<표지 앞면>

15RDPP-C1
03648-01

기획체계관리 항공의학생리 및 항공인적요인 최종보고서

2016

국토교통과학기술진흥원

국토교통부

국토교통 R&D Report

보안 과제( ), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개( )

국토교통연구기획사업 최종보고서

발간등록번호	R&D /
11-1613000-001611-01	15RDPP-C103648-01

항공의학생리 및 항공인적요인 관리체계 개발 기획 최종보고서

2016. 09.

주관연구기관 / 한국과학기술원
협동연구기관 / 인하대학교 의과대학

국 토 교 통 부

국토교통과학기술진흥원

<표지 뒷면>

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통연구기획사업의 연구보고서입니다.

2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.

제 출 문

국토교통부 장관 귀하

이 보고서를 “항공의학생리 및 항공인적요인 관리체계 개발 기획” 과제의 기획연구보고서로 제출합니다.

2016. 09. 28

주관연구기관명 : 한국과학기술원
주관연구책임자 : 윤완철
연구원 : 가동호, 권호창, 김유찬, 김주연, 유병국, 이슬기

협동연구기관명 : 인하대학교 의과대학
협동연구책임자 : 김규성
연구원 : 김영효, 성일세

보 고 서 요 약 서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>15RDPP-C103648-01</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2015.09.14.
~ 2016.07.13</td><td>단 계 구 분</td><td>(과제기획단계)/
(총 단 계)</td></tr>
<tr><td>연 구 사 업 명</td><td colspan="5">국토교통연구기획사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4">항공의학생리 및 항공인적요인 관리체계 개발 기획</td></tr>
<tr><td>세부 과제명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>연 구 책 임 자</td><td>윤완철</td><td>총 연구기간
참 여
연구원 수</td><td>총 : 10 명
내부: 10 명
외부: 0 명</td><td>총 연구비</td><td>정부: 80,000 천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="3">한국과학기술원</td><td colspan="2">참여기업명</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명:</td><td colspan="2">상대국 연구기관명:</td></tr>
<tr><td>공 동 연 구</td><td colspan="3">연구기관명: 인하대학교</td><td colspan="2">연구책임자: 김규성</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)</td><td colspan="2">보고서 면수
311페이지</td></tr>
</table>

- 항공사고의 저감을 위한 인적요인 중심의 시스템적 사고분석체계의 개발 방안 수립. 국내외 실무적 현황과 이론적 동향을 토대로 선진형 사고분석체계의 범위와 요구사항 정립.
- 인적오류 감소를 위한 인지공학적 승무자원관리(CRM) 교육훈련에 대한 국내외 현황을 기반으로 능력기반훈련의 개발 필요성과 내용, 제도화 연구의 내용 도출.
- 항공시스템과 조직안전의 평가유지를 위한 차세대(Safety II) 안전 개념의 시스템 레질리언스 평가를 위한 기초 연구
- 항공의학생리 및 항공신체검사 관리기반 및 체계 구축을 위한 항공의학생리 및 항공신체검사제도, 연구, 교육 및 인력양성체계에 대한 연구
- 항공종사자 질병체계 및 검사항목 구성, 효율화 및 표준화를 위한 연구
- 항공종사자를 위한 항공신체검사 포털시스템 개발 및 관리기반구축을 위한 연구

<table>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td>항공인적요인, 항공사고분석, 승무원자원관리, 항공의학, 항공신체검사자격, 항공전문의사, 항공의학센터</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td>Aviation Human Factor, Aviation Accident Analysis, Crew Resource Management, Aerospace Medicine, Airman Medical Certificate, Aviation Medical Examiner, Aeromedical Center</td></tr>
</table>

요 약 문

Ⅰ. 제 목

항공의학생리 및 항공인적요인 관리체계 기획

Ⅱ. 기획연구과제 개요

본 기획연구는 크게 인적요인 부문와 의학생리 부문으로 나누어지며, 각각의 주요 내용은 다음과 같음.

1) 인적요인 부문

- 항공사고의 저감을 위한 인적요인 중심의 시스템적 사고분석체계의 개발
- 인적오류 감소를 위한 인지공학적 승무자원관리(CRM) 교육훈련 개발과 제도화
- 차세대(Safety II) 안전 개념의 시스템 레질리언스 평가 도입 연구

2) 의학생리 부문

- 항공의학생리 및 항공신체검사 관리기반 및 체계 구축을 위한 항공의학생리 및 항공신체검사제도, 연구, 교육 및 인력양성체계에 대한 연구
- 항공종사자 질병체계 및 검사항목 구성, 효율화 및 표준화를 위한 연구개발
- 항공종사자를 위한 항공신체검사 포털시스템 개발 및 관리기반구축을 위한 연구개발

III. 연구개발의 필요성

1) 인적요인 부문

- 항공사고의 절대 다수가 조종사, 관제사, 정비, 경영조직의 문제등 인적요인에서 비롯됨이 알려져 있으나, 사고의 희소성과 복잡성에 의해 적절하고 효용높은 대응방안을 발견하기 어려움. 사고와 준사고에 대한 인지공학적인 체계적 분석을 통하여 현장에서 인적요인을 유발하는 기술, 교육, 시설, 의사소통, 인적자원운용 등에 개재된 위험영향요인을 찾고 대응함으로써 장기적인 항공안전 증진 사이클을 형성할 수 있음. 한편 현대적 항공시스템에서 기존의 사고와 안전 개념을 확장하여야 한다는 패러다임의 변화가 요구되고 있어 이를 반영한 선진형 사고분석체계를 수립하여야 함.
- 현장 조종사의 인적요인에 의한 사고를 억제하기 위한 가장 직접적인 방안은 조종실에서의 CRM교육이나, 인지공학적으로 실제적 사고감소 효과가 적은 명목적 교육에 그치기 쉬움. 따라서 CRM 교육을 TEM 등 인지공학 체계를 도입하여 실체화하고 그 수준을 유지할 수 있는 교육평가제도가 수립되어야 함.
- 항공부문에서 조직의 문제가 점점 부각되고 있는 추세에 부응하여 조직의 레질리언스 능력을 시스템적으로 상시 평가하고 취약점을 발견하여 개선할 수 있는 시스템 안전 진단평가 체계가 개발될 필요가 있음.

2) 의학생리부문

- 우리나라 항공수요와 항공종사자의 항공신체검사의 급증에 맞춰 이를 뒷받침할 전문, 전담인력 및 체재를 정비할 시점이 되었음. 항공신체검사의 규정과 제도는 항공종주국이라 할 수 있는 미국의 규정을 쫓고 있으나, 실제 미국과 한국이 항공안전을 위한 자격관리라는 측면에서 다른 조건이 많음. 자격관리라는 측면의 항공신체검사는 근거에 입각한 판단이 필요한 시점이며, 추격모방형 제도개선은 사회적 역량소모의 결과를 빚고 있음.
- 항공안전 및 항공우주산업의 발전을 위한 항공신체검사, 항공의학생리 연구 및 교육, 인력양성을 포함하는 관리체계에 대하여 현황, 문제점, 발전방향을 확인하고 제안하고, 항공안전을 위한 항공의학생리의 역할 중 항공종사자 신체검사 및 관리, 항공우주의학 연구, 교육 및 인력양성을 효율적이고 발전적으로 구축하기 위한 방안에 대한 기본구상을 제시하고, 항공종사자의 신체검사 및 건강관리의 주요요소인 질병의 체계화, 신체검사 관련 검사 및 평가항목의 구성, 체계화, 효율화 및 표준화를 위한 연구를 제안하며, 항공신체검사 정보관리체계의 구축 및 개선을 통한 항공신체검사의 효율적 관리체계 연구를 제안함.
- 선진화된 항공종사자 의학생리 DB 시스템 개발의 필요성 : 현재의 통합항공안전정보시스템(e-sky)은, 항공종사자 개개인의 건강 상태를 수시로 확인하고 업무적합성을 판단하는 수준에 머물러 있음. 따라서 체계화된 데이터 관리 및 질환 분류를 통하여, 특정 질환에 대한 고위험군을 사전에 발견하여 조기 관리함으로써 항공종사자의 건강을 보다 근본적으로 관리할 필요가 있음. 또한 항공전문의사의 판정오류를 감소시키기 위한 의사결정지원시스템, 판정 제안 시스템 등을 도입하는 것이 필요함.

Ⅲ. 기획연구 수행내용 및 결과

1) 인적요인 부문

- 국내 사고분석의 현황을 조사하고 그에 입각하여 새로운 사고분석체계의 도입 가능성을 평가함.
- 현재는 오래된 기본 모형인 SHELL을 가장 많이 사용하고 있으며 일부 HFACS의 경험이 있으나, 기본적으로는 표준적인 제3세대의 다 계층 요인분석 시스템이 도입될 필요가 있으며 이에 더하여 차세대 개념을 담은 STAMP. FRAM 등을 접목한 선진형 사고분석시스템을 개발할 필요가 있음.
- 국내외 CRM 훈련 및 평가시스템을 조사하였으며 이로부터 CRM 교육의 내용, 강화방안을 모색함. 특히 CBT(능력기반훈련)의 적극적 도입이 긴급히 요구됨. 또한 교육내용의 표준화를 위한 교재개발과 교육수준의 유지를 위한 교관 평가의 제도화가 요구됨.
- 국내 항공문제도 점차 조직적 문제가 (저가 항공, 최근 항공문제 추세) 부각되고 있어 조직 레질리언스 능력의 평가가 중요한 안전유지제도의 역할을 할 것으로 기대됨. 레질리언스의 각 요소에 대한 조사와 평가방법의 필요성, 참고할 체계 등에 대한 연구가 수행됨.

2) 의학생리 부문

- 항공생리 및 항공우주의학의 정의를 조사하고, 고도변화/기압변화/저산소증/우주방사선 등과 같은 항공우주 유해자극이 인체에 미칠 수 있는 영향 및 이에 대한 처치 등을 조사함. 이러한 항공생리 및 항공우주의학을 체계적으로 연구할 수 있는 센터 구축이 필요할 것으로 판단됨.
- 국내외 항공신체검사 현황(제도, 규정, 시스템 및 실적 등)을 조사하고 개선해야 할 사항을 도출함. 또한 항공의학생리 연구교육 및 인력양성(항공전문의사 교육 및 보수교육관리) 현황에 대해 조사하고 개선점을 도출함. 현재의 항공신체검사 항목 및 평가기준을 재정비함으로써, 객관화되고 표준화된 국제 수준의 기준을 구체적으로 설정할 필요가 있음. 또한 항공전문의사가 증명서를 발급할 수 있는 범위, 발급 보류 및 자문 범위를 보다 명확하게 제시함으로써, 항공전문의사의 업무 오류를 감소시키고, 근거중심의 제도변화 및 발전의 필요성이 있음.
- 현재 항공종사자의 건강 평가 및 업무적합성 판정을 담당하고 있는 통합항공안전정보시스템(e-sky)을 기술적으로 분석하고, 고위험군에 대한 사전 발견 및 조기관리, 판정오류 감소 등을 위해 필요한 개선점 도출함. 신체검사 원시데이터를 저장할 수 있도록 데이터베이스를 확장하고, 첨단 지능형 시스템 기능을 갖춘 의료 결정 지원 시스템을 개발하며, 개인정보가 누출되지 않도록 시스템적 안전성을 증진하면서도 다양한 플랫폼 및 브라우저에서도 사용할 수 있도록 차세대 웹 표준을 준수하는 새로운 항공신체검사 포털시스템의 구축이 요구됨.

Ⅳ. 연구성과 활용계획과 기대효과

1) 인적요인 부문

- 선진형 항공사고조사분석체계 개발, 인지공학적 CRM 교육 개발, 시스템안전 레질리언스 능력평가 체계 개발을 포함한 항공인적요인 향상을 위한 종합적 개발 과제가 필요함.
- 이러한 종합적 연구로 인적요인의 문제가 보다 명료히 규명되고, 각 영향요소가 적절히 관리될 수 있으며, 교육훈련의 실효성을 통하여 실효적인 항공안전 증진과 사고 억제가 가능할 것임.

2) 의학생리 부문

- 항공신체검사의 체계적 관리 및 분석이 가능한 시스템을 구축하여, 항공안전을 위한 근거확보, 선제적 조치, 연구개발을 통한 항공안전 확보, 비용절감, 갈등제거 및 항공우주산업의 국제적 이니셔티브 확보가 가능할 것임.
- 항공신체검사, 항공종사자 및 승객의 건강관리, 항공우주환경의학 등 항공의학생리의 지속적 수요에 대처하고 효율적인 관리가 이루어지는 기구 구축을 통한 선진적 관리체계 마련

PART Ⅰ 기획연구 배경 및 항공사고 현황 분석 ····· 1

제 1 장 기획연구의 배경 및 필요성 ····· 1
제 1 절 기획연구 추진배경 ····· 1
1. 인적오류 사고 저감과 조직안전 제고를 위한 사고-조사-교육-평가 체계 개발 방안 ····· 1
2. 항공업무 수행자에 대한 예방적 건강관리를 통한 항공사고 저감 ····· 4
제 2 절 기획연구 필요성 ····· 7

제 2 장 국내외 항공사고 분석 ····· 19
제 1 절 국내외 항공사고 발생현황 ····· 19
1. 전 세계 항공사고 현황 ····· 19
2. 국내 항공사고 현황 ····· 24
제 2 절 인적요인 관련 항공사고 현황 ····· 29
1. 항공사고 현황 ····· 29
2. 국내사고 현황 ····· 30
제 3 절 질병 관련 항공사고 현황 ····· 35

PART Ⅱ 인적오류 사고 저감과 조직안전 제고를 위한 체계 개발, 교육, 관리 37

제 3 장 국내외 동향 및 환경분석 ····· 37
제 1 절 국내외 정책동향 ····· 37
1. 사고조사 ····· 37
2. 인적오류관리 교육훈련프로그램 및 인증제도 ····· 59
제 2 절 국내외 기술동향 ····· 75
1. 인적요인 사고분석체계 ····· 75
2. 레질리언스 공학과 시스템 사고분석모델 ····· 92
제 3 절 유사과제 분석 ····· 102
제 4 절 종합 분석 ····· 104

제 4 장 연구개발과제 구성 및 추진전략 ····· 107
제 1 절 비전 및 목표 ····· 107
제 2 절 기술개발에 따른 미래상 ····· 110
제 3 절 연구개발과제 구성 ····· 111
제 4 절 세부과제별 주요내용 및 추진전략 ····· 114
제 5 절 과제별 연차별 로드맵 및 성과활용방안 ····· 127
제 6 절 연구수행체계 제안 ····· 131

제 5 장 사전타당성 검토 ····· 132
제 1 절 정책적 타당성 ····· 132
제 2 절 기술적 타당성 ····· 134
제 3 절 경제적 타당성 ····· 136

제 6 장 인력투입계획 및 소요예산 산정 ····· 138
제 1 절 연구일정에 따른 인력투입계획 ····· 138
제 2 절 소요예산 산정 ····· 139

제 7 장 과제 제안요구서 ····· 146
제 1 절 제안요구서(RFP) ····· 146
제 2 절 평가기준 설정 ····· 157

PART Ⅲ 항공의학생리 및 항공신체검사 관리기반 및 체계 구축 ····· 158

제 8 장 국내외 동향 및 환경분석 ····· 158
제 1 절 국내외 정책동향 ····· 158
1. 항공생리 및 항공신체검사제도 ····· 158
2. 항공의학생리 연구교육 및 인력양성 체계 ····· 192
3. 항공안전을 위한 항공의학생리 관리조직 및 체계 구축안 ····· 217
제 2 절 국내외 기술동향 ····· 228
1. 항공종사자의 질환 분석 및 항공신체검사 항목과 체계 ····· 228
2. 항공종사자 의학생리 데이터베이스 시스템 ····· 235

제 9 장 연구개발과제 구성 및 추진전략 ····· 273
제 1 절 의의 및 목표 ····· 273
제 2 절 연구 내용 및 목표 ····· 274
제 3 절 연구개발과제 구성 ····· 276
제 4 절 세부과제별 주요내용 및 추진전략 ····· 278
제 5 절 주제별 연차별로드맵 및 성과활용방안 ····· 285
제 6 절 연구수행체계 제안 ····· 289

제 10 장 인력투입계획 및 소요예산 산정 ····· 290
제 1 절 연구일정에 따른 인력투입계획 ····· 290
제 2 절 소요예산 산정 ····· 291

제 11 장 과제 제안요구서 ····· 300
제 1 절 과제 제안요구서(RFP) ····· 300

제 12 장 참고문헌 ····· 308

표 목 차

<표 1> 2001년 ~ 2016년 국적기 주요 항공사고 ····· 25
<표 2> 경량항공기 및 초경량 비행장치 발생건수와 피해(2005 ~ 2014) ····· 26
<표 3> 비정상운항으로 분류된 항공안전장애 ····· 27
<표 4> 연도별 전 세계 항공사고 발생 원인 ····· 29
<표 5> 2004년 ~ 2014년 항공사고 원인분석 종합 ····· 30
<표 6> 2011년 ~ 2014년 항공사고조사분석 ····· 34
<표 7> 2013년과 2014년 항공운전장애 발생현황 비교 ····· 34
<표 8> 사고유형별 항공운전장애 ····· 34
<표 9> 항공사고 당시 발생된 증상 ····· 36
<표 10> Accident, Serious incident, Incident 비교 ····· 38
<표 11> 시카코협약부속서 13 주요내용 ····· 41
<표 12> ICAO 사고조사 관련 규정 ····· 44
<표 13> TSB 항공사고 조사 건수(2005 ~ 2014) ····· 49
<표 14> 영국 AAIB의 항공사고조사 현황 ····· 52
<표 15> 국내 항공사고조사 현황(2006 ~ 2015) ····· 55
<표 16> 메이저 항공사 1 교관교육현황(2010 ~ 2015) ····· 68
<표 17> 메이저 항공사 2 교관교육현황(2010 ~ 2015) ····· 69
<표 18> LCC 항공사 1 교관교육현황(~ 2015) ····· 69
<표 19> LCC 항공사 2 교관교육현황(~ 2015) ····· 69
<표 20> 10년간 경량항공기 및 초경량비행장치 사고 발생현황 ····· 71
<표 21> 2006년 ~ 2010년 NTSB 267개 보고서 항공사고 유형 ····· 78
<표 22> 웹 기반 K-HPES 사건개요 항목 ····· 82
<표 23> 웹 기반 K-HPES 상황분석 항목 ····· 84
<표 24> 유사 과제 분석 ····· 102
<표 25> 연구개발과제 주요내용 및 연구개발내용 ····· 115
<표 26> 연구개발과제 주요내용 및 연구개발내용 2 ····· 117
<표 27> 연구개발과제 주요내용 및 연구개발내용 3 ····· 120
<표 28> 인적요인 사고분석체계의 기술적 요점들과 참고 가능 체계 ····· 124
<표 29> 레질리언스 속성 ····· 125
<표 30> 연차별 로드맵 ····· 127
<표 31> 연구수행체계 제안 ····· 131
<표 32> 인적요인에 의한 항공사고 저감 시스템의 활용방안 ····· 134
<표 33> 자격증의 종류 ····· 159
<표 34> EU의 항공신체검사증명 발급 기관 ····· 164
<표 35> 외국의 항공의학관련 업무 수행기관 ····· 175
<표 36> 국내외 항공신체검사 관련기관 조직 및 인력 확보 현황 ····· 176
<표 37> 각국의 항공신체검사 업무관련 규정 및 매뉴얼 ····· 176
<표 38> 국가별 항공신체검사등급 분류기준 ····· 177

<표 39> 국가별 항공신체검사증명 유효기간 ····· 178
<표 40> 국가별 신체검사증명 절차 ····· 178
<표 41> 각국의 비행이 가능한 부적합자의 처리절차 ····· 179
<표 42> 각국의 신체검사 부적합자 처리 절차 ····· 180
<표 43> AME 교육시간 및 교과목 ····· 191
<표 44> 국내 2016년 AME 교육프로그램 ····· 192
<표 45> 2015년 1차 항공신체검사 실무자 과정 ····· 212
<표 46> 국토교통부 항공정책실 조직구조 중앙항공의료센터 설립(안) ····· 216
<표 47> 우리나라 광역경제권별 공항 현황 ····· 218
<표 48> 우리나라 공항의 항공여객추이(2005~2015) 및 전망(2020, 2025) ····· 219
<표 49> 우리나라 공항거점 항공의료센터 설립 및 협력대학(예시) ····· 220
<표 50> 우리나라 광역경제권별 항공우주의료연구센터 설립방안 (예시) ····· 223
<표 51> 우리나라 광역경제권별 항공우주의료 전문 인적자원 양성대학 ····· 225
<표 52> 항공사고 당시 발생된 증상 ····· 228
<표 53> 2014년도 미국 연방항공청 조건부적합 질병분류 활용 사례 ····· 246
<표 54> 빅데이터를 활용하여 개발 가능한 의료서비스 ····· 257
<표 55> 규모 산정 방식 ····· 266
<표 56> 웹 서버 성능측정 기준 ····· 267
<표 57> 항공종사자 질병체계 및 검사항목 구성, 효율화 및 표준화 ····· 277
<표 58> 항공종사자를 위한 항공신체검사 포털시스템 개발 및 구축 ····· 280
<표 59> 연구수행체계 제안 ····· 288

그 림 목 차

<그림 1> 항공기 사고율 ····· 1
<그림 2> 항공기 관련 사고율 ····· 2
<그림 3> 항공운항시간과 항공기 수 증가 추세 ····· 2
<그림 4> 항공사고 원인분석 종합('04년~'14년) ····· 3
<그림 5> 10대 분야별 최고기술 보유국 대비 기술수준(%) 및 기술격차(년) ····· 6
<그림 6> 시스템 안전에서의 사고요인의 추이 ····· 7
<그림 7> 안전 패러다임 및 사고 분석 관점의 변천 ····· 8
<그림 8> Swiss Cheese 모델 ····· 13
<그림 9> 안전-1 패러다임과 안전-2 패러다임 ····· 13
<그림 10> 조종사 건강과 나이의 상관관계(현재 항공신체검사의 현황) ····· 16
<그림 11> 조종사 건강과 나이의 상관관계 (예방적 건강관리) ····· 17
<그림 12> 2005년 ~ 2014년 세계 운송용 항공기 사망사고 수와 사망사고 비율 ··· 19
<그림 13> 2005년 ~ 2014년 사망자 수와 항공기 이용객 수 ····· 20
<그림 14> 2003년 ~ 2012년 운송용 항공기 1,000만 비행횟 수당 사망사고 발생률 지역별 비교 ····· 20
<그림 15> 2012년 항공 관련 사고율 대륙별 비교 ····· 21
<그림 16> 2005년 ~ 2014년 비행 상황별 사망사고와 탑승 사망자 비교 ····· 22
<그림 17> CICTT(CAST/ICAO Common Taxonomy Team) 분류 상황별 사망자수 비교 (2005년 ~ 2014년) ····· 23
<그림 18> 2014년 항공사별 항공안전장애 발생 현황 ····· 28
<그림 19> 2014년 항공안전장애 원인별 발생 현황 ····· 28
<그림 20> 2000년대 항공 사고 원인 분류 ····· 30
<그림 21> 2005년 ~ 2014년 국내 항공사고 원인 ····· 31
<그림 22> NTSB 홈페이지 ····· 45
<그림 23> NTSB 조직 및 프로그램 구조 ····· 46
<그림 24> TSB 홈페이지 ····· 48
<그림 25> 2016년 TSB 조직구성도 ····· 50
<그림 26> AAIB 홈페이지 ····· 51
<그림 27> AAIB의 조직도 ····· 51
<그림 28> JTSB의 조직체계 ····· 53
<그림 29> 대한민국 항공·철도 사고조사위원회 조직도 ····· 55
<그림 30> CAST 구성도 ····· 57
<그림 31> CAST 팀 구성 ····· 57
<그림 32> ASIAS와의 InfoShare ····· 58
<그림 33> 별표 8.3.4.13 운항승무원 정기훈련 ····· 59
<그림 34> 별호 8.3.4.4 초기 승무원자원관리(CRM) 및 운항관리사자원관리(DRM) 훈련 ····· 60
<그림 35> FAA Human Factor 홈페이지 ····· 61

<그림 36> FAA Human Factor Division ····· 62
<그림 37> CRM Trainer (CRMI) 자격 기준 ····· 67
<그림 38> Flight-crew human factors handbook (CAA) ····· 68
<그림 39> CRMI 과정 교육 Syllabus ····· 70
<그림 40> SHELL 모델 모형 ····· 76
<그림 41> HFACS 모델 ····· 78
<그림 42> TRACEr을 이용한 인적오류 분석절차 ····· 80
<그림 43> TRACEr 분류체계 간 관계 ····· 81
<그림 44> CAS-HPES와 웹 기반 K-HPES의 분석절차 비교 ····· 82
<그림 45> 웹 기반 K-HPES 근본원인추적 ····· 83
<그림 46> 웹 기반 K-HPES의 원인요소 분류 수목도 ····· 84
<그림 47> HEAR의 분석 흐름 및 정보 흐름 ····· 85
<그림 48> 기본상황분석 절차 ····· 86
<그림 49> 기본상황분석표 예시 ····· 86
<그림 50> 오류유형 분석 절차 ····· 87
<그림 51> 오류유형 분석표 예시 ····· 87
<그림 52> 원인요소 분석 절차 ····· 88
<그림 53> Why-Because Tree 예시 ····· 88
<그림 54> 오류대응 분석 절차 ····· 89
<그림 55> 오류대응 분석표 예시 ····· 89
<그림 56> 방지벽 분석 절차 ····· 90
<그림 57> 방지벽 분석표 예시 ····· 90
<그림 58> 예방대책 작성 예시 ····· 91
<그림 59> 스위스치즈 모델 ····· 92
<그림 60> 안전-1 패러다임과 안전-2 패러다임 ····· 94
<그림 61> 레질리언스의 기능과 요건 ····· 96
<그림 62> 시스템의 변동성과 안전사고 ····· 97
<그림 63> FRAM Module ····· 97
<그림 64> Lexington 항공 사고에서의 FRAM ····· 98
<그림 65> 세월호 사고에서의 FRAM ····· 98
<그림 66> STAMP의 사회기술적시스템 안전 제어 계층 구조 ····· 99
<그림 67> STAMP 프로세스 모델 ····· 100
<그림 68> Walkerton 정수 시스템의 정상 작동 구조 ····· 101
<그림 69> Walkerton 정수 시스템의 사고 당시 구조 ····· 101
<그림 70> 연구개발과제 로드맵 ····· 111
<그림 71> 안전 패러다임 및 사고 분석 관점의 변천 ····· 132
<그림 72> 항공 사고 비용(2006~2016) ····· 136
<그림 73> 연구개발과제 로드맵 ····· 151
<그림 74> 인적오류관리 교육프로그램 개발 및 인증제도 추진전략 ····· 153
<그림 75> 성과평가 체계 및 진행도 ····· 156

<그림 76> 항공신체검사증명 발급 절차 ····· 160
<그림 77> 미국 항공신체검사 담당 조직도 ····· 166
<그림 78> 영국의 JAR Class 1 발급 절차 ····· 169
<그림 79> 영국의 JAR Class 2 발급 절차 ····· 169
<그림 80> 영국 조종사 신체검사 자격발급 체계 ····· 170
<그림 81> 일본 항공신체검사증명 발급절차 ····· 172
<그림 82> 일본의 항공신체검사 항목 1 ····· 173
<그림 83> 일본의 항공신체검사 항목 2 ····· 173
<그림 84> 이력관리시스템 초기화면 ····· 182
<그림 85> 신청서 작성 1단계(항목 1~14) ····· 183
<그림 86> 신청서 작성 2단계(항목 15~17) ····· 185
<그림 87> 2011년부터 2014년까지 연도별 발급건수 ····· 186
<그림 88> 항공자격증 종별 발급 건수현황 ····· 186
<그림 89> 최종판정 결과 ····· 187
<그림 90> 성별, 연령대별 발급 현황 ····· 188
<그림 91> 적부위원회 판정결과 분석 ····· 188
<그림 92> 질환별 자문위원회에 상정된 건수 ····· 189
<그림 93> 질환별 부적합 판정 건수 ····· 190
<그림 94> 항공의학생리 관리체계 및 기구구축 개념: 의료(신체검사)-연구개발-인력, 자격관리의 선순환을 통한 발전 및 항공안전의 확립 ····· 216
<그림 95> 국군 항공(우주)의료센터 체계 구축방안(예시) ····· 221
<그림 96> 항공우주연구원 산하 항공우주의료연구센터 구축방안(예시) ····· 222
<그림 97> 독일 DLR - Institute of Aerospace Medicine ····· 223
<그림 98> 드론 이착륙장 구상도 ····· 224
<그림 99> 판정보류 원인 질환 ····· 228
<그림 100> 부적합 판정 원인 질환 ····· 228
<그림 101> 항공신체검사 결과 입력 화면 ····· 231
<그림 102> 일본의 항공신체검사 항목 ····· 232
<그림 103> 항공신체검사증명의 업무흐름 ····· 236
<그림 104> 신체검사 신청서 작성 ····· 237
<그림 105> 항공신체검사 입력 ····· 238
<그림 106> 항공전문의사 판정 ····· 239
<그림 107> 통합항공 안전정보시스템 ····· 240
<그림 108> 개인의 신상정보 및 기왕력을 입력 ····· 242
<그림 109> 결과 입력 페이지 1 ····· 243
<그림 110> 결과 입력 페이지 2 ····· 244
<그림 111> 추가 입력 ····· 245
<그림 112> 최종 판정 및 제약 사항 ····· 245
<그림 113> 데이터베이스 관리 시스템의 발전과정 ····· 256
<그림 114> U-Healthcare 서비스의 트렌드 ····· 258

<그림 115> 항공신체검사 포털 시스템 ····· 260
<그림 116> 개방형 시스템의 구조 ····· 261
<그림 117> 개인정보 보호의 안정성 증진 방안 ····· 262
<그림 118> 프로토콜 수행 순서 ····· 263
<그림 119> 웹 애플리케이션을 위한 시스템 참조 모델 ····· 267

PART Ⅰ기획연구 배경 및 항공사고 현황 분석

제 1 장 기술의 정의 및 필요성

제 1 절 기획연구 추진배경

1. 인적오류 사고 저감과 조직안전 제고를 위한 조사-분석-교육-평가 체계 개발 방안

1-1. 항공산업의 중요성

□ 항공산업과 항공기 기술은 자동화와 네트워의 발전에 따라 첨단화되고 있으며, 세계적인 추세인 국제화에 의해 운송수단으로서 역할 역시 증대되고 있음. 항공기 사고율은 꾸준히 감소되어 현재는 100만 비행 횟수당 평균 3~4회 근처의 사고율을 보이고 있음.

□ 대한민국 국적 항공사의 승객수송은 2014년 5,900만명을 넘어서서 세계 12위의 위치에 있음. 항공안전은 국가의 선진적 이미지에도 크게 영향을 미치는 중요 국가 비교 지표임. (The World Bank, http://data.worldbank.org)

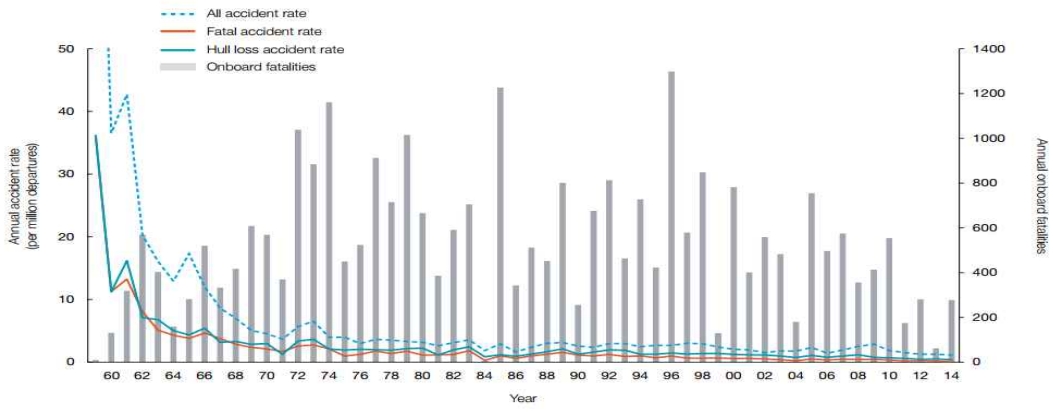


그림 1 항공기 사고율

(자료출처 : Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents, 2014)

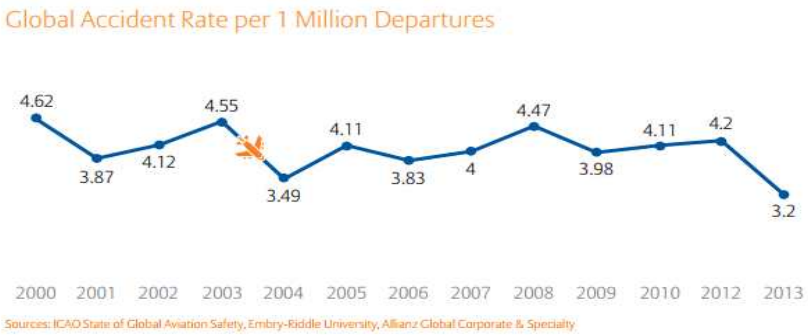


그림 2 항공기 관련 사고율

(자료 출처 : Global Aviation Safety Study)

1-2. 항공 사고의 추세와 인적 요인

□ 항공기의 대수와 운항 시간, 횟수의 증가에 따라 실제 항공기 관련 사고 수도 증가하고 있는 추세임. 사고 횟수를 줄이기 위해 많은 항공사와 전문가들이 사고 조사와 연구를 수행하고 있으며 항공기 사고율의 정체 원인이 조직요인을 포함한 인적요인(Human Factor)임이 지적되고 있음.



그림 3 항공운항시간과 항공기 수 증가 추세

(자료 출처 : Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents, 2014)

□ 최근 11년간(2004~2014년)의 국내 항공사고 발생현황을 살펴보면 연 평균 약 15건의 항공사고가 발생하고 있으며 항공사고를 조사, 분석한 결과 인적요인(Human Error)으로 인한 것이 전체의 62.1%를 차지하고 있으며 항공기 사고는 64.2%, 경량/초경량비행장치 사고는 35.8%로 나타남. 그러나 이것은 중복 없는 분류로서 인적요인이 관련된 사고의 비율은 그 이상일 것으로 추정됨.



그림 4 항공사고 원인분석 종합('04년~' 14년)
(자료 출처 : 국토교통부 2015년도 교통안전연차보고서)

□ 결론적으로 항공사고 중 약 70%~80%가 부분적 혹은 전체적으로 인적실수와 위반, 조직문제 등 인적요인에 의해 발생하고 있으므로, 이들 인적요인의 발생 과정과 심층 위험 요인을 파악하고 대응하며 이에 효과적으로 대처하기 위한 교육훈련을 수립 실행하는 것이 성공적인 시스템 안전관리을 위한 필수적 과제임.

2. 항공업무 수행자에 대한 예방적 건강관리를 통한 항공사고 저감

2-1. 항공우주의학의 정의

□ 항공생리는 비행이 승무원이나 승객에게 미치는 신체적, 정신적 영향을 연구하는 학문임. 인류는 환경에 적응하는 능력을 가지고 있으며 우리 몸은 온도나 기압, 산소, 중력의 변화에 적응함. 항공에서 우리 몸의 보상 기전에 대한 요구는 높으며 비행 중에는 기압, 온도, 산소 분압의 변화가 인체에 영향을 미치게 됨.

□ 항공의학은 항공에 대한 생물학적 및 심리학적 영향을 연구하는 학문. 의학적으로 중요한 항공여행에 대한 중요한 측면은 온도변화, 큰 관성력, 산소결핍, 항공병, 조종사 피로에의 노출을 포함. 항공의학은 항공여행에 의한 질병의 확산과 소음 및 대기오염의 역효과 등과 관련이 있음.
□ 우주의학은 우주여행에 대한 생물학적 및 심리학적 영향을 연구하는 학문. 의학적으로 우주여행에 대한 중요한 측면은 무중력, 우주선의 발사 및 재진입시 강한 관성력, 방사선 노출, 밤낮의 부재 그리고 폐쇄된 환경에서의 생활 등을 포함. 우주의학은 무중력으로 인한 골다공증과 그 결과로 발생하는 골절위험 증가 등과 관련이 있음.

□ 항공의학은 예방의학의 한 전문분과로서 공중보건 및 산업보건의 여러 영역을 공유하지만 항공우주업무 종사자의 건강을 다루며, 이들 항공종사자의 건강을 국제민간항공기구(ICAO; International Civil Aviation Organization)에서는 안전관리 측면에서 항공종사자(조종사, 항공기관사, 항공사, 항공교통관제사 등)가 반드시 취득하여야 관련업무에 종사할 수 있는 자격으로 규정.

2-2. 항공신체검사 제도의 목적 및 항공전문의사의 역할

□ 항공신체검사의 주된 목적은 비행 중 조종불능상태를 일으킬 수 있는 질환을 사전에 찾아내어 예방해 주는 것으로 조종사 등 항공업무 종사 인력의 건강을 향상시킴으로써 항공 안전의 향상 및 재난 방지에 기여함.

□ 항공신체검사 업무규정에 따르면 항공전문의사는 법 제74조의2에 따른 운항기술기준 2.5.5에 따라 항공신체검사증명 소지자의 신체상태 저하에 대한 판정 및 항공신체검사 증명서 발급 업무를 담당함. 항공전문의사는 항공신체검사를 위해 필

요한 의료시설과 장비를 갖추어야 하며 항공의학과 관련된 지식을 습득하기 위해 항공전문의사 교육을 받아야 함.

□ 항공전문의사는 항공신체검사를 통해 항공종사자의 건강상태가 신체검사 기준에 적합한지, 항공안전을 위협하는 요소는 없는지를 확인하여 결과를 항공신체검사 증명서 발급 기관에 보고해야 함.

□ 항공전문의사가 증명서를 잘못 발급하여 신체 자격이 안 되는 사람이 항공기를 운항한다는 것은 공공의 안전을 위협하는 위험한 일이며, 항공신체검사를 정확하게 시행하지 않아 항공 업무에 부적합한 신체적 이상을 찾아내지 못하거나, 신체상태가 부적합한 것을 발견하고도 고의로 보고하지 않는 것은 항공전문의사의 책임임.

□ 항공전문의사는 신체검사 증명서 발급 기관이 의학적 평가를 실시할 때 점검에 필요한 충분한 의학적 정보를 제공해야 함. 이러한 점검의 목적은 항공전문의사가 적절한 의학적 술기와 항공의학적 위험 평가를 할 수 있는지 평가하기 위한 것이며 항공의학적 위험 평가 방법은 ICAO 민간항공의학 매뉴얼(Doc 8984)에 명시되어 있음.

2-3. 항공우주의학의 중요성 및 발전성

□ 항공우주분야는 첨단과학기술의 집약체로서 생명과학적 활용성이 매우 크며, 항공우주 선진국에서는 각기 정부주도 또는 산하 연구센터가 주축이 되어 활발한 연구가 진행되고 있음.

□ 항공운송산업의 성장에 따라 항공종사자의 수도 지속적으로 증가하고 있으나 아직까지 국내에는 항공의학에 대한 체계적이고 전문적인 교육기관이 없고 항공신체검사 업무를 담당하는 국토교통부에 항공의학 전문가가 없는 실정.

□ 선진국과의 항공우주 기술수준 격차: 최고기술 보유국 대비 한국의 항공우주 분야 기술격차가 전 분야 중 가장 크며'항공우주의학'분야는 이보다 격차가 더 심하게 클 것으로 예상됨.

□ 대한민국의 항공분야의 발전 나아가 우주강국 진입 및 독자적 우주개발 능력 향상을 위해 항공우주의학 분야의 학문적 경쟁력 향상 역시 매우 중요함.

〈 10대 분야별 최고기술 보유국 대비 기술수준(%) 및 기술격차(년) 〉

10대 분야	한국		미국		EU		일본		중국	
	기술 수준(%)	기술 격차(년)	기술 수준(%)	기술 격차(년)	기술 수준(%)	기술 격차(년)	기술 수준(%)	기술 격차(년)	기술 수준(%)	기술 격차(년)
전자 · 정보 · 통신	82.2	2.9	100.0	0.0	90.1	1.9	90.8	1.6	67.5	5.3
의료	77.6	4.1	100.0	0.0	93.2	1.5	90.8	1.9	65.1	6.0
바이오	77.3	5.0	100.0	0.0	94.6	1.5	94.1	1.9	65.9	7.5
기계 · 제조 · 공정	82.2	3.8	100.0	0.0	97.1	0.9	96.2	1.1	68.8	6.1
에너지 · 자원 · 극한기술	77.4	4.8	100.0	0.0	96.1	0.9	93.6	1.5	68.6	6.1
항공 · 우주	66.8	10.4	100.0	0.0	93.0	2.8	84.4	5.0	78.3	5.9
환경 · 지구 · 해양	77.2	5.4	100.0	0.0	98.7	0.5	95.9	1.3	63.2	8.3
나노 · 소재	76.7	4.5	100.0	0.0	93.6	1.7	96.0	1.1	69.0	5.7
건설 · 교통	79.0	4.7	100.0	0.0	97.5	0.8	97.7	0.7	66.5	7.5
재난 · 재해 · 안전	72.0	6.3	100.0	0.0	90.2	2.7	93.4	2.1	62.8	8.2
전략기술 전체	77.8	4.7	100.0	0.0	94.5	1.4	93.4	1.6	67.0	6.6

그림 5 10대 분야별 최고기술 보유국 대비 기술수준(%) 및 기술격차(년)
(자료 출처: 미래창조과학부 2012년 기술수준평가)

제 2 절 기획연구 필요성

1. 인적오류 사고 저감과 조직안전 제고를 위한 조사-분석-교육-평가 체계 개발 방안

1-1. 총론:

□ 최근 항공 사고에서 인적요인이 사고 원인의 약 80% 이상을 차지하고 있다는 여러 보고는 잘 알려져 있으나. 최근에는 이 인적요인 중 개인의 실수나 위반이 원초적인 이유가 아니고 조직적 문화적 원인이 작용하여 그 확률에 영향을 준다는 인식과 함께 조직요인에 대한 지적이 점증되고 있음. 그러나 광범위한 조직, 경영. 문화의 영향은 분석과 개선이 쉽지 않아 시스템 안전 개선의 한계에 봉착하고 있음.

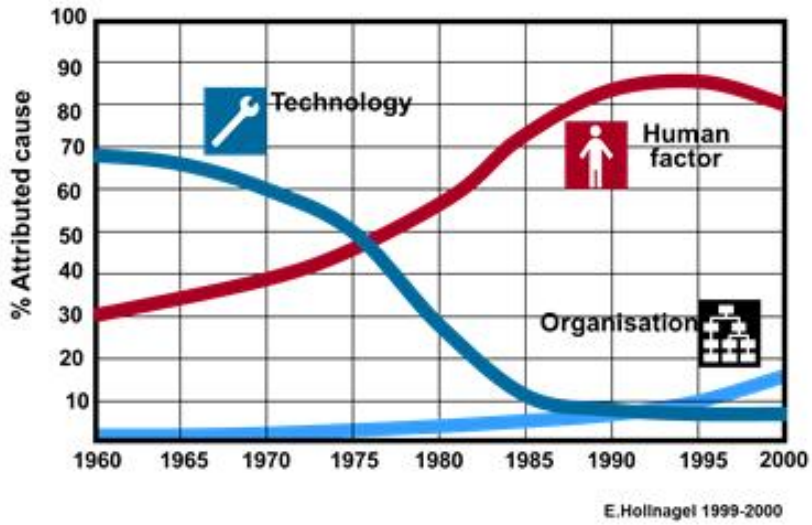


그림 6 시스템 안전에서의 사고요인의 추이 (Hollnagel, 2000)

□ 현재의 안전수준에서는 자동화에 의하여 항공 사고를 더 줄이려는 노력은 한계에 봉착하였다고 사료됨. 그보다는 조종사의 행동을 감독하고 지원하는 쪽으로 더 많은 노력이 기울여지는 단계임. 그러나 이런 것들도 사람의 인지능력과의 조화를 이루지 못하면 오히려 기계 의존에 의한 실수, 작업할당이나 인간-기계 사이의 의사소통의 실수 등을 유발하며, 복잡도 증가로 인해 인지적으로 추가적 부담을 일으킨다는 문제가 있음. (예: 아시아나 2013년 SF공항사고.)

□ 따라서 항공 시스템의 안전을 극대화하기 위해서는 (1) 과학적 사고분석을 통하여 사고와 인간, 조직 요소 간의 관련을 분석하여 집중적 개선이 필요한 부분을

찾아내는 경험 기반의 면밀한 연구 (2) 실제적인 운항과정에서의 개인과 팀 수준의 인지적 기능을 확보할 수 있는 훈련 프로그램의 구성과 실행의 두 가지가 필요함.

1-2. 인지공학적 항공사고분석체계 개발과 운용체계 수립

□ 사고분석의 방법은 사고의 이해 또는 사고모형론과 직결되며 이는 1930년대 이래 몇 단계의 변천을 겪어 왔음. 그림 7은 이 변천을 4단계로 나누어 설명함. 현재 세계적으로 실용화되어 있는 것은 대체로 3세대이며, 현재는 선도적 연구자들에 의해 제4세대로 들어서고 있음. 제4세대는 기존의 단순 선형적 인과관계를 바탕으로 한 안전-사고 패러다임으로는 복잡한 항공 시스템에서 발생하는 안전사고를 설명할 수 없다는 인식 하에 시스템의 다양한 수준과 요소들을 함께 고려하는 사회기술적 관점에서의 패러다임 전환에 해당됨.

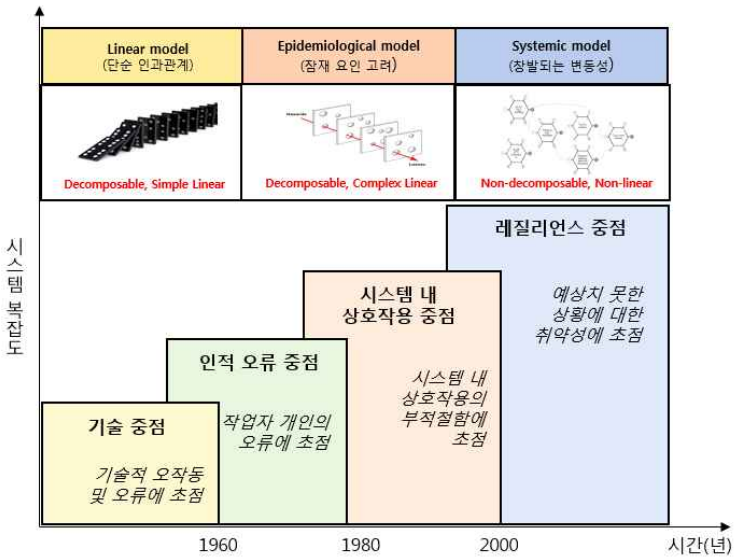


그림 7 안전 패러다임 및 사고 분석 관점의 변천

□ (제1세대) 1960년대 이전의 시스템은 주로 인간 작업자의 업무 중 일부를 자동화한 기술적 시스템이었으며, 기술적 불완전성으로 인하여 발생하는 결함과 오작동이 선형적인 인과관계를 통해 사고를 일으켰음. 따라서 조사와 대응은 도미노적 모형에 따라 인과관계를 추적하여 기계적 오작동 및 고장의 개선 및 부분적 대처에 집중됨. (제2세대) 이후 기계 신뢰도의 안정화에도 불구하고 사고가 발생하므로 안전사고에서 인적 요소(실수)의 문제가 부각됨. 시스템의 개선, 교육의 개선 등으로 인적 요소의 성능 향상 및 오류의 제거로써 대처하려 함. (제3세대) 그러나 1979년의 TMI 사고 등의 경험으로 작업자 개인의 과실을 중심으

로 사고의 원인을 해석하고 대처하는 데 현저한 한계가 있음을 인식하게 되었고, 사회기술적 시스템 개념에 입각하여 시스템 내의 다양한 영향 요소들과 방어벽의 잠재적 결함들이 조합되어 사고 발생을 막지 못할 때 발생한다는 관점이 대두됨 (Reason의 스위스치즈 모형).

□ (HFACS) 항공 분야에서 2000년 전후에 위의 스위스치즈모형에 기반을 두고 개발된 계층적 영향요인분석체계인 HFACS(Human Factors Analysis Classification System)는 인적 요인에 영향을 끼치는 네 가지 계층 수준과 각 수준에 속한 문제요인들을 분류하고 이를 통해 사고발생에 영향을 끼친 요인들을 규명하도록 고안됨. 이후 널리 쓰이면서 실제로 사고 저감에 많은 기여를 한 것으로 평가됨.

□ (제4세대) 선진국에서의 시스템 안전 수준의 지속적인 향상과 증가하는 시스템의 복잡도는 더 이상 뚜렷한 실패요인들이 존재한다는 가정으로는 사고를 설명하기 어려운 상황을 가져 왔음. 따라서 Safety-II의 개념과 레질리언스 공학적 개념이 주창되었고, 사고분석체계도 모다 시스템적 사고모형 (예: Accimap, STAMP, FRAM)에 기반한 분석체계의 수립이 도모되고 있는 추세임.

□ (국내 현황: 항공분야) 국내에서는 해외에서 2000년 이후 표준적으로 많이 쓰이고 있는 HFACS가 조직적으로 정착되어 있지 않고, 일부 국내 대형항공사 사고분석에 비공식적으로 적용된 경험이 있을 뿐임. 사고의 이해와 사고 분석의 정도도 제2세대 정도에 머물러 있다고 사료됨. 즉, 인간의 과실이 중요요인이라는 인식은 있으나 인간과실을 원천요인으로 파악하는 경향이 있으며 그 배경의 영향요인을 계층적으로 추적하는 일은 잘 이루어지지 않고 있음. 따라서 사고 분석을 넘어서서 사고 예방 차원의 체계로 발전되지 못함. 그 원인으로는 사고분석과정에서의 인적요인 전문가의 부재, 사고분석체계의 표준화와 교육 부재, 또한 사고분석주체의 독립성 미확보 등의 문제가 존재함.

□ (국내 현황: 인접분야) 국내의 인적요인 기반 분석체계로서는 원자력 분야에서 인간의 행위에 영향을 주인 요인을 분석하고 관리하는 체계인 HPES(Human Performance Enhancement System)를 국내 실정에 맞게 실용화한 K-HPES와 그 지원시스템을 1990년대 중반부터 개발하여 적용하고 있으며, 철도 분야에서는 철도사고 및 장애에 개입된 인적 오류행위들이 발생 경위 및 원인을 체계적으

로 분석하여 사고의 재발을 효과적으로 방지하는 HEAR(Human Error Analysis and Reduction)가 2013년에 개발 완료되어 있으나 아직 실무 적용되지 않고 있음.

□ (사고분석체계 연구와 표준화의 필요) 위의 배경을 종합하여 발생되는 사고 및 준사고와 개인 및 조직 요소 간의 관련을 분석하여 집중적 개선이 필요한 부분을 찾아낼 수 있는 항공사고분석체계를 연구 설계하고 그 표준적 도입 방안을 마련할 다음과 같은 필요가 파악됨.

- 항공사고의 객관적이고 체계적 분석은 사고 영향요인을 발견하고 사고 확률을 저감하는 가장 필수적인 방법임.
- 인적과실을 궁극적 요인으로 보는 한계에서 벗어나 인적 수행에 영향을 끼치는 요인을 다층적으로 찾아내기 위해서는 이전과 달리 합리적이고 포괄적인 사고모형에 입각한 분석이 필요함.
- 사고 분석체계가 설계되고 표준화되면 분석체계 자체가 제공하는 보다 과학적인 분석과정 및 풍부한 분석내용, 또한 용이해지는 교육 훈련을 통하여 사고분석을 위한 인력과 전문성의 부족 문제를 해결하고 항공사의 대소에 관계없이 유효 수준의 사고분석의 수행이 가능해짐.
- 국가적으로 공통된 사고 분석체계를 사용함으로써 한국 특유 상황에서의 사고요인에 대한 통계 분석과 대응 개선이 가능하여 짐.
- 세계적으로 차세대 안전개념과 사고 분석체계의 도입이 활발해지는 추세에 있어 연구없이 기존의 분석체계를 답습할 경우, 시스템 안전의 관리에 있어 후진성을 면하기 어려움.

1-3. 승무자원관리의 개선과 인간공학적 지침 및 교육프로그램, 교재의 개발

□ 항공시스템에서 인적오류를 억제하고 인적자원의 적절한 운용을 기하는 관리시스템인 CRM은 미항공우주국(NASA)에서 “Resource Management on the Flight Deck”이라는 주제로 스페인 테네리프공항에서 발생한 팬암과 KLM항공 B747기의 활주로 상 지상충돌 사고 2년 후인 1999 첫 세미나를 개최하면서 시작되었음. 이후 CRM 훈련은 조종실에 바람직한 승무원 행동을 효과적으로 접목할 수 있는 방법이 되었음. (Gregorich and Wilhelm, 1993; O’Connor, Flin and Fletcher, 2002a; Salas, et al, 2001).

□ 1세대 CRM은 조종실 자원관리(Cockpit Resource Management)라 하였으며 주로 심리학적인 측면에서 승무원간 의사소통, 협업을 원활히 하는 데에 초점을 둠. 그러나 이는 심리학적인 측면에 치중한 결과 현장 적용이 어려운 점이 있어 현장에서 실무적으로 적용할 수 있는 2세대 CRM의 개발이 시작되고 조종실 승무원 자원관리에서 전 승무원 자원관리인 Crew Resource management로 확장하였으며 LOFT(Line Operational Flight Training)가 도입되었음.

□ 4세대부터는 다양한 항공기 기종과 노선에 맞는 훈련이 가능하도록 AQP (Advanced Qualification Program)이 도입되면서 CRM 능력도 평가를 받기 시작함. CRM 6세대에서는 위협과 에러 관리(TEM: Threat and Error Management)가 도입되어 운항환경에서 나타나는 위협요인들과 운항승무원의 에러를 사전 인지, 회피, 대응하는 기법을 도입함. 한편 유럽에서는 CRM이라는 용어 대신 NOTHECS(Non-Technical Skills)라는 분류 아래 CRM 기능을 평가, 분석하고 있음.

□ (해외 현황) 항공안전에 중요한 역할을 하는 CRM 교관과 평가관에 대한 요구사항들은 FAR에는 언급되어 있지 않으나 영국 민간 항공국 등에서는 CRMI/CRME에 대한 채용 기준과 훈련 및 평가에 대한 기준을 명시하고 있음.

□ (국내 현황 1) 조종 기술을 평가하는 모의비행장치 평가관과 비행 평가관에 대해서는 국토교통부 심사관이나 위촉 심시관이 평가를 하고 있으며 평가 세부 항목이 운항기술 기준에 명시되어 관리되고 있음. 이에 비하여 CRM은 평가 세부 항목이 없으며 교관은 지상교육 교관 자격을 되어 있어 중요성에 비해 훈련이나 평가가 적절하게 수행되지 못하고 있는 실정임.

□ (국내 현황 2) CRM 교육은 각 항공사 별로 다르게 운영되고 있으며 평가 역시 표준화되어 있지 않아 기업이 평가를 허술히 하거나 생략해도 문제되지 않음. 따라서 실제 CRM 교육이 제대로 이루어지고 있는지에 대한 검증이나 각 개인의 CRM 능력 파악이 곤란한 상황임.

□ (국내 현황 3) 항공 분야에서 인적요인에 대한 기초 연구와 교재가 부족하고 Data가 축척되어 있지 않아 교육/훈련이나 정책 결정 시 활용할 수 있는 자료

가 부족하며 저변 확대가 이루어지지 않고 있음.

□ (인적자원 훈련 및 관리 프로그램 필요성) 인적자원 훈련 및 관리 프로그램의 연구 설계에 대하여 다음과 같은 필요성이 파악됨.

- CRM 훈련 및 관리 프로그램은 사고의 제1원인인 인적 문제의 Sharp End에 해당하는 개인의 직무 수행과 팀의 협업에서의 인적 오류를 제어하는 가장 중요한 수단임.
- 조종실을 위시한 항공시스템에서는 인간의 의사결정 과정, 새로운 기술 시스템과 인간의 협업, 조직적 관리 등 주요한 인적요인이 더욱 심층화되고 있음.
- 인적요인을 중심으로 한 인지공학적으로 설계된 교육과 훈련이 필요하며, 이를 위한 교재와 표준적 훈련과정이 구체화되어야 함.
- 또한 훈련의 실행이 형식화되지 않도록 훈련교관의 능력과 훈련과정에 대한 수준 관리가 반드시 필요함.

1-4. 차세대 안전 개념을 적용한 레질리언스 공학적 시스템 안전평가 기법 개발

□ 시스템 안전의 문제는 점차 시스템의 복잡화, 사회 기술적 문제의 부상으로 인해 패러다임 변화를 겪고 있음. 특히 대표적인 복잡 시스템으로서 안전이 가장 중요시되는 항공 시스템에서 이러한 패러다임의 변화가 논의되고 있음.

□ 기존의 사고 분석 분석과 위험 인식의 패러다임은 '안전-1'로 명명됨. 시스템 내 기술적 요소들의 오작동 및 고장으로 시스템의 안전사고가 발생한다고 설명하는 인과적인 안전 개념으로서 사고 발생의 원인을 규명하여 제거하고 차단하는 것을 중점으로 둠. '안전-1' 개념에 바탕을 둔 모델로는 도미노 모델, 스위스 치즈 모델 등이 있으며 이러한 모델은 현대의 시스템에 비해 간단하고 선형적으로 구성되었던 1980년대에 출발하여 사고예방에 효과가 있었음. 항공 분야에서도 스위스 치즈 모델에 입각한 HFACS를 활용하여 인적요인 분류체계를 개발함.

□ 그러나 Perrow의 정상사고 개념이 지적하듯 사고와 그 원인에 대한 하인드사이트 적인 해석은 현대의 복잡해진 시스템에서의 사고를 설명하지 못하며 사고 재발방지책을 제시하는데 한계가 있음. 또한 사고의 수가 줄어들면서 성공-실패

의 이분법에 입각한 과거 개념으로는 안전 개선을 위한 학습 기회가 줄어들고 있음.

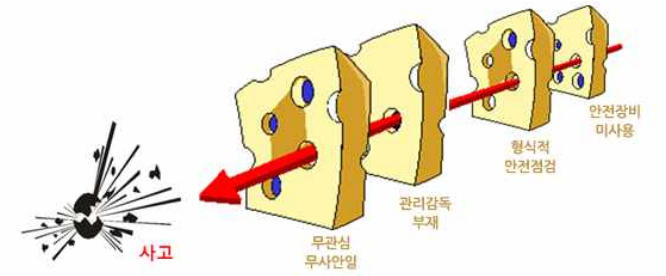


그림 8 Swiss Cheese 모델

□ 새로이 대두되고 있는 '안전-2'개념은 시스템의 성공-실패가 복잡한 상호관계에 의해 일어남을 고려하고, 시스템 내부 요소의 성능 변동성이 어떻게 완충되고 상쇄되어 성공과 실패를 산출하는지에 대한 전체적 분석을 통하여 시스템의 체질적 사고저항성 향상에 무게를 둠.

□ 따라서 시스템 내부의 요소들이 만들어내는 변동성의 전파경로를 추적하여 평가 또는 개선할 방법론이 필요하며, 그 예로 Hollnagel의 기능공진분석방법인 FRAM (Functional Resonance Analysis Method)와 Leveson의 STAMP (Systems-Tehoretic Accident Model and Processes) 등이 제시되고 있음.



그림 9 안전-1 패러다임과 안전-2 패러다임

□ (레질리언스 공학적 시스템 안전평가 기법 필요성) 시스템 안전의 패러다임 변화에 부응하여 항공안전 분야에서도 다음과 같은 필요성이 제기됨.

- 단편적으로 시스템 실패를 실패요인의 연쇄로 이해하는 체계를 극복하고 시스템 전체의 안전유지 상호관계를 이해할 수 있는 시스템 안전 평가의 방법이 필

요함.

- 이러한 안전평가방법은 취약한 기능과 너무 높은 변동성, 불안정한 상호관계 등을 적시할 수 있어야 하며, 이에 대한 변동성 제어 또는 차단의 필요를 지적할 수 있어야 함.
- 전체적인 시스템 안전 진단 및 평가가 가능해야 함. 가능하면 정량적 평가 또는 중요도 순서의 산출 등이 가능해야 함.
- 이를 수립하기 위해 국내의 안전조직의 구조와 적용되고 있는 안전개념, 그리고 조직경험을 수집하고 분석할 필요가 있음.

2. 항공업무 수행자에 대한 예방적 건강관리를 통한 항공사고 저감

2-1. 항공신체검사를 통한 예방적 건강관리

□ 정기적인 항공신체검사의 목적은 항공안전을 위협하는 질환을 찾아주는 것이나 항공신체검사를 통해 환을 가진 대상자를 찾아내는 것은 신뢰할 만하지 않음. 오히려 위험 질환이 발생하지 않도록 예방하는 것이 효과적

□ 항공신체검사를 통해 건강상태를 평가할 뿐 아니라 항공안전을 위협하는 질환에 대해 예방적 건강관리를 실시하여 발생한 가능한 질환을 미리 예방.

□ 항공신체검사에서 예방의학의 중요성 강조.

2-2 국제민간항공기구(ICAO) 항공보건 진흥 활동 의무화 규정

□ 2015년 11월 캐나다 몬트리올 국제민간항공기구(ICAO) Air Navigation Commission에서 항공보건 진흥 활동 의무화 규정 관련 부속서 1(Annex 1) 개정안을 최종 심의하여 2018년 11월부터 적용하기로 결정.

□ 주요 내용: 규제 중심 항공의학에서 예방의학의 역할

□ 개정(Amendment)의 목적은 자격소지자가 항공 안전을 위협할만한 질환의 발생을 낮추므로 항공 안전을 증진하기 위한 것임.

□ 주요 개정(Amendment) 내용

a) 40세 미만 1종 항공신체검사 지원에 대한 보건 교육과 질환의 예방과 관련된 현 권고사항(Recommendation)은 비슷한 원칙이긴 하나 더 광범위한 적용을 의미하는 새로운 규정(Standard)으로 변경

b) 의학적 평가 절차에 대한 기본적인 안전 관리 원칙들의 적용과 관련하여 권고사항 규정 격상

□ 현재 ICAO에 있는 예방의학에 관한 규정은 40세 미만 1종 항공신체검사 신청자에게 신체검사 항목을 생략하고 대신 건강 관련 교육과 질병을 예방하도록 하는 것임.

2-3. 현재 항공의학 시스템의 문제점

□ 조종사 나이가 증가하면서 건강은 악화되고 어느 수준 이상 떨어지게 되면 항공안전에 위험한 수준에 도달하게 됨. 그러나 항공신체검사를 통해 문제를 발견할 수 있는 경우는 전체 39명 중 13명이고 나머지 26명은 발견되지 않은 채로 위험요인을 안고 업무를 수행하게 됨.

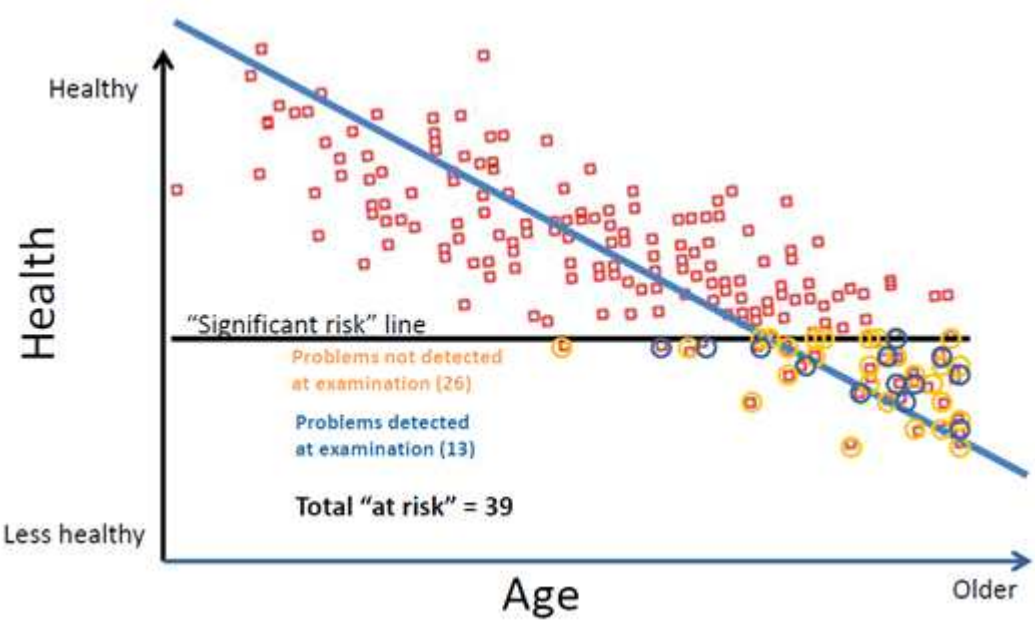


그림 10 조종사 건강과 나이의 상관관계(현재 항공신체검사의 현황)
(자료출처: 2014 ICAO Session The Role of Preventive Medicine in Regulatory Aviation Medicine)

□ 건강한 생활습관의 주요 요소들은 잘 알려져 있음. 즉, 규칙적인 운동, 균형 있는 식사, 적정 체중 유지, 적당한 음주, 향정신성 약물 금지, 우울증과 같은 정신건강에 관한 것임. 항공자격 소지자가 이러한 건강한 생활습관을 잘 준수한다면 신체, 정신 질환 발병이 감소할 것임. 그러나 이러한 것이 좋다는 것은 잘 알면서도 실제 적용하는 것은 쉽지 않음. 항공의학적 적합성의 관점에서 그 동안 질환이 발병한 후에 찾는 데에 집중했다면 이제는 질환을 예방하는 데에 중점을 두어야 함.

□ 예방적 건강관리를 통해 나이가 들면서 증가하는 질병 발생을 줄인다면 항공안전을 위협하는 위험도 효과적으로 줄임.

□ 젊을 때부터 예방적 건강관리를 시행하게 되면 건강이 악화되는 정도를 줄일 수 있어 항공안전을 위협하는 수준에 도달하는 대상자가 줄어들게 되고 항공신체검사로 발견되지 않고 위험요인을 안고 업무를 수행하는 항공종사자의 숫자가 줄게 됨.

□ 예방적 관리가 성공적으로 시행된다면 항공종사자의 질병은 줄어들게 되고 항공안전은 향상되며, 질병으로 인한 업무 공백이 줄게 되고, 재교육에 들어가는 비용이 줄게 되고, 더 많은 항공종사자가 정년 때까지 근무할 수 있게 됨.

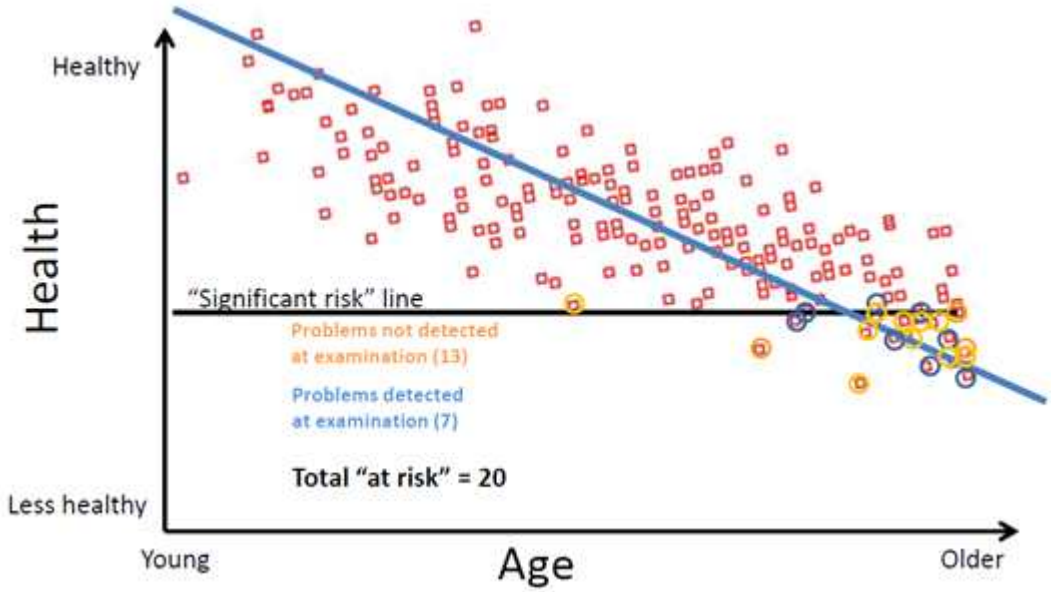


그림 11 조종사 건강과 나이의 상관관계 (예방적 건강관리)
(자료출처: 2014 ICAO Session The Role of Preventive Medicine in Regulatory Aviation Medicine)

2-4. 항공종사자 의학적 데이터베이스 구축의 필요성

□ 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization, ICAO) Annex1에 기술된 대로 기본적인 안전 관리를 위해 항공종사자들이 항공신체검사를 받도록 권고하고 있음.

□ 항공신체검사의 목적은 비행 중 조종불능상태(In-flight incapacitation)를 유발할 수 있는 의학적 위험요인을 찾아내어 예방하는 것임. 이를 위해서는 비행 중 발

생하는 조종불능상태에 대한 보고와 분석이 필요함.

□ 현재 우리나라에서는 비행 중 의학적 요인에 의해 발생한 조종불능상태에 대한 보고 시스템이나 분석이 제대로 이루어지고 있지 않음. 비행 중 조종불능상태에 대한 분석 자료는 향후 항공신체검사의 판정 기준을 설정하고 신체검사 시 유의해야 사항을 결정하는데 도움이 됨.

□ 2012년 항공신체검사 이력관리시스템(E-Sky)이 개발되어 항공신체검사 결과 입력 및 판정을 전산으로 실시하고 있으나 질환 별 전산 분류나 데이터베이스화가 되어 있지 않아 항공종사자 신체검사 결과를 분석하거나 통계 처리하는데 어려움이 있음.

□ 항공종사자 신체검사 결과 등 의학적 자료의 체계적 데이터베이스화 하여 결과를 분석하고 활용하는 것이 항공종사자 건강관리에 도움이 됨.

제 2 장 국내외 항공사고 분석

제 1 절 국내외 항공사고 발생 현황

1. 전 세계 항공사고 현황

□ <그림 10>은 2005년부터 2014년까지 최대 이륙중량 5,700kg 이상의 운송용 항공기(승객/화물)에 대하여 사망사고 발생현황을 나타냄.

- 항공 사망사고는 매년 아주 완만히 감소하고 있는 추세를 보이고 있으며 2012년부터는 연 10건 내외로 유지하고 있음. 사망사고로 인한 사망자 수도 대체적으로 감소하고 있는 추세임.

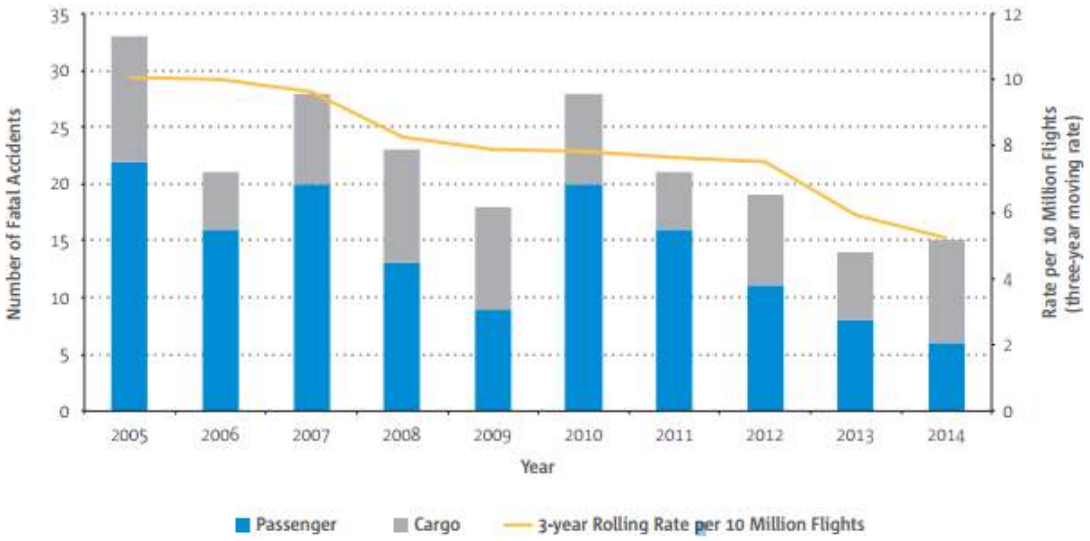


그림 12 2005년 ~ 2014년 세계 운송용 항공기 사망사고 수와 사망사고 비율
(자료 출처 : EASA Safety Report 2014)

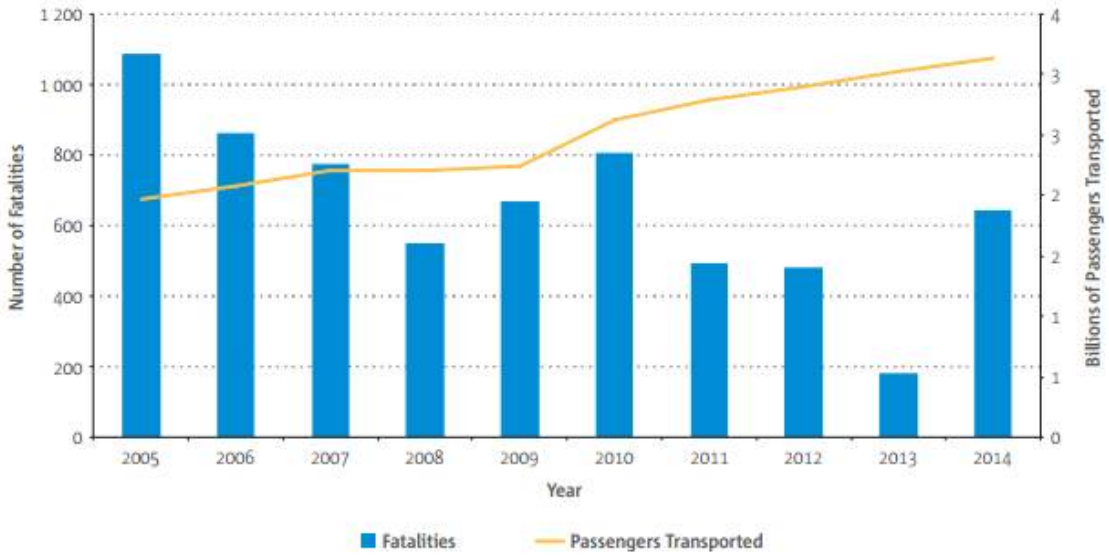


그림 13 2005년 ~ 2014년 사망자 수와 항공기 이용객 수
(자료 출처 : EASA Safety Report 2014)

□ <그림 13>은 2003년부터 2012년까지 운송용 항공기 사망사고의 지역별 비교를 보여주는 자료로 미국과 유럽의 EASA 회원국이 사망사고 건수가 약 2.0으로 가장 낮은 수치를 보이고 있으며, 북미가 2.1, 오세아니아가 9.2, 우리나라가 포함된 아시아 지역은 4.8, 아프리카는 35.3 수준인 것으로 발표됨



그림 14 2003년 ~ 2012년 운송용 항공기 1,000만 비행횟 수당 사망사고 발생률 지역별 비교
(자료출처: ANNUAL SAFETY REEVIEW 2012, EASA)

□ 2012년의 항공 관련 사고율을 비교하면 아프리카의 비행사고수가 줄어들어 비율이 줄긴 했지만 여전히 아프리카와 아시아에서 많은 사고가 발생했으며 유럽에서도 사고가 많이 발생하였음.

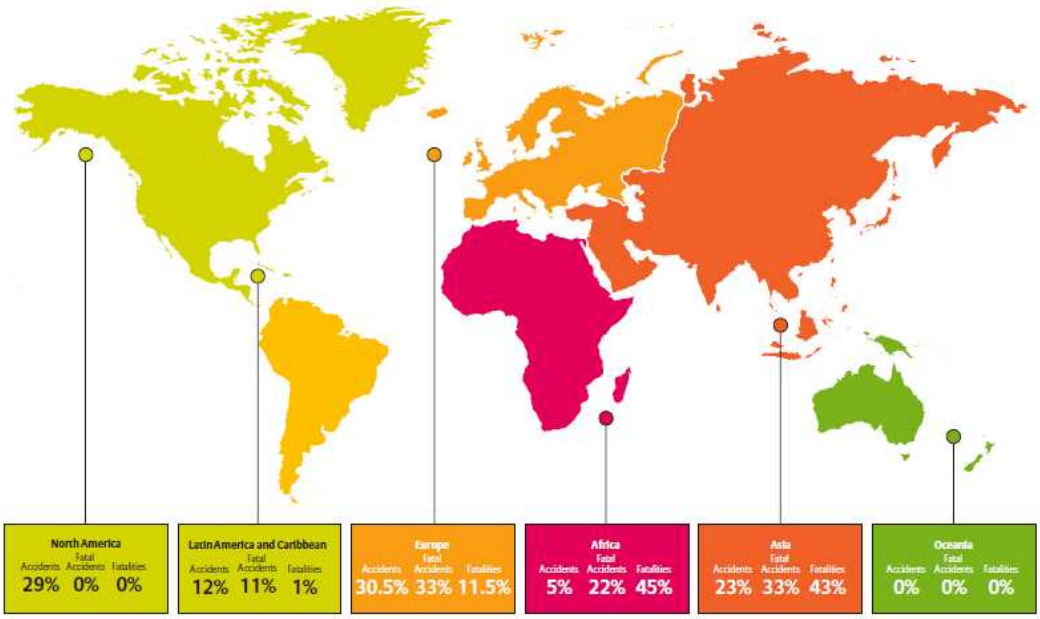


그림 15 2012년 항공 관련 사고율 대륙별 비교
(자료 출처 : Global Safety Study, 2014)

□ <그림 14>에서 확인 할 수 있듯이 2005년부터 2014년까지 10년간 비행 상황별 사망사고를 분석해보면 전 세계 운송용 항공기의 사망사고는 이륙단계(이륙, 초기 상승) 13%, 착륙단계(최종접근, 착륙) 48%, 순항단계 13%에서 발생하는 것으로 집계됨.

- 사망사고의 61%가 이착륙 단계에서 발생하고 여기에 지상 활주 및 승객하기 단계의 사망사고까지 포함할 경우 71%가 공항 또는 공항인접 지역에서 발생함을 볼 수 있음.

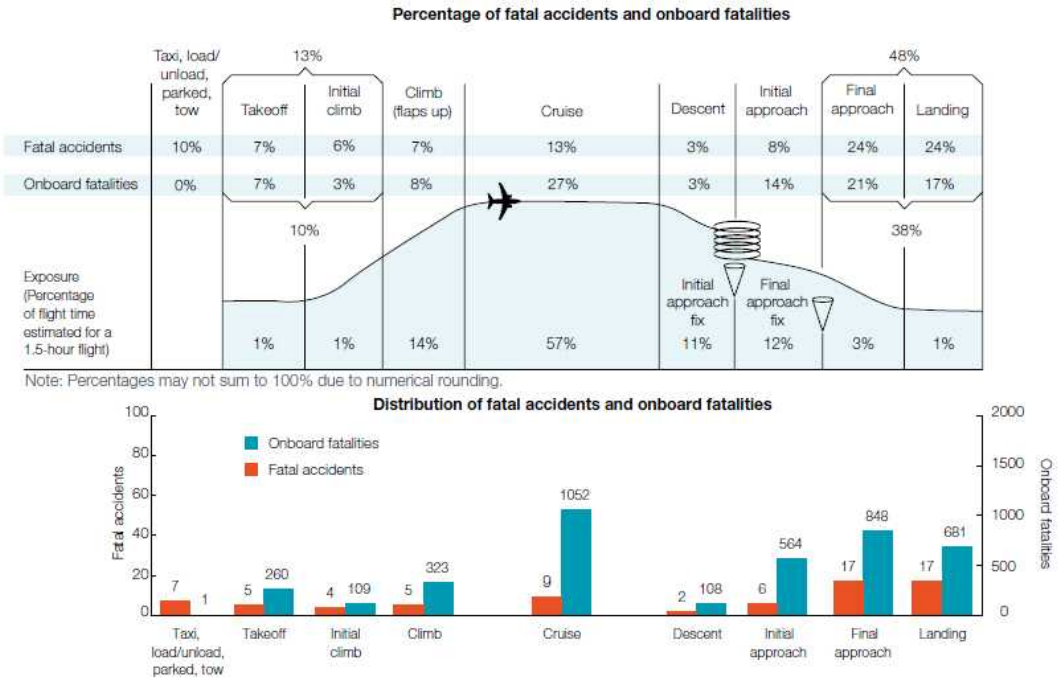


그림 16 2005년 ~ 2014년 비행 상황별 사망사고와 탑승 사망자 비교
(자료 출처: Statistical Summary, 2014)

□ ICAO(The International Civil Aviation Organization) 과 CAST(Commercial Aviation Safety Team)이 공동으로 결성한 CICTT(CAST/ICAO Common Taxonomy Team)에 의해 분류한 2005년 ~ 2012년 상황별 사망자수는 아래 그림과 같음.

- 사망자 수가 가장 많이 발생한 사고발생 이유에는 조종 중 비행불능 (LOC-I)과 CFIT(Controlled Filight Into or Toward Terrain)이 가장 높았으며 착륙 단계에서 활주로 이탈(RE-Landing), 공중출돌(MAC), 시스템 고장, 이륙 단계에서 활주로 이탈(RE-Takeoff), 기상 순으로 발생함.



그림 17 CICTT(CAST/ICAO Common Taxonomy Team) 분류 상황별 사망자수 비교
(2005년 ~ 2014년)
(자료 출처: Statistical Summary, 2014)

2. 국내 항공사고 현황

가. 국내 항공사고 추이

□ <표 1>에서 보듯 우리나라에서는 2001~2012년까지 10년이 넘는 기간 동안 항공사고가 극도로 억제되었으며 그 사이 민군을 합하여 사망 사고 2건에 사망자 4명이라는 안전 상태를 보였음. 그러나 2013년 아시아나 항공의 SF사고 (3명 사망)를 시작으로 불과 3년이 안된 현재까지 무려 8건의 사망 사고에서 25명의 사망자를 보이고 있음. 이는 최근 10여년간 세계적으로 항공사고가 감소추세인 것과 대비되는 현상임.

구분	사고 내용	연도	사고 원인	사망자/탑승자
사고	대우조선 헬기 추락 사고	2001	기상악화, 조종사 과실	8/12
준사고	대한항공 085편 납치 오인사건	2001	조종사 과실, 미 항공당국 오판	0/215
사고	아시아나항공 8942편 우박 충돌 사고	2006	기상악화, 조종사 과실	0/206
사고	한성항공 205편 노즈기어 파손 사고	2006	조종사 과실	0/74
준사고	대한항공 769편 유도로 착륙 사고	2007	조종사 과실	0/133
사고	제주항공 502편 활주로 이탈 사고	2007	조종사 과실, 기상악화	0/74
준사고	대한항공 577편 교신두절 사건	2009	조종사 과실	0/4
준사고	아시아나 항공기 오인 사격 사건	2011	지상 군부대 과실	0/119
사고	아시아나항공 991편 화물기 추락 사고	2011	화물 화재	2/2
사고	아시아나항공 214편 추락 사고	2013	조종사 과실, 부적절한 조종 매뉴얼	3/307

준사고	대한항공 763편 활주로 이탈 사고	2013	착륙 중 활주로 이탈	0/115
사고	임하댐 산림청 헬기 추락사고	2013	조종사 과실	3/3
사고	비행훈련원 항공기 추락 사고	2013	조종사 과실	3/3
사고	서울 삼성동 헬기 추락사고	2013	CFIT	2/2
사고	광주 수완지구 헬기 추락사고	2014	조종사 과실	5/5
준사고	대한항공 086편 이륙지연 사건	2014	승객난동(일명 땅콩리턴), 기내장악	0/273
준사고	대한항공 023편 기내 난동 사건[15]	2015	승객난동, 항공사 과실	0
준사고	대한항공 472편 지상 충돌 사고	2015	지상 충돌	0/146
사고	가거도 헬기 추락사고	2015	조종사 과실(추정)	4/4
사고	아시아나항공 162편 활주로 이탈 사고	2015	착륙중 공항시설물과 충돌	0/81
사고	대한항공 2115편 활주로 이탈 사고	2015	착륙중 활주로 이탈	0
사고	한서대학교 훈련기 추락 사고	2015	조종사 과실	3/3
사고	한라스카이에어 훈련용 경비행기 추락 사고	2016	이륙 직후 추락	2/2
준사고	대한항공1958편-중국남방항공8444편 충돌 위기	2016	조사중	0
사고	공군 KF-16 전투기 추락사고	2016	조사중	0/2
사고	대한항공 2708편 화재 사고	2016	엔진 화재	0

표 3 2001년 ~ 2016년 국적기 주요 항공사고
(자료출처 : 나무위키 항공사건사고)

□ 또한 대부분의 사고가 조종사 과실 또는 조직문제, 넓게는 안전문화에 기인한 것으로 판단되었으며, 이는 우리나라의 경우 항공안전에 대한 기존의 노력을 강화하는 정도를 넘어서서 인적요인을 중심으로 한 현대적 시스템 안전을 위한 새로운 방향을 모색할 긴급성을 제기하는 것으로 판단됨.

□ 2005년부터 2014년까지 운송용, 사용사업용, 자가용 항공기의 준사고 사고는 총 62건이 발생하였으며 운송사업체 항공기에서 40건, 사용사업, 자가용, 국가기관 등 항공기에서는 22건이 발생함.

□ 최근 저비용항공사의 운항이 늘어남에 따라 항공안전에 대한 우려가 높아지고 있으며, 표준적인 인적요인의 분석과 훈련 등 안전 유지방안이 정부 차원에서 수립 시행되어야 할 필요가 대두되고 있음.

나. 경량항공기 및 초경량비행장치 사고 현황('05 ~ ' 14)

□ 2005년부터 2014년까지 총 39건이 발생하였으며 이로 인해 29명이 사망, 16명이 부상하는 인명피해가 발생함.

□ 가까운 장래 드론의 운용이 활성화될 경우에 대비한 안전관리와 분석, 평가, 교육 역시 중요 과제로 부각될 전망임.

연도	발생건수	사망자 수	부상자 수
2005	5	3	4
2006	1	1	0
2007	6	6	1
2008	2	2	2
2009	6	6	1
2010	2	2	1
2011	7	7	4
2012	4	4	0
2013	4	4	1
2014	2	2	2
합계	39	29	16

표 4 경량항공기 및 초경량 비행장치
발생건수와 피해(2005 ~ 2014)

다. 국내 항공안전장애 발생현황('13~' 14)

□ 항공안전장애는 부족한 항공기 사고 통계를 보완하는 자료로서 사고/준사고와 달리 실제 운항 과정 중에 발생하는 중요하거나 경미한 이벤트를 보고하는 것임. 비록 사고에 이르지 않았더라도 항공기의 정상 운행에 영향을 받은 '장애' 사건들도 안전 시스템의 여러 결함과 미비점을 발견하는데 도움이 되므로 우리나라도 면책적인 장애보고제도를 운용하고 있음.

- 고장/결함 및 조류충돌처럼 경미한 이벤트 통계자료를 분석하기에 중요도는 낮지만 빈도가 높은 점을 감안해 항공 통계분석에 사용됨.

□ 항공사의 안전개선 노력 및 정부의 항공안전감독 등을 통해 예방대책을 강구할 수 있다고 판단되어 비정상운항으로 분류된 항공안전장애는 2011년에 113건, 2012년에 127건, 2013년에 121건, 2014년에는 108건이 발생하였음.

□ 아래 표는 2014년 항공사별 항공안전장애 발생 현황을 나타냄.[1)]

- 대한항공과 아시아나 항공의 항공안전장애 발생 횟수가 가장 많았으며 장애 유형으로는 이륙중단, 회황이 항공안전장애 현황 중 가장 높은 수치를 나타냄.

구 분	계	KE	OZ	7C	LJ	BX	ZE	TW	KJ
회 항	25	5	13	1	2	2	1		1
목적지 교체	5	2	2	1					
비행중 엔진정지	2	1	1						
이륙중단	45	18	11	7	2	1	4	1	1
주기장 복귀	7	3	1			1	1	1	
비상선언	2	1			1				
Tail skid	1		1						
기 타	21	13	4			2		1	1
합 계	**108**	**43**	**33**	**16**	**5**	**6**	**6**	**3**	**3**

표 5 비정상운항으로 분류된 항공안전장애

1) KE(대한항공), OZ(아시아나항공), 7C(제주항공), LJ(진에어), BX(에어부산), ZE(이스타항공), TW(티웨이항공), KJ(에어인천)

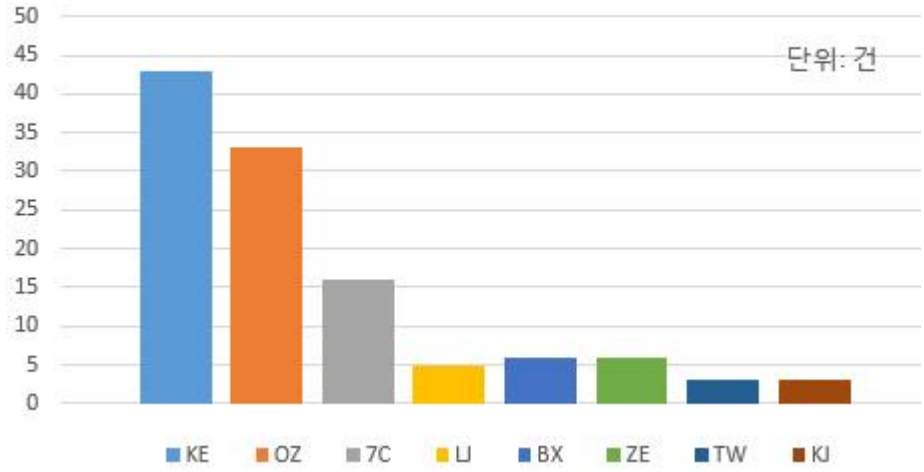


그림 18 2014년 항공사별 항공안전장애 발생 현황

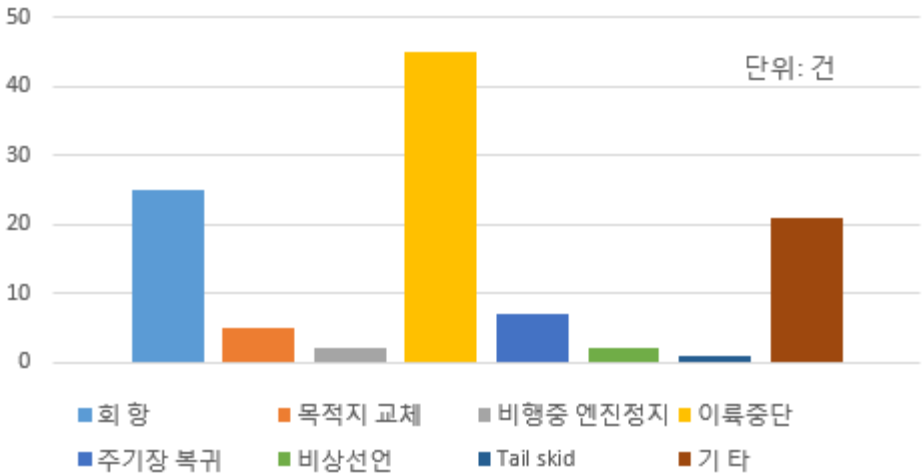


그림 19 2014년 항공안전장애 원인별 발생 현황

제 2 절 인적요인 관련 항공사고 현황

1. 항공사고 현황

Cause	1950s	1960s	1970s	1980s	1990s	2000s	All
Total Pilot Error	58	63	44	57	55	57	53
Pilot Error	43	33	25	29	29	32	32
Pilot Error (weather related)	9	18	14	16	21	16	16
Pilot Error (mechanical related)	7	4	5	2	5	5	5
Other Human Error	2	8	9	5	8	6	6
Weather	15	12	14	14	8	12	12
Mechanical Failure	19	19	20	21	18	20	20
Sabotage	5	4	11	12	10	8	8
Other Cause	0	2	2	1	1	1	1

단위: %

표 6 연도별 전 세계 항공사고 발생 원인
(자료 출처 : www.planecrashinfo.com, statistics)

□ 전 세계 항공사고 통계를 기록한 웹사이트인 '플레인크레쉬인포(Planecrashinfo)' 에 따르면 연도별(1950년 ~ 2010년) 비행기 사고 원인에서 기상 혹은 기계와 연관된 조종사의 과실로 인한 사고율이 지난 50년간 50% 이상을 차지함. 조종사 과실 외에 기계적 결함으로 인한 사고율이 20%, 기상으로 인한 사고율 12%, 사보타주(폭발물, 테러)로 인한 사고율이 8%, 다른 인적요인(교통 관제사 오류, 장비의 부적절한 관리)로 인한 사고율 6%로 나타남.

- 조종사 과실로 인한 사고와 그 외 인적요인으로 인한 사고까지 감안하였을 때 인적요인에 의한 사고율은 60% 이상을 차지함.

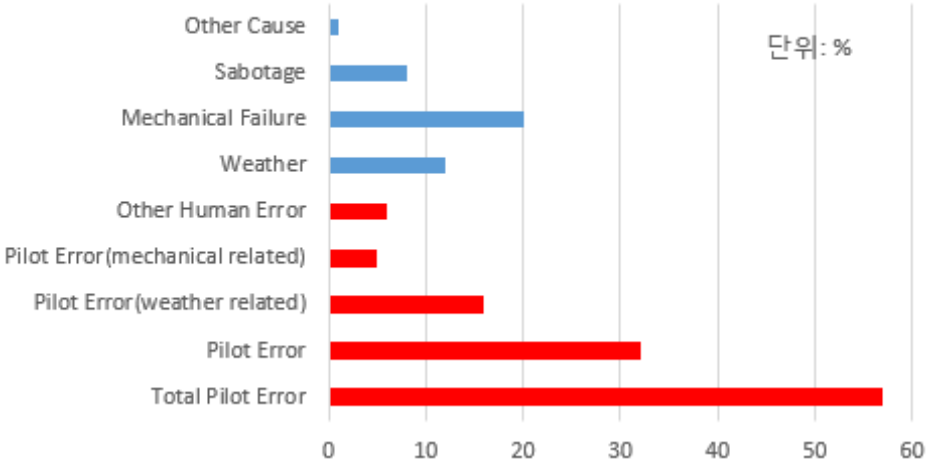


그림 20 2000년대 항공 사고 원인 분류

- 2000년대의 항공 사고에서는 조종사의 과실로 인한 사고율이 57%, 그 외 인적요인으로 인한 사고율 6%로 인적요인에 의한 사고율이 63%로 나타났으며 이는 항공사고에서 여전히 인적요인에 의한 사고율이 높음을 나타냄.

2. 국내사고 현황

원인구분	합계	비율	발생 대상별 비교			
			항공기	비율	경량/초경량	비율
인적요인	95	62.1%	64	64.2%	34	35.8%
기체이상	31	20.3%	30	96.8%	1	3.2%
기상요인	8	5.2%	5	62.5%	3	37.5%
기타 (조류충돌 등)	7	4.6%	6	85.7%	1	14.3%
조사 중	12	7.8%	12	81.8%	0	18.2%
계	153	100.0%	114	74.5%	39	25.5%

표 7 2005년 ~ 2014년 항공사고 원인분석 종합

□ 2005년터 2014년까지의 국내 항공사고를 살펴보면 인적요인(Human Factor)로 인한 사고가 전체 사고의 62.1%를 차지하고 있음. 그 뒤로 기체이상으로 인한 사고가 20.3%, 기상요인으로 인한 사고가 5.2%, 기타 및 조사 중인 사고가 7.8%를 차지함.

- 국내 항공사고중 인적요인이 차지하는 비율(62.1%)과 기체 이상(20.3%)은 2000년대 전 세계 항공사고에서 인적요인이 차지하는 비율(63%)과 기체 이상(20%)와 거의 비슷한 수준임.

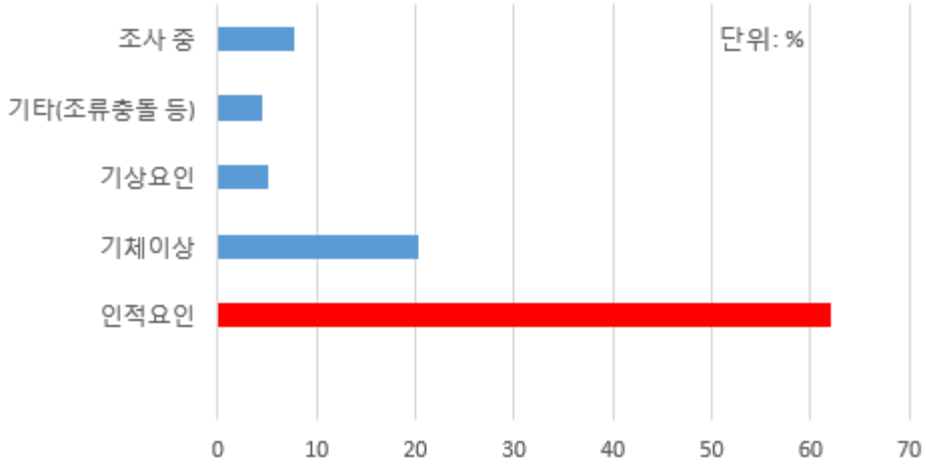


그림 21 2005년 ~ 2014년 국내 항공사고 원인

□ 항공철도사고조사위원회에서 조사한 항공사고보고서 중 2011년 이후의 항공사고 보고서를 간단히 정리한 내용은 아래 표와 같음.

- 경량, 초경량 비행장치를 제외한 2011년 이후의 항공사고보고서 35건의 분석 결과 인적과실로 인한 사고가 20건(57.1%)이 발생함.

순번	사건분류	운영자	발생일	사고 개요	발생원인
1	사고	킹스솔루션	2011.04.04	철탑공사 자재 운반도중 연료고갈로 추락	기타(급유 절차위반)
2	준사고	대한항공	2011.05.26	이륙상승 중 2번 엔진진동 발생직후 화경고 발생 후 엔진정지	부품결함
3	사고	아시아나항공	2011.07.28	비행 중 화재로 제주공항으로 회항 중 바다에 추락	기타(화재)

4	사고	창운항공	2011.08.21	항공방제 비행 중 고압선과 충돌하여 추락	조종과실
5	사고	홍익항공	2011.10.19	철탑공사 자재 이송 중 외부 인양줄이 미부회전익에 충격되고 추락	조종과실
6	준사고	제주항공	2011.12.04	이륙 중 조류충돌로 비상착륙	조류충돌
7	준사고	아시아나항공	2011.12.25	이륙 중 조류충돌로 비상착륙	조류충돌
8	사고	예천천문우주센터	2012.02.06	산불계도 비행 후 복귀 중 연료고갈로 엔진 정지 후 추락	기체결함
9	준사고	에어프랑스	2012.03.04	비행중 1개 발동기 정지	부품결함
10	준사고	아시아나항공	2012.03.13	김포공항 이륙중 조류충돌	조류충돌
11	준사고	에어부산	2012.03.13	허가받지 않은 활주로에 착륙	조종과실
12	준사고	에어부산	2012.05.08	허가받지 않은 확주로 착륙	조종과실
13	준사고	에어부산	2012.05.25	이륙 상승중 2번 엔진 정지	정비과실
14	준사고	대한항공	2012.06.02	비행 중 엔진 정지 후 회황	부품결함
15	사고	에스엔항공	2012.07.21	항공방제 작업 중 고압 전선줄에 걸려 추락	조종과실
16	사고	아시아나항공	2012.08.21	비행 중 난기류 조우	기상이상
17	준사고	한국항공대학교	2012.09.10	프로펠러 활주로 표면 접촉	조종과실
18	준사고	이웨스트	2012.09.29	비행충전기계통(라디어, 항법등계기작동불능)이상으로 대구공황 비상착륙	정비과실

19	준사고	이스타항공	2012.10.05	이륙상승 중 엔진 하나가 정지되어 김포공항으로 회항	엔진결함
20	준사고	한국항공대학교	2012.10.17	항로비행 중 발동기정지 비상착륙	부품결함, 조종과실
21	사고	클럽뷰피 플라이	2012.11.07	동체착륙으로 동체하부 손상 및 내부화재	기체결함
22	준사고	유나이티드 항공	2012.12.31	비행 중 엔진정지	부품결함
23	준사고	제주항공	2013.02.03	착륙 중 활주로 이탈 후 착륙대에 정지	조종과실
24	사고	에어팰리스	2013.02.09	비행 중 연료고갈 엔진정비로 비상착륙	조종과실
25	사고	아시아나항공	2013.04.16	착륙 중 후방동체 지면접촉	조종과실
26	사고	㈜케이바스	2013.06.13	최종접근구간에서 실속 후 추락	정비과실
27	준사고	대한항공	2013.08.05	착륙 중 활주로 이탈	조종과실
28	준사고	한국조종사 교육원	2013.08.23	착륙중활주로이탈	조종과실
29	사고	한서대학교	2013.11.12	야간비행으로 울진비행장 접근 중 칠보산 충돌	조종과실
30	사고	LG전자	2013.11.16	착륙을 위해 고도강하 중 지상장애물 충돌	조종과실
31	사고	한국항공대학교	2014.01.07	이륙상승 중 엔진출력 감소로 비상착륙	부품결함
32	사고	대한항공	2014.06.16	비행 중 난기류 조우	기상이상
33	준사고	한국항공대학교	2014.07.11	이륙확주 중 활주로 이탈	조종과실
34	사고	㈜케이바스	2014.08.11	영농 항공 방제 비행 중 추락	조종과실
35	준사고	한국항공대학교	2014.09.16	착륙 중 활주로 이탈	조종과실

표 8 2011년 ~ 2014년 항공사고조사분석

□ 2013년과 2014년의 국내 항공안전장애 발생현황에서 인적요인으로 인한 사고율은 2013년에는 33.3%, 2014년에는 28.4%를 기록함.

항공사	2013년			2014년		
	정비요인	인적요인	운항횟수	정비요인	인적요인	운항횟수
대한항공	34	14	156,983	35	9	153,299
아시아나	27	7	111,994	26	7	113,606
제주항공	7	6	28,559	2	7	30,362
진에어	6	3	18,005	4	1	21,732
에어부산	4	4	26,996	4	2	33,659
이스타	4	2	19,795	4	2	20,056
티웨이	1	1	13,489	2	1	17,485
에어인천	1	-	416	1	2	849
합 계	**84**	**37**	**376,237**	**78**	**31**	**391,048**

표 9 2013년과 2014년 항공안전장애 발생현황 비교

구 분	계	KE	OZ	7C	LJ	BX	ZE	TW	KJ
기재취급 미흡	12	4	2	3		1	2		
유도로 오진입	1	1							
정비작업 실수	2		1	1					
절차 미준수	13	4	3	3		1			2
조종사 조작 미숙	3		1		1			1	
합 계	**31**	**9**	**7**	**14**	**1**	**2**	**2**	**1**	**2**

표 10 사고유형별 항공안전장애

제 3 절 질병 관련 항공사고 현황

□ 육체적 질병 및 심리적 원인에 의해 의식상실 및 조종불능 상태를 야기할 수 있음.

□ 치명적인 항공사고를 유발할 수 있으므로 각별한 주의가 요구됨. 항공업무 수행 중 의학적 요인이 발생할 경우 항공사고와 직결되는 것으로 알려져 있음.

□ 조종불능 및 손상을 유발한 원인 중 의학적 요인은 1993년 3건에서 1998년 17건으로 최근 증가하고 있는 추세임.

□ 해외 사례를 분석한 결과, 미국의 경우 항공사고 1,000건당 15건의 빈도, 호주의 경우 1975년부터 2006년까지의 전체 항공사고 중 0.6%, 영국의 경우 최근 10년간 21,285건의 사고 중 약 0.6%(130건)에서 의학적 요인이 원인으로 밝혀진 바 있음.

□ 호주항공사고조사국(ATSB) 2007년도 보고서 분석결과, 주로 위장관계(약 21.4%), 의식불명(약 9.2%), 심장마비(약 8.2%) 증상이 항공사고와 직접적인 인과관계가 있는 것으로 나타남.

증상	발생 건수	총 비율(%)
급성 통증 (Acute pain)	5	5.1
급성 충수돌기염 (Appendicitis)	1	1.01
허용되지 않은 약물(Illicit drugs)	1	1.01
Fitting episode	2	2.04
위장관계 증상(Gastrointestinal illness)	21	21.43
두부손상(Head injury)	2	2.04
심근허혈(Heart attack)	8	8.16
저혈당(Hypoglycaemia)	1	1.01
저산소증(Hypoxia)	34	3.06
감염성 질환(Infectious diseases)	5	5.10
의식 상실(Loss of consciousness)	9	9.18
멀미(Motion sickness)	3	3.06
신경증상(Neurological impairment)	1	1.02
압력효과(Pressure effects)	3	3.06
심리학적 요인(Psychological)	3	3.06
호흡기계통 질환(Respiratory illness)	4	4.08

흡연/종양(Smoke and tumor)	12	12.24
비행착각(Spatial disorientation)	1	1.02
열에 의한 스트레스(Thermal stress)	2	2.04
외상(Trauma)	5	5.10
정맥류 등 정맥질환(Vascular disease)	1	1.02
기타 (Unspecified)	5	5.10
계	98	100

표 11 항공사고 당시 발생된 증상
(자료 출처: 호주사고조사국(ATSB) 2007년 보고서)

□ 국내 자료: 자료의 연속성 및 신뢰성 미비

□ 외국 설문조사 결과 분석 결과, 응답자의 29% 이상 조종불능 상태를 경험한 적이 있으며, 이로 인해 항공사고의 위험성이 있었다고 응답함. 따라서 비행 중 의학적 요인과 항공사고 간 실제적인 상관관계가 인정됨.

□ 미국, 호주, 유럽, ICAO, IATA 연간보고서 및 안전관련 보고서를 참고하여도, 항공사고와 관련된 의학적 요인을 예방 및 관리하기 위한 항공신체검사 및 관련 교육프로그램을 중요하게 언급하고 있음

□ 항공업무 중 치명적인 사고를 유발할 수 있는 의학적 요인 및 질병에 대해 보다 구체적인 자료를 축적하고 분석을 수행함으로써, 관련 질환을 사전에 발견, 또는 예방 및 조기 관리하여 항공안전을 향상시킬 수 있을 것으로 생각됨.

PART Ⅱ 인적오류 사고 저감과 조직안전 제고를 위한 체계 개발, 교육, 관리

제 3 장 국내외 동향 및 환경분석

제 1 절 국내외 정책 동향

1. 사고조사

□ 시카고협약 제 26조(사고조사, Investigation of accidents)는 항공기 사고 발생 시 사고 발생지 국가가 자국법이 허용하는 범위에서 ICAO가 권고하는 절차에 따라 사고조사를 하도록 규정짓고 있음.

- 동 조항을 구체화하고 있는 시카고협약 부속서 13(항공기 사고조사, Aircraft accident and incident Investigation)은 '항공기 사고조사'를 항공기 사고등과 관련된 정보·자료 등의 수집·분석 및 원인규명과 항공안전에 관한 안전권고 등 항공기 사고 등의 예방을 목적으로 사고조사위원회가 수행하는 과정 및 활동으로 정의함.
- 항공기 사고조사의 경우 기본적으로 항공기 사고가 발생한 영토가 속한 국가가 사고조사의 권리와 의무를 가짐.
- 항공기사고 발생지국(State of occurrence)은 사고조사 업무의 전부 또는 일부를 항공기 등록국(State of registry) 또는 항공기 운영국(State of the operator)에 위임할 수 있으며, 협약 체약국에게 기술적인 지원을 요청 가능함. 만약 항공기 사고가 어느 국가의 영토도 아닌 곳에서 발생하면 항공기 등록국이 항공기 사고의 권리와 의무를 가짐.
- 항공기 사고 발생시 발생지국은 항공기 사고 발생을 국제민간항공기가 및 관련국에 통보하고 사고조사를 실시해야함.

가. 항공사고 분류

□ 시카고협약 부속서 13(항공기 사고조사) 및 부속서19(안전관리)는 Accident, Serious Incident, Incident가 발생 시 의무적으로 보고할 것을 규정하고 있으며,

Incident에 대해서는 동시에 자율적인 보고를 장려하고 있음. 아울러 Accident 및 Serious Incident에 대해서는 ICAO에 보고하도록 규정되어 있음.

- 이러한 사고를 분류하여 보고하는 자료들이 항공안전의 수준을 매길 수 있는 것은 아니지만 경우에 따라서는 항공안전 수준을 가늠하는 잣대로 활용될 수 있기에 이들 용어에 대한 정확한 정의와 인식이 필요함.

□사고조사와 관련하여 시카고협약 부속서 13에서는 Accident, Serious Incident, Incident를 규정하고 있으며 한국은 「항공법」 및 「항공·철도 사고조사에 관한 법률」에서 이를 각기 항공기 사고[2], 준사고[3], 항공안전장애[4]로 규정하고 있음.

- 이들 용어에 대한 통일된 개념정립을 토대로 발생 내용 및 발생 방지에 관한 사안들을 규정하여야 하며 정부는 부속서에서 정한 국제 기준을 국내 법규에 반영하고 적용하고 있음.
- 시카고협약 부속서 13에 따르면, 항공기 사고와 관련하여 통계 산출 기준의 통일적 적용을 위하여 사건 발생일로부터 3일내에 사망한 손상은 치명상(중상)으로 분류하며, 치명상의 발생은 사고에 해당됨. 또한 공식적인 수색이 종료되고 잔해가 발견되지 않은 경우에도 행방불명을 간주하여 사고에 해당됨.
- Accident와 Serious incident의 차이는 인적, 물적 손상의 발생 여부에 달려 있음.

구분	accident, serious incident, incident		
ICAO	Accident	Incident (세부적으로 incident와 serious incident로 구분)	
한국	항공기사고 (Accident)	항공기준사고 (serious incident)	항공안전장애 (incident)

표 12 Accident, Serious incident, Incident 비교

2) '항공기 사고(Accident)'란 사람이 항공기에 비행을 목적으로 탑승한 때부터 탑승한 모든 사람이 항공기에서 내릴 때까지 항공기의 운항과 관련하여 발생한 사람의 사망(사고일로부터 30일 이내에 사망한 손상을 사망(fatal injury)으로 분리함)·중상 또는 행방불명, 항공기의 중대한 손상·파손 또는 구조상의 고장 및 항공기에 접근이 불가능한 경우.
3) '항공기 준사고(Serious Incident)'란 항공기사고 외에 항공기사고로 발전할 수 있었던 것으로서 항공기 간 근접비행(항공기간 거리가 500피트 미만으로 근접) 등 항공법시행규칙 별표 5에 명시된 사항을 말함.
4) '항공안전장애(Incident)'란 항공기사고, 항공기준사고 외에 항공기 운항 및 항행안전시설과 관련하여 항공안전에 영향을 미치거나 미칠 우려가 있었던 것으로써 항공기와 관제기관 간 양방향 무선통신이 두절된 경우 등 항공법시행규칙 별표 6에 명시된 사항을 말함.

- 이와 같이 항공기 사고와 관련하여 국내법에서는 시카고협약 부속서 13에서 정한 기준을 토대로 accident, serious incident, incident를 항공기 사고, 항공기 준사고, 항공안전장애로 규정하면서 국제 기준을 국내 법규에 적용하고 있음. 이에 대비하여 ICAO의 분류는 incident가 serious incident를 포함하고 있음.
- 그러나 항공법규에 반영된 내용에도 불구하고 준사고를 Serious Incident가 아니나 Incident로 오기하고 있는 사례가 정보 및 학계의 자료에서도 빈번하게 발생하고 있고 준사고와 항공안전장애를 별개의 항목으로 규정하는 명시적인 오류를 범하고 있기에 이에 대한 조치가 필요한 실정임.

나. 사고조사 정책동향

□ 사고조사는 이전부터 사고의 책임 소재를 밝혀내고 법적 제제조치를 통해 관련자에게 경각심을 주며, 대응개선 방안을 도출하기 위한 사실 발견의 역할을 해왔기 때문에 사고조사체계는 사후조치라는 측면에서 안전 관리 체계와는 별도의 범주로 다루어져 왔음.

- 비처벌 원칙의 '안전조사위원회(SIB, Safety Investigation Board)'가 더해지면서 비행사고의 근본원인을 밝혀냄으로써 미래의 안전한 비행을 위한 데이터로 활용하기 위한 제도가 강화되어 가고 있는 추세.

- FAA의 AC 120-66B ASAP가 이러한 추세를 잘 보여주는 제도로서 이 제도에 가입한 당사자(비행조직, 정비조직)의 합의서를 기반으로 매우 엄격한 의무를 부여하고 있음. 즉, 양자간 합의된 사항을 지키지 못할 경우 한쪽이 일방적으로 합의를 해제할 수 있으며 이러한 경우에 ASAP하에서 보호되던 아래와 같은 내용의 모든 혜택이 취소되어 당사자가 불이익을 받도록 하고 있음.

- 자발적 보고 시 의도적이 아닌 위반사항의 법적 구제
- 보고자 및 보고되는 내용의 비밀 보호
- 보고되는 내용의 법적 처벌을 위한 사용 및 제공 금지

□ 시카고협약은 조난 항공기나 항공기 사고조사와 관련하여 항공기 조난이나 사고발생 시 발생자국의 의무를 규정하고 있으며, 사고조사에 대한 세부 기준은 시카고협약 부속서 13[5][6]에 규정하고 있다.

- 시카고협약 체약국은 항공기 사고가 체약국 영토상에서 발생할 경우 항공기 사고조사를 해야 하며 항공기 사고 조사국은 항공기사고와 이해관계가 있는 국가에게 연락을 취해야 함. 또한 사고 조사국이 사고에 이해관계가 있는 항고기 제조국(State of Manufacture), 설계국(State of Design), 등록국(State of Registry)은 물론 항공기 사고로 희생된 승객의 소속국가도 상호 연락을 취하도록 하고 있으며 ICAO에도 통보하여야 함.
- 항공기 등록국이 아닌 사고 발생지국이 사고 조사를 할 경우 사고 조사국은 사고 발생지국의 대표를 참관인(Observer)으로 허용하여야 함.
- 그러나 다음과 같은 3개의 경우에는 '표준'으로부터의 일탈을 불허함.

- 사고 발생지국이 사고 조사를 하는 것
- 항공기 등록국이 사고 조사국의 사고 조사에 옵서버를 파견하는 것
- 사고 조사국이 사고결과 보고서를 항공기 등록국에 송부하는 것

□ 조약체약국의 항공사고 책임과 권리, 사고조사 기관 및 조사 참여 단체, 사고조사 절차, 조사 내용 등을 규정하고 분야 및 방법에 대한 세부적인 표준 몇 권고사항을 규정한 시카고 협약 부속서 13(Aircraft accident and incident Investigation)의 주요내용은 아래와 같음.

부속서 13	주요 내용
제 1 장 정의(Definitions)	항공기 사고, 심각한 항공안전장애(준사고). 항공안전장애, 안전권고

5) 시카고협약 제 25조 조난 항공기(Aircraft in distress) : 각 체약국은 그 영역 내에서 조난한 항공기에 대하여 실행 가능하다고 인정되는 구호조치를 취할 것을 약속하고 또 동 항공기의 소유자 또는 동항공기의 등록국이 관헌이 상황에 따라 필요한 구호조치를 취하는 것을, 그 체약국의 관헌의 감독에 뜨르는 것을 조건으로 허가할 것을 약속한다. 각 체약국은 행방불명의 항공기의 수색에 종사하는 경우에 있어서는 본 협약에 따라 수시 권고되는 공동조치에 협력한다.

6) 시카고협약 제 26조 사고조사(Investigation of accidents) : 항공기가 타 체약국의 영역에서 사고를 발생시키고 또 그 사고가 사망이나 중상을 포함하거나 항공기 또는 항공보안시설의 중대한 기술적 결함이 발생한 경우에는 사고가 발생한 국가는 자국의 법률이 허용하는 한 ICAO가 권고하는 절차에 따라 사고조사를 실시한다. 그 항공기의 등록국에는 조사에 참여할 기회를 준다. 조사를 하는 국가는 등록국가에 대하여 그 사항에 대한 보고와 소견을 통보하여야 한다.

제 2 장 **적용(Applicability)**	사고(Accident) 및 항공안전장애(Incident) 발생 시 적용
제 3 장 **일반사항(General)**	• 조사 목적(Objective of the Investigation) • 항공기의 증거보호, 보관 및 이동 (Protection of Evidence, Custody and Removal of Aircraft)
제 4 장 **통보(Notification)**	• 체약국의 영토 내에서 타 체약국의 항공기 사고 또는 심각한 항공안전장애(Accident or Serious Incidents in the territory of a Contracting State to Aircraft of another Contracting State)
제 5 장 **사고조사(Investigation)**	• 조사 개시 및 실시 책임(Responsibility for Instituting and Conducting the Investigation) • 조사의 조직 및 실시(Organization and Conduct of the Investigation) • 조사의 참여(Participation in the Investigation)
제 6 장 **최종보고(Final Report)**	• 국가의 책임(Responsibility of any State) • 조사 실시 국가의 책임(Responsibility of the State Conducting the Investigation) • 안전권고 접수 또는 발행 국가의 책임(Responsibility of a State Receiving or Issuing Safety Recommendations)
제 7 장 **ADREP Reporting**	• 예비보고(Preliminary Report) • 사고/항공안전장애 데이터 보고(Accident/Incident Data Report)
제 8 장 **사고방지대응조치(Accident Prevention Measures)**	데이터베이스 및 예방조치(Database and Preventive Actions)
Appendix	최종 보고서 양식(Format of the Final Report)

표 13 시카고협약부속서 13 주요내용
(자료 출처 : 이구희, 항공정책법 이론 및 실무)

- 관련되어 있는 규정으로는 ICAO 시카고 협약 제 37, 38장과 DOC 9756, DOC 9962, DOC 9973, DOC 998, Circular 285, Circular 298, Circular 315를 통해 권고 및 규정하고 있으며 그 내용은 아래와 같음.

규정	내용	주요 내용
시카고 협약 제 37장	국제표준 및 수속의 채택	ICAO는 항공운항의 통일성을 확보하기 위하여 각 체약국들은 다음과 같은 사항들에 대해서 ICAO가 규정한 국제표준 및 절차를 채택할 것을 권고하고 있음. • 통신조직과 항공 보안시설 • 공항과 이착륙의 성질 • 항공규칙과 항공 교통관리방식 • 운항관계 및 정비관계 종사자의 면허 • 항공기의 내항성 • 항공기의 등록과 식별 • 기상정보의 수집과 교환 • 항공일지 • 항공지도 및 항공도 • 세관과 출입국의 수속 • 조난 항공기 및 사고의 조사
시카고 협약 제 38장	국제표준 및 수속의 배제	• ICAO는 국제표준 및 수속의 추종이 어렵거나, 자국의 특이점으로 인해 국제표준 및 수속과는 차이가 있는 규칙 또는 방식의 채용이 필요한 경우, 이를 ICAO에 통고할 것을 규정하고 있음. 또한 이 경우에 있어서 ICAO의 이사회는 국제표준의 특이점과 이에 대응하는 국가의 국내 방식 간에 있는 차이를 직시로 타의 모든 국가에 통고하여야 함을 규정하고 있음.
DOC 9756 Part 1	조직과 계획	• 항공사고조사의 목적 및 정의 • 사고 조사 기관의 조직 및 구성 • 조사 계획의 수립 및 수행 • 사고, 사건의 고지 • 사고 현장에서의 행동 및 권한
DOC 9756 Part 2	절차와 체크리스트	• 사고규모, 범위, 절차와 사고조사관 체크리스트의 정의 및 규정

DOC 9756 Part 3	사고조사	• 사고조사의 시작 • 사고 잔해의 조사 • 구조적 조사의 규정 • 사고조사 운영 절차 • 항공 운항 환경의 정의 • 항공 퍼포먼스의 조사 규정 • 비행 기록 장치의 정의 및 조사 규정 • 잔해 복원 절차 및 방식의 규정 • 구조물 조사, 공중 충돌 조사, 화재 패턴 조사, 발전 장치 조사, 시스템 조사, 정비 조사, 헬리콥터 조사, 병리 조사, 폭발성사보타주 조사의 절차 및 규정 • 조사 인적 요소의 정의 및 규정 • 구조, 대피, 조사, 구조, 소방 진화 작업의 우선권 부여 및 조사규정 • 사고조사 시스템 설계의 주요 쟁점
DOC 9962	사고, 사건 조사의 정책 및 절차	• 일반규정, 사고조사관의 권리, 권한 및 의무 규정, 사고조사 운영방식 및 절차 규정
DOC 9973	항공사고 희생자 및 희생자 가족을 위한 지원 매뉴얼	• 가족 지원의 수혜자, 가족 지원의 유형, 가족 지원의 제공 시기, 가족 지원의 제공자, 가족 지원 계획의 개발 및 실행
DOC 9998	항공사고 희생자 및 희생자 가족을 위한 지원 관련 ICAO 정책	• 가족 지원 계획, 가족지원의 적시성, 가족 지원의 제공자 등에 관련한 ICAO 정책
Circular 285	항공사고 희생자 및 희생자 가족을 위한 지원	• 전문용어의 정의, 요구되는 조사관의 경력사항, 교육 지침, 사고조사 과정의 지침
Circular 298	항공사고조사관의 교육지침	• 가족지원의 수혜자, 가족지원 종류, 가족지원 필수 시행 기간, 가족지원 제공자, 가족지원의 규모, 가족지원 계획의 준비의 규정

Circular 315	항공 사고 지역의 위험성	• 사고조사 시 산업보건 위험의 관리 • 포괄적인 운영 안전계획 가이드 • 건강 및 안전 교육

표 14 ICAO 사고조사 관련 규정
(자료 출처 : 항공철도사고조사위원회 중장기발전계획 연구보고서)

- 또한 ICAO는 시카고 협약 부속서 19(Safety Management)에서 사고조사에 대한 권고를 다음과 같이 명시하고 있음.

  • 국가는 독립적 사고조사 과정을 수립하며, 사고조사는 비난이나 책임 분배를 위함이 아닌 사건·사고의 예방을 유일한 목적으로 함.
  • 사고조사는 국가의 안전관리 하에 수행되며, 국가안전프로그램(SSP)의 운영 아래, 타 항공기관으로부터 사고조사기관의 독립성을 유지함.

다. 사고조사기구

(1) 국외 사고조사기구

(가) NTSB(미국 연방교통안전위원회, National Transportation Safety Board)

□ 1967년 연방교통부(DOT) 설립 시에 동일부처 내부에서 독립연방행정기관으로 설립되었으며, 1975년 교통부에서 완전하게 독립하여 현재는 미국 내 모든 민간항공사고와 도로, 철도, 해양 등 교통 분야의 대형사고 조사를 수행하는 연방독립기관.

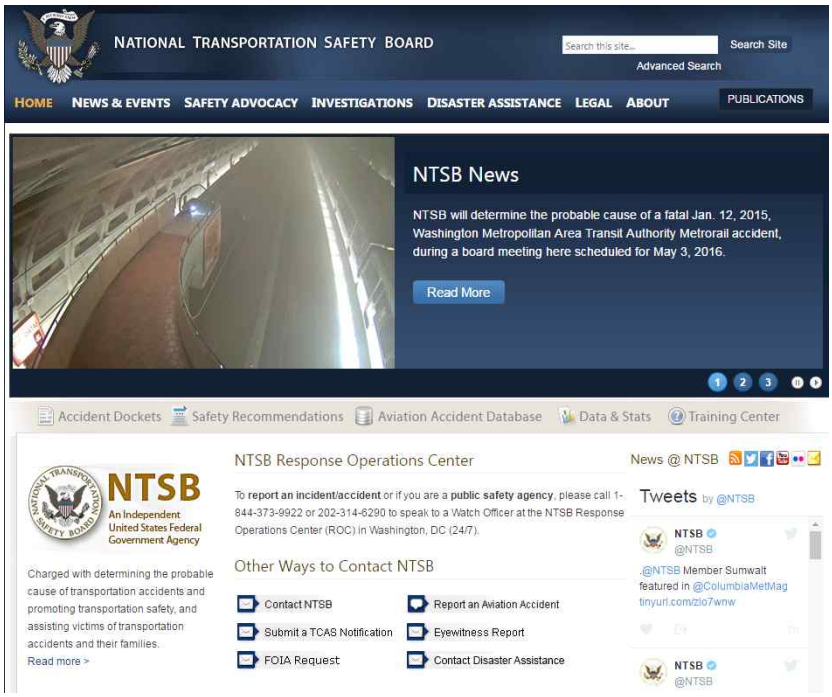


그림 22 NTSB 홈페이지(http://www.ntsb.gov)

□ 사무국장, 정보와 홍보 및 유가족담당국, 일반법률고문국, 행정사법국, 항공안전국, 철도안전국, 고속도로안전국, 해양안전국, 송유관 및 위험물 안전국, 연구 및 분석국, 안전권고 및 이행으로 구성됨, 2015년 기준으로 412명으로 구성되어 있음.

- 위원회는 상원의 승인을 거쳐 대통령이 임명하며, 다음과 같이 구성됨
- 위원장 : 상원의 권고와 동의를 받아 대통령이 임명, 임기 2년
- 부위원장 : 대통령 임명, 임기 2년

- 상임위원 : 상원의 권고와 동의를 받아 대통령에 의해 5명의 상임위원을 임명, 임기 5년
- 같은 정당에서 3명 이상 임명은 허용하지 않고 최소 3명은 사고재현, 안전공학, 인적요인, 교통안전, 교통법규와 관련하여 자격, 직업적 지위, 공인된 지식 등을 근거로 임명되어야 함.
- 2015년 기준 예산의 규모는 10,400달러.

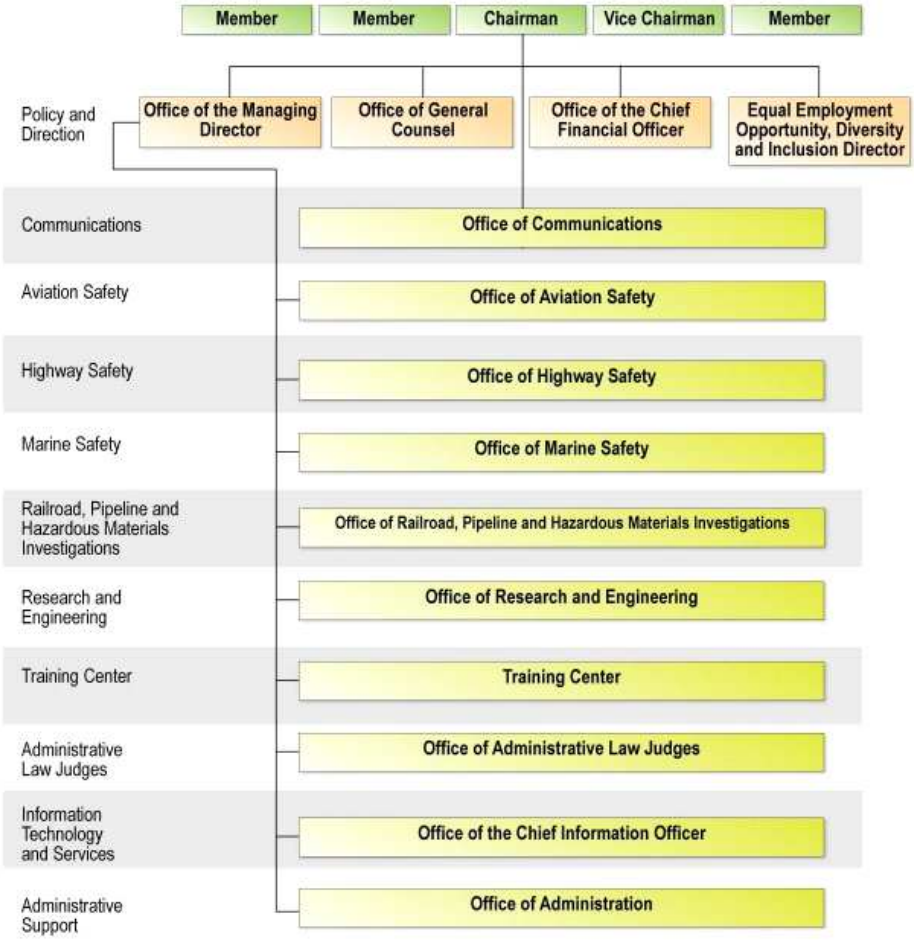


그림 23 NTSB 조직 및 프로그램 구조

- 영국과 동일하게 사실을 밝히고, 사고를 방지하고자 하는 차원에서 조사가 이루어지며 절대로 조사결과를 토대로 책임을 추궁하지 않으며, 원칙적으로 미국의 모든 법정에서 는 NTSB의 사고조사보고서가 증거로 채택될 수 없음.

□ 항공기사고, 고속도로사고, 철도사고, 선박사고, 파이프라인사고, 운송 중 위험물질의 누출 및 유출 등 반복적으로 일어날 수 있는 교통사고를 대상으로 조사를 실시하고 있음.

- 주요업무로는 미국정부의 민간항공사고에 대한 자료전산화 및 데이터베이스 유지, 운송에 관련된 안전 권고사항들을 제시하기 위한 특별연구 수행, 국외 항공사고에 대한 국제적 조치로 특별조사관 파견을 들 수 있음.
- 항공사고의 경우 100여명의 항공조사관의 연평균 1,500 여건의 사건, 준사고를 조사하고 있음.
- 1건의 사고조사가 완료되기까지 평균 590일의 조사시간이 소요됨.

□ 미국에서 일어나는 항공기 사고는 교통안전위원회가 모든 책임을 맡고 있으며 연방항공청(FAA)와 항공사 등 여러 기관·당사자들도 사고가 일어났을 때 조사에 관여함.

- 조사기간은 몇 개월에서 길게는 10년 이상까지 이어지는 경우도 있으며 사고에 테러 의혹이 있거나 국가안보에 관련된 것으로 판단될 경우 연방수사국(FBI)가 수사를 맡기도 함.
- 항공기 사고조사의 오랜 노하우를 축적하여 외국에서 일어난 사고에서도 종종 자문역을 맡음.

□ NTSB에서 항공기 조사의 핵심 업무를 담당하는 조직인 '긴급파견수사팀(Go Team)'이 있으며 사고가 발생했을 시 사고현장으로 가능한 한 빠른 시간에 도착하여 수사에 착수함.

- 수사팀은 적게는 3~4명, 많게는 10여 명 이상의 항공전문가들이 즉시 집결하여 사고현장에 파견, 조사업무를 수행하며 책임조사자(IIC, Investigator-In-Charge)가 총괄을 맡고 각 분야별로 조사에 착수함. 각 분야는 8개 부문으로 아래와 같음.

  - 운항 : 사고기의 이력과 사고 전 승무원들의 대응 관련 조사
  - 구조 : 기체의 파손 상태와 사고 당시 상황 조사
  - 동력 : 엔진과 프로펠러 등의 결함 여부 조사
  - 시스템 : 항공기 전반의 기계·전기·조종설비를 포괄하여 조사
  - 관제 : 항공기에 제공되는 정보 조사
  - 기상 : 미 국립기상정보서비스와 현지 기상 정보 보도 등의 정보를 취합하여

조사

- 인력운용 : 조종사의 피로도와 건강상태, 음주·약물 중독 여부, 훈련 정도와 업무부담 조사
- 생존요인 : 사고 뒤 탑승자 대피와 현지 긴급구호체제 등 조사

(나) TSB(캐나다 교통안전위원회, The Transportation Safety Board of Canada)

□ 1989년 캐나다 교통사고 조사 및 안전위원회 설치법(Canadian Transportation Accident Investigation and Safety Act) 통과됨에 따라, 1990년 3월 TSB(교통안전위원회) 설립.

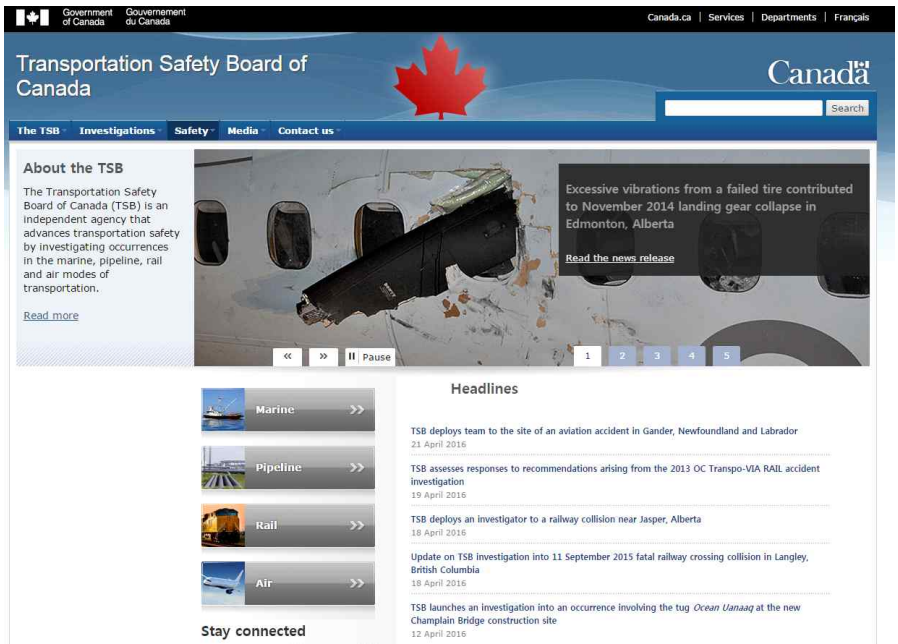


그림 24 TSB 홈페이지(http://www.tsb.gc.ca)

- TSB는 독립적인 사고조사기구로 해상, 송유관, 철도 및 항공운송사고를 조사하고 조사보고서를 발간하며 안전개선을 위한 역할을 담당하는 교통안전기구.
- TSB의 항공사고 조사 건수는 최소 10년간 연평균 288.4건, 합계는 2884건을 조사 및 보고하였음.

년도	항공사고 조사 건수
2014	249
2013	276
2012	291
2011	257
2010	288
2009	297
2008	294
2007	323
2006	303
2005	306
평균	288.4
합계	2884

표 15 TSB 항공사고 조사 건수(2005 ~ 2014)

□ TSB의 조직구성은 다음과 같음.

- 위원회 : 총독이 임명한 5명 이하의 위원들로 구성되며, 이 중 최소 3명은 상임위원.
- 위원의 임기는 7년이며, 항공, 선박, 철도 및 송유관 수송분야의 전문가 중에 임명됨.
- 직원: 약 220명(60여 명의 항공, 선박 및 철도 안전 조사관 포함)
- 조직은 기능적 측면에서 사고조사 및 행정지원 분야로 나뉨.
- 퀘벡에 TSB의 본부가 소재해 있으며, 8개 지역사무소와 1개 기술시험실이 있음
- TSB의 항공정책당국인 교통부(TC, Transport Canada), 항공규제당국인 캐나다 민간항공청(TCCA, Transport Canada Civi Agency) 및 서비스 제공자와 완전히 분리된독립기관임.

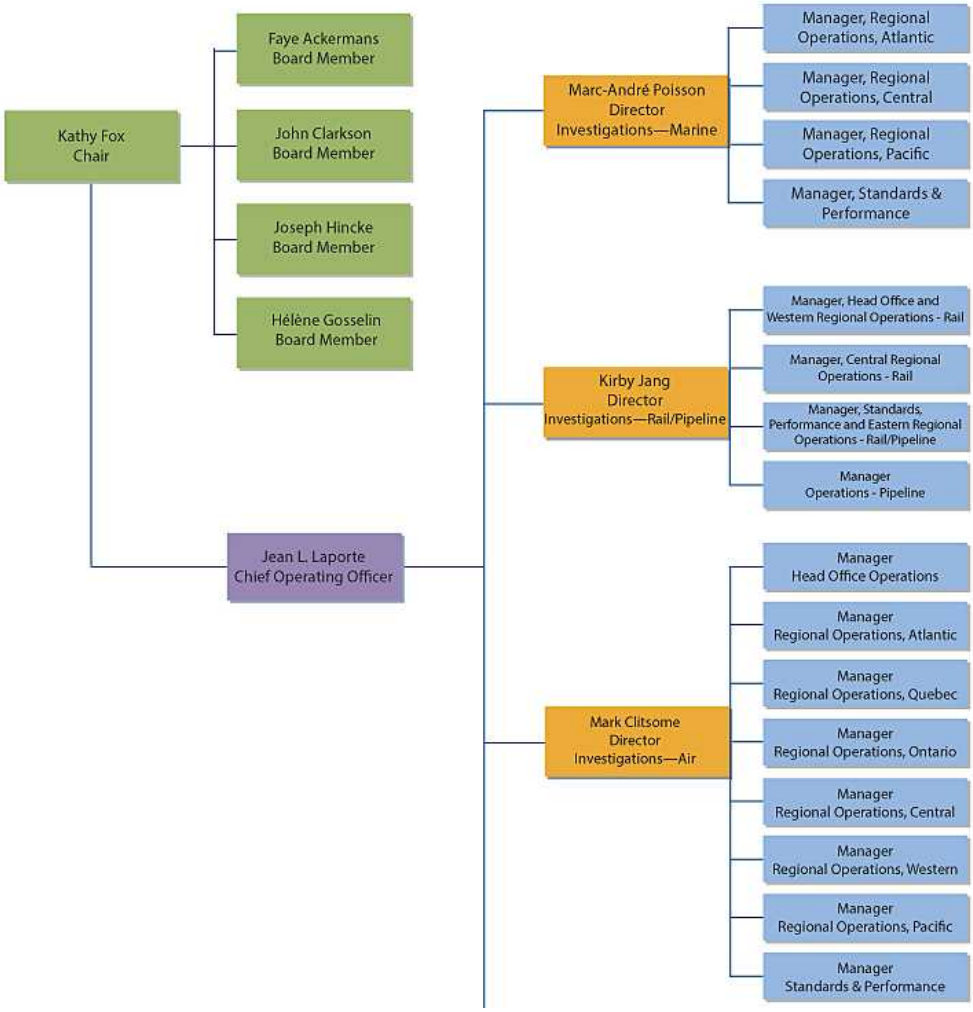


그림 25 2016년 TSB 조직구성도

(다) AAIB(영국 항공사고조사국, National Transportation Safety Board)

□ AAIB는 영국 내 민간항공 사고 및 준사고에 대한 조사를 담당하는 조직으로, 그 기원을 1915년 영국육군항공부대(Royal Flying Corps)의 사고조사국(AIB)에 두고 있음.

- AAIB는 1920년 「항공항행법」에서 국무장관의 민간항공사고조사에 대한 권한을 규정하고, 1946년 민간항공부(Ministry of Civil Aviation)에 사고조사국이 편입, 1983년 교통부 산하 사고조사국으로 개편, 1987년에는 항공사고조사국으로 개칭되어 지금의 AAIB가 이루어짐.

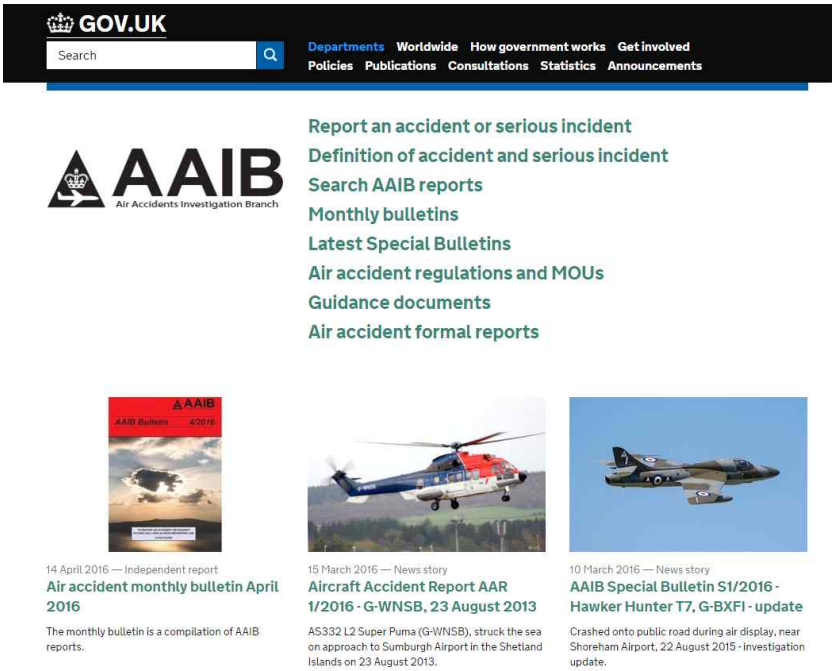


그림 26 AAIB 홈페이지
(https://www.gov.uk/government/organisations/air-accidents-investigation-branch)

□ 교통부(Department for Transport)의 산하기관으로서 기관장은 수석조사관(Chief Inspector)이고 50여명으로 이루어져 있으며 차석조사관(Deputy) 1인과 각각의 책임조사관(Principal)이 관리하는 6개의 조사팀, 행정지원 부서와 기술지원 및 건강과 안전부서로 총인원 50명으로 구성됨. 조사팀은 운항 2팀, 엔지니어링 3팀, CVR 1팀으로 구성됨.

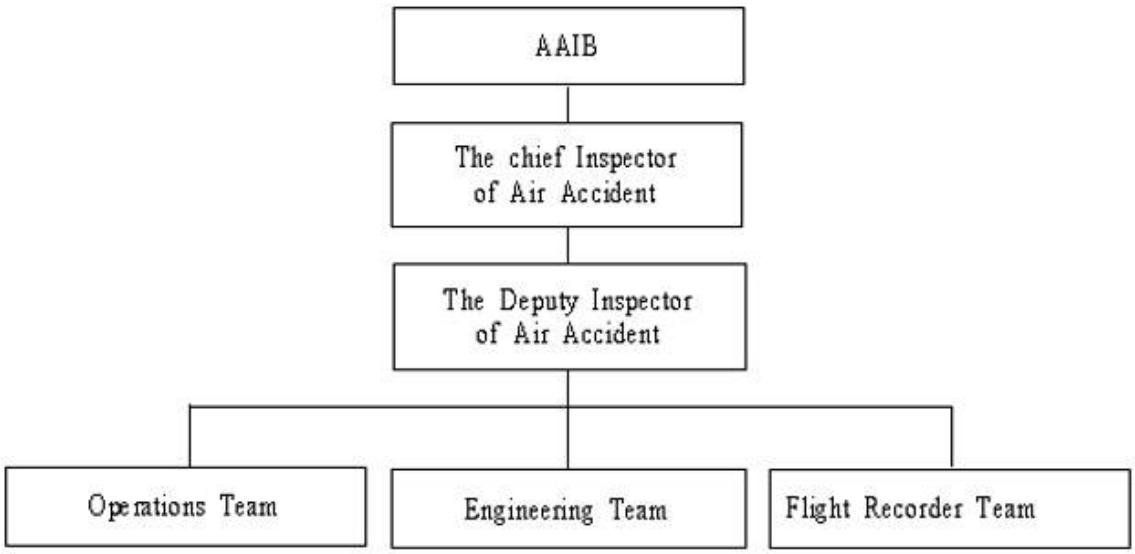


그림 27 AAIB의 조직도

□ AAIB는 교통부 소속 기관이지만 기관장인 수석조사관은 교통장관(Secretary of Statefor Transport)에게 직접 보고함. 또한 교통부에 속해있는 사고조사기관인 AAIB는 항공규제당국인 CAA와 분리되어있음.

□ 민간항공의 사고 및 중대한 사건을 대상으로 사고조사를 수행하며, 최근 6년동안 영국 내에서 AAIB가 수행한 사고조사 현황은 아래 표와 같음.

- 영국의 항공사고조사대상은 항공기 운항과 관련하여 발생할 수 있는 사고들로 사람의 사망 또는 심각한 부상, 항공기의 비행특성 또는 성능에 영향을 미칠 수 있는 손상 또는 구조적 결함, 항공기의 실종 또는 접근불가 등과 우리나라의 준사고에 해당하는 중대한 사건(Serious Incident)를 포함하고 있음.
- AAIB는 연평균 72.1건의 안전권고를 수행하며, 이중 항공규제당국인 CAA에 대한 안전권고도 연평균 16건이 수행되고 있음.

년도	2009	2010	2011	2012	2013	2014	연평균
사고조사	151	153	140	136	141	157	146.3
영국 내 사고조사	67	48	52	47	32	30	46
안전권고	104	94	103	35	22	75	72.1
CAA에 대한 안전권고	21	19	31	11	3	11	16

표 16 영국 AAIB의 항공사고조사 현황

(라) ARAIC(일본 항공·철도 사고조사위원회, Aircraft Accident Investigation Commission)

□ 독립적으로 항공, 철도, 해양 사고의 원인을 밝히고 사고로 인한 심각한 손실을 조사 및 연구하기 위해 설립.이러한 공헌을 통해 교통안전을 향상하고 사람들의 삶을 보호하는데 그 목적이 있음. 또한 JTSB의 역할에는 피해자에 대한 대응이 포함되어 있어, 피해자와 그들의 가족에 대해서 시기적절하게 적절한 방법을 써서 사고 조사에 대한 정보를 제공.

□ JTSB는 국토교통성 외국(外局) 중의 하나로 항공, 철도, 해운사고 및 중요 사고를 조사하며, JTSB의 위원회는 위원장 1명, 상임위원 7명, 비상임위원 5명으로 구성되며, 다음과 같은 전문가 집단으로 구성됨.

- 항공공학, 기계공학, 법학, 항공기 운영 및 유지, 항공기 조종, 철도공학, 안전공학, 철도 운영, 구조공학, 전자공학, 선박의 조작, 해양공학, 조선공학

□ 조직체계는 아래와 같이 구성됨.

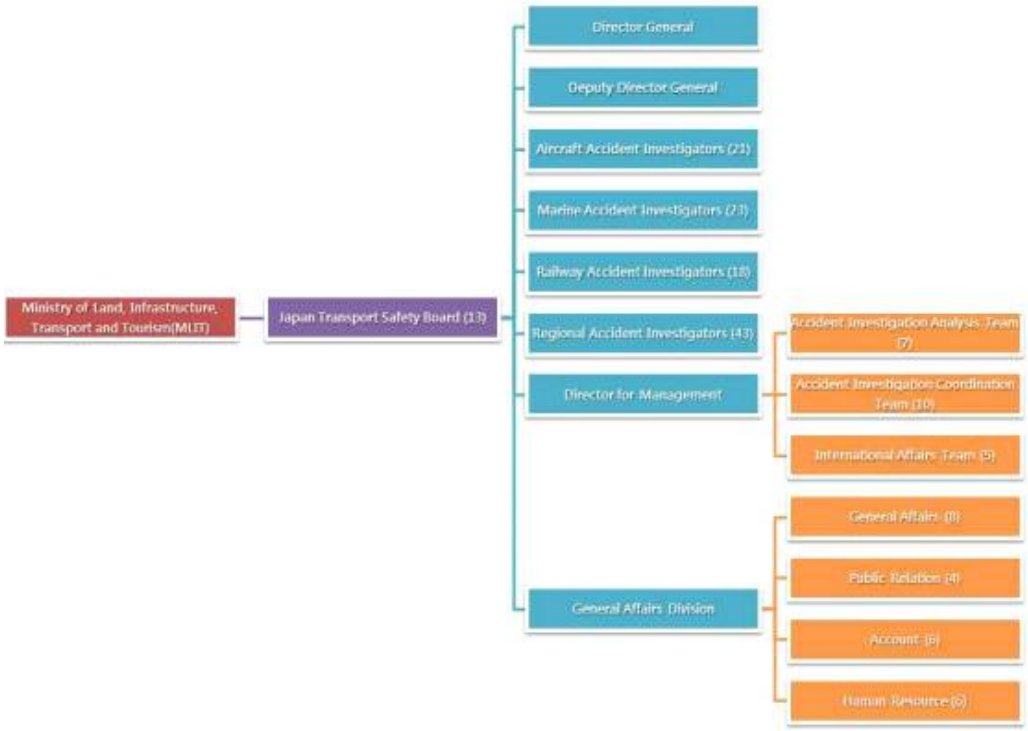


그림 28 JTSB의 조직체계

- 각 분야의 사고조사관들은 사고조사, 전문분야의 자료 분석, 사고조사보고서의 초안작성을 담당.
- Director of Management 밑에 세 개의 부서들은 연구·분석, 보고서 작성, 대외협력등의 업무를 수행하며 사고조사관을 지원
- General Affairs Division은 총무, 인사, 회계, 홍보 등의 행정업무를 담당

(2) 국내 사고조사기구

(가) ARAIB(대한민국 항공·철도사고조사위원회, Aviation & Railway Accident investigation Board)

□ 항공사고조사의 독립성을 확보하기 위하여 2002년에 항공법에 의한 건교부 산하에 독립된 사고조사기관으로 설립되었으며 사고원인의 규명과 유사사고 재발방지를 위하여 안전권고 등을 하도록 규정되어 있음. 2006년에 사고조사위 통합의 필요성에 따라 항공·철도사고조사에 관한 법률이 제정됨에 따라 철도사고조사와 통합하여 운영되고 있음.

- 과학적인 사고조사 능력을 확보하여 정확한 사고원인을 규명하고 유사사고를 예방함으로서 항공안전을 확보하기 위함이다.

□ 주요업무로는 항공·철도사고조사, 사고조사보고소의 작성·의결 및 공포, 사고조사결과에 따른 안전권고, 사고조사에 필요한 조사·연구, 항공사고조사관련 연구·교육기관을 지정함.

□ 사무국, 운영지원팀, 기준팀, 항공조사팀, 철도조사팀, 연구분석팀으로 이루어져 있음.

- 위원장 1인 : 국토교통부 제청 대통령이 임명하며 임기 3년.
- 삼임위원 2인 : 국토교통부 항공정책실장과 철도국장
- 위원장 9인 : 항공분과위 4명(국토교통부 위촉, 임기 3년), 철도분과위 5명(국토교통부 위촉, 임기 3년)

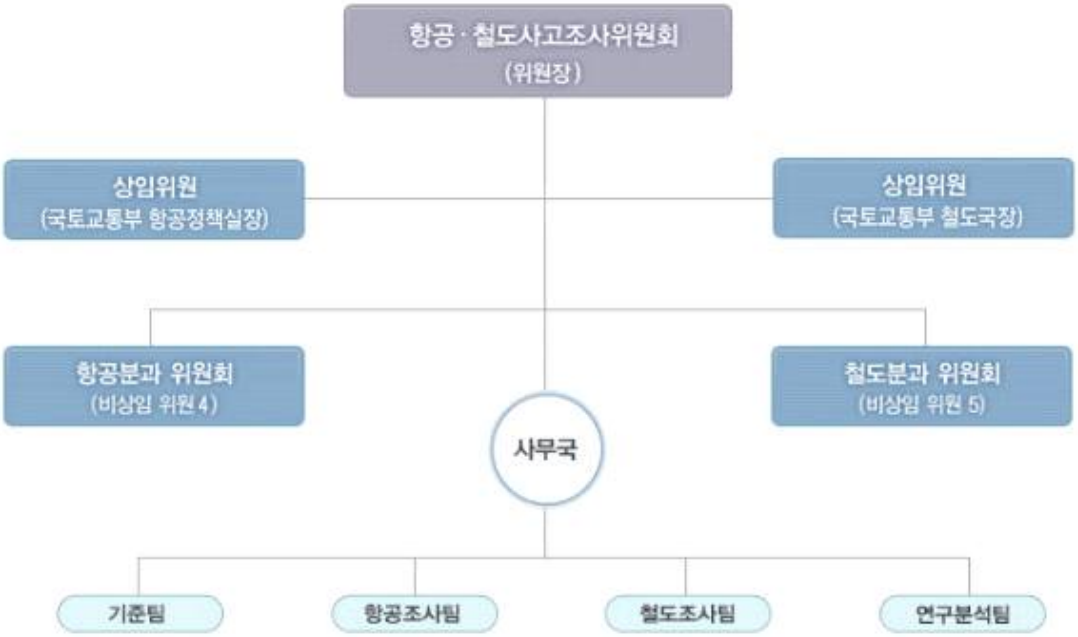


그림 29 대한민국 항공·철도 사고조사위원회 조직도

□ 항공 철도사고조사위원회 설립(2006.7)부터 최근 10년간 국내 항공사고조사 사건 수의 변동은 다음과 같음.

년도	사고조사
2006	10
2007	15
2008	14
2009	23
2010	21
2011	17
2012	16
2013	17
2014	15
2015	10
합계	158

표 17 국내 항공사고조사 현황(2006 ~ 2015)

□ 2장의 국내사고조사 현황을 살펴보면(나중에 이 내용 수정해야함), 조종과실이 50%, 정비과실이 10%, 기체결함이 20%로 나타남.

- 현재 항공사고조사관은 총 9명으로 운항조사관 3명, 정비조사관 1명, 운항관리 조사관 1명, 관제조사관 1명, 객실 및 생존분야 1명, 비행기록 장치 1명으로 이루어짐.
- 전체사고 중 조종과실이 가장 큰 원인을 차지하며 그에 따라 이와 관련된 조종, 운항관리, 관제 등 전문분야의 사고조사관의 증원이 필요함.
- 항공사고조사가 1건당 평균 450일이 걸린다는 점을 감안 했을 때 항공사고조사관 1인당 업무과중이 심할 것이라 예상되며, 이는 사고조사 기능의 약화 및 다른 관련된 기능의 수행에 차질이 우려될 수 있는 상황.

□ 사고조사의 독립성을 강조하고 있으나 여전히 철도 항공 시스템을 관장하고 있는 국토교통부 산하에 있으며, 위원장 임명과 2인의 상임위원의 선임이 국토교통부의 추천에 의하거나 국토교통부 책임자의 당연직으로 되어 있어 조사의 독립성을 보장하기 어려운 상황임.

□ 주요업무로는 항공·철도사고조사, 사고조사보고소의 작성·의결 및 공포, 사고조사결과에 따른 안전권고, 사고조사에 필요한 조사·연구, 항공사고조사관련 연구·교육기관을 지정함.

라. 사고예방조직

□ 사고 예방조직은 항공데이터 분석을 통한 안전 개선대책과 사고 요인들을 도출하여 항공업계의 안전을 도모하는 조직으로 미국과 유럽에서는 아래와 같이 조직이 출현하였으나 국내에는 존재하지 않음. 국민안전처의 특수재난실에 대형교통재난 방지를 위한 교통협업담당관이 설치되었으나 부서간 협업 관련한 지배적 권한이나 관련조직은 없음.

(1) CAST(미국 민간항공안전팀, Commercial Aviation Safety Team)

□ 항공사고예방을 위한 조직으로 1998년부터 운영하고 있으며, 항공안전조직인 FAA와 민간산업체의 협의 기구를 설립하여 정부와 항공업계의 안전 활동 촉진을

위해 국가 항공안전증진계획 수립 및 시행하는 역할을 하고 있음.

- 안전 목표 달성의 진행상황 파악을 위해 성과측정 방법과 일정 수립
- 운송용 항공기 사고율을 1998~2007년까지 80% 감축함
- 최근에는 항공사고 데이터 공유와 분석을 통해 사고발생 전에 사고를 예방하는 기관인 ASIAS(Aviation Safety Information Analysis and Sharing)과 협업함.
- 미국뿐만이 아니라 캐나다의 사고예방에도 참여함.

□ 활동성과는 아래와 같음(2014년 기준)

- 전 세계 항공사고·준사고 문제점 분석
- 다양한 전문가들의 참여(팀당 45~50명의 전문가)
- 450건 이상의 문제점 설명서 작성(사고 요인 관련)
- 900건 이상의 안전 개선 대책 제안
- 비용 대비 효과 분석



그림 30 CAST 구성도

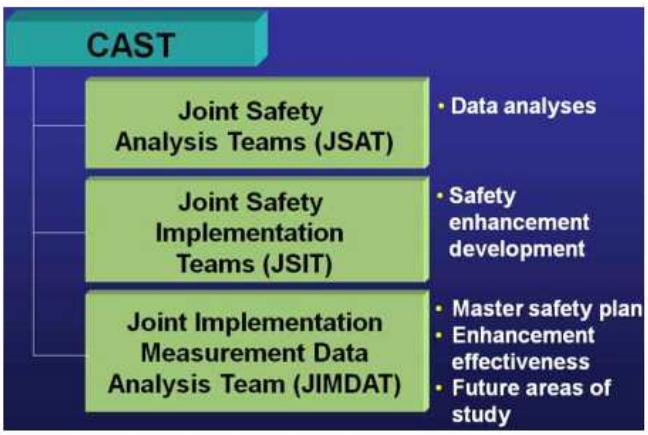


그림 31 CAST 팀 구성

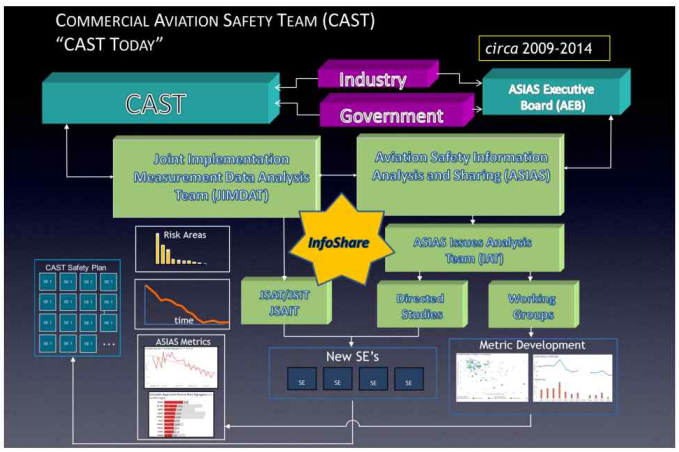


그림 32 ASIAS와의 InfoShare

(2) ECAST(유럽 민간항공안전팀, Europe Commercial Aviation Safety Team)

□ ESSI(European Strategic Safety Initiative_ 산하의 운송용 항공기 사고예방을 위한 안전활동 팀으로 2006년부터 2016년까지 유럽 항공안전 개선을 위해 10개년 프로그램을 수행하고 있음.

- 미국의 CAST와 같은 성격의 조직으로 유럽당국과 항공산업과의 협력을 통해 운송용 안전성을 높이는 것을 목적으로 설립하였으며 국가 조직과 독립적으로 운영되고 있음.
- 유럽의 사고발생 유형 중 가장 비중이 높은 지상안전, 활주로 안전 그리고 SMS 및 안전문화에 대해 우선적으로 안전 확보를 위한 정책 및 연구개발을 진행하고 있음.

2. 인적오류관리 교육훈련프로그램 및 인증제도

가. 승무원 자원 관리 훈련 기준

(1) 한국 (운항기술기준)

□ 운항기술기준 별표 8.3.4.4 초기 승무원 자원관리(Initial Crew Resource Management)는 아래와 같이 기술되어 있음.

- 국토교통부장관 또는 지방항공청장이 인가한 초기 승무원자원관리(CRM) 과정을 이수하지 못한 자는 승무원의 임무를 수행할 수 없으며, 항공기사용사업자는 이들에게 임무를 부여하지는 않음.

- 학과의 제목(Curriculum topics)은 별표 8.3.4.4에 규정함.(아래 그림 참조)

□ 운항기술기준 별표 8.3.4.13 운항승무원 정기훈련(Recurrent Training : Flight Crew)에서는 매년 승무원 자원관리 훈련을 실시하도록 기술하고 있음.

별표 8.3.4.13 운항승무원 정기훈련(Recurrent Training : Flight Crew)

가. 항공운송사업자는 운항규정에 전 운항승무원 정기훈련을 명문화하고, 운항승무원 정기훈련 프로그램을 수립하여 국토교통부장관으로부터 인가를 받아야 한다.
나. 운항승무원은 운항할 항공기 형식과 직위에 알맞은 정기훈련을 받아야 한다.
다. 항공운송사업자는 정기훈련이 적격자에 의해 실시되도록 하여야 한다.
라. 항공운송사업자는 운항승무원 정기지상훈련과정에는 최소한 다음 각 호의 내용이 포함되도록 하여야 한다.
4) 승무원자원관리(CRM)
가) 의사결정의 기법
나) 열린 의사전달의 개발
다) 조사, 지지, 주장에 관련된 훈련
라) 업무분담 관리
마) 상황파악

그림 33 별표 8.3.4.13 운항승무원 정기훈련(Recurrent Training : Flight Crew)

별표 8.3.4.4 초기 승무원자원관리(CRM) 및 운항관리사자원관리(DRM) 훈련(Initial Crew/ Dispatcher Resource Management)

가. 항공운송사업자는 모든 승무원 및 운항관리사가 자원관리(CRM & DRM) 훈련을 초기에 그리고 정기적으로 받도록 하여야 한다. 다만, 외국의 교육훈련기관에서 승무원자원관리 훈련을 이수하였을 경우에는 국토교통부장관이 인가한 승무원자원관리 훈련을 이수한 것으로 간주한다.

나. 승무원자원관리 훈련은 다음 각 호를 포함하여야 한다.

1) 승무원자원관리의 필요성과 배경
2) 정기적인 실습 및 피드백 방법
3) 지속적 보강방법

다. 초기 승무원자원관리 훈련과정은 다음 각 호의 내용을 포함하여야 한다.

1) 의사 전달 체계 및 결정 행위
2) 의사소통에 영향을 미치는 요인
3) 의사소통의 장애물
4) 경청방법
5) 의사결정 방법
6) 효과적인 결론 도출 법
7) 공개 적인 의사전달 개발
8) 조사, 옹호, 주장 훈련
9) 승무원의 자기반성
10) 갈등 해소방법
11) 적절한 팀의 구성 및 그 유지방법
12) 리더쉽 훈련
13) 대인관계
14) 업무량 관리
15) 상황 파악
16) 목표달성을 위한 방안
17) 업무량 분배
18) 산만함 방지
19) 개인적 요인
20) 스트레스 감소방안

주. 초기 운항관리사자원관리(DRM)도 위에 준한다.

그림 34 별표 8.3.4.4 초기 승무원자원관리(CRM) 및 운항관리사자원관리(DRM) 훈련

(2) 미 연방항공청 (FAA)

□ 미 연방항공청 역시 승무원 자원관리에 대한 훈련을 명시하고 있으며 CRM 훈련은 인적, 물적, 정보 등 모든 자원을 효과적으로 활용하여 비행안전을 증진시키며 CRM 훈련은 인간과 시스템의 에러에 대한 각성을 증진시키고 사람의 노력을 최소화할 수 있는 기술과 기법을 제공함.

□ 이것은 실질적인 비행관리기술 뿐만 아니라 승무원의 태도와 행동을 통해서 이루어짐. CRM 훈련은 AQP를 통해 집적되고 더 향상될 수 있음. 효과적인 CRM 훈련은 반드시 해야 하는 필수 사항이나 합격/불합격의 평가 표준은 반드시 요구되는 것만은 아님.

□ 피평가자를 위한 평가 전략은 최소한 부족한 CRM 기법이 기량 평가표준에 미달하는 한 원인이 될 수 있고 능력 저하를 야기할 수 있다는 내용을 포함하고 있음.

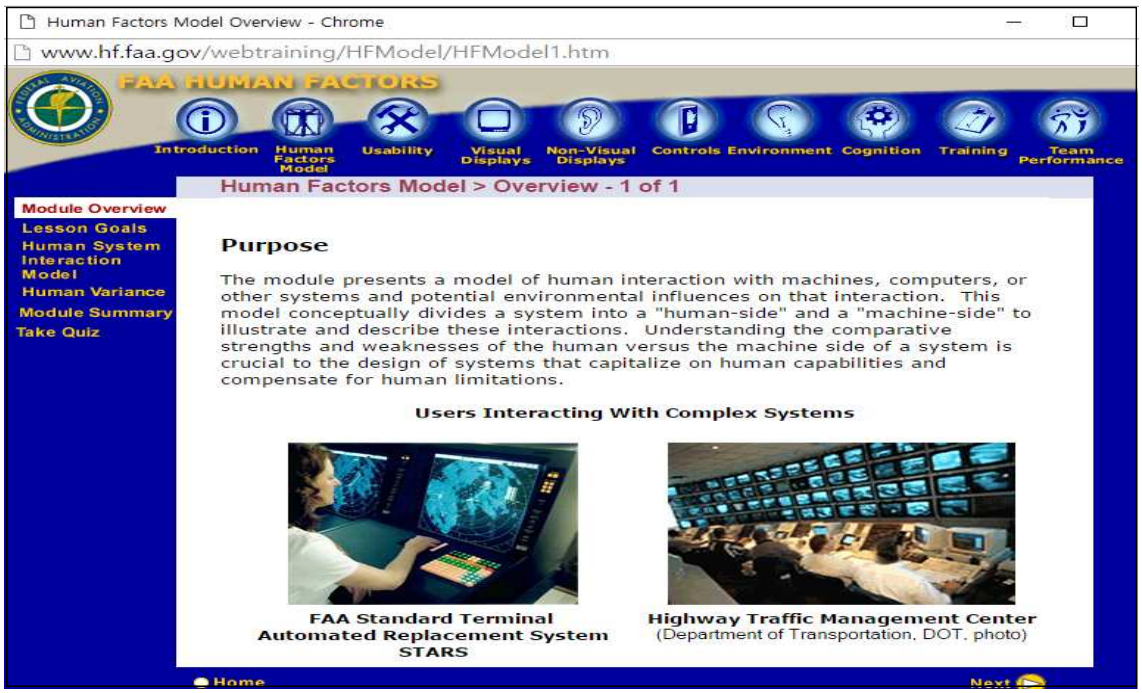


그림 35 : FAA Human Factor 홈페이지

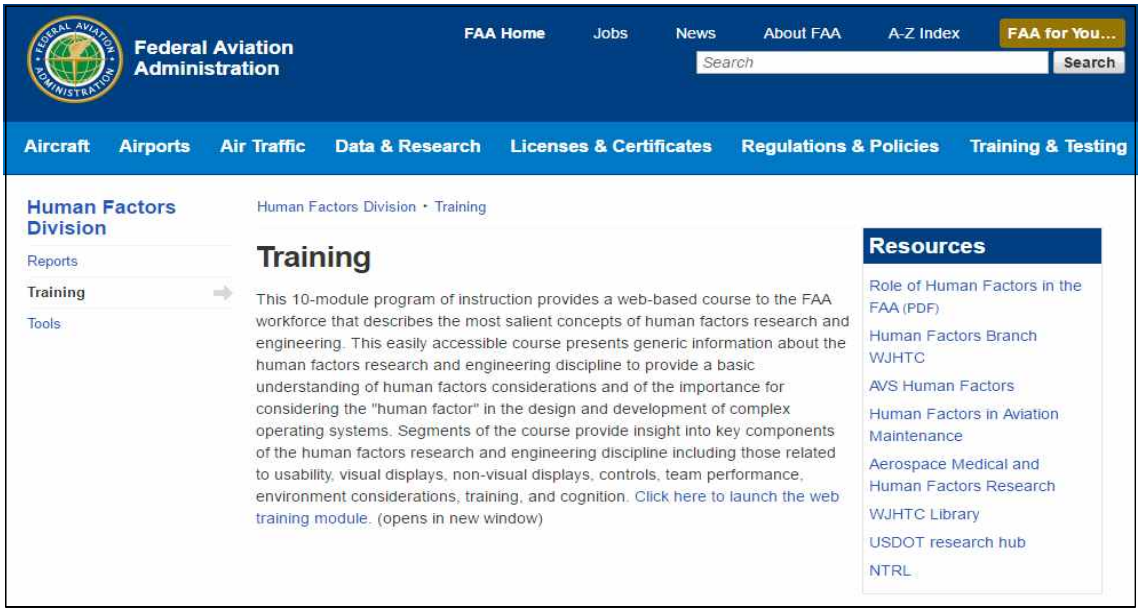


그림 36 : FAA Human Factor Division

(3) 유럽 연합과 영국 (EASA, CAA)

□ CRM과 CRM 훈련은 운항과 관련된 중요한 사항이기 때문에 CRM 규정은 운항과 관련된 JAR-OPS와 EU-OPS에 수록되어 있으며 다양한 과정의 훈련을 상세히 기술하고 있으며 Subpart N은 운항승무원에 관련된 규정을 수록하고 있음.

□ 초기 CRM 훈련은 이러한 훈련을 받아본 경험이 없는 승무원에게 제공됨.

□ 기종 CRM 훈련은 전환훈련의 일환으로 기종을 변경하였을 때 실시함.

□ 항공사 CRM 훈련은 항공사를 옮긴 승무원들에게 실시해야 하는 CRM 훈련이며 자격 변경 CRM 훈련은 승무원 자격이 변경될 때 실시하는 훈련임. 예를 들어 부기장에서 기장으로 승급하는 경우가 이에 속함.

□ 정기 CRM 훈련은 3년 주기로 초기 과정의 내용을 재 복습하도록 규정화된 법적 훈련임.

□ 운항 승무원이 되기 전 CRM 훈련을 받기 위해서는 선행 조건으로 인적요인(Human Factor)에 대한 교육을 이수해야 하며 만약 지식이 부족하다면 인적 수행 능력, 한계 등에 대한 기본적인 과정을 훈련 받아야 함. 상세한 교육 과정은

JAR-OPS 1.943과 1.945에 기술되어 있음.

□ Recurrent 훈련과 평가 (JAR-OPS 1.945)

- recurrent 훈련은 주기가 3년을 초과하지 않아야 하며 CRM 초기과정에서 다루었던 주제들을 다시 재 복습하여야 함. 스웨덴 항공사들은 이 과정을 4-8시간 훈련함.

□ 합동 CRM training (조종사와 객실 승무원)

- 조종사와 객실 승무원의 합동 CRM은 많은 이점이 있으며 평상 상황과 비상 상황을 함께 훈련하며 조종사들은 제한된 공간에서 근무하므로 여러 가지 정보를 제한적으로 받을 수밖에 없음. 따라서 엔진 화재, 객실 화재 및 비정상 상황을 합동 CRM 훈련을 통해 정보를 공유하고 협동하는 훈련을 하는 것임.

나. CRM 실패로 인한 항공사고 사례

(1) 해외 사례

□ 타이완 푸싱항공 GE222편 사고사례

○ 대만의 푸싱항공(復興航空, 트랜스아시아, TransAsia Airways)는 조종사 훈련 등에 총체적인 부실이 있어 당장 개선하지 않으면 사고 재발 가능성이 높은 것으로 나타남.

○ 대만 항공안전조사위원회(Aviation Safety Council)는 지난 2014년 6월에 발생한 푸싱항공 GE222 편 항공기 사고 조사결과를 발표한 내용 중의 하나다.

- 카오슝을 출발해 마공(Magong)섬으로 비행하던 푸싱항공 소속 ATR 72-500 항공기가 뇌우가 치는 가운데 착륙하던 중 조종사의 판단 착오로 탑승자 58명 중 48명이 사망하는 대형 사고가 발생함. 조사위원회는 사고의 여러 요인들 가운데 항공기 고도를 제대로 파악하지 못했고, 그에 따른 조종 절차를 제대로 이행하지 못한 조종사의 미숙이 사고의 가장 큰 원인이라고 밝힘.

- 조종사간 의사소통, 협조, 위협, 그리고 위험 관리 등이 총체적으로 효과적이지 않

았으며 이것이 사고의 가장 결정적인 요인이라는 것이 조사위원회의 결론.

(2) 국내 사례

□ 아시아나항공 OZ214 사고사례

○ 2013년 7월 6일 오전 11시 27분(한국 시각 7월 7일 오전 3시 27분) 아시아나항공 소속 보잉 777-28E/ER 항공기가 대한민국 인천국제공항을 출발하여 미국 샌프란시스코 국제공항에 착륙하는 도중 28L 활주로(RWY 28L) 앞의 방파제 부분에 언더캐리지(랜딩 기어)가 부딪혀서 발생한 사고.

○ 2014년 7월 미국연방교통안전위원회에서 아시아나 214편의 사고 조사 보고서를 발표. (NTSB 사고조사보고서 요약)

- 조종사들이 시계접근(Viusal approach) 중에 고도 강하를 부적절하게 하였음.

- 조종간을 잡았던 조종사가 자동 속도 조절 장치를 의도하지 않게 작동 중지시킴.

- 사고기 조종사는 활주로까지의 남은거리에 비해 항공기의 고도가 높다는 사실을 인지하지 못하고 1분당 1,000피트의 속도로 강하하던 중 더 빨리 강하해야 한다는 것을 뒤늦게 인지하고 FLCH(Flight Level CHange) SPD 버튼을 눌러 엔진 추력을 idle 상태로 만들게 됨. (FLCH SPD 변경 전 항공기는 V/S Change모드로 스로틀은 오토로 작동되고 있었음) 당시 FD(Flight director)에는 3000피트가 세팅되어 있었기 때문에 목표한 고도로의 상승을 시작하게 되며, 이에 조종사는 오토파일럿을 끄고 오토스로틀을 강제로 idle 위치로 변경함. 이 순간 오토스토를 모드가 'Speed' 모드에서 'Hold'모드로 변경(오토스로틀 작동중지) 되었지만 조종사들은 인지하지 못하였고, 결과적으로 항공기의 속도는 계속 줄어들게 되었음.

- 조종사들이 항공기 속도를 충분히 모니터링 하지 않았으며, 항공기가 정상적인 강하 경로 및 속도에서 과도하게 벗어났음을 인지한 뒤에도 복행(Go around)을 지연시킴.

- 항공기가 500피트에 도착하기 전에 목표했던 속도(137노트)에 도달 했지만 출력레

버가 아이들(IDLE)상태였기 때문에 항공기의 속도는 빠르게 줄어들고 있었고, 정상적인 강하율이 1분당 700피트 였는데 사고 당시 이보다 훨씬 높은 1분당 1,200피트로 강하하고 있었음. 약 200피트를 통과할 때 항공기의 속도가 느리며 고도가 낮다는 사실을 인지하였지만 항공기가 100피트까지 낮아질 때 까지 복행 절차를 수행하지 않음.

□ 아시아나 OZ162편 히로시마 사고사례

○ 아시아나항공 162편 착륙 사고는 2015년 4월 14일 밤 오후 8시 5분(현지시간) 아시아나항공 162편(에어버스 A320(기체기호 : HL7762) 여객기)이 일본의 히로시마 국제공항에 착륙을 위해 고도를 낮추면서 활주로 약 300m 전방에 위치한 6m 높이의 전파 발신 시설에 항공기의 기체 뒷부분이 부딪히면서 항공기가 활주로를 벗어난 사고.

- 일본 운수안전위원회가 제공한 자료에 따르면 당시 히로시마 공항의 기상은 약한 비가 내리고 약 2~3노트(knot)의 바람이 불고 있었으며 착륙 당시 시정은 약 400m 정도로 측정되었음.

- 항공기는 인천발 히로시마행 정기편으로서 히로시마 공항 착륙은 계기착륙절차(RNAV)에 따라 착륙함. 계기착륙절차는 위성항법시설을 이용해 계기를 보고 착륙하다가 지정된 높이에서 활주로를 보며 착륙하는 방식으로 이때 활주로가 보이지 않으면 다시 상승해야 함.

- 당시 항공기의 착륙과정을 살펴보면 활주로 시발점으로부터 400m 전방 4m 높이의 접근등에 최초 부딪친 후 70m 지나 6.2m 높이의 계기착륙시설에 양쪽 엔진과 랜딩기어가 부딪힘.

- 계기착륙시설에 충돌한 후 180m 지나 동체 뒷부분과 바퀴가 지면에 충돌한 흔적이 있었고 이후 활주로 시발점에서 1100m 활주 후 반시계 방향으로 180° 돌면서 녹지대에 정지함.

□ 강원소방본부 HL9461 헬기 추락사고 사례

○ 2014년 7월 17일 10시 13분 대한민국 광주광역시 광산구 장덕동에서 세월호 침몰 사고 현장 지원을 마치고 복귀하던 강원도 특수구조단 소속 유로콥터 AS365 돌핀(AS365 N3) 헬리콥터가 추락한 사고. 사고로 강원소방본부 소속 소방공무원 5명이 순직하였고, 민간인 1명이 부상.

○ 항공철도사고조사위원회는 사고 원인을 다음과 같이 발표.

- 상승 직진비행을 하는 도중 원인 미상의 이유로 우측 페달을 입력했고, 회복할 수 없는 항공기 우경사 및 급강하가 유발되어 회복하지 못하고 추락하였음.

- 조종사들은 항공기의 자세가 급격히 바뀌기 전 계기 관찰에 실패했고, 이로 인해 항공기의 우경사를 조기에 막지 못함,

- 조종사들은 계기비행 훈련요구시간을 충족하지 못해 계기비행을 할 수 없는 상태에서 계기비행을 하였으며, 강원도 소방본부의 항공구조대 지휘가 적절하지 못하였음.

다. CRM 교관 훈련 기준

(1) 국외 기준

○ EASA (European Aviation Safety Agency)

- EASA는 Acceptable Means of Compliance and Guidance Material to Part-ORO를 발간하여 CRM 교육 과목, 훈련생 및 교관에 대한 자격, CRM 평가 방법 등에 대해 상세하게 기술하고 있어 운항기술기준과 대비됨.

AMC1.1 ORO.FC.115&.215 Crew resource management (CRM) training

CRM TRAINER

The acceptable means of compliance are as set out in AMC1 ORO.FC.115&.215, except for (b)(2) of that AMC, for which the following qualifications and experience are also acceptable for a CRM trainer:

(a) a flight crew member holding a recent qualification as a CRM trainer may continue to be a CRM trainer even after the cessation of active flying duties;

(b) an experienced non-flight crew CRM trainer having a knowledge of HPL; and

(c) a former flight crew member having knowledge of HPL may become a CRM trainer if he/she maintains adequate knowledge of the operation and aircraft type and meets the provisions of AMC1 ORO.FC.115&.215, (b)(2)(i), (iv), (v) and (vi).

그림 37 : CRM Trainer (CRMI) 자격 기준

○ 영국, CAA

- Flight-crew human factors handbook (CAP 737)을 발간하여 Human Factors, CRM/TEM에 대한 상세한 내용을 기술하여 CRM 훈련에 활용하게 하고 있으며, CRM 평가 방법과 평가 지표 등에 대해 설명하고 있음.
- 또한 CRM trainer와 Examiner에 대해서도 상세하게 기술하고 있음.

SECTION B, PART 3, CHAPTER 22B

Guide to assessing a CRM ground trainer

This section is modified from the examiner guidance that was used within the UK CRM accreditation scheme (for a CRMIE when examining a CRMI). The CRMIE is referred to as the assessor, and the CRM trainer as the candidate.

This brief is to assist in the assessment of a CRM (ground) trainer in the class environment. It includes an easy to use checklist in the form of effective CRM trainer knowledge, skills and attitudes so that assessors will know what to look for.

The checklist and form are practical tools that reflect the reference material in the short guide (Chapter 22, Part C). They are designed to help the assessor make and record an assessment of the candidate's suitability to train CRM on the ground. The form is also useful for the candidate to appreciate the requirements that are being observed and assessed. They are not mandatory and an assessor is free to use his or her own company paperwork.

In the early stages of CRM training the test should also include encouragement and development of CRM teaching and assessment skills. Assessors should also bear in mind that whilst some CRM ground-school training pilots may be experienced in their role, classroom facilitation skills may still be new to them.

그림 38 : Flight-crew human factors handbook (CAA)

(2) 국내 기준

○ 메이저 항공사 1

- 교관 교육 현황 (2014 ~ 2015)

과 정 명	일자/장소	참가자 (명)
영국LMQ 교육(3일 과정)	2014./서울	CRM 교관4명
공군 항안단 사고조사 과정(2주)	2014./평택	교관 1명
영국ITS CRMI Examiner 과정(2일)	2014. /런던	교관 2명
IATA CRM Implementation 과정	2014./서울	CRM 교관 총원
사고조사과정(GO Team 보수교육,3일)	2014./서울	교관 1명
국토부 국제항공안전 세미나(2일)	2014./서울	CRM 교관 총원
미국 HFACS(보수과정, 3일)	2014./서울	교관 1명
항공대 CRM과정(5일)	2014./경기	교관 1명
AAETS 회의 참석(2일)	2015./인천	교관 1명
항공대 HF과정(5일)	2015./경기	교관 1명
JAA Human Factors/CRM in Aviation(3일)	2015./암스테르담	교관 1명
호주PACDEFF 포럼 참가(3일)	2015./브리스번	교관 1명
JAA Just Culture 과정(1일)	2015./암스테르담	교관 1명

표 18 메이저 항공사 1 교관교육현황(2010 ~ 2015)

○ 메이저 항공사 2

- 교관 교육 현황 (2010 ~ 2015)

과정명	참가자 (명)
미국 USC CRM 과정	5
항공대학교 안전교육원 CRM 과정	21
IATA CRM-TEM 과정	10
Facilitator 기본 과정	2

표 19 메이저 항공사 2 교관교육현황(2010 ~ 2015)

○ LCC 항공사 1

- 교관 교육 현황 (~ 2015)

과정명	참가자 (명)
미국 USC CRM 과정	0
항공대학교 안전교육원 CRM 과정	3
공군 CRM 과정	0

표 20 LCC 항공사 1 교관교육현황 (~ 2015)

○ LCC 항공사 2

- 교관 교육 현황 (~ 2015)

과정명	참가자 (명)
미국 USC CRM 과정	0
항공대학교 안전교육원 CRM 과정	4
공군 CRM 과정	0

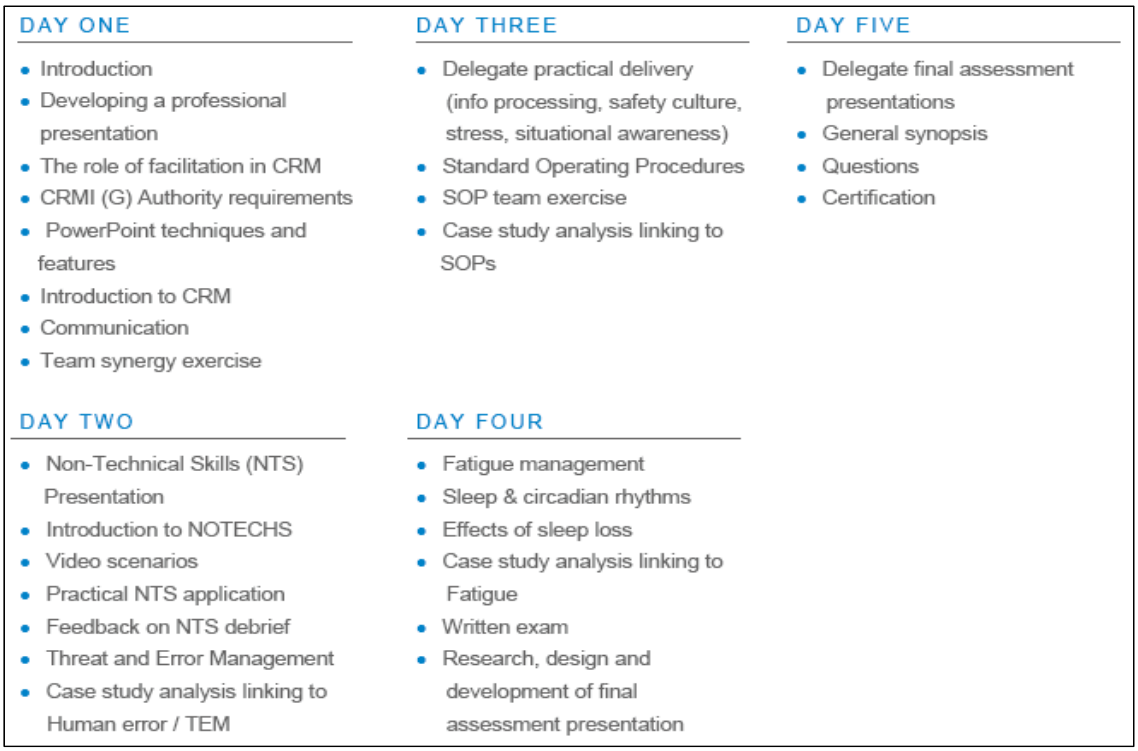
표 21 LCC 항공사 2 교관교육현황(~ 2015)

○ 현황 분석

- 국토교통부 운항기술기준에는 CRM 교관 선발 기준이 없으며 필수 교육 기준 역시 없는 상태임. 각 항공사별로 내규를 정하여 선발하고 있는 실정이며 빈번한 교체로 전문성 확보가 어려움.

- 메이저 항공사들은 교관들이 국내외 다양한 교육 과정을 이수하고 훈련 프로그램 개발을 하고 있으나 교관의 전문성이 우수하다고 할 수는 없음. 주로 초기 및 정기 CRM 교육 프로그램 개발 및 교육에 투입되고 있으며 인적 요인과 CRM에 대한 연구 여건은 좋다고 할 수 없음.

- LCC 항공사들은 인원 부족과 경영 여건으로 법적 요구량 충족 수준에 머물고 있으며 교관의 전문성이 확보되지 못해 항공사 실정에 맞는 전문적인 프로그램 개발이 어려울 것으로 판단됨.



DAY ONE
- Introduction
- Developing a professional presentation
- The role of facilitation in CRM
- CRMI (G) Authority requirements
- PowerPoint techniques and features
- Introduction to CRM
- Communication
- Team synergy exercise

DAY TWO
- Non-Technical Skills (NTS) Presentation
- Introduction to NOTECHS
- Video scenarios
- Practical NTS application
- Feedback on NTS debrief
- Threat and Error Management
- Case study analysis linking to Human error / TEM

DAY THREE
- Delegate practical delivery (info processing, safety culture, stress, situational awareness)
- Standard Operating Procedures
- SOP team exercise
- Case study analysis linking to SOPs

DAY FOUR
- Fatigue management
- Sleep & circadian rhythms
- Effects of sleep loss
- Case study analysis linking to Fatigue
- Written exam
- Research, design and development of final assessment presentation

DAY FIVE
- Delegate final assessment presentations
- General synopsis
- Questions
- Certification

그림 39 : CRMI 과정 교육 Syllabus

라. 인적요인 관리

(1) 안전관리 및 안전문화 정착

□ 과학과 기술의 발전에 따라 항공기 결함에 의한 사고는 감소하였으나, 인적요인에 의한 항공기 사고는 약 70% 이상을 차지함.

- 2000년 이후 2010년 까지 국적항공사의 운송사업 항공기는 무 사망 사고를 유지하였으나 2011년 아시아나항공 화물기의 해상추락사고, 2013년 샌프란시스코 사

고로 인하여 최근 10년간 무 사망 사고를 유지하지 못하였고 국적항공사의 사망 사고가 중단되도록 안전관리가 요구되는 중요한 시기임.

- 2005년부터 2014년까지 10년간 국내항공사고가 연평균 5.2건 발생하였으며, 사망자가 34명 부상자가 232명의 인명피해가 발생하였음.

구 분	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	계
항공기 사고	5	5	2	4	7	5	7	5	9	3	52
항공기 준사고	2	4	7	8	10	14	3	7	4	3	62
경량 및 초경량 사고	5	1	6	2	6	2	7	4	4	2	39
계	12	10	15	14	23	21	17	16	17	8	153

표 22 10년간 경량항공기 및 초경량비행장치 사고 발생현황

- ICAO는 Doc9859의 SMS 메뉴얼을 통해, 감이나 직관에 의한 안전관리가 아니라 데이터에 의한 안전관리를 하라고 명시하고 있으며, 선진 항공사들은 다양한 SMS도구를 실질적으로 사용하여 안전관리를 하고 있음. 특히 매일의 일상비행을 통한 데이터에 의한 안전관리를 하여 사고가 발생하지 않게 사전 예방적(Proactive)인 관리를 하고 있음.
- 하지만 국내 항공업계의 현실은 대부분 안전관리업무가 사전예방적인 관리보다는 사고 등에 의한 사후적인 관리를 하고 있으며 대부분의 사고가 유사한 사고들이 반복적으로 재발하고 있음.
- 항공사 및 항공관련기관에서 매일 매일 발생하는 일상비행 중의 인적요인관련 데이터에 의한 사전 예방적(Proactive)인 안전관리가 요구되고 있음.

□ 안전문화적인 측면에서의 인적요인에 대한 접근이 요구되고 있음.

- 현재 국내에서 인적요인에 의한 항공사고 및 항공안전장애 등이 지속적으로 발생하고 있어 비행안전 및 CRM개선의 한계에 봉착하고 있으며 국내의 사고 및 항공안전장애 사례에서도 복행규정 및 절차를 준수하지 않는 사례들이 발생하여, 항공종사자의 항공문화 개선이 요구 되고 있는 상황임.
- 평상시 조종사들이 조종석에서 어떠한 오류를 행하고 있는지 분석하고 있지 않기 때문에 규정과 절차를 얼마나 준수하는지를 수치화 할 수 없으며 안전준수 문화의 정도를 조직이 인지할 수 없어 안전문화가 효과적으로 개선되지 않고 있는 실태임.
- 또한 조직원의 안전문화를 정기적으로 측정하며 적극적으로 관리하는 항공사가

많지 않아, 문화 인식 조사 및 분석으로 조종실의 오류에 대한 안전문화실태 측정을 통하여 문제점 파악이나 위험도를 산정하고 오류를 발생시키는 근본원인을 도출하는 것이 요구됨.

(2) 인적오류관리

□ 10년간 인적요인으로 인한 항공사고는 64.2%로 인적요인이 연관된 사고는 지속적으로 발생하고 있는 실정으로, 경쟁이 치열한 국제항공업계에서 안전에 대한 대외신뢰도를 확보하기 위해 인적요인을 통한 적극적인 안전관리의 필요성이 증대되고 있음.

□ 조종사의 인적요인에 의한 사고를 방지하기 위하여 미국 NTSB의 권고에 따라 CRM(Crew Resource Management:승무자원관리)이 1979년에 NASA의 워크샵을 시작으로 효과가 입증되어 ICAO에 의해 전 세계의 회원국가에서 의무적으로 시행되고 있음.

□ CRM의 정의는 안전 운항과 효율적 운항을 이룩하기 위하여 모든 이용 가능한 자원을 효과적으로 사용하는 것으로, 이후 CRM은 지속적으로 발전되어 제1세대: Cockpit Resource Management, 제2세대: Crew Resource Management, 제3세대: Advanced CRM, 제4세대: Integrated CRM, 제5세대: Error Management(EM), 제6세대: Threat & Error Management(TEM)로 발전되어 왔음.
- IATA와 FAA에서는 인적요인 사고의 감소를 위한 시나리오 중심의 훈련 및 평가제도의 개념을 도입하여 항공사가 주도적으로 비행훈련을 하는 AQP(Advanced Quality Program: 향상된 자격 프로그램)와 EBT(Evidance Based Training: 증거기반훈련) 등의 훈련을 권고하고 있음.
- 4세대 CRM은 강의실에서만 CRM을 강의하지 말고 항공사에 요구되는 항목을 비행훈련에 적용을 하도록 AQP가 권고되어 있으나, 국내 항공사에는 제대로 실시가 되고 있지 않음.

□ 현재는 획일적으로 법에서 요구하는 72개의 훈련 요구 항목을 충족시키도록 법정요구량 중심의 훈련만을 실시하고 있는 실정임. 항공사의 훈련요구량은 초기세대 제트기의 전손사고에 기반하여 규정에 의해 제정되었으며, 이 요구량들을 주기

적으로 반복하여 훈련하여 왔음.

□ 조직과 학습 조종사 자신의 능력을 정확히 진단하여 조직구성원들에게 필요한 역량이 무엇이며, 얼마나 필요한지를 파악하여 맞춤형 교육훈련을 실시해 직무성과를 실질적으로 향상시켜야하는 필요성이 대두되고 있음.

- 선진 항공사들은 AQP 혹은 EBT 등을 실시하고 있음. EBT는 개개의 이벤트나 기동에서의 임무수행을 측정하는 것보다, 실제 운영자료에 기반한 훈련과 측정평가를 통하여 훈련조종사의 핵심역량범위와 그 외 조종사의 전반적 능력을 향상하는 것으로 정의됨.
- ICAO는 항공기 전손사고와 사망사고를 감소시키기 위해, 훈련을 향상하여 핵심역량을 발전시키고 측정평가 하도록 EBT를 개발하여 2013년에 EBT 매뉴얼인 ICAO간행물 규정 9995를 발간하여, 회원국들이 실행하기를 추천하고 있음.
- 그러나 국내에서는 대부분의 항공사들이 EBT를 실행하고 있지 못하는 실정.

□ 대부분 실제 비행훈련과 CRM훈련은 별개로 이루어지고 있어, 비행훈련에서 CRM의 실질적인 훈련과 적용은 대체로 이루어 지지 않는 실정.

- 형식적인 것은 선진항공사 수준이지만 실질적으로는 4세대 CRM에서 제시하는 AQP훈련은 아직 국내에 정착이 되지 않은 상태이며 EBT 또한 동일한 상황.
- ICAO와 IATA에서는 CRM을 과거의 팀워크 중심의 개념에서 6세대 CRM인 TEM에 기반하여 비행 시에 모든 CRM 대응책을 활용하여 비행하도록, 실제적인 TEM데이터를 사용하여 차세대 역량중심훈련 실시를 권고하고 있음.
- 그러나 조종석에서 조종사들이 얼마나 많은 오류를 범하고, 어떠한 오류를 일으키는지 관찰하고 측정하여 문제점들을 절차와 훈련에 반영하는 교육과 훈련이 되지 않고 있는 상황임.
- 따라서 TEM을 기반으로 하는 인적요인관리인 6세대 CRM도 대체로 이론중심으로 실시되고 있는 실정.

□ 항공사들은 CRM(승무원 자원관리)훈련, LOFT(Line Oriented Flight Training: 노선중심비행훈련) 등 조종사의 인적요인과 관련된 교육훈련을 강화하고 있으나, 비행훈련에 적용가능한 절차중심의 CRM훈련 프로그램의 개발과 표준화가 미흡한 상태.

- 현재 인적요인의 훈련은 대부분 교관 중심의 학과강의로 비행 항목에 녹여져 있지 않고 표준화되어 있지 않아서 실질적인 CRM을 훈련하기에는 제한이 있음.
- 또한 조종훈련은 모니터링과 상황인식, 브리핑, Call-Out 등의 절차중심의 훈련보다는 이착륙을 중심으로 하여 기동에 중점을 두고 훈련을 하고 있음.
- 레질리언스 공학의 관점에서는 어떤 상황이 발생하고 있으며 변화가 일어나는지 인지하기 위해서 모니터링이 매우 중요함. 또한 갑작스러운 상황을 대처하는 위기관리능력과 상황인식 능력, 의사결정능력의 훈련이 요구되나 모니터링에 대한 연구가 충분하지 않은 실정임.
- 한국의 인적요인이 항공 사고 원인에서 선진국보다 많이 발생하고 있으며, 최근 5년간 전손사고 대부분이 인적요인으로 인하여 지속적으로 발생하였으나 인적요소 교재가 부족하여 참고할 교재가 거의 없는 실정임.
- 또한 항공스포츠나 비행훈련 등의 일반항공(General Aviation)분야에서 CRM이나 SRM(단독조종사 자원관리)훈련이 거의 이루어 지지 않고 있으며, 자가용 비행기훈련 단계에서 미국처럼 인적요인을 중심으로 시나리오를 활용하여 실질적인 인적요인이 반영된 훈련 및 평가가 이루어 지지 않고 있음.
- 항공종사자 필기 및 실기 등의 자격시험에 인적요인을 독립과목 또는 항목으로 하여 강화가 요구되는 실정.

제 2 절 국내외 기술 동향

1. 국내외 인적요인 사고분석체계

□ 인적오류란 인간이 환경이나 기계, 시스템 등과의 인터페이스에 부적절하게 반응하고 이로 인하여 원하는 목표에 어긋나거나 잘못된 결과를 초래하는 행동을 말함. 즉 효율, 안전 또는 시스템 수행도를 감소시키거나 감소시킬 수 있는 부적절하거나 바람직하지 못한 인간의 결정 또는 행동을 지칭함.

- 이러한 인적오류는 인적실수와 위반으로 나누어질 수 있으며, 조종의 실패, 잘못된 자동화 모드의 사용, 비정상상황에서의 잘못된 대처, 중요한 통신 생략 등이 있음. 이들이 잘못 관리되거나 방치되었을 때 불안전한 항공기 상황이 야기됨.
- 보통 시스템에서의 인적오류는 조작자의 신뢰성 문제로만 이해되기 쉽지만 실제로는 시스템의 설계와 유지에 관여하는 사람도 오류를 범할 수 있으며, 나아가 인적자원과 업무자원을 관리하는 조직의 잘못된 결정도 사고에 기여할 수 있기에 인적오류를 조사-분석-대처할 때는 시스템 전체를 고려해야 함.
- 인적 요인의 취약점이 발견되면 이는 시스템의 개선, 직무의 재설계, 팀웍의 개선, 교육훈련의 개선 등으로 장래 사고 확률을 감소시킬 수 있음.
- 또한 승무원들이 이러한 실수 유발 요인들을 발견하고 이에 대해 적절히 대처하는 것이 중요하며, 이를 위해 적절한 오류관리제도가 필요함.

□ 인적오류의 분석과 궁극적 감소를 위해 현재까지 인적요인 사고 및 인적오류 분석 방법이 발전되고 적용되어 왔음. 현재는 과거의 인적요인 이해의 문제를 지적하고 새로운 패러다임이 필요하다는 Safety-II와 Resilience 공학의 개념이 제기되어 폭넓게 받아들여지고 있음. 이에 따라 사고분석의 체계도 중요한 변혁의 시기에 있는 것으로 판단됨.

가. 인적요인 분석체계

□ 항공사고의 역사 초기에는 항공기 자체의 기계적 결함이나 불완전성에 의한 사고율이 높았으나 이후 기술의 발전과 더불어 사건/사고의 비율이 크게 감소하였음. 이에 반해 인적오류(Human Error)에 의한 사고 비율의 감소 추세는 더딘 경향을 보이고 있으며 전 항공 분야에 걸쳐 70%이상의 비율을 차지하고 있음.

- 이처럼 항공사고에서 인적오류의 중요성은 예전부터 대두되었으며 Shappell, Wiegmann의 분류, O'Hare 분류, Senders, Moray등 많은 전문가들에 의해 연구되어옴.
- 다루어지는 인적요인 분석 방법으로는 SHELL, HFACS, TEM, TRACEr 등이 있으며 이를 통해 항공사의 운항조직, 정비, 객실, 지상직원들의 인적요인을 파악하고 대책을 마련하는 방법으로 사용되고 있음.

□ 향후 내용은 기존 항공에서의 인적요인 분석방법들과 국내 여러 산업분야에서 쓰이고 있는 인적요인 분석방법,

나. 항공 인적요인 사고분석체계

(1) SHELL (Software, Hardware, Environment, Liveware)

□ 1972년 Elwyn Edwards에 의해 처음 개발되고 이후 1984년 Frank H. Hawkins 이를 토대로 Building Block 모형인 새로운 SHELL모델을 개발함. ICAO에서 채택했던 인적요인 이론의 모태로 제시된 모델로서 승무원과 항공기 장비 사이에 상호작용관계를 종합적이고 체계적으로 표시 가능한 도표.

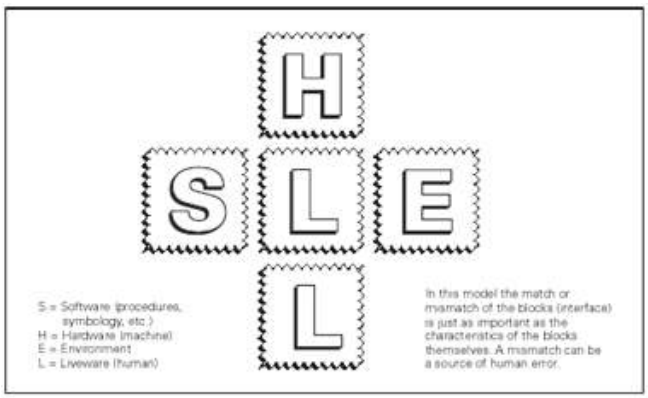


그림 40 SHELL 모델 모형

- L(Liveware) : SHELL모형에서 중앙의 L은 인간, 즉 운항 승무원을 뜻함(관제부문에서는 항공관제사, 정비부문에서는 항공정비사 등 각 부문에서 업무를 주도적으로 수행하는 사람을 의미), 모형의 아래 부분의 L도 인간을 의미하지만 업무에 직접 업무를 주도적으로 수행하는 인간(중앙의 L)과의 관계를 나타냄.

- H(Hardware) : 항공기 운항과 관련하여 승무원이 조작하는 모든 장비 장치류를 나타냄.
- S(Software) : 항공기 운항과 관련한 법규나 비행절차, Checklist, 기호, 컴퓨터 프로그램 등이 해당됨.
- E(Environment) : 주변 환경과 조종실내, 조명, 습도, 온도, 기압, 산소농도 등을 타나냄.
- 운항승무원을 중심으로 한 주변의 모든 요소들은 항공기 운항과 직접적인 관련성을 가지고 있기에 조종실 업무의 능률과 효율성, 안전성을 확보하기 위해서는 승무원과 이러한 요소들의 상호 관련성을 최적의 상태로 유지하면서 직무를 수행해야 함을 강조함.

□ 현재 사용중인 체계적인 사고 분석의 프레임으로선 가장 오랫동안 적용되었으며 인적요소를 중심으로 주변 요소들을 관련시킬 수 있도록 해 주나, 이후 조직 영향이 강화된 계층적인 스위스치즈 모형 등에 비하여 Sharp End 즉 개인작업자의 수행 내용과 직접적 환경에 국한되어 요인을 고찰하는 한계가 있음

(2) HFACS (Human Factors Analysis and Classification System)

□ Reason의 사고 인과관계 모형(Accident Causation Model)을 기반으로 만들어진 분류 체계로 2000년에 Shappel & Wiegmann에 의해 항공 분야에 적합한 형태로 만들어진 계층적 영향요인분류체계.

□ 인적 요소에 영향을 끼치는 네 가지 수준과 각 수준에 속하는 문제들을 분류하고 이를 통해 사건 발생 과정에 영향을 준 다양한 수준의 약점요인들을 규명하도록 구성됨.
- 기존 스위스 치즈 모델로 사고조사를 실시하였을 때 사고조사관들이 사건의 인과흐름에 존재하는 잠재적 실수만을 주목하도록 만드는 경향이 있어 최종적인 원인을 규명하기는 어려운 점을 해결하고자 미공군과 육군에서 NTSB와 FAA 등에서 입수한 민간 항공사고자료를 분석할 수 있는 시스템을 개발함.

- 실제 미국, 한국, 호주의 항공사고를 HFACS로 분석한 결과들을 보면 약 60~80%가 인적오류로 인한 사고임을 알 수 있음.

Occurrence Type	Frequency	Percentage
Related to Human Errors	162	61%
Not Related to Human Errors	105	39%

표 23 2006년 ~ 2010년 NTSB 267개 보고서 항공사고 유형

□ 스위스 치즈 모델의 잠재적 실수와 실제 실수를 바탕으로 오류를 다음의 4단계로 나누어 설명하고 사고와 설명하고 있음. 각각의 계층(tier)은 다시 몇 가지 범주로(category)로, 각 범주를 다시 여러 개의 하위 범주(sub-category)로 구분함.

- 불안전한 행위 : 오류(의사결정, 기술기반, 지각), 위반(습관적, 예외적)
- 불안전한 행위의 전제조건 : 환경적 요인(물리적, 기술적), 운영자의 조건(반정신상태, 반 생리적 상태, 육체적·정신적 한계), 인적관리요인(CRM, 개인의 준비)
- 불안전한 감독: 부적절한 감독, 부적절한 운영, 문제 고정 실패, 감독자 위반
- 조직의 영향 : 자원관리, 조직문화, 조직과정
- 각 분류에 대한 소분류와 자세한 내용은 부록 참고.

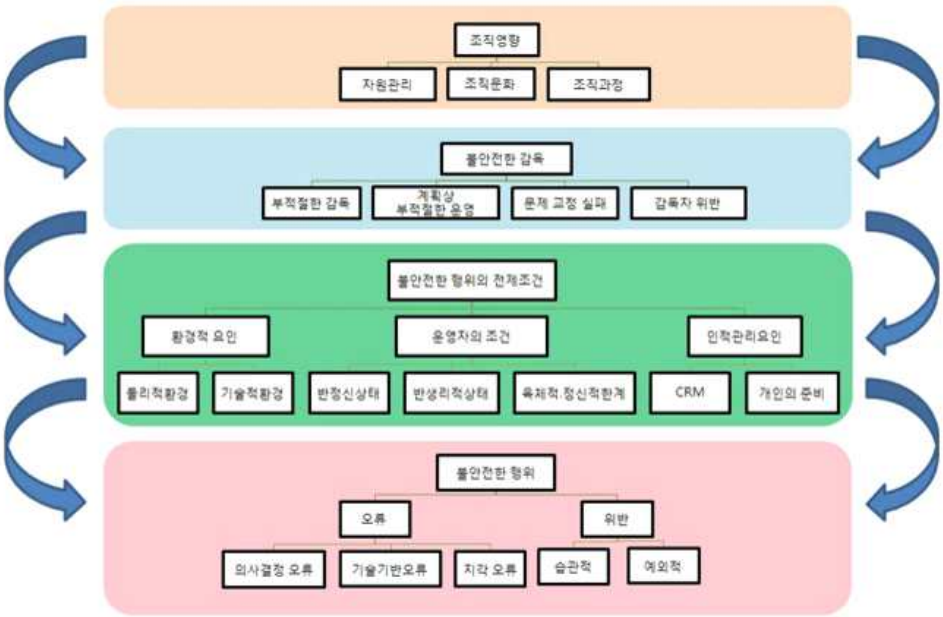


그림 41 HFACS 모델

□ HFACS로 작업자의 오류 행위에서 그것에 직접적으로 영향을 끼친 작업자의 상태 및 제약 조건, 관리/감독 행위, 조직의 의사결정 및 프로세스까지 올라가면서 오류와 원인들의 인과 관계와 사고에 대한 계층별 영향요인을 파악할 수 있음.

□ 그러나 인적요소의 인지적 원인까지는 구체적으로 고려하지 않으며, 이를 토대

로 인과적인 추적을 하는 부분은 주관적인 판단에 맡겨지는 경향이 있음. 이로 인해 시스템의 실패요소를 선택적으로 추적하는 경향이 있어 하인드사이트(Hindsight)를 배제하는 데는 미흡한 안전-1 방식의 분석체계임. 따라서 최근 복잡한 항공 시스템의 사고를 설명하는 시스템적 분석의 필요가 대두되며 개선이 요구되는 것으로 사료됨.

(3) TRACEr (Technique for the Retrospective and predictive Analysis of Cognitive Errors in Air Traffic Control)

□ European air traffic management (HERA) project 의 일환으로 NATS (National Air Traffic Services, UK)와 Shorrock & Kirwan에 의해 1999년 개발된 인적오류 분석 체계. 처음에 항공관제에 초점을 맞추어 개발되었으나, 인적오류에 대한 심리학적으로 깊이 있는 분석을 가능하게 해 주므로 항공안전 일반에 대해 사용가능함.

□ 인적 오류의 외적 형태(EEM, External Error Mode)부터 인간의 정보처리단계에 따른 내적 오류 형태(IEM, Internal Error Mode)까지의 항목들을 체계적으로 제공하고, 사람의 작업 수행에 영향을 미치는 다양한 원인요소(PSFs: Performance Shaping Factors)들을 카테고리별로 제공하며, 발생한 오류를 발견(detection)하고 복구(recovery)하는 과정에 대한 분석을 지원함.

□ 인간공학 분야의 전문가가 아닌 사람도 어렵지 않게 분석을 할 수 있도록 의사결정 흐름도(decision flowchart)를 제공하여 주어진 질문에 차례로 예/아니오로 답을 해나가면서 해당 항목을 찾을 수 있도록 되어 있는 것이 특징임.

□ TRACEr는 회고적 분석과 예측적 분석을 위한 두 가지 방법론을 포함하고 있으며 이미 발생한 인적오류에 대해 분석하는 회고적 분석의 절차는 다음과 같음.

- 분석대상 인적오류가 어떤 직무(task)와 관련된 것인지를 선정.
- 해당하는 내적 오류유형(IEM: Internal Error mode)을 선정하고, 오류가 어떤 정보와 관련된 것인지를 선정.
- 해당하는 내적 오류유형이 어떤 심리적 메커니즘(PEM. Psychological Error Mechanism)에 의해 발생한 것인지를 선정.
- 분석대상 인적오류가 발생한 사실을 누가, 언제, 어떻게 발견(detection)하고 대

응했는지를 분석함.

- 다양한 요소들(PSFs)이 분석대상 인적오류의 발생 또는 복구 과정에 영향을 미쳤는지를 결정함.

□ 항공 분야를 위해 개발한 체계지만 영국의 철도 연구기관 RSSB(Rail Safety and Standards Board)에서 철도 분야에 적합한 형태로 각색하여 철도 사고에 개입된 인적오류 분석에 사용된 적이 있음.

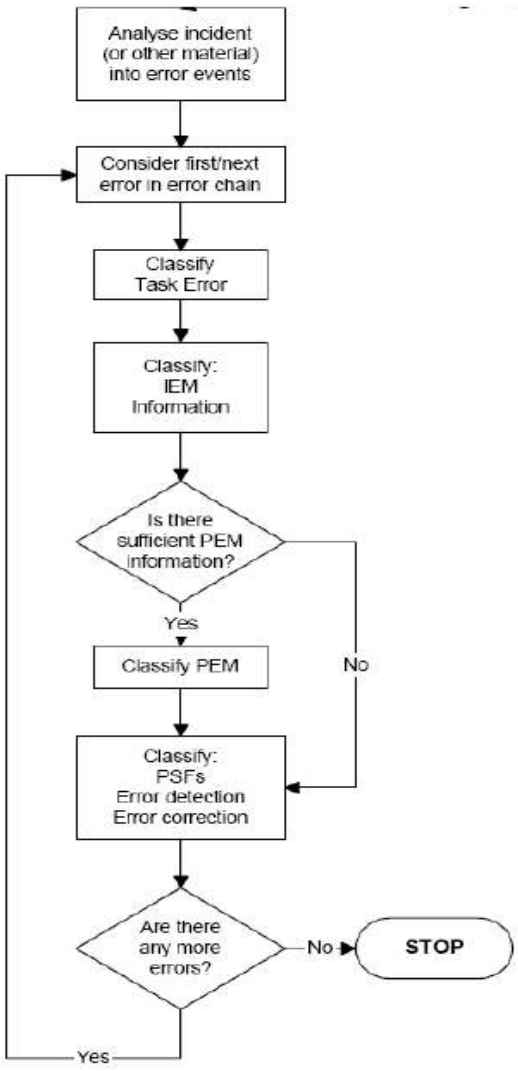


그림 42 TRACEr을 이용한 인적오류 분석절차

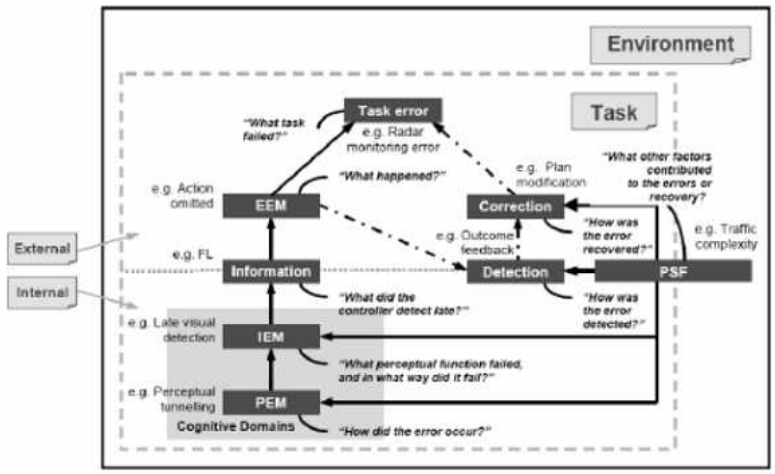


그림 43 TRACEr 분류체계 간 관계

(4) 최신 (미적용) 사고분석체계 동향

□ Safety-II 개념의 대두와 함께 시스템적 사고모형에 입각한 사고분석체계가 대두되고 있으며, 대표적으로 FRAM (Functional Resonance Accident Method, Erik Hollnagel, 2004)과 STAMP (Systems-Theoretic Accident Model and Processes, Nancy Leveson, 2004)가 있음.

□ 이 두 분석체계는 아직 현장에서 표준적으로 쓰이고 있지는 않으나 그간 해당연구 분야의 최신결과가 집약된 결과로 인정되고 있고, 또 10여년간 케이스 연구를 축적하며 상당히 체계화되어 있어 머지않아 필연적으로 실용화될 시스템들로 평가됨.

□ 이 두 체계에 대하여는 본 절 (제2절)의 2항 “레질리언스 공학과 시스템 사고분석모델”에서 자세히 다루고 있음.

다. 국내 인적요인 사고분석체계

(1) K-HPES (Korean version of Human Performance Enhancement System)

□ 미국의 INPO-HPES를 모태로 국내 실정에 맞게 개발된 방법론으로 국내 모든 원자력발전소에서 인적오류가 개입된 사고가 발생할 때 그 사고의 원인을 심층

분석하여 개발 방지 대책을 도출함.

- 2000년부터 전산시스템으로 개발된 CAS-HPES를 사용하다가 사업소 간 인적오류 보고서 등의 자료 공유의 어려움과 사용상의 불편함 등이 개선된 웹기반 K-HPES가 개발됨.
- 웹기반 K-HPES는 근본원인추적 기능이 추가되었으며 상황분석이 분석 절차상의 뒷부분에서 이루어진다는 점이 CAS-HPES와 다르며 아래 그림은 두 가지 시스템의 분석절차를 비교한 것임.

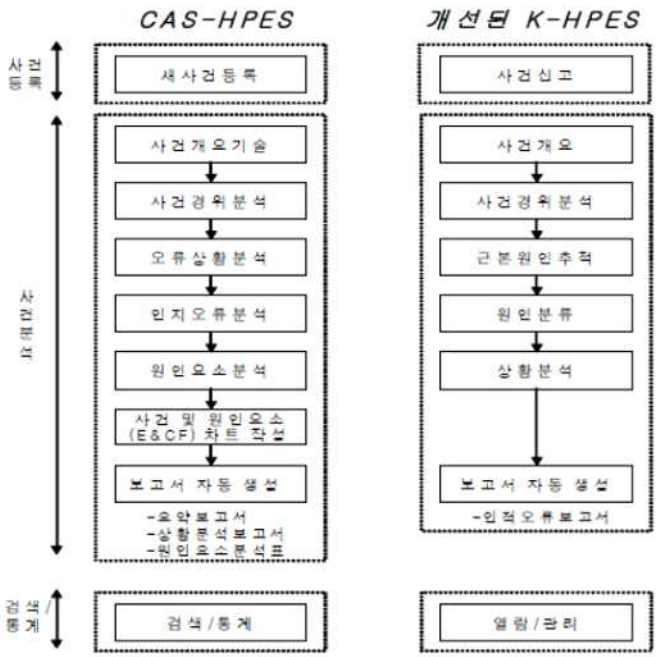


그림 44 CAS-HPES와 웹 기반 K-HPES의 분석절차 비교

□ 웹 기반 K-HPES의 각 분석 단계에 대한 세부적인 설명은 아래와 같음.

○ 사건개요 : 사건의 전반적인 기술이 이루어지며 그 항목들은 다음과 같음.

- 사건제목 - 호기 - 사건개요 - 발생계통 - 발생기기 - 직무형태	- 사건발생시간 - 사건등록일시 - 신고자 - 분석자 - 책임자 - 소장	- 사건감지장소 - 사건발견주체 - 사고 전 출력 - 사건 전 상태 - 사건 손실

표 24 웹 기반 K-HPES 사건개요 항목

○ 사건경위분석

- CAS-HPES에서 매 행마다 일시-경위내용-상태/행위 판정-오류경로 포함여부-E&CF 차트 포함여부 등을 입력해야 함.
- 하지만 인지공학적 배경지식이 충분치 않은 현업 분석자들은 이 단계 중 상태/행위 판정에서 기술된 경위가 의사결정 단계의 어느 단계에 해당되지는 판단하는 것에 대한 어려움을 해결하고자 근본원인 추적을 접목시킴.

○ 근본원인추적

- 사건경위 중 오류나 고장이 개입된 경위를 선택하여 원인을 추적하는 과정.
- 이 분석은 별도의 분석 모듈로 구성되어 있지 않으며 사건 경위분석 모듈에서 근본원인을 추적하고자 하는 경위 밑에 행으로 표시되도록 설계되어 있음.
- 원인을 나타내는 행은 사건경위는 나타내는 행과 구별하기 위해 들여쓰기를 하고 있으며 원인의 추적은 사건에 직접 영향을 미친 원인이 명목원인이 되고 명목원인에 영향을 미친 중간 원인을 찾아 꼬리에 꼬리를 물어 근본원인에 도달하게 됨.

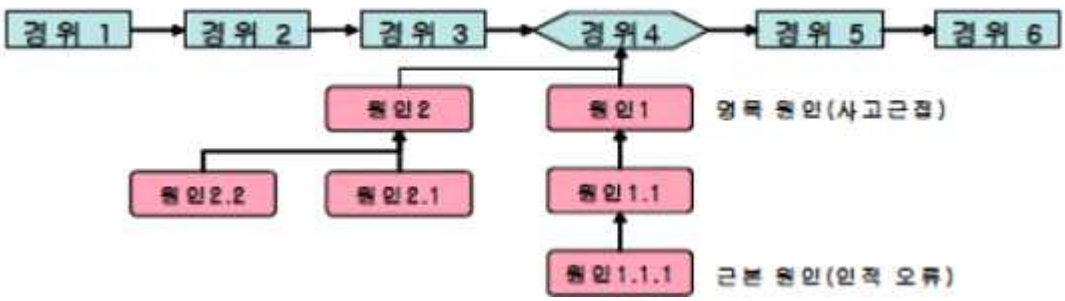


그림 45 웹 기반 K-HPES 근본원인추적

○ 원인분류

- 근본원인추적에서 발굴된 원인들 중에 일부를 선택하여 원인분류를 수행하며 사건경위분석 화면에서 분석을 위해 선택된 원인에 대한 원인분류를 위해 아래와

같은 수목도를 이용하며 수목도의 근(부모) 노드에서 잎(자식)노드까지 차례로 선택되도록 설계됨.

- 사건 분석자는 선택된 원인을 분류하면서 무너진 방지벽을 찾고 이 방지벽이 왜 작동하지 않았는지 검토하고 시정조치를 발견함.

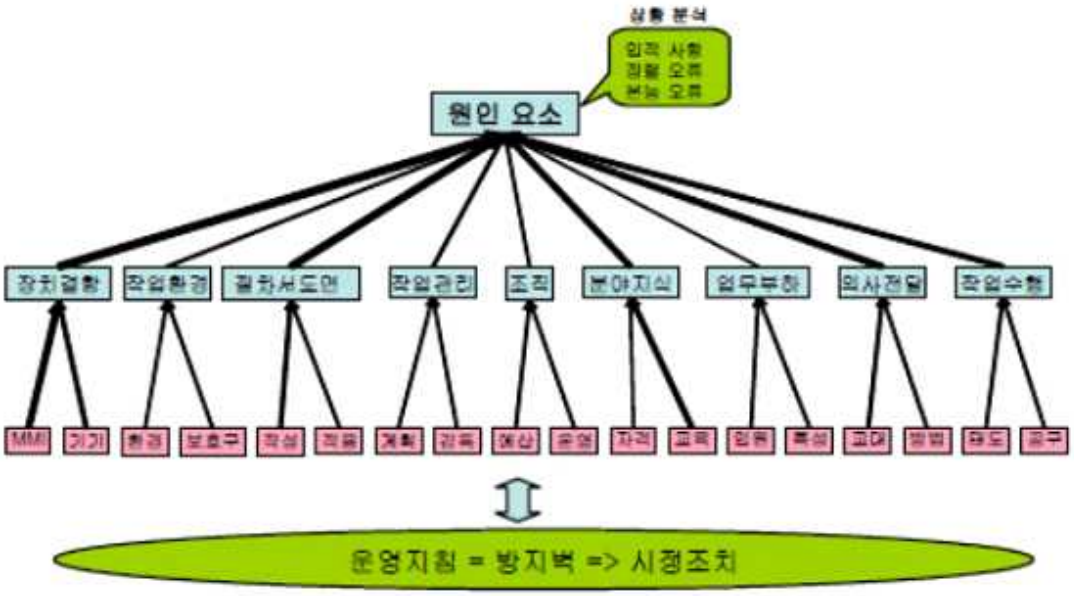


그림 46 웹 기반 K-HPES의 원인요소 분류 수목도

○ 상황분석

- 수목도에서 '원인요소'라는 뿌리 노트에 값을 입력하는 과정으로 사건경위분석 과정에서 분석을 위해 선택된 원인에 대한 값을 입력하는 과정임.

- 해당 직무 경력	- 근무 형태	- 정렬 오류
- 작업 경험	- 업무 분야	- 의사결정단계
- 소속	- 업무 수행방식	- 인적취약성

표 25 웹 기반 K-HPES 상황분석 항목

(2) HEAR(Human Error Analysis and Reduction)

□ 철도 사고 및 장애에 개입된 인적오류 행위들의 발생 경위 및 원인을 체계적으로 분석하고 유사 인적오류로 인한 사고의 재발을 방지할 수 있는 효과적인 예방대책을 마련하여 철도의 안전성을 향상시키는 시스템.

- HEAR의 적용 범위는 인적오류가 개입된 철도 사고 및 장애를 분석할 때 적용

되며 특히 현장 조사 및 분석 초기 단계에서 인적오류가 사고에 중대한 영향을 끼친 것으로 판단되면 HEAR을 적용하여 분석함.

- 이 때 분석된 인적행위에 대한 사항은 인적행위의 개선을 위한 목적 이외에 인사 및 형사 처벌과 관련된 문제 등에 사용되지는 않음.
- HEAR의 분석자는 철도 분야에서 근무 경력이 7년 이상, 일정 기간 동안 HEAR에 대한 교육 및 훈련을 받은 자를 추천함.

□ 철도 인적오류 분석방법론(HEAR)은 크게 분석 준비, 원인 분석, 예방 대책 마련, 분석결과보고의 4단계로 구성되어 있음.

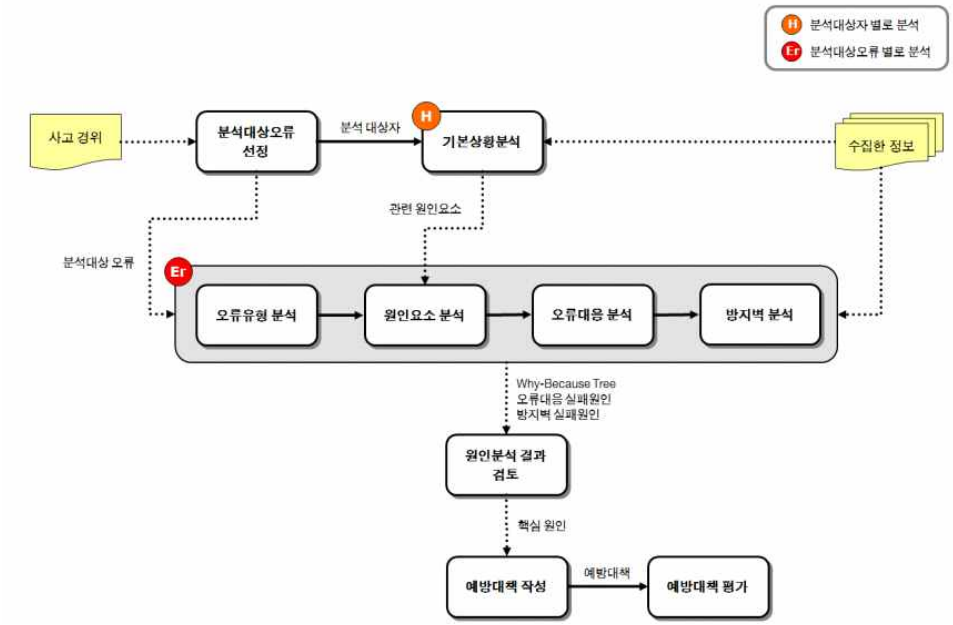


그림 47 HEAR의 분석 흐름 및 정보 흐름

□ 분석 준비 및 단계

- 사고 경위를 바탕으로 분석대상 인적오류를 선정하고, 선정된 분석대상 인적오류의 행위자들을 대상으로 '기본상황분석'을 실시하는 단계.
- 분석대상 인적오류를 선정하기 위해서 우선 현장조사를 통해 분석대상 사고 경위를 파악 하고 이를 바탕으로 원인분석이 필요한 분석대상 인적오류를 선정함.
- 아래 그림(왼쪽)은 기본상황분석을 수행하는 절차는 나타내며 선정한 분석대상 인적오류의 행위자 각각에 대해 인터뷰 및 기타조사를 통해 4가지 기본상황분석표(작업자, 직무, 작업환경, 조직)을 작성함.
- 아래 그림(오른쪽)은 '대구선 고모역 관광열차 탈선사고'의 '기본상황분석표 양

식'을 나타낸 것으로 분석자의 주관 및 선입관에 따라 하지 않고 고려해야할 다양한 요소들을 빠짐없이 고려할 수 있도록 도와줌.

- 또한 원인요소 항목들과 분석 결과과 대응이 되어 상황분석 결과가 원인분석에서 사고의 원인을 결정하는데 활용됨.



그림 48 기본상황분석 절차

조직 관련 상황분석표

항 목	내 용	사고와의 연관성					관련 원인요소	비 고

그림 49 기본상황분석표 예시

□ 원인분석 단계

○ '오류유형분석', '원인요소분석', '오류대응분석', '방지벽 분석', '원인분석결과 검토'의 세부 절차로 이루어지며 분석대상 인적오류들 각각에 대해 수집된 정보들을 활용하여 오류의 유형 및 원인 요소, 발생한 오류에 대한 대응과정, 실패한 방지벽과 실패 원인 등을 파악하여 사고 발생의 핵심적인 원인을 밝혀냄.

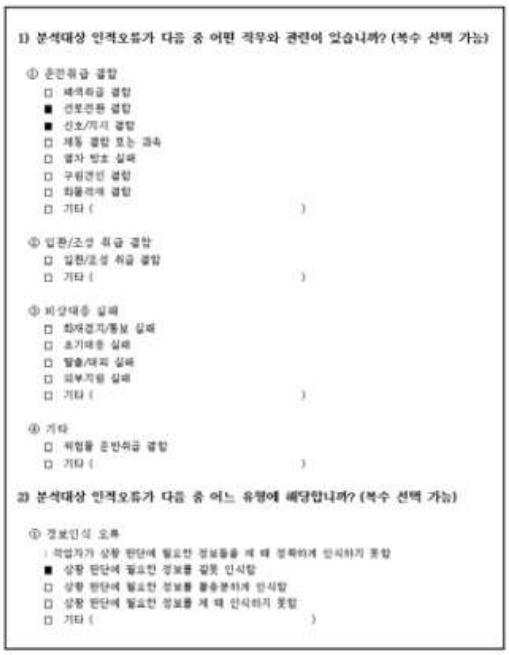
○ 오류 유형 분석

- 분석대상으로 선정된 오류의 유형을 파악하여 그 유형과 관련된 원인요소들을 고려하여 오류의 발생 원인을 찾을 수 있도록 하는 분석.

- 아래그림(왼쪽)은 오류 유형 분석 절차를 나타내며 그림(오른쪽)은 오류원인 분석표에 선정된 분석대상 인적오류에 대한 기본 정보를 기록하고 해당 인적오류에 대한 오류유형을 파악하는데 사용됨.



그림 50 오류유형 분석 절차


1) 분석대상 인적오류가 다음 중 어떤 직무와 관련이 있습니까? (복수 선택 가능)

① 운전취급 결함
□ 제어취급 결함
■ 선로전환 결함
■ 신호/지시 결함
□ 제동 결함 또는 고속
□ 열차 방호 실패
□ 구원연신 결함
□ 화물적재 결함
□ 기타 ( )

② 입환/조성 취급 결함
□ 입환/조성 취급 결함
□ 기타 ( )

③ 비상대응 실패
□ 화재경지/통보 실패
□ 초기대응 실패
□ 탈출/대피 실패
□ 피부지원 실패
□ 기타 ( )

④ 기타
□ 위험물 운반취급 결함
□ 기타 ( )

2) 분석대상 인적오류가 다음 중 어느 유형에 해당합니까? (복수 선택 가능)

① 정보인식 오류
: 작업자가 상황 판단에 필요한 정보들을 제 때 정확하게 인식하지 못함
■ 상황 판단에 필요한 정보를 잘못 인식함
□ 상황 판단에 필요한 정보를 불충분하게 인식함
□ 상황 판단에 필요한 정보를 제 때 인식하지 못함
□ 기타 ( )

그림 51 오류유형 분석표 예시

○원인요소 분석

- 분석대상으로 선정된 인적오류 각각에 대해 기본상황 분석, 오류유형 분석, 원인요소 분석표를 활용하여 인적오류의 원인요소들과 원인요소 간의 인과관계를 파악하는 데 목적이 있음.
- 아래 그림(왼쪽)은 원인요소 분석 단계의 절차를 나타내며 주어진 13개의 카테고리로 구성된 분석표의 항목들 중 분석대상 인적오류의 발생에 영향을 끼쳤다고 판단되는 것들을 체크하고 기본 상황분석 단계에서 사고에 영향을 끼친 요인들을 참조하여 사고와의 연관성이 높다고 평가된 요인들의 관련 원인요소들을 후보 원인요소로 고려하여 'Why-Because Tree'를 작성함.
- 아래 그림(오른쪽)은 '대구선 고모역 관광열차 탈선사고'의 Why-Because Tree를 나타내는 것으로 '1차 요인'은 '원인요소분석표'의 사고와 관련 있다고 체크된 원인요소를 의미하며 '2차 요인'은 '1차 요인'으로 선정된 원인요소의 관련 요인으로 판단되는 것들을 의미함.

_ 이러한 방법으로 근본 원인이 나타날 때까지 '3차 요인', '4차 요인'을 찾아서 기록하며 이를 통해 HEAR은 각각의 분석 대상 인적오류들의 직접적인 원인 뿐 아니라 심층의 조직적인 원인들까지 파악할 수 있음.

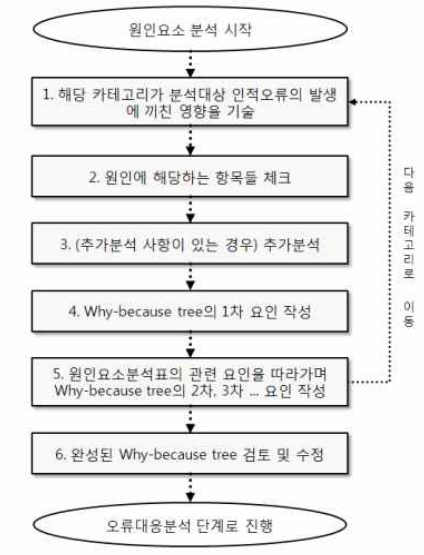


그림 52 원인요소 분석 절차

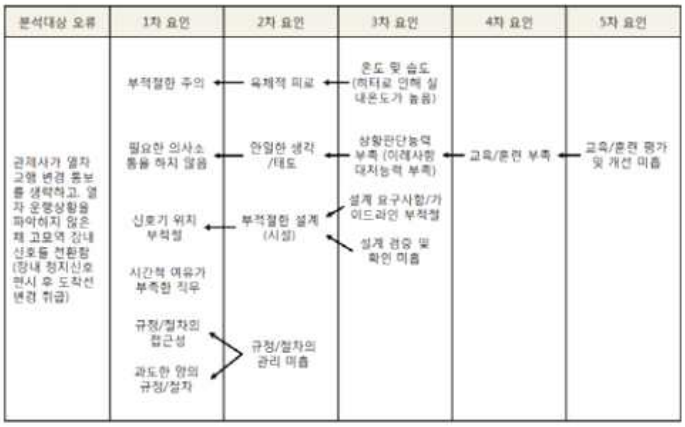


그림 53 Why-Because Tree 예시

○ 오류대응 분석

- 분석대상으로 선정된 인적오류가 규정 및 절차를 고의적으로 위반한 행위가 아닌 경우와 위반 행위와 무관한 다른 업무종사자가 위반 행위를 발견한 경우에 수행함.

- '오류대응 분석표' 상에서 분석대상 인적오류의 발생 사실을 인지한 사고 관계자, 인지 시각, 인지하게 된 방법, 인적오류의 발견에 긍정적인 영향 또는 부정적인 영향을 미친 요소들을 평가하여 기록하고 추가적으로 분석대상 인적오류가 발생한 사실을 인지한 사람이 있는 경우에는 발생한 분석대상 인적오류에 대해 대응한 사고 관계자들, 대응시각, 대응 방법, 분서개상 인적오류에 대한 대응에 긍정적인 영향 또는 부정적인 영향을 미친 요소들을 구체적으로 작성하는 단계.

- 아래 그림(오른쪽)은 '대구선 고모역 관광열차 탈선사고'의 '오류대응 분석표'를 작성한 것으로 이 사고의 경우 관제사, 고모역 운전취급자, 4513열차의 기관사가 각각 인적오류의 발생 사실을 인지하였으며 '고모역 운전취급자'의 경우 '의사소통(기관사와 통화)'을 통하여 '선로전환기의 불일치를 확인'하는 시점에 인적오류가 발생했음을 인지하였음.

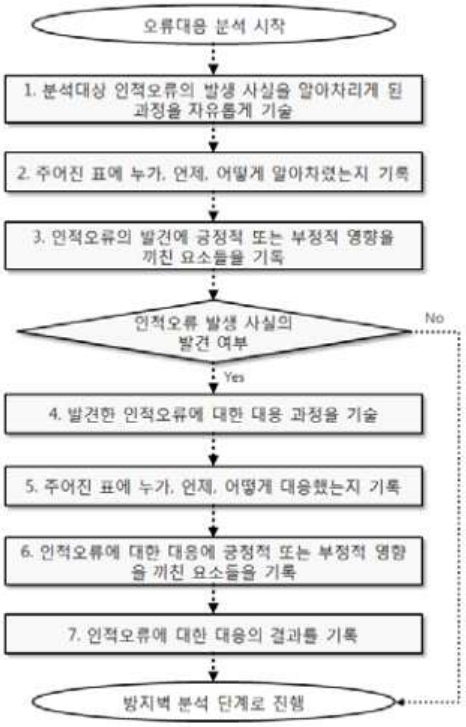
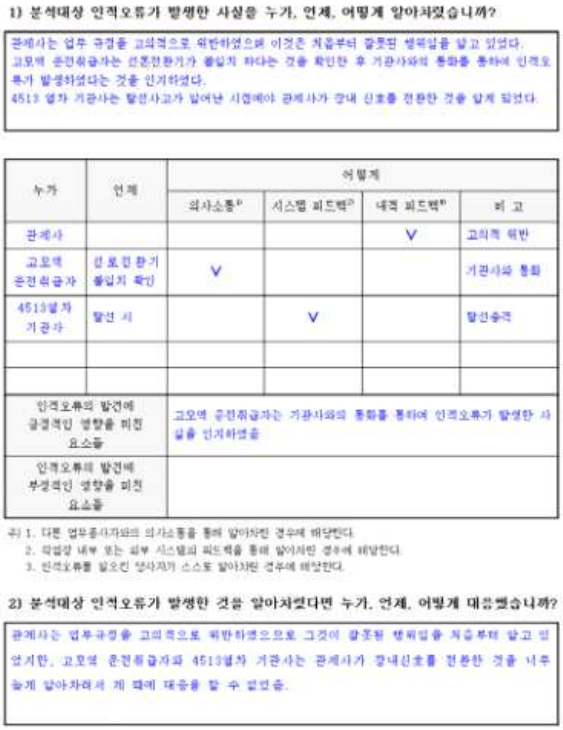


그림 54 오류대응 분석 절차


1) 분석대상 인적오류가 발생한 사실을 누가, 언제, 어떻게 알아차렸습니까?

관제사는 업무 규정을 고의적으로 위반하였으며 이것은 처음부터 잘못된 행위임을 알고 있었다.
고모역 운전취급자는 신호전환기가 좋십지 하다는 것을 확인한 후 기관사와의 통화를 통하여 인적오류가 발생하였다는 것을 인지하였다.
4513 열차 기관사는 탈선사고가 일어난 시점에야 관제사가 장내 신호를 전환한 것을 알게 되었다.

누가	언제	어떻게			
		의사소통[1]	시스템 피드백[2]	내적 피드백[3]	비 고
관제사				V	고의적 위반
고모역 운전취급자	신호전환기 좋십지 확인	V			기관사와 통화
4513열차 기관사	탈선 시		V		탈선충격
인적오류의 발견에 긍정적인 영향을 미친 요소들		고모역 운전취급자는 기관사와의 통화를 통하여 인적오류가 발생한 사실을 인지하였음			
인적오류의 발견에 부정적인 영향을 미친 요소들					

주) 1. 다른 업무종사자와의 의사소통을 통해 알아차린 경우에 해당한다.
2. 작업상 내부 또는 외부 시스템의 피드백을 통해 알아차린 경우에 해당한다.
3. 인적오류를 일으킨 당사자가 스스로 알아차린 경우에 해당한다.

2) 분석대상 인적오류가 발생한 것을 알아차렸다면 누가, 언제, 어떻게 대응했습니까?

관제사는 업무규정을 고의적으로 위반하였으므로 그것이 잘못된 행위임을 처음부터 알고 있었지만, 고모역 운전취급자와 4513열차 기관사는 관제사가 장내신호를 전환한 것을 너무 늦게 알아차려서 제 때에 대응을 할 수 없었음.

그림 55 오류대응 분석표 예시

○ 방지벽 분석

- 인적오류를 야기한 원인 요소들과 인적오류의 발생이 사고로까지 발전하는 것을 막기 위해 어떤 방지벽들이 필요했고, 미리 설계된 방지벽들이 왜 무너졌는지를 분석하여 사건 재발을 방지하기 위한 효과적인 예방 대책을 도출하도록 돕는 것을 목적으로 함.

- 방지벽은 실제로 존재하는 것 뿐만이 아니라 존재한다면 분석대상 인적오류의 발생을 막을 수 있었을 방지벽들도 포함됨.

- '방지벽 분석표'를 활용하여 분석대상 인적오류가 발생하지 않도록 막을 수 있었던 '물리적 방지벽'들과 '행정/절차적 방지벽'을 팡가하여 기록하고 각각의 방지벽들에 대하여 주어진 '실패 유형'(정상 작동, 누락, 결함 등)을 선택하며 이 중 '적상 작동'외의 것이 선택된 경우에는 실패의 원인까지 파악하여 자세히 기록.

- 아래그림(오른쪽)은 '대구선 고모역 관광열차 탈선사고'에 대한 '방지벽 분석표'의 일부를 나타낸 것으로 '신호 변경 전 확인절차'라는 행정/절차적 방지벽이 존재하였으나 '관제사의 안일한 생각/태도, 상황판단능력 부족. 교육/훈련의 부족' 등에 의한 작업 오류로 인해 방지벽이 무너졌다는 사실을 알 수 있음.

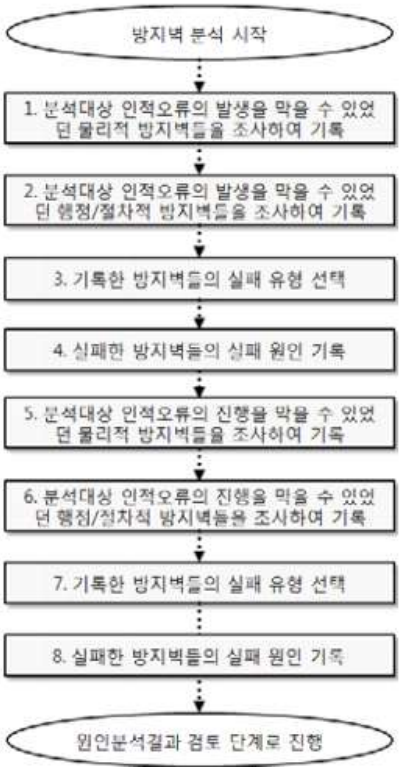


그림 56 방지벽 분석 절차

1) 분석대상 인적오류가 발생하지 않도록 막을 수 있었던 방지벽들은 없었습니까?

구 분	종 류	실패 유형[1]	실패 원인
물리적 방지벽	신호 확인거리	누락	신호기 위치 부적절 부적절한 설계
	열차자동정지장치(ATS)	정상 작동	관제사가 정보를 주지 않음
	기관사의 비상제동 체결	작업 오류	당황하여 상용제동을 체결
행정/절차적 방지벽	신호변경 전 확인절차 (기관사에게 사전 통보, 운행구간 확인 등)	작업오류	관제사의 안일한 생각/태도 관제사의 상황판단능력 부족 교육/훈련의 부족
	신호 확인 절차	작업오류	비상제동 취급 소홀

주) 1. '실패 유형'은 다음 중 한 가지를 선택하여 기입한다.
① 정상 작동 (사고 당시 해당 방지벽이 제대로 작동함)
② 누락 (사고 당시 해당 방지벽이 존재하지 않음)
③ 결함 (사고 당시 해당 방지벽이 제대로 작동하지 않음)

그림 57 방지벽 분석표 예시

○ 원인분석 결과 검토

- 분석자가 함께 모여 원인분석의 결과를 검토하여 분석의 결론을 도출하고 분석대상 인적오류의 핵심적인 인적 원인요소(근본원인)들이 무엇인지를 결정하여 이러한 인적오류의 원인에 대한 예방대책을 세울 수 있도록 하는 데 목적이 있음.

□ 예방대책 마련 단계

- 원인분석 단계에서 분석된 실패한 방지벽 및 실패원인을 제거 및 예방 할 수 있는 대책을 제시함.
- '예방대책 작성'과 '예방대책 평가'의 세부 절차로 이루어짐.
- '예방대책 작성 단계'에서는 주어진 '예방대책 작성 양식'을 활용하여 '핵심 원인'을 기록하고 각각에 대한 구체적인 '예방 대책'을 작성함.
- '예방대책 평가 단계'에서는 작성된 예방대책들이 타당한지를 평가하여 더 적합한 예방대책으로 만들며 이 과정에서 평가 결과가 타당하지 않을 경우 분석 팀과 관계자들 간의 논의를 거쳐 수정이 이루어짐.
- 아래 그림은 '대구선 고모역 관광열차 탈선사고'의 예방대책 작성양식의 일부이

며 ‘원인분석 단계’에서 분석한 관제사의 인적오류에 의해 실패한 ‘행정/절차적 방지벽’을 강화하기 위한 ‘작업자 교육훈련 및 평가’ 방안으로는 ‘1) 사고발생 직후 운전취급부주의 사고 예방을 위한 특별 안전교육 시행, 2) 관제사 자질평가(연1회), 시행 3) 기관사 교육훈련 강화’라는 예방대책을 작성함.

예방대책 작성양식

대분류	중분류	해당 여부	예 방 대 책	비고[1]
물리적 시스템 개선	안전/방호설비 개선		장내신호기 접근해정 구간 짧은 개소 (12개소) 보완 (접근해정 구간 연장)	
	신호/제어설비 개선		1) 신호 설비를 자동제어 방식으로 개선 2) 신호 설비 문제점 개선 (동대구역 연동장치 개선)	
행정/절차적 제도 개선	작업자 교육훈련 및 평가		1) 사고발생 직후 운전취급부주의 사고 예방을 위한 특별 안전교육 시행 2) 관제사 자질평가(연1회) 시행 3) 기관사 교육훈련 강화	
	의사소통 및 지침 전달			
	업무분석 및 조정			
	기타			

주) 1. ‘비고’ 란에는 작성된 예방대책에 대한 평가 결과 및 실행 여부 등을 기록한다.
2. MMI(Man-Machine Interface) : 작업자와 작업에 사용되는 기계 간 인터페이스를 의미한다. 작업장내 디스플레이, 소프트웨어, 버튼, 레버, 스위치, 인식표

그림 58 예방대책 작성 예시

□ 분석결과 보고 단계

- 앞 단계까지의 모든 분석내용 및 결론을 보고양식에 맞게 정리하여 해당 기관 및 책임자에게 그 내용을 보고하는 단계.
- ‘보고서 작성 단계’와 ‘결과 보고 단계’로 이루어짐.
- ‘분석 결과 보고서’는 분석 결과들을 토대로 육하원칙에 따라 사고에 대한 개요 및 사고의 발생으로 인한 결과(인적/물적 피해 등)를 기술하고 ‘분석 준비 단계’에서 작성한 ‘기본 상황분석 양식’과 추가적으로 수집한 정보 등을 참조하여 분석대상자별로 특이사항을 기록함.
- ‘오류 유형 분석 단계’와 ‘원인요소 분석단계’의 결과를 토대로 분석대상 인적오류별로 오류의 내용 및 유형을 기록하고 ‘원인분석결과 검토 단계’에서 도출된 인적오류의 핵심원인을 기술한 후 ‘예방 대책 마련 단계’에서 도출된 예방대책을 기술함.

2. 레질리언스 공학과 시스템 사고 분석 모델

□ 많은 사람들이 알고 있는 안전이라는 것은 시스템을 비정상적으로 혹은 위험하게 만드는 영향 요인들을 최대한 줄이는 것을 뜻하며 이를 '안전-1'이라 명명함. 저명한 안전 학자 중 한명인 Hollnagel은 이를 'Avoiding that things go wrong' 이라 표현하며 안전-1 관점에서의 안전 관리(Safety Management)는 시스템 내 요소의 오류나 과실을 제거하거나 방지할 수 있어야 안전이 유지될 수 있다고 해석함.

- 1930년대에 기술 중심의 시스템에서는 기술의 불완전성으로 인하여 발생하는 오작동의 영향력이 이미 디자인된 시스템 내 기술 요소들 사이로 전파되었고 이에 대한 결과로 시스템의 안전이 유지되지 않았기에 안전-1개념이 유의하였음.
- 그 후 1960년대에 들어서 기술의 발전으로 기술요소가 거의 오작동을 하지 않게 되자 시스템 사고의 원인이 주로 인적 요소로 인한 것임을 알게 됨.
- 따라서 80년대에 안전 1-개념은 시스템에서 발생한 사고를 중심으로 잘못된 요인들을 찾고 요인간의 상호작용을 고려하여 실패로 인하여 발생한 악영향이 시스템 내에 전파되지 않도록 하는 방어벽을 고안하여 안전을 도모함.

□ 도미노 모델과 스위스 치즈 모델은 최초 원인으로부터 촉발된 인과관계의 사슬이 사고로 끝내 이어진다고 선형적 분석을 바탕으로 이루어지기에 안전-1 개념을 연상시키는 대표적 모델로 자리 잡았지만 시스템 요소간의 상호작용이 복잡해지고 비선형적 시스템으로 변화하였으며 환경의 변화 또한 예측하기가 힘들어지자 이러한 모델들은 충분한 설명력을 가지지 못하게 됨.

- 또한 시스템의 발전으로 사고 발생 횟수 자체가 줄어들면서 사고 분석을 통해 안전을 향상시켰던 안전-1 개념으로는 시스템 안전 강화의 기회가 줄어들게 되었고 이를 해결하고자 새로운 안전 개념인 안전-2개념이 대두됨.

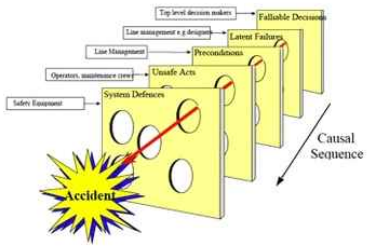


그림 59 스위스치즈 모델

가. 안전-2 (Safety-2)

□ 미국의 TMI 원전사고(1979년)을 연구해 '정상사고'라는 저명 저술을 펴낸 페로우(C.Perrow)는 현대의 복잡한 사회기술적 시스템에서는 사고가 항상 내재되어 있으며 시스템 내 요소들이 모두 정상적으로 작동하는 것처럼 보여도 요소 간의 복잡한 상호작용에 의해서 언제든지 예측할 수 없는 사고가 발생할 수 있다고 언급함. 이는 안전-1 의 관점의 설명으로는 부족하며 복잡한 시스템에 대한 대안적 접근이 필요함을 암시하였음.

- 안전-1의 관점에서는 기능의 수행 결과에 대해 성공과 실패로 나누지만 시스템 내 기능에 대해서, 특히 인적 요소의 기능 실패와 기능 성공을 나누는 행위는 사고 발생 후의 관점(Hindsight)의 분석임.
- 안전-2 관점에서는 성공과 실패로 나누는 이분법적인 관점에서 벗어나 시스템 내 각 기능이 성능 변동성(Performance Variability)을 가지고 있다고 판단함.
- 시스템을 환경에 적응시키는데 핵심적인 역할을 인적 요소가 맡고 있기에 시스템 안전 유지를 위한 인적 요소의 변동성을 시스템 성공의 범위 안에 포함시키는 것에 초점을 맞춤.
- 따라서 안전-2 개념의 연구들은 시스템에 발생한 사고 뿐만 아니라 정상 작동하고 있는 복잡한 사회기술적 시스템들도 연구 대상으로 삼으며 사고 불생 후에 안전을 위한 개선 및 대안을 제시하는 것에서 더 나아가 지속적으로 시스템을 관찰하고 점검하면서 시스템의 성공 메커니즘을 강화할 수 있는 방법을 고안함.
- 이는 시스템에서 발생하는 사고의 수가 계속 줄어듦에 따라 시스템 안전을 강화할 수 있는 기회 또한 줄어드는 문제점에 대해 안전-2 개념이 해결책이 될 수 있음을 보임.
- 또한 안전-2 개념에서 시스템을 분석하는 경우에는 시스템을 분해시켜서 분석하는 것이 아닌 시스템 전체를 대상으로 분석을 시행하며 복잡한 사회기술적 시스템에서 중요한 요소들간의 상호작용성 분석과 일맥상통함.

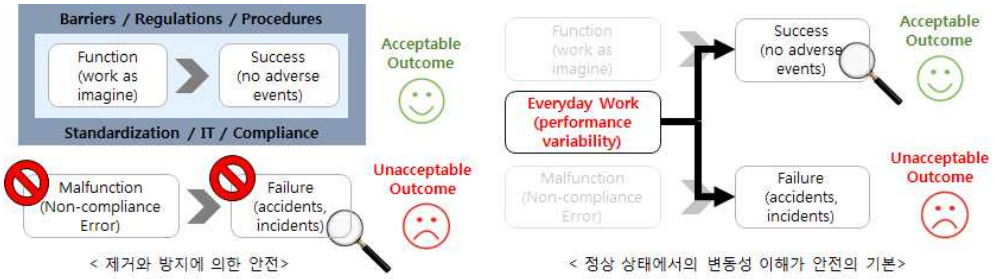


그림 60 안전-1 패러다임과 안전-2 패러다임

□ 이러한 안전-2로의 관점 변화는 사고를 분석할 때 '잘못될 것'들을 찾아 사고를 설명하는 방식에서 벗어나야 함을 말하고 있으며 사고 후의 상황보다는 평상시의 시스템 각웹 기반 K-HPES 상황분석 항목 요소들의 변동성이 어떻게 통제되고 상호 작용되어 전체 시스템을 안전 상태로 유지할 수 있었는지를 분석하는 것의 중요성을 내포함.

- 사고나 실패에 관계없이 시스템의 모든 요소의 변동성과 그 상호관계를 분석하게 됨으로써 사고 데이터 부족의 문제에서 벗어날뿐더러 특정 요소의 잘못이나 실패의 규명에서 분석이 끝나는 것이 아니라 시스템 전체의 관점에서 각 요소의 변동성을 어떻게 제어하고 관리할지에 대한 시스템적 관점으로 확장이 가능함.

□ 또한 안전-2의 개념에서 시스템의 레질리언스 공학(회복탄력성 또는 적응성)을 가장 중요한 개념으로 보고 있으며 이를 강화하기 위한 조직적 문제, 문화적 문제에 대해 초점을 기울이고 있음.

나. 레질리언스 공학 (Resilience Engineering)

□ 다양한 사회적 요구의 기술의 발전으로 인하여 다양한 주체들과 그 주체들 간의 상호작용에 바탕을 둔 오늘날의 복잡한 시스템은 단순 선형 관계 바탕의 분석 방법으로는 시스템을 충분히 설명하지 못함.

- 특히 시스템 내부 요소들간의 상호의존성으로 인해 복잡한 시스템 내부에서는 예기치 않은 사건/사고가 발생하며 이러한 사고들은 최초의 원인을 밝혀 해결하는 것만으로는 시스템 사고를 해결할 수 없으며 현대의 복잡한 항공 시스템에서도 피할 수 없는 것으로 여겨짐.
- 따라서 정상 작동을 유지시키기 위해 시스템이 환경의 변화에 유연하게 대처하

는 기능이 시스템 안전의 핵심이 되었고 이러한 안전 상태의 유지능력을 시스템의 특성으로 간주한 것이 시스템의 레질리언스(Resilience)라고 함.

□ 예측할 수 없는 인적오류 및 시스템 안전사고에 대한 시스템의 기능 유지를 안전의 핵심으로 해석하며 이러한 레질리언스에 대해 여러 전문가들은 다양한 측면으로 접근을 시도함. Erik Hollnagel은 공학적으로, David Woods는 과학적으로 Sidney Dekker는 문화적, John Wreathall은 경영적으로 접근을 하였음.

□ 레질리언스의 기능과 요건

- E.Hollnagel은 예측, 감시, 대응, 학습의 네 가지 기능요소를 시스템의 레질리언스를 위한 기능요소로서 제안하였음.

- 예측(Anticipation)은 감시보다는 장기적인 관점에서 시스템의 발전과 운영에 영향을 끼치는 주위 환경적 요소들의 미래 변화를 감지함.
- 감시(Monitoring)는 단기적 관점에서 정상 기능중인 시스템 주위의 환경과 시스템 내부 상황에 대한 변화를 감지하고 평가하는 과정임.
- 대응(Response)은 시스템의 장기적 전략에 맞추어 대응책 및 준비방안을 도출하고 변화하는 상황에 대한 실질적 대응을 포함.
- 학습(Learning)은 발생한 사고 혹은 시스템에 대한 여러 정보들로부터 개선사항을 도출함. 각 요소들은 서로에게 영향을 끼치며 장기적 관점에서 시스템을 진화시킴.

- D. Woods의 경우 레질리언스 시스템의 적응적 능력을 중점적으로 강조하며 한 발 앞선 학습(proactive learning), 정상 기능 유지 능력(sustained adaptability), 예측하지 못한 상황에 대한 확장된 적응력(graceful extensibility) 세 가지를 강조함.

- S. Dekker는 레질리언스 공학을 사고를 자각하고 사람의 적응/조정 능력(Adaptive Capacity)을 향상시킴과 더불어 효과적으로 적용에 조직하는 것이라 말하며 이러한 능력을 위해서는 전제조건으로 수치화/재수치화(Calibration/Recalibration)의 중요성을 강조함. 더불어 조직적 레질리언스(Organizational Resilience)를 위해 Just Culuture Institute를 설립하는 등 다양한 산업 분야에 걸쳐 조직 레질리언스를 향상시키는 일을 진행하고 있음.

- J. Wreathall은 레질리언스를 가진 조직에 필요한 7가지 요소를 제안함. 이중에서 특히 정의 문화(Just culture)는 조직 내에서 계급이 낮은 사람이 높은 사람에게 상황 전달 및 정보 교류를 원활히 할 수 있는 문화를 뜻하며 유교권 문화인 한국에서는 이 문화가 많이 부족함.

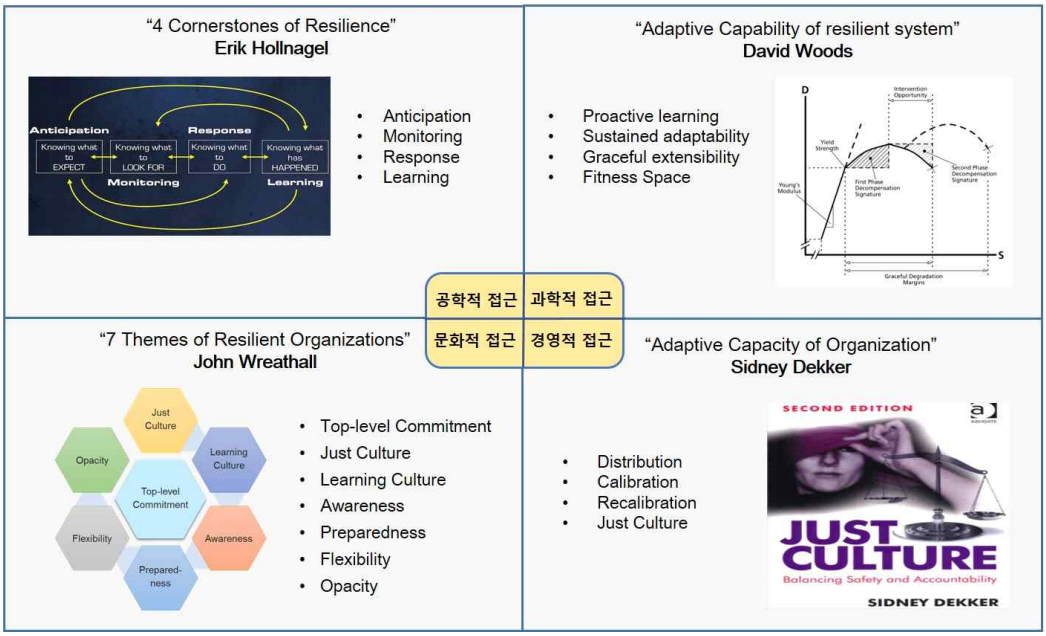


그림 61 레질리언스의 기능과 요건

다. 시스템적 사고 분석 모델

(1) FRAM(Functional Resonance Accident Method)

□ 인적오류 및 사고가 발생하는 창발적 과정을 시스템 기능들의 비선형적인 상호작용을 모형화하여 이해하고 예측하는 데 도움을 주는 모델(Erik Hollnagel, 2004).

□ 시스템의 정상 상황에 대해 주요한 역할을 하는 기능(Function)들을 찾고 이를 바탕으로 사고 상황시 변동성(Variability)들이 전파되고 공명하는 경로를 추적하는 방식으로 분석이 진행됨.

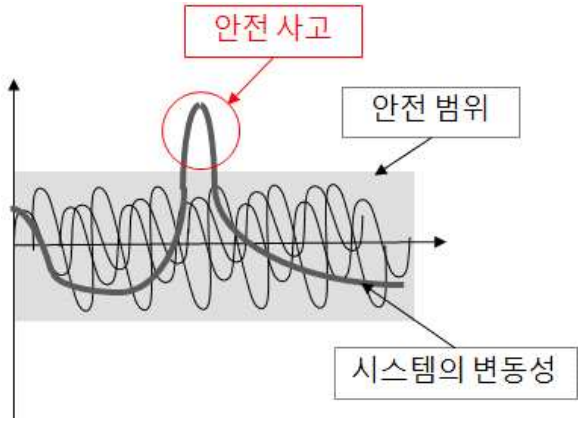


그림 62 시스템의 변동성과 안전사고

□ 시스템 내 요소간의 상호관계를 육각형으로 표현하며 6가지는 투입(Input), 시간(Time), 제약(Control), 산출(Output), 자원(Resource), 전제조건(Precondition)으로 이루어져 있음.

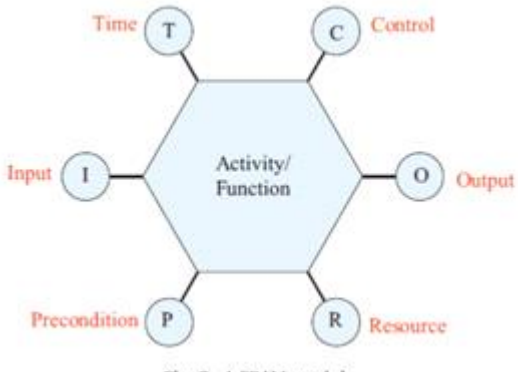


그림 63 FRAM Module

□ 동적으로 변하는 시스템 상호 작용의 특성을 반영하며 시스템에서 사고가 발생하기 전에 시스템 상태를 고려하기 때문에 안전-2 방석의 시스템 분석 모델로 말할 수 있으며 사고 분석, 재무 위험도 예측 등에 적용되어 유용성이 확인되었음. 하지만 계층별로 영향 요인을 기술하기 어렵고 작성자에 따라 인과의 이해가 다를 수 있다는 문제점이 있음.

□ 아래 그림은 Lexington 항공사고와 세월호 사고를 FRAM으로 분석한 것으로 사고의 발생 원인을 역 추적하는 것을 볼 수 있음.

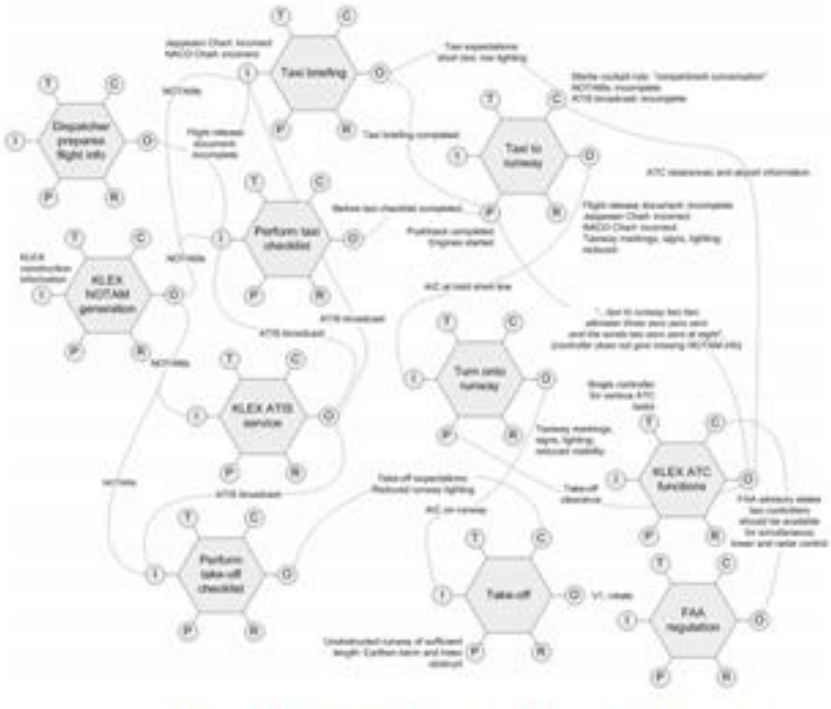


그림 64 Lexington 항공 사고에서의 FRAM

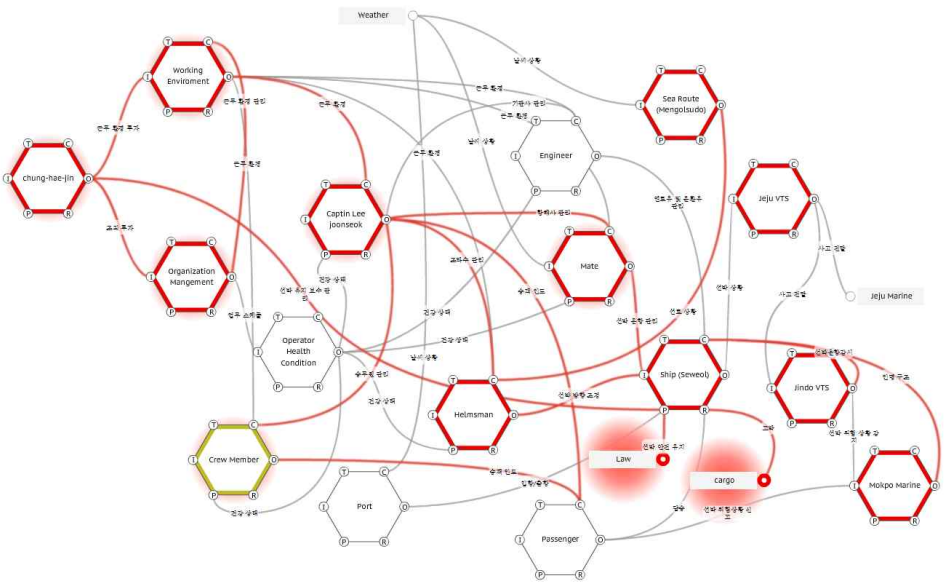


그림 65 세월호 사고에서의 FRAM

(2) STAMP(Systems-Theoretic Accident Model and Processes)

□ 시스템의 제어 구조(control structure)를 바탕으로 적절하지 않은 제어 활동이 불안정한 상태를 야기하며 이러한 상태가 전체 시스템의 제어 구조 상에 어떠한 영향을 미치는지 분석하는 모델(Nancy Leveson, 2004).

□ Rasmussen의 계층적 모형에서 각 수준간의 통제시스템을 강조한 모형으로 각 수준은 자신의 하위 수준에 안전조건 제약조건을 강제적으로 부과하고 자신의 상위 수준에게는 복잡시스템에서의 적응적 통제(Adaptive Control)를 통한 부응 행위를 보여줌.

□ 제약 조건의 적절한 통제 및 흐름이 깨어졌을 때 안전사고가 발생하는 것을 가정하며 안전관련 제약조건의 적절한 계층적 구조화 및 통제를 통해 안전성이 향상될 수 있음을 강조.

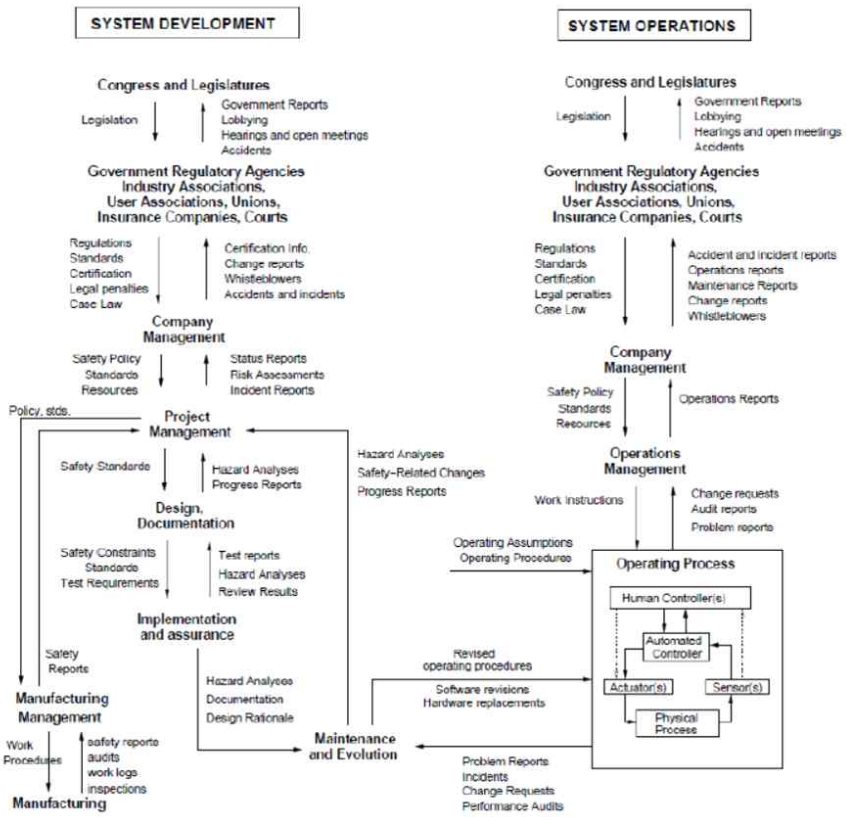


그림 66 STAMP의 사회기술적시스템 안전 제어 계층 구조

□ STAMP의 3가지 필수요소로는 제약사항, 계층적 제어구조, 프로세스 모델이며 제약사항이 위반되거나 벗어났을 때 안전사고가 발생되며 모든 수준의 계층에서는 아래와 같은 프로세스 모델이 작성되어야 하며 명확하게 표시되어야 함. 그리고 이를 토대로 계층적 제어구조에 접목시켜 시스템 분석을 수행하는 기본 뼈대가 만들어짐.

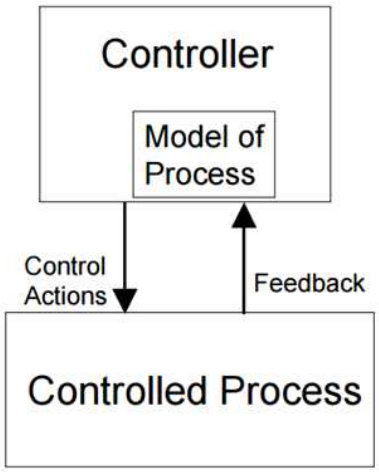


그림 67 STAMP 프로세스 모델

□ FRAM과 달리 제약사항이 정해져 있기 때문에 정상 상태의 제어 계층 구조가 작성자에 관계없이 비슷한 형태로 나올 수 있음. 게다가 사고 발생 전의 시스템 상태 고려 가능하기 때문에 시스템 정상상태와 사건 당시 상태를 비교 분석하기 용이하여 시스템의 근본적인 원인에 대한 추론이 수월함.

□ 실제 분석자와 분석자 교육을 담당한 연구원을 면담한 결과, 기본문헌(2004년 논문 또는 2012년의 책자 등)을 기반으로 학습하는 경우 개념상 많은 혼란을 겪어 STAMP가 비전문가에게 어려운 시스템으로 알려져 있으나, 실제 사례를 중심으로 집중 교육할 경우 매우 쉽고 명확하다는 반응을 얻고 있다고 진술.

□ 아래 그림은 2000년에 캐나다의 Walkerton에서 2000여명이 식중독이 발생하고 7명이 사망한 사건을 STAMP로 분석한 것으로 위의 그림은 제약사항과 프로세스 모델을 토대로 만든 정상 시스템이고 아래 그림은 제약 조건이 이탈하여 사고를 일으키게 된 경위를 보여주고 있음.

□ 제어이론에 입각하여 구성된 체계로서 전체 시스템이 단일한 폐쇄형 시스템일 경우에 대한 강한 가정이 있음. 따라서 보다 우발적인 다중 시스템적 복합 문제 (공항-관제-인적요인 등)를 잘 표현할 수 있는지에 대하여 추가적인 연구가 필요함.

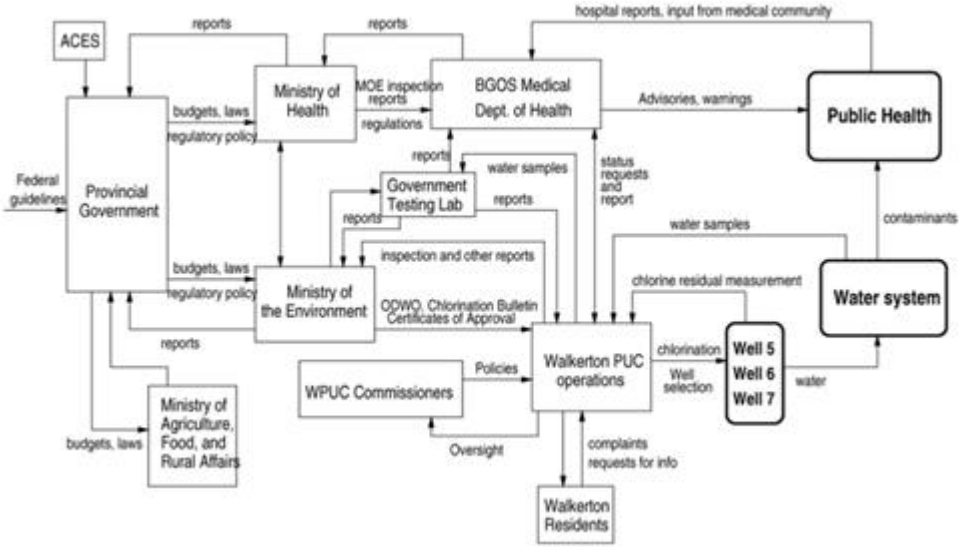


그림 68 Walkerton 정수 시스템의 정상 작동 구조

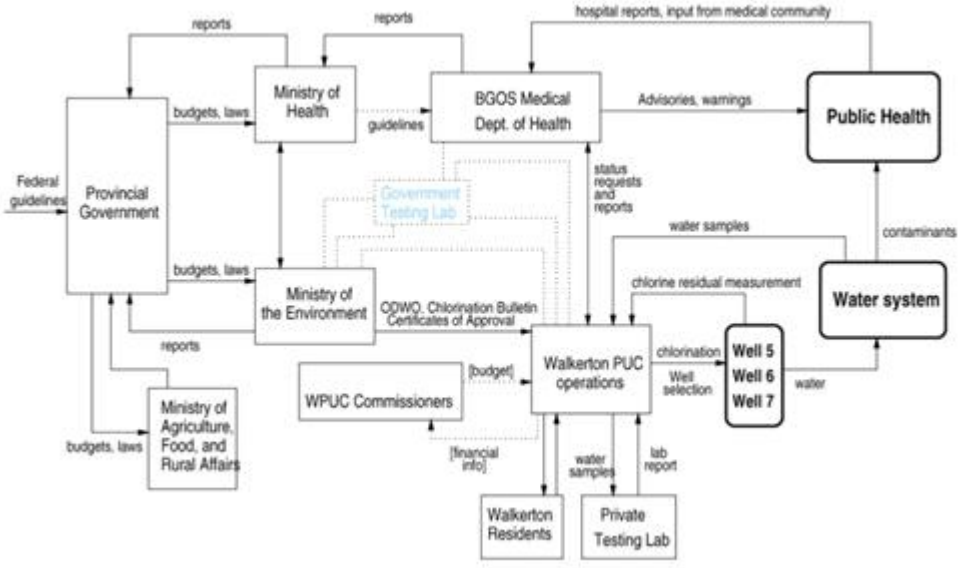


그림 69 Walkerton 정수 시스템의 사고 당시 구조

제 3 절 유사과제 분석

□ 국내 R&D 과제로 '항공 인적요인 사고의 저감을 위한 사고분석 기법과 훈련 및 안전 평가 체계'와 유사한 과제를 분석하면 아래 표와 같음.

과제명	연구기간	연구목적	주요 연구내용
안전업무종사자 교육훈련체계 구축	2005 ~ 2010 (6년)	철도 분야 작업 수행자의 직무 수행 능력 향상과 인적오류 저감 및 예방을 지원하는 교육훈련 체계 구축	- 철도분야 인적오류 분석체계 개발 - 직무수행능력 시험설비 개발 - 수행능력 평가 시뮬레이터 개발 - 대국민 홍보 및 교육 프로그램 개발
운송용 항공기 사고예방 기술개발 기획 -시스템 기반 항공안전 감독체계 구축 기술 개발	2014 ~ 2018 (5년)	현행 항공안전감독체계의 효과-효율성 저하로 안전감독체계 개선방안 제시	- 시스템 기반 항공안전감독 체계 설계 - 국가 항공안전정보시스템 통합 - 항공기 결함분석 고도화 - 스마트 항공안전감독 시스템 개발 - 국가 항공안전 위험관리(SRM) 및 안전보증(SA) 시스템 개발 - 시스템 안전 기반의 업무체계 변화관리 및 이행을 위한 교육훈련용 시스템 개발

표 26 유사 과제 분석

□ '안전업무종사자 교육훈련체계 구축'은 철도 분야에서의 인적오류 저감을 위한 인적오류 분석체계 개발이라는 점에서 유사하지만 적용되는 분야가 상이하여 본 과제기획·연구시 참고자료로 활용함.

□ '시스템 기반 항공안전 감독체계 구축 기술 개발'은 시스템 기반 항공안전감독체계를 제안하고 설계하는 것을 목적으로 수행되고 있으며, 일어난 사고에 대한 원인분석을 하는 본 과제와는 목적과 대상, 적용시점이 달라 중복성이 없음. 단지 항공안전감독시 장애가 일어나는 원인 분류에서 본 과제와 접촉점이 발생함.

□ 위 과제에서 인적요인 분류의 기준체계로 적용하는 HFACS (Human Factors Analysis Classification System)의 분류체계는 스위스치즈모형에 근간을 둔 현대적 사고 모형의 공통기반에 해당되는 것으로서, 과제의 특정성과 관련이 없음. 위 과제에서는 HFACS를 인적 영향 요인들을 분류하는데 원용하는 반면, 본 과제는 이미 일어난 사고케이스에 대한 분석을 다루면서 HFACS 사고분석과정을 참조할 예정임. 또한 더 나아가 제 4세대 사고분석모델(FRAM, STAMP)의 도입에 중점을 두고 있어 HFACS의 도입활용이 아님.

□ 그러나 두 과제가 HFACS의 인적요인 분류체계를 함께 참조하는 것은 이후 연계조사 분석 작업 등이 발생할 때에 이점으로 작용할 수 있음.

제 4 절 종합분석

□ 항공사고조사 정책동향 분석결과

- 항공기 사고와 관련하여 국내법에서는 시카고협약 부속서 13에서 정한 기준을 토대로 accident, serious incident, incident를 항공기 사고, 항공기 준사고, 항공안전장애로 규정하면서 국제 기준을 국내 법규에 적용하고 있으나 ICAO의 분류는 incident가 serious incident를 포함하고 있음.

- 이로 인해 준 사고를 Serious Incident가 아니나 Incident로 오기하고 있는 사례가 정보 및 학계의 자료에서도 빈번하게 발생하고 있고 준사고와 항공안전장애를 별개의 항목으로 규정하는 명시적인 오류를 범하고 있기에 이에 대한 조치가 필요한 실정임.

- 미국, 캐나다, 일본의 항공 사고조사기구들은 동일부처에서 완전히 독립되어 행정을 비롯한 그 어떤 기능에 있어서도 조사에 간섭을 받지 않도록 분리하여 사고조사의 전문성, 독립성을 확보하였으나 국내 항공사고조사기구인 항공철도사고조사위원회는 국토교통부에 소속되어 있어 사고 책임기관과 사고조사기관이 같은 경우가 발생할 수 있는 상황. 사고조사의 독립성 확보를 위한 제도보완이 필요함.

- 현재 항공사고조사관은 총 9명으로 이루어졌으며 전체사고 중 조종과실이 가장 큰 원인을 차지하며 그에 따라 이와 관련된 조종, 운항관리, 관제 등 전문분야의 사고조사관의 증원이 필요함.

- 현재 항공철도조사위원회의 업무 범위는 모든 경비행체까지 포괄하고 있으나 경비행기까지는 관제, 공항 등 같은 시스템 내에 있으므로 사고분석체계 적용범위에 포함하는 것이 맞고 글라이더등 기타 비행체는 시스템과 전문성이 다르므로 제외하여 업무 부담을 조정할 필요 있음.

- 또한 사고 예방조직으로 미국과 유럽에서는 CAST(Commercial Aviation Safety Team)와 같이 조직이 출현하였으나 국내에는 존재하지 않음.

□ 인적오류관리 교육훈련프로그램 및 인증제도 정책동향 분석결과

- 승무원 자원 관리(CRM) 훈련은 인적, 물적, 정보 등 모든 자원을 효과적으로 활용하여 비행안전을 증진시키며 CRM 훈련은 인간과 시스템의 에러에 대한 각성을 증진시키고 사람의 노력을 최소화할 수 있는 기술과 기법을 제공함.

- 미국, 유럽 등 해외에서는 이를 중요시해 CRM 교육, 교관 평가에 대한 채용 기준과 훈련 및 평가에 대한 기준을 명확히 제시하고 있음. (유럽: Acceptable Means of Compliance and Guidance Material to Part-ORO, 영국: Flight-crew

human factors handbook (CAP 737))

- 이에 비해 국내 국토교통부 운항기술기준에는 CRM 교관 선발 기준이 없으며 필수 교육 기준 역시 없는 상태로 각 항공사별로 내규를 정하여 선발하고 있기에 전문성 확보가 어려운 상황.

- 또한 교관들이 초기 및 정기 CRM 교육 프로그램 개발 및 교육에만 교관들이 투입되고 있어 인적요인과 CRM에 대한 연구 여건이 좋지 않으며 LCC 항공사들은 인원 부족과 경영 여건으로 법적 요구량 충족 수준에 머물러 있는 상황.

- ICAO는 항공기 전손사고와 사망사고를 감소, 훈련의 정도를 측정평가 할수 있도록 2013년에 EBT를 개발하여 ICAO간행물 규정 9995를 발간하여 회원국들이 실행하게 하였지만 국내 대부분의 항공사들이 EBT를 실행하고 있지 못하는 실정임.

- 대부분 실제 비행훈련과 CRM훈련은 별개로 이루어지고 있어, 비행훈련에서 CRM의 실질적인 훈련과 적용은 대체로 이루어 지지 않는 실정임.

- CRM훈련이 중요한 점은 인식되어 있으나 교육 및 교관에 대한 명확한 기준이 체계화되어 있지 않아 CRM 프로그램의 개발과 표준화가 필요함.

□ 인적요인 사고 분석체계 기술 동향 분석결과

- 항공사고에서 인적오류의 중요성은 오래된 주제이며 Shappell, Wiegmann, O'Hare, Senders, Moray 등 많은 전문가들이 항공사고분석 연구를 행해옴.

- 기존에 적용되어 온 항공 인적요인 사고분석체계로는 SHELL, HFACS, TRACEr 등이 있으며 이를 통해 항공사의 운항조직, 정비, 객실, 지상직원들의 인적요인을 파악하고 대책을 마련하는 방법으로 사용되고 있음.

- SHELL은 사용중인 체계적인 사고 분석의 프레임으로선 가장 오래동안 적용되었으며 인적요소를 중심으로 주변 요소들을 관련시킬 수 있도록 해 주나, 계층적 구조를 파악하는데 어려움이 있음.

- HFACS는 계층별 영향요인을 파악할 수 있으나 인적요소의 인지적 원인까지는 구체적으로 고려하지 않으며 하인드사이트를 배제하기 어려운 안전-1 방식의 분석체계로 시스템적 사고분석 수행도구로서는 한계가 있음.

- 항공 산업 외에 국내에 개발되어 있는 인적요인 관리체계로 원자력 분야에서는 K-HPES가 활용되고 있고, 철도 분야에서는 HEAR가 개발되어 있어 국내 항공 인적요인 사고분석체계를 기획하는 데 많은 도움이 될 것으로 판단됨.

- 국내 항공 사고 조사에서는 인적요인 분석 방법으로는 SHELL 모델과 James Reason의 치즈이론을 기본 모델로 하여 분류한 모델을 사용하고 있으며 표준적

인적요인 기반 분석체계는 존재하지 않아 개발의 필요성이 대두됨.

- 또한 개발된 사고분석체계를 대형항공사와 저가항공사의 사례에 각각 적용하여 특수성을 고려할 필요성이 있음.

□ **레질리언스 공학과 시스템 사고 분석 모델 분석결과**

- 최초 원인으로부터 촉발된 인과관계의 사슬이 사고로 이어진다는 정형적 분석을 바탕으로 하는 안전-1 개념과 이를 바탕으로 한 모델(도미노모델, 스위스 치즈 모델)들은 시스템이 점점 복잡해지며 비선형적으로 변화하면서 발생하는 사고와 시스템에 대하여 충분한 설명력을 가지지 못하게 됨.

- 따라서 사고나 실패에 관계없이 시스템의 모든 요소의 변동성과 그 상호관계를 분석하는 '안전-2'개념이 대두하고 있음.

- 최근 시스템안전 연구를 주도하는 레질리언스 공학(회복탄력성 또는 적응성)은 조직의 사고방지력을 가장 중요한 개념으로 여겨 이를 강화하기 위한 조직적 문제, 문화적 문제에 초점을 기울이고 있음.

- 시스템의 기능 유지를 안전의 핵심으로 해석하는 레질리언스의 개념에 대하여 여러 전문가들이 다양한 측면으로 접근을 시도하였으며 Erik Hollnagel은 공학적으로, David Woods는 과학적으로 Sidney Dekker는 문화적, John Wreathall은 경영적으로 접근함.

- 시스템을 분석하는 모형인 FRAM(Functional Resonance Analysis Method)은 동적으로 변하는 시스템 상호 작용의 특성을 반영하여 시스템에서 사고가 발생하기 전에 시스템 상태를 고려할 수 있지만 계층별 영향 요인을 파악하기 어렵고 작성자에 따라 인과의 이해가 다를 수 있다는 문제점이 있음.

- STAMP(Systems-Theoretic Accident Model and Processes)는 시스템의 근본적인 원인에 대한 추론이 수월하나 제어이론에 입각하여 구성된 체계로서 전체 시스템이 단일한 폐쇄형 시스템일 경우에 대한 강한 가정이 있어 우발적인 다중 시스템의 복합상황에 사용할 수 있을지는 추가적인 연구가 필요함.

- 복합 다중 시스템인 항공 시스템에서도 이러한 시스템적 모형으로 분석할 필요성이 있으며 이를 토대로 국내 항공조직의 문제점을 발견하고 개선할 필요성이 있음.

□ 국내외 동향과 기술 수준을 분석한 결과 개발 성공을 위한 인프라와 기술력은 확보되어 있어 개발 성공이 가능할 것으로 판단이 되며 향후 국내 항공 안전 산업의 선진화를 위해 다양한 응용이 가능할 것으로 판단됨.

제 4 장 연구개발과제 구성 및 추진전략

제 1 절 비전 및 목표

1. 비전

인적요인기반 항공사고 조사분석체계와 차세대 안전관리시스템 개발 및 항공사 인적오류 관리 기능 향상을 통한 국내 항공안전도 향상과 국가 신뢰도 제고

□ 국내외 사고분석체계 분석을 통해 항공사 및 항공조직 사고분석 가이드라인을 구축하고 항공 사고 예방을 목적으로 국내 항공 산업에 맞는 **인적요인기반 항공사고분석체계 개발.**

□ **인적요인관리 교육훈련 프로그램 개발 및 인증제도 도입으로** 선진국 수준 달성.

□ 안전-2와 레질리언스 개념을 통한 **항공조직시스템 안전진단체계를 구축**하여 항공 안전 선진 문화 장착에 촉매적 역할 수행.

2. 최종목표

(1) 인적요인 기반 항공사고분석체계 개발

□ 항공사고의 대부분을 차지하는 인적오류의 감소를 위해 인적오류 기반 항공안전 시스템적 사고분석체계의 수립.

- 국내외 인적요인 사고분석체계 분석을 통한 국내 항공산업에 적합화된 인적요인 중심의 사고분석체계 구조 설계.
- 사고분석 과정에서 심층적인 인적요인 분석을 할 수 있도록 체계적인 인적요인 분석체계 수립.
- 시스템적 사고분석체계의 수립.
- 사고 발생 후 분석뿐만이 아니라 사고 예방 기능을 가진 사고분석체계의 수립.
- 항공 산업 전반의 장기적 사고 감안 방안을 도출하고 안전한 항공 서비스 환경 구축.

(2) 인적오류관리 교육프로그램 개발 및 인증제도 도입

□ 인적요인에 대한 기초 연구와 데이터를 기반으로 인적오류관리 교육프로그램 기능 향상.

- 민/관/학 공동 연구체 구성을 통한 연구기반 조성
- 인적요인 관련 기초 연구 데이터베이스 구축
- LCC(Low Cost Carrier: 국내 저가항공사) 여건에 맞는 인적오류 관리 및 승무원 자원관리 프로그램 개발 지원을 통한 안전도 제고
- EBT(CBT) 훈련 지침서 제작 및 법령 개정안 도출로 인적오류관리 훈련 개선
- LOSA(라인안전운항감사)실행 지침서 제작 및 증진활동 연구로 인적오류 실태 측정 및 개선
- 인적오류관리 교육 프로그램 평가영역 항목 개발 및 타당성 검증

□ 항공사 승무원자원관리 교관/평가관 교육 및 평가제도 도입

- 인적요인의 한 부분인 승무원지원관리를 교육하는 교관 및 평가관에 대한 국가

인증제도 도입을 통한 교육 품질 개선

- 승무원자원관리 교관/평가관 능력 표준 수립

(3) 세계 최고 수준의 항공 시스템안전 평가체계 구축

□ 항공안전을 위한 국가 수준의 매뉴얼, 조직, 제도, 운영 등에 대한 연구내용 도출.

- 국내 항공조직위원회 운영 현황에 대한 분석과 항공안전 선진국과 비교하여 발전방안 도출.
- 항공철도사고조사위원회 사고조사 현황과 매뉴얼 현황 분석 및 개선방안 도출.

□ 시스템 안전을 레질리언스 공학적 개념을 바탕으로 분석 평가하여 취약점 및 개선점 도출이 가능한 공학적 안전진단체계 구축.

- 항공 산업의 조직적 레질리언스를 강화하여 항공 조직 안전 선진화 도모.
- 항공 조직 내 공정문화(Just Culture) 정착을 위한 장기적, 체계적 계획 수립.

_ 항공 시스템의 정상 상태 분석을 위한 FRAM, WDA의 도입과 동시에 정량화를 통한 객관적이고 실용적인 안전진단체계의 기틀마련

제 2 절 기술개발에 따른 미래상

□ 국내 항공 산업에 적합한 인적요인 기반 시스템적 사고분석체계를 통해 항공사고를 유발하는 근본원인 및 항공안전시스템 개선사항 도출.

□ 현업 종사자가 자발적으로 분석, 보고하는 인적오류 분석체계 개발로 체계적이고 효율적인 인적오류 분석이 가능해지며, 이를 통해 국내 항공 사고에서 인적요인에 의한 사고율 및 전체 항공 사고 수 감소·예방.

□ 분석 결과를 활용하여 현장에서의 교육과 유사사례 분석, 효율적 인적행위연구 및 대응책 수립이 활성화 될 것으로 기대됨.

□ 인적오류 관리 프로그램을 저가항공사(LCC)에 제공함으로써 효과적인 인적요인 및 CRM 교육을 통하여 항공 분야 전체의 항공안전도 제고.

□ 승무원 자원관리 교관/평가관 인증 제도를 도입함으로써 CRM 교육 질 향상 및 교관 표준화를 수립하여 선진 항공 안전에 기여.

□ 항공의 조직 안전 선진화를 위해 해외 조직적 레질리언스를 분석하여 국내 항공산업에 도입.

□ 항공 안전 진단 체계를 구축하여 향후 항공 시스템의 안전 진단과 항공관계자들의 안전 기능 향상을 도모함.

제 3 절 연구개발과제 구성

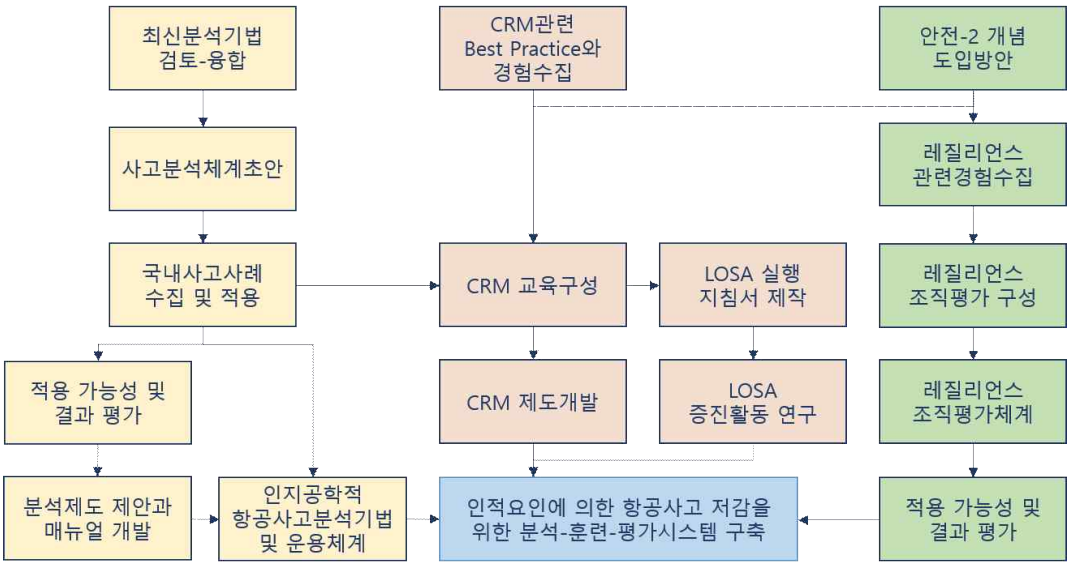


그림 70 연구개발과제 로드맵

1. 인적요인 기반 항공사고분석체계 개발

□ 기존 국내외 항공 사고분석 기술현황 분석, 사고 자료 수집과 사고분석체계 초안 개발

- 국내외 선진 사고분석체계 운영현황 및 개선사항 조사
- 국내 항공사고 자료 수집을 위한 장치(항공법률, 제도, 규칙 개정안 등) 마련 및 입법 지원
- 안전-2개념과 시스템 사고분석체계의 검토와 융합
- 항공사고분석체계의 초안 수립

□ 인적요인 기반 항공사고분석체계 수립과 검증

- 분석체계의 기본 구조 개념설계(사건경위분석, 인적오류분석, STAMP 작성 등)
- 시스템적 사고와 인적요인의 심층 분석 모형 개발
- 사고 유형별 안전 권고사항 도출 방안 설계(관리절차, 교육훈련 개선 등)
- 국내 사고사례에 대한 시험 적용과 평가

□ 사고분석체계 개발과 시범운용을 통한 효용성 입증 및 현장보급

- 분석제도 제안과 매뉴얼 개발
- 기존 국내 사고와 사건 사례들을 대상으로 개발된 체계를 적용 분석하여 그 실효성과 가능성을 평가

2. 인적오류관리 교육프로그램 개발 및 인증제도 도입

□ 인적오류관리 교육프로그램 기능 향상

- 민/관/학 공동 연구체 구성 방안 수립
- 인적요인 관련 기초 연구 데이터베이스 구축
- LCC 인적오류 관리 및 승무원 자원관리 프로그램 개발
- LOSA(라인안전운항감사)실행 지침서 제작 및 증진활동 연구
- 인적오류관리 교육 프로그램 평가영역 항목 개발 및 타당성 검증

□ 항공사 승무원자원관리 교관/평가관 교육 및 평가제도 도입

- 승무원지원관리 교관 및 평가관에 대한 국가 인증제도 수립
- 승무원자원관리 교관/평가관 능력 표준 수립

□ 인적요인에 대한 이해와 CRM 적용 저변확대를 위한 기준 및 활용지침 마련

- 항공종사자 자격 시험과 연계방안 검토
- 국내 LOSA 전문 기관설립 인가 및 운영 기준 법제화
- 라인안전운항감사(LOSA) 실행 지침서 발간
- 교육 운항 훈련 및 다른 교육과정과의 연계방안 검토

3. 항공 시스템 안전평가체계 구축

□ 항공 조직의 안전향상을 위한 조직 레질리언스 현황 연구 및 분석

- 조직 레질리언스 운영현황 조사
- 항공 조직의 안전 선진화를 위한 레질리언스 기능요소 분석연구

- FRAM, STAMP 등과 같은 시스템 분석 도구 연구

□ 항공안전위원회의 조직, 제도, 운영 현황 연구 및 분석

- 국내 항공 조직 위원회 운영 현황 조사
- 국내 항공사고조사위원회의 사고조사 매뉴얼과 조직 실태 파악 후 발전방안 도출
- 국내 항공 시스템의 기능공명분석법(FRAM) 실시

□ 항공 안전진단시스템 설계

- 항공사 등을 대상으로 제도적 레질리언스 지속 평가 체계 개발
- 항공사 등을 대상으로 레질리언스 평가를 실시하고 시범적으로 적용하여 체계 검증

제 4 절 세부과제별 주요내용 및 추진전략

1. 인적요인 기반 항공사고분석체계 개발

□ 주요내용 및 연구개발내용

		주요내용	연구개발내용 및 범위
1차년도 (2017)	기존 국내외 항공사고분석 기술현황 분석과 사고분석체계 초안 개발	관련기관 의견수렴 및 해외 선진 사고분석체계 운영현황, 개선사항 조사	• 인적요인 기반 항공사고분석체계에 대한 관련기관 및 현업 종사자의 의견 수렴 • 문헌 조사 및 현장방문을 통한 국내외 사고분석체계, 인적요인분석체계 현황분석 • 사고분석체계 비교분석 및 개선사항 도출
		항공 사고 자료 수집	• 국내 항공사고 자료 수집을 위한 장치(항공법률, 제도, 규칙 개정안 등) 마련 및 입법 지원 • 국내 항공사와의 협력을 통한 항공 사고 자료 수집
		안전-2개념과 시스템 사고분석체계의 검토와 융합	• 안전-2개념의 사고분석체계에의 적용 방안과 요건 수립 • STAMP, FRAM 등 최신 시스템사고분석체계들의 검토와 장점 취합 방안 연구
		항공사고분석체계의 초안 수립	• 최신기법과 개념을 고려한 항공사고분석체계와 위험영향요인 발견 기법의 개발 • 인적요인 기반 항공사고분석체계의 적용 분석범위와 기본 구조 제시
2차년도 (2018)	인적요인 기반 항공사고분석체계 개발과 시범운용을 통한	분석체계의 기본 구조 개념설계	• 국내 항공 산업에 적합한 사건개요기술, 사건경위분석, 상황인지분석, 오류상황분석, 원인상황분석에 대한 기본 구조 개념 설계

	효용성 입증	시스템적 사고와 인적 요인의 심층 분석 모형 개발	• 관련기능의 상호작용 분석과 변동성 평가 방법 수립 • 인적오류 및 위험영향요인 발견 및 분류체계 수립
		사고 유형별 효과적인 안전 권고사항 도출 방안 설계	• 각 관련기능의 변동성 평가와 위험 수준 평가 방안 • 사고 유형별 관리절차 개선점 도출 • 사고 예방을 위한 집중 교육훈련 사항 도출
		분석제도 제안과 매뉴얼 개발	• 인적요인 사고분석체계 현업 적용 기준 방안 및 관련 제도 요건 연구 제시 • 분석자 매뉴얼 작성
		국내 사고사례에 대한 시험 적용과 평가	• 기존 국내 사고와 사건 사례들을 대상으로 개발된 체계를 적용 분석하여 그 실효성과 가능성을 평가 • 이에 입각한 사고분석체계의 개선

표 27 연구개발과제 주요내용 및 연구개발내용
(인적요인 기반 항공사고 분석체계 개발)

□ **주요 산출물(2차년도로 수정)**

○ 1차년도(2017)

- 국내, 외 사고분석체계 관련 현황 및 분석자료
- 인적요인분석체계 관련 현황 및 분석자료
- 국내 항공사고 자료 수집 기준 및 활용 기준안 수립
- 국내 항공사고 자료 분석자료
- 사고분석체계 설계 요건 및 적용 범위 기준
- 항공사고 분석체계의 적용 분석 범위와 기본 구조

○ 2차년도(2018)

- 인적요인 기반 항공사고분석체계의 기본 개념(사건개요기술, 사건 경위분석, 상황인지 분석, 계층적 제어구조, 각 계층별 제약사항 등)

- 관련 기능의 상호작용 분석과 변동성 평가 방법
- 인적오류 및 위험영향 요인 발견 및 분류체계
- 각 관련 기능의 변동성 평가와 위험 수준 평가 방안
- 사고 예방을 위한 집중 교육훈련 사항
- 국내 사고 분석 활용 자료
- 분석자 매뉴얼

2. 인적오류관리 교육프로그램 개발 및 인증제도 도입

□ 주요내용 및 연구개발내용

구분		주요내용	연구개발내용 및 범위
1차년도 (2017)	인적오류관리/CRM 관련 자료 수집 및 분석 인적요인 관련 기초 연구 데이터베이스 구축 및 자료 입력/승무원자원 관리 교관/평가관 교육, 인증 기준 수립	국내, 외 인적오류/CRM 관련 자료 수집 및 현황분석	• 국내 인적오류/CRM이 항공사고에 미친 영향 분석 정리(HFACS) • 국내 Human Factors/CRM 프로그램 개발 현황 정리 • 국내 CRM/TEM 교육 현황 분석 • 해외 메이저 항공사 CRM 교육 프로그램 분석
		인적요인 관련 기초 연구 데이터베이스 구축 방안 수립	• HFACS를 이용한 인적요인 분석 자료 입력 데이터베이스 구축을 위한 시스템 개발안 마련
		국내, 외 승무원자원 관리 교관/평가관 인증 관련 제도, 규정 수집 및 분석	• 국내 CRM 교관/평가관 현황 파악 - 인원 및 선발 기준 - 교관 교육 내용 - 교관/평가관 품질 관리 • 해외 사례 수집 및 제도 분석
		승무원자원관리 교관/평가관 능력 요구 분석	• 교관/평가관 직무 분석표 • 교관/평가관 능력 표준 수립
		항공종사자 자격과 연계방안 검토	• 교통안전공단의 항공종사자 자격시험과의 연계방안 검토 및 타당성 검증
		LOSA(라인안전운항감사) 자료 수집 및 분석	• 국내 LOSA 적용 사례 장단점 분석 • 국내 LOSA 전문 기관설립 인가기준 및 운영방안 검토
		민/관/학 공동 연구체 구성을 통한 자료 공유 협의	• 민, 관, 학계 전문가 인력 풀 구축 • 공동 연구체 구성을 위한 골격 마련 • 전문가 대상 설명회 개최

구분		주요내용	연구개발내용 및 범위
		인적요인 관련 데이터베이스 구축	• 항공 준사고 이상 인적요인 분석 자료 입력을 위한 DB 시스템 구축 (하드웨어/소프트웨어)
		공유 자료 입력	• 항공 준사고 이상 분석 자료 입력
2차년도 (2018)	인적요인에 의한 사고 예방을 위한 제반 기준 제도화 및 프로그램 지원	승무원자원 관리 교관/평가관 교육 프로그램 개발	• 인적요인/CRM 기초 내용 • 분석, 교육 및 평가 기법 • Gold Standard Training • 실습
		인적오류 관리 교육프로그램 평가 방안 개발	• 프로그램 평가 항목 영역 구성 • 각 영역의 하위요소를 구성하고 있는 평가항목 개발 • 평가 방안의 타당성 검증
		승무원자원 관리 교관/평가관 인증 기준 수립	• 해외 사례 수집 • 국내 적용 방안 수립 • 항공사 대상 설명회 개최
		데이터베이스 자료 분석 및 항공사 협의에 의한 인적오류 관리 및 승무원 자원관리 프로그램 개발	• 항공사용 인적오류 및 CRM 프로그램 개발 가이드라인 제시 • 운항승무원 훈련 및 평가 적용 기준 개발
		승무원자원 관리 교관/평가관 인증제도 도입 법제화 추진	• 비행 위촉심사관 제도와 같은 인증제도를 운항기술기준에 반영
		LOSA 전문기관 설립 기준 마련 및 활용지침 수립	• 국내 LOSA 전문 기관설립 인가 및 운영 기준 법제화 • 국내 항공사 LOSA 활용 지침 수립
		교육 운항 훈련 및 다른 교육과정과의 연계 방안 검토	• LOSA, FOQA, 기타 실제 운항 훈련과의 연계방안 제시 및 검토 • 조종사 교육 외 항공정비사, 운항관리사, 객실승무원 교육과의 연계과정 적용방안 도출

표 28 연구개발과제 주요내용 및 연구개발내용
(인적오류관리 교육프로그램 개발 및 인증제도 도입)

□ 주요 산출물

○ 1차년도(2017)

- 국내, 외 인적오류/CRM 연구 관련 현황 및 분석 자료
- 국내, 외 인적오류/CRM 교육 관련 현황 및 분석 자료
- 민/관/학 공동 연구체 구성 방안
- 인적요인 관련 기초 연구 데이터베이스 구축 방안
- 국내, 외 승무원자원 관리 교관/평가관 교육, 인증제도 분석 자료
- 승무원자원관리 교관/평가관 표준 능력 리스트
- 항공종사자 자격 시험과의 연계방안
- LOSA(라인안전운항감사) 현황 및 분석자료
- 승무원자원관리(CRM)관련 현황 및 분석 자료
- 민/관/학 공동 연구체 발족
- 인적요인 관련 데이터베이스 구축
- 한국승무원자원 관리 교관/평가관 교육 프로그램
- 승무원자원 관리 교관/평가관 인증 기준

○ 2차년도(2019)

- LCC 인적오류 관리 및 승무원 자원관리 프로그램 개발
- 인적오류관리 교육 프로그램 평가영역, 항목 및 타당성 검증자료
- 승무원자원 관리 교관/평가관 인증제도 수립
- LOSA 전문기관 설립 기준 마련 및 활용 기준안 수립
- 교육 운항 훈련 및 다른 교육과정과의 연계방안 검토자료

3. 항공 시스템 안전평가체계 구축

□ 주요내용 및 연구개발내용

구분		주요내용	연구개발내용 및 범위
1차년도 (2017)	항공 조직의 안전향상을 위한 조직 레질리언스 현황 연구 및 분석	조직 레질리언스 운영 현황 조사	• 해외 조직 레질리언스 (Organizational Resilience) 문헌 연구 • 국내 항공사와 관련 조직 운영 현황 조사
		레질리언스 기능요소 및 시스템 분석 도구 연구	• 레질리언스 공학의 여러 이론에 나타난 각 주요 속성 연구 • FRAM, RAG,, STAMP와 같은 시스템 분석-평가 도구 연구
2차년도 (2018)	항공안전위원회의 조직, 제도, 운영 현황 연구 및 분석 및 항공안전진단 시스템 설계	국내 대형 항공사 및 중소형 항공사 조직 레질리언스 현황조사	• 레질리언스 평가 항목에 대한 국내 현황 조사 • 국내 항공 조직에 대한 기초적 레질리언스 평가 실시
		항공분야 레질리언스 능력 평가 체계 개발	• 레질리언스 평가 체계, 항목, 측정 방법 수립 • 제도적 레질리언스 지속 평가 체계 개발
		항공 레질리언스 시스템 평가 시범과 검증	• 항공사 등을 대상으로 레질리언스 평가를 실시하고 시범적으로 적용하여 체계 검증 • 관련정책제도에 대한 제언

표 29 연구개발과제 주요내용 및 연구개발내용 3
(항공조직시스템 안전진단체계 구축)

□ **주요 산출물**

○ 1차년도(2017)

- 조직 레질리언스 관련 현황 및 분석자료
- 조직레질리언스 평가 기법 분석 연구자료

○ 2차년도(2018)

- 국내 항공 조직에 대한 레질리언스 기초 평가 결과
- 지속적 항공시스템 레질리언스 평가 체계 (항목, 측정 방법 포함) 수립
- 항공시스템 레질리언스 진단유지 정책 제언

4. 추진전략

□ 기술정보 수집 및 전문가 확보 추진전략

○ 국내 원자력, 철도 인적요인 관리체계 등의 기존 사고분석체계 과제, 조직 안전문화 등에 대한 문헌 조사를 통한 국내 안전관련 현황자료 확보

○ 각 항공사, 항공철도조사위원회, 항공교통안전기관, 항공교육기관 등에 분포된 국내 항공 시스템 안전 문제를 담당해온 경험자 및 담당자들로 지속적인 협력관계를 구축하여 항공장애, 이벤트 등 우리나라 상황에서의 실제적 경험지식을 흡수 활용

○ 항공 종사자의 설문조사 (교육훈련, 조작 및 대처 프로시져, 조종 및 관제의 인지적 조직적 환경 조사)와 사고현장 분석자의 요구사항 수집 등을 통하여 실무적으로 효용이 극대화된 개선 체계 도출.

○ 패러다임 변화에 부응하여 이론적으로 다양화되고 있는 항공 인적오류 분석 기법의 비교 분석 취합을 위한 해외 선도 안전 전문가와 긴밀한 협력 체계 구축

○ 인적오류관리 교육프로그램 개발 및 인증제도를 위해 승무원자원관리(CRM) 교육 경험자, 인지공학적 인적실수 저감을 위한 교육훈련 전문가 및 항공인적요인 관련 학회 등을 망라하는 연구 협력 체계 구축

○ 연구 과정의 랜드마크 형성과 전문가 국내외 전문가 초청 기술 검토 및 세미나 개최

□ 인적요인 기반 항공사고분석체계 추진전략

○ 항공사고 분석 체계 + 제도 개발의 요구 사항

가. 분석의 포괄성 확보
- 개인적 실수나 현장 시설 문제 등의 Sharp End에 매몰되지 않아야 함
- 인지수준, 행동수준, 조직수준, 문화수준을 포함할 필요가 있음
- 인지공학적인 접근으로 인적과실의 확률을 높이는 영향 요인을 추적하여야 함

나. 체계적이고 객관화된 원인 규명
- 인적요인에 대한 하인드사이트와 주관적 판단에 의존하지 않는 체계

- 정성적 결론에 대한 객관성의 확보가 가능한 체계
- 상황분석과 원인분석이 명시적으로 연결되는 이론적 타당성을 갖춘 체계

다. 시스템 개념과 안전-2 개념의 적용
- 시스템적 사고모형(FRAM, STAMP)에 입각한 사고분석체계
- 안전-2 개념 포함: 사고분석으로부터 최대한의 시스템 검토 효과 수확
- CAST/ICAO의 최근 노력인 인적요소에 대한 “Positive Taxonomy” 참고
- Near Miss의 실용 데이터화와 성공요소 중심 평가

라. 대응의 필요성, 효과성과 긴급성이 도출될 것
- 사고분석의 결과는 포괄적인 영향요인의 발견과 함께 긴급한 대처 내용을 가려낼 수 있어야 함
- 중장기적으로도 각 영향요인에 대한 개선이 미치는 안전증진의 효과성을 평가할 수 있어야 함

마. 사회 여론 및 정부 감독과 조사 독립성의 문제
- 해외 조사 기관처럼 조사의 전문성, 독립성 확보
- 조사관의 신분 보장

바. 사고 조사 자료를 위한 국내 항공사와의 협력
- 국내 항공사고 자료 수집을 위한 장치(항공법률, 제도, 규칙개정안 등)가 마련되어야 함
- 준 사고 데이터의 자세한 자료 수집이 보장되어야 함

○ 인적요인 사고분석체계의 기술적 요점들과 참고 가능 체계

사고분석체계 수립요건	설명	적용 가능한 분석체계	적용사례
시스템적 사고의 표현	발생한 사고와 관련된 다양한 주체들의 상호작용을 효과적으로 분석할 수 있어야 하며 시스템 사고를 표현할 수 있어야 함	FRAM, STAMP	Analysis of Comair flight 5191 with the Functional Resonance Accident Model (Erik Hollnagel, 2011)
인적요인 분류체계	오류의 원인 및 원인 간 인과관계를 명확하고 체계적으로 분석할 수 있도록 인	HFACS, TRACEr. K-HPEP, Positive Taxonomy(CICCT)	Identifying Emerging Human Factors Risks in North American

	적 요인, 직무 요인, 작업 환경, 조직 요인 등 다양한 요인들이 체계적으로 분류된 분석표가 필요		Airline Operations(Jingru Yan, 2014)
계층적 구조화	항공 사고에 개입된 인적 오류의 원인을 정확히 규명하기 위해 인적 오류의 발생에 영향을 끼칠 수 있는 모든 계층(현장작업자, 팀, 현장 시설과 상황, 경영 문화)을 구조화하여 인간 관계와 영향을 파악할 수 있어야 함	HFACS, STAMP	A Systems Theoretic Accident Model Applied to Biodefense (Joseph R. Laracy, 2006), 시스템 이론 기반의 안전사고 모델의 해석과 응용사례소개(박철호, 2005)
정량화	시스템의 위험 수준을 파악하고 대응하는 순서를 정하고자 요소들간의 중요도를 수치화 할 필요성이 있음	RAG	RAG - Resilience Analysis Grid(Ashgate, 2013) QFD AHP의 응용(박세정, 2005)

표 30 인적요인 사고분석체계의 기술적 요점들과 참고 가능 체계

□ 인적오류관리 교육프로그램 개발 및 인증제도 도입 추진전략

○ 승무원 자원관리 교관/평가관 훈련 및 평가 기준 수립 및 인증제도 도입

- 교육의 성과는 교관의 능력에 많은 영향을 받으므로 CRM교관에 대한 훈련 및 평가 기준을 수립
- 이를 위해 각 항공사 별 교육현황 및 인적요인과 CRM을 교육하는 교관/평가관에 대한 현황을 파악, 분석
- 훈련과 평가의 적합성을 보증하기 위한 CRM 교관/평가관 인증제도를 도입 추진

○ CRM 교육 및 평가도구 도입

- CRM은 교육뿐만 아니라 효과적인 실습과 측정이 필요함
- 인적요인과 CRM 향상을 위해 운항이 어떻게 이루어지고 있는지 파악할 수 있는 LOSA 또는 LSA 도입 근거 마련
- 인적요인으로 인해 발생한 사고, 준사고 또는 중요한 항공장애를 분석하여 항공종사자들과 관리자들이 활용할 수 있는 데이터베이스 구축

□ 항공 시스템 안전평가체계 구축 추진전략

○ 항공안전진단체계를 구축을 위한 요구사항

가. 전향적인(Proactive) 분석의 필요

- 개인 및 직무 수행에서의 변동성은 불가피하므로 효과적인 안전관리는 사고로 인한 사후 분석보다는 사전에 전향적인 분석이 필요함
- 이를 위해서 차세대 개념의 시스템 분석체계(FRAM, STAMP)의 신뢰성 및 타당성 높은 모형이 필요

나. 항공 관계자들의 안전 의식 조사와 안전 문화 정착의 필요

- 항공 조직 내 안전 문화 수립, 잠재되어 있는 안전문제 발견을 위한 공정문화(Just Culture) 정착을 위한 체계적이고 장기적인 계획 설립의 필요
- 안전향상을 위한 정보제공자에게는 면책과 감면이 고려되어야 함
- 의사결정 모형에 입각한 개인 및 조직의 책임 기준 수립

다. 레질리언스 개념 활용

- 시스템의 높은 회복력을 위해 모니터링 해야 될 레질리언스 기능요소 활용
- 주요 레질리언스 속성으로는 아래 표와 같음

레질리언스 속성	내용
강건성 (견고성/저항성/내구성)	어떠한 시스템이 기능이나 성능에 있어서 아무 손실 없이 외부 교란에 견디는 것
신속성 (회복성)	어느 시스템 상태가 외부 교란에 의해 손상되었을 경우 빠른 시간 안에 본래의 또는 원하는 상태로 회복할 수 있는 것
가외성 (대체성, 다양성)	시스템의 어느 한 요소가 실패하더라도 이에 기능적으로 대체 가능한 요소를 통해 피해를 최소화하는 것
상호연결성 (통합성, 연계성)	외부 교란에 대응하기 위해 시스템 요소들이 기능적/구조적으로 연계되어 상호 영향을 미치고 피드백 하는 것
자원동원성 (융통성)	시스템 문제를 정확히 진단하고 이에 적합한 물자, 재원, 정보, 기술, 인적 자원 등을 효율적으로 동원하는 것

수용성	시스템을 다양한 상호적아용을 가질 수 있는 요소들을 구성하여 시스템이 바람직한 상태로 지향할 수 있도록 하는 것
유연성 (모듈성)	외부 교란에 대응하는 다양한 시스템 요소들이 수평적 연계를 통해 그 변화에 따라 적절하게 대응할 수 있도록 하는 것
성찰성 (피드백)	시스템 상태의 긍정적/부정적 결과에 근거하여 시스템을 유지 및 적응하기 위한 요소간의 상호작용을 이해하는 것

표 31 레질리언스 속성

제 5 절 과제별 연차별 로드맵 및 성과활용방안

1. 연차별 로드맵

	1차년도				2차년도			
1. 인적요인 기반 항공사고 분석체계 개발	**기존 국내외 항공 사고분석 기술현황 분석과 사고분석체계 초안 개발**				**인적요인 기반 항공사고분석체계 개발과 시범운용을 통한 효용성 입증**			
세부과제	1	2	3	4	1	2	3	4
관련기관 의견수렴 및 해외 선진 사고분석체계 운영현황, 개선사항 조사								
항공 사고 자료 수집								
안전-2개념과 시스템 사고 분석체계의 검토와 융합								
항공사고분석체계의 초안 수립								
분석체계의 기본 구조 개념 설계								
시스템적 사고와 인적요인의 심층 분석 모형 개발								
사고 유형별 효과적인 안전 권고사항 도출 방안 설계								
분석제도 제안과 매뉴얼 개발								
국내 사고사례에 대한 시험 적용과 평가								
2. 인적오류관리 교육프로그램 개발 및 인증제도 도입	**인적요인 관련 기초 연구 데이터베이스 구축 및 자료 입력/승무원자원 관리 교관/평가관 교육, 인증 기준 수립**				**인적요인에 의한 사고 예방을 위한 제반 기준 제도화 및 프로그램 지원**			
세부과제	1	2	3	4	1	2	3	4
국내, 외 인적오류/CRM 관련 자료 수집 및 현황분석								
인적요인 관련 기초 연구 데이터베이스 구축 방안 수립								
국내, 외 승무원자원 관리 교관/평가관 인증 관련 제도, 규정 수집 및 분석								

승무원자원관리 교관/평가관 능력 요구 분석								
항공종사자 자격과 연계방안 검토								
LOSA(라인안전운항감사) 자료 수집 및 분석								
민/관/학 공동 연구체 구성을 통한 자료 공유 협의								
인적요인 관련 데이터베이스 구축 및 공유자료 입력								
승무원자원 관리 교관/평가관 교육 프로그램 개발								
인적오류 관리 교육프로그램 평가 방안 개발								
승무원자원 관리 교관/평가관 인증 기준 수립								
데이터베이스 자료 분석 및 항공사 협의에 의한 인적오류 관리 및 승무원 자원관리 프로그램 개발								
승무원자원 관리 교관/평가관 인증제도 도입 법제화 추진								
LOSA 전문기관 설립 기준 마련 및 활용지침 수립								
교육 운항 훈련 및 다른 교육과정과의 연계방안 검토								
3. 항공 시스템 안전평가체계 구축	**항공 조직의 안전향상을 위한 조직 레질리언스 현황 연구 및 분석**				**인적요인 기반 항공사고분석체계 분석절차 및 모형개발**			
세부과제	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**
조직 레질리언스 운영현황 조사								
레질리언스 기능요소 및 시스템 분석 도구 연구								
국내 항공 조직 위원회 운영 현황 조사								
항공분야 레질리언스 능력 평가 체계 개발								
항공 레질리언스 시스템 평가 시범과 검증								

표 32 연차별로드맵

2. 성과활용방안 및 기대효과

□ 본 연구를 통해 개발된 기술과 프로그램은 현행 항공사고분석에서의 미흡한 점을 보완하고 국내 항공사고분석체계 인적요인 분석의 기능을 향상시키는 데 이바지 할 것으로 예상됨.

- 대형 항공사고 발생 시 항공사고조사단 조직은 십여개의 그룹으로 구성되어야 하나 국내 실정으로는 한 조사관이 다수의 그룹장을 담당하며 NTSB가 대형사고 발생 시 인적요인 분야 전문가를 사고조사단에 투입하는 반면 국내에는 인적요인 분석이 미흡한 실정임.

- 본 과제의 수행으로 개발된 항공사고분석체계와 항공안전진단체계를 통해 항공사고분석의 문제점을 발견하고 인적요인 분석의 기능을 향상시키고 전문화의 기반 구축을 달성할 것으로 판단됨.

- 안전-2 개념을 도입한 사고분석체계의 활용으로 사후 사고 분석뿐만이 아닌 예방 차원의 체계의 수립이 예상됨.

□ 본 연구를 통해 국내 고유의 항공 인적요인 사고분석체계를 개발함으로써 기술의존 및 도입 필요성을 배제하여 경제적으로 기여할 것으로 기대됨.

- 제도화된 상태에서 규정된 사고분석체계의 1차적 사용자는 항공철도사고조사위원회이며 장애나 준사고의 경우 각 사업체에서 실시하는 것을 권장하고자 함.

□ 본 연구를 통해 승무원 자원관리(CRM)교육, 교관/평가관 훈련 및 평가 기준이 수립되고 인증제도가 도입됨으로써 국내 항공종사자들의 인적요인에 대한 인식 및 안전도를 향상시킴으로써 항공 분야 전체의 항공안전도가 제고될 것으로 기대됨.

- 현재 국내 항공 사고의 대부분이 인적요인에 의해 발생하고 있으나 이를 방지하기 위한 인적요인 교육에 대한 평가와 기준이 명확하지 않은 실정임

- 항공사별 교육과 평가를 하고 있는 경우도 있으나 항공안전을 위해 전 항공사가 표준화된 훈련 및 평가 기준을 적용할 필요가 있다고 판단됨.

□ 더불어 인적요인에 대한 이해와 CRM 적용 저변확대를 위한 기본 교재를 개발함으로써 정확하고 효과적인 인적요인 교육이 대학에서부터 이루어지게 하여 사회적 교육 비용을 절감할 수 있을 것이라 기대됨.

□ 항공안전진단체계를 활용하여 국내 항공조직 시스템의 문제점을 파악하여 항공 분야에서의 인적오류를 감소시키기 위한 운영관리에 활용할 수 있을 것이라 기대됨.

제 6 절 연구수행체계 제안

□ 연구진 구성시 주관연구기관, 공동연구기관은 과제 시점부터 종료시까지 동일 기관이 연구를 수행하도록 하며, 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율을 지양하고 반드시 필요한 기관으로만 구성할 것임

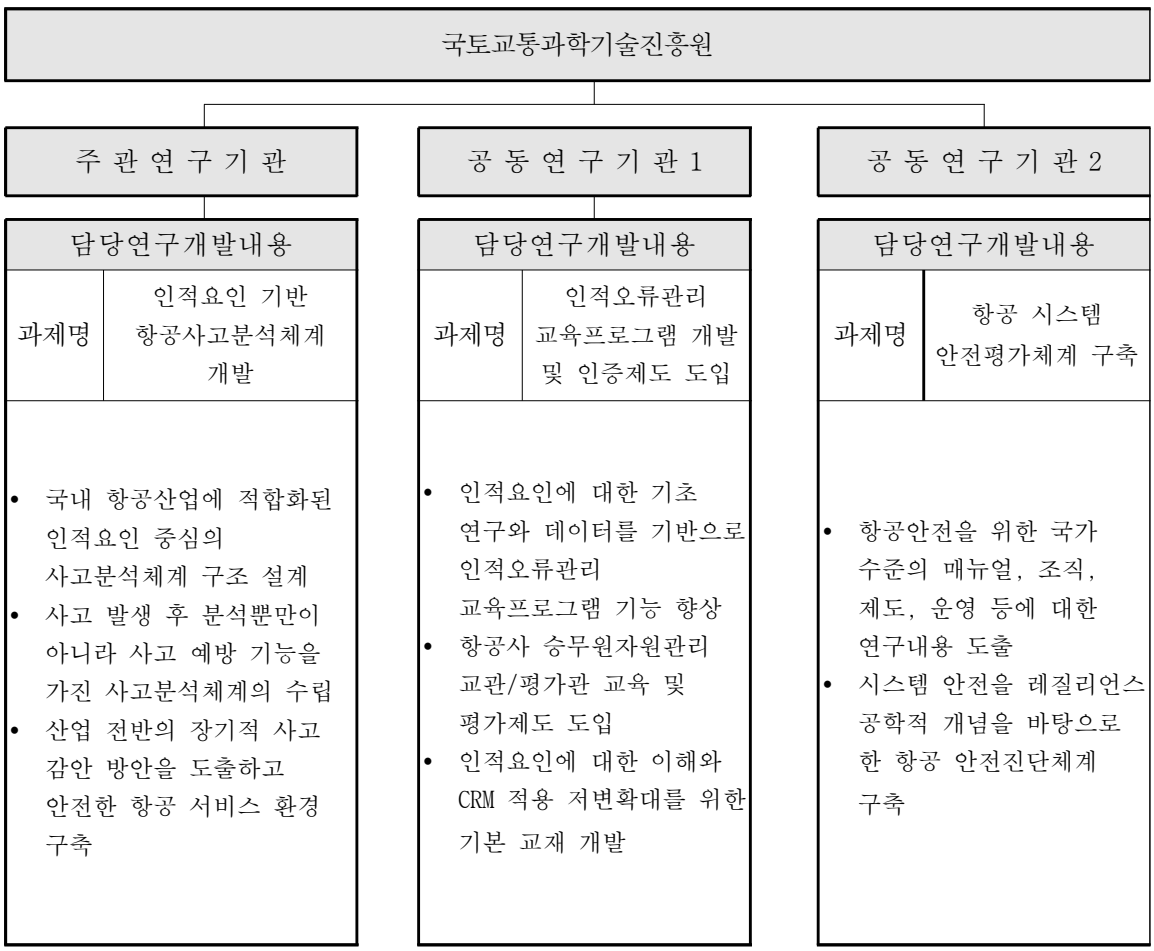


표 33 연구수행체계 제안

제 5 장 사전타당성 검토

제 1 절 정책적 타당성

□ 항공 산업과 같은 대형 시스템 사고는 엄청난 인명과 재산상의 손해를 초래하며, 대형 사고의 상당수는 인적요인이 개입된 것으로 조사되었고 재발을 방지하기 위해서는 국내 실정에 인적요인 관련 체계에 대한 국가적 지원이 필수적임.

□ 항공사고철도조사위원회의 경우 사고조사 인력 부족과 사고조사 역량 미달, 인적요인에 관한 사고조사체계의 미흡으로 인해 사고조사에 어려움을 겪고 있으며 이를 해결하는 것이 시급함.

- 사고분석의 방법은 사고의 이해 또는 사고모형론과 직격되며 이는 1930년 대 이래 몇 단계의 변천을 겪어 왔음. 현재 세계적으로 실용화 된 것은 대체로 3세대이며 선도적 연구자들의 의해 4세대에 들어서고 있음.
- 현재 국내 항공사고분석의 방법은 제 2세대에 머물고 있다고 사료되며 동 시기를 놓칠 경우 복잡한 항공 시스템에서 발생하는 안전사고를 제대로 설명할 수 없는 상황이 발생할 수 있음.

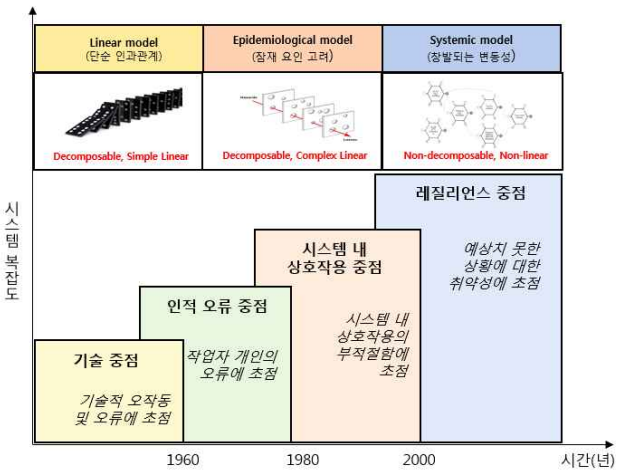


그림 71 안전 패러다임 및 사고 분석 관점의 변천

- 「항공·철도 사고조사에 관한 법률」은 제 5조(위원회의 업무)에서 위원회가 사고조사, 사고조사보고서의 작성·의결 및 공표, 안전권고, 사고조사에 필요한 조사·연구, 사고 조사 관련 연구·교육기관의 지정 등을 수행하는 것으로 규정하

고 있으나, 현재 위원회의 역량은 사고조사 및 사고조사보고서의 작성·의결 및 수행만으로도 한계에 도달한 상황임.

□ CRM 교육과 평가 체계는 표준화되어 있지 않아 중요성에 비해 적절하게 수행되지 못하고 있으며 이로 인해 현실적으로 CRM 교육이 제대로 이루어지고 있는지와 각 개인의 CRM 능력 파악이 힘든 실정임.

□ 또한, 2010년에 수립된'제1차 항공정책기본계획'에서는 '사전 예방적 안전관리' 전략의 국내에 맞는 고유 안전모델 개발을 추진전략으로 내세웠으며, 인적요인 관련 사고분석과 CRM 교육, 평가의 체계화를 목표로 함에 따라, 사고 발생 전 다수의 전조현상(사고징후)에 대한 구체적 정보 수집·분석이 필요하며 새롭게 수요가 증가하고 있는 소형 무인항공기, 초경량비행장치 안전에 대한 정부의 관심이 높아지고 있음.

□ 따라서 정부의 항공정책기본계획의 취지에 부합하며, 인적요인 사고분석체계, CRM 교육, 평가 체계의 표준화를 위해서는 제도적 지원을 포함한 국토부의 유·무형의 지원이 필요함.

제 2 절 기술적 타당성

□ 본 과제를 통해 구축된 '인적요인에 의한 항공사고 저감을 위한 시스템'은 우리나라 항공안전분야 기술자립을 도모함과 동시에 국내 실정에 적합한 인적요인 사고분석체계, CRM 교육, 평가 체계, 레질리언스 평가체계의 수립을 가능하게 함.

- 표준화된 체계가 존재하지 않아 시스템이 구축될 시 기술 자립국으로 변모 가능.
- 구축된 시스템의 핵심기술은 인적요인 관련연구, 작업자의 인지모형, 시스템 안전도 평가에도 적용 및 응용이 가능하며 관련분야 기술 발전에 기여할 수 있음.
- 인적요인에 의한 항공사고 저감을 위한 시스템의 응용분야를 요약하면 아래 표와 같음.

구분	활용방안
- **인적요인 관련 연구에 활용 (Human Factor)**	- 사고와 관계된 인적요인요소 분류 및 관련 분야에 활용 가능 - 관제사 인적요인 관리 시스템 분석에 활용 가능 - 인적오류 분석을 위한 관리적 기법에 활용 가능
- **작업자의 인지모형에 활용 (Cognitive Model)**	- 인적오류에 대한 대응 방안을 마련하기 위해 의사결정과정 자체를 가깝게 모사하고 설명할 수 있는 모형을 만들어내는 개념적 인지 모형(Conceptual Cognitive Model)의 개발에 활용 가능 - 작업자에 대한 시뮬레이션 모형(Simulation Model)의 개발에 활용 가능
- **시스템 안전도 평가에 활용 (System Safety Evaluation)**	- 항공 산업뿐만 아니라 도로교통, 수자원 등 다양한 산업 분야의 시스템 안전도 평가에 활용 가능

표 34 인적요인에 의한 항공사고 저감 시트템의 활용방안

□ 주요 핵심기술의 확보 및 체계화로 시스템 구축 및 운영 유지가 가능하며 이용자들의 요구사항에 적절히 대처할 수 있음.

□ 본 과제를 통해 확보된 '인적요인에 의한 항공사고 저감을 위한 시스템'은 공항을 포함한 다중이용시설 및 공공기관 등 타 사업에도 실제적인 적용이 가능하여 활용 가능성이 다양함.

□ 현재 국내의 사고분석체계, CRM교육·평가체계는 일정수준은 확보되어 있지만 표준화되어 있지 않음. 선진화된 국외의 기술·체계들은 표준화되어 있기에 국내 실정에 맞는 체계를 개발하기 위해서는 선진국의 기술·체계들을 받아들일 필요성이 있음.

제 3 절 경제적 타당성

□ 연구개발 성과물인 인적요인 사고분석체계, CRM 교육·평가 체계의 확립을 통한 '인적요인에 의한 항공사고 저감을 위한 시스템'은 항공사고에 연관된 인적요인을 분석하고 사고율을 저감시키는 효과를 가져와 향후 사고로 인한 인명피해, 피해액수를 감소시켜 경제적 이윤을 창출 할 수 있다고 판단됨.

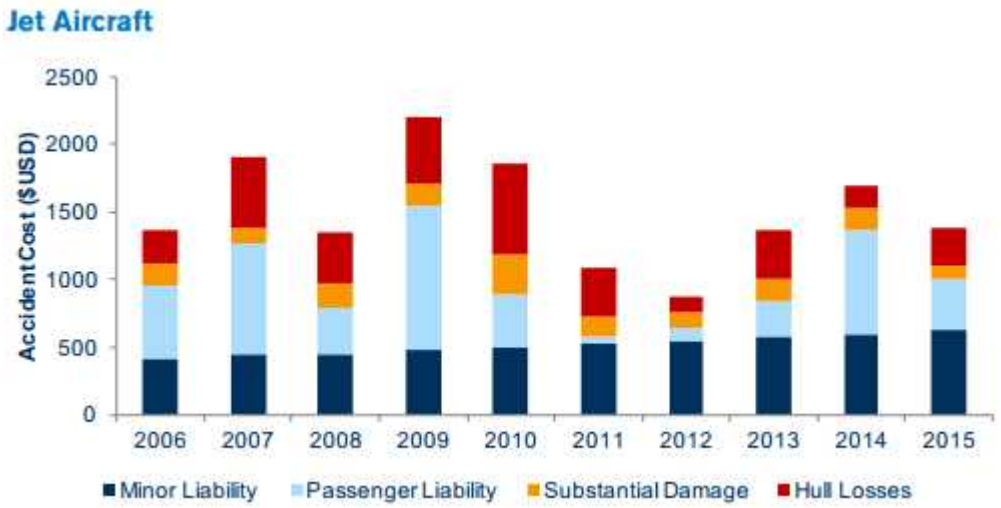


그림 72 항공사고 비용(2006 ~ 2016)
(자료출처 : IATA SAFETY REPORT 2015, 단위: $M)

- 2006년부터 2015년까지 제트 항공기 사고 비용을 살펴보면 세계적으로 매년 약 1,500M$(1조 6,800억)에 해당됨. 한국도 주요 항공국의 하나로서 그 비용의 일정한 부분이 한국 항공사와 공항에서 발생할 것으로 예상할 필요가 있음. 아시아 214편의 샌프란시스코 사고가 있었던 2013년의 항공사고비용은 2,770억원으로 집계됨.
- 항공기 사고의 약 60%가 인적오류에 의한 사고이며, 인전오류의 확률 증대요인을 체계적으로 찾아 억제하는 것이 사고 저감을 위한 가장 효과적인 방법임을 고려할 때 과학적인 인적오류분석체계로 인한 사고 비용 저감은 막대할 것으로 판단됨.

□ 기획 단계부터 연구 수행단계까지 국토부 및 항공철도조사위원회 등 활용부처와의 유기적인 연계를 통해 진행, 과제 종료 후 즉시 활용 가능하게 하며, 빠른 시일 내에 제도화함으로써 인적요인에 의한 항공사고 저감 효과를 단기간에 성

취하고자 함.

□ 본 연구개발 결과로 확보된 국내 실정에 적합한 항공사고 분석체계는 군소항공사를 포함한 국적 항공사에 보편적으로 적용되어 한국의 교통, 공항, 문화 상왕을 반영하는 안전경험을 축적하여 전체적인 사고 저감과 함께 안전문화 향상에 도움이 될 것으로 기대함.

제 6 장 인력투입계획 및 소요예산 산정

제 1 절 연구일정에 따른 인력투입계획

1. 전체 사업 인력투입계획

(단위 : 명)

세부항목	1차년도	2차년도	소계
책임연구원	4	5	9
연구원	6	8	14
연주보조원	12	14	26
보조원	0	0	0
합계	22	27	49

2. 인건비 산정기준 (작성원칙)

- 해당과제 참여연구원의 인건비 산정을 목적으로 기획재정부 고시 2016년 학술 연구용역 인건비 단가를 참여율 30% 기준으로 적용하였음

등급	월 임금('15)	월 임금('16)	본 기획연구 적용단가	
			참여율 30% 기준('16)	1년 인건비 단가
책임연구원	월 3,058,029원	월 3,079,345원	약 월 1,800 천원	년 21.6백만 원
연구원	월 2,344,854원	월 2,361,268원	약 월 1,400 천원	년 16.8백만 원
보조연구원	월 1,567,457원	월 1,578,429원	약 월 900 천원	년 10.8백만 원
보조원	월 1,175,633원	월 1,183,862원	약 월 700 천원	년 8.4백만 원

- 본 인건비 기준단가는 1개월을 22일로 하여 용역 참여율 50%로 산정한 것이며 용역 참여율을 달리하는 경우에는 기준단가를 증감시킬 수 있음

- 본 기획연구실 적용 참여율은 30%로 산정함

- 상기단가는 2016년도 기준단가로 계약예규 「예정가격 작성기준」 제26조 제2항에 따라 소비자물가 상승률(2015년 0.7%)을 반영한 단가이며, 소수점 첫째자리에서 반올림한 금액임

제 2 절 소요예산 산정

1. 세부 소요예산

[단 위 : 천 원]

비 목			1차년도	2차년도	합계	구성비(%)
인건비	내/외부인건비		316,800	393,600	710,400	52.49
직접비	연구장비 재료비	연구기자재 및 시설비	34,000	25,000	59,000	4.36
		시제품 제작비	15,000	90,000	105,000	7.76
	연구 활동비	여비	25,344	31,488	56,832	4.20
		수용비 및 수수료	25,344	31,488	56,832	4.20
		기술정보 활동비	22,176	25,344	49,728	3.67
		전문가 활용비	30,000	30,000	90,000	6.65
	연구수당		63,360	78,720	142,080	10.50
간접비			112,479	150,461	270,670	20.00
합계			562,397	752,304	1,353,350	100

□ 연구개발 목표 및 일정

[단 위 : 천 원]

연차구분	연구개발목표	연구개발 상세내용 & 범위	연구비
1차년도 (12개월)	기본설계	○ 관련기관 의견수렴 및 해외 선진 사고분석체계 운영현황, 개선사항 조사 ○ 안전-2개념과 시스템 사고분석체계의 검토와 융합 ○ 항공사고분석체계의 초안 수립 ○ 국내, 외 인적오류/CRM 관련 자료 수집 및 현황분석 ○ 인적요인 관련 기초 연구 데이터베이스 구축 방안 수립 ○ 국내, 외 승무원자원 관리 교관/평가관 인증 관련 제도, 규정 수집 및 분석 ○ 승무원자원관리 교관/평가관 능력 요구 분석 ○ 항공종사자 자격 시험과의 연계방안 검토 ○ LOSA(라인안전운항감사) 자료 수집 및 분석 ○ 조직 레질리언스 운영현황 조사 ○ 레질리언스 기능요소 및 시스템 분석 도구 연구	562,397
2차년도 (12개월)	기능설계 및 프로그램, 체계 제작 시범운용 및 효용성 평가	○ 분석체계의 기본 구조 개념설계 ○ 시스템적 사고와 인적요인의 심층 분석 모형 개발 ○ 사고 유형별 효과적인 안전 권고사항 도출 방안 설계 ○ 분석체계의 기본 구조 설계 ○ 국내 사고사례에 대한 시험 적용과 평가 ○ 민/관/학 공동 연구체 구성을 통한 자료 공유 협의 ○ 인적요인 관련 데이터베이스 구축 ○ 공유 자료 입력 ○ 승무원자원 관리 교관/평가관 교육 프로그램 개발 ○ 승무원자원 관리 교관/평가관 인증 기준 수립 ○ 국내 항공 조직 위원회 운영 현황 조사 ○ 국내 항공조사위원회의 현황 분석 후 발전방안 도출 ○ 분석제도 제안과 매뉴얼 개발 ○ 데이터베이스 자료 분석 및 항공사 협의에 의한 인적오류 관리 및 승무원 자원관리 프로그램 개발 ○ 인적오류관리 교육 프로그램 평가영역 항목 개발 ○ 승무원자원 관리 교관/평가관 인증제도 도입 법제화 추진 ○ 라인안전운항감사(LOSA) 실행 지침서 발간 ○ 교육 운항 훈련 및 다른 교육과정과의 연계방안 검토자료 ○ CRM, Just Culture의 교육 및 교육 수행결과 지원	752,304
개발기간	24개월(2년)	총 개발비	1,353,350

□ 인건비 기준표

등급	월 임금(‘15)	월 임금(‘16)	본 기획연구 적용단가	
			참여율 30% 기준(‘16)	1년 인건비 단가
책임연구원	월 3,058,029원	월 3,079,345원	약 월 1,800 천원	년 21.6백만 원
연구원	월 2,344,854원	월 2,361,268원	약 월 1,400 천원	년 16.8백만 원
보조연구원	월 1,567,457원	월 1,578,429원	약 월 900 천원	년 10.8백만 원
보조원	월 1,175,633원	월 1,183,862원	약 월 700 천원	년 8.4백만 원

□ 인건비 집계표

[단 위 : 천 원]

주요활동	1차년도	2차년도	합계
주관연구기관 (인적요인 기반 항공사고분석체계 개발)	120,000	147,600	267,600
공동연구기관1 (인적오류관리 교육프로그램 개발 및 인증제도 도입)	98,400	147,600	246,000
공동연구기관2 (항공시스템 안전평가체계 구축)	98,400	98,400	196,800
총합	316,800	393,600	710,400

□ 연구시설 및 장비비

- 연구시설 및 장비비 산출표

[단 위 : 천 원]

구 분	1차년도	2차년도	합계(천원)
비 용	34,000	25,000	59,000

- 연구시설 및 장비비 산출내역

주요활동	연차	장비	단가	회수 (수량,건)	비용(천원)	합계
체계 분석 테스트베드 구축	1차	데스크탑 컴퓨터 및 주변기기	2,000	7	14,000	40,500
		시스템 테스트베드 서버	10,000	1	10,000	
		테스트베드서버 PC	4,000	1	4,000	
	2차	사고분석체계 테스트베드 서버	1,500	1	1,500	
		사고분석체계 테스트베드 노트북	1,500	2	3,000	
		사고분석체계 테스트베드 서버 PC	4,000	2	8,000	
프로그램 개발 테스트베드 구축	1차	데스크탑 컴퓨터 및 주변기기	2,000	3	6,000	18,500
	2차	교육프로그램 테스트베드 서버	1,500	1	1,500	
		교육프로그램 테스트베드 노트북	1,500	2	3,000	
		교육프로그램 테스트베드 서버 PC	4,000	2	8,000	

□ 시제품 제작비

- 시제품 제작비 산출표

[단 위 : 천 원]

구 분	1차년도	2차년도	합계(천원)
비 용	15,000	90,000	105,000

- 시제품 제작비 산출내역 (1천만원 이상 시제품 제작)

[단 위 : 천 원]

주요활동	연차	시제품명	주요 기능	비용(원)	합계
주관연구기관 (인적요인 기반 항공사고분석체계 개발)	1차	사고분석체계 기본설계	○ 항공 자료 수집 법제화 인증서	15,000	55,000
	2차	사고분석체계 개발 및 시범운용, 효용성 평가	○ 사고분석체계 성능 시험 절차서 ○ 사고분석체계 운용절차서 ○ 사고분석체계 제작 ○ 신뢰성 시험 절차서 ○ 체계 운용시험 및 결과분석 ○ 보완사항 도출 및 보완 설계 ○ 시범운용 시험절차서 ○ 사고분석체계 각종 매뉴얼 ○ 국제 공인인증	40,000	
공동연구기관1 (인적오류관리 교육프로그램 개발 및 인증제도 도입)	1차	교육프로그램 기본설계	–	–	30,000
	2차	데이터베이스 구축 교육프로그램 설계 및 인증제도 법제화 추진	○ 승무원 자원관리/ 교관 평가서 교육 프로그램 데이터 흐름도 설계 ○ 교육프로그램 인터페이스 설계 ○ 교육프로그램 상세매뉴얼 작성 ○ 승무원 자원관리 교관/평가서 교육 프로그램 제작 ○ 승무원 자원 관리 교관/평가서 교육 프로그램 제작· 성능 시험 절차서 ○ 인증제도 법제화 인증서	30,000	
공동연구기관2 (항공시스템 안전평가체계 구축)	1차	항공안전진단체계 기본설계	–	–	20,000
	2차	항공안전진단체계 설계 및 개발	○ 항공안전진단체계 성능 시험 절차서 ○ 항공안전진단체계 운용절차서 ○ 항공안전진단체계 제작 ○ 체계 운용시험 및 결과분석 ○ 보완사항 도출 및 보완 설계 ○ 항공안전진단체계 각종 매뉴얼	20,000	

□ 여비 산출표

구 분	인건비(천원)	비율 (기준금액이하로 비율설정)	합계(천원)
1차년도	316,800	8%	25,344
2차년도	393,600	8%	31,488
합계			56.832

□ 수용비 및 수수료 산출표

구 분	인건비(천원)	비율 (기준금액이하로 비율설정)	합계(천원)
1차년도	316,800	8%	25,344
2차년도	393,600	8%	31,488
합계			56.832

□ 기술정보활동비 산출표

구 분	인건비(천원)	비율 (기준금액이하로 비율설정)	합계(천원)
1차년도	316,800	7%	22,176
2차년도	393,600	7%	25,344
합계			49,728

□ 연구수당 산출표

구 분	인건비(천원)	비율 (기준금액이하로 비율설정)	합계(천원)
1차년도	316,800	20%	63,360
2차년도	393,600	20%	78,720
합계			142,080

□ 전문가활용비

구 분	1차년도	2차년도	3차년도	합계(천원)
비 용	30,000	30,000	30,000	90,000

제 7 장 과제제안서

제 1 절 제안요구서(RFP)

연구개발과제명	항공 인적요인 사고의 저감을 위한 사고분석 기법과 훈련 및 안전 평가 체계

1. 연구개발목표

□ 인적요인에 의한 항공사고의 장기적 저감을 위한 분석-훈련-평가 시스템의 구축

- 인지공학적 선진형 항공사고분석기법과 운용 체계 개발
- 인적오류관리 교육프로그램 개발 및 수준 보증 방안 연구
- 시스템 안전을 위한 종합적 레질리언스 평가체계 개발

2. 연구개발의 필요성 및 기술동향

□ 연구개발 필요성

□ 항공기 사고의 절대빈도 감소에도 불구하고 인적요인은 사고 원인의 70~80%를 점하고 있으며, 최근 인적자원관리를 위시한 조직 문제 역시 주요 난제로 대두되고 있음.

□최근 10년(2004년 ~ 2014년)간 국내 항공사고 발생현황도 인적요인에 의한 사고율이 중복을 제외하고도 전체의 62.1%를 차지하고 있어 인적요인에 대한 사고분석, 진단, 훈련, 평가 방안을 개발하고 시행하는 것이 시급함.

□ **인지공학적 선진형 항공사고분석기법과 운용 체계 개발의 필요성**

- 사고분석 방법은 1930년대 이래 몇 단계의 변천을 겪어 왔으며 현재는 시스템의 다양한 수준과 요소들을 고려하여 사고분석을 실시하는 4세대에 들어서고 있음
- 국내 항공 사고 분석은 해외에서 2000년 이후 세계적으로 많이 쓰이고 있는 HFACS도 조직적으로 정착되어 있지 않은 상황이며 사고 분석의 수준도 사고 분석에 머무를 뿐 사고 예방 차원의 체계로 발전되지 못하고 있음. 이에는 사고 분석 과정에서 인적요인 전문가의 부재, 사고분석체계의 표준화와 교육 부재 등 여러 가지 문제점이 존재함
- 항공사고에서 인적요인을 다층적으로 찾아내기 위해서는 최근 패러

다임 변화추세에 맞고 인지공학에 기반한 합리적이고 포괄적인 사고모형에 입각한 표준적 분석기법이 필요함. 또한 국가적으로 공통된 항공사고분석체계와 제도가 필요함

□ **인적오류관리 교육프로그램 개발 및 수준 보증 방안 연구의 필요성**

- 항공시스템에서 인적오류관리를 위한 CRM은 조종실에 안전한 승무원 행동을 효과적으로 접목할 수 있는 방법으로 현재 6세대까지 개발되어 있으며 해외에서는 이를 중요시해 CRM 교육, 교관 평가에 대한 채용 기준과 훈련 및 평가에 대한 기준을 명확히 제시하고 있음
- 이에 비해 국내 CRM은 평가 세부 항목이 없으며 교관은 지상교육 교관 자격으로 되어 있어 중요성에 비해 훈련이나 평가가 적절하게 수행되기 어려움
- CRM 교육의 평가 역시 표준화되어 있지 않으며 실제 CRM 교육에 대한 검증이나 각 개인의 CRM 능력 파악이 힘든 상황. 또한 항공 분야에서 인적요인 대한 기초 연구와 교재가 부족한 실정으로 교육/훈련이나 정책 결정 시 활용할 수 있는 자료가 부족함
- CRM 훈련 및 프로그램은 인적 오류를 제어하는 가장 중요한 수단으로서 인지공학적으로 설계된 교육과 훈련이 필요하며 이를 위한 교재와 표준적 훈련과정이 구체화되어야 함. 또한 훈련의 실행히 형식화되지 않도록 훈련교관의 능력과 훈련과정에 대한 수준 관리가 반드시 필요함

□ **시스템 안전을 위한 종합적 레질리언스 평가체계 개발의 필요성**

- 시스템 안전의 문제는 점차 시스템의 복잡화, 사회 기술적 문제의 부상으로 패러다임 변화를 겪고 있으며, 대표적인 복합 시스템인 항공시스템에서 특히 이러한 요구가 두드러지고 있음
- 이러한 패러다임의 방법론으로 레질리언스공학이 제시되고 있으며 시스템 전체의 안전유지 상호관계에 입각하여 안전 상태를 진단할 수 있는 평가 방법론의 필요성이 대두됨
- 이를 위해 국내의 안전조직의 구조와 적용되고 있는 안전 개념, 그리고 조직 경험을 수집, 분석하고, 이를 토대로 레질리언스적 견지에서 시스템 안전을 증진하고 유지할 체계가 필요함.

□ 기술동향

□ 인적요인 사고분석체계

- 항공사고에서 인적오류의 중요성은 오래된 주제이며 Shappell, Wiegmann, O'Hare, Senders, Moray 등 많은 전문가들이 항공사고분석 연구를 행해옴

- 기존에 적용되어 온 항공 인적요인 사고분석체계로는 SHELL, HFACS, TRACEr 등이 있으며 이를 통해 항공사의 운항조직, 정비, 객실, 지상직원들의 인적요인을 파악하고 대책을 마련하는 방법으로 사용되고 있음

- 국내 원자력 분야에서는 K-HPES가 활용되고 있고, 철도 분야에서는 HEAR가 개발되어 있음

- 국내 항공 사고 조사에서는 인적요인 분석 방법으로는 SHELL 모델과 James Reason의 치즈이론을 기본 모델로 하여 분류한 모델을 사용하고 있으며 표준적 인적요인 기반 분석체계는 존재하지 않음

□ 인적오류관리 교육훈련프로그램 및 인증제도

- 승무원 자원 관리(CRM) 훈련은 인적, 물적, 정보 등 모든 자원을 효과적으로 활용하여 비행안전을 증진시키며 CRM 훈련은 인간과 시스템의 에러에 대한 각성을 증진시키고 사람의 노력을 최소화할 수 있는 기술과 기법을 제공함.

- 미국, 유럽 등 해외에서는 이를 중요시해 CRM 교육, 교관 평가에 대한 채용 기준과 훈련 및 평가에 대한 기준을 명확히 제시하고 있음.

- 이에 비해 국내 국토교통부 운항기술기준에는 CRM 교관 선발 기준이 없으며 필수 교육 기준 역시 없는 상태로 각 항공사별로 내규를 정하여 선발하고 있기에 전문성 확보가 어려운 상황.

- 또한 교관들이 초기 및 정기 CRM 교육 프로그램 개발 및 교육에만 교관들이 투입되고 있어 인적요인과 CRM에 대한 연구 여건이 좋지 않으며 LCC 항공사들은 인원 부족과 경영 여건으로 법적 요구량 충족 수준에 머물러 있는 상황.

- ICAO는 항공기 전손사고와 사망사고를 감소, 훈련의 정도를 측정 평가 하도록 EBT를 개발하여 회원국들이 실행하게 하였지만 국내 대부분의 항공사들이 EBT를 실행하고 있지 못하는 실정.

- 대부분 실제 비행훈련과 CRM훈련은 별개로 이루어지고 있어, 비행훈련에서 CRM의 실질적인 훈련과 적용은 대체로 이루어 지지 않는 실정

□ **레질리언스 공학과 시스템 사고 분석 모델**

- 최초 원인으로부터 촉발된 인과관계의 사슬이 사고로 이어진다는 성형적 분석을 바탕으로 하는 안전-1 개념과 이를 바탕으로 한 모델(도미노모델, 스위스 치즈 모델)들은 시스템이 점점 복잡해지며 비선형적으로 변화하면서 발생하는 사고와 시스템에 대한 충분한 설명력을 가지지 못하게 됨
- 따라서 사고나 실패에 관계없이 시스템의 모든 요소의 변동성과 그 상호관계를 분석하는 '안전-2'개념을 도입하게 되었고 시스템의 레질리언스 공학(회복탄력성 또는 적응성)을 가장 중요한 개념으로 여겨 이를 강화하기 위한 조직적 문제, 문화적 문제에 초점을 기울이고 있음
- 시스템의 기능 유지를 안전의 핵심으로 해석하는 레질리언스의 개념에 대하여 여러 전문가들이 다양한 측면으로 접근을 시도하였으며 Erik Hollnagel은 공학적으로, David Woods는 과학적으로 Sidney Dekker는 문화적, John Wreathall은 경영적으로 접근을 하였음
- 시스템적 사고 모형인 FRAM과 STAMP는 시스템의 정상운영을 토대로 사고를 분석하며, 또한 평시 시스템의 안전진단에도 사용될 수 있으므로 도입 검토가 필요함.

3. 연구개발내용

□ **인지공학적 선진형 항공사고분석기법과 운용 체계 개발**

○ 국제적 항공 사고분석 기술현황 분석과 요건 수립

- 철도·항공 사고조사위원회의 기술현황과 현업 종사자의 의견 수렴 및 선진국 사고분석체계 운영현황 분석 및 개선사항 도출
- 안전-2개념이 반영된 시스템 사고분석체계의 요건 도출 및 새로운 사고분석체계(FRAM, Accimap, STAMP)등의 적용현황과 경험 수집 분석

○ 인적요인 기반 선진형 항공사고분석체계 수립과 검증

- 분석체계의 기본 구조와 과정 설계 (국내 항공 산업에 적합한 사건경위분석, 인적오류분석, 영향요인발견, 상황인지분석, 원인상황분석 등)
- 시스템적 사고와 인적요인의 심층 분석 모형 개발(인적오류 및 위험영향요인 발견 및 분류체계 수립, 변동성 평가 방법 수립)
- 사고 유형별 위험요소 평가 및 안전 권고사항 도출 방안 설계
- 국내 항공사고 자료 수집을 위한 장치(항공법률, 제도, 규칙 개정안 등) 마련 및 입법 지원

- 기존 국내 사건·사고를 대상으로 개발된 체계를 적용 평가하여 그 실효성과 가능성을 평가
- 대형항공사와 저가항공사의 사례에 각각 적용하여 특수성 흡수

○ 사고분석의 지원
- 분석제도 제안과 매뉴얼 개발(인적요인 사고분석체계 현업 적용 기준 방안 및 관련 제도 요건 연구 제시, 분석자 매뉴얼 작성)
- 기존 국내 사고와 사건 사례들을 대상으로 개발된 체계를 적용 분석하여 그 실효성과 가능성을 평가

□ 인적오류관리 교육프로그램 개발 및 수준 보증 방안 연구

○ 인적오류관리 교육프로그램 기능 향상
- 민/관/학 공동 연구체 구성 방안을 수립하고자 전문가 초청 설명회 개최
- 항공 준사고 이상 인적요인 분석 자료 입력을 위한 인적요인 관련 기초 연구 데이터베이스 구축
- LCC 인적오류 관리 및 승무원 자원관리 프로그램 개발
- 국내 LOSA 적용 사례 장단점 분석 및 전 항공사 적용 방안을 검토하여 LOSA(라인안전운항감사)실행 지침서 제작 및 증진활동 연구
- 인적오류관리 교육 프로그램 평가영역 항목 개발 및 타당성 검증

○ 항공사 승무원자원관리 교관/평가관 교육 및 평가제도 도입
- 국내외 CRM 교관/평가의 현황을 파악하고 승무원지원관리 교관 및 평가관에 대한 국가 인증제도 수립
- 승무원자원관리 교관/평가관 능력 표준 수립

○인적요인에 대한 이해와 CRM 적용 저변확대를 위한 기준 및 활용지침 마련
- 교통안전공단의 항공종사자 자격 시험과 연계방안 검토
- 국내 LOSA 전문 기관설립 인가 및 운영 기준 법제화
- 라인안전운항감사(LOSA) 실행 지침서 발간
- 교육 운항 훈련(LOSA, FOQA 등) 및 조종사 교육 외 다른 교육과정(항공정비사, 운항관리사, 객실승무원 교육 등)과의 연계방안 검토

□ **항공 시스템 안전을 위한 종합적 레질리언스 평가체계 개발**

○ 항공 조직의 안전향상을 위한 조직 레질리언스 평가체계

- 국내조직 레질리언스 운영과 능력 현황 조사 (대형 및 중소형 항공사, 관제, 정비)
- 항공 조직의 안전 선진화를 위한 레질리언스 기능요소 분석연구
- 항공 분야 레질리언스 능력의 실무적 평가 방법론 개발과 제도 연구
- 시스템적 안전평가 분석 도구 (FRAM, RAG 등에 준하는) 개발

○ 항공 레질리언스 안전진단시스템 개발

- 항공사 등을 대상으로 레질리언스 평가를 실시하고 시범적으로 적용하여 체계 검증하고 관련정책제도에 대한 제언

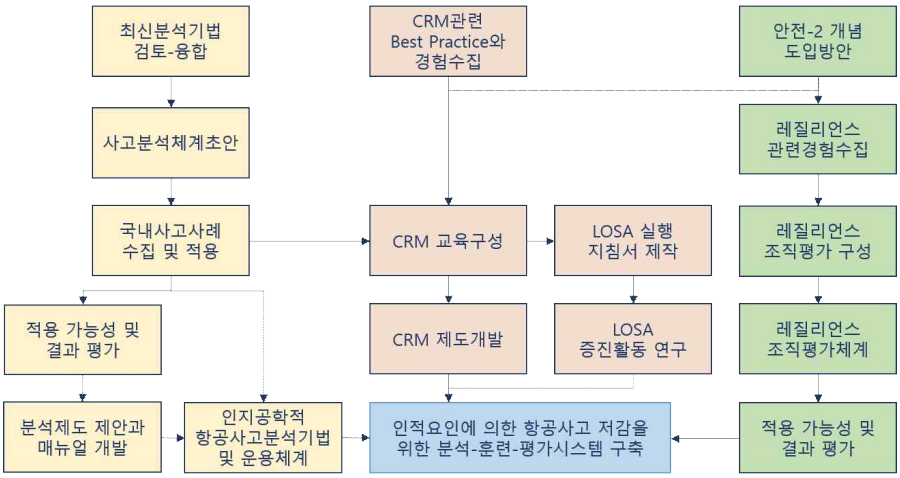


그림 73 연구개발과제 로드맵

4. 연구개발 추진방법

□ **기술정보 수집 및 전문가 확보 추진전략**

○ 국내 원자력, 철도 인적요인 관리체계 등의 기존 사고분석체계 과제, 조직 안전문화 등에 대한 문헌 조사를 통한 국내 안전관련 현황자료 확보

○ 각 항공사, 항공철도조사위원회, 항공교통안전기관, 항공교육기관 등에 분포된 국내 항공 시스템 안전 문제를 담당해온 경험자 및 담당자들로 지속적인 협력관계를 구축하여 항공장애, 이벤트 등 우리나라 상황

에서의 실제적 경험지식을 흡수 활용

○ 항공 종사자의 설문조사 (교육훈련, 조작 및 대처 프로시져, 조종 및 관제의 인지적 조직적 환경 조사)와 사고현장 분석자의 요구사항 수집 등을 통하여 실무적으로 효용이 극대화된 개선 체계 도출.

○ 패러다임 변화에 부응하여 이론적으로 다양화되고 있는 항공 인적오류 분석 기법의 비교 분석 취합을 위한 해외 선도 안전 전문가와 긴밀한 협력 체계 구축

○ 인적오류관리 교육프로그램 개발 및 인증제도를 위해 승무원자원관리(CRM) 교육 경험자, 인지공학적 인적실수 저감을 위한 교육훈련 전문가 및 항공인적요인 관련 학회 등을 망라하는 연구 협력 체계 구축

○ 연구 과정의 랜드마크 형성과 전문가 국내외 전문가 초청 기술 검토 및 세미나 개최

□ 인지공학적 선진형 항공사고분석기법과 운용 체계 개발 추진전략

○ 항공사고 분석 체계 + 제도 개발의 요구 사항

- 분석의 포괄성 확보. 직접적 요인 뿐 아니라 Blunt End의 요인과 함께 상호작용적 변동성의 문제를 지적할 수 있어야 하며 인지·행동·조직·문화수준을 포함할 수 있어야 함.
- 인적요인에 대한 하인드사이트와 주관적 판단에 의존하지 않는 체계적이고 객관화된 방법으로 원인과 위험요인 규명 (시스템적 사고모형의 필요)
- 사고분석으로부터 최대한의 시스템 검토효과를 수확하기 위해 시스템 개념과 안전-2 개념의 적용
- 대응-개선 방안의 체계적 도출
  (상황인지 포인트 설정, 댐핑 기능의 필요, 기능 모니터링, 비상 개입 설계 등의 요구 등)
- 대응의 필요성, 효과성과 긴급성이 도출될 것
- 사회 여론 및 정부 감독과 조사 독립성의 문제를 고려한 제도적 연구 포함
- 사고 조사 자료를 위한 국내 항공사와의 협력을 위해 장치(항공법률, 제도, 규칙개정안 등)가 마련되어야 함

○ 인적요인 사고분석체계의 기술적 요점들

- 발생한 사고와 관련된 다양한 주체들의 상호작용을 효과적으로 분석할 수 있도록 시스템적 사고를 표현할 수 있어야함

- 오류의 원인 및 인과 관계를 명확하고 체계적으로 분석할 수 있도록 다양한 요인들이 체계적으로 분류된 인적요인 분류체계가 포함되어야 함
- 인적 오류의 발생에 영향을 끼칠 수 있는 모든 계층(현장작업자, 팀, 현장 시설과 상황, 경영 문화)을 구조화하여 인과 관계와 영향을 파악할 수 있어야함
- 시스템의 위험 수준을 파악하고 대응하는 순서를 정하고자 요소들간의 중요도를 수치화하고 정량화할 필요성이 있음

□ 인적오류관리 교육프로그램 개발 및 수준 보증 방안 연구

○ 인적요인 데이터베이스 구축 + CRM 훈련 평가 기준 수립 및 인증제도 도입 추진

○ 인적요인과 CRM 향상을 위해 운항상황을 파악할 수 있는 LOSA 또는 LSA 도입 근거 마련

○ 프로그램 평가영역과 항목을 개발하여 평가 방안의 타당성을 검증할 필요가 있음



그림 74 인적오류관리 교육프로그램 개발 및 인증제도 추진전략

□ 항공 시스템 안전을 위한 종합적 레질리언스 평가체계 개발

○ 전향적인(Proactive) 분석의 필요. 실패요인을 단편화하지 않고 시스템의 정상적 상호작용에서 위험요인을 발견하는 진단 방법론의 개발.

○ 조직 레질리언스의 제 이론을 참고한 시스템적 관점과 필수 평가 항목의 도입.

○ 차세대 개념의 시스템 분석체계FRAM, RAG, STAMP)등의 장점을 종합한 신뢰성 및 타당성 높은 모형의 개발

5. 최종성과물

□ 인적요인 기반 항공사고분석체계 및 보고서
□ 사고분석체계 각 부문 지원시스템
□ 사고분석체계 사용자 매뉴얼
□ 사고분석체계 적용 가이드 라인
□ 승무원자원 관리 교관/평가관 교육 프로그램
□ LCC 인적오류 관리 및 승무원 자원관리 프로그램
□ 교육 프로그램 평가 영역 및 항목
□ 승무원자원 관리 교관/평가관 인증제도
□ 시스템 분석 도구를 활용한 국내 항공 시스템 분석자료
□ 항공 안전 교육 매뉴얼 및 분석 평가 자료

6. 활용방안 및 기대효과

□ 본 연구를 통해 개발된 기술과 프로그램은 현행 항공사고분석에서의 미흡한 점을 보완하고 국내 항공사고분석체계 인적요인 분석의 기능을 향상시키는 데 이바지 할 것으로 예상됨

□ 본 연구를 통해 국내 고유의 항공 인적요인 사고분석체계를 개발함으로써 기술 의존 및 도입 필요성을 배제하여 경제적으로 기여할 것으로 기대됨.

□ 본 연구를 통해 승무원 자원관리(CRM)교육, 교관/평가관 훈련 및 평가 기준이 수립되고 인증제도가 도입됨으로써 국내 항공종사자들의 인적요인에 대한 인식 및 안전도를 향상시킴으로써 항공 분야 전체의 항공안전도가 제고될 것으로 기대됨

□ 더불어 인적요인에 대한 이해와 LOSA 활용 지침을 수립함으로써 정확하고 효과적인 인적요인 교육이 다양한 분야에서 이루어질 수 있을 것이 기대됨.

□ 항공안전진단체계를 활용하여 국내 항공조직 시스템의 문제점을 파악하여 항공 분야에서의 인적오류를 감소시키기 위한 운영관리에 활용할 수 있을 것이라 기대됨.

7. 연구개발효과 및 소요예산

□ 총 연구기관 : 2017.01 ~ 2018.12(2년)

- 1차년도 연구기간 : 2017.01 ~ 2017.12(12개월)
- 2차년도 연구기간 : 2018.01 ~ 2018.12(12개월)

□ 총 연구예산 : 13.54억원 이내

(단위 : 천원)

연차구분	연구개발목표	연구비
1차년도 (12개월)	항공 인적요인 사고의 저감을 위한 사고분석 기법과 훈련 및 안전 평가 체계 기본설계	562,397
2차년도 (12개월)	기능설계 및 프로그램, 체계 제작, 시범운용 및 효용성 평가	752,304
개발기간	**24개월(2년)**	1,353,350

8. 기 타

□ 본 과제의 보안등급은 “일반과제”임

□ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함

□ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발 계획서를 작성하여야 함

※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조

- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함

※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도록 세부 연구내용별로 As-Is와 To-Be를 구체화・가시화하여 제시

제 2 절 평가기준 설정

□ 사업의 효율성 및 투명성을 제고하기 위해서 국토교통과학기술진흥원 중심의 전문가로 구성된 '인적요인에 의한 항공사고 저감을 위한 시스템'성과평가위원회를 구성.

- 구성된 성가평가위원회는 사업관리 실태를 평가하는 기관역량평가와 사업성과평가를 실시하여 성과평가 종합보고서를 작성하고 해당 부처 및 기관에 송부하여 업무에 활용할 수 있도록 함.

- 사업 연차 및 단계평가와 전체 사업 평가를 연계하고, 사업초기 및 연도별 사업 연도 초기의 지표설정 단계에서부터 참여기관 간 공동대응.



그림 75 성과평가 체계 및 진행도

PART Ⅲ 항공의학생리 및 항공신체검사 관리기반 및 체계 구축

제 8 장 국내외 동향 및 환경분석

제 1 절 국내외 정책 동향

1. 항공생리 및 항공신체검사제도

가. 국내 항공신체검사 현황

(1) AME 제도의 역사적 배경

□ 미국

1926년: 의무관실 설치
1928년: Aeromedical Association of America(AAA) 창설
1934년: 항공의학연구소 설치
1938년: 항공의학교 설립
1949년: department of space medicine 신설
1953년: 항공의학전문의 제도 도입

□ 한국

1949년: 공군병원창설
1951년: 공군의무감실 설치
1952년: 항공의학연구소 창설
1968년: 대한항공 항공보건관리실(항공보건의료원)
1969년: 승무원신체검사제도 도입(항공기 승무원, 임의)
1972년: 자격별 신체검사제도 도입(유효기간 운용)
1989년: 아시아나항공 항공의료실
1989년: 한국항공의학협회 설립
1999년: 항공전문의사 제도 도입
2000년: 한국항공우주의학협회 항공신체검사증명 업무 위탁
2007년: 항공신체검사증명 업무규정 제정 (항공안전본부 고시 제 2007-32호)

2013년: 항공신체검사증명 세부판정기준 업무매뉴얼 제정
2015년: 항공신체검사증명 세부판정기준 업무매뉴얼 보완

(2) 용어의 정의

AME: Aviation Medical Examiner 항공전문의사

FAA: Federal Aviation Administration, 미연방항공청

ICAO: International Civil Aviation Organization, 국제민간항공기구

자문위원회: 항공전문의사가 실시한 항공신체검사증명의 적합성 여부에 대한 재심사를 위하여 항공우주의학협회 내 에 구성된 위원회

항공의학평가관: 항공의학에 관한 경력과 자질을 충분히 갖추고, 비행안전에 대한 의학적평가가 가능한자로서 국토교통부장관이 지정한 사람

항공신체검사 이력관리시스템: 항공신체검사증명 신청서, 항공신체검사증명서 등을 전산적으로 저장, 처리하기 위하여 국토교통부에서 관리, 운영하는 전산시스템

적합: 항공신체검사 기준에 적합한 경우

조건부적합: 항공신체검증명의 기준에 일부 미달한 경우에도 항공신체검사를 받은 자의 경험 및 능력을 고려하여 필요하다고 인정하는 경우에 해당항공업무의 범위를 한정하거나 유효기간을 단축하는 등 제한사항을 부가 하여 항공신체검사증명서를 발급할 수 있는 경우

부적합: 항공신체검사 기준에 부적합한 경우

판정보류: 항공전문의사가 판단하기 어려운 경우나 자료미완 등의 사유로 판정이 불가한 경우

(3) 자격증명의 종류 및 항공신체검사증명의 유효기간

□ 유효기간의 시작일은 항공신체검사를 받는 날로 하며, 종료일이 매달 말일이 아닌 경우에는 그 종료일이 속하는 달의 말일에 항공신체검사증명의 유효기간이 종료하는 것으로 봄.

□ 경량항공기 조종사의 항공신체검사 유효기간은 제2종 항공신체검사증명을 보유하고 있는 경우에는 그 증명의 연령대별 유효기간으로 하며, 자동차운전면허증을 적용할 경우에는 그 자동차운전면허증의 유효기간으로 함.

<table>
<tr><th rowspan="2">자격증명의 종류</th><th rowspan="2">항공신체검사
증명의 종류</th><th colspan="3">유효기간</th></tr>
<tr><th>40세 미만</th><th>40세~ 50세 미만</th><th>50세 이상</th></tr>
<tr><td>운송용 조종사,
사업용 조종사
(활공기 조종사 제외), 부조종사</td><td>제1종</td><td colspan="3">12개월. 다만, 항공운송사업에 종사하는 60세 이상인 사람과 1명의 조종사로 승객을 수송하는 항공운송사업에 종사하는 40세 이상인 사람은 6개월</td></tr>
<tr><td>항공기관사,
항공사</td><td>제2종</td><td colspan="3">12개월</td></tr>
<tr><td>자가용 조종사,
사업용 활공기 조종사,
조종연습생,
경량항공기 조종사</td><td>제2종
(경량항공기조종사의 경우에는 제2종 또는 자동차운전면허증)</td><td>60개월</td><td>24개월</td><td>12개월</td></tr>
<tr><td>항공교통관제사</td><td>제3종</td><td>48개월</td><td>24개월</td><td>12개월</td></tr>
</table>

표 35 자격증의 종류

(4) 항공신체검사증명 발급 절차

□ 항공종사자가 항공법 시행규칙 별지 제29호서식의 항공신체검사증명신청서에 자신의 병력, 가족병력, 유전병력, 최근 복용약품 및 과거에 부적합 판정을 받은 경우 그 사유와 날짜 등을 기재하여 항공전문의사에게 제출. 또한 과거에 항공신체검사를 받은 적이 있는지 있다면 일시, 장소, 사유, 최근 검사결과(부적합판정, 취소, 정지)를 항공전문의사에게 알려주어야 함.

□ 항공전문의사는 신청자 본인의 추가적인 의학정보와 병력이 필요하다고 판단되는 경우 관련정보의 제공 요구 가능.

□ 신청자는 본인의 병력과 관련된 모든 정보와 기록을 관리하고 있는 진료기관, 병원, 의사 또는 관련기관에게 정보를 제공할 수 있도록 위임할 수 있으며, 위임 받은 진료기관, 병원, 의사 또는 관련기관은 부득이한 경우를 제외하고 항공전문의사의 요구에 응해야 함.

□ 항공전문의사는 요청한 의학적 정보나 병력을 제공하지 않는 신청자의 항공신체검사증명서 발급 거부 가능

□ 항공전문의사는 신청자가 작성한 항공신체검사증명신청서를 확인한 후 항공신체검사 결과가 항공법시행규칙 별표 15 및 국토교통부 고시 제2015-317호(항공신체검사증명업무규정)의 기준에 적합하다고 인정되는 경우 항공신체검사증명서 발급

□ 항공신체검사기준에 관한 세부기준(항공법 시행규칙 별표 15) 및 항공신체검사증명업무규정 별표1의 세부기준에 일부 미달하는 경우 조건부 적합의 항공신체검사증명서 발급 가능.

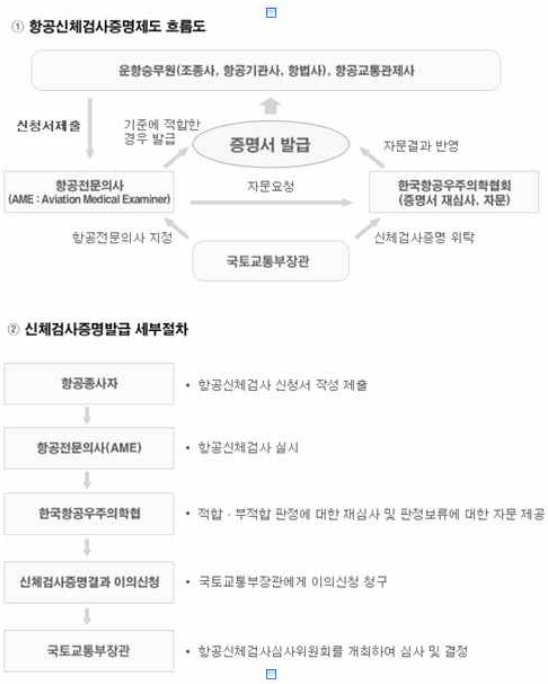


그림 76 항공신체검사증명 발급 절차
(자료출처: 국토교통부 항공신체검사 매뉴얼)

□ 한국항공우주의학협회 적부위원회에서 항공전문의사가 실시한 항공신체검사증명서의 적합성 여부에 대하여 심사.

□ 항공전문의사는 항공신체검사 결과를 판단함에 있어 필요한 경우 한국항공우주의학협회에 자문 요청 가능.

□ 항공신체검사증명서 발급의 보류, 거부 또는 조건부 발급 시 한국항공우주의학협회에 자문을 받아야 하며 협회는 자문위원회에 상정하여 증명서 발급 여부를 결정(적합, 부적합, 조건부 적합, 판정보류).

□ 한국항공우주의학협회는 결정된 사항을 항공전문의사에게 통보하고, 항공전문의사는 자문위원회에서 결정된 사항(조건부적합, 부적합 또는 판정보류) 및 조치사항을 신청자에게 통보.

□ 항공신체검사증명의 결과에 대한 이의가 있는 신청자는 그 결과를 통보 받은 날로부터 30일 이내에 이의신청서를 국토교통부에 제출 가능

□ 국토교통부는 이의신청을 심사하기 위해 항공신체검사심의위원회 구성·운영 가능

□ 국토교통부는 신청일로부터 30일 이내에 이의신청을 심사하고 그 결과를 신청인에게 통지(기한 내 심사가 어려운 경우 30일 연장 가능)

나. 국외 항공신체검사 현황 및 관련 국제 규정

(1) ICAO 증명서 발급을 위한 항공신체검사 규정

□ ICAO Annex 1 “Personnel Licensing”은 조종사의 비행 적합성에 대한 규정을 포함하고 있음. 상업용 조종사, 운송용 조종사 자격증 소지자는 건강상태가 1종 항공신체검사 규정에 적합하지 않다면 항공업무에 부적합함. 1종 항공신체검사 자격증 소지자는 안전하게 항공업무를 수행하는데 갑작스럽게 조종불능상태를 초래할 수 있는 질병이 없어야 하며 신체적, 정신적 요구사항을 충족시켜야 함.

□ 항공신체검사의 주된 목적 중 하나는 조종사가 의학적으로 비행에 적합한지를 판단하는 것이다. 이를 위해 의학적 요인으로 인해 비행 중 조종불능상태가 발생할 가능성이 얼마나 되는지를 평가함. ICAO 민간항공의학 매뉴얼(Doc 8984)에는 가능한 조종불능상태 발생률을 연간 1%로 정의하고 있음.

□ 그러나 모든 질환에 대해 정확한 예측 발병률이 있는 것이 아니며 이러한 발병률을 비행 환경에 적용하는 것이 어렵기 때문에 "1% rule"을 적용하는 것은 쉽지 않음. 특히, 흔하지 않은 질환에 대해 조종불능상태가 발생할 위험도를 계산하는 것은 매우 어려움. 그러나 심혈관계 질환과 같은 질환에 대해서는 조종불능상태가 발생할 위험도를 계산하기에 좋은 자료들이 있어서 비행적합성을 평가하는데 유용함.

(2) 유럽연합(EU) 항공신체검사

□ 증명서 발급과 신체검사 규정에 관한 사항은 실행 규칙에 담겨 있음.

□ EU는 JAR(Joint Aviation Requirements)중 운항승무원 면허(Flight Crew Licensing 3, FCL 3)에서 항공신체검사증명에 관한 절차와 요건을 규정

□ FCL 3에서는 신체검사 요건을 일반적 요건, 제1종 신체검사 요건 및 제2종 신체검사 요건으로 구분하고 있음

□ 모든 항공종사자는 항공업무를 수행하는데 적합한 항공신체검사 증명서를 소지하고 있어야 함.

□ Aircrew Regulation에는 항공전문의사(Aero-Medical Examiners), 항공의학센터(Aero-medical Centres), 일반의(General Medical Practitioners), 직업의학의사(Occupational Health Medical Practitioners)의 자격요건에 대해 정의되어 있음.

□ 신청자: 자신의 신체적, 정신적 병력을 알려야 함.

□ 항공신체검사: 필요한 검사를 시행하고 평가하여 적합, 부적합 또는 판정보류로 판정함.

□ 판정보류: 신청자의 건강상태가 적합도 아니고, 부적합도 아닌 경우 항공전문의사는 증명서 발급기관에 항공업무 적합성 평가를 의뢰할 수 있음.

□ 건강상태의 저하: 항공신체검사 증명서를 가지고 있더라도 건강상태가 악화되

어 항공안전에 위협이 된다고 판단되는 경우 더 이상 항공업무를 수행하지 말고 항공의학센터나 항공전문의사를 찾아가 항공업무에 적합한지 평가를 받아야 함.

□ 항공신체검사증명 발급 절차

- EU의 항공신체검사증명은 제1종과 제2종으로 구분

- EU의 항공신체검사는 증명서의 최초발급과 재발급 또는 갱신으로 구분

- 제1종 항공신체검사 증명서는 최초 발급인 경우 오직 항공의학센터에서만 발급 받을 수 있고, 재발급이나 갱신 발급인 경우 항공의학센터나 항공전문의사에게 모두 발급 받을 수 있음.

- 제2종 신체검사증명의 최초 발급은 AMS에서 발급하거나 AMC 또는 AME가 대신하여 발급 가능

- 재발급 또는 갱신하는 신체검사증명서는 등급에 관계없이 AMS가 발급하거나 AMC 또는 AME가 대신하여 발급 가능

- EU 항공신체검사증명 발급절차는 신청서와 함께 신원증명서를 포함하여 개인의 기왕력, 가족력과 유전적 요인에 관한 의학적 사실의 진술을 AME 등에게 제출. 또한 신청자가 이전에 검사를 받은 사실과 그 검사 결과를 AME 등에게 제출.

- 신청자가 의도적으로 거짓 정보를 제공했을 경우 AMS에게 보고해야 함.

- 신청서를 제출 받은 AMC 또는 AME는 JAR-FCL(Joint Aviation Regulations-Flight Crew Licensing) 3. 110(의학적 평가를 위한 요구조건)의 요건에 부합하는 지를 확인하는 신체검사 실시

- 항공신체검사의 객관적이고 투명한 진행을 위해 가이드라인(JAR-FCL 3 - FLIGHT CREW LICENSING (MEDICAL)) 운용

- 신체검사 완료 후 AME는 서명된 모든 용지를 지체 없이 AMS에게 제출.

- AMC/AME에서 제출한 서류에 문제가 없는 경우 항공신체검사증명서 발급

- 신청자가 특정 자격증과 관련하여 JAR-FCL part 3(medical)에 기술된 의학적 자격요건을 충족하지 못할 경우 AMC와 AME는 항공신체검사증명서를 발급, 재발급, 갱신을 할 수 없으며, 당국에 그 결정을 요청해야 함.

- JAR-FCL part 3 조항에 의거 어떤 조건하에서 적합한 경우 당국의 허가를 받을 수 있으며, AMS는 법적 요구사항과 지침사항 및 다음 사항들을 고려하여 발급, 재발급, 갱신 발급 가능

- 항공신체검사증명서 발급에 있어 하나 이상의 제한, 조건 또는 변동사항이 요구될 경우 AMS는 비행안전에 미칠 부가적, 상호 연관적인 영향들을 항공신체검사증명서가 발급되기 전에 고려해야 함.

- 평가결과 승인된 제한사항 등은 다른 조건사항에 부가하여 신체검사증명서에 명기하고 당국의 결정에 따라 면허증에 명기도 가능

- 항공신체검사의 진행을 돕기 위해 AME 가이드(Guide for Aviation Medical Examiners) 운용 - 항공신체검사증명의 부적합 판정을 받은 신청자는 서면으로 이 사실과 당국에 재심을 요청할 수 있는 권리가 있음은 통보 받아야 함.

□ AME제도 운영 현황: EU의 항공신체검사 체계는 정부 기관인 항공의학과(AMS, Aeromedical section)와 민간 기관인 항공의학센터(AMC, Aeromedical centers), 항공전문의사(AME, Authorized Medical Examiners)로 구성

발급기관	주요 권한
항 공 의 학 과 (Aeromedical section)	·지정: 항공의학에 경험 있는 1명 이상의 의사를 선정 ·소속: 정부 ·권한: 면허 소지자/신청자의 의료적 문제에 대한 모든 구두 또는 서면 보고와 컴퓨터 저장 정보에 대해 AMS가 접근 가능하고, 모든 문서 열람 가능
항 공 의 학 센 터 (Aeromedical centers)	·지정: 3년을 초과하지 않는 기간 동안 당국의 재량에 따라 지정, 인가 또는 재인가하며, AMC 수는 당국이 결정 ·자격: 회원국 국가 안에 있는 지정병원 또는 의료기관에 부속되거나 협력관계를 구축하고 있어야 하며, 항공신체검사를 위한 의료적, 기술적 장비를 갖추어야 함. 또한 센터장은 AME이어야 하며, 항공의학과 관련한 선진교육 및 경험을 갖춘 정규직 의사를 보유해야 함. ·역할: 임상 항공의학과 관련활동에 참여하고, 평가결과를 조합하고 보고서와 증명서에 서명
항공전문의사(Aviation Medical Examiners)	·지정: 의사자격이 있고 면허가 있는 자중 자국 내에서 지정·승인 ·자격: 의료행위에 대한 자격과 면허가 있고, 항공의학에 관한 교육은 받은 자로 면허와 등급 소지자가 업무를 수행하게 될 상황에 대한 현실적인 지식과 경험을 습득해야 함. ·정부는 조종사 수와 지리적 분포를 고려하여 필요한 AME의 수와 위치를 결정 ·AME는 평가결과를 종합하고 보고서와 증명서에 서명하는 책임을 지며, AMS가 보유한 항공의학서류중 검사 실시와 관련한 서류의 열람 가능

표 36 EU의 항공신체검사증명 발급 기관

(3) 미국 항공신체검사

□ 미국은 연방규칙코드(Code of Federal Regulation) Title 14(항공우주) Part 67(의학기준과 인증)에서 항공신체검사 절차와 기준을 규정

□ 미국 연방항공청 항공신체검사증 발급신청서 FAA Form 8500-8

□ 이와는 별개로 AME 가이드(Guide for Aviation Medical Examiner)를 운용하여 AME의 업무에 참고하도록 하고 있음

□ 항공신체검사증명 발급 절차

- 항공신체검사의 종류

  ▶ 제1종: 운송용 조종사 (유효기간 6개월)

  ▶ 제2종: 사업용 조종사, 항공기관사, 항법사, 항공교통관제사 (유효기간 1년)

  ▶ 제3종: 자가용 조종사, 레크리에이션 조종사, 학생 조종사 (유효기간 2년)

  * 상위 신체검사증명서는 하위 신체검사증명서로 해당 증명서 유효기간까지 사용 가능

- 미국의 항공신체검사는 FAA(Federal Aviation Administration) 산하에 항공의학 전문연구 및 교육기관인 민간항공우주의학연구소(Civil Aerospace Medical Institute(CAMI)에서 담당

- FAA는 항공신체검사 업무를 AME에 위임하여 실시하고 AME가 항공신체검사증명을 발급할 수 있도록 함

- 미국의 항공신체검사증명은 AME에 의한 일반발급과 연방 항공의학평가관(Federal Fight Surgeon)에 의한 특별발급(Special Issuance) 및 AME에 의한 특별발급(AME Assisted Special Issuance(AASI)으로 구분

- AME의 항공신체검사증명 발급

  - 항공종사자의 병력과 신체검사 후 병력과 신청자의 신체상태가 CFR 14 Part 67의 기준에 적합한 경우 증명서 발급, 명확히 기준에 부합하지 않는 경우 발급 거부, 그리고 불명확한 경우 결정을 연기

  - AME는 발급결과를 FAA에 제출한 경우 AME에 의해 발급된 항공신체검사

증명은 발급 후 60일 이내에 연방항공의(Federal Air Surgeon) 또는 지역항공의(Regional Flight Surgeon), 항공인증부서의 장(Manager of Aeromedical Certification Division), CAMI에 의해 거부되지 않으면 발급된 것으로 간주

- 항공신체검사증명 발급 이후 60일 이내에 FAA에서 추가 신청정보를 요청하면 추가 정보를 받은 후 60일 이내에 FAA 검토
- 부적격자로 분류된 항공종사자는 FAA의 특별 신체검사증명 발급 신청 가능. 의학적 결함이 선천적이어서 변동 또는 변화할 가능성이 없는 경우 항공신체검사증명서 대신 능력증명서 (Statement of Demonstrated Ability(SODA)) 발급 가능. 이 같은 조치를 위해 AME는 FAA에 신청을 연기할 수 있음. 그러나 유예는 기준이 부합하지 않는 경우, 병력, 소견, 기준 또는 정부정책에 의문이 있는 경우, 검사가 불완전한 경우, 정밀검사가 필요한 경우에만 가능하며, 특별발급 신청은 FAA에 직접 신청해야 함.

- AME는 신체검사증명 업무를 수행하는데 있어 도움이 필요한 경우 지역항공전문의, 항공신체검사증명 부서, 항공의학교육부서 중 하나와 접촉해야 함.

- 지역항공전문의(Regional Flight Surgeon, RFS)
- 항공신체검사증명부서(Aerospace Medical Certification Division(AMCD))
- 항공의학교육부서(Aerospace Medical Education Division)

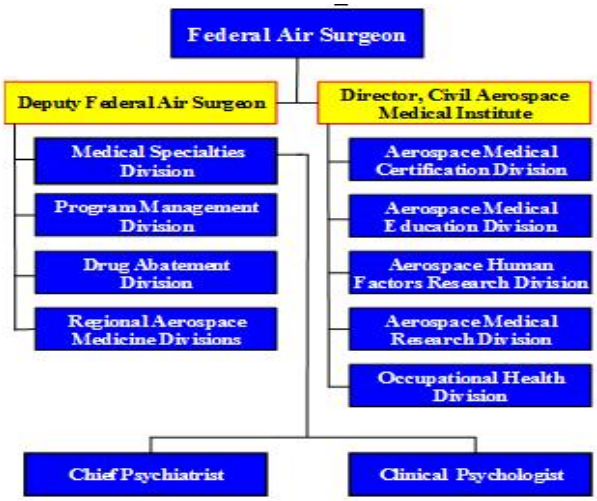


그림 77 미국 항공신체검사 담당 조직도
(자료 출처: 2015 AME Seminar Office of Aerospace Medicine)

- 연방 항공의학평가관 산하에 항공신체검사 실무를 담당하는 그룹과 민간항공우주의학 연구소가 있음. 실무를 담당하는 그룹과 의학연구소가 상호 협력하며 체계적으로 업무 수행.

- 의학전문가 부서에는 선임 정신건강의학과 전문의와 임상심리전문가가 있어 항공종사자 정신질환 예방 및 관리 업무를 담당.

- 미국의 항공의학은 연방항공청(Federal Aviation Administration, FAA) 산하의 민간항공우주의학연구소(Civil Aerospace Medical Institute, CAMI)가 주도하고 있으며, CAMI에서는 항공신체검사 관련 업무 뿐 아니라 일반 의사들의 항공우주의학 분야 참여를 유도하고 있음

- CAMI의 업무는 크게 항공신체검사 관련업무, 안전 및 항공우주의학 교육프로그램 운영 등으로 나눌 수 있으며 주요업무는 다음과 같음.

  - 항공종사자 신체검사증명 관리 및 감독업무
  - 항공전문의(AME) 교육 및 자격 관리
  - 항공우주의학 교육 프로그램 운영
  - 항공우주의학과 인적요인 관련 연구
  - 항공우주의학 관련 실험 및 연구보고서 발간
  - 항공우주의학 관련 도서관 운영 및 자료 관리
  - 항공조종사 안전 교육
  - 무인비행기 조종 자격관리 업무
  - 우주여행과 관련된 자격관리 및 심사, 교육
  - Aerospace Medical Certification Subsystem (AMCS) 개발 및 운영

- 항공전문의사는 신체검사 실시 후 적합한 경우 증명서를 발급하거나 거절, 보류할 수 있음. 신체검사 후 60일 이내 FAA에 의해 거부되지 않으면 발급 간주.

- 흔한 조건부적합 사유는 심혈관계, 당뇨, 수면장애, 암, 정신과, 약물 사용 순임

- 15가지 부적합 사유는 인슐린이나 혈당강하제가 필요한 당뇨, 협심증, 치료가 필

요한 상태이거나 치료를 받지 않은 증상이 있는 관상동맥질환, 심근경색, 심장판막이식, 영구 심장박동기 시술자, 심장이식, 정신병, 양극성 정동장애, 인격 장애, 약물의존, 약물남용, 간질, 원인불명 의식소실, 원인불명의 신경조절장애임.

- Aerospace Medical Certification Subsystem(AMCS) 온라인 전산프로그램을 사용하여 발급 업무 수행.

(4) 영국 항공신체검사 제도

□ 영국의 항공우주의학은 항공전문가 집단인 민간항공당국(Civil Aviation Authority, CAA)의 의료부서(Medical Department)내 항공의학센터(Aeromedical Center)가 업무 담당.

□ CAA 항공의학센터 업무는 항공신체검사 실시, 항공전문의사 자문, 신체검사기록 DB 관리 및 온라인 관리 등의 업무를 수행.

□ CAA 의료조직은 5개 분과와 11개 하부조직으로 구성되어 있으며 항공전문의사가 신체검사업무를 수행.

□ CAA는 항공종사자 신체검사를 민간 항공전문의사와 CAA 소속 의료진이 함께 수행.

□ 항공신체검사증명 발급절차

- 영국의 신체검사증명업무는 CAA의 의료담당 부서(medical department)가 주관

- 최초 항공신체검사는 UK CAA 항공의료센터(Aeromedical Center, AMC)에서 실시하고, 이후 갱신 검사는 CAA가 지정한 AME가 실시함. 영국 이외의 유럽연합에서 최초 발급한 유효한 항공신체검사증명 소지자는 심각한 의학적 문제가 없는 경우 신체검사 없이 영국 항공신체검사 자격을 발행하거나 UK AMC에서 최초 신체검사를 실시함.

□ AME제도 운영 현황

- 신체검사 자격제도: UK-JAR Class 1과 Class 2로 구분하여 운영

  - JAR Class 1: 사업용 및 운송용 조종사 면장을 위한 신체검사 자격
  - JAR Class 2: 자가용 조종사 면장을 위한 신체검사 자격

- AMS, AMC, AME 체계를 두고 조종사 신체검사 제도 운영

- 신체검사 결과 및 심사: 일부 항목은 필요에 따라 외부 자문을 받고, 심사결과를 심의하여 자격을 충족하는 경우 AMS(Aeromedical Section, CAA의 Medical Department) 의료담당관(Medical Officer)이 자격발급.

- Class 1과 Class 2에 대하여 최초검사와 갱신검사를 구분하여 운영함.

- 이의신청 처리절차를 규정하여 신체검사 과정 전반의 이의유형에 따라 단계별 이의신청 절차를 규정하여 운영함.

- AMS에서 AME에 대한 자문과 AME 지정 및 관리 담당.

- UK CAA Administration Policy Document은 조종사 신체검사와 관련한 주요 규정 및 절차, 주요 신체검사 항목에 대한 규정 등을 요약한 문서로 AME의 신체검사 절차 및 행정처리에 활용하도록 함.

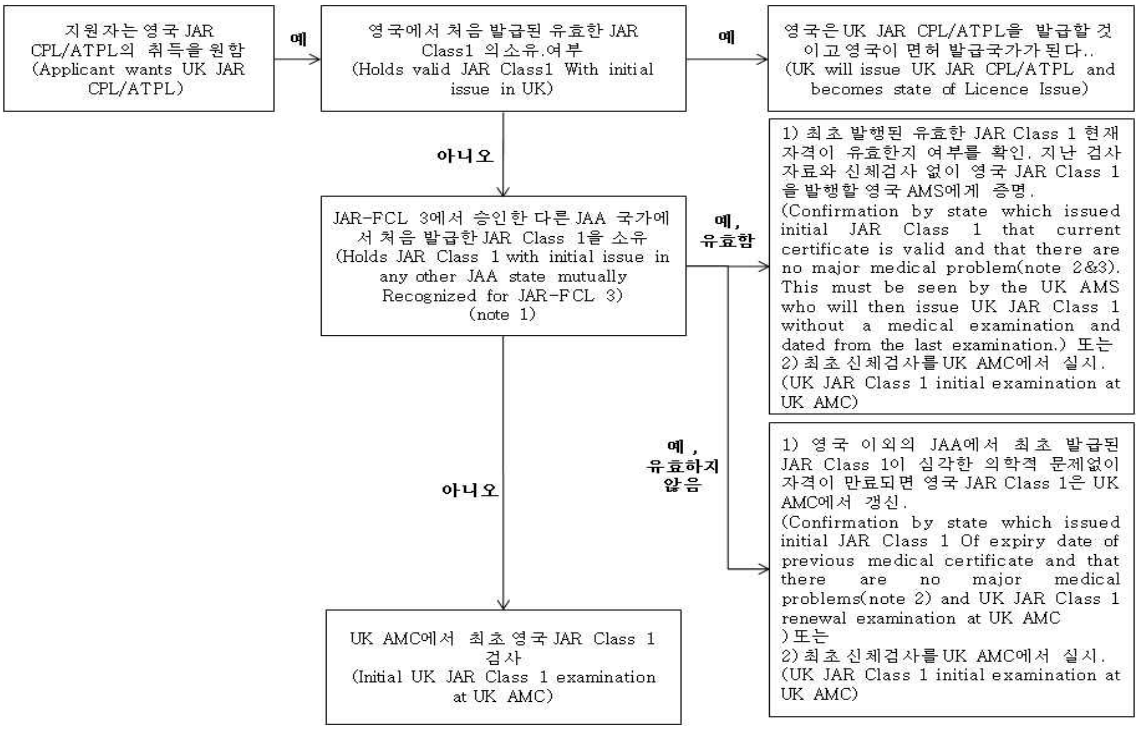


그림 78 영국의 JAR Class 1 발급 절차

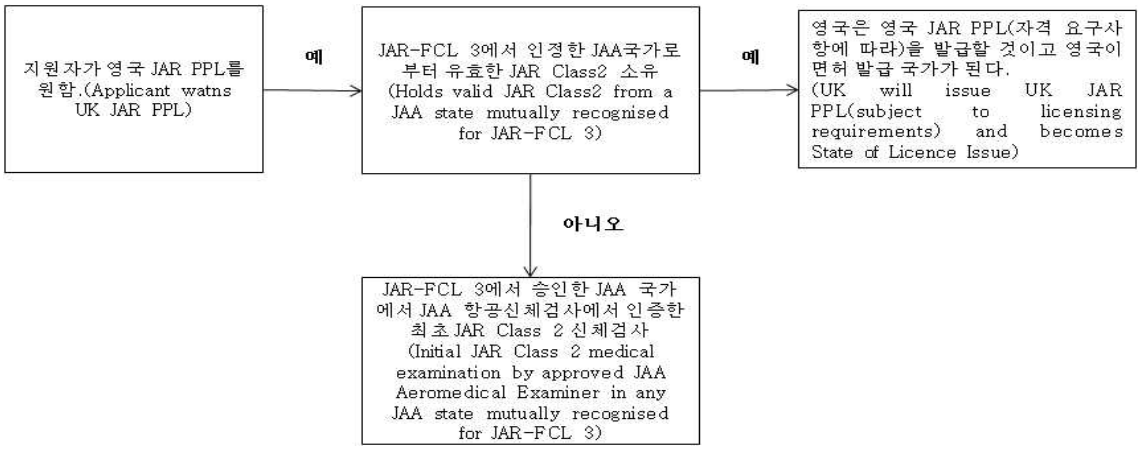


그림 79 영국의 JAR Class 2 발급절차

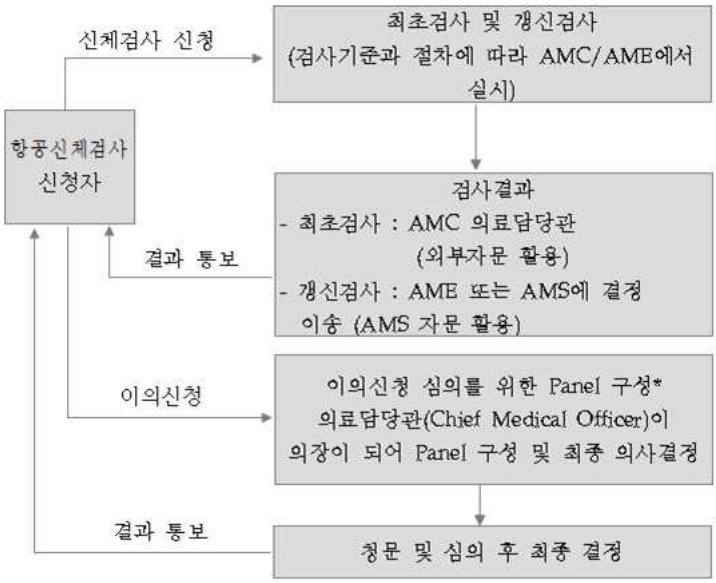


그림 80 영국 조종사 신체검사 자격발급 체계

(5) 일본 항공신체검사 제도

□ 일본은 항공신체검사제도와 관련하여 정부와 민간기업들이 출연한 항공의학연구센터(Japan Aeromedical Research Center)가 함께 역할을 수행하고 있으며, 특히 항공의학연구센터는 항공의학과 관련한 정보의 제공과 보급.

□ 정부는 항공신체검사를 실시하는 항공신체검사지정기관과 항공신체검사 담당하는 항공전문의사를 지정

□ 일본항공의학연구센터는 조종사의 질병으로 인한 사고에 대응하여 조종사 건강관리의 중요성을 알리고 항공신체검사를 실시하기 위하여 1984년 6월 27일 공익법인으로 설립하여 항공신체검사 업무 및 항공의학관련 정보의 제공 및 보급.

□ 항공신체검사증명 발급절차

- 일본의 항공신체검사증명은 제1종과 제2종으로 구분

  - 제1종: 정기운송용 조종사, 사업용 조종사, 일등항공사, 항공기관사
  - 제2종: 자가용 조종사, 이등항공사, 항공통신사

- 항공신체검사증명 신청자는 항공신체검사 지정기관에서 신청 전 1개월 이내에 받은 검사 결과를 기재한 신청서를 국토교통성 또는 지정 항공전문의사에게 제출

- 신청서에는 최초 항공신체검사증명을 신청하는 경우를 제외하고, 이전 항공신체검사증명과 관련된 검사 결과를 첨부

- 항공신체검사 지정기관에서 신체검사를 실시하고, 그 검사결과를 국토교통성장관 또는 지정 항공전문의사에게 제출

- 국토교통성 장관 또는 지정 항공전문의사는 신청자가 가진 항공자격에 관한 신체검사기준에 적합하다고 인정되는 경우 증명서 발급

- 항공기 승무원의 항공신체검사증명에 관한 항공신체검사 결과의 심사 및 판정, 그 외 항공신체검사증명의 실시에 필요한 사항을 검토하기 위해 항공국장 자문기관으로 항공신체검사증명 심사위원회 운영

- 심사위원회는 매월 1회 개최되며 심사위원은 의학전문가(내과, 소화기, 안과, 이비인후과, 정신신경과, 외과의 전문의), 조종사, 행정기관 담당자 등으로 구성되면 비공개 회의 진행

- 항공신체검사의 판정기준인 항공신체검사 매뉴얼 운용

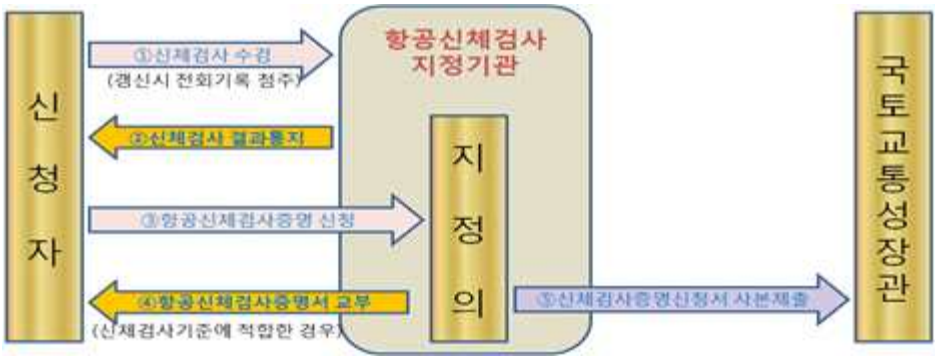


그림 81 일본 항공신체검사증명 발급절차

- 신체검사기준에 적합하지 않은 신청자 중 개인의 경험 또는 능력을 고려하여 항공기에 탑승하여 그 업무 수행에 지장을 주지 않는 경우 신체검사기준에 적합한 것으로 인정

- 지정 항공전문의사는 검사 결과 부적합하다고 판정한 신청자에 대하여 국토교통성 장관의 판정을 받을 수 있다는 취지를 신청자에게 통보

- 신청자가 국토교통성의 판정을 받고자 하는 경우 신청서 사본 1부에 별도로 정한 서류를 첨부한 후 국토교통성에 제출하며 이 경우 항공신체검사증명 심사위원회에서 심의·판정

- 지정 항공전문의사는 신체검사를 실시한 경우 소정의 사항을 기재한 항공신체검사증명신청서 사본을 10일 이내에 국토교통성 장관에게 제출해야 함

□ AME 제도 운영 현황

- 일본의 항공신체검사 제도 국토교통성, 항공신체검사증명 심사위원회, 지정 항공전문의사, 항공신체검사 지정기관으로 구성

- 국토교통성은 항공신체검사 지정기관에서 실시한 신체검사 결과의 판정 및 항공신체검사증명 심사위원회 운영

- 지정 항공전문의사의 역할은 항공신체검사기준 등에 의거 항공신체검사증명을 수행하며, 항공신체검사 지정기관에서 실시한 신체검사 결과에 대한 적합, 부적합 등의 통합적 판정을 함. 항공전문의사 지정은 신청요건을 충족할 경우 국토교통성 장관이 지정

- 항공신체검사지정기관의 역할은 항공신체검사 기준에 의거하여 항공신체검사를 수행하는 의료기관이며 국토교통성 장관이 지정.

Additional Medical Examination Items, Procedures, and Criteria

Items	Procedures	Criteria
1) Medical interview	Use Form 2 (Medical Information on Aircrew Aged 60 and Over) and Form 3(Questionnaire for Aircrew Aged 60 and Over). Interview for detailed present illness and past history.	There shall be no disqualifying findings.
2) Rest ECG	Use standard 12-lead ECG.	Refer to III-3-2, 3-3, and 3-8 at pages 1-20, 1-22, and 1-26, respectively, in the Manual*.
3) Blood lipid test	Collect blood after fasting overnight to measure total cholesterol, triglyceride, LDL-cholesterol and HDL- cholesterol.	If abnormal, confirm absence of severe atherosclerotic disease.
4) Holter ECG	Use Holter monitor for continuous recording for 24 hours on 2 channels.	Refer to III-3-8 at page 1-26 in the Manual*.
5) Treadmill exercise ECG	Refer to Exercise ECG at page 2-13 in Section 2 of the Manual*.	Refer to Exercise ECG as indicated on the left.
6) Echocardiogram	Use echocardiography.	Refer to III-3-2, 3-3, 3-4, 3-5, 3-6, and 3-7 at pages 1-20, 1-22, 1-23, 1-24, 1-25, and 1-25, respectively, in the Manual*.
7) Brain MRI	Obtain about 20 images in the range from the parietal region to the medulla oblongata (foramen magnum) parallel to the line connecting the anterior and posterior commissures (AC-PC line) with a slice thickness of 5 mm or 6 mm. Imaging sequence to consist of the following three horizontal images: T1-weighted, T2-weighted, and FLAIR.	There shall be no abnormal findings such as marked brain atrophy, ventricular dilatation or cerebral infarcts.
8)EEG measurement	Refer to Appendix 1 at page 1-68 in the Manual*.	Refer to III-8-4 at page 1-42 in the Manual*.
9)Coronary CT angiography	Use MDCT (multidetector-row computed tomography) with 64 rows or more	Refer to III-3-3 at page 1-22 in the Manual*.

*The Manual refers to the Manual for Aviation Medical Examination. (English version)

그림 82 일본의 항공신체검사 항목 1

Screening Test Items, Procedures, and Criteria

Items	Procedures	Criteria
1) Medical interview	Use Form 2 (Medical Information on Aircrew Aged 60 and Over) and Form 3(Questionnaire for Aircrew Aged 60 and Over). Interview for detailed present illness and past history.	There shall be no disqualifying findings.
2) Blood lipid test	Collect blood after fasting overnight to measure LDL- cholesterol and HDL- cholesterol. If an applicant is on medication to treat dyslipidemia, refer to Precautions upon Evaluation in 1-5 Endocrine and Metabolic Diseases at page 1-12 in the Manual*.	LDL-C < 120mg/dl and HDL-C > 40mg/dl (irrespective of whether or not the applicant is on medication)
3) Rest ECG	Use standard 12-lead ECG.	No disqualifying conditions prescribed in the Manual*, or abnormal findings specified in Table 3.
4) Blood pressure measurement	Refer to 3-1 Abnormal Blood Pressure at page 1-19 in the Manual*.	Systolic < 130mmHg and Diastolic < 85mmHg (irrespective of whether or not the applicant is on medication)

*The Manual refers to the Manual for Aviation Medical Examination. (English version)

그림 83 일본의 항공신체검사 항목 2

□ 일본의 고령 승무원 활용 방안

- 최근 조종사의 연령 상한을 68세까지 상향하는 등 조종 인력 활용을 위해 노력

(1) 2인 이상 승무원 탑승 시 항공기 조종사의 연령 상한 : 68세 미만 단, 60세 미만의 조종사가 한 명 이상 탑승
(2) 최소 승무원 수가 1명인 항공기 조종사의 연령 상한
- 국제선 유상운항 : 60세 미만
- 국내선 유상운항, 국내/국제 무상운항 : 68세 미만
(3) 63세 이상의 승무원에 대해서는 긴급 대응 등의 항목에 대해 정기 훈련 외에 부가적인 훈련을 실시함(구체적인 내용에 대해서는 운항 규정 및 부속서에 규정함)
(4) 65세 이상의 승무원에 대해서는 조종불능상태(incapacitation)에 대한 훈련을 정기적으로 수행하고 있는 승무원을 동승하도록 함
(5) 65세 이상의 승무원은 운항 규정 세칙에 규정되어 있는 승무 시간(1개월 100시간, 3개월 270시간 및 연간 1,000시간)의 80%(1개월 80시간, 3개월 216시간 및 1년 800시간)을 초과하지 않도록 한다. 또한 65세 이상의 승무원이 국제선을 조종할 경우 관련 국가들의 양해를 얻도록 한다.
(6) 60세 이상의 승무원은 별도의 검사에 합격하여야 하며, 검사 결과 피로, 시차 등에 대해 고려할 필요가 있는 승무원은 그에 대해 배려한다.

- 60세 이상 승무원에 대해서는 건강관리 제도를 별도로 두고 있음

(1) 60세 이상 승무원에 대해 실시하는 부가 검사 항목
- 의사 문진
- 휴식 시 심전도
- 혈청 지질검사
- Holter 심전도
- Treadmill 부하 심전도
- 심초음파(echocardiography)
- 두부 MRI검사

(2) 65세 이상 승무원에 대해 실시하는 부가 검사 항목
- (1)에서 규정하는 항목
- 뇌파검사
- 관상동맥 CT검사

다. 국내외 AME 제도 현황 및 항공신체검사 규정 비교

□ 국내외 AME 자격제도 관련기관

국가	기관명	주요 업무
미국	FAA CAMI (정부)	·자격관리업무 ·AME 교육 ·항공우주의학 교육프로그램 운영 ·조종사 안전교육 ·우주여행 자격관리, 심사 및 교육 ·항공우주의학 관련 연구
영국	CAA 의료부서 (공단)	·항공신체검사 관련 업무 ·최초 항공신체검사 실시
	King's College (대학)	·CAA로부터 항공전문의 교육을 위탁받아 수행 ·AME 교육프로그램 및 항공의학 석사과정 운영 ·항공의학관련 연구
일본	항공의학연구센터 (민간출연)	·AME 교육 실시 ·항공신체검사 및 60세 이상 항공신체검사 실시 ·항공의학관련 연구

표 37 외국의 항공의학관련 업무 수행기관

미국	영국	일본	한국
CAMI의 항공우주의학연구부문에 50명의 과학자, 엔지니어, 기술자, 의사를 확보하고 9개 지부를 지역 항공전문의가 관리	CAA는 5개 부문 11개 하부조직으로 의료조직을 관리하고 있으며, 9명의 항공전문의가 근무	정부조직은 없으나 일본항공의학연구센터에서 내과, 안과, 이비인후과, 정신신경과 등 4개 부문에 의사가 근무	정부나 협회에 전문인력 없음

표 38 국내외 항공신체검사 관련기관 조직 및 인력 확보 현황

국가	운용 규정
한국	·항공법 시행규칙 별표 15(항공신체검사기준) ·항공신체검사증명업무규정(업무처리절차 규정)
ICAO	·Annex 1 제6장 ·Manual of Civil Aviation Medicine
미국	·CFR 14(항공학과 우주) Part 67(Medical Standard and Certification) : 의료 표준 및 인증 ·Guide for Aviation Medical Examiners(매뉴얼)
EU	·Joint Aviation Regulations/Flight Crew Licensing 3(Medical) : 절차 및 업무처리방법 규정
영국	·UK CAA Administration Policy Document에서 신체검사 절차, 검사항목 등 규정 (신체검사증명 자격은 JAR FCL3 준용)
일본	·항공신체검사 매뉴얼

표 39 각국의 항공신체검사 업무관련 규정 및 매뉴얼

구 분	제1종	제2종	제3종
ICAO	사업용 및 운송용 조종사, 항공기관사, 항공사	자가용조종사, 활공기 조종사, 기구 조종사	항공교통관제사
미국	운송용 조종사	사업용조종사, 항공기관사, 항법사, 항공교통관제사	자가용조종사, 레크리에이션 조종사, 학생 조종사
EU	사업용 및 운송용 조종사	자가용 조종사	-
일본	정기운송용 조종사, 사업용조종사, 일등항공사, 항공기관사	자가용조종사, 2등 항공사, 항공통신사	-
한국	운송용조종사, 사업용조종사	항공기관사, 항공사, 자가용조종사, 사업용 활공기조종사, 조종연습생	항공교통관제사

표 40 국가별 항공신체검사등급 분류기준

구 분	제1종	제2종	제3종
ICAO	12개월	자가용조종사 24개월 활공기·기구 조종사 60개월	항공교통관제사 48개월
미국	12개월 40세 이상: 6개월	24개월	60개월
EU	·승객수송 조종사 : 12개월 (40세 이상 : 6개월) ·기타 : 12개월(60세 초과 : 6개월)	40세 이하 : 60개월 40 ~ 49세 : 24개월 50세 이상 : 12개월	-
일본	·정기운송용조종사: 6개월 ·기타 : 12개월	12개월	-
한국	12개월(항공운송사업에 종사하는 60세 이상과 1명의 조종사로 승객 운송하는 40세이상은 6개월)	·항공기관사, 항공사: 12개월 ·기타(40세미만 60개월, 40~49세 24개월), 50세 이상 12개월)	40세미만 48개월, 40~49세 24개월, 50세 이상 12개월

표 41 국가별 항공신체검사증명 유효기간

구 분	신체검사증명의 수행
ICAO	·AME가 신체검사를 수행하고, 검사결과를 종합하여 의학적 적합성에 관한 결과를 평가하여 서명한 보고서는 면허당국에 제출토록 규정
미 국	·FAA의 CAMI를 중심으로 운영되고 있으며, FAA가 연방항공전문의와 지역항공전문의를 직접 운영하고, AME를 지정하여 항공신체검사업무를 수행하고 있음 ·AME는 신체검사 결과를 FAA에 통보하고 60일 이내에 FAA에서 거부되지 않으면 발급된 것으로 간주
EU	·EU는 제1종과 제2종을 구분하여 신체검사 실시 ·제1종 최초 검사는 AMC에서 수행하고 재발급 및 갱신은 AME에 위임가능. 증명서는 AMS에서 발급 ·제2종 최초 발급은 AMS, AMC, AME 모두 가능 ·AME는 신체검사 결과를 AMS에 제출. AMC의 경우 AMC 장(AME 자격 보유)의 서명을 받아 AMS에 제출
일 본	·신체검사는 항공신체검사 지정기관에서 실시되며 검사결과에 대한 판정은 국토교통성 또는 AME가 담당하며 AME는 10일 이내에 증명 신청서 사본을 국토교통성에 제출 ·국토교통성은 매월 1회 개최되는 항공신체검사증명심사회에서 신체검사결과를 심의·판정
한 국	·AME가 신체검사 및 결과 판정을 하며 그 결과를 다음달 5일까지 한국항공우주의학협회에 통보 ·AME가 판단이 어려운 경우 한국항공우주의학협회에 자문 요청 가능하며 자문위원회 결정을 AME에게 통보

표 42 국가별 신체검사증명 절차

구 분	비행이 가능한 부적합자의 처리 절차
ICAO	·AME는 신체검사 요건에 부적합한 신청자가 신청하거나 소지한 자격의 권한행사가 항공안전을 위태롭게 할 것 같지 않다고 판단되는 경우 면허당국에 보고토록 함
미 국	·부적격자로 분류된 항공종사자는 FAA의 특별 신체검사증명발급 신청 가능. FAA 특별발급은 연방항공전문의 재량으로 등급별로 인가된 업무를 공공안전을 위협하지 않고 수행할 수 있다고 연방항공전문의가 판단한 경우 부여 가능하며, 이를 위해 연방항공전문의는 특별 의학적 비행시험, 실기시험 또는 의학적 평가 등을 실시할 수 있음. 특별발급에 의해 발급된 신체검사증명은 유효기간을 초과하지 않음
EU	·항공신체검사증명 발급에 있어 하나 이상의 제한, 조건 또는 변동사항이 있는 경우 AMS는 비행안전에 미칠 부가적, 상호 연관적인 영향들을 항공신체검사증명서가 발급되기 전에 고려. ·당국은 항공의학 경험이 있는 독립된 자문의들로 논쟁이 되고 있는 사례에 대해 검토하고 평가하는 2차 검토 절차를 구성 ·평가결과 승인된 제한사항 등은 다른 조건사항에 부가하여 신체검사증명서에 명기하고, 당국의 결정에 따라 면허증에 명기도 가능
일 본	·신체검사기준에 적합하지 않는 신청자중 개인의 경험 또는 능력을 고려하여 항공기에 탑승하여 그 업무수행에 지장을 주지 않는다고 국토교통대신이 인정한 경우 신체검사기준에 적합한 것으로 인정
한 국	·신체검사증명서에 허가된 임무를 행함에 있어 비행안전을 위협하지 않고 신청자의 능력, 기술, 비행경험과 운항조건이 충분히 고려되어진 경우 조건부 적합 항공신체검사증명 발급 ·조건부 적합증명 발급 시 AME는 한국항공우주의학협회의 자문을 받아야 하며 한국항공우주의학협회는 자문위원회에 해당 건을 상정하여 판정 ·신체검사결과 제한사항이 있는 경우 그 사항을 항공신체검사증명서에 기입

표 43 각국의 비행이 가능한 부적합자의 처리절차

구 분	신체기준 부적합자의 처리
ICAO	·관련 언급 없음
미 국	·항공종사자의 병력과 신체검사 후 병력과 신청자의 신체상태가 기준에 명확히 부합하지 않는 경우 발급 거부, 그리고 불명확한 경우 결정을 연기 ·신청자는 AME의 증명서 발급거부 시 AMCD에 재심을 청구하거나 SODA 신청 및 NTSB 청원 가능 ·재심요구는 AMCD(일부는 지역항공전문의에게 의뢰)가 최초 검토를 하며, AMCD나 지역항공전문의가 신청자가 부적격자임을 확인하는 경우 신청은 거부되며, 추가검토와 이의신청을 할 수 있음을 신청자에게 알림 ·신청자는 AMCD나 지역항공전문의가 증명서 발급을 거부한 경우 연방항공전문의나 NTSB에 청원을 통해 재검토 요구 가능 ·연방항공전문의의 재량으로 의학적 결함이 선천적이어서 변동 또는 변화할 가능성이 없는 경우 항공신체검사증명서 대신 능력증명서(SODS) 발급 가능. SODA는 유효기간이 없으며 신체 상태가 SODA에 설명된 상태에서 악화되지 않았음을 확인한 경우 정해진 등급의 신체검사증명 발급 가능 ·항공신체검사증명에 대한 최종 FAA 거부 후 60일 이내에 항공종사자는 그 거부의 검토를 NTSB에 서면으로 청구가능. NTSB는 청문회를 개최하여 최종 판정
EU	·AME는 신체검사 결과에 대해 서명하여 AMS에게 제출. 부적합장 대해 당국은 근무일 5일 이내에 확인과정 거쳐 신청자에게 서면으로 부적합 사실과 재심 청구 권리가 있음을 통보 ·영국의 경우 이의신청에 대해 CAA내 의료담당관(CMO)을 의장으로 패널을 구성하여 청문회를 개최하여 CMO가 최종 결정
일 본	·AME는 검사결과 부적합하다고 판정한 신청자에 대하여 국토교통대신의 판정을 받을 수 있다는 취지를 신청자에게 통보 ·신청자의 이의 신청시 국토교통성은 외부인으로 구성된 항공신체검사증명 심사회를 개최하여 심의·판정
한 국	·항공신체검사증명의 발급 보류, 거부 또는 조건부 발급 시 한국항공우주의학협회의 자문을 받도록 함 ·협회는 자문위원회를 구성하여 해당 사항을 검토, 평가 ·신체검사증명 결과에 이의가 있는 신청자는 그 결과를 통보받은 날로부터 30일 이내에 이의신청서를 국토해양부에 제출 가능 ·신청자의 이의 신청시 국토해양부는 7인의 위원으로 구성된 항공신체검사심사위원회를 개최하여 의결

표 44 각국의 신체검사 부적합자 처리 절차

라. 국내 항공신체검사 이력관리시스템 현황

(1) 개발 목적 및 필요성

□ 항공신체검사 이력관리시스템은 항공종사자 항공신체검사기록의 보관, 관리 및 활용을 신속하고 정확하게 하는 것을 목적으로 함. 항공신체검사의 주된 목적은 조종불능상태(Incapacitation)을 유발할 수 있는 의학적 문제를 미리 찾아주고 예방하는 것이 목적임. 이를 위해서는 항공신체검사 신청자의 이전 기록과 병력을 확인하는 것이 중요하나 항공신체검사 양식이 종이 문서 양식으로 되어 있어 자료를 보관하고 검색하는 것이 매우 불편하고 이를 신체검사 시 항공전문의사가 활용하는 것은 불가능함. 또한 이전 신체검사 기록을 찾아보는 것이 불가능하기 때문에 신청자가 부적합 사유에 해당되는 병력을 속이려고 시도한다면 확인할 방법이 없음. 따라서 항공안전과 항공신체검사 시 허위기재 예방을 위해 항공신체검사 업무 전산 개발은 반드시 필요한 사업임.

(2) 세부 내용

□ 항공신체검사기록관리 시스템(웹방식) 구축

- 항공종사자 정보관리 프로그램 개발

·항공종사자의 세부정보를 등록, 수정 및 관리

·항공종사자에 대한 기본정보를 창을 통해 제공

·항공종사자 기본정보를 항목별로 분류(sort)

·항공신체검사증명서 등록 및 현황으로의 링크

- 항공종사자별 신체검사 정보관리 프로그램 개발

·항공신체검사 세부정보 등록 및 관리

·항공신체검사 세부정보를 검색

·항공신체검사 세부정보를 항목별로 분류(sort)

·항공신체검사기록 원본 첨부기능

□ 이전 항공신체검사기록 DB화 작업

·항공종사자별 항공신체검사 세부정보를 시스템에 입력

·항공신체검사기록을 스캔하여 pdf파일로 전환

·항공신체검사기록 파일(pdf)을 시스템에 첨부

(3) 항공신체검사 이력관리시스템 매뉴얼



그림 84 이력관리시스템 초기화면

□ **초기화면**

① 브라우저에서 http://www.esky.go.kr/ 주소로 접근하여 **"항공신체검사증명 온라인 신청"** 배너를 클릭

□ **신청서 작성 화면 구성**

① 신청서 작성은 총 4단계로 구분. 현재 작성 중인 단계는 진하게 표시됨.

② 오른쪽 상단의 [기재요령] 버튼은 신청서 작성 시 각 항목들의 작성 방법이 설명된 창을 띄움.

③ 작성 항목들은 항공신체검사증명 신청서의 형식을 유지

④ [기재요령] 창을 띄우지 않고도 항목 칸에 마우스를 올리면 기재 방법이 툴팁으로 제공

⑤ 하단에는 [임시저장], [미리보기], [다음페이지] 등 버튼으로 구성

⑥ [임시저장] 버튼으로 입력한 내용을 바로 저장

⑦ [미리보기] 버튼으로 입력한 내용을 규정 신청서 양식으로 확인

⑧ [다음페이지] 버튼으로 다음 단계로 이동. 단, 신청서의 모든 항목을 오류 없이 입력하였을 경우 이동가능



그림 85 신청서 작성 1단계(항목 1~14)

1) **성명 :** 한글과 영문 모두 입력하며, 여권에 기재된 내용과 동일하게 입력

2) **생년월일** : 생년월일을 기재합니다. 생년월일은 YYYY-MM-DD 형식으로 입력

3) **성별** : 성별을 선택

4) **응시** : 응시 구분을 최초, 갱신 중 선택. 종별 최초 신검일 경우 최초를 선택. 최초인 경우 6번 항목은 비활성화

5) **종별 항공신체검사** : 제1종, 제2종, 제3종 중 선택. 각 종의 구분은 아래와 같음.

- 제1종 : 운송용 조종사, 사업용 조종사

- 제2종 : 자가용 조종사, 사업용 활공기 조종사, 조종연습생, 경량항공기 조종사, 항공 기관사, 항공사

- 제3종 : 항공교통관제사

6) **항공신체검사 잔여유효기간** : 최초 검사의 경우 '없음' 또는 'None'로 기재. 갱신의 경우 이전 항공신체검사 증명서의 잔여유효기간을 기재

7) **국적** : 국적을 기재. 기본으로 '대한민국'으로 입력이 되어 있으며 변경을 원할 경우 직접 입력하거나, 『』 버튼을 클릭하여 국적을 검색하여 선택

8) **소속기관** : 현재 소속된 기관의 명칭을 선택. 만약 선택할 항목이 없는 경우 '직접입력'을 선택하고 아래의 입력란에 직접 입력

9) **소지자격** : 소지하고 있는 자격증명의 종류, 자격번호, 자격취득일을 기재. ATPL, CPL, PPL, 항공교통관제사 등. 없는 경우 '없음' 또는 'None'으로 기재

10) **주소** : 주소와 연락 전화번호, 이메일 주소를 기재. 연락처와 이메일 주소는 회원가입을 할 때 등록했던 내용일 기본으로 입력.

11) **제한사항** : 이전 발급받은 항공신체검사 증명 상의 제한사항의 '있음', '없음' 중 선택. '있음'의 경우 세부항목을 선택

12) **총비행시간** : 총 비행시간을 기재. 만약 제3종 항공신체 검사자인 경우 해당 입력란은 비활성화

13) **지난 신체검사 이후 비행시간** : 지난 항공신체검사 이후 비행시간을 기재. 만약 제3종 항공신체 검사자인 경우 해당 입력란은 비활성화

14) **활용목적** : 항공신체 검사 증명서의 활용목적을 '항공운송', '비행교관', '자가용',

'기타' 중 선택

'항공운송'인 경우 기종 정보를 기지하고, '기타' 인 경우 '세부사항'을 기재.

제3종 항공 신체 검사자인 경우 '기타' 항목이 자동으로 선택되며, '세부사항'을 입력



그림 86 신청서 작성 2단계(항목 15~17)

15) **음주여부** : 음주 여부를 '예', '아니오' 중 선택. '예'인 경우 세부 항목을 기재

16) **흡연여부** : 흡연 여부를 '경험 없음', '과거에 흡연', '현재도 흡연' 중 선택

'과거에 흡연', '현재도 흡연' 인 경우 세부 항목을 기재

17) **비처방약을 포함한 현재 복용약 유무** : 비처방약을 포함하여 현재 복용 중인 약 유무를 선택. '있음'인 경우 약명, 복용 시작일, 복용량, 복용 사유(진단명)을 기재

마. 국내 항공신체검사 현황

(1) 최근 연도별 항공신체검사 현황

□ 2011년부터 2014년까지 각 년도 별 항공신체검사 발급 건수를 살펴보면 2011년에 6,736건, 2012년에 7,906건, 2013년에 8,445건, 2014년에 9,261건으로 매년 약 10% 가량 증가하였음.

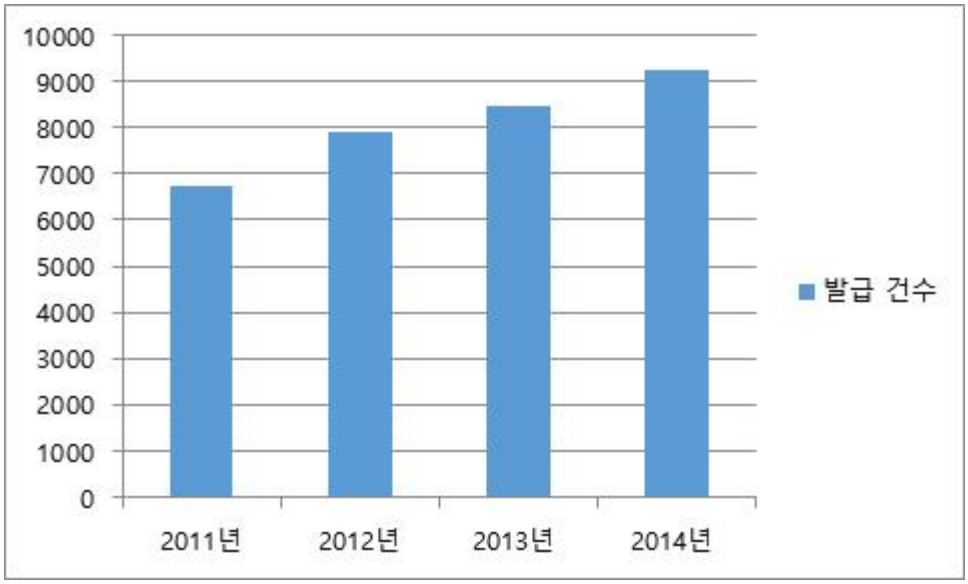


그림 87 2011년부터 2014년까지 연도별 발급건수

(2) 자격증 종별 발급 현황

□ 총 9,261건 중 운송용 조종사 자격증을 소지한 경우가 3,757건(41%), 사업용 조종사 자격증을 소지한 경우가 2,678건(29%), 자가용 조종사 자격증을 소지한 경우가 296건(3%), 항공교통관제사 자격증을 소지한 경우가 111건(1%), 소지하고 있는 항공자격증이 없는 신청 건수가 2,399건(26%)이었음.

□ 총 9,261건 중 1종이 8,759건(94%) 2종이 260건(3%), 3종이 242건(3%)이 발급되어 국내 항공신체검사 증명서 발급의 대부분은 1종 항공신체검사가 차지함.

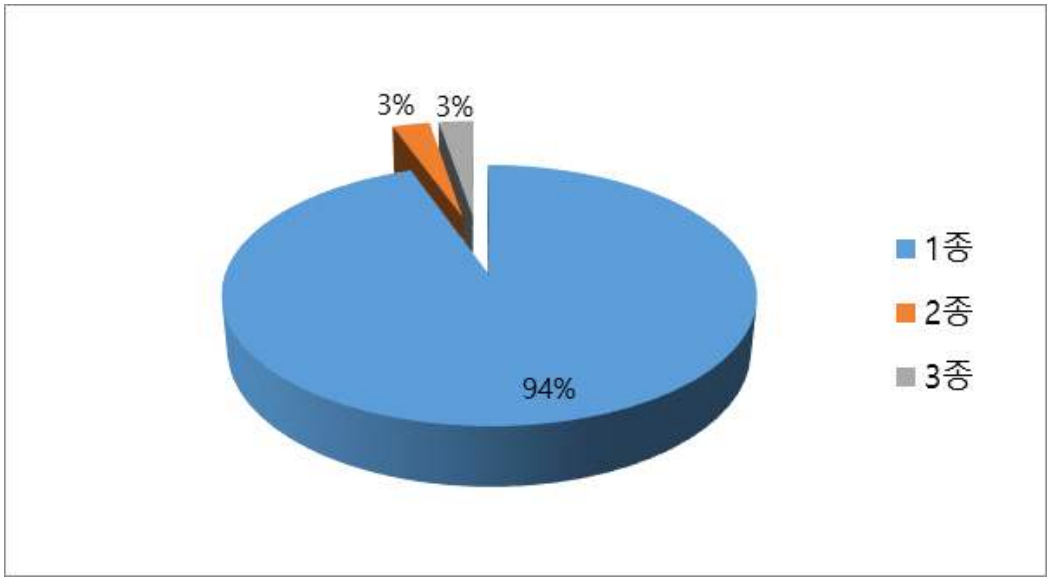


그림 88 항공자격증 종별 발급 건수현황

(3) 최종 판정 결과

□ 2014년 항공신체검사 발급 건수 총 9,261건 중 적합 판정이 7,840건(85%), 조건부적합 판정이1,392건(15%), 부적합 판정이 29건(0.3%)이었음.

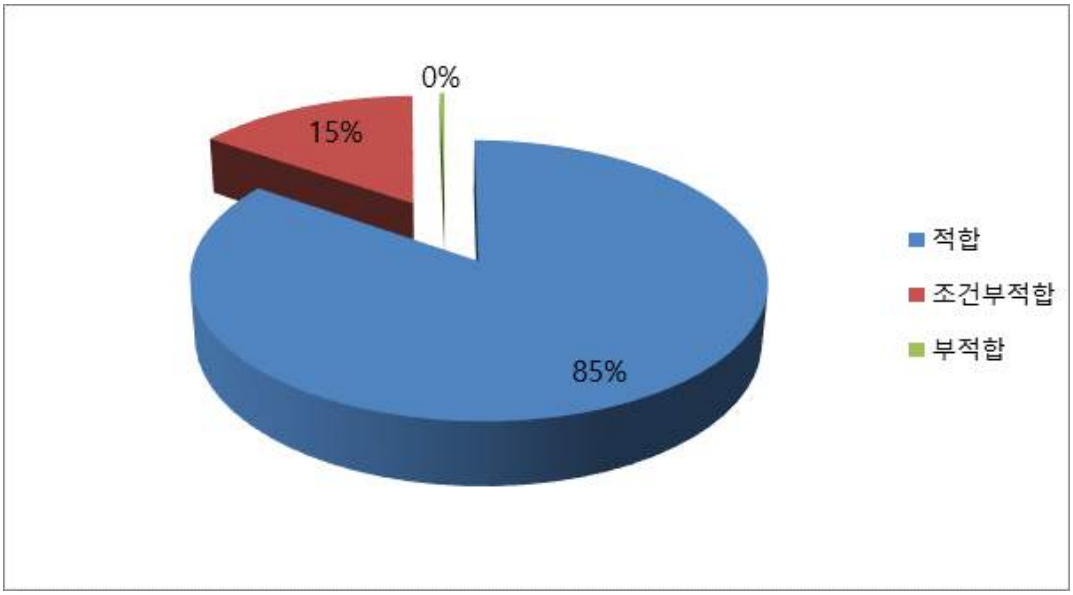


그림 89 최종판정 결과

(4) 성별/연령대별 발급 현황

□ 총 9,261건 중 가장 많은 연령대는 30대 2,686명(29%), 40대 2,566명(28%), 20대 1,681명(18%) 순이었으며, 10대가 486명, 60대 이상이 487명이었음.

□ 성별로 살펴보면 남성 신청자가 97%, 여성 신청자가 3%로 대다수의 항공신체검사 신청자는 남성이었음.

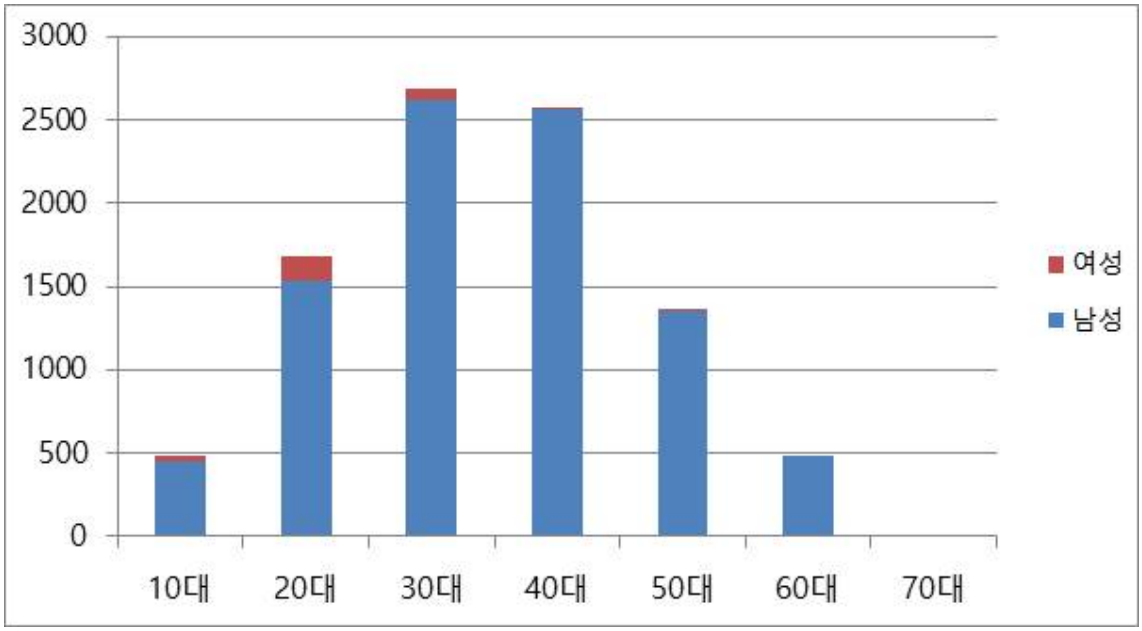


그림 90 성별, 연령대별 발급 현황

(5) 적부심사 결과 및 질환별 자문위원회 상정건수

□ 적부위원회 판정 결과 총 9,319명 중 7,838명(84%)이 적합 판정이었고, 1,481명(16%)이 자문위원회에 상정되었음. 자문위원회에 상정된 건수는 1,785건이었음.

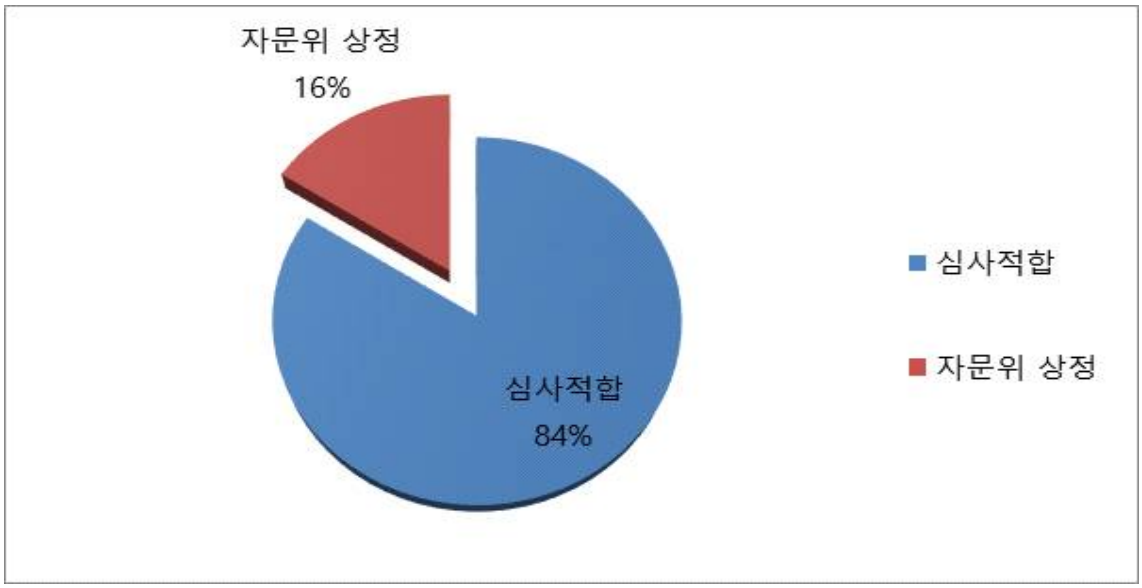


그림 91 적부위원회 판정결과 분석

□ 질환 별 자문위원회에 상정된 건수를 살펴보면 안과, 순환기계, 내분비계, 이비인후과 질환 순으로 높은 비율을 차지하고 있음.

□ 총 1,785건 중 안과계 질환이 691건(39%), 순환기계 질환이 458건(26%), 이비인후과 질환이 150건(8%), 내분비계 질환이 149건(8%), 신장비뇨기계 질환이 128건(7%), 혈액종양계 질환이 52건(3%), 신경정신계 질환이 36건(2%) 순으로 많았음.

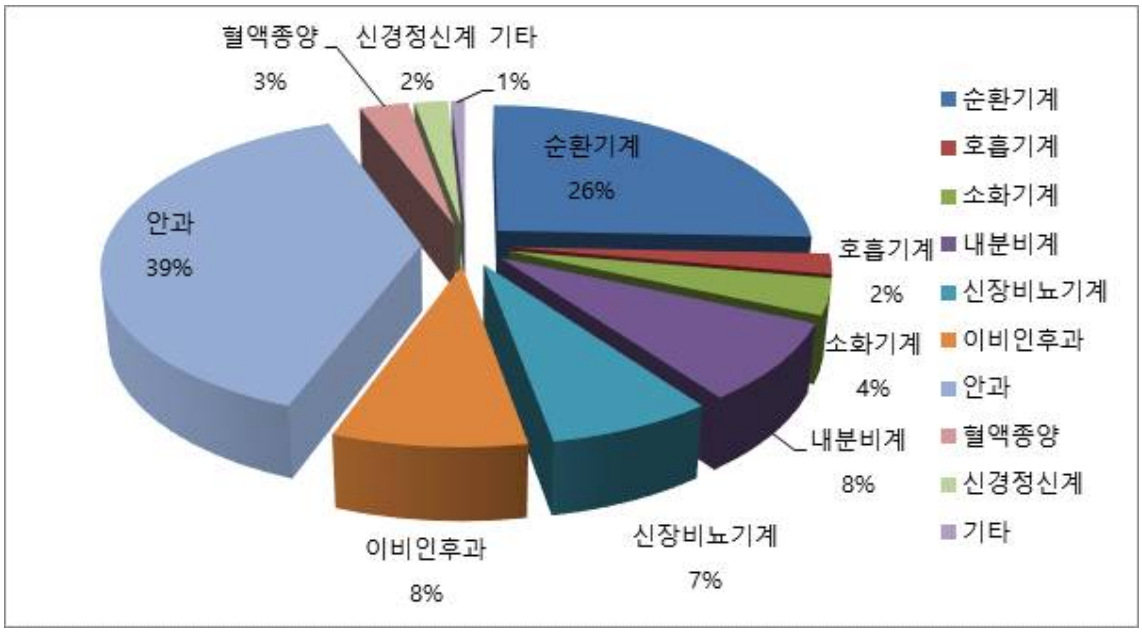


그림 92 질환별 자문위원회에 상정된 건수

(6) 질환 별 부적합 판정 건수

□ 자문위원회에서 부적합 판정을 받은 총 34건 중 순환기계 질환이 9건(27%), 안과계 질환이 8건(24%), 신경정신계 질환이 7건(21%), 호흡기계 질환이 5건(15%), 혈액종양계 질환이 4건(12%) 순으로 많았음.

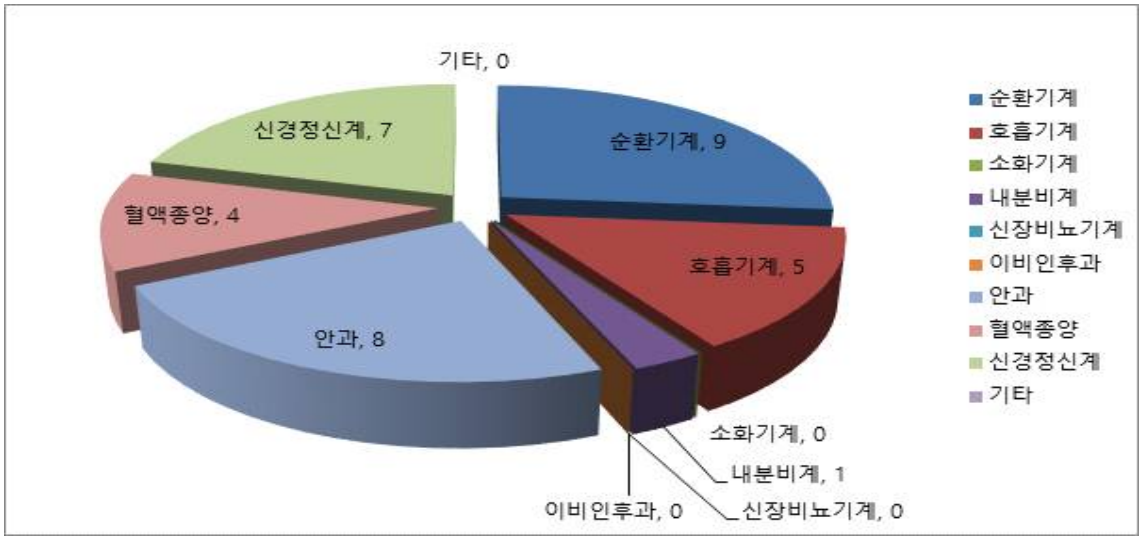


그림 93 질환별 부적합 판정 건수

(7) 2014년 항공신체검사 판정 결과 분석

□ 항공전문의사의 역할은 비행 중 조종불능상태를 유발할 수 있는 질환을 확인하고 예방하는 것으로 항공신체검사에서 항공전문의사의 역할은 매우 중요함.

□ 2011년부터 2014년까지 항공신체검사 건수는 매년 약 10% 가량 증가.

□ 가장 흔한 조건부적합 판정 사유는 안과와 심장내과적 사유임.

□ 조건부적합으로 자문위원회에 상정된 건수에 비해 상대적으로 부적합 판정 비율이 높은 질환은 호흡기계, 혈액종양계, 신경정신계 질환임.

□ 2014년 결과를 살펴보면 총 9,261건 중 부적합 건수는 34건이었으며 이 중 약 절반은 치료가 필요하거나 치료 후 관찰기간 부족한 경우, 추가로 요청한 자료를 미제출하여 부적합 판정을 받았으며 부적합 기준에 해당되어 최종적으로 부적합 판정을 받은 건수는 16건으로 실제 부적합 건수는 매우 낮음.

□ 흔한 조건부적합, 부적합 사유에 해당되는 안과 및 심장질환에 대한 예방 및 관리가 필요할 것으로 판단됨.

2. 항공의학생리 연구교육 및 인력양성 체계

가. 국내외 항공의학생리 교육시스템

(1) 국내외 항공우주의학 교육시스템

(가) 국내

□ 현재 AME 교육은 국토교통부에서 한국항공우주의학협회에 위탁 실시하고 있으며, AME 자격취득을 위한 신규교육과정과 기존의 AME를 위한 보수교육으로 구분하여 실시함.

- 매년 2회에 걸쳐 신규 및 보수교육을 실시함.
- 신규 교육과정과 보수 교육과정으로는 항공관련법령, 항공의학이론, 항공의학실기와 관련된 교육이 이루어지고 있으며 매년 교육 내용은 상이함.

교육과목	교육시간	
	신규교육과정	보수교육과정
항공의학이론	10시간	6시간
항공의학실기	10시간	7시간
항공관련법령	4시간	3시간
계	24시간	16시간 (매3년)

표 45 AME 교육시간 및 교과목

□ 신규교육과정

- 항공전문의가 되기 위해 필수적으로 이수해야 할 과정으로 매년 2회 진행되는 AME 교육기간 중 3일 모두 참석하여 교육을 받아야함. 항공관련법령, 항공의학이론, 항공의학실기 관련 총 24시간의 교육을 이수하여야 함.
- 항공관련법령에 대한 교육은 온라인 강의로 일부 대체할 수 있음.
- 최근 5년 이내에 외국정부로부터 항공전문의로 지정받았거나 국내·외 군 의료기관에서 항공의학에 관한 전문교육을 이수한 군의관으로 근무한 경력이 있는 경우, 신규교육과정의 항공의학이론 및 실기교육을 이수한 것으로 보아 기본 교육시간을 일부 공제가능 함.

□ 보수교육과정

- 항공전문의가 자격을 유지하기 위해 이수해야 할 과정으로 매 3년마다 항공관련법령, 항공의학이론, 항공의학실기 관련 총 16시간의 교육을 이수해야 함
- 항공관련법령에 대한 교육은 온라인 강의로 일부 대체할 수 있음.
- 항공전문의가 항공의학관련 워크숍, 학회 등에 참가하는 경우 보수교육과정의 교육과목 중 항공의학 이론을 해당시간만큼 수강한 것으로 인정할 수 있음. 인정시간은 3시간을 초과할 수 없음.

2 월 17 일(수)

교 육 제 목	시 간	강 사 명	비 고
자격관리제도 및 항공법	09:00 ~ 10:00		
AME 실무교육(법규)	10:00 ~ 11:00		
비행과 이비인후과질환	11:00 ~ 12:00		
항공신체검사 이력관리 시스템	13:00 ~ 14:00		
항공우주학개론	14:00 ~ 15:00		
항공생리	15:00 ~ 16:00		
비행과 안과질환	16:00 ~ 18:00		

2 월 18 일(목)

교 육 제 목	시 간	강 사 명	비 고
항공기구조와 비행원리	09:00 ~ 11:00		
비행과 정신질환	11:00 ~ 12:00		
인천공항 관제탑 견학(인천공항)	13:00 ~ 18:00		

2 월 19 일 (금)

교 육 제 목	시 간	강 사 명	비 고
비행과 심장질환	09:00 ~ 10:00		
항공신체검사 업무매뉴얼	10:00 ~ 11:00		
항공기사고조사	11:00 ~ 12:00		
Simulator 탑승	13:00 ~ 18:00		

표 46 국내 2016년 AME 교육프로그램

(나) 미국

□ AME 지정을 받기 위해서는 FAA Order 8520.2E에 따라 지정된 교육과정을 이수해야 하며, 3년에 한번 씩 보수교육을 받아야 AME 자격을 유지.

□ 연방항공국 (Federal Aviation Administration, FAA) 산하 민간항공우주의학연구소(Civil Aerospace Medical Institute, CAMI)에서 AME 교육을 주관

- AME 자격 취득은 1년에 4회 CAMI에서 실시되는 기본교육 (Basic AME Seminar)을 4.5일간 이수해야하며, 기본교육은 온라인 및 오프라인으로 제공되는 2가지 교육을 이수 하고 시험에 통과하야여 함.

□ AME 교육

- 1단계 : 두 교육을 온라인 혹은 오프라인을 통해 수강 후 시험에 통과해야 함.

1. 항공신체검사증명 표준 및 절차 지침 교육

(Medical Certification Standards and Procedures Tutorial (MCSPT))

: AME가 되기 위해 반드시 이수해야 할 기본교육 과정 전에 이수해야 하는 필수코스로 신체검사증명제도 관한 기본 교육과 AME의 역할과 업무에 관한 기본 교육 등 항공우주의학 전반에 걸친 기본교육

2. 항공우주 생리학 교육

(Clinical Aerospace Physiology Review for AMEs(CAPAME)

: 역시 기본교육 과정 전에 이수해야 하는 필수코스로 항공우주분야의 생리학과 관련된 교육

- 2단계 : 기본교육 (Basic AME Seminar)

AME 자격 취득을 위해 1년에 4회 CAMI에서 실시되는 기본교육 (Basic AME Seminar)을 반드시 이수해야 함.

교육은 4.5일간 항공전문의제도 및 항공신체검사증명제도, 정책, 증명서 발급, Aerospace Medical Certification Subsystem (AMCS)과 관련된 교육 실시

□ AME 자격 유지

- AME 자격유지를 위해 보수교육 (Theme AME Seminar)와 Multimedia AME Refresher Course(MAMERC) 이수. 교육비용은 전액 무료임

1. 보수교육 (Theme AME Seminar)

AME가 자격을 유지하기 위해 3년마다 이수해야 하는 필수 세미나

2.5일간 진행되며, 실제 항공종사자 신체검사를 하고 있는 AME의 판정에 대한 정확도를 높이고 자격유지를 위한 교육

FAA 자격증명제도 및 항공우주의학정보, 항공종사자 신체검사 기법 소개 등의 다양한 정보를 제공하고 있음.

2. 멀티미디어 AME 보수교육 과정 (Multimedia AME Refresher Course (MAMERC)) : 미국의 항공전문의사는 3년마다 보수교육에 해당되는 MAMERC 코스를 이수해야 자격을 유지할 수 있으며, 온라인으로 강의를 수강 후 시험을 쳐서 일정 성적 수준 이상을 유지해야 함

□ 항공종사자를 위한 교육프로그램

·항공 생리학 과정(Aviation Physiology Courses)

·글로벌 생존 과정(Global Survival Courses)

·멀티미디어 항공 생리학 과정(Multimedia Aviation Physiology Course)

·멀티미디어 글로벌 생존과정(Multimedia Global Survival Course)

·일반항공 멀티미디어 인적요소 과정(Multimedia Human Factors in General Aviation Course)

□ 미국의 기본교육 (Basic AME Seminar) 세부교육내용

▪ 교육 1일째

1. 민간항공의 안전 및 생존 (Safety and Survivability Issues in Civil Aviation)
   : 민간항공 분야에서 항공안전과 생존에 관련된 주제 강연 (90분)
2. 항공조종사의 15가지 자격박탈 사례 (15 Disqualifying Conditions for Pilots)
   : 비디오교육으로 15가지의 조종사의 신체검사 시 결격사유 예시 (45분)
3. 항공전문의사 프로그램 개요 (AME Program Overview)
   : 항공전문의 프로그램에 관련된 소개 및 정보 제공 (60분)
4. 항공전문의 과정 (How To Be An AME)
   : 항공전문의가 되기 위한 과정 및 자격유지 관련 정보 제공 (60분)
5. 항공우주자격증명 온라인 시스템 (AMCS)
   : 항공우주의학 자격제도관리시스템
   (Aerospace Medical Certification Subsystem) 소개 및 사용방법 교육 (90분)
6. 응용항공생리학 (Applied Aviation Physiology)
   : 항공우주의학과 관련된 기본 생리학 교육 (90분)

▪ 교육 2일째

1. 항공생리 훈련 (Physiological Training)
   : 시뮬레이터를 이용하여 실제 비행상황과 유사한 환경을 체험하고, 이러한 비

행 상황에서 발생할 수 있는 생리적 변화를 체험하는 교육 과정 (120분)

2. 항공분야의 인적요인 (Human Factors in Aviation)
: 항공과 관련되어 발생할 수 있는 인적요인을 나열하고, 인적요인으로 인하여 발생할 수 있는 항공사고와 항공업무와 관련된 교육을 하는 과정 (120분)

3. 매연 배출 가상교육 (Smoke Evacuation Simulator)
: 비행 상황이나 비상 혹은 사고 상황에서 발생 가능한 매연의 가상체험을 교육하는 과정 (60분)

4. 항공우주의학 연구 (Aerospace Medical Research)
: 최신의 항공우주의학과 관련된 교육 (50분)

5. 항공우주의학연구 선택과제(Selected Topics In Aerospace Medicine Research)
: 항공우주의학의 여러 가지 연구 분야 중에서 이슈가 될 만한 주제를 선별해서 발표와 토론 시간을 가짐 (50분)

6. 생물역학연구 (Biodynamic Research)
: 비행 중 또는 항공 상황에서 인체의 변화와 관련된 생물 다양성 연구 (50분)

7. 항공독물학 (Aviation Toxicology)
: 비행 상황에서 발생할 수 있는 중독물질과 이로 인한 영향 관련 교육 (50분)

▪ 교육 3일째

1. 항공 심장병학 (Cardiology)
: 조종사에서 발생할 수 있는 다양한 심장 질환에 대한 이론과 판정 (100분)

2. 항공정신병학 (Aviation Psychiatry)
: 조종사에서 발생할 수 있는 다양한 정신 질환에 대한 이론과 판정 (60분)

3. 항공 중독 (Addictionology)
: 조종사에서 발생할 수 있는 약물, 음주 등 중독에 대한 이론과 판정 (50분)

4. 항공 이비인후과 (Otorhinolaryngology)
: 조종사에서 발생할 수 있는 다양한 이비인후과 질환에 대한 이론과 판정 (100분)

5. 안과 (Ophthalmology)
: : 조종사에서 발생할 수 있는 다양한 안과 질환에 대한 이론과 판정 (100분)

6. 항공 신경과 (Neurology)
: 조종사에서 발생할 수 있는 뇌전증, 뇌졸중 등 다양한 신경질환에 대한 이론과 판정 (100분)

▪ 교육 4일째

1. 의학법 (Medical Legal)
   : 의료법에 대한 내용과 항공법 관련 교육 (90분)
2. DUI/DWI Investigations
   : 음주 및 약물중독 상태의 비행기 조종사에 대한 조사 방법 교육 (30분)
3. Medical Certification On-Call
   : 의사면허증 자격유지 및 박탈에 대한 이론과 실제 (60분)
4. Medications On-Call
   : 약물처방에 관련된 이론과 실제 (60분)
5. Medical Appeals
   : 항공조종사가 AME의 판정에 불복할 경우 재심청구제도에 대한 교육 (45분)
6. Air Traffic Control Examinations
   : 항공교통관제와 관련된 이론과 실제 시험 (30문)

▪ 교육 5일째

1. Office of Aviation Medicine Issues
   : 항공의학과 관련된 문제점을 토의 또는 건의하는 기구 안내 (90분)
2. 항공우주 신체검사제도 개요 (Aerospace Medical Certification Review)
   : 항공조종사 신체검사 시 유의사항 안내 (60분)
3. AME Performance Reporting (항공전문의사 성과 보고)
   : AME 성과 및 보고와 관련된 교육 (75분)

□ 미국의 보수교육(Theme AME Seminar) 세부교육내용

▪ 안과, 이비인후과, 내분비학 테마
(Ophthalmology, Otorhinolaryngology, Endocrinology Theme)

심장병학 (Cardiology)
항공정신과 (Aviation Psychiatry)
약물과 항공안전 (Drugs & Aviation Safety)
신경학 (Neurology)
내분비학 (당뇨병, 갑상선기능이상) (Endocrinology (Diabetes, Thyroid))
이비인후과학 (Otorhinolaryngology)
안과 (Ophthalmology)

▪ 항공 정신학 / 인간공학 테마 (AP/HF Theme)

인적요인 (Human Factors)

인적요인 및 분류시스템 (Human Factors Analysis and Classification System)

공간 및 방향감각 상실 (Spatial Orientation & Disorientation)

항공 심리학 (Aviation Psychology)

인적 수행 (Human Performance)

충돌 및 생존 (Crash Worthiness/Survival)

항공 중독학 (Aviation Addictionology)

항공 정신학 (Aviation Psychiatry)

이비인후과학 (Otorhinolaryngology)

▪ 심장병 테마 (Cardiology Theme)

이비인후과학 (Otorhinolaryngology)

안과학 (Ophthalmology)

항공정신학 (Aviation Psychiatry)

약물 및 항공안전 (Drugs & Aviation Safety)

신경병학 (Neurology)

Review Concepts of Tests & Testing

항응고 / 심방세동 (Anticoagulation/ Atrial Fibrillation)

심장판막질환 조종사의 평가 (Evaluation of the Flyer with Valvular Disease)

실신과 기립성 조절 장애 (Syncope & Orthostatic Intolerance)

▪ 신경학, 신경심리학, 정신병학 테마

(Neurology, Neuropsychology, Psychiatry Theme)

이비인후과 (Otorthinolaryngology)

안과 (Ophthalmology)

심장병학 (Cardiology)

항공정신병학 (Aviation Psychiatry)

실신 및 치매 (Syncope & Dementia)

뇌혈관질환 (Cerebrovascular Disease)

뇌전증 및 격리된 발작 (Epilepsy and The Isolated Seizure)

외상성 뇌손상 (Traumatic Brain Injury)

약물과 항공안전 (Drugs & Aviation Safety)

- AME 임상항공우주생리 세부교육내용

: Clinical Aerospace Physiology Review for AMEs (CAPAME)

1. 저산소증 및 과호흡 (Hypoxia and Hyperventilation)
   저산소증과 색각 (Hypoxia and Color Vision)
   저산소증과 만성폐쇄성폐질환 (Hypoxia and COPD)
   경감압과 저산소증 (Slow Decompression and Hypoxia)
   과호흡 (Hyperventilation)
2. 감압증 (Decompression Sickness)
   감압통 (The Bends)
   잠수 후 비행 안내 (Flying After Diving)
   신경정신적 감압증 (Neurological DCS)
3. Trapped Gases
   압력중이염과 기압부비동염 (Barotitis and Barosinusitis)
   지연성 항공중이염 (Delayed Barotitis)
4. 공간감각상실 (Spatial Disorientation)
   신체 회전성 (Somatogyral Illusion)
   전향성 착각 (Coriolis Illusion)
5. 멀미 (Motion Sickness)
   비행 멀미 (Air Sickness)
   시뮬레이터 멀미 (Simulator Sickness)
   빛 현기증 (Flicker Vertigo)
6. 중력가속도 노출 (Acceleration Exposure)
   훈련 G-LOC (Exercise G-LOC)
   탈수 G-LOC (Dehydration G-LOC)
7. 소음과 진동 (Noise and Vibration)
   소음 노출 (Noise Exposure)
   진동 노출 (Vibration Exposure)
8. 기타 위험요소 (Other Hazards)
   레이저 노출 (Laser Exposure)
   일산화물 중독 (Carbon Monoxide Poisoning)
   열 압박 (Heat Stress)
   조종사 의사결정 (Pilot Decision Making)
9. 자주 스트레스 (Self-Imposed Stress)
   조종사피로 (Pilot Fatigue)
   감정적 스트레스 (Emotional Stress)

카페인 중독 (Caffeine Abuse)

흡연 (Smoking)

안전한 약물 (OTC Medications)

음주 (Alcohol Consumption)

대체 의학 (Alternative Medicine)

10. 독물학 (Toxicology)

사후검시음주분석 (Post-Mortem Alcohol Production)

- AME 멀티미디어 보수교육과정

(Multimedia AME Refresher Course (MAMERC))

Module 1 : 현기증 (Vertigo), 알레르기 (Allergies), 청각결함 (Hearing Deficit)

Module 2 : 녹내장 (Glaucoma), 굴절수술 (Refractive Surgery),
사위 (Heterophoria), 단안용 기구 (Monocularity)

Module 3 : 심근경색 (Myocardial Infarction),
관상동맥질환 (Coronary Artery Disease),
심방세동 (Atrial Fibrillation), 고혈압(Hypertension),
혈관질병 (Peripheral Vascular Disease)

Module 4 : 기흉 (Pneumothorax), 폐색전증(Pulmonary Embolism)
만성폐질환 (Chronic Obstructive Pulmonary Disease)

Module 5 : 발작 (Seizure Disorder), 편두통 (Migraine Headaches),
일과성 허혈발작 (Transient Ischemic Attack),
뇌종양 (Intracranial Mass),
신경퇴행성질환 (Neurodegenerative Disease)
동맥 및 정맥의 기형 (Arteriovenous Malformation)

Module 6 : 알콜중독 (Alcohol Dependency), 성격장애 (Personality Disorder),
우울 (Depression)

Module 7 : 당뇨병 (Diabetes mellitus), 담석증 (Nephrolithiasis),
위궤양질환 (Peptic Ulcer Disease),
비전이성암 (Cancer, Non-Metastatic),
전이성암 (Cancer, Metastatic), 무호흡증 (Sleep Apnea)

- Aerospace Medical Certification Subsystem (AMCS) Online Support

: 항공종사자 신체검사증명 업무 신뢰성 확보 및 정확도 향상을 목적으로 도입된 전자시스템으로 신체검사증명과 관련된 모든 업무를 처리할 수 있는 온라인 시스템. 항공전문의사에게 시스템 사용과 관련된 다양한 정보제공, 교육을 수행함

□ 미국의 항공종사자를 위한 교육 프로그램

- 항공생리과정(Aviation Physiology Courses)

: 항공생리 관련 다양한 교육 제공

항공기 운항, 감압실, 야간비행 중 발생 가능한 신체적 변화를 직접 체험

항공기와 헬리콥터 시뮬레이터 통한 비행 체험

첨단 교육장비를 통해 실제 비행 중 발생 가능한 위험요인 및 신체변화경험

모든 교육비용은 무료, 누구나 신청가능

- 글로벌생존과정 (Global Survival Courses)

: 항공기 사고 시 신속한 대피와 구조 시 각종 위험에 대처하는 생존방법을 교육 지상탈출, 해상탈출, 극지 등에서 생존방법을 직접 체험하고 배울 수 있음. 교육비용은 무료, 누구나 신청가능

□ 기타 항공의학관련 교육프로그램

- 항공의학 훈련 프로그램 (Training Programs in Aviation Medicine)

: 항공의학과 관련된 약물과 질병에 대한 교육 프로그램

- 산업 약물, 알코올시험 프로그램 (Industry Drug and Alcohol Testing Program) : 항공종사자 및 AME의 항공기 운항 및 신체검사에 영향을 미치는 금지약물 및 술 등에 대한 교육

(다) EU

□ AME 지정을 받기 위해서는 항공의학에 대한 기본교육과 고등교육을 받아야 하며, 교육 이수자 중 정부가 AME를 지정

- 항공의학에 대한 기본교육

·제2종 조종사의 의료와 감독을 관할하는 의사가 받는 기본교육

실질적인 업무(검사방법)을 포함하여 최소 60시간 이상 강의

·최종시험은 항공의학에 대한 기본교육 후 실시되고, 증명서는 과정을 성공적으로 수료한 자에게 수여

·항공의학의 기본교육증명서를 소지하였다고 해서 항공의학과로부터 제2종 항공신체검사를 위한 AME로 법적 권한을 승인받는 것은 아님

- 항공의학의 고급교육

·제1종 운항승무원의 항공신체검사와 평가, 감독을 책임진 항공의학의사 대상

최소한 120시간의 강의(기본교육에 60시간 추가)

·실습, 항공의학센터, 병원, 연구소, 항공교통관제소, 시뮬레이터, 공항, 산업시설 방문 등의 교육 포함

·최종시험은 항공의학에 대한 고등교육 후 실시되고, 증명서는 성공적으로 과정을 이수한 자에게 수여

·항공의학에 고등교육 증명서를 소지하였다고 해서 항공의학과로부터 제1종 항공신체검사를 위한 AME의 법적 권한을 승인받는 것은 아님

- 항공의학 재교육

AME는 승인기간 동안 최소한 20시간의 재교육과정에 참여해야 함.

최소 6시간은 항공의학과가 직접 감독하는 교육을 받아야 함.

이러한 목적으로 과학회의, 회담, 조종석 실습 등 어느 정도의 시간을 받아야 할지는 항공의학과가 정함

- 승인

AME는 3년을 초과하지 않는 범위 내에서 승인.

신체검사 실시에 대한 승인은 당국의 지시 하에 제1종 또는 제2종 또는 제1, 제2종 모두에 대해 이루어짐.

AME 승인을 유지하기 위해 매년 최소한 10회의 신체검사를 실시해야 하며, 승인 유효기간 동안 관련교육을 받아야 함.

- 승인 철회

JAA 회원국은 언제라도 JAR-FCL 조건에 부합하여 발급된 승인을 관련 국가의 절차에 따라 철회할 수 있으며, AME가 JAR-FCL 또는 면허발급 국가의 관련 국내법 조건에 충족되지 않거나 더 이상 충족하지 못할 경우에 철회 가능

(라) 영국

□ 유럽항공안정청 (European Aviation Safety Agency, EASA) 산하 민간항공공단 (Civil Aviation Authority, CAA)에서 제공하는 AME 양성 프로그램으로 영국

의 King's College에서 위탁교육 실시

□ 자격 취득 요건

- Class 1 AME : 항공의학부문 기초교육 60시간과 고급교육 60시간을 반드시 이수하고, 자격 및 경험 점수 5점 이상을 취득.
- Class 2 AME : 항공의학부문 기초교육 60시간과 자격 및 경험점수 4점 이상을 취득.

□ 자격 및 경험 점수 지정

- 일반의학

: Medical practice 분야 (예, occupational physician, general practitioner 등) 중 단일 분야에서 고급훈련 이수 (3점).

- 항공의학

·항공의학 전문과정 수료증(Diploma in Aviation Medicine) 또는 동등이상 (2점)
·또는 Aviation Medicine Practice로 1년 full-time 또는 동등한 part-time (항공사 medical staff, air ambulance work 등) (1점)
·또는 Aviation Medicine Practice로 2년 full-time 또는 동등한 part-time (항공사 medical staff, air ambulance work 등) (2점)

- 비행경험 (자격이나 등급이 만기될 수 있음)

·ICAO PPL, NPPL 또는 동등자격 (1점)
·또는 ICAO CPL (2점)
·또는 ICAO Instrumental Rating (2점)

□ JAA 항공의학 기본 및 고급교육 (The JAA Basic and Advanced Courses in Aviation Medicine)

- 유럽 공동항공청 (Joint Aviation Authorities, JAA)의 AME가 되기 위한 필수코스로 EASA 산하 CAA에서 유일하게 인정하는 위탁교육프로그램

·각 코스는 2주 동안 60시간의 수업, 세미나, 관련 실습 등

·코스 이수 후 시험을 통해 JAR에서 규정하는 기준점수 이상을 취득해야 항공전문의사 자격을 취득

- 영국 AME 기초과정

·항공의학 기본 교육(Introduction to aviation medicine)
·항공우주물리학 교육 (Physics of the atmosphere and space)

·기본 항공우주 상식 교육(Basic aeronautical knowledge)

·항공 생리학 (Aviation physiology)

: 기압 (Atmosphere), 호흡 (Respiration), 저산소증 (Hypoxia), 가속(Acceleration), 방향감각의 상실 (Disorientation), 소음과 진동 (Noise and vibration)

·안과 (Ophthalmology)

·이비인후과학 (Otorhinolaryngology)

·심장병 및 내과 (Cardiology and general medicine)

·신경학 (Neurology)

·정신병학 (Psychiatry)

·심리학 (Psychology)

·치과 (Dentistry)

·사고, 탈출, 생존 교육 (Accidents, escape and survival)

·법적규제 관련 교육 (Legislation, rules and regulations)

·항공비행을 위한 승객 적합도 (Passenger fitness to fly)

·의료 및 비행 (Medication and flying)

·최종시험(Final examination and debrief)

- 영국 AME 고급과정

·항공운항 환경 체험 교육 (Pilot working environment)

·항공우주 생리학 (Aerospace physiology)

·안과 (Ophthalmology)

·이비인후과 (Otorhinolaryngology)

·심장병 및 내과 (Cardiology and general medicine)

·신경 및 정신병학 (Neurology/Psychiatry)

·항공분야의 인적요인 교육 (Human factors in aviation)

·열대의학 (Tropical medicine)

·위생학 (Hygiene)

·우주의학 (Space medicine)

·최종시험 (Final examination and debrief)

□ 항공의학 학위과정

(Courses of study for the Diploma in Aviation Medicine (DAvMed))

- 매년 1월에 시작하는 6개월 과정의 전문가과정

민간 및 군 항공우주의학 포괄적 교육 제공.

유럽 우주항공관련 기관들에게 다양한 과목 이수 기회

JAA Class 1 AME 자격요건 부여

- 6개월간 King's College 및 영국공군 항공의학기관 RAFCAM 교육
- 고도 생리학 및 보호 (Altitude physiology and protection)
  ·특별 감각 (Special senses)
  ·가속도 (Acceleration)
  ·인체온열 생리학 및 생존 (Thermal physiology and survival)
  ·항공심리학 (Aviation psychology)
  ·항공 임상 의학(Clinical aviation medicine)
  ·항공 병리학 (Aviation pathology)
  ·충돌 및 탈출 시스템 (Impact and escape systems)

○ 영국 King's College 항공의학 학위과정

·생리학(Physiology) : 인체와 관련된 기본 생리학 교육

·심리학(Psychology) : 기본 심리학 교육

·항공응용생리학 및 응용심리학 (Applied aviation physiology and psychology) : 항공운항 환경에 노출 시 발생 가능한 응용생리학 및 응용심리학 교육

·선발교육 (Selection) : 적절한 항공종사자를 선발하고, 신체검사 관리 및 항공종사자를 위한 기본소양 교육을 통한 선발관련 교육

·건강관리교육 (Clinical care) : 항공종사자들의 건강을 체계적으로 관리하고, 항공종사자들이 복용하는 약품 혹은 수술과 관련된 교육

·공공건강 (Public health) : 일반적인 건강관리 및 위생과 관련된 교육

(마) 일본

□ 항공의학연구센터 (Japan Aeromedical Research Center)에서 AME 교육뿐만 아니라, 항공의학과 관련한 정보의 제공과 연구 및 자료의 국내외 보급 활동

- 센터는 재단법인 일본선박진흥회, 일본항공, 전일본공수, 일본에어시스템의 출연 운영은 일본항공, 전일본공수, 오사카 국제공항터미널, 간사이국제공항 등 항공사, 공항운영자, 해운회사 등 32개 업체 기부금
- 주요업무

▪ 항공신체검사 실시 : 내과, 안과, 이비인후과, 정신신경과 등 4개 분야에 대한 전문의가 검사를 수행하고 연구센터소속 지정항공전문의가 적부 판단

▪ 60세 이상 조종사의 조종인력 활용성을 높이기 위해 추가검사 실시
  - 1991년 63세로 상향 (non commercial pilot & FE)

1996년 63세로 상향 (commercial flight pilot) : 60세 Brain CT 등 추가
2004년 65세로 상향 (commercial flight pilot) : 60세 Brain MRI 등 추가
2015년 68세로 상향 (commercial flight pilot) : 60세와 65세 EEG 추가

▪ 항공의학관련 정보의 제공 및 보급 "승무원의 건강관리 회람" 잡지발행

정부결정 항공신체검사관련 정보 제공, 지정항공전문의 교육 등을 수행

▪ 2009년의 국토교통성으로부터 지정항공신체검사의 강습회 용역 수주

▪ 2009년도 지정항공신체검사의 등에 대한 강습회 교육과정 (3일간 총 15.5시간)

- 첫째 날
  1. 일본의 항공신체검사증명 (제도, 인증절차) : 60분
  2. 일본의 항공신체검사증명 (신체검사기준, 매뉴얼, 통지 등) : 180분
  3. 항공의학 (항공생리) : 60분
- 둘째 날
  1. 항공신체검사증명관련 최근 상황 : 60분
  2. 항공의학 (정신과) : 60분
  3. 항공의학 (이비인후과) : 60분
  4. 항공의학 (안과) : 60분
  5. 항공의학 (순환기) : 60분
  6. 항공의학 (내과) : 30분
  7. 질의응답, 기타 : 60분
- 셋째 날
  1. 실기연습 등 (안과 및 이비인후과, 모의비행장치 체험) : 240분

나. 국내외 AME 교육시스템 비교 분석

(1) 국내 AME 교육시스템

□ 국내 항공전문의사 교육에 관해서는 항공법 제31조의2 제3항과 항공법시행규칙 제98조 제5항, 국토해양부 고시 제2009-884호 (항공신체검사증명업무규정) 제8장에서 규정되어 있으며, 교육 실시에 대해서는 항공법시행령 제63조 제10항 제2호에 의거해 한국항공우주의학협회에서 AME 교육을 위탁하여 실시하고 있음.

□ AME 자격취득은 외국과 마찬가지로 신규교육과 보슈교육으로 구분하여 실시

하고 있다.

□ 현재 한국항공우주의학협회에서는 국내외 항공우주의학 단체와의 교류, 연구 및 전문교육 훈련사업, 항공우주의학에 관한 각종 홍보 및 간행, 출판사업, 항공전문의사의 전문교육계획 수립 및 교육실시 및 항공신체 검사 기관의 지도·감독, 항공전문의사의 항공신체검사증명 발급 및 갱신의 보류 또는 거부에 대한 자문, 항공전문의사가 수행한 업무에 대한 재심사 등의 업무를 하고 있으나, 전담하는 항공전문의사가 상주하고 있지 못하며, 교육에 대한 지속적 관리가 부족한 실정임.

□ 신규교육과정은 총 24시간으로 3일간 항공의학이론 10시간, 항공의학 실기 10시간, 항공관련법령 4시간으로 구성되어 있으며, 보수교육 매 3년마다 2일간 총 16시간으로, 항공의학이론 6시간, 항공의학실기 7시간, 항공관련법령 3시간으로 구성되어 있음.

(2) 국외 AME 교육시스템

(가) 미국

□ 미국은 FAA Order 8520.2E에 따라, FAA 산하에 민간항공우주의학연구소(Civil Aerospace Medical Institute, CAMI)를 두어 항공전문의사 (AME), 항공종사자(Aircrew) 및 일반인을 대상으로 한 다양한 교육프로그램 개발 및 전문교육과 항공의학관련 연구를 활발히 진행

□ CAMI는 항공의학전문연구 및 교육기관으로 AME 뿐만 아니라, 항공에 관심이 있는 일반인과 종사자들에 대한 교육도 담당하고 있어, 누구나가 쉽게 항공우주의학에 대한 관심을 가지고 접근할 수 있도록 다양한 프로그램을 구성

□ CAMI는 이런 프로그램을 만들기 위해 자체 기구 내에 약 50명에 과학자, 엔지니어, 기술자, 의사 등을 확보하고 있으며, 미국전역에 9개의 지부를 나누어서 보다 세밀한 관리와 교육 프로그램을 활성화 하는 노력을 하고 있음.

□ 교육시간도 국내보다는 많은 교육시간을 할애하고 있으며, 신규 기본교육은 4.5일이지만 기본교육을 받기 위해서는 온라인 및 오프라인으로 제공되는 2가지 교육 (항공신체검사증명 표준 및 절차 지침 교육 (Medical Certification Standards and Procedures Tutorial (MCSPT)과 항공우주 생리학 교육 (Clinical Aerospace Physiology Review for AMEs (CAPAME))을 이수하고 시험을 통

과해야만 AME 자격을 부여.

□ 보수 교육은 2.5일이며, 비디오 교육, 실기 교육 등 다양한 방법으로 교육을 실시. 또한, 자격을 유지하기 위해서는 매 3년마다 보수교육인 멀티미디어 AME 보수교육 과정 (Multimedia AME Refresher Course (MAMERC)) 코스를 이수해야 하며, 온라인 강의후 시험 성적이 일정 수준 이상을 유지해야 지속적으로 자격을 유지할 수 있음.

(나) 영국

□ 영국 역시, 영국의 King's College에서 위탁교육 실시하고 있으며, 유럽항공안정청 (European Aviation Safety Agency, EASA) 산하 민간항공공단 (Civil Aviation Authority, CAA)에 AME 교육 프로그램의 승인을 받아서 교육을 실시하고 있음.

□ CAA는 5개 부문 11개의 하부조직으로 의료조직을 관리하고 있으며, 9명의 항공전문의사가 근무. AME의 기본 자격요건도 필요하며, 일반의학협회 요건을 만족하는 자격과 적합성을 갖추고 JAR에 규정된 경험과 자격을 갖추어야 교육을 받을 수 있는 자격을 부여.

□ 교육시간은 Class 1 AME (사업용 및 운송용 조종사 신체검사 실시)인 경우, 총 120시간을 이수해야 하며, 여기에는 기초교육 60시간과 고급교육 60시간을 반드시 이수하고, 추가적으로 자격 및 경험 점수 5점 이상을 취득해야 항공전문의사로서의 자격을 유지할 수 있음. Class 2 AME (개인용 조종사 및 관제사 신체검사 실시)의 경우에도, 항공의학부문 기초교육 60시간과 자격 및 경험점수 4점 이상을 취득해야만 자격을 유지.

□ 국내에서는 일정 교육만 이수하면 자격을 계속 유지할 수 있는 것과 달리, 일반의학과 항공의학과 관련된 자격 및 경험점수 또는 비행경험을 가져야만 자격을 유지할 수 있어 까다로운 자격관리를 함으로 AME의 수준을 지속적으로 향상시키고 있으며, 경제적인 만족도뿐만 아니라, 사회적인 인지도도 점점 높아지고 있는 실정.

(다) EU

□ EU는 JAR-FCL 3.090 규정에 따라, 정부에서 항공의학과 (Aeromedical section)

을 설치해서 항공의학 전문의를 상주시켜 항공의학관련 교육에 대한 관리를 담당.

□ AME 교육제도는 영국과 비슷하게 운영하고 있음. Class 1 AME는 총 120시간의 교육을 반드시 이수해야 하며, Class 2 AME도 총 60시간의 교육을 이수해야 한다. 이 교육만 받는다고 AME 자격을 부여하는 것이 아니라, 추가적으로 AME는 승인기간동안 최소한 20시간의 재교육과정에 참여하여야 하며, 최소 6시간은 항공의학과가 직접 감독하는 교육을 받아야 함. 3년 이내의 기간 동안 자격이 유지되며, 매년 최소 10회 이상의 신체검사를 실시하고, 관련 교육도 이수하여야 함.

(라) 일본

□ 일본에서는 항공법시행규칙 제61조의5, 제62조, 제62조의2 및 제62조의3항에 의거하여 AME 교육을 실시하고 있지만, 이를 전담하는 정부조직은 없고 일본항공의학연구센터에서 내과, 안과, 이비인후과, 정신신경과 등 4개 부문에 의사가 근무하며, 여기서 AME 교육을 위탁받아 실시.

□ 이 뿐만 아니라, 항공신체검사 및 60세 이상 고령자에 대한 항공신체검사 실시와 항공의학관련 연구도 지속적으로 하고 있다. AME 지정 기준은 항공신체검사지정기관에 소속된 의사로 최근 지정항공신체검사의 강습회에 출석한 실적이 있으며, 임상 및 항공의학에 대해서 5년 이상의 경험이 있는 자에 대해 지정항공신체검사의 제도를 만들어 운영.

(3) 결론

□ 이와 같이 미국이나 영국, EU 등의 국가에서는 전담 기구를 두어서 AME를 위한 다양한 프로그램이 운영되고 있음. 특히, 미국의 경우는 국가에서 직접 AME 교육을 전담하고 있으며, 기타 국가에서는 위탁교육으로 AME 교육을 실시.

□ 국내는 현재 한국항공우주의학협회에서 일임하여 AME 교육을 하고 있으며, 국토교통부 등의 국가적인 통제관리 시스템이 없는 상황이라 타 국가에 비해 교육의 전문성이 부족한 것이 현실. 더구나, 협회에 전문의사 역시 전담으로 항공우주의학 관련 업무를 하는 전담의사가 아니고, 국토교통부 내에도 항공우주의학이나 AME교육 및 연구를 전담할 수 있는 의사나 전문 인력이 없는 상황이라 AME 교육의 한계를 가지고 있는 것은 사실임.

다. AME 교육시스템 개선방안

□ 미국의 경우는 AME 뿐만 아니라, 항공종사자, 일반인에 대해서도 항공우주의학에 관심이 많은 분들에 대해서 교육의 장을 마련하여 좀 더 쉽게 접근할 수 있는 문호를 개방하고 있음. 이런 체계를 만들기 위해서는 국가나 민간단체가 주도가 되는 기구를 만들지 않으면 현실적으로는 불가능함.

□ 유럽이나 영국, 일본의 경우는 미국처럼 직접 국가가 AME 교육이나 항공우주의학 관련 연구를 하지는 않지만, 대학이나 타 기관에 위탁운영을 하며, 이에 대하여 국가에서 컨트롤 타워를 만들어서 관리 감독을 할 수 있는 정부 내에 항공의학과나 항공우주의학 연구센터 등을 가지고 있어야만 꾸준한 교육과 연구의 체계를 마련할 수 있음.

□ 현재 국토교통부의 일부 부서에서 2-3명의 공무원으로 AME 관리 및 교육에 대해서 관여하고 있으나, 잦은 인력교체로 인하여 업무의 단절과 전문성의 결여로 인하여 협회와의 원활한 관계유지가 어려움.

□ 따라서, 국가적인 차원에서의 이를 조정할 수 있는 컨트롤 타워의 필요성이 대두 되고 있으며, AME의 교육뿐만 아니라, 분쟁의 소지가 있는 경우 이를 중재하고, AME 관리 및 교육 제도 등을 개선을 할 수 있는 국가 기관 내의 전문인력 양성이 절실히 필요함. 타 국가와 유사하게 국토교통부 산하에 항공신체검사만을 전담할 수 있는 인재의 양성이 절실히 필요하며, 의사인력 채용도 검토하여 국가적 차원에서의 항공신체검사를 조절할 수 있는 기구의 발족이 필요하다고 사료됨.

□ 현재 한국항공우주의학협회에서 실시하고 있는 교육도 다양화 할 필요성이 대두되고 있음. 외국의 경우는, 새로운 항공우주의학 지식이 계속적으로 발표되고 있으나, 국내는 이를 빠른 시간 내에 습득할 수 있는 지식을 보유하고 있는 인력의 양성이 절실.

□ 항공우주의학 뿐 아니라, 의학의 발전도 눈부시게 진행되어 최근에는 항공종사자의 질병 판정에도 상당한 영향을 주고 있어, 과거에는 부적합이나 조건부 적합이던 질병도 적합이나 조건부 적합 등으로 완화되어 판정되는 경우가 상당수 발생.

□ 협회에서는 이에 대하여 최신의료와 외국의 판정사례나 매뉴얼을 참조하여 2013년 항공신체검사증명 세부판정기준 업무 매뉴얼을 처음으로 제정하였고, 2015년에는 항공신체검사증명 세부판정기준 업무 매뉴얼을 보완하였음. 이는 항

공종사자의 판정에 대한 이해를 도와줄 뿐 아니라, AME의 의학적 지식 향상과 판정수준의 객관화에도 커다란 역할을 하리라 사료됨.

(1) AME 교육 프로그램 개발을 위한 제도적 보완책

- 정부주도의 항공우주의학 교육과 연구를 할 수 있는 기구 설립
- 항공전문의사가 주도하는 AME 교육이나 연구를 전담할 수 있는 단체 설립

  정부의 주도로 설립하거나 독립적인 단체로 항공전문의사 교육 및 연구 담당
- AME 위탁교육: 외국의 정부나 단체에 일정기간 AME 교육 위탁
- 교육의 다양화: 온라인, 비디오, 현장 방문 등의 다양화
- 항공종사자와 AME를 위한 온라인 지원시스템 개발
- 다양한 분야의 국내외 항공의학관련 전문가 초빙: 새로운 교육프로그램 개발

(2) AME 및 항공실무자, 종사자 교육 프로그램 제안

□ 현행 국내의 AME 교육 프로그램은 외국에 비해서 다양성 면과 전문지식 면에서 질적 양적 수준이 부족한 것이 사실. 이에 외국의 프로그램과 비교하여 국내 실정에 맞는 교육 프로그램을 제시하고자 함.

- 기본교육 프로그램 초안 (36시간)

항공신체검사증명 표준, 절차 및 제도 교육 : 2시간
항공신체검사 실무 및 서비스 교육 : 2시간
항공전문의 프로그램 교육 : 1시간
항공우주의학 개론 : 2시간
응용항공생리학 : 1시간
심장병학 및 내과 : 2시간
항공정신과 : 2시간
이비인후과 : 1시간
안과 : 2시간
신경과 : 1시간
항공심리학 : 1시간
직업 및 환경의학 : 1시간
항공생리 훈련 : 3시간
시뮬레이션 (항공 환경 체험) : 3시간

민간항공의 안전 및 생존 : 2시간
약물, 음주, 피로 : 2시간
법적규제 및 소송 : 1시간
항공조종사 자격발탁 조건 : 2시간
항공분야의 인적요인 : 2시간
항공의학 분야 임상사례 : 2시간

- 보수교육 프로그램 초안 (20시간)
심장병학 및 내과 : 2시간
안과 : 2시간
항공정신과 : 1시간
이비인후과학 : 1시간
신경과학 : 1시간
직업 및 환경의학 : 1시간
항공우주의학 최신 연구 : 1시간
약물, 음주, 피로 : 1시간
항공전문의 관련법규 및 정책 : 2시간
항공전문의 실무 및 서비스 교육 : 2시간
인적요인 : 1시간
인적요인분석 및 분류시스템 : 1시간
항공사고 사례 분석 : 2시간
건강관리 교육 : 1시간
항공종사자 선발교육 : 1시간

- 항공신체검사 실무자를 위한 프로그램 개발
·한국항공우주의학협회에서는 2년 전부터 항공신체검사 실무자들이 현행 AME 제도에 대하여 최신 지견에 대한 정확한 내용을 숙지하지 못하고, 오히려 왜곡된 내용만을 가지고 제도에 대한 불만과 자료의 비공개에 대한 오해를 해소하고자 매년 1회 7시간 교육을 실시하고 있음.
·이를 통해 협회에 대한 항공종사자들의 불만과 항공신체검사의 공정성을 얻고 향후, 이들의 의견을 청취하여 항공신체검사 제도의 개선을 위하여 노력하고 있음.

1) 교육 일시: 2015 년 5 월 20(수) / 오전 9:00 ~ 오후 5:00 (7 시간)

2) 교육 장소: 한국공항공사 교육센터

3) 교육비: 무료 (점심식사 제공)

4) 교육 일정

교 육 제 목	시 간	강 사 명	비 고
조종사 정신건강관리	09:00 ~ 10:00		
항공기구조와 비행원리	10:00 ~ 11:30		
점심식사	11:30 ~ 12:30		
항공신체검사 업무매뉴얼	12:30 ~ 13:30		
항공생리	13:30 ~ 14:30		
항공신체검사 실무업무 (항공신체검사 이력관리 시스템)	14:30 ~ 15:30		
항공신체검사	15:30 ~ 16:30		
안과검사의 이해	16:30 ~ 17:30		

표 47 2015년 1차 항공신체검사 실무자 과정

- 항공종사자를 위한 교육프로그램 개발

·항공종사자들은 AME의 판정결과에 불복하거나, 불합리하다는 주장을 상당수 하고 있는 실정. 하지만, 이에 대한 정확한 지식이나 정보를 제공해주는 기관이 한국항공우주의학협회 뿐이며, 협회는 항공조종사의 신체검사 결과를 판정하는 주기관이므로 항공조종사는 늘 불편한 시선으로 판정에 의문을 가지게 됨.

·실제 항공조종사는 신체검사의 직접적인 적용대상이지만 제도에 대한 이해가 부족한 것도 현실. 따라서 항공신체검사에 대한 정확한 이해와 필요성, 건강유지 등의 교육을 담당할 수 있는 기관이 필요.

·또한, 자신이 스스로의 질병에 대한 올바른 의학적 지식의 습득과 함께 신체에 문제가 생기면 일시적이라도 업무를 제한해야 한다는 인식의 습득이 필요. 현재는 미국에서만 이런 교육 프로그램을 실시하고 있음.

- 항공종사자를 위한 프로그램 초안 (8시간)

1. 신체검사 및 자격증명제도 : 2시간
   : 항공신체검사 항목에 대한 이해도 및 관련 질병의 예방 및 관리 교육
   자격증명제도의 절차 및 법적 내용에 대한 교육
2. 항공생리 및 심리 : 2시간
   : 항공종사자가 업무환경에서 받을 수 있는 신체적, 정신적 변화에 대한 교육

응급상황 시 대처방안

3. 금지약물, 음주, 및 피로 관리 : 2시간

: 항공 사고 등 업무에 영향을 줄 수 있는 약물복용, 음주 및 피로에 대한 교육
발생 가능한 문제를 예방할 수 있는 교육

4. 건강유지 : 2시간

: 항공종사자들의 자발적인 건강유지를 위한 교육, 카운슬링, 세미나 등
건강 관리 및 최적의 건강상태에서 업무를 수행할 수 있도록 지원하는 교육

(3) 국내의 AME 교육 및 연구 활성화 제언

□ 항공운송사업 및 해외여행의 급격한 증가로 인하여, 항공종사자의 인력도 상당수 증가하고 있음. 한국항공우주의학협회에서 작년에 판정한 항공종사자 신체검사 건수는 약 9천 건을 상회. 이는 10년 전과 비교하면 약 50%이상 증가한 수치이며, 향후 급속한 증가를 예상할 수 있는 지표.

□ 항공기 결함에 의한 사고는 지속적으로 감소하고 있으나, 인적요인에 의한 사고는 현재도 전체 항공기 사고의 70%정도를 차지할 정도로 중요한 문제로 대두. 항공기 조종사들의 건강문제가 중요할 수 밖에 없는 이유이기도 하며, 대부분의 모든 나라들이 대형 항공기 사고이후 항공신체검사제도를 도입하거나, 대폭적인 개선을 하도록 요구받았음. 미국 뿐 아니라, 유럽, 일본 등의 선진국도 마찬가지고 국내도 과거 괌사고 이후, 2001년부터 항공신체검사제도를 활성화하여 제도적으로 보완해서 실시하고 있음.

□ 항공운송사업의 확장에 따라 항공신체검사의 양적인 증가와 질적인 향상이 되어 가고 있는 것은 사실이지만, 미국이나 유럽 등의 항공 선진국에 비해서는 국내의 항공신체검사에 대한 제도나 운영의 다양성은 아직도 부족할 수 밖에 없음. 미국의 경우, 항공종사자 인력만도 약 30만 명에 달하고 있어, 제도나 환경적인 면이 부족할 수 밖에 없고, 국가적인 차원에서의 지원도 적은 편임.

□ 한국항공우주의학협회에서 AME의 교육을 일임하고 있기는 하지만, 전담 인력이 없는 상황에서 미국과 같은 시스템을 현실적으로 따라가기는 어려운 실정. 정부에서 항공신체검사 제도에 대한 관심과 개선을 하려는 의지가 없이는 교육이나 연구의 발전 가능성이 희박하다. 항공우주의학 자체로는 경제적 부가가치를 창출하기 어려움. 이는 항공우주산업의 일부로 보고, 구성원의 건강관리와 관련된 분야로서 기초과학 분야로 인식하여야 함. 결국 기초과학의 경우 대부분 민간부문이 해결할 수 없고 정부가 상당부분을 선도하여 중요한 역할을 수행할

수 있어야 함.

□ 항공우주의학 분야를 선도하고 있는 미국과 영국의 경우에도 정부가 관련시설, 장비 및 인력을 확보하여 항공우주의학을 선도하고 있음. 그러나 국내는 항공의학 발전의 중요한 역할을 해야 할 국토해양부에 전문 인력이나 시설 등이 없어 거의 발전이 이루어지지 않고 있는 실정.

□ 외국은 정부에서 항공신체검사업무 기관을 주관하고 있으며 상주하는 항공전문의 등을 확보하여 신체검사업무 및 교육에 대한 관리업무를 수행하고 있으며, 추가적으로 항공의학 연구 업무를 수행할 수 있는 체계를 갖고 있음. 이와는 반대로, 한국항공우주의학협회에는 간호사가 1명이 상주직원으로 있을 뿐이며, 나머지는 모두 비상근으로 일정 시간에만 모임을 가지는 정도이므로 교육이나 연구에는 현실적으로 부적절. 상주직원 역시 협회 회원들 간 연락 업무와 국토교통부와의 업무 연계 정도만 수행 가능한 실정으로 외국과 같은 항공신체검사에 대한 전반적인 관리나 교육, 연구는 거의 불가능함.

□ 영국이나 일본과 같은 국가에서는 정부가 단체나 민간부문에 항공우주의학 교육이나 연구를 위탁하여 항공의료 부서나 항공의학연구센터 등을 설립하여 항공우주의학에 대한 전문적 연구와 교육이 가능한 체계를 구축하고 있으나, 국내는 한국항공우주의학협회에서 이와 같은 항공우주의학에 대한 전문적이고 체계적인 교육을 실시하여야 하나, 현실적으로 전담인력이 없는 상황에서는 쉽지 않은 실정. 국가적 차원에서의 재정적 뒷받침이 없이는 현실적으론 힘들 수 밖에 없음.

□ 일본의 경우, 항공 산업 관련 단체들의 기부로 항공의학연구센터를 설립하여 항공전문인력에 대한 교육과 연구를 실시하고 있으나, 국내에서는 항공우주관련 업체들 간에 상호 교류도 거의 없는 상황에서 센터를 만들기는 어려움. 결국 항공전문의사의 기초교육 및 보수교육을 정부 공무원 및 한국항공우주의학협회의 항공전문의가 실시하고 있는 실정이나, 항공우주의학에 대한 체계적이고 전문적인 교육이라고 하기에는 현실적으로 해결해야 할 것들이 과다함.

□ 결론적으로 항공우주의학의 발전과 AME의 교육과 연구를 위해서는 정부에서 나설 수 밖에 없으며, 정부에서 항공전문의사의 초빙과 센터를 개설하는 것이 급선무. 물론, 위탁운영을 하는 것도 방법이기는 하지만, 재정적인 협조가 없이는 위탁업체에서 양질의 교육과 연구를 하기에는 어려움.

□ 앞서 말한 바와 같이, 항공우주의학 분야는 기초분야이므로, 수익을 내는 여타의 항공우주산업과는 차별이 되어야 함. 뿌리가 튼튼해야 많은 열매를 맺을 수

있듯이, 항공우주의학의 발전을 위해서는 국가적 차원의 배려가 없이는 불가능. 국가도 사실 수익을 바랄 수 없는 부분은 충분히 이해하지만, 먼 미래의 항공우주산업 발전을 위해서는 좀 더 과감한 투자가 필요.

□ 또한, 항공우주의학에 관련이 있는 민간업체나 공공기업에 지속적인 연계를 통해서 다양한 분야에 대한 교류와 상호 발전을 기할 수 있는 모임이나 단체를 만들어 이를 지원하는 노력을 기울여야 할 것임.

□ 한국항공우주의학협회에서도 항공전문의사의 기초교육 및 보수교육을 단기간의 일회성 업적으로 그칠 것이 아니라, 외국의 자료와 교육시스템에 대한 회원들 간의 교류를 활성화하고, 실제 외국의 교육시스템을 이수하는 프로그램을 활성화해서 국내의 AME 교육 프로그램을 발전시킬 수 있는 기틀을 마련하기를 기원함.

3. 항공안전을 위한 항공의학생리 관리조직 및 체계 구축안

□ 배경

- 항공의학생리는 현 시점에서 조종사의 신체검사와 건강관리를 통하여 조종불능 상황을 막고 사고를 예방하여 항공안전을 확보하는데 중요함.
- 의학이라는 학문적 측면에서 보면 항공우주의학은 항공이나 우주라는 지상과 다른 극한 환경에 대한 인체의 생리와 질환을 다루는 것으로 의학의 모든 영역을 모두 포함하는 환경의학의 하나이며 수요가 크지 않은 좁은 분야. 따라서 인력적 측면에서 특수성이 뚜렷한 반면 고도의 전문성이 요구됨.
- 한편 지상의 진료와 달리 질환체가 아닌 (상대적) 건강체를 대상으로 하는 예방진료의 성격이 강하기 때문에 일정한 치료나 조치가 실제 항공안전으로 귀결되었는지 파악이 어려움.
- 또한 특수 직종의 업무를 수행가능 여부를 결정하는 자격과 관련된 업무로서 신체검사의 수행, 결과의 판정, 조치 등을 수행 또는 변경할 때 이해관계에 따른 갈등요소가 상존.
- 이러한 문제에 대한 제도적 정비가 필요하며, 진료(신체검사), 연구(데이터) 및 교육과 인력양성이 순방향으로 발전하는 구조로 해결해야할 필요성이 절대적임.

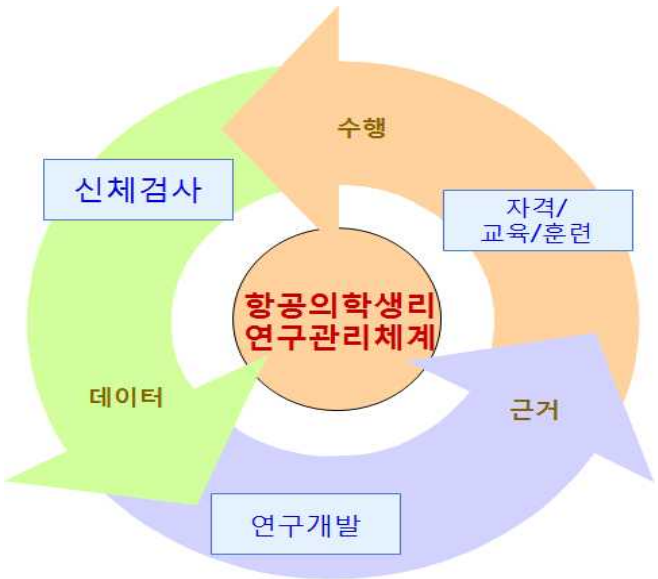


그림 94 항공의학생리 관리체계 및 기구구축 개념: 항공의학(신체검사)-연구개발-인력양성, 자격관리의 선순환을 통한 발전 및 항공안전의 확립

□ 우리나라 항공의학생리 연구 및 관리체계 정립을 위하여 다음과 같은 여섯 가지 분야로 구분하여 역할을 분담하고 정립되는 방안을 고려.

1) 민간항공기 운항 관련 항공여객안전 확보를 위한 항공의료분야

2) 전국 15개 공항을 거점으로 한 항공의료 분야

3) 군 항공기 운항 관련 항공의료 분야

4) 항공우주센터를 기반으로 한 항공우주시대를 대비한 항공우주의료연구 분야

5) 경비행기 및 드론 등 운항 관련 항공여객안전 확보를 위한 항공의료 분야

6) 항공의료관련 인적자원 육성

□ 국토교통부 항공정책실 산하 항공의료센터 설립 및 운영

- 현행 국토교통부는 2차관 소속의 항공정책실장 산하에 항공정책관, 항공안전정책관, 공항항행정책관, 항공통제센터사업팀으로 구분되어 있으며, 항공의료센터는 항공안전정책관 산하로 설립 및 운영하여야 할 것으로 사료됨.

국	과
항공정책관	항공정책과, 첨단항공과, 국제항공과, 항공산업과, 항공보안과, 항행안전팀
항공안전정책관	항공안전정책과, 항공운항과, 항공기술과, 항공관제과, **항공의료센터**
공항항행정책관	공항정책과, 공항안정환경과, 항행시설과

표 48 국토교통부 항공정책실 조직구조 중앙항공의료센터 설립(안)

- 항공의료센터의 주요 역할은 민간항공을 대상으로 한 조종사, 승무원, 관제사 등의 신체검사기준을 정립하고, 운영기준을 정립하며, 신체검사 관련 DB 시스템을 구축하며, 항공의료연구분야를 총괄하는 기능을 수행하여야 함.

- 한편, 정부의 항공우주의료정책을 지원하기 위한 민간항공의료관련 협회도 활성화되어야 민관이 유기적으로 발전할 수 있을 것으로 사료됨. 우리나라는 한국항공우주의학협회가 국토교통부의 위임을 받아 조종사 신체검사의 적부, 자문활동을 통하여 자격관리를 하고 있으나 상근 전문 인력이 부족한 상황으로 추가 활성화가 필요함.

※ 벤치마킹 대상

영국 UK Civil Aviation Authority(www.caa.co.uk/medical)

미국 Aerospace Medical Association(www.asma.org)

EU European Society of Aerospace Medicine(www.esam.aero)

영국 Aviation Medical Association(www.asma.org)

영국 Royal Aeronautical Society(www.aerosociety.com)

RAeS Aviation Medicine

RAeS Human Factors

프랑스 French Aerospace Medicine Society (SOFRAMAS)

□ 주요공항 항공의료센터 설립 및 운영 : 공항별 거점 확보 및 지역대학 연계

- 우리나라 공항은 광역경제권역별 국제공항을 갖고 있으며, 그 외의 국내공항으로 운영 중. 따라서, 광역경제권 및 공항규모를 고려하여 8개 지역센터를 두고 그 산하에 7개 국내공항의 소센터를 운영하는 구조로 주요공항 항공의료센터를 설립 및 운영.

광역경제권	국제공항(8)	국내공항(8)
경인권	인천국제공항, 김포국제공항	
충청권	청주국제공항	
호남권	무안국제공항	광주공항, 여수공항, 군산공항
대구경북권	대구국제공항	포항공항, (울진공항)
동남권	김해국제공항	울산공항, 사천공항
제주권	제주국제공항	
강원권	양양국제공항	원주공항

표 49 우리나라 광역경제권별 공항 현황

주) 울진공항은 조종사훈련용으로 활용 중

공항명	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	5년평균	2025	10년평균	2025	배수
인천	26,051,414	28,191,116	31,227,464	29,973,522	28,549,770	33,478,925	35,062,366	38,970,864	41,482,828	45,512,099	49,281,210	8.1%	107,021,360	6.8%	94,969,513	1.89
증가율		8.2%	10.8%	-4.0%	-4.8%	17.3%	4.7%	11.1%	6.4%	9.7%	8.3%					
김포	13,448,152	13,766,523	13,811,004	14,264,693	15,369,944	17,565,901	18,513,927	19,429,224	19,904,327	21,566,946	23,163,778	5.7%	40,356,587	5.7%	40,153,856	1.72
증가율		2.4%	0.3%	3.3%	7.7%	14.3%	5.4%	4.9%	2.4%	8.4%	7.4%					
계	39,499,566	41,957,639	45,038,468	44,238,215	43,919,714	51,044,826	53,576,293	58,400,088	61,387,155	67,079,045	72,444,988	7.3%	146,145,474	6.4%	134,264,194	1.83
증가율		6.2%	7.3%	-1.8%	-0.7%	16.2%	5.0%	9.0%	5.1%	9.3%	8.0%					
청주	857,269	999,563	1,032,484	1,042,512	1,023,532	1,296,842	1,337,791	1,308,994	1,378,604	1,702,538	2,118,492	10.9%	5,934,656	10.0%	5,494,665	2.47
증가율		16.6%	3.3%	1.0%	-1.8%	26.7%	3.2%	-2.2%	5.3%	23.5%	24.4%					
군산	163,779	155,207	133,242	99,669	156,402	174,638	172,327	161,009	175,492	154,189	205,438	4.4%	317,229	4.6%	322,725	1.25
광주	1,642,129	1,629,787	1,539,187	1,380,636	1,363,122	1,348,847	1,375,839	1,380,071	1,332,234	1,470,096	1,604,905	3.7%	2,301,813	-0.1%	1,595,834	0.98
목포	18,582	16,909	13,761													
무안			15,223	130,014	57,716	100,021	91,133	96,166	132,603	178,414	311,922	28.8%	3,913,438			
				754.1%	-55.6%	73.3%	-8.9%	5.5%	37.9%	34.5%	74.8%					
여수	618,217	601,599	656,022	641,690	613,233	657,037	627,350	632,131	475,460	433,794	413,564	-8.4%	172,109	-3.5%	289,355	0.67
계	2,442,707	2,403,502	2,357,435	2,252,009	2,190,473	2,280,543	2,266,649	2,269,377	2,115,789	2,236,493	2,535,829	2.4%	3,204,035	0.5%	2,671,300	1.04
증가율		-1.6%	-1.9%	-4.5%	-2.7%	4.1%	-0.6%	0.1%	-6.8%	5.7%	13.4%					
대구	1,236,446	1,194,150	1,177,490	1,079,011	1,026,203	1,148,953	1,178,212	1,110,290	1,084,585	1,537,328	2,027,626	13.6%	7,270,390	6.2%	3,699,952	1.64
포항	464,653	347,180	297,702	267,686	304,372	323,652	260,050	262,198	239,516	112,387						
계	1,701,099	1,541,330	1,475,192	1,346,697	1,330,575	1,472,605	1,438,262	1,372,488	1,324,101	1,649,715	2,027,626	7.4%	4,145,550	2.4%	2,574,137	1.19
증가율		-9.4%	-4.3%	-8.7%	-1.2%	10.7%	-2.3%	-4.6%	-3.5%	24.6%	22.9%					
김해	7,045,806	7,071,037	7,403,262	7,202,117	6,870,157	8,160,546	8,749,153	9,196,090	9,671,381	10,378,866	12,382,150	8.8%	28,835,956	6.1%	22,304,427	1.76
증가율		0.4%	4.7%	-2.7%	-4.6%	18.8%	7.2%	5.1%	5.2%	7.3%	19.3%	8.8%		6.1%		
울산	1,222,110	1,200,072	1,207,740	1,130,634	1,013,137	980,887	594,932	519,849	473,276	457,060	561,411	-8.3%	235,919	-6.3%	293,979	0.46
사천	315,952	224,792	214,214	204,359	187,969	160,704	143,483	138,195	116,106	124,792	136,512	-2.7%	103,797	-7.4%	63,148	0.43
계	8,583,868	8,495,901	8,825,216	8,537,110	8,071,263	9,302,137	9,487,568	9,854,134	10,260,763	10,960,718	13,080,073	7.2%	26,284,601	4.6%	20,414,507	1.52
증가율		-1.0%	3.9%	-3.3%	-5.5%	15.3%	2.0%	3.9%	4.1%	6.8%	19.3%					
제주	11,354,925	12,109,836	12,296,426	12,448,084	13,643,363	15,724,360	17,201,878	18,443,047	20,055,238	23,197,796	26,237,562	10.8%	73,334,998	8.8%	61,210,187	2.31
증가율		6.6%	1.5%	1.2%	9.6%	15.3%	9.4%	7.2%	8.7%	15.7%	13.1%					
양양	60,690	51,547	35,300	9,312		8,930	5,749	23,354	38,748	237,538	126,325					2.08
증가율		-15.1%	-31.5%	-73.6%			-35.6%	306.2%	65.9%	513.0%	-46.8%					
원주	75,514	80,361	79,102	78,754	74,201	70,522	72,226	82,759	79,719	76,150	75,146	1.5%	87,263	0.1%	76,055	1.00
계	136,204	131,908	114,402	88,066	74,201	79,452	77,975	106,113	118,467	313,688	201,471	35.0%	4,044,001	12.7%	664,619	1.48
증가율		-3.2%	-13.3%	-23.0%	-15.7%	7.1%	-1.9%	36.1%	11.6%	164.8%	-35.8%					
합계	64,575,638	67,639,679	71,139,623	69,952,693	70,253,121	81,200,765	85,386,416	91,754,241	96,640,117	107,139,993	118,646,041	7.9%	253,981,305	6.4%	220,228,388	1.84
증가율		4.7%	5.2%	-1.7%	0.4%	15.6%	5.2%	7.5%	5.3%	10.9%	10.7%	7.9%		6.4%		

표 50 우리나라 공항의 항공여객추이(2005~2015) 및 전망(2020, 2025)
(자료원 : 한국공항공사 항공통계(https://www.airport.co.kr))

- 예를 들어, 인천국제공항 및 김포국제공항은 수도권 지역 의과대학 및 의료기관에서 공모하는 것이 바람직할 것이며, 무안국제공항과 여수공항은 광주광역시 및 전남 소재 의대와 할 수 있을 것으로 사료됨.

- 각 공항의 항공의료센터는 세가지 주요 기능을 수행하여야 할 것으로 사료됨.

첫째, 중앙항공의료센터가 정립한 항공의료기준에 의거하여 민간항공기 조종사, 승무원, 관제사 등의 신체검사실시 및 관련자료 관리를 수행.

둘째, 공항 이용객의 비상상황에 대처하기 위한 응급의료기능을 수행.

셋째, 공항 출입자를 대상으로 한 방역체계를 지원하는 기능을 수행 등.

광역경제권	공항거점 항공의료센터	협력대학
경인권	인천국제공항 항공의료센터	인하대 의대(영종도 국제의료센터)
	김포국제공항 항공의료센터	
충청권	청주국제공항 항공의료센터	충북대 의대
호남권	무안국제공항 항공의료센터	
	광주공항 항공의료센터	전남대 의대
	여수공항 항공의료센터	
	군산공항 항공의료센터	전북대 의대
대구경북권	대구국제공항 항공의료센터	경북대 의대
	포항공항 항공의료센터	동국대 경주캠퍼스 의대
동남권	김해국제공항 항공의료센터	부산대 의대
	울산공항 항공의료센터	울산대 의대
	사천공항 항공의료센터	경상대 의대
제주권	제주국제공항 항공의료센터	제주대 의대
강원권	양양국제공항 항공의료센터	가톨릭관동대 의대
	원주공항 항공의료센터	연세대 원주캠퍼스 의대

표 51 우리나라 공항거점 항공의료센터 설립 및 협력대학(예시)

※ 벤치마킹 대상

아틀란타공항(Atalanta Airport Medical Sevvices)

http://www.atlanta-airport.com/Passenger/CustomerService/Medical_Services.aspx

두바이공항(Dubai Airport Medical Center)

https://www.dha.gov.ae/EN/Facilities/Hospitals/RashidHospital/MedicalSupportService/AirportMedicalCenter/Pages/default.aspx

홍콩첵랍콕공항

https://www.hongkongairport.com/eng/passenger/arrival/t1/airport-services-facilities/health-and-medical-services.html

싱가포르창이공항

https://www.hongkongairport.com/eng/passenger/arrival/t1/airport-services-facilities/health-and-medical-services.html

□ 군 관련 항공의료센터 설립 및 운영

- 군 항공기 관련 조종사 등을 대상으로 한 항공의료지원을 위해서는 국군의무사령

부하에 항공우주의료센터를 설립 및 운영하여 조종사 및 승무원의 신체검사기준를 정립하고 운영기준을 정립하고, 관련 DB시스템을 구축하고 운영.

- 군 항공기를 운항하는 공군, 육군, 해군 및 해병대별로 항공의료센터를 설립 및 운영하여 국방부산하 국군의무사령부의 항공우주의료센터가 적립한 신체검사기준에 의거하여 이를 적용하는 책임을 수행할 수 있음.

- 현행, 공군은 항공우주의료원을 이미 운영(13개 항목 51개 항목의 검사 수행)하고 있으며 육군 항공조종사에 대하여도 정밀신체검사를 지원하고 있으나, 육군, 해군 및 해병대도 군용기 활용 증대에 대비하여 공군의 항공우주의료원을 벤치마킹하여 독자적으로 각 본부 의무실 산하에 항공의료센터를 설립 및 운영하여 신체검사기준을 정립할 수 있으며, 이때 공군은 각 군 항공의무 조직의 중핵의 역할을 담당.

- 공군의 경우 각 군 공항기지 단위에도 항공의료센터를 운영하여야 하고, 육군도 육군항공작전사령부처럼 직접 군용기를 운영하는 부대 단위로 항공의료센터를 운영하며, 해군 및 해병대도 부대 단위로 항공의료센터를 운영함.

- 민간-군 항공의무협력을 위한 기구 또는 협의체 구성이 필요; 우리나라의 경우 과거 군을 중심으로 한 항공의료가 발전하였고 현재도 군의 수요가 크며, 경제규모를 보았을 때 항공의료가 절대적인 반면 국토 규모를 고려했을 때 민간, 군의 협력이 항공의료의 발전에 반드시 필요함.

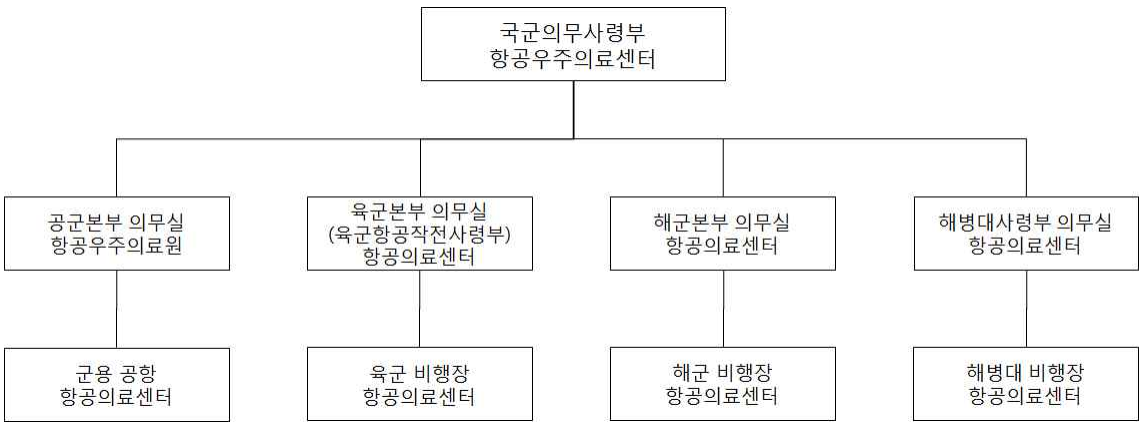


그림 95 국군 항공(우주)의료센터 체계 구축방안(예시)

※ 벤치마킹 대상

미국 Society of USAF Flight Surgeons

미국 Society of US Naval Flight Surgeons

영국 Royal Air Force Centre for Aviation Medicine(www.raf.mod.uk)

□ 항공우주연구원 산하 항공우주의료연구센터 설립 및 운영

- 항공우주연구원 산하에는 아직 항공우주의료를 전문으로 하는 연구센터는 설립되어 있지 않으나, 항공우주분야 발전에 대비하여 항공우주의료를 전담하는 센터를 설립 및 운영하는 안.
- 이 경우 국가 항공우주연구 발전의 틀 안에서 항공의료의 연구개발이 발전하며 항공우주의 학문적 산업적 활용에 대한 국가전략에 부응할 수 있을 것으로 사료됨.

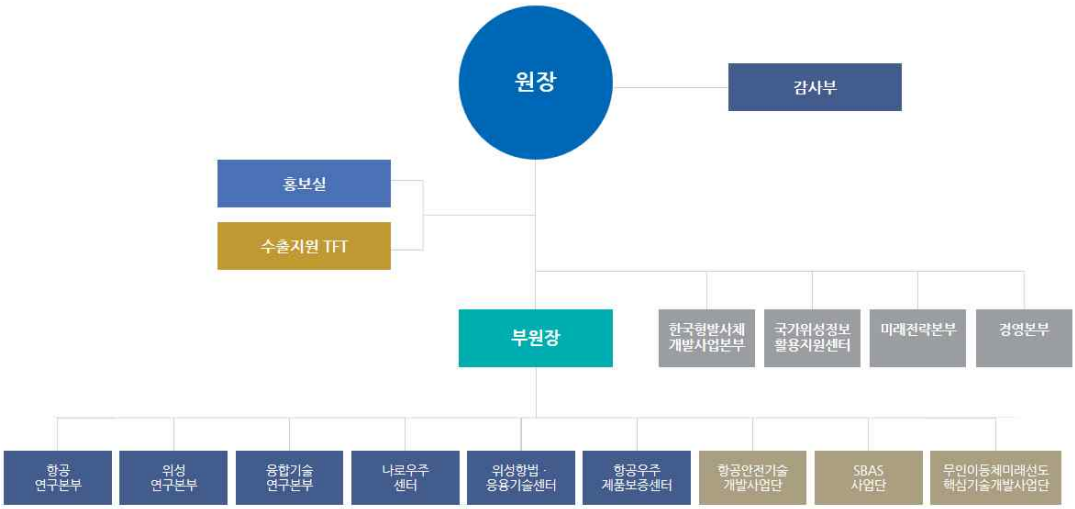


그림 96 항공우주연구원 산하 항공우주의료연구센터 구축방안(예시)

- 또한, 민간항공기 및 군용항공기 조종사, 승무원 및 이용객을 대상으로 한 항공의료센터와는 별개로 항공우주분야에 관심있는 대학을 공모하여 항공우주의료분야협력체제를 구축하는 것이 바람직. 즉, 항공우주의료분야 전문인력을 양성하기를 희망하는 대학에 항공우주연구원이 항공우주의료연구센터를 설립 및 운영할 수 있도록 지원하는 등.

광역경제권	항공우주의료연구센터	참여대학
경인권	경인권 항공우주의료연구센터	지역거점 의과대학 및 의료기관
충청권	충청권 항공우주의료연구센터	
호남권	호남권 항공우주의료연구센터	
대구경북권	대구경북권 항공우주의료연구센터	
동남권	동남권 항공우주의료연구센터	
제주권	제주권 항공우주의료연구센터	
강원권	강원권 항공우주의료연구센터	

표 52 우리나라 광역경제권별 항공우주의료연구센터 설립방안 (예시)

※ 벤치마킹 대상

미국 NASA

일본 JAXA(Japan Aerospace Exploration Agency)

독일 DLR - Institute of Aerospace Medicine(www.dlr.de/me/en/)



그림 97 독일 DLR - Institute of Aerospace Medicine

□ 경비행기 및 드론 등 운항 관련 항공안전 확보를 위한 항공의료 분야

- 향후는 개인항공수요 및 항공레저의 발달로 인하여 중소형 자가용비행기, 전세비행기, 수상비행기 및 경비행기 등의 운용이 크게 확대될 것이며, 이를 운용하는 조종사 및 승무원에 대한 항공의료체계를 확보에 대한 선제적 대응 필요.
- 또한, 무인항공기인 드론의 활용은 폭발적으로 증가될 것으로 예상되어 무인항공기 조종사를 항공의료체계 속에 포함시키므로서, 조종, 관제 등으로 대두되는 무인

항공기의 항공안전의 측면에서 항공의료 분야를 감당할 필요가 있음.

- 현재 미국의 민간항공우주의학연구소(Civil Aerospace Medical Institute, CAMI)의 업무영역에 무인항공기 조종자격 관리업무가 포함되어 있는 바, 우리나라도 이에 대한 대응이 필요함.
- 국토교통기술연구개발사업의 민간 무인항공기 실용화를 위한 기반조성 연구에서 민간무인항공기의 용도와 운용지역 다양화에 대응하여 무인항공기의 종류 및 등급에 따른 운영에 관련된 종사자를 식별하고, 자격교육 및 취득, 유지와 종사자의 신체검사 자격에 필요한 요건의 체계화연구를 시도하고 있으며, 이에 따른 적절한 자격기준(ASTC) 연구에 맞추어 관리체계의 구축이 요구된다.
- 면허 획득과 유사한 체제에서 사전에 신체검사기준을 어느 정도 수준에서 확보할 것인지에 대해서는 사전에 심도 있는 연구가 선행되어야 할 것이며, 운항 전 신고체계도 확보하여야 함.
- 경비행기 및 드론 등 운항관련자에 대한 신체검사기준을 정립하는 것도 국토교통부 항공정책실 산하 항공의료센터가 하여야 일이며, 이러한 기준에 의거하여 이를 적용하기 위한 항공의료센터의 운영이 필요.
- 단기적으로 주요 공항의 항공의료센터가 이러한 역할을 수행할 수 있으며, 향후 기존 공항 외에 경비행기용 비행장, 드론용 이착륙장 등에 대한 대책으로 활용.



그림 98 드론 이착륙장 구상도

(자료원 : 드론을 이용한 물류서비스 추진 방향, 우정경영연구소, 우정정보 2015 여름)

□ 항공우주의료 전문 인적자원 교육훈련기관(대학 포함)

- 항공우주의료관련 인적자원은 지속적으로 수요가 증가할 것으로 예측되므로, 이러한 인적자원을 양성하기 위해서는 대학이 적극적으로 참여하여야 하며, 거점공항 항공의료센터와 항공우주연구원과 협력하여 항공우주의료연구센터에 참여하는 대학이 주로 항공우주의료 전문 인적자원 양성에 참여하는 것이 바람직할 것으로 사료됨.
- 한편, 공군, 육군, 해군 및 해병대 산하 항공(우주)의료센터도 대학에서 양성한 전문인적자원이 임상경험을 확보할 수 있는 중요한 플랫폼으로서 역할을 할 것이므로, 대학과 군의 긴밀한 협력체계를 확보할 필요성.
- 항공우주분야에 특화된 의료전문인적자원은 항공우주연구원이 주도가 되어 항공우주의료연구센터에서 양성하여야 할 것이다.

광역경제권	항공우주의료연구센터	참여대학
경인권	경인권 항공우주의료 전문 인적자원 양성센터	
충청권	충청권 항공우주의료 전문 인적자원 양성센터	
호남권	호남권 항공우주의료 전문 인적자원 양성센터	
대구경북권	대구경북권 항공우주의료 전문 인적자원 양성센터	
동남권	동남권 항공우주의료 전문 인적자원 양성센터	
제주권	제주권 항공우주의료 전문 인적자원 양성센터	
강원권	강원권 항공우주의료 전문 인적자원 양성센터	

표 53 우리나라 광역경제권별 항공우주의료 전문 인적자원 양성대학

※ 벤치마킹 대상

미국 The UTMB Aerospace Medicine Center

러시아 Gagarin Cosmonaut Training Center (GCTC)

□ 항공의학생리 관련 조직 및 체계 구축에 의한 기대 효과

- 데이터축적, 분석 및 활용을 통한 근거중심의 신체검사 체제
- 항공의학생리 관련 조직 및 체계 구축에 의한 기대 효과

- 근거중심의 신체검사 수행; 체계성, 효율성 제고
- 분석 및 활용: 잠재위험군 파악, 예방검진, 세분화된 위험성 분석
- 각종 사고 및 정세에 대응하여 유연성 확보 및 갈등요소 최소화
- 항공안전을 위한 예방적 건강관리 가능
- 효율적이고 우수한 전문인력양성
- 체계적 교육 및 자격관리
- 우주시대 및 우주산업화시대의 국가정책에 대응
- 항공안전분야 및 항공의학생리분야의 국제적 이니셔티브 확보

□ 제언

- 이와 같은 조직 및 체계의 구성에는 국내상황, 국외동향, 수요예측, 국가미래전략, 각종 이해관계 및 법률 등에 대한 다각도의 고려가 필요한 바, 향후 심층적 조사를 위하여 아래와 같은 내용에 대하여 더 큰 규모의 기획연구 필요성이 있음.

1) 연구의 필요성 및 업무영역 개발
   - 신체검사 수행
   - 연구개발
   - 인력양성 및 자격관리
2) 기구구성 및 체계개발
   - 단일체계
   - 연계체계
3) 영향분석 및 사업내용 선정
4) 마스터플랜 구축 및 사업화 방안 개발
   - 공간모델 수립
   - 시설 및 인력 규모 산정
   - 기구별 연계성 확보
   - 운영프로그램
   - 수지 및 재정방안 등

제 2 절 국내외 기술 동향

1. 항공종사자의 질환 분석 및 항공신체검사 항목과 체계

□ 조종불능 및 손상을 유발한 원인 중 의학적 요인의 비중이 최근 증가하는 추세임

○ 국외 사례 분석 결과 - 의학적 요인으로 인한 조종불능 사례 빈도

- 미국 : 항공사고 1,000건당 15건의 빈도,
- 호주 : 1975년부터 2006년까지의 전체 항공사고 중 0.6%,
- 영국 : 최근 10년간 21,285건의 사고 중 약 0.6% (130건)

○ 호주항공사고조사국(ATSB) 보고서 분석결과 (2007년)

- 주로 위장관계(약 21.4%), 의식불명(약 9.2%), 심장마비(약 8.2%) 증상이 항공 사고와 직접적인 인과관계가 있는 것으로 나타남.

증상	발생 건수	총 비율(%)
위장관계 증상(Gastrointestinal illness)	21	21.43
의식 상실(Loss of consciousness)	9	9.18
심근허혈(Heart attack)	8	8.16
급성 통증 (Acute pain)	5	5.1
급성 충수돌기염 (Appendicitis)	1	1.01
허용되지 않은 약물(Illicit drugs)	1	1.01
Fitting episode	2	2.04
두부손상(Head injury)	2	2.04
저혈당(Hypoglycaemia)	1	1.01
저산소증(Hypoxia)	3	3.06
감염성 질환(Infectious diseases)	5	5.10
멀미(Motion sickness)	3	3.06
신경증상(Neurological impairment)	1	1.02
압력효과(Pressure effects)	3	3.06
심리학적 요인(Psychological)	3	3.06
호흡기계통 질환(Respiratory illness)	4	4.08
흡연/종양(Smoke and tumor)	12	12.24
비행착각(Spatial disorientation)	1	1.02
열에 의한 스트레스(Thermal stress)	2	2.04
외상(Trauma)	5	5.10

정맥류 등 정맥질환(Vascular disease)	1	1.02
기타 (Unspecified)	5	5.10
계	98	100

표 54 항공사고 당시 발생된 증상
(자료 출처: 호주사고조사국(ATSB) 2007년 보고서)

○ 국내 사례 분석 결과 - 2014년 항공신체검사 현황 분석

- 2014년 항공신체검사증명 신청자 총 9,319명 중, 적합 판정을 받지 못하고 '판정보류' 대상으로서 자문위원회에 상정된 대상자가 총 1,481명(약 15.9%)이었으며, 이 중 최종 부적합 판정을 받은 대상자는 총 34명(전체의 약 0.4%)으로, 외국의 사례와 비슷한 정도의 빈도를 보이는 것을 알 수 있음

- 판정보류로서 자문위원회에 상정된 대상자의 원인 질환으로서 안과계 질환(황반변성, 녹내장, 백내장 등)이 691건(약 47%)으로 가장 많았고, 다음으로 순환기계 질환(고혈압, 관상동맥질환 등)이 458건(26%)이 가장 많았다.

- 최종 부적합 판정을 받은 대상자의 원인 질환 역시 안과계 및 순환기계 질환이 전체의 50%를 차지하는 것을 알 수 있었다. 따라서, 이들 질환에 대한 보다 체계적인 예방 및 치료 등의 관리가 필요함을 알 수 있다.



그림 99 판정보류 원인 질환

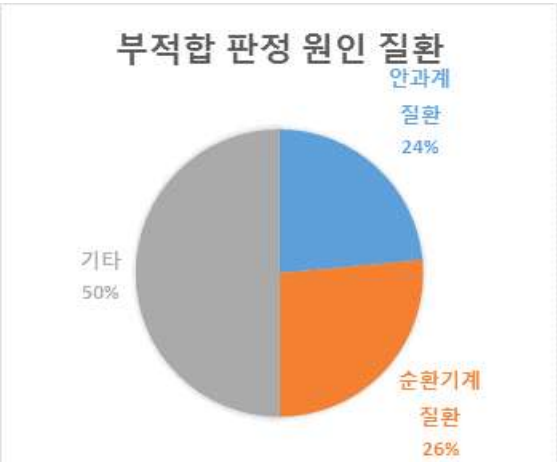


그림 100 부적합 판정 원인질환

□ 의학적 요인 저감을 위한 질병분류체계 표준화의 필요성

○ 조종불능 유발질환의 정확한 진단 및 분류의 필요성

- 전술한 '항공신체검사 현황 분석'을 통해, 특히 안과계 질환 및 순환기계 질환의 경우, 보다 체계적인 예방과 관리가 필요함을 알 수 있었다.
- 이외에도 신경계, 감각계 질환 등 항공종사자의 조종불능을 일으킬 수 있는 주요 질환에 대해, 예방 및 관리를 효율적으로 수행하기 위해서는, 우선 해당 질환에 대한 **정확한 진단 및 분류가 선행**되어야 할 것이다.

○ 현재 항공신체검사 결과 진단분류의 문제점

- 항공신체검사 결과 질환의 과거력 및 현재 병력, 이상 결과 등이 확인될 경우, 일반 환자에서와 같이 '표준질병분류체계'에 준하여 진단을 수행하나, **진단명을 세부적으로, 정확하게 분류하여 입력하도록 되어 있지 않음**
- 국내 항공법 등에 명시된 항공신체검사 항목 및 평가 기준은 포괄적으로 규정되어 있어 항공전문의사가 항공신체검사를 실시할 때 참고하기에 미흡하여 외국 판정기준을 참고하여 판정하는 실정이며, 의학기술 발달, 진단법의 발달 및 질병의 다양화에도 불구하고 국내 항공신체검사 항목 및 기준은 최신 의료 환경을 반영 하는데 있어 미흡한 실정임. 따라서 객관화되고 표준화된 국제수준의 자체 항공 신체검사 기준을 설정하여 항공신체검사에 반영하기 위한 방안이 필요함
- 2012년에 9개의 항공신체검사 항목에 대한 평가 기준 정립, 2014년에 6개의 항공신체검사 항목에 대한 판정 기준을 확립하여 항공신체검사업무 매뉴얼을 완성하였으나 아직도 미국, 유럽연합 등의 기준과 비교하면 애매모호한 항목이 다수 존재하기 때문에 기준을 구체화하고 각 항공신체검사 항목별 검사방법과 항공의학적 의미에 대해 상세히 설명하고 항공전문의사가 항공신체검사증명서를 발급할 수 있는 범위와 발급을 보류하거나 항공우주의학협회에 자문해야 할 범위에 대해서 구체적인 명시 필요 [장태영 2014]
- 조종불능과 관련이 없는 경증 질환의 경우, 지나치게 세부적인 분류는 오히려 항공신체검사의 효율성을 감소시킬 우려가 있음, 예를 들어, 양성발작성체위성 어지럼(Benign Paroxysmal Positional Vertigo, BPPV)의 경우 어지럼의 증상 지속기간이 매우 짧으므로, 증상이 없는 경우 항공업무 수행 적합으로 판정하고 있다. 이러한 질환의 경우 반고리관 위치에 따른 세부 분류(posterior canal,

lateral canal, superior canal) 등을 시행하는 것은 불필요함.

- 반면, '판정보류' 및 '부적합' 판정의 주된 원인 질환인 안과 및 순환기계 질환에 대해서는, 보다 정확한 진단명 및 분류가 중요함. 그럼에도 불구하고, 안과계 질환의 경우 시야/시력/사시 및 사위 등 간단한 신체검사 결과만 정상/비정상으로 분류하도록 되어 있으며, 순환기계 질환 역시 심전도 정상/비정상으로만 분류하게 되어 있어 이들 질환의 정확한 진단 및 분류에 있어 많은 어려움이 있는 실정임

- 따라서, 지상에서 일반 환자를 대상으로 한 '표준질병분류체계'를 항공신체검사에 그대로 준용하는 것은 효율적인 항공신체검사 및 주요질환의 진단 분류에 적합 하지 않으며, 표준화된 질병분류체계가 필요함을 알 수 있다.

□ 항공신체검사 검사항목 및 체계

○ 국내 현황

- 각각의 항공신체검사 검진기관에서, 항공전문의의 처방 하에 각종 검사 수행하고 그 결과를 '항공신체검사 이력관리시스템(e-sky)'에 입력함
- 신장/체중/혈압/맥박/시력 및 안압 등 : 측정치 입력
- 각 질환에 대한 평가 항목 : '정상/비정상'으로만 입력하게 되어 있음
  : **정확한 질환 진단 및 분류가 원천적으로 불가능함**
- **안과계 및 순환기계 질환에 대한 세부 진단/분류 역시 불가능한 상태임**



그림 101 항공신체검사 결과 입력 화면

○ 국외 현황

- 미국의 경우(Federal Aviation Administration), 순환기계 질환에 대한 정확한 진단 분류를 위해, 각각의 항공전문의사(Aviation Medical Examiner)로 하여금 신체검사를 수행하면서 구체적인 검사 결과를 요구하고 있음. 특히 35세 이상의 대상자에 대해서는, 모든 검사자에서 실제 심전도 결과지를 송부받아 세부 진단 및 분류에 활용하고 있음.
- 일본의 경우에도 마찬가지로, 필요성이 인정되는 대상자에 대해서는 24시간 심

전도 감시(holter monitoring), 운동부하 심전도검사(exercise treadmill test), 심초음파 및 관상동맥 전산화단층촬영(coronary angio-CT) 등의 보다 자세한 검사를 수행하도록 권고하여 이를 진단 및 분류에 활용하고 있음.

Additional Medical Examination Items, Procedures, and Criteria

Items	Procedures	Criteria
1) Medical interview	Use Form 2 (Medical Information on Aircrew Aged 60 and Over) and Form 3(Questionnaire for Aircrew Aged 60 and Over). Interview for detailed present illness and past history.	There shall be no disqualifying findings.
2) Rest ECG	Use standard 12-lead ECG.	Refer to III-3-2, 3-3, and 3-8 at pages 1-20, 1-22, and 1-26, respectively, in the Manual*.
3) Blood lipid test	Collect blood after fasting overnight to measure total cholesterol, triglyceride, LDL-cholesterol and HDL- cholesterol.	If abnormal, confirm absence of severe atherosclerotic disease.
4) Holter ECG	Use Holter monitor for continuous recording for 24 hours on 2 channels.	Refer to III-3-8 at page 1-26 in the Manual*.
5) Treadmill exercise ECG	Refer to Exercise ECG at page 2-13 in Section 2 of the Manual*.	Refer to Exercise ECG as indicated on the left.
6) Echocardiogram	Use echocardiography.	Refer to III-3-2, 3-3, 3-4, 3-5, 3-6, and 3-7 at pages 1-20, 1-22, 1-23, 1-24, 1-25, and 1-25, respectively, in the Manual*.
7) Brain MRI	Obtain about 20 images in the range from the parietal region to the medulla oblongata (foramen magnum) parallel to the line connecting the anterior and posterior commissures (AC-PC line) with a slice thickness of 5 mm or 6 mm. Imaging sequence to consist of the following three horizontal images: T1-weighted, T2-weighted, and FLAIR.	There shall be no abnormal findings such as marked brain atrophy, ventricular dilatation or cerebral infarcts.
8)EEG measurement	Refer to Appendix 1 at page 1-68 in the Manual*.	Refer to III-8-4 at page 1-42 in the Manual*.
9)Coronary CT angiography	Use MDCT (multidetector-row computed tomography) with 64 rows or more	Refer to III-3-3 at page 1-22 in the Manual*.

*The Manual refers to the Manual for Aviation Medical Examination. (English version)

그림 102 일본의 항공신체검사 항목

□ 질병체계 및 분류시스템 표준화

○ '표준질병분류체계' 검토 및 재분류

- 각 질환영역별 전문가 집단을 구성하여, 항공업무 수행에 지장을 주지 않는 경증 질환 및, 항공안전과 직결되어 있는 주요 질환을 분류함
- 경증 질환의 경우, 지나치게 세분화되어 있는 표준질병분류체계를 지양하고, 세목을 간략화하여 간편하면서도 정확한 진단 체계를 구축함
- 주요 질환의 경우, 연령/중증도 등에 따라 질환 진단을 보다 세분화
  : 세분화된 질환 분류에 따라, 이들을 정확히 진단할 수 있는 진단 검사 추가
  : 진단 검사 및 소견을 보고할 수 있는 시스템 개발

□ 항공신체검사 항목 및 평가 기준 표준화

○ 객관화되고 표준화된 국제수준의 자체 항공신체검사 기준 설정
- 미국, 일본, 호주 등 항공선진국 항공신체검사 기준 참고 및 준용

○ 검사결과 평가기준 구체화, 항목별 검사방법 및 항공의학적 의미 상세히 기술
- 기존의 '정상/비정상'에서 보다 구체적인 검사 수치 입력으로 전환
- 심전도 등 주요 검사결과 원본자료 입력 등

○ 항공전문의사가 증명서를 발급할 수 있는 범위, 발급 보류 및 자문 범위를 보다 구체적으로 명시
- 해당 질환에 대해 비전문가인 항공전문의사의 경우에도 정확한 판정을 하고, 오류를 최소화할 수 있을 만큼 구체적으로 명시하여야 함
- 구체적 판정기준을 통해 항공전문의사의 주관적인 자의적 해석이 개입될 여지를 최소화함으로써, 항공신체검사의 표준화 도모

2. 항공종사자 의학생리 데이터베이스 시스템

가. 배경 및 필요성

□ 항공 운송은 타 수단에 비해 안정성이 상대적으로 높은 것으로 알려져 있지만 사고가 발생할 경우 생존율이 매우 낮기 때문에 항공 안전을 위해 항공 운항의 인적 요인 관리 특히 항공종사자의 건강관리 및 상태 확인이 중요함. 많은 항공사고의 원인으로 지적되는 인적요인 중 약 4%가 항공종사자의 건강과 관련 있는 것으로 보고되었음.

□ 항공신체검사는 단순히 항공종사자의 건강상태를 파악하는 것이 아니라 항공종사자가 항공업무를 수행하는데 적합한지를 평가하는 것이며, 항공업무 수행 중 건강에 문제가 발생한다면 항공안전을 위협하는 요인이 됨.

□ 우리나라에서도 ICAO 규정과 국내 항공법 및 고시 규정에 따라 항공종사 희망하는 사람은 항공신체검사증명 신청서를 작성하고 국토교통부 장관이 지정한 항공전문의사에게 항공신체검사를 실시하고 항공신체검사 기준에 적합한 경우에 한해 정해진 유효기간의 항공신체검사증명서를 발급받도록 규정하고 있음.

□ 또한, 국토 교통부는 항공우주의학협회를 통해 항공신체검사의 항목 및 기준을 정비하여 항공종사자의 신체검사를 실시하고 항공전문의사의 신체검사 결과를 데이터베이스로 구축하여 항공종사자 신체검사 이력상황을 종합적으로 관리하며 또한 항공전문의사별 업무성과 관리를 실시하고 있음.

□ 항공종사자의 항공신체검사관련 결과는 항공신체검사 이력관리 시스템을 통해 영구 보관하도록 규정하고 있으며 국토교통부는 항공종사자의 신체검사 이력관리 및 증명서 발급관리를 위해 온라인 통합항공안전정보시스템(www.esky.go.kr)내에 항공신체검사관리 시스템을 단계적으로 개발하여(1단계(2008년 5월): 시스템 구축 및 DB 입력, 2단계(2010년 12월): 기능 고도화) 항공종사자의 신체검사 신청부터 신체검사증명서 발급까지 온라인으로 진행할 수 있도록 지원.

□ 그러나 현재 운용중인 e-sky 시스템은 항공종사자의 항공신체검사에 대해 항공전문의사의 결정 요약 정보만을 독립적인 데이터베이스에 입력하여 관리하기 때문에 Electronic Summarized Health Records (EHR용어에 '요약'을 강조하기 위해 'Summarized' 추가함)를 관리하는 초기의 Hospital Information System 형태이기 때문에 새로운 첨단 서비스를 개발하여 활용하는데 한계가 존재.

□ 또한, 항공종사자 의학생리 데이터베이스를 구축하기 위해서는 질병분류 체계를 확립하는 것이 기본이며, 질병분류 체계가 없으면 신체검사 의사는 진단명이나 조건부적합 사유를 임의로 입력하게 되어 같은 사유이나 다른 질병으로 입력하는 일이 발생할 수 있음. 예를 들어, 심근경색을 어떤 의사는 관상동맥질환으로 혹은 관상동맥 스텐트삽입술 후 상태 혹은 심근경색 치료 후 상태 등 다양한 명칭으로 입력할 수 있다. 이렇게 되면 향후 데이터를 활용하여 통계 처리를 하려고 할 때 불가능함.

□ 항공종사자 의학데이터는 항공종사자 건강관리를 하는데 중요한 자료이며 이를 목적에 맞게 활용하기 위해 질병분류 체계가 필수적임. 질병분류 체계를 갖추게 되면 항공종사자의 다빈도 질병을 쉽게 파악할 수 있고 비행 중 발생한 조종불능상태의 원인을 분석하여 항공종사자 건강관리 및 예방 업무에 활용할 수 있음.

□ 현재 e-sky 시스템을 발전시키기 위해서는 항공신체검사의 원시 데이터(raw data)까지 연동시킬 수 있도록 확장되어져야 하며 타 기관에서 운영하고 있는 진료 정보 및 처방 데이터를 연동하여 Clinical Data Warehouse를 구축하고 이를 활용하여 항공신체검사와 관련된 결정을 지원하기 위한 Clinical Decision Support System으로 발전 필요.

□ 본 보고서에서는 이를 위해서 항공신체검사의 원시데이터를 입력하여 항공종사자의 자세한 신체검사 기록을 저장하도록 확장하며 항공의료기관의 Electronic Health Record System을 연동하여 필요한 원시 항공신체검사 데이터를 접근하거나 의료보험관리공단의 진료 및 처방 데이터를 접근할 수 있도록 지원하는 인터페이스를 갖도록 하여 Clinical Data Warehouse로 확장하는 것을 제안하며 구축된 CDW로부터 빅데이터 분석 기술을 이용하여 항공신체검사의 정확성 및 효율성을 증진할 수 있도록 AME 및 관련 기관을 지원할 수 있는 첨단 서비스의 추가 제공을 제안.

□ 또한, 제안된 첨단 서비스를 제공하기 위한 새로운 온라인 항공신체검사 이력관리 시스템을 위한 시스템 참조 모델, 적합 데이터 모델, 그리고 웹 시스템 구성을 위한 시스템 사양 결정 기준 및 개인 정보 보호 방안에 대해서도 기술.

나. 항공신체검사 이력관리 시스템(이스카이, esky) 현황

(1) 항공신체검사증명 관련 규정

- 항공법 제31조부터 제33조, 제154조
- 항공법시행령 제63조 7항
- 항공법시행규칙 제95조부터 제99조
- 항공신체검사업무규정(국토교통부 고시 제2013-532호)
- 운항기술기준(국토교통부 고시 제2014-62호)

(2) 항공신체검사증명의 업무흐름

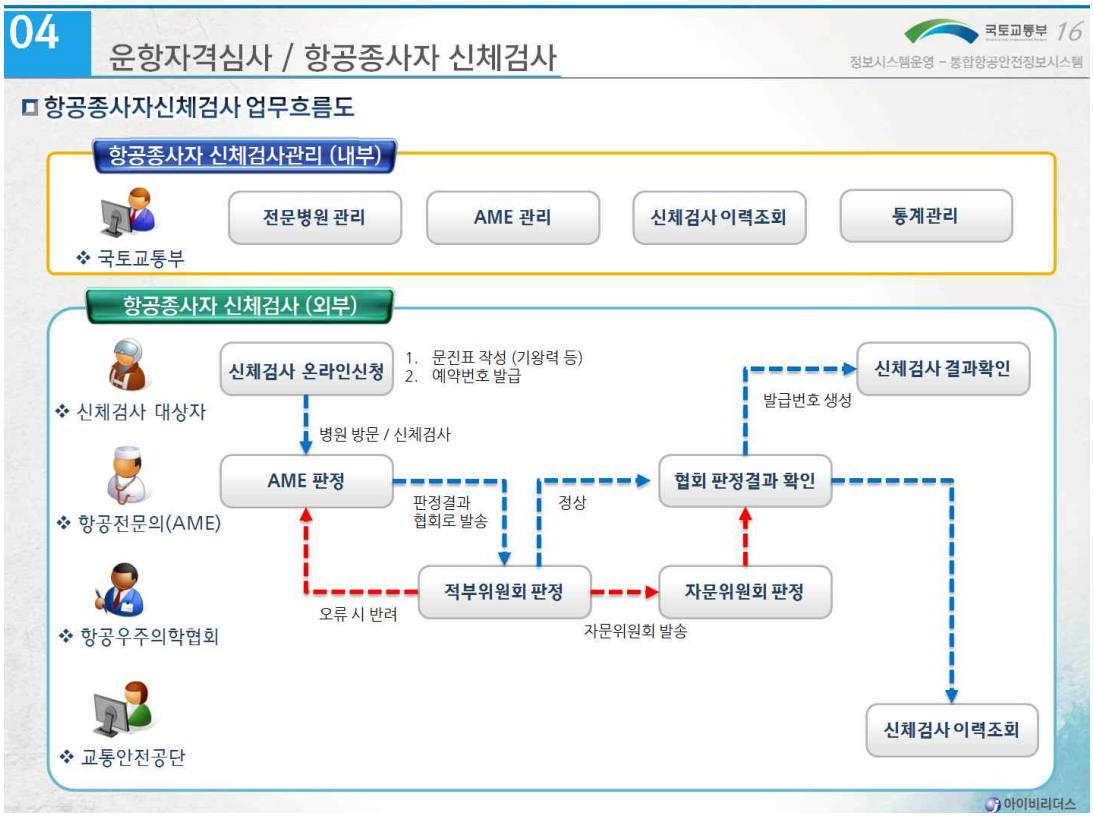


그림 103 항공신체검사증명의 업무흐름

(3) 현재의 항공신체검사 이력관리 시스템

□ 국토교통부는 항공종사자의 신체검사 이력관리 및 증명서 발급관리를 위해 온라인 통합항공안전정보시스템(www.esky.go.kr)내에 항공신체검사관리 시스템 포함하여 운영

□ 1단계(2008년 5월)에서는 시스템 구축 및 DB 입력을 추진하고, 2단계(2010년 12

월)에서는 통계 정보 제공을 포함하는 기능 고도화 추진

□ 항공종사자의 신체검사 신청부터 신체검사증명서 발급까지 온라인으로 진행할 수 있도록 지원

(가) 항공종사자의 신체검사 신청서 작성

□ 아래 화면에서와 같이 신청자의 개인 정보 및 기왕력을 입력한 후 항공신체검사를 신청

□ 개인이 기억하고 있는 기왕력에 대해 질병 코드를 검색하여 입력

□ 개인정보보호법에 따라 주민등록번호는 수집하지 않음



그림 104 신체검사 신청서 작성

(나) 항공신체검사 입력

□ 항공전문의사가 항공신체검사 실시 결과 내용을 입력

□ 신장, 체중, 혈압, 맥박, 시력, 안압 등은 측정치를 입력하지만 항공종사자의 건강상태를 정확하게 표시할 수 있는 평가 항목에 대해서는 항공전문의사의 판정

결과를 정상/비정상 중에 선택하여 요약적으로만 입력

□ 항공전문의사가 판정에 대한 자문이 필요한 경우에는 관련 의무기록을 첨부하여 항공우주의학협회에 자문을 요청 가능



그림 105 항공신체검사 입력

(다) 항공전문의사 판정

□ 항공전문의사는 항공신체검사 결과에 따라 적합/조건부적합/부적합/판정보류를 선택하여 판정

□ 항공우주의학협회는 항공전문의사의 판정에 대한 재심사 및 자문요청에 대해 자문 실시



그림 106 항공전문의사 판정

(라) 항공신체검사증명의 통계 정보

□ 국토교통부의 담당부서에서는 적합/조건부적합/부적합 건수, 항공전문의사별 부적합/조건부적합 건수, 부적합 요인별 건수, 신체검사 결과 통계, 기간별 신체검사 결과 내역 등의 통계정보를 활용은 가능하나 분석은 제한적

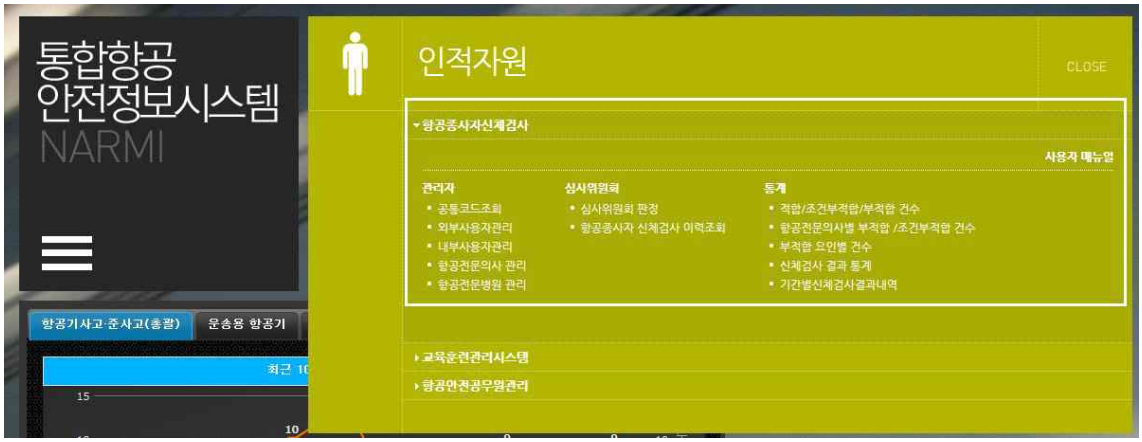


그림 107 통합항공 안전정보시스템

(4) 질병분류체계

□ 항공신체검사 이력관리시스템은 항공종사자 정보관리 프로그램으로 신체검사 시 주요 병력과 신체검사 결과, 의사 판정소견 등이 입력되어 있음.

□ 하지만 질병분류 체계가 갖추어져 있지 않아 진단명이나 판정 사유가 표준화되어 입력되고 있지 않으며 데이터를 활용하여 통계 처리를 하는데 어려움이 있음. 또한 항공신체검사 결과를 분석하여 항공종사자 건강관리에 활용하는데 어려움이 있음.

(5) 국외 항공신체검사증명 제도 [이경 2009]

□ 항공운항의 안정성 증진을 위해 국제민간항공조약에서는 항공의학에 적절한 자격을 갖춘 의사를 항공전문의사로 지정하고 항공의학에 관한 교육을 실시하여 항공종사자에 대한 항공신체검사 업무를 수행하도록 함.

□ 국제민간항공조약 부속서1 제6장에 항공전문의사가 실시하는 항공신체검사의 기준을 규정하고 있으며 이에 따라 항공전문의사는 항공종사자에 대한 신체검사를 실시한 후 항공신체검사 증명을 받을 수 있도록 검사 결과를 자격 당국에 제출

□ 국제민간항공조약에서는 항공전문의사가 제출한 보고서를 평가할 평가 의사(medical assessor)를 확보하도록 규정하여 항공전문의사가 적절한 기준에 따라 증명업무를 수행하는지 확인하도록 함.

□ 미국도 국제민간항공기국에서 정한 규정 및 제도를 도입하여 FAA Order

8520.2F에 따라 일정장비를 보유하고 전문 교육을 받은 항공전문의사를 지정하여 항공종사자의 신체검사를 실시하도록 규정

□ 항공전문의사는 항공신체검사의 결과를 민간항공우주의학연구소 (Civil Aerospace Medical Institute)로 제출하여 민간항공우주의학연구소 소속 의학전문가의 확인

□ 민간항공우주의학연구소는 항공의학과 관련된 정책을 집행하는 미연방항공청 내의 정부기관으로서 소속 직원들은 항공신체검사의 증명 업무에 대한 검토 및 평가와 항공전문의사에 대한 전문교육 실시

□ 미국은 항공신체검사 온라인 시스템을 통해 항공전문의사에게 필요한 정보를 제공하는 통로로 이용하고 계속해서 업데이트 작업을 진행하고 있음. 항공신체검사 업무는 의료 환경이 바뀜에 따라 계속해서 변하고 있음. 검사장비가 변하고, 치료법이 변하고, 새로운 약물이 개발되고, 의료기술이 빠르게 발달하는 등 변화의 요소가 많음. 이러한 변화 추세에 맞추어 미국 연방항공청은 빠른 변화에 대응하고 있음.

□ FAA 시스템에서 운영 중인 Aerospace Medical Certification Subsystem(AMCS)에서도 항공종사자가 아래와 같이 개인 신상정보 및 기왕력을 입력하여 항공신체검사를 신청

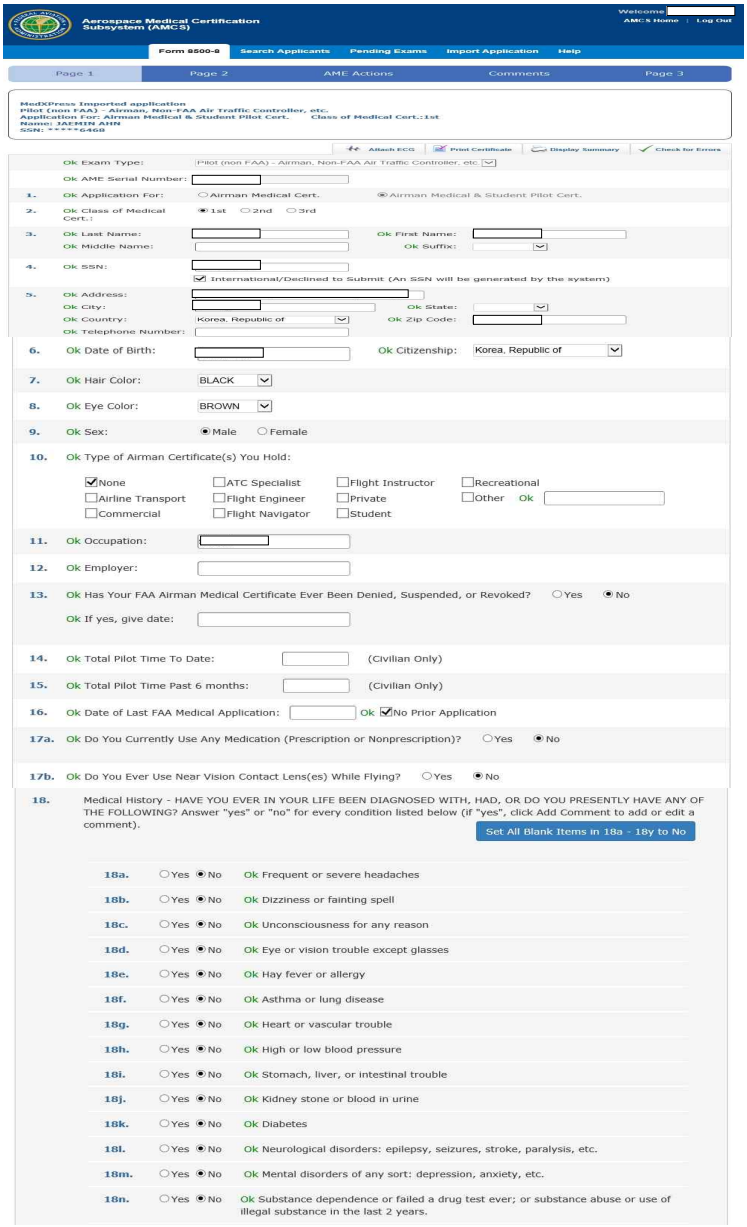


그림 108 개인 신상정보 및 기왕력을 입력

□ FAA에 등록된 항공전문의사는 신청자에 대해 신체검사를 실시한 후 아래와 같은 결과 입력 페이지에서 기본 신체검사 결과를 입력

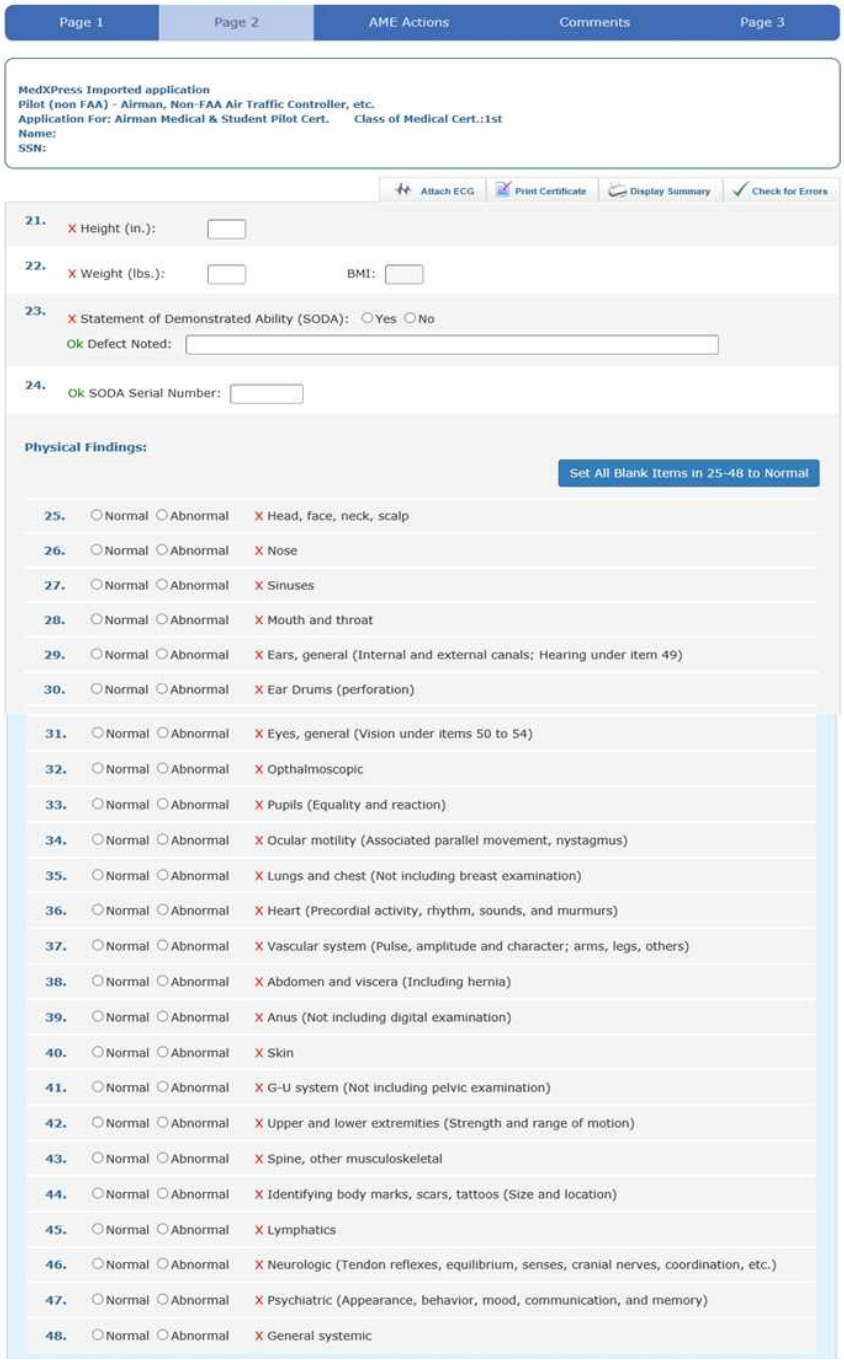


그림 109 결과 입력 페이지 1

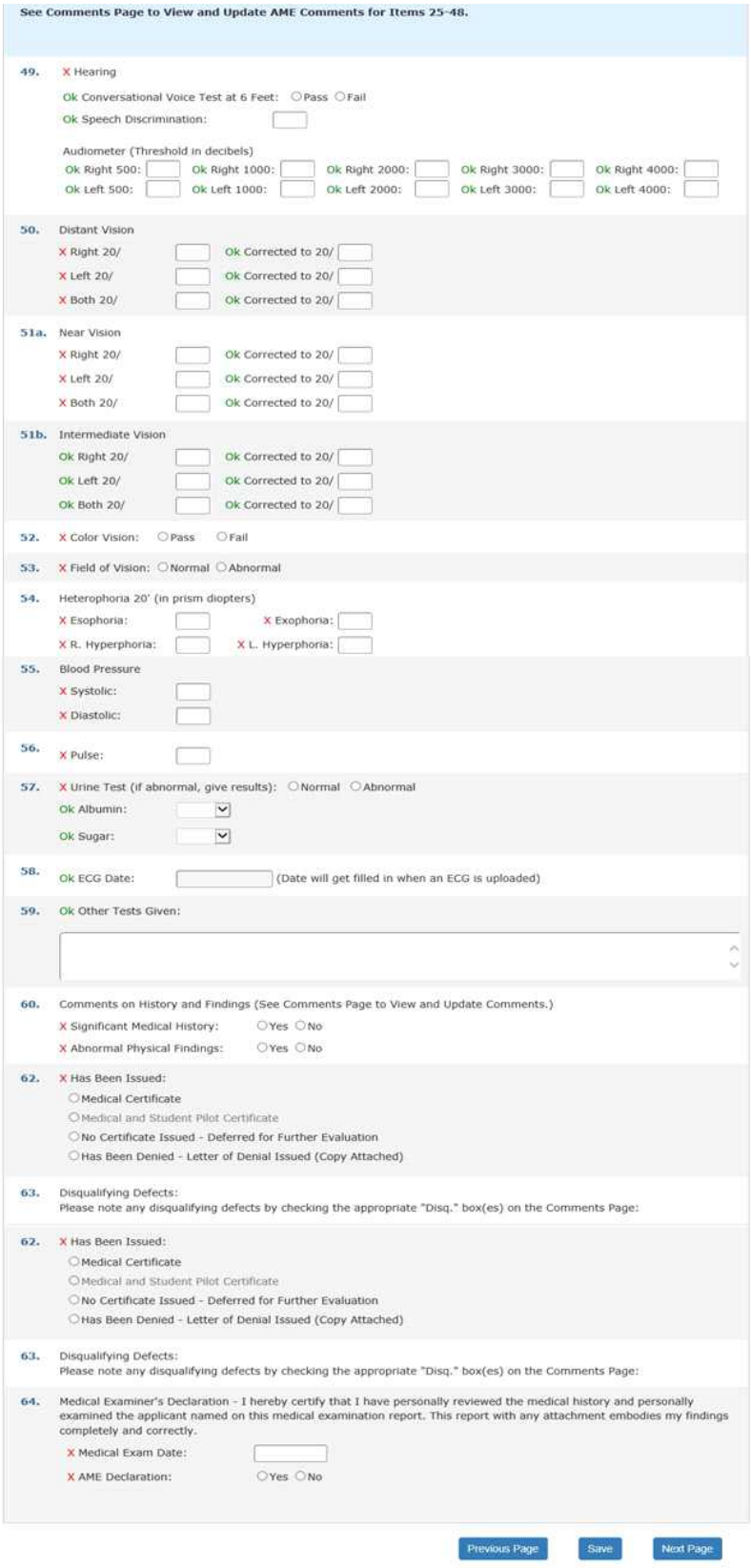


그림 110 결과 입력 페이지 2

□ 항공전문의사는 비정상 항목에 대해서 세부적인 의견을 추가 입력 가능

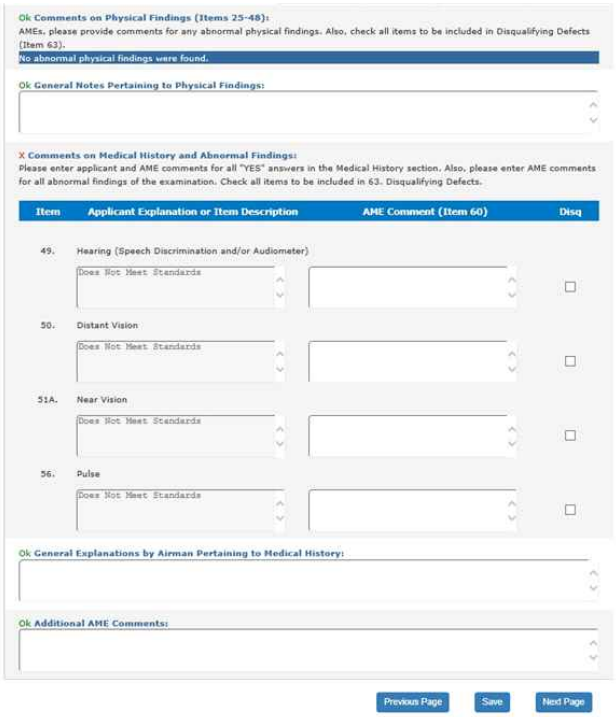


그림 111 추가 입력

□ 항공전문의사는 항공신체검사 결과에 대한 최종 판정 및 제약 사항을 지정

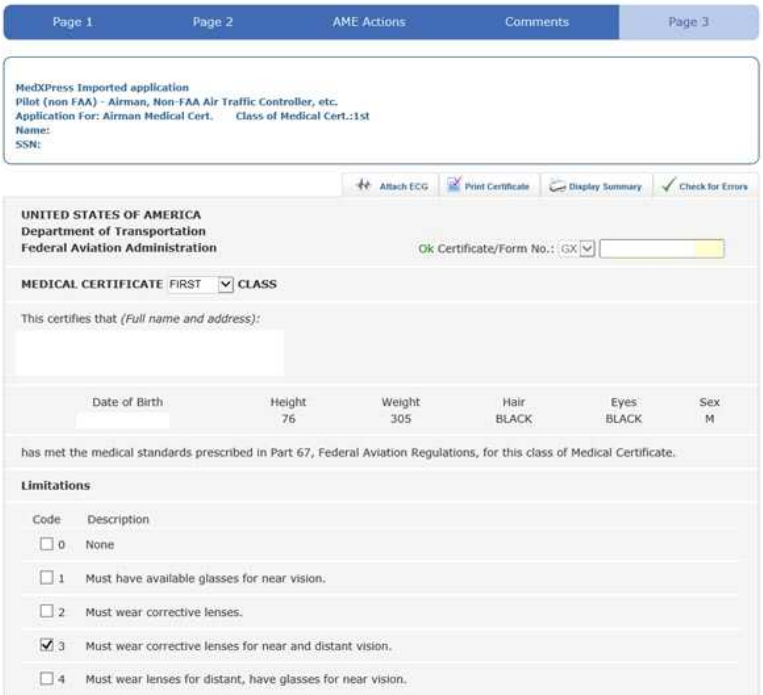


그림 112 최종 판정 및 제약 사항

□ 미국 연방항공청 전산프로그램의 특징은 질병분류체계가 잘 되어 있어 통계 처리하는데 유용함. 매년 미국 연방항공청에서는 항공신체검사 결과를 분석하여 항공전문의사와 항공사에 제공하여 건강관리 하는데 활용하도록 하고 있음.

Special Issuances Categories
(CY 2014)

Diagnosis	Total
Cardiovascular	8,366
Diabetes	4,560
Sleep Disorders	3,721
Cancer	1,609
Psychiatric	611
Substance use	566
SSRI	200
Neurologic	390
Transplants	110

표 55 2014년도 미국 연방항공청 조건부적합 질병분류 활용 사례

□ 일본 및 러시아는 항공신체검사를 위한 질병분류체계를 따로 사용하지 않고, ICD-10 분류코드를 적용하여 이를 진단명에 사용

다. 항공신체검사 시스템 개선 및 활용방안

(1) 현재의 항공신체검사 제도 및 이력관리 시스템의 개선 방향

(가) 항공신체검사 항목 및 평가 기준 정비 필요

□ 국내 항공법 등에 명시된 항공신체검사 항목 및 평가 기준은 포괄적으로 규정되어 있어 항공전문의사가 항공신체검사를 실시할 때 참고하기에 미흡하여 외국 판정기준을 참고하여 판정하는 실정이며, 의학기술 발달, 진단법의 발달, 질병 다양화 되고 있으나 국내 항공신체검사 항목 및 기준은 최신 의료 환경을 반영하는데 미흡. 따라서 객관화되고 표준화된 국제수준의 자체 항공신체검사 기준을 신속하게 설정하여 항공신체검사에 반영하기 위한 방안 필요 [장태영 2014]

□ 2012년에 9개의 항공신체검사 항목에 대한 평가 기준 정립, 2014년에 6개의 항공신체검사 항목에 대한 판정 기준을 확립하여 항공신체검사업무 매뉴얼을 완성하였으나 아직도 미국, 유럽연합 등의 기준과 비교하면 애매모호한 항목이 다수 존재하기 때문에 기준을 구체화하고 각 항공신체검사 항목별 검사방법과 항공의학적 의미에 대해 상세하게 설명하고 항공전문의사가 항공신체검사증명서를 발급할 수 있는 범위와 발급을 보류하거나 항공우주의학협회에 자문해야 할 범위에 대해서 구체적인 명시 필요 [장태영 2014]

(나) 항공신체검사 평가결과 저장범위 확대를 위한 데이터베이스 확장 필요

□ 현재 운용중인 e-sky 시스템은 항공신체검사 항목에 대해 애매모호하게 규정된 평가 기준에 따라 항공전문의사가 판단한 판정 요약 정보(정상/비정상)만을 저장하기 때문에 항공종사자의 정확한 건강상태를 판단하기 부족. 예를 들면, 안정적인 정상의 범위 내에 있는지 정상과 비정상의 경계에 있는 정상인지 등을 구분할 수 없음. 따라서 현재의 e-sky 시스템을 발전시키기 위해서는 항공신체검사의 원시 데이터(raw data)까지 연동시킬 수 있도록 확장 필요

□ 현재의 e-sky 시스템의 데이터베이스 스키마는 항공종사자 정보를 저장하는 '종사자정보' 테이블을 기준으로 항공종사자가 항공신체검사를 실시하는 당시의 기왕력을 기록하는 '기왕력' 테이블, 신체검사의 결과를 저장하는 '신체검사결과' 테이블, 판정 결과를 기록하는 'AME 판정결과' 테이블 등으로 구성됨. 테이블의 규모 및 사용하고 있는 데이터 타입 등으로 판단하였을 때 항공신체검사의 원시 데이터를 저장할 수 없으므로 다양한 형태의 원시 데이터를 저장 가능한 데이터 모델을 이용하여 데이터베이스 스키마를 설계하고 이를 지원하는 데이터베이스 관리 시스템(DBMS)을 선정 필요

(다) 첨단 지능형 시스템 기능을 추가하여 의료 결정 지원 시스템으로 발전 필요

□ 환자의 임상 진료 및 검진과 관련된 모든 정보를 저장하고 의료진이 참고하여 의학적 의사결정에 사용하던 초기의 EMR 시스템에서 최근에는 의료서비스 정책 변화와 정보기술의 발달로 인하여 의료기관들은 새로운 시대적 환경 변화에서 의료서비스에 대한 고 품질의 첨단 서비스에 대한 요구 증대

□ 항공신체검사를 실시하여 축적된 모든 정보뿐만 아니라 추가로 타 기관에서 운

영하고 있는 진료 정보 및 처방 데이터를 연동하여 Clinical Data Warehouse를 구축하고, CDW에 저장된 정보들을 활용하여 편리하면서도 신속하고 정확하게 항공신체검사와 관련된 판정을 할 수 있도록 다양한 지원 기능을 제공하는 Clinical Decision Support System으로 발전 필요

□ 항공종사자가 항공신체검사 신청서 작성단계에서 기록해야 하는 기왕력 관련한 사항을 확인할 수 있도록 정보 제공 및 검색 지원 서비스, 항공전문의사가 항공신체검사를 실시할 때 주의해서 확인해야 하는 항목 알림 서비스, 항공신체검사 결과의 판정에 대한 사전 검토 후 판정의견 제시 서비스, 다양한 통계 정보 시각화 서비스 등과 같이 항공신체검사 관계자들에게 첨단 서비스를 제공하도록 발전

(라) 개인정보 보호의 안정성 증진 필요 및 정보보안 적용방안

□ 항공신체검사의 CDSS를 위해서는 CDW에 다양한 정보들이 포함되어야 하며 항공종사자의 상세한 개인정보들을 포함하도록 확장되어야하기 때문에 전송, 처리, 저장 단계에서의 개인정보 보호의 안정성을 증진하는 방안 필요

□ 개인정보 보호의 안정성을 최대로 증진하기 위해서는 권한 관리 및 감사 기록 생성 및 검색 기능뿐만 아니라 데이터베이스 접근제어 및 암호화 방안이 필요. 새로운 첨단 항공신체검사 포털 시스템을 위한 데이터베이스 암호화에서는 암/복호화에 의한 성능 저하를 최소화할 수 있어야 하며 암호화된 데이터에 대한 검색 및 연산을 적용할 수 있도록 지원 필요

(마) 다양한 플랫폼 및 브라우저 지원을 위한 차세대 웹 표준 준수 필요

□ 항공종사자의 신체검사 신청서부터 신체검사증명 발급까지 전체 단계를 편리하게 온라인상에서 처리할 수 있도록 다양한 플랫폼 및 웹브라우저에서도 첨단 서비스가 운영될 수 있도록 차세대 웹 표준을 준수하도록 확장 필요

(바) 국제민간항공조약 체결국간의 항공신체검사증명 상호인증 추진

□ 첨단 항공신체검사 포털시스템을 이용하여 국제민간항공조약에 가입되어 있는 미국, 일본, 유럽 연합 국가들과 항공신체검사증명을 상호 인증하도록 주도하며 타 국가 시스템들과 상호 인증할 수 있는 정보 교환 표준 형식을 규정 필요

(2) 개선 항공신체검사 이력관리 시스템의 첨단 서비스

(가) 항공신체검사 항목 및 평가 기준 정비 지원 서비스

□ 질병 다양화 및 의학기술 발달에 따라 새롭게 추가되어야 할 항공신체검사 평가 항목 및 평가 기준을 설정을 지원하기 위해 질병코드 테이블과 국민건강보험의 질병 통계 데이터 등을 이용하여 항공신체검사 평가 항목 및 평가 기준을 추가 판단 개시 알림 서비스 제공

□ 항공신체검사 평가 항목에 대해 검사방법과 항공의학적 의미에 대해 상세하게 설명하고 항공전문의사가 항공신체검사증명서를 발급할 수 있는 범위와 발급을 보류하거나 항공우주의학협회에 자문해야 하는 경우인지를 자동으로 판정하는 전문가 시스템 서비스 제공

(나) 항공신체검사 포털 시스템을 위한 데이터 모델 선정

□ 현재는 항공신체검사의 대부분의 평가 항목에 대해 항공전문의사가 판단한 판정 요약 정보(정상/비정상) 위주로 저장하고 있기 때문에 현재는 수치, 문자 스트링 데이터 타입을 주로 사용하기 때문에 관계형 데이터 모델로 설계 및 구현

□ 현재의 관계 데이터베이스 스키마에는 '종사자정보', '기왕력', '신체검사결과', 'AME 판정결과' 테이블 등을 주축으로 총 17개의 테이블 포함. 현재의 스키마는 항공전문의사의 판정 요약 정보 위주로 항공신체검사 정보를 저장할 수 있는 구조로써 테이블의 차수(degree) 및 속성의 데이터 타입 등을 고려했을 때 근본적인 정비가 필요한 상황

□ 수치 및 문자로 표현된 항공신체검사 판정 요약 정보만이 아니라 항공신체검사 실시 과정에서 나오는 x-ray, 초음파 등과 같은 이미지 데이터, 심장 박동 등과 같은 음향 데이터, 내시경 동영상 데이터 등과 같은 항공신체검사 원시 데이터까지를 포함해서 저장, 관리하고 이들을 활용한 첨단 지능형 서비스를 제공토록 확장 가능

□ 특히, 수치 및 문자 스트링 데이터 타입의 항공신체검사 정보뿐만 아니라 다양한 멀티미디어 데이터 타입의 항공신체검사 원시 데이터를 저장할 수 있도록 데이터 모델을 선정하고 이 모델을 지원하는 데이터베이스 관리 시스템(DBMS)을 선정하고 이를 위한 데이터베이스 스키마를 설계해야 함

(다) 첨단 지능형 분류 지원 기능을 추가하여 의료 결정 지원 시스템으로 발전 필요

□ 현재의 항공신체검사 이력관리 시스템은 신체검사 사실 및 신체검사 판정 요약 결과, 그리고 자격증명 발급에 관련된 내용을 독립적으로 저장 관리하여 관계자들에게 온라인으로 제공하는 형태의 EHR 시스템으로 새로운 첨단 서비스를 개발하여 활용하는데 한계 존재

□ 항공신체검사의 원시 데이터를 함께 저장할 수 있도록 확장하고 병원의 EHR 시스템과 연동하여 항공종사자의 항공신체검사 원시 자료를 업로딩 할 수 있도록 의료정보 교환 표준(HL7, DICOM 등)을 준수하는 인터페이스 규정

□ 항공신체검사를 실시해야 하는 항공종사자의 개별적 동의하에 국민건강보험이 관리하고 있는 진료 정보 및 처방 데이터를 검색 및 다운로드 할 수 있도록 의료정보 교환 표준(HL7, DICOM 등)을 준수하는 연동 기능 제공

□ 항공신체검사 원시 데이터 및 판정 결과 데이터, 그리고 타 기관에서 운영하고 있는 진료 정보 및 처방 데이터를 연동하여 종합적인 Clinical Data Warehouse를 구축

□ CDW로부터 필요한 데이터를 검색하여 항공신체검사 신청서에 작성될 기왕력의 데이터를 검색하고 이를 기본 데이터로 활용하여 정확한 항공종사자의 기왕력 정보를 작성 지원

□ 항공전문의사가 정확한 항공신체검사를 실시할 수 있도록 지원하기 위해 항공종사자의 정확한 기왕력 정보, 항공신체검사 평가 항목 및 평가 기준, 그리고 해당자의 이전 항공신체검사의 원시 데이터 및 국민건강보험으로부터 내려 받은 진료 정보 및 처방 데이터 등을 기준으로 주요 항공신체검사 평가항목 및 평가 방법에 대한 제안을 제공하는 기능

□ 항공신체검사 실시 결과를 종합해서 부적합 또는 평가 보류로 처리해야 할 대상자를 사전에 자동으로 분류해 주는 기능

□ 항공신체검사 포털 시스템의 사용자별 권한에 따른 다양한 통계 정보 검색 기능 제공

- 항공종사자: 개인의 항공신체검사 기록의 변화 추이 검색 가능
- 항공전문의사: 본인이 실시한 신체검사 기록의 내용 검색 및 통계 정보 제공
- 항공우주의학협회 및 국토교통부: 신청자 대비 적합/부적합/조건부적합/보류 판정비율, 부적합/조건부적합/보류 판정의 질병별 분포, 항공전문의사별 판정

비율, 자격증별 판정 비율, 연도별 항공신체검사 실시 동향 및 결과 분석 등을 검색 가능

- 특정 유형의 항공신체검사 결과와 유사한 패턴을 갖는 항공종사자를 검색 기능

□ 항공신체검사의 정확성 및 편의성 향상을 위해 Wearable medical devices 등을 활용하기 위해 의료정보 교환 표준을 준수하는 연동 기능 제공

□ 항공신체검사를 적합 또는 조건부적합으로 통과한 항공 종사자들에게 주의해야 할 최신 약물 정보를 제공하기 위해 식약청 제공 약물 DB 및 건강보험심사평가원에서 제공하는 의약품 안심 서비스(DUR)와의 연동 서비스 제공

(라) 개인정보 보호의 안정성 증진 필요

□ 현재의 항공신체검사 이력관리 시스템은 이용자의 개인정보를 중요시하여 "개인정보보호법"을 준수하며 다음과 같이 개인정보보호 정책을 www.esky.go.kr에 공지

□ 수집하는 개인 정보 항목

분류	개인 정보 항목	
회원정보	필수항목	사용자ID, 비밀번호, 이름, 보안질문/답변, 이메일
	선택항목	휴대전화번호
신체검사정보 (항공법시행규칙 서식46호)	필수항목	문진표(내/외국인, 성명, 생년월일 등 19 항목) 주요병력(안질환/안수술 유무, 두부외상 유무 등 45개 항목) 신체검사결과(신장, 체중, 혈압 등 21개 항목) AME판정(판정결과, 판정사유 등 8개 항목)
서비스이용정보	필수항목	서비스 이용기록, 접속로그, 쿠키, 접속IP, 불량이용 기록 등

□ 개인정보 이용목적

- 회원정보는 회원관리 목적으로 이용하기 위해 기본적으로 2년 동안 보유가 되며 이용자가 회원 탈퇴 또는 2년 동안 이용실적이 없는 경우에는 즉시 파기하며, 회원정보 수집을 거부하면 일부 서비스를 제공받지 못할 수 있다.
- 서비스 이용정보는 최소 6개월 이상 보관한다.
- 신체검사정보는 당사자가 삭제를 요청하지 않는 한 기본적으로 영구 보관하며,

신체검사정보 수집을 거부할 경우 신체검사 증명을 받지 못한다.

□ 개인정보 안정성 확보 조치

- 개인정보 취급직원의 최소화 및 교육
- 개인정보에 대한 접근 제한
- 서비스 접속기록 보관
- 개인정보의 암호화 : 개인정보는 암호화 등을 통해 안전하게 저장 및 관리되고 있다. 또한, 중요한 데이터는 저장 및 전송 시 암호화하여 사용하는 등의 별도 보안기능을 사용하고 있다.
- 보안프로그램 설치 및 주기적 점검, 업데이트
- 비인가자에 대한 출입 통제
- 관리계획의 수립 및 시행, 정기적인 자체 점검 실시

□ 최근 국내에서는 스마트 의료시대에 진료·치료 정보 등과 개인건강·의료정보에 대한 사이버공격 및 해킹으로부터의 위험성을 차단하고자 개인정보보호법을 강화하고 2016년 6월부터는 매출액 1,500억 원 이상, 일일 사용자 수 10,000명 이상 등에 해당하는 의료기관들에 대해서 ISMS 인증 획득이 의무화될 예정 [한근희 2016]

□ 항공종사자의 주요 건강정보 및 의료정보를 저장한 첨단 항공신체검사 포털 시스템을 위해서도 개인정보보호를 위한 사전 예방적 차원에서 한국인터넷진흥원(KISA) 정보보호관리체계(ISMS: Information Security Management System) 인증이나 국제표준기구(ISO: International Standard Organization) 27001 ISMS – 의료 분야 전문 ISO 27799 인증을 받는 것이 필요. 따라서 첨단 항공신체검사 포털 시스템을 설계, 개발하는 단계에서부터 시큐어 코딩 표준 규칙을 준수해서 개발 [한근희 2016]

(마) 다양한 플랫폼 및 브라우저 지원을 위한 차세대 웹 표준 준수 필요

□ 첨단 항공신체검사 포털 시스템의 기능을 플랫폼 및 브라우저에 대한 제약 없이 사용할 수 있도록 지원하기 위해 차세대 웹 표준을 준수

(바) 국제민간항공조약 체결국간의 항공신체검사증명 상호인증 추진

□ 국내에서 첨단 항공신체검사 포털 시스템의 활용 효과를 극대화하여 미국, 일본, 유럽 연합 국가들에서도 국내의 첨단 항공신체검사 포털 시스템과 연동할 수 있는 시스템을 마련하는데 협력하며 궁극적으로 항공신체검사증명을 상호

인증할 수 있도록 제도 정비 및 시스템 준비

(3) 항공신체검사 이력관리 시스템의 추가 첨단 서비스 실현 방안

(가) 항공신체검사 항목 및 평가 기준 정비 지원 방안

□ 항공신체검사 평가 항목 및 평가 기준을 설정을 지원하기 위해 질병코드 테이블과 건강보험시스템의 질병 통계 데이터 등을 기준으로 항공신체검사 평가 항목 및 평가 기준을 정비해야 할 상황이 발생하면 이를 국토교통부와 항공우주의학협회에 통보해 주는 알림 서비스를 구현하기 위해 Active 데이터베이스 기능 개발

□ Active 데이터베이스 기능을 구현하기 위해 DBMS가 제공하고 있는 트리거(Trigger) 기능을 활용. 데이터베이스 트리거(Database Trigger)는 테이블에 대한 이벤트에 반응해 자동으로 실행되는 작업을 의미하는 것으로 데이터 조작 언어(DML)의 데이터 상태의 관리를 자동화하는 데 사용할 수 있기에 트리거를 사용하여 데이터 작업 제한, 작업 기록, 변경 작업 감사 등 실시 가능

□ 현재 SQL 데이터베이스 언어 표준에서 규정하고 있는 트리거에는 크게 나누어 행 트리거와 문장 트리거의 두 종류 포함

- 행 트리거: 테이블 안의 영향을 받은 행 각각에 대해 적용. 변경 전 또는 변경 후의 행은 OLD, NEW라는 변수를 사용하여 접근 가능
- 문장 트리거: INSERT, UPDATE, DELETE 문에 대해 적용 실행

□ 또한 트리거는 다음과 같은 속성을 갖는다.

- BEFORE 또는 AFTER: 트리거가 실행되는 시기를 지정
- INSTEAD OF: 트리거를 원래 문장 대신 수행
- WHEN: 트리거를 시작하는 조건식을 지정

□ 트리거는 SELECT 문에 의한 데이터 검색에는 영향을 주지 않고 다음의 3 가지 경우에 시작

- INSERT (새로운 행 삽입)
- UPDATE (기존 행의 변경)
- DELETE (기존 행 삭제)

□ 항공신체검사 평가 항목에 대해 검사방법과 항공의학적 의미에 대해 상세하게 설명하는 지식 데이터베이스를 구축하고 필요한 정보를 풍선 도움말의 형태 또는 help 버튼 기능을 이용하여 사용자들에게 관련 정보를 제공하여 상시 참고할 수 있도록 제공

(나) 항공신체검사 평가결과 저장범위 확대를 위한 데이터베이스 확장 방안

□ 현재 시스템에서와 같이 수치 및 문자열로 표현된 항공신체검사 판정 요약 정보만이 아니라 항공신체검사 실시 과정에서 나오는 다양한 멀티미디어 정보형태까지 저장 관리할 수 있도록 확장하기 위해서는 현재 채택하고 있는 관계형 데이터 모델을 객체지향형 또는 객체-관계형 데이터 모델로 변경해야 함

□ 또한, 최근 빅데이터 기술에 대한 관심이 증대하면서 정보를 테이블 형태로 저장 관리하고 SQL 언어를 사용하는 관계형 데이터 모델보다 덜 제한적인 일관성 모델을 이용하는 데이터의 저장 및 검색을 위한 매커니즘으로서 NoSQL에 대한 연구 및 개발도 증가하고 있는 상황이므로 이를 항공신체검사 포털시스템에서 사용할 수 있는 가능성도 함께 고려되어야 함

□ 관계형 데이터 모델은 E. F. Codd에 의해 최초로 소개되었으며 기본적으로 모든 정보를 테이블 형태로 표현하고 수학적 관계 연산에 의하여 결합과 분해가 가능하게 되어 있음. 관계형 데이터베이스의 특징은 크게 4가지로 볼 수 있으며 다음과 같음

- 고도의 데이터 독립성 보장
- 데이터의 의미와 일관성(consistency), 중복 문제를 해결하기 위한 방법 제공
- 집합 지향적 데이터 조작언어의 확장
- 단순하고 복잡한 데이터를 기술하고 다룰 수 있는 확장성 모형

□ 관계형 데이터 모델은 그 구조가 간단해서 이해하기가 쉬울 뿐 아니라 자료조작 면에서도 명확하다는 장점을 가지고 있음. 관계형 데이터 모델에서는 테이블 구조의 변경 없이 실제 저장된 데이터의 물리적인 구조를 바꿀 수 있다는 '데이터 독립성'을 수준 높게 지원 가능. 또한 데이터베이스 언어 표준 SQL을 사용하여 간단한 조작으로 원하는 자료를 쉽게 검색할 수 있도록 지원 가능. 이러한 관계형 데이터 모델은 편리성, 정확성, 효율성 측면에서 장점이 있으나 음성, 이미지, 동영상 등 멀티미디어 데이터 타입의 복잡하고 비정형 자료 처리가 어렵다는 단점이 있음

□ 따라서 항공신체검사에서 산출되는 다양한 멀티미디어 원시 데이터를 저장, 관리하는 데이터 모델로는 부적합

□ 객체지향형 데이터 모델은 관계형 데이터 모델의 제약을 해결할 수 있는 대안으로 등장. 기존의 데이터모델은 값을 보관하는 데이터와 이것을 관리하는 연산의 집합이 따로 분리되어 설계되는 방식이었으나 이러한 방식은 데이터와 연산 집합과의 연관성이 희박하여 여러 가지 문제점을 내재 가능. 이러한 문제를 해

결하기 위하여 객체지향 데이터 모델이 도입

□ 객체(object)란 실세계에 존재하며 각각 하나의 개체를 생성하는 데이터베이스의 구성단위로 속성(attribute)과 이 속성을 관리하는 연산들(method)의 집합들의 모임으로 모델링 가능. 즉, 객체는 정보와 관련된 연산들을 캡슐화(encapsulation)하여 외부 사용자가 객체 내부의 정보를 직접 접근하지 못하게 하는 대신 그 객체의 연산 호출(message passing)함으로써 객체를 사용할 수 있도록 함. 객체지향은 객체의 캡슐화와 계승(inheritance)의 결합을 의미. 서로 같은 형태(즉, 같은 속성과 연산)를 갖는 모든 객체를 묶어서 클래스(class)라 부르는데, 계승이란 계층상 하위 클래스가 상위 클래스의 속성과 연산을 상속받는 것을 의미

□ 이러한 객체지향 데이터 모델에는 객체를 클래스로 그룹화 하는 개념(classification), 객체와 이를 구성하는 다른 객체와의 집단화(aggregation) 관계(중첩 객체), 객체의 클래스와 이로부터 세분화된 객체들의 클래스 사이의 일반화(generalization)관계와 같은 개념들을 포함하여 지원

□ 객체지향 데이터 모델에 따라 객체들의 행위 및 상태와 객체들 간의 관계를 정의한 객체들의 집합이 객체지향 데이터베이스로서 적용되는 분야는 멀티미디어 데이터베이스나 컴퓨터 이용 설계 등과 같은 분야에서 널리 사용. 객체지향형 데이터 모델은 관계형 데이터 모델의 한계인 비구조적 자료를 저장 관리할 수 있다는 장점을 가지고 있으나, 질의 처리의 효율성 부족 등이 큰 단점

관계형 데이터 모델	객체지향형 데이터 모델
○ 수준 높은 데이터 독립성이 보장되어 구조변화에 자율성 증진 및 저 비용 소요 ○ 단순한 SQL 표준 언어로 복잡한 질의도 쉽게 표현 가능하며 질의 최적화 가능 ○ 다양한 업무에 잘 적용되어 사용한 경험이 풍부 ○ 복잡하고 긴 비정형 데이터 처리를 저장할 수는 있으나 이에 대한 데이터베이스 내에서의 가공 처리 불가능	○ 사용자가 정의한 자료유형을 사용할 수 있기 때문에 다양한 형태의 자료를 저장 ○ 데이터모델의 다양성 : 비구조적인 자료를 저장하고, 관리할 수 있기 때문에 멀티미디어 데이터베이스에 적합 ○ 지원기능의 다양성 : 문자, 숫자, 이미지, 음성, 화상 등 다양한 자료를 저장하고 관리하기 때문에 데이터베이스의 관리와 갱신이 편리 ○ 질의 최적화가 어려움

□ 객체-관계형 데이터 모델(object-relational data model)은 관계형 데이터 모델과 객체지향 데이터 모델을 함께 수용한 데이터 모델로 두 가지 측면에서 관계형 데이터 모델을 확장하여 객체지향 개념을 추가함

- 관계형 데이터 모델에서 집합 속성 지원, 임의의 사용자 정의 데이터 타입 지원, 계층구조 지원이 가능하도록 확장. 임의의 사용자 정의 데이터 타입과 계층구조는 객체지향 프로그래밍 언어의 장점을 적용한 것임
- 관계형 데이터 모델에 계승과 캡슐화를 확장

□ 객체-관계형 데이터 모델에 따른 객체-관계형 데이터베이스 관리 시스템(ORDBMS)은 데이터 모델링과 관리적인 측면에서 관계형 데이터 모델을 따르는 관계형 데이터베이스 관리 시스템(RDBMS)이 수행하는 모든 기능을 수행할 수 있도록 하고, 객체지향 데이터 모델을 지원하는 객체지향 데이터베이스 관리 시스템(OODBMS)이 가지고 있는 장점을 이용하여 관계형 데이터 모델의 엔진의 주요 제약사항을 제거가능

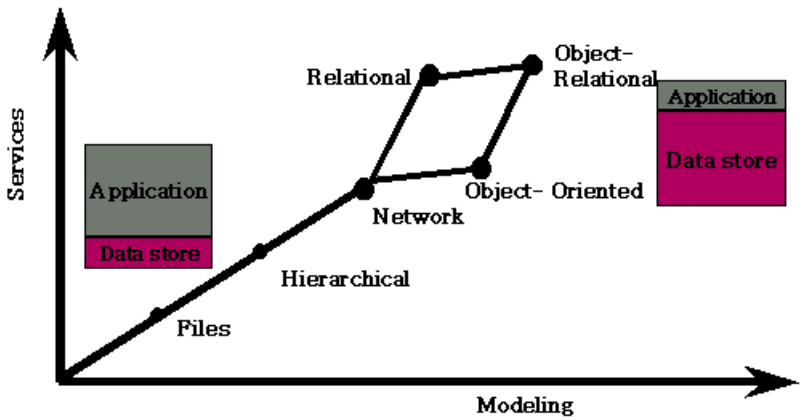


그림 113 데이터베이스 관리 시스템의 발전과정

□ 최근 빅데이터와 실시간 웹 응용 환경을 지원하기 위한 데이터 저장 및 검색을 위한 매커니즘으로서 NoSQL 데이터베이스에 대한 관심 및 활용이 증대되고 있다. NoSQL 데이터베이스는 단순 검색 및 추가 작업을 위해 최적화된 키-값(key-value) 저장 방식으로 모든 정보를 테이블 형태로 저장 관리하고 SQL 언어를 사용하는 관계형 데이터 모델보다 덜 제한적인 일관성 모델을 이용하기에 접근 지연과 단위 처리율의 성능 측면에서 효율적임

□ 대표적인 오픈 소스 제품인 Mongo DB는 인터넷 기반 서비스를 위해 만들어진 DBMS로서 관계형 데이터베이스와 키-값 저장 시스템의 장점을 모아서 개발된 제품으로서 관계형 데이터베이스는 다양한 인덱스와 질의 최적화 기능을 기반으로 처리 속도가 빠른 장점이 있는 반면에 키-값 저장 방식은 데이터 구조의

단순성을 통한 빠른 처리 속도와 정형화되지 않은 데이터구조를 저장할 수 있는 장점이 있다. 따라서 Mongo DB는 이들 장점을 살린 중간형으로 빅데이터 처리를 위해서 서버들을 수평으로 확장이 가능하며 정형화되지 않은 계층적 구조의 비정형 데이터를 저장할 수 있으며 정교한 질의를 통한 양질의 분석 결과를 얻을 수 있기 때문 [네이버 블로그, http://blog.naver.com/gkenq/10184665342]

□ DBMS 인기도를 측정하는 DB엔진닷컴에 따르면 2015년 3월 기준으로 가장 인기 있는 1위는 Oracle, 2위는 MySQL, 3위는 MS SQL, 4위는 Mongo DB, 5위는 PostgreSQL로 분석되었다. 여기서 순위는 구글 등에서 검색되는 양과 개발자 Q&A 커뮤니티에서 언급되는 데이터를 기준으로 평가한 결과이다. 이 중에서 Oracle과 PostgreSQL은 객체-관계형 데이터 모델을 지원하며, MySQL과 MS SQL은 관계형 데이터 모델, 그리고 Mongo DB는 비정형 데이터 Document 기반 모델을 지원하고 있다. 또한, 이중 Oracle과 MS SQL은 상용 DBMS 제품이며 MySQL, Mongo DB, PostgreSQL은 오픈 소스 DBMS 제품이다. [네이버 캐스트, http://navercast.naver.com/contents.nhn?rid=122&contents_id=86756]

(다) 첨단 지능형 시스템 기능을 추가하여 의료 결정 지원 시스템으로 발전 방안

□ 현재 단순히 인터넷을 통해 온라인 예약 및 정보 검색을 통한 E-Healthcare 서비스를 제공하는 단계에서 향후 발달된 정보통신 패러다임으로 누구나, 언제나, 어디에서나 필요한 정보를 제공받을 수 있는 유비커터스 환경 실현, 웨어러블 및 스마트 디바이스와 IoT 기술을 활용한 빅 데이터의 수집 및 분석 활용 등을 복합적으로 활용하여 개인 맞춤형 진단 및 치료뿐만 아니라 예방 서비스까지 가능하도록 하는 U-Healthcare 서비스로 발전 추세



그림 114 U-Healthcare 서비스의 트렌드

□ 국내에서도 첨단 U-Healthcare 서비스를 제공하기 위해서는 의료기관에서 관리하고 있는 DB 및 국민건강보험 DB 등을 통합하여 빅데이터 기술을 활용하여 첨단 의료서비스를 개발 가능하도록 개선 필요

□ 아래 표에는 국내의 한 연구에서 제시한 국내 공공 빅데이터를 활용하여 개발 가능한 의료서비스 예시로서 국민건강보험 DB를 활용하면 건강검진 효과 분석 및 맞춤형 검진 서비스 그리고 희귀질환자 정밀 실태 파악 및 관리 서비스, 사업장 및 근로 환경별 건강위해 요소 예측 및 조기경보 서비스 등을 개발할 수 있으며 유전 정보를 함께 활용하면 유전적 특성에 기인한 약물 효과 분석 서비스 및 유전정보 분석을 통한 미래 발병가능 질환 예측 서비스 등까지 첨단 의료서비스를 제공 가능

수요군	빅데이터 활용방안	비고
국민	연령별, 지역별, 소득수준별 맞춤형 건강증진서비스 만성질환 맞춤형관리 서비스	국민건강보험 DB (표본 DB, 희귀질환 DB, 검진 DB)
	희귀질환자 정밀 실태 파악 및 관리서비스	
	건강검진 효과 분석 및 맞춤형 검진서비스	
	사업장별(단체), 근로 환경별(개인) 건강위해요소 예측 및 조기경보 서비스	국민건강보험 DB – 노동 통계 연계
	유전정보 분석을 통한 미래 발병가능 질환 예측서비스	국립인체자원 DB
연구자	유전적 특성에 기반한 약물 효과성 분석 서비스	국립인체자원 DB
	R&D 연구현황, 특허 및 사업화 현황 등 미래 유망한 연구 분야 매핑 서비스	특허 DB – 국내외 논문 DB 연계 및 연구자 커뮤니티 등 소셜미디어 분석

표 56 빅데이터를 활용하여 개발 가능한 의료서비스

□ 기존의 항공신체검사 이력관리 시스템도 U-Healthcare 서비스를 제공할 수 있는 통합의료정보시스템(IMIS: integrated medical information system)으로 발전하기 위해서는 항공신체검사 판정 요약 결과와 자격증명 발급 기록만을 관리하는 독립적인 시스템으로는 한계가 있기에 항공신체검사 원시 데이터 및 의료기관의 진료 및 처방 데이터, 그리고 국내외 주요 질병과 관련된 최신 정보를 수집하여 항공사고의 미연 방지를 위한 항공종사자의 정확하고 포괄적인 건강관리 및 증진을 지원할 수 있는 새로운 첨단 서비스를 제공 가능해야 함

□ 즉, 항공신체검사 원시 데이터 및 판정 결과 데이터, 그리고 타 기관에서 운영하고 있는 진료 정보 및 처방 데이터, 향후 유전 정보까지를 포함하는 종합적인 Clinical Data Warehouse를 구축하여 항공신체검사 데이터웨어하우스를 마련하고 이에 빅데이터 기술에 바탕을 둔 인공지능 기술을 활용하여 항공전문의사를 지원하는 전문가 시스템(expert system)으로 발전

□ 항공전문의사를 지원하기 위한 전문가 시스템을 구현하기 위해서는 항공종사자 신체검사 관련 다양한 데이터를 수집하여 항공신체검사 데이터웨어하우스를 구축하여 양질의 빅데이터 확보를 통한 성공적인 헬스케어 인공지능 활용의 선결조건 해결

□ 헬스케어 인공지능의 기술은 방대한 데이터의 통합, 분석을 통해 새로운 가치를 창출해야하기 때문에 관련 기관별로 보유하고 있는 항공신체검사 관련 데이터를 통합, 공동 활용 마련을 위한 제도 및 시스템 필요 [김태호 2016]

□ 항공신체검사 데이터웨어하우스에 인공지능 기능을 접목시켜서 신체검사에 필요한 정확한 항공종사자의 기왕력(과거) 정보를 검색하고 항공신체검사 평가 항목 및 평가 기준, 그리고 항공신청자의 이전 항공신체검사의 원시 데이터 및 국민건강보험DB내의 진료 및 처방 데이터 등을 기준으로 주요 항공신체검사 평가항목 및 평가 방법에 대해 제안을 해 주는 기능, 그리고 항공신체검사 실시결과를 종합해서 부적합 또는 평가 보류로 처리해야 할 대상자를 사전에 자동으로 분류해 주는 자동화 기능을 제공 가능

□ 항공신체검사에 인공지능 기능을 접목시킴으로써 다양한 정보를 융합하여 신체검사단계에서 인간의 실수를 최소화하기 위한 자동화 기능을 제공하여 항공신체검사의 정확성을 증진하고 빅데이터 기반 개인 맞춤형 신체검사 및 항공인적요인의 예측 모델링을 통해 항공사고를 미연에 방지하기 위한 제도 및 시스템 실현 가능

□ 이러한 인공지능을 접목시킨 항공신체검사 포털 시스템을 활용하여 다양한 사용자별 권한에 따른 단순 통계 요약 정보뿐만 아니라 항공사고와 관련이 있을 수 있는 특정 유형의 항공신체검사 결과와 유사한 패턴을 갖는 항공종사자를 검색 가능하기 때문에 사전에 항공사고의 가능성을 최소화 가능

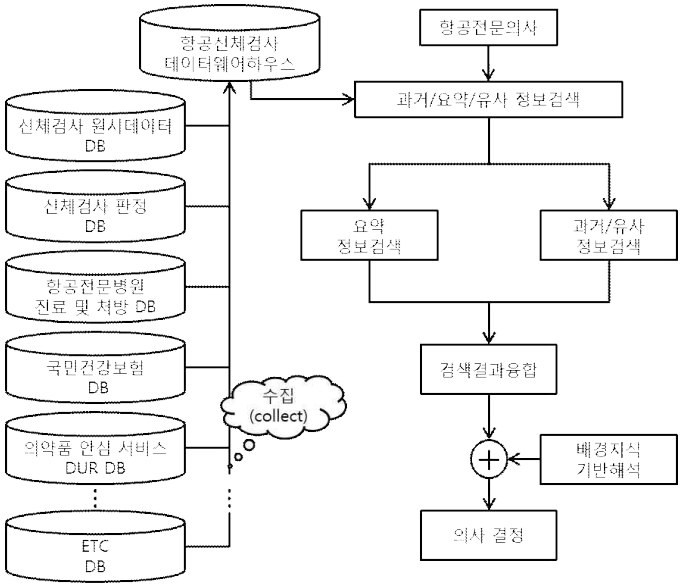


그림 115 항공신체검사 포털 시스템

□ 항공신체검사 포털시스템을 위한 통합의료정보시스템을 구성하기 위해서는 각기 다른 제작사에서 개발하거나 다른 플랫폼 및 네트워크 환경에서 작동하는 의료정보시스템 구성 장비를 연동하기 위한 통신 프로토콜이 필요하며 대표적인 프로토콜로서는 서로 다른 정보시스템 및 데이터베이스 사이에 정보공유 및 접속을 위한 메시징과 통신을 위한 표준 프로토콜의 일종인 HL7(Health Level 7)과 PACS에서 표준이 없는 서로 다른 의료영상장비들에서 나오는 다양한 영상 형태를 실시간 정보시스템으로 연결하기 위한 의료영상정보표준인 DICOM(Digital Image Communications in Medicine)이 존재 [조익성 2008][이태규 2011]

□ HL7 V3.0은 XML(eXtensible Markup Language) 표준을 기반으로 한 객체지향 모델로서, 웹을 통한 원격진료서비스, 병원 및 타 기관들과의 의료정보의 공유 및 교환을 개방형 시스템에 활용되고 있으며 다음 구조로 구성

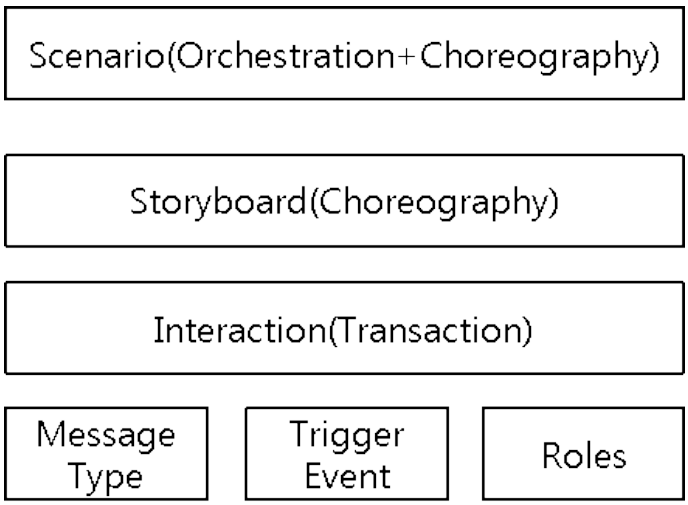


그림 116 개방형 시스템 구조

□ 항공신체검사의 정확성 및 편의성 향상을 위해 Wearable medical devices 등을 지속적으로 개발하여 활용해야 하며 장비에서 측정된 항공신체검사 정보를 실시간으로 수집할 수 있도록 의료정보 교환 표준(HL7, DICOM 등)을 준수

□ 항공신체검사를 적합 또는 조건부적합으로 통과한 항공종사자들에게 주의해야 할 최신 약물 정보를 제공하기 위해 건강보험심사평가원에서 제공하는 '의약품의 안전, 적정 사용을 위한 의약품 안심 서비스(DUR)'와 연동

(라) 개인정보 보호의 안정성 증진 방안

□ 항공신체검사에 관련된 개인정보 보호의 안전성에 문제가 발생할 수 있는 경로는 크게 외부 위협과 내부 위협으로 구분 가능. 외부 위협은 해커가 고의적으로 SQL 인젝션 등과 같이 데이터베이스를 접근하는 비인가 사용 등을 의미하며 내부 위협은 인가 사용자가 데이터베이스에 접근하여 정보를 유출 및 변형하는 행위 등을 포함 [금보연 2012]

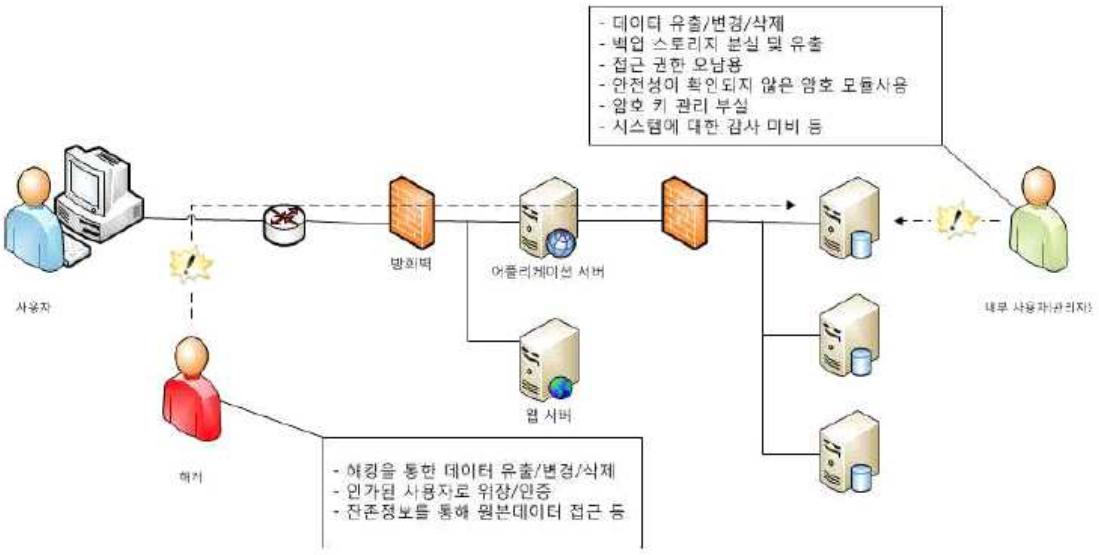


그림 117 개인정보 보호의 안정성 증진 방안

□ 개인정보 보호를 위해서 접근권한관리, 감사 기록 생성, 시스템 보호 프로그램의 설치 및 업데이트 등과 같은 안정성 증진행위 뿐만 아니라 데이터베이스 암호화 필요. DB 암호화는 개인정보취급자의 실수 또는 외부 공격자의 공격 등으로 인해 개인정보가 비 인가자에게 유출되더라도 그 주요 내용을 확인할 수 없게 하는 최후의 보안기술 [행안부 2011]

□ 성공적인 DB 암호화를 위해서는 법규를 충족시켜야 함은 물론, 데이터 암호화 및 복호화로 인한 성능감소가 최소화되어야 하며 이를 위해 대용량 데이터에 대한 암/복호 효율이 좋은 안전한 알고리즘 및 고성능 서버 필요

□ 현재까지 널리 이용되고 있는 DB 암호화 기법으로는 Plug-In 방식으로 DB 서버 내에서 암호화를 실시하기 때문에 안정성이 높으며 이를 위해 블록 알고리즘, 암호화 후에도 검색 가능 암호화 알고리즘 등을 개발 및 활용

□ 그러나 DB 서버와 응용 서버가 분리되어 원격지에 저장해야 하는 경우에는 DB 서버에 저장된 암호화된 데이터를 응용서버로 직접 전달하여 암호를 풀지 않은 상태에서 필요한 연산을 수행하는 동형 암호(homomorphic encryption) 기술이 최신 기술임

□ 동형 암호는 암호화 키(encryption key) k_e를 이용하여 평문(plain-text) m을 암호문(cipher-text) c로 암호화하는 연산을 $c = Enc(k_e, m)$라고 하고, 암호문 c를 복호화 키(decryption key) k_d를 이용하여 복호화(복원)하는 연산을 $m = Dec(k_d, c)$

라 할 때, 두 평문 m_1과 m_2에 대한 산술 연산 $\odot$이 $Dec(k_d, Enc(k_e, m_1) \odot Enc(k_e, m_2)) = m_1 \odot m_2$를 만족할 경우, 이러한 암호를 연산 $\odot$에 대해 동형(homomorphic)이라 함, 즉, 암호문 상에서 연산한 결과를 복원하면 평문 상에서 직접 연산한 것과 같은 결과를 얻음 [Paillier 1999][Bon도 2005][Gentry 2009]

□ 예를 들어, 항공신체검사에서 항공종사자의 수치화된 생체 데이터를 기반으로 부적합여부를 자동으로 결정하도록 지원하는 경우, 아래 그림과 같은 순서로 프로토콜을 수행함

- 대상자의 생체 데이터를 측정하여 수치화
- 수치들을 암호화하여 판정 전문가 시스템에 전송
- 전송받은 데이터를 입력으로 특정 분야의 평가 전문가 시스템, 즉 분류기(classifier) 프로그램을 수행하되, 데이터를 암호문 상태로 유지하면서 수행
- 프로그램의 수행 결과는 암호문이며, 이를 의뢰 시스템에 재전송
- 고객의 시스템은 전송받은 암호문을 복호화하여, 복원된 수치가 특정 임계값 이상인 경우 부적합으로 판정

□ 위와 같은 모델에서는 병원 서버에 전송되는 개인의 데이터는 암호화된 상태이므로 개인은 프라이버시를 유지할 수 있으며, 병원은 개인 고객에게 유용한 서비스(질병 판별)를 제공하면서도 질병 판별에 대한 분류기를 공개하지 않으므로 지적재산권을 보호받을 수 있음

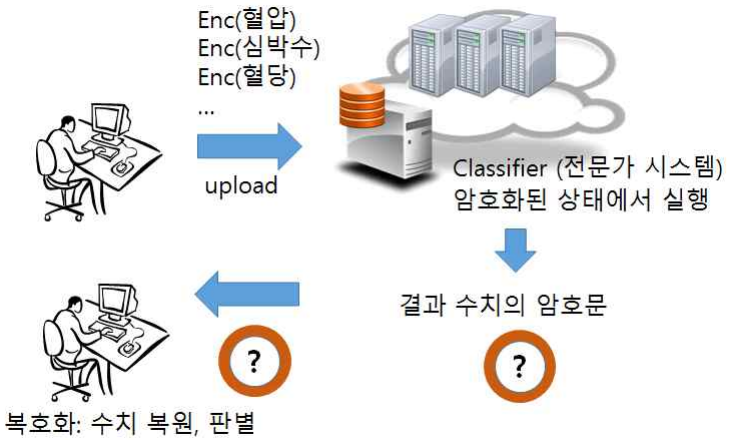


그림 118 프로토콜 수행 순서

□ 검색 가능 암호(Searchable Encryption) 역시 동형 암호나 다자간 프로토콜과 유사하게 프라이버시를 보호하면서 데이터에 대한 유용한 작업을 수행하는 것

으로, 데이터를 암호화된 상태로 서버에 저장하되, 암호화된 상태의 키워드 질의문을 서버에 전송하면 서버가 해당 키워드가 포함되어 있는 레코드를 반환하되, 저장된 레코드 및 반환되는 레코드의 내용은 서버가 알 수 없도록 하는 방법임 [Curtmola 2006]

□ 검색 가능 암호에는 비밀키(private key) 기반의 방법 및 공개키(public key) 기반의 방법들이 모두 사용될 수 있으며, 이와 관련된 기술로 PIR (private information retrieval) 기술도 있음. 이들은 비슷한 기능을 수행하나 다음과 같은 차이가 있음

- 비밀키 기반의 검색 가능 암호: 데이터의 주인인 클라이언트가 데이터를 암호화하므로, 본인이 원하는 대로 특정 데이터 구조를 적용한 상태로 암호화 가능. 비밀키 기반 암호이므로 본인만 데이터를 생성하고 해독 가능. 암호화된 데이터에 대한 접근 패턴 역시 보호됨
- 공개키 기반의 검색 가능 암호: 공개키를 보유한 다수의 사용자가 데이터를 암호화하여 서버로 전송할 수 있으며 암호화된 DB에 인덱스 정보도 추가 가능하나, 데이터를 질의하여 해독하는 것은 특정인(개인키를 소유한 사용자)만 가능. 암호화된 데이터에 대한 접근 패턴 역시 보호됨
- PIR: 서버는 암호화되지 않은 데이터를 저장하며, 사용자는 서버에 질의를 보내 특정 데이터를 반환받을 수 있으나, 어떤 데이터를 검색하였는지에 대한 정보(접근 패턴 정보)는 안전하게 보호됨

(마) 다양한 플랫폼 및 브라우저 지원을 위한 차세대 웹 표준 준수 방안

□ 항공종사자의 신체검사 신청단계부터 항공전문의사의 신체검사 결과 입력 및 판정, 그리고 항공우주의학협회의 자문, 최종 판정 결과 입력 및 결과 확인 등의 모든 관련기관의 모든 행위를 인터넷상에서 웹브라우저만 있으면 진행할 수 있도록 웹 애플리케이션으로 제공

□ 웹 애플리케이션에서 대용량 데이터를 다루거나 복잡한 처리를 해야 하는 응용에서는 성능을 유지하기 위해서 많이 사용하던 ActiveX나 Java Applet은 필요한 기능 모듈을 서버로부터 다운로드 받아서 클라이언트에 설치하여 실행하는 환경으로 클라이언트/서버 환경의 풍부한 UI를 웹에서 실현할 수 있는 방안으로 2000년 전반기부터 널리 이용되었으나 다양한 웹브라우저나 운영체제를 지원하는 데 한계가 있으며 보안 관련 문제도 다수 제기 [김용수 2015]

□ 웹 애플리케이션의 발전 및 확산으로 말미암아 웹 사용자 인터페이스(user interface: UI)와 사용자 경험(user experience: UX)을 개선하기 위한 노력 지속.

특히, 사용자 경험이란 사람들이 제품이나 서비스와 상호작용하면서 축적하게 되는 모든 기억과 감정을 의미하는 것으로 단순한 경험에서 나오는 요소를 넘어선 많은 사용자의 감성 요소와 상호작용적인 요소가 포함되기에 많은 관심이 급속도로 증가 추세 [전종홍 2011]

□ 차세대 웹 UI/UX를 위한 기술표준은 웹 자체의 편의성 개선 노력, 응용성과 활용성 개선 노력, 멀티 디바이스 환경에서 일관성 있고 호환성 있는 웹 사용성과 사용자 경험을 제공하기 위한 노력, 웹 접근성 보장 등을 위한 보편성 증진의 노력, 서비스 간 손쉬운 연동을 통한 확장성 제공 노력 등으로 분류 가능 [전종홍 2011]

□ 2014년 3월에 W3C에 의해 정식 표준으로 승인된 HTML5는 추가적인 플러그인 없이는 구현이 불가능했던 다양한 멀티미디어 및 인터랙션 기능을 웹에서 간단하게 구현할 수 있는 장점, 표준 기반의 보장된 컴포넌트 성능과 호환성, 강화된 모바일 지원 기능 등의 장점 [김용수 2015][전종홍 2011][Naver 2016]

□ 항공신체검사 포털 사이트의 UI를 HTML5 표준을 준수하여 개발하면 전술한 다양한 첨단 서비스를 웹 애플리케이션으로 실현할 수 있으며 다양한 표준 SQL을 지원하는 웹 SQL 데이터베이스 연동을 통해 어떠한 웹브라우저를 이용하더라도 같은 내용으로 시각화 가능, 특히 HTML 5는 캔버스에서 제공하는 2D/3D 그래픽 그리기 API, 객체 회전/변환 등 다양한 효과를 주는 API를 이용하여 기존에 플래시나 실버라이트로 구현하던 그래픽 처리를 대체 가능 [김용수 2015]

□ 따라서 HTML5 웹 표준을 이용하여 웹 애플리케이션에서 요구되어지는 다양한 멀티미디어 지원 기능을 이용하여 사용자가 편리한 UI/UX를 설계 구현하며 다양한 외부 자원과 서드파티 또는 개발한 새로운 컴포넌트 들을 쉽게 등록하여 확장성을 제공하며 모바일 지원 측면에서도 하나의 소스로 여러 디바이스와 여러 브라우저를 지원하는 항공신체검사 포털시스템을 개발 필요

(바) 국제민간항공조약 체결국간의 항공신체검사증명 상호인증 방안

□ 항공신체검사 관련 첨단 제도 선수립 및 운영을 통해 항공신체검사증명의 상호인증을 추진할 수도 있으나 국내에서 발달된 IT 인프라 및 관련 지식을 활용하여 첨단 항공신체검사 포털 시스템을 개발하고 이를 실제 항공신체검사 업무에 활용하여 u-Healthcare 서비스로 확대하며 이에 대한 활용 효과를 극대화하여

상호인증을 추진하는 방안이 더 효과적

□ 미국항공우주의학협회 학술대회 등과 같은 관련 국제적인 행사를 통해 첨단 항공신체검사 포털 시스템의 개발 및 활용 결과 분석에 대한 내용을 널리 소개하여 미국, 일본, 유럽 연합 국가들에서도 이에 대한 관심을 갖고 국내의 첨단 항공신체검사 포털 시스템과 연동할 수 있는 시스템을 마련할 수 있도록 협력하며 궁극적으로 항공신체검사증명을 상호 인증할 수 있도록 제도 정비 및 시스템 준비

□ 향후 상호인증을 추진하기 위해서 항공신체검사의 원시 데이터 및 판정 데이터 등을 입력하기 위한 국제 표준 의료 용어의 표준화 채택 및 표준화된 판정문 DB 화 추진

(사) 대용량 정보를 안정적으로 처리 가능한 시스템의 모델 및 적정 규모 산정

□ 시스템의 규모 산정은 업무의 성격과 예상 증가율, 구축 기술의 특성 등을 전체적으로 고려하여 산정해야 하는 매우 어려운 작업이기에 공공부문 정보화자원의 효율적 운영을 통한 정보화 투자효과의 극대화를 위해 한국정보화진흥원에서는 2008년 정보통신단체표준으로 “정보시스템 하드웨어 규모산정 지침”을 제정, 공공부분 정보화사업에서의 하드웨어 규모산정에 적용하도록 권고 [나종회 2010]

□ 정보시스템 하드웨어 규모산정이란 “제시된 기본적인 용량과 성능요구사항을 시스템의 요구사항으로 변환하는 것”을 의미하는 것으로 규모산정 방식은 수식계산법(calculating method), 참조법(referencing method), 시뮬레이션법(simulation method) 등 다음 표와 같이 3가지로 구분([TTA 2008])하며 규모 산정의 정확성은 산정방식에 따라 달라지므로 주어진 업무 환경 및 요구사항을 고려하여 적합한 산정방식 적용 필요 [나종회 2010]

구분	개념	장점	단점
수식계산법	사용자 수 등 규모산정을 위한 요소를 토대로 용량 수치를 계산하고, 보정치를 적용하는 방법	규모산정의 근거를 명확하게 제시할 수 있으며, 다른 방법에 비해 간단하게 산정할 수 있음	보정치가 잘못되었을 경우 원하는 값과 많은 차이가 발생하며, 보정치에 대한 정확한 근거 자료 제시가 어려움
참조법	업무량(사용자 수, DB크기)에 따라, 기본 데이터를 토대로 대략적인 시스템 규모를 비교하여 비슷한 규모를 산정	기존 구축되어 있는 업무 시스템과 비교가 가능하므로 비교적 안전한 규모산정 가능	계산에 의한 방법이 아닌 비교에 의한 것이므로 근거 제시 미약
시뮬레이션법	대상업무에 대한 작업부하를 모델링하고 이를 시뮬레이션 하여 규모를 산정	상대적으로 정확한 값을 얻을 수 있음	시간과 비용이 많이 소요

표 57 규모산정 방식

□ 일반적인 OLTP 서버를 위한 성능평가기준으로는 TPC(Transaction Performance Council)-C, 웹 애플리케이션의 성능평가기준으로는 TPC-APP 또는 SPEC(Standard Performance Evaluation Coperation)Web2005 등을 이용할 수 있는데 웹 사용자에게 객관적이고 대표적인 웹 서버 플랫폼 벤치마크 측정도구로 SPECWeb2005는 웹 페이지 요구에 대해 서비스를 제공하는 서버 시스템의 능력을 평가하기 위해 3가지의 작업부하 환경을 고려하여 설계 [나종회 2010]

□ 웹 애플리케이션을 위한 시스템 참조 모델은 다음 그림과 같이 1-계층(tier), 2-계층, 그리고 3-계층 이상으로 구분 가능. 1-계층 모델에서는 웹서버, WAS, DB 서버의 기능을 물리적으로 하나의 서버 기계에 구현하는 방법, 2-계층 모델에서는 웹서버, WAS 서버와 DB 서버를 물리적으로 분리하여 2개의 서버 기계에 구현하는 방법, 그리고 3-계층 이상에서는 웹서버, 응용 서버, 그리고 DB 서버를 분리하고 필요에 따라서 다수개의 응용서버를 사용할 수 있는 구조 [TTA 2008]

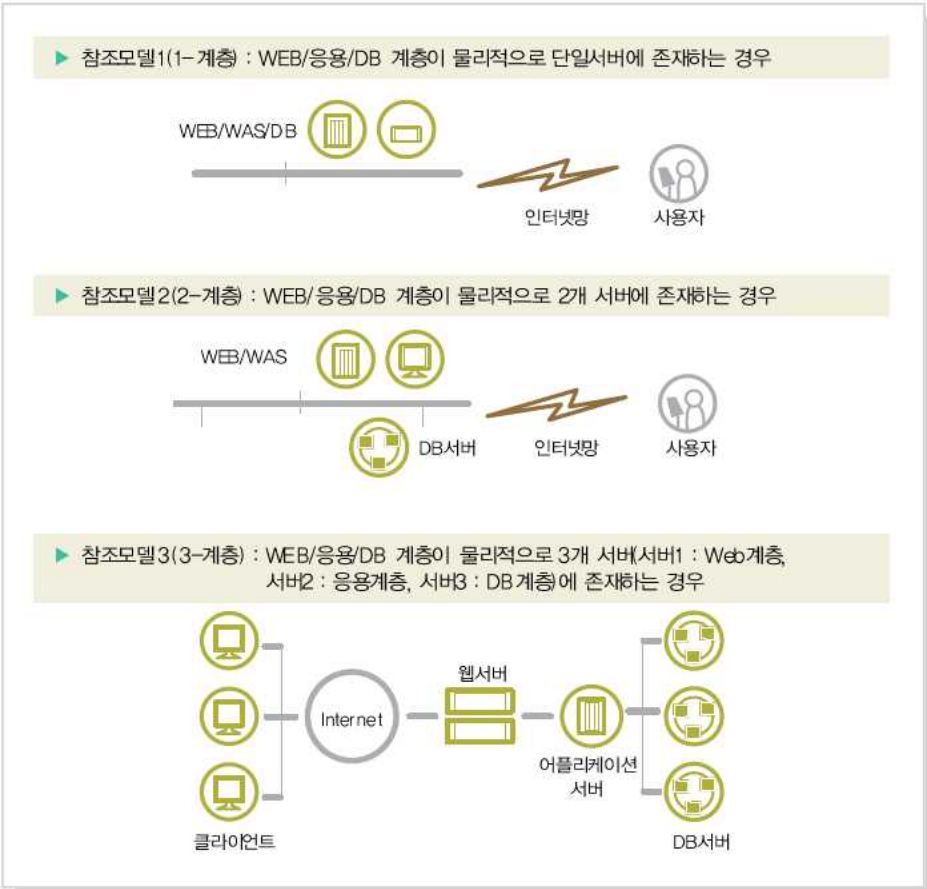


그림 119 웹 애플리케이션을 위한 시스템 참조 모델

□ 웹 애플리케이션 서버(Web Application Server: WAS)는 인터넷 상에서 HTTP를 통해 사용자 컴퓨터나 장치에 애플리케이션을 수행해 주는 미들웨어(소프트웨어 엔진)으로 동적 서버 콘텐츠를 수행하는 것으로 일반적인 웹서버와 구별. 따라서 웹서버와 WAS는 서버의 기능이 다르므로 정확한 성능측정을 위해서는 다음 표와 같은 기준으로 평가 실시 필요 [TTA 2008]

구 분	OLTP 또는 OLTP & Batch 어플리케이션	웹(Web) 서버 어플리케이션	WAS(Web Application System)
성능기준	TPC-C	SPECWeb99	SPECjbb2000
메트릭스 (Metrics)	tpmC	Operations per Second	Operations per Second

표 58 웹 서버 성능측정 기준

□ 항공신체검사 포털 사이트는 3-계층 이상의 참고 모델에 따라 한국정보통신기술협회 단체표준 [TTA 2008]에 의거하여 웹서버, WAS 서버, 그리고 DB서버의 적정 규모를 산정 필요

(4) 질병분류체계 구축 및 활용방안

(가) 질병분류체계 기준 필요

□ 질병분류란 설정된 기준에 따라 질병 진단명을 묶어 놓은 하나의 범주체계를 말함. 질병분류의 목적은 여러 나라와 지역에서 상이한 시기에 수집된 질병이환 자료의 체계적 기록 분석, 해석 및 비교를 가능하게 하기 위한 것임.

□ 질병분류 체계를 구축하는 작업은 매우 방대하고 중요한 작업임. 우선 어떤 질병분류 체계를 사용할 것인가를 결정해야 함.

□ 국내에서는 2010년도 제6차 개정된 한국표준질병·사인분류(Korean Standard Classification of Diseases, KCD)가 많이 사용되고 있으며 한국표준질병분류는 세계보건기구(World Health Organization)에서 배포한 International Classification of Diseases-10 (ICD-10) 질병분류를 반영하고 있음.

□ KCD는 질병명과 기타 보건문제에 관한 용어들을 알파벳과 숫자가 결합된 분류부호로 바꾸어서 자료를 손쉽게 저장하고 찾아보며 분석하는데 사용할 수 있음. 실제로 KCD는 역학과 보건관리 목적을 위한 진단의 표준분류로 사용되고 있으며 보건 및 인구동태의 기록에 기재되어 있는 질병 및 기타 건강문제를 분류하는데 이용할 수 있음.

(나) KCD 질병분류의 기본구조

- 유행성 질환(epidemic disease)
- 체질 또는 전신질환(constitutional or general diseases)
- 부위에 따른 국소질환(local diseases arranged by site)
- 손상(injuries)

□ KCD 질병분류

A00-B99 I. 특정 감염성 및 기생충성 질환

C00-D48 Ⅱ. 신생물

D50-D89 Ⅲ. 혈액 및 조혈기관의 질환과 면역메커니즘을 침범한 특정 장애

E00-E90 Ⅳ. 내분비, 영양 및 대사 질환

F00-F99 Ⅴ. 정신 및 행동 장애

G00-G99 Ⅵ. 신경계통의 질환

H00-H59 Ⅶ. 눈 및 눈 부속기의 질환

H60-H95 Ⅷ. 귀 및 유돌의 질환

I00-I99 Ⅸ. 순환계통의 질환

J00-J99 Ⅹ. 호흡계통의 질환

K00-K93 ⅩⅠ. 소화계통의 질환

L00-L99 ⅩⅡ. 피부 및 피하조직의 질환

M00-M99 ⅩⅢ. 근골격계통 및 결합조직의 질환

N00-N99 ⅩⅣ. 비뇨생식계통의 질환

O00-O99 ⅩⅤ. 임신, 출산 및 산후기

P00-P96 ⅩⅥ. 출생전후기에 기원한 특정 병태

Q00-Q99 ⅩⅦ. 선천기형, 변형 및 염색체이상

R00-R99 ⅩⅧ. 달리 분류되지 않은 증상, 징후와 임상 및 검사의 이상소견

S00-T98 ⅩⅨ. 손상, 중독 및 외인에 의한 특정 기타 결과

V01-Y98 ⅩⅩ. 질병이환 및 사망의 외인

Z00-Z99 ⅩⅩⅠ. 건강상태 및 보건서비스 접촉에 영향을 주는 요인

U00-U99 ⅩⅩⅡ. 특수목적 코드

(다) 항공신체검사 용 질병분류 코드 구축

□ 항공신체검사에서 사용되는 질병분류는 일반적으로 사용되는 질병분류를 그대로 사용하기에는 질병 개수가 적어 전체 질병분류에서 선별하여 사용하는 것이 필요함.

□ KCD 질병분류 중 항공신체검사에 필요한 질병을 선별하여 항공신체검사 이력관리시스템에 적용하여 사용. 항공전문의사는 질병 진단명을 임의로 입력하지 않고 질병분류에서 선택하여 진단명이나 판정 사유를 입력.

□ 질병분류 체계를 이용하게 되면 비행 중 빈발하는 질병이 무엇인지를 파악하여 조종불능상태를 초래하는 질병에 대한 예방 및 비행적합성 평가를 하는데 판단 근거로 활용할 수 있음.

□ 매년 항공신체검사 결과를 통계 분석하여 결과를 항공종사자나 항공사에 제공하여 항공종사자 건강관리에 활용.

라. 결론

□ 항공사고를 미연에 방지하기 위해서는 항공종사자의 정확한 건강 상태 파악 및 관리가 중요하기에 항공신체검사의 판정요약 정보와 항공신체검사증명 발급 이력을 관리하고 있는 현재의 e-sky 시스템에 대한 기능 분석 및 발전 방향 제시, 추가적으로 제공 가능한 첨단 서비스 그리고 이러한 첨단 서비스를 실현하기 위한 필수 기술의 동향을 조사하여 정리

□ 빅데이터를 기반으로 인공지능 기술을 활용한 첨단 서비스를 제공하는 항공신체검사 이력관리 시스템으로의 발전을 위해 다음 기능 제안

- 항공신체검사의 원시 멀티미디어 데이터까지 저장 관리하도록 데이터 모델링 개선
- 항공전문병원의 원시 데이터 업로드 인터페이스 및 국민건강보험의 관련 데이터 연동 인터페이스를 개발, 활용하여 빅데이터 수집을 통한 항공신체검사 데이터웨어하우스 구축
- 항공신체검사 신청자, 항공전문의사, 항공우주의학협회, 국가기관 등을 지원하여 신속하고 정확한 항공신체검사 진행을 위한 인공지능 기반 decision support system으로 확대 발전
- U-healthcare 서비스를 위한 선진 개인정보보호 제도 및 방안 마련 및 다양한 플랫폼 및 브라우저 지원을 위한 차세대 웹 표준 준수

□ KCD 질병분류코드를 바탕으로 한 항공신체검사 질병분류코드를 고안 및 신체검사 이력관리시스템에 적용하여 항공종사자들의 체계적인 건강관리와 예방 업무에 활용

제 9 장 연구개발과제 구성 및 추진전략

제 1 절 의의 및 목표

□ 항공우주의학은 그 자체로 항공종사자와 승객만을 대상으로 한다면 그 수요가 많지 않지만, 항공안전의 핵심요소 중 하나인 인간, 건강, 신체의 환경적응 및 변화의 응용화, 차세대 성장동력이자 국력의 상징이 되는 항공우주산업을 뒷받침할 배경이 되며, 산업과 국력 모두 결국 사람과 안전에 귀결된다는 측면에서 항공의학생리의 중요성이 있음

□ 우리나라 항공수요의 급증에 맞춰 항공종사자의 항공신체검사 건수는 연 10% 이상 씩 급증하고 있어 이를 뒷받침할 전문, 전담인력 및 체재가 발맞춰 갈 필요성이 매우 높아지고 있음. 항공신체검사의 규정과 제도는 항공종주국이라 할 수 있는 미국의 규정을 쫓고 있으나, 실제 미국과 한국이 항공안전을 위한 자격관리라는 측면에서 같은 조건이 아님.(사회문화, 제도, 정세, 국토, 인구밀도 등)

□ 자격관리라는 측면에서 항공신체검사는 검사자(항공전문의사, 적부 및 자문위원), 피검사자(항공종사자), 제3자(항공사, 항공기운영기관)의 이해관계가 엇갈리는 구도를 형성할 수 있으므로 **근거에 입각한** 판단이 필요한 시점이며, 조종사 정신질환과 관련된 이슈에서 보듯 추격모방형 제도개선은 사회적 역량소모의 결과를 부를 수 있음.

□ 이에 본 연구에서 항공안전 및 항공우주산업의 발전을 위한 항공신체검사, 항공의학생리 연구 및 교육, 인력양성을 포함하는 관리체계에 대하여 현황, 문제점, 발전방향을 확인하고 제안하며, 항공안전을 위한 항공의학생리의 역할 중 항공종사자 신체검사 및 관리, 항공우주의학 연구, 교육 및 인력양성을 효율적이고 발전적으로 구축하기 위한 방안에 대한 기본구상을 제시하고, 항공종사자의 신체검사 및 건강관리의 주요요소인 질병의 체계화, 신체검사 관련 검사 및 평가항목의 구성, 체계화 및 표준화를 위한 연구를 제안하며, 항공신체검사 정보관리체계의 구축 및 개선을 통한 항공신체검사의 최적의 관리체계를 연구하고 제안함.

□ 지금까지 항공안전을 위한 항공의학생리의 연구개발 투자는 없었음.

제 2 절 연구 내용 및 범위

1. 항공종사자 질병체계 및 검사항목 구성, 효율화 및 표준화

□ 항공종사자 질병의 분류

- 항공신체검사 결과 기반의 질병현황
- 지상에서 사용하는 질병분류체계와 상이점 도출 및 개선
- 항공종사자 특화 질병분류체계 (빈도, 세분화, 안전영향)
- 데이터 축적 및 분석체계
- 유연성 및 적응성: 새로운 자료나 환경에 따라 새로운 분류를 능동적으로 만들 수 있는 체계
- 피드백 및 교육: 항공전문의사 및 항공종사자

□ 항공신체검사 검사항목 체계화, 효율화

- 항공신체검사 질병 기반의 대응을 위한 검사 체계 구성
- 지상에서 사용하는 검사 및 결과분석과 상이점 도출 및 개선
- 항공종사자 특화 검사 (빈도, 세분화, 안전영향),
- 고령조종사의 안정적 관리를 위한 검사
- 데이터 축적 및 분석체계
- 유연성 및 적응성: 새로운 자료나 환경에 따라 새로운 검사로 대응하는 체계
- 피드백 및 교육: 항공전문의사 및 항공종사자
- 비용 및 관리부담에 대한 고려

2. 항공종사자를 위한 항공신체검사 포털시스템 개발 및 관리기반구축

□ 항공종사자 질병체계 및 검사항목 표준화 연구에 따른 항공신체검사 항목 및 평가 기준의 동적 설정 지원을 위한 Meta DB 관리 시스템 개발

- 질병 분류 코드 DB화 및 항공신체검사 포털 시스템과의 연계 방안 연구
- 항공신체검사 항목별 기준 설정 및 입력 필요 정보 항목 규정
- 항공신체검사 표준의 동적 설정을 지원하기 위한 Meta DB 설계

- 항공종사자 질병체계 및 검사항목 표준화 연구에 따라 질병 분류 코드 DB를 연동한 항공신체검사 표준 관리를 위한 웹기반 Meta DB 관리 시스템 개발
- 다양한 플랫폼 지원을 위한 차세대 웹 표준 준수 방안 연구

□ 항공신체검사 체계화 및 효율화 연구를 지원하기 위한 항공신체검사 표준의 동적 관리 Meta DB와 연동된 확장된 항공신체검사 포털 시스템 개발

- 항공신체검사 원시데이터(raw data)까지 저장할 수 있도록 시스템 확장
- 확장된 항공신체검사 포털 시스템을 위한 데이터베이스 관리 시스템(DBMS) 선정
- 항공신체검사 표준 동적 관리 Meta DB에 따른 항공신체검사 원시 데이터 확대 저장을 위한 포털 시스템 DB 설계
- 다양한 사용자의 편의성 지원을 위한 정보 입력 및 검색 인터페이스 개발
- 다양한 플랫폼 지원을 위한 차세대 웹 표준 준수 방안 연구
- 항공신체검사의 개인정보 보호의 안정성 증진 방안 개발

□ 확장된 항공신체검사 포털 시스템의 시범 적용 및 빅데이터 분석 지원을 위한 개선 방향 연구

- 기존 e-sky 시스템 정보의 효율적인 마이그레이션 방안 연구
- 확장된 항공신체검사 포털 시스템 전면 운영 지원을 위한 시스템 환경 설계
- 항공신체검사 표준의 동적 설정 지원을 위한 기능 개선 연구
- 항공신체검사 관련 오픈 데이터 제공을 위한 개인정보 보호 방안 개발
- 항공신체검사 관련 빅데이터 분석 지원을 위한 API 개발

제 3 절 연구개발과제 구성

1. 항공종사자 질병체계 및 검사항목 구성, 효율화 및 표준화

□ 항공종사자 특화 질병 분류 체계 개발

- 국내, 국외 항공신체검사 결과 기반의 질병현황 조사 분석
- 일반 질병분류체계와 상이점, 특이사항 도출 및 분석
- 항공종사자 특화 질병분류 체계의 구성요소 도출 (빈도, 세분화, 안전영향평가, 기타)
- 데이터 기록, 축적, 분석체계와 연계성; 유연성 확장성에 기반하여 새로운 지식, 자료나 환경에 따라 능동적으로 변동할 수 있는 체계
- 항공전문의사 및 항공종사자 피드백 및 교육 활용성

□ 항공신체검사 검사항목 체계화, 효율화 체계 개발

- 항공신체검사 결과에 따른 질병의 대응을 위한 검사 체계 구성
- 항공종사자 특화 검사 (다빈도 질환, 안전영향평가, 비용 및 검사부담요소, 기타)
- 고령조종사의 안정적 관리를 위한 검사체계 개발
- 데이터 축적 및 분석체계와 연계성; 유연성 확장성에 기반하여 새로운 자료나 환경에 따라 적절한 검사로 대응하는 체계
- 검사의 표준화 및 정도관리 체제

2. 항공종사자를 위한 항공신체검사 포털시스템 개발 및 관리기반구축

□ 항공신체검사 항목 및 평가 기준의 동적 설정 지원을 위한 Meta DB 관리 시스템 개발

- 국내의 질병 분류 코드 DB화
- 항공신체검사 항목별 기준 설정 및 입력 필요 정보 항목 규정
- 항공신체검사 표준의 동적 설정을 지원하기 위한 Meta DB 설계
- 항공종사자 질병체계 및 검사항목 표준화 연구에 따라 질병 분류 코드 DB를 연동한 항공신체검사 표준 관리를 위한 웹기반 Meta DB 관리 시스템 개발

- 다양한 플랫폼 및 웹 브라우저에서도 작동할 수 있도록 하기 위한 차세대 웹 표준 준수

□ 항공신체검사 표준의 동적 관리 Meta DB와 연동된 확장된 항공신체검사 포털 시스템 개발

- 항공신체검사 원시데이터(raw data)까지 저장할 수 있도록 시스템 확장
- 확장된 항공신체검사 포털 시스템을 위한 데이터베이스 관리 시스템(DBMS) 선정
- 항공신체검사 표준 동적 관리 Meta DB에 따른 항공신체검사 원시 데이터 확대 저장을 위한 포털 시스템 DB 설계
- 다양한 사용자의 편의성 지원을 위한 정보 입력 및 검색 인터페이스 개발
- 차세대 웹 표준 준수하여 다양한 플랫폼 및 웹 브라우저에서도 첨단 서비스가 운영될 수 있도록 설계
- 항공신체검사의 개인정보 보호의 안정성 증진 방안 개발. 특히 권한 관리 및 감사 기록 생성 및 검색 기능, 데이터베이스 접근제어 및 암호화, 암호화된 데이터에 대한 검색 및 연산을 적용할 수 있도록 지원

□ 확장된 항공신체검사 포털 시스템의 시범 적용 및 빅데이터 분석 지원을 위한 개선 방향 연구

- 기존 e-sky 시스템 정보의 마이그레이션
- 확장된 항공신체검사 포털 시스템 전면 운영을 위한 시스템 환경 설계
- 항공신체검사 표준의 동적 설정 지원을 위한 기능 개선
- 항공신체검사 관련 오픈 데이터 제공을 위한 개인정보 보호 방안 개발. 특히 개인을 유추하여 특정할 수 있는 정보 식별 방안 및 의료정보 전송 단계에서의 개인정보 보호 안정성 증진 방안 설계
- 항공신체검사 관련 빅데이터 분석 지원을 위한 API 개발

제 4 절 세부주제별 주요내용 및 추진전략

1. 항공종사자 질병체계 및 검사항목 구성, 효율화 및 표준화

□ 주요내용 및 연구개발내용

구분		주요내용	연구개발내용 및 범위
1차년도 (2017)	항공종사자의 신체검사와 건강관리를 위한 질병분류 표준체계연구	항공종사자 질병체계에 대한 기반 분석	• 국내 항공신체검사 결과 기반 질병현황 조사 분석 • 국외 항공신체검사 결과 기반 질병현황 조사 분석 • 현행 일반 질병분류체계(ICD-10)와 상이점, 도출 및 특성분석 • 고령화 연관질환과 고령조종사 건강 및 질병에 대한 연구 • 항공종사자 직업군에 대응한 산업 및 재해의학, 정신의학적 측면의 질병 분석
		항공업무 및 항공안전과 연계된 질병의 특성 및 세부 분류체계 연구	• 항공종사자 특화 질병분류 체계의 구성요소 도출 (빈도, 세분화, 안전영향평가, 기타) • 데이터 축적, 분석과 연계한 분류체계 및 기록항목 연구 • 유연성 및 확장성에 기반하여 새로운 지식, 자료나 환경을 반영하고 능동적으로 변동할 수 있는 체계 • 항공전문의사(AME)의 자격관리 및 개선방안 연구
2차년도 (2018)	항공신체검사 결과의 평가항목 개발	항공종사자 질병체계 대응 신체검사 검사항목 개발	• 항공종사자 질병체계 대응 신체검사 체계 구성 • 이학적, 생화학적 및 영상의학적 검사 항목 구성 • 항공종사자 특화 검사 (다빈도 질환, 안전영향평가, 비용 및 검사부담요소, 기타) • 데이터 축적 및 분석체계와 연계성 ; 유연성 확장성에 기반하여 새로운 자료나 환경에 따라 적절한 검사로 대응하는 체계
		결과 분석 및 적용성 검토	• 항공질병검사 체계에 대응하는 세분화 된 검사결과의 판독 및 분석 적용성

			• 피검자에 대한 신체정신적, 경제적 부담 및 실행성 연구조사
		항공안전 관련 특정 분야 연구	• 고령조종사 대응 신체검사 체계 및 항목 개발 연구 • 산업재해적 측면의 항공종사자 신체검사 체계 및 항목개발 연구 • 정신의학적 측면의 신체검사 체계 • 초경량 및 무인항공기 조종사 신체검사 체계
3차년도 (2019)	항공신체검사 적용 및 개선 / 포탈 시스템 연계, 분석, 개선 활용	임상적 적용	• 현행 항공신체검사 체계 내에서 실제 운영 • 특정분야 항공종사자의 임상적 평가에 적용
		활용과 분석 / 개선과 검증	• 국제 교류를 통한 검증 • 법적 근거 및 제도적 개선에 적용

표 59 항공종사자 질병체계 및 검사항목 구성, 효율화 및 표준화

□ 주요산출물

○ 1차년도(2017)
- 항공종사자 질병 특성 및 세부분류 방안
- 운항안전에 입각한 항공종사자 특화 질병 분류 체계 및 코드
- 항공전문의사 및 항공종사자 피드백 교육방안

○ 2차년도(2018)
- 항공종사자 질병특성 및 세부분류에 따른 신체검사 체계
- 신체검사 표준화 및 정도관리 체계
- 특정분야 신체검사 체계 (고령, 산업재해, 정신의학)

○ 3차년도(2019)
- 항공신체검사 적용 및 데이터
- 포탈시스템 연계적용, 분석 및 개선
- 기존 의학적 요인에 의한 항공안전사고에 적용 및 분석

□ **추진 전략**

○ 기술적 수행 및 자료확보

- 기존자료: 국토교통부의 위탁을 받아 항공신체검사 및 자격관리를 수행하고 있는 한국항공우주의학협회의 기존자료로 활용
- 신규자료: 매달 천여 건의 항공신체검사 적부심의 및 자문심의를 하고 있는 협회의 신규 배출자료를 활용
- 국내Full service carrier 및 Low cost carrier 항공사 의무조직과 연계하여 소속 항공종사자 자료 활용

○ 전문가 확보 및 네트워크 구축

- 한국항공우주의학협회 내 운영위원, 활동회원 및 적부위원, 자문위원 등 항공신체검사전문의 그룹의 협력체제 확보
- 민간기업: 다수의 항공종사자가 소속된 국내FSC 및 LCC항공사 의무조직 연계
- 주무부처, 유관기업 및 항공안전유관기관: 국토교통부, 한국공항공사, 한국교통연구원
- 국외 네트워크: 미국 Civil Aerospace Medical Institute(CAMI) Japan Aeromedical Research Center 航空医學研究センター), 중국: Civil Aviation Administration of China(CAAC) 등
- 군: 공군 항공우주의료원
- 기타국내 협력: 한국항공우주연구원, 국내 각 임상의학회, 조종사단체

2. 항공종사자를 위한 항공신체검사 포털시스템 개발 및 관리기반구축

□ 주요내용 및 연구개발내용

구분		주요내용	연구개발내용 및 범위
1차년도 (2017)	항공신체검사 항목 및 평가 기준의 동적 설정 지원을 위한 Meta DB 관리 시스템 개발	항공종사자 질병체계 및 검사항목 표준화 연구와의 연계	• 객관화되고 표준화된 국제수준의 자체 항공신체검사 기준 설정 지원 • 질병 분류 코드 DB화 및 항공신체검사 포털 시스템과의 연계 방안 연구 • 항공신체검사 항목별 기준 설정 및 입력 필요 정보 항목 규정
		항공신체검사 표준의 동적 설정을 지원을 위한 Meta DB 관리 시스템 개발	• 항공신체검사 표준의 동적 설정을 지원하기 위한 Meta DB 설계 • 항공종사자 질병체계 및 검사항목 표준화 연구에 따라 질병 분류 코드 DB를 연동한 항공신체검사 표준 관리를 위한 웹기반 Meta DB 관리 시스템 개발 • 다양한 플랫폼 지원을 위한 차세대 웹 표준 준수 방안 연구 • 항공종사지 질병분류 표준체계, 신체검사 항목 및 AME자격관리 항목을 지원
2차년도 (2018)	항공신체검사 표준의 동적 관리 Meta DB와 연동된 확장된 항공신체검사 포털 시스템 개발	항공신체검사 원시데이터를 관리할 수 있도록 DB 시스템 개선	• 항공신체검사의 멀티미디어 원시데이터(raw data)까지 저장할 수 있도록 시스템 확장 • 확장된 항공신체검사 포털 시스템을 위한 데이터베이스 관리 시스템(DBMS) 선정
		확장된 항공신체검사 포털 시스템 개발	• 항공신체검사 표준 동적 관리 Meta DB에 따른 항공신체검사 원시 데이터 확대 저장을 위한 포털 시스템 DB 설계 • 다양한 사용자의 편의성 지원을 위한 정보 입력 및 검색 인터페이스 개발 • 차세대 웹 표준 준수하여 다양한 플랫폼 및 웹 브라우저에서도 첨단 서비스가 운영될 수 있도록 설계 • 항공신체검사의 개인정보 보호의 안정성 증

			진 방안 개발 • 항공종사지 질병분류 표준체계, 신체검사 항목 및 AME자격관리 항목을 지원
3차년도 (2019)	확장된 항공신체검사 포털 시스템의 시범 적용 및 빅데이터 분석 지원을 위한 개선 방향 연구	확장된 항공신체검사 포털 시스템의 시범 적용 및 개선	• 기존 e-sky 시스템 정보의 마이그레이션 • 확장된 항공신체검사 포털 시스템 전면 운영을 위한 시스템 환경 설계 • 항공신체검사 표준의 동적 설정 지원을 위한 기능 개선
		항공신체검사 빅데이터 분석 지원	• 항공신체검사 관련 오픈 데이터 제공을 위한 개인정보 보호 방안 개발. 특히 개인을 유추하여 특정할 수 있는 정보 식별 방안 및 의료정보 전송 단계에서의 개인정보 보호 안정성 증진 방안 설계 • 항공신체검사 관련 빅데이터 분석 지원을 위한 API 개발

표 60 항공종사자를 위한 항공신체검사 포털시스템 개발 및 구축

□ 주요산출물

○ 1차년도(2017)

- 질병 분류 코드 DB
- 항공종사자 질병체계 및 검사항목 표준화 연구에 따라 규정된 항공신체검사 항목별 기준 및 입력 필요 정보 항목 목록
- 항공신체검사 표준의 동적 설정을 지원하기 위한 Meta DB 스키마
- 항공종사자 질병체계 및 검사항목 표준화 연구에 따라 질병 분류 코드 DB를 연동한 항공신체검사 표준 관리를 위한 웹기반 Meta DB 관리 시스템

○ 2차년도(2018)

- 확장된 항공신체검사 포털 시스템을 위한 데이터베이스 관리 시스템(DBMS) 선정 및 항공신체검사 원시 데이터 확대 저장을 위한 포털 시스템 DB 스키마
- 다양한 사용자의 편의성 지원을 위한 정보 입력 및 검색 인터페이스를 갖춘 확장된 항공신체검사 포털 시스템
- 권한 관리 및 감사 기록 생성 및 검색 기능, 데이터베이스 접근제어 및 암호

화, 암호화된 데이터에 대한 검색 및 연산을 적용할 수 있도록 지원 가능한 항공신체검사의 개인정보 보호의 안정성 증진 방안

○ 3차년도(2019)

- 기존 e-sky 시스템에 누적된 기 정보를 확장된 항공신체검사 포털 시스템으로 마이그레이션
- 확장된 항공신체검사 포털 시스템 전면 운영을 위한 적정 시스템 환경 권고
- 항공신체검사 표준의 동적 설정 지원을 위한 방안 및 기능 개선
- 항공신체검사 관련 오픈 데이터 제공을 위한 개인정보 보호 방안. 특히 개인을 유추하여 특정할 수 있는 정보 식별 방안 및 의료정보 전송 단계에서의 개인정보 보호 안정성 증진 방안
- 항공신체검사 관련 빅데이터 분석 지원을 위한 API

□ 추진 전략

○ 1차년도(2017)

- 항공종사자 질병체계 및 검사항목 표준화 연구팀과의 협력을 통한 항공신체검사 표준의 동적 설정 방향 및 내용 조사
- 기존 e-sky 시스템의 정적 스키마 분석 및 동적 스키마로 변환하기 위해 필요 요구사항 분석
- 동적 스키마 관리를 위한 시스템 카탈로그(Meta DB)의 효율적 운영 방안 조사
- 항공신체검사 표준의 동적 설정을 지원하기 위한 Meta DB 스키마 설계
- 항공종사자 질병체계 및 검사항목 표준화 연구에 따라 질병 분류 코드 DB를 연동한 항공신체검사 표준 관리를 위한 웹기반 Meta DB 관리 시스템 개발

○ 2차년도(2018)

- 기존 e-sky 시스템의 데이터 스키마 분석 및 항공신체검사 원시 데이터 확대 저장을 위한 포털 시스템 DB의 개념 스키마 설계
- 확장된 항공신체검사 포털 시스템을 위한 데이터베이스 관리 시스템(DBMS) 선정 및 포털 시스템 DB의 논리 스키마 및 물리 스키마 설계

- 다양한 사용자의 편의성 지원을 위한 정보 입력 및 검색 인터페이스를 갖춘 확장된 항공신체검사 포털 시스템 개발
- 권한 관리 및 감사 기록 생성 및 검색 기능, 데이터베이스 접근제어 및 암호화, 암호화된 데이터에 대한 검색 및 연산을 적용할 수 있도록 지원 가능한 항공신체검사의 개인정보 보호의 안정성 증진 방안 통합 개발

○ 3차년도(2019)

- 기존 e-sky 시스템에 누적된 기 정보를 확장된 항공신체검사 포털 시스템으로 마이그레이션
- 확장된 항공신체검사 포털 시스템 전면 운영을 위한 적정 시스템 환경 권고안 설계
- 항공신체검사 표준의 동적 설정 지원을 위한 방안 및 기능 개선 방안 개발
- 항공신체검사 관련 오픈 데이터 제공을 위한 개인정보 보호 방안. 특히 개인을 유추하여 특정할 수 있는 정보 식별 방안 및 의료정보 전송 단계에서의 개인정보 보호 안정성 증진 방안 개발
- 항공신체검사 관련 빅데이터 분석 지원을 위한 API 개발

제 5 절 주제별 연차별 로드맵 및 성과활용방안

1. 항공종사자 질병체계 및 검사항목 구성, 효율화 및 표준화

1) 연차별 로드맵

	1차년도				2차년도				3차년도			
항공종사자 질병체계 및 검사항목 구성, 효율화 및 표준화	**항공종사자 특화 질병 분류 체계 개발**				**항공신체검사 검사항목 체계화, 효율화 체계 개발**				**항공신체검사 적용 및 개선 / 포탈시스템 연계, 분석, 개선 활용**			
세부과제	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**
항공종사자 질병체계에 대한 기반 분석												
항공업무 및 항공안전과 연계된 질병의 특성 및 세부 분류체계 연구												
항공종사자 질병체계 대응 신체검사 검사항목 개발												
결과 분석 및 적용성 검토												
항공안전 관련 특정 분야 연구												
임상적 적용												
활용과 분석 / 개선과 검증												

2) 성과활용방안 및 기대효과

□ **근거중심**의 항공의학생리 연구 및 항공신체검사 체계구축을 통하여 실질적, 선도적 예방관리적 항공안전 확보

□ 항공안전이라는 궁극의 아젠다 이 외에,

- 항공종사자에게 도움이 되는 예방적 건강관리를 통한 인력의 활용성 제고

- 항공교통 등을 통한 전염병, 정신질환 등 주요한 시사이슈가 되는 아젠다에 대한 선제이고 유연한 대응이 가능
- 자격관리에 있어 직종 및 직역 간 이해관계에 따른 갈등 요인 저감
- 국제적으로 대한민국이 항공교통안전에 대한 리더십 확보에 기여
- 향후 우주교통 또는 우주개발 등 국가적 전략에 부응하는 환경의학적 기반 조성

2. 항공종사자를 위한 항공신체검사 포털시스템 개발 및 관리기반구축

1) 연차별 로드맵

	1차년도				2차년도				3차년도			
항공종사자를 위한 항공신체검사 포털시스템 개발 및 관리기반구축	항공신체검사 항목 및 평가 기준의 동적 설정 지원을 위한 Meta DB 관리 시스템 개발				항공신체검사 표준의 동적 관리 Meta DB와 연동된 확장된 항공신체검사 포털 시스템 개발				확장된 항공신체검사 포털 시스템의 시범 적용 및 빅데이터 분석 지원을 위한 개선 방향 연구			
세부과제	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
항공종사자 질병체계 및 검사항목 표준화 연구와의 연계												
항공신체검사 표준의 동적 설정을 지원을 위한 Meta DB 관리 시스템 개발												
항공신체검사 원시데이터를 관리할 수 있도록 DB 시스템 개선												
확장된 항공신체검사 포털 시스템 개발												
확장된 항공신체검사 포털 시스템의 시범 적용 및 개선												
항공신체검사 빅데이터 분석 지원												

2) 성과활용방안 및 기대효과

□ 국제수준의 객관/표준화된 자체 항공신체검사 기준을 설정함으로써, 항공전문의사가 신체검사 수행 후 판정을 내릴 때 직면하는 평가 기준의 불확실성 및 이로 인한 판정 오류를 예방함으로써 보다 정확하고 안전한 항공종사자 건강관리 가능

□ 원시데이터를 보다 구체적인 형태로 저장하고, 이를 활용할 수 있는 데이터베이스 관리 시스템을 개발함으로써, 항공종사자의 다빈도 질환 및 항공사고와의 관련성을 분석하여 사전에 이를 예방할 수 있는 시스템을 갖출 수 있음

□ 항공전문의사가 신체검사를 수행하는 데 있어 피검자의 기왕력에 대한 정보를 제공하고 검색을 지원하며, 주의해서 확인해야 할 항목을 알람으로 한 번 더 알려주고, 입력된 정보를 바탕으로 판정 결과를 미리 제안해 주는 등의 각종 서비스 지원을 통해, 항공전문의사의 오류를 획기적으로 줄이고 정확한 신체검사가 가능하도록 함

□ 앞서의 서비스를 제공하는 데 있어, 항공종사자들의 가장 큰 우려는 개인정보가 유출되어 본인이 향후 항공업무를 종사하는 데 있어 불이익을 받지 않을까 하는 것임. 따라서 개인정보를 철저히 보안화하여 개인에게는 불이익이 없도록 하면서도 필요한 정보를 수집할 수 있도록 함.

□ 향후 빅데이터 분석 기술을 활용하여 항공종사자의 자주 발생 질환, 항공종사에 영향을 줄 수 있는 신체 및 정신 상태 기준 정립 가능

제 6 절 연구수행체계 제안

□ 연구진 구성시 주관연구기관, 공동연구기관은 과제 시점부터 종료시까지 동일 기관이 연구를 수행하도록 하며, 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율을 지양하고 반드시 필요한 기관으로만 구성

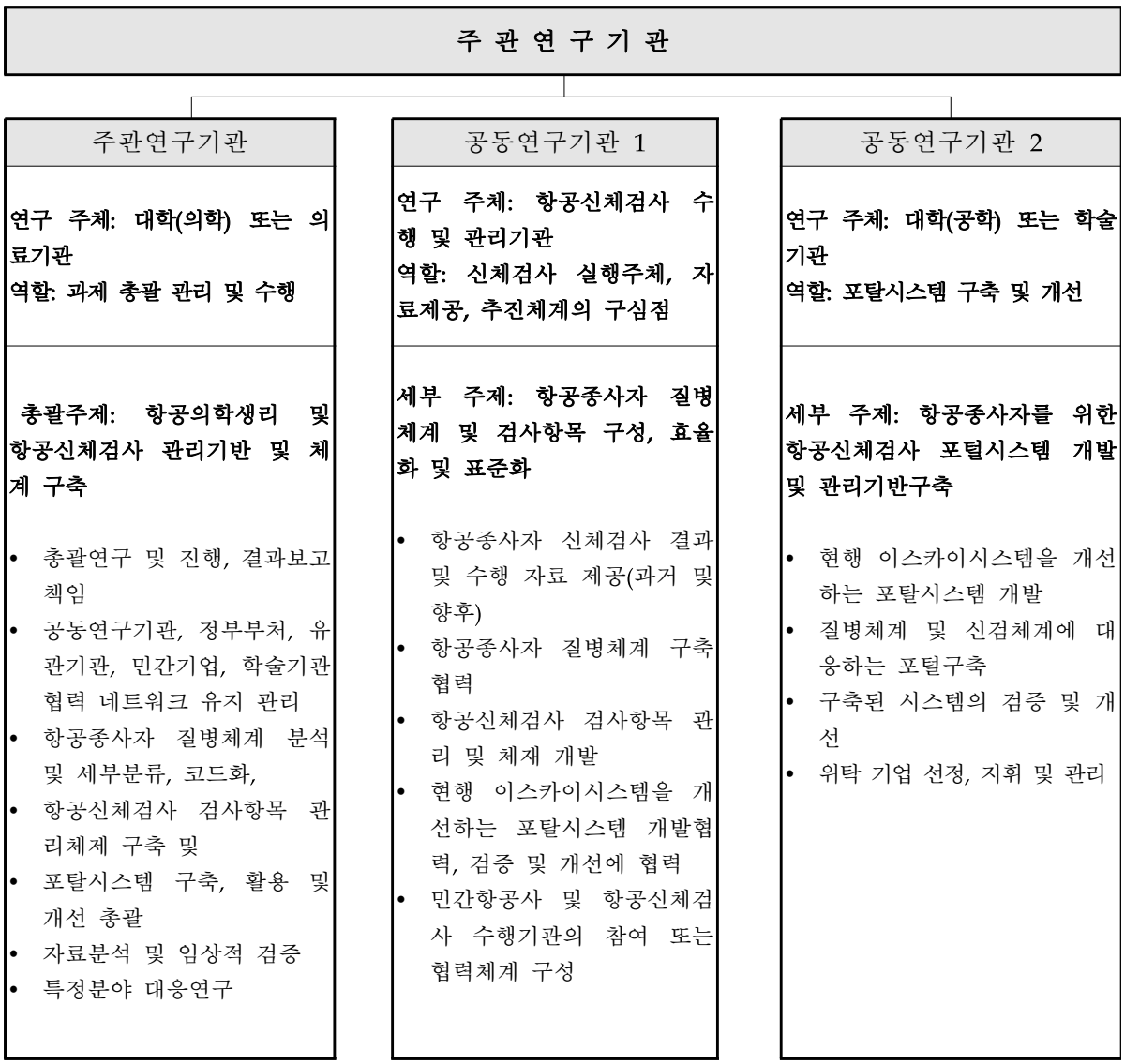


표 61 연구수행체계 제안

제 10 장 인력투입계획 및 소요예산 산정

1. 연구일정에 따른 인력투입계획

주요활동	연도(기간)	인원수	투입인력 (M/M)	예산(원) (정부출연금 + 민간부담금)
항공종사자 질병체계 및 검사항목 구성, 효율화 및 표준화	1차년도(12개월)	3	36	148,608,000
	2차년도(12개월)	3	36	148,608,000
	3차년도(12개월)	3	36	148,608,000
항공종사자를 위한 항공신체검사 포털시스템 개발 및 관리기반구축	1차년도(12개월)	6	72	288,000,000
	2차년도(12개월)	8	96	384,000,000
	3차년도(12개월)	6	72	288,000,000
총합				

2. 소요예산 산정

□ 인건비 산정기준 (작성원칙)

- 해당 과제 참여연구원의 인건비 기준단계 산정을 목적으로 작성하는 것으로 월 기준 단가는 대학 조교수급으로 산정 (기준 4,300,000원으로 작성, 기준단가는 2011년도 회계예규 "예정가격작성기준" 학술연구용역 인건비기준단가의 대학 조교수 수준 참고).

- 과제난이도, 기술 준비도에 따라 증액율, 확장율을 결정하여 조정.

- 월 기준 인건비 = 4,300,000원×증액율×확장율
(증액율: 세계적 수준과 동일한 연구 수준/ 120% 적용, 확장율: 개발연구/ 120%적용)

- 월 기준 인건비 결정액: 4,300,000원 × 1.2 × 1.2 = 6,192,000원

□ 간접비는 인건비 + 직접비의 25%로 계상하였음. 추후 기관별 간접비 규정에 따라 변경할 예정임.

□ 총 예상은 약 27.7 억원으로 책정하였으며 총괄 및 2개의 공동연구진으로 주요 업무들 간 연구비의 분배가 이루어질 수 있음을 가정.

□ 세부 소요예산

항공종사자 질병체계 및 검사항목 구성, 효율화 및 표준화

[단 위 : 천 원]

비 목			1차년도	2차년도	3차년도	합계	구성비(%)
인건비	내/외부인건비		436,608	532,608	436,608	1,405,824	50.7
직접비	연구장비 재료비	연구기자재 및 시설비	27,000	25,000	60,000	112,000	4
		시제품 제작비	-	40,000	-	40,000	1.5
	연구 활동비	여비	21,830	26,630	21,830	70,291	2.5
		수용비 및 수수료	43,661	53,261	43,661	140,583	5.1
		기술정보 활동비	21,830	26,630	21,830	70,291	2.5
		전문가 활용비	30,000	30,000	30,000	90,000	3.3
	연구수당		87,322	106,522	87,322	281,165	10
간접비			177,319	203,519	177,319	558,157	20.1
합계			845,570	1,044,170	878,570	2,768,311	100

□ 연구개발 목표 및 일정

[단 위 : 천 원]

연차구분	연구개발목표	연구개발 상세내용 & 범위	연구비
1차년도 (12개월)	질병 조사 및 분류 체계개발 및 포탈시스템 개발	• 국내 항공신체검사 결과 기반 질병현황 조사 분석 • 국외 항공신체검사 결과 기반 질병현황 조사 분석 • 현행 일반 질병분류체계(ICD-10)와 상이점, 도출 및 특성분석 • 고령화 연관질환과 고령조종사 건강 및 질병에 대한 연구 • 항공종사자 직업군에 대응한 산업 및 재해의학, 정신의학적 측면의 질병 분석 • 객관화되고 표준화된 국제수준의 자체 항공신체검사 기준 설정 지원 • 항공종사자 특화 질병분류 체계의 구성요소 도출 (빈도, 세분화, 안전영향평가, 기타) • 데이터 축적, 분석과 연계한 분류체계 및 기록항목 연구 • 유연성 및 확장성에 기반하여 새로운 지식, 자료나 환경을 반영하고 능동적으로 변동할 수 있는 체계 • 항공전문의사 및 항공종사자 피드백 및 교육 활용 연구 • 질병 분류 코드 DB화 및 항공신체검사 포털 시스템과의 연계 방안 연구 • 항공신체검사 항목별 기준 설정 및 입력 필요 정보 항목 규정 • 항공신체검사 표준의 동적 설정을 지원하기 위한 Meta DB 설계 • 항공종사자 질병체계 및 검사항목 표준화 연구에 따라 질병 분류 코드 DB를 연동한 항공신체검사 표준 관리를 위한 웹기반 Meta DB 관리 시스템 개발 • 다양한 플랫폼 지원을 위한 차세대 웹 표준 준수 방안 연구	845,570

2차년도 (12개월)	항공신체검사 항목 표준화 및 Meta DB연동 시스템 개발	• 항공종사자 질병체계 대응 신체검사 체계 구성 • 이학적, 생화학적 및 영상의학적 검사 항목 구성 • 항공종사자 특화 검사 (다빈도 질환, 안전영향평가, 비용 및 검사부담요소, 기타) • 항공질병검사 체계에 대응하는 세분화 된 검사결과의 판독 및 분석 적용성 • 피검자에 대한 신체정신적, 경제적 부담 및 실행성 연구조사 • 고령조종사 대응 신체검사 체계 및 항목 개발 연구 • 산업재해적 측면의 항공종사자 신체검사 체계 및 항목개발 연구 • 정신의학적 측면의 신체검사 체계 • 초경량 및 무인항공기 조종사 신체검사 체계 • 항공신체검사의 멀티미디어 원시데이터(raw data)까지 저장할 수 있도록 시스템 확장 • 확장된 항공신체검사 포털 시스템을 위한 데이터베이스 관리 시스템(DBMS) 선정 • 항공신체검사 표준 동적 관리 Meta DB에 따른 항공신체검사 원시 데이터 확대 저장을 위한 포털 시스템 DB 설계 • 다양한 사용자의 편의성 지원을 위한 정보 입력 및 검색 인터페이스 개발 • 차세대 웹 표준 준수하여 다양한 플랫폼 및 웹 브라우저에서도 첨단 서비스가 운영될 수 있도록 설계 • 항공신체검사의 개인정보 보호의 안정성 증진 방안 개발	1,044,170

3차년도 (12개월)	임상적용 및 개선, 포털 시스템 운용	• 현행 항공신체검사 체계 내에서 실제 운영 • 특정분야 항공종사자의 임상적 평가에 적용 • 국제 교류를 통한 검증 • 법적 근거 및 제도적 개선에 적용 • 기존 e-sky 시스템 정보의 마이그레이션 • 확장된 항공신체검사 포털 시스템 전면 운영을 위한 시스템 환경 설계 • 항공신체검사 표준의 동적 설정 지원을 위한 기능 개선 • 항공신체검사 관련 오픈 데이터 제공을 위한 개인정보 보호 방안 개발. 특히 개인을 유추하여 특정할 수 있는 정보 식별 방안 및 의료정보 전송 단계에서의 개인정보 보호 안정성 증진 방안 설계 • 항공신체검사 관련 빅데이터 분석 지원을 위한 API 개발	878,570
개발기간	**36개월(3년)**	**총 개발비**	2,768,311

□ 인건비 산출표

[단 위 : 원]

주요활동	연도	인원수 (①)	참여 개월수 (②)	참여율 (③)	M/M산출 (④=①*②*③)	실질원단가 (⑤)	금 액 (⑥=④*⑤)
항공종사자 질병체계 및 검사항목 구성, 효율화 및 표준화	1차년도	2	12	100%	24	6,192,000	148,608,000
	2차년도	2	12	100%	24	6,192,000	148,608,000
	3차년도	2	12	100%	24	6,192,000	148,608,000
항공종사자를 위한 항공신체검사 포털시스템 개발 및 관리기반구축	1차년도	6	12	100%	72	4,000,000(초,중, 고급 평균)	288,000,000
	2차년도	8	12	100%	96	4,000,000	384,000,000
	3차년도	6	12	100%	72	4,000,000	288,000,000

□ 인건비 집계표

[단 위 : 천 원]

주요활동	1차년도	2차년도	3차년도	합계
주관연구기관 (과제 총괄)	237,342	266,502	197,142	700,987
공동연구기관1 (항공종사자 질병체계 및 검사항목 구성, 효율화 및 표준화)	158,228	177,668	131,428	467,324
공동연구기관2 (항공종사자를 위한 항공신체검사 포털시스템 개발 및 관리기반 구축)	450,000	600,000	550,000	1,600,000
총합	845,570	1,044,170	878,570	2,768,311

□ 연구시설 및 장비비

- 연구시설 및 장비비 산출표

[단 위 : 천 원]

구 분	1차년도	2차년도	3차년도	합계(천원)
비 용	27,000	25,000	60,000	112,000

- 연구시설 및 장비비 산출내역

[단 위 : 천 원]

주요활동	연차	장비	단가	회수 (수량,건)	비용(천원)	합계
항공신체검사 포털 시스템 구축	1차	데스크탑 컴퓨터 및 주변기기	1,400	5	7,000	112,000
		개발 및 테스트 용 서버	20,000	1	20,000	
	2차	확장 항공신체검사 포털 사이트를 위한 DBMS 라이선스 등	10,000	1	10,000	
		개발 및 테스트 용 서버	15,000	1	15,000	
	3차	시범 서비스 용 DB 서버 및 DBMS 라이선스	20,000	1	20,000	
		시범서비스 용 WEB, WAS 서버	20,000	1	20,000	
		시범서비스 용 보안 서버 및 보안 프로그램 라이선스	20,000	1	20,000	

□ 시제품 제작비

- 시제품 제작비 산출표

[단 위 : 천 원]

구 분	1차년도	2차년도	3차년도	합계(천원)
비 용	-	40,000	-	40,000

- 시제품 제작비 산출내역 (1천만원 이상 시제품 제작)

[단 위 : 천 원]

주요활동	연차	시제품명	주요 기능	비용(원)	합계
주관연구기관	1차	-	-	-	40,000
	2차	항공종사자 질병 분류 항공종사자 신체검사 체계	○ 항공종사자 질병 빈도, 중증도 ○ 안전위해성 ○ 세부분류 ○ 특수분야 질병관리체계 ○ 항공종사자 신체검사 항목 ○ 신체검사 운용절차 ○ 검사항목 정도관리 ○ 특수분야 항공신체검사 관리체계 및 임상평가	40,000	
	3차	-	-	-	

□ 여비 산출표

구 분	인건비(천원)	비율 (기준금액이하로 비율설정)	합계(천원)
1차년도	436,608	5%	21,830
2차년도	532,608	5%	26,630
3차년도	436,608	5%	21,830
합계			70,291

□ 수용비 및 수수료 산출표

구 분	인건비(천원)	비율 (기준금액이하로 비율설정)	합계(천원)
1차년도	436,608	10%	43,661
2차년도	532,608	10%	53,261
3차년도	436,608	10%	43,661
합계			140,583

□ 기술정보활동비 산출표

구 분	인건비(천원)	비율 (기준금액이하로 비율설정)	합계(천원)
1차년도	436,608	5%	21,830
2차년도	532,608	5%	26,630
3차년도	436,608	5%	21,830
합계			70,291

□ 연구수당 산출표

구 분	인건비(천원)	비율 (기준금액이하로 비율설정)	합계(천원)
1차년도	436,608	20%	87,322
2차년도	532,608	20%	106,522
3차년도	436,608	20%	87,322
합계			281,165

□ 전문가활용비

구 분	1차년도	2차년도	3차년도	합계(천원)
비 용	30,000	30,000	30,000	90,000

제 11 장 과제제안서

제 1 절 제안요구서(RFP)

연구개발과제명	**항공의학생리 및 항공신체검사 관리기반 및 체계 구축**

1. 연구개발목표

□ 항공종사자의 신체검사 및 건강관리의 주요요소인 질병의 체계화, 신체검사 관련 검사 및 평가항목의 구성, 체계화, 효율화 및 표준화를 위한 연구

□ 항공종사자의 의학적 정보관리체계의 구축 및 개선을 통한 항공신체검사의 효율적 관리체계 연구제안

□ 항공종사자 질병체계 및 검사항목 표준화 연구와 연동 가능한 항공신체검사 평가 항목 및 기준의 동적 설정을 지원하는 Meta DB 관리 시스템 개발

□ 항공신체검사 체계화 및 효율화 연구를 지원하기 위한 확장된 항공신체검사 포털 시스템 개발

□ 확장된 항공신체검사 포털 시스템의 시범 적용 및 빅데이터 분석 지원을 위한 개선 방향 연구

2. 연구개발의 필요성 및 기술동향

□ 연구개발 필요성

□ 항공종사자 신체검사는 항공안전을 위한 인력의 자격관리의 중요한 부분으로, 의학기술적으로는 일상의 진료의 연장선이라고 할 수 있지만 항공에 대한 환경의학적 지식과 비행이라는 특수한 상황에 대한 이해가 필요하고, 기본적으로 질환체 보다 건강체에 대한 예방진료의 경향이 있어 차이가 있다.

□ 한편, 항공종사자의 질병은 일차적으로 항공안전의 위해요소를 제거하기 위한 목적으로 궁극적 치료를 목표로 하는 노력은 아니라는 점에서 질병의 상태에 대한 대처는 다를 수 밖에 없고, 따라서 일반적 질병분류와 다른 분류 및 대처, 관리체계가 필요하다.

□ 현재의 항공신체검사 항목 및 평가기준을 재정비함으로써, 객관화되고 표준화된 국제 수준의 기준을 구체적으로 설정할 필요가 있음. 이

러한 항공신체검사의 기준은 항공기의 발전 및 종류의 다양화, 의학의 발전 및 질병의 변화에 따라 변화해야 한다. 이러한 변화를 동적으로 수용하고 지원하기 위한 Meta DB 관리 시스템을 개발하고 이를 항공신체검사 포털 시스템과 연동시킴으로써 지속적으로 확장 가능한 항공신체검사 포털 시스템을 운영할 수 있다. 따라서 장기적으로 항공종사자의 신체검사 내용을 관리함으로서 이를 분석 활용하여 지능형 의료결정 지원 서비스 제공 가능

□ 항공신체검사 원시데이터를 저장할 수 있도록 데이터베이스를 확장하고, 첨단 지능형 시스템 기능을 갖춘 의료 결정 지원 시스템을 개발하며, 개인정보가 누출되지 않도록 시스템적 안전성을 증진하면서도 다양한 플랫폼 및 브라우저에서도 사용할 수 있도록 차세대 웹 표준을 준수하는 새로운 항공신체검사 포털시스템의 구축이 요구됨.

□ 향후 수요처가 될 초경량 및 무인항공기 조종사 자격관리를 위한 신체검사 체계구축이 요구됨.

□ 기술동향

□ 항공종사자의 질병분류 및 신체검사항목에 대한 세부적인 분류 활용에 관련된 선행연구는 없다.

□ 국내 항공법 등에 명시된 항공신체검사 항목 및 평가 기준은 포괄적으로 규정되어 있어 항공전문의사가 항공신체검사를 실시할 때 참고하기에 미흡하여 외국 판정기준을 참고하여 판정하는 실정이며, 의학기술 발달, 진단법의 발달, 질병 다양화 되고 있으나 국내 항공신체검사 항목 및 기준은 최신 의료 환경을 반영하는데 미흡. 따라서 객관화되고 표준화된 국제수준의 자체 항공신체검사 기준을 신속하게 설정하여 항공신체검사에 반영하기 위한 방안 및 동적 관리를 위한 Meta DB 시스템 필요

□ 현재 운용중인 e-sky 시스템은 항공신체검사 항목에 대해 애매모호하게 규정된 평가 기준에 따라 항공전문의사가 판단한 판정 요약 정보(정상/비정상)만을 저장하기 때문에 항공종사자의 정확한 건강상태를 판단하기 부족. 예를 들면, 안정적인 정상의 범위 내에 있는지 정상과 비정상의 경계에 있는 정상인지 등을 구분할 수 없음.

□ 첨단 지능형 의료 서비스를 제공하기 위해서 오랫동안 다양한 정보를 축적하여 구성한 clinical data warehouse에서 빅데이터 분석을 통해 개발한 인공지능 알고리즘을 사용하는 추세이다. 그러나 기존의 e-sky 시스템은 항공신체검사 증명을 발급하기 위한 판정 결과 위주로만 데이터베이스가 구성되어 이를 활용한 빅데이터 분석을 실시하여 인공지

능 알고리즘을 개발하기에 부적합 하다. 따라서 다양한 항공신체검사 원시 데이터를 장기간 축적하여 빅데이터 분석을 통한 첨단 지능형 의료 결정 서비스를 제공할 수 있도록 준비해야 한다.

3. 연구개발내용

□ 항공종사자의 신체검사와 건강관리를 위한 질병분류 표준체계연구
- 국내 항공신체검사 결과 기반 질병현황 조사 분석
- 국외 항공신체검사 결과 기반 질병현황 조사 분석
- 현행 일반 질병분류체계(ICD-10)와 상이점, 도출 및 특성분석
- 고령화 연관질환과 고령조종사 건강 및 질병에 대한 연구
- 항공종사자 직업군에 대응한 산업 및 재해의학, 정신의학적 측면의 질병 분석
- 항공종사자 특화 질병분류 체계의 구성요소 도출 (빈도, 세분화, 안전영향평가, 기타)
- 데이터 축적, 분석과 연계한 분류체계 및 기록항목 연구
- 유연성 및 확장성에 기반하여 새로운 지식, 자료나 환경을 반영하고 능동적으로 변동할 수 있는 체계
- 항공전문의사 및 항공종사자 피드백 및 교육 활용 연구
- 항공전문의사(AME) 자격관리 및 개선방안 연구

□ 항공신체검사 결과의 평가항목 개발
- 항공종사자 질병체계 대응 신체검사 체계 구성
- 이학적, 생화학적 및 영상의학적 검사 항목 구성
- 항공종사자 특화 검사 (다빈도 질환, 안전영향평가, 비용 및 검사부담요소, 기타)
- 항공질병검사 체계에 대응하는 세분화 된 검사결과의 판독 및 분석 적용성
- 피검자에 대한 신체정신적, 경제적 부담 및 실행성 연구조사
- 항공안전 관련 특정분야 연구 : 고령조종사 대응, 산업재해적 측면, 정신의학적 측면의 신체검사 체계, 초경량 및 무인항공기 조종사 자격기준에 대응하는 신체검사 항목 및 체계

□ 항공신체검사 적용 및 개선 / 포탈시스템 연계, 분석, 개선 활용
- 개발된 질병분류체계 및 신체검사 항목의 임상적용
- 포탈시스템과 연계된 데이터베이스 분석, 개선 및 검증

□ 항공종사자 질병체계 및 검사항목 표준화 연구에 따른 항공신체검사 항목 및 평가 기준의 동적 설정 지원을 위한 Meta DB 관리 시스템개발

- 질병 분류 코드 DB화 및 항공신체검사 포털 시스템과의 연계 방안 연구
- 항공신체검사 항목별 기준 설정 및 입력 필요 정보 항목 규정
- 항공신체검사 표준의 동적 설정을 지원하기 위한 Meta DB 설계
- 항공종사자 질병체계 및 검사항목 표준화 연구에 따라 질병 분류 코드 DB를 연동한 항공신체검사 표준 관리를 위한 웹기반 Meta DB 관리 시스템 개발

□ 항공신체검사 체계화 및 효율화 연구를 지원하기 위한 항공신체검사 표준의 동적 관리 Meta DB와 연동된 확장된 항공신체검사 포털 시스템 개발
- 항공신체검사 멀티미디어 원시데이터(raw data)까지 저장할 수 있도록 시스템 확장
- 확장된 항공신체검사 포털 시스템을 위한 데이터베이스 관리 시스템(DBMS) 선정
- 항공신체검사 표준 동적 관리 Meta DB에 따른 항공신체검사 원시 데이터 확대 저장을 위한 포털 시스템 DB 설계
- 다양한 사용자의 편의성 지원을 위한 정보 입력 및 검색 인터페이스 개발
- 항공신체검사의 개인정보 보호의 안정성 증진 방안 개발. 특히 권한 관리 및 감사 기록 생성 및 검색 기능, 데이터베이스 접근제어 및 암호화, 암호화된 데이터에 대한 검색 및 연산을 적용할 수 있도록 지원

□ 확장된 항공신체검사 포털 시스템의 시범 적용 및 빅데이터 분석 지원을 위한 개선 방향 연구
- 기존 e-sky 시스템 정보의 효율적인 마이그레이션 방안 연구
- 확장된 항공신체검사 포털 시스템 전면 운영 지원을 위한 시스템 환경 설계
- 항공신체검사 표준의 동적 설정 지원을 위한 기능 개선 연구
- 항공신체검사 관련 오픈 데이터 제공을 위한 개인정보 보호 방안 개발. 특히 개인을 유추하여 특정할 수 있는 정보 식별 방안 및 의료정보 전

송 단계에서의 개인정보 보호 안정성 증진 방안 설계
- 항공신체검사 관련 빅데이터 분석 지원을 위한 API 개발

4. 연구개발 추진방법

□ 기술적 수행 및 자료확보
- 우리나라 항공신체검사 및 자격관리를 수행하고 있는 기관의 기존자료 및 현재 활동결과물의 활용방안
- 유관기관 네트워크를 통한 자료 확보 및 연구추진; 민간 항공사, 유관 협회 및 기관, 군 관련기구 및 국외 네트워크 구축방안

□ 항공종사자 질병체계 및 검사항목 표준화 연구팀과의 협력을 통한 항공신체검사 표준의 동적 설정 방향 및 내용 조사
- 항공신체검사 평가 항목 및 기준, 입력 필요 정보를 결정하는 표준화 연구팀과 협력
- 동적 스키마 관리를 위한 시스템 카탈로그(Meta DB)의 효율적 운영 방안 조사하여 항공신체검사 표준의 동적 설정을 지원하기 위한 Meta DB 스키마 설계
- 항공종사자 질병체계 및 검사항목 표준화 연구에 따라 질병 분류 코드 DB를 연동한 항공신체검사 표준 관리를 위한 웹기반 Meta DB 관리 시스템 개발 (차세대 웹 표준 준수)

□ 항공신체검사 표준의 동적 관리 Meta DB와 연동된 확장된 항공신체검사 포털 시스템 개발
- 항공신체검사의 다양한 멀티미디어 원시데이터(raw data)까지 저장할 수 있도록 시스템 확장
- 확장된 항공신체검사 포털 시스템을 위한 데이터베이스 관리 시스템(DBMS) 선정
- 항공신체검사 표준 동적 관리 Meta DB에 따른 항공신체검사 원시 데이터 확대 저장을 위한 포털 시스템 DB 설계하고 이에 따라 다양한 사용자의 편의성 지원을 위한 정보 입력 및 검색 인터페이스 개발
- 차세대 웹 표준 준수하여 다양한 플랫폼 및 웹 브라우저에서도 첨단 서비스가 운영될 수 있도록 설계하고 항공종사자의 중요한 개인정보 보호를 위한 안정성 증진 방안 개발

□ 확장된 항공신체검사 포털 시스템의 시범 적용 및 빅데이터 분석 지원을 위한 개선 방향 연구

	- 기존 e-sky 시스템 정보의 효율적인 마이그레이션 방안 연구 - 확장된 항공신체검사 포털 시스템 전면 운영을 위한 시스템 환경 (WEB, WAS, 보안, DB 서버 용량 및 시스템 구성 방안) 설계 - 항공신체검사 관련 오픈 데이터 제공을 위한 개인정보 보호 방안 개발. 특히 개인을 유추하여 특정할 수 있는 정보 식별 방안 및 의료정보 전송 단계에서의 개인정보 보호 안정성 증진 방안 설계 - 항공신체검사 관련 빅데이터 분석 지원을 위한 API 개발
5. 최종성과물	□ 항공종사자 질병 특성 및 세부분류 방안과 운항안전에 입각한 항공종사자 특화 질병 분류 체계 및 코드 및 항공전문의사 및 항공종사자에 대한 피드백 방안 □ 항공종사자 질병특성 및 세부분류에 따른 신체검사 체계, 표준화 및 정도관리 방안과 고령, 산업재해, 정신의학 등 특정분야 신체검사 체계 □ 항공신체검사에 활용하고 데이터화 하는데 있어 포탈시스템 연계적용, 분석 및 개선방안 □ 항공종사자 질병체계 및 검사항목 표준화 연구에 따라 질병 분류 코드 DB를 연동한 항공신체검사 표준 관리를 위한 웹기반 Meta DB 관리 시스템 □ 확장된 항공신체검사 포털 시스템을 위한 항공신체검사 원시 데이터 확대 저장을 위한 포털 시스템 DB 스키마와 다양한 사용자의 편의성 지원 인터페이스를 갖춘 확장된 항공신체검사 포털 시스템 □ 항공신체검사 관련 빅데이터 분석 지원을 위한 API
6. 활용방안 및 기대효과	□ 근거중심의 항공의학생리 연구 및 항공신체검사 체계구축을 통하여 실질적, 선도적 예방관리적 항공안전 확보 □ 항공종사자에 대한 예방적 건강관리를 통한 인력의 활용성 제고하고, 전염병, 정신질환 등 사회이슈가 되는 아젠다에 대한 선제이고 유연한 대응이 가능하며, 자격관리에 있어 직종 및 직역 간 이해관계에 따른 갈등 요인 저감 □ 국제적으로 대한민국이 항공교통안전에 대한 리더십 확보에 기여하고 향후 우주교통 또는 우주개발 등 국가적 전략에 부응하는 환경의학적 기반 조성 □ 국제수준의 객관/표준화된 자체 항공신체검사 기준을 설정함으로써, 항공전문의사가 신체검사 수행 후 판정을 내릴 때 직면하는 평가 기준

의 불확실성 및 이로 인한 판정 오류를 예방함으로써 보다 정확하고 안전한 항공종사자 건강관리 가능

□ 항공전문의사가 신체검사를 수행하는 데 있어 피검자의 기왕력에 대한 정보를 제공하고 검색을 지원하며, 주의해서 확인해야 할 항목을 알람으로 한 번 더 알려주고, 입력된 정보를 바탕으로 판정 결과를 미리 제안해 주는 등의 각종 서비스 지원을 통해, 항공전문의사의 오류를 획기적으로 줄이고 정확한 신체검사가 가능하도록 함

□ 본 연구성과가 완성된 후, 항공종사자의 개인적 불이익에 대한 우려 등을 최소화하고 성과 확산 및 신뢰성 확보를 위하여 조종사협회, 항공사 등 민간 주체와 유관협회, 학회 등 학술기구 및 국토교통부 등 관리기관과 공청회, 토론회를 통하여 의사소통 및 반영을 원활히 하여야 됨.

7. 연구개발효과 및 소요예산

□ 항공신체검사의 다양한 멀티미디어 원시데이터를 보다 구체적인 형태로 저장하고, 이를 활용할 수 있는 데이터베이스 관리 시스템을 개발함으로써, 항공종사자의 다빈도 질환 및 항공사고와의 관련성을 분석하여 사전에 이를 예방할 수 있는 시스템을 갖출 수 있음

□ 향후 빅데이터 분석 기술을 활용하여 항공종사자의 자주 발생 질환, 항공종사에 영향을 줄 수 있는 신체 및 정신 상태 판정 기준 정립 가능

항공의학생리 및 항공신체검사 관리기반 및 체계 구축	1차년도(12개월)	845,570,000
	2차년도(12개월)	1,044,170,000
	3차년도(12개월)	845,570,000

8. 기 타

□ 본 과제의 보안등급은 “일반과제”임

□ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함

□ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발 계획서를 작성하여야 함

※ www.kaia.re.kr 열린정보, http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조

- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함

※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

○ 연구 착수시점 현황과 개발종료 후의 대비가 가능하도

제 12 장 참고문헌

국내 참고문헌

● 국토교통부, 항공우주의학 발전 및 신체검사도 개선방안, 2009.
● 국토교통부, 안전업무종사자 교육훈련 체계 구축, 2010.
● 국토교통부, 2015년 교통안전연차보고서, 2015.
● 금융보안연구원, DB 암호화 최신동향 및 보안기술 분석 보고서, 2012.
● 김대호.(2011). “인적오류에 대응하는 항공분야의 노력과 발전방향”. 대한인간공학회지, 30(1), pp. 29-39.
● 김동산 백동헌, 유승열, 윤완철(2009)., “철도 인적오류 분석방법론 개발”, 한국철도학회 2009년도 춘계학술대회논문집, pp.1817-1827.
● 김병철(2005). “인적요인에 의한 항공기 사고예방”, 석사학위논문, 인하대학교 국제통상물류대학원, pp.156.
● 김용수(2015)., “HTML5 시대 UX의 과제와 차세대 UI 플랫폼의 조건”, IT World TechLibrary.
● 김정현, 박항배, 백광세, 이용호(1997),, “항공우주의학 개론”, 한국항공우주의학협회/학회.
● 김태호(2016)., “인공지능과 미래 헬스케이”, 22회 SPRI FORUM.
● 나종회, 최광돈(2010)., “Web/WAS 서버의 적정 규모 산정에 관한 연구”, e-비지니스 연구, 제11권 1호, pp 309~324.
● 이경(2009)., “국내외 항공신체검사증명 제도에 관한 고찰”, 항공진흥,pp 48~57.
● 이구희. (2015). “항공 정책법 이론 및 실무”, 한국학술정보, pp189~204.
● 이태규(2011)., “의료정보시스템 현황 및 미래전략”, 한국컴퓨터정보학회지, 제19권 1호, pp 1-11.
● 조익성, 권혁승(2008)., “PACS 시스템간 상호운용성을 위한 효율적인 의료정보공유시스템”, 한국해양정보통신학회논문지, 제13권 3호, pp 498~504.
● 전종홍, 이승윤.(2011), “차세대 웹에서의 UI/UX 기술 동향”, 한국정보과학회지,pp 9~17.
● 한국교통연구원, 항공철도사고조사위원회 중장기발전계획 연구 최종보고서, 2014.
● 한근희, “스마트의료 시대, 효과적인 의료정보보호 방안”, 보안뉴스, 2016년 5월 17일자 기사.
● 황상호.(2009), “항공우주의학 연구 현황 및 비행착각”, Research in Vestibular Science, Vol.8, No.1.
● 행정안전부, 개인정보 보호 법령 및 지침 고시 해설서, 2011.

● KAIST 재난학연구소. (2016). “재난과 사회적 책임”, pp 197~215.
● TTA, 정보시스템 하드웨어 규모산정 지침, 2008.
● TTA, 형태 보존 암호 FE, 2015.

국외 참고문헌

● Air Accident Investigation Branch(AAIB), Annual Safety Report 2015, 2015.
● Allianz, Global Aviation Safety Study, 2014.
● Bradley Malin and Latanya Sweeney. Re-identification of DNA through an automated linkage process. In Proceedings of the AMIA Annual Symposium, pages
423 – 427, 2001
● C. Gentry, “Fully homomorphic encryption using ideal lattices,” STOC 2009, pp. 169-178.[Collen 2012] M. F. Collen, “Computer Medical Databases”, Health Informatics, Springer-Verlag, 2012. p 33~55.
● Civil Aviation Authority(CAA), Flight-crew human factors handbook(CAP 737), 2014.
● D. Boneh, E.-J. Goh, K. Nissim, “Evaluating 2-DNF Formulas on Ciphertexts,” TCC ’05, LNCS 3378, 2005, p 325-341.
● European Aviation Safety Agency(EASA), Notice of Proposed Amendment 2014-17, CRM Training, 2014.
● Federal Aviation Administration(FAA), Order 8900, Volume 3 General Technical Administration, Chapter 21 The Advanced Qualification Program, Section 5 Crew Resource Management (CRM) / Dispatch Resource Management (DRM) Integration And Assessment,
● Gregorich, S. and Wilhelm, J., Crew resource management training assessed. In E. Wiener, B. Kanki and R. Helmreich, (Eds.) Cockpit Resource Management. San Diego: Academic Press, 1993.
● Hollnagel, E. (2002). Understanding accidents-from root causes to performance variability. In Proceedings of the 2002 IEEE 7th Conference on Human Factors and Power Plants, 2002 (pp. 1 – 1 – 6).
● Hollnagel, E., Leonhardt, J., Licu, T., & Shorrock, S. (2013). From safety-I to safety-II: A white paper. DNM Safety, EUROCONTROL, W Ww. Eurocontrol. Int (Sept. 2013).
● Hollnagel, E., Woods, D. D., & Leveson, N. (2007). Resilience Engineering: Concepts and Pre-cepts. Ashgate Publishing, Ltd.
● Hollnagel, E., & Goteman, O. (2004). The functional resonance accident model.

Proceedings of Cognitive System Engineering in Process Plant, 2004, 155 – 161.
- International Civil Aviation Organization(ICAO) Safety Report, 2014.
- J. Coron, D. Naccache, and M.i Tibouchi, “Public Key Compression and Modulus Switching for Fully Homomorphic Encryption over the Integers,” EUROCRYPT 2012, LNCS 7237, pp.446-464, 2012.
John Black, Philip Rogaway, “Ciphers with Arbitrary Domains,” RSA-CT 2002, pp. 114 – 130.
- Jung Hee Cheon, J. Coron, Jinsu Kim, Moon Sung Lee, T. Lepoint, M. Tibouchi, Aaram Yun, “Batch Fully Homomorphic Encryption over the Integers,” EUROCRYPT 2013, pp.315-335, 2013.
- Laszlo T. Vaszar, Mildred K. Cho, and Thomas A. Raffin. Privacy issues in personalized medicine. Pharmacogenomics, 4(2):107 – 112, 2003
- Leveson, N. (2004). A new accident model for engineering safer systems. Safety Science, 42(4), 237 – 270.
- M. Dijk, C. Gentry, S. Halevi, V. Vaikuntanathan, “Fully Homomorphic Encryption over the Integers,” EUROCRYPT 2010, LNCS 6110, pp.24-42, 2010.
- M. Franklin, M. Gondree, P. Mohassel, “Communication-Efficient Private Protocols for Longest Common Subsequence, ” RSA-CT 2009.
- National Transportation Safety Board(NTSB), Fiscal Year 2015 Performance and Accountability Report, 2015.
- P. B. Crouch, C. D. Rose, M. Johnson, and S. L. Janson, “A pilot study to evaluate the magnitude of accosication of the use of electronic personal health records with patient activation and empowerment in HIV-infected veterans”, Peer Journal, March 19, 2015.
- Perrow, C. (1984). Normal accidents: Living with high risk systems. New York: Basic Books.
- P. Paillier, “Public-Key Crypto-systems Based on Composite Degree Residuosity Classes,” EUROCRYPT ’99, LNCS 1592, 1999, p 223-238.
- Russ B. Altman and Teri E. Klein. Challenges for biomedical informatics and pharmacogenenomics. Annual Review of Pharmacology and Toxicology, 42:113 – 133, 2002.
- Statical Summary of Commercial Jet Airpalne Accidents, BOEING, 2014
- T. Graepel, K. Lauter, and M. Naehrig, “ML Confdential: Machine Learning on Encrypted Data,” ICISC 2012.
- Transportation Safety Board of Canada(TSB), Statistical Summary Aviation Occurrences, 2014.
- W. Wang, Y. Hu, L. Chem, X. Huang, B. Sunar, “Exploring the Feasibility of

Fully Homomorphic Encryption," IEEE Transactions on Computers, 2013.
- Woods, D. D., et al. (2015). Where Is the Organization Looking in Order to Be Proactive about Safety? A Framework for Revealing whether It Is Mostly Looking Back, Also Looking Forward or Simply Looking Away. Journal of Contingencies and Crisis Management, 23(2), 97-105.
- Z. Brakerski, V. Vaikuntanathan, "Fully Homomorphic Encryption from Ring-LWE and Security for Key Dependent Messages," CRYPTO 2011, LNCS 6841, pp.505-524, 2011.

웹사이트

- http://araib.molit.go.kr
- http://www.cast-safety.org/
- https://www.gov.uk/government/organisations/air-accidents-investigation-branch
- http://www.ntsb.gov
- http://www.planecrashinfo.com/
- http://www.tsb.gc.ca