 값과 실 소모되는 COST INDEX 간의 최적 값을 산출 기능으로서, 비행계획 단계의 연료사용량과 실사용량이 차이를 최소화 시킬 수 있음"이라는 잘못된 서술 방식으로 기술됨
15	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	명확성	서술 방식 오류	[운영 개념 기술서>OCD_감축량 예측_KOTI, p18] '운항관리-추가연료'에 대한 내용 중 ("…에 대한 비용을 유발시킴에 따라 연료관리를 통해 연료효율성 책정 기술임 "이라는 불명확한 서술 방식으로 기술됨
16	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	정확성	서술 방식 오류	[운영 개념 기술서>OCD_감축량 예측_KOTI, p20] '여러가지 감축기술에 따른 저감효과 산정'에 대한 내용 중 ("…을 적용하여 현재 기준과 그리고 감축기술을 적용하였을 경우…")부분에서 관계 부사가 중복 사용됨
17	운용개념기술서	운용개념기술서 구조분석	정확성	문서식별정보 제공오류	[운영 개념 기술서>OCD_감축량 예측_KOTI] '운용개념기술서'가 '운영 개념 기술서'로 잘못 기술됨
18	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	정확성	서술 방식 오류	[운영 개념 기술서>OCD_감축량 예측_KOTI, p19] '지상 중량관리'항의 '기내식 장비 중량감소'에 대한 내용 중 ("…무게를 감소시켜 항공기 연료소모 절감 달성할 수 있는 기능임") 이라는 잘못된 서술 방식으로 기술됨
19	운용개념기술서	개발시스템 내용분	정확성	서술 방식 오류	[운영 개념 기술서>OCD_감축량 예측_KOTI, p19] '정비'항의 '엔진 물 세척'에 대한 내용 중

		석			("…엔진 압축효율을 높여주어 연료 절감 도모하는 기능임")이라는 잘못된 서술 방식으로 기술됨
20	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	정확성	정보 제공 오류	[운영 개념 기술서>OCD_감축량 예측_KOTI, p24] '항공 온실가스 감축량 예측 모듈 개발 운영 흐름도'의 '감축량 데이터 처리 모듈' 세부 내용 중 ("…모듈 4가지(BFFM, FOA, 배출계수, ??)"라는 잘못된 정보가 제공됨
21	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	정확성	서술 방식 오류	[운영 개념 기술서>OCD_감축량 예측_KOTI, p25] '6단계'에 대한 내용 중 '저장이 되어야 함'이라는 잘못된 서술 방식으로 기술됨
22	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	명확성	서술 방식 오류	[운영 개념 기술서>OCD_감축량 예측_KOTI, p26] '5.1변경사항'항의 내용 중 일부 문장("또한, KOTEMS에 반영되지 않은 배출량 산정, 감축량 예측 및 경제성분석/의사결정지원 S/W를 클라이언트/서버 방식으로 개발하여 Tier 1,2는 물론 3b급으로 배출량 산정이 가능하고 감축수단 적용을 통한 감축량 예측 기능을 포함하고 있으며…")이 지나치게 복잡한 문장 형식으로 기술됨
23	운용개념기술서	개발시스템 내용분석	일관성	용어 일관성 오류	[운영 개념 기술서>OCD_감축량 예측_KOTI, p27] 한 용어가 'Tier3b급' 과 'Tier 3b급'의 두가지로 혼용되어 기술됨

감축량예측_SDP					
순번	**문서명**	**대분류**	**소분류**	**결함요약**	**결함 설명**
1	소프트웨어 개발 계획서	개발계획서 구조분석	정확성	시스템명 식별 오류	[시스템 개발 계획서>SDP_감축량예측_KOTI, p1,6] 시스템명은 '항공 온실가스 감축량 예측 시스템'이나 아래와 같이 잘못 표기됨 -p1,'항공 온실가스 감축량 예측 모듈 개발' -p6,'항공 온실가스 감축량 예측 모듈'
2	소프트웨어 개발 계획서	개발계획서 구조분석	정확성	용어 표기 오류	[시스템 개발 계획서>SDP_감축량예측_KOTI, p6] 모듈명은 '항공 온실가스 감축량 예측 모듈'이나 아래와 같이 잘못 표기됨

					-p6,'항공 온실가스 감축량 예측 모듈'
3	소프트웨어 개발 계획서	개발계획서 구조분석	정확성	용어 표기 오류	[시스템 개발 계획서>SDP_감축량예측_KOTI, p6] 모듈명은 '항공온실가스 감축수단별 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈'이나 아래와 같이 잘못 표기됨 -p6,'경제성 분석 및 의사결정 지원'
4	소프트웨어 개발 계획서	개발계획서 구조분석	완전성	일부 정보 미제공	[시스템 개발 계획서>SDP_감축량 예측_KOTI, p18] '문서 기본양식' 관련 내용 중 "본 시스템 개발과 관련한 문서는 첨부 1양식에 따라 작성함을 원칙으로 함"이라고 명시되어있으나, '첨부 1양식'이 제공되지 않음
5	소프트웨어 개발 계획서	소프트웨어 개발계획분석	일관성	용어 일관성 오류	[시스템 개발 계획서>SDP_감축량예측_KOTI, p19~21] '컴포넌트' 용어가 페이지마다 다르게 표기됨 -p19,컨퍼넌트 -p20,컴포넌트 -p21,컴퍼넌트
6	소프트웨어 개발 계획서	소프트웨어 개발계획분석	완전성	일부 정보 미제공	[시스템 개발 계획서>SDP_감축량 예측_KOTI, p13] '코딩규칙' 관련 내용 중 '무기체계 소프트웨어 개발 및 관리실무지침서'의 규칙을 따르라고 명시되어있으나, 해당 정보가 제공되지 않음
7	소프트웨어 개발 계획서	소프트웨어 개발계획분석	명확성	서술 방식 오류	[시스템 개발 계획서>SDP_감축량 예측_KOTI, p20] '4.2.1.3온실가스 감축량 예측 알고리즘 컴포넌트'항에서 ("온실가스 감축량 예측 알고리즘 컴포넌트는 항공온실가스 감축량을 예측을 산정하기 위한 가장 핵심적인 컴포넌트이며…")라는 잘못된 서술 방식으로 기술됨

감축량예측_STP					
순번	**문서명**	**대분류**	**소분류**	**결함요약**	**결함 설명**
1	소프트웨어 개발 계획서	소프트웨어 개발계	완전성	일부 정보 미제공	[소프트웨어 시험 계획서>STP_감축량 예측_KOTI, p2] '1.4.1시험 환경'항의 표에서 '버전'에 대한

		획분석			정보가 제공되지 않음
2	소프트웨어 개발 계획서	소프트웨어 개발계획분석	완전성	일부 정보 미제공	[소프트웨어 시험 계획서>STP_감축량 예측_KOTI, p3] '1.6시험 일정'항의 표에서 '시작일'과 '종료일'에 대한 정보가 제공되지 않음
3	소프트웨어 개발 계획서	소프트웨어 개발계획분석	완전성	일부 정보 미제공	[소프트웨어 시험 계획서>STP_감축량 예측_KOTI, p7,8] '2.6단위시험 대상범위'항의 표에서 '시험자'와 '결과'에 대한 정보가 제공되지 않음
4	소프트웨어 개발 계획서	소프트웨어 개발계획분석	완전성	일부 정보 미제공	[소프트웨어 시험 계획서>STP_감축량 예측_KOTI, p10] '3.4통합시험 상세 수행조직'항의 표에서 '담당자'에 대한 정보가 제공되지 않음
5	소프트웨어 개발 계획서	소프트웨어 개발계획분석	완전성	일부 정보 미제공	[소프트웨어 시험 계획서>STP_감축량 예측_KOTI, p13] '4.4인수시험 상세 수행조직'항의 표에서 '담당자'에 대한 정보가 제공되지 않음

세종대학교_OCD

순번	문서명	대분류	소분류	결함요약	결함 설명
1	운용 개념 기술서	현행시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_온실가스 산정 모듈 구현 및 검증_세종대, p14] 해외 프로그램은 소스코드가 제공되지 않아 프로그램의 추가/수정/변경 이 불가능하기 때문에 비교 검증을 위해 구체적인 방법이 제공되어야 함(입/출력 데이터 및 알고리즘 비교 분석에 대한 정보)
2	운용 개념 기술서	운용개념기술서 구조분석	추적성	정보 불일치	[운용 개념 기술서>OCD_온실가스 산정 모듈 구현 및 검증_세종대, p33] AEDT2b와 비교하여 온실가스 산정 오차가 5% 이내로 표시하였지만, 연구개발계획서 48p에서는 오차 허용범위가 3%이내로 표시하여 서로 다르게 표시됨
3	운용 개념	개발시	완전성	상세 정보	[운용 개념 기술서>OCD_온실가스 산정 모

	기술서	스템 내용분석		미제공	듈 구현 및 검증_세종대, p33] 실제 DB와 비교하여 온실가스 산정 오차가 20% 이내로 기준을 정한 근거 자료를 제공하지 않음
4	운용 개념 기술서	개발시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_온실가스 산정 모듈 구현 및 검증_세종대, p36] 구현 및 검증시 사용하는 sample DB 와 전체DB간의 차이점에 대해 구체적인 정보를 제공하지 않음
5	운용 개념 기술서	개발시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	'[운용 개념 기술서>OCD_온실가스 산정 모듈 구현 및 검증_세종대] 시스템 유지, 보수 관리 표준 선정에 대한 정보를 제공하지 않음
1	운용 개념 기술서	운용개념기술서 구조분석	일관성	일관성 오류	[운용 개념 기술서>OCD_경제성 분석 및 의사결정 지원_세종대] 감축수단별 경제성 분석 및 의사결정 지원 모듈 시나리오가 시스템 요구사항 명세서(FUR-E3-001.04)에 따라 시나리오를 구별한 정보가 제공되지 않음
2	운용 개념 기술서	개발시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_경제성 분석 및 의사결정 지원_세종대] 시스템 개발 범위에 '일부'로 표기된 내용에 대한 정보가 제공되지 않음
3	운용 개념 기술서	개발시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_경제성 분석 및 의사결정 지원_세종대] 항공사 별, 기종별, 국가별 경제성 분석 컴포넌트 의 비용 효과 계산에 필요한 요인에 대한 기준과 정의 정보가 제공되지 않음
4	운용 개념 기술서	개발시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_경제성 분석 및 의사결정 지원_세종대] 항공사 비용 DB 컴퍼넌트의 비용에 대한 정의가 제공되지 않음
5	운용 개념 기술서	개발시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_경제성 분석 및 의사결정 지원_세종대] 경제성 분석의 기준, 입력 값에 대한 정의가 명확히 제공되지 않음
6	운용 개념 기술서	개발시스템 내용분석	완전성	상세 정보 미제공	[운용 개념 기술서>OCD_경제성 분석 및 의사결정 지원_세종대] 온실가스 배출량 산정, 감축량 예측 등에 사용되는 데이터와의 연계성 등에 대한 인터페이스 정의 정보가 제공되지 않음

부록 6 SRR 결과보고서



항공 온실가스 산정 및 예측시스템 개발

▶ 시스템 요구사항 검토회의(SRR) 목적

- SRR은 요구사항의 진척도를 확인하기 위해 수행되는 검토회의로서 시스템의 요구사항을 평가하고 시스템의 요구사항이 기술개발의 결과와 일관성을 갖는지 기술수준이 허용 가능한 수준에 도달했는지 평가한다.
- 따라서 1차년도 주요범위인「항공 온실가스 산정 및 예측 시스템 개발」개념설계 검토를 통해 **시스템의 요구사항을 확정하기** 위하여 개최한다.

시 간	구분	주요 내용	발 표	비고
13:30~13:40		개회	한재현 연구위원	
13:40~13:45		SRR목적 및 참석자 소개	한재현 연구위원	
13:40~15:30	SRR	항공온실가스 산정 및 예측 시스템	KOTI	
15:30~15:40		Coffee Break	-	
15:40~17:00		종합토론 및 평가		



목 차

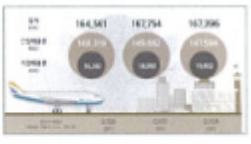
- 사업개요
- 개발문서 요약 (개념설계)
- SRR 검토서 참고자료

한국교통연구원 KOTI THE KOREA TRANSPORT INSTITUTE | KAIST | 세종대학교 SEJONG UNIVERSITY | 한국항공대학교 KOREA AEROSPACE UNIVERSITY | SOLUTIS

1. 사업개요

연구개발 배경

- 항공교통부문의 온실가스 배출은 전체 온실가스의 2~3% 정도 차지
  항공분야는 상대적으로 **온실가스 배출량 크게 증가**
  - 연간 항공 교통량이 5~6%씩 증가, 2030년까지 항공 수송량이 두 배 예상
  - 타 산업분야에 비해 온실가스감축 (연료효율향상) 기술 파급 느림
- 항공 온실가스량의 저감을 위하여 **ICAO는 중장기 감축이행계획 제출 권고**
  - 항공사의 연간 온실가스 배출량 규제를 위한 탄소배출권 거래제의 국제적 기준 개발 중 (2016년 개발완료 -> 2020년 시행 예정)
- 항공부문 **주요 감축수단의 정량적 분석 어려움**
  → 대부분 국가가 구체적인 장래 **예상 감축치를 제시하지 못하고 있음**
  - 우리나라는 2012년 이행계획에서 제한적인 데이터의 논리적 연산 및 과거 감축추세를 감안,추정하였으나 신뢰성이 높은 예측치라고 하기는 어려운 상태
  - 특히 저비용 항공사의 경우 필요한 데이터의 확보 등 여러 가지 여건이 부족한 상태





4

1. 사업개요

연구개발의 필요성

- 국제적으로 가장 인정 받는 **미국 FAA의 AEDT는 미국항공산업의 입장에 특화되어서 국내 상황에 잘 맞지 않을 수 있음**
  - 국적 항공사들은 대형 항공기의 단거리비행 및 화물기 운항이 상대적으로 많고, 주요 보유 기종이 미국 항공사와는 크게 다름 (미국은 150~250인승 항공기 위주로 운항)
  - 소스코드가 제공되지 않으므로 필요에 따른 수정이 불가함
- FAA가 해외에 판매하는 AEDT와 **ICAO 정책 개발에 사용하는 버전 상이함**
  - ICAO 국제정책은 일종의 국가간 이익을 대변하는 경쟁
  - 향후에도 자국 정책 개발용 최신버전은 외부 상용화 가능성이 적음



- **국제항공정책에 한국이 영향력**을 향상높이기 위해서
  → 온실가스 산정/예측용 자체 소프트웨어 개발
  → 국제항공교통 전문기술인력 양성이 필수적 (두 가지 병행 필요)
- 항공온실가스 산정 및 예측 시스템개발 시 **기술축적으로 인한 파생 소프트웨어 개발** 가능 (예: FAA의 APMT-E, APMT-I, GREAT 등)

1. 사업개요

연구의 목표

- 국내외 배출규제에 효과적으로 대응 가능한 **항공 온실가스 산정 및 예측용 고정밀(Tier 3b급) 시스템 개발 및 보급**
  → 항공기의 경제적 운항, 항공분야 온실가스 배출량 최소화 기여

구 분	산정 방법	비고
Tier 1	온실가스 배출량 = 연료 사용량 * 배출 지수	간단/단순
Tier 2	3,000피트 이하(이착륙)과 이상(순항)으로 구분 총 온실가스 배출량 = LTO 횟수 × LTO 배출계수 + (총 연료사용량 - LTO연료사용량) × 순항배출계수	현재 국가 항공부문 온실가스 배출량 통계 수준(KOTEMS)* → ICAO 규제수준 대응 불가
Tier 3a	출·도착지 공항간 자료 이용 총 온실가스 배출량 = CO2 배출량(항공유 탄소함량x 비행단계별 연료사용량) + 기타 배출량(CH4, N2O)	Detailed CORINAIR Methodology (공개 자료)
Tier 3b	총 비행궤도 정보(총 비행항로 정보) 이용 → 항공기, 엔진성능, 항적 등 고려하여 정책집행 및 이행이 가능한 모형 (SAGE, AERO2K 등)	미국 FAA 등 일부 선진국

*KOTEMS(교통부분 온실가스 관리시스템, Korea Transport Emission Management System)

1. 사업개요

개발 시스템 목표

- 최종목표 : 고정밀(Tier 3b급) 온실가스 **산정 및 예측시스템 개발/보급**

→ 고정밀 온실가스 배출량 산정/예측을 통한 **신뢰성있는 국가 이행계획 수립**
→ 온실가스 **감축주체(정부, 항공사 등)들의 자발적 참여**를 통한 감축효과 극대화
→ 탄소배출권거래제 등 국제항공정책에 능동적 대처**(국익 우선 정책 제시)**
→ **Short Version 저개발국 보급**을 통한 국제항공정책 영향력 강화

범 위

항공 온실가스 보고포털 개발

국내·외 온실가스 규제 대응을 위한 웹기반 항공 온실가스 통계 통합 관리 포털 개발

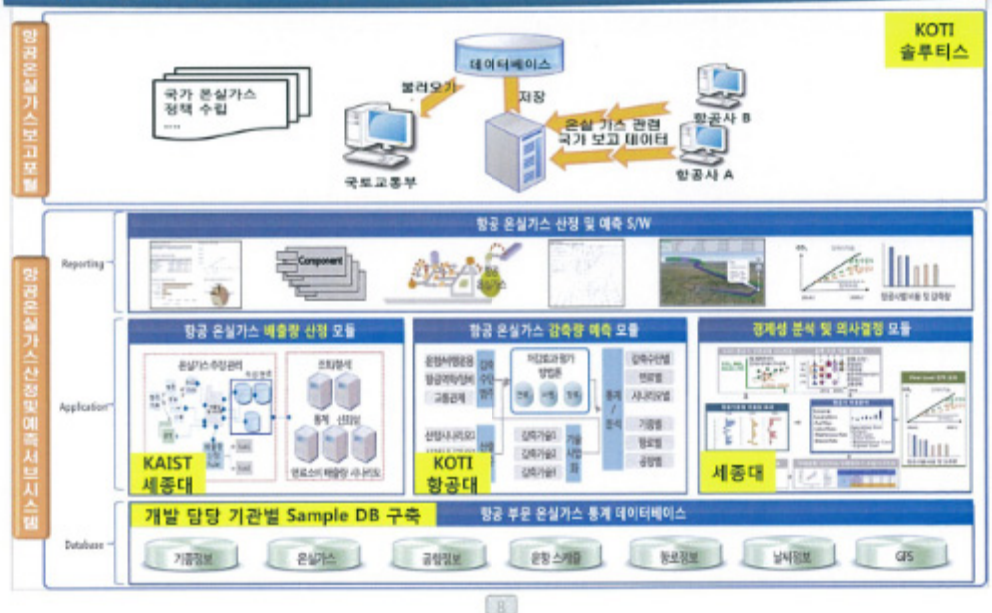
항공 온실가스 산정 및 예측 S/W 개발

운항환경, 항공기 성능, 기상, 출·도착 공항의 영향에 따른 온실가스 배출량 산정,
감축량 예측 및 경제성분석/의사결정 지원 S/W 개발

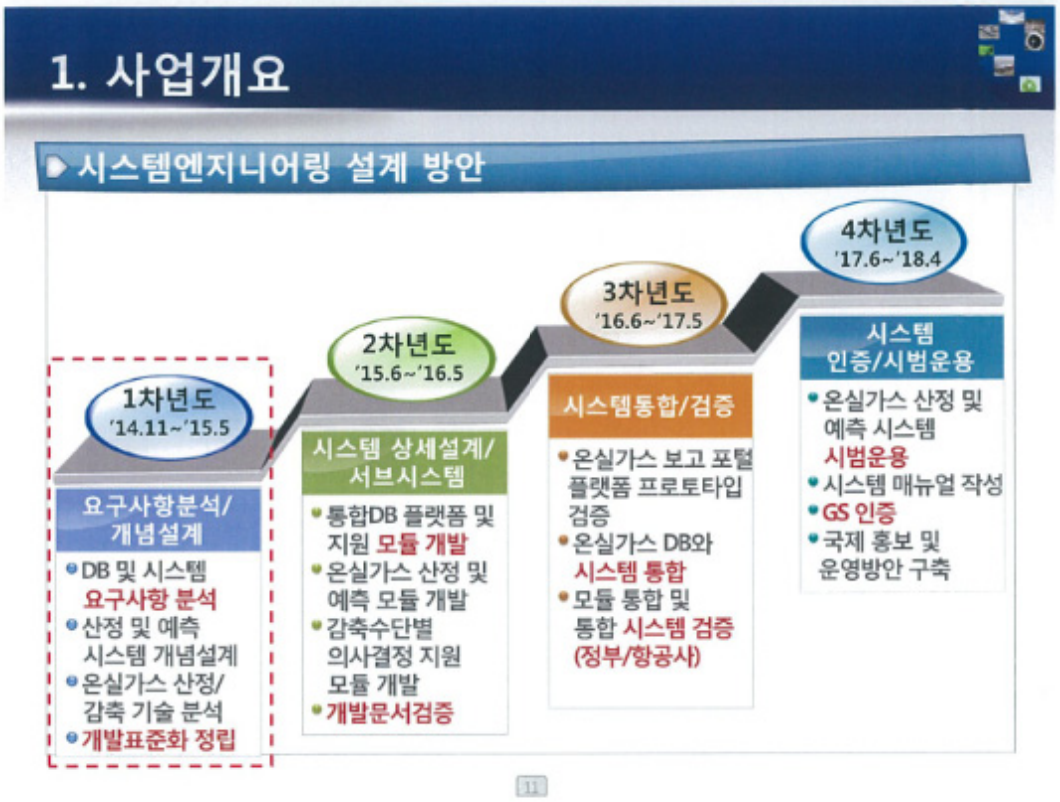
7

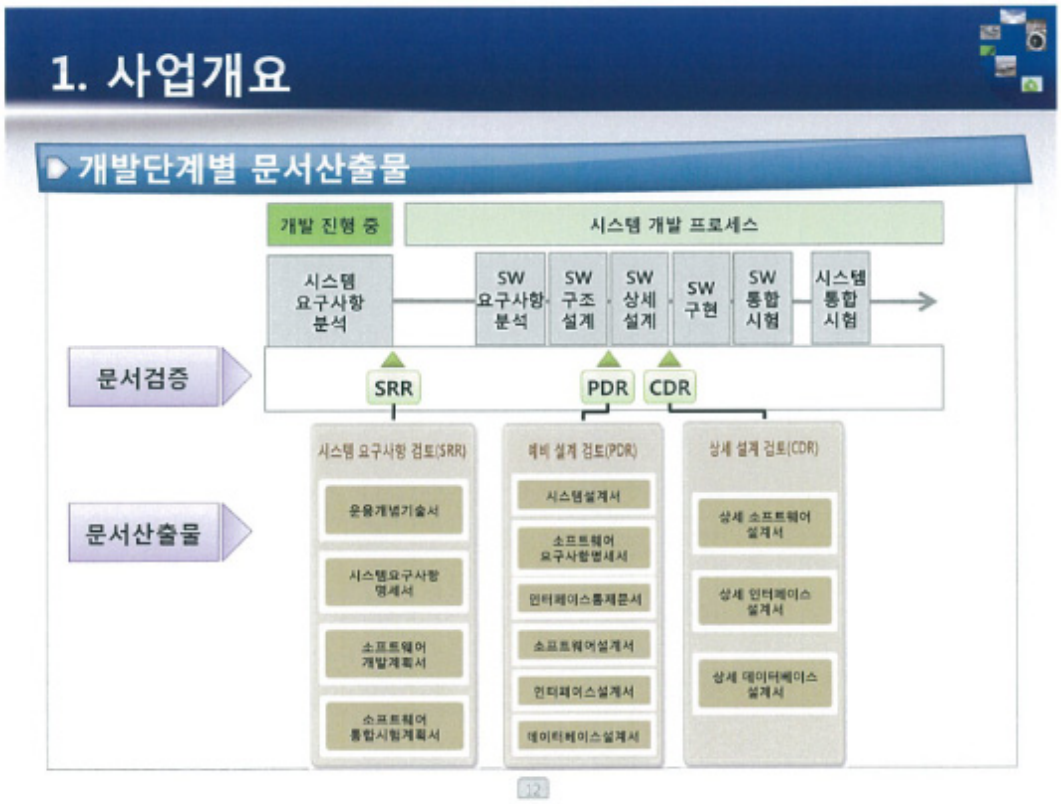
1. 사업개요

시스템 구성도



8


1. 사업개요
시스템엔지니어링 설계 방안
1차년도
'14.11~'15.5
요구사항분석/
개념설계
DB 및 시스템
요구사항 분석
산정 및 예측
시스템 개념설계
온실가스 산정/
감축 기술 분석
개발표준화 정립
2차년도
'15.6~'16.5
시스템 상세설계/
서브시스템
통합DB 플랫폼 및
지원 모듈 개발
온실가스 산정 및
예측 모듈 개발
감축수단별
의사결정 지원
모듈 개발
개발문서검증
3차년도
'16.6~'17.5
시스템통합/검증
온실가스 보고 포털
플랫폼 프로토타입
검증
온실가스 DB와
시스템 통합
모듈 통합 및
통합 시스템 검증
(정부/항공사)
4차년도
'17.6~'18.4
시스템
인증/시범운용
온실가스 산정 및
예측 시스템
시범운용
시스템 매뉴얼 작성
GS 인증
국제 홍보 및
운영방안 구축
11


1. 사업개요
개발단계별 문서산출물
개발 진행 중
시스템 개발 프로세스
시스템
요구사항
분석
SW
요구사항
분석
SW
구조
설계
SW
상세
설계
SW
구현
SW
통합
시험
시스템
통합
시험
문서검증
SRR
PDR
CDR
문서산출물
시스템 요구사항 검토(SRR)
운용개념기술서
시스템요구사항
명세서
소프트웨어
개발계획서
소프트웨어
통합시험계획서
예비 설계 검토(PDR)
시스템설계서
소프트웨어
요구사항명세서
인터페이스통제문서
소프트웨어설계서
인터페이스설계서
데이터베이스설계서
상세 설계 검토(CDR)
상세 소프트웨어
설계서
상세 인터페이스
설계서
상세 데이터베이스
설계서
12

2. 개발 문서 요약 (개념설계)

SRR 문서 산출물 결과

모 듈 명	작성기관	작성문서	작성문서 종류
총 괄	KOTI	4종	시스템요구사항명세서 운용개념기술서 소프트웨어시험계획서 시스템개발계획서
보고포털	솔루티스	3종	운용개념기술서 소프트웨어시험계획서 시스템개발계획서
온실가스 산정 모듈	KAIST(알고리즘), 세종대(구현&검증)	1종	운용개념기술서 (기관별 작성)
감축량 예측 모듈	KOTI/항공대	3종	운용개념기술서 소프트웨어시험계획서 시스템개발계획서
경제성 분석 및 의사결정지원 모듈	세종대	1종	운용개념기술서

13

2. 개발 문서 요약 (개념설계)

운용개념기술서 - 보고포털

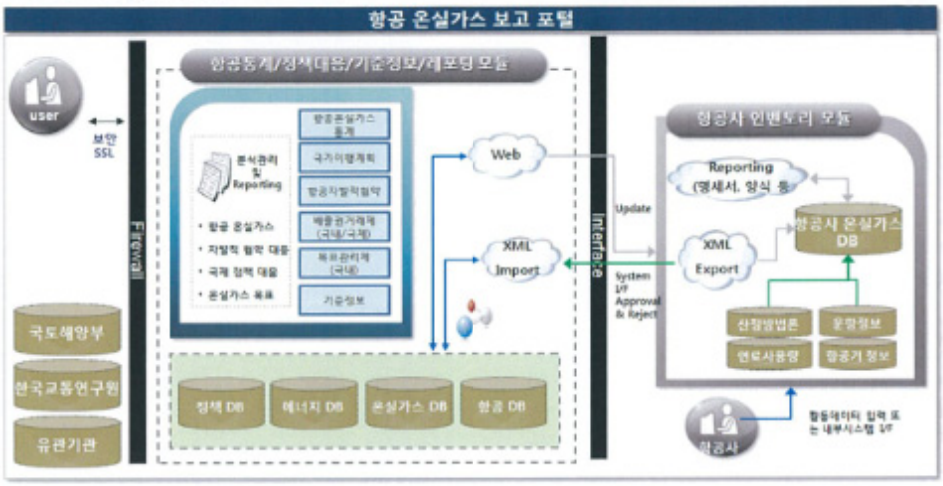
- 정의
  - 웹기반의 항공온실가스 보고포털로서 온실가스에 대한 배출정보제공 및 국내외 규제대응을 위한 통합관리
- 목표 시스템 개발 범위
  - 항공부문 **국가 온실가스 정보 관리 표준 데이터 체계 수립** 및 시스템 개발
  - **Tier 3b 온실가스 배출량의 신뢰성 강화**를 위한 항공부문 Tier 1, Tier 2 온실가스 정보 관리 체계 구축
  - **항공 온실가스 정보**의 정부, 연구기관, 항공사 고유 및 효율적 업무지원을 위한 **통합 온실가스 정보관리 체계 구축**
  - 항공분야 **국내/외 정책 대응** 사항 관련 정보의 표준 데이터베이스화 관리
  - 자발적협약, 배출권거래제 등 **국내/외 온실가스 규제 대응 관리**를 위한 항공사 인벤토리 관리 기능 개발
- 개발 모듈
  - 항공통계/정책대응/기준정보/레포팅 모듈 (Tier 1 산정 및 통계관리, 국가 온실가스 정책 정보제공)
  - 항공사 인벤토리 모듈 (온실가스 데이터 Migration, DB 구축 및 관리 등)

14

2. 개발 문서 요약 (개념설계)

운용개념기술서 - 보고포털

- 전체 시스템 구성도



2. 개발 문서 요약 (개념설계)

운용개념기술서 - 보고포털

- 목표 시스템 운용 시나리오



에너지/온실가스	배출권거래/목표관리제
· **1단계** : 연료 모니터링 및 연료소비 분석 · **2단계** : 활동량 관리 · **3단계** : 배출량 관리 및 배출량 분석, QA/QC · **4단계** : 성과 관리 및 보고관리, 기록관리	· **1단계** : 할당 배출권 관리 · **2단계** : 에너지/온실가스 DB의 활동량 관리를 통한 배출권 수급 관리 및 감축사업 관리 · **3단계** : 예상 배출량 산정 · **4단계** : 규제대응 및 배출권 거래 · **5단계** : 기록관리 및 보고관리

2. 개발 문서 요약 (개념설계)

운용개념기술서 - 온실가스 산정 알고리즘 개발

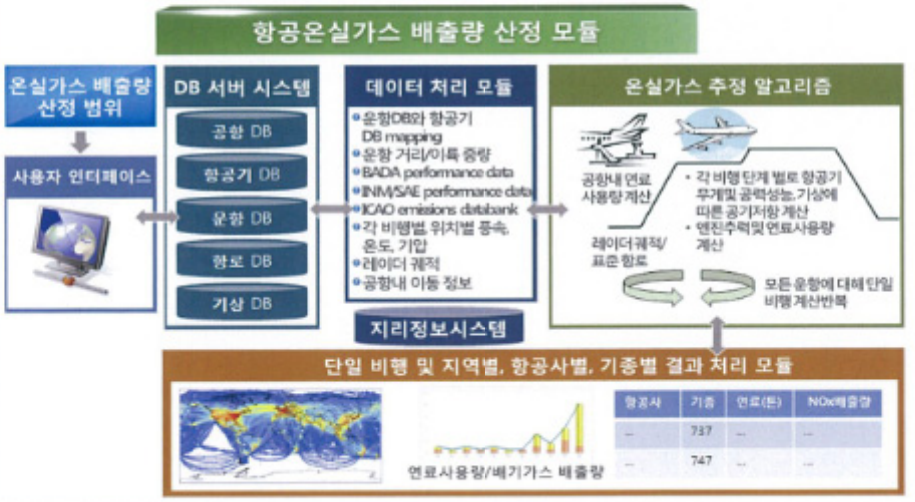
- 정의
  - IPCC의 Tier 3b급 고정밀 항공 온실가스 배출량 산정 알고리즘 개발
- 목표 시스템 개발 범위
  - 비행 조건 및 운항환경을 고려한 **항공기 온실가스 배출량 알고리즘** 산정 (항공기 기종, 성능, 운항 절차, 기상, 출/도착지 등)
  - 공항에서 사용되는 **지상조업차량의 온실가스 배출량** 산정
  - 표준궤적 및 항적자료를 이용한 **단일 비행 중의 온실가스 배출량** 산정
  - **단위(국가, 지역, 항공사, 항공기)별 온실가스 배출량** 산정
- 개발 모듈
  - 항공온실가스 배출량 산정 모듈

17

2. 개발 문서 요약 (개념설계)

운용개념기술서 - 온실가스 산정 알고리즘 개발

- 전체 시스템 구성도



18

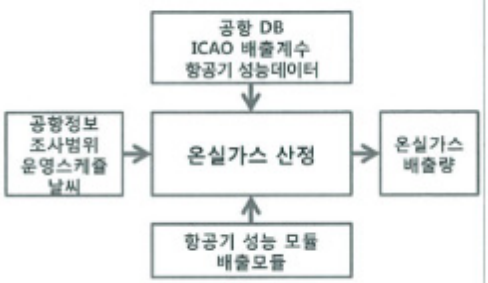
2. 개발 문서 요약 (개념설계)

운용개념기술서 - 온실가스 산정 알고리즘 개발

- 알고리즘 구성도



- 항공온실가스 배출량 산정 알고리즘(LVL 0)



- 'IDEF0' 방법론 적용
- 개별 알고리즘은 Bottom-up 방식 운용
- 입력변수도 위와 동일 구성
- 코딩 단계는 LVL 6 로 구성

19

2. 개발 문서 요약 (개념설계)

운용개념기술서 - 항공온실가스 산정 모듈 구현 및 검증

- 정의
  - IPCC Tier3b 급 항공온실가스 산정 알고리즘 모듈을 이용한 GUI 구현 및 해외의 유사 프로그램간 비교 검증
- 목표 시스템 개발 범위
  - 온실가스 산정 DB 와 온실가스 산정 알고리즘 모듈간 통합 시스템 구축
  - 운항 DB 구축 (BADA, ANP, ICAO Databank의 항공기/엔진 모델)
  - GIS 시스템과 알고리즘/DB들을 연결하여 표준 항로를 생성하고 온실가스 배출량을 지도상에 출력
  - 국내 상황에 적합한 항공기 기종/노선을 분석해 검증용 study 구축
  - 표준 DB를 사용한 단일 비행 시 해외 유사 프로그램들과 비교 분석
  - 지역별, 항공사별, 국가별 거시적 분석을 수행하여 해외 유사 프로그램과 비교분석을 통한 검증

20

2. 개발 문서 요약 (개념설계)

운용개념기술서 - 항공온실가스 산정 모듈 구현 및 검증

- 전체 시스템 구성도



2. 개발 문서 요약 (개념설계)

운용개념기술서 - 항공온실가스 산정 모듈 구현 및 검증

- 항공 온실가스 산정 모듈 구현

1. 온실가스 산정 모듈에 필요한 sample DB 구축
2. 과학원에서 개발하는 알고리즘 모듈과 DB 통합 시스템 구축
3. 온실가스 산정 및 예측 DB에서 필요한 데이터 추출하여 산정 모듈 DB에 저장
4. 운항 DB의 항공기 기종과 BADA, ANP, ICAO Databank의 항공기/엔진 모델과 mapping
5. GIS 시스템과 알고리즘/DB들을 연결하여 표준 항로를 생성하고 온실가스 배출량을 지도상에 출력
6. GUI 개발을 통한 사용자 입/출력 환경 구축

- 항공 온실가스 산정 모듈 검증

1. 국내 상황에 적합한 항공기 기종/노선을 분석해 검증용 study 구축
2. 표준 DB를 사용한 단일 비행 시 해외 유사 프로그램들과 비교 분석
3. 실제 DB를 사용한 단일 비행 시 해외 유사 프로그램들과 비교 분석
4. 오차 발생 원인에 대해 분석하여 알고리즘 개발팀에 피드백 제공
5. 지역별, 항공사별, 국가별 거시적 분석을 수행하여 해외 유사 프로그램과 비교분석을 통한 검증

2. 개발 문서 요약 (개념설계)

운용개념기술서 - 감축량 예측 모듈

- 정의
  - 항공온실가스 감축수단 별 알고리즘을 통해 저감효과를 분석하며 이에 따른 저감 잠재량 예측모듈
- 목표 시스템 개발 범위
  - 감축기술 알고리즘 구축 (APU, 운항관리, 운항, 정비 및 유지보수, 지상)
  - 항공온실가스 기초데이터 검색/추출/관리 기술 개발
  - 감축기술을 이용한 항공온실가스 저감효과 분석
  - 다양한 감축기술 적용 알고리즘 구현
  - 감축량 예측 알고리즘을 이용한 예측 모듈 개발
- 개발 모듈
  - 항공온실가스 감축량 예측 모듈

23

2. 개발 문서 요약 (개념설계)

운용개념기술서 - 감축량 예측 모듈

- 전체 시스템 구성도

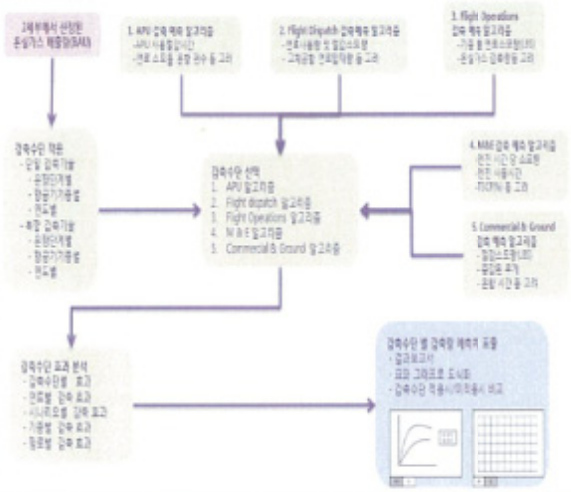


24

2. 개발 문서 요약 (개념설계)

운용개념기술서 - 감축량 예측 모듈

- 목표 시스템 운용 시나리오



감축량 예측 운용 시나리오

- **1단계** : 현 수준 데이터 입력
- **2단계** : 감축수단 적용
- **3단계** : DB 서버시스템 자료 추출
- **4단계** : 데이터 처리 모듈
- **5단계** : 감축량 예측 알고리즘
- **6단계** : 감축수단 효과분석
- **7단계** : 감축량 예측 결과 도출

2. 개발 문서 요약 (개념설계)

운용개념기술서 - 경제성 분석 및 의사결정지원

- 정의
  - 항공 온실가스 감축수단 별 경제성 분석 및 의사결정 지원을 통해 사용자에게 감축수단 적용을 위한 의사결정을 지원해줄 수 있도록 하는 시스템
    (국가 정책결정 지원, 항공사의 직접운항비용 분석, 환경 정책 시나리오 영향 분석)
- 목표 시스템 개발 범위
  - 감축수단별 경제성 분석 모듈 (항공사 운항 비용 DB, 정부/항공사 경제성 분석지원 모듈 알고리즘 개발)
  - 온실가스 관련 정책 의사결정 지원 모듈 (알고리즘 개발, 국내 항공사 DB 구축, 중장기 온실가스 정책 의사결정 분석)
  - 미래 운항 DB 구축
- 개발 모듈
  - 경제성 분석 및 의사결정지원 모듈

2. 개발 문서 요약 (개념설계)

운용개념기술서 - 경제성 분석 및 의사결정지원

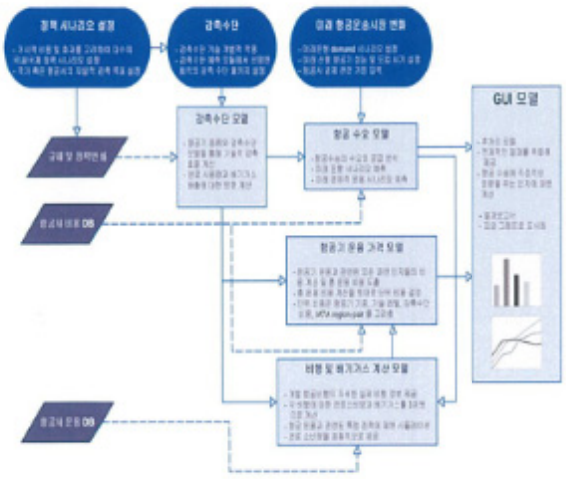
- 전체 시스템 구성도



2. 개발 문서 요약 (개념설계)

운용개념기술서 - 경제성 분석 및 의사결정지원

- 목표 시스템 운용 시나리오



감축수단 적용 시나리오

- **1단계** : 정책시나리오 설정
- **2단계** : 감축수단입력
- **3단계** : 미래경제/운항/기술조건입력
- **4단계** : DB 서버시스템 자료 추출
- **5단계** : 데이터처리모듈
- **6단계** : 항공 비용분석 알고리즘
- **7단계** : 정책비용 및 효과 도출

2. 개발 문서 요약 (개념설계)

시스템요구사항명세서 - 통합

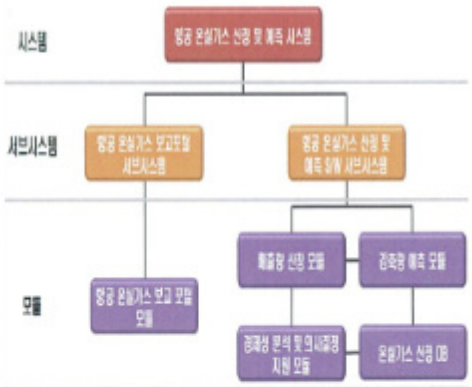
- 요구사항은 11개로 중분류하고, 세부 요구사항별 고유 식별코드 부여

분류 기준	요구사항명	갯수
시스템 요구사항(SYR)	개발 장비, SW 환경, 개발 요구사항	3
기능 요구사항(FUR)	모듈별 업무, GIS 맵, 결과보고서,	17
성능 요구사항(PER)	결과도출시간, 플랫폼지원, 시스템사양	8
보안 요구사항(SER)	데이터/시스템권한/DB/포털 보안 및 암호화	5
품질 요구사항(QUR)	정확성, 사용성, 구분성, 용이성, 정보제공	5
인터페이스 요구사항(Interface)	사용자/외부연계 인터페이스	2
데이터 요구사항(DAR)	표준화, 데이터 구축, 관련 데이터 연계	3
프로젝트 관리 요구사항(PMR)	일정/산출물/참여인력 관리, 매뉴얼	4
제약사항 요구사항(OCR)	개발제약사항, 형상관리, 개발언어, 저작권	6
프로젝트 지원 요구사항(PSR)	교육지원, 기타지원	3
테스트 요구사항(TER)	테스트	1

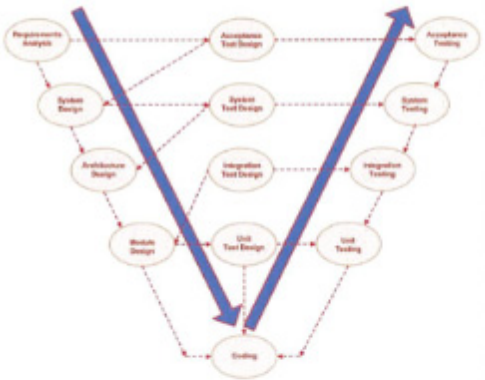
2. 개발 문서 요약 (개념설계)

시스템개발계획서 - 통합

- 시스템 개발은 1/2차년도 모듈별(5개)로 개발되어 3차년도에 통합하는 방식이며, 개발 방법론은 'V형 개발 프로세스' 를 적용함



개발 시스템 체계도



시스템 개발 방법론
(V 형 개발 프로세스 적용)

2. 개발 문서 요약 (개념설계)

시스템개발계획서 - 통합

- 시스템 개발 문서는 총 12종으로 작성하며, 작성단계는 개념설계, 상세설계, 소프트웨어 구현, 통합시험단계로 구분하여 작성함

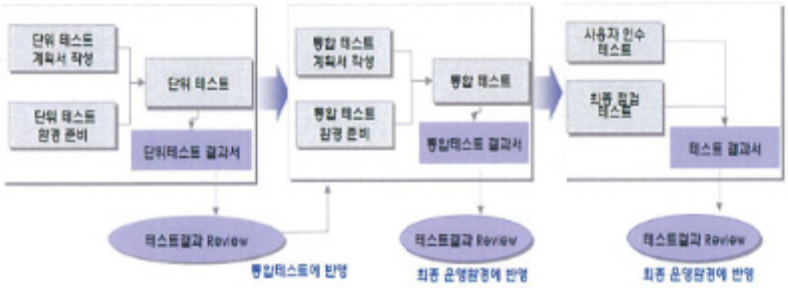
구분	산출물명 (기호)	작성 단계
1	운용개념기술서(OCD)	개념설계
2	시스템 요구사항 명세서(SSRS)	개념설계
3	시스템 개발 계획서(SDP)	개념설계
4	시스템 시험 계획서(STP)	개념설계
5	시스템 상세 설계기술서(SSDD)	상세설계
6	상세 인터페이스통제문서(ICD)	상세설계
7	상세 인터페이스설계기술서(IDD)	상세설계
8	상세 데이터베이스설계기술서(DBDD)	상세설계
9	소프트웨어 개발완료 보고서	소프트웨어 구현
10	사용자/관리자 문서	소프트웨어 구현
11	시험절차서(STD)	소프트웨어 구현
12	시험결과보고서(STR)	소프트웨어 통합 시험

31

2. 개발 문서 요약 (개념설계)

소프트웨어시험계획서 - 통합

- 시험 목적
  - 분석단계에서 도출한 현업 요구사항 및 설계사양을 시스템이 만족여부 검증
  - 프로그램간 인터페이스 및 기능 수행여부 검증
  - 시스템 결과와 예상된 작성된 수치 데이터 일치여부 검증
- 시험 단계 (단위시험/통합시험/인수시험)

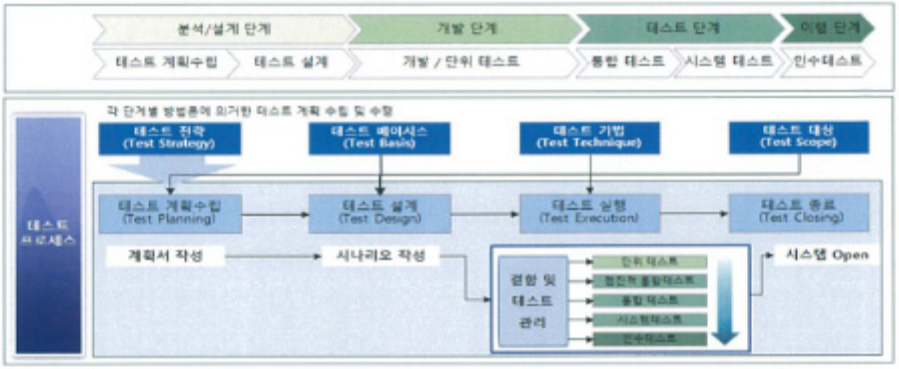


32

2. 개발 문서 요약 (개념설계)

소프트웨어시험계획서 - 항공온실가스보고포털

- 시험 목적
  - 보고포털의 개별기능의 요구사항에 따른 작동여부 검증
  - 모듈별 기능의 정상적 수행여부 검증
- 시험 단계 (단위시험/통합시험/인수시험)



3. SRR 검토서 참고 자료

전문기관(TTA) 문서 검증 결과

- 문서별 검증결과
  1. SSRS_체계증명_KOTI
  2. OCD_체계증명_KOTI
  3. SDP_체계증명_KOTI
  4. STP_체계증명_KOTI
  5. OCD_온실가스 산정_KAIST
  6. OCD_보고포털_솔루티스
  7. SDP_보고포털_솔루티스
  8. STP _보고포털_솔루티스
  9. OCD_감축량 예측_KOTI
  10. SDP_감축량 예측_KOTI
  11. STP_감축량 예측_KOTI
  12. OCD_구현 및 검증_체증대
  13. OCD_경제성 및 의사결정_체증대

❖ 국제 표준 및 검증 항목에 따라 개발단계 별 문서 내용 분석
❖ 검증 대상 문서 또는 관련 참조 문서와 비교 검증



3. SRR 검토서 참고 자료

전문기관(TTA) 문서 검증 *

- 시스템 요구사항 명세서
  - 상세 요구사항에 고려되지 않은 항목이 있음
    - 인터페이스 요구사항 : 사용자인터페이스, 외부 시스템연계 인터페이스 외에 네트워크 통신 인터페이스, 데이터 연계 인터페이스 등의 정보 필요
    - 각 모듈이 공통으로 사용하는 DB에 대한 데이터 종류 및 인터페이스 방법에 대한 정의 및 범위에 대한 정보가 제공되지 않음
  - 상세 요구사항이 모듈 별로 제공되지 않음
  - 각 모듈에서 요구사항에 대한 추적이 제공되지 않음
- 운용개념기술서
  - 문서 전반적으로 개발시스템 내용 분석의 상세정보 제공 오류로 인한 완전성 결함 포함
- 시스템 개발 계획서
  - 문서 전반적으로 개발시스템 내용 분석의 상세정보 제공 오류로 인한 완전성 결함 포함
- 소프트웨어 시험 계획서
  - 시스템 설계 이후 단계의 시험계획(단위시험, 통합시험 계획 등)으로 구성됨
  - 시험 구성 시스템(HW, SW) 등 시스템 요구사항에 대한 시험 계획 정보가 제공되지 않음

35 * 자세한 내역은 별첨 2. TTA 문서 결함내역 참조



감사합니다

한국교통연구원 KOTI THE KOREA TRANSPORT INSTITUTE KAIST 세종대학교 SEJONG UNIVERSITY 한국항공대학교 KOREA AEROSPACE UNIVERSITY SOLUTIS

항공 온실가스 산정 및 예측시스템 개발 SRR 검토 의견서

검토 종합의견
1. ICD(Interface Control Document)를 과제 수행계획서에서 최종 산출물에 과제(세부)간의 인터페이스 정의하여 제출할 것. 2. 운용개념서에는 구체화한 필요가 있음. 특히, 운용시나리오는 개략이 아닌 최소한 DFD 또는 FFD 수준으로 구체화 해야 함. 3. Qualification 전략을 구체화 해야 함. 소프트웨어 인증기준(DO-178B)에 따른 체계 상용화에 대응한 이행이 필요함. 4. 운영개념기술서와 운영개념서를 효율적으로 작성하는 것이 세부과제의 모든 참여자에게 교육 필요. KOTI는 운영개념서, 나머지는 간략화된 형태의 운영개념기술서. - 개발하고자 하는 시스템이 아닌 운영자가 사용하는 시스템 개념의 시각은 운영개념에 대한 명확한 이해임.

일시 : 2015년 4월 27일

자문위원

o 소 속 : 경상대
o 직 위 : 교수
o 성 명 : 정 종 수

종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

의사결정의 과정에 대한 유연성 및 이해관계자 간 효율적 소통 방안에 대한 명확한

2. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

~~예수~~ 본 과제는 명확한 이해관계자의 식별으로부터 시작되므로 이해관계자 식별프로세스에 따라 진행할 필요가 있음.

3. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

□ 연구개발 가능성 : 연구개발 담당기관의 역량의 충분성 여부 판단 □ 연구비 배분의 적절성 : 기관별 연구 범위, 성과물 등에 따른 연구비 배분의 적절성 판단 □ 주관기관과의 소통성 : 담당기관의 모듈과 통괄 시스템과의 연계 가능성(향후 시스템 통합 고려) □ 업무 범위의 적절성 : 담당 업무에 대한 이해도 및

2015.04.27.

평가위원 : 전 [illegible]

항공 온실가스 산정 및 예측시스템 개발 SRR 검토 의견서

검토 종합의견
항공 온실가스 산정 및 예측시스템 개발 SRR 부분에서 항공 온실가스 배출량 산정 알고리즘 개발과 구체적이고 종합적인 항공기 궤적으로 인한 욕적 발생에 대한 더 자세한 조사필요. 항공 온실가스 배출량 산정 모델 구현 및 검증에 대한 상세한 정보 부재에 대한 현실적 검증 방법에 대한 구체적 정보 제공 필요.

일시 : 2015년 4월 27일

자문위원

o 소 속 : 동의 대학교
o 직 위 : 교수
o 성 명 : 손장호

항공 온실가스 산정 및 예측시스템 개발 SRR 검토 의견서

검토 종합의견
① 프레임으로 SRR(정의)하다. 완성도(completeness)와. Integrity-ness도 해야 한다. → TTA의 요구 사항. 내용에 대한 agree 필요.
② 표준 SRR 문서 및 솔루션의 KPI 산출. 성능 인터페이스 등에 대한 alignment가 필요.
③. 고객에 승인SRR 이후 반드시. TTA의. Recommendation이 있다야 한다라고 이유. 홍보기관이 주관하고 필요시 수요를 통해 의견 통합하. 인터페이스만 → 이는 방향으로. 승인 SRR 수행 인정해줄 것.

일시 : 2015년 4월 27일

자문위원

o 소 속 : KST
o 직 위 : 과장
o 성 명 : 박정환.

종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

① 산학협력은 매우 위치나은 대학교에 대한 필요. 매우 만족.
연속성. 내용의 적절 해당 것이 바람직하다.
② 전반적인 로드/분석 단계 갖추었다.

2. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

① 22년도 부터 시장에 보다 발전적 반영한 것이 바람직.
② 재정 운영 및 교육을 관련하여 예산 지원 필요 강조.

3. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

□ 연구개발 가능성 : 연구개발 담당기관의 역량의 충분성 여부 판단
□ 연구비 배분의 적절성 : 기관별 연구 범위, 성과물 등에 따른 연구비 배분의 적절성 판단
□ 주관기관과의 소통성 : 담당기관의 모듈과 총괄 시스템과의 연계 가능성(향후 시스템 통합 고려)
□ 업무 범위의 적절성 : 담당 업무에 대한 이해도 및

2015.04.27.

평가위원 : 박 정한 (서명)

항공 온실가스 산정 및 예측시스템 개발 SRR 검토 의견서

검토 종합의견
○ 사업도 결과물인 시스템 요구사항 명세서의 구체적 보완이 필요함. - 세부 모듈별로 만족해야하는 기능, 성능, 인터페이스에 대한 정의, 내용, 범위 등의 상세화 및 보완 필요. ○ 항공 온실가스 산정 및 예측시스템 개발의 산출물에 대한 개발 내용, 범위를 명확히 구분하고 개발 문서 및 설계가 완성도 있게 개발 및 관리될 수 있도록 보완이 필요함. ○ 항공 온실가스 산정 및 예측시스템의 성과에 핵심요인이 될 수 있는 데이터들에 대한 확보 및 신뢰성 보장이 필요함. - 데이터 확보가 어려운 경우에 대비한 전략방안이 필요함. 항공온실가스 배출량 산정 및 검증의 ○ 항공 온실가스 산정 및 예측시스템 개발 과제의 상용화 및 활용을 위한 실제 사용자 및 효과에 대한 정의 및 명확이 우선되어야 함.

일시 : 2015년 4월 27일

자문위원

o 소 속 : 한국정보통신 기술협회
o 직 위 : 책임
o 성 명 : 권기선

종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

○ 의사결정에 대한 주체 형의가 필요함. ○ 간접량예측 모듈과의 개발 범위 및 내용에 중복되는 부분이 있음.

2. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

○ 경제성 분석 및 의사결정 모듈이 확용되기 위해서는 산수요과의 요구사항 분석 및 의견반영이 필요함.

3. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

□ 연구개발 가능성 : 연구개발 담당기관의 역량의 충분성 여부 판단 □ 연구비 배분의 적절성 : 기관별 연구 범위, 성과물 등에 따른 연구비 배분의 적절성 판단 □ 주관기관과의 소통성 : 담당기관의 모듈과 총괄 시스템과의 연계 가능성(향후 시스템 통합 고려) □ 업무 범위의 적절성 : 담당 업무에 대한 이해도 및

2015.04.27.

평가위원 : 권기선 (서명)