R&D
12항공-안전01

항공선진화사업

R&D 12항공-안전01

발 간 등 록 번 호

11-1613000-000414-01

항공기용 엔진 국산화 기반 구축 기획 최종보고서

최종보고서 항공기용 엔진 국산화 기반 구축 기획

2013.12.

주관연구기관 / 한양대학교
공동연구기관 / 서울대학교
위탁연구기관 / 한국항공우주연구원
한국전략경영연구원
(주) 윕스

Infrastructure
R&D Report

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

2013.12. 국토교통부 국토교통과학기술진흥원

9 788972 184522 93550
ISBN 978-89-7218-452-2

주 의 사 항

1. 이 보고서는 국토교통부가 출연하고 국토교통과학기술진흥원이 위탁 시행한 항공선진화 연구개발사업의 최종보고서입니다.
2. 본 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 국토교통부가 출연하고 국토교통과학기술진흥원이 위탁 시행한 국토교통기술연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.

〈제출문〉

제 출 문

이 보고서를 "항공기용 엔진 국산화 기반 구축 기획" 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2013 . 12 . 17 .

주관연구기관명 : 한양대학교
주관연구책임자 : 조진수
연 구 원 : 조이상
" : 이세욱
" : 윤길호
" : 이성열
" : 김진욱
" : 류민형
" : 최현민
" : 김태우
" : 서승재
" : 이지형
" : 박정규
" : 민준호
" : 김현수
공동연구기관명 : 서울대학교
공동연구책임자 : 윤영빈
위탁연구기관명 : 한국항공우주연구원
공동연구책임자 : 김일영
위탁연구기관명 : 한국전략경영연구원
공동연구책임자 : 김덕영
위탁연구기관명 : ㈜웹스
공동연구책임자 : 강기태

보 고 서 요 약 서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>12PATA-C064194-01-000000</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2012. 12. 18
~
2013. 12. 17</td><td>단 계 구 분</td><td>1차년도/
1차년도</td></tr>
<tr><td colspan="2">연 구 사 업 명</td><td colspan="4">항공선진화사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4">-</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">항공기용 엔진 국산화 기반 구축 기획</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">조 진 수</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 29명
내부 : 18명
외부 : 11명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td>정부 :
2.88억원
계 :
2.88억원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 29명
내부 : 18명
외부 : 11명</td><td>총연구비</td><td>정부 :
2.88억원
계 :
2.88억원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">한양대학교
산학협력단</td><td>참여기업명</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="2">상대국명 :</td><td colspan="3">상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>공 동 연 구</td><td colspan="2">연구기관명 :
서울대학교 산학협력단</td><td colspan="3">연구책임자 : 윤영빈</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="2">연구기관명 :
한국항공우주연구원</td><td colspan="3">연구책임자 : 김일영</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="2">연구기관명 :
(사)한국전략경영연구원</td><td colspan="3">연구책임자 : 김덕영</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="2">연구기관명 :
㈜웹스</td><td colspan="3">연구책임자 : 강기태</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)</td><td>보고서면수</td><td>422</td></tr>
<tr><td colspan="4">○ 국내외 항공기 엔진 제작 시장 및 개발 여건·환경 분석
- 국내·외 시장·기술·정책·특허 동향 분석
- 국내·외 기술개발 현황 및 국내 기술 인프라 현황

○ 국내외 정책 동향, 시장동향 및 기술동향 등을 분석하여 민간 항공기용 엔진 개발방향 수립

○ 국내외 특허동향 분석 및 국내 시험/제작 인프라를 분석하여 민간 항공기용 엔진 개발전략 수립

○ 민간 항공기용 엔진 인증기반 구축을 위한 인증기술 인프라 선진화 전략 도출

○ 항공기용 엔진 BASA IPA 추진동향 분석을 통한 BASA IPA 확대 추진 방안 수립

○ 민간 항공기용 엔진 사전타당성 검토를 통한 개발 가능성 검토

○ 민간 항공기용 엔진 신기술 분석 및 경쟁기종 분석을 통한 엔진 제원 분석

○ 국내 항공기 개발 계획을 반영한 민간 항공기용 엔진의 국산화 기획
- 총 3단계로 나누어 개발 대상엔진에 대한 국내 수요성을 고려하여 엔진 국산화 기획
- 1단계 (소형 항공기 왕복엔진)
- 2단계 (중소형 비즈니스 항공기 가스터빈 엔진)
- 3단계 (신개념 고효율 엔진)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="2">항공기용 엔진, 국산화, 기반시설, 인증, 상호협정안전협정</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="2">Aircraft Engine, Localization, Infrastructure, Certification, BASA</td></tr>
</table>

목 차

1장. 기술의 정의 및 필요성 ····· 1
1절. 기술의 정의 ····· 1
1. 항공기용 엔진 ····· 1
가. 왕복엔진 ····· 3
나. 가스 터빈 엔진 ····· 11
2. 가스터빈엔진 기술 품목 및 기술 ····· 19
3. 항공기용 엔진 인증기술의 정의 ····· 20
가. 엔진 인증시스템의 수립 및 운용 ····· 20
나. 감항성 유지를 위한 적합성 판단 ····· 27
다. 항공기용 엔진의 일반적인 설계 및 구조 적합성 판단 ····· 28
라. 왕복엔진의 설계/구조/시험 적합성 판단 ····· 29
2절. 연구개발 배경 ····· 32
1. 항공산업 선진화 기반 구축 ····· 33
2. 중소형항공기와 주요 부품 국산화기반 구축 ····· 34
3. 신개념 항공기용 엔진 기술 동향 조사 ····· 39
3절. 연구개발 필요성 ····· 40
1. 연구개발의 필요성 ····· 40
2. 연구개발의 타당성 ····· 45

2장. 국내외 동향 및 환경분석 ····· 46
1절. 국내외 정책동향 ····· 46
1. 국내 정책동향 ····· 46
2. 국외 정책동향 ····· 52
가. 미국과 유럽 ····· 54
2절. 국내외 시장현황 ····· 60
1. 엔진시장 동향 및 수요전망 ····· 60
가. 세계 경제 성장에 따른 항공 수요 ····· 65
나. 항공우주 산업 시장 및 고용 현황 ····· 66
다. 미국의 항공우주 수출입 현황 ····· 67
라. 유가 변동 예측 ····· 68
2. 엔진 종류별 시장 현황 ····· 69
가. 왕복엔진 ····· 70
나. 가스터빈 엔진 ····· 72
3절. 국내외 기술동향 분석 ····· 85
1. 국내 기술동향 ····· 85
가. 왕복엔진 ····· 85
나. 가스터빈 엔진 ····· 86
다. 국내 항공기용 부품 산업의 주요업체 현황 ····· 89

라. 국내 기술 수준 ····· 91
마. 항공기용 부품 유지 보수(MRO) ····· 96
바. 항공기용 엔진 인증 ····· 96
사. 국내 개발 항공기 ····· 96
아. 국내 엔진 설계/제작/시험 인프라 ····· 104
2. 신개념 엔진 기술 동향 ····· 119
가. 최신 항공기 개발 이슈 및 사례 ····· 119
나. 터보팬 엔진 발전사 ····· 121
나. 터보팬 엔진 개발 트렌드 ····· 122
다. 항공기 엔진 업체 현황 ····· 122
라. 항공기용 왕복엔진 현황 ····· 123
마. 항공기용 가스터빈 엔진 현황 ····· 128
3. 국외 기술동향 ····· 131
가. 항공우주기술 동향 ····· 131
나. 항공엔진 개발 및 시장 동향 ····· 131
다. 신개념 항공기 엔진 ····· 144
4절. 기술 수준 분석 ····· 154
1. 엔진 시험설비의 검토 ····· 154
2. 기술수준 분석 ····· 154
가. 특허동향분석 ····· 156
나. 논문 조사 ····· 190
5절. 인증인력연구개발 인프라 분석 ····· 194

3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략 ····· 199
1절. 비전 및 목표 ····· 199
2절. 핵심기술요소 선정 및 TRL 목표 ····· 203
1. 항공기용 엔진 라이프 사이클 ····· 203
2. 라이프사이클 대비 기술 성숙도(TRL) ····· 204
3절. 연구개발과제 구성 ····· 206
1. 민간 항공기용 엔진 국산화 전략 ····· 206
가. 엔진기종 선택 기준 ····· 206
나. 피스톤엔진 국산화 전략 ····· 208
2. 항공기용 왕복엔진 개발 개요 ····· 210
가. 개요 ····· 210
나. 적용규격 ····· 210
다. 개발방안 ····· 211
라. 인증방안 ····· 226
마. 협력방안 ····· 226
바. 엔진 개발 기간 ····· 227
사. 엔진 개발 예산 ····· 227
3. 항공기용 엔진 인증 분야의 연구개발과제 구성 ····· 227
가. 항공기용 왕복엔진 인증기술 개발 사전 연구 및 인증기술 확보를 통한
시범사업 인증 ····· 227

나. 항공기용 터빈엔진 인증기술 개발 사전 연구 및 인증기술 확보를 통한
시범사업 인증 ····231
4절. (세부과제별) 주요 내용 및 추진전략 ····236
1. 소형 항공기용 디젤 엔진 개발 ····236
가. 연구개발 목표 ····236
나. 연구개발 필요성 및 정부지원의 필요성 ····236
다. 연구개발 주요 내용 ····236
라. 최종성과물 ····237
마. 엔진 개발 전략 및 시나리오 ····238
바. 항공기용 왕복엔진 개발 연구 추진 일정 ····242
사. 항공기용 왕복엔진 수요조사 및 사업화 전략 ····243
2. 항공기용 왕복엔진 인증기술개발 사전연구 ····244
가. 최종목표 ····244
나. 연구의 필요성 ····244
다. 기술개발 내용 ····244
라. 추진 전략 ····245
3. 민간항공기용 왕복엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증 ····246
가. 최종목표 ····246
나. 연구의 필요성 ····246
다. 기술개발 내용 ····246
라. 추진 전략 ····247
4. 소형 민간 항공기용 고효율 터보팬 엔진 개발 및 인증기술 개발 ····249
가. 최종목표 ····249
나. 연구의 필요성 ····249
다. 기술개발 내용 ····250
라. 추진 전략 ····250
5. 항공기용 터빈엔진 인증기술개발 사전연구 ····251
가. 최종목표 ····251
나. 연구의 필요성 ····251
다. 기술개발 내용 ····251
라. 추진 전략 ····252
6. 민간항공기용 터빈엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증 ····253
가. 최종목표 ····253
나. 연구의 필요성 ····253
다. 기술개발 내용 ····253
라. 추진 전략 ····254
5절. (세부과제 간) 연계관계 ····256
1. 항공기용 엔진 국산화 연구 개발 단계 ····256
6절. 과제별, 연차별 기술로드맵 및 성과로드맵 ····257
1. 기술로드맵 ····257
2. 기술로드맵의 구조 및 유형 ····259
3. 기술로드맵의 기대효과 ····260
4. 항공기용 엔진 분야의 기술매트릭스 ····262

5. 핵심과제 로드맵 및 성과 로드맵 ····265
가. 소형 항공기용 왕복 엔진 개발 연구 ····266
나. Part 33항공기용 왕복엔진 인증기술개발 사전 연구 ····266
다. Part 33항공기용 왕복엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증 ····267
라. 소형 민간 항공기용 고효율 터보팬 엔진 개발 및 인증기술 개발 ····268
마. Part 33항공기용 터빈엔진 인증기술개발 사전 연구 ····268
바. Part 33항공기용 터빈엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증 ····269
7절. 성과활용 방안 ····270
1. 연구결과의 활용 계획 ····270
2. 기대성과 및 파급효과 ····271
가. 기술적 측면 ····271
나. 사회·경제적 측면 ····272
8절. 연구수행 체계 제안 ····273
1. 항공기용 디젤 왕복엔진 개발 ····273
2. 인증기술개발 연구수행 체계 ····273
3. 민간 항공기용 터빈엔진 인증기술 개발 사전 연구 및 인증기술 확보를 통한 시범사업 인증 ····274

4장. 사전타당성 검토 ····275
1절. 정책적 타당성 ····275
2절. 기술적 타당성 ····277
1. 기술적 분석 ····277
2. 항공기용 엔진 신기술 추세 ····279
3절. 경제적 타당성 ····286
1. 경제성 분석 연구 배경 ····286
가. 항공산업 선진화기반 구축 ····286
나. 중소형항공기와 부품의 국산화기반 구축 ····287
다. 연구내용 ····287
2. 경제성 분석기법 검토 ····288
가. 경제성 분석의 의의와 절차 ····288
나. 경제성 분석기법과 쟁점들 ····289
다. 항공기와 부품의 개발비 결정요인 ····293
3. 민간 항공기 및 항공기엔진 시장동향 ····296
가. 항공산업의 특성과 육성방향 ····296
나. 민항기 시장 동향 ····301
다. 엔진시장 동향 및 수요전망 ····305
4. 민항기 엔진 국산화 전략 ····309
가. 민항기 엔진 국산화 전략 ····309
나. 전략 방향 ····313
5. 피스톤엔진 개발의 경제성 분석 ····318
가. 사업개요 ····318
6. 엔진개발 절차 ····319
가. 엔진개발 절차와 연도별 추진일정은 다음과 같음. ····319

나. 비용분석 ····320
다. 편익분석 ····322
라. 경제성분석 ····325
7. 가스터빈엔진 개발의 경제성 분석 ····327
가. 사업 개요 ····327
나. 비용분석 ····329
다. 편익분석 ····331
라. 경제성분석 ····333
8. 종합평가 및 결론 ····335
가. 종합평가 및 결론 ····335

5장. 연구투입 소요예산 산정 ····337
1절. 인력투입계획 ····337
1. 소형 항공기용 디젤 왕복엔진 개발 ····337
2. 항공기용 왕복엔진 인증기술개발 사전연구 인력투입계획 ····338
3. 민간항공기용 왕복엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증 인력투입계획 ····339
4. 소형 민간 항공기용 고효율 터보팬 엔진 개발 및 인증기술 개발 인력투입계획 ····339
5. 민간항공기용 터빈엔진 인증기술개발 사전연구 인력투입계획 ····340
6. 민간항공기용 터빈엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증 인력투입계획 ····340
2절. 소요예산 산정 ····341
1. 항공기용 디젤 왕복 엔진 국산화 기반 구축 사업 전체 소요예산 ····341
2. 세부사업별 소요예산 ····341
가. 소형 항공기용 디젤왕복 엔진 개발 ····341
나. 민간항공기용 왕복엔진 인증기술개발 사전연구 ····343
다. 민간항공기용 왕복엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증 ····344
라. 항공기용 터빈엔진 인증기술개발 사전연구 ····344
마. 민간항공기용 터빈엔진 인증기술개발 사전연구 ····345
바. 민간항공기용 터빈엔진 인증기술개발 및 시범사업 ····346

6장. 과제 제안요구서 ····347
1절. 과제 제안요구서 ····347
1. 항공기용 왕복 엔진 개발 ····347
2. 민간항공기용 왕복엔진 인증기술개발 사전연구 ····352
3. 민간항공기용 왕복엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증 ····356
4. 소형 민간 항공기용 고효율 터보팬 엔진 개발 및 인증기술 개발 ····360
5. 민간항공기용 터빈엔진 인증기술개발 사전연구 ····364
6. 민간항공기용 터빈엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증 ····368
2절. 평가기준 설정 ····372
1. 소형 항공기용 디젤왕복 엔진 개발 ····372
2. 항공기용 왕복엔진 인증기술개발 사전연구 ····373
3. 항공기용 왕복엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증 ····374
4. 소형 민간 항공기용 고효율 터보팬 엔진 개발 및 인증기술 개발 ····375
5. 민간항공기용 터빈엔진 인증기술개발 사전연구 ····376

6. 민간항공기용 터빈엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증 ·····377

회의록 ·····378

그 림 목 차

그림 1. 항공기용 터보차져(Turbocharger)의 작동 원리 ·····3
그림 2. 항공기용 디젤엔진 SMA SR305-230E ·····4
그림 3. 항공기용 가솔린엔진 Continental TSIO-550-C ·····4
그림 4. 수냉식 엔진 ·····5
그림 5. 공랭식 엔진 ·····5
그림 6. 왕복 엔진의 종류 ·····7
그림 7. 가스 터빈 엔진의 종류 ·····15
그림 8. Turbojet Engine (General Electric, J85) ·····16
그림 9. Turbofan Engine (Rolls Royce, Trent 1000) ·····17
그림 10. Turboprop Engine (Garrett, TPE 331) ·····18
그림 11. Turboshaft Engine (Lycoming, T55) ·····18
그림 12. T-50 부품 별 국산화 비율(금액기준) ·····34
그림 13. 항공기용 엔진산업의 기술 파급효과 ·····35
그림 14. 항공기 시스템별 연관 산업 개략도 ·····36
그림 15. 항공기 산업의 분류 ·····38
그림 16. 한국의 항공 산업 실적 ·····40
그림 17. 신규 개발 왕복 엔진의 탑재 가능한 항공기 후보 기종 ·····42
그림 18. 신규 개발 가스터빈 엔진의 탑재 가능한 항공기 후보 기종 ·····42
그림 19. 엔진기술부문 정부지원현황 ·····46
그림 20. 항공산업발전 기본 계획 ·····47
그림 21. 2010년 각 항목 당 세계 온실가스 배출 비율 ·····53
그림 22. 미국과 유럽의 대표적 엔진 개발사 현황 ·····54
그림 23. GAP Program 연구 일정표 ·····54
그림 24. 중국의 독자 개발 엔진 WS-10 ·····57
그림 25. 일본의 FJR710 엔진 ·····58
그림 26. 전 세계 항공기 유형별/지역별 주문현황 ·····61
그림 27. 세계 민간 항공기 엔진 및 부품 시장 현황 및 전망 ·····63
그림 28. 연도별 민항기 주문량, GDP 성장률 ·····65
그림 29. 연도별 GDP 성장률 및 항공 교통 성장률 ·····65
그림 30. 미국 항공우주 산업 현황 ·····66
그림 31. 미국 항공우주 종사자 숫자 ·····66
그림 32. 미국 항공우주산업 수입 현황 ·····67
그림 33. 미국 항공우주산업 수출 현황 ·····67
그림 34. 월별 유가 및 연도별 평균 유가(배럴당 달러) ·····68
그림 35. 예측 시기 별 유가 예측 ·····68
그림 36. 피스톤엔진 수요 전망 ·····72
그림 37. 향후 20년간 항공기 엔진의 추력별 수요 ·····73

그림 38. 향후 20년간 항공기 엔진의 및 경제적 가치 예측 ·····73
그림 39. 대형 항공기 엔진제조사의 시장점유율 ·····74
그림 40. 항공 선진업체의 세계시장 점유율 ·····75
그림 41. 대형 항공기 엔진 정비 회사들의 시장 점유율 ·····76
그림 42. 소형 항공기 엔진 정비 회사들의 시장 점유율 ·····76
그림 43. Boeing 747의 엔진 장착 현황 ·····77
그림 44. A380의 엔진 장착 현황 ·····77
그림 45. 중소형 항공기 좌석 동향 및 예측 ·····78
그림 46 항공기 좌석 별 시장 예측 ·····79
그림 47 20-99석 항공기 사용 엔진 예측 ·····79
그림 48 지역별 항공 시장 예측 : 2012-2031 ·····80
그림 49 엔진 크기별 판매 개수 및 금액 ·····81
그림 50 터보팬 엔진 판매 수, 금액 현황 및 예측 ·····82
그림 51 항공기 엔진 제조사별 점유율 현황 및 예측 ·····82
그림 52 항공기 엔진 추력 별 시장 예측 : 2012-2032 (단위 : $bn) ·····83
그림 53. General Electronic社의 GEnx 엔진 ·····84
그림 54. Rolls-Royce社의 Trent1000 엔진 ·····84
그림 55. 반디호 ·····85
그림 56 두산중공업 가스터빈엔진(M501G) ·····86
그림 57. 국내 항공기술 현재 수준 ·····91
그림 58. 국내 항공기용 엔진 개발 동향 ·····94
그림 59 국내 항공기 엔진 분야의 SWOT 분석 결과 ·····94
그림 60. 국내 최초의 국산항공기 부활 ·····97
그림 61. 대한항공의 창공91 ·····97
그림 62. 반디호 ·····98
그림 63. 반디호 엔진 장착 개념 ·····98
그림 64. 반디호 추진기관 구성도 ·····99
그림 65. KC-100의 제원 및 특징 ·····99
그림 66. TSIOF-550-K ·····100
그림 67. KLA-100 삼면도 ·····101
그림 68. Rotax 912S2 ·····102
그림 69. KARI 터보 제트/터보 팬 엔진 시험 설비 ·····105
그림 70. KARI 터보 샤프트 엔진 시험 설비 ·····106
그림 71. KARI 압축기 시험 설비 ·····107
그림 72. KARI 연소기 시험 설비 ·····108
그림 73. KARI 산업용 터빈 시험설비 ·····109
그림 74. Axial 터빈 시험설비 ·····110
그림 75. Radial 터빈 시험설비 ·····110
그림 76. 대한항공 Tech Center ·····111
그림 77. 대한항공 Tech Center 조직도 ·····111
그림 78 항공기 터보 엔진 별 효율 ·····119
그림 79 항공기 엔진 사양 별 환경적 Trade-off ·····120
그림 80 항공기 엔진 Bypass Ratio에 대한 Fan Pressure Ratio ·····120

그림 81 향후 항공용 Turbofan 엔진 기술 예측 ·····121
그림 82 연도별 대표 터보팬 엔진 ·····121
그림 83 항공기 엔진 제조사 점유율 ·····123
그림 84. Jumo 205 대향형 엔진 ·····133
그림 85. 전세계 항공기용 엔진 개발 회사 ·····135
그림 86. 항공기 엔진 제작사의 합작회사 지분 현황 ·····136
그림 87. General Electric Aviation 엔진 개발 현황 ·····138
그림 88. Pratt & Whitney 엔진 개발 현황 ·····139
그림 89. Rolls-Royce 엔진 개발 현황 ·····140
그림 90 Bypass Ratio에 따른 소음, TSFC, 연료연소율 및 소음 ·····144
그림 91 PW PurePower Engine ·····145
그림 92 Contra-rotating HP system ·····147
그림 93 Intercooled Recuperative Engine Concept ·····148
그림 94. I-C, HEX 장착 여부에 따른 효율 ·····148
그림 95. 중소형 항공기 엔진 연도별 특허동향 ·····163
그림 96 중소형 항공기 엔진 국가별 특허 동향 ·····164
그림 97. 각 국가의 연도별 특허동향 ·····166
그림 98. 중소형 항공기 엔진 다출원인 구간별 특허동향 ·····169
그림 99. 주요출원인의 기술별(대분류)특허동향 ·····170
그림 100. 주요출원인의 3극특허 비율 ·····171
그림 101. 한국특허의 주요출원인 현황 ·····172
그림 102. 일본특허의 주요출원인 현황 ·····172
그림 103. 미국특허의 주요출원인 현황 ·····173
그림 104. 유럽특허의 주요출원인 현황 ·····173
그림 105. 가솔린엔진 관련특허의 주요출원인 현황 ·····174
그림 106. 디젤엔진 관련특허의 주요출원인 현황 ·····175
그림 107. 관련특허의 주요출원인 현황 ·····176
그림 108 주요출원인별 기술분류별 출원동향 ·····177
그림 109 출원인 국적별 기술분류별 출원동향 ·····178
그림 110. 각 기술(대분류)의 연도별 특허동향 ·····179
그림 111. 각 각 기술(대분류)의 국가별 특허비율 ·····180
그림 112. 가솔린엔진 분야 국가별/연도별 특허동향 ·····181
그림 113. 가솔린 엔진분야 중분류별/연도별 특허동향 ·····181
그림 114. 디젤엔진분야 국가별/연도별 특허동향 ·····182
그림 115. 디젤엔진분야 중분류별/연도별 특허동향 ·····183
그림 116. 가스터빈 분야 연도별 특허동향 ·····183
그림 117 가스터빈분야 중분류별/연도별 특허동향 ·····184
그림 118 특허 기술 성장 단계 ·····185
그림 119 가스터빈 기술 성장 단계 ·····185
그림 120 주요출원인의 기술력 및 시장확보력 ·····186
그림 121 출원인 국적별 기술력 및 시장확보력 ·····187
그림 122. 항공용 왕복엔진 연도별 논문 수 ·····190
그림 123 터보팬 파트 연도별 논문 수 ·····191

그림 124 터보팬 파트 나라별 논문 수 ·····191
그림 125. 터보샤프트엔진 연도별 논문 수 ·····192
그림 126. 터보팬 엔진 연도별 논문 수 ·····193
그림 127 FAA 연간 TCDS 제정/개정 실적(건) ·····195
그림 128. 항공기용 엔진 국산화 기반 구축기획의 목표 ·····200
그림 129. 항공기용 인증 현황 및 미래 비전 ·····201
그림 130. 항공기용 엔진의 라이프 사이클 ·····203
그림 131. 엔진 기술 성숙도 차트 ·····204
그림 132. 엔진 구성도 ·····211
그림 133. 엔진 구조물(예) ·····213
그림 134. Cooling system 구성도 ·····214
그림 135. Intake system 구성도 ·····215
그림 136. Exhaust system 구성도 ·····216
그림 137. ECU 구성도 ·····217
그림 138. Harness 형상 ·····218
그림 139 성능 해석(예) ·····219
그림 140 열 해석(예) ·····220
그림 141 구조 해석(예) ·····221
그림 142 항공기용 왕복엔진 개발 연구 프로세스(1차년) ·····240
그림 143 항공기용 왕복엔진 개발 연구 프로세스(2차년) ·····240
그림 144 항공기용 왕복엔진 개발 연구 프로세스(3차년) ·····241
그림 145 항공기용 왕복엔진 개발 연구 프로세스(4차년) ·····241
그림 146. 항공기용 왕복엔진 개발 연구 프로세스(5차년) ·····242
그림 147. 엔진개발 절차와 연도별 추진일정 ·····242
그림 148. 항공기용 엔진 국산화 개발 단계 ·····256
그림 149. 전통적인 기술 기획 방식과 기술로드맵 중심의 기술기획 방식 ·····257
그림 150. 기술로드맵의 기대효과 ·····261
그림 151 왕복엔진 마크로 로드맵 이미지 시나리오 ·····264
그림 152 엔진 국산화 기반 구축 과제 로드맵 ·····265
그림 153 소형 항공기용 왕복엔진 개발 연구 로드맵 ·····266
그림 154. Part 33 왕복엔진 인증기술개발 사전연구 로드맵 ·····267
그림 155. Part 33 왕복엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증 ·····267
그림 156 Part 33 터빈엔진 인증기술개발 사전연구 로드맵 ·····268
그림 157 Part 33 터빈엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증 로드맵 ·····269
그림 158. 기술적 기대효과 ·····271
그림 159. 사회·경제적 기대효과 ·····272
그림 160 항공기용 엔진 국산화 기반 구축 사업 추진 체계도 ·····273
그림 161. 신기술 바탕 신규 시장 진입 방안 ·····278
그림 162. DOC에서 연료비 비중 ·····280
그림 163. 국제 유가 향방, 1980～2030 ·····280
그림 164. 환경 영향성 검토 ·····281
그림 165. 엔진 신기술 적용 사례 ·····282
그림 166. Linde사 액체수소 탱크 ·····284

그림 167. 항공기용 수소 왕복엔진 시스템 ·····284
그림 168. 한국기계연구원의 수소연료 첨가 왕복엔진 ·····285
그림 169. 경제성 분석의 절차 ·····289

표 목 차

표 1 엔진의 형식 ····· 2
표 2 가솔린 엔진과 디젤 엔진의 비교 ····· 9
표 3 항공기용 왕복엔진과 자동차용 왕복엔진 비교 ····· 10
표 4 가스터빈엔진 기술 품목 및 기술 ····· 19
표 5 민간항공기용 엔진 인증기술 범위 ····· 20
표 6 항공기용 엔진 인증기술 ····· 25
표 7 감항성 유지 지침서의 기술기준 규정 ····· 27
표 8 항공기용 엔진의 설계 및 구조 적합성 판단 항목 ····· 28
표 9 항공기용 왕복엔진의 설계/구조/시험 적합성 판단 항목 ····· 29
표 10 터빈엔진의 설계/구조/시험 및 연료/배기가스 배출 적합성 판단 ····· 30
표 11 항공산업기본계획의 목표와 전망 ····· 43
표 12 10대 항공핵심기술 ····· 48
표 13 고효율 친환경 추진시스템 상세 개발 방안 ····· 49
표 14 항공핵심기술 확보를 위한 부처별 역할분담 ····· 50
표 15 2010년 우리나라 사업별 생산 현황 (단위, 백만 달러) ····· 64
표 16 가솔린엔진 vs. 디젤엔진: 2000hr TBO 기준 운용비용 비교 ····· 70
표 17 피스톤항공기의 납품실적과 전망 ····· 71
표 18 대형 항공기 엔진 제조사의 시장점유율 ····· 75
표 19 중소형 항공기 엔진제조사의 시장점유율 ····· 75
표 20 항공기 크기 별 판매 수 및 엔진 수, 가격 ····· 81
표 21 대형항공기용 개발 목표 엔진 비교 ····· 84
표 22 반디호 적용 엔진 ····· 85
표 23 산업체 점유율 현황(2008년) ····· 89
표 24 국내 항공우주분야 주요업체 및 기술동향 ····· 89
표 25 국내 항공산업의 인프라 수준(2007년) ····· 92
표 26 국내 연구 개발 실적 ····· 95
표 27 KC-100 제원 및 특징 ····· 100
표 28 KC-100 경쟁기종 ····· 101
표 29 KLA-100 제원 및 특징 ····· 102
표 30 KLA-100 경쟁기종 ····· 103
표 31 한국항공우주연구원 보유 엔진 인프라 ····· 104
표 32 KARI 터보 제트/터보 팬 엔진 설비 사양 ····· 105
표 33 KARI 터보 샤프트 엔진 시험 설비 사양 ····· 106
표 34 KARI 압축기 시험 설비 사양 ····· 107
표 35 KARI 연소기 시험 설비 ····· 108
표 36 KARI 산업용 터빈 시험설비 사양 ····· 109
표 37 KARI Axial/Radial Turbine 시험 설비 사양 ····· 110

표 38 대한항공 엔진 시험 및 조립 시설 ····112
표 39 대한항공 엔진 시험 장비 ····113
표 40 대한항공 항공기 정비 장비 ····114
표 41 대한항공 항공기용 보기부품 시험장비 ····114
표 42 두산중공업 보유 인프라 내역 ····116
표 43 한국로스트왁스 주요 인증 취득 현황 ····116
표 44 한국로스트왁스 주요 제조 설비 현황 ····117
표 45 한국로스트왁스 주요 시험 설비 현황 ····117
표 46 기타 기관 엔진 분야 인프라 현황 ····118
표 47 항공기 엔진 제조 합작사 ····122
표 48 항공기용 가솔린 엔진 현황 ····123
표 49 항공기용 디젤엔진 현황 ····125
표 50 왕복엔진을 탑재한 국내 항공기 현황 ····126
표 51 항공기용 가스터빈 엔진 현황 ····128
표 52 항공용 디젤 엔진 ····132
표 53 항공기용 부품 중 수입제한 품목 ····149
표 54 고효율 친환경 추진시스템 기술수준 ····155
표 55 국가별 특허검색기간 및 DB범위 ····156
표 56 대분류(엔진종류) 기준 검색식 ····157
표 57 각 엔진에 따른 중분류 기준 추가 검색식 ····158
표 58 각 엔진에 따른 중분류 기준 추가 검색식 ····160
표 59 특허분석 기준 ····161
표 60 중소형 항공기 엔진 연도별 국가별 특허출원건수 ····165
표 61 출원인/연도별 특허건수 ····168
표 62 항공용 왕복 엔진 논문 검색 결과 ····190
표 63 터보샤프트엔진 논문 검색 결과 ····192
표 64 터보팬엔진 논문 검색 결과 ····193
표 65 FAA 인증 인력 현황(1996/2013) ····194
표 66 기획과제 연구목표와 주요 연구내용 ····202
표 67 고효율 친환경 추진시스템 기술수준 ····205
표 68 기업별 항공기용 엔진 개발 능력 ····208
표 69 엔진 구성 ····212
표 70 엔진 형상 및 기능 ····213
표 71 Cooling System 구성 ····214
표 72 Intake System 구성 ····215
표 73 Exhaust System 구성 ····216
표 74 ECU 구성 ····217
표 75 EMI 적합성시험 항목 ····224
표 76 왕복엔진 인증 요구조건 ····228
표 77 왕복엔진 인증 연구단계별 업무 ····229
표 78 전문분야별 인증인력 소요 ····230
표 79 터빈엔진 인증 요구조건 ····231
표 80 연구 단계별 인증 업무 ····233

표 81 인증 인력 소요 내역 ····234
표 82 항공용 디젤엔진 개발 사업의 성능목표수준 ····237
표 83 항공기용 디젤왕복 엔진 개발 계획 ····239
표 84 작성 주체에 따른 기술 로드맵의 유형 ····260
표 85 항공기용 엔진 분야의 기술매트릭스: 기술분류 ····262
표 86 연구결과 활용 계획 ····270
표 87 인증기술개발 연구수행 체계 ····273
표 88 시범사업 인증수행 체계 ····274
표 89 해외 벤치마킹 대상국의 5가지 발전 유형 ····275
표 90 수소 왕복엔진 특징 비교 ····285
표 91 경제성 분석과 재무성 분석 ····290
표 92 투자사업의 타당성 평가방법: 종합 ····292
표 93 항공기 개발비 모델 ····294
표 94 상용기의 표준 개발비 모델 ····296
표 95 항공우주산업의 생산 및 수출입 ····297
표 96 항공우주분야 투자 및 고용현황 ····297
표 97 항공우주산업의 국민경제상 비중 ····298
표 98 항공산업기본계획의 목표와 전망 ····299
표 99 ‘항공산업발전기본계획’의 목표와 추진전략 ····300
표 100 General Aviation 종별 인도실적 ····301
표 101 General Aviation 종별 인도금액 ····302
표 102 주요 기종 별 인도현황/예측 ····304
표 103 가솔린엔진 대 디젤엔진: 2000hr TBO 기준 운용비용 비교 ····306
표 104 피스톤 항공기의 인도실적과 향후 전망 ····307
표 105 피스톤엔진 수요 전망 ····308
표 106 주요 비즈니스 제트기 엔진의 출력 및 시장전망 ····314
표 107 피스톤엔진 개발계획 ····318
표 108 엔진개발 절차와 연도별 추진일정 ····319
표 109 총비용의 구성 ····320
표 110 디젤엔진개발비 연도별 집행계획 ····320
표 111 인증기술개발 및 시범인증사업비 연도별 집행계획 ····321
표 112 총사업비의 현재가치 ····321
표 113 피스톤엔진 판매전망 ····324
표 114 피스톤엔진 개발의 경제성분석 결과 ····326
표 115 가스터빈엔진 개발계획: 가정 ····329
표 116 연도별 개발비 지출계획 ····330
표 117 가스터빈엔진 개발에 따른 예상수입 전망 ····332
표 118 가스터빈엔진 개발의 경제성분석 결과 ····333
표 119 개발비 2,500억 원의 경우 경제성분석 결과 ····334
표 120 개발비 5,000억 원의 경우 경제성분석 결과 ····334
표 121 디젤엔진 개발사업의 경제성 분석 ····335
표 122 가스터빈엔진 개발사업의 경제성 분석 ····336

1장. 기술의 정의 및 필요성

1절. 기술의 정의

1. 항공기용 엔진

○ 항공기용 엔진은 공기를 흡입하여 압축/연소/배기 과정을 통해 항공기의 추진력을 발생시켜 항공기의 추진에 사용하거나 사용하고자 하는 장치를 의미하며, 엔진의 작동과 제어에 필요한 구성품(Component) 및 장비(Equipment)를 포함함. (프로펠러 및 로터는 제외함.)

○ 동력장치(Powerplant)란 엔진, 구동계통 구성품, 보기장치(Accessory), 보조부품(Ancillary Part), 프로펠러 그리고 항공기에 장착된 연료계통 및 오일계통 등으로 구성되는 하나의 시스템을 의미함. 다만, 헬리콥터의 로터는 제외함.

○ 항공기용 엔진은 왕복엔진, 가스 터빈 엔진, 램제트 및 스크램제트 엔진 등이 있으며, 항공기 총 원가의 약 30~40%를 차지하는 핵심장비임.

○ 항공기용 엔진은 구조가 복잡하고 연소가스를 작동매체로 사용하여, 범용 해석 도구 등을 사용한 설계 및 해석이 불가하고 따라서 다수의 실험에 의존하는 대규모 재원을 필요로 하는 고부가가치 기술제품임.

○ 항공기용 엔진은 기계, 전기, 전자, 화학, 소재 등의 공학 전 분야의 핵심기술이 종합적으로 활용되는 시스템 기술로, 선진 엔진 개발사들과의 기술 격차가 매우 크므로 국가 전략적 차원에서 기술개발 및 산업 육성이 필요함.

○ 항공기용 엔진 산업은 고부가가치 산업이지만 안정성, 신뢰성이 중요시되므로 규제가 많아 대규모 연구비 및 시설 투자가 불가피하고 민간 기업이 적극적으로 투자하기 곤란함.

○ 항공기용 엔진 산업은 장기 개발 계획에 따라 시장이 형성되므로, 실적과 신뢰성이 확보된 설비만이 경쟁 가능하여 기존 설비의 보수, 교체 등 모든 분야에 있어서 소수의 제작 업계가 시장을 과점하고 있는 상태임.

○ 항공기용 엔진 산업은 민간 항공기 및 군용 전투기, 미사일 등에 활용 가능한 첨단핵심기술 산업으로 기술 선진국에서의 기술이전이 곤란한 산업임.

○ 우리나라는 항공기용 엔진 개발을 위한 기반 산업인 기계, 자동차, 전기/전자 및 IT 산업 기반 등이 체계적으로 갖춰져 있으므로 국가 현안사업 등과 연계, 병행하여 항공기

용 엔진을 개발할 역량이 있음.

○ 우리나라 항공기용 엔진 산업은 정부의 장기적인 투자와 미래 비전을 통해 항공기엔진 국산화기반을 구축한다면, 수입대체 및 수출 활성화가 가능해지고 국가신인도가 크게 향상될 수 있으므로 정부 차원의 재정적 지원이 필요함.

○ 항공기를 추진하는 엔진은 왕복엔진과 가스터빈엔진으로 크게 분류할 수 있음. 이 가운데 항공기용 왕복엔진은 고고도에서의 성능향상, 무게 감소 및 신뢰성 향상을 위한 기술개발을 통하여 자동차용 왕복엔진과는 다른 형태로 개발되어 왔음. 항공기기술기준 Part 33에서 다루고 있는 엔진 형식별 특징은 다음과 같음. (표 1)[1)]

표 1 엔진의 형식

엔진형식	압축방법	연소방법	특징
왕복기관	피스톤의 왕복에 의함	간헐연소	프로펠러 구동에 의해 추진력 발생
터보제트기관	터빈으로 구동되는 압축기의 회전에 의함.	연속연소	배기노즐을 통한 작동가스에 의해 추진력 발생
터보팬기관			배기노즐과 팬노즐을 통한 작동가승에 의해 추진력 발생
터보프롭기관			프로펠러에 의해 80-90%의 추진력이 발생되고, 배기노즐을 통한 작동가스에 의해 10-20%의 추진력 발생
터보샤프트기관			프로펠러에 의해 100% 추진력 발생

○ 왕복기관은 점화방법과 사용연료에 따라 스파크 점화기관(가솔린 엔진)과 압축착화기관(디젤엔진)으로 나눔. 현재 항공용 왕복기관의 대부분은 가솔린엔진이 사용되고 있음.

○ 왕복(피스톤) 엔진은 추력을 발생시키는 유체로 대기 중의 공기를 이용하는 반면, 가스터빈 엔진(터보 제트, 터보 팬, 터보 프롭, 터보 샤프트)은 대기 중의 공기뿐만 아니라 연료도 추력 발생 유체로 사용함.

1) 항공기 가스터빈 엔진, 김천용, 2013, 노스미디어

가. 왕복엔진

(1) 왕복엔진의 특징

○ 왕복엔진은 100여 년에 걸친 운용 경험을 바탕으로 신뢰성과 안정성이 확보되어 있으며 다른 엔진에 비해 상대적으로 유지, 정비가 용이하고 높은 경제성을 보이는 엔진임.

○ 항공기용 엔진은 높은 신뢰성 및 무게가 가볍고 고출력이어야 하므로 공랭식(Air Cooled Engine)이고 고급유인 AV GAS(Aviation Gasoline)를 연료로 사용함.

○ 항공기의 고도가 상승함에 따라 엔진으로 유입되는 공기 밀도는 희박해지는데 비해서 연료의 양은 변하지 않기 때문에 상대적으로 혼합가스의 농도는 농후(rich)해짐. 이럴 경우 혼합가스의 비율을 조절하는 Mixture Lever를 사용하여 혼합가스의 농도를 희박(Lean)하게 만듦.

○ 고도가 상승함에 따라 엔진 출력은 고도에 비례해서 감소하므로 터보 차져(Turbocharger) 또는 슈퍼 차져(Supercharger)를 이용하여 강제적으로 실린더에 압축공기를 공급함.(그림 1)[2)]

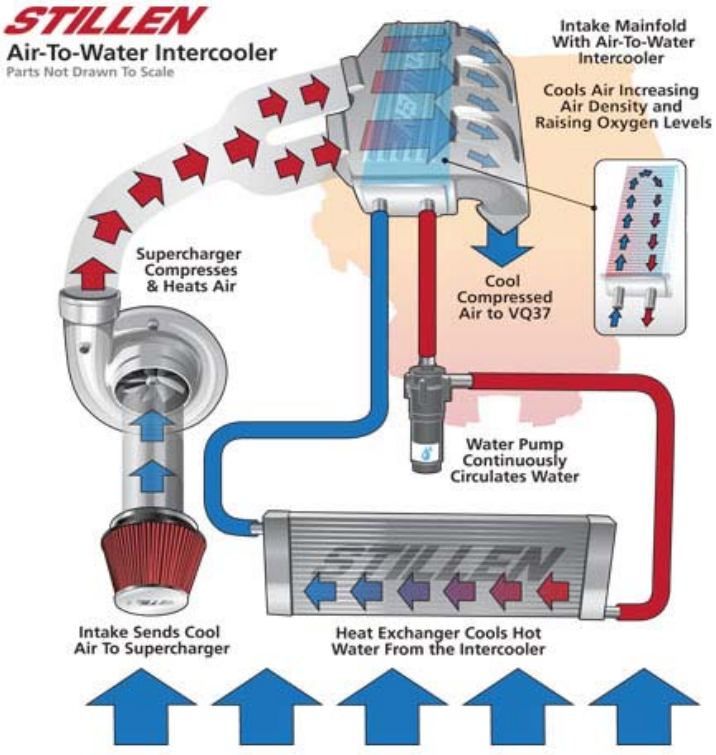


그림 1. 항공기용 터보차져(Turbocharger)의 작동 원리

2) http://www.importtuner.com/tech/impp_1204_stillen_vq37_supercharger_system/photo_04.html

(2) 왕복엔진의 종류

○ 왕복엔진에는 사용연료에 따라 디젤엔진(그림 2)[3], 가솔린 엔진(그림 3)[4]이 있음.

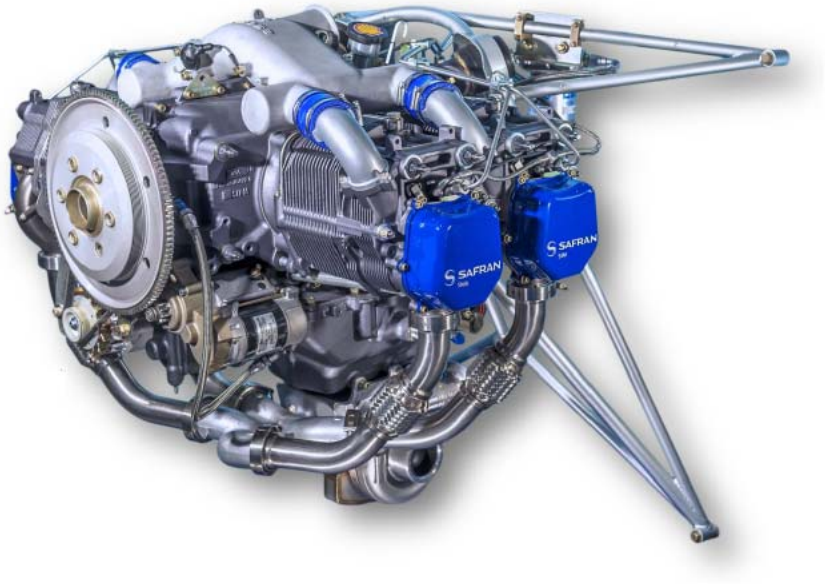


그림 2. 항공기용 디젤엔진 SMA SR305-230E



그림 3. 항공기용 가솔린엔진 Continental TSIO-550-C

○ 왕복엔진은 냉각방식에 따라 수랭식과 공랭식으로 구분됨. 수랭식은 냉각수를 펌프로 순환시켜 실린더를 냉각하며, 공랭식은 실린더 주변에 직접 바깥 공기를 접촉시켜 실

3) http://www.smaengines.com/
4) http://en.wikipedia.org/wiki/File:Columbia400Engine.jpg

린더를 냉각함.(그림 4, 5)[5]

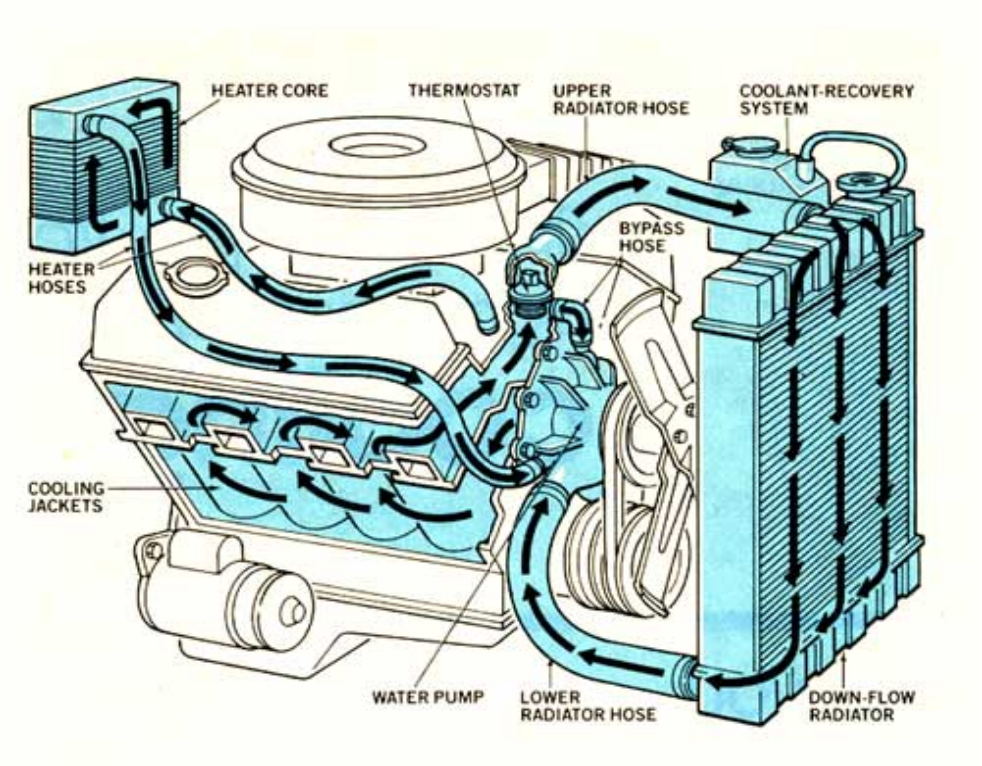


그림 4. 수냉식 엔진

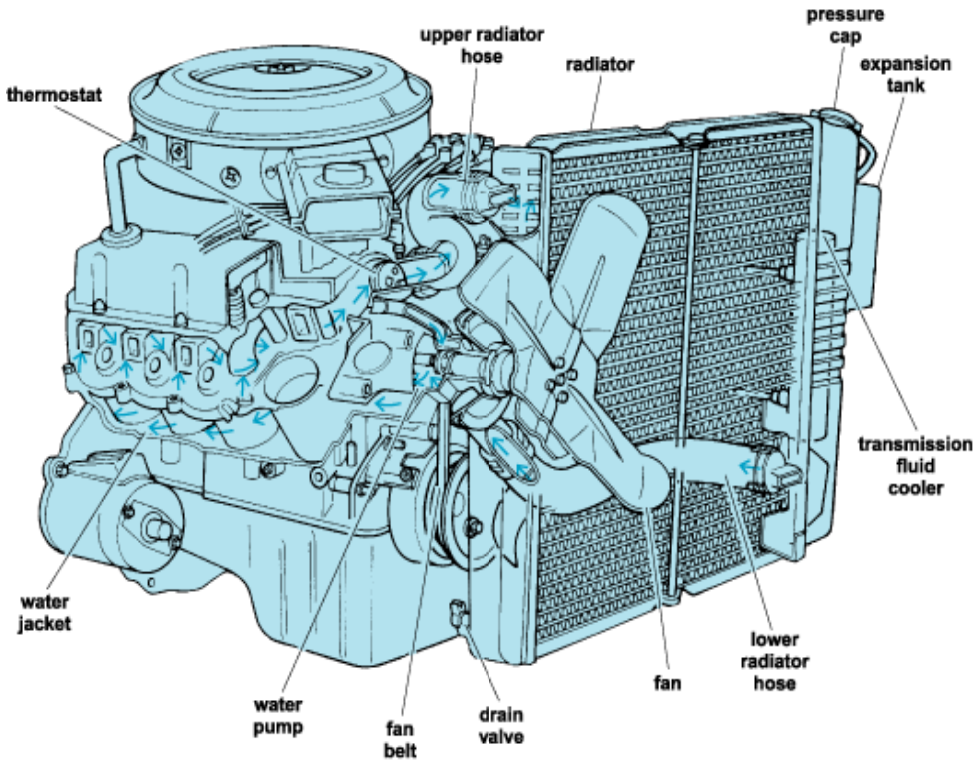


그림 5. 공랭식 엔진

5) http://harivimalesh.blogspot.kr/2012/08/cooling-systems-of-ic-engines.html

○ 공랭식 엔진은 실린더 주위의 얇은 핀(fin)을 부착하여 공기흐름을 접촉면에 넓게 하여 기관을 냉각시키고 실린더 주위의 냉각안내판(cooling baffle)을 달아 공기가 실린더 주위를 효과적으로 흐르게 하여 냉각함.[6)]

○ 현대의 왕복엔진은 엔진에 덥개(cowl)를 만들어 냉각 공기가 흐를 수 있도록 흡/배기구 개념을 적용하고, 엔진 실린더에 격막(baffle)을 설치하여 공기가 엔진 실린더 주변으로 균일하게 흐르도록 하는 압력 냉각(pressure cooling) 방식이 적용됨.

○ 왕복엔진은 점화방식에 따라 불꽃점화 방식과 압축착화 방식으로 구분됨. 불꽃점화 방식은 연료의 혼합기체에 불꽃을 일으켜 연료를 연소시키며, 압축착화 방식은 연료를 고온의 압축된 기체에 분사하여 연소시킴.

○ 왕복엔진은 실린더 배열에 따라 다음과 같이 구분됨. (그림 6)[7)]

- 직렬형 엔진(In-Line Engine) : 왕복엔진의 크랭크축과 평행한 면에 일직선으로 배치한 것으로, 전면 면적이 작고 저 출력용으로 적합하고, 실린더 수는 중량과 냉각을 고려해서 6개 정도 장착함.

- V형 엔진(V-Type Engine) : 왕복엔진의 크랭크축 상에서 V자를 이루듯이 실린더를 배열한 것으로 직렬형 엔진에 비해 전면 면적은 크지만, 2조의 컨넥팅 로드에서 1개의 크랭크 핀을 구동할 수 있으므로 마력 당 중량을 큰 폭으로 감소시킬 수 있는 이점을 가짐.

- 2중 V-형 엔진 : 출력비를 높이기 위해 발달한 것으로 V형 엔진의 전면 면적을 거의 증가시키지 않고 마력을 2배로 할 수 있으며, 보통 2개의 크랭크축을 가짐.

- X형 엔진 : 2중 V-형 엔진이 크랭크축을 2개 필요로 하는 것과는 대조적으로 X형 엔진은 크랭크축이 1개로 구성됨.
- 대향형 엔진(부채꼴 엔진, Opposed Engine) : 1개의 크랭크축 양쪽에 피스톤이 좌우 대칭으로 운동하는 1개의 실린더를 배치한 것으로 직렬형 엔진에 비해 균형이 양호함. 직렬형 엔진은 전면 면적이 작은 장점이 있는 반면, 공랭이 어렵고 크랭크축이 길고 가늘기 때문에 진동에 약한 단점이 있음.

- 성형 엔진(Radial Engine) : 배열 1개의 크랭크축 주위에 3~9개의 홀수 실린더를 배열한 엔진으로 높은 출력을 얻기 위해 다수의 실린더를 배치해야하는 경우, 성형 엔진이 중량 경감 효과가 큼.

---

6) 항공우주학개론 제 4판, 한국항공우주학회 편, 2005, 경문사
7) 항공기관, 조용원 외, 2005, 청연

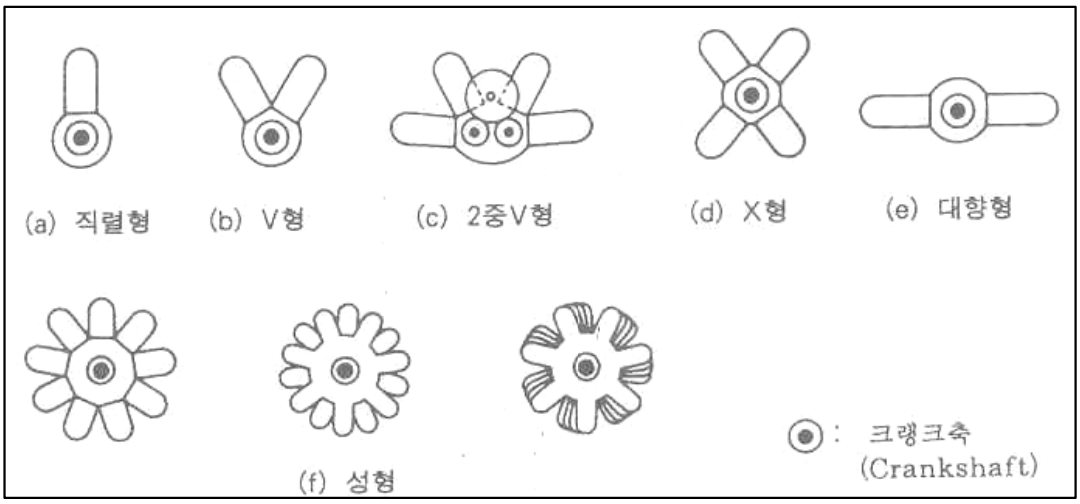


그림 6. 왕복 엔진의 종류

(3) 가솔린 엔진과 디젤 엔진 비교

○ 1883년 독일의 다임러(Gottlieb Daimler)는 가솔린을 연료로 사용하는 4행정엔진을 제작하였으며, 벤트(Karl Benz)도 유사한 형태의 4행정 가솔린엔진을 제작함. 이후 급속한 발전을 거듭하여 자동차와 항공기에 성공적으로 적용됨.

○ 19세기에 다양한 엔진들이 항공기에 장착되어 동력비행을 시도하였으나 성공하지 못함. 1903년 12월 17일 미국의 라이트 형제가 자동차용 가솔린엔진을 개조해서 항공기에 장착하여 인류 최초로 동력비행에 성공함.

○ 1910년대는 항공기에 적용하기 위한 공랭식 성형엔진(Radial type engine)이 개발되어 활성화됨. 이 엔진은 항공기가 점차 대형화대고 고속화되는 데 대응하기 위해서 개발되었음. 이 엔진의 중요한 특징은 공랭식이며, 엔진 경량화를 위하여 경합금을 사용하여 엔진을 제작하였으며, 실린더 배열 방식은 무게를 최소화시킬수 있는 성형으로 하였음. 성형엔진은 러시아, 폴란드, 체코 등 일부 동유럽국가들과 호주에서 생산되고 있음.

○ 현재 가솔린 왕복엔진은 소형비행기에 주로 사용되고 있으며, 수평 대향형 엔진이 널리 사용되고 있음.

○ 가솔린 엔진 대비 디젤엔진의 장점[8)]
- 디젤엔진의 압축비가 가솔린엔진보다 높기 때문에 열효율이 우수하고 연료소모율도 낮음.
- 디젤엔진은 인화점(flash point)이 높은 연료인 경유를 사용하기 때문에 연료의 취급과 저장이 용이함.

8) 소형항공기용 디젤엔진 개발동향 및 장단점 비교 분석, 이원중 외, 2013, 항공우주산업기술동향 11권1호

- 가솔린엔진은 노킹(knocking)현상 때문에 피스톤 직경을 160mm 이상으로 제작하기 어려운 반면디젤엔진에서는 노킹 문제가 없기 때문에 피스톤 직경에 제한이 없어 상대적으로 대형 기관제작이 가능함.
- 배기가스의 유독물질 배출이 적어 친환경 적이며 전기 점화장치가 없는 관계로 유지보수가 용이함.

○ 가솔린 엔진 대비 디젤엔진의 단점[9)]
- 디젤엔진의 사이클 최고압력은 가솔린엔진에 비해서 약 2배 높기 때문에 엔진 구성품의 구조가 튼튼해야 하며, 이로 인해 디젤엔진은 상대적으로 무거움. 이는 디젤엔진이 항공용 엔진으로 사용되는데 있어서 해결해야 할 장해요인으로 작용하고 함.
- 디젤엔진의 연료분사장치는 매우 정밀해야 함. 이로 인해 디젤엔진은 비교적 고가이며, 이에 따른 정비비용도 고려 대상임.
- 디젤엔진은 높은 압축압력 및 사이클 최고압력으로 인하여 진동이 심한 편이며 엔진에서 발
생되는 소음 또한 해결해야 할 과제임.

○ 1920년대 디젤엔진을 항공기용도로 사용 시작(Junkers Jumo 205, Packard radial diesel 등)

○ 초기 디젤엔진은 비행선에 적용되었으며 개발의 방향은 화재위험을 낮추는 것이었음.
○ 1928년 9월 18일 디젤엔진으로는 최초로 Stinson사 모델 SM-IDX “Detroiter” 항공기에 최초로 항공기에 적용되었음.

○ 2차 세계대전 이후 항공기용 엔진으로 디젤엔진을 개발 및 사용하기 위한 수요 중단됨.

○ 1990년 후반, 자동차산업의 신기술을 기반으로 중량대 출력비(power versus weight ratio) 관점에서 항공기용 디젤엔진을 사용하기 위한 관심이 증대됨.

○ 2001년 TAE-100 엔진은 디젤엔진 역사상 최초로 형식증명을 획득함.

○ 현재 높은 출력 관점에서 디젤엔진의 장점이 대한 관심이 다시 부각되고 있음.

○ 가솔린 엔진의 실린더 직경은 노킹 문제로 160mm 이상의 것은 제작이 곤란하나 고속 디젤 엔진은 그 제한이 없으며, 내경이 220~230mm인 것이 실용화되어 있음.

○ 스타팅 모터의 크기는 가솔린보다 디젤이 큼.

9) 소형항공기용 디젤엔진 개발동향 및 장단점 비교 분석, 이원중 외, 2013, 항공우주산업기술동향 11권1호

○ 가솔린 엔진과 디젤 엔진의 비교 표 제시[10)]

표 2 가솔린 엔진과 디젤 엔진의 비교

항목	가솔린 엔진	디젤 엔진
사용 연료	가솔린	경유, 등유
열역학적 사이클	OTTO 사이클	SABATHE 사이클
열효율	25 ~ 32%	32 ~ 38%
압축온도	120-140℃	500-550℃
연료주입시기	흡입행정	압축행정 종료시점
연료 소비율	230 ~ 300g/ps・h	150 ~ 240g/ps・h
압축비	7 ~ 10:1	16 ~ 23:1
폭발압력	30 ~ 35kg/㎠	45 ~ 70kg/㎠
점화 방법	전기불꽃 점화	압축열에 의한 자기착화
연료 공급 장치	인젝터 (또는 기화기)	연료분사펌프, 분사노즐
회전수	2,000-6,000 2,000-2,800 (항공용)	1,600-4,000
마력당 중량	2 ~ 2.5kg/ps	3 ~ 3.5kg/ps
소음, 진동	적다	매우 크다

10) 소형항공기용 디젤엔진 개발동향 및 장단점 비교 분석, 이원중 외, 2013, 항공우주산업기술동향 11권1호

(4) 항공기용 왕복엔진과 자동차용 왕복엔진의 비교

○ 왕복엔진(피스톤엔진)은 항공기 역사 초창기부터 사용된 엔진으로, 라이트형제 이후, 세계1차대전 및 2차대전을 거치면서 항공기도 비약적으로 발전함.

○ 20세기 후반에 들어서면서 미국의 Lycoming과 Continental 등에서 개발된 왕복엔진들이 소형항공기 시장을 잠식했으며, 6인승급 이하 소형 항공기의 주력 엔진으로 자리잡음.

표 3 항공기용 왕복엔진과 자동차용 왕복엔진 비교

	항공기용 왕복엔진	자동차용 왕복엔진
엔진 사진	 [SMA SR350-230]	 [현대자동차 F 디젤 엔진]
내용	• 낮은 RPM대비 높은 Torque • 이륙 및 상승 시 엔진의 최대출력 사용 • 3300rpm 이하에서 최대출력 • 최대출력 대비 70% ~ 80%의 출력에서 엔진 사용 • 엔진 축에 프로펠러 직접 연결하여 사용 • 대기 환경의 변화에도 안정적인 출력이 요구됨. • Air - Cooling	• 높은 RPM대비 낮은 Torque • 6000rpm 이상에서 최대출력 • 최대출력 대비 10%의 출력에서 엔진 사용 • 감속기어 사용 • Air - Cooling & Liquid - Cooling

나. 가스 터빈 엔진

○ 항공용 가스터빈 엔진이란 연소실에서 연료와 공기의 연소를 통해 발생한 고온의 가스를 분출시켜 반작용 힘을 통해 추진력을 얻는 엔진

○ 일반적으로 공기흡입구, 압축기, 연소기, 터빈, 노즐 등으로 구성되어 있으며 엔진에 따라 애프터버너가 추가되기도 함.

○ 공기흡입구

- 제트기관의 연소 및 추진에 필요한 공기를 효율적으로 흡입하기 위한 장치

- 아음속용과 초음속용으로 나뉨.

- 초음속용의 경우 초음속류의 감속을 주로 행하는 장소에 따라 외부압축형, 내부압축형, 중간형으로 나뉨.

○ 압축기

- 기체를 압축시켜 압력을 높이는 기계적 장치

- 제트 엔진에는 터빈에 의해 빠른 속도로 회전하는 블레이드를 통해 얻는 큰 유동속도로 인한 운동량으로 기체의 압력을 상승

○ 연소기

- 압축기를 나온 고압공기에 연료를 분사하여 혼합하고, 이것을 연소시켜 가열하는 내연식 가열장치

○ 터빈

- 유체가 가지는 에너지를 기계적 일로 변환시키는 장치

- 회전체의 원주에 여러 개의 블레이드를 심고 그 곳에 연소실을 통과한 고온·고압의 가스를 내뿜어 고속회전시키는 터보형 기계

○ 노즐

- 액체 또는 기체를 고속으로 자유공간에 분출시키기 위해 유로 끝에 다는 장치

- 고압의 유체를 분사시킬 때 분출 단면적을 작게 하면 압력에너지가 속도에너지로 바뀌는 것을 이용

○ 애프터버너

- 일정압력까지 팽창한 연소가스를 다시 가열하는 재열기 중 하나로 재연소 후 터빈이 없으므로 가스온도에 대한 제한이 없음.

- 급상승이나 가속 등으로 단시간에 강한 출력을 원할 때 이용

○ 엔진 관련 항공기 기술기준 (국토해양부 고시)

- 엔진(Engine) : 항공기의 추진에 사용하거나 사용하고자 하는 장치. 엔진의 작동과 제어에 필요한 구성품(Component) 및 장비(Equipment)를 포함하지만, 프로펠러 및 로터는 제외

- 동력장치(Powerplant) : 엔진, 구동계통 구성품, 프로펠러, 보기장치(Accessory), 보조부품(Ancillary Part), 항공기에 장착된 연료계통 및 오일계통 등으로 구성되는 하나의 시스템. 다만, 헬리콥터의 로터는 포함하지 않음.

- 임계엔진(Critical Engine) : 어느 하나의 엔진이 고장난 경우 항공기의 성능 또는 조종특성에 가장 심각하게 영향을 미치는 엔진

- 왕복엔진의 이륙출력 : 해면상 표준상태에서 이륙시에 항상 사용 가능한 크랭크축 최대회전속도 및 최대흡기압력에서 얻어지는 축출력으로 연속사용이 엔진 규격서에 기재된 시간에 제한

- 정격 30분 OEI 출력(Rated 30-minute OEI power) : 터빈 회전익항공기에 있어, 엔진이 Part 33의 규정에 따른 운용한계 내에 있을 때 지정된 고도 및 온도에서 정적 조건으로 결정되고 승인을 받은 제동마력을 말하는 것으로서 다발 회전익항공기의 한 개 엔진이 정지한 후에 30분 이내로 사용이 제한

- 정격 2-1/2분 OEI 출력(Rated 2 1/2-minute OEI power) : 터빈 회전익항공기에 있어서, 엔진이 Part 33의 규정에 따른 운용한계 내에 있을 때 지정된 고도 및 온도에서 정적 조건으로 결정되고 승인을 받은 제동마력을 말하는 것으로서 다발 회전익항공기의 한 개 엔진이 정지한 후에 2-1/2분 이내로 사용이 제한

- 고도 엔진(altitude engine) : 해면고도에서부터 지정된 고고도까지 일정한 정격이륙출력을 발생하는 항공기용 왕복엔진

- 제동마력(Brake horsepower) : 항공기 엔진의 프로펠러 축(주 구동축 또는 주 출력축)에서 전달되는 출력

- 정격 30초 OEI 출력(Rated 30-second OEI power) : 터빈 회전익항공기에 있어, 다발 회전익항공기의 한 개 엔진이 정지한 후에도 한 번의 비행을 계속하기 위하여 Part 33의 적용을 받은 엔진의 운용한계 내에 있는 특정고도 및 온도의 정적 조건에서 결정되고 승인을 받은 제동마력. 어느 한 비행에서 매번 30초 내에 3 주기까지의 사용으로 제한되며 이후에는 반드시 검사를 하고 규정된 정비조치를 하여야 함.

- 정격 2분 OEI 출력(Rated 2-minute OEI power) : 터빈 회전익항공기에 있어, 다발 회전익항공기의 한 개 엔진이 정지한 후에도 한 번의 비행을 계속하기 위하여 Part 33의 적용을 받은 엔진의 운용한계 내에 있는 특정고도 및 온도의 정적 조건에서 결정되고 승인을 받은 제동마력. 어느 한 비행에서 매번 2분 내에 3 주기까지의 사용으로 제한되며 이후에는 반드시 검사를 하고 규정된 정비조치를 하여야 함.

- 정격 연속 OEI 출력(Rated continuous OEI power) : 터빈 회전익항공기에 있어, Part 33의 적용을 받은 엔진의 운용한계 내에 있는 특정고도 및 온도의 정적 조건에서 결정되고 승인을 받은 제동마력을 말하는 것으로 다발 회전익항공기의 한 개 엔진이 정지한 후에도 비행을 완료하기 위하여 필요한 시간까지로 사용이 제한

- 정격최대연속증가추력(Rated maximum continuous augmented thrust) : 터보제트 엔진의 형식증명에 있어, 지정된 고도의 표준 대기조건에서 Part 33에 따라 규정된 엔진 운용한계 내에서 분리된 연소실에서 유체가 분사되고 있거나 또는 연료가 연소하고 있는 상태의 정적 조건 또는 비행 조건하에서 결정되고 승인을 받은 제트 추력을 말하는 것으로 사용 상 제한주기가 없는 것으로 승인을 받음.

- 정격최대연속출력(Rated maximum continuous power) : 왕복엔진, 터보프롭엔진 및 터보샤프트 엔진에 있어, 지정된 고도의 표준 대기조건에서 Part 33에 따라 규정된 엔진 운용한계 내에서 정적 조건 또는 비행 조건하에서 결정되고 승인을 받은 제동마력을 말하는 것으로 사용 상 제한주기가 없는 것으로 승인을 받음.

- 정격최대연속추력(Rated maximum continuous thrust) : 터보제트 엔진의 형식증명에 있어, 지정된 고도의 표준 대기조건에서 Part 33에 따라 규정된 엔진 운용한계 내에서 분리된 연소실에서 유체 분사나 연료 연소가 없는 상태의 정적 조건 또는 비행 조건하에서 결정되고 승인을 받은 제트 추력을 말하는 것으로 사용 상 제한주기가 없는 것으로 승인을 받음.

- 정격이륙증가추력(Rated takeoff augmented thrust) : 터보제트 엔진의 형식증명에 있어서, 표준 해면고도 조건에서 Part 33에 따라 규정된 엔진 운용한계 내에서 분리된 연소실에서 유체가 분사되고 있거나 또는 연료가 연소하고 있는 상태의 정적 조건

하에서 결정되고 승인을 받은 제트 추력을 말하는 것으로 이륙 운항 시 5분 이내의 주기로 사용이 제한

- 정격이륙출력(Rated takeoff power) : 왕복엔진, 터보프롭 엔진 및 터보샤프트 엔진의 형식증명에 있어, 표준 해면고도 조건에서 Part 33에 따라 규정된 엔진 운용한계 내에서 정적 조건 하에서 결정되고 승인을 받은 제동마력을 말하는 것으로 이륙 운항 시 5분 이내의 주기로 사용이 제한

- 정격이륙추력(Rated takeoff thrust)이라 함은 터보제트 엔진의 형식증명에 있어, 표준 해면고도 조건에서 Part 33에 따라 규정된 엔진 운용한계 내에서 분리된 연소실에서 유체 분사나 연료 연소가 없는 상태의 정적 조건 하에서 결정되고 승인을 받은 제트 추력을 말하는 것으로 이륙 운항 시 5분 이내의 주기로 사용이 제한

- 해면고도 엔진(Sea level engine) : 해면 고도에서만 정해진 정격이륙출력을 낼 수 있는 왕복엔진

- 이륙 출력(Takeoff power):

  · 왕복엔진에 있어서, 표준해면고도 조건 및 정상 이륙의 경우로 승인을 받은 크랭크샤프트 회전속도와 엔진 다기관 압력이 최대인 조건 하에서 결정된 제동마력. 승인을 받은 엔진 사양에서 명시된 시간까지 계속 사용하는 것으로 제한

  · 터빈 엔진에 있어서, 지정된 고도와 대기 온도에서의 정적 조건 및 정상 이륙의 경우로 승인을 받은 로터 축 회전속도와 가스 온도가 최대인 상태 하에서 결정된 제동마력. 승인을 받은 엔진 사양에서 명시된 시간까지 계속 사용하는 것으로 제한

- 이륙추력(Takeoff thrust) : 터빈 엔진에 있어서, 지정된 고도와 대기 온도에서의 정적 조건 및 정상 이륙의 경우로 승인을 받은 로터 축 회전속도와 가스 온도가 최대인 조건 하에서 결정된 제트 추력. 승인을 받은 엔진 사양에서 명시된 시간까지 연속 사용이 제한

○ 가스 터빈 엔진에는 터보제트, 터보팬, 터보프롭, 터보샤프트 엔진이 있음. (그림 7)

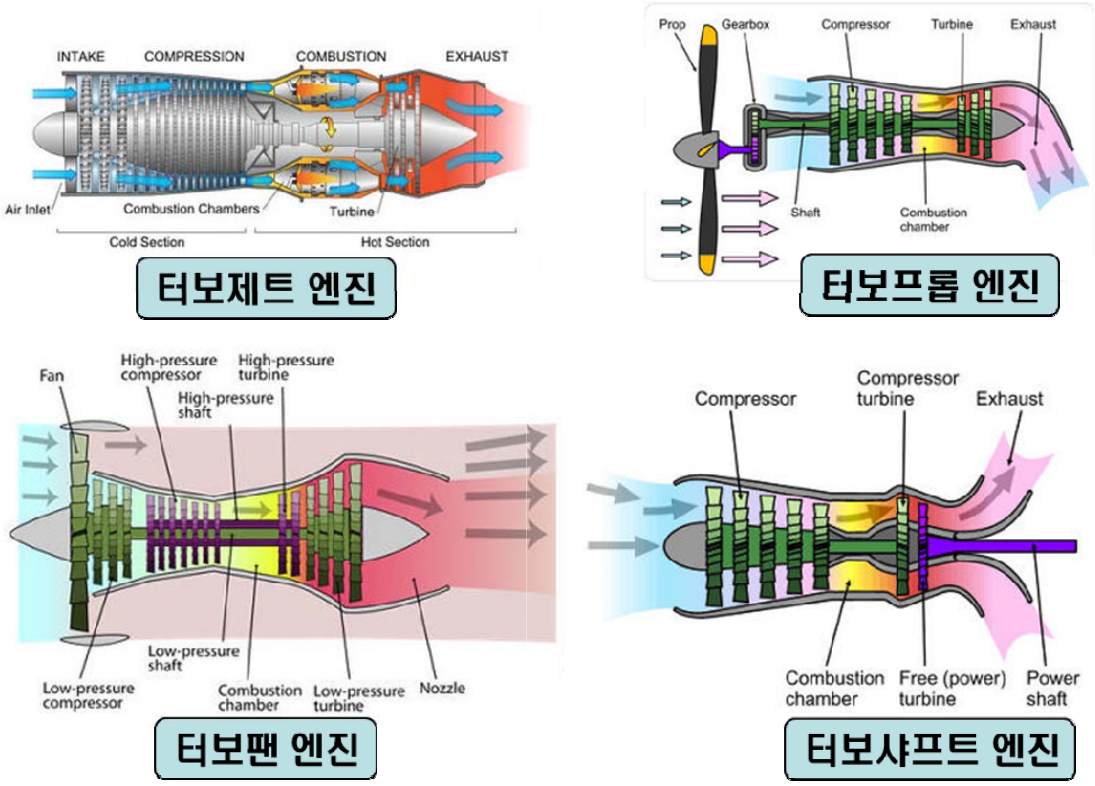


그림 7 가스 터빈 엔진의 종류

○ 가스터빈 엔진은 압축기(compressor), 연소실(combustor), 터빈(turbine)의 세 가지 부분으로 구성되어 있으며, Brayton cycle을 기본으로 작동함.

- 가스터빈 엔진은 흡입 공기를 연속적으로 압축기로 압축하여 연소기내에서 연료와 함께 연속적으로 정압연소 가열하여 발생된 고온, 고압의 가스로 터빈을 구동시킴.

- 가스터빈 엔진의 터빈 출력에서 압축기 구동에 필요한 출력을 뺀 나머지 부분이 유효출력이 되며, 이러한 가용 동력을 추진력으로 활용함.

○ 가스터빈 엔진은 다른 동력 기관에 비해 출력 또는 추력 대비 무게가 작고 설치 면적이 작게 요구되므로 일찍부터 항공기용으로 적용되기 시작하였으며, 현재는 육상 산업용으로까지 널리 사용되고 있음.

○ 가스터빈 엔진의 유효 출력은 기관의 형식에 따라 발전기, 프로펠러, 자동차, 기계 등의 구동으로 이용되는 경우와 배기가스 흐름에 의한 제트 에너지로서 항공기의 직접 추진에 이용되는 경우로 나뉨.

(1) 터보제트(turbojet) 엔진

○ 가스터빈 엔진 중 가장 초기형 엔진이며 가장 단순한 형태의 엔진.(그림 8)[11)]

○ 비교적 소량의 공기를 고속으로 분출시키기 때문에 소형 경량으로 큰 출력을 얻을 수 있음.

○ 비행 속도가 빠를수록 효율이 좋고 특히 천음속으로부터 초음속에서 우수한 성능을 나타내며, 저속에서는 효율이 감소하고, 연료 소모율이 증가함.

○ 단면적이 비교적 작고 고속 분사 기류의 이점을 살릴 수 있음.

○ 터빈은 압축기를 회전하는데 필요한 에너지만 흡수하고 나머지는 추력을 발생시키는데 사용됨.

○ 가스 발생기와 배기노즐 사이에 후기연소기(after burner)를 추가하여 가스를 재가열한 후에 배기노즐로 분사시켜서 추력을 증가시킬 수 있음.

○ 배기가스를 고속으로 분출시키기 때문에 배기소음이 심함.

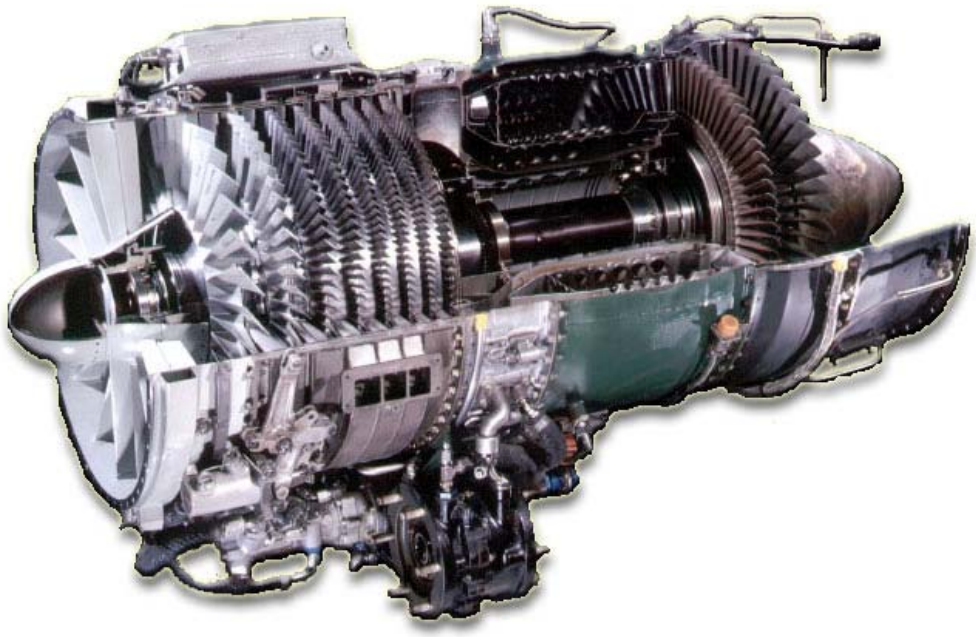


그림 8. Turbojet Engine (General Electric, J85)

11) http://www.dakotaairparts.com/businesses/j85-turbine

(2) 터보팬(turbofan) 엔진

○ 터보팬 엔진은 터보제트 엔진의 저속 성능을 향상시키기 위해 개발된 것으로, 대량의 공기를 비교적 저속으로 분출시켜 배기가스가 갖고 나가는 운동에너지를 줄여 저속에서 기관의 효율을 높게 한 추진 장치(그림 9)[12)]

○ 터보 제트 엔진의 터빈 뒤에 추가로 터빈을 증설하여, 이것에 의해 배기가스의 에너지를 흡수하여 배기가스의 속도를 줄이고 증설된 터빈으로 기관의 앞 혹은 뒤에 있는 팬을 구동시키며, 팬은 공기를 기관의 후방으로 보냄으로써 추력을 얻을 수 있음.

○ 아음속에서 연료효율이 좋아지기 때문에 현재 많이 사용되고 있음.



그림 9. Turbofan Engine (Rolls Royce, Trent 1000)

(3) 터보프롭(turboprop) 엔진

○ 터보프롭 엔진은 가스터빈 엔진 대부분의 출력을 축동력으로 빼낸 다음, 감속 기어를 거쳐 프로펠러를 구동하여 추력을 얻는 동시에 배기가스의 분사 추진력도 일부 얻을 수 있도록 되어 있는 기관 (그림 10)[13)]

○ 터보프롭 엔진은 프로펠러에 의하여 75~90%의 추력을 얻고 나머지 10~20%의 추력은 배기가스의 분사에 의하여 얻음.

○ 제트기관의 고속, 고고도 특성과 프로펠러의 저속, 저고도 특성의 장점으로 중속, 중고도 비행에서 높은 효율을 얻을 수 있도록 개발된 엔진

12) http://www.aerospace-technology.com/features/feature2019/feature2019-4.html
13) http://www.springerimages.com/Images/RSS/1-10.1007_978-1-4419-0042-5_11-18

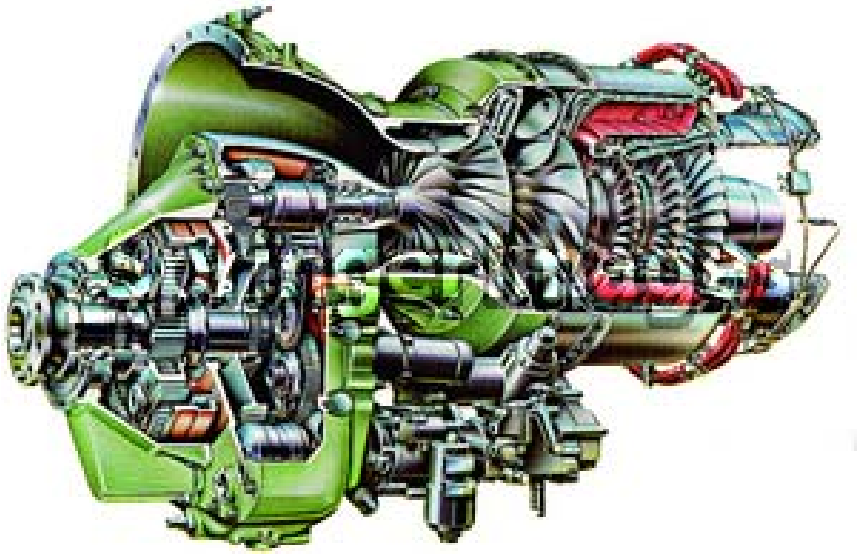


그림 10. Turboprop Engine (Garrett, TPE 331)

(4) 터보샤프트(turboshaft) 엔진

○ 터보축 엔진은 가스터빈 엔진의 출력을 100% 모두 축동력으로 발생시킬 수 있도록 설계된 엔진으로 주로 헬리콥터용 동력장치로 사용됨.(그림 11)[14]

○ 압축기용 터빈과는 기계적으로 독립된 자유터빈에 의하여 감속기어를 거쳐 회전동력을 얻게 되며, 배기가스의 폐열을 이용하여 효율을 최대로 얻도록 한 후 자동차, 선박, 및 발전기 구동용으로도 많이 이용됨.

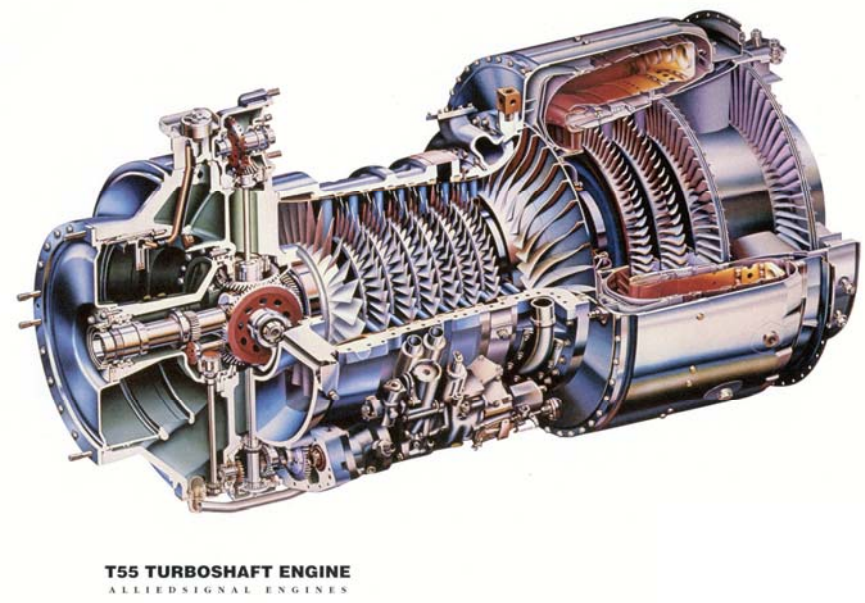


그림 11. Turboshaft Engine (Lycoming, T55)

14) http://www.chinook-helicopter.com/standards/areas/engine.html

2. 가스터빈엔진 기술 품목 및 기술

표 4 가스터빈엔진 기술 품목 및 기술

No.	Level 1 (부체계)	Level 2(품목/기술명)
1	압축기	블레이드
2	압축기	팬(팬공력 해석/설계)
3	압축기	사류형 압축기 해석/설계
4	압축기	엔진 로터 다이나믹스
5	압축기	고단축류압축기 설계기술
6	압축기	압축기 시험설비
7	터빈(Turbine)	노즐
8	터빈(Turbine)	터빈블레이드
9	터빈(Turbine)	엔진수명설계기술
10	터빈(Turbine)	냉각터빈 설계해석기술
11	터빈(Turbine)	쉬라우드 블레이드(Shrouded Blade) 설계해석기술
12	연료/윤활	FCU(Metering Valve System) - 연료유량조정장치
13	연료/윤활	오일냉각장치
14	연료/윤활	윤활시스템 네트워크 설계/해석
15	성능/제어	엔진컨트롤러
16	성능/제어	ECMS(Engine Condition Monitoring System)
17	성능/제어	가스터빈 제어로직 설계/해석
18	성능/제어	엔진진단평가(HUMS)
19	성능/제어	고공모사시험설비
20	성능/제어	보기시스템 통합벤치 테스트 설비
21	성능/제어	엔진 정상/천이상태 성능해석
22	성능/제어	엔진인증규격 및 체계
23	추진체계	TQA(Throttle Quadrant Assembly)
24	항공기 흡입구 (Inlet)	항공기 흡입구 - 초음속 흡입구 설계
25	항공기 흡입구 (Inlet)	회전익 IPS 공력 설계/해석
26	2차 동력	APU 코어
27	2차 동력	고속 Gearbox 설계
28	연소기	연소기
29	연소기	Low Nox 연소기 설계/기술
30	연소기	연소기 시험설비

3. 항공기용 엔진 인증기술의 정의

○ 감항성(Airworthiness)란 항공기, 엔진, 프로펠러 또는 부품이 인가된 설계에 합치(conforms to type design)하고 안전한 운용 상태(condition for safe operation)에 있음을 의미함.

○ 감항성유지(Continuing Airworthiness)란 항공기, 엔진, 프로펠러 또는 부품이 운용되는 수명기간 동안 적용되는 감항성 요구조건을 충족하고, 안전한 운용상태를 유지하기 위하여 적용하는 일련의 과정을 말함.

○ 항공기용 엔진에 대한 감항성 요건(Appropriate airworthiness requirements)은 인증 대상이 되는 항공기용 엔진에 대하여 국토교통부장관이 제정한 구체적인 감항성 규정인 항공기 기술기준(KAS)을 의미함.

○ 엔진 인증기술이라 함은 항공기 기술기준 Part 33 및 Part 34의 요건에 대한 적합성을 입증하기 위해 민간항공기용 엔진의 인증을 신청한 자가 제시하는 도면, 규격서 등의 형식설계, 해석/계산/시험/검사 등의 적합성 입증자료가 해당 요건을 충족하는지의 여부를 판단할 수 있는 기술적 능력을 말함. 이러한 인증기술은 구조, 기계계통, 전기전자장비 등의 각 전문 분야별로 제시되는 적합성 입증자료가 각 장치의 독립적 기능 및 장치 간 인터페이스, 엔진 전체 시스템의 안전성 및 향후 항공기에 장착된 이후 운용에 미치는 영향을 종합적으로 검토하고 판단할 수 있는 수준을 요구함.

○ 민간 항공기용 엔진 인증기술의 범위

표 5 민간항공기용 엔진 인증기술 범위

엔진 인증기술 범위	• 엔진 인증시스템의 수립 및 운용
	• 감항성 유지를 위한 적합성 판단
	• 민간항공기용 엔진의 일반적인 설계 및 구조 적합성 판단
	• 왕복엔진의 설계/구조/시험 적합성 판단
	• 터빈엔진의 설계/구조/시험 적합성 판단
	• 터빈엔진의 연료·배기가스 배출에 대한 적합성 판단

가. 엔진 인증시스템의 수립 및 운용

○ 엔진 인증절차는 미국 FAA나 유럽의 BASA 모두 항공기의 인증절차 기준으로 적용하고 있으며, 다만 엔진 특성 상 세부적으로는 일부 차이점을 가지고 있음.
엔진 특성에 따른 구분 없이 공통적으로 적용되는 지침에는 다음이 있음.

- “항공기 엔진 형식증명 핸드북”은 왕복엔진/터빈엔진에 모두 적용되는 기준서로서, 형식증명자료집(TCDS) 수록 자료, 설계변경의 변경, 인증단계별(예비 자료, 형식설계 자료, 형식증명자료) 인증 자료 개발, 엔진장착을 위한 설계고려사항, 장착 특성에 영향을 미치는 엔진 설계변경, 엔진 부품 및 재료의 승인, §33.7 엔진 정격 및 운용제한에 대한 지침, §33.8 엔진 출력 및 추력 정격에 대한 지침을 제시하고 있음. (FAA AC 33-2 참조)

- “엔진 계속감항성지침서(ICA) 개발 안내서” 는 왕복엔진/터빈엔진에 모두 적용되는 기준서로서, §33.4에 대한 요구조건에 대한 해설 및 적합성 입증방법에 대하여 제시하고 있음. (FAA AC 33.4-1 참조)

- “HIRF 및 낙뢰 보호를 위한 계속감항성지침서 (ICA)“은 왕복엔진/터빈엔진에 모두 적용되는 기준서로서, §33.4 ICA에 대한 적합성입증을 위하여 개발되어야 하는 고강도 전자장(HIRF) 및 낙뢰 보호를 위한 정비 요건개발에 고려되어야 할 사항을 제시하고 있음. (FAA AC 33.4-3 참조)

- “엔진 화재보호”는 엔진의 설계, 구성 이에 사용되는 재료는 화재의 발생과 확산 가능성을 최소화 하도록 기술기준에서 규정함에 따라 엔진의 화재방지에 대한 적합성 입증을 위한 화재보호 성능 판단, 시험 합격/불합격 기준, 재료별 설계 평가, 시험 조건 및 장비 등에 대해 제시하고 있음. (FAA AC 33.17-1A 참조)

- “엔진 전기전자 제어시스템의 적합성 기준”은 엔진의 전기전자 제어시스템의 적합성을 판단하기에는 Part 33 엔진 기술기준 이외의 프로펠러 제어를 위한 Part 35 프로펠러 기술기준과 항공기로의 전력 공급 성능 등 Part 23, 35, 27, 29의 항공기 기술기준을 고려하여 통합적으로 엔진의 제어시스템을 입증하여야 함. 이에 대한 전기전자 제어시스템의 적합성 입증 방안에 대한 지침을 제공함. (FAA AC 33.28-1 참조)

○ 왕복엔진에 대한 지침에는 다음이 있음.

- “피스톤엔진용 알루미늄 크랭크케이스/실린더 용접수리”는 왕복엔진 제작업체가 피스톤엔진에 사용되는 알루미늄 크랭크케이스 또는 실린더에 대한 용접수리방법을 제시하지 않는 경우 수리(repair) 신청자가 정비/수리에 관한 기술기준인 §43.9 및 43.13에 따라 적합성을 입증하는 방법을 제시하고 있음. 왕복엔진 형식증명과정에서는 적용되지 아니하므로 본과제시 지침 개발대상에서 제외되어야 함. (FAA AC 33-6 참조)

- “왕복엔진의 내구성에 대한 지침”은 초기 왕복엔진의 오버홀 주기(TBO, Time Between Overhaul)가 500～750 시간임에 비해 현재 재료와 설계 기술이 발달하고 내구성 성능도 우수해짐에 따라 오버홀 주기를 1000～2000시간으로 증가시키는 것을

승인함. 이에 대한 오버홀 주기 및 내구성 적합성에 대한 지침을 제공함. (FAA AC 33.19-1 참조)

- “왕복엔진의 전기전자 제어시스템에 대한 지침”은 AC 33.28-1과 동일하게 왕복엔진의 전기전자 제어시스템의 적합성을 입증 방안에 대한 지침으로 이 지침서는 보통, 실용, 곡예카테고리의 Part 23 소형비행기의 엔진에만 적용됨. (FAA AC 33.28-2 참조)

- “왕복엔진의 디토네이션 시험“은 왕복엔진 디토네이션 시험의 표준을 위하여 절차, 사용 연료, 시험 장비 등의 지침을 제공하고 있음. 이 지침서는 알콜이나 알콜과 가솔린 형태의 연료를 사용하는 엔진에는 적용되지 않음. (FAA AC 33.47-1 참조)

- 자기착화방식의 디젤을 연료로 사용하는 디젤 엔진인 경우에는 점화장치가 불필요함에 따라 점화시스템에 대한 기술기준이 적용되지 않으며 비행 중 재시동에 대해 고려할 필요가 있음. (EASA SC 참조)

○ 터빈엔진에 대한 개발되어야 할 지침은 다음과 같음.

- “터빈엔진 이물질 흡입시험 및 로터블레이드 봉쇄시험에 관한 형식증명절차”는 터빈엔진에 한해 적용되며, 터빈엔진에 유입될 수 있는 각종 외부 이물질(조류, 타이어 파편 등)이 흡입되는 경우 안전에 중대한 영향을 미치는 폭발, 통제할 수 없는 화재 발생, 엔진 분리, 파손된 블레이드의 봉쇄능력 약화 등을 초래할 있으므로 인증과정에서 이에 엔진 흡입 특성 및 파손된 로터 블레이드로 인한 손상으로부터 보호하기 위한 봉쇄능력에 대한 적합성입증 절차를 제시하고 있음. (FAA AC33-1 참조)

- “터빈 및 압축기로터 형식증명 입증절차”는 터빈엔진에 한해 적용되며, §33.27 터빈, 압축기, 팬, 터보과급기 로터, §33.5 엔진 장착 및 운용교범에 대한 적합성입증 방법을 제시하고 있음. 터빈 및 압축기 로터의 신뢰성과 안전성을 확보하기 위하여 과속 및 과열 상태에서 고장 없이 구조적 강건성을 유지하도록 충분한 구조강도를 갖도록 설계, 시험, 계속감항성 요건개발을 제시하고 있음. (FAA AC33-3 참조)

- “터빈엔진용 티타늄소재 사용을 위한 설계 고려사항”은 터빈엔진에 한해 적용되며, 화재발생가능성이 높은 티타늄소재 사용시 고려해야 하는 §33.17(f) 화재방지 및 §33.19 내구성에 대한 적합성입증 방법을 제시하고 있음. (FAA AC33-4 참조)

- “터빈엔진 로터블레이드 봉쇄성능 및 내구성”은 터빈엔진에 한해 적용되며, §33.19(a) 내구성 및 33.94 블레이드 내포 및 로터 불균형 시험에 대한 적합성입증 방법을 제시하고 있음. 왕복엔진의 내구성에 대한 적합성입증방법은 AC 33.19-1에서 제시되고 있음. (FAA AC33-5 참조)

- “회전익항공기 터빈엔진 2½분 1개 엔진 부작동(OEI) 정격 평가 지침”은 회전익항공기에 사용되는 터빈엔진에 관한 것으로서 고정익항공기용 엔진에 사용되지 아니하므로 본과제시 지침 개발대상에서 제외되어야 함. (FAA AC33-7 참조)

- “시험/계산을 통한 터빈엔진/APU 부품의 PMA 지침”은 엔진 형식증명 후 엔진 제작자와는 별도로 부품등제작자증명의 신청자가 교환/개조부품에 대한 증명인 부품등제작자증명을 받기 위한 적합성입증방법을 제시하고 있음. 터빈엔진 형식증명과정에서는 직접 적용되지는 않으나, 해당 기준서에서 17개 품목에 대하여 제시하고 있는 고장모드는 터빈엔진 안전성평가에 참조자료로서 개발이 필요할 수 있음. (FAA AC33-8 참조)

- “터빈엔진 부품의 대수리를 위한 설계자료 개발 절차”는 터빈엔진에 한해 적용되며, 항공기에 장착하여 사용하는 도중에 발생하는 대수리에 적용되는 기준서로서 터빈엔진 형식증명과정에서는 적용되지 아니하나, 터빈 엔진의 계속감항성을 위한 대수리 지침서로 개발이 필요함. (FAA AC33-9 참조)

- “터빈엔진 안전치명(Safety Critical) 부품에 대한 운용중 검사를 위한 계속감항성지침서 (ICA)“은 터빈엔진에 적용되는 기준서로서, 터빈엔진의 §33.4 ICA에 대한 적합성 입증을 위하여 개발되어야 하는 운용중 안전치명 부품의 검사방법 개발시 고려되어야 할 사항을 제시하고 있음. (FAA AC33.4-2 참조)

- “터빈엔진 로터의 고에너지 손상허용”은 항공기 가스터빈엔진의 고에너지 회전파트에 대한 수명에 대한 적합성 입증방법에 대해 기술되어 있음. 안전수명, 손상허용, “soft time“ 검사법에 의한 수명 평가방법에 대한 지침이 제시되어 있음. (FAA AC33.14-1 참조)

- “엔진구성품의 티타늄 합금 제조 공정”은 티타늄 합금이 터빈엔진의 구성품 재료로 사용되면서 기존의 지침서에서 제시하지 못했던 티타늄 합금의 제조공정 방법 및 검사에 대한 지침을 제공함. (FAA AC33.15-1 참조)

- “터빈엔진 진동”은 터빈엔진 진동시험에 대한 지침으로 엔진 진동의 개념, 용어의 정의, 진동에 대한 일반요건, 로터 불균형, 외부 구성품의 진동, 내부 구성품의 진동, 진동시험 절차 등으로 구성되어 있음. (FAA AC33.63-1 참조)

- “항공기용 터빈엔진의 서지 및 실속특성”은 터빈엔진의 서지 및 실속 특성과 관련한 용어의 정의와 시험계획, 분석방법 등 블록시험에서의 세부적인 적합성 입증 방안에 대한 지침을 제공함. (FAA AC33.65-1 참조)

- “항공기용 엔진 수명제한 구성품 요건에 대한 지침”은 엔진의 수명-제한 구성품에 대한 적합성 입증방법에 대해 제시되어 있음. 수명-제한 부품이란 고에너지 로터 구

성품처럼 고장이 발생했을 때 엔진에 위험한 영향을 미칠 수 있는 구성품을 가리킴. (FAA AC33.70-1 참조)

- “터빈엔진의 고에너지 손상허용” 은 고에너지 로터를 포함하여 엔진의 수명-제한 구성품에 대한 손상허용 설계 요구조건 및 적합성 입증방법에 대한 지침이 제시되어 있음. (FAA AC33.70-2 참조)

- “터빈엔진의 연속적인 회전과 로터 잠김” 은 엔진 정지 이후에 엔진이 계속적으로 회전하더라도 이로 인한 위험이 발생되지 않아야 함을 증명하기 위함. 터빈엔진의 연속적인 회전(Continued rotation)에 대한 적합성 입증방안에 대한 세부적인 지침을 제공하고 있음. (FAA AC33.74/92-1A 참조)

- “안전성 분석에 대한 지침” 은 33.75조항 안전성 분석에 대해 각 항목별 세부적인 지침과 더불어 관련 용어 정의, 적용 범위와 분석 기술 및 다양한 평가방법, 고려해야 할 사항에 대해 제시하고 있음. (FAA AC33.75-1 참조)

- “조류 흡입 인증 기준” 은 항공기 터빈엔진의 조류 흡입에 대한 적합성 입증에 대해 세부적인 지침을 제공하고 있음. 관련용어를 포함하여 입증을 위해 조류 크기, 밀도 등의 세부사항를 비롯한 시험 변수, 시험 조건, 시설 환경 등을 참고할 수 있음. (FAA AC33.76-1A 참조)

- “강우 및 우박조건에서 터빈엔진의 동력 손실과 불안정성” 은 터빈엔진의 강우 및 우박 흡입 관련 요건을 만족하기 위한 해당 시험에 대한 세부적인 지침으로, 시험 절차, 계측장비, 평가 기준 등을 참고할 수 있음. (FAA AC33.78-1 참조)

- “터빈엔진과 보조동력장치의 부품제작자증명을 위하여 진동 관측 및 고주기 피로 성능을 입증하기 위한 방법” 은 터빈엔진과 보조동력장치의 불레이드, 베인의 진동시험 및 해석에 대한 세부지침임. 진동 관측(vibration survey)과 고주기 피로 성능 평가 방법에 대해 다루고 있음. (FAA AC33.83-1 참조)

- “터빈엔진의 진동시험 “은 터빈엔진의 진동시험을 수행하고자 할 때 해당되는 시험 대상 구성품, 인증 시험 시 필요한 데이터, 시험 속도, 고도의 영향, 플러터 등의 공력 성능 요소 등에 대해 세부적으로 제시함. (FAA AC33.83A 참조)

- “터빈엔진의 교정시험, 내구성시험, 분해검사” 는 터빈엔진의 시험 항목인 교정시험과 내구성시험, 분해검사에 대한 시험조건, 시험절차, 시험 평가방법, 분해검사 기준과 계속감항성 지침사항, 보고서 작성 시 필요사항 등 세부적인 지침을 다루고 있음. (FAA AC33.87-1 참조)

- 터빈엔진과 보조동력장치의 부품제작자증명을 위한 내구성 시험” 은 터빈엔진과 보조

동력장치(APU)의 부품제작자증명(PMA)을 위한 내구성 시험에 대한 지침으로 시험조건과 합격/불합격 기준, 시편의 수, 시험 전후 검사방법 등을 참고할 수 있음. (FAA AC33.87-2 참조)

- “터빈엔진의 초기정비검사”는 터빈엔진의 초기정비검사에 대한 지침 및 입증방안을 제시하고 있음. 시험엔진형상, 시험기간, 합격/불합격 기준, 시험평가, 오버홀 주기에 대해 상세히 다루고 있음. (FAA AC33.90-1 참조)

- “터빈엔진 비행기의 연료 배기 및 배출 요구조건”은 항공기 엔진의 연료/배기가스 배출기준에 대한 인증 절차를 설명하고 국제민간항공기구(ICAO)의 지침을 포함하여 Part 34의 각 조항별 필요한 세부적인 지침사항을 제시하고 있음. (FAA AC34-1 참조)

- 터보팬 엔진의 팬 블레이드 재료로 카본 화이버 복합재를 사용함에 따라 달라지는 블레이드 파괴 위치 및 특성을 고려하여 블레이드 내포 및 로터 불균형 시험에서의 규정한 조건을 다르게 적용하여야 함. (FAA SC 33-007-SC 참조)

- 엔진과 보조동력장치에 대하여 필요에 따라 내구성시험 수행 시 25 운용시간, 30분 AEO 정격 출력과 정격 30분 OEI 출력시험을 추가로 수행하여 지상고정(ground locking), 동적 제동(dynamic braking), 100회의 엔진 시동 및 정지 특성을 입증하여야 함. (FAA SC 33-009-SC, 33-008-SC, 33-013-SC 등 참조)

- 상기 내용을 토대로 민간항공기용 엔진의 인증기술을 다음과 같이 도표화 할 수 있음.

표 6 항공기용 엔진 인증기술

번호	기준	형식증명적용	
		왕복엔진	터빈엔진
AC 33-1	터빈엔진 이물질 흡입 및 로터블레이드 봉쇄시험에 관한 형식증명절차		◎
AC 33-2	항공기 엔진 형식증명 핸드북	◎	◎
AC 33-3	터빈 및 압축기로터 형식증명 입증절차		◎
AC 33-4	터빈엔진용 티타늄소재 사용을 위한 설계 고려사항		◎
AC 33-5	터빈엔진 로터블레이드 봉쇄성능 및 내구성		◎

AC 33-6	피스톤엔진용 알루미늄 크랭크케이스/실린더 용접 수리	NA	
AC 33-7	회전익항공기 터빈엔진 2½분 1개 엔진 부작동(OEI) 정격평가 지침		NA
AC 33-8	시험/계산을 통한 터빈엔진/APU 부품의 PMA 지침		NA (참조 자료로 활용가능)
AC 33-9	터빈엔진 부품의 대수리를 위한 설계자료 개발 절차		◎
AC 33-4	엔진 계속감항성지침서(ICA) 개발 안내서	◎	◎
AC 33.4-1	엔진 계속감항성지침서(ICA) 개발 안내서	◎	◎
AC 33.4-2	터빈엔진 안전치명(Safety Criticla) 부품에 대한 운용중 검사를 위한 계속감항성지침서 (ICA)		◎
AC 33.4-3	HIRF 및 낙뢰보호를 위한 계속감항성지침서 (ICA)	◎	◎
AC 33.14-1	터빈엔진 로터의 고에너지 손상허용		◎
AC 33.15-1	엔진구성품의 티타늄 합금 제조 공정	◎	◎
AC 33.17-1A	엔진 화재보호	◎	◎
AC 33.19-1	왕복엔진의 내구성에 대한 지침	◎	
AC 33.28-1	엔진 전기전자 제어시스템의 적합성 기준	◎	◎
AC 33.28-2	왕복엔진의 전기전자제어시스템의 적합성 입증을 위한 지침	◎	
AC 33.47-1	왕복엔진의 디토네이션 시험	◎	
AC 33.63-1	터빈엔진 진동		◎
AC 33.65-1	항공기용 터빈엔진의 서지 및 실속특성		◎
AC 33.70-1	항공기용 엔진 수명제한 구성품 요건에 대한 지침		◎
AC 33.70-2	터빈엔진의 고에너지 손상허용		◎
AC 33.74/92-1A	터빈엔진의 연속적인 회전과 로터 잠김		◎
AC 33.75-1A	안전성 분석에 대한 지침		◎

AC 33.76-1A	조류 흡입 인증 기준		◎
AC 33.78-1	강우 및 우박조건에서 터빈엔진의 동력 손실과 불안정성		◎
AC 33.83-1	터빈엔진과 보조동력장치(APU)의 부품제작자증명(PMA)을 위하여 진동 관측 및 고주기 피로 성능을 입증하기 위한 방법		NA (참조 자료로 활용가능)
AC 33-83A	터빈엔진의 진동시험		◎
AC 33.87-1	터빈엔진의 교정시험, 내구성시험, 분해검사		◎
AC 33.87-2	터빈엔진과 보조동력장치(APU)의 부품제작자증명(PMA)을 위한 내구성 시험		NA (참조 자료로 활용가능)
AC 33.90-1	터빈엔진의 초기정비검사		◎
AC 34-1B	터빈엔진 비행기의 연료 배기 및 배출 요구조건		◎

나. 감항성 유지를 위한 적합성 판단

○ 엔진 제작자는 엔진과 모든 엔진 부품에 대한 감항성 유지 지침서를 제공하여야 하며, 이 지침에는 감항성 유지에 필수적인 정보를 포함하여야 함. 따라서 감항성 유지 지침서의 형식과 내용을 기술기준에서 규정하고 있으며, 각 항목별 포함되어야 할 세부내용은 본 과제 착수 시 개발할 것이다. 그 항목으로는 다음이 있음.

표 7 감항성 유지 지침서의 기술기준 규정

엔진 정비 교범 구성	• 정비/예방정비에 필요한 엔진 특징 설명
	• 엔진, 구성품, 시스템 및 장착물에 대한 설명
	• 포장 개봉, 고정장치 제거, 수락 검사, 리프팅, 보기장치 부착 절차 등을 포함한 장착 지침 및 필요한 점검항목
	• 진의 기본 제어 및 운용 설명 (엔진 구성품, 시스템, 부착물의 작동 방법, 그리고 엔진과 엔진 부품의 시동, 운전, 시험 및 정지 방법 설명)
	• 엔진의 기본 제어 및 운용시 적용되는 특수한 절차 및 엔진 제한사항이 있는 경우, 이에 대한 설명
	• 엔진 유지보수에 관련된 세부적인 설명(급유 위치, 탱크 및 리저버의 용량, 사용되는 유체의 형식, 각 시스템별 작용 압력, 윤활제 주입구, 사용되는 윤활제,

	유지보수에 필요한 장비)
	• 세척, 검사, 조절, 시험 및 윤활이 필요한 엔진 각 부품에 대한 정비 스케쥴 정보 및 이와 관련된 검사수준, 마모 한도, 권고되는 작업에 대한 정보
	• 권장 오버홀 주기 및 “감항 제한사항”과 상호참조
	• 엔진의 감항성유지를 위해 필요한 검사빈도를 포함하는 검사프로그램
	• 발생 가능한 오작동 식별, 오작동 감지 방법, 및 오작동에 대한 조치방법을 설명하는 고장탐구에 관한 정보
	• 엔진과 그 부품을 장탈 및 교환하는 순서와 방법, 그리고 이를 위한 주의사항을 설명하는 정보 및 적절한 지상 취급, 포장 및 선적을 위한 지침
	• 정비에 필요한 공구 및 장비에 대한 목록과 사용방법
엔진 오버홀 규범	• 오버홀 분해 절차 및 방법
	• 세척 및 검사 지침(오버홀 중 사용되는 자재 및 기구, 방법, 주의사항 포함) 및 오버홀 검사 방법
	• 오버홀과 관련된 맞춤(Fits) 및 간극 조정 정보
	• 마모 또는 기준에서 벗어난 부품/구성품의 수리 방법에 대한 정보 (교환 여부 판정에 필요한 정보 포함)
	• 오버홀 후 조립 순서 및 방법
	• 오버홀 후 필요한 시험
	• 보관 한계 및 보관 방법
	• 오버홀에 소요되는 장비 목록
엔진 감항성 제한사항	필수 교환 시간, 검사 주기 및 관련 절차

다. 항공기용 엔진의 일반적인 설계 및 구조 적합성 판단

○ 항공기용 엔진의 일반적인 설계 및 구조 적합성 판단을 위하여 표9과 같은 판단 항목을 설정함.

표 8 항공기용 엔진의 설계 및 구조 적합성 판단 항목

항공기용 엔진의 일반적인 설계 및 구조 적합성 판단	• 엔진 장착 및 운용교범
	• 엔진 정격 및 작동 제한사항
	• 엔진 출력 및 추력 정격 선정
	• 재료
	• 화재방지
	• 내구성
	• 엔진 냉각
	• 엔진 마운팅 체결장치와 구조
	• 보기류 체결장치
	• 터빈, 압축기, 팬, 터보과급기 로터
	• 전기 및 전자식 엔진제어시스템
	• 계기 연결장치

라. 왕복엔진의 설계/구조/시험 적합성 판단

○ 항공기용 왕복엔진의 설계/구조/시험 적합성 판단을 위하여 표10과 같은 판단 항목을 설정함.

표 9 항공기용 왕복엔진의 설계/구조/시험 적합성 판단 항목

왕복엔진의 설계/구조/시험 적합성 판단	• 엔진 진동
	• 슈퍼챠져/터보챠저/터보슈퍼챠저 로터
	• 연료시스템
	• 흡입시스템
	• 점화시스템
	• 윤활시스템
	• 진동시험
	• 교정시험

	• 디토네이션시험
	• 내구성시험
	• 작동시험
	• 엔진 구성품 시험
	• 분해검사
	• 형식검사승인서(TIA) 인증시험

○ 터빈엔진의 설계/구조/시험 적합성 판단 및 터빈엔진의 연료·배기가스 배출에 대한 적합성 판단을 위하여 표 11과 같은 판단 항목을 설정함.

표 10 터빈엔진의 설계/구조/시험 및 연료/배기가스 배출 적합성 판단

터빈엔진의 설계/구조/시험 및 연료/배기가스 배출 적합성 판단	• 엔진 진동
	• 써지 및 실속 특성
	• 블리드공기시스템
	• 연료시스템
	• 흡입시스템
	• 점화시스템
	• 윤활시스템
	• 유압작동시스템
	• 출력/추력 응답
	• 정지 후 연속회전
	• 안전성 해석
	• 조류, 강우, 우박 등 외부물체 흡입
	• 진동시험
	• 교정시험
	• 엔진과열시험

	• 디토네이션시험
	• 내구성시험
	• 작동시험
	• 엔진 구성품 시험
	• 분해검사
	• 블레이드 및 로터 불균형 시험
	• 엔진-프로펠러 시스템시험
	• 역추력장치
	• 보조동력장치 모드에서 엔진시험
	• 고의적인 연료방출의 예방
	• 기준압축비 측정
	• 매연배출 평가
	• 형식검사승인서(TIA) 인증시험

2절. 연구개발 배경

○ 국토교통부에서 항공선진화사업을 통해 세계 10위권 항공기술개발 및 안전한 항공교통서비스 실현을 목표로 연구, 개발을 진행하고 있음.

○ 단계적 항공기 개발을 통한 항공산업 선진화 및 수출기반 확대 조성을 목표로 설정

○ 현재 4인승 소형 항공기인 KC-100 나라온을 한국항공우주산업(KAI)에서 개발하였으며, 2인승 레저용 항공기도 국산화 작업을 하는 중임.

○ 수직이착륙이 가능한 세계 최고 수준의 스마트 무인기 개발 완료

○ 국토교통부에서 중소형항공기 국산화보급 기반을 위한 기획과제를 진행하였으며, 산업통상자원부에서 중형항공기 개발에 대한 과제를 공고 및 수행 중임.

○ 최근 항공용 엔진 개발 선진국에서 항공기용 엔진 개발 위험 부담을 줄이기 위해 국제공동개발 및 전략적 제휴를 확대하는 경향이 있기 때문에 이전에 비해 국제협력이 용이해짐.

○ 우리나라의 항공분야 국가 현안사업 등과 연계 또는 병행하여 엔진을 개발함으로써 항공기 국산화를 완료할 수 있음.

○ 우리나라는 항공기 엔진 개발 기반 산업인 기계, 자동차, 전기, 전자, IT 산업 등이 세계적 수준에 이르렀기 때문에 항공기 엔진 개발할 역량이 충분함.

○ 국내의 항공기 엔진 관련 산업(반도체, 기계, 전자, 정밀, 화학, 소재 등)의 발달로 항공기 엔진 개발을 위한 저변이 충분히 확보됨.

○ 엔진에 대한 우리나라의 인증 경험은 수입 항공기에 장착되는 엔진의 형식증명승인에 국한되어 있으며 국내 개발 엔진에 대한 국내 인증 경험은 전무한 상태임.

○ 국내 항공기 엔진 인증기술은 선진국 대비 기초 단계 수준에 머물러 있는 바, 항공기용 엔진 국산화 기반 구축 시에 선진국 수준의 인프라 구축을 위한 엔진 인증기술 확보가 반드시 필요함.

○ 항공기용 엔진의 개발 및 인증능력 확보를 통한 수출산업화를 위해서는 미국과의 BASA IPA에 포함될 수 있도록 하기 위한 정책 수립 및 BASA IPA 확대 추진에 대한 고려가 전제되어야 함.

1. 항공산업 선진화 기반 구축

○ 항공교통은 다른 교통수단에 비해 인적자원 물류를 촉진하고 경제성장률보다 빠르게 수요가 늘어나는 대표적인 성장산업

○ 항공운송 분야는 글로벌화가 진행될수록 그 수요가 급성장할 뿐 아니라 다양한 형태의 운송수단과 비즈니스가 파생될 수 있는 블루오션 시장임.

○ 항공산업은 높은 수준의 설계 및 제조기술, 기능성 첨단소재 등에 의해 경쟁력이 좌우되는 지식기반 산업으로서 전·후방 연관효과가 크고 고급인력의 고용을 촉진함으로써 우리나라의 미래 성장동력으로 적합함.

○ 우리나라는 세계 10위권의 항공운송대국이며 기계, 전자통신, 컴퓨터 등 항공산업이 도약할 만한 기반산업이 잘 갖춰져 있고 군용기 수요기반도 탄탄함에도 불구하고 항공기 제조업은 상대적으로 낙후되어 있으며 국민경제에서 차지하는 비중이나 기여도도 낮음.

○ 항공산업이 경제적 위상에 비해 상대적으로 낙후된 것은 첫째, 민간부문이 감당하기에는 엄청난 투자비가 소요되고 둘째, 투자비 회수에 오랜 시간이 소요되는 장주기산업이며 셋째, 글로벌 시장규모가 작아 과점시장을 형성하고 있어 진입장벽이 크다는 사실 등에 기인함.

○ 민항기 시장의 성장성에 주목한 우리나라는 2000년대 들어 중소형 항공기 산업에 투자를 확대하고 있으며 국산항공기의 경쟁력을 높이기 위해 엔진을 비롯한 주요 부품의 국산화를 추진하고 있음.

○ 항공산업은 인적·물적 교류의 가장 중요하고 효과적인 산업으로 국가 전체의 경쟁력과 성장을 좌우하는 핵심 산업

- 국가의 경쟁력 확보와 생존경쟁에 필수불가결한 국가의 기본 서비스

- 제조사 및 기관 자체의 노력만으로는 불가능하기 때문에 국가의 책임 하에 추진이 필요한 산업

○ 우리나라 항공산업은 해외기술도입 생산방식에 대한 의존도가 높은 산업구조이기 때문에 항공기 및 특히, 항공기용 엔진 제작 기술기반이 취약하고 더불어 인증 기술기반도 취약한 상태임.

2. 중소형항공기와 주요 부품 국산화기반 구축

○ 정부는 2010년 「항공산업발전기본계획」을 통해 “2020년 생산 200억불, 수출 100억불 달성”을 통한 “항공산업 Global 7 도약”이라는 비전을 제시하고 4대 전략의 하나로 “완제기 개발을 통한 시장선점 및 기술확보”를 설정했음.

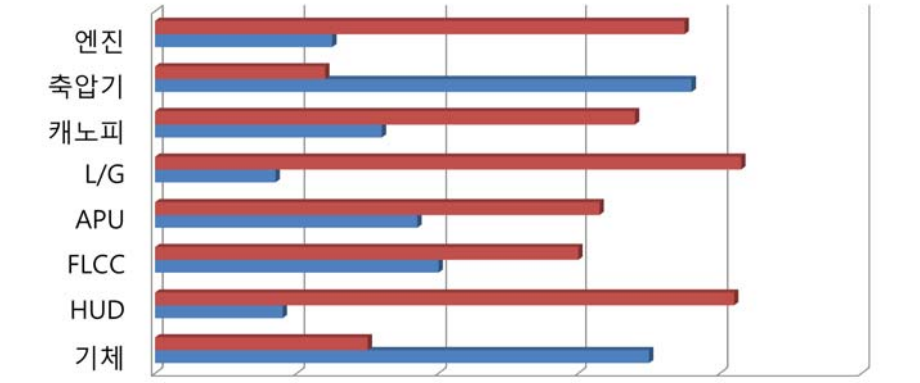
○ 항공산업의 균형 있는 발전, 항공산업의 국민경제 기여도 증진 및 국산 완제기의 경쟁력 제고를 위해서는 핵심부품의 국산화기반을 확보해야 하며 대표적으로 항공기의 성능과 경쟁력을 좌우하는 엔진의 국산화가 시급한 실정임.

○ 정부의 「항공산업발전기본계획」을 성공적으로 추진하고 항공선진화 목표를 달성하기 위해서는 중소형 항공기의 국산화와 함께 엔진국산화가 병행 추진되어야 함.

○ 국내 항공기 제작·인증기술은 선진국 대비 기초 단계 수준이므로 선진국 수준의 첨단 항공기술 인프라 구축을 위한 기술 개발 필요

- 국내 항공기용 엔진기술은 선진국 대비 약 60% 수준으로 미흡하고, 관련 핵심기술은 외국에 의존하고 있는 실정

○ 항공기용 엔진시스템의 비중은 항공기 총 원가의 약 30~40%로, 동체에 이어 두 번째로 큰 비중을 가지는 핵심장비이며, 기계, 전기, 전자, 화학, 소재 등 각 분야의 기술이 통합된 첨단시스템 분야임.



	기체	HUD	FLCC	APU	L/G	캐노피	축압기	엔진
해외조달	30	82	60	63	83	68	24	75
국내조달	70	18	40	37	17	32	76	25

* HUD(head up display), FLCC(flight control computer), APU(aux. power unit), L/G(landing gear)

그림 12. T-50 부품 별 국산화 비율(금액기준)

○ 우리나라 최초의 초음속 항공기인 T-50에 장착된 엔진의 경우 국산화율이 25% 정도로 가격경쟁력 약화로 인한 수출에 어려움을 겪고 있음.(그림 12)

○ 항공기용 엔진 산업은 21세기 첨단산업을 선도하는 시스템 종합 산업으로 산업고도화를 위한 대표적인 지식 기반 산업임.

○ 항공기용 엔진 산업은 산업구조 고도화를 위한 대표적인 지식기반 산업이며, 제품의 특성상 신뢰성, 정밀성, 경량화, 에너지 효율성 등과 관련한 고부가가치의 첨단 기술들이 복합적으로 활용되는 시스템종합산업임.

- 고부가의 항공기용 엔진 소재는 산업원천기술 개발사업 등으로 개발 후 자동차, 산업용터빈, 발전용 터빈 등과 공동수요 창출이 가능함

- 소재산업은 원천기술확보가 핵심이며, 단일산업만으로 시장창출이 어려움

○ 항공기용 엔진 산업은 기계, 전자, 컴퓨터, 정밀 기계, 신소재 등 광범위한 분야의 복합기술의 발전 및 관련 산업으로의 기술파급효과 촉진

- 타 산업 분야와 연관도 높은 분야는 부품소재기술개발사업 등으로 지원하고 개발 기술의 Spin-off 유도(그림 13)[15]

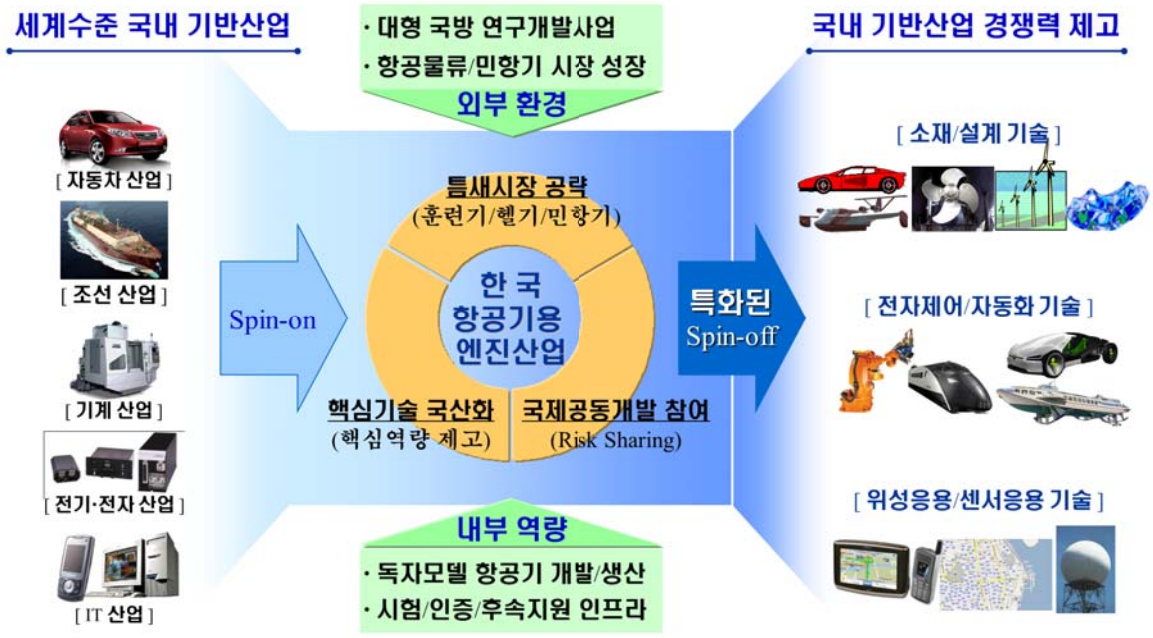


그림 13. 항공기용 엔진산업의 기술 파급효과

15) http://www.asiae.co.kr/news/view.htm?idxno=2010012114215615507

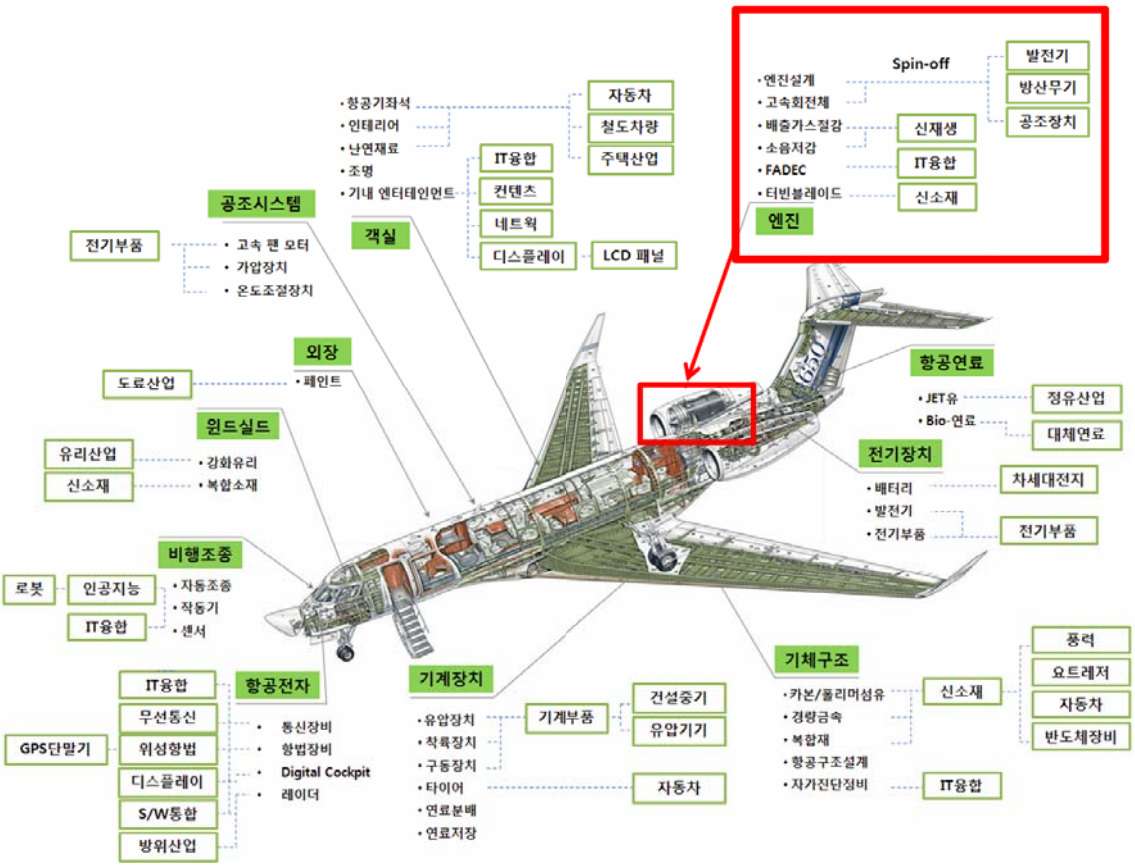


그림 14. 항공기 시스템별 연관 산업 개략도

○ 민간 항공기용 엔진 보급기반 구축을 위해 경쟁국 대비 비교우위 확보 가능한 핵심 기술에 집중투자 필요(선택과 집중)

- 민간 항공기용 엔진 핵심개발 기술에 대한 기술적 타당성 및 경제성을 검증하고, 개발과제의 추진전략을 체계적으로 분석 제시하는 것이 필요

○ 항공기용 엔진 산업은 소득수준의 향상, 산업구조 고도화에 따른 물동량의 증가, 세계 일일 생활권화, 대량 수송화, 쾌적성과 안락성 등에 대한 선호도의 증가로 세계 10여 개 선진국에서 중점적으로 육성하고 있음.

○ 경제성장으로 인한 소득수준의 향상으로 건강, 환경에 대한 관심이 커지면서 점차 웰빙에 대한 욕구가 강화되고 있으며, 본인이 원하는 가치를 추구하는 소비형태가 증가하는 등 라이프스타일의 다양화 추세가 나타나고 있음.[16)]

- 다양한 라이프스타일을 추구하는 소비형태가 증가함에 따라 일반용항공기(General Aviation)를 이용한 레저, 스포츠 시장의 활성화가 기대됨.

○ 항공기용 엔진 산업은 거액의 연구개발비 및 초기 설비투자를 포함한 대규모의 경제

16) 2010 항공산업 전략기술로드맵

력 확보가 필수인 산업분야로 선진국들은 자국의 산업구조 고도화를 위해 국가전략사업으로 육성하고 있으며, 항공기용 엔진 생산 국가는 미국, 영국 등 일부 선진국에 국한되어 세계시장을 독과점하고 있음.

○ 항공기용 엔진 산업은 자동차, 선박, 항공기 등의 고성능화를 통해 국가위상을 높일 수 있는 국가 전략 산업으로, 기술 선도국과 국내 기술 수준과의 격차가 크므로 단시간 내에 기술경쟁력 확보가 불가능하며, 수입대체 효과를 위한 국산화 개발이 필요함.

○ 엔진 제작산업은 미래 고부가가치 첨단 산업으로서 제품 및 기술수명이 길어 After Market 확보와 고급인력 고용창출 효과가 높은 국가 신성장 동력사업으로 기대됨.

○ 항공기용 엔진 산업은 타 산업에 대한 기술 파급 효과가 매우 큰 산업으로 항공, 기계, 전자, 신소재, 정밀 가공, 시스템 관리 등의 복합기술 발전에 큰 영향을 미침.

○ 항공기용 엔진 국산화 기반 구축을 통해 항공기 생산원가 절감 및 엔진 정비 기술력 향상은 우리나라의 항공 운송 실적의 증가의 시너지 효과를 기대할 수 있음.

○ 대만의 국영 항공기업인 AIDC의 2010년 영업수익 중 엔진 분야가 차지하는 비중이 42.38%에 달함.

- AIDC의 협력 업체 중 에어로윈의 2010년 영업수익의 96.4%가 항공기 엔진 관련

○ 항공기용 엔진 관련 산업은 제품의 특성상 신뢰성, 정밀성, 경량화, 에너지 효율 성 등과 관련한 고(高)부가가치의 부품 제조 산업이며, 많은 연구개발비와 기반 시설이 요구되는 기술/자본 집약적 첨단 기술 산업임.

○ 최근 들어 개발 선진국들도 항공기용 엔진 개발위험 분담을 위한 국제공동개발 및 전략적 제휴가 보편화되고 있어 비교적 국제협력이 용이한 시기가 도래하였고, 우리나라의 항공분야 국가 현안사업(예: 경항공기, 소형항공기, 중형항공기, 민수헬기 개발) 등과 연계, 병행하여 항공기용 엔진을 개발함으로써 산업능력을 고양하고, 국산화 증대를 통한 사업충실도 제고가 가능함.

○ 항공기용 엔진 산업은 안정성, 신뢰성이 중요시되기 때문에 규제가 많아 대규모 투자가 불가피함. 또한, 민간 기업이 적극적으로 투자하기 곤란하며, 장기 개발 계획에 따라 시장이 형성되므로 실적과 신뢰성이 확보된 설비만이 경쟁 가능하여 소수의 제작업계가 시장을 과점하고 있는 상태임.

○ 항공기용 엔진은 구조가 복잡하고 연소가스를 작동매체로 사용하기 때문에 범용 해석도구 등을 사용한 설계 및 해석이 어렵고 다수의 실험에 의존하는 대규모 재원을 필요로 하는 고부가가치 기술제품임.

- 신규설비의 개발, 제작, 인증은 물론, 기존 설비의 보수, 교체 등 모든 분야에 있어서 소수의 해외 선진업체들이 독점적인 위치를 확보

○ 우리나라는 항공기용 엔진 개발을 위한 기반 산업인 기계, 자동차, 전기/전자 및 IT 산업 기반 등이 체계적으로 갖춰져 있으므로 국가 현안사업 등과 연계, 병행하여 항공기용 엔진을 개발할 역량이 있음.

○ 국내의 경우 관련 산업(반도체, 기계, 전자, 정밀, 화학, 소재 등)의 발달로 항공기용 엔진개발을 위한 저변확보가 마련된 바, 상호 시너지 효과를 달성할 수 있는 최적시기를 맞이하고 있음.

○ 항공기 산업은 항공기 생산 및 관련 부문과 운용 관련 부문으로 구분할 수 있음. 항공기 생산 부문에는 부품·소재 산업과 완제기 제작 산업이 있고, 운용 관련 부문에는 MRO와 지상 지원 장비 산업이 있음.

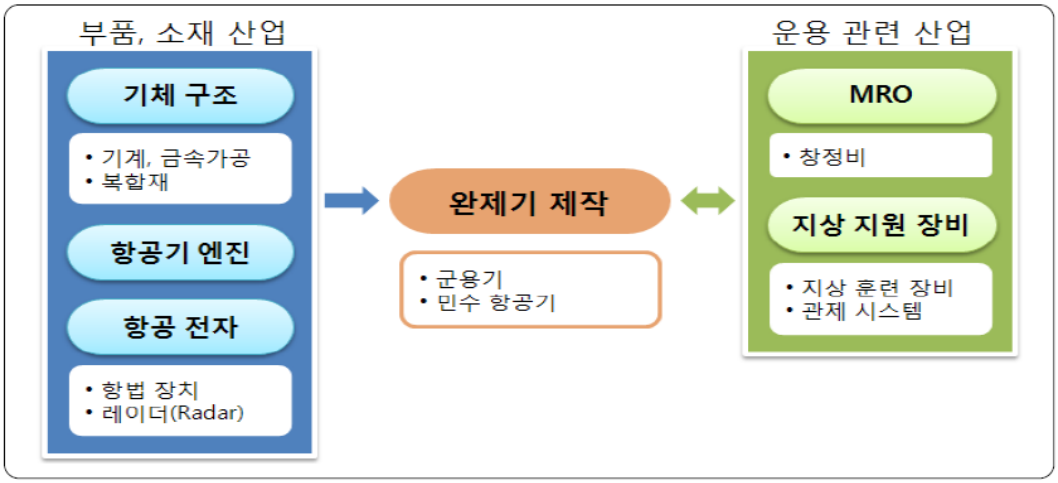


그림 15. 항공기 산업의 분류

3. 신개념 항공기용 엔진 기술 동향 조사

○ 국토교통부에서 중소형항공기 국산화 보급 기반을 위한 기획과제를 진행하였으며, 중소형 항공기 국산화를 완료하기 위해서 중소형항공기에 장착할 항공용 가스터빈 엔진의 개발이 필요함.

○ 최근 항공용 엔진 개발 선진 업체에서 엔진 개발에 대한 위험 부담을 최소화시키기 위해서 국제 협력 개발을 늘려나가는 추세이기 때문에 최근 엔진 개발에 있어서 국제 협력에 대한 가능성이 높아짐.

○ 국제 환경 규제의 강화로 인해서 효율이 높고 환경오염을 최소화시킨 신개념 항공용 엔진의 중요성이 높아짐.

○ 국토교통부의 항공선진화사업의 목표인 세계 10위권 항공기술개발을 달성하기 위해 신개념 항공용 엔진의 개발이 필요함.

○ 2010년 10대 항공핵심기술 중 고효율 친환경 추진 시스템 포함으로 고효율 친환경 추진 시스템에 대한 개발 목표가 나타남.

○ 항공 교통에 의한 온실가스 배출량 감소 추세

○ 친환경 고효율 가스터빈 엔진 개발을 위한 방법으로 크게 바이패스 비를 높이는 것과 압축기의 압축비를 높이는 것이 진행 중이나 온실가스인 이산화탄소 증가 또는 환경오염 물질인 질소 산화물 증가라는 문제점을 지니고 있음.

○ 바이패스비 증가를 위해 팬에 기어를 장착하거나 덕트를 없앤 형태의 엔진 개발 완료 및 진행 중임.

○ 압축기의 압축비를 높이기 위해 각각의 압축기 회전 방향을 반대로 하는 형태의 압축기를 개발함.

○ 해외의 선진 기업에서는 향후 10~20년의 엔진 개발 계획을 수립 후 진행 중

○ 점점 강해지고 있는 환경 규제에 대한 심도 있는 검토가 필요함.

○ 고효율 친환경 추진시스템의 국내 기술수준은 해외에 비해 매우 떨어지는 것으로 나타남.

3절. 연구개발 필요성

1. 연구개발의 필요성

○ 항공우주산업은 산업 기술 비전 2020에서 우리나라 주력 산업으로 구분되어 항공산업 글로벌 Top 7 도약을 목포로 하고 있음.[17)]

○ 항공우주산업은 기계, 전자, IT, 소재 등의 첨단기술이 융복합된 종합시스템 산업으로, 국가의 기술수준과 산업영략의 척도가 되는 첨단산업임. 또한 높은 기술파급 및 생산유발 효과와 고부가가치 및 대량고용창출이 가능한 선진국형 지시기반 산업임.[18)]

* 고용창출: '08년 매출액 610억 달러 보잉사 16만 명 Vs. 매출액 1,120억 달러 삼성전자 8.4만 명

○ 핵심기술역량은 선진국 대비 70% 수준으로 핵심부품 및 인증기술이 상대적으로 취약
- 군수중심 발전으로 수익구조 및 저변이 취약하고, 영세한 산업 생태계 및 선순환 투자 미흡 등으로 기업경쟁력 취약[19)]

* 군수 12.6억 달러(64%), 민수 7.2억 달러(36%)로 군수 의존도가 높고, 관련 기업 수 100여 개, 고용 1만 명으로 국내 산업이 취약

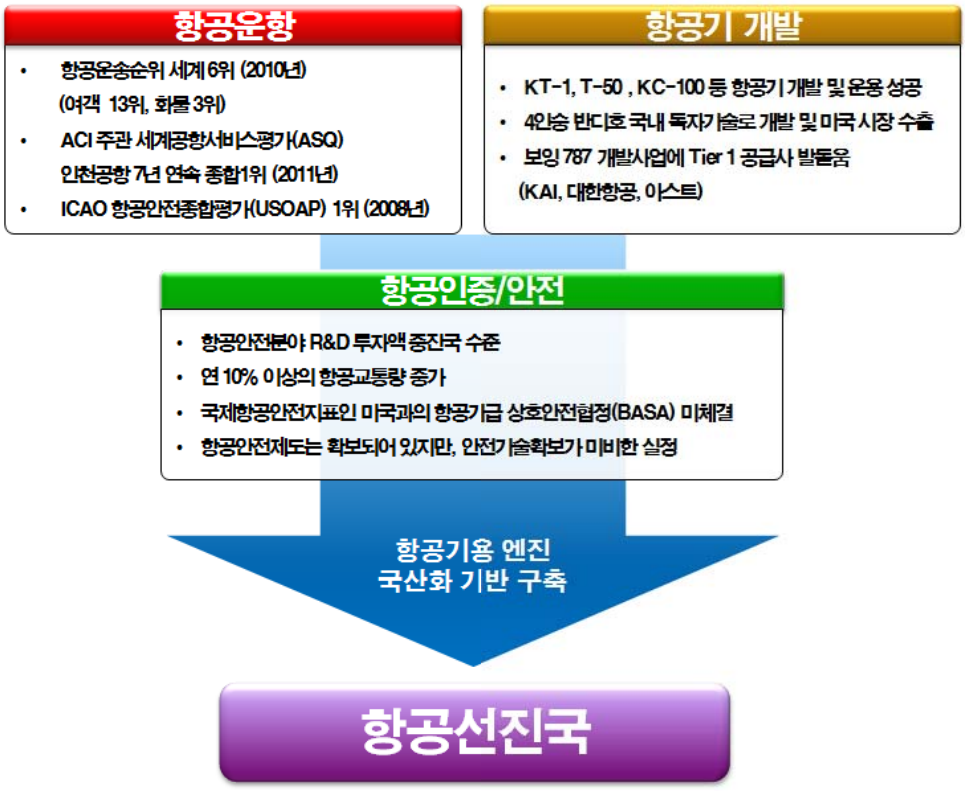


그림 16. 한국의 항공 산업 실적

17) 산업 기술 비전 2020, 지식경제 R&D 전략기획단, 2010
18) 산업 기술 비전 2020, 지식경제 R&D 전략기획단, 2010
19) 산업 기술 비전 2020, 지식경제 R&D 전략기획단, 2010

○ 항공운송, 공항실적 부문에서 세계 10위권 국가로서 국제 지위에 걸맞은 항공기용 엔진 제작/인증 기술 선진화를 통해 인프라 구축 및 보급기반 확보 필요[20)]

○ KLA-100과 KC-100의 제작/인증기술 인프라 선진화 추진 사업에 이어 Part 25급 중소형항공기 국산화와 수출 기반을 추진하는 사업의 효율성 증대와 성공적 수행을 위하여 우리나라 항공기용 엔진 기술 인프라를 미국/유럽 등 선진국 수준으로 단계적 조성 추진 필요

○ 민간 항공기용 엔진의 제작/인증 기술 선진화를 통해 미국 등 기술 선진국과 상호항공안전협정(BASA)을 추진하여 우리나라 항공산업을 세계 10대 항공기술 강국으로 육성 도모 필요

○ 한·미간 민간 항공기용 엔진 상호항공안전협정(BASA) 체결로 항공선진국과 동일 수준의 항공인증기술력 확보 필요
- 국내 민간 항공기용 엔진 제작/시험/인증 인프라의 구축 필요

○ 민간 항공기용 엔진 시장은 대규모 개발비용과 높은 브랜드 로열티, 글로벌 제품 개발 및 생산시스템의 구축과 글로벌 마케팅, 글로벌 A/S 시스템 구축 및 이에 따른 거대규모의 운영자금과 경험 및 역량이 뒷받침되어야 함.

○ 항공산업 선진국 도약을 위해서는 선진국이 이전을 회피하는 핵심기술의 조기 확보 필요[21)]

○ 항공운송, 공항실적 부문에서 세계 10위권 국가로서 국제 지위에 걸맞은 항공기용 엔진 제작/인증 기술 선진화를 통해 인프라 구축 및 국산화 기반 구축 필요

○ 항공분야 국가 현안 사업 중 하나인 중소형 항공기 개발 이후 수출 경쟁력확보를 위해 항공기용 엔진의 국내개발을 통한 엔진산업 인프라 구축 및 원가 절감이 필요

○ 항공기용 엔진개발을 통한 독자 개발능력 확보와 수출산업화를 위해 인증 핵심기술, 관련시설 및 인프라를 선진화/국산화해야 할 필요성이 있음. 특히, 최근 국내 민간 항공기 보유대수의 증가로 항공사의 엔진 정비 및 시운전 수요가 증가 추세에 있으나 이를 뒷받침 할 MRO(Maintenance, Repair, Overhaul) 분야의 민간업체 투자는 경제적 위험도가 높다는 이유로 투자를 꺼리고 있으므로, 국가차원의 인프라 구축이 요구됨.

○ 항공기용 엔진 산업은 고(高)부가가치 산업이지만 많은 연구비 투자와 시설 투자가 뒷받침되어야 하므로, 민간 기업이 정부의 지원 없이 큰 Risk가 존재하기 때문에 정부차원의 지원이 필요함.

---

20) 한국항공운항학회 홈페이지 (http://mercury.hangkong.ac.kr)
21) 2010 항공산업 전략기술로드맵

○ 항공기용 엔진은 열/유체, 구조/동역학, 제어 및 측정, 소재분야 등의 공학 전 분야의 핵심기술이 종합적으로 활용되는 시스템 기술로, 선진 엔진 개발사들과의 기술 격차가 매우 크므로 국가전략적 차원에서 기술개발 및 산업 육성 필요함.

○ 항공기용 엔진 산업은 민간 항공기 및 군용 전투기, 미사일 등에 활용 가능한 첨단핵심기술 산업으로 기술 선진국에서의 기술이전이 곤란한 산업이므로 자주 국방을 이룩하고 국가위상을 높일 수 있는 국가 전략 산업을 정부 차원의 재정적 지원이 필요함.

○ 우리나라의 항공분야 국가 현안 사업인 경항공기, 소형항공기, 중형항공기 등의 개발이 완료되었을 때 수출을 위해서 가격 절감을 위해 국산화된 항공기 엔진이 필요함.



그림 17. 신규 개발 왕복 엔진의 탑재 가능한 항공기 후보 기종



그림 18. 신규 개발 가스터빈 엔진의 탑재 가능한 항공기 후보 기종

○ 2010년도 우리나라 항공우주산업은 KHP, T-50 양산, 민항기 부품수출 증가 등으로 생산이 2조 7천억 원으로 증가하였으며 향후에도 FA-50, KHP 양산, 보잉과 에어버스 등 민수부품 수출물량 증가로 생산규모는 지속적으로 증가할 전망임.

○ 국내 기술수준은 80년대의 기체 조립생산과 ‘90년대 초등훈련기 독자개발 단계를 거쳐 현재는 고등훈련기를 개발하는 수준까지 발전하였으나 기체부품의 가공분야를 제외한 기본설계기술, 핵심부품의 개발능력, 시험평가능력 등은 아직 선진국에 비해 낙후되어 있음.

○ 항공기 엔진의 기본설계기술과 핵심부품의 개발능력 없이는 산업의 고부가가치 창출

및 기술파급효과를 기대할 수 없으며 국가안보에 기반이 되는 전략산업으로서의 효과도 기대하기 어려우므로 기술수준 향상이 필요함.

○ 항공기 엔진의 핵심기술을 확보하기 위한 전략이 필요한데 고등훈련기 개발로 축적된 기술력을 토대로 향후 민수분야의 새로운 기종 개발을 추진하게 되면 민항기 분야의 기술축적이 가능할 것임.

○ 항공산업이 지난 10년간의 성장추세가 이어진다 하더라도 2020년의 생산, 수출 및 고용 추정치는 「항공산업발전기본계획」의 비전과는 현격한 차이를 보임. 이러한 격차를 줄이고 항공산업발전 목표를 달성하기 위해서는 부가가치가 높은 핵심부품의 개발 및 수출, Part25급 항공기의 개발, 국산부품과 완제기의 수출여건 조성을 위한 인증기반 확립 및 미국과의 BASA체결 등이 수반되어야 함.

표 11 항공산업기본계획의 목표와 전망

구 분	목 표 (A)	예측 (B)	차이 (A/B)
생산	20,000백만 달러	6,625백만 달러	3.02배
수출	10,000백만 달러	4,811백만 달러	2.08배
고용	70,000명	16,780명	4.17배

주: 예측은 2003-10년의 성장률을 적용한 수치임

○ 항공기 엔진은 항공기 총 원가의 약 30~40% 가량 차지하는 비중이 큰 핵심 장비로 소형 및 중소형, 중형 항공기 국산화 후 수출 경쟁력 확보를 위해 필수적으로 개발하여야 함.

○ 항공기 엔진 개발을 통해 인증 기술, 엔진 관련 인프라를 국산화해야 하며, 항공사의 엔진 정비 및 시운전 수요가 증가하는 추세에 맞게 MRO(Maintanance, Repair, Overhaul) 분야의 인프라 구축이 필요

○ 항공기 엔진 개발은 민간 기업에게 큰 위험 부담이 존재하기 때문에 정부 차원의 지원이 필요함.

○ 항공기 엔진 개발은 현재 외국의 선진 개발사와 기술 격차가 매우 크기 때문에 국가적 차원에서 기술 개발 및 산업 육성이 필요함.

○ 발전용 산업 가스터빈의 경우 제작, 조립, 운영 분야가 어느 정도 수준에 도달했으며, 대형가스터빈 국책과제 등의 여러 연구 개발 과제 수행이 예정 또는 진행 중이기에 항공용 엔진 개발과 시너지 효과를 낼 수 있음.

○ 국내에서 항공기 엔진 관련 산업이 활성화되지 않았기 때문에 항공기 엔진 개발에 대

한 기술적 수요가 없기 때문에 국가적 차원에서 연구 개발이 필요함.

○ 항공기용 엔진 산업은 고(高)부가가치 산업으로 첨단산업을 선도하는 종합적이고 대표적인 지식 기반 산업으로 인식되고 있으나 국내의 항공기용 엔진 산업은 수입한 항공기에 장착된 엔진의 정비(계속감항성 측면) 및 운용에 관한 산업과 기술력에 국한되어 있음.

○ 우리나라가 항공기용 엔진의 설계/제작국으로 발돋움하기 위해서는 국제적으로 그 안전성과 신뢰성을 인정받을 수 있도록 우리나라의 국제 지위에 걸맞은 항공기용 엔진 인증 기술 선진화를 위한 인프라가 구축되어야 함.

○ 항공기용 엔진의 설계/제작국으로서의 인증 인프라를 구축하기 위해서는 인증시스템 구축, 인증전문가 양성, 및 인증기술 능력을 확보함과 동시에, 실물 항공기용 엔진의 개발이 동시에 수행되어 국내 독자적인 인증을 받아야만 개발에 따른 실질적인 효과를 기대할 수 있음.

○ 항공기 엔진에 적용되는 인증시스템, 엔진 개발 시에 필요한 인증기술요건의 분석과 확보계획, 국제적인 인증능력을 인정받기 위한 미국과의 BASA IPA 확대 전략을 중점적으로 연구할 필요성이 있음.

○ 국내 항공기 엔진 산업은 수주 위기의 사업으로 물량이 제한적이고 단속적이고, 자체적인 완제품 개발 여건이 미흡하므로 고부가가치의 설계기술이 제외된 부품제작위주 산업임.

- 국내 기술로 설계, 제작, 생산한 항공기용 엔진의 수출을 위하여 BASA인증 체결을 통한 BASA IPA확대가 필요

- 항공기 엔진 분야의 기술적 타당성 분석과 특허 분석, 경제성 분석 등을 통하여 인증시제품을 생산하고 FAA 인증을 취득할 필요성 증대

○ 항공용 가스터빈 엔진 국산화를 완료하기 위해서 세계 수준의 친환경 가스터빈 엔진의 개발이 필요함.

○ 국내에서 개발된 항공기용 가스터빈의 경제성 확보를 위해서 내수뿐만 아니라 해외 수출까지 고려할 필요가 있음.

○ 항공기 엔진의 해외 수출을 위해서 최근 항공기 엔진 개발 추세인 친환경 고효율 항공기 엔진의 개발이 불가피함.

○ 신개념의 친환경 고효율 항공기 엔진 개발에 있어서 현재 외국의 선진 회사와 기술

격차를 줄이기 위해 국가적 차원의 지원이 필요함.

○ 친환경 고효율 항공기 엔진 개발은 현재 국내의 항공기 엔진 관련 산업 현황을 고려할 때 민간 기업에게 지나친 위험 부담이 가해지므로 정부 차원에서 산업을 선도하는 것이 필요함.

○ 현재 국내에서 진행 중인 발전용 산업 가스터빈의 경우에도 친환경 기술이 요구되는 만큼 항공용 가스터빈 개발과 시너지 효과를 기대할 수 있음

2. 연구개발의 타당성

○ 항공기나 관련 핵심 부품은 개발만으로 수출이 될 수 없고, 반드시 인증기술 연구를 동시에 추진해야 함.

○ 다부처 개발 과제로 가는 것이 가장 적합하지만, 여의치 않으면 인증을 전문적으로 관리할 수 있는 국토교통부가 단독으로 항공기용 엔진 국산화 보급기반 구축 과제를 추진하는 것이 타당함.

○ 국토교통부 4대 사업이 도로, 항만, 철도, 공항(항공)에 집중되는데, 공항운영의 책임을 지고 있는 국토교통부가 항공 개발 사업을 주도하는 것이 타당함.

○ 산업통상부에서 책임지고 추진할 사업은 셀 수 없이 많지만, 국토교통부는 항공산업을 4대 중점 산업으로 지정하여 집중적으로 관리할 수 있고, 항공기의 수출에 필수적인 인증을 주관하여 관리하기 때문에 인증이 반드시 필요한 항공기용 엔진 개발 사업은 국토교통부가 추진하는 것이 타당함.

2장. 국내외 동향 및 환경분석

1절. 국내외 정책동향

1. 국내 정책동향

○ 항공기용 엔진 개발을 위한 정부 지원이 꾸준히 이어지고 있지만 항공기용 엔진의 개발을 위한 독립적인 사업 추진은 없었고 발전용 가스터빈 개발 사업이 활발히 진행되어 왔음. (그림 19)[22]

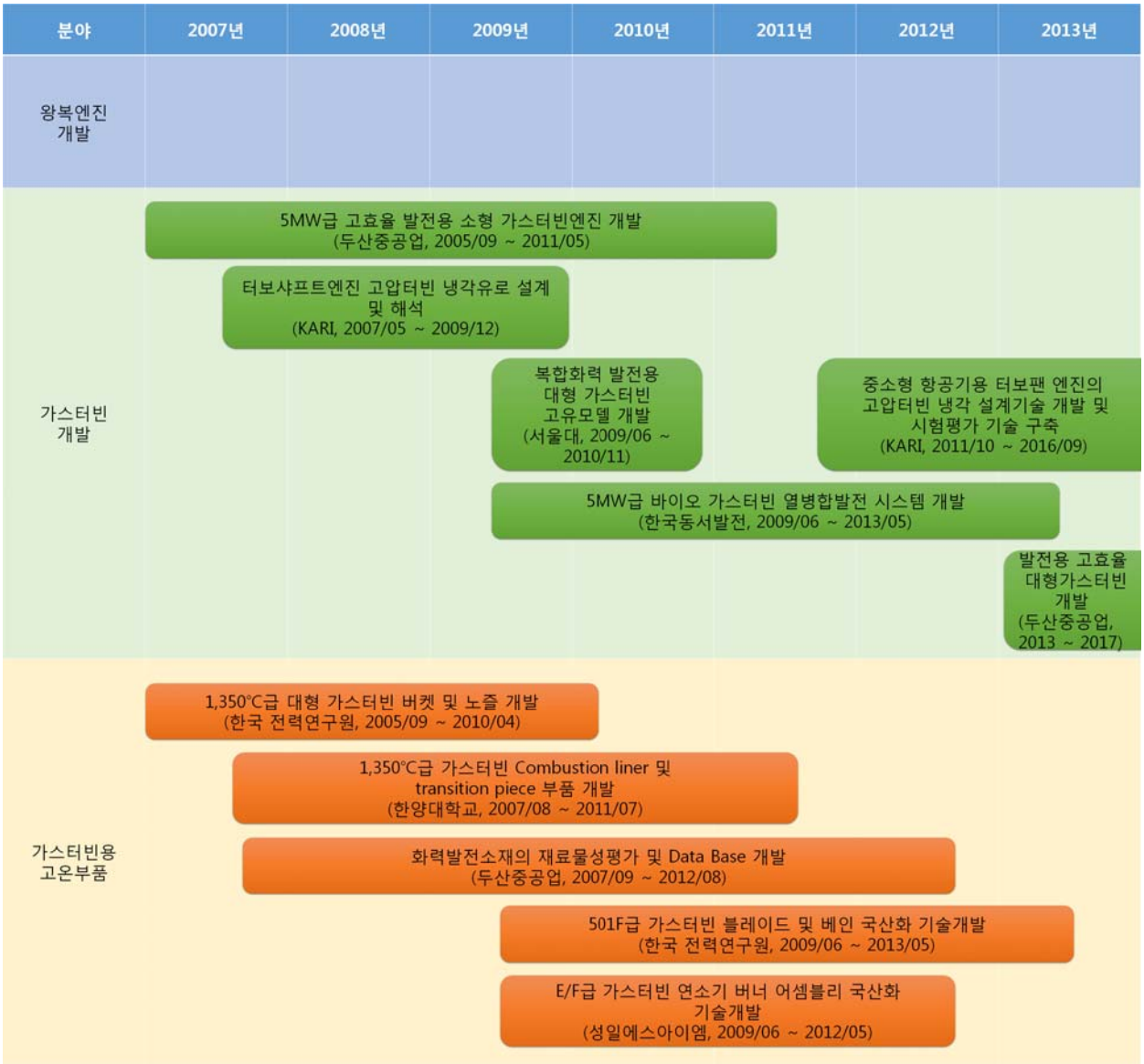


그림 19. 엔진기술부문 정부지원현황

22) 국내 외 가스터빈 기술 현황, 한국에너지기술평가원, 2011

○ 항공산업발전 기본 계획을 1999년에 수립한 이후 정부에서 2010년 1월 ‘2020년 항공산업 Global 7 도약’을 위한 청사진으로 ‘항공 산업발전 기본계획’('10~'19)을 발표(그림 20)[23]

- 10대 항공핵심 기술 중 ‘고효율/친환경 추진시스템’에서 냉각터빈, 연소기, 전기 추진 시스템 등의 연구를 지원



그림 20. 항공산업발전 기본 계획

○ 항공산업 선진화 전략

- 2020년까지 생산 200억불, 수출 100억불 달성으로 ‘항공산업 Global 7 도약’을 목표로 완제기 개발 등 4대 전략과 13개 세부추진과제 제시

23) 항공산업 발전 기본계획 - 2010 ~ 2019 - , 2010, 지식경제부

- 우리나라 산업기반 및 잠재역량을 감안하여 대형기 RSP 참여, 중급 완제기 공동개발 등에 주력하는 영국, 일본 등을 롤 모델로 하며 발전전략 수립

- 제7회 항공우주산업개발정책심의회에서 ‘10대 항공핵심기술 선정 및 항공분야 R&D 추진방향’과 ‘항공산업 지역별·기능별 발전계획’이 확정 및 발표

○ 10대 항공핵심기술 선정 (표 13)[24]

표 12 10대 항공핵심기술

기술체계	항공핵심기술 후보			중점 추진 기술 분야
체계종합	1	전략 핵심	항공기 통합설계 기술	고효율 비행체 설계 기술
				친환경 고효율 미래형 비행체
객실 편의성 설계	2	시급 확보	객실 안락성·편의성 향상 기술	항공기 소음 저감 기술
				객실 안락성 향상 기술
비행 안전성 설계	3	시급 확보	비행 안전성 향상 및 시험평가 기술	결빙방지 시스템
				다이나믹 시스템 지상 시험장치 개발
차세대 기체구조	4	시급 확보	차세대 소재 및 기체 구조물	복합소재 및 일체형 구조물 기술
				신소재 부품 성형 기술
항공전자/ 비행제어	5	시급 확보	차세대 항공전자 기술	IMA 기반 항공전자 시스템
				정보융합용 시현기 기술
	6	전략 핵심	지능형 자율비행 기술	유인기 조종 시스템 무인화 기술
				통합 비행제어 시스템 기술
	7	시급 확보	무장통합 시스템	차세대 수출기 무장통합 기술
고성능 기계/ 전기/보기류	8	시급 확보	고기능 서브시스템/ 보기류 부품	고기능 착륙장치 핵심 부품
				초정밀 전기 작동식 유압구동기/핵심부품
				환경제어장치(ECS PACKAGE)
				차세대 Air Data 센서 및 아키텍쳐 설계통합 기술
				연료시스템 정밀제어 핵심 부품
				하이브리드 능동제어 로터 시스템
고효율/친환경 추진시스템	9	전략 핵심	고효율 친환경 추진시스템	차세대 다중화 FADEC 기술
				기어박스 연동 시동계통
				고온 고효율 냉각터빈 기술
				친환경 고효율 연소기 기술
				고효율 고출력 전기추진 시스템
				친환경 하이브리드 추진 시스템

24) 10대 항공핵심기술 선정 및 항공분야 R&D 추진 방향, 2010, 제7회 항공우주산업개발정책심의회

기술체계	항공핵심기술 후보			중점 추진 기술 분야
MRO	10	시급 확보	성능개선/개조 기술	기체/구성품 정비 기술
				기체/객실 개조 기술

○ 10대 항공핵심기술에 고효율 친환경 추진 시스템 포함

- 차세대 다중화 FADEC 기술
- 기어박스 연동 시동계통
- 고온 고효율 냉각터빈 기술
- 친환경 고효율 연소기 기술
- 고효율 고출력 전기추진 시스템
- 친환경 하이브리드 추진 시스템

○ 고효율 친환경 추진 시스템을 전략핵심기술로 선정하여 원천기술 확보를 목적으로 함.

○ 고효율 친환경 추진 시스템에 대해 장기적인 관점에서 꾸준히 육성해야 하는 기술로 선정

표 13 고효율 친환경 추진시스템 상세 개발 방안

항공핵심기술 후보	중점추진 기술분야	주요 적용 플랫폼					지원 수단	
		중형기	민수헬기	KFX	KAH	무인기	우선지원 사업	기타사업
고효율 친환경 추진시스템	차세대 다중화 FADEC 기술	◉	◉	◉	◉	◉	산업융합원천기술개발(IT융합)	무인기 개발사업, 항공부품 R&D
	기어박스 연동 시동계통		○	◉	○		KFX 개발사업	KAH, 민수헬기 개발사업
	고온 고효율 냉각터빈 기술	◉					부품소재기술개발사업	항공부품 R&D
	친환경 고효율 연소기 기술	◉					부품소재기술개발사업	항공부품 R&D
	고효율 고출력 전기추진 시스템					◉	산업융합원천기술개발(자동차/조선)	항공부품 R&D(旣개발 기술의 항공기적용 중점)
	친환경 하이브리드 추진 시스템					◉	산업융합원천기술개발(자동차/조선)	항공부품 R&D(旣개발 기술의 항공기적용 중점)

○ 핵심기술 개발에 정부 R&D 투자 집중

- 부처별 역할 분담에 따른 R&D 지원으로 효과성 극대화 (표 15)[25)]

- 핵심기술별로 상대적으로 활용성이 높은 플랫폼(완제기)을 선정하고, 해당 완제기 개발 사업 추진 시 중점적으로 국산화

- 완제기 개발사업 외에도 각 부처 R&D 예산 중 항공분야 지원이 가능한 사업을 적극 활용

○ 항공 분야의 장기적인 Plan을 제시하고, 민간의 투자를 유도

표 14 항공핵심기술 확보를 위한 부처별 역할분담

지원구분	관계부처	관련 사업	비고
완제기 개발사업	지경부	중형기, 민수헬기 등 개발사업	• 체계개발 사업을 통한 핵심기술 국산화
	방사청	KFX, KAH 등 개발사업	
	국토부	중형기, 민수헬기 등 개발사업	• 민항기 개발과 연계하여 인증기반 구축 및 관련 기술 개발
기술개발 사업	지경부	항공우주부품 기술개발사업	• 항공 전용도 높은 기술 개발, 전기종을 대상으로 한 표준화 개발 등
		산업융합원천 기술개발사업	• 원천기술확보가 핵심이며, 他산업과 공동수요 창출이 필수적인 분야 기술개발
		부품소재 기술개발사업	• 항공기술과 他분야 기술간 spin-on/off를 통해 경쟁력 확보 가능한 분야 기술개발
	지경부, 방사청	민군겸용 기술개발사업	• 민군겸용 기술 개발 및 상용화, 민군상호 기술 이전 등
	방사청		• 국방분야 핵심 기술개발
	국토부	항공선진화사업	• 항공안전기술, 항공정비 및 사고예방기술, 차세대 항행시스템 및 지능형 공항시스템 기술 개발 등

○ 항공기용 엔진의 실용화를 위해서는 복잡하고 방대한 부품 및 콤포넌트, 서브시스템을 국제 분업에 의해 제조, 조립해 나가기위한 생산과 품질관리도 중요한 기술 과제로 인식되어야 함.

25) 10대 항공핵심기술 선정 및 항공분야 R&D 추진 방향, 2010, 제7회 항공우주산업개발정책심의회

○ 기초부터 실제까지의 연구단계를 명확히 구분하여 연구 기관과 대학, 산업이 연계하여 기술 축적을 설계할 필요가 있으며, 이를 사용할 수 있는 대형 시험 설비 자체에도 높은 기술과 막대한 자금을 필요로 함.

○ 엔진 산업이 제조 판매를 통해 이에 필요한 연구 개발 투자, 설비 투자를 포함, 투하 자금의 회수도 장기간이며, 엔진 라이프사이클 전반에 걸쳐 장기간을 필요로 함. 이와 같이 산업이 하나의 엔진 시리즈의 개발에서 이익에 이를 때까지에 필요한 기술, 장비, 인력, 그리고 자금이 그 판매 이익에 비해 큰 것도 특징임.

○ 항공기용 엔진은 그 성능과 신뢰성, 안전성을 보장하기 위해 고도의 다양한 기술과 실증이 필요함. 부품 소재 수준은 초내열 합금, 알루미늄 합금, 티타늄 합금, 세라믹, 복합재를 이용한 복잡한 형상의 각종 부품이 사용되기 때문에 용접, 전해가공, 레이저 가공, 절단, 연마, 용사, 접착 등 다양한 고급 가공법이 적용됨.

○ 하나의 엔진으로서 집적화하기 위해서는 품질 관리, 검사·시험법, CAD 활용, 전자제어 모니터링에 필수적인 소프트웨어/하드웨어 인증 및 탑재에 이르기까지 매우 넓은 저변의 기술과 관련 산업을 필요로 함.

- RTCA DO-178 항공전자 소프트웨어 인증 지침

- RTCA DO-254 항공전자 단순/복잡 하드웨어 승인 지침

- RTCA DO-160 항공제품 환경시험 인증 지침

- 안전성평가(System Safety Assesment)

○ 우리나라의 경우, 민수용 엔진에 대한 인증을 정책적/산업적으로 추진할 기회가 없었음.

○ 우리나라가 외국의 엔진 선두 기업을 쫓아 적용하는 것이 목표이지만, 한층 더 크게 발전시킬 것은 미래를 예측해 효과적인 연구 개발을 실시하는 것이 무엇보다 중요함. 엔진 집적화를 할 수 있는 기회가 전무하여, 엔진 기술 경험축적의 기회가 없었음. 부품 레벨에서의 기술의 연속성은 유지되고 있지만, 민간 항공기용으로 필요한 경쟁력 있는 엔진 전체 개발 기술을 획득하고, 선진 기술로 발전 시킬만한 기회가 없었음.

○ 구미의 선진 업체가 초고바이패스비 저연비 터보 팬 엔진을 개발할 수 배경에는 산관학 및 군민 일체가 되어 계속하고 있는 국가 프로젝트에 의해 혁신적인 요소 기술의 개발에 의해 습득, 경험한 고도의 기술력과 이를 뒷받침 실용 운용 실적이 있었기에 가능한 것이었음.

- 이러한 국가 프로젝트는 반드시 특정 사양을 가진 엔진의 개발을 목표로 하는 것이 아니라, 각 주요 요소 기술을 10~15년 후에 도달해야할 수준까지 향상시키는 것을 목표로 하고 있음.

- 이를 통해 개발된 각 주요 요소 기술은 빌딩 블록 방식으로 특정 엔진이 아니라 보다 광범위하고 범용성이 높은 고성능 엔진을 목표로 하고 있음.

- 항공기 시장의 요구에 대응하기 위해서는 각 요소 기술을 끊임없이 진보 발전시킬 필요가 있음.

2. 국외 정책동향

○ 각국 정부는 항공우주산업이 국민 경제에서 차지하는 중요성 때문에 국가 차원의 육성을 위한 각종 지원 조치를 강구해 왔으나, 현 WTO 체제 하에서는 상당한 어려움이 예상됨. 기술선진국의 각종 제재가 더 심해지기 전에 정부지원을 통한 핵심기술의 국산화가 필요함.

- 유럽에서는 보조금과 같은 직접지원 뿐 아니라, 수출 신용 대부 보증제도, 수출세 공제 등 간접지원 방식도 활용하고 있음.

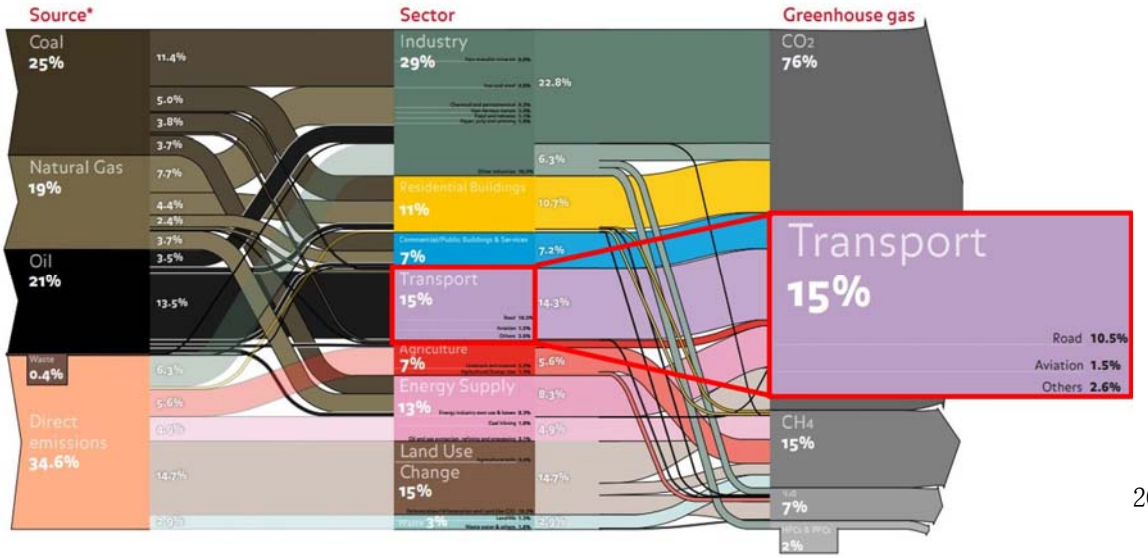
- 미국은 NASA 등 국립연구기관이 민간 기업에 연구 개발을 위탁하는 형태이고 직접적인 지원을 전혀 하고 있지 않음.

- 미국은 유럽의 민간항공기에 대한 지원책을 강력히 비판하고 있어 미국과 EU사이에 무역협상의 일환으로 보조금 삭감 문제가 채택된 바 있으며, 우리나라도 정부가 핵심산업 육성과 수출 증진을 위하여 직접 혹은 간접 보조금을 지원하는 경향을 보유한 국가로 간주되고 있음.

○ 전세계적 무한경쟁으로 인해 국가별 기술패권주의가 확대되면서, 첨단기술에 대한 기술이전을 기피함. 항공우주산업과 관련된 첨단기술은 군사, 경제 및 정치적으로 주도권을 확보하는데 중요한 산업으로 각국은 국가차원에서 기술보호를 중시

- 후발국은 기술획득 비용이 증가됨으로 인해 산업 경쟁력 확보에 어려움을 겪을 것이며, 우수인재 유치를 위한 경쟁 속에서 역 인재 유출(Reversed Brain Drain) 현상이 강화될 것으로 예상됨.

○ 2010년 세계 온실가스 배출량 중에서 항공 교통에서 1.5% 발생하였으며(729 MT), 2005년 대비 온실가스 배출량 21 MT 감소



26)

그림 21. 2010년 각 항목 당 세계 온실가스 배출 비율

○ ACARE & EU Clean sky : 2000년 배출량 기준 2020년 목표 설정[27)]

- 인km 당 연료 소모량 및 CO2 배출량 50% 감소
- NOx 배출량 80% 감소
- 인식 소음(perceived noise) 50% 감소
- CO2 배출량 50% 감소 시 항공기 효율 20~25% 증가, 엔진 효율 15~20% 증가, 항공 교통 관리 5~10% 증가

○ FAA CLEEN (Continuous Lower Emissions, Energy, and Noise) Program[28)]

- 2003년 제정된 The Stage 4 standard 기준 소음 32dB 감소
- 2004년 ICAO에서 제정된 CAEP 6 기준 LTO (landing and takeoff cycle) NOx 배출량 60% 감소
- 현재 아음속 항공 기술 기준 연료 소모량 33% 감소

○ NASA ERA (The Environmentally Responsible Aviation) : 2009년 제정, 2025년 목표[29)]

- 항공기 저항 8% 감소
- 항공기 중량 10% 감소
- 항공기 엔진 SFC (specific fuel consumption) 15% 감소
- 항공기 소음 1/8 감소

26) World GFG Emissions Flow Chart 2010, ECOFYS, 2013.
27) Clean sky homepage (http://www.cleansky.eu/)
28) FAA homepage (http://www.faa.gov/)
29) NASA homepage (http://www.aeronautics.nasa.gov/)

가. 미국과 유럽

○ 기업체, 산학연 협력 연구를 통하여 연구소 및 많은 대학에서 기초 요소기술에 대한 연구개발을 수행해 오고 있음.

○ 연구개발 결과는 기업체로 제공되어 뛰어난 성능 및 효율의 엔진 개발에 활용되는 순환이 이루어지고 있음.



그림 22. 미국과 유럽의 대표적 엔진 개발사 현황

(1) 미국

○ 미국은 이미 1990년대 후반에 침체된 소형 항공기 시장을 활성화하기 위한 노력의 일환으로 NASA가 주도하는 GAP(General Aviation Propulsion) 프로그램을 추진한 바 있음. 이는 기존의 소형 가솔린 엔진을 대체할 수 있는 혁신적인 기술의 디젤엔진과 터보팬엔진을 개발하기 위한 것이나, 아직까지 결실을 맺지 못하고 있음.

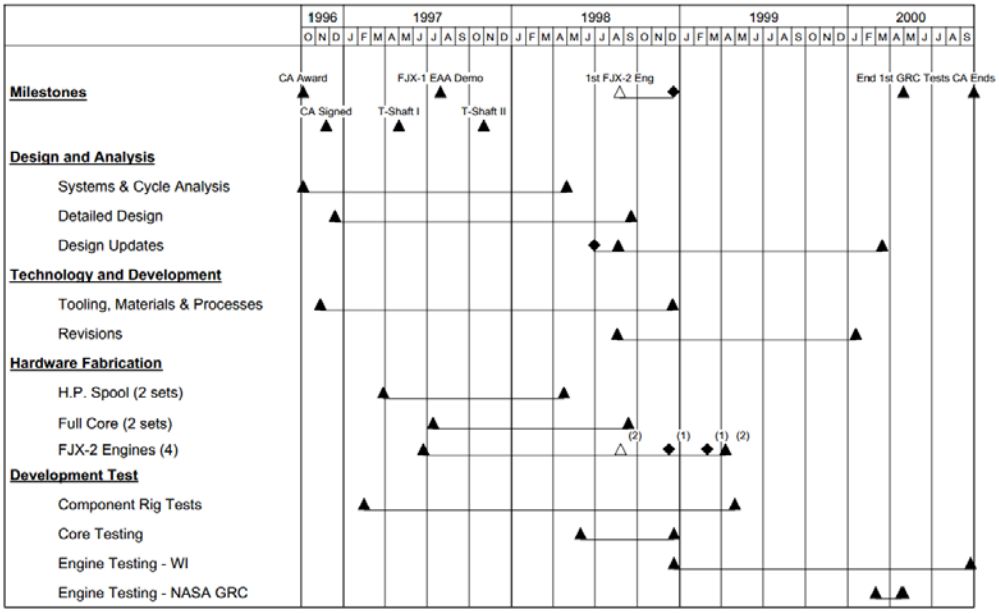


그림 23. GAP Program 연구 일정표

(2) 유럽

○ 유럽 연합의 경우 항공산업의 기존 경쟁국과 신흥 부상국과의 경쟁을 위해 연구 네트워크와 규제 지원 등을 통해 항공 산업계의 경쟁력을 보장함.

○ 유럽의 경우 항공산업 분야 선진국 지위 유지를 위해 최상의 기술 인력과 유능한 엔지니어에 대한 적극 유인책을 펼침.

○ 세계적으로 환경문제에 대한 관심이 높아지는 가운데 기존의 화석연료를 대체할 수 있는 친환경적이고 에너지 효율이 높은 항공기에 대한 수요가 증가하고 있음. 이의 일환으로 순수 전기추진 방식의 소형항공기 개발과 더불어 연료전지를 접목시킨 항공기 시험이 여러 각국에서 활발하게 진행되고 있음. 유럽에서는 연료전지 기술을 적용한 소형항공기 개발을 목표로 3년간 450만 유로가 투입되는 프로젝트를 진행하고 있음.

○ 향후, 소형항공기용 추진기관 기술개발의 지향점은 친환경, 고효율, 저비용 엔진개발로 요약할 수 있음. 이를 위해 기존 엔진 대비 성능을 더욱 높이고, 운용비용 및 소음과 배출가스 수준은 낮추기 위한 기술개발이 진행될 것임.

○ 유럽연합의 2050년 비전

- 글로벌 리더십의 유지
- 최상의 제품과 관련 서비스를 항공기술과 항공산업에 제공함.
- 기존 경쟁국과 신흥 부상국과의 험난한 경쟁에 직면하여, 강력한 연구 네트워크와 균형잡힌 규제 프레임워크의 지원을 통해 유럽연합 산업계의 경쟁력을 보장함.
- 항공산업의 경제적 역할 극대화와 가치 창조
- 최상의 기술인력과 능력이 있는 엔지니어의 적극적인 유인

○ 사회의 요구에 부응

- 충분한 용량으로 승객과 화물을 수용 가능하고 지속 가능하며 신뢰성 있고 끊임없이 연결하기 위한 사회적 요구와 시장의 요구를 만족하게 함.
- 유럽연합과 주변국 그리고 파트너들의 통합과 화합의 지원
- 새로운 비행제어 기술에 의해 가능해 진, 비 교통적 항공분야의 사회적 요구에 대응
- 환경의 보호와 지속 가능한 에너지 그리고 대체에너지 자원 사용의 지원
- 완벽하고 비간섭적인 보안 및 감시의 보장
- 안전 보장
- 유럽에서의 높은 수준과 기술 일자리의 기회 제공

○ 기술 혁신

- 연비의 개선, 액체연료의 적용가능성 검토, 관련기술의 비용과 환경에의 영향 분석 등을 통해, 2050년 항공교통은 친환경성을 유지할 것임.
- 산업계가 추진하는 효율적인 정책 지원을 통해, 제품과 서비스에 혁신적 콘셉트를 실현한 것이 유럽의 항공교통을 글로벌하게 각인시키고 있음.

○ 인프라시설

- [Single European Sky] 프로젝트가 완전히 수행되어 설치되고, 차세대 항공관제시스템인 SESAR(Single Europeon Sky ATM Research)의 후속 프로그램과 비슷한 상호호환적 프로그램이 영공과 공항에서 증가하는 수요 용량을 글로벌하게 만족시킬 것
- 이러한 연구개발을 통해, 비행기의 접근과 추적이 최적화되고 가장 효율적인 연료소모량과 가장 낮은 비용의 배출을 가지는 안전하고 효율적인 비행기 운영과 접근효율성을 보장하게 될 것임.

○ 항공산업은 기술과 자본집약적인 복잡한 부품과 제품, 차량, 시스템 그리고 시스템의 시스템으로 복잡하게 얽혀 있음.

- 항공기는 20년 정도까지 매우 긴 연구개발 사이클을 가지며, 연구 과정은 긴 기간에 걸쳐 연속적인 기술적 노력이 필요한 장기간의 프로그램 접근법이 필요함.

○ 2050년에는, 유럽연합 항공산업은 연구, 시험 및 평가와 교육 분야에서 세계적 수준의 시설을 자랑하게 될 것임.

○ 유럽연합 항공 산업의 목표

- 유럽연합 연구 및 기술혁신 전략은 민관 모두의 이해당사자에 의해 공동으로 추진되고, 전체 기술혁신 체인에 걸쳐 조화롭게 적용될 것임.
- 산업계와 대학교 그리고 연구소 간의 협력에 기반을 둔 복합학문적인 기술 클러스터 네트워크가 생성될 것임.
- 전략적인 유럽연합 항공 시험, 시뮬레이션 그리고 개발시설이 구별되고 관리되며 계속 개발될 것임.
- 필요한 곳에, 지상 및 항공기 평가 및 인증 프로세스가 통합될 것임.
- 학생들은 항공 산업 분야에서 일자리를 구하는데 적극적일 것임.
- 항공 산업계의 요구에 밀접하게 보조를 맞춘 유럽지역 대학교의 과정과 연구 실적 그리고 학위 과정이 계속 개발될 것임.
- 항공산업에서의 계속적이고 연속적인 교육이 정식화될 것임.

(3) 중국

○ 중국은 최근 자국에서 급상승하는 항공기 및 엔진 수요에서 보잉, 에어버스, 제너럴 일렉트릭, 롤스로이스와 같은 해외업체에 대한 의존을 줄이기로 결정

- 최소 1,000억 위안(160억 달러)의 항공기 엔진 개발 프로그램 승인 예정
- 항공기 엔진과 관련된 기술, 설계, 재료 연구에 예상 사용 예정
- 프로그램 참여 업체 : 선양리밍항공기엔진제조공사, AVIC, 시안항공동력주식회사, BUAA
- 중국의 일부 항공업계 전문가들은 중국 정부가 앞으로 20년간 제트엔진 개발에 3,000억 위안(490억 달러)을 지출하게 될 것이라 예측

○ 1982년부터 개발하기 시작하여 최근에 공개된 WS-10 엔진은 중국의 전투기 J-10에 장착되어 양산되기 시작했음.(그림 24)[30]



그림 24. 중국의 독자 개발 엔진 WS-10

30) military.china.com

(4) 일본

○ 일본 항공기용 터빈 엔진 기술 개발[31)]

- 제2차 세계대전 후 일본에서는 항공 활동이 완전히 금지된 7년 동안 세계 항공 업계는 피스톤 엔진에 의한 프로펠러식 항공기 제트 엔진의 시대로 큰 전환이 시작되었음.
- 1952년에 항공산업이 재개되었을 때는, 일본의 종전 항공기용 엔진 기술로 사용할 수 있는 것은 거의 없었다고 할 정도로 뒤쳐져 있었으며, 항공기용 엔진 연구 개발은 그 시험 설비의 정비를 비롯하여 막대한 비용이 필요하기 때문에 당시의 일본에서의 개발은 어려웠음.
- 일본은 우선 미국 공해군의 제트 엔진 보수 수탁에서 항공기용 엔진 활동을 시작하여, 순차적으로 오버올, 녹다운에 의한 엔진 제조로 전개하였으며, 국가자금에 의한 방위용 엔진의 시험과 작업 연구에 착수하였음.
- 1955년에 T-1B 훈련기용 J3 엔진의 국산 개발이 시작되는 한편, 미국의 엔진 메이커와의 기술 제휴를 통해 F-104J 전투기의 J79 터보제트, P-2J / PS-1 비행기용 T64 터보프롭과 각종 헬기용 T58 터보샤프트엔진 등이 국산화됨으로써 엔진 기술에 있어 선진국 추적을 도모하였음.
- 일본은 국가 연구 개발로서 이전 항공기술연구소(NAL)에서 JR100, JR200 등의 VTOL 기용 리프트 엔진 시작 연구가 행해지고 자체 기술력 확보·향상을 도모하였음.
- 일본은 1971년 당시 통상산업부공업기술원의 대형 프로젝트 제도를 기반으로 높은 바이패스비 팬 엔진의 연구 개발을 시작한 프로젝트에서 시작된 FJR710 엔진은 일본의 엔진 산업을 재건하는 데 큰 역할을 담당하였음.(그림 25)[32)]



그림 25. 일본의 FJR710 엔진

31) 2010 항공산업 전략기술로드맵
32) www.jsme.or.jp

- 엔진의 고공 성능 시험을 실시한 영국 NGTE의 시험으로 일본의 고도의 기술력을 영국에 알리는 계기가 되어, 영국 롤스로이스에서 이콜 파트너로서, 엔진 공동 개발할 수 있게 되어 일본-영국 공동개발 엔진개발인 RJ500는 엔진 제작이 시작되었음.
- RJ500의 탑재를 목표로 하고 있던 기체가 커지고 시장도 좌석 수의 증대를 요구하고 있는 점에서 엔진의 대형화가 필요해져서 미국의 P&W사, 독일의 MTU사, 이탈리아의 피아트사가 참가한 V2500는 추력 12ton급 엔진 개발로 발전하였음. V2500엔진은 리스크 분담을 위해 국제공동회사(IAE사)를 설립하여 추진되었음.
- 일본(JAEC)은 23%를 IAE사에 출자하고 대등한 주주의 일각을 차지하고 있음. V2500 중형 엔진은 에어버스 A320 시리즈와 보잉MD-90에 탑재되어 이미 4,000대가 출하되고 있으며, 옵션을 포함하면 5,500대를 수주하는 베스트셀러임. 이 클래스에서는 GE와 SNECMA연합이 개발한 CFM-56엔진과 시장을 양분하고 있음.
- 이후 독자 기술을 확보를 위한 민간 엔진의 연구 개발을 매진함으로서, 하루하루 발전하는 세계 실용 엔진 개발의 흐름에 뒤처지게 되었음. 엔진 기술 실증과제가 없어서 일본의 첨단 기술 또는 통합 기술을 세계에 보여주는 기회를 놓치고, 리스크 분담 파트너에 참가하는 기업을 비즈니스 모델만 전개되었음.
- 2003년 이후 추진중인 환경적응형 소형항공기용 엔진의 연구 개발(에코엔진)이 자체 엔진 개발을 목표로 하는 프로젝트로서 NEDO의 보조금으로 진행되고 있지만, 목표 엔진이 매우 작은 추력 5ton 기술 실증 용 엔진이고, 또한 JAXA 등의 국가 연구 기관이 직접 참여 할 수없는 보조금의 형태로 추진되고 있음.이러한 계획 추진은 기초 능력의 부족 일본에 필요한 기반 강화 방안이 포함되지 않고, 또한 선행 선진 기술의 산업 이전, 즉 수익성 실용화로도 충분한 고려가 이루어지고 있지 않아 불충분한 시책이라는 평가를 받고 있음.
- 2007년 이후 에코 엔진을 실증용 엔진으로 추진하였지만, 이 후 상용화하려면 기체 제조업체 및 항공 회사의 의향에 맞춘 추력의 최적화 등의 변경과 동시에 일본 고유 형식 증명 취득, 그리고 나아가서는 제품지원이 필요하게 되는데 현재 일본의 연구 개발 체제는 해외 메이커와의 공동 개발을 하지 않는 한 그 가능성은 매우 낮다고 판단하고 있음.

(5) 대만

○ 대만의 경우 중국과의 대치라는 안보 환경 하에서 중국과 미국 간의 관계 개선에 따라 주요 무기 공급원인 미국의 입장이 변화하자 국가 생존 차원에서 항공산업에 대한 전폭적인 투자를 집행하고, 이스라엘, 프랑스 등과 항공 관련 기술 협력 체계를 구축함으로써 비약적인 항공 산업의 발전이 있었음.

2절. 국내외 시장현황

1. 엔진시장 동향 및 수요전망

○ 엔진은 항공기의 성능을 결정하는 핵심부품이며 항공기의 가격과 경쟁력에 직접적으로 영향을 미치며 상업용 및 비즈니스용 제트엔진의 경우에는 최고의 기술을 보유한 국가들이 엔진산업을 지배하고 있음.

○ 주요 항공기 제작업체들도 자체적으로 엔진을 생산하기 보다는 GE, Pratt & Whitney, Rolls-Royce등이 개발한 엔진을 구매하여 장착하거나 엔진제작업체와 합작회사를 신규 개발항공기용 엔진을 제작하는 경우가 많음.

○ 항공기 추진체계를 구성하는 엔진은 일반적으로 경량 피스톤엔진이나 가스터빈 엔진이며 후자는 다시 터보제트, 터보프롭, 터보팬엔진 등으로 분류하며 헬리콥터의 경우에는 터보샤프트엔진이 사용됨.

○ 항공기용 엔진수요는 신규 항공기 및 항공기정비 수요에 파생하여 결정되므로 항공기 납품대수와 밀접한 관련이 있음.

○ 민간 항공기용 엔진은 대부분 가솔린이나 항공유(avgas)를 사용하는데 유가가 급상승함에 따라 항공기 유지비용이 높아지고 따라서 항공기에 대한 활용도와 신규 수요에도 영향을 미치고 있으므로 디젤엔진에 대한 잠재수요가 높은 실정임.

○ 항공정비본부협회(ARSA : Aeronautical Repair Station Association), “글로벌 MRO 시장 경제성평가” 보고서 발표(분석은 ICF SH&E가 수행함, 2013.03.21.)

- 현재 터빈엔진 민간항공기는 전 세계 8만 여대가 있으며 그 중 26,000대가 항공사 운항 운송용임, 대륙별로는 북미 37,000대, 유럽 16,000대, 아・태 11,000대순으로 분포되어 있음.

- 2012년 민간항공기 정비시장규모는 650억 달러였으며, 엔진분해수리는 그 중 가장 큰 부문으로 261억 달러, 다음이 부품정비 168억 달러였음. 기체 중 정비는 130억 달러, 라인정비 99억 달러 순임.

○ 소형항공기 시장은 피스톤엔진과 터보프롭 터보팬엔진이 대부분의 시장을 점유하고 있으며 지속적으로 기술개발이 진행되고 있음.

- 피스톤 엔진의 경우 기존의 가솔린엔진 외에 디젤 엔진이 새롭게 부각되고 있음. 디젤엔진은 상대적으로 비용이 낮고 구입이 용이한 연료(Jet A)를 사용하는 장점을 토

대로 소형항공기 시장 수요가 증가하고 있으며 신뢰성과 효율을 높인 새로운 엔진들이 개발되고 있음.

- 가스터빈엔진의 경우 새롭게 떠오르고 있는 피 시장 수요를 겨냥한 소형 터보팬엔진 사용이 증가하고 있으며 향후 수요가 급격히 증가할 것으로 예상됨.

- 최근의 고유가 상황 및 환경 영향성을 고려하여 기존의 화석연료를 사용하지 않는 전기추진방식도 개발되고 있음. 향후 소형항공기 추진기관은 더욱 높은 신뢰성과 안전성을 토대로 성능과 효율 향상은 물론 친환경적인 특성을 갖도록 개발될 것임.

○ 소형 상업용 터보프롭기(Small Commercial Turboprop), 광폭형 제트기(Widebody Jet), 협체형 제트기(Narrowbody Jet), 지역용 제트기(Regional Jet), 터보프롭기(Turboprop)등 항공기 유형별 지역별 주문현황(2013년 2월말 기준)

- 소형 상업용 터보프롭기 : 아/태 12대, 유럽 6대, 아프리카 1대

- 터보프롭기 : 아/태 100대, 북미 27대, 유럽 17대, 남미 38대, 아프리카 21대

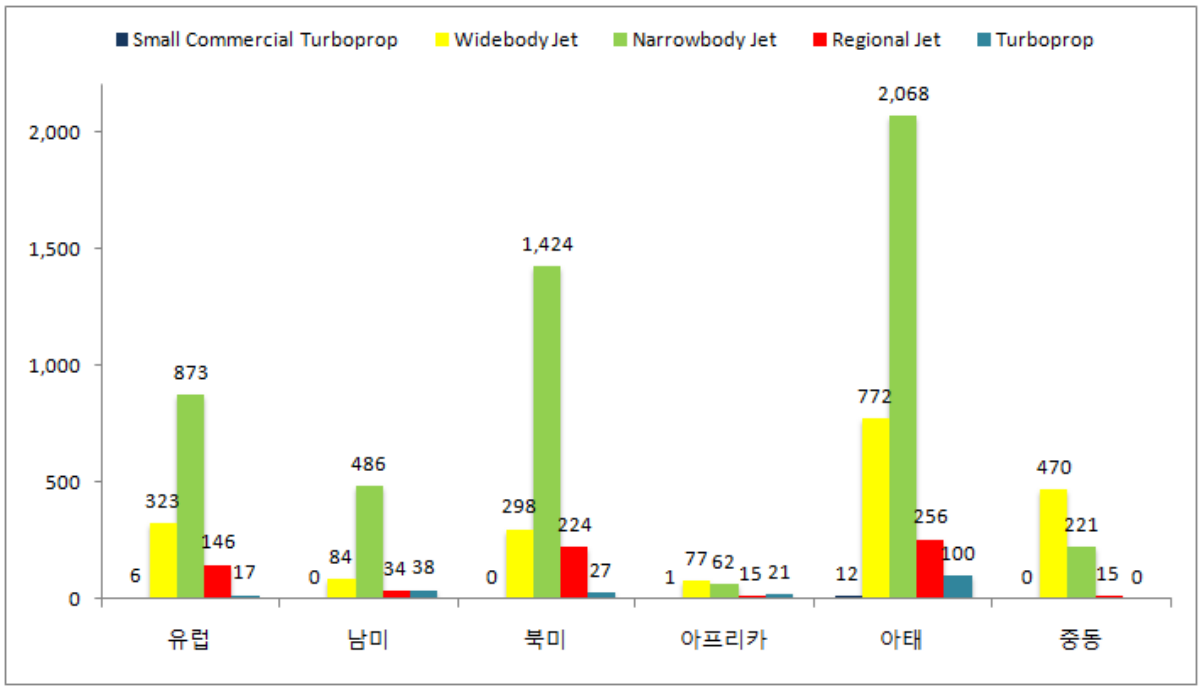


그림 26. 전 세계 항공기 유형별/지역별 주문현황

○ 6인승급 이하의 소형항공기 시장은 아직까지 피스톤엔진이 대세를 이루고 있으나, 최근의 고유가 추세에 따라 터보프롭엔진이 새롭게 부각되고 있음.

○ VLJ 시장의 수요증가에 따라 소형 터보팬엔진을 탑재한 신형 항공기가 잇달아 개발되고 있음. 기술적인 관점에서 프로펠러 항공기의 속도를 제한하는 요소는 엔진이 아니

고 프로펠러이기 때문에 피스톤엔진 항공기는 터보프롭기 만큼 빨리 비행할 수 있음. 가장 빠른 피스톤 엔진 항공기는 400 knot 이상의 속도로 비행할 수 있으며, 프로펠러 항공기는 터보프롭엔진 또는 피스톤엔진에 상관없이 300 knot 순항속도를 갖도록 설계할 수 있음.

○ 일반적으로 100마력급 이하에서는 가솔린엔진이 출력 대 중량에서 유리하고, 450 마력급 이상에서는 가스터빈엔진이 유리한 것으로 알려져 있음. 그 중간 영역은 피스톤 엔진이 차지하고 있으나 새롭게 개발되는 디젤엔진이 신뢰성과 안전성을 확보할 경우 충분히 유리한 고지를 차지할 수 있을 것으로 예상됨.

○ 2008년 이후 비즈니스 제트 수요가 급증함으로써, 상대적으로 피스톤 항공기는 감소되고 있으며, 터보프롭 모델은 약간 증대되고 있음.

○ 현재 민간 항공기용 중대형 제트엔진의 개발 브랜드를 보유하고 있는 기업은 GE, RR, P&W와 Honeywell의 4개 회사이며, 그 모국은 미국, 영국 2개국임. 방위용 엔진까지 포함하는 경우 러시아, 프랑스, 일본이 있고 중국과 인도도 러시아로부터 지원받아 기술을 바탕으로 자체생산 하고 있음.

- 항공기는 캐나다의 봄바르디아와 브라질 엠브라엘이 지역 제트를 개발, 제조/판매하여 성공했고, 중국, 일본, 러시아가 지역기(Regional Jet) 개발을 목표로 하고 있음. 그러나 민간 항공기용 엔진은 아직도 상기의 미국, 영국 2개 국가에 독점 되어 있는 상황이 계속되고 있음.

○ 2010년도 기준 세계 민간 항공기 엔진 관련 시장의 규모는 약 290억 달러 규모 (그림 26)[33]로 북미(54%), 유럽(30%), 아시아태평양(13%) 순으로 차지함.

- 세계적으로 엔진 관련 시장의 국가 점유율은 크게 변동하지 않을 전망

○ 항공기 엔진의 원가는 전체 원가의 27%를 차지

○ 세계적으로 엔진의 자체 R&D 능력을 갖춘 국가는 미국, 프랑스, 영국, 러시아 등에 그침.

○ 엔진시장은 터보팬, 터보프롭, 터보샤프트 3가지 유형으로 나뉘는데, 터보팬 엔진 시장이 가장 큰 수요를 차지

33) Global Aerospace Market Outlook and Forecast, October, 2010, AIAC Phase 3 Report

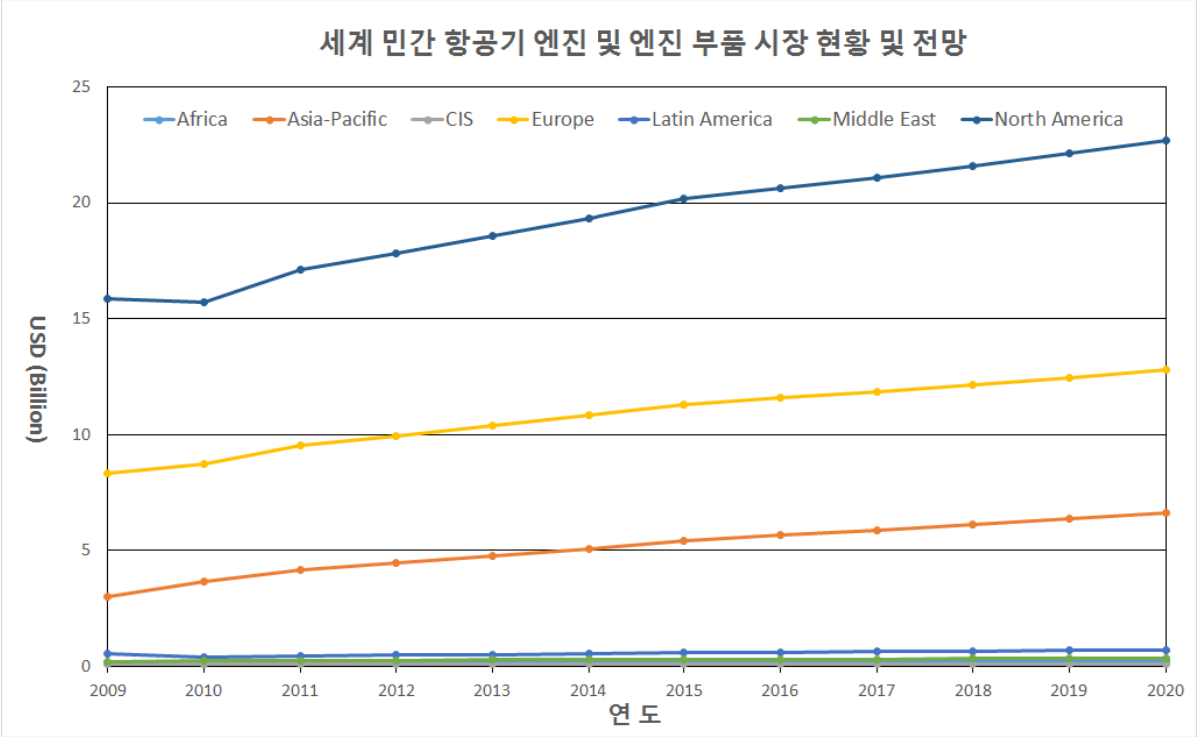


그림 27. 세계 민간 항공기 엔진 및 부품 시장 현황 및 전망

○ 터보팬 엔진의 경우 미국의 GE aviation(이하 GEA), Pratt&Whitney(이하 P&W), Honeywell, 영국의 Rolls-Royce(이하 RR), 프랑스의 Snecma 5대 업체로 구성

○ 항공기용 엔진 개발은 위험의 분산을 위해 업체 간 제휴협력을 통해 진행

- 2010년도 기준 GEA의 영업수익은 127억 달러, Snecma와 공동 개발한 CFM56 시리즈 엔진은 소형 여객기 시장의 50% 점유

- 2010년도 RR의 영업이익은 약 108.66억 파운드로 P&W등과 협력하여 개발한 V2500 시리즈의 소형 여객기 시장 점유율은 45%에 달함.

- IAE(International Aero Engine)은 P&W(32.5%), RR(32.5%), JAEC(23%), MTU(12%)의 공동으로 설립한 회사로 A320 시리즈를 생산하며 약 11%의 시장을 점유

- Engine Alliance는 GEA(50%), P&W(50%)으로 공동출자하여 설립한 회사로 시장 점유율이 42%에 달함.

○ 세계항공기 엔진 시장에서 항공기 엔진 임대업의 수주 금액이 차지하는 비중은 35%로 약 700억 달러 규모

- GEA사는 28%로 1위를 차지하고 있으며 RR과 철도차량 임대업체인 GATX가 설립한

RR&PF 사의 비중은 27%로 2위, 3위는 일본의 ELFC사가 21%로 차지하고 있다.

○ 항공기 제조업체의 부품 아웃소싱 확대

- 조립을 제외한 대부분의 제품이 아웃소싱으로 제작

- 완제기 업체 및 1차 공급업체들은 협력 업체를 축소하면서, 위험 분담을 위한 설계 참여 증가

○ 표 15는 2010년 사업별 생산 현황을 나타내고 있음. 국내에서 항공기용 엔진의 매출의 대부분은 항공기 엔진 정비(군수 포함)에서 발행하고 있으며, 기체와 엔진을 포함한 정비사업 생산비중은 약 13%에 해당함. 완제기 사업의 지속적 증가와 군물량 아웃소싱 및 관련 기업의 연관활동 확대 등으로 향후 MRO 사업으로 성장하기 위한 충분한 잠재력을 가지고 있다고 예상하고 있음.

○ 민간 항공기용 엔진은 현재 통계 자료로 집계가 되지 않고 있는 상황임.

표 15 2010년 우리나라 사업별 생산 현황 (단위, 백만 달러)

구분	2009년	2010년	2011년
FA-50 개발	68	149	107
T-50 후속양산(구성품포함)	367	508	490
KHP 개발(구성품포함)	240	171	206
KT-1계열사업(수출포함)	76	122	95
F-15K	32	28	34
민항기 부품수출	468	531	617
엔진정비	267	109	109
기체정비	152	184	197
우주사업	124	140	70
무인기사업	4	13	31
기타	172	410	393
계	1,970	2,365	2,349

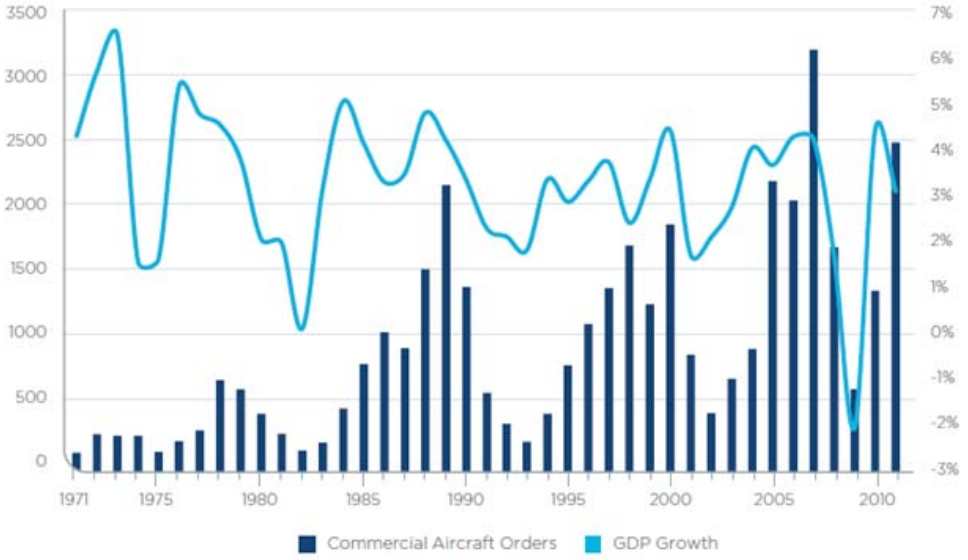
가. 세계 경제 성장에 따른 항공 수요

○ 세계 총 GDP 성장률과 민항기 주문량의 변동이 동일한 경향을 보임.[34]

○ 1970년 이후 최초로 마이너스 GDP 성장률을 보인 2009년 민항기 주문량이 급감함.[35]

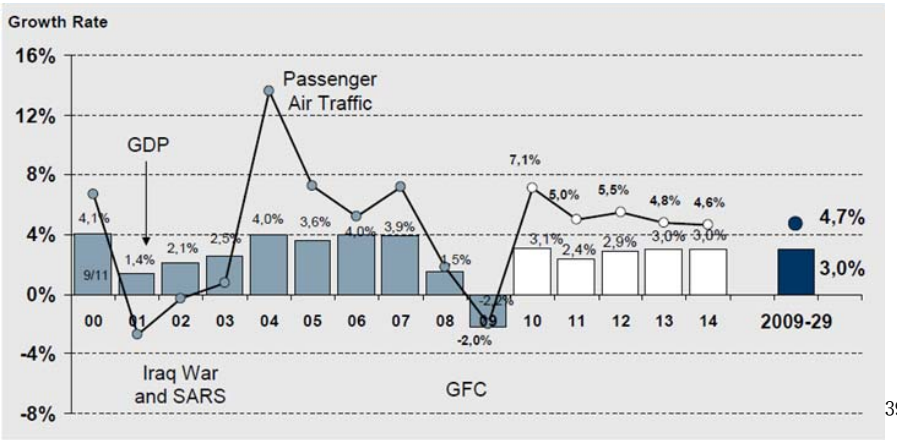
○ GDP 성장률과 항공 교통 성장은 비슷한 추세를 보임.[36]

○ 2010년 이후 GDP 성장 및 항공 교통 성장이 일정하게 유지될 것으로 예측됨.[37]



[38]

그림 28. 연도별 민항기 주문량, GDP 성장률



[39]

그림 29. 연도별 GDP 성장률 및 항공 교통 성장률

34) Commercial Aircraft Market Forecast 2012-2031, Bombardier
35) Commercial Aircraft Market Forecast 2012-2031, Bombardier
36) Global Commercial Aero Turbofan Engine Market 2011-2017, Lucintel
37) Global Commercial Aero Turbofan Engine Market 2011-2017, Lucintel
38) Commercial Aircraft Market Forecast 2012-2031, Bombardier

나. 항공우주 산업 시장 및 고용 현황[40)]

○ 세계 항공우주 산업의 가장 대표적 국가인 미국의 산업 현황은 계속 성장세를 보임.

○ 2012년 이후 미국 항공우주 산업 중 민간항공기의 비중이 최대로 나타남.

○ 2011년 이전 미국 항공우주 산업 중 군용항공기의 비중이 민간항공기보다 높게 나타났으나 2012년부터 민간항공기 비중이 군용항공기보다 커짐.

○ 미국의 항공우주산업 고용 인원은 최근 650,000명 전후로 유지

○ 미국의 항공우주산업 고용 인원 중 67.5% 가량 항공기 관련 산업에 종사 중임.

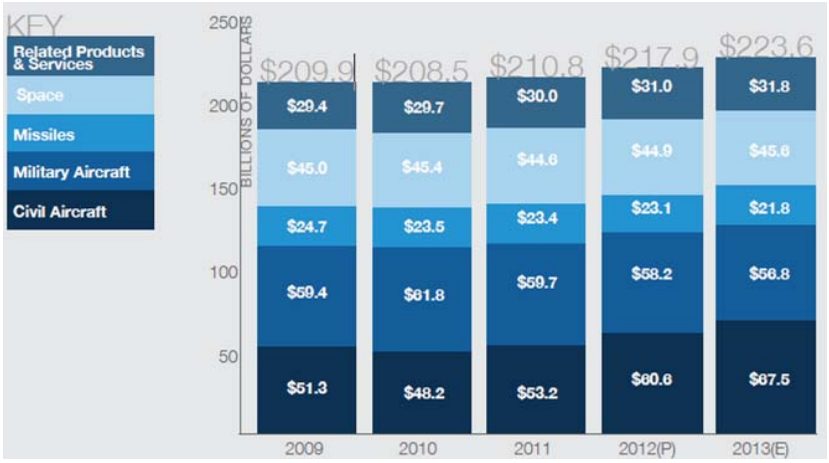


그림 30. 미국 항공우주 산업 현황

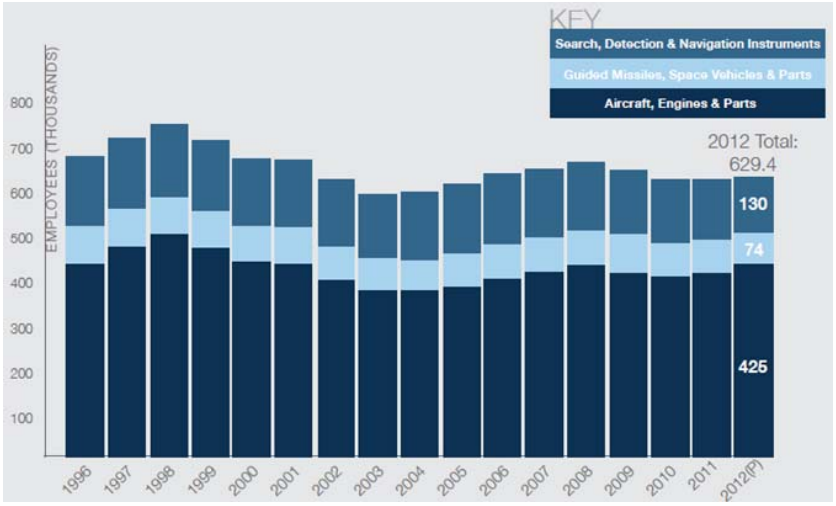


그림 31. 미국 항공우주 종사자 숫자

39) Global Commercial Aero Turbofan Engine Market 2011-2017, Lucintel
40) 2012 Year-end review and forecast, AIA

다. 미국의 항공우주 수출입 현황[41)]

(1) 미국 항공우주산업 수입 현황

○ 미국의 항공우주산업 수입은 항공, 엔진 부품의 비중이 제일 높게 나타남.

○ 미국 항공 엔진 수입은 대부분 가스터빈 엔진에 해당함.

(Millions of Dollars)	2008	2009	2010	2011	2012(P)
TOTAL IMPORTS	**$37,694**	**$25,132**	**$26,351**	**$29,573**	**$31,933**
Aircraft	**$12,480**	**$9,299**	**$9,041**	**$10,025**	**$9,201**
Military	51.5	0.4	61.7	124.4	137.1
Civil	12,428	9,299	8,979	9,900	9,064
Transports	6,460	4,955	3,258	4,972	4,242
General Aviation	4,066	2,337	2,191	2,667	2,494
Helicopters	1,143	833	838	896	1,106
Other[a]	758	1,173	2,692	1,365	1,222
Aircraft Engines	**4,328**	**3,752**	**3,799**	**4,101**	**4,998**
Turbine	4,195	3,616	3,700	4,035	4,943
Piston	133	136	99	66	55
Aircraft and Engine Parts	19,989	11,383	12,498	14,293	16,694
Spacecraft, Missiles, Rockets, and Parts	896	698	1,013	1,154	1,041

Source: Aerospace Industries Association, based on data from the U.S. Department of Commerce and Economic Consulting Services.
Notes: Import data include non-military aircraft parts and aerospace products previously exported from the United States.
Totals may not equal sum of terms due to rounding.

a. Includes used aircraft, gliders, balloons and airships.
P. Preliminary.

그림 32. 미국 항공우주산업 수입 현황

(2) 미국 항공우주산업 수출 현황

○ 미국의 항공우주산업 수출은 대부분 민간 분야에 해당함.

○ 미국의 항공 엔진 수출은 가스터빈 엔진이 대부분이며 전체 수출 9%가량 차지

(Millions of Dollars)	2008	2009	2010	2011	2012(P)
TOTAL EXPORTS	**$96,082**	**$81,166**	**$77,603**	**$86,326**	**$96,460**
TOTAL CIVIL EXPORTS	**$82,264**	**$70,500**	**$67,128**	**$76,275**	**$84,171**
Complete Aircraft	42,422	(D)	(D)	(D)	(D)
Transports	433,326				
General Aviation	4,818				
Helicopters	948				
Used Aircraft	3,284				
Other Aircraft	46				
Aircraft Engines	8,505				
Turbine	8,334				
Piston	171				
Aircraft & Engine Parts, Including Spares	30,777				
Missiles, Rockets & Parts	25				
Spacecraft, Satellites & Parts	535				

(Millions of Dollars)	2008	2009	2010	2011	2012(P)
TOTAL EXPORTS	**$96,082**	**$81,166**	**$77,503**	**$86,326**	**$96,460**
TOTAL MILITARY EXPORTS	**$12,819**	**$10,666**	**$10,376**	**$10,051**	**$11,290**
Complete Aircraft	**4,521**	**2,235**	**1,742**	**1,736**	**1,948**
Transports	1,548	276	140	614	643
Helicopters	300	520	832	539	705
Fighters & Bombers	1,930	1,208	432	324	334
Used Aircraft	590	93	43	44	106
Other Aircraft	152	228	294	217	159
Aircraft Engines	**423**	**517**	**367**	**476**	**399**
Turbine	344	381	271	387	343
Piston	80	137	86	92	56
Aircraft & Engine Parts, Including Spares	6,311	6,126	6,404	6,242	6,960
Missiles, Rockets & Parts	1,425	1,509	1,741	1,502	1,876
Spacecraft, Satellites & Parts	139	189	133	91	107

Source: Aerospace Industries Association, based on data from the U.S. Department of Commerce and AIA estimates. Note: Totals may not equal sum of terms due to rounding.
P. Preliminary.
D. Civil aerospace export data suppressed by U.S. Census Bureau beginning first quarter 2009.

그림 33. 미국 항공우주산업 수출 현황

41) 2012 Year-end review and forecast, AIA

라. 유가 변동 예측[42)]

○ 연도별 세계 평균 유가는 2010년 이후 급격히 상승하는 추세

○ 유가는 계속 변동하고 있으나 연평균 유가는 꾸준히 상승하는 추세를 보임.

○ 2011년에 실시한 향후 유가 예측에 비해 2012년에 실시한 예측에서 미래 유가가 높게 나타나는 것을 볼 때 예측에 비해 더 높은 유가 상승이 이뤄질 가능성이 있음.



그림 34. 월별 유가 및 연도별 평균 유가(배럴당 달러)

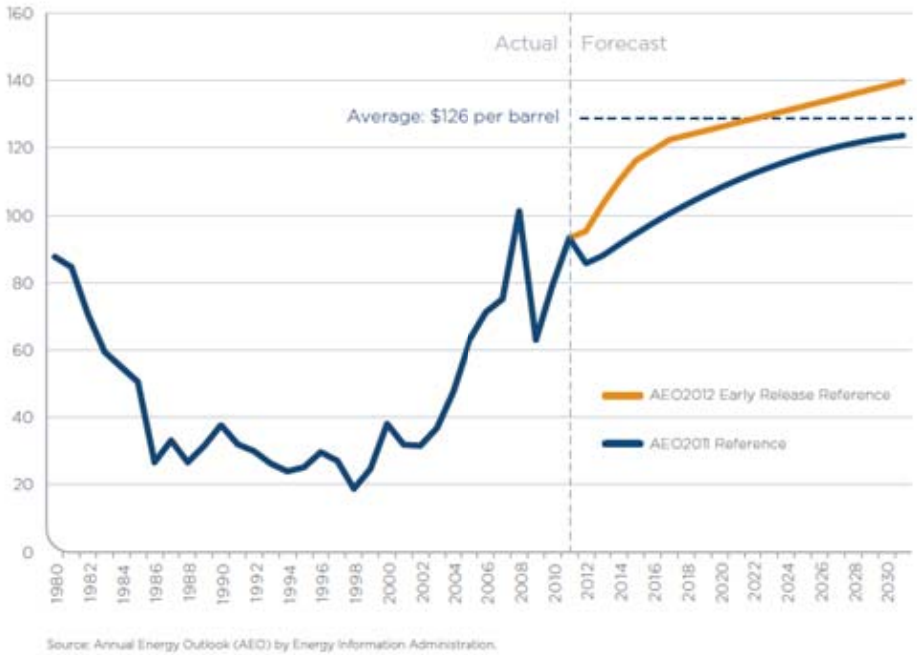


그림 35. 예측 시기 별 유가 예측

42) Commercial Aircraft Market Forecast 2012-2031, Bombardier

2. 엔진 종류별 시장 현황

○ 소형항공기 시장은 피스톤엔진과 터보프롭 터보팬엔진이 대부분의 시장을 점유하고 있으며 지속적으로 기술개발이 진행되고 있음.

- 피스톤 엔진의 경우 기존의 가솔린엔진 외에 디젤 엔진이 새롭게 부각되고 있음. 디젤엔진은 상대적으로 비용이 낮고 구입이 용이한 연료(Jet A)를 사용하는 장점을 토대로 소형항공기 시장 수요가 증가하고 있으며 신뢰성과 효율을 높인 새로운 엔진들이 개발되고 있음.
- 가스터빈엔진의 경우 소형 터보팬엔진 사용이 증가하고 있으며 향후 수요가 급격히 증가할 것으로 예상 됨.
- 한편 최근의 고유가 상황 및 환경 영향성을 고려하여 기존의 화석연료를 사용하지 않는 전기추진방식도 개발되고 있음. 향후 소형항공기 추진기관은 더욱 높은 신뢰성과 안전성을 토대로 성능과 효율 향상은 물론 친환경적인 특성을 갖도록 개발될 것임.

○ 6인승급 이하의 소형항공기 시장은 아직까지 피스톤엔진이 대세를 이루고 있으나, 최근의 고유가 추세에 따라 터보프롭엔진이 새롭게 부각되고 있음.

○ VLJ 시장의 수요증가에 따라 소형 터보팬엔진을 탑재한 신형 항공기가 잇달아 개발되고 있음. 기술적인 관점에서 프로펠러 항공기의 속도를 제한하는 요소는 엔진이 아니고 프로펠러이기 때문에 피스톤엔진 항공기는 터보프롭기 만큼 빨리 비행할 수 있음. 가장 빠른 피스톤 엔진 항공기는 400 knot 이상의 속도로 날 수 있으며, 프로펠러 항공기는 터보프롭엔진 또는 피스톤엔진에 상관없이 300 knot 순항속도를 갖도록 설계할 수 있음.

○ 일반적으로 100마력급 이하에서는 가솔린엔진이 출력 대 중량에서 유리하고, 450 마력급 이상에서는 가스터빈엔진이 유리한 것으로 알려져 있음. 그 중간영역은 피스톤 엔진이 차지하고 있으나 새롭게 개발되는 디젤엔진이 신뢰성과 안전성을 확보할 경우 충분히 유리한 고지를 차지할 수 있을 것으로 예상됨.

○ 2008년 이후 비즈니스 제트 수요가 급증함으로써, 상대적으로 피스톤 항공기는 감소되고 있으며, 터보프롭 모델은 약간 증대되고 있음.

○ 현재 민간 항공기용 중대형 제트엔진의 개발 브랜드를 보유하고 있는 기업은 GE, RR, P&W와 Honeywell의 4개 회사이며, 그 모국은 미국, 영국 2개국임. 방위용 엔진까지 포함하는 경우 러시아, 프랑스, 일본이 있고 중국과 인도도 러시아로부터 지원받아 기술을 바탕으로 자체생산 하고 있음.

가. 왕복엔진

○ 피스톤엔진은 항공기 개발 초창기부터 사용된 엔진으로 그 동안의 운용경험을 토대로 높은 신뢰성과 안전성을 확보하고 있으며 지금도 소형 항공기에 많이 장착되고 있으나 유가 상승으로 인해 항공기 운용비용이 늘어나고 납이 함유된 가솔린을 사용함으로써 환경유해를 야기하고 소음과 진동, 속도제약 등으로 최근에는 피스톤엔진에 대한 수요가 정체된 상태임.

○ 가솔린 왕복엔진의 한계를 극복하기 위해 최근 여러 종류의 소형항공기용 디젤엔진이 개발되어 판매 중이나 아직은 가솔린 엔진이 시장을 지배하고 있음.

○ 디젤엔진(Deltahawk Upright V-4 Diesel DH200V4)과 가솔린엔진(Lycoming IO-360 A Series)의 성능과 운용비용을 비교한 결과를 보면 디젤엔진은 유사한 성능에도 불구하고 운용비용을 35%정도 절감하는 비용효율성을 보여줬음.

표 16 가솔린엔진 vs. 디젤엔진: 2000hr TBO 기준 운용비용 비교

구 분	DeltaHawk DH200V4	차이(=비용절감)	Lycoming IO-360 A Series
Overhaul cost	~$15,000	$7,500	$22,500
Fuel cost	$82,600	$43,200	$125,300
8 spark plugs*	0	$2,000	$2,000
총운용비용절감	$97,600	$52,700	$150,300

* 200시간마다 교체(단가 $25.00)

○ 피스톤엔진 항공기의 납품실적을 보면 1999년 1,801대(440백만 달러)에서 2006년에는 2,755대(857백만 달러)로 늘어났으나 2012년에는 1,054대(428백만 달러)로 감소하였는데 경제상황이 획기적으로 회복되거나 유지비를 줄일 수 있는 기술이 개발되지 않는 한 수요는 크게 개선되기 어려울 전망임.[43)]

○ 2010년 현재 미국에서 운항되는 피스톤기는 155,419대인데 이중 단발엔진기가 139,519대, 쌍발엔진기가 15,900대이며 용도별로는 개인용 114,059대, 비즈니스용 17,572대, 교육용으로 12,508대가 존재하며 Air Taxi 용도로 2,295대가 활용되고 있음.

○ 아래 표는 주요 피스톤 항공기의 납품실적과 수요전망을 보여줌.

43) GAMA, 2012 Statistical Databook & Industry Outlook

표 17 피스톤항공기의 납품실적과 전망

구 분		실적 (2000-12)	전 망			
			2012-18	2019-21	2022-31	계
200HP 이하 6.5%	Cessna Aircraft 172S Skyhawk SP	2915	1,814	1,035	3,034	5,883
	Diamond Aircraft DA-40	1575	1,043	522	1,667	3,232
	Aviat Aircraft A-1B Huskey	268	248	113	384	745
	기타		933	495	1,521	2,949
	소계		4,038	2,165	6,606	12,809
300HP 이하 6.5%	Cessna 182T Skylane	1693	1,417	738	2,295	4,450
	Cirrus Aircraft Cirrus SR20	2157	638	367	1,070	2,075
	Pacific Aerospace CT-4E Airtrainer		95	35	138	268
	기타		200	95	314	609
	소계		2,350	1,235	3,818	7,403
300 HP 이상 4.13%	Cirrus Aircraft Cirrus SR-22T	247	2,005	990	3,119	6,114
	Cessna Aircraft Company 206H Stationair	275	639	310	988	1,937
	Diamond Aircraft Industries DA-42	665	617	357	1,014	1,988
	기타		1,190	553	1,815	3,558
	소계		4,451	2,210	6,936	13,597
총계		42,085	10,839	5,610	17,360	33,809

○ 피스톤 항공기는 대부분 단발엔진이므로 신규 엔진에 대한 수요는 신규 항공기 수요와 일치한다고 볼 수 있음. 따라서 위 표의 항공기 수요전망은 곧 항공기 엔진에 대한 수요전망으로 간주할 수 있으며 수리와 성능 개량용 수요를 감안한다면 실제 엔진 수요는 더욱 늘어날 수 있음. (그림 36)[44]

44) 'Forecast International, 2012' 의 2012-2021 전망치를 2038년까지 연장

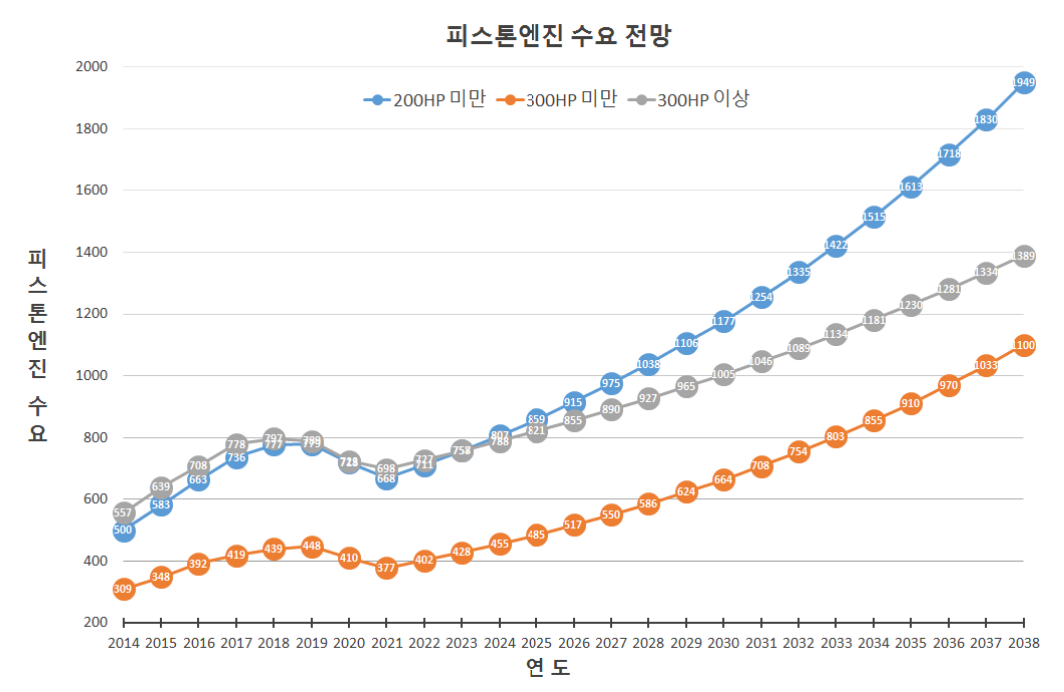


그림 36. 피스톤엔진 수요 전망

나. 가스터빈 엔진

○ 해외에서는 미국과 유럽을 중심으로 1970년대부터 항공용 및 발전용 가스터빈엔진의 고온부 냉각 설계 및 제작, 시험평가를 꾸준히 수행하여 왔으며, 최고 수준의 기술을 보유하고 있음. 이와 더불어 성능 및 효율 개선 등 친환경 고효율 엔진 설계 개발을 위하여 지속적인 연구개발 투자를 하고 있음.

- 미국은 General Electric, Pratt&Whitney, Honeywell 등에서 항공용 가스터빈엔진의 설계, 제작 등 모든 분야에서 세계 최고의 기술 수준을 보유하고 있음. 또한 발전용의 경우, General Electric, Solar Turbines, Inc. 등이 최고 기술수준으로 중소형은 물론 대형 가스터빈엔진 시장에서 높은 시장 점유율을 가지고 있음.

- 유럽의 경우, Rolls-Royce(영국, 독일), ABB(프랑스, 스위스), Turbomeca(독일), Siemens(독일) 등의 업체가 최고의 기술력을 보유하고 있으며, 가스터빈엔진 냉각기술 개발 및 시험평가 등에 지속적인 연구개발 투자를 하고 있음.

- 일본은 선진업체 중 후발주자로서 1980년대 이후 항공용 및 발전용 가스터빈엔진의 독자개발을 위한 연구를 지속적으로 수행하여 오고 있으며, Honda, Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. 등이 미국 등 선진업체와의 기술공동개발을 통해 독자 설계기술을 확보하였음. 최근 들어서 독자 개발엔진을 통해 해외 시장 진출 및 점유율 확대를 위한 노력을 하고 있음.

- 가스터빈 엔진기술은 장기간의 연구개발 투자가 필요한 기술이며, 초기 단계에서는 국가의 적극적인 지원이 뒷받침되어야 성공할 수 있는 기술임.

○ 향후 20년 동안 전 세계적으로 650조원에 달하는 114,000개의 엔진이 생산될 예정임. 1만 파운드급 이하의 엔진은 약 50,000개의 수요 예상. 그러나 이를 금액으로 환산하면 44조원의 시장이 형성될 것으로 예상됨.(그림 37, 38)[45]

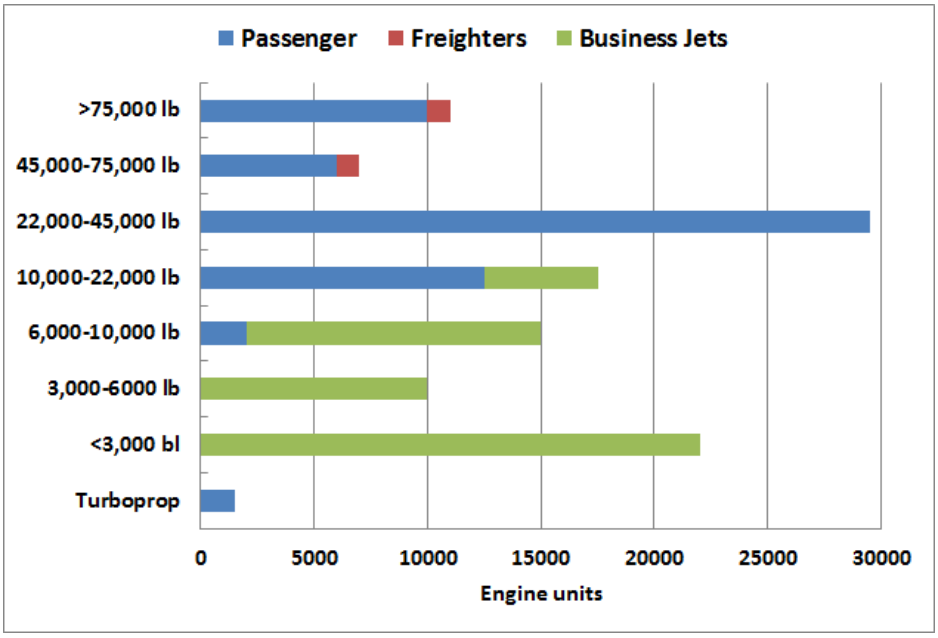


그림 37. 향후 20년간 항공기 엔진의 추력별 수요

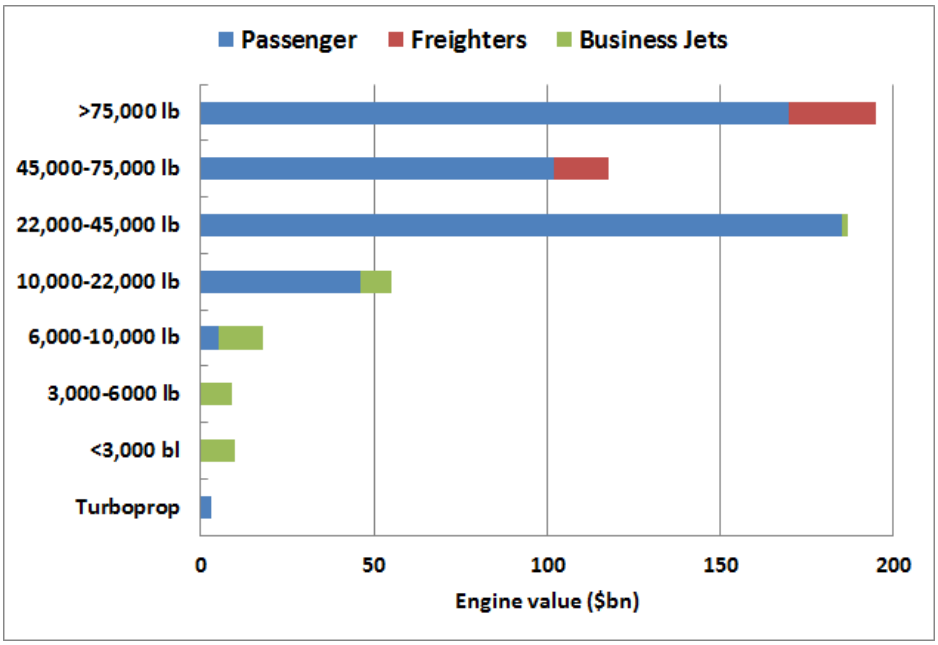


그림 38. 향후 20년간 항공기 엔진의 및 경제적 가치 예측

45) Commercial Engine 2010, Flightglobal/Insight

○ 항공기용 엔진 시장

- 대형 항공기엔진은 미국의 P&W(United Technology), General Electric, 영국의 Rolls-Royce의 사실상의 3강 체제임.

- 소형 항공기엔진은 미국의 Honeywell, 프랑스의 Safran, 일본의 三菱 중공업, 石川島播磨 중공업이 미국기업과 각각 협력관계를 맺으며 시장에 참여하고 있음.

○ 세계 항공기 엔진 시장

- 아시아-태평양 지역의 시장 점유율이 33.5%로 전세계 시장 중 가장 큼.

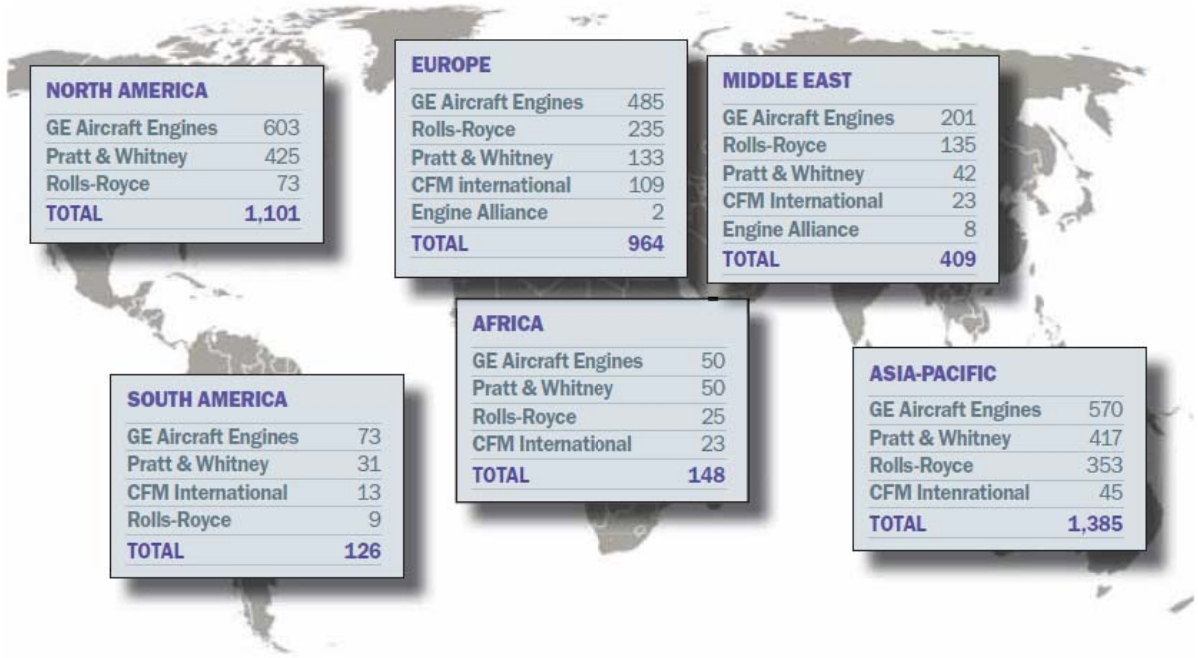


그림 39. 대형 항공기 엔진제조사의 시장점유율

○ 전 세계 항공기 엔진 시장은 크게 대형 항공기 엔진과 중소형 항공기 엔진으로 나눠짐. (표 18, 19)[46)]

- 대형 항공기 시장의 48%를 미국의 General Electric이 차지하고, 미국의 Pratt & Whitney가 26.6%, 영국의 Rolls-Royce가 20.1%를 차지함.

- 중소형 항공기 시장에서는 CFM International이 61.5%를 차지하고 Pratt & Whitney가 16.9%, International Aero Engines가 15.7%를 차지하고 있음.

46) Commercial Engine 2010, Flightglobal/Insight

표 18 대형 항공기 엔진 제조사의 시장점유율

WORLD WIDEBODY BY ENGINE MANUFACTURER		
Engine manufacturer	Aircraft active fleet	share
General Electric	1,983	48.0%
Pratt & Whitney	1,098	26.6%
Rolls-Royce	830	20.1%
CFM International	213	5.2%
Engine Alliance	10	0.2%
TOTAL	4,134	100.0%

표 19 중소형 항공기 엔진제조사의 시장점유율

WORLD NARROWBODY BY ENGINE MANUFACTURER		
Engine manufacturer	Aircraft active fleet	share
CFM International	6,815	61.5%
Pratt & Whitney	1,874	16.9%
International Aero Engines	1,738	15.7%
Rolls-Royce	657	5.9%
TOTAL	11,084	100.0%

○ 항공기용 엔진은 국외 선진사들에 의해 과점된 상태임. (그림 40)[47]

- General Electric (미국), Rolls-Royce (영국), Pratt-Whitney (미국)의 3대 메이저 업체에 의해 시장의 75%가 점유됨(SNECMA를 포함할 경우, 84% 점유)

- Consortium 확대 (시장점유율 30%, 위험부담, 시장공유)

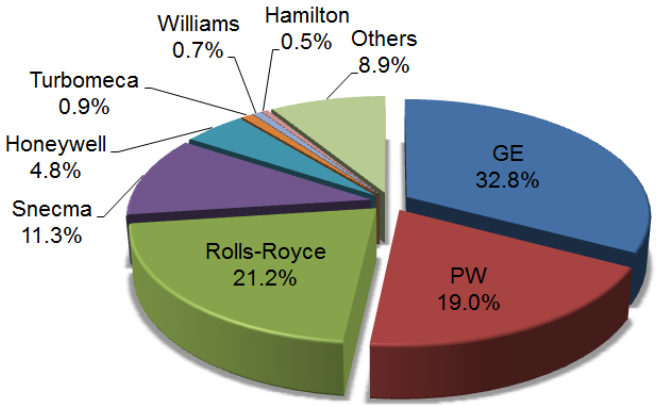


그림 40. 항공 선진업체의 세계시장 점유율

47) 2007 항공우주 부품개발 기술로드맵, 산업자원부 한국산업기술재단, 2007

○ 항공기 엔진 MRO 시장 역시 Widebody(Twin aisles)와 Narrowbody(Single aisles)로 나뉨. GE Engine Services가 항공기 엔진 MRO 시장의 글로벌 리더임. 한국은 유일하게 대한항공만이 항공기 엔진의 MRO 기반을 갖춤. (그림 41, 42)[48]

WIDEBODY ENGINE CONTRACTORS		
Contractor	Aircraft	share
GE Engine Services	952	17%
In-house	628	11%
Lufthansa Technik	369	7%
Air France Industries/KLM E&M	331	6%
Pratt & Whitney	312	6%
SAESL	308	6%
HAESL	234	4%
Rolls-Royce	199	4%
MTU Maintenance	175	3%
Delta TechOps	161	3%
United Services	149	3%
Other	1,762	32%
TOTAL	5,580	100%

WIDEBODY IN-HOUSE OPERATORS	
Operators	Aircraft
Emirates	131
American Airlines	101
All Nippon Airways	100
Korean Air	72
China Airlines	56
Air India	34
Qantas	31
Thai Airways International	22
Saudi Arabian Airlines	20
Kalitta Air	19
Iberia	15
Other	27
TOTAL	628

그림 41. 대형 항공기 엔진 정비 회사들의 시장 점유율

NARROWBODY ENGINE CONTRACTORS		
Contractor	Aircraft	share
GE Engine Services	2,489	16%
SNECMA	1,361	9%
Pratt & Whitney	1,230	8%
MTU Maintenance	1,146	7%
Lufthansa Technik	977	6%
In-house	772	5%
Delta TechOps	700	4%
Rolls-Royce	532	3%
Bedek Aviation	348	2%
Air France Industries/KLM E&M	324	2%
Iberia	288	2%
Other	5,763	36%
TOTAL	15,930	100%

NARROWBODY IN-HOUSE OPERATORS	
Operators	Aircraft
American Airlines	396
Iberia	103
Air India	98
Korean Air	31
Finnair	29
All Nippon Airways	26
Aviacsa	25
Aerolineas Argentinas	17
Kelowna Flightcraft Group	15
China Airlines	10
Far Eastern Air Transport Corp	8
Other	14
TOTAL	772

그림 42. 소형 항공기 엔진 정비 회사들의 시장 점유율

○ 항공기 기종별 엔진 현황[49]

- 단일 기종의 항공기에 여러 회사의 엔진을 장착하는 Multi-engine option을 적용

- Boeing 747은 GE, Pratt & Whitney, Rolls-Royce 社의 엔진을 장착함.(그림 43)

- A380은 Rolls-Royce와 Engine Alliance* 社의 엔진을 장착함.(그림 44)

48) Commercial Engine 2010, Flightglobal/Insight
49) Commercial Engines 2010, Flightglobal/Insight

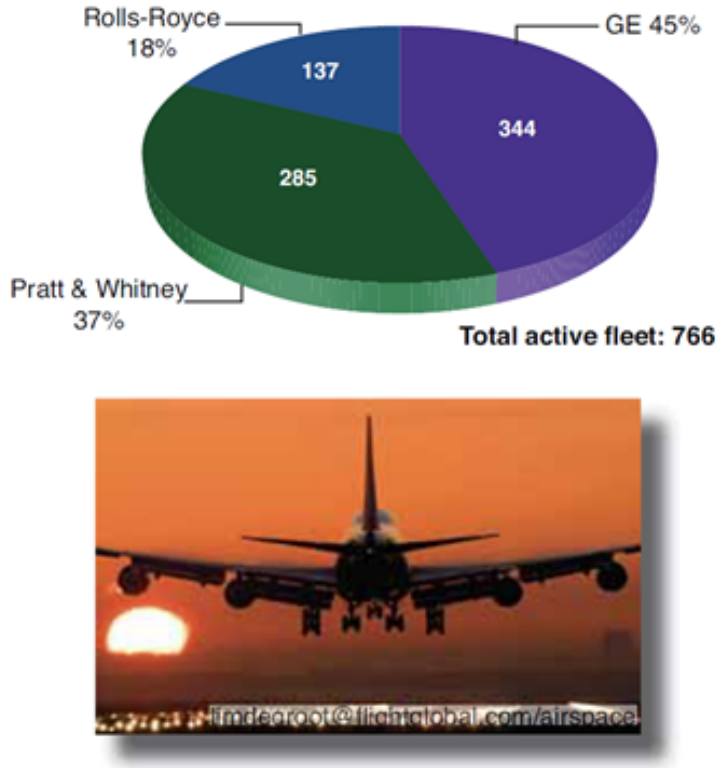


그림 43. Boeing 747의 엔진 장착 현황

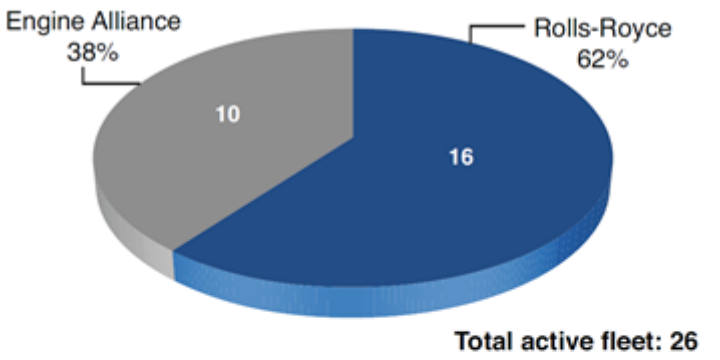




그림 44. A380의 엔진 장착 현황

(1) 항공기 크기 및 지역 별 수요 현황 및 예측

(가) 항공기 좌석 별 현황 및 예측

① 소형 & 중형 항공기 좌석 동향 및 예측[50)]

○ 전체 항공기 숫자는 꾸준히 증가하는 추세를 보임.

○ 20-59석의 소형항공기 수요는 60-99석의 중형항공기가 대체할 것으로 예측

○ 20-59석 소형항공기의 향후 20년간 퇴역기 숫자는 2,700대인 반면, 신규 주문량은 300대로 급감할 것으로 예측

○ 60-99석 중형항공기의 경우 향후 20년간 신규 주문량이 5,600대로 예측되는 반면, 퇴역량은 1,300대로 항공기 숫자 증가가 예상됨.

○ 60-99석의 중형항공기의 경우 20-59석 항공기의 이전 수요를 대체

○ 100-149석의 민항기의 경우 60-99석의 항공기와 마찬가지로 신규 주문량이 퇴역량에 비해 크게 예측되어 항공기의 총 숫자는 증가할 것으로 예상됨.

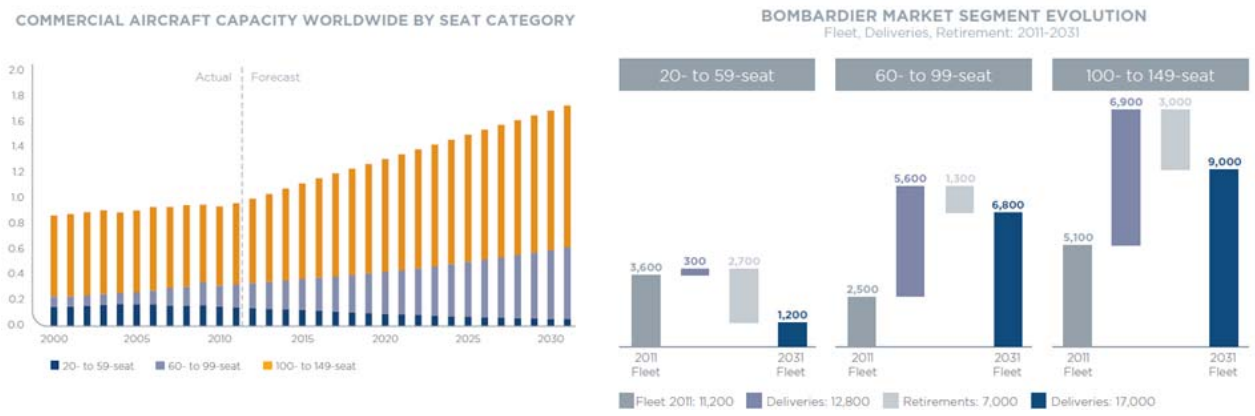


그림 45. 중소형 항공기 좌석 동향 및 예측

② 항공기 좌석 별 시장 예측 : 2012-2031[51)]

○ 130-180석 항공기의 시장이 가장 클 것으로 예측

○ 화물기의 경우 민항기 200석 이상의 크기의 수요가 있을 것으로 예상됨.

50) Commercial Aircraft Market Forecast 2012-2031, Bombardier
51) Rolls-Royce Market Outlook 2012-31

○ 항공기 숫자로 보면 Very Light Jet(피), 비즈니스 항공기의 비중이 시장의 절반 이상 차지할 것으로 예상

○ 항공기의 총 숫자는 68,000대, 시장은 4,75조 달러로 예측됨.

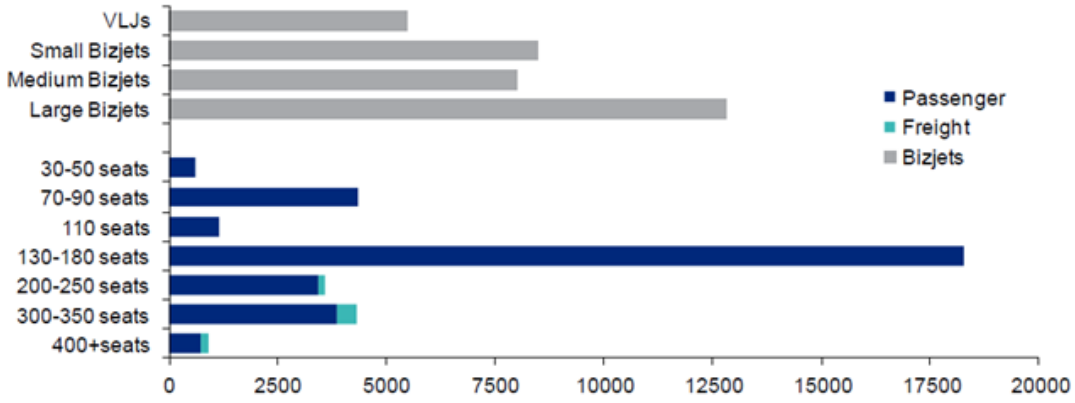


그림 46 항공기 좌석 별 시장 예측

○ 20-99석의 항공기 엔진의 경우 유가 상승의 영향으로 터보프롭 엔진 사용이 증가하는 추세

○ 향후 20년간 20-99석의 터보프롭 항공기는 총 2,850대로 그 중 60-99석의 항공기가 2,700대로 대부분을 차지할 것으로 예측

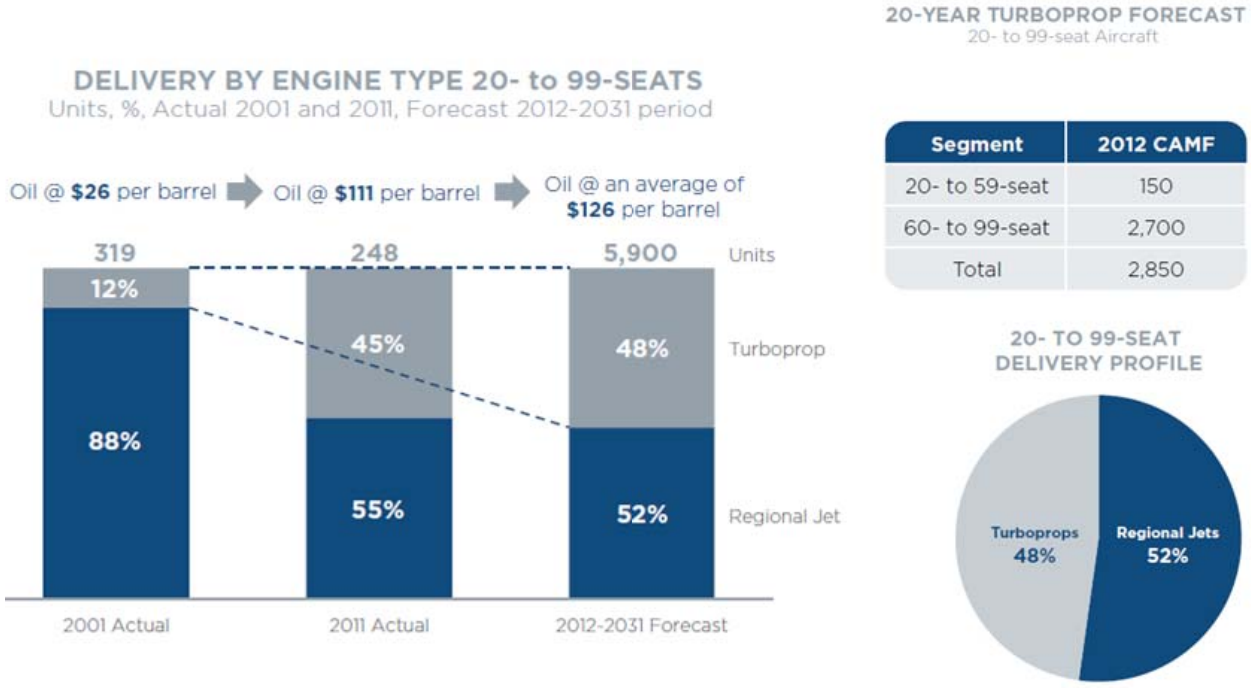


그림 47 20-99석 항공기 사용 엔진 예측

(나) 지역별 항공 시장 예측 : 2012-2031[52)]

○ 아태지역의 항공기 시장이 가장 최대로 예측됨.

○ 북미지역의 비즈니스 항공기의 시장이 최대로 나타날 것으로 예측됨.

○ 아태지역의 경우 Twin Aisle 항공기의 시장이 가장 크게 나타나며, 그 뒤를 이어 Single Aisle의 시장이 크게 나타나지만 그 이외의 중소형 항공기의 시장은 큰 비중이 없을 것으로 예측됨.

○ 유럽, 중동, 아프리카의 경우 Twin Aisle의 대형항공기의 시장이 가장 크게 나타날 것으로 생각됨.

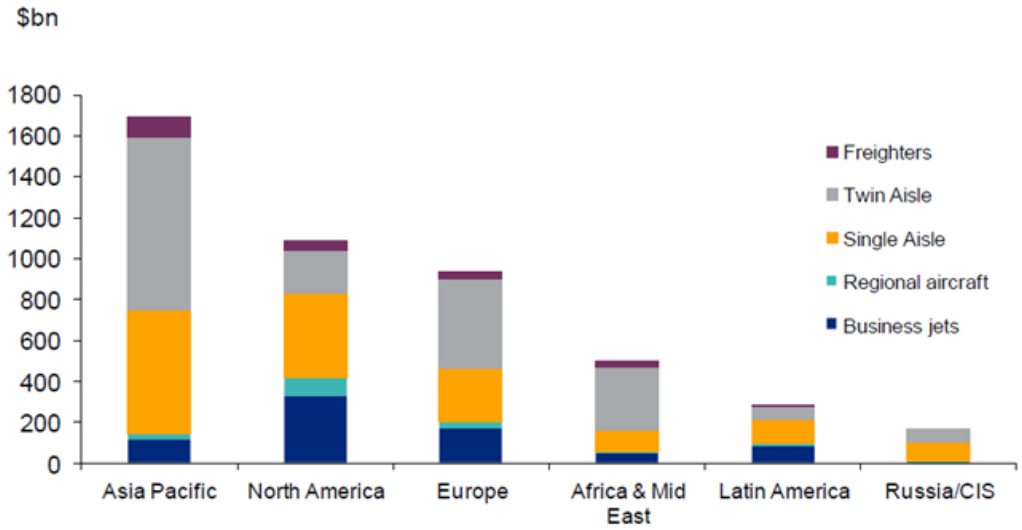


그림 48 지역별 항공 시장 예측 : 2012-2031

(다) 항공기 크기 별 기대 수익 : 2010-2029[53)]

○ 소형 항공기용 엔진의 판매 숫자는 최대, 판매 금액은 최소로 예측됨.

○ 소형 엔진의 경우 대당 가격이 낮기 때문에 판매 숫자는 많아도 기대 수익이 높지 않음.

○ 대형 항공기의 엔진의 판매는 최소, 판매 금액은 최대로 예측됨.

52) Rolls-Royce Market Outlook 2012-31
53) MTU Market Outlook 2010

표 20 항공기 크기 별 판매 수 및 엔진 수, 가격

	Turboprop	Business Jet	Regional Jet	Narrow Body Jet	Wide Body Jet	Total
Aircraft Deliveries : 2010-29	2720	27890	4350	16290	7470	58720
	5%	47%	7%	28%	13%	100%
Engine Deliveries : 2010-29	5880	53810	9400	35230	18370	122690
	5%	44%	8%	29%	15%	100%
Engine Sales ($bn)	7	89	42	268	339	745
	1%	12%	6%	36%	46%	100%

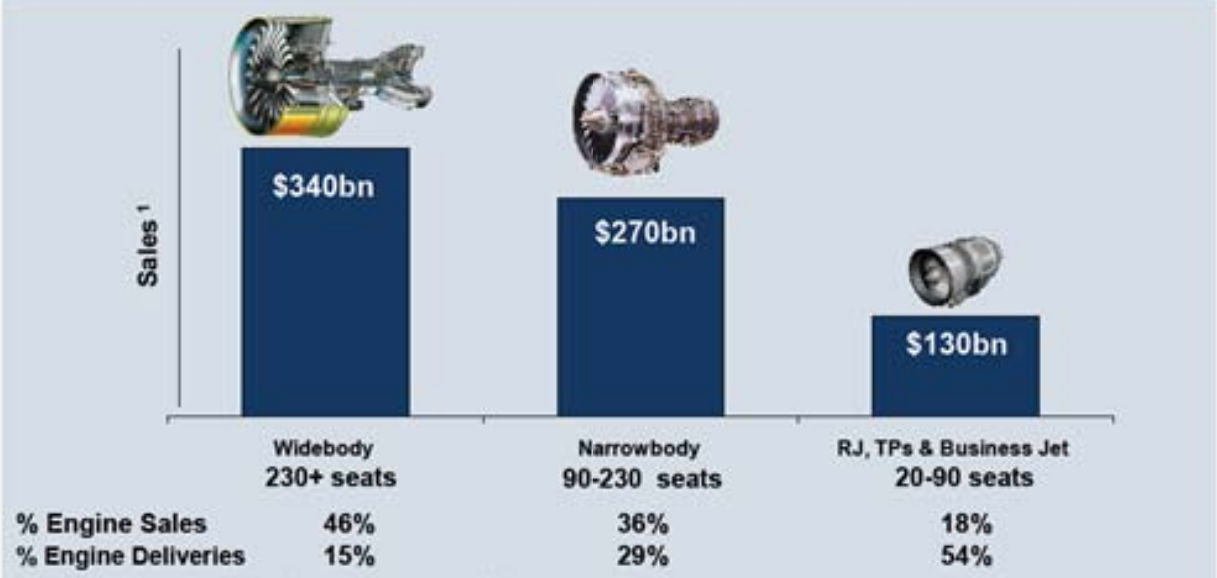


그림 49 엔진 크기별 판매 개수 및 금액

(라) 항공용 터보팬 엔진 수요 예측[54)]

○ 2006년에서 2011년까지의 터보팬 엔진 수요는 거의 동일하였으나 2011년부터 2017년까지 터보팬 엔진 수요는 5% 가량 증가할 예측

○ 터보팬 엔진 판매 금액은 2006년 이후 5~6% 정도의 꾸준한 성장률을 보이며 2017년까지 성장할 것으로 예측

○ 2017년의 엔진 제조사 별 점유율은 크게 변하진 않으나 IAE의 점유율이 Pratt& Whitney 로 흡수될 예정

54) Global Commercial Aero Turbofan Engine Market 2011-2017, Lucintel

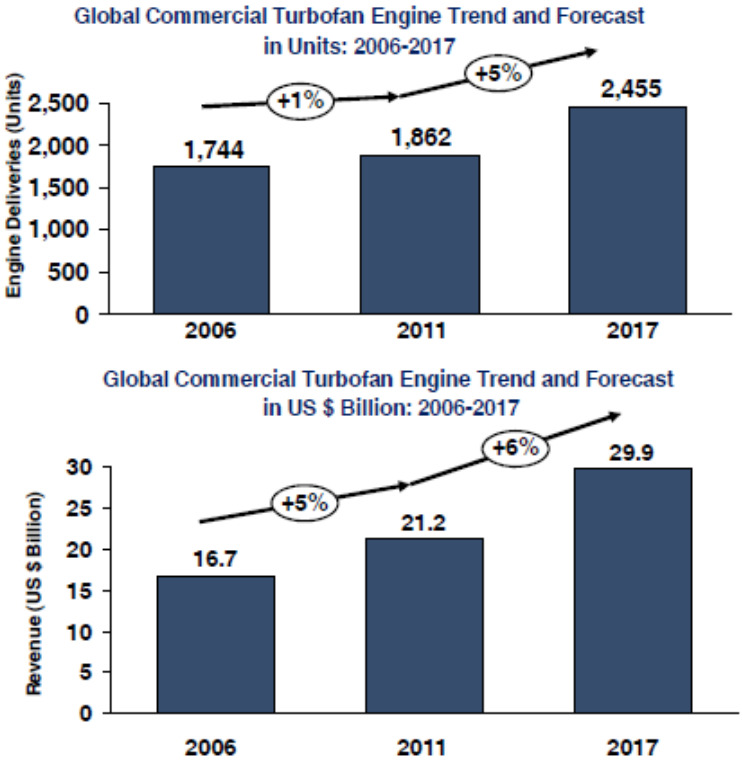


그림 50 터보팬 엔진 판매 수, 금액 현황 및 예측

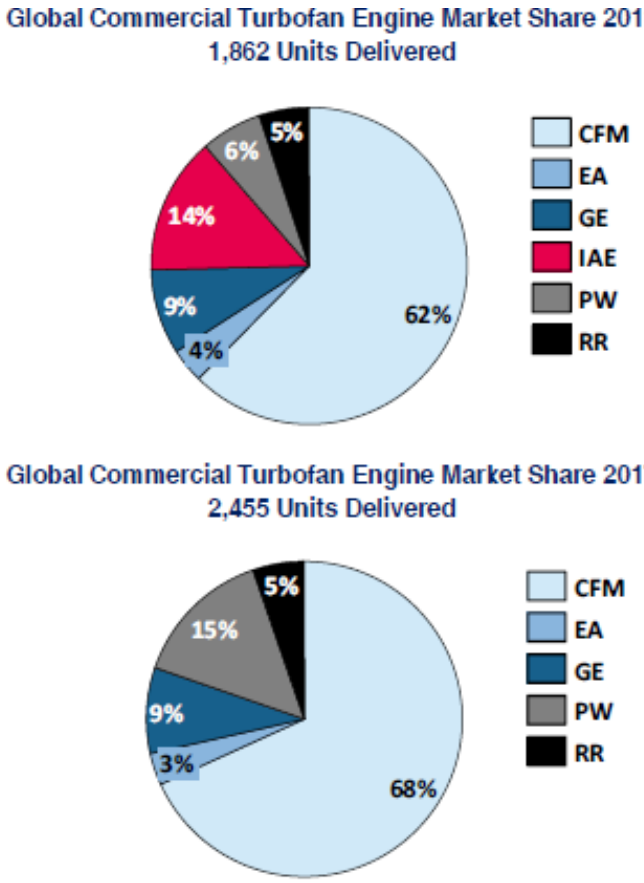


그림 51 항공기 엔진 제조사별 점유율 현황 및 예측

(마) 항공기 엔진 추력 별 현황 및 예측 : 2012-2031[55)]

○ 항공기 엔진 추력 22,000-45,000lb 시장이 가장 클 것으로 예측

○ 화물기의 경우 200석 이상의 규모 항공기를 이용하기에 고출력 엔진 사용

○ VLJ, 비즈니스 항공기가 시장이 차지하는 비율에 비해 엔진 시장 비율은 낮음.

○ 항공기 엔진 시장은 총 9750억 달러로 예측

○ 터보프롭 엔진 매출은 터보팬 엔진에 비해 적을 것으로 예측

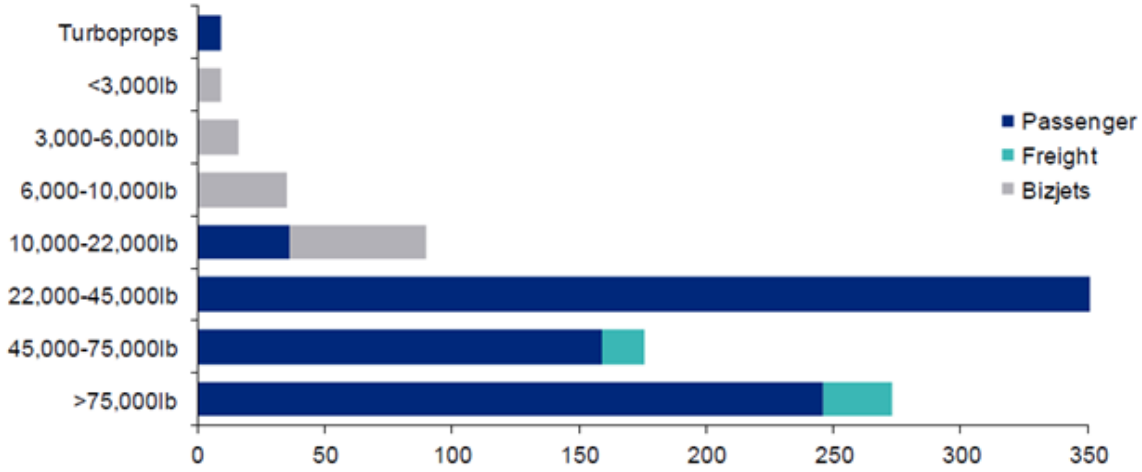


그림 52 항공기 엔진 추력 별 시장 예측 : 2012-2032 (단위 : $bn)

(바) 터보팬 엔진 시장 변화요인

① 시장 발전 가능 요인

○ 항공 교통 증가 예측

○ 소형 항공기와 저비용 수송기 수요 증가

○ 기존 항공기의 새로운 엔진 장착

○ 고효율 엔진

② 시장 저해 가능 요인

55) Rolls-Royce Market Outlook 2012-31

○ 재료 및 연료 가격 증가

○ 규제 강화 및 인증 사항 증가

○ 기술적 문제점 및 기타 문제

(사) 대형 항공기용 최신 기술 적용 엔진

○ 대형 항공기용 개발 목표 엔진

표 21 대형항공기용 개발 목표 엔진 비교

	GEnx	Trent 1000
길이	4.87m	4.738m
중량	5,670kg	5,765kg
팬 직경	2.87m	2.85m
팬 블레이드 수	18개	20개
추력	57,000-75,000lbf	53,000-75,000lbf



그림 53. General Electronic社의 GEnx 엔진

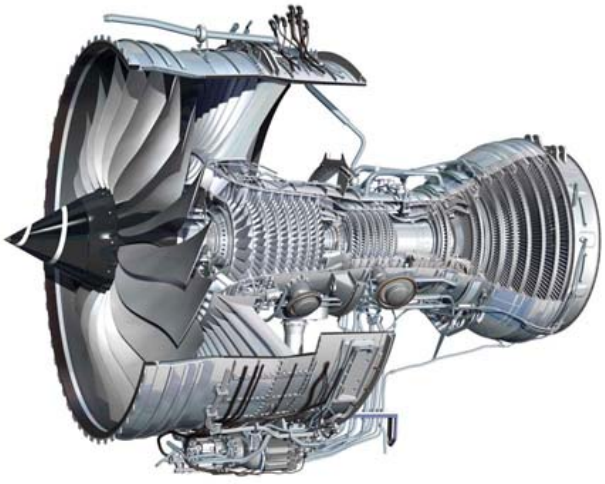


그림 54. Rolls-Royce社의 Trent1000 엔진

3절. 기술동향 분석

1. 국내 기술동향

가. 왕복엔진

○ 피스톤엔진(또는 왕복엔진으로 칭함)은 항공기 역사 초창기부터 사용된 엔진으로 가장 오래된 형식임.

○ 대한민국의 경우, 1953년 국내 최초의 국산 항공기인 “부활”에서부터 시작하여 1991년 대한항공의 “창공91”과 1997년 한국항공우주연구원에서 개발한 “쌍발복합재료 항공기” 및 2002년 국내 최초의 선미익형 소형항공기인 “반디호”(그림 55)[56]개발에 이르기까지 피스톤 엔진이 사용되었음.



그림 55. 반디호

표 22 반디호 적용 엔진



제조사	Textron Lycomming
모델	IO-540-C4B5
정격출력	250 HP
엔진형식	6 - Cylinder Piston Engine Air - Cooled
중량	404 lbs

56) www.kari.re.kr

나. 가스터빈 엔진[57)]

○ 1980년대 이후 학계를 중심으로 가스터빈 냉각에 대한 기초연구가 이루어지고 있으며, 1990년대 이후 산업계에서도 소형 가스터빈 개발 및 대형 가스터빈 부품개발을 위한 연구가 진행되고 있음.

- 소형 가스터빈엔진 개발과 관련해서는 한국항공우주연구원, 한국기계연구원 등 국책 연구소와 삼성테크윈을 비롯한 몇몇 기업이 연구 과제를 수행해 왔거나 수행 중에 있음.

- 최근에는 두산중공업에서 소형 발전용 5MW급 가스터빈 개발 완료.

- 발전용 대형 가스터빈엔진의 고온부 부품개발을 위한 연구가 몇몇 업체 및 연구소를 중심으로 진행되었거나 진행 중에 있음.

- 학계에서는 연세대학교, 서울대학교 등 몇몇 대학에서 가스터빈 열전달 및 냉각기술인 막냉각, 충돌제트냉각 및 내부관 냉각과 복합냉각방법에 대한 여러 연구를 수행하여 기초적인 설계 데이터를 축적해오고 있음.

- 그 중 일부 내부관 냉각 관련 연구결과들은 대형 가스터빈 부품 국산화를 위한 설계 자료로서 활용되었음.

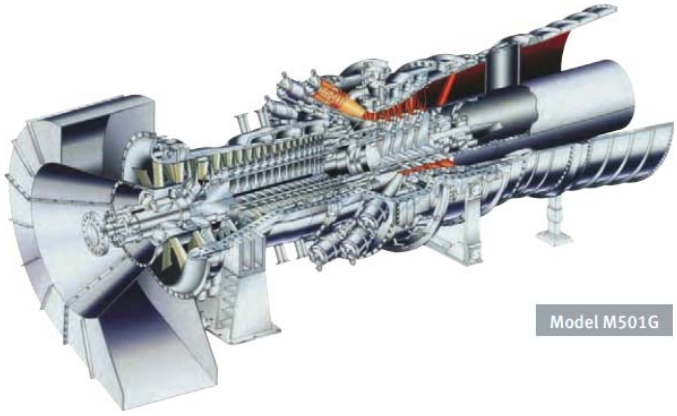


그림 56 두산중공업 가스터빈엔진(M501G)

○ 1980년대 초부터 한국기계연구원을 주축으로 가스터빈 부품의 제조기술에 대한 연구로 터빈 블레이드의 진공정밀 주조기술에 대한 연구가 시작되어 현재는 방향성응고 및 단결정 기술을 확보하고 있으며, 대형 단결정 부품의 응고에 가장 효율적인 공정으로 선진국들에서도 연구개발을 시작한 액체금속냉각법(LMC : Liquid Metal Cooling)을 이용한 단결정 응고기술을 보유하고 있음.

57) 가스터빈의 개발과 국산화, 조형희, 기계저널, 제46권 제10호

- 산업계에서는 190년대 중반부터는 한국로스트왁스공업(주)와 ㈜삼정터빈, ASTECH 등에서 발전용 가스터빈의 대형 블레이드나 노즐의 제조를 위한 설비가 도입되어 국내 업체에 설치된 양산용 진공용해주조로도 4대에 이르고 있음.

- 산업체의 제조기술개발이 활발히 진행되어 왔으나, 실용화측면에서의 개발기회는 그렇게 많지 않았음. 일부의 개발제품은 PWA사 항공기엔진의 air seal, segment와 같은 non-rotating부품, 터보차저 부품, 소형 선박용 엔진인 Allied Signal 사의 TF35의 블레이드와 베인, 삼성항공에서 개발한 1.2MW급 산업용 가스터빈 엔진의 블레이드와 베인 등에 한정되었고, 최근에 와서 GE 사의 선박용 LM2500 블레이드에 대한 개발 및 인증(VSE)을 받은 상황임.

- 국내에서도 발전용 다결정 터빈 블레이드와 베인의 개발이 수년전부터 진행되어 왔고, 최근 전력연구원, 한국기계연구원, 한전기공, 연세대 및 성균관대가 공동으로 발전용 가스터빈의 블레이드와 노즐과 같은 대형 부품의 국산화 연구를 진행하고 있음.

- 최근 일련의 항공사고와 관련하여 공군에 초내열합금. 터빈부품 제조기술과 관련한 요인들에 대해 한국기계연구원의 연구결과들을 제공하여 원인규명을 지원하고 있음.

- 외국의 엔진 제조회사들은 여러 가지 요인을 들어 부품이나 엔진의 문제점에 대한 노출을 꺼리는 상황이므로, 한국기계연구원의 지난 20여 년간의 연구경험과 결과는 학술적으로 부품과 소재의 문제점을 규명하는 데 중요한 역할을 하고 있음.

(1) 발전용 가스터빈 기술 동향[58)]

○ 선진국에 비해 제작・조립, 발전 설비의 건설 및 운영 분야는 어느 정도 수준에 도달

○ 가스터빈 개발 관련 고부가가치 기술은 매우 뒤쳐져 있음.

○ 삼성테크윈과 두산중공업을 중심으로 소형급 가스터빈 개발

○ 대형급 면허생산을 통해 두산중공업에서 부분적으로 제작기술 확보

○ 고효율 블레이드 설계의 경우 생산 기술 우선 정책으로 인해 설계 기술 확보가 부족한 실정임.

○ 블레이드 기본 설계 과정에서 OEM사와 공동 설계 추진이 필요할 것으로 전망됨.

○ 고효율 블레이드 설계의 최적화 알고리즘 경우 국내 여러 기관에서 연구가 활발히 진

58) 유재원, 발전용 고효율 대형가스터빈 국내 기술개발 현황 및 전망, 2012.

행되고 있기에 원천기술 확보가 가능할 것으로 예상

○ 연소기 제작 관련 기술은 이미 성숙 단계에 도달했으나 저공해 연소기 설계에 대한 국내 독자 기술은 미확립

○ Annular 방식의 경우 Cannular 방식 대비 유지 보수 관점에서 열세이며 터빈 입구 온도를 높여가는 향후 기술 차원에서도 불리한 면이 존재

○ 기본 연소기 개발은 국내에서 설계를 주도하여 Cannular 방식의 연소기를 개발하는 것이 타당할 것으로 생각됨.

○ 터빈 냉각 기술은 일반적으로 선진 회사들이 기술이전을 기피

○ 터빈 냉각 기술에 대해 해외 선진 엔지니어링 회사와 공동 개발로 연구기반기술 및 경험을 확보해야할 필요가 있음.

○ 고온 소재에 대해 그동안 진행된 국내 개발과제를 통해 확보된 원천기술을 최대한 활용할 필요가 있음.

○ 부속한 요소기술인 세라믹코어 변형 방지 기술, 세라믹코어 활용 기술, DS 결정조직 Control 등 확보에 주력

○ 고온 소재 기술 확보 해외 전문가를 활용하여 주요 핵심기술 습득 및 양산공정 확립이 필요함.

○ TBC(열차폐코팅) 기술은 한전 KPS에서 DVC-TBC 코팅을 GE 7FA 기종에 적용하고 있으며, Alstom GT24에 적용하고 있는 코팅과 비슷한 정도로 국내 기술이 확보되어 있음.

○ 장비 및 설비 면에서 APS (Atmospheric Plasma Spray), VPS (Vacuum Plasma Spray)장비를 구축하고 있어 추가 설비 구축없이 개발 및 시제품 제작 가능

○ 가스터빈 엔진 개발시 해석적 방법으로는 정확한 성능 해석이 불가능하기에 성능시험이 필수적

○ 구성품 성능시험 시 설계기술 유출의 우려가 크므로 국내에서 수행해야 함.

○ 정부출연금으로 확보된 성능시험 설비는 효율적인 활용 및 관련업체간의 공동 활용을 위해 정부출연연구소에 설치하는 것이 좋을 것으로 생각됨.

다. 국내 항공기용 부품 산업의 주요업체 현황

○ 1999년 항공 산업 구조조정을 통해 완제기 제작은 항공 3사(삼성항공, 대우중공업, 현대우주항공)의 통합으로 설립한 '한국항공우주산업(KAI)'으로, 엔진분야는 '삼성테크윈'으로 재편되었고, 부품업체로는 대한항공, 위아, 한화 등과 전자장비 업체인 LIG넥스원, 삼성탈레스 등이 있음.

○ 상위 3개 업체(한국항공우주산업, 삼성테크윈, 대한항공)가 전체 항공분야 생산의 90%를 차지하고 있음.(표 23)[59]

표 23 산업체 점유율 현황(2008년)

	KAI	삼성테크윈	대한항공	한화	LIG넥스원	현대위아	기타
매출액	9,101	5,424	5,090	733	464	250	2,482
점유율	38.7	23.0	21.6	3.1	2.0	1.1	10.5

○ 항공기 등에 대한 국내의 연구기관으로는 한국항공우주연구원을 비롯하여 국방과학연구소, 국방기술품질원, 한국기계연구원 등이 있으나 국방과학연구소와 국방기술품질원은 군수용 항공기 등에 대한 개발 및 품질보증에 대한 연구를 진행. 한국기계연구원은 일반기계 및 항공기용 소재류 등에 대한 연구를 중점적으로 수행하고 있음.

표 24 국내 항공우주분야 주요업체 및 기술동향

업체명	업체별 능력	비 고
한국항공우주산업	• 항공기 체계종합, 설계/제작, 위성체 및 부품제작 - 고정익: KT-1, KO-1, T-50, TA-50, KF-16 - 무인기: 군단급 UAV - 회전익: SB427, 429, KHP - 성능개량: P-3C, FLIR - 위성: 다목적 실용위성 - 부품: 항공기 구조물, 헬리콥터 동체/로터 구조물	
삼성테크윈	• 엔진 및 부품생산, 엔진정비 - 엔진 : F100, T700, 산업용 엔진 및 PW4000 부품 - 창정비 : F100, T56, A250, T53, J79, J85, T700	
대한항공	• 항공기 부품 제작 및 정비/개조, 위성체 및 부품제작 - 고정익: B747/777/787, A330/380 동체/날개 부분 - 회전익: 500MD, UH-60 헬기완제기, KHP 후방동체 - 위성: 다목적 실용위성체 본체 구조물 등	
한화	• 항공기 유압부품 및 비행조종면 작동기 전문생산	Eclipse500 L/G

59) 항공산업 발전 기본계획 - 2010 ~ 2019 - , 2010, 지식경제부.

업체명	업체별 능력	비 고
	- UH-60 유압부품/KF-16 I.S.A 기술도입생산 - KT-1 유압부품/ T-50 I.S.A	Actuator 제작
현대위아	• 착륙장치 제조기술 및 일부 설계기술 보유 - KF-16 L/G, UH-60P L/G 기술도입 생산 - KT-1 L/G, T-50 L/G 기술도입 생산	
금호 타이어	• 타이어 설계/제작(B737-400 기종 Main Tire)	TSO급 FAA인증획득
LIG넥스원	• 유도무기, 수중무기, 레이더, 전자전, 항공전자, 전술정보통신체계, 사격통제장치, 전자광학 설계 및 제작	
삼성탈레스	• 유도무기, 사격통제, 통신전자, 전자광학, 항공전자 등	
아스트(주)	• 항공기용 기체 부품 및 치공구 설계 및 제작 - 항공기 기계가공 동체 패널 개발 - 항공기 동체조립 자동화기술 개발 - Airbus, Boeing 등에 기체 부품 납품	
데크(주)	• 항공기용 복합재 구성품 설계 및 제작 - KF-16 복합재 브레이크 디스크 개발 - KT-1 복합재 구조물 개발(에얼러론/러더/LG Door) - 복합재 외부연료탱크/윈도우프레임 개발 - 스마트 무인기 개발	초고온탄소복합재 분야 국가지정 연구실 (과학기술부)
퍼스텍	• 항공, 유도무기, 화포, 기동분야 - UH-60 전장판넬 및 배선장치 외	
경주전장	• 항공기 발전기/특수 모터류 제조 및 창정비 - KF-16 주발전기 및 보조발전기 외	
수성기체(주)	• 각종 항공기 기체부품 및 일반 성형가공품 - A380 Panel stringer 외	Eclipse500 Wing 부품 제작
신영중공업(주)	• 선박용 기계제작 및 항공기 및 위성 제작 - 소형항공기 제작 및 생산 (반디호) - 과학위성 KSR-III 발사대 설계/제작 - 다목적 에어로스탯(Aerostat) 제작	반디호 제작

라. 국내 기술 수준

○ 국내 항공기용 왕복엔진 기술 수준은 자동차용 왕복엔진에 비하여 높지 않음.

○ 자동차 엔진의 양산 기술 수준은 선진업체와 기술격차가 거의 없으나 기술 적용 시점에서 2~5년의 시간차가 존재[60]

○ 국내의 항공산업체는 군용 항공기 체계 개발과 주요 부품 및 장비품의 개발 능력, 그리고 군수 항공기 등에 대한 품질관리체계를 갖추고 있으나, 민간 항공기 및 부품에 대한 독자적인 설계에 대한 경험이 부족하고 설계 등에 대한 적합성 입증기술을 보유하고 있지 못한 실정임.

○ 국내의 항공기 설계/개발기술은 70%, 제조는 90% 수준으로 높은 편이나 핵심 요소기술 및 인증기술은 상대적으로 낮은 35-45% 수준으로 평가됨.(그림 57)[61]

○ 현재까지 축적된 항공기 개발 관련 기술 및 인적 역량, 경험 및 인프라는 항공산업 선진국 대비 평균 50-60% 수준으로 평가됨.

○ 국내의 대학에서 수행되고 있는 연구는 극히 일부를 제외하고는 이론적·학문적 분야에 치중하고 있으며, 항공기 및 부품의 생산기술 및 시험평가, 특히 인증 분야에 대한 연구는 거의 전무한 실정임.

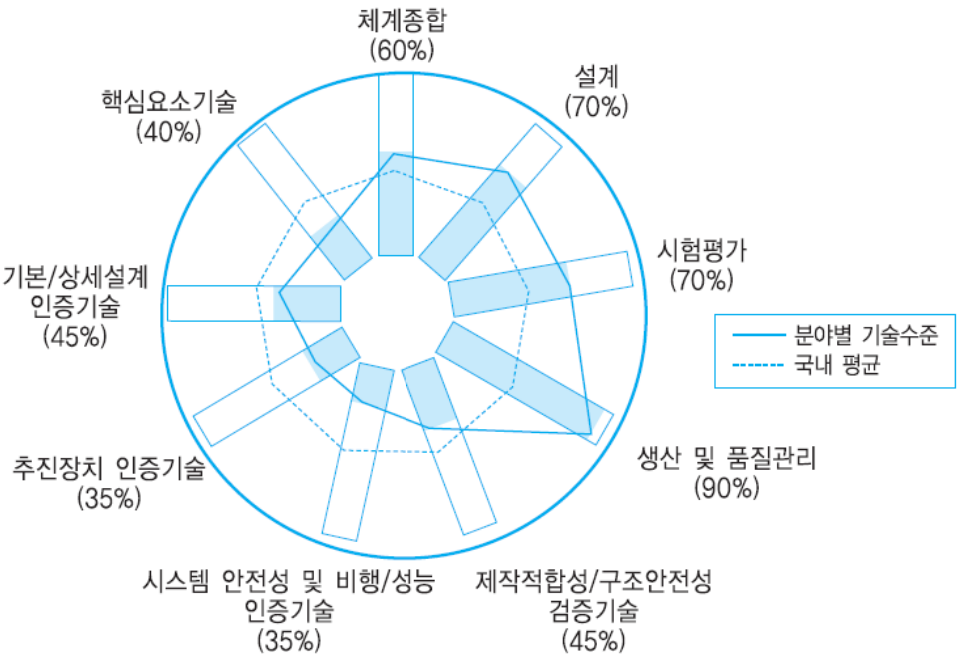


그림 57. 국내 항공기술 현재 수준

60) The next big thing! 대한민국 산업·기술 비전 2020 주력산업, 2010, 지식경제부.
61) 건설교통R&D혁신로드맵(2006년)

표 25 국내 항공산업의 인프라 수준(2007년)

분야	인프라 항목	선진국 대비 인프라 수준				
		부족	다소부족	동등	우월	보다우월
항공기 등에 대한 설계기술	전문인력 보유정도		✓			
	인프라 구축정도		✓			
	기술수준	✓				
생산기술	전문인력 보유정도			✓		
	인프라 구축정도			✓		
	기술수준			✓		
부품 소재 설계/제작	전문인력 보유정도			✓		
	인프라 구축정도		✓			
	기술수준		✓			
인증기술	전문인력 보유정도	✓				
	인프라 구축정도	✓				
	기술수준		✓			

○ 국내 항공기 엔진제작 및 생산기술은 90%의 수준에 도달하고 있으나 설계기술은 매우 저조한 실정임.[62)]

- 항공엔진 산업의 사업구조는 기존의 단위부품에서 서브시스템/모듈 단계로 발전하는 초기과정에 있음.
- Turbo-Jet은 선진국 대비 40% 수준
- APU(보조동력장치)는 선진국 대비 50% 수준
- Turbo-Fan은 선진국 대비 70~80% 수준

○ 왕복엔진의 경우 항공용 왕복엔진의 국내 개발 경험은 거의 없다시피 하며, 자동차 엔진의 클린 디젤의 경우 선진국 대비 78% 수준의 기술 보유[63)]

○ 국내 항공기용 엔진 산업은 해외기술도입 생산방식으로 개발이 진행되므로 제작, 시험, 인증 기술기반이 취약함.[64)]

- 국내의 대학에서 수행되고 있는 연구는 극히 일부를 제외하고는 이론적·학문적 분야에 치중하고 있음.

- 항공기 엔진 및 부품 생산기술, 시험평가, 특히 인증 분야에 대한 연구는 거의 전무한 실정임.

- 1,000 HP급 가스터빈 개발기술확보 (ADD, KARI, KIMM, 삼성테크윈 등 1991년부터 약 14년간 약 1,000억 규모의 투자 결과)

62) 항공우주산업기술로드맵, 2005, 산업자원부.
63) 자동차산업의 미래 : 그린카 현황 및 전망, 2009, 전국경제인연합회.
64) KETEP Issue Paper, 2011-제03호, 한국에너지기술평가원

- 가스터빈 관련 국책과제를 일부 수행하였으나, 선진사와는 높은 기술 격차가 존재

- 한국중공업은 20여 년간의 스팀터빈 면허생산을 통한 경험과 인력을 바탕으로 GE와 대형가스터빈 기술도입 방식에 의한 면허 생산을 한 경험이 있고, 한국중공업을 인수한 두산중공업은 MHI와 면허 생산을 통하여 가스터빈을 생산

- STX엔진은 Niigata Power Systems 등과 함께 가스터빈 사업을 추진중이며, 삼성테크원은 자체적인 개발과정을 통해 1.2MW급 소형 가스터빈의 시제품 개발 경험을 보유. 이외에 현대중공업, KIMM, KARI 등에서 연구개발 경험을 보유

- 국내 기술은 일부 요소기술 및 발전소 보조기기(BOP, Balance of Plant) 제작 기술을 제외하고는 선진국과 기술격차가 있으며, 핵심 기술인 저 NOx 버너설계 기술, 2차 유로설계 및 터빈 블레이드 냉각 기술 등 해외 선진국 대비 기술수준은 낮은 수준

○ 자동차용 왕복엔진 기술 동향

- 현대자동차에서 1983년부터 자동차용 엔진 개발 시작

- 현재 모든 800cc부터 4,600cc까지 가솔린 엔진 개발 완료

- 2004년 개발한 세타엔진은 다임러 크라이슬러와 미쓰비시에 기술 이전을 통해 총 5,700만 달러의 로열티를 받음.

- 2008년 개발 완료한 가솔린 엔진인 타우 엔진의 경우 국내 출원 177개, 해외 출원 14개의 특허를 보유, 미국 자동차 전문미디어 워즈오토(Wardsauto)가 선정하는 美 10대 엔진에 3년 연속 선정

- 2008년 개발한 디젤 엔진인 R엔진의 경우 경쟁사의 승용디젤엔진을 압도하고 큰 폭의 연비향상으로 경제성을 높임.

○ 국내 산업계에서 터보 프롭 엔진개발에 집중하였으나, 현재는 고성능, 고효율 엔진 개발을 위한 터보팬 엔진이나 터보제트 엔진의 개발에 집중함.



그림 58. 국내 항공기용 엔진 개발 동향

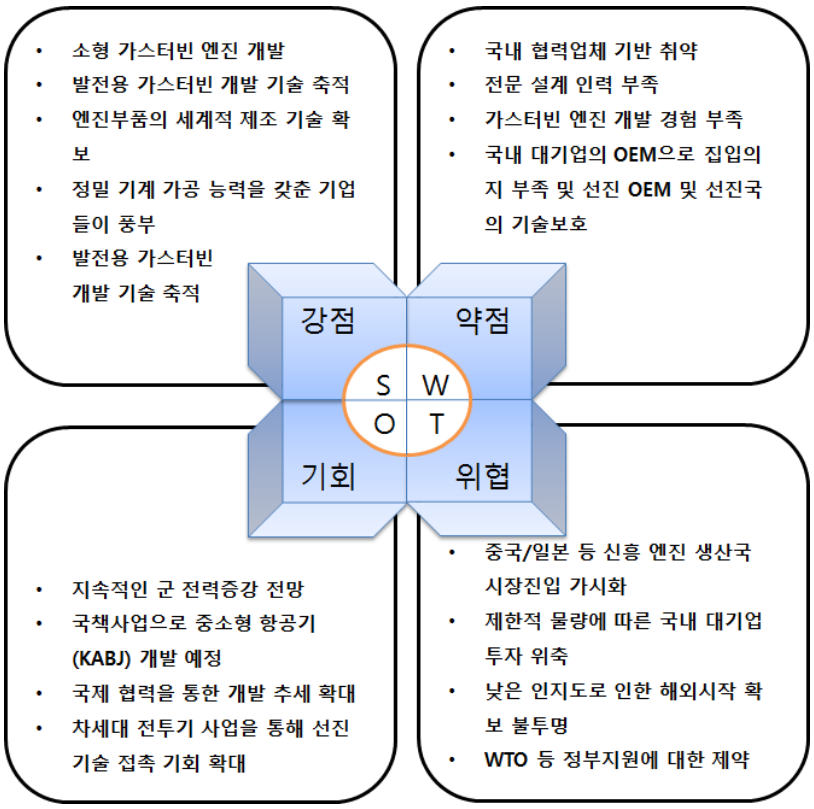


그림 59 국내 항공기 엔진 분야의 SWOT 분석 결과

○ 국내 가스터빈 기술은 일부 요소기술 및 발전소 보조기기(BOP, Balance of Plant) 제작 기술을 제외하고는 선진국과 기술격차가 있으며, 핵심 기술인 저 NOx 버너설계 기술, 2차 유로설계 및 터빈 블레이드 냉각 기술 등 해외 선진국 대비 기술수준은 낮은 수준임.

○ 1980년대 후반부터 독자 엔진 개발 연구를 진행하였으나 많은 투자가 이루어지지 않아 Cold Section의 기술만 확보한 상태 (표 26)[65]

○ 2006년부터 한국항공우주연구원에서는 한국형 기동헬기 개발사업을 통해 가스터빈엔진 저압 동력터빈(LP turbine) 설계 및 시험평가, 보조동력장치용 가스터빈엔진 개발을 수행하였음.

표 26 국내 연구 개발 실적

구분			개발 기간	개발비 (억원)	개발 내용
엔진	고정익	엔진 Test Cell 설계/성능 시험기술 개발	88~89	0.6	독자 엔진 개발
		PW4000 mid fan cowl	88~90	17	
		PW4168 blocker door	91	42	
		J79, J85 정비	79~95	-	
		J85-13/17, J85-21 AIB, J79-15/17 부품	80~99	-	
		소형 엔진, 산업용 엔진, 항공기 엔진의 CAD/CAM 개발	91~96	140	
		JT79D 엔진부품	98~99	1.4	Duct Segment 정밀주조
		GEnx 엔진 국제공동개발	06~08	1,168	B787, 747-8 지분참여 및 공동개발
	회전익	T700 엔진	91~95	117	
항공우주기술개발사업		가스터빈용 고효율 열교환기 개발	00~03	13.8	고효율 열교환기 개발
		인터넷 기반의 가스터빈엔진 수명평가시스템 및 재료특성 Master DB구축	01~04	7.5	손상 기구별 통합수명 해석 프로그램 개발 및 재료 특성 DB 구축
		터보팬 엔진 저소음 설계 핵심 기초기술 개발	04~06	1.2	차세대 전투기 엔진 저소음 설계 핵심 기초기술 개발
		항공기 엔진 IGV Control 정밀주조품 개발	05~07	2.2	17-4PH 스테인리스강 소재의 엔진 IGV 개발
		고성능 가스터빈 부품용 전자빔코팅 열차폐 요소기술 개발	05~06	0.36	가스터빈 블레이드 전자빔코팅기술 개발

65) 항공우주산업통계, 2010

마. 항공기용 부품 유지 보수(MRO)

○ 보잉社는 경북 영천에 총 1억 달러 규모의 유지보수센터를 건립할 예정인데, 향후 한국이 보잉사의 아시아태평양 지역 유지보수센터의 거점으로 성장해 나가기 위한 전략적 투자임.

○ 대한항공과 P&W의 합작법인인 아이에이티(주)는 총 사업비 1,200억 원을 투자하여 엔진의 성능시험이 가능한 국내 최대 규모의 엔진정비센터를 건립할 예정임.

○ 최근 국내 민간 항공기 보유대수의 증가로 항공사의 엔진 정비 및 시운전 수요가 증가 추세에 있으나, 우리나라에서 항공기 엔진 정비를 할 수 있는 업체는 대한항공이 유일

- 엔진 분야 전문 인력 양성을 통한 엔진 정비업체 다양화가 필요

- 세계 top class 반열에 올라선 인천 공항을 이용하여 외국 항공사 엔진 정비 수주로 외화 획득 가능

바. 항공기용 엔진 인증

○ 국내 최초로 개발한 민간 4인승 항공기(KC-100, 나라온)가 형식인증을 통과함.

- 형식인증은 항공기 설계와 제작이 안전기준에 적합한지 여부를 도면검토, 공학적 해석, 부품시험, 항공기 지상시험, 비행시험 등을 통해 검증하는 것으로 비행 시 발생할 수 있는 위험상황 단계까지 총 557회의 비행시험을 수행함.

- 미연방항공청(FAA) 소속 인증 전문가 17명이 함께 참여해 우리나라 항공기 인증체계 전반에 대해 평가를 실시

사. 국내 개발 항공기

○ 1953년 국내 최초의 국산 항공기인 “부활[66]”의 개발로부터 시작하여 1991년 대한항공의 “창공91[67]”과 1997년 항우연에서 개발한 “쌍발복합재료항공기” 및 2002년 국내 최초의 선미익형 소형항공기인 “반디호[68]”가 개발되었으며 이들 항공기는 모두 피스톤엔진을 사용하였음.

66) 국산 1호 항공기 문화재 된다, 매일경제, 2008년 08월 21일
67) 대한항공 우주센터, http://www.kal-asd.co.kr/AeroSpace/
68) 최첨단 소형비행기 반디호…“하늘 위의 페라리”, 경향신문, 2009년 02월 13일



그림 60. 국내 최초의 국산항공기 부활



그림 61. 대한항공의 창공91



그림 62. 반디호

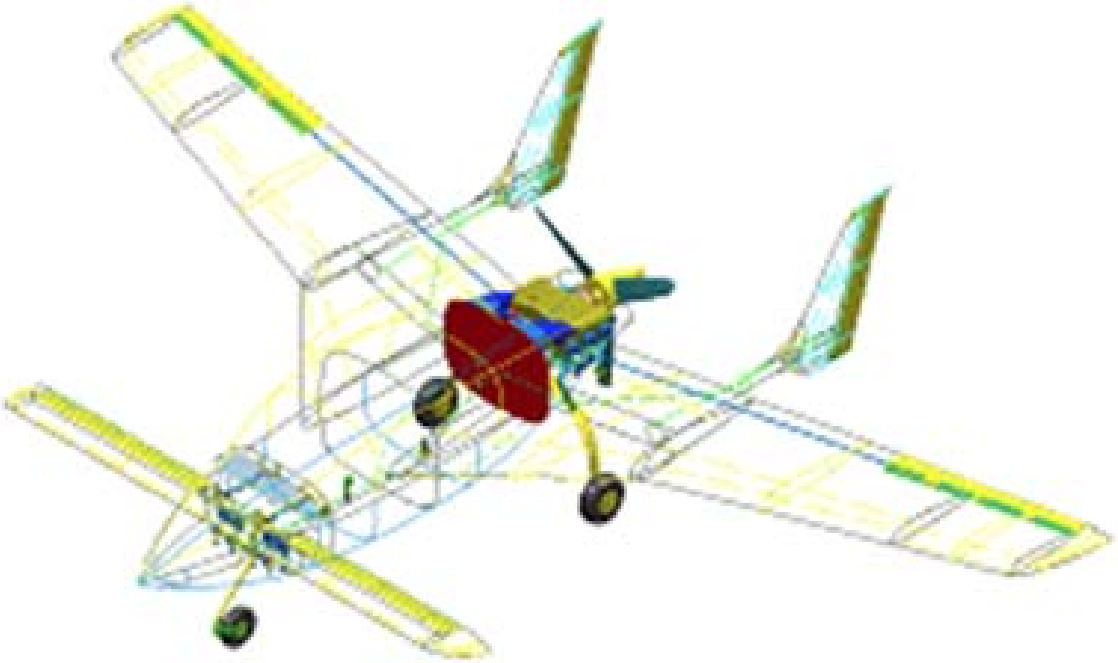


그림 63. 반디호 엔진 장착 개념

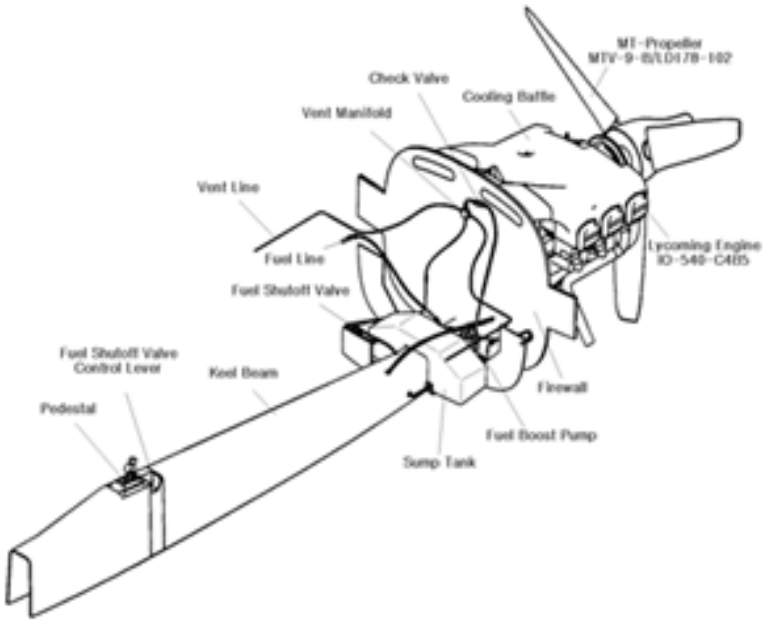


그림 64. 반디호 추진기관 구성도

(1) KC-100

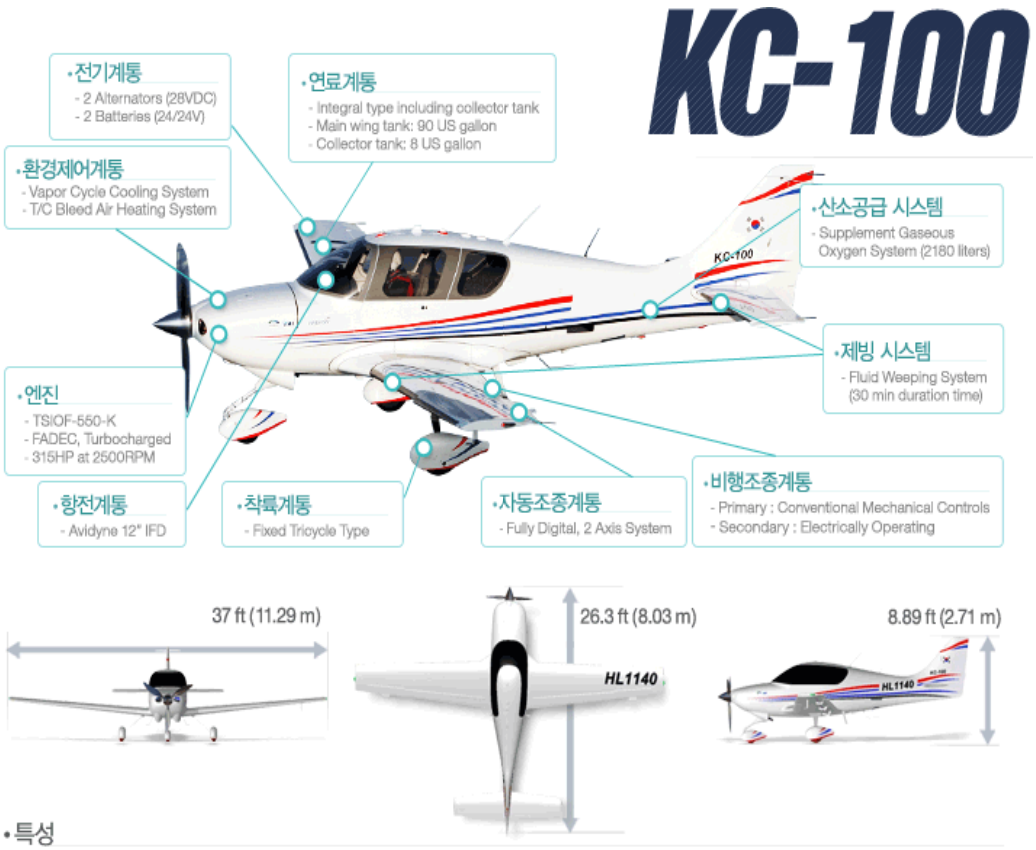


그림 65. KC-100의 제원 및 특징

표 27 KC-100 제원 및 특징

개요	총괄	항공안전기술개발사업단
	개발	한국항공우주산업주식회사(KAI) 주관
	개발기간	2008년 6월 ~ 2013년 12월(5년 7개월)
	개발비용	약 740억
	용도	레저, 사업, 비행교육훈련용
제원	모델	4인승 단발 피스톤 프로펠러기[69]
	전장	8.03m
	전폭	11.29m
	전고	2.71m
성능	최대속도	389km/h
	최대상승고도	7,620m(25,000ft)
	최대항속거리	1,850km
	최대이륙중량	1,633kg
엔진	종류	TSIOF-550-K[70]
	제조사	Continental Motors Inc.
	특징	6 - Cylinder Piston Aircraft Engine 1983년 개발된 Continental IO-550엔진의 파생형 Turbocharged & FADEC models
	최대출력	315HP
	임계고도	18,000ft
	중량	565.5lbs



그림 66. TSIOF-550-K

69) http://www.koreaaero.com/
70) KC-100 항공기 엔진 냉각설계 및 냉각시험, 박성환 외, 2012.11., 한국항공우주학회 학술발표회 논문집

○ KC-100 경쟁기종

표 28 KC-100 경쟁기종

	KC-100	SR-22T	Corvalis TTX
제조사	KAI	Cirrus	Cessna
전장	8.03m	7.92m	7.67m
전폭	11.29m	11.68m	11.00m
전고	2.71m	2.72m	2.74m
동체 높이	1.37m	1.26m	1.24m
동체 폭	1.37m	1.25m	1.24m
최대속도	389km/h	396km/h	389km/h
최대항속거리	1,090nm	1,046nm	1,030nm
상승한도	25,000ft	25,000ft	25,000ft
최대이륙중량	3,600lbs	3,600lbs	3,600lbs
엔진	TSIOF-550-K	TSIO-550-K	TSIO-550-C
출력	315HP	315HP	310HP

(2) KLA-100

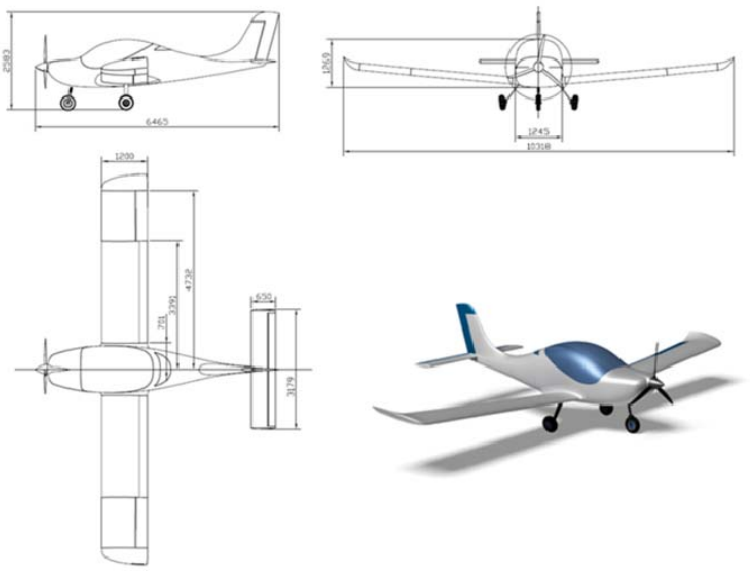


그림 67. KLA-100 삼면도

표 29 KLA-100 제원 및 특징

개요	총괄	국토해양부
	개발	건국대, 데크항공, 퍼스텍(주) 등 총 13개 기관
	개발기간	2010년 9월 ~ 2014년 8월 (4년)
	개발비용	약 209억
	예상판매가	약 1억원(수입품 약 1억 5천만원)
제원[71]	모델	2인승 수·륙양용 고정익 단발 피스톤 프로펠러기
	전장	6.5m
	전폭	10.3m
	전고	2.6m
성능	최대순항속도	217km/h
	최대상승고도	4,500m(15,000ft)
	최대항속거리	755nm(1,400km)이상
	최대이륙중량	620kg
엔진[72]	종류	Rotax 912S2
	제조사	Rotax Aircraft Engine
	특징	Rotax 912 개량형 4 - Cylinder Piston Aircraft Engine
	최대출력	95HP(5,500rpm) 100HP(최대 5분, 5800rpm)



그림 68. Rotax 912S2

71) 데크항공
72) KC-100 항공기 엔진 냉각설계 및 냉각시험, 박성환 외, 2012.11., 한국항공우주학회 학술발표회 논문집

○ KLA-100 경쟁기종

표 30 KLA-100 경쟁기종

	KLA-100	CTLS
제조사	데크항공	Flight Design
전장	6.5m	6.6m
전폭	7.3m	8.5m
전고	2.6m	2.3m
최대속도	217km/h	240km/h
최대항속거리	755nm	680nm
상승한도	15,000ft	15,000ft
최대이륙중량	620kg	600kg
엔진	Rotax 912S	Rotax 912S/is
출력	100HP	100HP

아. 국내 엔진 설계/제작/시험 인프라

(1) 한국항공우주연구원 보유 엔진 인프라

표 31 한국항공우주연구원 보유 엔진 인프라

압축기	**설계**	원심/축류 압축기 공력설계
		다분야 최적설계
		압축기 디스크/로터 동력 시스템 설계
	성능분석	전산유체역학을 이용한 성능 예측
		구조 안정성과 고주기 피로 분석
	성능시험	시험 조정장치 설계
		공력 성능 측정
		유동 불안정성 측정
연소기	**설계 & 분석**	고(高) 조절비(turn-down ratio) 연소기
		저공해 연소기
		연소기 최적 튜닝
		전산유체역학(Fluent, CFX)
	성능시험	연소기 개발을 위한 요구 조건 : 점화, 압력손실, 배출, PF, 안정성, 표면 온도
	모듈시험	광학 측정 : LIF, LDV, PDPA, PIV등
		공력 성능 측정
터빈	**설계 & 분석**	가스 터빈 엔진
		저압 동력 터빈 / 원심 터빈
		공력 설계 & 분석
	성능시험	항공 / 산업 가스 터빈
		축류 / 원심 터빈
		공력 성능 시험
	모듈시험	광학 측정 : LIF, LDV, PDPA, PIV등
		공력 성능 측정

○ 고도별 엔진 시험 설비

- 터보 제트/터보 팬 엔진 시험



그림 69. KARI 터보 제트/터보 팬 엔진 시험 설비

표 32 KARI 터보 제트/터보 팬 엔진 설비 사양

Specification		Value
Altitude		40,000ft
Max. Speed		Mach 1.0
Inlet Temperature		-75 ~ 100℃
Inlet Pressure		31~350 kPa
Max. Air Flow Rate		40 kg/s
Max. Thrust		3,000 lbf
Test Cell Dimensions		3.5m(D) × 6.0m(L)
Data Acquisition System	Pressure	160
	Temperature	192
	Vibration	12
	Misc.	288

- 터보 샤프트 엔진 시험

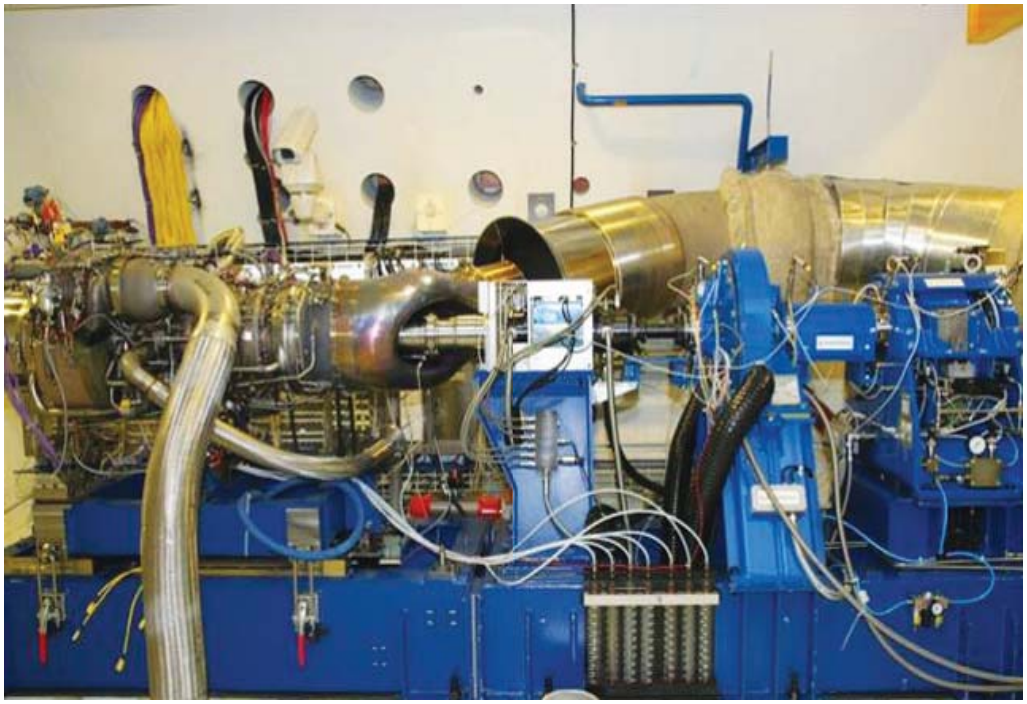


그림 70. KARI 터보 샤프트 엔진 시험 설비

표 33 KARI 터보 샤프트 엔진 시험 설비 사양

Specification		Value
Altitude		0 ~ 20,000ft
Max. Speed		Mach 1.0
Inlet Temperature		-75 ~ 100℃
Inlet Pressure		46~350 kPa
Max. Air Flow Rate		40 kg/s
Max. Thrust		2,000 SHP
Test Cell Dimensions		4.0m(D) × 7.6m(L)
Data Acquisition System	Pressure	286
	Temperature	256
	Vibration	32
	Misc.	208

○ 압축기 시험 설비



그림 71. KARI 압축기 시험 설비

표 34 KARI 압축기 시험 설비 사양

Specification		Value/Details
Application		Axial/Centrifugal Compresson
Max. Power		3,000 hp
Max. Torque		12,000 Nm (Motor Output)
Motor Speed		1,800 rpm
Max. Speed		34,500 rpm
Mass Flow Rate		~ 28 kg/s
Inlet Pressure		0.25 atm ~ 1 atm
Data Acquisition System	Pressure	256
	Temperature	128
	Vibration	8
	Dynamic Pressure	64(@200kHz)
	Misc.	32

○ 연소기 시험 설비



그림 72. KARI 연소기 시험 설비

표 35 KARI 연소기 시험 설비

Specification		Value/Details
Application		Combustor Performance Test
Air Flow Rate		~ 6.0 kg/s
Air Supply Pressure		~ 5.5 atm
Air Supply Temperature		~ 673 K
Fuel Type		Liquid, NG, Syn, Gas
Fuel Flow Rate		1000 kg/hr(Liquid) 108 kg/hr(NG)
Data Acquisition System	Analog	48
	Temperature	88(K) + 8(C)
	Vibration	8
	Dynamic Pressure	8(@200kHz)
	Gas sampling	THC, CO, NO, NOx, etc.

○ 터빈 시험 설비

- 산업용 터빈 시험설비



그림 73. KARI 산업용 터빈 시험설비

표 36 KARI 산업용 터빈 시험설비 사양

Specification	Value/Details
Application	Industrial Turbine
Max. Power	250 kw
Max. Speed	8,000 rpm
Mass Flow Rate	15.8 kg/s
Inlet Pressure/Temp.	230 kPa/400K

- Axial/Radial 터빈 시험설비



그림 74. Axial 터빈 시험설비



그림 75. Radial 터빈 시험설비

표 37 KARI Axial/Radial Turbine 시험 설비 사양

Specification	Value/Details
Application	Axial/Radial Turbine
Max. Power	1,850 kw
Max. Speed	30,000 rpm
Mass Flow Rate	5.5 kg/s
Inlet Pressure/Temp.	410 kPa/560K

(2) 대한항공 보유 인프라

○ Tech Center 내에 핵심부품, 항공 전자장비, 보기류의 제작 및 정비시설을 보유

○ 격납고, 도장시설, 엔진 시운전실, 전자기 측정 시설, 복합재 제작 시설, 화공시설 구비



그림 76. 대한항공 Tech Center

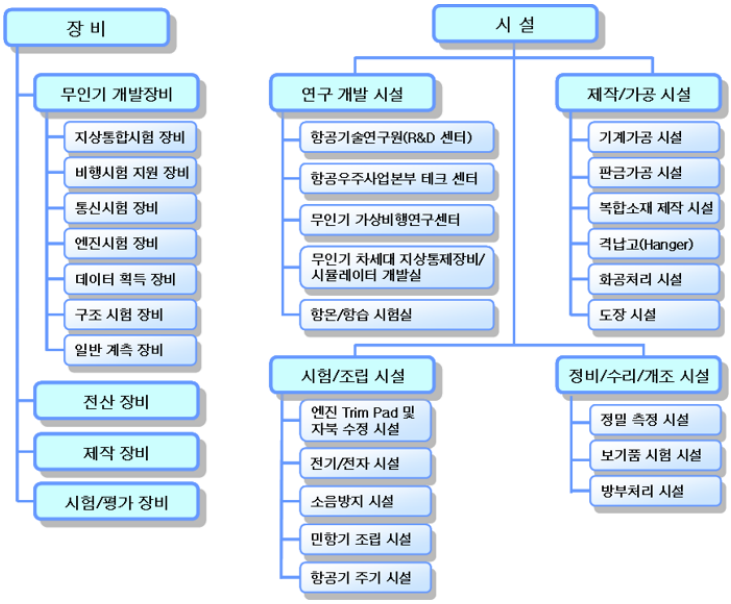
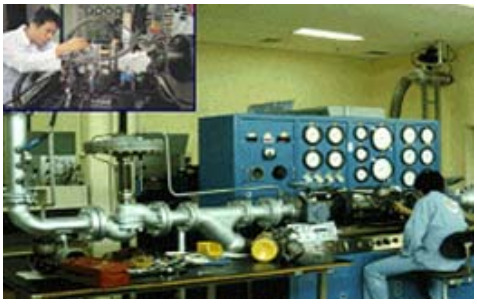


그림 77. 대한항공 Tech Center 조직도

○ 시험 및 조립 시설

표 38 대한항공 엔진 시험 및 조립 시설

명칭	형상	용도
엔진 Trim Pad 및 자북 수정 시설		• 엔진 Trim Pad : 대형 항공기 엔진 시운전 및 소음 방지 시설 • 자북 수정시설 : 항공기 개조 후 기수위치장비의 자북 지시여부 확인 및 수정
전기/전자 시설		• 항공기의 각종 전기전자부품들에 대해 정비를 수행하고 정상적으로 작동하는지 시험하기 위한 시설로 각종 전자장비 시험장비들 보유
소음방지 시설 (Hush House)		• 엔진 및 항공기 시운전 시 소음방지를 위한 시설로 내부에서 항공기 작업도 가능(엔진이 장착된 항공기를 입고 및 시운전)
민항기 조립시설		• 각종 기계/판금/복합재 부품을 조립치구를 이용하여 조립하는 시설

항공기 주기 시설		• 완제 항공기가 시험비행이나 지상 시험을 위해 준비하는 시설로 외부에서 작업 가능하도록 각종 유틸리티 시설을 보유
정밀 측정 시설		• 항공기의 계측 장비에 대한 교정/수정을 수행하는 시설로 정부 공인을 획득한 시설
보기품 시험 시설		• 항공기에 소요되는 각종 작동부품(공기 및 유압제품)에 대해 수리/정비/개조를 수행하고 이들 부품들이 정상적으로 작동하는지를 시험하는 시설로 각종 작동부품 시험 장비 보유

○ 엔진 시험 장비

표 39 대한항공 엔진 시험 장비

명칭	형상	용도 및 제원
엔진 테스트 베드 (Test Bad)		• 엔진 성능 시험 • 측정항목 - 엔진토크(Torque) - 정지 추력(Static Thrust) - 프로펠러 회전수(RPM) - 엔진 실린더헤드 온도(CHT, Cylinder Head Temperature)
엔진 냉각 장비		• 지상시험 시 엔진 냉각 • 풍속범위 : 0 ~ 70km/h • 풍속조절 : 디지털 방식 • 공급전원 : 220V 교류

○ 항공기 정비 장비

표 40 대한항공 항공기 정비 장비

구분	주요 품목	주요 장비
전자부품	• 전자부품 수리능력 - 1,500품목, 85%(장탈량 기준) - 연간 생산량 : 15,000개 • 주요품목 - 항법/통신 부품류 - 비행기록 부품류 - 조종실 계기화면 부품류 - 승객 편의 부품류	• 전자부품 총 장비/공구 보유 - 4,412 품목(840만 불 규모) • 주요장비 - 항공기 컴퓨터 자동시험장비 - 항법/통신 시험장비 - Electric Power 시험장비 - Flight Management 시험장비
보기부품	• 보기부품 수리능력 - 600품목, 75%(장탈량 기준) - 연간 생산량 : 14,000개 • 주요품목 - 공압, 공조 부품류 - 유압 부품류 - 기계보기 부품류 - 연료, 오일 부품류	• 보기부품 총 장비/공부 보유 - 6,679 품목(881만 불 규모) • 주요장비 - 공압, 공조 부품 시험장비 - 유압 부품 시험장비 - 기계보기 부품 시험장비 - 연료, 오일 부품 시험장비

○ 보기부품 시험장비

표 41 대한항공 항공기용 보기부품 시험장비

명칭	형상	용도
Air Cycle Machine Test Stand		• 비행기종 : B747, B744, B737, A360 • 도입년도 : 1996.06 • 제작사 : James Stanley(미) • 주요시험부품, ACM, Heat Exchanger 등
Engine Starter Test Stand		• 비행기종 : 전기종 • 도입년도 : 1978.07 • 제작사 : Alliedsignal(미) • 주요 시험 부품 : 엔진 Starter

Hydraulic Test Stand		• 비행기종 : 전기종 • 도입년도 : 1988.12 • 제작사 : ACL(미) • 주요 시험 부품 : HYD Pump 및 Actuator 류
Fuel Test Stand		• 비행기종 : 전기종 • 도입년도 : 1991.06 • 제작사 : Bauer(미) • 주요 시험 부품 : 각종 Fuel Accessory 부품류
Fuel Nozzle Test Stand		• 비행기종 : JT9D/PW4000/CFM 엔진 • 도입년도 : 1996.05 • 제작사 : James Stanley(미) • 주요 시험 부품 : Fuel Nozzle 류
Fuel Nozzle Test Stand		• 비행기종 : 전기종 • 도입년도 : 1988.07 • 제작사 : Bauer(미) • 주요 시험 부품 : Oil Pump
Valve/IDG/PDU/EVBC Test Stand		• 비행기종 : 전기종 • 도입년도 : 1988.07 • 제작사 : Bauer(미) • 주요 시험 부품 : Oil Pump

(3) 두산중공업 보유 인프라

표 42 두산중공업 보유 인프라 내역

설계	압축기 유로/익형 설계 SW
	연소기 기본 설계 DB/SW
	터빈 공력 설계 SW
	이차유로열전달 설계 SW
	CAD, FEM 상용 Tool 외 다수 전산처리 HW/SW
시험	Single 버너 연소기 Test Rig
	엔진 Test-bed (5MW 급)
	혼소가스 연소기 시험 설비
제작/조립	터빈압축기 등 회전체 가공 설비
	엔진 주요 구성품 접합부 Welding, Pinning 가공 설비
	대형 GT 대 조립 설비
	터빈 Rotor Coupling 가공 설비
	대형 Rotor 주조용 Furnace
	대형 Rotor 단조 설비 (10,000ton)

(4) 한국로스트왁스 보유 인프라

○ 주요 제조 설비

표 43 한국로스트왁스 주요 인증 취득 현황

구분	인 증 명
GE	QA SYSTEM 인증
	비파괴 검사 인증(FPI, X-RAY)
	Grain Etching
	특수공정 승인(진공열처리)
	제조 승인(VSE) - LM 2500 #1 ~ #4 T/Blade
Pratt & Whitney	QA SYSTEM 인증
	비파괴 검사 인증(FPI, X-RAY)
	특수공정 승인(진공열처리)
	제조 승인(ESA) - PW 4000 Engine Turbine Air Seal
	제조 승인(ESA) - V 2500 Engine Turbine Blade 외
NADCAP 인증	진공 열처리
	비파괴 검사 인증(FPI, X-RAY)
	기계적 성질 시험
	Macro Etching
AS 인증	AS9100 인증

표 44 한국로스트왁스 주요 제조 설비 현황

제조 설비	용도	비고
Ceramic Core 사출기	터빈 블레이드 및 베인 냉각 유로 형성	Cleveland, Jankey
Robot Coating M/C	Ceramic Shell 제조	Shell O Metic/ABB
진공 용해로(EQX)	초내열 합금 터빈 블레이드 / 베인 주조	15kg, 30kg, 68kg
진공 용해로(DS/SC)	일방향 응고 및 단결정 터빈 블레이드 주조	68kg
진공열처리로	진공 열처리	NADCAP 인증
Creepfeed Grinder	터빈 블레이드 Dovw Tail 가공	BLHOM
Turning M/C	Shroud 가공	
5축, 3축 M/C 외	정밀 기계가공	MAHO 외
Uni-Graphics	금형 설계	Software
ProCast/Flow-3D	응고해석, 유동해석	Software

** 정밀주조 관련 장비 일체 보유

○ 주요 시험 설비

표 45 한국로스트왁스 주요 시험 설비 현황

시험 설비	용도	비고
X-RAY 검사	내부 결함 검사	NADCAP
XRD	Grain 방향성 검사(Single)	Rigaku 국내유일
Ultra Thickness Tester	Hollow 두께측정	
MT 검사 설비	자분 탐상 검사(미세 Crack 검사)	
3차원 측정기(접촉식)	정밀 치수측정	Zeiss/IMS 덕인
성분 분석기	화학성분 분석	ARL 3460 OE
광학 현미경	Micro Structure 검사	저배율, 고배율
SEM/EDS	금속 조직, 파면 분석	JEOL
인장 시험기	상/고온 인장시험	Instron
S-R 시험기	Stress Rupture 시험	선우산기
FPI 검사 설비	미세 표면 결함 검사	MAGNAFLUX
Etching 설비	Macro Structure 검사	227L

(5) 기타 기관

표 46 기타 기관 엔진 분야 인프라 현황

구분	시험장비명	기관	용도
산	PDIU	KAI	엔진 ELU제안기능시험
학	추진/연소시험설비	KAIST	Gas Turbine 등 시험
학	축류터빈 성능시험장치	경상대	축류터빈 성능시험
산	고고도시험장비	삼성테크윈	엔진보기류 구성품 환경시험
산	스핀시험	삼성테크윈	로터디스크 개발/수명시험
산	엔진시운전실(산업용)	삼성테크윈	엔진시험/내구/수락 시험, 샤프트, 팬엔진
산	엔진온/습도시험장비	삼성테크윈	엔진보기류 구성품 온/습도시험
산	연료노즐분무시험장치	삼성테크윈	연료노즐 분무시험
산	압축기 성능시험설비	삼성테크윈	리그/성능시험
산	연소기 성능시험설비	삼성테크윈	가스터빈 엔진 연소기 성능시험
학	고속카메라	울산대	연소 및 추진 연소현상을 시각적 확인
학	슐린렌 광원	울산대	연소 및 추진 연소현상을 시각적 확인
학	연소가시화장치	울산대	연소반응 가시화
학	가스터빈엔진 성능시험장치	조선대	가스터빈엔진 종합시험
학	가스터빈실험장치	항공대	가스터빈 성능시험

2. 신개념 엔진 기술 동향

가. 최신 항공기 개발 이슈 및 사례

○ 최신 항공기 엔진 개발 이슈
- High Temperature Material
- High Efficiency Turbine
- Low Emission Combustion
- Reduce Life Cycle Cost

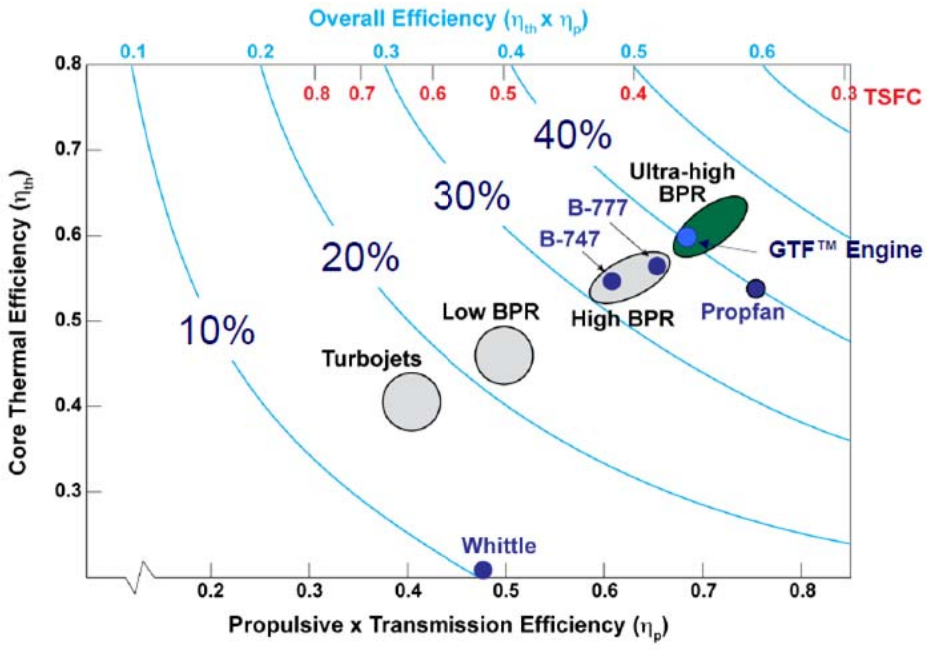
○ 신개념 고효율 항공기 엔진 사례

- High-bypass Turbofan Engine : Bypass Ratio를 증가시키기 위해 팬에 기어를 장착한 Geared Turbofan, Unducted Fan을 채택한 Propfan 등이 존재함.

- High Overall Pressure Ratio Turbofan Engine : 압축비를 증가시키기 위해 Counter Rotating 방식을 사용한 Turbofan이 존재함.

- Intercooled Recuperative Turbofan Engine : 엔진의 효율 증가를 위해 Intercooling 및 Recuperator 장착한 엔진이 존재함.

- Bypass Ratio가 증가할수록 엔진의 전체 효율 증가 및 연료 소모율 감소

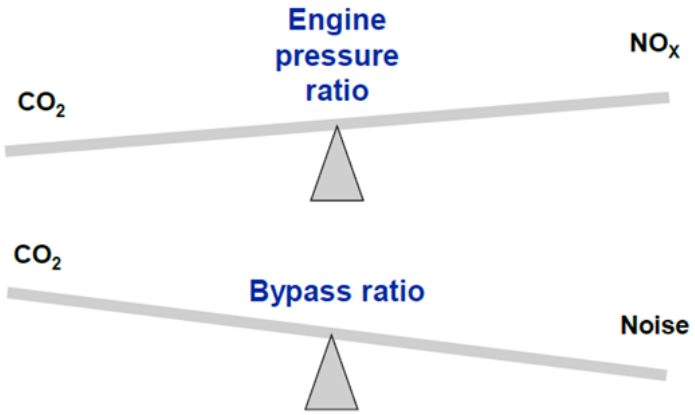


73)

그림 78 항공기 터보 엔진 별 효율

- 엔진의 압축비를 증가시킬수록 CO2의 배출은 감소하지만 질소산화물의 배출이 증가함.

- 엔진의 Bypass Ratio를 증가시킬 경우 소음이 감소하는 대신 CO2의 배출이 증가함



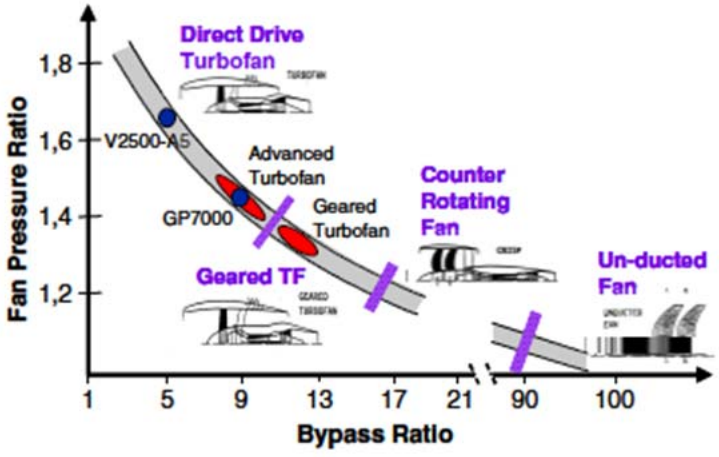
74)

그림 79 항공기 엔진 사양 별 환경적 Trade-off

- 일반적으로 항공기의 Bypass Ratio가 증가함에 따라 Fan Pressure Ratio가 감소하는 경향을 보임.

- 기존의 Direct Drive 방식의 Turbofan에 비해 팬에 기어를 장착한 Geared Turbofan의 경우 엔진의 Bypass Ratio가 증가함.

- Un-ducted Fan을 장착한 Turbofan의 경우 Bypass Ratio가 100 이상으로 나타남.



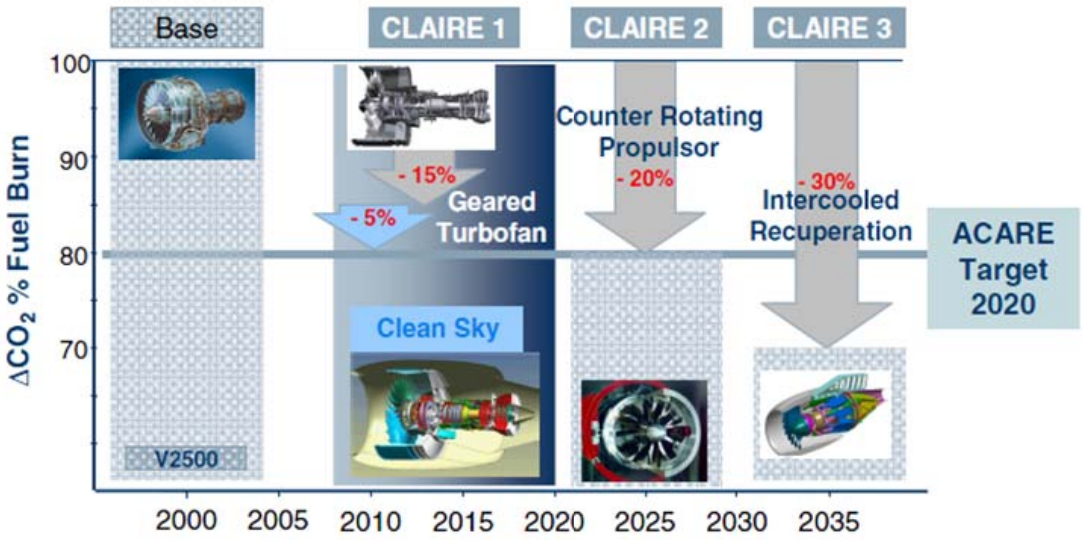
75)

그림 80 항공기 엔진 Bypass Ratio에 대한 Fan Pressure Ratio

73) A view into the next generation of commercial aviation(2025 timeframe), AIAA Aerospace Today & Tomorrow, June 2013.

74) Queen's Lecture 2010, Rolls-Royce, 2010.

- 차세대 Turbofan 엔진으로 Geared Turbofan, Counter Rotating Propulsor, Intercooled Recuperation 등의 순서로 개발이 이뤄질 것으로 예측됨.



76)

그림 81 향후 항공용 Turbofan 엔진 기술 예측

나. 터보팬 엔진 발전사[77)]

○ 엔진 개발이 진행될수록 Specific Fuel Consumption 감소가 두드러지게 나타남.

○ 일반적으로 엔진 개발이 진행될수록 Bypass Ratio, Overall Pressure Ratio가 증가하며 배기배출물의 감소가 나타남.

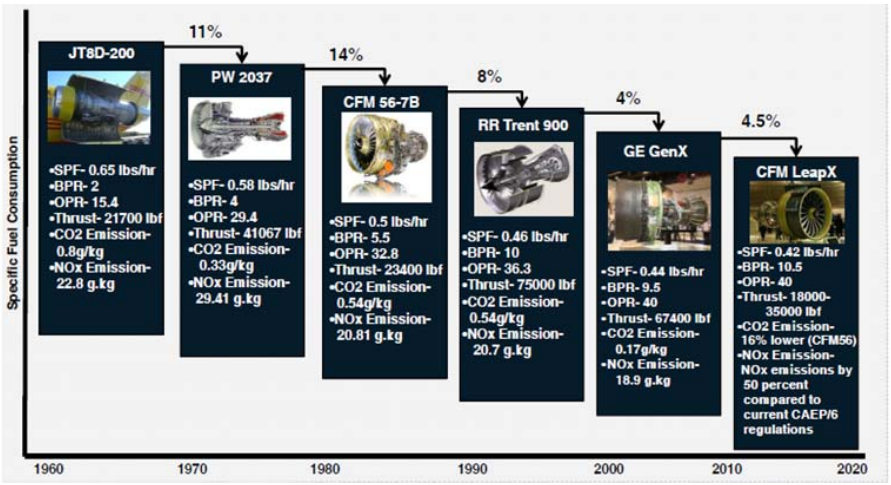


그림 82 연도별 대표 터보팬 엔진

75) THE GEARED TURBOFAN TECHNOLOGY - OPPORTUNITIES, CHALLENGES AND READINESS STATUS, C. Riegler et al, 2007.
76) SAGE4 GEARED TURBOFAN DEMONSTRATOR, ISABE-2011-1302, MTU Aero Engines.
77) Global Commercial Aero Turbofan Engine Market 2011-2017, Lucintel

나. 터보팬 엔진 개발 트렌드[78)]

○ 고효율, 저중량 엔진
- 높은 바이패스비 사용
- 팬 블레이드와 기타 구성 요소에 복합재 사용 (LEAP-X 엔진 : 1,000 파운드 저감)

○ CO2, NOx 저감
- 향상된 기어 시스템으로 각기 다른 속도에서도 엔진 팬이 작동하게 제작
- 향상된 기어 시스템으로 인해 NOx 배출 50% 저감 및 엔진 소음 50% 감소

○ 기존 항공기의 새로운 엔진 장착
- Airbus에서 A320에 새로운 엔진 장착으로 인해 16% 연료 저감 및 20% 엔진 유지 비용 감소 효과를 보임.

○ 재생 바이오 연료 사용

○ 낮은 유지 비용

- GenX 엔진의 경우 유지 비용의 30% 가량 절감

다. 항공기 엔진 업체 현황[79)]

○ 대표적인 항공기 엔진 제조사인 General Electric, Rolls-Royce, Pratt&Whitney뿐만 아니라 투자 위험도를 줄이기 위해 여러 합작회사에서 항공기용 엔진 제조

○ CFM International, GE Aviation, Rolls-Royce, Pratt & Whitney, IAE 순서로 항공기 엔진 점유율 차지

표 47 항공기 엔진 제조 합작사

Company	Partners and Ownership Percentages
Engine Alliance	GE Aviation - 50% Pratt & Whitney - 50%
CFM International	GE Aviation - 50% Snecma Moteurs - 50%
International Aero Engines (IAE)	Rolls-Royce - 32.5% Pratt & Whitney - 32.5% Japanese Aero Engines Corporation - 23% MTU Aero Engines - 12%

78) Global Commercial Aero Turbofan Engine Market 2011-2017, Lucintel
79) Commercial Engines 2013, Flightglobal

ENGINE MANUFACTURER RANKING

Rank	Manufacturer	2012 deliveries Engines	2012 deliveries Share	Backlog* Engines	Backlog* Share
1	CFM International	1,278	53%	8,742	47%
2	International Aero Engines	422	17%	1,568	8%
3	General Electric	388	16%	1,812	10%
4	Rolls-Royce	238	10%	2,214	12%
5	Engine Alliance	56	2%	356	2%
6	Pratt & Whitney	34	1%	1,228	7%
	Undecided	-	-	2,560	14%
TOTAL		2,416		18,480	

NOTES: *At 31 December 2012. Data for installed engines based on Airbus/Boeing types. Excludes corporate and military operators. SOURCE: Flightglobal Insight analysis using Ascend Online Fleets

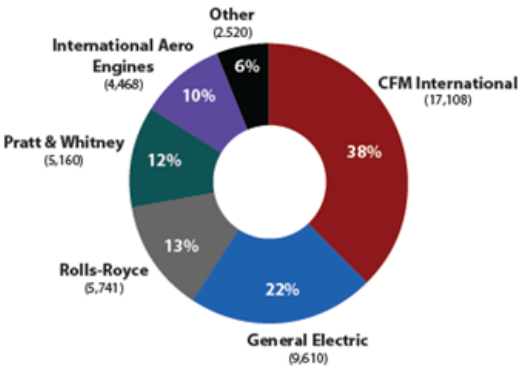


그림 83 항공기 엔진 제조사 점유율

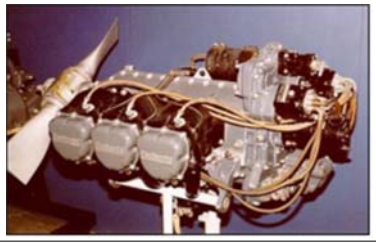
라. 항공기용 왕복엔진 현황

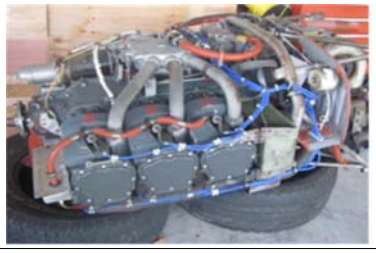
항공기용 왕복엔진은 가솔린 엔진이 주를 이루고 있으며 Continental Motors Inc.(미국)와 Lycoming Engines(미국)이 시장을 양분하고 있다. 최근 항공기용 디젤엔진이 개발되고 있지만 개발된 엔진의 수는 많지 않으며 아직 실기체에 적용된 경우도 적다.

(1) 가솔린 엔진

표 48 항공기용 가솔린 엔진 현황

제조사	엔진	적용기종	출력
Rotax Aircraft Engine(오스트리아)	Rotax 912S2 	KLA - 100, CTLS	4 - Cylinder Piston Engine 95HP (5,500rpm) 100HP (최대 5분, 5,800rpm)
Continental Motors Inc.(미국)	TSIOF - 550 - K 	KC - 100	6 - Cylinder Piston Engine 315HP Turbocharged & FADEC

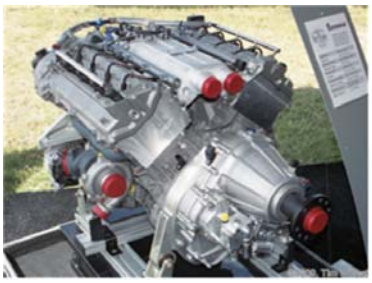
Continental Motors Inc.(미국)	O - 200 	Cessna 150, Cessna 162	4 - Cylinder Piston Engine 100HP
Continental Motors Inc.(미국)	O - 470 	Cessna 180, Cessna 182	6 - Cylinder Piston Engine 213HP
Continental Motors Inc.(미국)	O - 240 	Reims Cessna 150, Liberty XL2	4 - Cylinder Piston Engine 125HP
Lycoming Engines(미국)	O - 360 	Cessna 172, Piper Cherokee	4 - Cylinder Piston Engine 180HP
Lycoming Engines(미국)	IO - 390 	Amateur-built aircraft	4 - Cylinder Piston Engine 210HP
Lycoming Engines(미국)	O - 540 	Cessna 182, Piper PA-31 Navajo	6 - Cylinder Piston Engine 300HP

Lycoming Engines(미국)	TIO - 541 	Beechcraft Duke, Beechcraft Baron	6 - Cylinder Piston Engine 310HP
Lycoming Engines(미국)	O - 480 	Beechcraft Twin Bonanza, Queen Air	6 - Cylinder Piston Engine 340HP
Lycoming Engines(미국)	IO - 580 	Expedition E350, Extra 330	6 - Cylinder Piston Engine 300HP

(2) 디젤 엔진

표 49 항공기용 디젤엔진 현황

제조사	엔진	적용기종	출력
Austro Engine(오스트리아)	Austro Engine E4 	Diamond DA40, Diamond DA42, Diamond DA50, Diamond DA52	4 - Cylinder Piston Engine 168HP
Continental Motors Inc.(미국)	SMA SR305-230 	Cessna 182	4 - Cylinder Piston Engine 227HP

Continental Motors Inc.(미국)	Centurion 4.0 	Cirrus SR22	8 - Cylinder Piston Engine 350HP
Continental Motors Inc.(미국)	TD-300 		4 - Cylinder Piston Engine 230HP

(3) 국내 왕복엔진 탑재 항공기 현황

○ 국내 왕복엔진을 탑재한 항공기는 총 131대로 조사되었으며, 대부분 가솔린 엔진이고 디젤엔진(Austro Engine E4)을 탑재한 항공기는 DA 42 엔진이 유일함. [80]

표 50 왕복엔진을 탑재한 국내 항공기 현황

기종	엔진명	대수	비고
K-8B	Lloyd LS-400	1	가솔린
S-2B	Lycoming O-540	1	가솔린
Z142	M-337AK	1	가솔린
A188B	Continental O-470	1	가솔린
C-152	Lycoming O-235	3	가솔린
C-172M	Continental O-300	1	가솔린
C-172P	Lycoming O-320	4	가솔린
C-172R	Lycoming IO-360-A1B6	10	가솔린

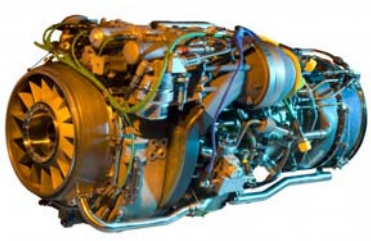
80) www.airportal.go.kr

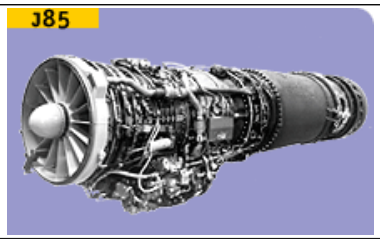
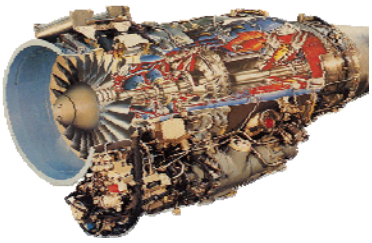
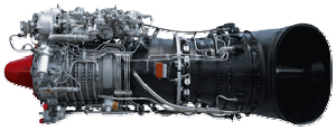
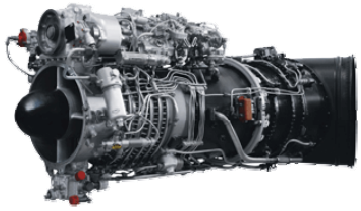
C-172RG	Lycoming IO-360-A1B6	1	가솔린
C-172S	Lycoming IO-360-A1B6	61	가솔린
C-182M	Continental O-470-R	1	가솔린
C-182S	Lycoming IO-540-AB1A5	2	가솔린
P206E	Continental IO-520	1	가솔린
R172K	Lycoming O-320	1	가솔린
T-206H	Lycoming O-540	5	가솔린
TU-206G	Continental O-520	3	가솔린
U206G	Continental O-520	1	가솔린
SR20	Continental IO-360-D	4	가솔린
SR22	Continental IO-550	1	가솔린
DA 40 NG	Lycoming O-360	4	가솔린
DA 42 NG	Austro Engine E4	1	디젤
EA 300/LT	Lycoming AEIO-580-B1A	1	가솔린
95	Lycoming O-360	1	가솔린
95-55	Continental O-470	1	가솔린
M-20J	Lycoming O-360	5	가솔린
M20R	Continental IO-550	1	가솔린
TB-9	Lycoming O-320	4	가솔린
P68C TC	Lycoming O-360	1	가솔린
PA-25-235	Lycoming O-540	1	가솔린
PA31-350	Lycoming O-540	1	가솔린
PA34-200	Lycoming O-360	2	가솔린

PA44-180	Lycoming O-360	4	가솔린
KC-100	Continental IO-550	1	가솔린

마. 항공기용 가스터빈 엔진 현황

표 51 항공기용 가스터빈 엔진 현황

제조사	엔진	적용기종	출력
GE aviation (미국)	CT7-8 	S-92, NH90, VH-71	Power-to-weight ratio 4.69 Diameter : 26 in Length : 48.2 in [Turbo Shaft]
GE aviation (미국)	CT7-8A 	s - 92 (Helibus)	Power-to-weight ratio 4.65 Diameter : 26 in Length : 48.2 in [Turbo Shaft]
GE aviation (미국)	CT7-8E 	US101/EH101	Power-to-weight ratio 4.66 Diameter : 26 in Length : 48.2 in [Turbo Shaft]
GE aviation (미국)	J85-GE-4 	T-2C, XMQM-34D Mod II	Power-to-weight ratio 7.3 Diameter : 17.7 in Length : 40.5 in [Turbo Jet]
GE aviation (미국)	J85-GE-17A/B	AC-119G/K, C-123K /	Power-to-weight ratio 4.69 Diameter : 26 in

	J85 	A-37B, OA-37B	Length : 48.2 in [Turbo Jet]
GE aviation (미국)	T700/T6E 	NH90	Power-to-weight ratio 4.48 Diameter : 26 in Length : 48 in [Turbo Shaft]
GRTS (프랑스)	Larzac 04-C6 	Alpha Jet A/E	Power-to-weight ratio 4.66 Diameter : 23.7 in Length : 46.4 in [Turbo Fan]
KLIMOV (러시아)	TV3-117 	Mi-8 Hip	Power-to-weight ratio 8.14 Diameter : 28.7 in Length : 80.9 in [Turbo Shaft]
KLIMOV (러시아)	TV3-117V 	Ka-27/32 Mi17/171/24/35	Power-to-weight ratio 7.78 Diameter : 32.3 in Length : 78.7 in [Turbo Shaft]
KLIMOV (러시아)	VK-2500 	KA50/52 Mi-28	Power-to-weight ratio 9 Diameter : 28.7 in Length : 80.9 in [Turbo Shaft]
SAFRAN (프랑스)	RTM 322-01/9 	NH90	Power-to-weight ratio 4.83 Diameter : 25.9 in Length : 46.1 in [Turbo Shaft]
Pratt &	JT15D-5	400XT	Power-to-weight ratio

Whitney (캐나다)			4.69 Diameter : 27.3 in Length : 60.4 in [Turbo Fan]
Pratt & Whitney (캐나다)	JT15D-5A 	FJ44(Super Ⅱ)	Power-to-weight ratio 4.59 Diameter : 27.3 in Length : 60.4 in [Turbo Fan]
Pratt & Whitney (캐나다)	JT15D-5B 	T-1A	Power-to-weight ratio 4.59 Diameter : 27 in Length : 60.4 in [Turbo Fan]

3. 국외 기술동향

가. 항공우주기술 동향

○ 유일한 초강대국인 미국에게 있어서 항공우주산업과 관련된 첨단기술은 군사적으로나 경제적으로 중요한 부분으로, 해당산업의 우위를 유지하게 해주는 독자적인 기술의 이전에는 신중함.

○ 미 국방성은 무인항공기의 개발·배치를 중요시하여 이미 정찰용 무인항공기가 이라크 전쟁 등에 이용되는 한편, IT기술을 통해 월등한 공격력을 갖춘 무인전투기의 실용화를 도모하는 등, 고도의 기술로써 항공 산업의 우위를 공고히 하고 있음.

○ 최근 들어, 급속한 공업발전을 이룬 아시아국가, 특히 대만, 대한민국, 중국, 인도네시아 등의 참여로 국제협력 · 공동개발의 움직임이 더욱더 다채로워질 것으로 예상됨.

○ 1990년대 이후 최근에는 설계와 제조를 동시에 수행하는 동시공학기술(Concurrent Engineering)을 채택, 개발기간의 최소화를 도모하는 한편 정밀 항법 및 유도 제어기술, 통합 FMS기술 등 고성능 항공전자기술과 고출력, 고효율 엔진기술, 초대형 기체 제조기술 등을 적용한 신형 기종의 개발을 추진하고 있음.

○ 대형여객기 기술발전의 전개방향은 복합재의 과감하고 대폭적인 채용(동체, 날개, 플랩 등), 신형엔진의 장착, 날개의 최적화 공력설계, 저연비/저소음 설계 기술, 항력 저감 기술 등을 적용하고 있음.

○ 최근 소형항공기부문의 최대시장인 미국에서는 NASA, FAA, NCAM(National Consortium for Aviation Mobility)를 중심으로 2001년부터 새로운 개념의 SATS (Small Aircraft Transportation System) 프로그램을 진행하고 있음.

○ SATS 프로그램은 미국 내 5,300개 이상에 달하는 소규모 지역공항에 소형 터보팬 엔진을 장착한 VLJ(Very Light Jet)를 개발하여 수천 대를 투입함으로써, VLJ를 기존 Hub-and-Spoke 운송수요와 운항체계의 용량한계간의 차이를 극복하는 차세대 대중 항공교통수단인 Air-Taxi 시대를 예고하는 것임.

나. 항공엔진 개발 및 시장 동향

(1) 항공기용 왕복엔진

○ 기존 가솔린 왕복엔진의 한계를 극복하기 위해서 여러 종류의 디젤엔진이 새롭게 개발

○ 새로 개발되는 디젤엔진은 기존의 항공용 가솔린 대신 터빈엔진과 같은 종류의 연료 사용가능하고, 높은 압축비에 따른 효율 증대 및 운용성과 안전성을 높이고 진동과 소음이 감소함.

○ 디젤엔진은 역사적으로 이미 수십 년 전에 Guiberson, Packard 등의 엔진이 항공기용으로 사용된 바 있으나 보편화되지는 못했고, 최근에 다시 소형항공기에 적용되기 시작함.

○ 현재 소형항공기용 디젤엔진은 미국의 Thielert를 위시하여 4~5개사에서 상용화 수준의 엔진을 개발 또는 판매

○ 대표적인 사례로 Cessna 182 기종은 SMA사의 230마력급의 디젤엔진을 장착하고 2006년에 FAA 인증을 획득

표 52 항공용 디젤 엔진

제작사	모델	출력	비고/적용
Continental	CSD 283	200hp	시제품 개발
	-	100~350hp	개발 추진
Deltahawk	DH160	160hp	Experimental
	DH180	180hp	
	DH200	200hp	
Thielert	Centurion 2.0	135hp	Cessna 172
	Centurion 4.0	350hp	Cessna 206
SMA	SR305-230	230hp	Cessna 182
Zoche	ZO 01A	150hp	개발 진행
	ZO 02A	300hp	
	ZO 03A	70hp	

○ 왕복기관은 점화방법과 사용연료에 따라 스파크 점화기관(가솔린 엔진)과 압축착화기관(디젤엔진)으로 나눔. 현재 항공용 왕복기관의 대부분은 가솔린엔진이 사용되고 있음.

○ 항공기용 가솔린엔진

- 왕복엔진은 19세기 중반 급속하게 발달하였으며, 1876년 독일의 오토와 랑켄은 가스를 연료로 사용하는 4행정엔진을 최초로 개발.

- 1883년 독일의 다임러(Gottlieb Daimler)는 가솔린을 연료로 사용하는 4행정엔진을 제작하였으며, 벤트(Karl Benz)도 유사한 형태의 4행정 가솔린엔진을 제작함. 이후 급속한 발전을 거듭하여 자동차와 항공기에 성공적으로 적용됨.

- 19세기에 다양한 엔진들이 항공기에 장착되어 동력비행을 시도하였으나 성공하지 못함. 1903년 12월 17일 미국의 라이트 형제가 자동차용 가솔린엔진을 개조해서 항공기에 장착하여 인류 최초로 동력비행에 성공함.

- 1910년대는 항공기에 적용하기 위한 공랭식 성형엔진(Radial type engine)이 개발되어 활성화됨. 이 엔진은 항공기가 점차 대형화대고 고속화되는 데 대응하기 위해서 개발되었음. 이 엔진의 중요한 특징은 공랭식이며, 엔진 경량화를 위하여 경합금을 사용하여 엔진을 제작하였으며, 실린더 배열 방식은 무게를 최소화시킬수 있는 성형으로 하였음. 성형엔진은 러시아, 폴란드, 체코 등 일부 동유럽국가들과 호주에서 생산되고 있음.

- 현재 가솔린 왕복엔진은 소형비행기에 주로 사용되고 있으며, 수평 대향형 엔진이 널리 사용되고 있음.

○ 항공기용 디젤엔진

- 1920년대 디젤엔진을 항공기용도로 사용 시작(Junkers Jumo 205, Packard radial diesel 등).

- 초기 디젤엔진은 비행선에 적용되었으며 개발의 방향은 화재위험을 낮추는 것이었음.

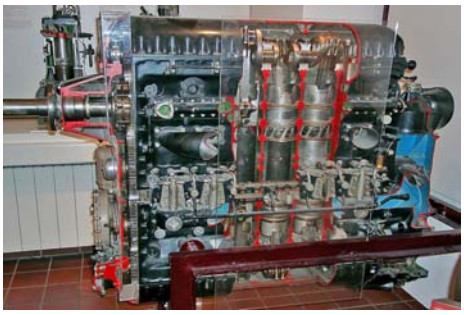


그림 84. Jumo 205 대향형 엔진

- 1928년 9월 18일 디젤엔진으로는 최초로 Stinson사 모델 SM-IDX “Detroiter” 항공기에 최초로 항공기에 적용되었음.

- 2차 세계대전 이후 항공기용 엔진으로 디젤엔진을 개발 및 사용하기 위한 수요 중단됨.

- 1990년 후반, 자동차산업의 신기술을 기반으로 중량대 출력비(power versus weight ratio) 관점에서 항공기용 디젤엔진을 사용하기 위한 관심이 증대됨.

- 2001년 TAE-100 엔진은 디젤엔진 역사상 최초로 형식증명을 획득함.

- 현재 높은 출력 관점에서 디젤엔진의 장점이 대한 관심이 다시 부각되고 있음.

○ 최근 유럽에서는 가솔린 연료와 디젤 연료의 비용 차이가 크기 때문에 디젤 엔진 분야에 관심이 고조되고 있음.

○ 현재 일반적으로 쓰이는 100 LL 항공유는 현재 미국에서 마지막으로 남아있는 납이 첨가된 연료임. 납이 함유된 연료는 향후 5~10년 내로 퇴출될 전망

○ 에탄올과 농업생산물을 기초로 한, 새로운 피스톤엔진 항공기용 무연(lead-free)연료가 곧 시판될 예정

- 미국 노스다코타대의 에너지환경연구센터가 발행하는 소식지에 따르면, 미연방항공국 FAA는 최근 에탄올 함량이 85%이며 고옥탄가 석유유분과 윤활유로서 농산물로부터 제조한 바이오디젤을 함류한 대체연료(AGE85)를 인증함.

- AGE85는 AVGAS의 평균가인 갤런당 2불보다 저렴한 갤런당 1.1불에 판매 예정.

- 비행테스트와 엔진분해검사 별과, 새로운 연료의 성능은 FAA의 연료표준을 만족하였고, 콘티넨탈 엔진을 장착한 세스나 기종에의 사용이 이번에 허가 됨.

(2) 항공기용 가스터빈 엔진

○ 해외에서는 미국과 유럽을 중심으로 1970년대부터 항공용 및 발전용 가스터빈엔진의 고온부 냉각 설계 및 제작, 시험평가를 꾸준히 수행하여 왔으며, 최고 수준의 기술을 보유하고 있음. 이와 더불어 성능 및 효율 개선 등 친환경 고효율 엔진 설계 개발을 위하여 지속적인 연구개발 투자를 하고 있음.

- 미국은 General Electric, Pratt&Whitney, Honeywell 등에서 항공용 가스터빈엔진의 설계, 제작 등 모든 분야에서 세계 최고의 기술 수준을 보유하고 있음. 또한 발전용의 경우, General Electric, Solar Turbines, Inc. 등이 최고 기술수준으로 중소형은 물론 대형 가스터빈엔진 시장에서 높은 시장 점유율을 가지고 있음.

- 유럽의 경우, Rolls-Royce(영국, 독일), ABB(프랑스, 스위스), Turbomeca(독일), Siemens(독일) 등의 업체가 최고의 기술력을 보유하고 있으며, 가스터빈엔진 냉각기술 개발 및 시험평가 등에 지속적인 연구개발 투자를 하고 있음.

- 일본은 선진업체 중 후발주자로서 1980년대 이후 항공용 및 발전용 가스터빈엔진의 독자개발을 위한 연구를 지속적으로 수행하여 오고 있으며, Honda, Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. 등이 미국 등 선진업체와의 기술공동개발을 통해 독자 설계기술을 확보하였음. 최근 들어서 독자 개발엔진을 통해 해외 시장 진출 및 점유율 확대를 위한

노력을 하고 있음.

- 이와 같이 해당 기술은 장기간의 연구개발 투자가 필요한 기술이며, 초기 단계에서는 국가의 적극적인 지원이 뒷받침되어야 성공할 수 있는 기술임.



그림 85. 전세계 항공기용 엔진 개발 회사

○ 해외 선진업체를 중심으로 가스터빈엔진 개발과 더불어 지속적인 요소기술 연구개발, 오랜 경험 및 다양한 연구개발을 통한 데이터베이스를 확보하여 신기술 개발, 성능 및 효율 개선을 위한 연구에 활용하고 있음.

○ 미국과 유럽은 상기 언급한 기업체는 물론 산학연 협력 연구를 통하여 연구소 및 많은 대학에서 기초 요소기술에 대한 연구개발을 수행해 오고 있음. 이러한 연구개발 결과는 기업체로 제공되어 뛰어난 성능 및 효율의 엔진 개발에 활용되는 선순환이 이루어지고 있음.

○ 일본의 경우도 기업체 주도의 관련 기술연구와 더불어 최근에는 학계와 연구계에서 다양한 엔진 요소기술 연구개발을 수행하고 있음.

○ 최근 세계의 항공기 엔진 개발 동향은 글로벌 대기업 주도 하에 협력, 합작 형태로 이루어지므로 국제 협력이 가능함.

○ 최근 가스터빈 엔진의 신뢰성과 유용성을 높이기 위해 운용 상태를 실시간으로 감시하고 진단할 수 있는 시스템에 관한 연구와 개발이 대학교, 연구기관 및 관련 산업체를 중심으로 이루어지고 있으며 최근 상용화된 시스템들이 운용 중에 있음.

Company	Partners and ownership Percentages
The Engine Alliance	GE Aviation – 50% Pratt & Whitney – 50%
CFM	GE Aviaton – 50%
International Aero Engines (IAE)	Rolls-Royce – 32.5% Pratt & Whitney – 32.5% Japanese Aero Engines Corporation – 23% MTU Aero Engines – 12%
PowerJet	NPO Saturn JSC – 50% Snecma Moteurs – 50%

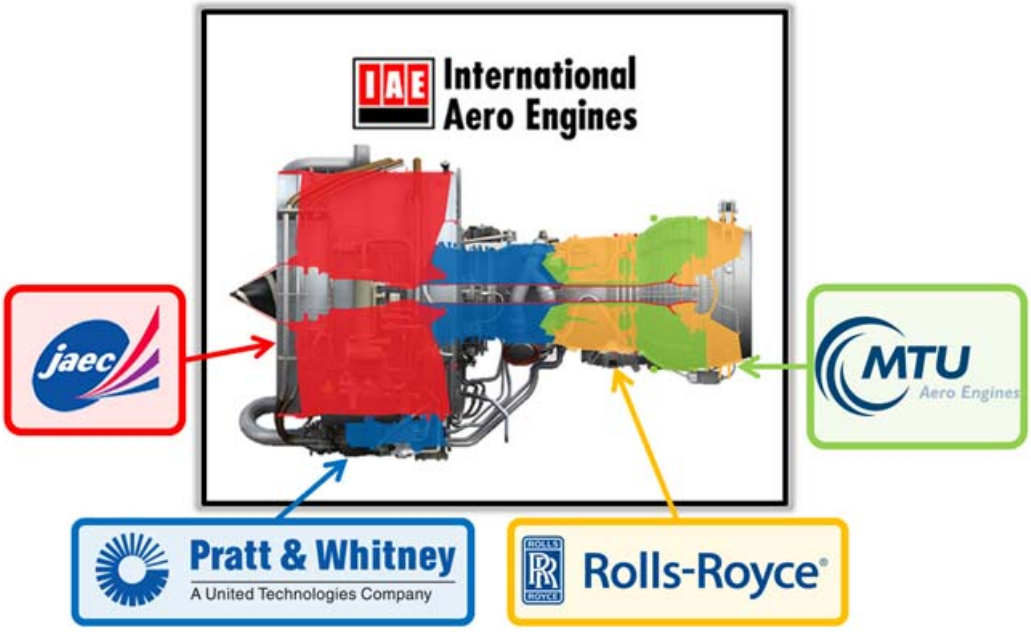


그림 86. 항공기 엔진 제작사의 합작회사 지분 현황

○ 터빈 블레이드 냉각, 터빈 2차유동 제어, 블레이드 형상 최적화 및 터빈블레이드 팁간격 제어 등은 터빈 성능 향상에 중요한 역할을 하고 있음. 이에 따라 미국과 유럽을 비롯한 선진국에서는 이에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있음.

○ 항공용 제트 엔진의 경우 연료를 덜 쓰고 이산화탄소 배출을 줄이는 새로운 항공기 엔진 개발에 주력

(가) 터보팬 엔진

○ 신규 개발된 Pratt & Whitney 사의 GTF(Geared Turbofan) 엔진은 팬과 저압터빈사이에 기어박스를 장착함으로써 팬과 저압터빈 모두 최적의 회전수에서 운전이 가능하도록 고안.

○ 유럽의 경우 Rolls-Royce(영국)와 Snecma(프랑스)등 여러 기관에서 기존의 프로펠러 엔진에 감속기어를 장착한 open rotor 형 엔진을 개발하여 CO2 15~20%, NOX 15~40% 소음 15%를 감소시키는 것을 목표.
○ 고바이패스비 저중량 기술, 고효율 구성품 개발, smart 엔진제어기술 등이 필요.

○ 중소형 엔진의 경우, Honeywell과 Pratt & Whitney가 출자한 벤처기업 Advatnced Turbine Engine Company(ATEC)가 Advanced Affordable Turbine Engine(AATE) 시제기 사업을 추진.

- 미 육군의 차세대 3,000hp 급 터보샤프트 엔진의 야심찬 성능향상 프로그램으로 출력대 중량비(비출력) 65%개선, 비연료소모율(SFC) 25%향상, 설계수명 20%향상, 생산 및 유지보수 비용 35%절감 및 개발비 15%절감을 목표로 하며, T700계열 엔진을 대체.

○ 유럽의 경우 AFRAN(프)과 NPO Satun(러)의 조인트 벤처인 PowerJet 사는 기존의 Snecma CFM56 엔진을 코어로한 13,500~17,500 lbf급 차세대 regional jet용 엔진 Sam146을 개발.

- swept wide 코드 팬, single stage HPT, 저공해 환형연소기와 소음 최적화된 나셀/reverser 설계기술이 적용.

(나) 국외 터보팬 엔진 개발 사례

① General Electric Aviation(GE Aviation)[81]

○ GEA에서 제작하는 엔진의 상당수가 터보팬 엔진으로 민수용, 군용 등 다양한 분야의 터보팬 엔진을 제작.

○ Boeing 777기를 위하여 제작된 GE90 엔진 시리즈는 1995년 11월 처음 도입되었으며 초기 추력은 84,700lbs로 제작.

- 가장 발전된 형태의 GE90시리즈는 GE90-115B로 추력성능이 35% 증가한 115,000lbs의 추력 가능.

81) http://www.geaviation.com/engines

- GE90 시리즈는 시험과정에서 2002년 127,900lbs의 추력을 발생시켜 기네스북에 등재.

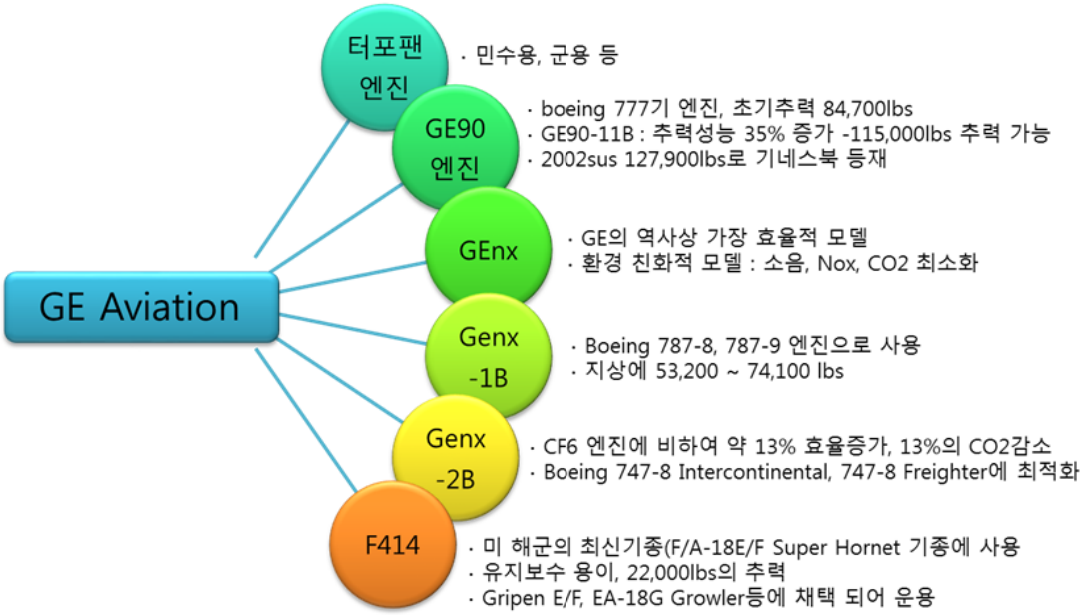


그림 87. General Electric Aviation 엔진 개발 현황

○ GE의 차세대 터보팬 엔진으로 제작된 GEnx 시리즈는 GE의 역사상 가장 효율적이고 환경 친화적인 모델로 제작. 소음 발생 및 NOx, CO2배출을 최소화.

○ GEnx 엔진은 GEnx-1B와 GEnx-2B 두 가지로 제작

- GEnx-1B는 787-8와 Boeing 787-9의 엔진으로 사용되며 지상에 53,200 ~ 74,100lbs의 추력을 발생

- GEnx-2B모델은 CF6엔진에 비하여 약 13%의 효율이 증가했으며 CO2배출량 13% 감소

- GEnx-2B모델은Boeing 747-8 Intercontinental과 747-8 Freighter 에 최적화 되도록 설계되었으며, 지상에서의 66,500lbs의 추력을 발생시킬 수 있도록 제작.

○ 군용 엔진으로는 1998년에 도입된 F414 엔진이 최신의 터보팬 엔진.

- 미 해군의 최 신 기종인 F/A-18E/F Super Hornet 기종에 사용되는 엔진으로 내구성과 신뢰성이 좋으며 유지보수가 용이.

- F414엔진은 22,000의 추력을 내며 Hornet 이외에도 Gripen E/F, EA-18G Growler등에 채택되어 운용.

② Pratt & Whitney(PW)[82]

○ PW에서 개발된 터보팬 엔진은 JT15D 시리즈 5개, PW300 시리즈 7개, PW500 시리즈 7개, PW600 시리즈 3개, PW800 1개로 총 23개의 엔진.

○ JT15D 시리즈는 2,200~3,400lbs의 추력을 내는 터보팬 엔진으로 PW사의 초기 개발 모델.

- 현재까지 6,744대의 엔진을 제작하였으며 총 4천5백만 시간 이상 운용되었으며 Cessna Citation 시리즈, Agusta S211/S211A등 다양한 기종에 사용.

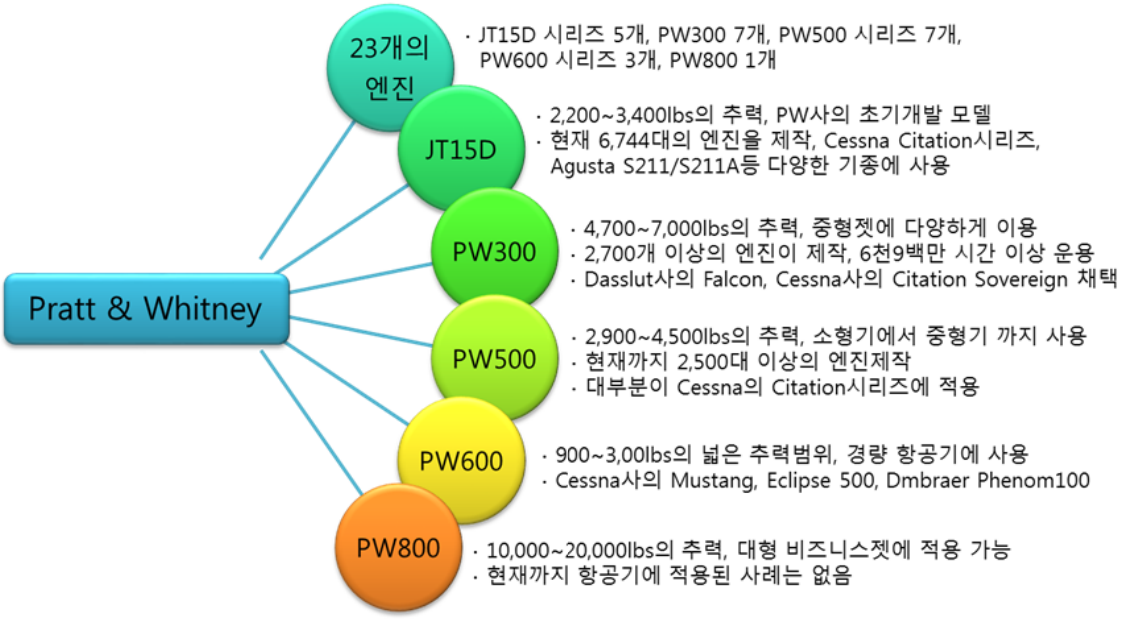


그림 88. Pratt & Whitney 엔진 개발 현황

○ PW300 시리즈는 4,700~7,000lbs의 추력을 내는 터보팬 엔진으로 중형젯에 다양하게 이용되고 있으며, 2,700개 이상의 엔진이 제작되어 6천9백만 시간 이상 운용.

- Dassalut사의 Falcon, Cessna사의 Citation Sovereign등의 기종이 채택하고 있다.

○ PW500 시리즈는 2,900~4,500lbs의 추력을 갖는 터보팬 엔진으로 소형기에서 중형기 까지 사용.

- 현재까지 2500대 이상의 엔진이 제작되어 총 9백만 시간 이상의 시간동안 운용되고 있으며 대부분이 Cessna의 Citation 시리즈에 적용.

○ PW600 시리즈는 2001년 도입되었으며 900~3,000lbs에 까지 넓은 추력범위를 갖는 엔진으로 경량 항공기에 사용.

82) http://www.pwc.ca/en/engines

- 현재 Cessna사의 Mustang, Eclipse 500, Dmbraer Phenom 100에 사용.

○ PW800은 10,000~20,000lbs의 출력을 내는 엔진으로 대형 비즈니스제트에 적용가능하며, 현재까지 항공기에 적용된 사례는 없는 것으로 알려짐.

③ Rolls-Royce(RR)[83]

○ RR의 터보팬 엔진은 대형기용 터보팬 엔진인 Trent와 소형용 엔진으로 나누어 짐.

○ 2010년 도입된 Trent XWB는 Airbus A350 XWB에 적합하도록 제작되었으며, 75,000lb부터 최대 97,000lb의 추력을 내는 이 엔진은 2014년 실제 운용에 들어갈 예정.

- 현재 1,100개의 엔진이 판매되었으며, 동급 엔진에 비하여 2배가 넘는 엔진이 판매.

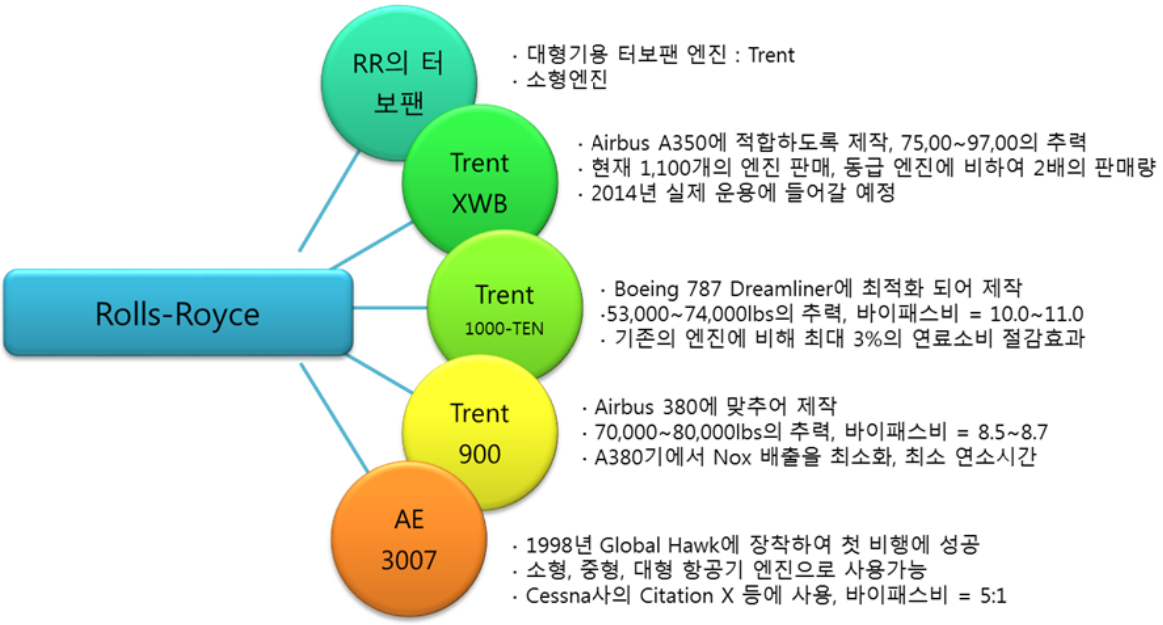


그림 89. Rolls-Royce 엔진 개발 현황

○ Trent1000-TEN 엔진은 Boeing 787 Dreamliner에 최적화 하여 제작된 엔진으로 2011년 최초로 Boeing787기에 장착되어 운용.

- 53,000~74,000lb의 추력을 내며 바이패스비는 10.0~11.0 정도로 제작.

- TEN의 의미는 Thrust, Efficiency and New Technology로 엔진이 추구한 목표를 나타내며 기존의 엔진에 비해 최대 3%의 연료소비 절감효과를 낼 수 있는 최신의 기술이 집약된 엔진.

83) http://www.rolls-royce.com/civil/products/largeaircraft

○ Trent 900엔진은 Airbus 380 맞추어 제작된 엔진으로, 2012년 12월까지 204기의 엔진이 제작되어 51개의 항공기의 추진을 담당.

- 추력범위는 70,000~76,500lb를 가지지만 80,000lb까지는 인증이 된 것으로 알려져 있으며, 바이패스비는 8.5~8.7.

- A380기에서 NOx 배출을 최소화 시키며 최소 연소시간을 가지도록 설계.

○ AE3007 엔진은 소형항공기용 엔진으로 1998년 Global Hawk에 장착되어 첫 비행에 성공.

- 8,000lb의 추력을 내는 AE1107엔진의 코어에서 개발이 시작 되었으며, 소형,중형,대형 항공기 엔진으로도 사용가능.

- Cessna사의 Citation X 등 다양한 항공기에서 사용되며, 높은 바이패스비 5:1를 가짐.

(다) 터보샤프트 엔진

○ 연료 효율 상승, 출력 성능 향상, 엔진 내구성 증가, 제작 및 정비 비용 절감, 엔진 중량 감소, 배기가스 개선 등이 주요 목표

○ 기존의 여러 가스터빈 엔진 기술을 이용하여 터보샤프트 엔진 개발

○ 운용 및 정비를 용이하게 하기 위해 부품수를 최소화하고 모듈개념으로 엔진을 설계하는 추세임

○ 고출력, 고효율 엔진을 위한 높은 터빈 입구온도를 맞추기 위해 표면 대류/막 냉각 개념의 기술 개발과 재질 개발

○ 고출력 엔진에 요구되는 내구성, 신뢰성, 수명연장을 위해 엔진 제작이 복잡해지기 때문에 추력 대 중량비 감소와 성능 저하가 발생하여 냉각소요가 없고 고온 내열성이 뛰어난 내열소재 개발에 연구 집중

○ 엔진 성능 향상을 위해 고온 연료분사, Transpiration cooling, 일체형 디퓨저/연소기 케이스, Augmentor용 라이너 및 노즐개발 등이 이뤄짐.

○ 높은 출력조건의 효율과 안정성 증대를 위한 화염 안정화 기술, 혼합효과가 증대된 다중 분무 연구

○ 압축기의 압력비를 높이기 위한 연구가 진행

○ 최근 저 NOx 등의 친환경 엔진에 대한 관심이 급증

○ 새로운 시장 창출은 위하여 세계적으로 고속 회전익기 개발 경쟁이 가속화

○ 중소형 엔진의 경우, Honeywell과 Pratt & Whitney가 출자한 벤처기업 Advatnced Turbine Engine Company(ATEC)가 Advanced Affordable Turbine Engine(AATE) 시제기 사업을 추진

- 미 육군의 차세대 3,000hp 급 터보샤프트 엔진의 야심찬 성능향상 프로그램으로 출력대 중량비(비출력) 65%개선, 비연료소모율(SFC) 25%향상, 설계수명 20%향상, 생산 및 유지보수 비용 35%절감 및 개발비 15%절감을 목표로 하며, T700계열 엔진을 대체

(라) 국외 터보 샤프트 엔진 개발 사례

① Rolls-Royce(RR)

○ 소형, 중형헬기용 엔진, 항공용, 군용 등 다양한 형태의 터보샤프트 엔진을 제작

○ 소형헬기용 엔진으로 M250, RR300을 생산

○ M250-C20B 엔진은 420shp(313kW)의 출력을 발생시키며, M250-C30R/3 엔진은 650shp(485kW)의 출력을 내며 Bell 시리즈 헬기와 GBA Hawk등 다수의 헬기에서 사용

○ RR300 엔진은 6,016rpm에서 최대 300shp의 출력을 낼 수 있으며, 일반적으로 180shp의 출력으로 운행

○ 중형헬기용 엔진은 RTM322 엔진으로 Turbomeca가 공동개발

○ RTM322 Mk250엔진의 출력은 2,270shp (1,693kW), RTM322-01/9 엔진은 2,412shp (1,799kW), RTM322-01/9A 엔진은 2,544shp (1,897kW)

○ RTM322 엔진 시리즈는 Blackhawk, WAH-64 Apache등에 적용

○ 군용 항공기 엔진인 RR500은 최대 475shp, 운항시 350shp의 출력을 발생

② Pratt&Whitney(PW)

○ 500shp에서 3,000shp까지 다양한 분류의 엔진 제작

○ PT6 엔진 시리즈는 1,000shp에서 2,000shp의 범위를 가지며, 안정성과 내구성 면에서 업계 표준

○ PT6 엔진 시리즈는 세부적으로 25개의 모델로 제작되며 Bell과 Agusta 212와 412 헬기 등에 적용

○ PW6T Twin-pac은 6,600rpm에서 1,800shp의 출력을 발생

○ 경량헬기용 엔진으로는 PW200 엔진 시리즈가 있으며, 90년대 초 제품 출시 이후 시장의 대다수를 차지

○ PW200 엔진 시리즈의 약 6,000rpm에서 500shp에서 700shp까지 출력 가능

○ 세부적으로는 10개의 모델로 제작되고 있으며, 대표적으로 Bell427, 429, Boeing Hummingbird 등의 엔진으로 사용

③ General Electric(GE)

○ 군용 엔진으로 신형 Apache와 Black Hawk에 사용될 T700-701D 엔진 제작

○ T-700-701D은 6단 압축기를 사용하며 1,994shp의 추력을 발생

○ YT706-GE-700R 엔진은 6단 압축기를 사용하며, 최대 2,638shp의 추력을 낼 수 있는 엔진으로 2012년 1월 미국의 헬기 제작사인 Sikorsky의 신제품인 S-97 RAIDER 헬기에 선정

○ 2007년부터 AATE(Advanced Affordable Turbine Engine) 프로그램을 통해 GE3000엔진 개발

○ GE3000 엔진은 약 3,000shp의 추력을 발생시키지만, 기존의 엔진인 T700 엔진 시리즈와 유사한 무게를 가지도록 제작

○ GE3000 엔진은 연료효율을 25% 증대, shaft horsepower/weight 비를 이득을 65%, 수명을 20% 연장을 목표로 개발

다. 신개념 항공기 엔진

(1) Geared Turbofan Engine

(가) Geared Turbofan Engine 효율 및 소음

○ Turbofan Engine의 경우 Fan의 직경이 커질수록 Bypass Ratio가 증가함.

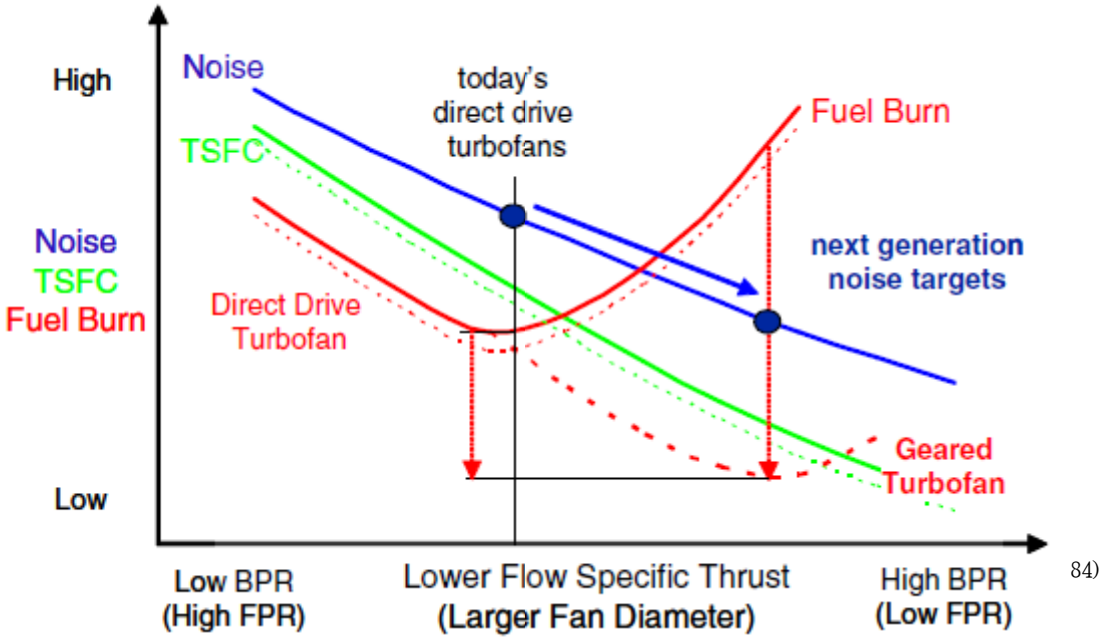
○ 일반적으로 Bypass Ratio가 증가할 경우 소음 및 TSFC가 감소하는 경향이 나타남.

○ 어느 일정 Fan의 직경이 되면 저RPM의 저압터빈의 무게 증가로 인해 연료 연소율이 증가하게 됨.

○ 현재 사용되고 있는 터보팬의 경우 연료 연소율이 증가하는 시점의 Fan 직경을 선정하여 엔진을 제작함.

○ 기어를 장착한 터보팬의 경우 엔진 연소율이 증가하는 시점의 Fan 직경이 크게 나타남.

○ Geared Turbofan의 경우 선정된 Fan 직경 증가로 인해 기존의 터보팬 엔진에 비해 연소 효율 증가 및 소음, TSFC 증가가 나타남.



84)

그림 90 Bypass Ratio에 따른 소음, TSFC, 연료연소율 및 소음

84) THE GEARED TURBOFAN TECHNOLOGY - OPPORTUNITIES, CHALLENGES AND READINESS STATUS, C. Riegler et al, 2007.

(나) Geared Turbofan Component[85)]

○ Fan Drive Gear System
- 기어 장착으로 인해 토크 및 파워 증가
- 기어 부품의 수명이 중요함

○ Turbine Exit Casing 요구 조건
- 높은 온도를 견딜 수 있으며 높은 강도를 유지
- 저중량 및 음향학적 안정이 필요

(다) Geared Turbofan Example

○ Pratt & Whitney PurePower Engine[86)]
- 연소 효율 16% 증가
- 항공기의 연간 CO2 방출량 3000 톤 감소
- 질소산화물 방출량 절반으로 감소
- 20dB의 소음이 감소
- 유지비용의 감소
- 항공기당 연간 1.5 million dollar의 유지비 감소

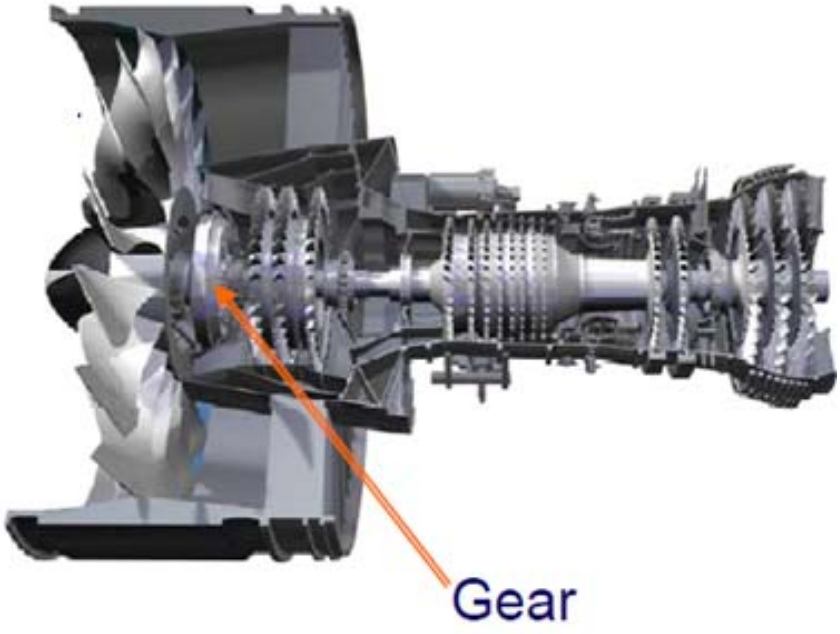


그림 91 PW PurePower Engine

85) SAGE4 GEARED TURBOFAN DEMONSTRATOR, ISABE-2011-1302, MTU Aero Engines
86) A view into the next generation of commercial aviation(2025 timeframe), AIAA Aerospace Today & Tomorrow, June 2013.

(2) Un-ducted Fan Engine[87)]

(가) Un-ducted Fan Engine 개발 현황

○ Propeller와 Turbofan을 결합한 형태의 엔진으로 Propeller의 장점과 Turbofan의 장점을 모두 취하기 위한 엔진

○ GE에서 1980년대에 NASA와 공동 개발을 하였으나 1980년대 말 유가의 하락으로 인해 연구 프로그램 중단

○ 1980년대 당시 Turbofan에 비해 최소 20%이상 뛰어난 연료 효율을 보임.

○ 최근 현존하는 Turbofan에 비해 20%이상 연료 효율을 높이고 소음의 15dB 감소, 질소산화물의 50% 감소를 목표로 설정하고 연구를 진행

○ 엔진의 상용화 시기는 2020년 초로 예상됨.

(나) Un-ducted Fan Engine에 적용될 새로운 기술

○ 신소재와 표면처리 기술

○ 공력역학적인 향상을 통하여 엔진을 구성하는 터빈과 압축기를 개량하여 효율 증진 및 연료소모량 절감

○ Lean Burn 연소기 설계를 통한 질소산화물 저감

○ 첨단 전자장비, 센서류, Actuator 및 제어 S/W를 활용하여 엔진 효율 최적화를 통한 배기가스 방출 최소화 시스템 개발

○ 혁신적인 설계, 경량화 소재 및 제작 기술을 적용하여 구조물 중량 절감을 통한 연료소모량 감소

○ Advanced Propeller의 공기역학 성능 및 저소음 특성 향상

○ 피치조정 장치의 개선으로 Propeller 성능 최적화

○ Propeller 회전에 의해 발생하는 후류를 활용하기 위하여 전방에 위치한 Propeller와 다른 방향으로 회전하는 Propeller을 추가로 장착하여 연료효율을 증진시킨 Counter Rotating Propeller 개념 적용

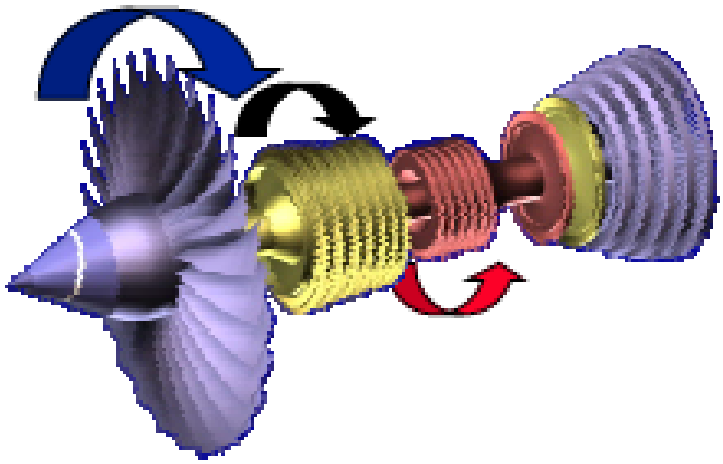
87) Open Rotor 엔진, 정진덕, 2011.

(3) Counter Rotating Turbofan Engine

○ 최근 Rolls-Royce에서 개발한 엔진인 Trent 1000에 포함된 기술

○ Contra-rotating High Pressure System을 이용하여 압축비를 높임으로 효율 증가

○ Trent 1000의 경우 Overall Pressure Ratio가 52:1 정도로 나타남



88)

그림 92 Contra-rotating HP system

(4) Intercooled Recuperative Turbofan Engine[89)]

○ Geared Turbofan에 추가로 Intercooler(I-C)와 Recuperator(HEX)을 장착시켜 효율을 증가시킴.

○ 2020년 이후 상용화 될 것으로 예상됨.

○ Intercooler와 Recuperator이 장착된 엔진 개발이 완료되면 기존의 Turbofan에 비해 13~18%의 연료 연소율 증가 및 CO2 배출 감소, 36dB의 소음 감소, 60~80% 질소산화물 배출이 감소할 것으로 예상됨.

88) Queen's Lecture 2010, Rolls-Royce, 2010.
89) Intercooled Recuperated Aero Engine, Advanced Project Design, MTU Aero Engine, 2004.

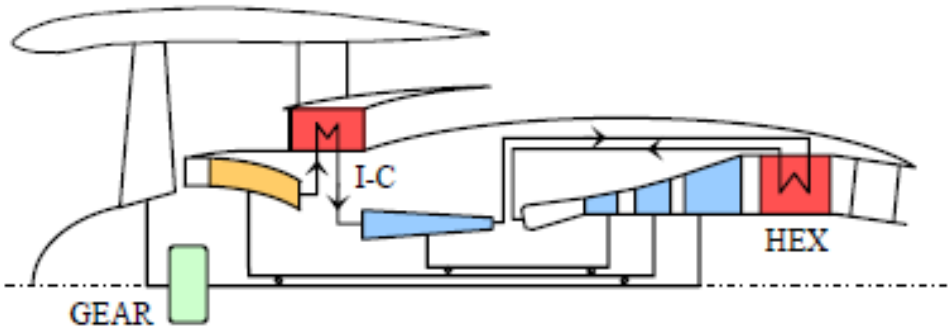


그림 93 Intercooled Recuperative Engine Concept

○ Intercooler만 장착한 경우 기존의 Turbofan에 비해 효율의 변화가 거의 나타나지 않으나 Recuperator와 동시에 장착된 경우 낮은 Overall Pressure Ratio에서 큰 효율 증가가 발생함.

○ Overall Pressure Ratio가 40이상인 경우 기존의 Turbofan과 효율적인 측면에서 큰 차이가 없어짐.

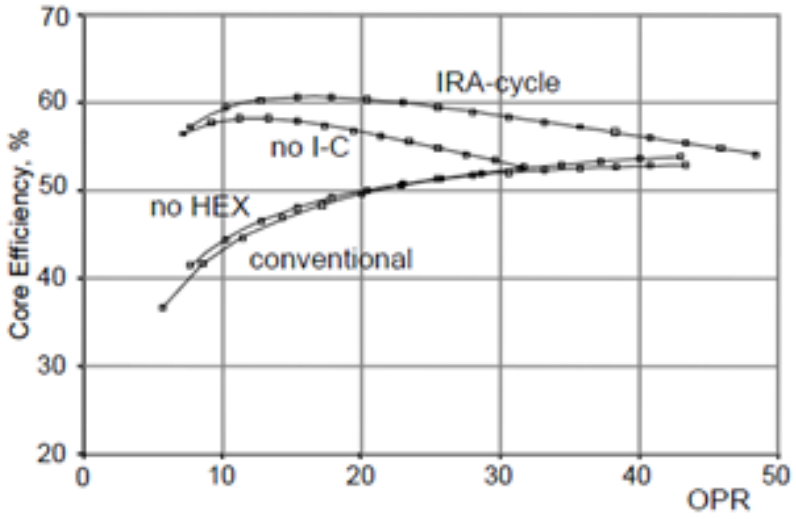


그림 94. I-C, HEX 장착 여부에 따른 효율

(3) 항공기용 부품 중 수입제한 품목

○ 한국항공우주산업진흥협회의 승인을 받아야만 수입할 수 있음.

표 53 항공기용 부품 중 수입제한 품목

H S	품 목	
3920.99.1000	플라스틱제의 기타 판, 쉬트, 필름, 박 또는 스트립(셀룰라가 아닌 것으로서 기타 재료로 보강, 적층, 지지 또는 이와 유사하게 결합되지 아니한 것) 중 항공기용의 것	
4011.30.0000	고무제의 공기타이어(신품)중 항공기용의 것	
4012.13.0000	고무제의 공기타이어(재생품)중 항공기용의 것	
4012.20.1000	고무제의 공기타이어(중고품)중 항공기용의 것	
4012.90.1040	고무제의 공기타이어 플랩중 항공기용의 것	
4013.90.1000	고무제의 인너튜브중 항공기용의 것	
4016.99.1010	가황고무제품(경질고무제품 제외)중 기구, 비행선, 비행기계류, 그라인더, 연, 로토슈트의 부품	
7007.11.0000	강화안전유리 중 차량, 항공기, 우주선 또는 선박에 사용하기 적합한 크기 및 모양의 것	
7007.21.0000	합판안전유리 중 차량, 항공기, 우주선 또는 선박에 사용하기 적합한 크기 및 모양의 것	
8407.10.0000	**불꽃점화식의 왕복식 또는 로터리식의 피스톤식 내연기관 중 항공기용의 것**	**엔진관련품목**
8409.10.0000	**불꽃점화식의 왕복식 또는 로터리식의 피스톤식 내연기관 부분품 중 항공기용의 것**	**엔진관련품목**
8411.11.1000	**터보제트엔진(추진력 25KN이하)중 항공기용의 것**	**엔진관련품목**
8411.12.1000	**터보제트엔진(추진력 25KN초과)중 항공기용의 것**	**엔진관련품목**
8411.21.1000	**터보프로펠러엔진(출력 1,100KW이하)중 항공기용의 것**	**엔진관련품목**
8411.22.1000	**터보프로펠러엔진(출력 1,100KW초과)중 항공기용의 것**	**엔진관련품목**
8411.81.1000	**가스터빈엔진(출력 5,000KW이하)중 항공기용의 것**	**엔진관련품목**
8411.91.1000	**가스터빈엔진(출력 5,000KW초과)중 항공기용의 것**	**엔진관련품목**
8411.99.1000	**터보제트 또는 터보프로펠러엔진의 부분품중 항공기용의 것**	**엔진관련품목**
8412.10.1010	**램제트 및 펄스제트엔진**	**엔진관련품목**
8412.10.1090	**기타 반동엔진 중 항공기용의 것**	**엔진관련품목**
8412.90.1010	**램제트 및 펄스제트엔진 부분품**	**엔진관련품목**

H S	품 목	
8412.90.1090	**기타 반동엔진 부분품 중 항공기용의 것**	**엔진관련품목**
8413.30.1000	**연료,윤활유급유용 또는 냉각냉매용의 펌프(피스톤식 내연기관용의 것에 한함)중 항공기용의 것**	**엔진관련품목**
8414.10.1000	진공펌프 중 항공기용의 것	
8414.51.1000	팬 중 항공기용의 것	
8802.20.9000	자중 2,000KG 이하의 기타 항공기	
8802.30.1000	자중 2,000KG초과 15,000KG 이하 프로펠러식 항공기	
8802.30.2000	자중 2,000KG초과 15,000KG 이하 터보프로펠러식 항공기	
8802.30.3000	자중 2,000KG초과 15,000KG 이하 터보제트식 항공기	
8802.30.9000	자중 2,000KG초과 15,000KG 이하 기타 항공기	
8802.40.1000	자중 15,000KG초과 프로펠러식 항공기	
8802.40.2000	자중 15,000KG초과 터보프로펠러식 항공기	
8802.40.3000	자중 15,000KG초과 터보제트식 항공기	
8802.40.9000	자중 15,000KG초과 기타 항공기	
8802.60.1010	인공위성	
8802.60.1090	기타 우주선	
8802.60.2000	우주선 운반로켓	
8802.60.3000	서보비털	
8803.10.0000	**프로펠러와 로터 및 이들의 부분품**	**엔진관련품목**
8803.20.0000	기체지지부와 그 부분품	
8803.30.1000	기타 부분품 중 비행기용의 것	
8803.30.2000	기타 부분품 중 헬리콥터용의 것	
8803.90.1000	글라이더, 행글라이더용의 부분품	
8803.90.2000	우주선(인공위성 포함)용의 부분품	
8803.90.9000	기타 항공기의 부분품	
8804.00.1000	낙하산(조종 가능한 낙하산 및 패러글라이더 포함)	
8804.00.2000	로토슈트	
8804.00.9010	낙하산의 부분품	
8804.00.9020	로토슈트의 부분품	
8805.10.1010	군경용 항공기 발진장치	
8805.10.1090	기타 항공공기 발진장치	
8805.10.2010	군경용 갑판착륙장치 또는 유사장치	

H S	품 목	
8805.10.2090	기타 갑판착륙장치 또는 유사장치	
8805.10.9010	군경용 발진장치 및 착륙장치의 부분품	
8805.10.9090	기타 발진장치 및 착륙장치의 부분품	
8805.21.1010	군경용 모의 공중전장치	
8805.21.1090	기타용 모의 공중전장치	
8805.21.2010	군경용 모의 공중전장치 부분품	
8805.21.2090	기타용 모의 공중전장치 부분품	
8805.29.1010	군경용 지상비행훈련장치	
8805.29.1090	기타용 지상비행훈련장치	
8805.29.2010	군경용 지상비행훈련장치 부분품	
8805.29.2090	기타용 지상비행훈련장치 부분품	
9014.10.1010	자이로식 방향탐지용 콤파스 중 항공기용의 것	
9014.10.2010	자기식 방향탐지용 콤파스 중 항공기용의 것	
9014.20.0000	항공용 또는 우주항행용 기기(콤파스 제외)	
9014.90.1000	방향탐지용 콤파스와 기타 항행용기기 부분품과 부속품 중 항공기용의 것	
8414.59.1000	기타 팬중 항공기용의 것	
8414.60.1000	후드 중 항공기용의 것	
8414.80.9110	기체펌프 중 항공기용의 것	
8421.23.2000	**내연기관용 유류여과기 중 항공기용의 것**	**엔진관련품목**
8421.29.4000	기타 여과기 중 항공기용의 것	
8421.31.2000	**내연기관용 공기여과기 중 항공기용의 것**	**엔진관련품목**
8421.39.9030	기타 기기 중 항공기용의 것	
8466.20.1000	가공용 홀더 중 항공기용의 것	
8483.10.1000	전동축과 크랭크 중 항공기용의 것	
8483.20.1000	베어링 하우징(볼베어링,롤러베어링 갖춘것) 중 항공기용의 것	
8483.30.1000	베어링 하우징(볼베어링,롤러베어링 갖추지 않은것)과 플레인샤프트베어링 중 항공기용의 것	
8483.40.1010	항공기용 롤러 스크류	
8483.40.1090	항공기용 롤러 스크류 외 기타부품	
8483.50.1000	플라이휠과 풀리 중 항공기용의 것	
8483.60.1000	클러치와 샤프트커플링 중 항공기용의 것	
8483.90.1000	날이 붙은 휠, 체인스프로켓, 기타 전동용 엘리먼트 및 부분품 중 항공기용의 것	

H S	품 목	
8511.10.1000	점화플러그 중 항공기용의 것	
8511.20.1000	점화용 자석발전기, 직류자석발전기와 마그네틱 플라이휠 중 항공기용의 것	
8511.30.1000	배전기와 점화코일 중 항공기용의 것	
8511.40.1000	시동전동기와 겸용의 시동발전기 중 항공기용의 것	
8511.50.1000	기타 발전기 중 항공기용의 것	
8511.80.1000	기타 내연기기 중 항공기용의 것	
8511.90.1000	기타 내연기기 부분품 중 항공기용의 것	
8526.10.1000	레이다 기기 중 항공기용의 것	
8526.91.1010	항행용 무선기기 중 항공기용의 것	
8526.91.2010	초단파 수신기 중 항공기용의 것	
8526.91.3010	무선방향 탐지기 중 항공기용의 것	
8526.91.9010	기타 무선기기 중 항공기용의 것	
8544.30.0000	점화용 와이이링 세트와 기타 와이어링 세트 중 항공기용의 것	
8801.00.1010	글라이더	
8801.00.1020	행글라이더	
8801.00.9010	기구와 비행선	
8801.00.9090	기타 무동력 항공기	
8802.11.1000	자중 2,000KG 이하의 군용 헬리콥터	
8802.11.9000	자중 2,000KG 이하의 기타 헬리콥터	
8802.12.1000	자중 2,000KG 초과하는 군용 헬리콥터	
8802.12.9000	자중 2,000KG 초과하는 기타 헬리콥터	
8802.20.1000	자중 2,000KG 이하의 프로펠러식 항공기	
8802.20.2000	자중 2,000KG 이하의 터보프로펠러식 항공기	
8802.20.3000	자중 2,000KG 이하의 터보제트식 항공기	
9032.10.1020	가변식 온도 자동조정용 기기 중 항공기용의 것	
9032.81.1010	액면자동조절기 중 항공기용의 것	
9032.81.2010	유량자동조절기 중 항공기용의 것	
9032.81.9010	기타 조절기중 항공기용의 것	
9032.89.2010	전압자동조정기 중 항공기용의 것	
9032.89.3010	기타 전기적량의 자동조정기 중 항공기용의 것	

H S	품 목	
9032.89.9010	기타 자동조정기 중 항공기용의 것	
9032.90.1000	자동조정기 부분품과 부속품 중 항공기용의 것	
9401.10.0000	항공기용의 의자	

4절. 기술 수준 분석

1. 엔진 시험설비의 검토

○ 엔진의 연구개발, 개발, 기술평가 등에는 대형이고, 기술적으로도 수준이 높은 고가의 설비가 필요함.

○ 엔진 자체를 요소기술의 실증용으로 이용하는 (1)엔진 테스트베드, (2)고공비행상태를 지상에서 모의하는 엔진 고공시험설비, (3)엔진의 환경성이나 감항성을 실증하는 실외 시험설비 등이 포함됨.

○ 엔진산업을 갖고 있는 나라에서는 방위목적도 고려해서 국가로서 이러한 대형시험설비를 준비하고 운용하고 있는 것이 일반적임. 산업측면에서 본다면 국제경쟁력으로서 기능할 수 있음.

○ 미국의 경우, 대형설비에 추가하여 기초연구나 공용 시험 연구 설비를 필요한 수준의 상태로 지속적으로 유지하고 있으며, 이러한 설비를 운용하는 연구자도 꾸준히 양성하고 있음. 이는 민간기업의 연구개발 선순환 효과가 있음.

- 실제로 요구되는 대형시험설비를 경쟁 상대국으로부터 빌려 쓰는 것을 전제로 하여 자체 엔진개발로 진행시키는 것은 불가능함. 우리나라에서 목표로 하고 있는 제품의 사양이 상대국에게 알려질 뿐만 아니라 엔진에 적용할 독자적인 첨단기술 및 특징에 속하는 경쟁기술이나 비즈니스전략이 상대국에 노출될 수 있기 때문임.

2. 기술수준 분석

○ 민간항공용 엔진이 개발된 적이 없고 다만 부품생산과 조립생산을 위한 일부 시험 시설정도만 있어 관련 전반적으로 엔진 분야 개발 및 시험인프라는 미미하다고 볼 수 있음.

○ 법적인 기본 체계는 갖추어져 있으나 민수용 엔진에 대한 인증 기회자체가 없어 기술기준에 대한 적합성입증 능력이 미흡하고, 인증전문 인력과 인증기술이 부족한 상태임.

○ 국내 업체가 주도가 된 완성 엔진 제품을 세계 시장에 진입시키는 위해서는 BASA IPA 범위에 엔진을 단계별로 확대해 나가는 시범인증사업의 추진이 요구됨.

○ 부품 및 소재에 대한 국내 인증시험은 가능함. 일반적으로 항공기 엔진의 형식증명과정에서 엔진제작사 또는 모듈/시스템 제작사에서 요구하는 소재/부품의 제작 및 인증

시험 등을 통하여 인증에 필요한 요건 만족을 위한 참여기업의 인프라 구축이 필요함.

○ 압축기, 연소기, 소형 터빈에 대한 성능시험은 가능하나, 민간 항공기용 엔진 모듈을 위한 인증인프라로는 부족하며, 추진장치 모듈/시스템에 대한 적합성 입증방법 및 시험, 분석 등에 대한 인증기반 구축이 필요함.

○ 우리나라는 국내 Part 33 엔진 인증경험이 전혀 없으며 다만, 외국 인증당국의 형식증명을 받은 왕복엔진을 국산 모형항공기인 KC-100 인증 과정에서 작착 승인한 경험만 보유하고 있음. 또한 외국 인증당국의 인증을 받은 왕복엔진 또는 터빈엔진의 국내 도입 시 해당 엔진에 대한 형식증명승인을 통해 엔진 인증에 필요한 경험과 인증자료를 일부 보유하고 있는 수준임. 왕복엔진 인증기술의 경우 항공 선진국 대비 50% ~ 70% 수준인 것으로 판단됨.

○ 고효율 친환경 추진시스템에 속한 기술 분야 중 친환경 하이브리드 추진 시스템을 제외한 나머지 모두 국내의 기술수준이 매우 떨어짐.

○ 친환경 하이브리드 추진시스템의 경우 국외의 기술수준도 크게 높지 않음.

○ 친환경 고효율 연소기 기술과 친환경 하이브리드 추진시스템을 제외한 나머지 기술의 국외 수준은 거의 안정화단계에 이름.

표 54 고효율 친환경 추진시스템 기술수준

핵심기술 후보	중점추진 기술분야	기술수준 (TRL)		기술소요 (민/군)	인증관련 검토사항 (국토해양부)
		국내	국외		
고효율 친환경 추진시스템	차세대 다중화 FADEC 기술	4	9	겸용	· 인증절차 적용 가능(TC)
	기어박스 연동 시동계통	2	9	군	· 인증 가능(PMA)
	고온 고효율 냉각터빈 기술	3	9	겸용	· 인증 가능(PMA)
	친환경 고효율 연소기 기술	3	7	겸용	· 인증 가능(PMA)
	고효율 고출력 전기추진 시스템	2	9	겸용	· 인증 가능(TSOA)
	친환경 하이브리드 추진 시스템	3	4	겸용	-

가. 특허동향분석

(1) 분석개요

(가) 분석방법

○ 민간 항공기용 엔진 국산화를 위한 본 과제를 위하여 항공기의 엔진과 관련된 특허자료를 조사 분석 하고자 함.

○ 본 특허분석에서는 민간 항공기용 엔진 국산화와 관련된 특허분석을 핵심내용으로, 항공기용 엔진을 가솔린엔진, 디젤엔진 (이상 피스톤 엔진) 및 가스터빈으로 크게 나누어 양적인 통계를 의미하는 정량분석을 통해 특허동향을 파악하며 분석보고서를 작성함.

(나) 분석범위

○ 본 분석에서는 WIPS DATABASE인 WINTELIPS를 이용하여, 2013년 5월 13일을 기준으로 최종 검색된 한국, 일본, 미국, 유럽특허를 분석대상으로 함.

① 검색범위

- 검색 DB: WIPS, WINTELIPS

- 검색범위: 한국, 일본(PAJ), 미국, 유럽

표 55 국가별 특허검색기간 및 DB범위

구분		기간
한국	공개/등록특허	1979.07.12 ~ 2013.04.30
일본	공개/등록특허	1976.10.01 ~ 2013.04.25
미국	공개/등록특허	1976.01.06 ~ 2013.05.02
유럽	공개/등록특허	1978.12.20 ~ 2013.4.27

② 검색키워드

○ 민간 항공기 엔진 기술과 관련하여 하기 검색 키워드로 검색을 실시함.

- 검색키워드는 항공기엔진과 관련하여 항공기 관련 키워드를 기준으로 “가솔린 엔진”, “디젤엔진”, “가스터빈 엔진”을 관련 핵심키워드로 조합하였으며, 전반적인 중소형 항공기 엔진의 체계 및 출원인을 보완하여 현재 트렌드(trend)이자, 관심분야

의 특허가 누락되지 않도록 추출함.

표 56 대분류(엔진종류) 기준 검색식

구분	대분류	키워드	검색식
항공기 엔진	디젤 엔진	디젤, 압축착화, 글로우플러그(Glow Plug), 커먼레일, CRDI(Common Rail Direct Injection) VGT(Variable Geometry Turbocharger) 인터쿨러, WGT(Waste Gas Turbocharger) DPF(Diesel Particle Filter)	(디젤*diesel*압축착화*((압축compression)adj(착화*ignition*)) 글로플러그*글로우플러그*((글로글로우glow)adj(플러그*plug*))커먼레일*CRDI((커먼common)adj(레일*rail*))VGT((가변용량variablegeometrywaste)adj2(turbocharger*터보차*))터보인터쿨러*인터쿨러*intercooler*turbo-intercooler*WGTDPF(dieseladj(particulate*filter*)))AND(항공*경항공*중항공*항체*비행*비상체비승체경비행*중비행*여객기*이착륙기*이착류기*에어크래프트*에어플레인*회전익기*고정익기*쌍발기*aircraft*airplane*airship*aeroplane*((에어*)adj(플레인*플래인*크래프트*크레프트*))((air*aero*aerial*flight* fly*) adj2 (craft* plane* vehicle* engine*)))
	가솔린 엔진	가솔린, 불꽃점화(spark ignition), 스파크플러그(spark plug), GDI(Gasoline Direct Injection), MPI(Multi Point Injection) VVT(Variable Valve Timing) AVGas, magneto	(가솔린*불꽃점화*스파크플러그*gasoline*((스파크불꽃spark)adj2(플러그*plug*점화*ignition*))((가변variable)adj2(밸브*타이밍*valve*timing*))avgas*항공유*항공가솔린*((항공aviation)adj(가솔린*gas*))엠피아이지디아이MPIGDI직분사*직접분사*((다중멀티직접multidirect)adj3(분사*인젝션*인젝터*inject*))마그네토*마그니토*magneto*)and(항공*경항공*중항공*항체*비행*비상체비승체경비행*중비행*여객기*이착륙기*이착류기*에어크래프트*에어플레인*회전익기*고정익기*쌍발기*aircraft*airplane*airship*aeroplane*((에어*)adj(플레인*플래인*크래프트*크레프트*))((air*aero*aerial*flight* fly*) adj2 (craft* plane* vehicle* engine*)))
	가스터빈엔진	가스터빈엔진,터보제트,터보프롭,터보샤프트,터보팬,프롭팬,경량제트,	((터보제트*터보프롭*터보샤프트*터보팬*프롭팬*turbojet*turboprop*turboshaft*turbofan*propfan*((터보turbo)adj(제트*젯*프롭*샤프트*팬*휀*jet*prop*shaft*fan*))((프롭prop)adj(팬*fan*))VLI((verylight경량초경량)adj2(jet*제트*)))and((가스터빈*((가스gas)adj(터빈turbine)))adj(엔진*engine*))).ti,cla.

○ 중분류 기준 추가 검색식

표 57 각 엔진에 따른 중분류 기준 추가 검색식

대분류	중분류	추가 조합 검색식
디젤엔진	연료공급 시스템	and (인젝터* injecter* injector* injection* 연료공급* 연료분사* 연료제어* 연료펌프* (연료 fuel) adj (공급* supply* 분사* inject* 제어* 컨트롤* 콘트롤* control* 펌프* pump*) CRDI (커먼 common) adj (레일* rail*) VGT 가변밸브* (가변 variable) adj (밸브* valve*) adj (타이밍* timing*) 분사제어* (분사 inject*) adj (제어* 컨트롤* 콘트롤* control*))
	연소기술	and (연소 burn* combust*) and (설계* design* 유동* flow* 제어* 컨트롤* 콘트롤* control* 글로플러그* 글로우플러그* ((글로 글로우 glow) adj (플러그* plug*)) WGT ((가변 용량 variable geometry waste) adj2 (turbocharger* 터보차저* (터보 turbo) adj (차저* charger*))) 피스톤* piston* 실린더* cylinder* 흡기포트* ((흡기 intake* inlet*) adj (포트* port*)) (저압분사* (저압* (low near pressur*)) near (분사* injection* injecting* injected*)))
가솔린엔진	연료공급 시스템	and (인젝터* injecter* injector* injection* 연료공급* 연료분사* 연료제어* 연료펌프* 연료탱크* (연료 fuel) adj (공급* supply* 분사* inject* 제어* 컨트롤* 콘트롤* control* 펌프* pump* 탱크* tank*) 분사제어* 혼합기제어* 공연비제어* ((분사 inject* 압력* pressur* 공연비* 혼합기* (공기 air) near (연료 fuel)) adj (제어* 컨트롤* 콘트롤* control* 레귤레이터* regulater* regulator*)) (증발* 가스* 연료* 누설* evapor* gas* fuel* leak*) near (방지* prevent*))
	점화	and (불꽃점화* 점화* ignition* igniting* ignited* 스파크플러그* ((스파크 spark) adj (플러그* plug*) 배전기* 디스트리뷰터* distributor*)
	연소기술	and (연소 burn* combustion*) and (설계* design* 유동* flow* 제어* 컨트롤* 콘트롤* control* VVT* 가변밸브* ((가변 variable) adj (밸브* valve*) adj (타이밍* timing*)) 피스톤* piston* 실린더* cylinder* 흡기포트* ((흡기 intake* inlet*) adj (포트* port*)) (분사* injection* injecting* injected*))

	직접분사	and (GDI 직분사* 직접분사* ((직접 direct 실린더 통내 기통내 cylinder) adj3 (분사* 인젝션* 인젝터* inject*)))
가스터빈엔진	압축기	and (압축기* 콤푸레* 컴푸레* 콤프레* 컴프레* compresser* compressor* 블레이드* blade* 팬* 휀* fan* 냉각* cooling* coolant* refrigerat*)
	연소기	and (연소실* 연소기* (burn* combustion*) adj (chamber*) 분사* inject* 혼합* mixed* mixing*)
	터빈	and (터빈* 터어빈* 터바인* turbin*).ti,cla. and (블레이드* 정익* blade* 형상* shape* 냉각* cool* 재료* material* 설계* 제작* 제조* design* manufactur* fabricat* 간극* 갭* gap* tip),ti,ab,cla.

③ 검색결과 및 노이즈 제거 기준

○ 검색결과 가스터빈엔진 분야의 유효 특허건수는 압축기 분야 127건, 연소기분야 76건 가스터빈 분야 177건으로 총 380건의 관련 특허가 추출되었음.

○ 가스터빈엔진의 경우 터보제트, 터보프롭, 터보샤프트, 터보팬, 프롭팬을 중심으로 검색된 결과를 주요 부품인 압축기, 연소기, 터빈으로 분류하고 아래와 같이 중분류 체계까지 기술 분류를 실시하여 기술분류별 특허분석을 실시함.

○ 본 분석의 기술분류 체계는 중소형 항공기에 적용 가능한 엔진의 기술체계에 맞추어 대분류(엔진의 종류), 중분류(대분류의 주요 관심기술)로 나누었으며, 유효 데이터 선별에 있어서 학계와 업계에서 제공한 소분류 및 세부요소기술을 참고하여 분석을 진행하였음.

표 58 각 엔진에 따른 중분류 기준 추가 검색식

구분	대분류	중분류	결과				Raw Data	대상특허
			한국	일본	미국	EP		
항공기 엔진	디젤 엔진	연료공급	7	17	155	30	209	56
		연소기술	0	14	272	45	331	230
	가솔린 엔진	연료공급	14	35	156	24	229	41
		연소기술	5	23	256	34	318	109
		점화기술	12	22	166	13	213	134
		직접분사	13	30	256	34	333	71
	가스터빈엔진	압축기	7	41	317	68	433	127
		연소기	2	12	68	14	96	76
		터빈	2	23	212	33	270	177
합계			62	217	1858	295	2432	1021

○ 노이즈 제거기준

- 항공기에 적용되지 않는 기술인 경우

- 항공기 관련기술이 아닌 비행체 제조기술인 경우

- 가스터빈엔진의 경우 터보제트, 터보프롭, 터보샤프트, 터보팬, 프롭팬을 중심으로 유효 데이터를 선별함.

(다) 분석기준

○ 분석 대상건은 중소형 항공기 기술과 관련내용을 중심으로, 디젤엔진, 가솔린엔진, 가스터빈엔진의 대분류 단위로, 중분류 단위에서는 왕복동(피스톤) 엔진의 경우 연료공급 시스템과 연소기술 시스템, 가솔린 엔진의 경우 추가로 점화기술분야와 가솔린 직접분사(GDI) 시스템으로 나누어 분류를 실시하였으며, 가스터빈엔진의 경우 주요 부품인 압축기, 연소기, 터빈으로 분류하여 하기와 같이 중분류 체계까지 기술 분류를 적용하여 분석을 실시함.

○ 본 분석의 기술분류 체계는 중소형 항공기에 적용 가능한 엔진의 기술체계에 맞추어 대분류(엔진의 종류), 중분류(대분류의 주요 관심기술)로 나누었으며, 유효 데이터 선별에 있어서 학계와 업계에서 제공한 소분류 및 세부요소기술을 참고하여 분석을 진행하였음.

표 59 특허분석 기준

대분류	중분류	소분류	세분류
디젤엔진	연료공급 시스템	연료분사 기술	고압펌프
			연료파이프
			센서류
			커먼레일
			인젝터
		분사 제어기술	분사시기제어
			분사량제어
			분사압력제어
	연소기술	연소실 설계기술	피스톤, 피스톤링
			실린더, 실린더헤드
			케이싱
			밀봉장치
			특수형상/구조
		연소실유동및 연소제어기술	흡기포트형상
			저압분사장치 및 제어
			연료 공기의 분배제어
가솔린엔진	연료공급 시스템	연료공급 시스템	연료펌프
			연료탱크
			인젝터
			압력레귤레이터/압력제어
			연료레일/연료파이프
			증발가스(ORVR)/연료누설방지장치
		연료분사 시스템	연료분사장치
			연료 분사량/시기 제어
			공기보조분사/미립화
			공기/연료 혼합기 제어
	점화	점화 시스템	점화플러그/코일/배전기
			점화시기 제어
	연소기술	흡기 및 연소실	실린더 헤드 형상 설계/제작
			흡기포트 형상 설계/제작
			피스톤 형상 설계/제작
			밸브(타이밍) 기술
			연소실 형상/유동 특성
			흡기관내 유동/스월/텀블/SCV

		엔진운전제어	엔진 운전제어 로직/기법
			아이들속도제어및점화제어 (캠/크랭크축회전감지)
			엔진운전제어용 센서
		엔진 및 주변장치	엔진본체
			주변장치
	직접분사	가솔린 직접분사식 엔진	엔진제어 및 연료분사시스템
가스터빈 엔진	압축기	설계	블레이드/팬 형상
			냉각공기
		제어	압축기제어
	연소기	설계	분사기
			라이너 및 연소실 형상
			혼합기
			저공해연소기
		제작	재료/제작
	터빈	설계	블레이드 형상
			블레이드 냉각
		제어	팁간극 제어
		제작	블레이드 재료
			제작방법

(2) 특허동향

○ 상기 분석범위 및 기준으로 선정된 “중소형 항공기 엔진” 관련특허를 정리한 결과, 한국특허 24건, 미국특허 759건, 일본특허 96건, 유럽특허 142건으로, 총 1,021건의 정량분석 대상건을 추출하였음.

○ 연도별 동향에 있어서는 특허 출원 후 공개시점(보통 출원일로부터 1년 6개월임)까지의 공백 기간을 감안하여 2012년 ~ 2013년에는 특허동향이 감소할 수 있음.

(가) 연도별 특허동향

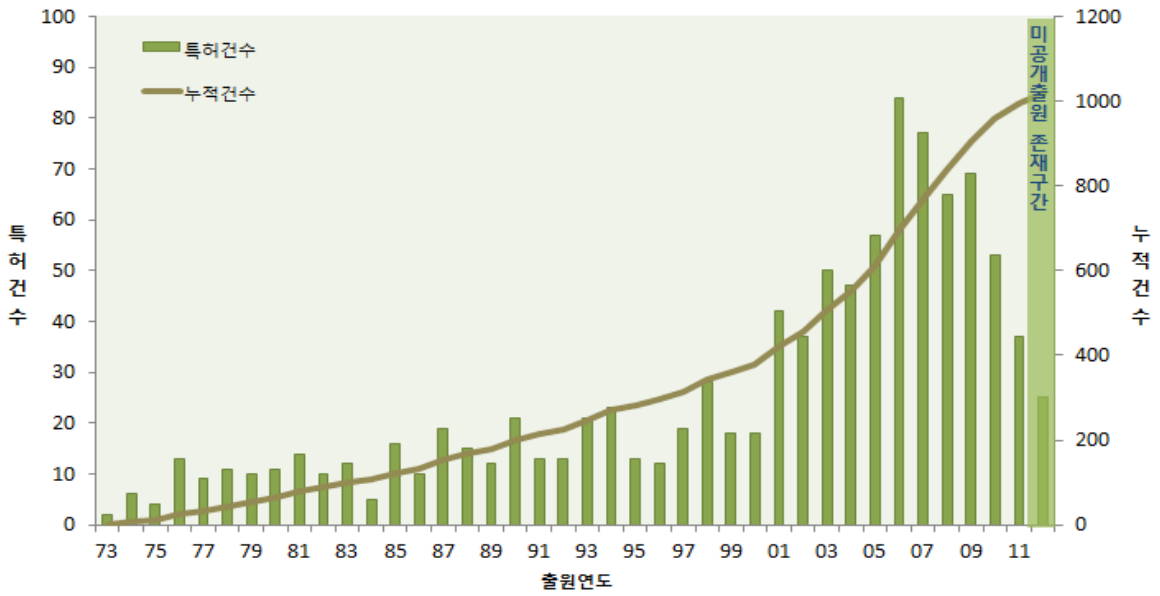


그림 95. 중소형 항공기 엔진 연도별 특허동향

○ “중소형 항공기 엔진“ 대상특허 전체에 대한 연도별 동향은 위 그림에서와 같이 일부 구간에서 감소와 증가를 반복한 것을 포함해서 전반적으로 꾸준히 증가하고 있는 추이를 보임.

○ “중소형 항공기 엔진“ 특허는 70년대 초반 미국특허 출원을 기점으로 현재까지 꾸준한 출원이 이루어지고 있으며, 2006년도를 정점으로 감소하는 경향을 나타내고 있음.

- 2006년도에 최대 출원을 한 후에 감소와 증가를 반복하고 있는데 전반적으로 감소세가 이어질지 다시 상승세가 나타날지는 2011년 출원건수(현재 미공개건 포함) 전체의 확인이 가능한 2013년이 중요한 시기가 될 것으로 보임.

(나) 연도별 특허동향 (항공기용 가스터빈 엔진)

○ 검색결과 가스터빈엔진 분야의 유효 특허건수는 압축기 분야 127건, 연소기분야 76건 가스터빈 분야 177건으로 총 380건의 관련 특허가 추출되었음.

○ 연도별 동향에 있어서는 특허 출원 후 공개시점(보통 출원일로부터 1년 6개월임)까지의 공백 기간을 감안하여 2012년 ~ 2013년에는 특허동향이 감소할 수 있음.

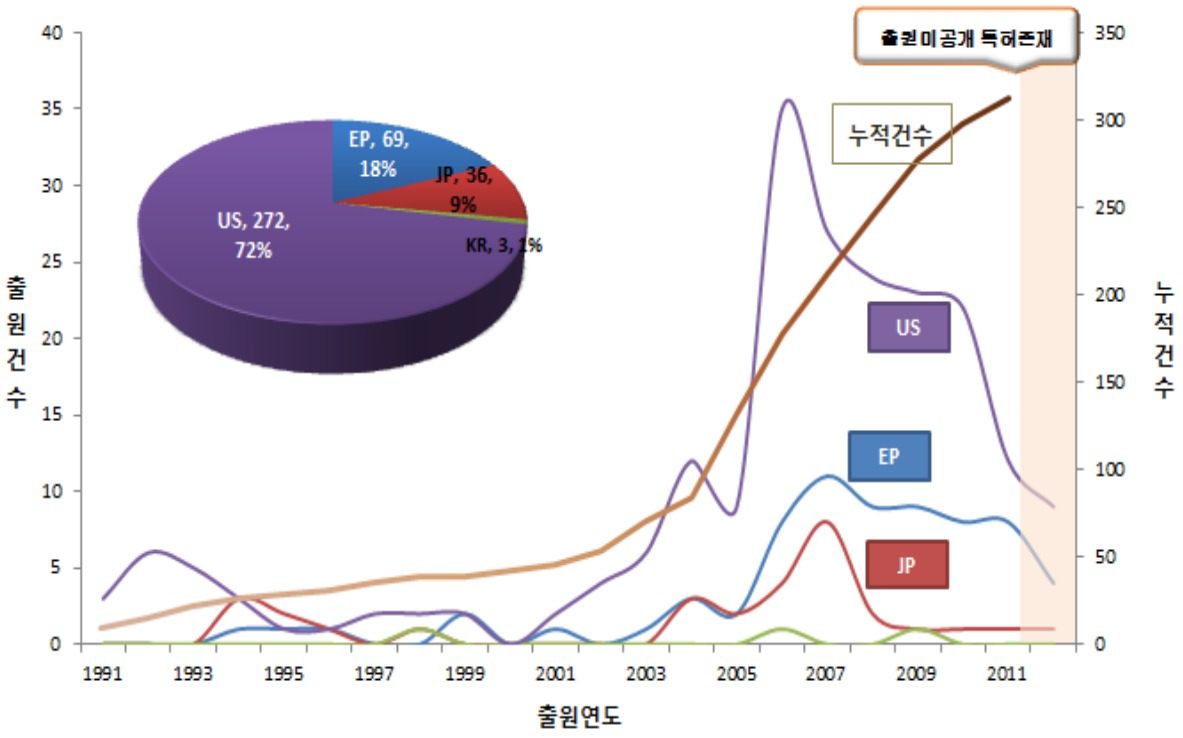


그림 96 중소형 항공기 엔진 국가별 특허 동향

○ 가스터빈엔진 연도별 출원동향을 살펴보면 2005년 이전까지는 연평균 5건 정도의 적은 출원을 보이다가 2006년부터 2011년까지 연평균 30건 이상의 활발한 출원이 이루어진 것으로 나타남.

○ 국가별로 살펴보면 미국에서는 2000년도 초반부터 출원건수가 증가하는 경향을 나타내고 유럽, 일본 등 미국을 제외한 국가들은 2000년대 중반부터 출원건수가 증가하고 있는 것으로 분석됨.

○ “가스터빈엔진“ 분야의 점유율은 미국이 72%(272건), 유럽이 18%(69건), 일본이 9%(36건), 한국이 3건(1%)를 차지하여 미국이 앞도적인 출원건수를 나타내고 있고 이러한 경향은 2006년도 이후에 더욱 두르러지게 나타나고 있으며 한국의 경우 3건을 출원하여 출원이 저조한 것으로 나타남.

(다) 국가별 특허동향

표 60 중소형 항공기 엔진 연도별 국가별 특허출원건수

출원연도	KR	JP	US	EP	총합계
1973	-	-	2	-	2
1974	-	-	6	-	6
1975	-	-	4	-	4
1976	-	-	13	-	13
1977	-	-	9	-	9
1978	-	-	11	-	11
1979	-	-	10	-	10
1980	-	-	11	-	11
1981	-	-	13	1	14
1982	-	-	9	1	10
1983	-	-	11	1	12
1984	-	-	5	-	5
1985	-	-	15	1	16
1986	-	1	6	3	10
1987	-	2	17	-	19
1988	-	1	14	-	15
1989	-	1	10	1	12
1990	-	1	19	1	21
1991	-	1	11	1	13
1992	1	-	12	-	13
1993	-	1	16	4	21
1994	1	3	17	2	23
1995	-	3	8	2	13
1996	-	3	8	1	12
1997	1	7	11	-	19
1998	2	8	13	5	28
1999	-	5	10	3	18
2000	-	3	11	4	18
2001	2	2	21	17	42
2002	-	3	29	5	37
2003	2	7	37	4	50
2004	1	6	32	8	47
2005	4	6	43	4	57
2006	3	6	61	14	84
2007	1	14	48	14	77
2008	-	6	46	13	65
2009	4	2	53	10	69
2010	1	2	41	9	53
2011	1	1	26	9	37
2012	-	1	20	4	25
총합계	24	96	759	142	1021

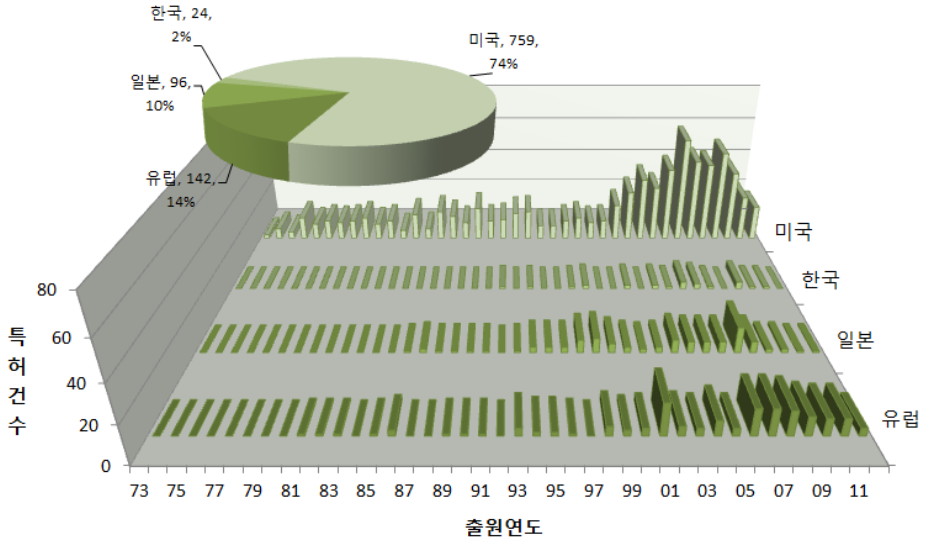


그림 97. 각 국가의 연도별 특허동향

○ 전체 분석대상에 대한 각 국가의 연도별 동향에서, 가장 많은 특허를 보유하고 있는 미국 특허의 경우, 70년대에 이미 50여건의 특허출원을 했으며 90년대 말까지 20건 이하, 연평균 10건 정도의 특허출원을 보이다가 2001년에 20건 이상을 출원을 나타낸 이후 2006년에 60건의 특허출원을 나타내어 급격한 상승세를 나타내고 있음.

- 한국특허의 경우, 1992년 특허건수 1건을 시작으로 2004년까지 10건 이하의 낮은 출원건수를 기록하였으며 5건이하의 낮을 출원이 지속되고 있음.

- 일본특허의 경우, 1986년 특허건수 1건을 시작으로 1993년까지 10건 이하의 낮은 출원건수를 기록하였으나, 1994년부터 2008년 까지 꾸준한 출원을 보이며 전체적으로 증가세를 보이고 있음 그러나 미국과의 격차는 큼.

- 유럽특허의 경우, 미국 다음으로 81년도에 1건을 출원한 이후에 소수의 출원을 하다가 2001년도에 최초로 17건을 출원하여 10건 이상 출원한 이후 2006년도에 다시 10건을 돌파하는 등 전반적으로 출원이 꾸준히 증가하고 있음.

○ 국가별 점유율을 살펴보면, 미국은 759건으로 74%를 차지하여, 항공기 엔진 관련기술은 미국에 집중되어 출원되는 것으로 판단되며, 그 다음으로 유럽이 142건으로 14%, 일본이 96건으로 10%의 점유율을 기록함.

○ 한국은 24건의 특허출원으로 일본, 미국, 유럽 중 가장 낮은 점유율을 나타냄.

- 국내 항공우주산업은 80년대 이후 기체부품생산에서 2000년대 첨단기종 개발수준으로 발전

- 주요 생산품목의 경우 국방수요 조달을 위한 완제기 및 생산에 필요한 엔진 및 기체 품목이 그 뒤를 잇고 있으며 최근엔 민수분야 확충을 위한 민항기 국제공동개발 등으로 인해 기체구조물이 증가하고 있는 상황

- 항공우주산업은 기본적으로 국방계획과 맞물려 발전되는 성격을 가지고 있으며 기술진입장벽이 매우 높고 개발 노하우 등 기술습득이 중요한 역할을 차지하는 기술적 특성으로 항공우주산업은 국가의 산업고도화에 전략적 기반을 제공하기 위해 필수적인 산업이라고 판단됨.

(라) 출원인 특허동향

○ 출원인별 동향에 있어서 하나의 특허출원에 복수의 주체가 존재하는 경우, 대표출원인 또는 제1(First-named)출원인을 기준으로 분석을 실시하였으며, 미국과 같이 출원인이 명확하지 않는 특허는 제1발명인을 기준으로 분석을 실시하였음

○ 대표적으로 “The Boeing Company”, “더 보잉 캄파니”는 “BOEING”으로, “Airbus France”, “Airbus Deutschland GmbH”, “Airbus UK Limited”와 같이 다국적 출원인은 “AIRBUS”로 대표명화 함.

- 그 외에 한글, 일본, 영어로 작성된 다국적 출원인(특히, 주요출원인)은 영어로 대표명화를 실시하였음.

(마) 주요 출원인 동향

○ “중소형 항공기 엔진“를 다출원한 출원인을 살펴보면, 다음 표에 출원인/연도별 특허건수에 나타난 것처럼, 미국출원인이 강세를 나타내고 있음.

○ 관련특허보유 상위 10위 출원인 및 보유건수는
1. UNITED TECHNOLOGIES(미국) 128건,
2. GENERAL ELECTRIC(미국) 75건,
3. ROLLS ROYCE 62건
4. TOYOTA 62건
5. FORD 36건
6. PRATT & WHITNEY 31건
7. SNECMA 20건
8. HONEYWELL 16건
9. PEUGEOT CITROEN 16건
10. GENERAL MOTORS 등으로 나타남

- 구체적으로는, 미국 기업으로 UNITED TECHNOLOGIES, GENERAL ELECTRIC 및

HONEYWELL 등에 의한 특허 활동이 활발한 것으로 분석되고, 유럽 기업으로는 ROLLS ROYCE, SNECMA, 일본 기업으로는 TOYOTA의 항공기 엔진에 대한 특허 활동이 활발한 것으로 파악됨.

표 61 출원인/연도별 특허건수

출원 연도	UNITED TECHNOLOGIES	GENERAL ELECTRIC	ROLLS ROYCE	TOYOTA	FORD	PRATT & WHITNEY	SNECMA	HONEY WELL INT.	PEUGEOT CITROEN	GENERAL MOTORS
합계	128	75	62	62	36	31	20	16	16	13
1973	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1974	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
1975	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1976	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
1977	3	-	-	1	-	-	-	-	-	-
1978	2	-	-	1	-	-	-	-	-	1
1979	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
1980	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-
1981	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-
1982	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1983	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-
1984	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1985	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
1986	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
1987	4	1	8	-	-	-	1	-	-	1
1988	1	2	2	-	-	-	-	-	-	-
1989	2	1	2	-	-	-	-	-	-	1
1990	3	2	1	2	-	-	-	-	-	-
1991	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-
1992	1	4	-	-	-	-	1	-	-	-
1993	2	1	1	-	-	-	1	-	-	-
1994	4	-	1	1	1	-	-	-	-	-
1995	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-
1996	-	-	2	1	1	-	1	-	-	-
1997	-	1	-	6	-	-	-	-	-	-
1998	2	-	-	5	2	2	1	1	-	-
1999	-	-	-	3	-	2	-	-	-	1
2000	-	-	-	5	1	-	-	-	-	-
2001	-	1	-	2	2	1	-	-	12	-
2002	-	1	3	5	4	1	-	-	-	-
2003	-	2	1	8	4	-	-	-	-	1
2004	1	4	6	2	-	2	-	2	4	1
2005	8	4	-	3	2	1	-	1	-	1
2006	16	22	-	4	2	8	2	3	-	-
2007	18	13	6	6	1	2	-	3	-	1
2008	18	1	1	2	5	6	7	1	-	1
2009	8	1	11	1	1	3	3	1	-	3

2010	7	3	8	1	3	2	2	4	-	-
2011	11	2	4	-	3	-	-	-	-	-
2012	9	2	3	-	3	1	-	-	-	-
합계	128	75	62	62	36	31	20	16	16	13

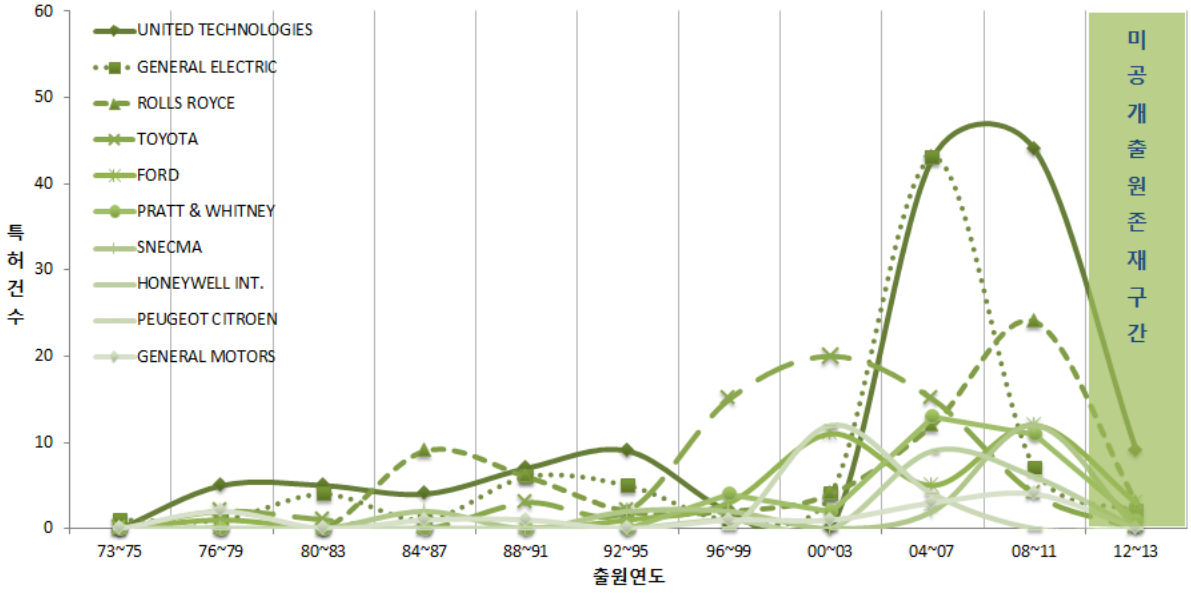


그림 98. 중소형 항공기 엔진 다출원인 구간별 특허동향

○ “중소형 항공기 엔진“을 다출원한 출원인의 구간별 특허동향을 살펴보면, 1,2위를 기록한 UNITED TECHNOLOGIES와 GE가 구간에 따라 순위가 바뀌면서 치열한 경쟁을 하고 있음.

○ UNITED TECHNOLOGIES의 경우 70년대 중반에 출원한 이후 2003년까지는 10건 이하의 출원을 보이다 2004년부터 2011년까지 8년간 87건의 특허를 쏟아내면서 2위와의 격차를 크게함.

○ 2위인 GE의 경우에도 1974년에 최초 출원한 이후 증가와 감소를 반복하며 소수의 특허를 출원해 오다가 2004년에서 2007년의 구간동안 UNITED TECHNOLOGIES와 동일한 43건의 특허를 출원하면서 출원건수가 크게 증가함 다만 2008년 이후에 출원이 저조하여 2위에 머무름.

○ 3위를 차지한 영국의 ROLLS ROYCE도 위 그래프에서 보는바와 같이 2004년도 이후 최근까지 높은 출원을 나타내고 있음. 이와 같이 상위 3개사 모두 2000년도에 들어오면서 출원건수가 매우 크게 증가하고 있어 최근 10여년간 항공기 엔진과 관련한 연구개발이 활발히 일어나고 있는 것으로 판단됨.

○ 상위 출원인 중 유일하게 아시아 기업에 속하는 TOYOTA는 1996년에서 2007년도 사이에 집중적인 출원을 하면서 4위를 차지함.

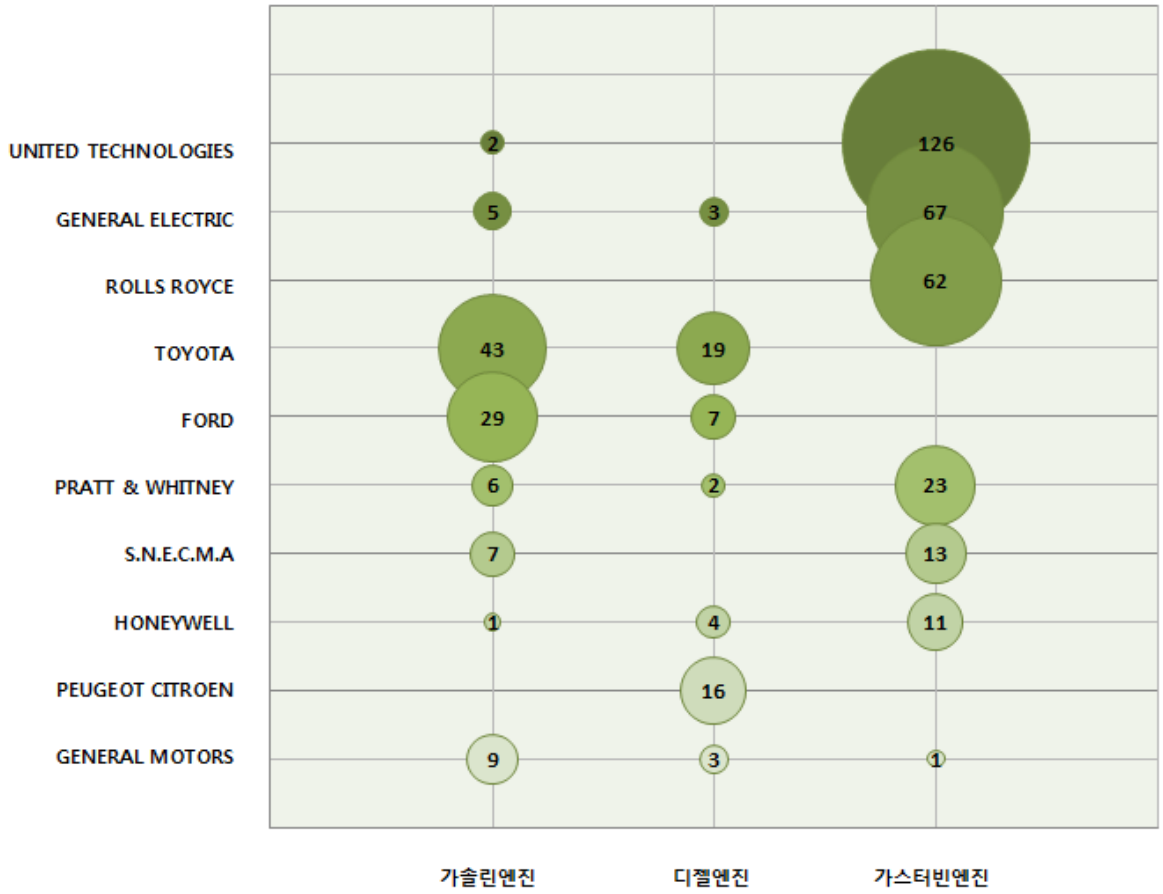


그림 99. 주요출원인의 기술별(대분류)특허동향

○ “중소형 항공기 엔진“의 주요출원인의 기술분류 중 대분류별 특허보유에 대한 동향을 살펴보면,

- 주요출원인 TOP5중 상위 3개사는 가스터빈엔진분야에 4, 5위는 피스톤엔진분야(가솔린엔진 및 디젤엔진분야)에 많은 출원을 하고 있는 것으로 나타남. 이는 상위 3개사는 항공기 분야 주력 업체이고 4,5위인 토요타와 포드는 자동차를 주력으로 하는 출원인이기 때문인 것으로 판단됨.

- 현재에는 항공유(AVGAS)를 이용한 가솔린 엔진이 중소형 항공기에 많이 사용되고 있으나 경제성과 기술적 측면에서 디젤엔진이 각광받고 있으므로 자동차 제조사들의 항공기용 엔진에 대한 관심은 당연한 결과라고 할 수 있음.

- PRATT & WHITNEY, SNECMA나 HONEYWELL 등도 가스터빈엔진에 다수특허를 보유하면서도 가솔린엔진과 디젤엔진에 일부 출원을 하고 있어 해당 분야 기술력을 모두 보유하고 있는 것으로 보임

- PEUGEOT CITROEN의 경우는 디젤엔진에만 특허출원을 하고 있는 것으로 나타남.

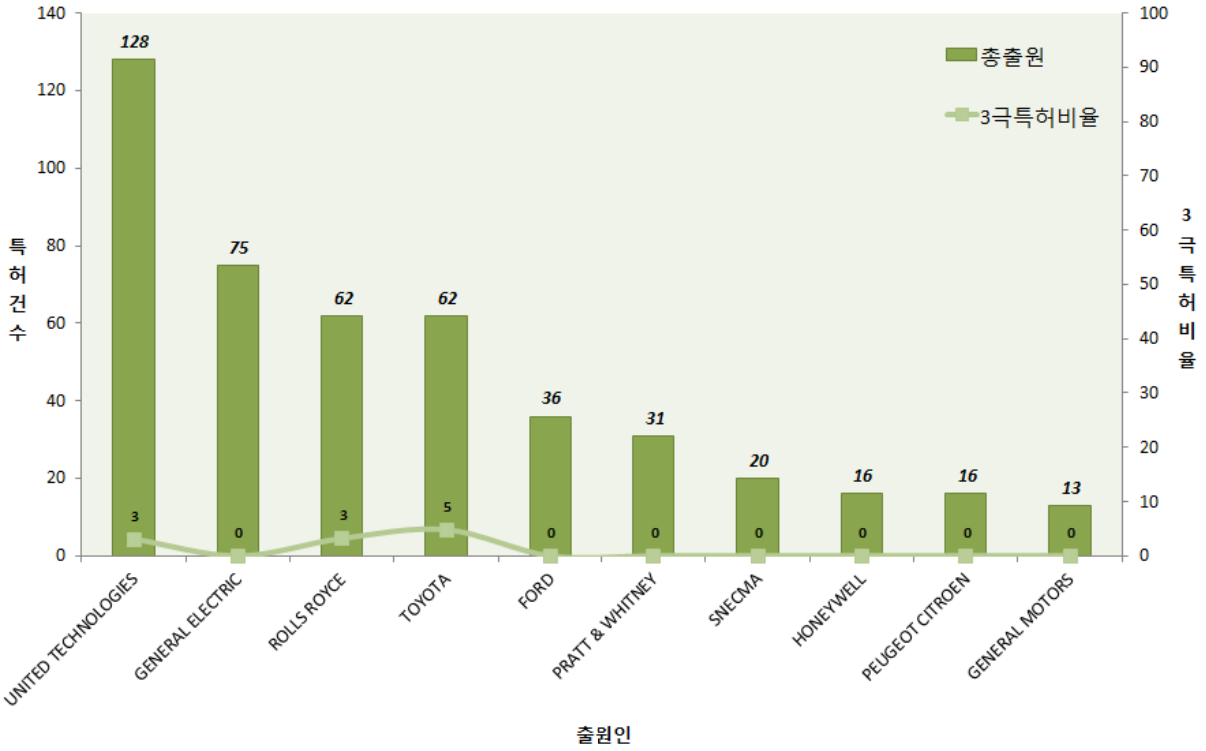


그림 100. 주요출원인의 3극특허 비율

○ 위 그래프는 주요출원인의 특허들 중 패밀리특허로서, 미국, 유럽, 일본특허를 모두 포함하고 있는 3극 특허의 비율을 나타낸 것으로 3극 특허 비율이 높을 경우 자국 뿐만 아니라 여러 나라에 특허를 출원함으로서 해외 시장경쟁력을 높이려는 노력이 높은 것을 알 수 있음 .

- 그러나 중소형 항공기 엔진분야의 경우 3극 특허출원 비율이 매우 저조한 것으로 나타나는데 이는 미국과 유럽 중심으로 특허가 출원되어 일본 또는 한국에 동시에 출원하는 경우는 많지 않기 때문인 것으로 나타남.

- 이는, 항공기산업이 미국과 유럽에 주요시장을 형성하고 있고, 몇몇의 거대기업에 의해 항공기 산업이 주도되고 있는 현실을 반영한 것이라고 판단됨.

- 3극 특허를 보유한 출원인은 미국의 UNITED TECHNOLOGIES, 영국의 ROLLS ROYCE, 일본의 TOYOTA 인 것으로 나타남.

(바) 국가별 주요출원인

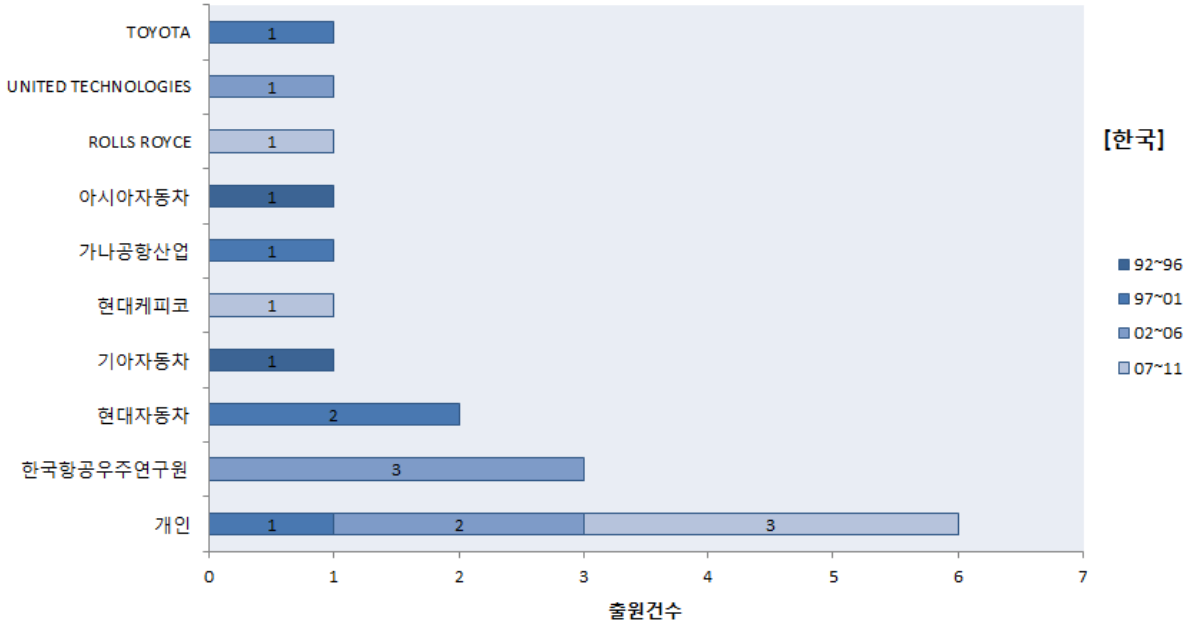


그림 101. 한국특허의 주요출원인 현황

○ 한국에서의 항공기 엔진관련 특허는 거의 없는 수준임. 개인을 제외하면 한국항공우주연구원이 3건의 특허를 출원하여 1위임. 그 외에 현대차, 기아차, UNITED TECHNOLOGIES, ROLLS ROYCE 등 국내외 업체들이 1건씩 출원하고 있는 것으로 보임.

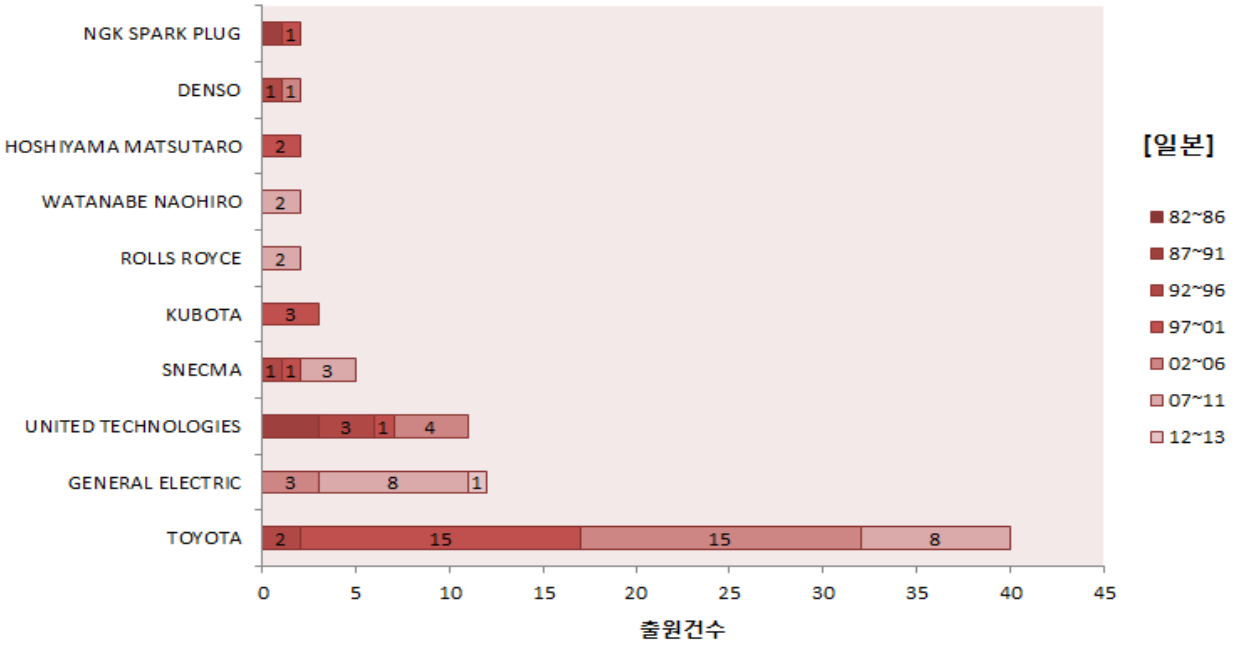


그림 102. 일본특허의 주요출원인 현황

○ 일본에서의 특허출원은 경우 TOYOTA > GE(US) > UNITED TECHNOLOGIES(US) > SNECMA(FR) 순인 것으로 나타나 우리나라보다 더 많은 외국 국적의 출원인이 존재하는 것으로 나타남.

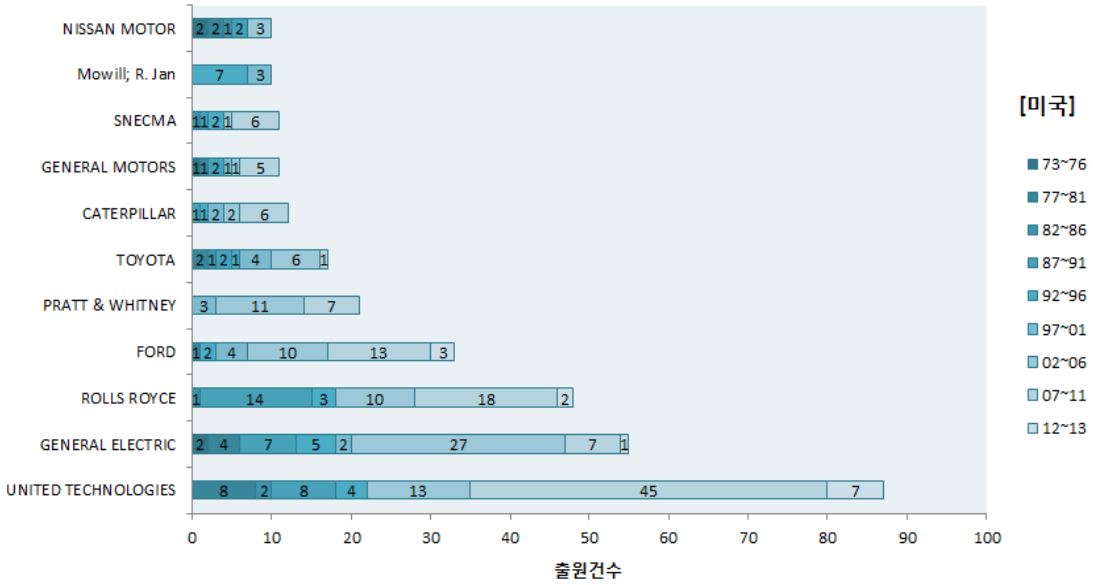


그림 103. 미국특허의 주요출원인 현황

○ 미국특허의 경우 UNITED TECHNOLOGIES(US) > GENERAL ELECTRIC(US) > ROLLS ROYCE(GB) 순으로 전체 TOP3 출원인이 그대로 반영되어 있으며 UNITED TECHNOLOGIES, ROLLS ROYCE 및 FORD의 경우 최근구간(2007~2011)에서 출원이 급격이 증가한 것으로 나타남.

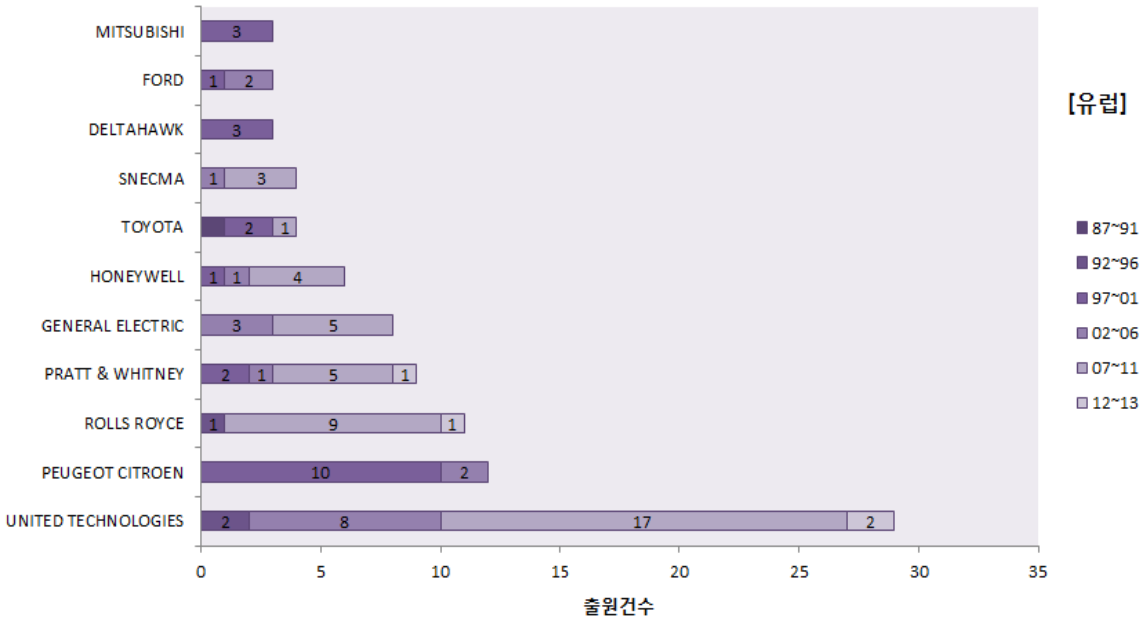


그림 104. 유럽특허의 주요출원인 현황

○ 유럽특허의 경우 UNITED TECHNOLOGIES(US) > PEUGEOT CITROEN(FR) > ROLLS ROYCE(GB) > PRATT & WHITNEY(CA) > GENERAL ELECTRIC(US) 순으로서 미국과 달리 프랑스의 PEUGEOT CITROEN와 카나다의 PRATT & WHITNEY가 각각 2,4위를 차지함.

(사) 기술별 주요출원인

① 가솔린 엔진 분야 주요출원인

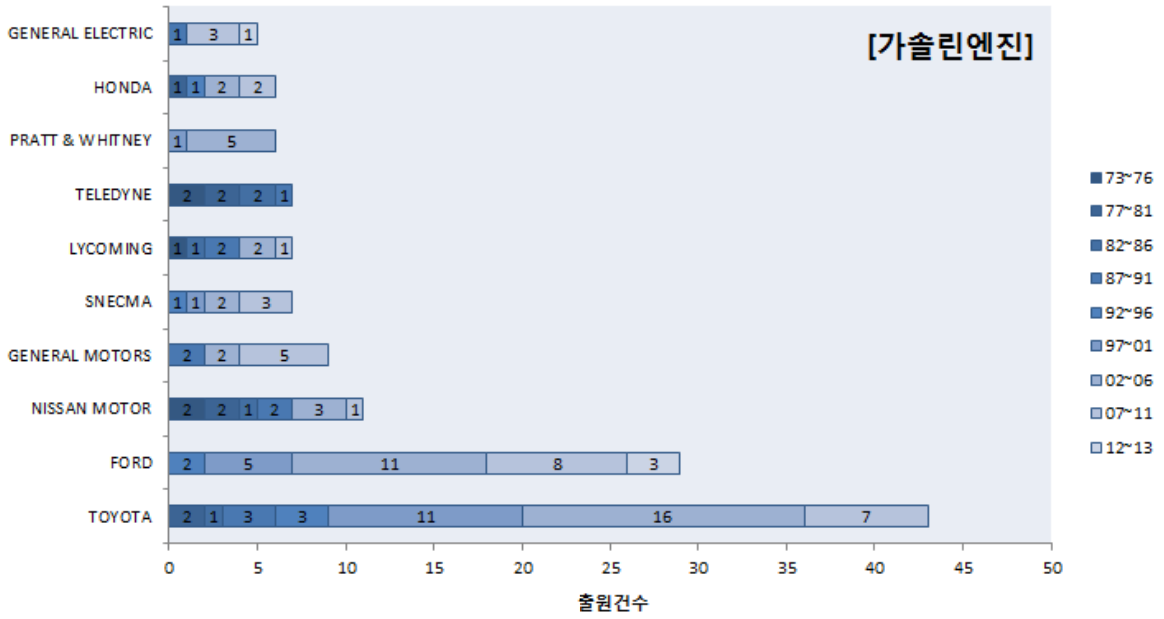


그림 105. 가솔린엔진 관련특허의 주요출원인 현황

○ “중소형 항공기 엔진” 관련 특허 중 가솔린엔진분야 관련특허에 해당 다출원인의 구간별 특허동향을 함께 분석한 결과,

- 10위까지는 전체특허의 10위까지에 해당하는 출원인과 전체특허의 10위까지 순위에는 해당하지 않지만 항공기 가솔린엔진분야에 나타난 출원인으로는 NISSAN MOTOR, LYCOMING, HONDA 등의 있음.

- 중소형 항공기 가솔린엔진분야의 다출원을 기록한 10개 출원인은 1990년부터 현재까지 까지 엔진분야에 꾸준한 출원을 하고 있는 걸로 보아, 중소형 항공기 가솔린 엔진분야에 대한 지속적인 연구개발을 하고 있는 것으로 판단됨.

- TOYOTA는 전체 출원의 상위 10위에 포함된 출원인이며, 가솔린엔진분야에서도 가장 많은 출원을 하여 중소형 항공기의 가솔린엔진분야에 집중하고 있는 것으로 판단됨.

② 디젤 엔진 분야 주요출원인

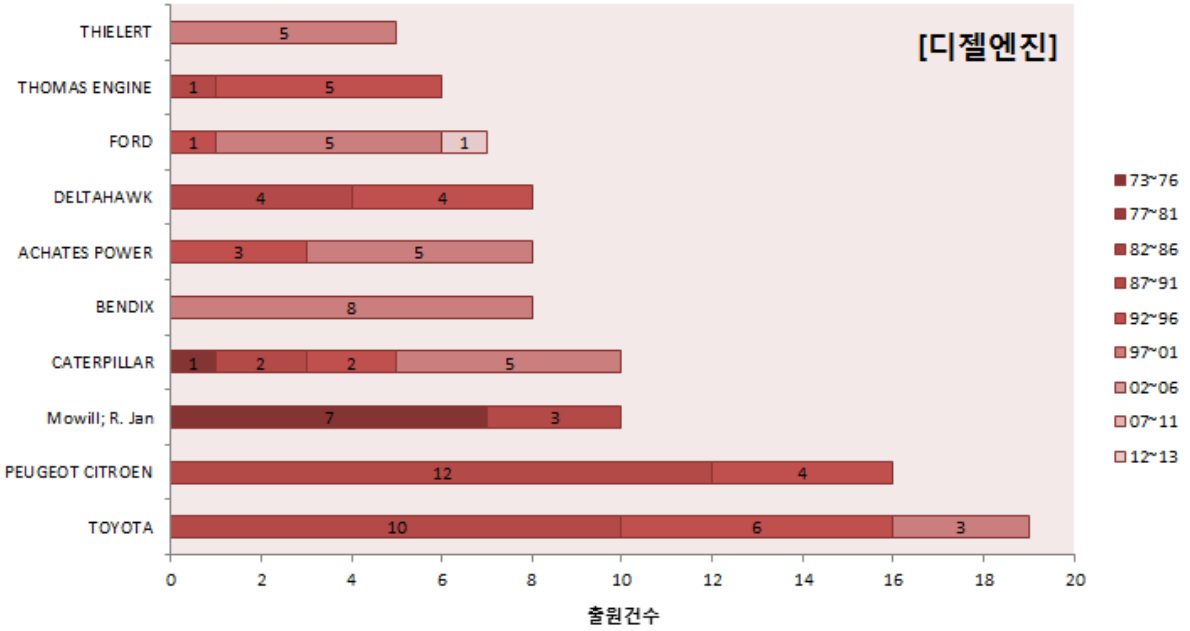


그림 106. 디젤엔진 관련특허의 주요출원인 현황

○ “중소형 항공기 엔진” 관련 특허 중 디젤엔진분야 관련특허에 해당 다출원인의 구간별 특허동향을 함께 분석한 결과,

- 전체특허의 10위까지 순위에는 해당하지 않지만 항공기 디젤엔진분야에 랭크된 출원인으로는 Mowill; R. Jan(발명자), CATERPILLAR, BENDIX, ACHATES POWER, DELTAHAWK, THOMAS ENGINE, THIELERT 등이 있음.

- 중소형 항공기 디젤엔진분야의 다출원을 기록한 10개 출원인은 대부분 1987년에서 2001년 사이에 출원을 집중한 것으로 나타남.

- TOYOTA는 전체 출원의 상위 10위에 포함된 출원인이며, 가솔린엔진분야 뿐만 아니라 디젤엔진 분야에서도 가장 많은 출원을 하여 중소형 항공기의 피스톤엔진분야(가솔린엔진 및 디젤엔진) 분야에 모두 활발히 연구하고 있는 것으로 보임.

③ 가스터빈 엔진 분야 주요출원인

㉮ 가스터빈 엔진 주요 출원인

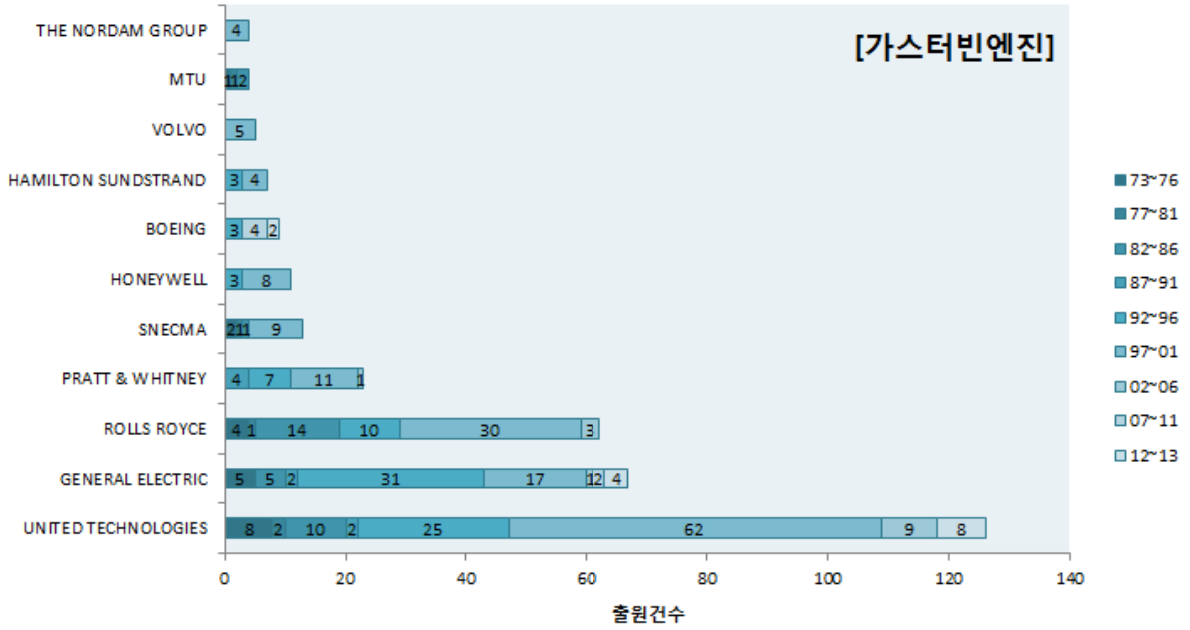


그림 107. 관련특허의 주요출원인 현황

○ “중소형 항공기 엔진” 관련 특허 중 디젤엔진분야 관련특허에 해당 다출원인의 구간별 특허동향을 함께 분석한 결과,

- 전체특허의 10위까지 순위에는 해당하지 않지만 항공기 가스터빈 엔진분야에 랭크된 출원인으로는 BOEING, HAMILTON SUNDSTRAND, VOLVO, MTU, THE NORDAM GROUP이 있음.

- 중소형 항공기 디젤엔진분야의 다출원을 기록한 출원인 중 UNITED TECHNOLOGIES, GE, ROLLS ROYCE, PRATT & WHITNEY의 상위 4개 출원인은 대부분 1992년에서 2001년 사이에 출원을 집중한 것으로 나타남.

- UNITED TECHNOLOGIES는 전체 출원건수 1위 기업으로서 가스터빈 엔진분야에서 2위인 GE와 거의 2배의 차이로 1위를 차지한 결과 전체 출원건수에서 1위가 된 것으로 분석됨.

- 앞에서 살펴본 바를 종합하면 TOYOTA는 가솔린엔진과 디젤엔진을 포함하는 왕복동 피스톤 엔진 분야에서, UNITED TECHNOLOGIES는 가스터빈엔진 분야에서 각각 출원건수 1위 기업으로 분석됨.

㉯ 기술분류(중분류)별 주요출원인

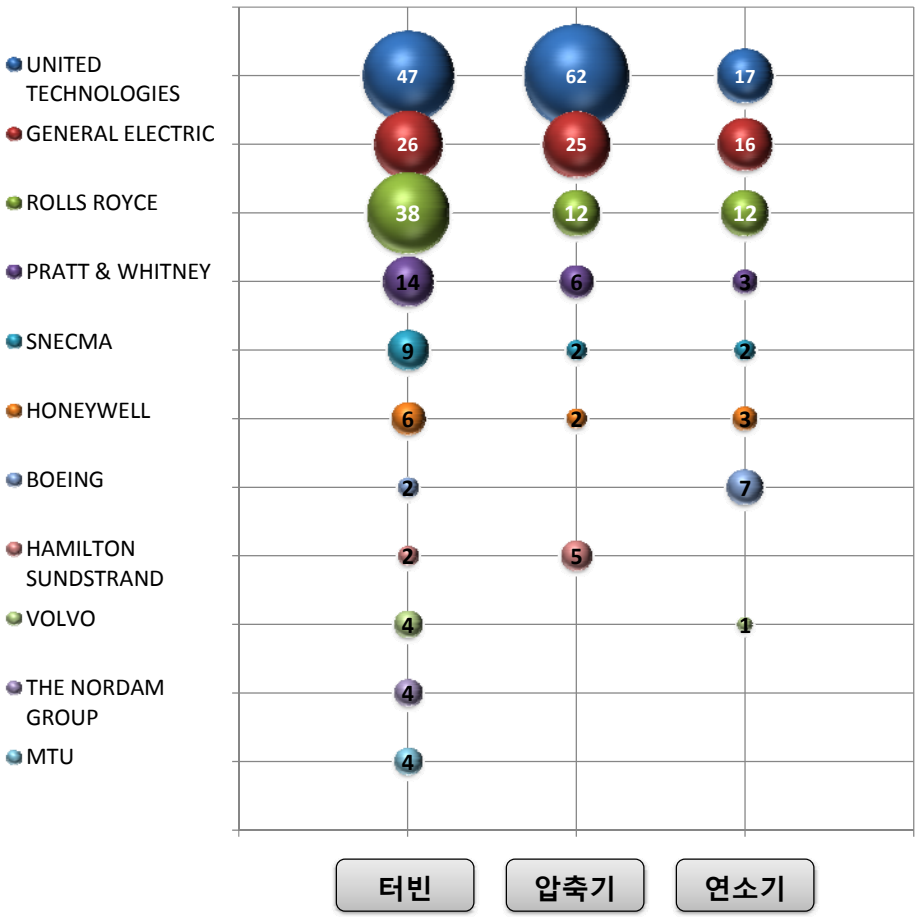


그림 108 주요출원인별 기술분류별 출원동향

○ 가스터빈엔진의 중분류로서 터빈기술, 압축기기술, 연소기기술에 대하여 주요출원인별 주력분야를 살펴보면 가스터빈엔진 분야 최대출원인인 UNITED TECHNOLOGIES의 경우 3개 분야 모두에서 1위를 나타냄

○ 특히, 압축기 분야에서는 UNITED TECHNOLOGIES가 2위인 GE(25건)보다 2배이상 많은 62건의 특허를 보유하고 있어 압축기 기술분야에서 활발한 연구가 이루어진 것으로 판단됨

○ 터빈분야에서는 ROLLS ROYCE가 38건의 특허를 출원하여 26건을 출원한 GE를 제치고 2위를 차지하였음

○ 연소기분야는 터빈기술이나 압축기기술분야에 비하여 상대적으로 출원이 적은 분야로서 주요출원인들의 출원건수 면에서도 UNITED TECHNOLOGIES 17건, GE 16건, ROLLS ROYCE 12건을 출원하여 큰 차이가 없는 것으로 분석됨

㉰ 기술분류(중분류)별 출원인 국적

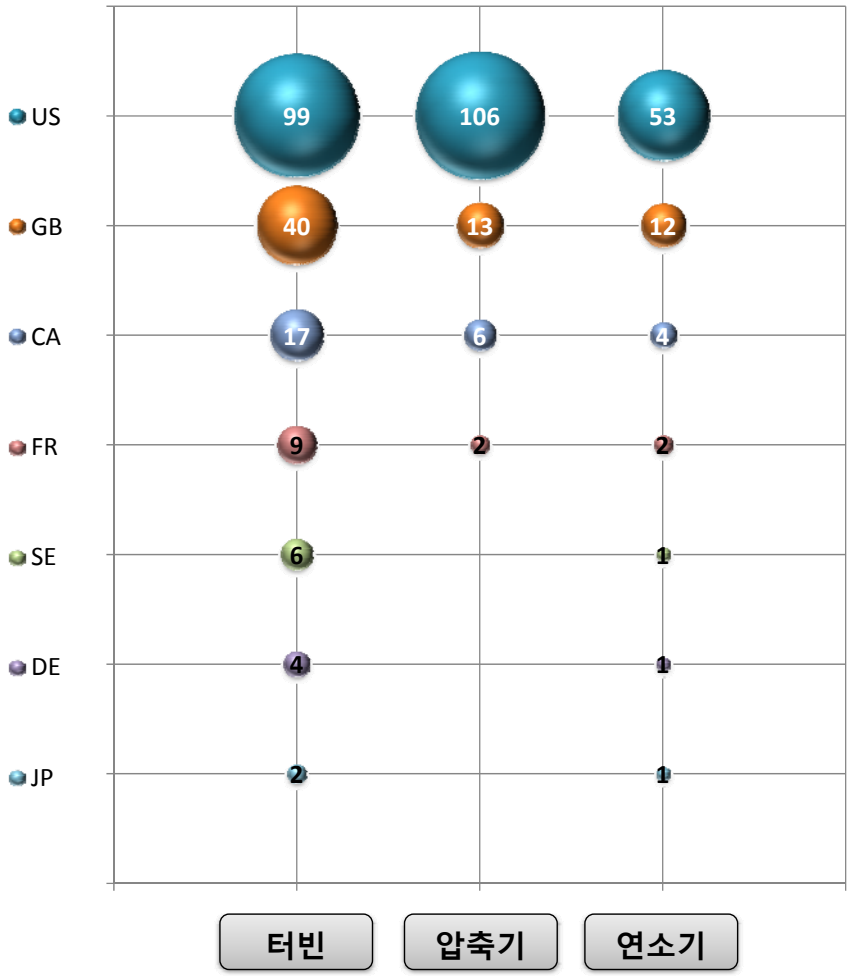


그림 109 출원인 국적별 기술분류별 출원동향

○ 가스터빈엔진의 중분류로서 터빈기술, 압축기기술, 연소기기술에 대하여 출원인 국적 분포를 살펴보면 미국 국적 특허출원이 모든 분야에서 2위인 영국국적 특허출원과 큰 격차를 보이며 1위를 차지하고 있으며 카나다 국적의 특허출원 건수가 3위를 차지하는 것으로 분석되었음

○ 국적별 주요 출원인 으로는 미국의 UNITED TECHNOLOGIES, GENERAL ELECTRIC, HONEYWELL, BOEING, HAMILTON SUNDSTRAND, 영국의 ROLLS ROYCE, 캐나다의 PRATT & WHITNEY, 프랑스의 SNECMA, 스웨덴의 VOLVO, 독일의 MTU 가 있음

(3) 기술별 특허동향

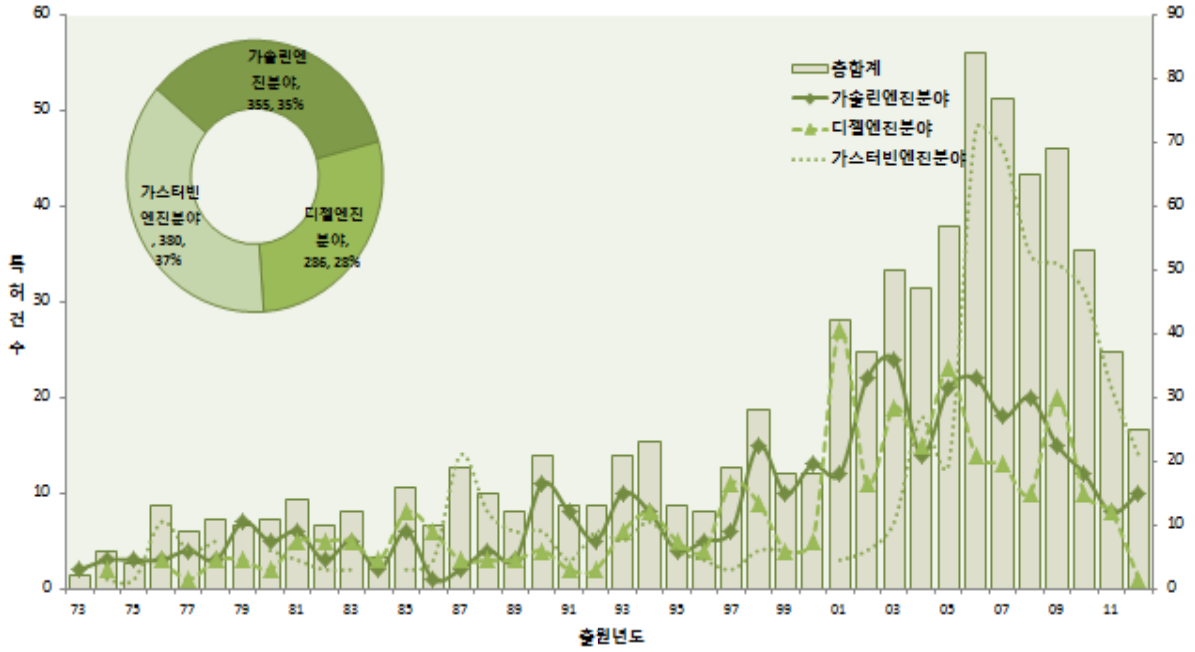


그림 110. 각 기술(대분류)의 연도별 특허동향

○ 본 보고서의 기술분류는 대분류를 가솔린엔진분야, 디젤엔진분야, 가스터빈 엔진분야로 나누어 3가지 대분류의 비교분석과 각각의 기술에 대한 분석을 실시하였음.

○ “중소형 항공기 엔진”과 관련된 분류별 특허비율에서는 근소한 차이로 가스터빈 엔진분야(37%, 380건) > 가솔린 엔진분야(35%, 355건) > 디젤엔진분야(28%, 286건) 순으로 나타남.

- 연도별 특허동향에 있어서는 증가, 감소를 반복하고 있으나, 가솔린엔진분야, 디젤엔진분야, 가스터빈 엔진분야 모두 전반적으로 증가하는 추세를 보임.

- 가스터빈엔진 관련특허는 2005년 전까지 완만한 성장세를 보이다가 2005년 이후에는 갑자기 상승하는 경향을 나타냄.

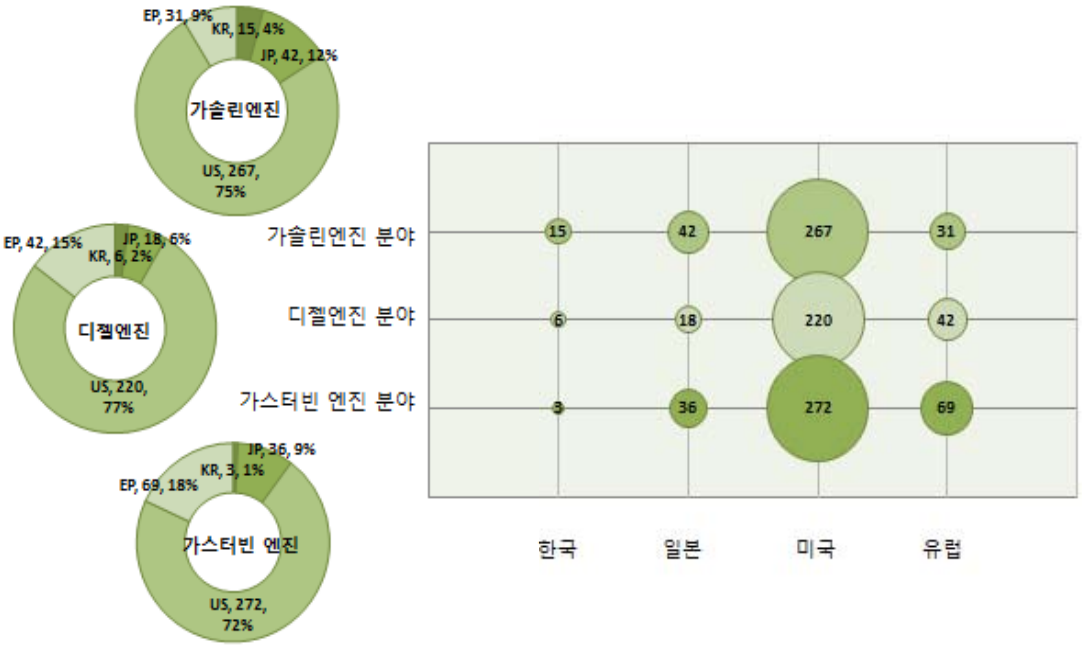


그림 111. 각 각 기술(대분류)의 국가별 특허비율

○ “중소형 항공기 엔진” 관련 특허의 각 기술의 국가별 특허비율과 건수를 살펴보면, 3가지 분류 모두 미국에 의한 특허비율이 70% 이상으로 나타나고 있음.

- 한국, 미국, 일본, 유럽의 관련 특허는 한국과 일본은 출원건수는 적지만 상대적으로 가솔린엔진분야에, 미국과 유럽은 가스터빈분야에 좀 더 많은 특허를 보유하고 있는 것으로 나타남 다만, 전체 기술분야(대분류)별로는 출원건수 차이가 근소함.

- 미국은 가스터빈 > 가솔린엔진 > 디젤엔진 순이며 유럽은 가스터빈 > 디젤엔진 > 가솔린 엔진 순으로 가스터빈분야의 출원이 많은 것은 공통되나 미국은 가솔린엔진, 유럽은 디젤엔진에 좀 더 많은 출원을 하고 있는 것으로 나타남.

- 일본의 출원건 분포는 가솔린엔진 > 가스터빈엔진 > 디젤엔진 분야 순 인 것으로 나타남.

(가) 가솔린 엔진분야 특허동향

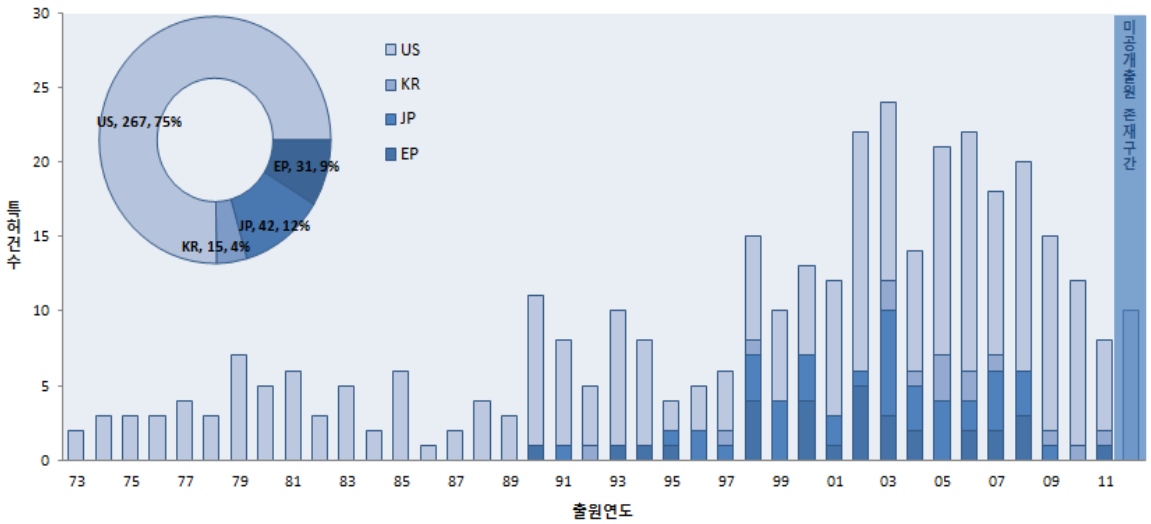


그림 112. 가솔린엔진 분야 국가별/연도별 특허동향

○ 가솔린 엔진분야 특허 355건 중에서, 국가별 비중에서는 미국이 267건으로 75%, 일본이 42건으로 12%, 유럽이 31건으로 9%, 한국이 15건으로 4%의 특허비율을 나타내고 있음.

○ 가솔린 엔진분야 관련특허의 연도별 특허동향에서 나타난 바와 같이, 미국 이외의 국가들은 주로 1990년 이후로 출원되었고 1998년 이후 출원이 활발하게 나타남.

○ 연도별 특허동향에서는 증가와 감소를 반복하면서 1995년을 기점으로 증가세가 두드러짐.

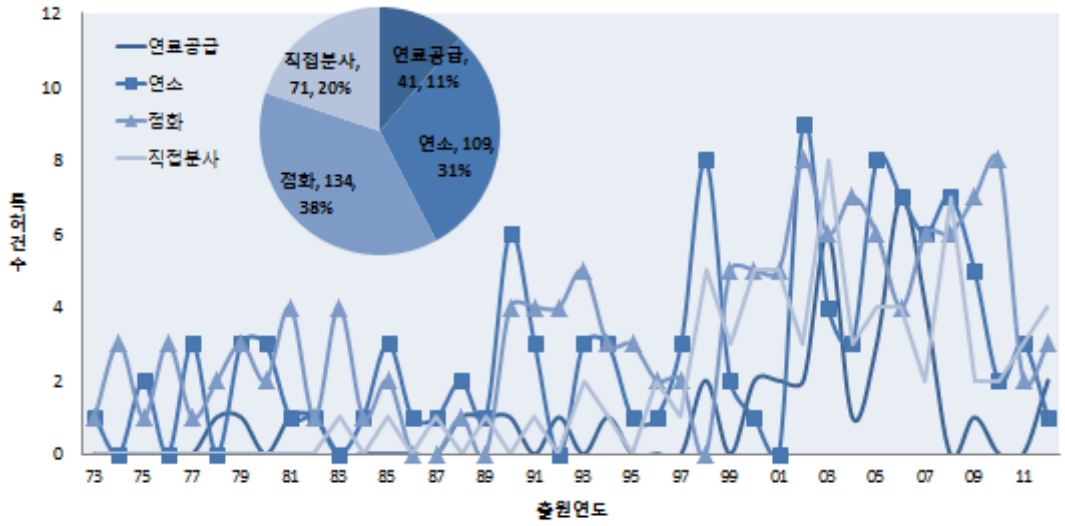


그림 113. 가솔린 엔진분야 중분류별/연도별 특허동향

○ 가솔린엔진분야 특허의 중분류에 따른 연도별 특허동향을 살펴보면, 전체적으로 증가와 감소를 반복하면서 90년대 초반부터 증가세가 시작되었으며 1998년도부터 최근까지 증가세가 이어지고 있음.

○ 중분류 분포는 점화시스템 38% (134건) > 연소기술 31% (109건) > 직접분사 20% (71건) > 연료공급 11% (41건) 순으로 나타났음.

○ 연료공급, 연소, 점화, 직접분사 관련 특허간에 상관관계는 발견할 수 없었으나 전체적으로 차지하는 비중이 높은 점화시스템과 연소기술 관련특허의 최근 상승세가 동향곡선에 영향을 준 것으로 판단됨.

(나) 디젤엔진분야 특허동향

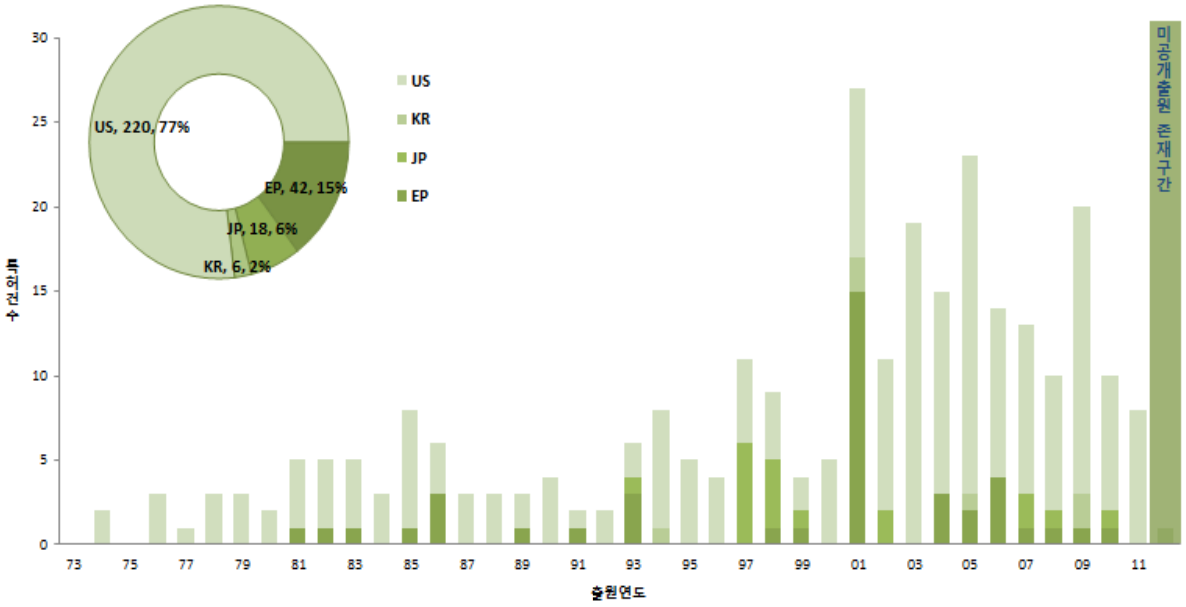


그림 114. 디젤엔진분야 국가별/연도별 특허동향

○ 디젤엔진분야 특허 287건 중에서, 국가별 비중에서는 미국이 77%(220건), 유럽이 15%(42건), 일본이 6%(18건), 한국은 2%(6건)순의 특허비율을 나타내고 있음.

○ 디젤 엔진분야 관련특허의 연도별 특허동향에서 나타난 바와 같이, 미국 이외의 국가들은 1980년대 초부터 출원하기 시작, 90년 이후로 상승세가 시작되었음.

○ 유럽에서는 2001년도에 15건의 관련특허가 출원되어 상승세를 이끌었음.

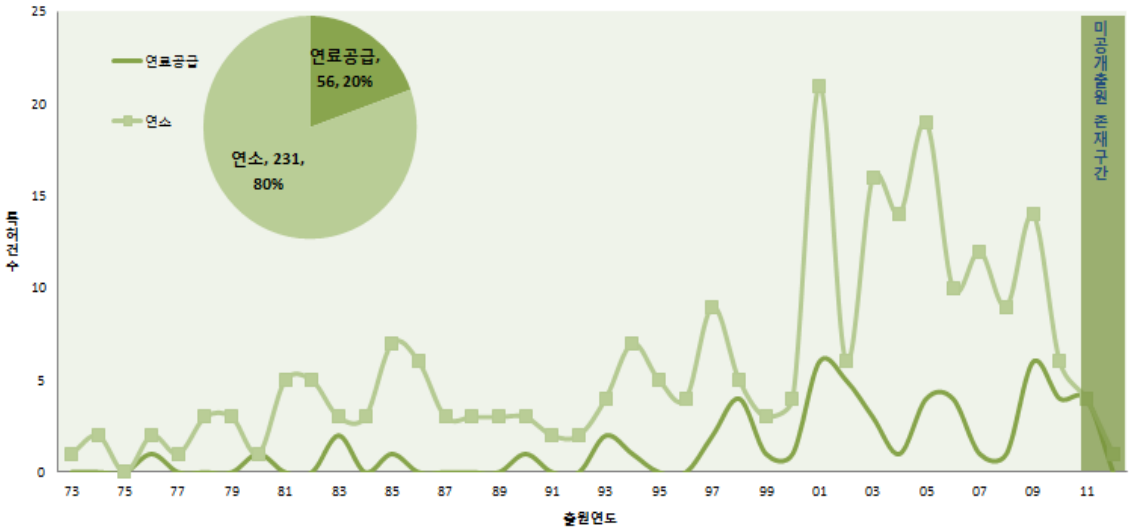


그림 115. 디젤엔진분야 중분류별/연도별 특허동향

○ 디젤엔진분야의 중분류 중에서 연소분야는 70년대 초반 출원이후에 완만하게 오다가 2001년도에 급격히 증가하였고 06년도부터 하락하는 경향을 보였으며 연료공급의 경우는 소수의 특허가 간헐적으로 출원되다가 90년대 후반부터 차츰 증가하려는 경향이 나타남.

○ 중분류 분포는 연소기술이 80%(231건)로 연료공급(20%, 56건)보다 많은 관련 출원이 존재하였음.

○ 연소기술분야가 2001년도에 최대점에 도달한 이후에 06년도부터 감소와 증가가 반복되기는 하지만 하락세를 보이고 있음.

(다) 가스터빈 엔진 분야 특허동향

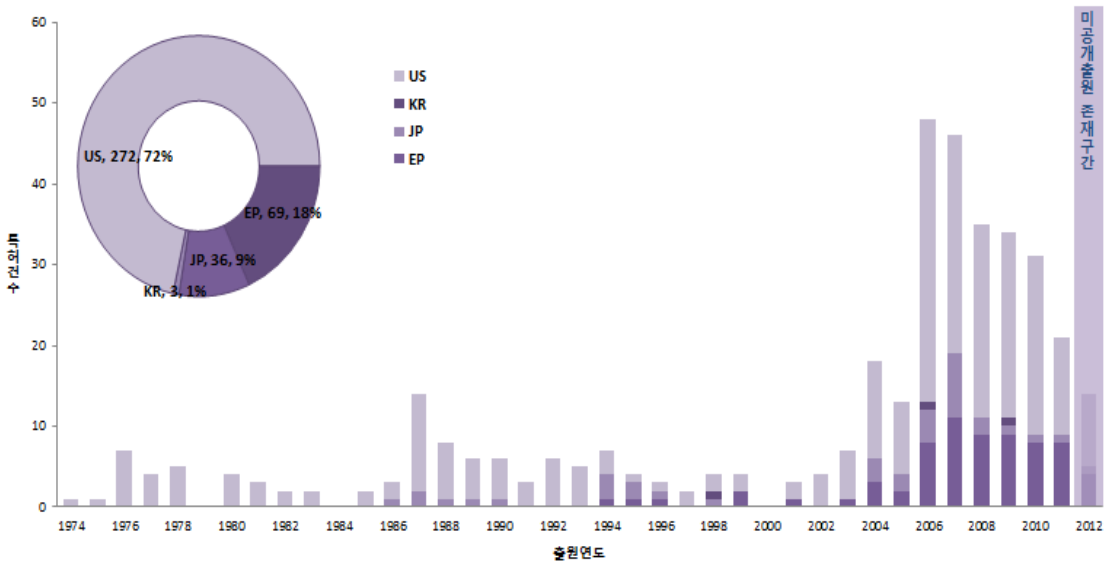


그림 116. 가스터빈 분야 연도별 특허동향

○ 가스터빈분야 특허 380건 중에서, 국가별 비중에서는 미국이 72%(272건), 유럽이 18%(69건), 일본이 9%(36건), 한국이 1%(3건)의 특허비율을 나타내고 있음.

○ 미국 이외의 국가들은 80년대 중반이 등장하였고 전체적인 동향은 2000년대 초반부터 출원건수가 크게 증가함.

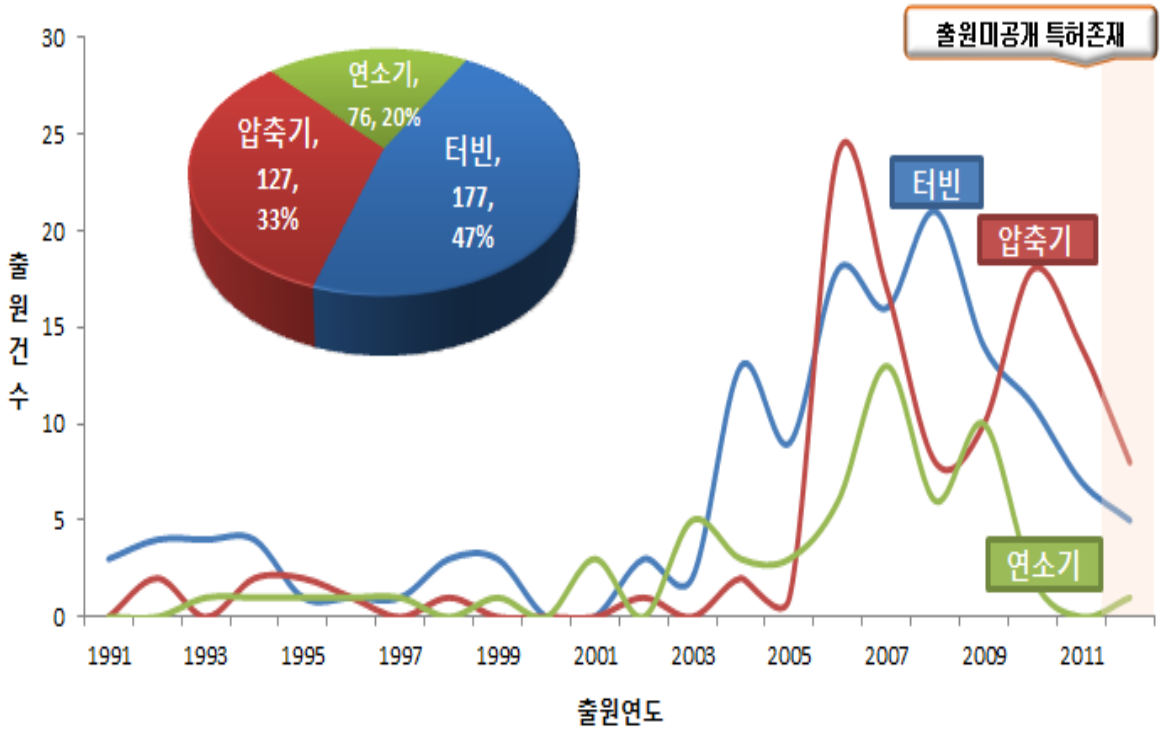


그림 117 가스터빈분야 중분류별/연도별 특허동향

○ 2004년에서 2006년 사이에 터빈, 압축기, 연소기 관련 특허 출원수가 급격히 증가하기 시작하는 경향을 나타냄.

○ 가스터빈 엔진분야의 중분류 기준 점유율을 살펴보면 터빈기술이 47%(177건), 압축기 기술이 33%(127건), 연소기분야가 20%(76건) 순으로 나타나고 있어 터빈이 약 50%를 차지하고 있음.

○ 점유율 면에서는 터빈이 절반 가량을 차지하고 있으나 출원이 활발해진 2006년 이후 동향을 살펴보면 압축기 관련 특허출원 건수가 2006년에 24건, 2010년에 18건, 2011년에 14건이 출원되어 각각 18건, 11건, 7건을 출원한 터빈분야보다 높은 점유율을 나타내는 구간이 늘어나는 추세인 것으로 분석됨.

① 기술 성장 단계



그림 118 특허 기술 성장 단계

○ 출원인수 증가는 시장에 새롭게 진입하는 경쟁업체의 증가를 의미하고 출원건수 증가는 기술개발이 계속 활발하게 이루어지고 있음을 의미하므로 출원인수 증가와 출원건수 증가를 동시에 살펴보면 기술의 성장단계를 알아볼 수 있음.

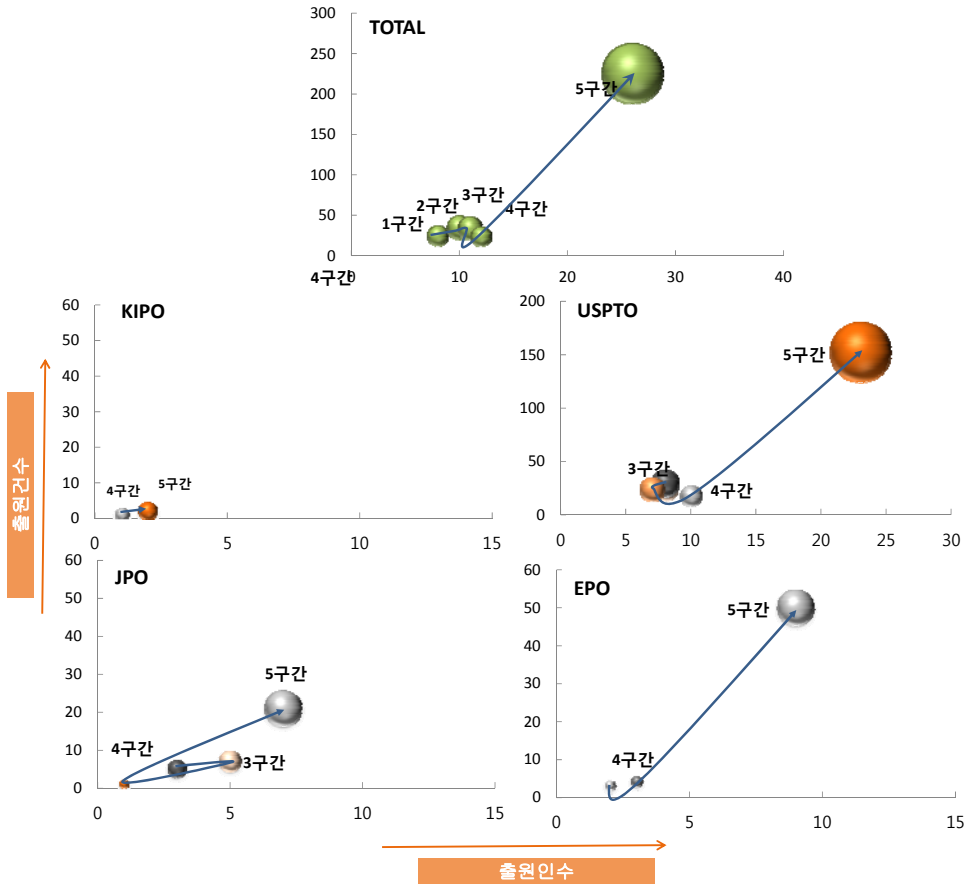


그림 119 가스터빈 기술 성장 단계

○ 구간은 연도를 기준으로 1구간(1976년~1982년), 2구간(1983년~1989년), 3구간(1990년~1996년), 4구간(1997년~2003년), 5구간(2004년~2010년)으로 나누었으며 미공개 특허출원이 포함된 2011년 및 2012년은 제외하였음.

○ 이러한 기준에 따라 가스터빈엔진의 기술성장단계를 살펴보면 특허와 특허출원인이 빠르게 증가하는 성장기 단계로 파악되며 특히 4구간(1997년~2003년)에서 5구간(2004년~2010년) 사이에 출원인수 및 출원건수가 급격히 증가하여 많은 경쟁업체들이 생겨나는 동시에 연구개발도 그만큼 활발히 이루어지는 것으로 분석됨.

○ 이러한 경향은 시장주도국인 미국에서 그대로 나타나며 상대적으로 미국에 비하여 출원인수 및 출원건수가 적은 유럽의 경우에도 유사한 경향을 보임.

○ 한국의 경우 걸음마 단계라고 볼수있는 태동기, 일본의 경우 4구간(1997년~2003년)에서 감소에도 불구하고 5구간으로 가면서 특허와 특허출원인이 증가하여 태동기에서 성장기로 진행하는 단계인 것으로 파악됨.

○ 유의할 점은 이러한 기술발전단계를 특허출원을 기준으로 분석된 것이고 특허출원이 공개되는 시점은 일반적으로 출원일로부터 1년 6개월이므로 실제 기술 발전단계와 차이가 있을 수 있음을 유의할 필요가 있음.

② 기술력 및 시장확보력

○ 주요출원인의 기술력 및 시장확보력

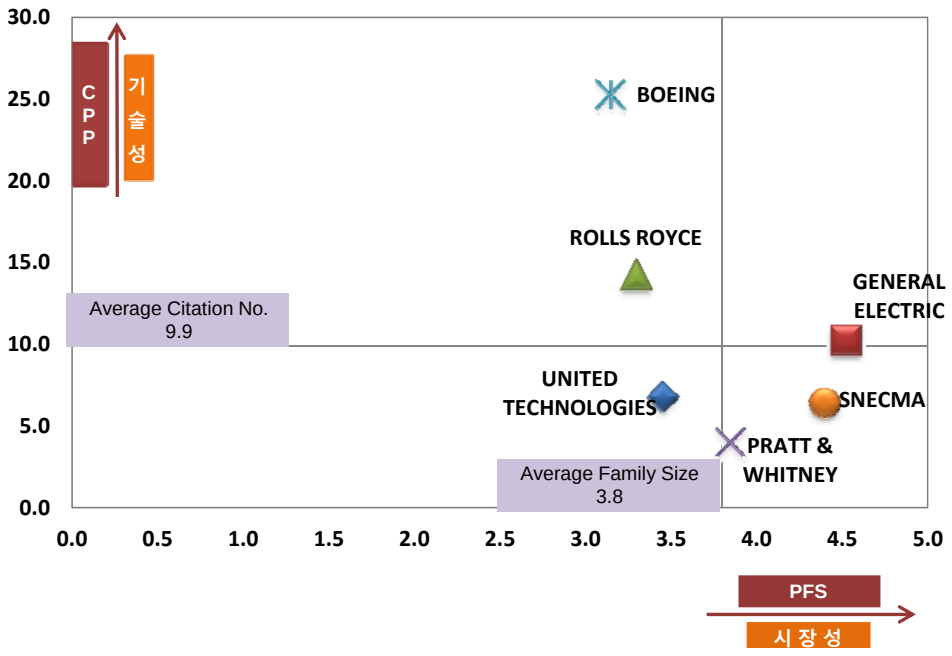


그림 120 주요출원인의 기술력 및 시장확보력

※ 분석기준
1. 피인용도지수(CPP : Cites per Patent) : 특허당 피인용횟수. 즉 인용되는 빈도(Forward Citation)가 높을수록 기술력이 강하고 반대로 낮을 경우에는 기술력이 약함을 의미
2. 시장확보력지수(PFS : Patent Family Size) : 한 발명에 대해 상업적인 이익 또는 기술경쟁 관계에 있을 경우에만 해외에 특허를 출원하므로, 패밀리특허수가 많을 때에는 특허를 통한 시장성이 크다고 판단되어 시장확보력이 큼을 의미

○ 주요 출원인 중에서 기술력 및 시장확보력이 모두 높아 CPP값 및 PFS값이 모두 평균값 이상으로 나타난 출원인은 다출원 순위 2위였던 GE로 분석되었음.

○ BOEING과 ROLLS ROYCE는 기술성을 의미하는 CPP값은 평균이상이나, 시장확보력을 의미하는 PFS값은 평균이하로 나타났으며 SNECMA 및 PRATT & WHITNEY는 이와는 반대로 시장확보력은 평균이상이나 기술성에서 평균이하로 나타났음.

- 출원인 국적별 기술력 및 시장확보력

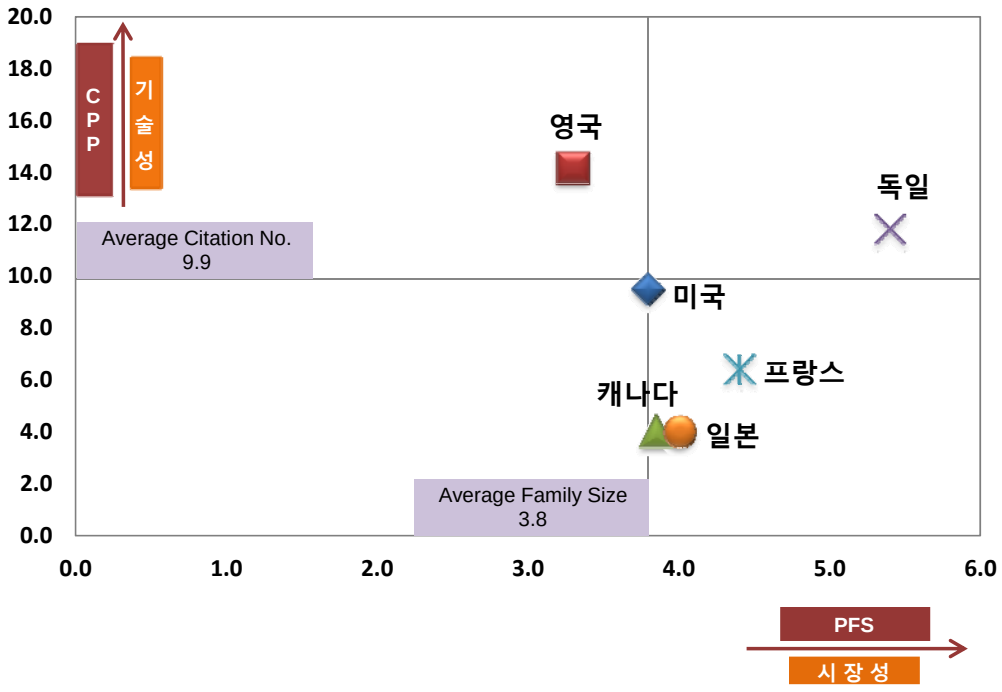


그림 121 출원인 국적별 기술력 및 시장확보력

※ 분석기준
1. 피인용도지수(CPP : Cites per Patent) : 특허당 피인용횟수. 즉 인용되는 빈도(Forward Citation)가 높을수록 기술력이 강하고 반대로 낮을 경우에는 기술력이 약함을 의미
2. 시장확보력지수(PFS : Patent Family Size) : 한 발명에 대해 상업적인 이익 또는 기술경쟁 관계에 있을 경우에만 해외에 특허를 출원하므로, 패밀리특허수가 많을 때에는 특허를 통한 시장성이 크다고 판단되어 시장확보력이 큼을 의미

○ 국적별 기술력 및 시장확보력을 살펴보면, 독일이 기술력 및 시장확보력이 모두 높아 CPP값 및 PFS값이 모두 평균값 이상으로 나타났음. 이는 독일의 최대 항공기 엔진 제조회사인 MTU의 기술력 및 시장확보력이 높게 나타났기 때문인 것으로 분석됨.

○ 영국은 기술력을 의미하는 CPP값은 평균이상이나, 시장확보력을 의미하는 PFS값은 평균이하로 나타났으며 미국, 프랑스, 캐나다, 일본은 이와는 반대로 시장확보력은 평균이상이나 기술력에서 평균이하로 나타났음.

○ 미국의 경우, CPP 및 PFS 값 모두 평균에 매우 근사하고 미국 국적의 출원인들이 많이 포함되어 있는 점을 감안하면 실질적인 미국의 기술력 및 시장확보력은 미국의 주요 출원인만을 기준으로 할 때 모두 평균을 상회하여 기술력 및 시장확보력이 우수할 것으로 판단됨.

③ 가스터빈 엔진분야 특허분석 소결

○ 한국, 일본, 미국 및 유럽의 공개 또는 등록된 특허출원을 대상으로 항공기 엔진분야 가스터빈엔진을 대분류로, 압축기, 연소기, 터빈을 그 하위분류(중분류)로 국가별, 연도별, 중분류별 특허동향을 분석한 결과는 다음과 같음.

- 가스터빈엔진 분야의 연도별 출원동향은 점유율 70% 이상을 차지하는 미국은 2000년대 초반부터 출원출원이 급등하기 시작하였고 유럽, 일본 등 미국을 제외한 국가들은 2000년대 중반부터 출원건수가 증가하고 있는 것으로 분석됨 (한국의 가스터빈엔진 분야 특허출원은 매우 미미한 상태임.)

- 가스터빈엔진의 하위분류(중분류) 기준 특허동향은 터빈관련 특허가 약 50%, 압축기 관련특허가 약 30%, 연소기 관련특허가 약 20%의 점유율을 나타내는 가운데 2004년에서 2006년 사이에 특허출원수가 급격히 증가하기 시작하였음.

- 2006년 이후에는 터빈 관련특허와 압축기 관련특허가 경쟁적으로 출원되는 가운데 압축기 관련 특허가 터빈관련 특허보다 더 많이 출원되는 해가 증가하고 있는 추세임.

- 1976년부터 2010년까지 5개구간으로 나누어 기술성장단계를 분석한 결과 미국과 유럽은 성장기 단계, 일본은 태동기에서 성장기로 진입하는 단계이며 한국은 출원인수 및 출원건수 모두 미약한 태동기 단계인 것으로 파악됨.

- 미국의 UNITED TECHNOLOGIES와 GE가 가스터빈엔진 분야에서 출원건수 1,2위 기업으로 미국이 특허점유율 70%이상을 차지하는데 영향을 미치고 있으며 영국의 ROLLS ROYCE와 캐나다의 PRATT & WHITNEY 및 프랑스의 SNECMA가 그 뒤를 잇고 있는 것으로 분석됨.

- 가스터빈엔진의 중분류로서 터빈기술, 압축기기술, 연소기기술에 대하여 주요출원인별 주력분야를 살펴보면 압축기 분야에서는 UNITED TECHNOLOGIES가 GE(25건)보다 2배이상 많은 62건의 특허를 보유하고 있어 압축기 기술분야에서 활발한 연구가 이루어진 것으로 판단됨.

- 터빈분야에서는 ROLLS ROYCE가 38건의 특허를 출원하여 26건을 출원한 GE를 제치고 2위를 차지하였음.

- 국적별 출원인 분석결과 UNITED TECHNOLOGIES, GENERAL ELECTRIC, HONEY-WELL, BOEING, HAMILTON SUNDSTRAND 등의 미국 국적 특허출원이 모든 분야에서 ROLLS ROYCE 등 영국 국적 특허출원과 큰 격차를 보이며 1위를 차지하고 있으며 PRATT & WHITNEY 등 카나다 국적의 특허출원 건수가 3위를 차지하는 것으로 분석되었음.

- 인용되는 빈도를 지수화 한 피인용도지수(CPP)와 해외출원 특허문헌수를 지수화 한 시장확보력지수(PFS)를 이용하여 기술력 및 시장확보력을 분석한 결과 출원인 중에서는 미국의 GE가 국적을 기준으로 했을 때에는 독일과 미국이 기술력과 시장확보력을 모두 보유하고 있는 것으로 분석됨.

나. 논문 조사

(1) 항공용 왕복엔진

○ 세계적으로 다른 항공용 엔진(터보팬, 터보샤프트)에 비해 연구 실적이 저조

○ 국내 항공용 왕복엔진에 대한 연구는 거의 이뤄지지 않음.

○ 국내 단체의 최근 10년간 해외 저널 논문 전무

○ 최근 중국에서 항공용 왕복엔진 연구가 활발히 진행

○ 2009년부터 다시 논문이 활발해지는 것으로 보아 최근 연구가 다시 진행됨.

○ 대다수의 논문이 대학교에서 진행된 연구에 의해 발표됨.

표 62 항공용 왕복 엔진 논문 검색 결과

검색 DB : Scopus			
검색기간	검색범위	검색분야	문서형태
2000.1.1 ~ 2012.12.31	Title-ABS-KEY	Engineering	Article
검색키워드		총논문수	국내논문수
Aircraft Piston Engine		64	0

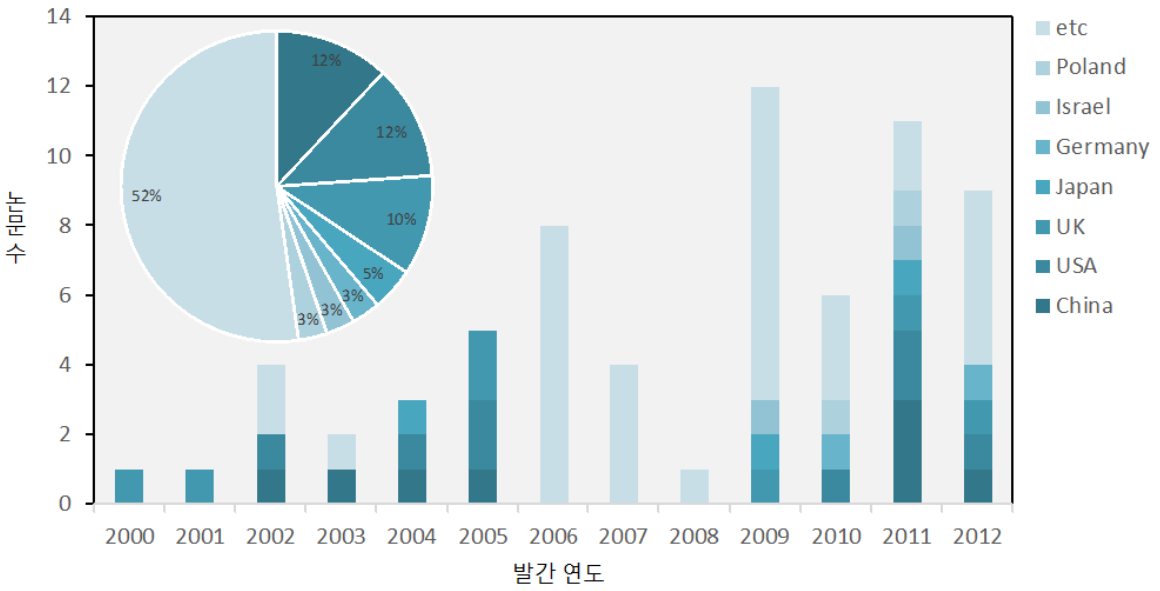


그림 122. 항공용 왕복엔진 연도별 논문 수

(2) 가스터빈 엔진

○ 논문 검색 엔진 Scopus를 이용하여 2000년 이후 터보팬관련 논문 주요 파트 별로 검색한 결과 터빈분야의 연구가 가장 활발하게 진행되고 있음.

○ 터빈, 압축기, 노즐, 연소기 순으로 연구가 진행되고 있음.

○ 국내 터보팬 관련 논문은 2000년 이후 총 7편으로 압축기 관련 2편, 터빈 관련 4편, 노즐 관련 2편으로 연소기 관련 논문은 발간되지 않음.

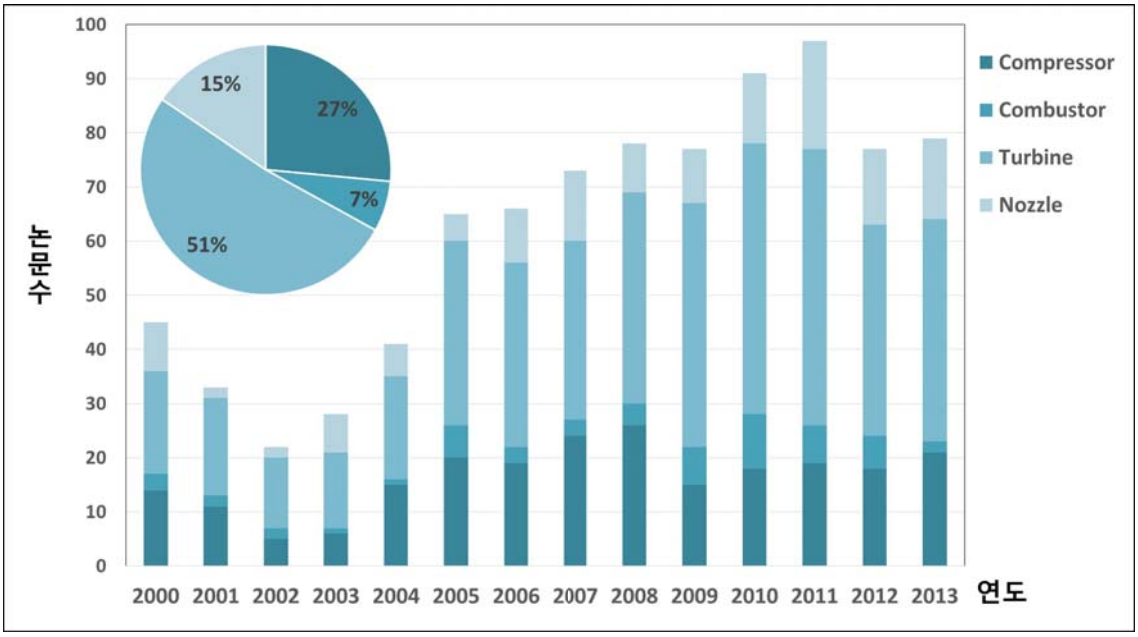


그림 123 터보팬 파트 연도별 논문 수

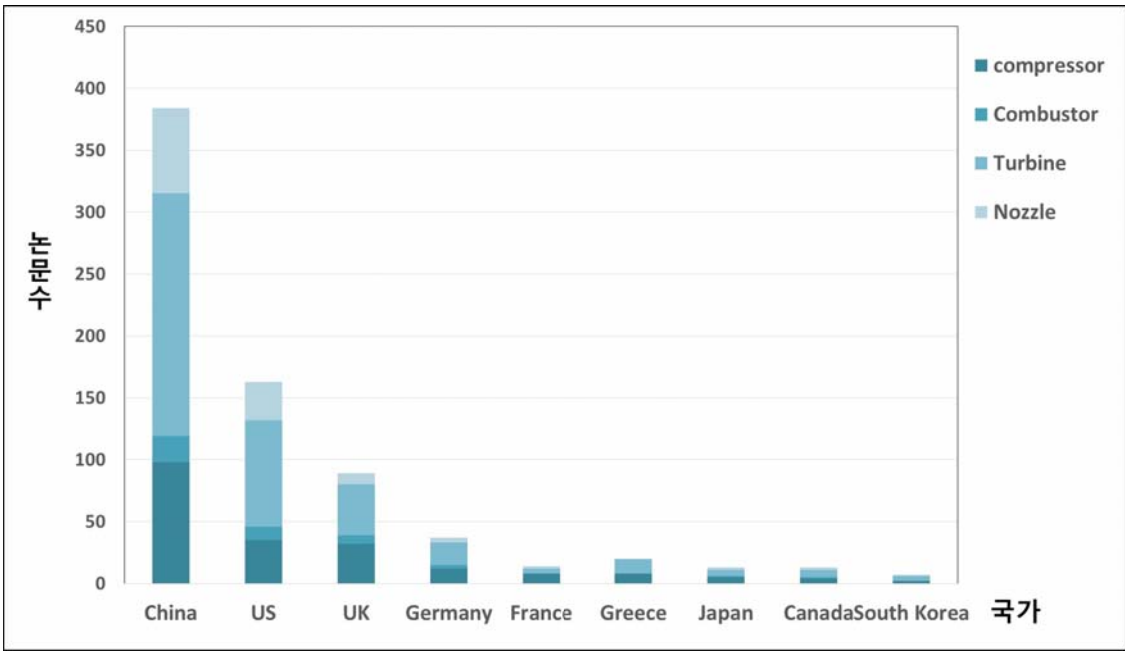


그림 124 터보팬 파트 나라별 논문 수

(3) 터보샤프트엔진

○ 국내에서 중국, 미국 다음으로 논문을 발간

○ 국내 조선대학교에서 연구를 활발히 진행

○ 국내에서 1년에 한 편 가량 논문을 제출

○ 세계적으로 2004년 이후로 연구가 활발해지는 경향을 보임.

○ 중국이나 미국의 경우 대학뿐만 아닌 연구원, 회사에서의 논문 제출도 있으나 우리나라의 경우 대학에 지나치게 편중됨. 회사(이지가스터빈)와 연구원(한국항공우주연구원)의 논문도 조선대와 공동 저자로 포함.

표 63 터보샤프트엔진 논문 검색 결과

검색 DB : Scopus			
검색기간	**검색범위**	**검색분야**	**문서형태**
2000.1.1 ~ 2012.12.31	Title-ABS-KEY	Engineering	Article
검색키워드		총논문수	국내논문수
Turboshaft		109	8

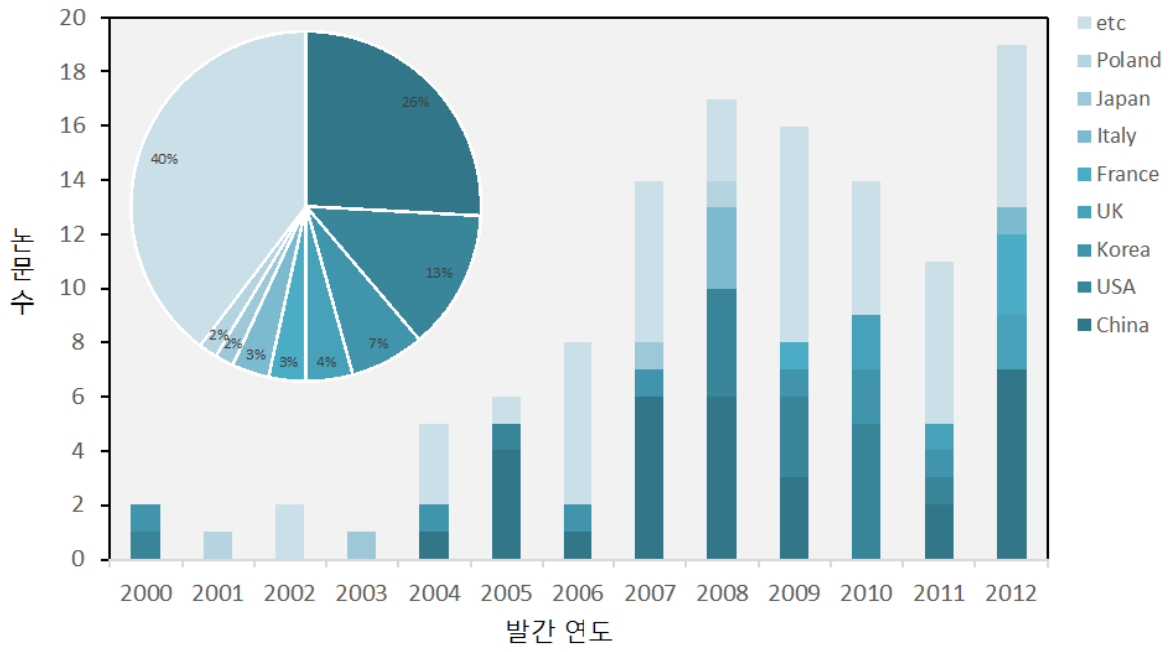


그림 125. 터보샤프트엔진 연도별 논문 수

(4) 터보팬 엔진

○ 세계적으로 다른 항공용 엔진에 비해 연구가 활발하게 진행

○ 중국, 미국, 영국 순으로 활발한 연구 진행이 나타나며, 대학뿐만 아니라 중국, 미국, 영국의 연구원 및 산업체에서 논문 발표

○ 논문 발표 상위 5개 단체 모두 중국의 대학 및 산업체로 나타나며, 상위 10개 단체 중에서 Cranfield University, NASA Glenn Research Center를 제외하면 모두 중국의 단체로 나타남.

○ 국내에서 연구가 진행되고 있으나 부진한 상태로 논문 발표는 2009년 이후로 중단

○ 국내의 논문 팔표는 터보샤프트와 마찬가지로 조선대학교에서 가장 활발히 진행

표 64 터보팬엔진 논문 검색 결과

검색 DB : Scopus			
검색기간	**검색범위**	**검색분야**	**문서형태**
2000.1.1 ~ 2012.12.31	Title-ABS-KEY	Engineering	Article
검색키워드		총논문수	국내논문수
Turbofan		876	7

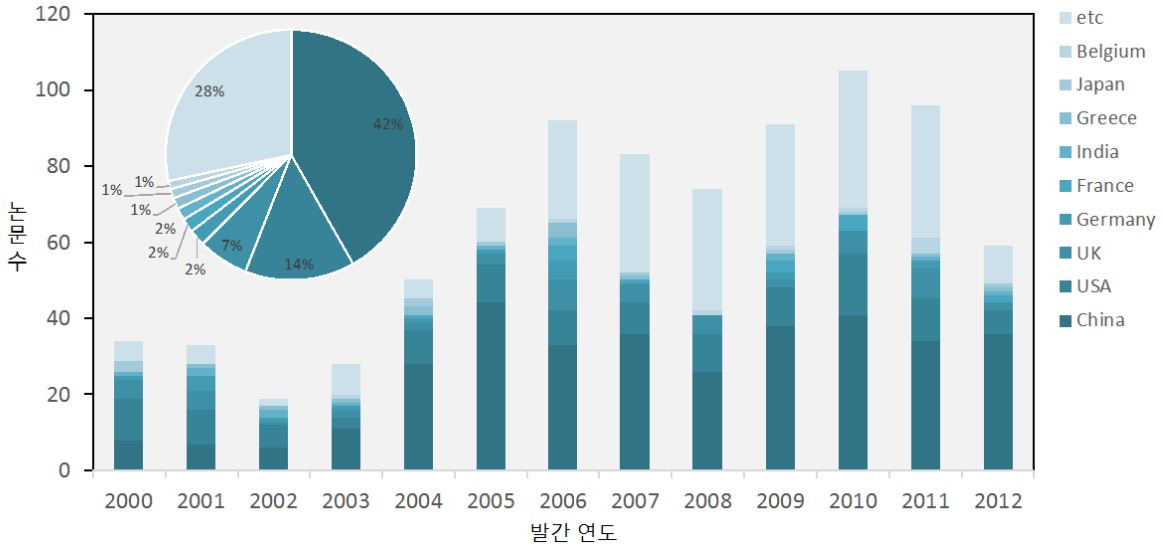


그림 126. 터보팬 엔진 연도별 논문 수

5절. 연구개발 인프라 분석

○ 미연방항공청의 엔진인증 인력 분석

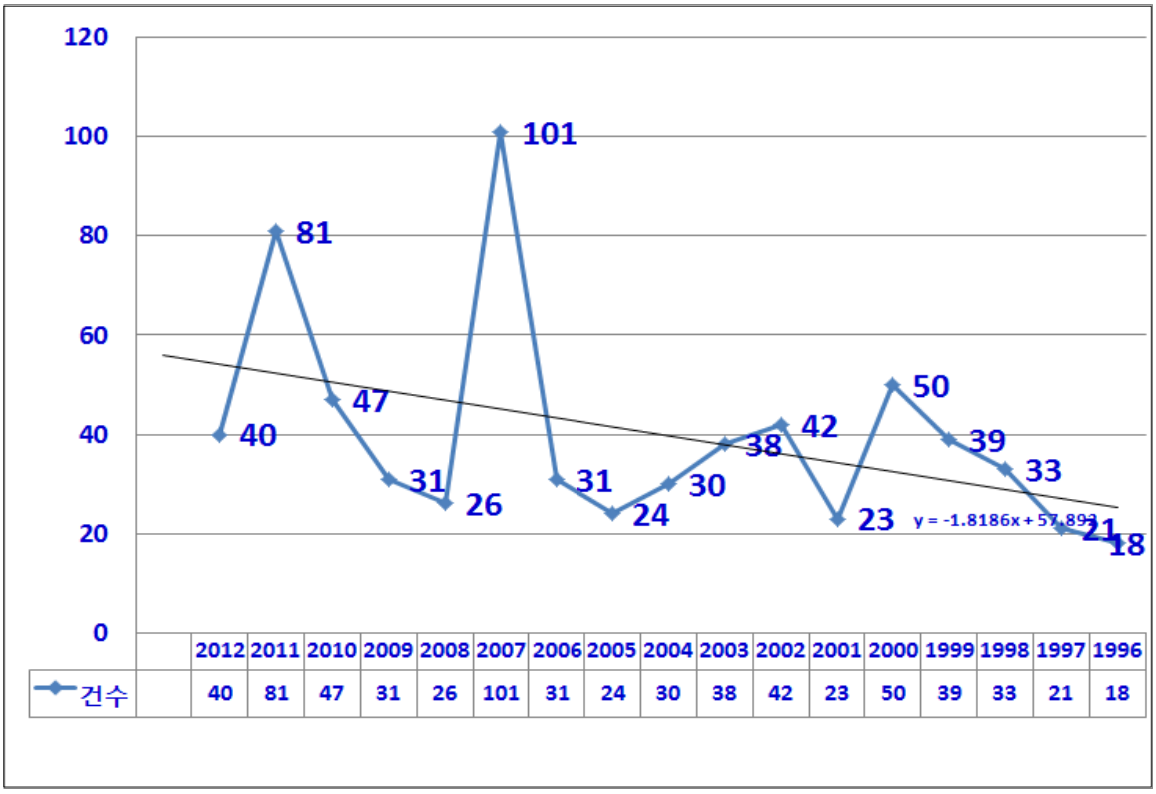
- 1996년 엔진/ 프로펠러 인력은 엔지니어(44명), 검사원(23명), 비행시험조종사(3명), 규정/행정 인력(44명)을 포함한 총114명으로서 Part 23급 소형비행기 인력의 약 50%를 차지하고 있음.

표 65 FAA 인증 인력 현황(1996/2013)

구분	ASI	ASE	비행시험 조종사	기술고문단 (National Resource Specialists)	행정	총계	비고
Engine &Propeller Directorate (ANE)	23	44	3	0	44	114	1996
	30	81				111	2013
Small Airplane Directorate (ACE)	44	91	10	0	72	217	1996
Rotorcraft Directorate (ASW)	21	49	7	0	33	110	1996
Transport Airplane Directorate (ANM)	46	164	9	0	84	303	1996
Oklahoma (AFS)	2	6	0	0	7	15	1996
Brussels (AEU)	1	6	1	0	1	9	1996
Headquarters	16	25	1	8	58	108	1996
Total	153	385	31	8	299	876	1996

- 2013년 현재, 엔진/ 프로펠러 인력은 엔지니어/규정・행정 인력(81명) 및 검사원(30명)을 포함하여 총111명으로 인력의 큰 변동 없이 유지되고 있는 것으로 보임. FAA의 인력 현황은 미국의 위임제도가 함께 고려되어야함.

- 다음 그래프는 FAA의 최근 17년간의 형식증명자료집(TCDS)의 제정 또는 개정 건수를 나타내고 있음.
  · 1996년 약 20건 수준에서 현재 평균 40건 이상으로 확대되었으며, 피크시에는 100여건에 이르는 재개정 활동이 이루어졌음.
  · 해당 건수가 직접적인 엔진 형식증명과 함께 중대 설계변경 건수를 포함하는 것으로 엔진 형식증명과제 수행 및 지속적인 계속감항성 및 인증관리를 위해 엔진인증인력이 지속적으로 확충 유지되어야 함을 보여줌.



	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996
건수	40	81	47	31	26	101	31	24	30	38	42	23	50	39	33	21	18

그림 127 FAA 연간 TCDS 제정/개정 실적(건)

- 우리나라는 업체로의 위임의 제도적 현실적 기반이 구축되지 않은 상황임을 고려하고, 엔진 형식증명의 신청건 수가 제한적일 것으로 예상되므로 1996년 인증인력 대비 10% 내지 25%선에서 엔진 인증인력을 확보하여 운용하는 것이 타당할 것으로 판단함. 다만, 인증대상 엔진의 기술성숙도, 형식증명신청 예정자인 대상업체의 시스템적 역량 및 기술역량, 적용기술의 복잡성 내지 특이하고 새로운 기술의 적용여부 등을 종합적으로 고려하여 탄력적인 운용이 필요할 것으로 판단됨.

○ 항공기용 엔진 소요 인력 분석
- 항공기용 엔진 인증을 위한 엔지니어 업무
  1) 국내외 인증 관련 규정 및 절차에 대한 전문 지식 습득 및 개선사항 도출 제정/

개정 건의

2) 인증기준 설정 (엔진기술기준, 특수기술기준, 규정면제, 환경기술기준) 및 주요사안검토서 협의/작성/관리

3) 요건별 적합성입증방법(MOC, means of compliace)의 적절성 판단 및 적합성점검표(CCL) 현황 점검

4) 인증계획서(Certification Plan), 인증과제계획서(Certification Project Plan), 과제세부인증계획서(Project Specific Certification Plan)의 검토/협의/작성/이행

5) 타분야 인증엔지니어와 협력(화제방지, 제빙/방빙, 진동, 안전성평가, 소프트웨어 등)

6) 신청자의 형식증명 수행조직(설계조직) 역량 평가 및 관리/감독. 합치성/제작증명 수행 조직(품질조직)과의 연계 업무 수행

7) 엔진제어장치(Engine control system)에 대한 안전성 평가 업무

- 소프트웨어 적합성입증 프로그램 (DO-178C 관련)
- 복잡전자하드웨어 적합성입증 프로그램 (DO-254 관련)
- 낙뢰 시험/해석 프로그램
- 환경품질 시험/해석 프로그램 (DO-160G 관련)
- HIRF 시험/해석 프로그램
- 개별 계통에 대한 안전성평가
- 안전성 적합성 보고서 검토/승인

8) 형식설계 자료에 대한 검토/승인

- 도면/규격 및 목록 등 형상정의 및 설계특징을 관리하기 위한 자료
- 치수, 자재, 공정 관련 자료
- 감항한계(Airworthiness Limitation)
- 기타 동일형식의 최신완성품이 적용되는 기술기준에 적합한지 여부를 판단하기 위하여 감항성/소음특성/연료배출물 적합성 입증에 필요하다고 판단되는 자료

9) 합치성검사요청서 발행 및 불합치사항(nonconformities)에 대한 엔지니어링 판단 및 합치성검사 결과에 대한 엔지니어링 검토

10) “해석(analysis)”을 통한 적합성입증에 대한 검토/승인

- 적용된 가정의 적정성 평가
- 계산 내용 및 결과에 대한 평가
- 결과에 영향을 미치는 요소 고려
- 해석에 사용된 모델/소프트웨어의 적절성에 대한 평가

11) “시험(test)”을 통한 적합성입증에 대한 검토/승인

- 시험계획서에 대한 종합 검토 승인(검사방법, 합치성검사방법, 입증하고자 하는 항공기기술기준 항목 번호, 합부판정기준, 시험수행절차, 시험시설 및 시험장치, 시험에 사용되는 하드웨어 및 장비 등)
- 입증하고자 하는 형식설계를 대표하는 도면번호/부품번호/개정번호/일련번호/제조번호 등의 적절성 검토
- 타분야 엔지니어와의 협업

· 시험 입회

12) 시험결과보고서에 대한 검토/승인

· 승인된 시험계획서 대비 시험결과의 적절성 판단

· 시험결과가 인증기준을 충족하는지에 대한 판단

· 타분야 엔지니어와의 협업을 통한 적합성에 대한 종합 판단

· 시험중 발생한 특이사항이 시험결과에 미치는 영향성에 대한 엔지니어링 판단

13) 치명 엔진부품(Critical engine parts)에 대한 식별 프로그램 및 정비/수리의 적절성 검토/잠정승인

14) 형식검사계획(TIA Plan) 작성 및 형식검사보고서 작성(TIR Report)

15) 최종형식증명위원회를 통한 적합성입증 완료 보고

16) 형식증명자료집(Type Certificate Data Sheet) 작성 및 검토

17) 감항성유지지침서(ICA)/정비교범/장착절차서의 적절성 검토 및 잠정승인

18) 터빈엔진의 경우, 엔진배출물에 대한 적합성 평가

19) 불안전상태(Unsafe condition) 존재유무에 대한 평가

20) 형식증명 후 인증관리 업무(중대/경미 설계변경 승인, 감항성개선지시서 발행, 정비회보 평가 등)

21) 후속 엔진 장착과제(ATC 또는 STC)에서 항공기 장착/운용 관련 협업

- 가스터빈 엔진은 다른 동력기관에 비해 출력 또는 추력 대비 무게가 작고 설치 면적이 작아야 하므로, 항공기용으로 개발된 터빈엔진 기술이 육상 산업용으로 널리 사용되고 있음. 터빈엔진에 요구되는 기술은 다음과 같은 사항을 고려하여야 함.

· 터빈엔진 시스템 설계기술

· 터빈엔진 고압압축기 설계기술

· 터빈엔진 고속회전체 설계기술

· 터빈엔진 팬 설계기술

· 항공용 엔진 복합소재 제작 및 수명평가 기술

· 터빈엔진 연소기 설계기술

· 유동해석 및 성능평가 기술

· 안전성평가 기술

· 단결정 블레이드 가공 및 평가 기술

· 터빈블레이드용 초내열 합금 가공 및 평가 기술

· 고고도 성능 평가 기술 등

○ 항공기용 엔진 인증을 위한 소요인력 분석

- 본 기획과제 단계에서 명확한 엔진 사양이 결정되지 않은 상태이므로 다음과 같이 소형항공기에서 장착될 가능성이 높은 왕복엔진과 소형 터빈엔진에 2가지 조건에 대하여 RFP를 제시하고자 함. 다만, 인증 인력은 개발하고자 하는 엔진의 종류, 크기, 기술수준, 복잡도와 같은 기술적 요인에 따라 달라질 수 있음.
- 왕복엔진의 경우, 완성 항공기용 엔진의 개발 경험을 없으나 기술 요구도가 상대적

으로 낮으며, 장착대상 완성 항공기 업체에 대한 인증경험을 고려하여 가중계수를 10%로 추정함.

- 터빈엔진의 경우 군용항공기에 사용되는 가스터빈엔진 기술이 민간에 전파되고 항공기용 엔진기술이 산업용 가스터빈엔진 기술로 전파되는 구조를 갖고 있음. 소형 터빈엔진은 VLJ(Very Light Jet) 시장에 대응하고, 국내 무인기용 소형 터보제트/터보팬 엔진 요구에 따라 개발 필요성이 지속적으로 증대되고 있음.
- 소형 터빈엔진(약 2000파운드~3000파운드)에 대한 기술 수요는 증대되고 있으나, 국내에서 독자 모델로 항공기용 엔진을 개발하거나 항공기에 실용화한 경험이 없으므로 국내 기술 성숙도가 낮은 것으로 판단됨. 또한, 엔진의 기술발전을 위해서는 장착대상이 될 완성 항공기에 대한 국내 수요 및 운용 실적이 업체도 존재하지 않는 상황임.
- 소형 터빈엔진은 일반항공(General Aviation)에 사용되는 엔진과 달리, 항공운송 및 사업용으로 사용되는 것이 일반적이므로 왕복엔진 대비 높은 수준의 신뢰성과 안전성이 요구되므로 항공기 기술기준에 대한 적합성 여부를 확인하기 위해서는 높은 수준의 검사/검증이 요구됨. 또한, 소형 터빈엔진의 라이프사이클 전반에 걸쳐 적용 항공기와의 운용 문제 및 후속 인증관리를 위한 인증인프라를 구축 및 유지하여야 하므로 가중계수를 30%로 추정함.
- 중대형 터보팬 엔진은 기술 선도국과 국내 기술수준과의 격차가 크고 막대한 기술개발 비용이 소요되므로 위험부담이 큼. 중대형 터빈엔진의 경우, 소형 터빈엔진에 대한 인증경험을 확보한 이후에 중대형 터빈엔진 개발이 확실시 되는 시점에 인증인력 및 인프라에 대한 논의를 별도로 수행되는 것이 바람직할 것으로 보임.

3장. 연구개발과제 구성 및 추진전략

1절. 비전 및 목표

○ 2020년 세계 10대 항공부품 생산국 및 G8 항공선진국 진입

- 민간 항공기용 엔진 국산화 추진

- 세계 최고수준의 IT/전자 기술을 바탕으로 첨단 항공기 탑재 엔진 개발

- 세계적인 수준의 항공기 부품산업(엔진) 육성 및 수출산업화

- 국내수요를 바탕으로 민간 항공기용 엔진 국내 개발 추진

○ 산업계, 학계, 정부의 협동으로 항공용 엔진 국산화 개발의 기반을 구축하기 위해 엔진 제품 개발 및 인증, 인력 양성, 인프라 구축을 목표로 함.

○ 2020년 생산 20억불, 수출 100억불 달성을 위한 “항공산업 Global 7 도약”의 산업 전략기술 중 하나로 고효율 친환경 추진 시스템 기술 포함

○ 민간 항공기용 엔진의 인증기술을 확보함으로서 우리나라에서 독자적으로 개발하게 되는 왕복엔진 및 터빈엔진의 국내 인증 능력을 확보함.

○ 우리나라가 자체 개발·인증한 국산 민간항공기용 엔진을 KC-100 소형항공기 및 향후 개발되는 Part 25급 항공기에 장착하고 세계 시장에 진입이 가능하도록 함.

○ 이를 위해 우리나라와 미국 간에 체결된 BASA IPA의 범위를 Part 33, 항공 엔진까지로 확대할 수 있도록 하며, 이 과정에서 필수적으로 요구되는 항공기 엔진의 인증 시 요청 및 인증기술능력에 대한 미국 FAA의 기술평가를 차질 없이 수검함.

○ ‘항공기용 엔진 국산화 기반구축 기획’ 과제를 통해 민간 항공기용 엔진 개발을 위한 제작/시험/인증기술 인프라를 선진화/국산화, 항공기용 엔진 수출 기반 확대 추진을 위한 미국과 항공안전협정(BASA) 추진방안 수립

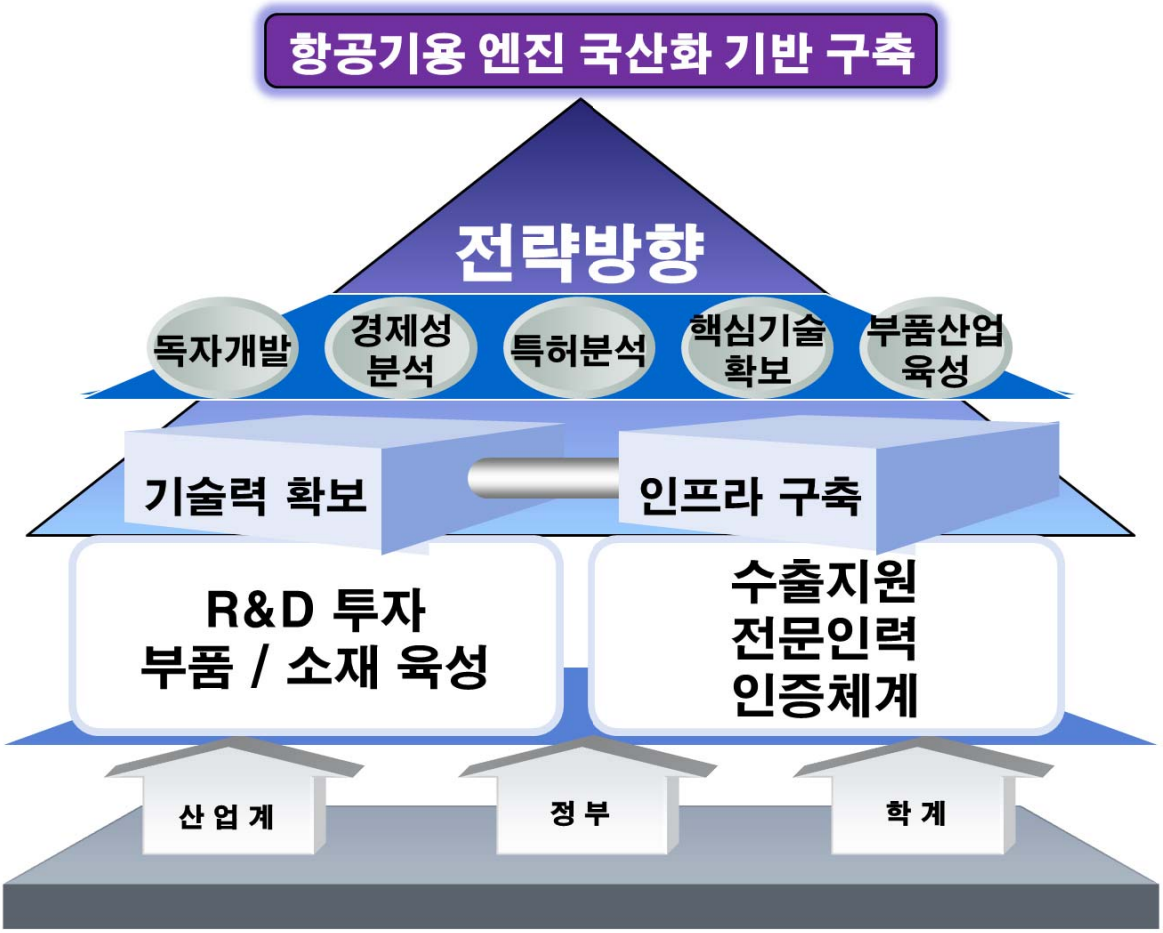
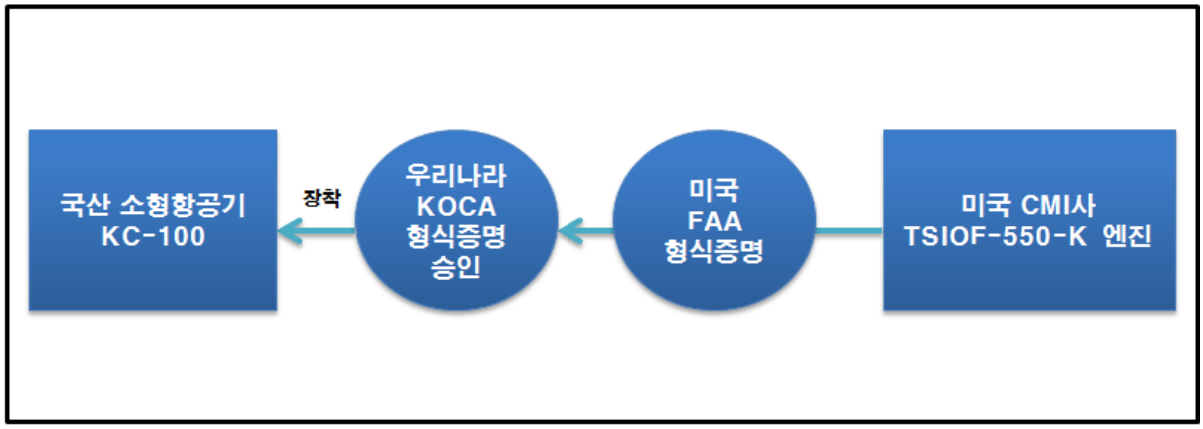


그림 128. 항공기용 엔진 국산화 기반 구축기획의 목표

<현재 항공기 인증현황>



<미래비전>

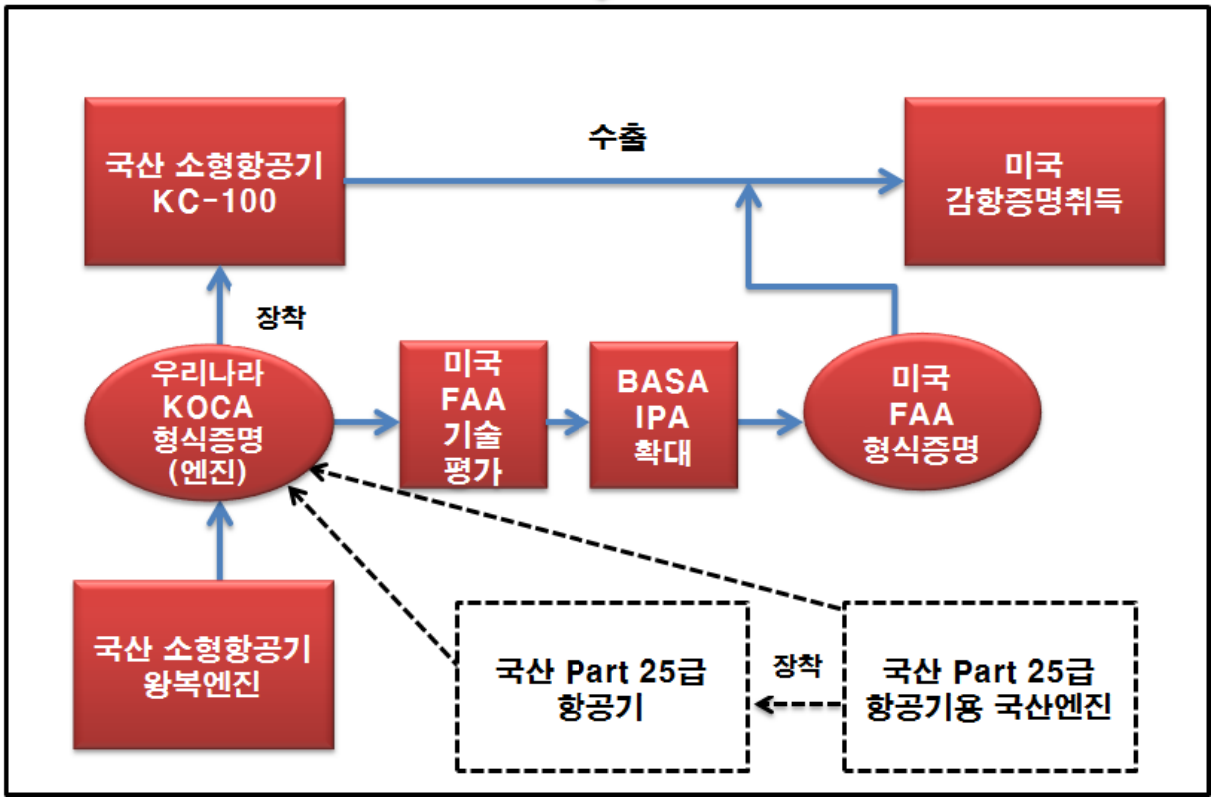


그림 129. 항공기용 인증 현황 및 미래 비전

표 66 기획과제 연구목표와 주요 연구내용

연구목표	주요 연구내용
항공기용 엔진 개발 시장 및 환경 분석	• 국내·외 시장·기술·정책·특허 동향 분석 • 국내·외 기술개발 현황 및 국내 기술 인프라, 기술인력 현황 분석 • 국내·외 기술 수요 및 기술 예측 조사
항공기용 엔진 개발 사업 분석	• 국가 정책적 타당성 검토 • 국내 기술적 타당성 검토 • 국가 경제·사회적 타당성 검토 • 경제·사회·과학·기술적 파급효과 분석
항공기용 엔진 개발 로드맵 제시	• 엔진 기술 개발 로드맵 작성 • 종합 시험 설비 인프라 구축 로드맵 작성 • 전문 인력 양성 로드맵 작성 • 최적 연구추진 체계 제안 • 기존 기술·인프라 활용방안 작성
항공기용 엔진 개발 우선 추진 과제 도출	• 비전 및 기술발전 시나리오 제시 • 세부 목표 및 중점 추진 분야 제시 • 중점 추진 분야 별 후보과제 도출 • 우선 추진 과제 기획보고서 작성
항공기용 엔진 인증 기술 인프라 선진화 전략	• 항공기용 엔진 인증 관련 법규/절차/자료 분석 • 민간 항공기용 엔진에 고유하게 적용하는 미국의 인증 절차 등 분석 • 국내 인증 법규/절차 등에 대한 보완사항
항공기용 엔진 BASA IPA 포함 전략	• BASA IPA에 항공기용 엔진 반영을 위한 기초조사 • BASA IPA 포함을 위한 추진 계획(안) 수립

2절. 핵심기술요소 선정 및 TRL 목표

1. 항공기용 엔진 라이프 사이클

○ 항공기용 엔진의 연구·개발·양산부터 유지 보수, 수리, 정비 등을 포함하는 운영·지원에 이르는 라이프 사이클에 있어서 인프라 구축 및 연구개발의 역할 필요. 항공기용 엔진의 라이프 사이클은 그림 130과 같음.

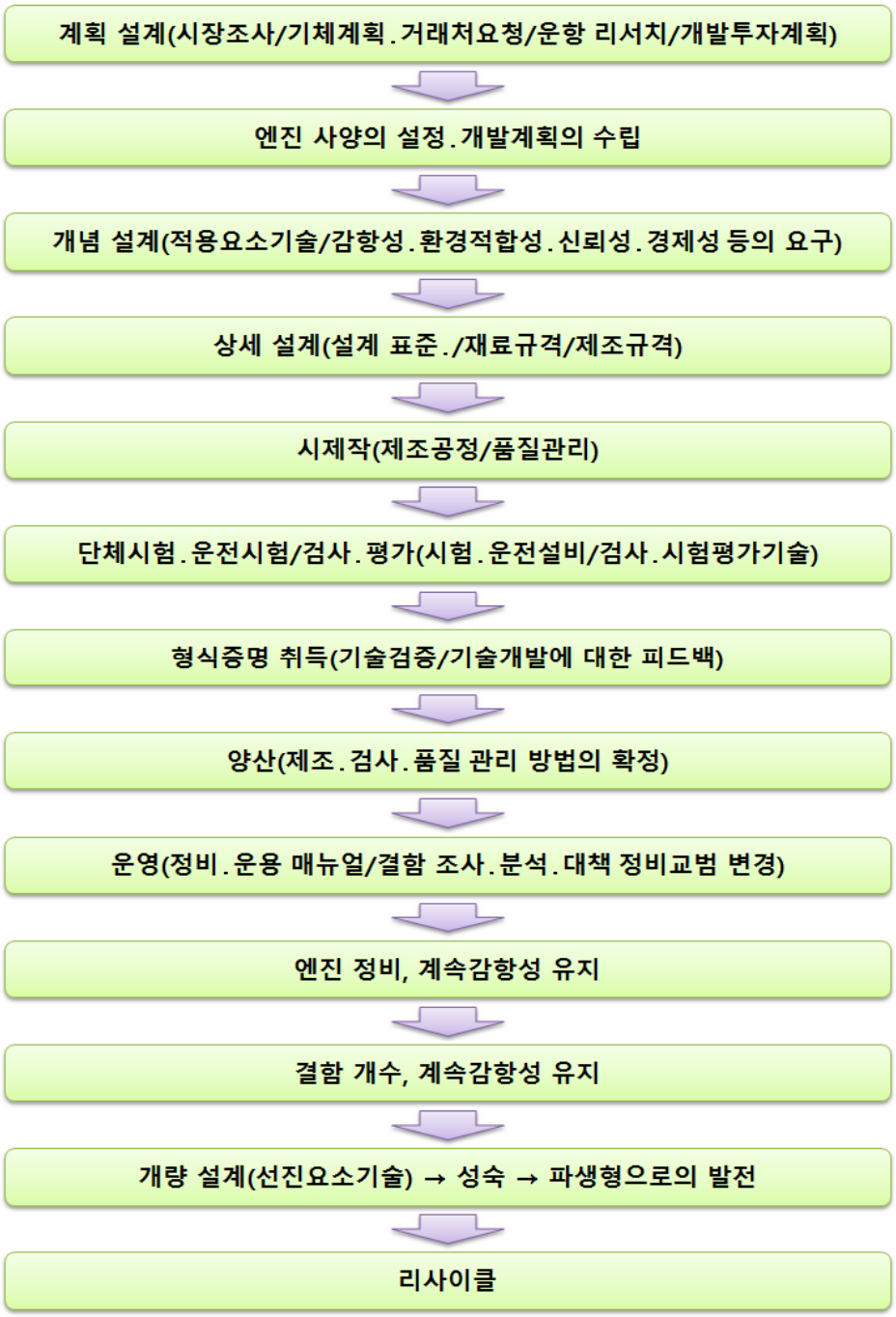


그림 130. 항공기용 엔진의 라이프 사이클

2. 라이프사이클 대비 기술 성숙도(TRL)

○ 그림 131은 항공기용 엔진에 대한 기술 성숙도(TRL, Technical Readiness Level)과 연구개발의 역할 분담의 개념을 나타내고 있음.

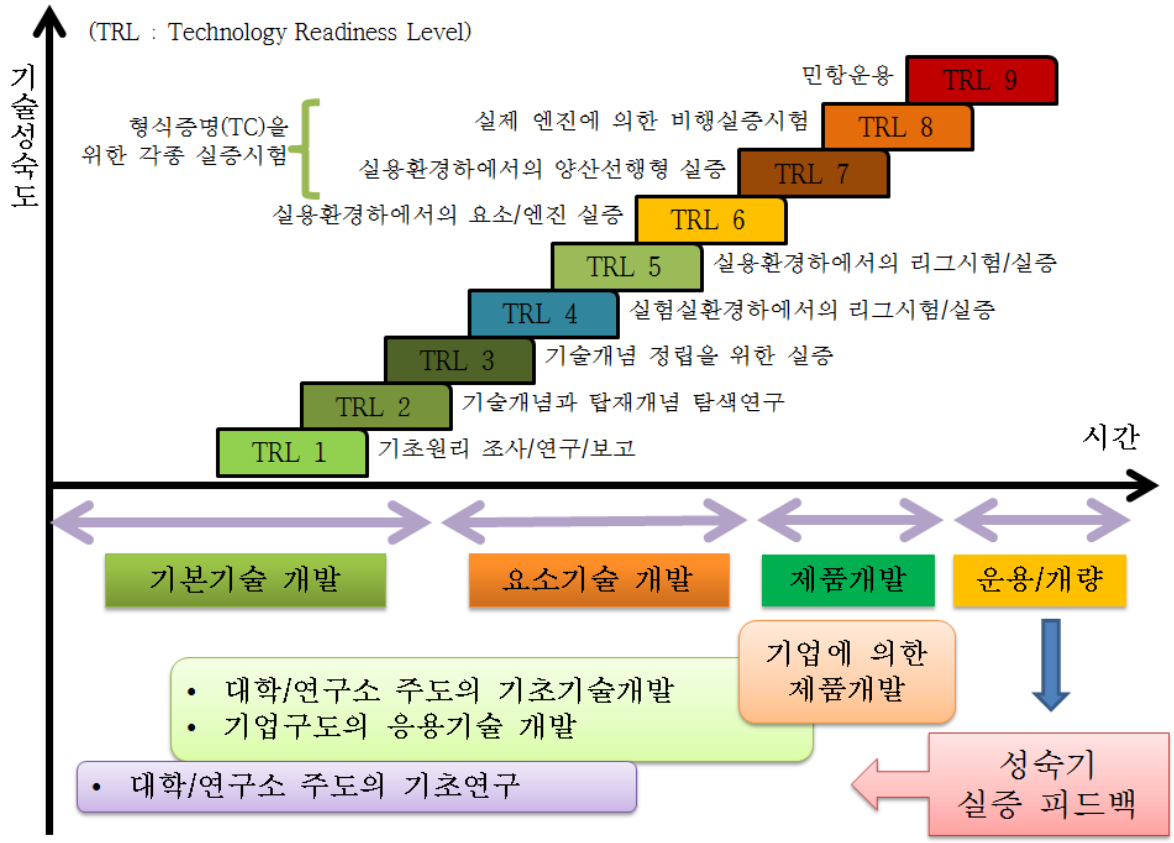


그림 131. 엔진 기술 성숙도 차트

○ 기술 성숙도(TRL =Technology Readiness Level) 차트에서 보면, 기업이 실시하는 엔진 개발 및 제조/운영 및 유지 보수 단계는 모두 TRL 7(프로토타입이 운용환경에서 실증 완료) 내지 TRL 9(실제 엔진이 실용환경 하에서 비행 실증완료)이라는 형식 증명 취득을 목표로 한 높은 수준에 있는 것을 알 수 있음.

- 반대의 견해를 말하자면, 시장의 요구에 따라 3~5년 안으로 양산에 다다를 필요가 있는 제품 개발에 있어서는, TRL 6 이하의 기술 성숙도로는 기체 측이 필요로 하는 엔진을 필요한 타이밍으로 개발 할 수 없다고 말할 수 있음.

- TRL6 이하에서 기업이 집중적으로 리소스를 투입하고 제품개발이 지속적으로 행해져야 하는 상위 단계에서 리소스를 할애하기 어려운 상황이 발생할 수 있음.

- 기술 발전 동향에 대응한 선진 기술을 항상 TRL 6 수준에 지속하고 있지 않으면, 시

장 요구에 대응하고 TRL 7 이상의 제품 개발로도 나아갈 수 없게 됨. 즉, 양산에 이를 만한 엔진의 개발이 불가능한 사태가 발생할 수 있음.

○ 왕복엔진과 달리 터빈엔진에 대한 본과제 수행을 위해서는 터빈엔진 설계구현을 위한 기술성숙도가 최소한 TRL 6 레벨까지 올라와 있어야 3-5년 사이에 터빈엔진 형식인증 본과제가 추진될 수 있을 것으로 보임. 연구개발 단계를 간략화하면 다음과 같음.

- TRL1~2 : 기본 기술 연구
- TRL2~4 : 실현성 실증을 위한 연구
- TRL3~5 : 리그 테스트 등에 의한 기술 개발
- TRL5~6 : 기술 실증 단계
- TRL7~8 : 형식증명/제작증명 단계
- TRL9 : 항공기 운용 및 피드백 (성숙기)

표 67 고효율 친환경 추진시스템 기술수준

핵심기술 후보	중점추진 기술분야	기술수준 (TRL)		기술목표 (TRL)	기술소요 (민/군)	인증관련 검토사항 (국토해양부)
		국내	국외			
고효율 친환경 추진시스템	차세대 다중화 FADEC 기술	4	9	7	겸용	· 인증절차 적용 가능(TC)
	기어박스 연동 시동계통	2	9		겸용	· 인증 가능(PMA)
	고온 고효율 냉각터빈 기술	3	9		겸용	· 인증 가능(PMA)
	항공디젤엔진 고압연료 공급장치 기술	4	9	7	겸용	· 인증 가능(PMA)
	항공디젤엔진 과급시스템 기술	4	9	7	겸용	· 인증 가능(TSOA)
	항공디젤엔진 시스템 설계 기술	5	9	7	겸용	
	항공디젤엔진 제조기술	6	9	7	겸용	
	항공디젤엔진 인증기술	5	9	7		

3절. 연구개발과제 구성

1. 민간 항공기용 엔진 국산화 전략

가. 엔진기종 선택 기준

○ 항공기용 엔진 중에서 피스톤엔진의 경우에는 많은 제작업체가 난립해 있지만 그중 미국의 Lycoming社와 Continental社의 시장점유율이 높고, 제트엔진의 경우에는 GE, Pratt & Whitney, Rolls-Royce 3개 사가 과점시장을 형성하고 있음. 이는 항공기 기체에 비해 엔진 제작이 더 높은 기술적 성숙도와 전문화를 요구하는 증거임.

○ 항공기시장보다도 엔진시장에 진입하기가 더 어렵다는 의미로 받아들일 수 있는데 실제로도 대부분의 항공기 제작업체들이 항공기에 탑재할 엔진을 엔진3사로부터 구매하거나 조인트벤처를 만들어 특정 항공기에 장착할 엔진을 만드는 실정임.

○ 신규로 항공기엔진시장에 진입할 경우 기술성공 가능성은 물론 진입장벽 이나 시장성 등을 고려해서 기종을 선택해야 하며 구체적으로 다음과 같은 기준을 충족시켜야 함.

- 시장잠재력이 큰 기종: 엔진을 개발하는 것은 사업화 성공을 목표로 하는 것이므로 장래 시장상황을 고려하여 잘 팔릴 수 있는 기종을 선택해야 함. 이런 관점에서 국산 항공기에 장착할 엔진을 개발한다면 어느 정도 수요를 확보할 수 있으며 대량생산을 통해 해외수출에도 유리한 환경이 조성될 수 있음.

- 기술개발 성공 가능성이 큰 미래지향적 기종: 항공산업은 다른 업종에 비해 엄청난 투자비가 소요되므로 국내 기술수준, 항공기와 부품의 개발경험, 연관 산업 잠재력, 기술 인력과 숙련공 활용 가능성, 미래 기술선도 부문 등을 종합적으로 판단하여 기술성공 가능성이 큰 엔진기종을 개발해야 함. 또한 파생품의 경우에는 상대적으로 개발비가 적게 드는 것이 보통이므로 파생품에 대한 잠재수요가 큰 기종이 유리함 .

- 진입장벽이 상대적으로 낮은 기종: 항공기와 항공기 엔진시장은 엄청난 투자비를 요구함에도 수요가 충분치 않아 민간기업이 쉽사리 뛰어들기 어려운 전형적인 과점시장임. 따라서 높은 진입장벽을 뚫기 위해서는 정부의 지원과 전략적 기종 선택이 중요한데 우리나라는 기종선택의 실수로 중형기 개발사업에서 두 번이나 좌절을 경험한 바 있음. 진입장벽은 투자규모, 규모의 경제, 비용우위, 제품차별화, 유통채널, 정부규제와 제도적 장벽, 기존사업자의 보복 등에 의해 형성되므로 이러한 장벽을 뚫을 수 있는 기종을 물색해야 함.

- 국민경제에 파급효과가 큰 기종: 항공산업은 고부가가치를 창출하고 고급 기술인력을 고용하는 산업이므로 국민경제에 미치는 파급효과가 크지만 어떤 항공기 기종을 선

택하고 어떤 엔진을 개발하는지에 따라 큰 차이가 날 수 있음. 특히 기술개발에 성공했으나 사업화에 실패한다면 엄청난 낭비를 초래할 수 있으므로 기술적, 경제적으로 성공 가능성이 큰 기종을 선택해야 함. 항공기 핵심부품의 부가가치 창출능력은 25%에 달해 단순제작 10%에 비해 크고 완제기는 국산화 또는 국내 완성도 비율이 높을수록 부가가치 창출능력이 더 커질 수 있으므로 기종의 선택은 더욱 중요함.

- 투자능력과 사업성: 연구개발은 항상 실패의 가능성이 수반되므로 투자능력을 고려하여 기종을 선택하고 동시에 시설투자와 마케팅을 담당할 기업의 능력을 고려해야 함. 우리나라는 정부에서 자금을 지원한다 하더라도 연구개발 수행주체가 일정한 몫을 부담해야 하므로 투자비가 상대적으로 적게 드는 기종부터 단계적으로 개발해 나가는 전략이 필요하며 항공기와 핵심부품은 대략 10년이 지나야 순현금흐름(NPV)이 플러스로 돌아서는 점을 감안하여 개발비의 회수기간을 최소화하고 그 때까지 제작업체가 재정적 부담을 감당할 수 있는 기종선택이 중요함.

나. 피스톤엔진 국산화 전략

○ 우리나라는 한국전쟁이 끝난 직후부터 군에서 피스톤엔진을 장착한 소형항공기를 운용해 왔으며 최근에는 민간부문에서도 다양한 목적으로 소형항공기를 운용하고 있음. 군 정비창에서는 피스톤엔진에 대한 창정비 능력을 갖춘 지 오래이며 자동차업계에서 자체 개발한 가솔린 및 디젤 자동차 엔진은 세계적인 경쟁력을 갖추었음.

○ 세계 피스톤엔진 시장에서 가솔린엔진은 수요가 정체되어 있고 진입장벽도 높으므로 디젤엔진을 개발하여 신규시장을 개척하는 것이 유리하며 국내에서 개발된 KC-100에 탑재할 기종부터 개발하는 것이 수요창출 측면에서 바람직함.

○ 우리나라 기업들의 엔진개발 경험은 기술적 측면에서 디젤엔진 개발능력이 충분함을 보여주는데 자동차엔진을 주로 개발한 기업들이 수요가 불충분한 항공기엔진개발에 뛰어들지는 아직 불확실한 상황임.

표 68 기업별 항공기용 엔진 개발 능력

기업	개발 능력
현대/기아자동차	중대형급 상용 디젤엔진개발능력을 보유하고 있으므로 항공기용 디젤엔진도 개발할 수 있을 것으로 보이나 수요측면에서 사업화 성공 가능성이 불투명하다고 판단함.
두산중공업	대형 가스터빈엔진을 개발하였으므로 항공기용 가스터빈엔진 개발이 가능함.
한국로스트왁스	항공용/선박용 엔진부품을 생산하여 국방부에 납품 중인데 디젤엔진 개발을 위해서는 국내·외 기업과의 기술협력 내지는 공동개발이 필요함.
두산인프라코어	G2산업용 소형 디젤엔진을 개발했으므로 항공기용 공냉식 엔진에 대한 능력과 개발인력을 보유하지 못함. 항공용 왕복엔진 개발을 주도적으로 참여할 순 없지만 개발과정에서 도움을 줄 수 있음.
현대중공업	CUMMINS사와 엔진조립공장 합작사를 대구에 세웠으므로 KAI 인수의사가 있다면 디젤엔진참여 가능성 있음.
퍼스텍	무인기용 180마력 디젤 엔진 장착 연구, 항우연과 FADEC 시스템 개발 연구 등 항공기용 디젤엔진관련 노하우 보유. 국내외 업체와 컨소시엄 형태로 과제 참여 가능
Lycoming (미국)	피스톤엔진의 주요 메이커인 이 회사는 국내 엔진개발사업에 참여할 의사를 표명하였으나 디젤엔진 원천기술을 보유하지 못해 국내업체가 공냉식 엔진블록을 개발해야 함.

○ 진입장벽을 고려한 엔진개발 전략

- 투자규모 관점: 엔진 국산화의 사업화 성공 가능성이 불투명한 상황에서 거대자본 투하를 요하는 엔진개발은 현 단계에서는 기술개발 및 사업화성공 가능성이 크면서도 투자규모가 상대적으로 작은 엔진을 개발하는 것이 유리함. 이런 관점에서 양산화를 기다리고 있는 KC-100급 피스톤엔진은 국내수요가 보장되고 KC-100의 가격경쟁력 향상에도 기여할 수 있다는 점에서 적절한 기종임.
- 규모의 경제 관점: 피스톤항공기의 국내수요만으로는 규모의 경제를 달성할 수 없으므로 해외수출에 유리한 기종을 선택해야 하는데 디젤엔진을 개발하는 경우 기존 시장 잠식이 유리함.

- 비용우위 관점: 가솔린 엔진의 경우에는 품질 및 가격경쟁력 면에서 기존 업체들보다 불리하지만 디젤엔진 분야는 아직 상용화가 본격화되지 않았고 개발기종도 소수에 불과하므로 신규업체가 진입하기 유리한 블루오션으로 간주할 수 있음. 특히 자동차 디젤엔진기술을 활용하는 경우 짧은 시간 내에 경쟁력 있는 항공기용 디젤엔진을 개발할 수 있음.

- 제품차별화 관점: 디젤엔진은 아직 신규개발 단계에 있으므로 개발되는 제품은 기존 제품과 차별화되기 쉽고 소형부터 대형 디젤엔진을 개발한 경험을 토대로 다양한 항공기 등급에 맞는 변형기종을 개발할 수 있음.

- 유통채널의 관점: 유통채널 면에서는 기존 업체들에 불리한 상황이지만 엔진개발에 자동차나 중공업 분야의 대기업이 참여할 수 있다면 이러한 불리를 극복할 수 있음.

- 정부규제와 제도적 장벽: 항공기와 식품, 의약품 등은 각국 정부의 안전규제가 크므로 신규 진입자에게는 부담스러운 관문이 될 수 있음. 항공기의 경우에는 자체 인증기반 확립을 토대로 미국과의 BASA체결 여부가 글로벌시장 진입을 위한 가장 큰 장벽이므로 상대적으로 BASA체결에 유리한 엔진기종의 선택이 바람직하며 이를 위해서는 기술성공가능성이 높아야 함.

- 기존사업자의 반응: 시장이 빠르게 성장하는 시장에서는 상대적으로 기존 업체의 반응이 덜 적대적임. 따라서 시장이 정체된 가솔린엔진의 경우에는 기존사업자들의 방해와 견제가 클 수 있으나 디젤엔진을 개발한다면 기존 업체와의 경쟁을 우려할 필요가 없음.

○ 이상의 진입장벽을 고려한다면 KC-100에 장착할 수 있는 디젤엔진을 개발하되 디젤엔진을 개발한 경험이 있는 국내 대기업의 자문과 참여를 유도하는 것이 바람직할 것임.

2. 항공기용 왕복엔진 개발 개요

가. 개요

○ 소형 항공기용 왕복 엔진 개발을 위한 구성품 및 시제 개발, 시험, 인증 계획을 제시함.

나. 적용규격

(1) RTCA-DO

○ S/W 관련 안전 규정인 DO-178, H/W 관련 안전규정인 DO-254, 환경적합성 기준인 DO-160이 만족될 수 있는 철저한 절차 구축, 설계 및 검증, 인증 작업이 수행

(가) DO-160

○ 항공 장비에 대한 환경 조건 및 항공분야 장비에 대한 테스트 절차, 하드웨어 항목 자격에 대한 기본 환경시험 표준

- 최소 표준 환경시험조건(카테고리)과 항공장비 시험절차의 적용범위를 정의

- 비행 중에 장비가 맞닥뜨리는 대표적인 환경조건에서의 항공장비의 성능 특성을 결정하는 시험 방법을 제공

-이 표준 환경시험조건과 여기에 포함된 절차는 환경조건하에서의 해당 장비의 최소 사양의 표준성능에 대해 사용할 수 있고, 동작되는 동안의 성능에 대한 충분한 신뢰도를 보장

(나) DO-178

○ 항공관련 시스템과 장비 인증 소프트웨어 고려사항, 소프트웨어 개발 보증에 대한 문서

- 코드결함(Fault)이 발생하여 SW가 원하는 기능을 제공하지 못하는 고장(Failure) 상황이 나타나지 않도록 SW 신뢰성 시험평가를 실시하여 코드, 설계, 시험, 데이터, 교범, 조작 등의 오류(Error) 및 결함(Defect)을 제거 하는 S/W 개발 표준

(다) DO-254

○ 항공기 제조 및 항공기 시스템에서 사용 할 수 있는 전자 하드웨어의 설계 수명 주기

와 관련한 표준

- 하드웨어 설계 오류의 가능성이 설계 및 인증 프로세스를 더 일관성 있는 검증 방식으로 해결되어 있는지 확인
- 항공 전자 하드웨어의 기능을 수행하는 것과 개발을 위한 디자인 보증 지침을 제공

(2) FAR 33 (또는 항공기 기술기준 Part 33)

○ 항공기 엔진에 대한 기술상의 기준으로서 항공기 발동기의 형식증명 등을 위한 기준을 규정하고, 항공기 엔진에 대한 증명을 위한 적합성 기준임.

다. 개발방안

(1) 구성품 개발

(가) Basic Engine

① 주요내용

○ Basic 엔진이란 엔진 실린더로 공기와 연료의 공급, 혼합 및 점화를 통해 연소가 이루어지고, 이로 인해 피스톤의 왕복운동이 축을 통해 회전운동으로 바뀌는 엔진을 이루는 가장 핵심적인 장치이며, 엔진본체, Turbocharger, 연료공급장치, Starter, Alternator & Alternator regulator, Sensors and actuator, Gearbox, 오일시스템 등으로 구성

② 형상 및 기능

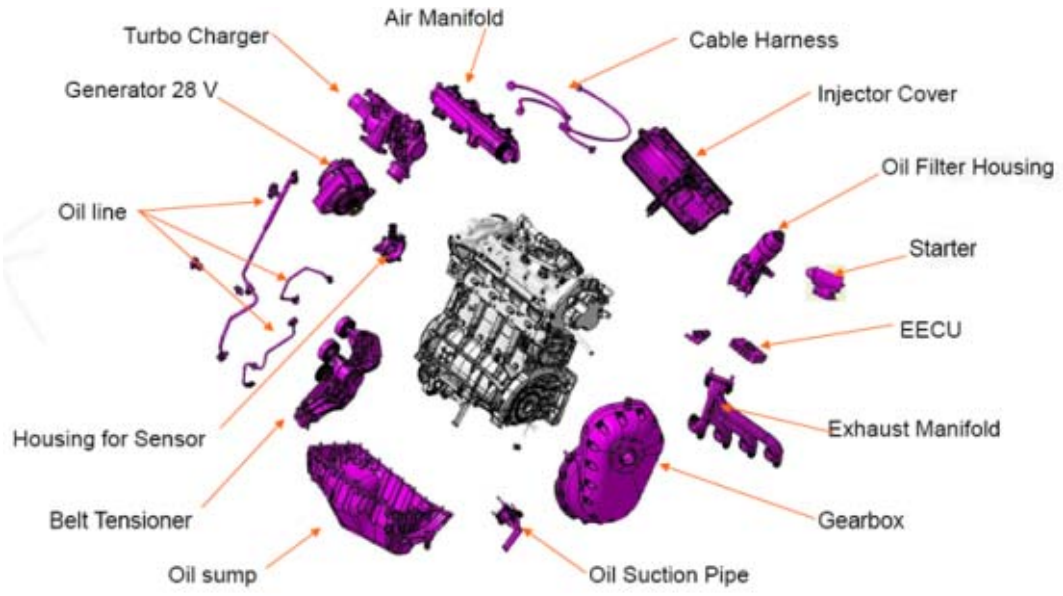


그림 132. 엔진 구성도

표 69 엔진 구성

엔진본체 (Engine Core)	• 동력 발생 부분으로 실린더 헤드, 실린더 블록, 피스톤크랭크축 기구, 밸브 개폐기구 등으로 구성
터보차저	• 배기가스를 이용하여 터빈을 돌려 공기를 압축시켜 엔진이 요구하는 고압의 공기를 공급
연료공급장치	• 고압 연료 저장장치인 Common Rail에 연료를 저장해 일정 압력 이상의 고압에서 연료를 분사하는 방식으로 피스톤 상단부의 연소실로 초고압의 연료를 직접 분사하는 장치
시동기	• 시동 시에는 외부로부터 회전을 시킬 필요가 있으므로 스타터를 사용하고, 모터의 동력 전달은 시동모터와 플라이휠의 결합에 의해서 이루어짐
발전기	• 엔진 동작 시 다른 계통에서 요구하는 전력을 생산하기 위한 장치이며, 엔진 벨트드라이브 또는 감속 기어박스 등에 연결되어 전력을 생산
감속기어박스	• 엔진 크랭크축 기구로부터 발생하는 고회전력을 프로펠러가 필요로 하는 적정 속도로 변환하기 위한 장치
윤활장치	• 움직이는 부품 사이의 마찰을 감소시키고, 크랭크샤프트와 커넥팅로드간의 완충역할, 그리고 오일이 순환하면서 부품의 열을 흡수하여 냉각역할 담당하고 또한 기밀을 형성하여 연소실의 개스 누출을 방지함

③ 개발 프로세스

○ 엔진 확보

○ 엔진 성능분석

○ 구성품 개조가능범위 검토

○ 엔진구매

○ 설계 개조(터보차저, 연료공급장치, 시동기, 발전기, 감속기어박스)

(나) Engine Mount Structure

① 주요내용

○ Engine과 항공기의 구조적인 Interface 역할을 하며, 엔진 자체의 움직임을 고정시키는 역할을 하는 구조물과 엔진에서 발생하는 진동을 상쇄시키는 Damper로 구성 구조물은 최대허용 한계 및 극한하중을 견디게 설계

② 형상 및 기능

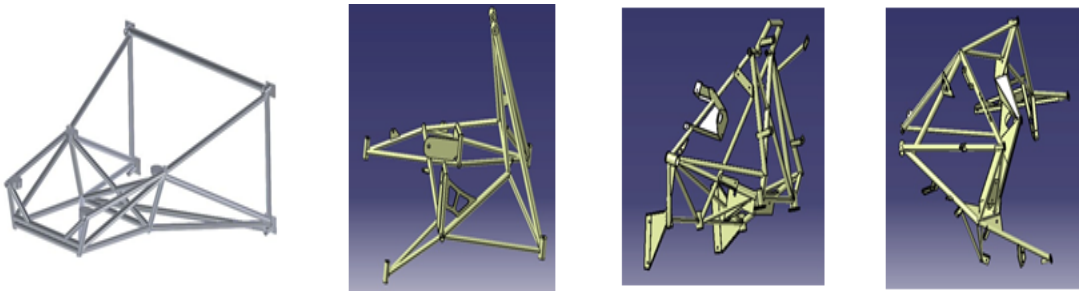


그림 133. 엔진 구조물(예)

표 70 엔진 형상 및 기능

Structure	• 엔진자체의 움직임을 지지할 수 있는 구조를 가지기 위한 적합한 재질과 구조를 가져야 함
Damper	• 엔진에서 발생하는 진동을 구조물이나 기체구조에 전달되지 않게 하기 위한 장치

③ 개발 프로세서

○ 엔진 특성 분석(고유진동수 및 진동특성)

○ 모델링

○ 진동 및 구조해석

○ 최적화

○ 설계 및 제작

(다) Cooling System

① 주요내용

○ 효율적인 냉각이 이뤄지지 않으면 몇 분 만에 엔진이 파손될 수 있으므로, 엔진의 효율적인 작동을 위해 필요한 시스템

○ 냉각 시스템은 라디에이터, 탱크, 워터펌프 및 온도조절장치, 내부 연결 호스 몇 개로 구성되고, 액체 냉각수가 엔진 블록을 돌면서 열을 식히는 순환 시스템

② 형상 및 기능

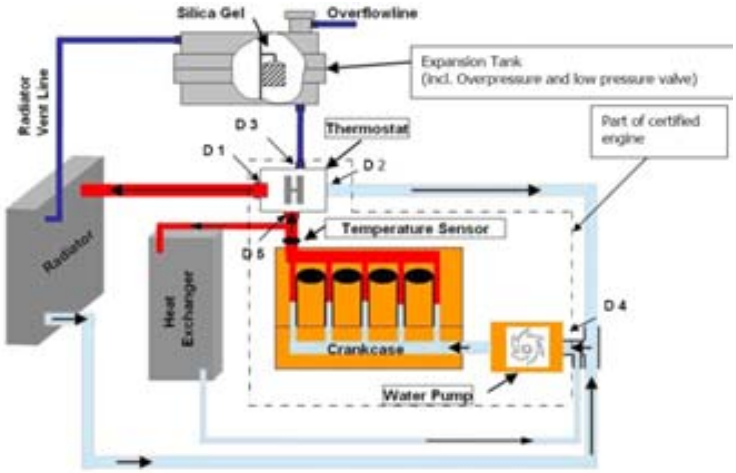


그림 134. Cooling system 구성도

표 71 Cooling System 구성

라디에이터	• 엔진 해더에서 발생하는 열을 외부로 방출하는 장치
워트펌프	• 라디에이터-엔진헤드 간 순환에 필요한 냉각유량을 공급하기 위한 장치
Expansion Tank	• 라디에이터로 유입되는 냉각수 량을 변화하는 조건에 맞추어 조절하기 위해 여분의 냉각수를 저장하는 장치

③ 개발 프로세서

○ 엔진 분석(발열량)
○ 냉각성능 예측(라디에이터 용량 선정)
○ 시스템 설계
○ 구성품 선정

(라) Intake System

① 주요내용

○ 연소를 위한 공기가 엔진으로 유입되는 시스템으로써, 엔진에서 요구하는 필요 유량이 공급되어야 하며 이물질을 제거하기 위한 필터가 장착

○ Turbo charger에서 압축된 공기를 압력손실을 최소화하면서 온도를 떨어뜨리기 위한 인터쿨러가 장착

② 형상 및 기능

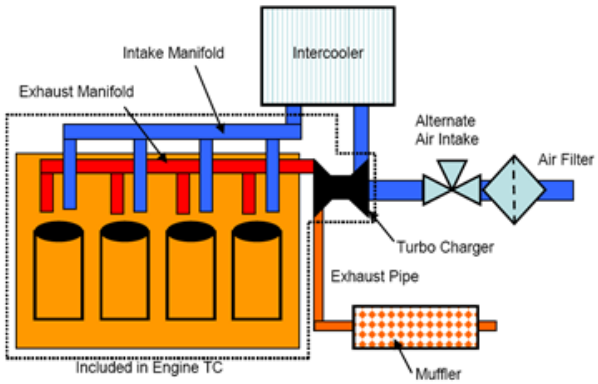


그림 135. Intake system 구성도

표 72 Intake System 구성

공기필터	• 엔진으로 유입되는 이물질을 제거하는 장치로써, 엔진이 요구하는 공기량을 통과시킬 수 있어야 함
인터쿨러	• 터보차저 압축기를 통과한 고온 고압 상태의 공기를 최소의 압력손실을 가지면서 엔진이 요구하는 연소실 입구온도로 맞추기 위한 열교환 장치
흡입 메니폴더	• 인터쿨러를 통과한 공기를 엔진의 각 실린더로 배분하기 위한 장치로써 압력 손실이 최소화 되게 설계되어야 함.

③ 개발 프로세서

○ 엔진 특성 분석(요구 공기량, 터보차저 특성, 연소조건)
○ 냉각성능 예측(인터쿨러 용량 선정)
○ 흡입 메니폴더 설계 조건 선정
○ 시스템 설계
○ 구성품 선정/개발

(마) Exhaust System

① 주요내용

○ 연소된 공기를 엔진의 성능에 영향을 미치지 않으면서 외부로 배출하는 장치로써, 일정 이하의 소음 기준으로 배출되게 하는 장치

② 형상 및 기능

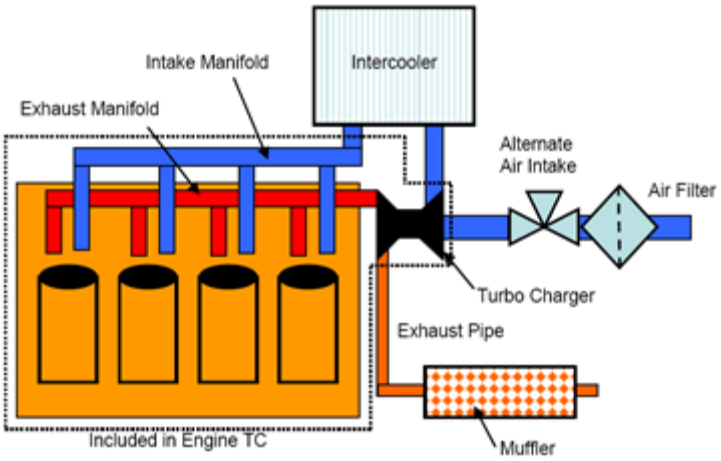


그림 136. Exhaust system 구성도

표 73 Exhaust System 구성

배기 메니폴더	• 각 실린더에서 연소된 공기를 외부로 배출하기 위해 모으는 장치
배기구	• 터보차저 터빈을 통과한 공기를 외부로 배출하는 파이프로써 적절한 배압조건이 형성되어 원활한 배출이 이루어지도록 해야 함
소음기	• 공기 팽창 시 발생하는 소음을 최소화하는 장치로써 요구되어지는 소음 기준을 만족해야 함

③ 개발 프로세서

○ 엔진 특성 분석(배기량, 터보차저 특성, 배기온도)
○ 배기 메니폴더 설계 조건 선정
○ 소음기준 선정
○ 시스템 설계
○ 구성품 선정/개발

(바) ECU

① 주요내용

○ 출력조절기에 따라 운용조건에 맞게 엔진과 프로펠러가 정상적으로 작동할 수 있도록 제어하는 기능과 엔진의 상태를 모니터링 하는 기능을 담당하며, FADEC 기능을 가짐

② 형상 및 기능

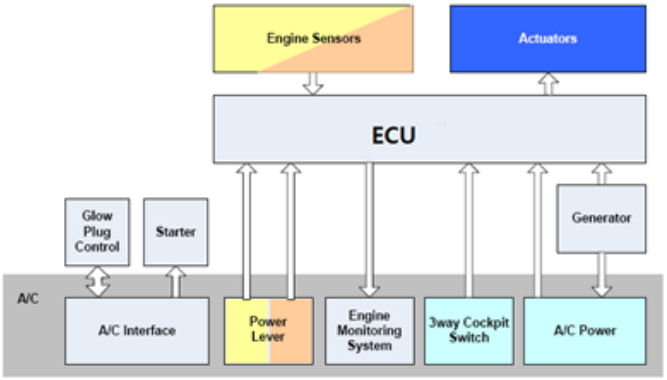


그림 137. ECU 구성도

표 74 ECU 구성

하드웨어	• DO-254 기준을 만족하는 하드웨어 제작
소프트웨어	• DO-178 기준을 만족하는 소프트웨어 개발

③ 개발 프로세서

○ 엔진성능확보

○ 제어시스템 아키텍쳐 설계

○ S/W, H/W 설계

○ 제작

(사) Harness

① 주요내용

○ 엔진 각 구성품 간, 구성품-제어기간, 제어기-항공기 간 전기적인 신호를 수/발신하는 케이블로써 EMI 환경 및 내 환경성을 갖추어야 함

② 형상 및 기능

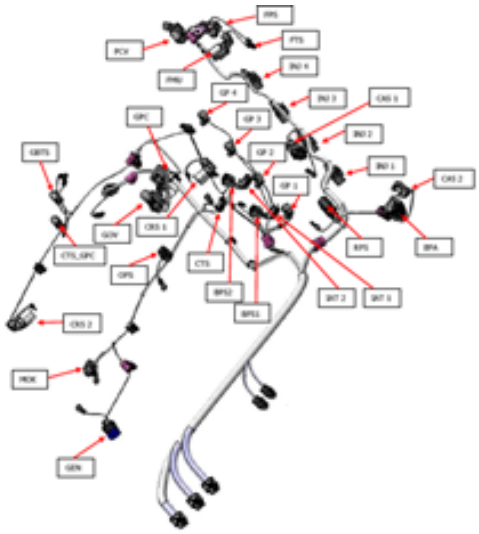


그림 138. Harness 형상

③ 개발 프로세서

○ Interface 조건 검토

○ EMI 대책 검토

○ 내 환경 설계

○ 제작

(2) 해석

(가) 엔진성능해석

○ 성능해석 프로그램을 이용하여 엔진성능특성을 예측하고 개발 초기단계의 소모되는 시간과 비용을 절감하기 위하여 해석적 접근방법을 다양하게 적용하고 있음. 엔진 성능 해석 모델은 향후 실험 및 검증을 거쳐 엔진 개발의 초가단계에서 유용하게 사용됨.

○ 성능 해석을 통하여 엔진의 출력과 토크 및 연료소모량 예측 가능

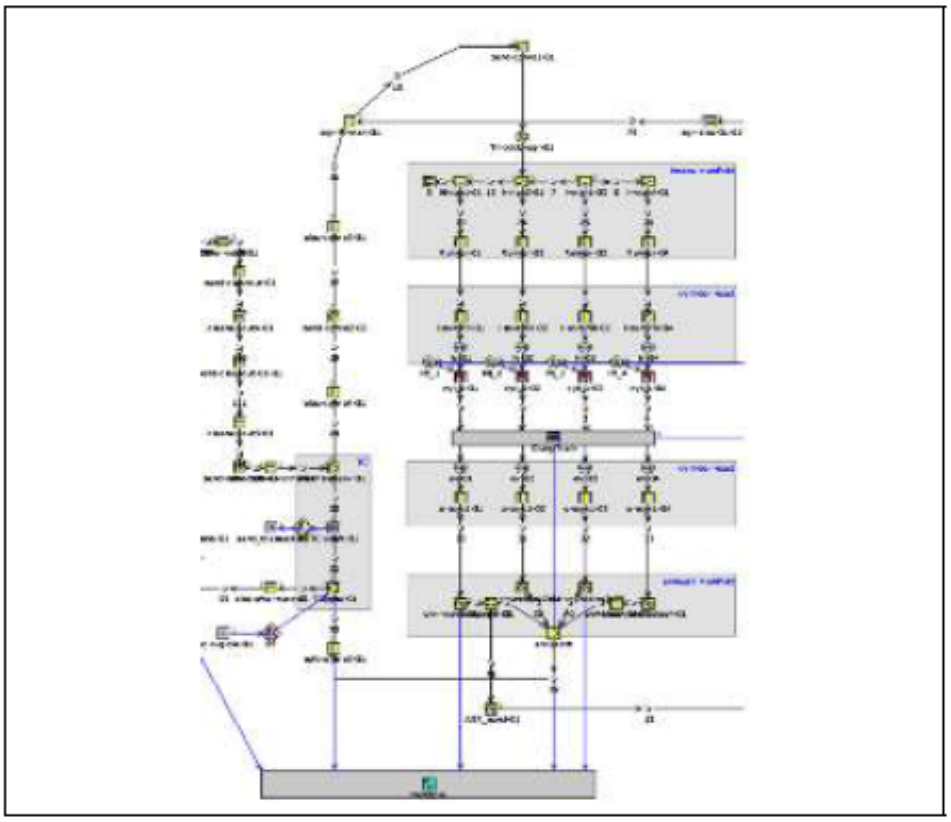


그림 139 성능 해석(예)

(나) 열 및 유동해석

○ 엔진의 부품에 대한 열 해석, 라디에이터/인터쿨러를 통과하는 냉각공기의 유동해석, 엔진의 발열에 대한 엔진베이 내부의 열 해석 수행

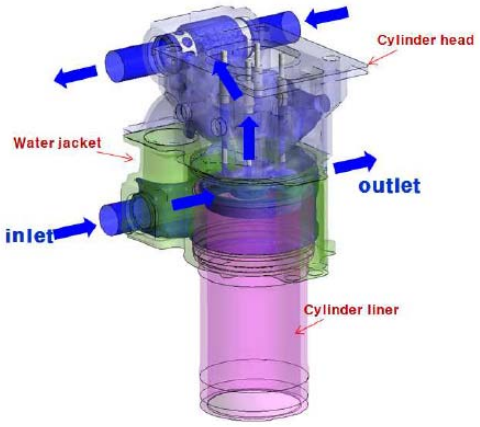


그림 140 열 해석(예)

○ 열전달 해석 과정은 다음과 같은 절차에 따라 수행

1) 연소실 내부 연소과정의 열부하 수준 결정
 - 연소실 내부 싸이클 평균 열전달 계수 및 싸이클 평균 온도 산출
2) 주요 연소실 부품의 영역에서의 열전달 계수 및 온도의 분포를 결정
3) 열전달 해석 수행

○ 정상상태 열전달 해석을 위한 경계조건 영역 유형은 크게 3 가지로 분류 가능

1) 연소가스 및 배기가스와의 직접적인 접촉영역
2) 연소가스, 배기가스 접촉을 제외한 모든 대류에 의한 열전달 영역
3) 냉각수와 접촉하는 영역 및 금속 간 접촉영역

○ 열 및 유동 해석을 통하여 각 부분의 온도 분포, 공기의 유동 분포, 속도 분포 예측 가능

(다) 구조 및 진동해석

○ 엔진의 변형분포와 응력을 설계 단계에서부터 예측하여 구조적 결함 및 신뢰성을 검토하기 위해 구조 및 진동 해석 수행

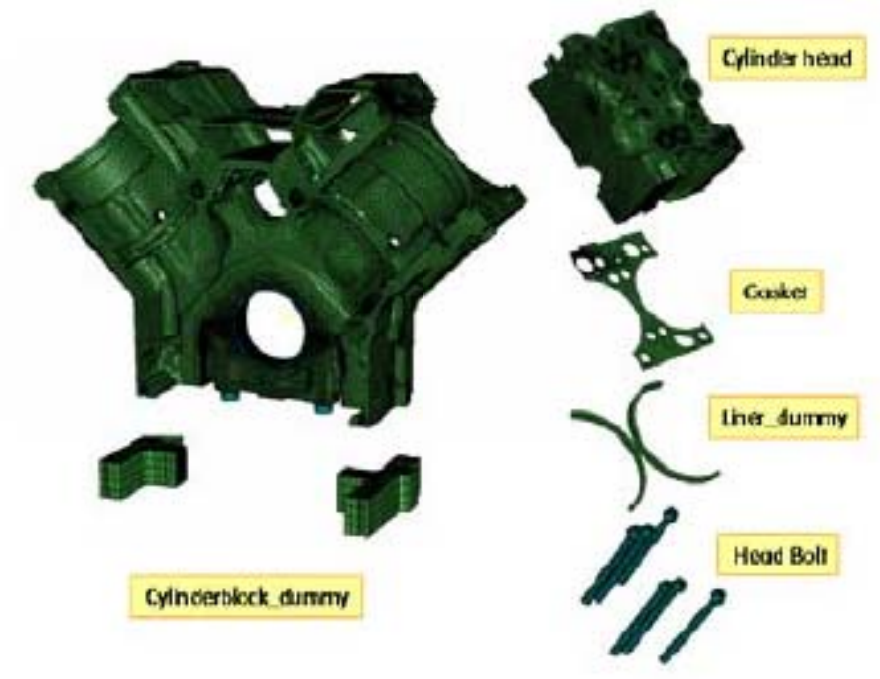


그림 141 구조 해석(예)

○ 구조 및 진동 해석을 수행하여 각 부분의 열응력 분포 및 열 피로도를 파악하고, 엔진의 구조특성 진동 특성을 파악하여 내구평가 및 피로 안전도를 분석

(3) 시험평가

(가) 구성품 기본성능시험

○ 구성품들이 예상되는 모든 정상 비행 및 대기조건에서 신뢰성 있게 제 기능을 발휘할 수 있음을 시험을 통해 입증

- Basic 엔진 : 엔진 업체로부터 제공받은 Data 활용
- Cooling System : 냉매량, 냉매 입출구 온도 및 압력, 냉각공기량, 냉각공기 입출구 온도 및 압력
- Intake System : 흡입 공기량, 인터쿨러 입출구 공기 온도 및 압력, 흡입 메니폴더 온도 및 압력, 냉각공기량, 냉각공기 입출구 온도 및 압력
- Exhaust System : 배기 공기량, 배기 메니폴더 온도 및 압력
- ECU : 신호 입출력 상태, FADEC 기능 구현

(나) 엔진 성능시험

- 엔진 성능은 엔진의 동력 성능, 연비 등을 기본으로 정상 및 과도 상태, 그 위에 여러 가지 대기 조건에 따라 수행되어짐
- 시험은 주로 표준 환경 하에서 행해지거나, 그렇지 않으면 특수 환경 조건을 만들 수 있는 실험실에서, 엔진 동력계를 사용하여 정상 상태에서 수행됨.
- 측정 방법에 측정 항목들(축 토크, 기관 회전 속도, 연료 소비량, 흡기 온도, 냉각액 온도, 윤활유 온도, 대기압, 연료 비중량)과 디젤엔진의 경우 배기 매연 농도를 측정
- 엔진의 회전 속도와 축 출력, 축 토크 및 연료 소비율의 관계 나타냄

(다) 엔진 내구성시험

- 항공기 기술기준 Part 33의 33.49절 기준으로 수행
- 엔진은 총 150시간의 내구성 시험을 받아야 하며, 엔진의 형식과 예측된 사용에 따라 세부 규격이 구분
- 내구성 시험 중 엔진 출력과 크랭크축 회전 속도는 정격치의 ±3% 이내 이어야 하고, 정격이륙출력과 정격최대 연속출력에서 최소 35시간 동안에, 하나의 실린더는 한계온도 이상에서 운용해야 하며, 나머지 실린더는 한계온도 이하 50°F 이상 온도에서 운용해야 하고 오일 입구온도는 한계온도의 ±10°F 이내에서 유지되어야 함

(라) 소음시험

○ 배기소음 시험은 정지가동(아이들링) 상태에서 자동차를 엔진 최고 출력 대비 회전속도를 변화시켜 가면서 배출되는 소음 크기의 최대값을 측정

○ 다만 엔진 회전속도계를 사용하지 않고 배기음을 측정하는 경우 정지가동 상태에서 엔진 최고회전속도로 배기소음을 측정

○ 이때 소음측정 기준에 근거한 측정지점과 측정환경을 유지

(마) 환경시험

○ EECU의 환경시험은 DO-160 기준에 의한 평가를 수행

- Temperature and Altitude, Temperature Vibration, Humidity, Operational Shocks and Crash Safety, Vibration

(바) 고도시험

○ 고공환경 엔진시험은 모사된 고도 및 비행속도 환경에서의 엔진 성능을 측정하기 위함

○ 위험도가 높은 개발 엔진의 비행 성능시험에 선행하여 실제 비행환경을 모사한 고도, 속도 환경에서 정확한 엔진의 성능 값 도출을 위해 다양한 압력 및 온도, 공기유량, 연료유량 및 작용력 등을 측정

○ 이러한 측정값들을 운동량 방정식 등에 적용하여 순 추력 및 비연료소모율을 계산

(사) EMI 적합성시험

표 75 EMI 적합성시험 항목

항 목	내 용	비고
MAGNETIC EFFECT	자기영향 확인시험	RTCA DO-160
POWER INPUT	Category B : 전원 입력에 대한 정상동작 검증 시험	RTCA DO-160
VOLTAGE SPIKE	Category A : 장비가 전원입력선에 나타나는 전압스파크의 영향을 견딜 수 있는지 여부 결정	RTCA DO-160
AUDIO FREQUENCY CONDUCTED SUSCEPTIBILITY	CategoryB : 장비가 전원입력선에 나타나는 전압스파크의 영향을 견딜 수 있는지 여부 결정	RTCA DO-160
RADIO FREQUENCY SUSCEPTIBILITY (RADIATED)	Category Y : 시료 및 시료와 관련된 케이블의 전기장 내성능력 검증	RTCA DO-160
EMISSION OF RADIO FREQUENCY ENERGY (CONDUCTED)	Category L : 장비가 한계치 레벨을 초과하여 원하지 않는 무선 주파수 잡음을 전력선 및 신호선을 통해 방사하는지 확인	RTCA DO-160
EMISSION OF RADIO FREQUENCY ENERGY (RADIATED)	CategoryL : 시료 및 시료와 관련된 케이블로부터의 전기장 방출이 규정된 한계치를 초과하지 않음을 검증	RTCA DO-160
LIGHTNINGINDUCEDTRANSIENTSUSCEPTIBILITY	Level 4	RTCA DO-160

(아) 엔진 틸트시험

○ 엔진 개발 시 엔진이 필요로 하는 연료 공급을 위한 연료시스템과 엔진의 윤활 특성 확보는 중요한 요소
○ 연료공급 시스템과 윤활과 관련된 부품들이 주변으로부터 받게 되는 여러 환경조건(온도, 하중, 회전 또는 미끄럼 속도 등)에서 원활한 연료 공급과 윤활이 이루어지게 설계되어져야 함.
○ 이는 각종 성능시험을 통해서 설계의 타당성을 검증하고 보완하는 과정 수행
○ 하지만, 엔진이 항공기에 탑재되어 급가속, 급제동 및 급선회 등의 조건에서 운전될 때는 정지된 상태에서 Dynamometer를 통해 운전될 때와는 전혀 다른 거동을 보이게 되며, 이러한 문제점은 Tilting Test를 통해 보완되어야 함.

(자) 낙뢰시험

○ 항공기 부품에 대한 인증 기준은 RTCA DO-160D(section 22)를 적용

○ 항공기 및 시스템에 대한 낙뢰 간접영향에 대한 인증 시험은 크게 항공기에 대한 시험과 부품에 대한 시험으로 나눌 수 있다. 여기서 항공기시험은 항공기 전기체에 대한 낙뢰 간접영향 시험으로서 최근 발행된 SAE ARP 5416, Aircraft Lightning Test methods(2005. 3.)에 의한 절차가 이용되고 있으며 이는 항공기에 실제 낙뢰 파형을 가격하여 그 영향도를 판정하는 것으로서 실지 낙뢰 최고전류치(200㎄)의 1/200(1000A) 또는 1/67로 감소시킨 크기로 적용하고 있으며 이는 대개 낙뢰 직접영향 시험으로 분류

○ 이에 대해 낙뢰 간접영향 시험이라 불리우는 낙뢰 전자유도 감응성 시험은 운항중인 항공기가 낙뢰를 맞을 경우 낙뢰 전류의 전자유도 현상으로 항공기 내부회로에 전압 또는 전류가 유기될 때의 적응성을 부품단위에서 평가하는 것으로서 항공기 부품이 되는 TSO부품 등에 실지 낙뢰 파형을 모사한 전자유도 파형(파형 1, 2, 3, 4, 5)을 적용하여 규정된 요건대로 정상적으로 작동하는 가를 확인하는 것이다. 시험 기법은 크게 두 가지 그룹으로 나눌 수 있다. 첫째는 장비의 손상 내성을 확인하는 것으로서 낙뢰 과도현상을 직접 커넥터의 pin에 부가하여 시험하는 핀주입 (pin injection) 기법과 둘째는 장비 및 연결 배선에 낙뢰 유도 현상이 적용될 때 부품의 기능장애를 확인하는 케이블 번들 시험(cable bundle tests)이 있으며 이상과 같은 시험은 낙뢰의 적용 현상에 따라 단일 타격 (SS : Single Stroke), 다중 타격(MS : Multiple Stroke) 및 다중 파열 (MB :Multiple Burst) 등 세 가지 형태의 파형 적용 기법으로 부여

라. 인증방안

(1) RTCA-DO 문서

○ 엔진에 장착되는 전자제품 개발 시 RTCA-DO 기준으로 모든 개발 프로세서가 이루어지며, 또한 각 규격별 요구하는 문서 생성

○ 개발기간 중 주관적인 판단 오류를 수정할 수 있도록 각 단계별 DER 활용을 통한 문서 검증 수행

(2) 형식인증

○ FAR 33 기준 (또는 항공기술기준 Part 33) 기준으로 해당 요구조건을 충족시킴을 입증할 수 있도록 개발을 진행

○ 개발단계에서 한국항공우주연구원 인증센터를 통한 형식증명이 이루어 질 수 있도록 추진체계를 갖추도록 하고, 이를 위해 감항성 유지 지침서, 엔진 장착 및 운용교범, 엔진 정격 및 작동 제한사항, 엔진 출력 및 추력 정격 선정이 이루어 질 수 있도록 자료 준비

마. 협력방안

(1) 국내

○ 개발 및 양산 기간에 원활한 엔진 공급이 이루어 질 수 있도록 국내 상용 엔진 제작사와의 협력 구도를 제시한다.

○ 엔진 공급, 엔진 성능데이터 제공, 엔진 개조 허용 등

○ 국내 엔진 개조 전문업체를 활용한 상용엔진 개조 및 항공용에 적합한 성능 향상

○ 국내 대학 자원 활용 : 적용규격 검토, 성능해석용 tool 개발, 유동 및 열해석, 구조 및 진동해석 수행

○ 국내 기술을 통한 주요 부품 개발 : 터보차저, 라디에이터, 인터쿨러, 시동기, 발전기, 기어박스, 메니폴더, 소음기

○ 구성품 및 엔진 성능시험 리그 구성을 통한 자체 시험 수행

○ 한국항공우주연구원의 고도설비를 활용한 고도시험 수행

○ 한국항공우주연구원 인증센터를 통한 형식증명 절차 준비

(2) 국외

○ 엔진개발 전문 Consulting 업체를 활용한 항공용 엔진 개발 및 기술획득

○ 자동차용 엔진을 항공용으로 개조하는 기술 획득

○ 연료공급장치 개발

○ 엔진 틸팅시험

○ DER을 통한 RTCA DO 관련문서 검증

바. 엔진 개발 기간

○ 항공기용 디젤 엔진 개발 기간 5 ~ 7년 소요

- 국제공동개발 시 총 개발 기간은 4.5 ~ 5년 소요 예상.

- 국내 업체 단독 개발 시 총 개발 기간은 7년 소요 예상.

사. 엔진 개발 예산

○ 백지상태에서 디젤엔진 개발을 시작한다고 가정하였을 경우, 개발 금액 예측 불가.

○ 두산인프라코어처럼 기본적인 개발 인프라가 구축되어 있을 경우, 엔진 실용화까지 통상적으로 400억 ~ 500억 원이 소요됨.

○ 항공기용 엔진은 지상용 엔진보다 개발 어려움이 더 클 것으로 예상되어 비용이 증가할 수 있지만, 지상용 엔진 시제품보다 시제품 제작 대수를 줄여서 개발 가능하다면 총 개발비는 큰 변동이 없을 것으로 예상됨.

- 지상용 엔진의 시제품은 50대 정도 제작되고 있음.

3. 항공기용 엔진 인증 분야의 연구개발과제 구성

가. 항공기용 왕복엔진 인증기술 개발 사전 연구 및 인증기술 확보를 통한 시범사업 인증

○ 항공기용 엔진에 대한 적합성 요구조건은 항공기 기술기준 Part 33에서 규정하고 있음. 왕복엔진의 적합성 검토에 적용되는 주요 요건은 다음에서 제시하는 바와 같음.

표 76 왕복엔진 인증 요구조건

구 분	주요 요구조건
Subpart A 일반사항	§ 33.1 적용범위 § 33.3 일반사항 § 33.4 감항성유지 지침서 § 33.5 엔진장착 및 운용 지침 매뉴얼 § 33.7 엔진 정격 및 운용한계 § 33.8 엔진 정격 선정
Subpart B 설계 및 구성 -일반	§ 33.11 적용범위 § 33.14 시동/정지 주기응력(저주기 피로) § 33.15 재료 § 33.17 화재방지 § 33.19 내구성 § 33.21 엔진 냉각 § 33.23 엔진 마운팅 체결장치와 구조 § 33.25 보기장치 체결기구 § 33.27 터빈, 압축기, 팬, 터보과급기 로터 § 33.28 전기 및 전자식 엔진제어시스템 § 33.29 계기 연결기구
Subpart C 설계 및 구조 -왕복엔진	§ 33.31 적용범위 § 33.33 진동요건 § 33.35 연료시스템 및 흡입시스템 § 33.37 점화시스템 § 33.39 윤활시스템
Subpart D 블록시험 -왕복엔진	§ 33.41 적용범위 § 33.42 일반사항 § 33.43 진동시험 § 33.45 교정시험 § 33.47 디토네이션 시험 § 33.49 내구성 시험 § 33.51 운용시험 § 33.53 엔진 구성품 시험 § 33.55 완전분해검사 § 33.57 블록시험

○ 연구단계별 업무

표 77 왕복엔진 인증 연구단계별 업무

사전연구 (1년)	인증신청 전 준비 및 인증단계 (3년)	인증관리 및 BASA IPA 확대추진단계 (1년)
• Part 33/34 인증 세부절차 연구 및 왕복엔진 인증 관련 훈령/고시/지침서/안내서 개발 건의 • 적용 인증기준에 따른 핵심인증기술 분석(평가 요소, 방법 등) • 왕복엔진 인증계획서(CP) 검토 • 과제수행계획서(CPP) 작성 • 인증팀 구성 • 인증인력 양성 • BASA IPA 확대 준비 - FAA 사전 협의 및 확대 의향서(Letter of Intention) - FAA 가용일정/기술평가 인력계획 확인 - 비용부담약정 추진	• 설계/품질체계 점검 • 인증시스템 적용/개선 • 과제세부인증계획서 (PSCP) 제정 및 개정 관리 • 인증기준 수립 • 주요사안검토서 (Issue Paper) 개발 및 관리 • 형식설계 적합성확인 및 합치성 검사 - 도면 및 규격서 등 승인 - 합치성 검사 수행 - 시험입회 확인 - 시험계획서/결과서 승인 - 엔진교범 평가/승인 • 개발자 엔진시험 및 인증 엔진시험 수행 - 시험계획서 승인, 시험 - 입회확인, 시험결과확인 - 시험결과서 작성 • 형식증명위원회 수행 • 형식검사승인서(TIA) • 계속감항성체계 검토/승인 • FAA 기술평가/진도관리 • 비용부담약정 • 인증인력 양성 • 제작증명 예비평가/본평가	• 형식증명서(TC) • 인증시스템 적용/개선 • 인증관리 활동 - 설계변경 관리 - 감항성개선(AD) 관리 • 계속감항성(ICA) 체계운영 • 엔진 교범 관리 - 엔진 운용 결과 반영 • BASA IPA 확대 협상 및 체결 • 제작증명 평가 및 증명서 • 항공기 장착을 위한 후속 인증계획(ATC 또는 STC)

* 디젤 왕복엔진으로 개발한는 경우 해당 설계특성을 고려한 인증기준의 수립, 적용이 필요함

○ 과제 기간
- 사전연구 : 1년
- 본연구 : 4년 (신청전 준비 0.5년, 인증 2.5년, 인증 후 BASA IPA 확대 1년)

○ 과제 비용
- 인건비 : 3,035백만원
- 직접비 : 1,586백만원 (BASA 기술평가비 800백만원 포함)
- 간접비 : 379백만원
: Part 23급 기술평가에 약 24억이 소요되었음. 항공기에서 엔진이 차지하는 기술범위 및 가격 범위를 고려하는 경우, 소형항공기 기술평가 비용의 약 1/3 정도가 될 것으로 예상됨.

○ 전문분야별 인증인력 소요

표 78 전문분야별 인증인력 소요

구분	소요인력	담당분야
인증관리 및 계속감항	2	• 인증제도 및 절차의 정비/운영/보완 • BASA IPA 협상 및 체결 추진 • FAA 기술평가 관리 및 협의 • 형식증명위원회 및 진도관리회의 수행 • 인증과제 관리 - 과제세부인증계획서(PSCP) 관리 - 주요사안검토서 발행/적합성판단 및 잠재적 현안관리 • 형식설계 변경 관리
		• 장착/운용교범 • 계속감항성 지침서
구조	2	• 구조 설계/시험/해석 평가 - 구조 강건성 평가 - 손상허용 평가 - 진동 평가 - 내구성 평가 - 재료특성 평가
세부 계통	2	• 세부계통 설계/시험/해석 평가 - 화재보호 평가 - 연료시스템 평가 - 오일시스템 평가 - 흡입/배기 시스템 평가 - 엔진 추력 성능 평가

구분	소요인력	담당분야
		- 엔진 냉각 성능 평가
	1	• 안전성분석 및 평가
전기전자	2	• 전기전자 설계/시험/해석 평가 - 전기전자 제어시스템 - 낙뢰/HIRF 보호 평가 - RTCA DO-178/254/160 적용
품질	2	• 품질시스템 및 제조공정 검사 • 합치성검사 • 제작증명 평가
계	11	

나. 항공기용 터빈엔진 인증기술 개발 사전 연구 및 인증기술 확보를 통한 시범 사업 인증

○ 항공기용 터빈엔진에 대한 적합성 요구조건은 항공기 기술기준 Part 33과 Part 34 배기가스 기준이 적용되고 있음. 터빈엔진의 적합성 검토에 적용되는 주요 요건은 다음에서 제시하는 바와 같음.

표 79 터빈엔진 인증 요구조건

구 분	주요 요구조건
Part 33 Subpart A 일반사항	§ 33.1 적용범위 § 33.3 일반사항 § 33.4 감항성유지 지침서 § 33.5 엔진장착 및 운용 지침 매뉴얼 § 33.7 엔진 정격 및 운용한계 § 33.8 엔진 정격 선정
Part 33 Subpart B 설계 및 구성 - 일반	§ 33.11 적용범위 § 33.14 시동/정지 주기응력(저주기 피로) § 33.15 재료 § 33.17 화재방지 § 33.19 내구성 § 33.21 엔진 냉각 § 33.23 엔진 마운팅 체결장치와 구조 § 33.25 보기장치 체결기구 § 33.27 터빈, 압축기, 팬, 터보과급기 로터

구 분	주요 요구조건
	§ 33.28 전기 및 전자식 엔진제어시스템 § 33.29 계기 연결기구
Part 33 Subpart E 설계 및 구조 - 터빈엔진	§ 33.61 적용범위 § 33.62 응력해석 § 33.63 진동 § 33.65 써지 및 실속 특성 § 33.66 블리드공기시스템 § 33.67 연료시스템 § 33.68 흡입시스템 결빙 § 33.69 점화시스템 § 33.71 윤활시스템 § 33.72 유압작동시스템 § 33.73 출력 또는 추력 응답 § 33.74 정지후 연속회전 § 33.75 안전성해석 § 33.76 조류 흡입 § 33.77 외부 물체 흡입 - 얼음 § 33.78 강우 및 우박 흡입 § 33.79 연료연소식 추력증강장치
Part 33 Subpart F 블록시험 - 터빈엔진	§ 33.81 적용범위 § 33.82 일반사항 § 33.83 진동시험 § 33.85 교정시험 § 33.87 내구성시험 § 33.88 엔진과열시험 § 33.89 작동시험 § 33.90 초기 정비검사 § 33.91 엔진 구성품 시험 § 33.92 로터 잠김 시험 § 33.93 분해검사 § 33.94 블레이드 내포 및 로터 불균형 시험 § 33.95 엔진-프로펠러 시스템 시험 § 33.96 보조동력장치 모드에서 엔진 시험 § 33.97 역추력장치 § 33.99 블록시험 일반사항

구 분	주요 요구조건
Part 34	§ 34.3 연료 및 매연과 가스배출의 적합성 증명 절차 § 34.23 고의적의 연료방출의 예방 § 34.33 매연 규제수준 § 34.35 가스배출물 규제 수준 § 34.43 측정방법(기준압축비) § 34.53 매연의 측정 § 34.55 매연지수의 산출 § 34.68 시험절차(가스배출물)

○ 연구단계별 업무

표 80 연구 단계별 인증 업무

사전연구 (2년)	인증신청 전 준비 및 인증단계 (5년)	인증관리 및 BASA IPA 확대추진단계 (1년)
• Part 33/34 인증 세부절차 연구 및 터빈엔진 인증 관련 훈령/고시/지침서/안내서 개발 건의 • 적용 인증기준에 따른 핵심 인증기술 분석(평가 요소, 방법 등) • 터빈엔진 인증계획서(CP) 검토 • 과제수행계획서(CPP) 작성 • 인증팀 구성 • 인증인력 양성 • BASA IPA 확대 준비 - FAA 사전 협의 및 확대 의향서(Letter of Intention) - FAA 가용일정/기술평가 인력 계획 확인 - 비용부담약정 추진	• 설계/품질체계 점검 • 인증시스템 적용/개선 • 과제세부인증계획서(PSCP) 제정 및 개정 관리 • 인증기준 수립 • 주요사안검토서(Issue Paper) 개발 및 관리 • 형식설계 적합성확인 및 합치성검사 - 도면 및 규격서 등 승인 - 합치성 검사 수행 - 시험입회 확인 - 시험계획서/결과서 승인 - 엔진교범 평가/승인 • 개발자 엔진시험 및 인증 엔진 시험 수행 - 시험계획서 승인, 시험 - 입회확인, 시험결과확인 - 시험결과서 작성 • 형식증명위원회 수행 • 형식검사승인서(TIA) • 계속감항성체계 검토/승인	• 형식증명서(TC) • 인증시스템 적용/개선 • 인증관리 활동 - 설계변경 관리 - 감항성개선(AD) 관리 • 계속감항성(ICA) 체계운영 • 엔진 교범 관리 - 엔진 운용 결과 반영 • BASA IPA 확대 협상 및 체결 • 제작증명 평가 및 증명서 • 항공기 장착을 위한 후속 인증계획(ATC 또는 STC)

	• FAA 기술평가/진도관리 • 비용부담약정 • 인증인력 양성 • 제작증명 예비평가/본평가	

* 터빈엔진으로 개발하는 경우 해당 설계특성을 고려한 인증기준의 수립, 적용이 필요함

○ 과제 기간
- 사전연구 : 2년
- 본연구 : 6년 (신청전 준비 1년, 인증 5년, 인증 후 BASA IPA 확대 1년)

○ 과제 비용
- 인건비 : 17,610백만원
- 직접비 : 19,430백만원 (BASA 기술평가비 60억원 포함)
- 간접비 : 2,960백만원

: Part 23급 기술평가에 약 24억이 소요되었음. 항공기에서 터빈엔진이 차지하는 기술범위 및 가격 범위를 고려하는 경우, 소형항공기 기술평가 비용의 약 2.5배 정도가 될 것으로 예상됨.

○ 전문분야별 인증인력 소요

표 81 인증 인력 소요 내역

구분	소요인력	담당분야
인증관리 및 계속감항	6	• 인증제도 및 절차의 정비/운영/보완 • BASA IPA 협상 및 체결 추진 • FAA 기술평가 관리 및 협의 • 형식증명위원회 및 진도관리회의 수행 • 인증과제 관리 - 과제세부인증계획서(PSCP) 관리 - 주요사안검토서 발행/적합성판단 및 잠재적 현안관리 • 형식설계 변경 관리
		• 장착/운용교범 • 계속감항성 지침서
구조	6	• 구조 설계/시험/해석 평가 - 구조 강건성 평가 - 손상허용 평가 - 진동 평가 - 내구성 평가

구분	소요인력	담당분야
		- 재료특성 평가
세부 계통	6	• 세부계통 설계/시험/해석 평가 - 화재보호 평가 - 연료시스템 평가 - 오일시스템 평가 - 흡입/배기 시스템 평가 - 엔진 추력 성능 평가 - 엔진 냉각 성능 평가
	2	• 안전성분석 및 평가
전기전자	5	• 전기전자 설계/시험/해석 평가 - 전기전자 제어시스템 - 낙뢰/HIRF 보호 평가 - RTCA DO-178/254/160 적용
품질	5	• 품질시스템 및 제조공정 검사 • 합치성검사 • 제작증명 평가
계	30	

4절. (세부과제별) 주요 내용 및 추진전략

1. 소형 항공기용 디젤 엔진 개발

가. 연구개발 목표

○ 소형 항공기용 디젤 엔진의 설계 기술개발

- 항공기용 디젤엔진 설계 프로세스 구축
- 항공기용 디젤엔진의 설계 기술에 대한 데이터베이스 구축
- 항공기용 디젤엔진의 시험평가 기술 구축

○ 개발엔진의 형식증명 획득

나. 연구개발 필요성 및 정부지원의 필요성

○ 항공기용 엔진시스템은 항공기 총 원가의 25~30%로, 항공전자시스템에 이어 두 번째로 큰 비중을 가지지만 수입에 의존하고 있기 때문에 국내 개발 항공기의 원가 상승에 큰 원인으로 지목됨.

○ 항공기용 엔진은 안정성, 신뢰성이 중요시되므로 규제가 많아 대규모 투자가 불가피하지만 민간 기업이 적극적으로 투자하기 곤란함.

○ 최근 유가 급등과 환경적 문제로 인해 항공기용 가솔린 엔진은 디젤 엔진으로 대체 경향 강화

- 디젤 엔진은 가솔린 엔진에 비해 엔진효율이 높고, 유지보수가 용이하며, 최대출력과 탑재중량, 순항속도와 순항거리가 증가함

- 디젤 연료는 가솔린 연료에 비해 가격이 저렴하고, CO2 배출량이 적음

다. 연구개발 주요 내용

○ 국내 최초의 독자 개발 소형 항공기 KC-100에 장착된 TSIOF-550K와 동급의 디젤 엔진 개발

- 6-cylinder piston aircraft engine
- Turbocharged & FADEC models
- 최대출력: 315HP (수출을 위한 파생형 엔진은 최대 550HP)

- 임계고도: 18,000ft
- 중량: 500-600lbs (수입품인 TSIOF-550-K는 565.5lbs)

○ 소형 항공기용 디젤 엔진의 설계 기술 구축

○ 소형 항공기용 디젤 엔진 기술의 DB 기반 구축

○ 소형 항공기용 디젤 엔진의 시험 평가 시설 및 운용기술 구축

라. 최종성과물

○ 항공기용 디젤엔진 및 주요 구성품 설계 도면

○ 항공기용 디젤엔진 시제품

○ 항공기용 디젤엔진 설계 DB 체계

○ 항공기용 디젤엔진 설계 프로세스 매뉴얼 및 코드

○ 엔진 성능해석용 Tool, 해석분석 자료

○ RTCA DO 기준 프로세서 및 관련 산출문서

○ 형식증명서

표 82 항공용 디젤엔진 개발 사업의 성능목표수준

항목	성능목표수준
Max-take-off power	350hp
Max. operational altitude	35,000ft
Fuel	Jet A1 or equivalent JP-8
Certification	항공기 기술기준 Part33 또는 FAR 33
Weight	500 ~ 600 lbs

마. 엔진 개발 전략 및 시나리오

○ 시제품 제작비, 인건비 절감 등을 통해, 총 개발비 400억 원도 가능할 것임.

○ 엔진 본체는 상용 자동차용 엔진을 활용하여 항공용으로 개조.

○ 엔진 시스템에서 핵심 부품인 Common Rail Direct Fuel Injection같은 연료 분사 장치는 개발 초기 단계에서 Bosh나 델파이와 같은 부품업체에 개발 요구 사항을 알려주고 협의하여서 제품 개발을 진행해야 함.

- 기존 상용 연료 시스템 사용 불가.

- 엔진 원가의 약 20%를 Bosh社나 델파이社와 같은 연료 제어 시스템업체에 지급 필요.

○ 엔진 블록 헤드와 엔진 블록의 재질은 같은 것을 사용해야 함. 서로 다른 재질을 사용할 경우 열팽창 계수가 달라서 연료나 윤활유의 누설 문제가 발생할 수 있음.

○ 엔진 해석 프로그램은 엔진 전용 해석 프로그램을 사용하는 것을 권장함. 일반 해석 프로그램으로도 개발 가능하지만 개발 기간을 단축시키려면 전문 해석 프로그램이 필요함.

○ 엔진 상세 설계 단계의 Simulation은 위탁 연구 개발 업체의 참여를 통한 인건비 저감 필요

○ 민간 항공기용 엔진 국산화 기반구축사업 중에서 소형 피스톤엔진 국산화 사업은 KC-100 항공기에 장착할 디젤엔진을 개발하는 사업으로서 개발계획은 다음과 같음. (표83)[90][91]

90) 한양대, 민간항공기용 엔진국산화 기반구축기획 검토보고서, 2013
91) 두산인프라코어/KAI/한국로스트왁스/한양대, 항공기용 디젤엔진개발 관련 회의자료, 2013. 5. 10

표 83 항공기용 왕복 엔진 개발 계획

<table>
<tr><th>구 분</th><th>내용</th></tr>
<tr><td>사업개요</td><td>• 개발목표: 소형 항공기용 왕복 엔진 개발
• 개발기간: 5년
• 개발방식:
- 국내 단독개발 원칙
- 계획기간 내에 국내개발이 어려운 애로기술의 경우 해외로부터 기술도입 병행 추진(Aeronava, Austro 등 미국/이탈리아/프랑스/독일/오스트리아 등 항공용 디젤엔진 개발업체)
- 연료분사장치는 해외 위탁개발
• 총 사업비: 400억 원
• 본 개발 착수시기: 2014년</td></tr>
<tr><td>엔진사양</td><td>• KC-100엔진 TSIOF-550-K과 동급
• 6-cylinder piston aircraft engine
• Turbocharged & EECU(또는 FADEC) models
• 최대출력: 315HP (수출을 위한 파생형 엔진은 최대 550HP)
• 임계고도: 18,000ft
• 중량: 500-600lbs (수입품인 TSIOF-550-K는 565.5lbs)</td></tr>
<tr><td>개발비의 조달 및 집행계획</td><td>• 개발비 총액: 390억 원
• 개발비의 조달
(단위: 억 원, %)<table><tr><th colspan="2">정부출연</th><th colspan="2">민간부담</th><th colspan="2">합 계</th></tr><tr><td>금 액</td><td>비 율</td><td>금 액</td><td>비 율</td><td>금 액</td><td>비 율</td></tr><tr><td>290</td><td>74.4</td><td>100</td><td>25.6</td><td>390</td><td>100.0</td></tr></table>• 부문별 집행계획
- 초기 컨셉 디자인 단계: 30%
- 상세설계단계: 20%
- 시제품제작 및 시험평가 단계: 50%</td></tr>
<tr><td>개발전략</td><td>• 개발방식: 국내 단독개발을 원칙으로 하되 개발기간 단축을 위해 애로기술의 도입 또는 해외 위탁개발방식 병행 추진
• 핵심부품인 Common Rail Direct Fuel Injection(연료분사장치)는 개발 초기단계에서 연료제어시스템 업체인 Bosh 또는 델파이에 개발을 위탁
- 엔진 원가의 약 20%를 Bosh 또는 델파이에 지급하는 방안
• 업계의 기술검토 결과
- 엔진블록헤드와 엔진블록의 재질은 동일 재질 사용
- 개발기간을 단축하기 위해 엔진 전용 해석 프로그램 사용
- 엔진 상세설계단계의 시뮬레이션에 위탁연구개발업체 참여</td></tr>
</table>

○ 항공기용 왕복엔진 개발 연구 프로세스(1-5차년)

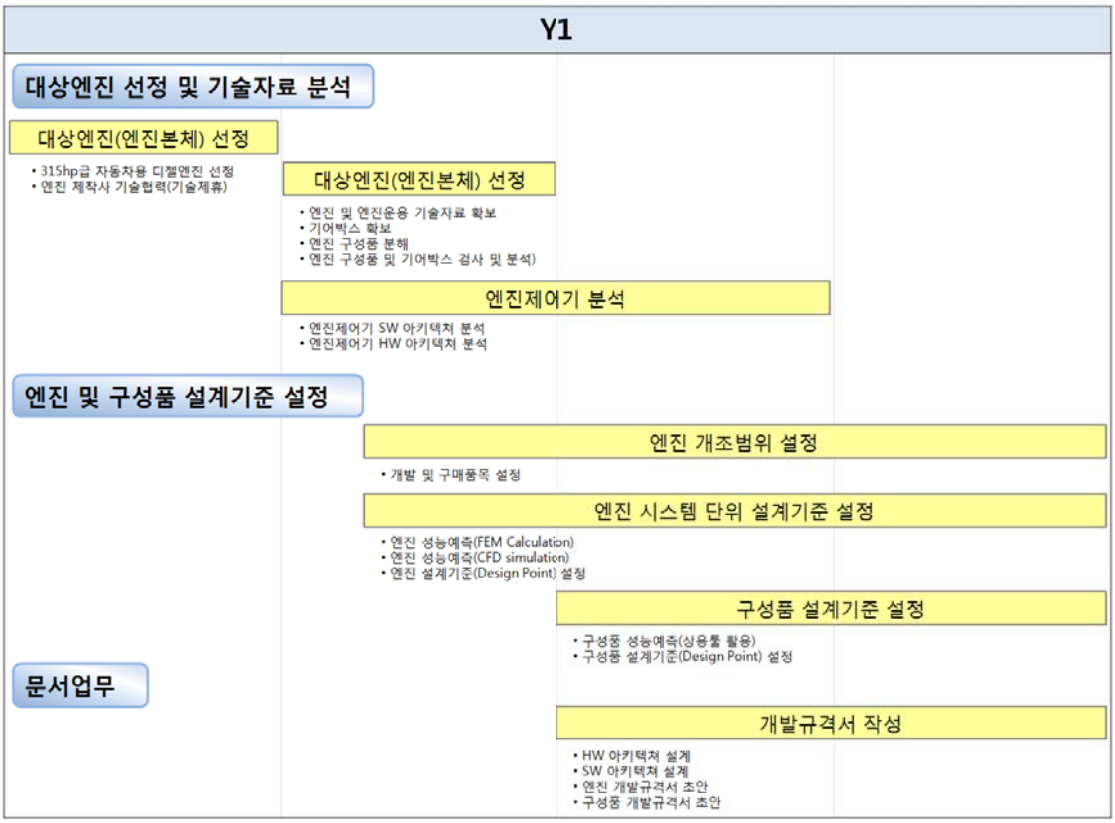


그림 142 항공기용 왕복엔진 개발 연구 프로세스(1차년)

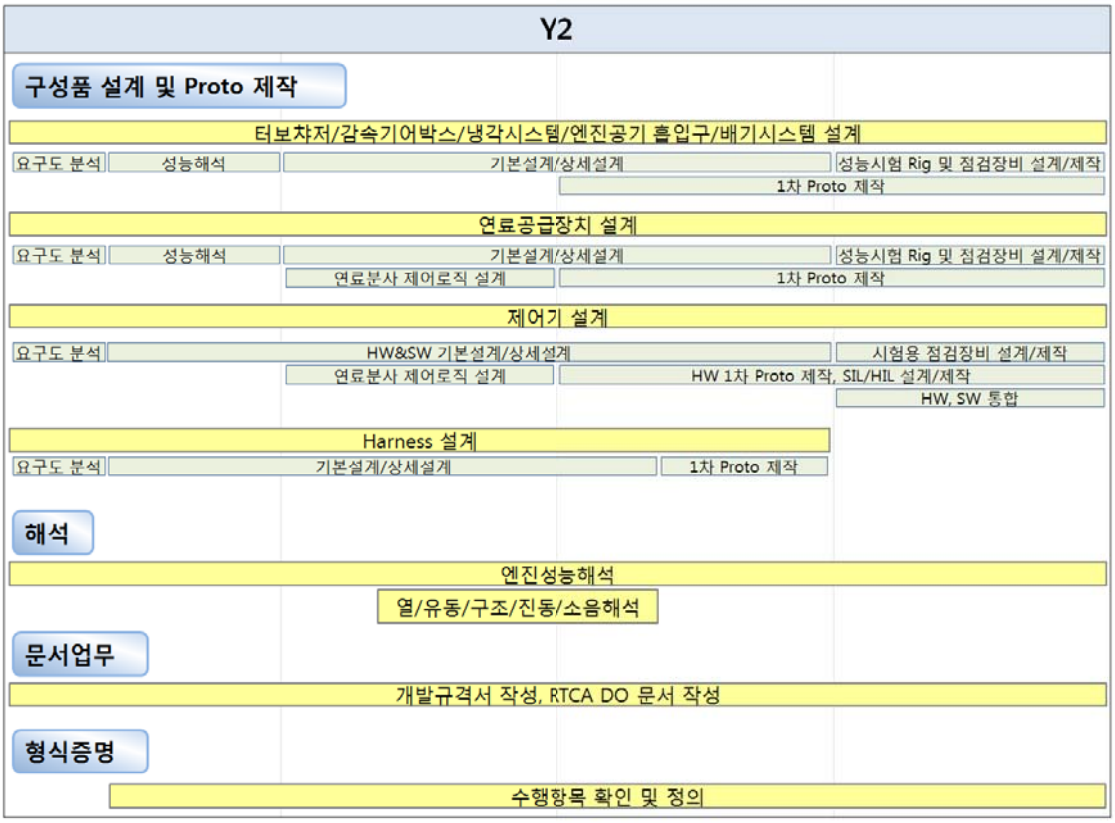


그림 143 항공기용 왕복엔진 개발 연구 프로세스(2차년)

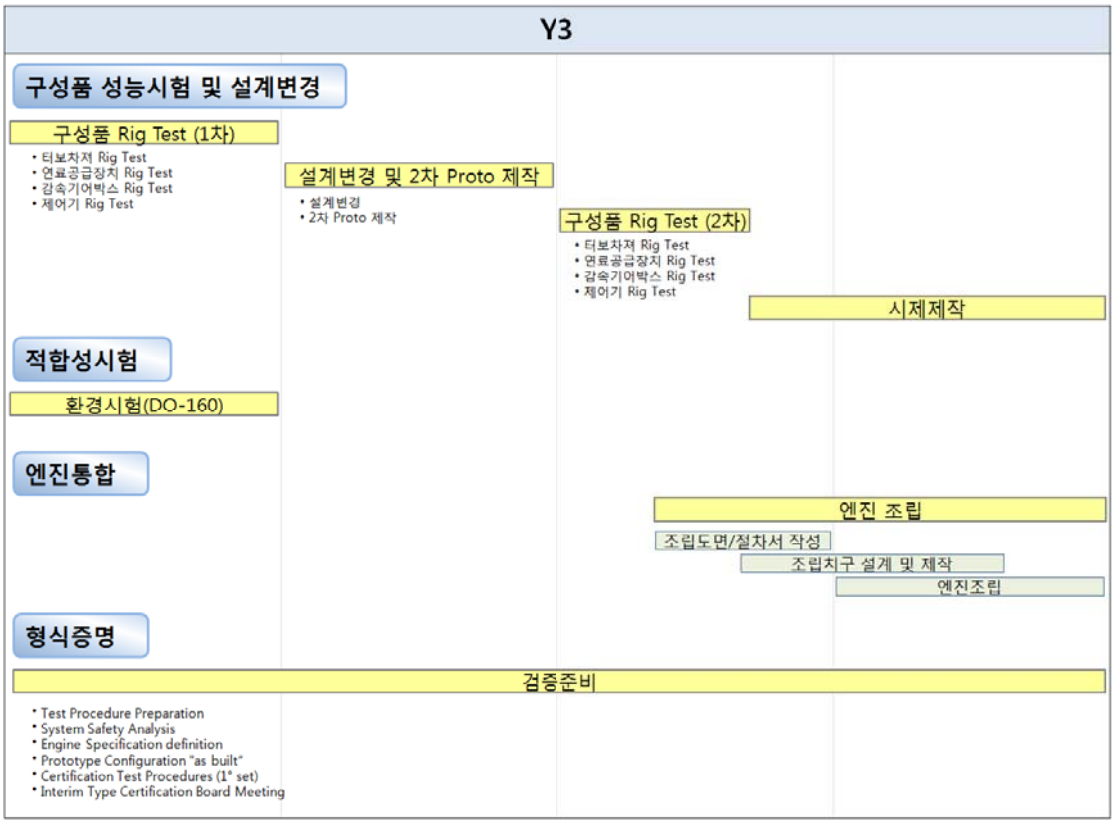


그림 144 항공기용 왕복엔진 개발 연구 프로세스(3차년)

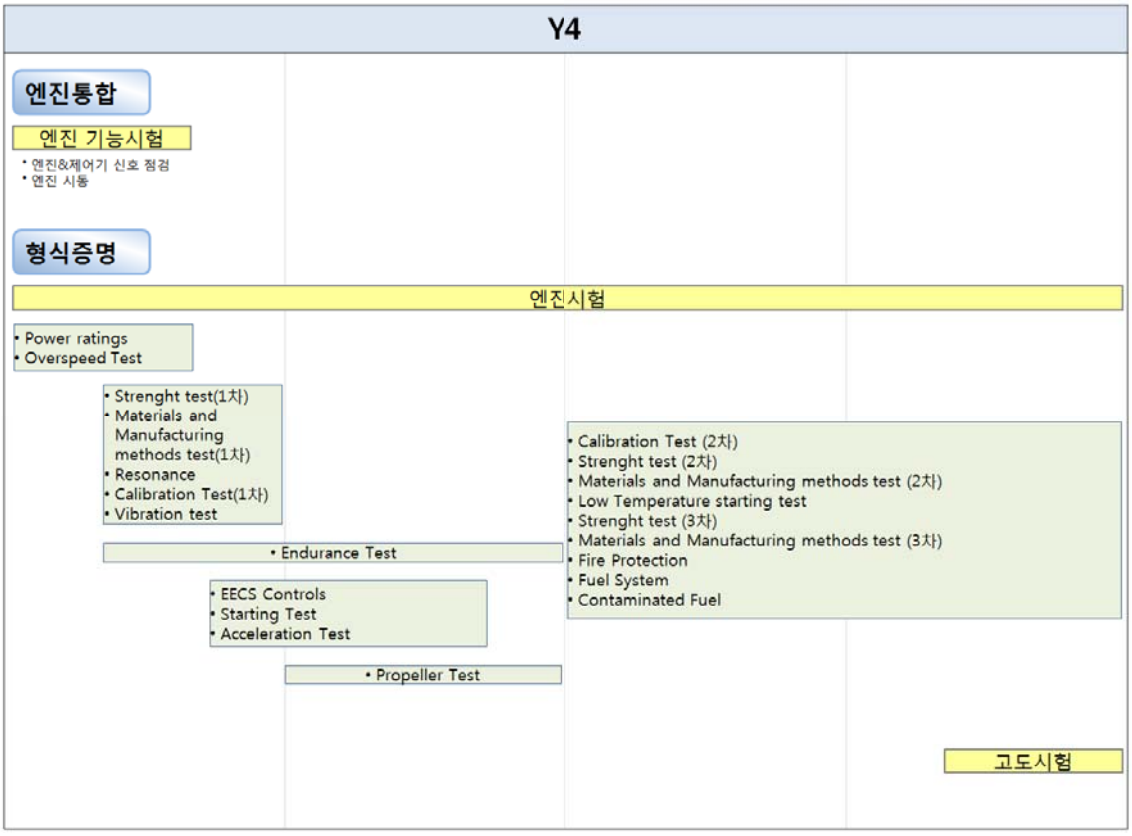


그림 145 항공기용 왕복엔진 개발 연구 프로세스(4차년)

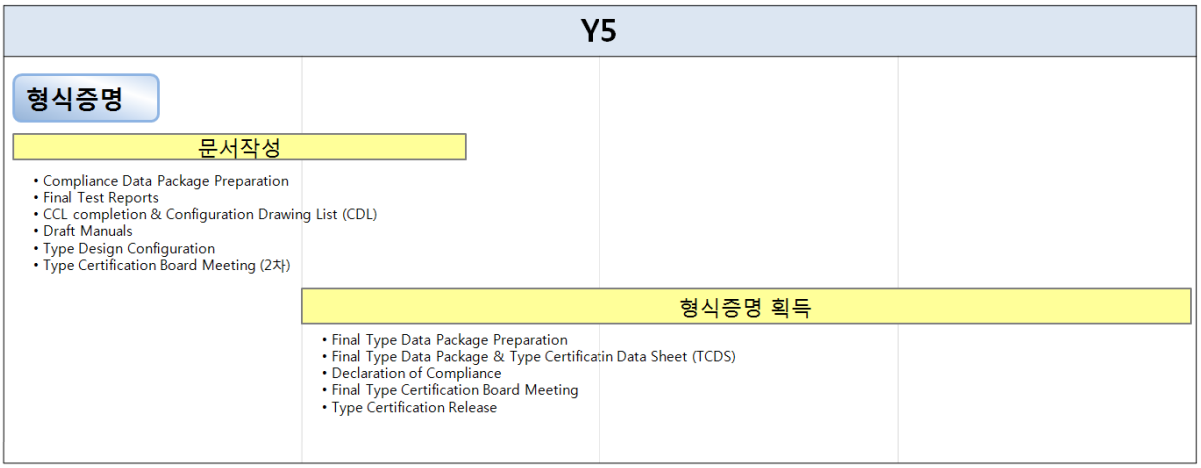


그림 146. 항공기용 왕복엔진 개발 연구 프로세스(5차년)

바. 항공기용 왕복엔진 개발 연구 추진 일정

○ 엔진개발 절차와 연도별 추진일정은 그림 125와 같음.

- 1차년도 ~ 1차년도 : 설계기준(Design Point) 설정 및 구성품 1차 Proto 설계/제작, 형식증명
- 3차년도 ~ 5차년도 : 시제제작, 구성품 성능시험, 엔진 통합, 형식증명

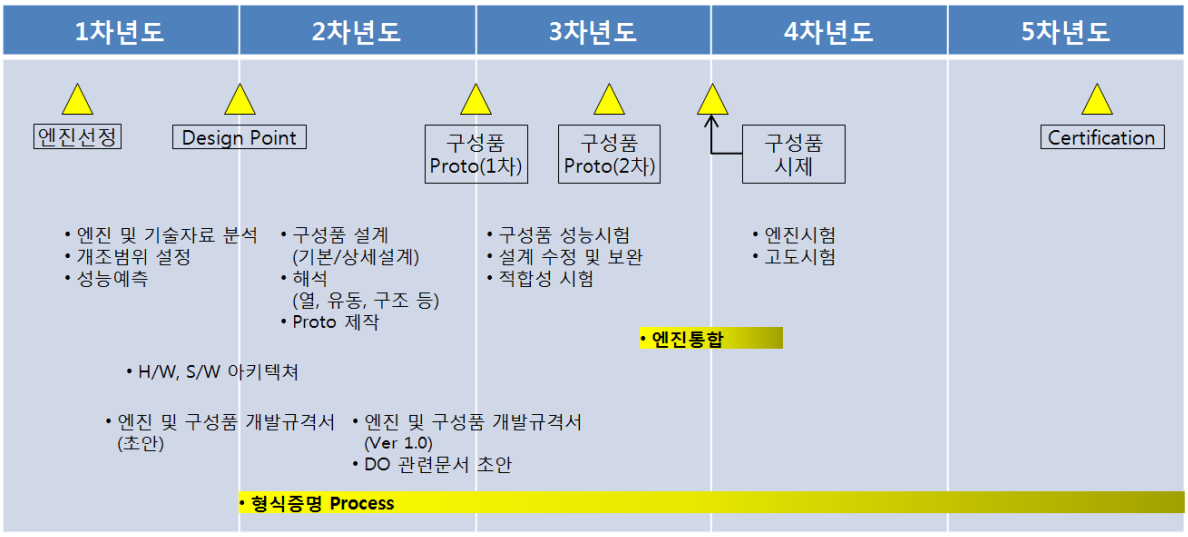


그림 147. 엔진개발 절차와 연도별 추진일정

사. 항공기용 왕복엔진 수요조사 및 사업화 전략

○ Forecast International 에 따르면 향후 20년간 300～350 마력 디젤엔진 수요는 1,466대로 추정되는데 이런 추세를 2019년부터 2038년까지 연장하여 수요를 추정해보면 국산화 엔진의 판매전망치를 추정할 수 있음.

○ 본 연구에서는 2019년 이후 국산디젤엔진의 수요(전망)를 다음과 같이 추정함.

- 300마력 급의 디젤엔진 수요: 300마력 이상 총 피스톤엔진 수요의 29%(200마력 급의 현존 엔진시장 점유율임.)
- 국산 디젤엔진에 대한 수요: 300마력 급 디젤엔진의 30%
  · 300마력 급 디젤엔진이 아직 출시되지 않은 점을 감안하여 시장점유율 25%를 가정함.
  · KC-100 항공기를 공군사관학교에서 비행실습용 훈련기로 활용할 계획으로 2016년까지 23대를 인도할 예정이므로, 디젤엔진 국산화가 완료되는 시점인 2019년 이후에는 전 항공기에 대해 대체 적용이 가능하며 운용기간 엔진에 대한 국내 Overhaul이 가능할 것으로 판단됨.
  · 향후 국내 개발중인 차기군단급 무인기의 엔진 성능개량사업(2018년 이후, TBD)에 따른 수요 창출이 가능함.

○ KC-100 항공기에 수입 장착된 엔진을 대체

○ 군용 무인기 (육군-군단급, 2017년 개발완료 예정) 엔진으로 개조/활용

○ 개발 대상인 300마력 급 왕복 엔진을 시장성이 높은 180마력 급으로 리사이징(re-sizing)하여 무인기용 추진 장치로 활용하고, 다양한 파생엔진의 기본 모델로 삼음.

○ 인증 확보를 위한 해외 수출 (해외 기술 제휴 시 수출 가능성 타진)

2. 항공기용 왕복엔진 인증기술개발 사전연구

○ 국내 개발 항공기용 왕복엔진을 인증하기 위해서는 미국과 유럽 등의 선진국과 동등한 수준으로 우리나라의 왕복엔진 인증체계 및 인증절차 정비가 선행되어야 함.

○ 사전연구 단계에서는 민간항공기용 왕복엔진 인증시스템 연구를 통해 국내 인증 체계와 절차를 구축하고 필요한 사항을 우리나라의 항공법 및 인증 관련 훈령/고시에 반영함.

○ 민간항공기용 왕복엔진 인증체계 구축과 함께 핵심인증기술을 조기에 확보하기 위한 연구를 병행하여 민간항공기용 왕복엔진에 적용되는 인증기준에 따라 인증기술을 확보하고 인력양성 계획을 수립함.

가. 최종목표

○ 민간항공기용 왕복엔진 국내 인증 종합 체계 및 절차 구축

○ 민간항공기용 왕복엔진 인증인력 양성 및 인증기술 확보

나. 연구의 필요성

○ 민간항공기용 왕복엔진이 국내에서 개발됨에 따라 왕복엔진 인증이 필수적임.

○ 민간항공기용 왕복엔진을 인증하기 위해서는 왕복엔진 인증시스템, 인증체계 및 절차, 인증기술능력에 대한 선행연구가 필요함.

○ 특히, 본 연구단계에서 수행될 미국과의 BASA IPA 확대 체결을 위하여 선진국과의 동등한 수준의 인증시스템, 인증체계 및 절차가 요구됨으로 사전연구단계에서의 준비가 필요함.

○ 현재 Part 23급을 중심으로 구축된 국내 인증시스템 중 보완이 필요한 분야를 집중 연구하고 이를 토대로 엔진 인증 관련 절차/지침의 개선안을 사전 도출하여야 함.

○ 민간항공기용 엔진 인증을 수행하기 위한 인증기준을 사전에 분석하고 인증기술을 확보하는 것이 필요함.

다. 기술개발 내용

○ 민간항공기용 엔진 인증시스템 연구를 통해 국내 인증 체계 및 절차 구축

- 민간항공기용 엔진 인증 종합체계 구축을 위한 항공법규 보완사항 연구 및 개정(안) 도출

- 민간항공기용 엔진 인증 관련 훈령/고시 등 세부절차 개선방안 연구 및 제 개정(안) 도출

○ 민간항공기용 엔진 인증인력 양성 및 인증기술 확보

- 민간항공기용 엔진 적용 인증기준에 따른 인증기술분야별 인증요건 연구

- 인증요건별 적합성입증방법(Means of Compliance, MOC) 연구

- 인증수행 전담인력의 양성계획 및 인증기술 확보 방안 수립

라. 추진 전략

○ 현재 운용중인 소형비행기의 인증시스템과 인증기술을 연구하여 보완사항을 토대로 엔진 인증시스템 및 체계를 구축함.

○ 미연방항공청(FAA) 협력 하에 FAA 인증교육 프로그램, OJT 등 FAA 보유 인프라의 적극 활용을 추진함.

- 국내에 Part 33급의 엔진 인증경험이 전무함을 고려하여 미연방항공청과 협의 하에 FAA Academy를 이용한 인증교육 이수하도록 함으로써 엔진 인증에 필요한 기술을 조기에 효율적으로 습득하도록 하고, FAA 담당 엔지니어와 기술교류가 가능한 인적 네트워크 구성을 도모함.

○ 이와 병행하여 미국연방항공청 은퇴 기술자 또는 DER 전문가를 활용한 인증기술 자문 계획을 수립하여 필요한 기술자문을 받음으로서 FAA가 전수를 꺼리는 기술 내용을 이전받음.

- 해외 인증전문가를 적극 활용하여 국내의 취약한 엔진 인증경험을 보완하고 조기에 인증기술능력 확보를 추진함.

3. 항공기용 왕복엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증

○ 사전연구에서 정비한 민간항공기용 왕복엔진 인증체계 및 인증절차에 의거하여 엔진 인증을 수행함. 본연구 초기에는 미국연방항공청과 기술평가 계획을 협의하여 세부적인 평가항목을 선정하여야 함.

○ Part 23급의 BASA IPA 확대 경험을 통해 국내 인증절차에 따라 실제 인증 업무를 적용하는 과정에서 실질적인 인증업무를 수행하기 위한 각종 세부지침의 필요성이 대두됨에 따라 엔진 증 과정에서도 제반 인증 현안 및 문제점을 해결에 대한 인증지침서의 개발 및 적용이 필요할 것으로 예상됨.

○ 본 연구를 통해 엔진의 인증과 운용 과정에서의 실무적인 인증지침서를 개발하면서 인증시스템을 구축하고, 인증 시 요구되는 핵심적인 인증기술을 확보해나가며 이 능력을 바탕으로 미국연방항공청의 기술평가를 차질 없이 수검함으로써 궁극적으로 엔진 BASA IPA를 체결함.

가. 최종목표

○ 민간항공기용 왕복엔진 인증체계 및 절차의 운영, 발전

○ 민간항공기용 왕복엔진 인증인력 양성 및 인증기술능력 제고

○ 민간항공기용 왕복엔진 인증 및 BASA IPA 확대 추진

나. 연구의 필요성

○ 국내 개발 엔진의 Part 23급 소형비행기에 장착하기 위해서는 인증이 필수적임.

○ 국내 개발 엔진의 해외 수출을 위해서는 미국과의 BASA IPA 확대가 선결조건임.

○ 미국연방항공청은 BASA IPA 확대에 앞서 인증 사업을 통해 상대국의 인증시스템, 인증체계 및 절차, 인증기술능력 등이 미국과 동등한 수준인지를 평가하고 그 결과에 따라 확대 여부를 결정하고 있음.

○ 미국과의 BASA IPA를 확대하기 위해서는 다음의 연구를 통해 우리나라의 인증시스템 및 인증기술 능력이 미국과 동등한 수준 이상임을 입증할 것이 요구됨.

다. 기술개발 내용

○ 민간항공기용 터빈엔진 인증시스템 및 인증기술연구

- 사전 단계에서 구축한 엔진 인증시스템을 엔진 인증 시 적용하면서 지속적인 평가를 통해 보완 및 개선

- 인증교육프로그램 등에 의한 인증전문인력 양성
- 해외 인증전문가 활용을 통한 기술이전 등 인증기술 확보 및 제고

○ 민간항공기용 터빈엔진 인증

- 엔진의 종합적인 인증법규, 관련 훈령/고시 등 절차 및 지침을 인증에 적용

- 인증계획 수립 및 엔진 제작자에 대한 인증 안내(사전 회의 등)

- 인증 착수를 위한 설계 자료 기술검토

- 인증(착수일로부터 3년)

- 엔진 형식설계 적합성 확인

- 시제작 개발품에 대한 합치성 확인

- 엔진 인증 후 엔진 운용을 통해 감항성유지체계 평가

○ BASA IPA 확대 추진

- 미연방항공청(FAA) 기술평가 수검

- BASA 확대를 위한 IPA 문안 개발 및 협상 착수

- BASA IPA 확대협상 진행

라. 추진 전략

○ 전문검사기관 내에 엔진 인증팀 구성

- 과제 착수와 동시에 전문검사기관 내에 엔진 인증팀을 구성하여 인증 신청 전 엔진 제작자에 대한 인증안내, 인증신청 내용의 사전 검토 및 협의 등 형식증명 신청에 필요한 준비 및 인증 업무를 진행함.

○ 형식증명위원회 구성

- 보다 효과적인 형식증명 진행을 위하여 인증당국 내에 엔진제작기술, 정비 등의 전문가를 포함한 형식증명위원회 구성을 요청하여 전문검사기관과 유기적으로 인증업무를 수행하도록 함.

○ 해외 인증교육 및 기술자문을 통한 인증기술능력 조기 확보

- FAA Academy 등의 인증전문 교육 기관 및 기술자문을 통해 구성된 엔진 인증팀 인력에 대한 기술능력을 제고함으로서 인증기술 확보는 물론 체계적인 인증인력 양성을 도모함.

○ FAA 기술평가팀과 정기 검토회의체 운영

- 기술평가 과정에서 발생하는 여러 현안에 차질 없이 대응하고 조치할 수 있도록 FAA 측과 공동으로 정기 과제관리회의(Program Review Meeting)를 운영함.

○ 미연방항공청(FAA)과 구축한 국제협력프로그램을 지속 이행함으로서 협력관계를 유지하고 기술평가 수검에 활용

○ 엔진 형식증명 발행으로 BASA IPA 확대를 위한 토대 마련

○ BASA 체결 추진을 통해 FAA와 동등한 인증체계 및 인증절차 확보

4. 소형 민간 항공기용 고효율 터보팬 엔진 개발 및 인증기술 개발

○ 항공기용 가스터빈 엔진 부문은 현 시점에서 우리나라가 보유한 기술도 미흡하고, 개발에 나선 업체도 없는 실정이기 때문에 전략 수립이 어려운 현실임.

○ 먼저 왕복엔진부터 개발하여 항공기용 엔진 보급기반을 구축한 다음, 사회적인 환경이 무르익었을 때 국가가 R&D 예산을 지원하는 것이 타당할 것으로 판단함.

○ KFX 사업과 Part 25 비즈니스제트 항공기 개발 사업이 개시되면 사회 전반적으로 가스터빈 엔진에 대한 필요성이 증대될 것임.

○ 본 절에서는 소형 민간 항공기용 고효율 터보팬 엔진 개발을 위한 제품 개발과 인증기술 연구를 통합하여 연구 과제 주요 내용 및 추진 전략을 작성하였음.

○ 추후에 별도의 기획과제를 통해서 전략과 기술 확보 방안 등을 고려할 수 있을 것임.

가. 최종목표

○ 소형 민간 항공기용 고효율 터보팬 엔진 개발
- 소형 터보팬 엔진의 설계/조립/시험평가 기술개발
- 소형 터보팬 엔진 핵심부품의 시험기술 개발
- 소형 터보팬 엔진 핵심부품의 제작기술 개발

○ 민간 항공기용 가스터빈 엔진 인증기술 개발
- 민간 항공기용 가스터빈 엔진 인증 및 BASA 체결

나. 연구의 필요성

○ 항공기용 엔진시스템은 항공기 원가의 상당한 부분을 차지하나 수입에 의존하고 있음.

○ 장수명 고효율 가스터빈 엔진 개발기술 확보 및 서계시장 진입을 통해 국내 엔진분야의 산업화 견인

○ 국가 기간사업으로서 주력산업 기술 고도화에 필수적인 가스터빈 엔진의 개발 사업을 통해 미래 성장 동력 확보

○ 가스터빈 엔진은 각국의 수출규제 및 각 기업의 기술보호로 기술유출이 되지 않은 분야이며, 개발에 상당한 인프라 등이 소요되므로 가스터빈 선진국에서는 정책적으로 개발을 지원하고 있음.

다. 기술개발 내용

○ 소형 터보팬 엔진의 설계/조립/시험평가 기술개발
- 국외 OEM과 협력으로 엔진의 설계 능력 확보
- 엔진의 조립과 시험평가에 관련된 기술 및 인프라 개발

○ 소형 터보팬 엔진 핵심부품의 시험기술 개발
- 터보팬 엔진의 개발에 필수적인 팬, 압축기, 연소기, 터빈에 대한 개발 인프라 구축
- 각종 주요 구성품의 시험 기술개발

○ 소형 터보팬 엔진 핵심부품의 제작기술 개발
- 팬/압축기 제작공정 개발 및 부품제작 기술개발
- 연소기 제작공정 개발 및 부품제작 기술개발
- 고압터빈/저압터빈 제작공정 개발 및 부품제작 기술개발
- 보기시스템 제작

○ 민간 항공기용 가스터빈 엔진 인증기술 개발
- 민간항공기용 가스터빈엔진 인증기술개발 사전연구
- 민간항공기용 가스터빈엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증

라. 추진 전략

○ 해외협력사(OEM)과 기술협력 계약 체결 및 공동개발 기술협력 추진

○ 해외협력사와 효율적인 업무분장을 통해 개발 완료 후 국내 가스터빈엔진 독자개발 능력제고

○ 향후 국내 개발 엔진에 대한 인증을 위하여 국내 가스터빈엔진 인증체계구축

○ 국내 대기업이 OEM과 협력하여 엔진개발을 주도

○ 국내 중소/중견 기업을 중심으로 가스터빈 Supply Chain 구축 및 Global Supply Chain 화 견인

○ 가스터빈 개발 인프라를 국공립 연구소에 구축하여 국내 가스터빈 개발 소요시 공동 활용

○ 인증관련 전문기관인 항우연에 인증체계 구축

5. 항공기용 터빈엔진 인증기술개발 사전연구

○ 국내 개발 민간항공기용 터빈엔진을 인증하기 위해서는 미국과 유럽 등의 선진국과 동등한 수준으로 우리나라의 터빈엔진 인증체계 및 인증절차 정비가 선행되어야 함.

○ 사전연구 단계에서는 민간항공기용 터빈엔진 인증시스템 연구를 통해 국내 인증 체계와 절차를 구축하고 필요한 사항을 우리나라의 항공법 및 인증 관련 훈령/고시에 반영하여야 함.

○ 민간항공기용 터빈엔진 인증체계 구축과 함께 핵심인증기술을 조기에 확보하기 위한 연구를 병행하여 민간항공기용 터빈엔진에 적용되는 인증기준에 따라 인증기술을 확보하고 인력양성 계획을 수립함.

가. 최종목표

○ 민간항공기용 터빈엔진 국내 인증 종합 체계 및 절차 구축

○ 민간항공기용 터빈엔진 인증인력 양성 및 인증기술 확보

나. 연구의 필요성

○ 민간항공기용 터빈엔진이 국내에서 개발됨에 따라 터빈엔진 인증이 필수적임.

○ 민간항공기용 터빈엔진을 인증하기 위해서는 터빈엔진 인증시스템, 인증체계 및 절차, 인증기술능력에 대한 선행연구가 필요함.

○ 특히, 본 연구단계에서 수행될 미국과의 BASA IPA 확대 체결을 위하여 선진국과의 동등한 수준의 인증시스템, 인증체계 및 절차가 요구됨으로 사전연구단계에서의 준비가 필요함.

○ 민간항공기용 터빈엔진 인증을 수행하기 위한 인증기준을 사전에 분석하고 인증기술을 확보하는 것이 필요함.

다. 기술개발 내용

○ 민간항공기용 터빈엔진 인증시스템 연구를 통해 국내 인증 체계 및 절차 구축

- 민간항공기용 터빈엔진 인증 종합체계 구축을 위한 항공법규 보완사항 연구 및 개정(안) 도출

- 민간항공기용 터빈엔진 인증 관련 훈령/고시 등 세부절차 개선방안 연구 및 제개정(안) 도출

○ 민간항공기용 터빈엔진 인증인력 양성 및 인증기술 확보

- 민간항공기용 터빈엔진 적용 인증기준에 따른 인증기술분야별 인증요건 연구

- 인증요건별 적합성입증방법(Means of Compliance, MOC) 연구

- 인증수행 전담인력의 양성계획 및 인증기술 확보 방안 수립

라. 추진 전략

○ 현재 운용중인 소형비행기의 인증시스템과 인증기술을 연구하여 보완사항을 토대로 엔진 인증시스템 및 체계를 구축함.

○ 미연방항공청(FAA) 협력 하에 FAA 인증교육 프로그램, OJT 등 FAA 보유 인프라의 적극 활용을 추진함.

- 국내에 Part 33급의 엔진 인증경험이 전무함을 고려하여 미연방항공청과 협의 하에 FAA Academy를 이용한 인증교육 이수하도록 함으로써 엔진 인증에 필요한 기술을 조기에 효율적으로 습득하도록 하고, FAA 담당 엔지니어와 기술교류가 가능한 인적 네트워크 구성을 도모함.

○ 이와 병행하여 미국연방항공청 은퇴 기술자 또는 DER 전문가를 활용한 인증기술 자문 계획을 수립하여 필요한 기술자문을 받음으로써 FAA가 전수를 꺼리는 기술 내용을 이전받음.

- 해외 인증전문가를 적극 활용하여 국내의 취약한 터빈엔진 인증경험을 보완하고 조기에 인증기술능력 확보를 추진함.

6. 항공기용 터빈엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증

○ 사전연구에서 정비한 민간항공기용 터빈엔진 인증체계 및 인증절차에 의거하여 엔진 인증을 수행함. 본연구 초기에는 미국연방항공청과 기술평가 계획을 협의하여 세부적인 평가항목을 선정하여야 함.

○ Part 23급의 BASA IPA 확대 경험을 통해 국내 인증절차에 따라 실제 인증 업무를 적용하는 과정에서 실질적인 인증업무를 수행하기 위한 각종 세부지침의 필요성이 대두됨에 따라 엔진 인 증 과정에서도 제반 인증 현안 및 문제점을 해결에 대한 인증지침서의 개발 및 적용이 필요할 것으로 예상됨.

○ 본 연구를 통해 엔진의 인증과 운용 과정에서의 실무적인 인증지침서를 개발하면서 인증시스템을 구축하고, 인증 시 요구되는 핵심적인 인증기술을 확보해나가며 이 능력을 바탕으로 미국연방항공청의 기술평가를 차질 없이 수검함으로써 궁극적으로 엔진 BASA IPA를 체결함.

가. 최종목표

○ 민간항공기용 터빈엔진 인증체계 및 절차의 운영, 발전

○ 민간항공기용 터빈엔진 인증인력 양성 및 인증기술능력 제고

○ 민간항공기용 터빈엔진 인증 및 BASA IPA 확대 추진

나. 연구의 필요성

○ 국내 개발 터빈엔진의 해외 수출을 위해서는 미국과의 BASA IPA 확대가 선결조건임.

○ 미국연방항공청은 BASA IPA 확대에 앞서 인증 사업을 통해 상대국의 인증시스템, 인증체계 및 절차, 인증기술능력 등이 미국과 동등한 수준인지를 평가하고 그 결과에 따라 확대 여부를 결정하고 있음.

○ 미국과의 BASA IPA를 확대하기 위해서는 다음의 연구를 통해 우리나라의 인증시스템 및 인증기술 능력이 미국과 동등한 수준 이상임을 입증할 것이 요구됨.

다. 기술개발 내용

○ 민간항공기용 터빈엔진 인증시스템 및 인증기술연구

- 사전 단계에서 구축한 터빈엔진 인증시스템을 터빈엔진 인증 시 적용하면서 지속적인 평가를 통해 보완 및 개선

- 인증교육프로그램 등에 의한 인증전문인력을 양성

- 해외 인증전문가 활용을 통한 기술이전 등 인증기술 확보 및 제고

○ 민간항공기용 터빈엔진 인증

- 엔진의 종합적인 인증법규, 관련 훈령/고시 등 절차 및 지침을 인증에 적용

- 인증계획 수립 및 엔진 제작자에 대한 인증 안내(사전 회의 등)

- 인증 착수를 위한 설계 자료 기술검토

- 인증

- 터빈엔진 형식설계 적합성 확인

- 시제작 개발품에 대한 합치성 확인

- 터빈엔진 인증 후 엔진 운용을 통해 감항성유지체계 평가

○ BASA IPA 확대 추진

- 미연방항공청(FAA) 기술평가 수검

- BASA 확대를 위한 IPA 문안 개발 및 협상 착수

- BASA IPA 확대협상 진행

라. 추진 전략

○ 전문검사기관 내에 엔진 인증팀 구성

- 과제 착수와 동시에 전문검사기관 내에 엔진 인증팀을 구성하여 인증 신청 전 엔진 제작자에 대한 인증안내, 인증신청 내용의 사전 검토 및 협의 등 형식증명 신청에 필요한 준비 및 인증 업무를 진행함.

○ 형식증명위원회 구성

- 보다 효과적인 형식증명 진행을 위하여 인증당국 내에 터빈엔진 제작기술, 정비 등의 전문가를 포함한 형식증명위원회 구성을 요청하여 전문검사기관과 유기적으로 인증업무를 수행하도록 함.

○ 해외 인증교육 및 기술자문을 통한 인증기술능력 조기 확보

- FAA Academy 등의 인증전문 교육 기관 및 기술자문을 통해 구성된 엔진 인증팀 인력에 대한 기술능력을 제고함으로서 인증기술 확보는 물론 체계적인 인증인력 양성을 도모함.

○ FAA 기술평가팀과 정기 검토회의체 운영

- 기술평가 과정에서 발생하는 여러 현안에 차질 없이 대응하고 조치할 수 있도록 FAA 측과 공동으로 정기 과제관리회의(Program Review Meeting)를 운영함.

○ 미연방항공청(FAA)과 구축한 국제협력프로그램을 지속 이행함으로서 협력관계를 유지하고 기술평가 수검에 활용

○ 터빈엔진 형식증명 발행으로 BASA IPA 확대를 위한 토대 마련

○ BASA 체결 추진을 통해 FAA와 동등한 인증체계 및 인증절차 확보

5절. (세부과제 간) 연계관계

1. 항공기용 엔진 국산화 연구 개발 단계

○ 1단계에서 국내 수요가 확실한 KC-100 장착용 민간 항공기용 왕복엔진 국산화 연구 개발 수행

○ 2단계에서 향후 개발예정인 Part 25급의 중소형 항공기용 가스터빈 엔진 국산화 연구 개발 수행

○ 3단계에서 신개념/고효율 가스터빈 엔진 현황 조사 수행



그림 148 항공기용 엔진 국산화 연구 개발 단계

6절. 과제별, 연차별 기술로드맵 및 성과로드맵

1. 기술로드맵

○ 기술 로드맵의 정의

- 기술로드맵은 다음과 같이 미래에 필요한 제품과 기술이 무엇인지를 먼저 파악하는, ‘필요성에 입각한’ (Driven by Needs) 기획임. 이를 시각적인 용어로 기술하자면, 어떤 수요(성과목표)를 만족시키기 위해 여러 가지 기술적 대안들에 대한 ‘발전경로’(road)를 ‘시간축’을 중심으로 배열하여 그래프로 나타낸 것으로 “기술로드맵“이라고 함.

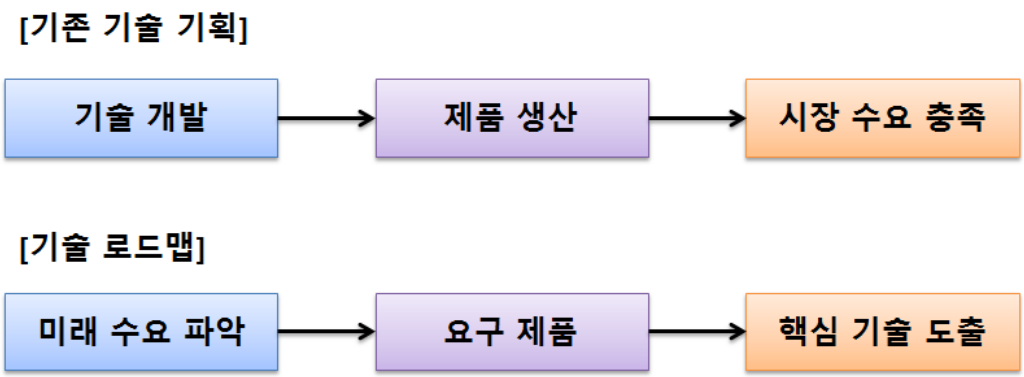


그림 149. 전통적인 기술 기획 방식과 기술로드맵 중심의 기술기획 방식

- 기술로드맵은 특정 분야에서 기업 또는 산업이 필요로 하는 미래기술과 제품을 도출하고 이를 구현하기 위한 최적의 방법을 확인하는 역할을 함.

- 기술로드맵은 핵심기술과 기술격차를 확인하고, 어떤 R&D투자를 해야 하는지에 대한 방법을 제시함으로써 적절한 기술투자 결정을 지원함. 초창기 기술로드맵 개념은 ‘기술군 들의 기술개발 및 그 응용에 대해 시간축 상에서 표시하여 제품의 핵심기능이나 성능 파라미터에 필요한 일련의 기술과 기술발전 정도, 보유기술 및 핵심역량을 명시하는 방법’으로 단순화하여 정의하였음.

- 기술로드맵은 사업비전을 실행활동과 연결함으로서 보다 구체적으로 정의할 수 있고, 시간에 따라 어떠한 실행이 필요한지를 연결할 수 있다는 장점을 가지며, 국가적, 산업적, 기업적으로 그 효용에 대한 많은 검증과 성과를 통해 다양한 종류의 기술로드맵이 탄생하게 되었으며, 항공안전기술개발 로드맵은 2020년까지 필요한 핵심기술을 규명하며, 제품의 핵심 기능이나 성능 파라미터에 필요한 기술의 발전정도 및 보유기술의 역량을 나타냄.

○ 기술 로드맵의 필요성

- 기술변화의 가속성과 지식확산의 신속성, 지식의 광대함을 고려한다면, ‘21세기는 무형의 기술·지식이 사회구조를 재편하고 삶의 양식을 조율한다.’고 주장해도 무리는 아닐 것임. 그러므로 전체 사회에 대한 계획의 한 부분으로 기술에 대한 섬세한 기획을 하는 것이 더욱 필요함.

- ‘기술기획’이란 기술의 사회적 선택성을 반영하여, 특정 기술선택에 대한 기준을 마련하는 것을 의미함. 이제 우리나라도 이러한 기준 마련이 시급하며, 전통적 기술기획 방안인 기술수요조사나 기술예측은 기술혁신 주체들이 개발을 원하는 분야를 도출하거나 단지 미래에 기술개발 분야가 무엇인지를 보여주는 제한된 방법이었으며, 흔히 알고 있는 기술트리(Technology Tree) 역시 특정시점에서 모든 기술의 계층적 연관구조를 면밀하게 보여준다는 점에서 장점을 가지지만 그 속성자체는 정태적이기 때문에 변화되는 현실에 적응하기 어려운 단점을 가짐.

- 불확실성과 기술개발의 급변성이 강조되고 있는 오늘날, 이와 같은 전통적 기술기획 방안만으로는 최신 기술에 대한 기획수준을 충족시킬 수 없을 것임. 이에 대한 대안으로써 개발된 것이 바로 기술로드맵임.

- 기술로드맵은 미래의 목표기술을 정한 뒤 이를 달성하기 위한 단계별 기술개발 이정표를 제시하므로 동태적 속성을 가지며, 목표가 되는 성과에 이르기까지 여러 가지 기술적 대안이 기술로드맵에 나타나고, 선택에 따른 기회, 위협, 강점, 약점의 현상들을 시간에 따라 점검할 수 있음. 이러한 장점으로 인해 기술로드맵은 나날이 격화되는 경쟁 환경 속에서 유용한 신기술기획수단으로 자리를 잡게 되었음.

○ 기업의 경우 기술로드맵은 다음과 같은 상황에서 경쟁우위를 선점하기 위해 작성됨.

- 사업수행에 있어 조직간 갈등이 존재하는 경우, 기술로드맵은 공동의 언어로서 조직간 상호존재를 인식하고 조직의 비전, 전략을 공유함으로써 갈등을 해소할 수 있음.

- 연구개발투자에 대한 확신과 기술개발의 방향성 및 일관성이 부족한 경우, 기술로드맵을 통하여 사업전략과 연구개발 전략을 연계시킬 수 있음.

- 핵심기술이 무엇인지, 언제 필요한지에 대하여 불명확한 경우, 기술로드맵은 기술·제품·시장을 통합, 시간에 따른 시장의 니즈(needs)와 기회의 변화를 관찰함으로써 향후 개발해야하는 핵심기술과 필요시점, 개발착수 시점을 제안할 수 있음.

- 고객니즈가 급변하는 경우 기술로드맵은 시장, 특허, 기술, 경쟁사 등을 종합적으로 고려하여 향후의 추세를 파악하여 전략적 방향성과 목표를 설정할 수 있음. 기술로드맵은 비단 개별 기업에서 뿐만 아니라 정부정책 및 협회 중심의 산업차원의 협력적

인 기술 기획과 조정을 위한 중요 수단으로 활용됨.

2. 기술로드맵의 구조 및 유형

○ 기술 로드맵의 구조

- 일반적으로 기술로드맵은 노드(Nodes)와 링크(Links)로 구성되어 있다. 각각의 Node는 해당 연구/개발 등의 작업의 실행을 의미하며, Link는 Node 간을 연결하여 제품화 과정 및 일반적인 작업 순서를 나타냄.

○ 기술 로드맵의 유형

- 산업 및 기업차원의 로드맵은 “대상산업 범위를 어디까지로 하느냐”에 따라 그리고 “로드맵 작성을 누가 주도적으로 수행하느냐” 등에 따라 유형을 구분함.

○ 작성 대상에 따른 유형

- 대상산업 범위별로는, 복수산업차원 로드맵과 단일산업차원 로드맵, 개별 기업차원의 로드맵으로 나누어짐. 복수산업차원 로드맵(multi-industry level roadmap)은 로드맵 대상의 특정기술이 여러 산업에 걸쳐 요구되는 경우에 작성되는 로드맵을 의미함.

- 미국 IMTI(Integrated Manufacturing Technology Initiative)에서 정한 제조기술 4개 분야 기술로드맵(IMTR)이 이에 해당함. 단일산업차원 로드맵(single-industry level roadmap)은 대상특정기술이 한 산업에만 필요한 경우에 작성되는 경우를 의미하는데, 그 예로 미국 에너지부(DOE)의 9개 산업(농업, 알루미늄, 화학, 임업, 유리, 주조, 광업, 석유, 철강) 기술로드맵과 미국 반도체 협회(SIA)의 반도체기술로드맵(NTRS), 미국 전력연구소(EPRI)의 전력로드맵(NETR)을 예로 들 수 있음.

○ 작성 주체에 따른 유형

- 기술로드맵 작업을 주도하는 조직형태를 기준으로 보면, 정부주도 로드맵, 산업주도 로드맵, 기업주도 로드맵으로 구분할 수 있음. 정부주도 로드맵은 계획에서부터 실행에 이르기까지 정부주도로 이루어지며 여러 산업을 대상으로 함. 정부, 대학, 기업 및 관련 산업이 효과적으로 의사결정을 할 수 있도록 비전을 제공하기도 함.

표 84 작성 주체에 따른 기술 로드맵의 유형

유 형	적용범위	대표사례
정부주도 로드맵	• 기술로드맵 작성의 기획부터 실행단계에 이르기까지 정부주도로 이루어지며, 관련 이해 당사자 집단이 효과적인 의사결정을 할 수 있도록 비전을 제공하기도 함.	• 캐나다 산업부의 8대 분야 로드맵과 미국의 제조기술 4대 분야 로드맵
산업주도 로드맵	• 일반적으로 개별기업이 감당하기 어려운 위험을 감소시키기 위해 산업협회나 기업 컨소시업 등을 통해 작성하며, 시장에서의 공존을 목적으로 함.	• 미국 반도체 협회의 반도체 기술로드맵과 전력연구소의 전력기술로드맵
기업주도 로드맵	• 기업간 경쟁에서 우위를 확보할 목적으로 개별기업이 추진하며, 자사의 목표와 우선순위에 초점을 두고 작성함.	• 필립스, 루슨트 테크놀로지 등의 로드맵

- 산업주도 기술로드맵은 대부분 동일 산업에 속하는 많은 기업들이 자금을 대고 협회 등 기업 컨소시엄이 주도하여 작성됨. 급변하는 기술 환경에서 혼자서는 감당하기 어려운 위험성을 최소화하기 위해 업체는 해당 산업의 기술에 있어 표준적 가이드라인이 요구됨.

3. 기술로드맵의 기대효과

○ 기술로드맵을 작성함으로써 얻을 수 있는 기대효과는 다음의 일곱가지로 정리할 수 있음.

- 작업과정에서 자연스럽게 해당분야의 기술개발 주체들에 대한 networking이 형성될 수 있으며, 이는 학계, 산업계 등이 협력하여 관련분야의 기술발전에 대한 산·학·연 공동 연구증대로 기술개발 위험의 감소 및 시너지 효과를 일으킬 수 있음.

- 우리나라는 자원의 제약이 큰 만큼 한정된 자원의 효율적인 사용이 요구되므로, 기술로드맵은 미래에 대한 전략적 기획을 통해 산업 또는 기업의 R&D자원이 최적으로 투자될 수 있도록 방향을 설정함.

- 산·학·연 공동연구 증대로 업계의 기술개발관련 위험(Risk)을 경감 시킬 수 있으며, 이는 급변하는 기술 환경에서 혼자서는 감당하기 어려운 위험을 최소화하기 위해 지배적 표준을 폭넓게 예측함으로써 시장에서 공존할 방법을 제안함.

- 기술로드맵은 미래시장과 새로운 산업 창출을 고려하여 전략적으로 방향을 설정하여 적시에 제품을 주요 목표 시장에 어떻게 진입해야 할지에 대한 보다 구체적인 시각

을 제공함.

- 해당분야의 기술경쟁력 및 수익성을 제고시킬 수 있는 여건을 마련할 수 있으므로 기술로드맵이 갖추고 있는 자료의 타당성을 통해 시장에 대응하는 전반적 프로세스를 개선시키고 이를 통해 수익성 제고 기반이 견고해질 수 있음. 기술로드맵이 제안하는 전략적 연구개발 기획은 미래의 수익 창출과 직접적으로 관련되는 핵심활동이기 때문임.

- 기술로드맵은 시장경쟁에서 성공하기 위해서는 기술역량 제고의 핵심적 기술이 무엇인지 파악이 가능하므로 핵심기술에 대한 전략, 목표, 방향성 등을 연구 개발자는 물론 관련 인력 등이 공유할 수 있도록 하여 실질적 효과를 가질 수 있게 함.

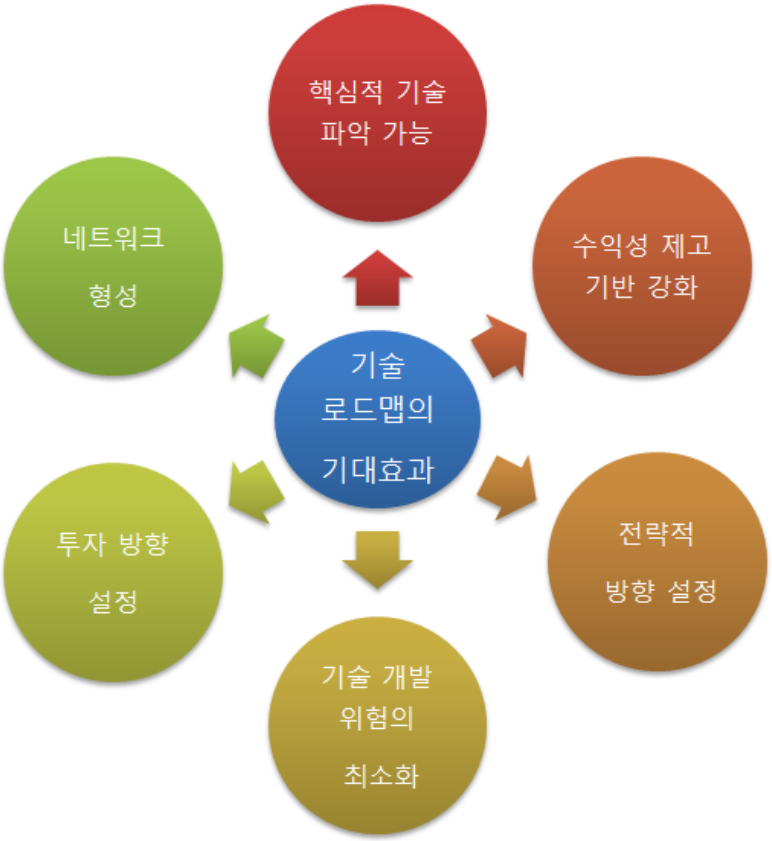


그림 150. 기술로드맵의 기대효과

4. 항공기용 엔진 분야의 기술매트릭스

표 85 항공기용 엔진 분야의 기술매트릭스: 기술분류

No	Level 1	Level 2	1차 분류	2차 분류
1	엔진코어	엔진 ILS 개발	기반기술	설계
2	엔진코어	엔진 정상/천이상태 성능해석	기반기술	해석
3	엔진코어	엔진 천이상태 성능해석	장애기술	해석
4	엔진코어	엔진 진단평가(HUMS)	장애기술	해석
5	엔진코어	팬 공력해석/설계	기반기술	설계
6	엔진코어	회전익 IPS 공력설계/해석	기반기술	설계
7	엔진코어	축류압축기 해석/설계	기반기술	설계
8	엔진코어	Active Tip Clearance Control	기반기술	설계
9	엔진코어	사류형 압축기 해석/설계	기반기술	설계
10	엔진코어	연료 노즐 설계기술	기반기술	설계
11	엔진코어	내부 유로 열전달 설계	기반기술	설계
12	엔진코어	라이너 Effusion 냉각설계	기반기술	설계
13	엔진코어	냉각터빈 설계/해석 기술	기반기술	설계
14	엔진코어	연소기 3차원 유동해석 기술	기반기술	해석
15	엔진코어	Shrouded Blade 설계/해석 기술	기반기술	설계
16	엔진코어	엔진 소음제어 기술	기반기술	설계
17	엔진코어	천음속팬 설계기술	장애기술	설계
18	엔진코어	고단축류압축기 설계기술	장애기술	설계
19	엔진코어	터빈블레이드 냉각 설계기술	장애기술	설계
20	엔진코어	Low Nox 연소기 설계기술	장애기술	설계
21	엔진코어	에어포일 진동 설계/해석	기반기술	설계
22	엔진코어	엔진로터 위험속도 해석/설계	기반기술	설계
23	엔진코어	엔진 로터 동역학	기반기술	설계
24	엔진코어	엔진 수명 해석 평가	기반기술	해석
25	엔진코어	엔진 수명 설계기술	장애기술	설계
26	엔진코어	소재 Database	인프라	설계
27	엔진코어	엔진 레이아웃 설계	기반기술	설계
28	엔진코어	특수공정(코팅, 열처리) 설계	기반기술	설계
29	보기류	연료시스템 설계/해석	기반기술	설계
30	보기류	연료 유량조절장치 설계/해석	기반기술	설계
31	보기류	윤활시스템 네트워크 설계/해석	기반기술	설계
32	보기류	Actuator 설계/해석	기반기술	설계
33	보기류	베어링 설계/해석	기반기술	설계
34	보기류	가스터빈 제어로직 설계/해석	기반기술	설계

No	Level 1	Level 2	1차 분류	2차 분류
35	보기류	고속발전기 설계	기반기술	설계
36	보기류	고속베이링 및 제작	장애기술	제작
37	보기류	연료 유량조정장치 설계/해석	장애기술	설계
38	보기류	엔진 제어 다이나믹 모델 설계기술	장애기술	설계
39	시험평가	압축기 공력 시험평가	기반기술	시험
40	시험평가	연소기 고압 시험평가	기반기술	시험
41	시험평가	연소기 고고도 점화시험	기반기술	시험
42	시험평가	터빈 공력성능 시험	기반기술	시험
43	시험평가	열전달 내부 유로 시험	기반기술	시험
44	시험평가	Rotor Ass'y 벤치테스트	기반기술	시험
45	시험평가	연료시스템 성능환경평가 시험	기반기술	시험
46	시험평가	시스템 환경시험	기반기술	시험
47	시험평가	압축기 시험설비	인프라	시험
48	시험평가	연소기시험설비	인프라	시험
49	시험평가	터빈시험설비	인프라	시험
50	시험평가	진동/구조 시험장치	인프라	시험
51	시험평가	보기시스템 통합벤치테스트 설비	인프라	시험
52	시험평가	엔진 인증시험	기반기술	시험
53	시험평가	엔진 인증규격 및 체계개발	장애기술	시험
54	시험평가	엔진 인증규격 및 체계	인프라	설계
55	시험평가	고공모사 시험설비	인프라	시험
56	시험평가	엔진 환경모사 시험설비	인프라	시험
57	소재기술	정밀주단조 개발	기반기술	설계
58	소재기술	복합재 개발	기반기술	설계
59	소재기술	초내열합금 융접기술	기반기술	설계
60	소재기술	싱글크리스탈(SX/SD주조기술)	장애기술	소재
61	소재기술	고온용 Polymer Matrix Composite 기술	장애기술	소재
62	소재기술	Ti 분말 야금 기술	장애기술	소재
63	엔진장착	방화벽 설계기술	기반기술	설계
64	엔진장착	TQA 설계기술	기반기술	설계
65	엔진장착	초음속 흡입구 설계	장애기술	설계
66	엔진장착	가변 흡입구 설계	장애기술	설계
67	엔진장착	센서 위치 설정 기술	장애기술	설계
68	엔진장착	저피탐지 설계	장애기술	설계
69	보조동력	EPU 설계 기술	기반기술	설계

No	Level 1	Level 2	1차 분류	2차 분류
70	보조동력	Thermal Battery 설계기술	장애기술	설계
71	보조동력	고속 Gearbox 설계	기반기술	설계
72	보조동력	고속 De-Coupling 설계	장애기술	해/설/제작
73	연료계통	벤트 가압 설계기술	기반기술	설계
74	연료계통	OBiGGS 설계기술	장애기술	설계

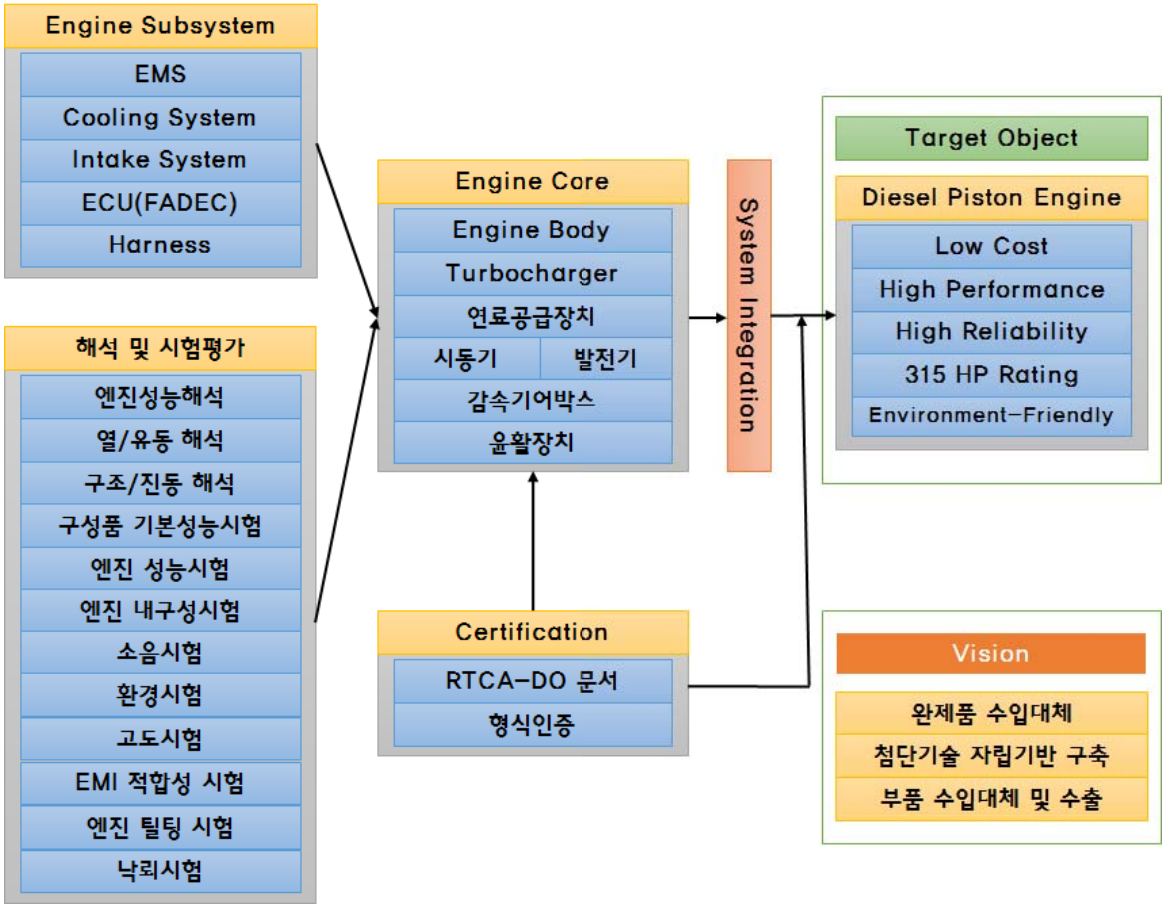


그림 151 왕복엔진 마크로 로드맵 이미지 시나리오

5. 핵심과제 로드맵 및 성과 로드맵

○ 항공기용 엔진 국산화 기반 구축 과제 로드맵 (그림 152)



그림 152 엔진 국산화 기반 구축 과제 로드맵

가. 소형 항공기용 왕복 엔진 개발

○ 총 5년동안 항공기용 왕복엔진 개발 연구가 진행되며 1차년도에는 기본설계를 완료하고 상세설계는 2차년도에 진행함.

○ 시제품제작은 2차년도부터 시작하여 4차년도에 완료되며 마지막 단계인 시험평가는 3차년도에 시작하여 4차년도에 완료함.

○ 인증획득을 위해 전체 연구기간에 걸쳐 인증관련 연구를 진행함.

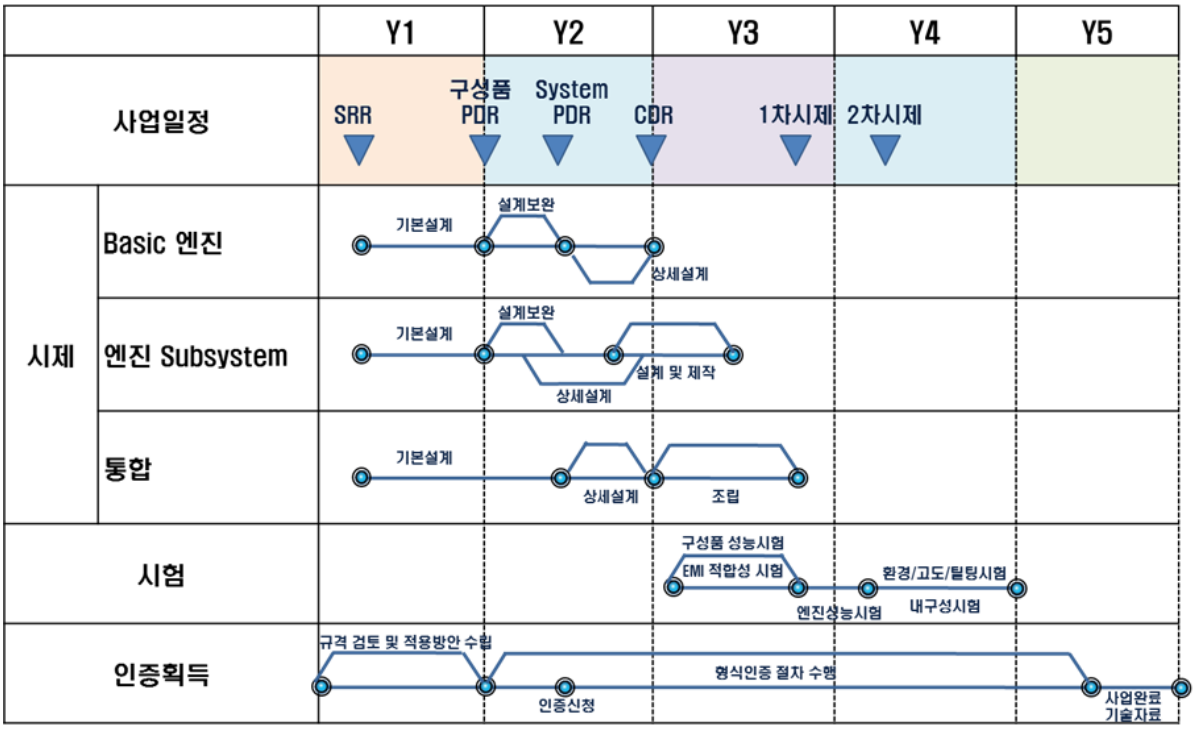


그림 153 소형 항공기용 왕복엔진 개발 로드맵

나. 항공기용 왕복엔진 인증기술개발 사전 연구

○ 왕복엔진 인증기술개발 사전연구는 총 1년동안 진행되며 Part 33/34 인증 세부 절차 연구, 한·미 인증당국 실무회의와 BASA IPA 확대 의향서 전달을 포함함.

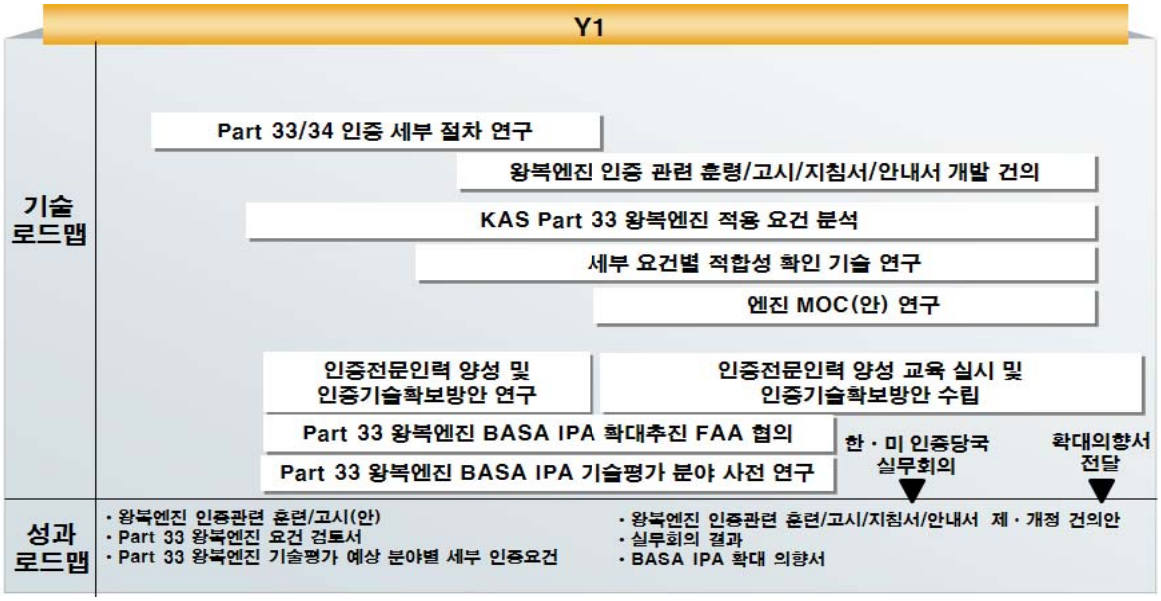


그림 154. Part 33 왕복엔진 인증기술개발 사전연구 로드맵

다. 항공기용 왕복엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증

○ Part 33 왕복엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증연구는 4년동안 진행되며 2차년도부터 연구가 시작됨.

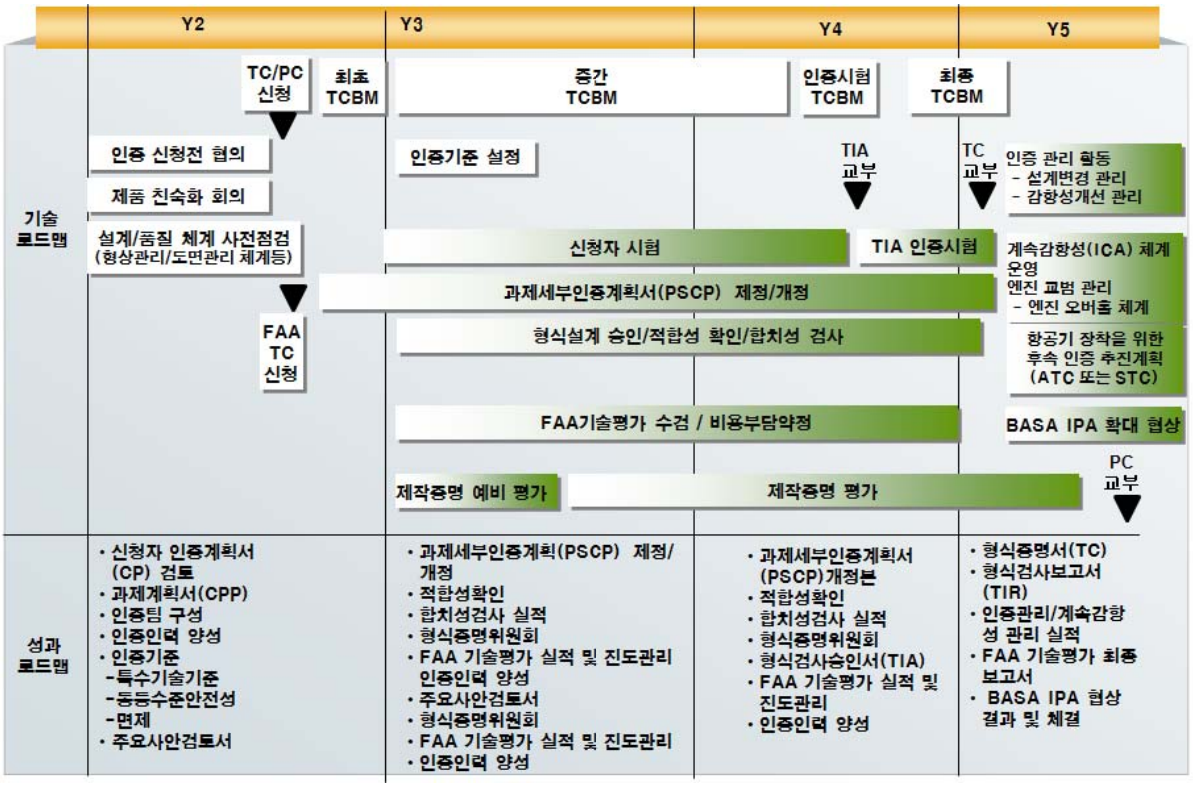


그림 155. Part 33 왕복엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증

라. 소형 민간 항공기용 고효율 터보팬 엔진 개발 및 인증기술 개발

○ 소형 민간 항공기용 고효율 터보팬 엔진 개발 및 인증기술 개발 사업의 연차별 로드맵은 추후 별도의 기획과제를 통해서 고려할 수 있을 것임.

마. 항공기용 터빈엔진 인증기술개발 사전 연구

○ Part 33 터빈엔진 인증기술개발 사전 연구는 2년동안 진행되며 1차년도부터 연구가 시작됨.

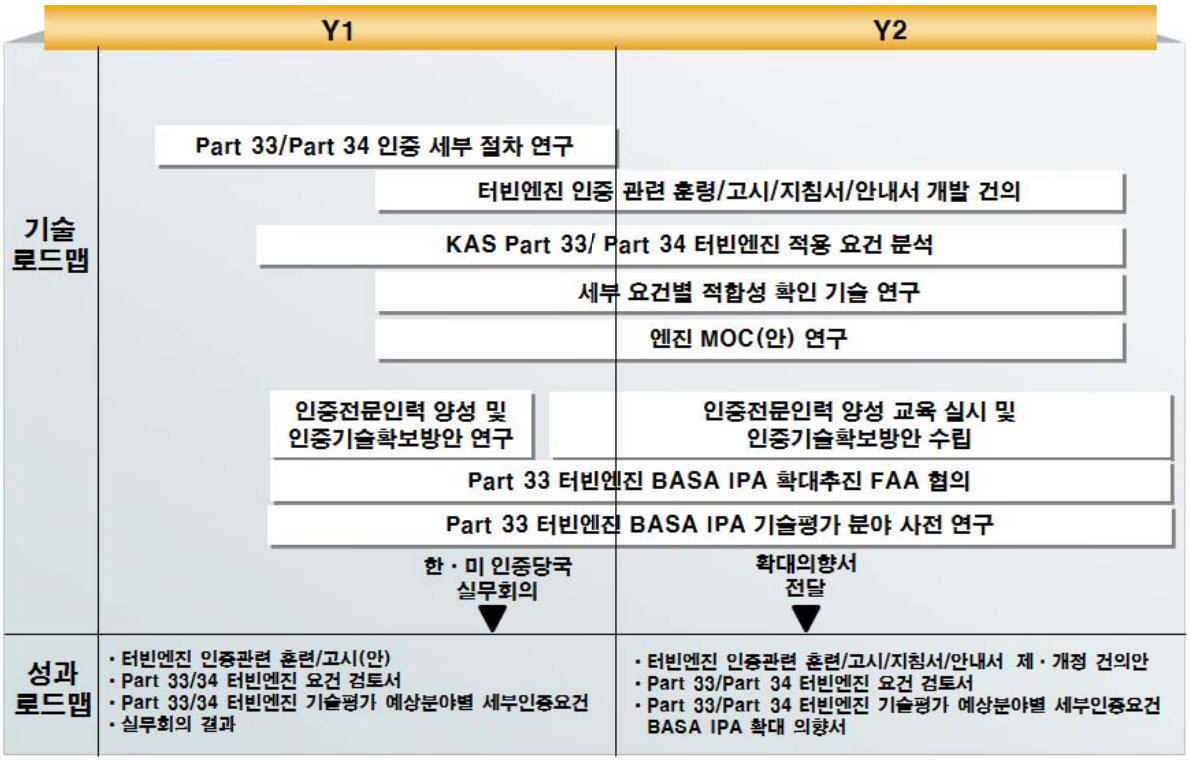


그림 156 Part 33 터빈엔진 인증기술개발 사전연구 로드맵

바. 항공기용 터빈엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증

○ Part 33 터빈엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증는 6년동안 진행되며 3차년도부터 연구가 시작됨.

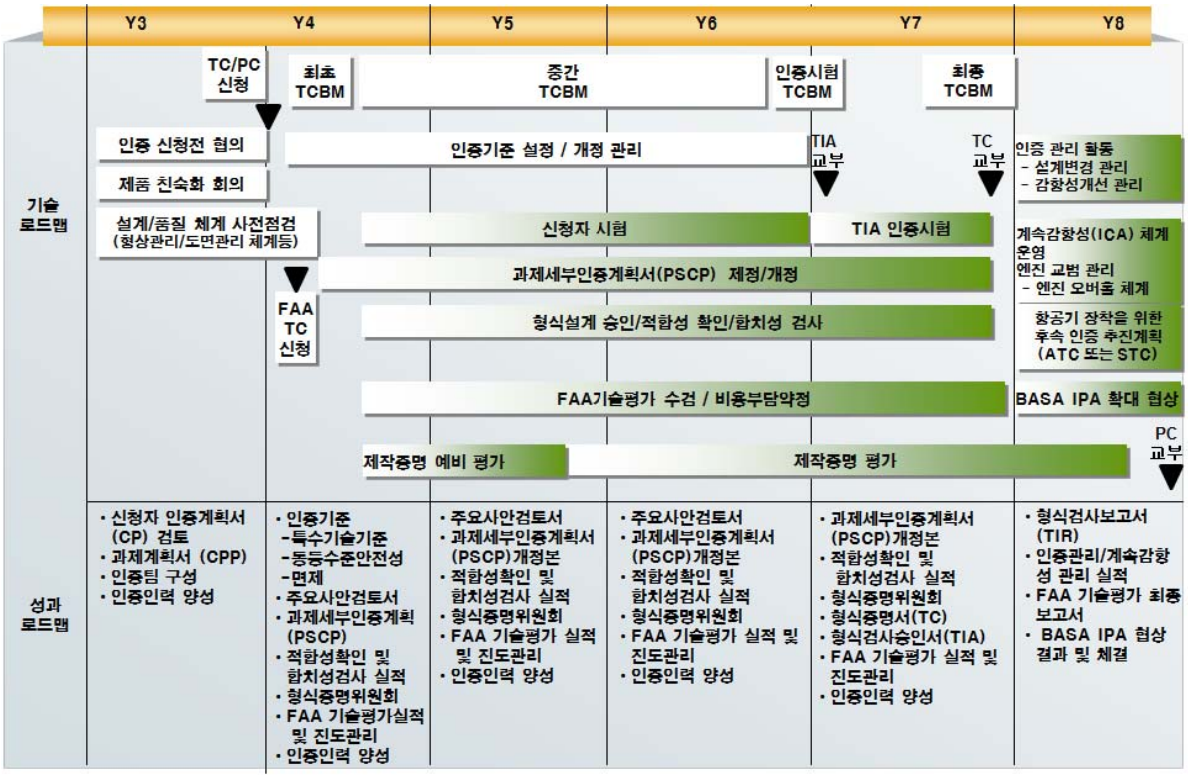


그림 157 Part 33 터빈엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증 로드맵

7절. 성과활용 방안

1. 연구결과의 활용 계획

표 86 연구결과 활용 계획

활용 계획	• 민간 항공기용 엔진의 개발을 통해 제작/시험/인증기술 인프라를 선진화/국산화하고, 미국과 항공안전협정(BASA)도 체결하여 국산 항공기용 엔진 및 국산 민간 항공기의 수출 기반 확대 추진에 활용함.
	• 민간 항공기용 엔진의 국산화 보급기반 구축 기획에 의거한 사업의 성공적·효율적 수행과 파급효과의 극대화를 위하여 활용함.
	• 신규과제 RFP를 바탕으로 연구개발사업의 전략적 우선순위와 개발비 규모를 산정하는 등 세부 실행계획으로 활용함.
	• 민간항공기용 엔진의 인증시스템 구축을 통해 결과물로 생성되는 기술기준 및 세부 지침서를 항공기등의 인증 전문검사기관에 기술문서로 등재하여 엔진 또는 엔진 부품을 개발하여 수출하고자 하는 모든 기업체가 신청하는 인증업무에 적용할 수 있도록 함.
	• 항공기 산업체 및 관련기관을 대상으로 하는 인증전문가 양성교육을 민간항공기용 엔진 업체까지 확대함으로서 국내 산학연에 인증기술 및 지식보급을 활성화함.
	• 미국과 항공기용 엔진의 BASA IPA 확대를 위한 기술평가 과정에서 해외인증전문가를 초빙하여 전문검사기관뿐만 아니라 핵심 엔진산업체의 인증담당자에게 선진항공국가의 인증기술 확보 기회를 부여함.
	• 엔진 시범인증사업을 통한 시범엔진을 성공적으로 개발 및 인증함으로서 인증능력을 바탕으로 차세대 터빈엔진의 개발 및 인증의 토대를 마련하고 및 세계 민간항공시장 진출에 활용함.

2. 기대성과 및 파급효과

가. 기술적 측면

○ 항공선진국 수준의 국내 항공안전/인증 관련 핵심 신기술 확보

- 국내 항공기용 엔진 제작/시험/인증관련 핵심 신기술 확보

- IT, 디지털, 네트워크 및 정밀기계 기술의 접목을 통한 국부창출 기술력 확보

○ 선진국 수준의 민간 항공기용 엔진 설계 능력 확보

- 민간 항공기용 엔진의 신뢰성 증대와 성능 향상으로 엔진 기술의 국제 경쟁력 확보

○ 선진국 수준의 민간 항공기용 엔진 제작/시험/인증기술 인프라 구축

- 선진국 수준의 민간 항공기용 엔진 제작 종합평가·관리 인프라 구축

- 선진국 수준의 민간 항공기용 엔진 시험/인증기술 지속적 연구기반 인프라 조성

○ 민간 항공기용 엔진의 고급 연구인력 및 기술 연구체계 확보

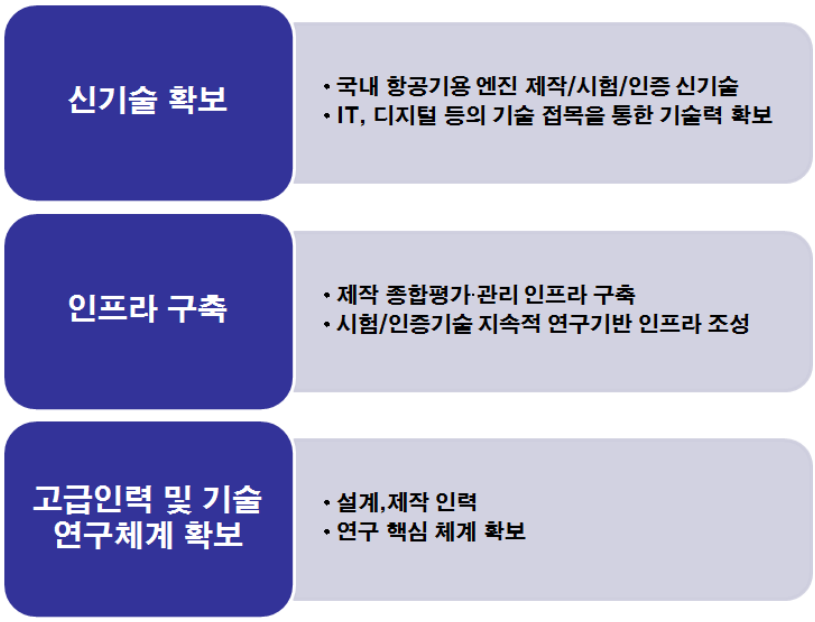


그림 158. 기술적 기대효과

나. 사회·경제적 측면

○ 고부가가치 항공안전기술의 국부 창출을 통한 미래 성장산업 육성

- 민간 항공기용 엔진 제작 산업은 시스템 종합산업으로 고부가가치성이 높음

○ 민간 항공기용 엔진 시험/인증기술 국민 안전성 및 이동성 향상

○ 국내 개발 민간 항공기의 수출 경쟁력 제고 및 고객의 다양한 수요 충족

○ 민간 항공기용 엔진 분야 대외 국가 신인도 및 경쟁력 강화

- BASA체결, 미국 FAA 항공안전평가 대비 등 국가 항공안전수준의 지속적 유지를 통한 국가 신인도 제고 및 국가 경쟁력 향상

○ 고(高)신뢰도를 요구하는 산업(ex. 발전 산업 분야, 조선 분야, 또는 플랜트 산업 분야)에 파생/적용되어 시스템의 안정성/가용성을 높일 수 있음

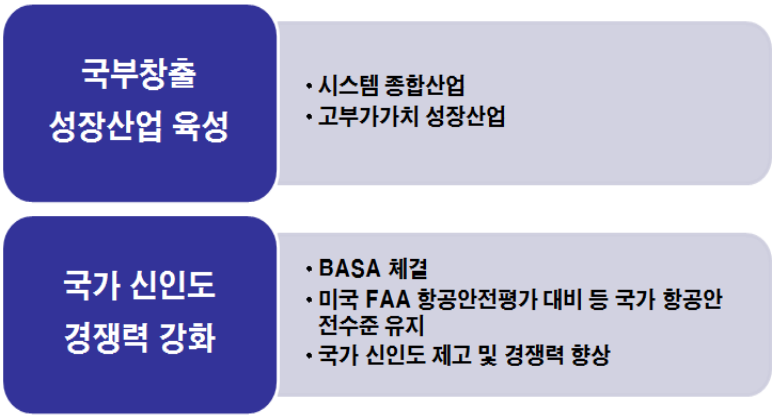


그림 159. 사회·경제적 기대효과

8절. 연구수행체계 제안

1. 항공기용 디젤 왕복엔진 개발

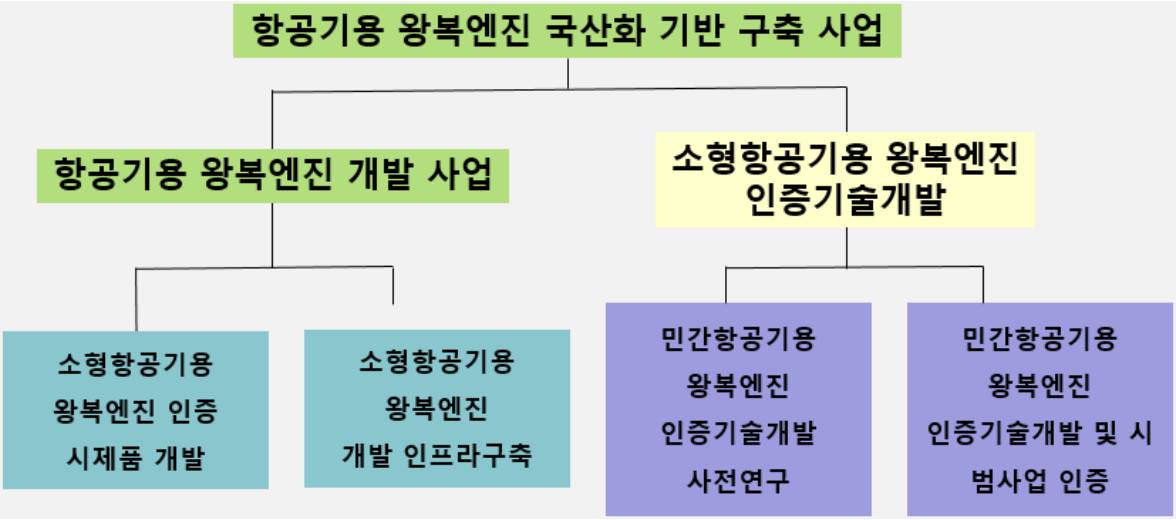


그림 160 항공기용 엔진 국산화 기반 구축 사업 추진 체계도

2. 인증기술개발 연구수행 체계

표 87 인증기술개발 연구수행 체계

주 관 기 관	총 참 여 연 구 원	담당 연구개발 내용	
항공기등의 인증 전문검사기관	·민간항공기용 왕복엔진 인증기술개발 사전연구 : 5명	과제명 1.	민간항공기용 왕복엔진 인증기술개발 사전연구
	·민간항공기용 왕복엔진 인증기술개발 및 시범사업 : 11명	과제명 2.	민간항공기용 왕복엔진 인증기술개발 및 시범사업

기 관 별 참 여 현 황			
구 분	기관수	인원수	총인원 수
산 업 계	0	0	11명
대 학	0	0	
국공립(연)	0	0	
출 연 (연)	1	11	
기 타	0	0	

참 여 기 업
해당사항 없음

3. 민간 항공기용 터빈엔진 인증기술 개발 사전 연구 및 인증기술 확보를 통한 시범사업 인증

표 88 시범사업 인증수행 체계

주 관 기 관	총 참 여 연 구 원	담당 연구개발 내용	
항공기등의 인증 전문검사기관	·민간항공기용 터빈엔진 인증기술개발 사전연구 : 10명	과제명 1.	민간항공기용 터빈엔진 인증기술개발 사전연구
	·민간항공기용 터빈엔진 인증기술개발 및 시범사업 : 30명	과제명 2.	민간항공기용 터빈엔진 인증기술개발 및 시범사업

기 관 별 참 여 현 황

구 분	기관수	인원수	총인원 수
산 업 계	0	0	30명
대 학	0	0	
국공립(연)	0	0	
출 연 (연)	1	30	
기 타	0	0	

참 여 기 업
해당사항 없음

4장. 사전타당성 검토

1절. 정책적 타당성

○ 항공우주산업은 기본적으로 국방계획과 맞물려 발전되는 성격을 가지고 있으며, 기술진입장벽이 매우 높고 개발노하우 등 기술습득이 중요한 역할을 차지하는 기술적 특성으로 항공우주산업은 국가의 산업고도화에 전략적 기반을 제공함.

○ 항공우주산업의 기본육성 방향으로는 항공산업 내 각 용도별 시장추세에 맞는 전략을 각각 수립 및 실행하고, 이를 통해 우리나라 항공산업의 경쟁 역량을 축적함으로서 세계 항공시장에서 주요한 시장 참여자의 역할을 담당하는 한편 항공산업의 국제 경쟁력을 확보하는 것임.

○ 타산업(기계・자동차・조선)의 육성정책은 일반적으로 정부차원에서 육성정책을 먼저 수립하고 국산화유도, 자금 및 세제 등 적극적인 지원정책을 추진하며 기본적인 대외경쟁력을 확보한 후에는 시장중심으로 전환하는 방향으로 육성정책을 전개해나갔는데, 이를 우리나라 항공기용 엔진산업에 적절하게 적용할 필요가 있음.

표 89 해외 벤치마킹 대상국의 5가지 발전 유형

유형	내용	대상국
Type Ⅰ	민항기에 대한 국제 공동개발사업에 적극적 참여 → 세계 메이저 국가로 발전	일본
Type Ⅱ	세계 항공기 산업의 변화에 적절하게 대응 → 중소형 항공기 선두주자로 발전	브라질
Type Ⅲ	국가안보 측면에서 항공기 산업 육성 → 세계적인 항공기산업 국가로 발전	이스라엘
Type Ⅳ	방산에서 민수로 확대를 통한 기술발전 → 특화된 기술 경쟁력 확보	스웨덴
Type Ⅴ	자국 수요시장 제한적, MRO 분야 특화 → MRO분야 세계 메이저 국가로 발전	싱가포르

○ 항공기용 엔진산업의 기본육성방향으로는 항공기용 엔진산업의 시장추세에 맞는 전략을 각각 수립 및 실행하고, 이를 통해 우리나라 항공기용 엔진산업의 경쟁역량을 축적함으로서 세계 항공기용 엔진 시장에서 주요한 시장참여자의 역할을 담당하는 한편 항공기용 엔진산업의 국제경쟁력을 확보하는 것임.

○ 우리나라 항공산업은 1970년대 후반 이후 군수부문을 중심으로 약 30년 동안에 많은

경험을 축적하며 발전해왔음.

○ 항공산업과 연계가 가능한 타산업분야의 경우는 이미 대외경쟁력을 확보하고 있음.

○ 현재는 항공선진국에 비해 우리나라 항공산업분야의 경쟁력이 열약한수준이나, 우리나라의 장점을 활용한다면 항공산업의 발전가능성은 매우 높음.

○ 정부는 국제민간항공기구(ICAO)의 규정과 동조약의 부속서로 채택된 표준과 방식에 따라 항공기의 항행의 안전성, 항공시설 설치 관리의 효율성, 항공운송사업의 질서 확립 및 항공의 발전과 공공복리의 증진을 위한 항공법을 제정하고 있음.

○ 항공기 등의 설계, 제작, 감항승인 및 국내 증명을 획득한 항공제품의 인증관리를 위한 기준·절차 및 의무사항 등의 규정 및 시행은 국토교통부 항공정책실(항공기술과)에서 담당하고 있음.

○ 정부는 국민의 안전과 직결될 수 있는 항공기의 안전, 항공기의 항행안전 그리고 항공시설에 대하여 관련 법규 및 절차에 따라 규제, 승인, 허가를 시행하여 있으며, 이중 항공기용 엔진에 대한 인증은 장착대상 항공기의 안전성 및 신뢰성과 직결되므로 공공의 안전을 목적으로 법적인 요건에 따라 전문적인 기술과 인력을 보유한 전문기관에서 기술검증 및 검사시험을 수행하도록 규정하고 있음.

○ 현재까지 항공기인증사업으로 기술표준품급 및 Part 23 소형 비행기급 인증 체계구축 및 시범사업이 수행된 바 있으며, 2인승 경량항공기의 인증을 위한 정책사업을 추진되고 있음. 그러나 항공기용 엔진의 인증 체계구축을 위한 과제는 추진된 바 없음.

○ 항공 산업을 차세대 성장동력으로 육성하기 위해서는 수요가 적은 국내 시장을 벗어나 해외시장을 목표로 항공기를 설계/개발 하여야 함. 높은 장벽의 세계 항공시장에 진출하기 위해서는 국내의 인증기술 및 인증체계를 갖추어야하며 또한 수출 대상국과 상호 간의 인증기술 및 체계에 대한 동등한 수준 이상임을 확인하는 기술협정을 체결하여야 함.

2절. 기술적 타당성

○ 우리나라 항공 산업은 60년대 군용기 정비를 시작으로 다양한 기술도입생산 또는 부품하청생산을 통해 생산기술 분야는 세계적인 경쟁력을 갖추고 있을 뿐만 아니라, 2000년대에는 독자기술로 KT-1 기본훈련기와 T-50 초음속 고등훈련기를 설계 및 제작함으로서 군용기에 있어서는 상당한 설계능력까지 갖추게 되었음.

○ 민간용 항공산업의 경우 항공기용타이어를 대상으로 한 기술표준품형식승인, 2013년에는 왕복엔진을 장착한 KC-100에 대한 소형 항공기급형식증명, 제작증명, 감항증명을 획득함으로써 소형 비행기에 대한 인증능력을 갖추게 되었음. 이는 항공선진국 대비 미흡한 수준이지만 높은 세계 항공시장에 진입하기 위한 기본역량을 갖추었다는 것을 시사함.

○ 항공기용 엔진의 인증인프라 구축은 양산을 전제로 한 엔진 모델이 전제되어야 함. 왕복엔진 관점에서 국내에 독자적으로 형식증명을 받은 항공기가 존재하므로 해당 항공기의 양산 및 후속 파생모델의 개발되는 경우, 국내에서 개발 및 인증된 경쟁력 있는 왕복엔진에 대한 수요가 예상되는 바, 국내 인증을 획득하기 위한 왕복엔진 모델의 확보 및 인증기술의 확보가 제고되어야 할 시점임.

○ 터빈엔진 관점에서 국내에 독자적으로 형식증명을 받은 항공기는 존재하지 않으나, 가까운 미래에 소형 터빈엔진을 장착하는 항공기의 개발이 가시화 될 것으로 예상되는 바 해당 항공기의 성공적인 형식증명 및 제작증명 획득을 전제로 한 양산 및 후속 파생모델의 개발을 고려하여, 국내에서 개발 및 인증된 경쟁력 있는 소형 터빈엔진에 대한 수요가 예상되는 바, 국내 인증을 획득하기 위한 소형 터빈엔진 모델의 확보 및 인증기술의 확보가 제고되어야 할 시점임.

1. 기술적 분석

○ 신규 시장 진입을 위한 신제품 개발 방법에는 크게 신기술을 바탕으로 새로운 시장을 개척하는 방안과 기존 시장에서 경쟁력을 갖도록 경쟁우위 설계를 통하여 시장 진입하는 방안이 있을 수 있음.

○ 신기술을 바탕으로 한 신규시장 진입방안은 그림 161과 같이 새로이 형성되는 시장과 기술을 바탕으로 사업계획을 수립하여 구체화 하는 방안이며 신규시장 창출이 가능하므로 시장 지배력이 높으나 사업 및 기술적 실현가능성을 높이기 위해 초기 기술개발 비용이 많이 소요되는 단점이 있음.

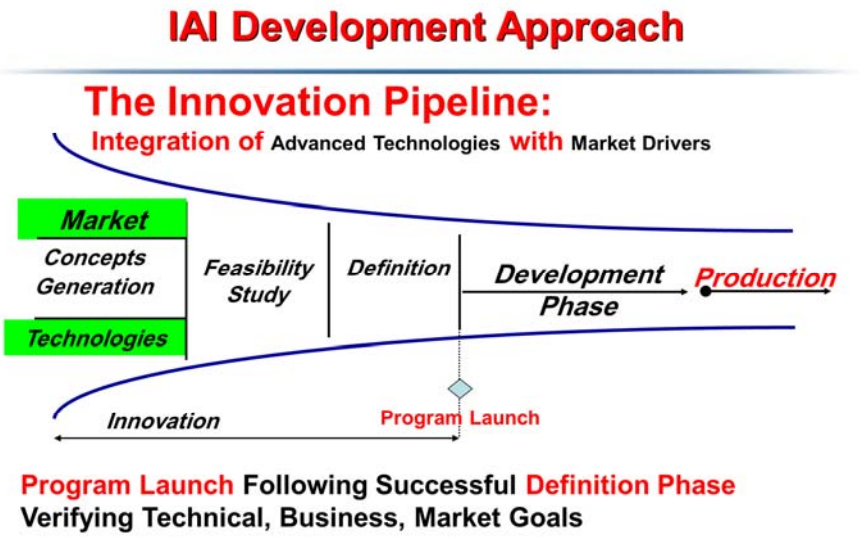


그림 161. 신기술 바탕 신규 시장 진입 방안

○ 경쟁우위 설계를 통하여 시장 진입 방안은 이른바 “me too” 전략으로 신규시장 창출을 위한 막대한 초기 비용을 들이지 않고 기존시장에 출시된 제품들 보다 가격, 성능 우위를 가지도록 설계하여 시장에 진출하는 방안임.

○ 동일 성능지수를 가지면서 가격이 낮은 가격 또는 동일가격을 가지면서 높은 성능지수를 가지도록 설계를 하게 되면 시장의 후발주자도 경쟁력을 가질 수 있음.

○ 상기에서 설명한 2가지의 신제품 개발 방법론 중에서 어느 방법이 효과적인지는 항공기용 엔진개발을 수행할 주체의 특성, 기술수준, 회사의 지명도, 경영진의 의지 등에 따라 달라지겠지만 우리나라의 경우 항공기용 엔진시장에 있어 후발국이므로 그림 161과 같은 경쟁우위 설계를 통하여 기존 시장에 진입하는 전략이 가장 적절할 것으로 판단됨.
○ 항공기용 엔진의 성능지수 향상 또는 가격절감을 위한 경쟁우위 설계를 위해서도 신기술 적용은 필요함.

○ 본 타당성 연구에서는 Case Study를 통하여 항공기용 엔진 개발을 위한 Baseline 기술을 바탕으로 경쟁우위를 점할 수 있는 설계가 되도록 유효기술 및 경쟁기종의 Case Study를 바탕으로 한 Trade-Off Study를 수행하여 기술 분석을 수행함.

○ 최신 항공기용 엔진 개발 기술 경향을 분석하여 신기술 적용방안 검토도 수행함.

○ 현대자동차는 2007년 순수 독자기술로 중소형, 중형, 대형 상용 디젤엔진 개발완료[92)]

- 신형 엔진 개발을 위해 제품 개발 4천억 원, 공장 투자 2천억 원 등 총 6천억 원이

92) 현대차, 디젤엔진 '완전독립' 성공, 2007년 10월 17일자 조선일보

투자됐으며, 연구 개발 기간은 39개월.

○ 두산인프라코어는 산업용 소형 디젤 엔진, G2 D18/D24/D34를 개발[93)]

- G2 엔진은 최적화 연소제어기술인 매연 초저감 연소(ULPC) 기술을 적용함으로써 매연을 따로 걸러내는 필터인 매연저감장치(DPF)를 장착하지 않음.

- 유해배기가스 배출량을 6분의 1 수준으로 낮춰 ‘티어4 배기규제’를 만족

○ 삼성테크윈은 2005년 공군 차세대 전투기 F-15K 항공기 엔진 F110-STW-129A를 국산화 성공함.[94)]

- 2년 6개월 동안의 개발기간을 거쳐 26종의 핵심부품을 자체 기술로 제작하고 조립 및 시험 성공

2. 항공기용 엔진 신기술 추세

○ 항공기용 엔진 신기술

○ 항공기의 직접 운용비(DOC, Direct Operating Cost)에 있어서 연료비가 차지하는 비중을 나타내고 있음.

- 1995년 이후 유가는 가파르게 상승해 오고 있어 운용비에서 연료비의 비중이 계속하여 커진 것임.
- 향후의 유가 향방은 속단하긴 힘드나 “High Oil Price”의 경우를 염두에 두지 않을 수 없으며, 항공기 개발에 있어서 에너지 효율적인 측면이 계속해서 강조될 것임.

93) [IR52 장영실상] 두산인프라코어 ‘산업용 소형 디젤 엔진’, 2013년 4월 15일자 MK뉴스
94) 첫 국산 항공기엔진 F110-STW-129A, 2005년 1월호, POPULAR SCIENCE

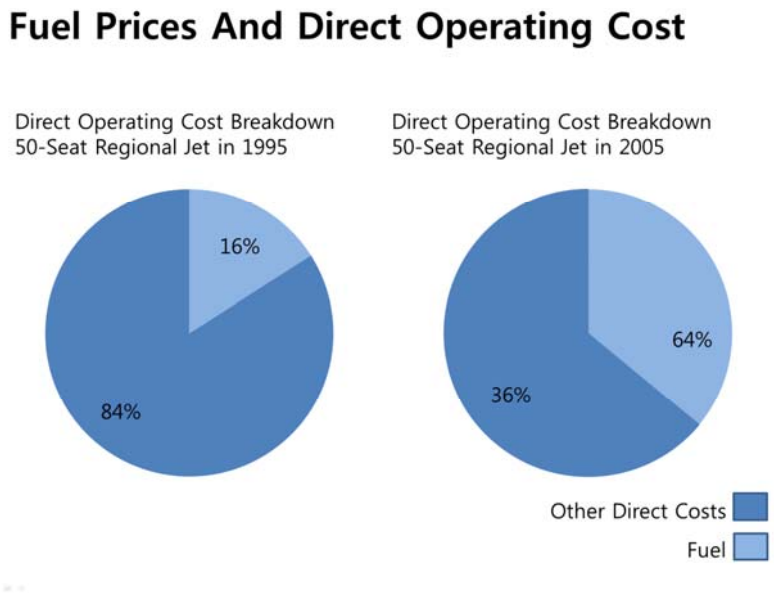


그림 162. DOC에서 연료비 비중

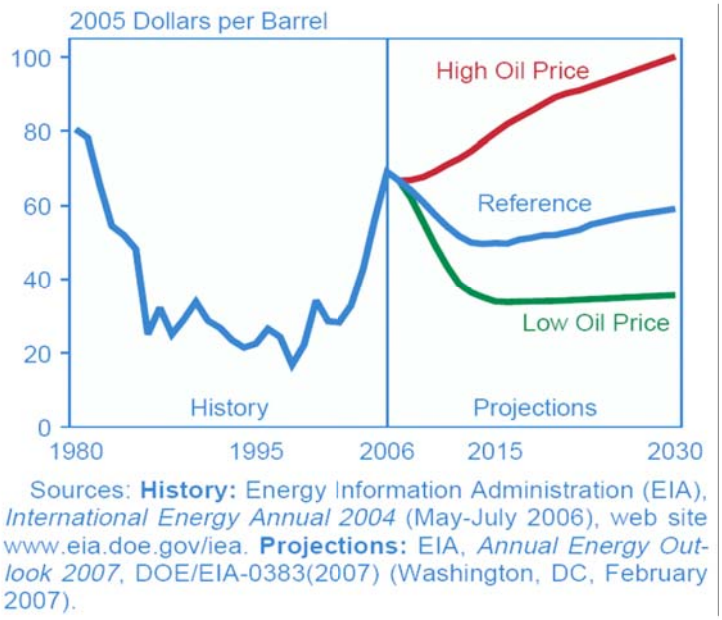


그림 163. 국제 유가 향방, 1980~2030

○ 항공기용 엔진 개발 및 운용의 추세에 있어서 환경영향성의 고려도 중요한 요소임.

- 항공기 운용 시 대표적인 환경영향성은 항공기 엔진에서 발생하는 소음과 배출가스의 영향이며 이 중 배출가스에 의해서는 운용고도별로 오존층 파괴, 온실효과유발, 대기오염을 들 수 있음.

- 이와 같은 문제점으로 인하여 법제화를 통하여 배출가스의 규제를 강화하고 있고 앞으로도 강조될 것으로 판단되므로 항공기용 엔진 개발 시 반드시 고려해야 할 요소임

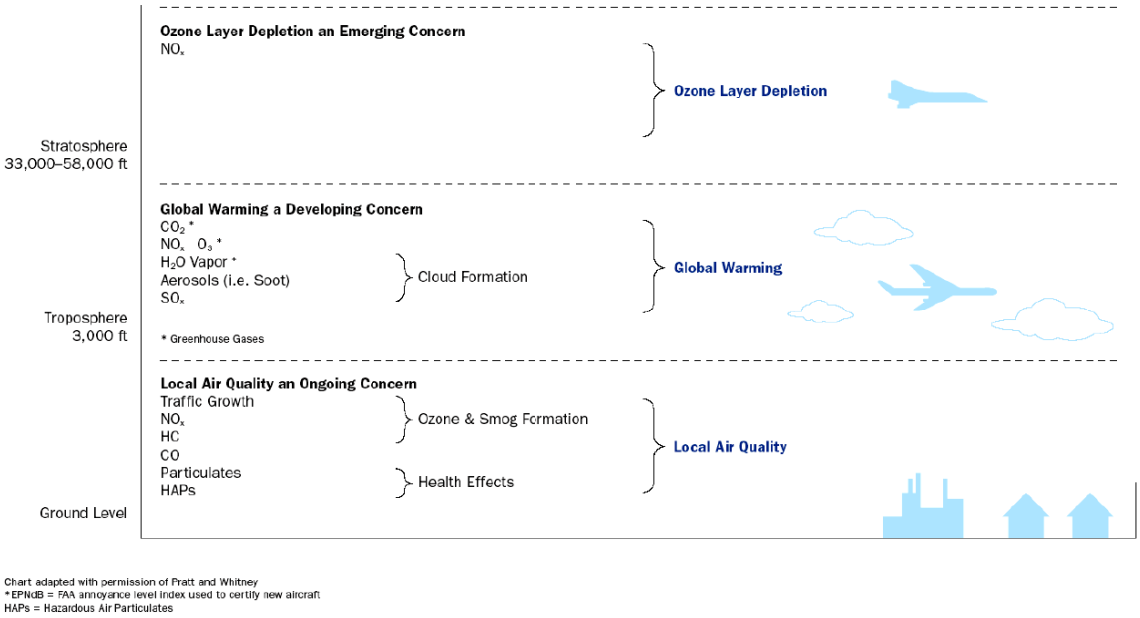


그림 164. 환경 영향성 검토

○ Rolls-Royce 엔진의 신기술 적용 사례[95)]

- 엔진 또한 효율 향상을 위한 기술추세 반영 경향이 뚜렷하며 복잡한 기계식 장치를 대체하여 전기식 장치로 단순화하는 설계를 많이 채택하고 있음.

- 기존에 유압을 대신하여 전기식 작동기를 사용한다던지 엔진 블리드 에어를 이용한 결빙 방지(Anti-Icing & De-Icing) 그리고 전기식 브레이크 등 많은 시스템 분야에서 중량을 절감하고 작동을 단순하는 장점을 채택하기 위해 전기식 장치의 활용이 많아지고 있음.

95) Rolls-Royce 홈페이지, http://www.rolls-royce.com/

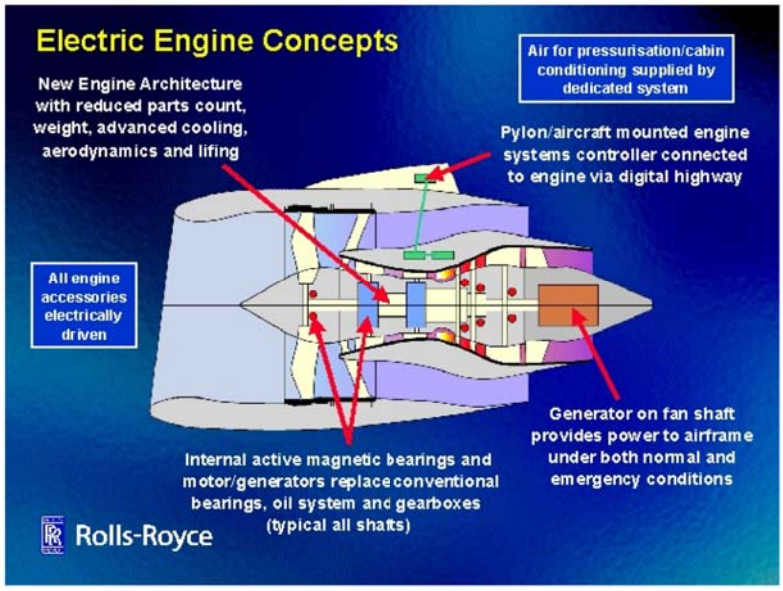


그림 165. 엔진 신기술 적용 사례

○ 마그네슘합금[96)]

- 엔진출력향상이나 공기저항 감소를 위한 설계기술은 현재 한계에 도달하였으므로 엔진경량화에 의한 연비향상이 가장 효율적임.

- 기존 알루미늄합금으로 제조하는 엔진 부품을 밀도가 1.8g/cm^{3}정도인 경량의 마그네슘합금으로 대체하여 엔진을 경량화 시킬 수 있음.

- 마그네슘의 밀도는 알루미늄의 3분의 2로서 비강도가 금속 중 가장 크고 Stiffness가 우수함. 전자파에 대한 차폐성과 진동 흡수성이 우수하고 기계가공성과 금형 수명이 우수하기 때문에 우주항공, 자동차 및 특수방산용 부품으로 각광 받고 있음.

- 마그네슘합금은 산화성이 크고 폭발에 대한 위험성과 내식성 및 내열성이 떨어지는 단점이 있음.

- 국내에서 마그네슘 합금의 개발 및 이용은 1993년에 AZ91합금에 의한 다이캐스팅으로 Key lock set을 개발하여 사용하고 있고 1998년에는 Air bag case를 개발하여 사용되고 있음.

- 항공기엔진의 Compressor, Gear box housing, bypass엔진을 마그네슘합금으로 제조하고 있음.

- 다른 엔진제조업체들도 마그네슘합금의 내열성을 개발하여 엔진 casing의 경우 여객

96) 마그네슘합금 개발과 자동차부품 적용, 한국기계연구원 재료기술연구부 김경현

기는 마그네슘합금, 군용기는 알루미늄합금으로 사용하고 있음. 또한 대형의 마그네슘 주조품으로는 Turbofan, gearcasing으로 사용되고 있음.

- Helicopter부품은 gear box와 rotor head 등 특수한 부품들이 마그네슘합금으로 사용되고 있고 동체와 보기부품으로 그 사용범위는 날로 확대되고 있음.

- 최근 고순도 마그네슘사용과 표면처리기술개발로 다른 금속재료와 유사한 내구성을 유지하므로 사용범위가 확대되고 있음. 마그네슘합금에 희토류금속첨가로 용접성을 향상시켜 군용기 조종석덮개를 개발하였으며 wire flying control을 위한 pully도 개발되었음. BAe항공사에서는 1960년부터 대부분 민간항공기의 pully system을 마그네슘합금으로 사용하고 있음. 마그네슘합금주물은 stiffness가 크므로 조종실의 control column, 중심받침대, wheel등을 마그네슘합금으로 개발하여 사용하고 있다. 전투기 및 훈련기의 경우 wing pylon, tailplane mounting, windscreen과 canopy등에 사용하고 있고 windscreen side, canopy center beam, rear arch 등의 부품을 개발되어 사용하고 있음. Missile부품으로는 tank와 wing 내,외부의 skin, spar, rib, ring frame, stringer 등에 마그네슘합금을 사용함.

- 마그네슘합금 다이캐스팅 합금으로 가장 많이 사용되는 것은 AZ91합금이지만 사용온도가 120°C밖에 되지 못하므로 엔진용으로는 부적합한 재료이기 때문에 4%Al 과 2% 희토류원소를 첨가하여 300°C에서도 사용 가능한 AE42합금이 개발됨. 최근에는 보다 고온용 합금으로 Mg-Al-Mn-Sc 합금이 개발 중에 임.

- 마그네슘합금의 장점을 유지하면서 내식성, 내열성 향상을 위한 합금개발로 보다 가혹한 조건의 엔진부위의 부품까지도 개발함으로써 향후 기존의 알루미늄합금에 의한 부품을 마그네슘합금으로 대체가 크게 증가될 것으로 전망

○ 2013년 4월 재료연구소는 고온에 잘 견디고 변형이 되지 않는 항공기 제트 엔진용 차세대 '단결정 초내열합금'을 개발하였음. 이 합금은 950~1000도의 높은 온도에서 기존 합금보다 수명은 2.5배, 변형 저항성은 3.5배 증가함. 다른 선진국의 차세대합금 개발에 들어가던 레늄 등 고가 원소의 함유량을 최소한으로 줄여 경제성 측면에서도 경쟁력을 가짐.[97]

○ 항공기용 수소 왕복엔진에 관한 연구 진행 중[98]

- 항공기용 수소왕복엔진 시스템은 기존의 일반적인 왕복엔진을 기반으로 고압 또는 액체수소를 연료로 사용하는 시스템이며 항공기의 프로펠러를 직접 구동하여 추력을 발생시킴. 수소 연료는 비행체의 동체 또는 날개에 장착된 탱크에 저장되며, 연료공급계통을 통해 엔진으로 공급된 수소 연료는 엔진내부에서 공기와 혼합되어 연소되고

97) 항공기 엔진용 차세대 초내열합금 개발, 2013년 4월 5일자 인터넷과학신문 사이언스타임즈
98) 고고도 장기체공(HALE) 무인기 추진시스템 기술 동향, 김근배 외, 2011, 항공우주산업기술동향 9권 2호

연소된 배출가스는 터보차저를 구동하여 엔진으로 유입되는 흡기압력을 증대시킴.

- 항공기용 수소 왕복엔진 시스템을 항공기에 장착하고 운용하기 위해서는 경량화가 필수적임. 또한 수소는 단위중량당 에너지 밀도가 가장 높은 연료로서 초희박 연소가 가능하여 연소 안정성이 우수하지만, 액체수소 또는 고압의 수소를 저장하기 위한 연료저장 및 제어기술의 개발이 요구됨. 수소연료의 특성을 고려한 점화 제어기술 및 엔진의 흡기와 배기계통 최적화 그리로 유해 배출가스의 최소화 연구가 수반되어야 함.

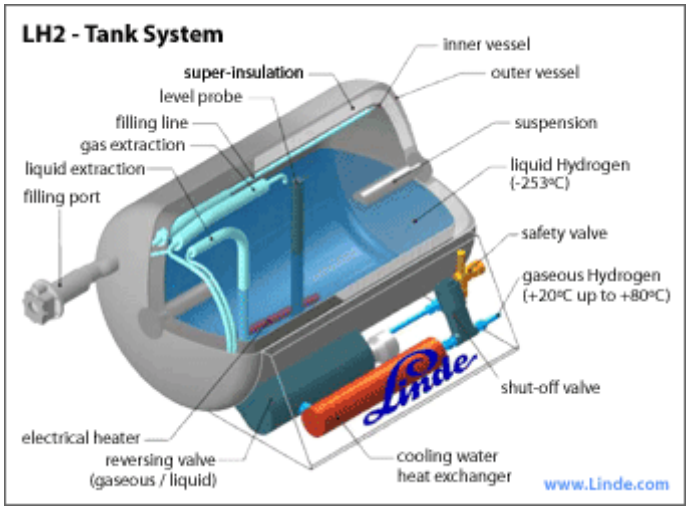


그림 166. Linde사 액체수소 탱크

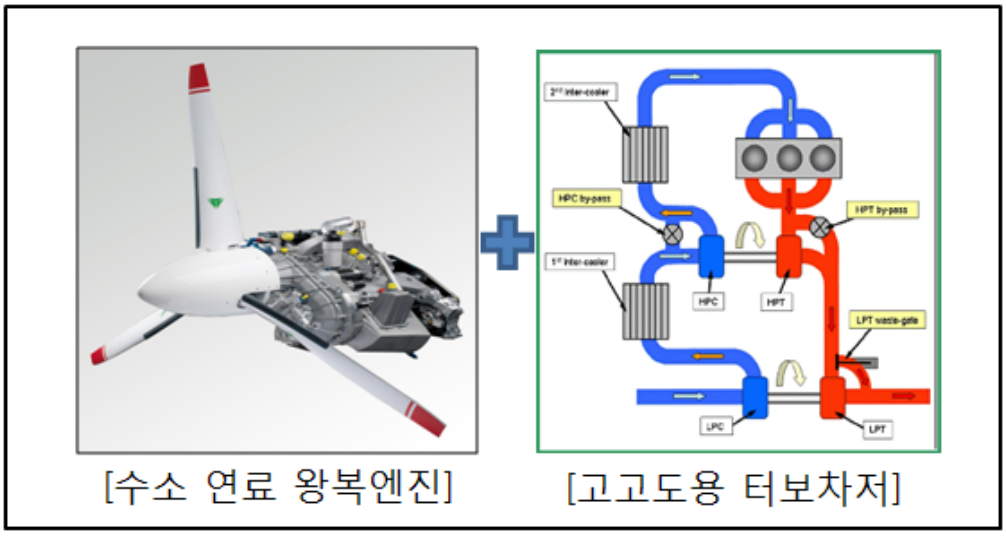


그림 167. 항공기용 수소 왕복엔진 시스템

- 미국의 Boeing사가 개발중인 Phantom Eye 무인기에는 Ford사의 2.3리터급 4-실린더 가솔린 엔진을 개조한 항공기용 수소 왕복엔진 시스템이 장착됨. 이 엔진은 액체수소를 연료로 150마력의 출력을 나타냈으며, 지상 20km 고도의 희박한 대기환경에서 작동하도록 3단 터보차저와 인터쿨러를 장착함.

- AeroVironment사의 Global Observer도 수소 왕복엔진을 적용함. 여기에 장착된 엔진은 발전기를 구동하여 전력을 생산하며, 생산된 전력으로 모터를 돌려서 항공기의 동력을 발생시킴.

- 국내에서는 성균관대학교 등 일부 대학과 한국기계연구원 등의 연구기관에서 수소 왕복엔진 관련 연구를 수행해오고 있음. 한국기계연구원에서는 수소 연료를 기존 내연기관 연료에 첨가하여 유해 배출물을 저감시키기 위한 연구를 비롯한 수소엔진 실용화를 위한 여러 가지 기초연구를 수행하고 있으나, 아직까지 전반적인 수소 왕복엔진 기술 수준이 선진국 대비 낮은 수준에 머무르는 실정임.

표 90 수소 왕복엔진 특징 비교

제작사/모델	출력	비고
Ford 2.3리터 Duratec	150hp	수퍼차저 장착
BMW 6리터 V12	260hp	액체수소/가솔린 겸용
AeroVironment Global Observer	-	발전기 구동 (4개의 모터/프로펠러 구동)
Boeing Phantom Eye	150hp	Ford 2.3리터 엔진 개조



그림 168. 한국기계연구원의 수소연료 첨가 왕복엔진

3절. 경제적 타당성

1. 경제성 분석 연구 배경

가. 항공산업 선진화기반 구축

○ 민간 항공운송서비스시장은 육상 및 해상운송에 비해 수요가 급격히 신장되는 미래형 운송시장임. 항공운송은 장거리 이동에 편리할 뿐 아니라 글로벌화가 촉진되어 인적 및 물적 자원의 국가 간 이동이 급속히 증가되면서 운송시장 규모가 경제성장률보다 훨씬 빠르게 성장하는 대표적 성장산업임.

○ 민간 항공운송 수요의 증가는 항공기와 부품의 파생수요를 유발함으로써 항공제조업의 동반성장을 촉진하고 있음. 항공기 제조업체들은 운송수요 증가에 대응하기 위해 여객기의 대형화, 고속화, 안락성 및 안전성 향상을 위해 치열하게 경쟁하고 있으며 비즈니스, 레저, 관광 및 공익 등 다양한 용도의 중소형 항공기를 개발하고 있음.

○ 항공기와 부품 제조업은 항공운송 수요와 밀접한 관련이 있지만 첨단기술과 고급 인력을 요하는 분야로서 기계, 전자통신, 컴퓨터와 소재 등 기반산업이 갖춰져야만 경쟁력을 유지할 수 있음. 우리나라는 세계 10위권의 항공운송대국이면서도 항공제조업 분야는 상대적으로 낙후되어 있고 국민경제에서 차지하는 비중도 그리 높지 않으며 브라질, 인도네시아 등 경제력이 뒤진 나라들이 우리나라보다 앞서 항공기 제조에 뛰어들어 세계시장에서 일정 지분을 점유하고 있는 실정임.

○ 우리나라 항공기 제조업이 경제적 위상에 비해 상대적으로 낙후된 것은 ①민간부문이 감당하기에 엄청난 투자비가 소요된다는 점, ②투자비 회수에 오랜 시간이 소요되는 장주기산업이라는 점, ③중국, 브라질 등에 비해 국토면적이 작아 국내 항공운송 수요가 크지 않다는 점, ④다른 운송수단에 비해 글로벌 항공기 시장규모가 작아 몇몇 유력기업이 '자연과점' 시장을 형성하고 있어 진입장벽이 크다는 사실 등에 기인함.

○ 그동안 한국의 경제성장을 주도해온 전자, 조선, 정보통신, 기계, 화학분야에서 후발국들의 경쟁력이 커지면서 우리나라는 새로운 성장주도 산업의 발굴이 시급한 실정인데 고용 및 부가가치 창출능력이 우수한 항공제조업분야는 가장 유망한 분야의 하나로 평가할 수 있음.

○ 정부에서도 항공제조업이 성장성이 높고 틈새시장의 발굴이 용이하다는 점에 주목하여 최근 항공선진화를 추진하고 있음.

나. 중소형항공기와 부품의 국산화기반 구축

○ 정부는 2010년 「항공산업발전기본계획」을 통해 “2020년 생산 200억불, 수출 100억불 달성”을 통한 “항공산업 Global 7 도약”이라는 비전을 제시하고 민항기 완제기 수출국으로의 도약을 그 목표로 천명한 바 있음.

○ 동 기본계획에서는 ①완제기 개발 ②부품/MRO 육성 ③핵심기술 확보 ④인프라 선진화 등 4대 전략 추진방향을 설정하고 구체적 과제로서 수출용 민항기 개발, 미래형 비행체 선도개발, 대형 민항기 국제공동개발 참여, 민수부품 수출산업화 역량 제고 등 13개 과제를 제시하였음.

○ 「항공산업발전기본계획」의 비전과 항공선진화 목표를 달성하기 위해서는 중소형 항공기의 국산화와 함께 엔진을 비롯한 핵심 부품의 국산화를 동시에 추진함으로써 항공제조업의 생산, 부가가치 창출, 고용 및 수출 역량을 확대할 필요가 있음.

○ 그러나 글로벌 항공기시장 및 부품시장은 이미 성숙단계로 들어서고 있어서 기존 시장의 진입장벽이 매우 높으므로 국산화할 기종과 부품의 선정이 매우 중요함. 또한 미래 성장동력으로 육성하기 위해서는 기술성공 가능성 못지않게 사업화 가능성을 선정기준으로 삼아 항공기의 기종과 부품의 품목을 선정해야 함.

○ 본 연구는 민간 항공기용 엔진의 국산화 기반을 구축하는데 따른 경제성 분석을 목적으로 하며 구체적으로는 국내에서 이미 개발한 KC-100 항공기용 피스톤엔진과 향후 개발을 추진하고 있는 중소형 항공기용 가스터빈엔진의 국산화에 따른 비용과 편익을 분석하고 이를 토대로 경제성을 평가하고자 함.

다. 연구내용

○ 본 연구에서는 이미 개발을 마친 국산 KC-100 항공기에 장착할 피스톤엔진의 국산화 및 20,000파운드 급 비즈니스제트기(Korea Advanced Business Jet, KABJ) 엔진의 국산화 사업에 대한 경제적 타당성을 분석하고자 함.

○ 정밀한 경제성 및 재무성 분석을 위해서는 개발할 엔진기종에 대한 기술성공을 전제로 구체적인 양산화계획, 마케팅전략 등을 수립한 후 비용과 편익을 비교분석해야 하나 기획연구 단계에서는 매출액 시나리오와 개발비 자료에 예비타당성 평가지침을 적용하여 대략적인 경제성분석을 수행하고자 함.

○ 경제성분석을 위해 연구 주관기관 및 참여기업에서 제시한 비용과 글로벌 피스톤엔진 시장동향, 중소형 항공기 국산화보급기반 구축기획에서 제시한 매출액시나리오 등을 토대로 비용과 편익을 추정하여 경제성을 평가하였음.

○ 특히 KC-100용 피스톤엔진은 기존의 가솔린 엔진 대신에 디젤엔진으로 개발한다는 점에서 국내 판매는 물론 해외수출도 달성할 수 있다고 가정하였으며 가스터빈엔진의 경우에는 글로벌시장 침투가 상대적으로 어려운 점을 감안하여 우선 국내에서 개발되는 KABJ에만 장착하는 것으로 가정하였음.

2. 경제성 분석기법 검토

가. 경제성 분석의 의의와 절차

(1) 경제성 분석의 의의

○ 민간 또는 공공투자사업을 추진할 경우 사전에 재무적 또는 경제적 성과를 예측하여 투자사업의 타당성을 평가하는데 공공투자사업의 타당성 분석에서는 경제성에 관한 분석과 함께 정책적 차원에서의 분석도 병행함.

○ 경제성 분석은 투자사업의 경제적 가치가 어느 정도인지를 파악할 수 있게 함으로써 특정 투자사업의 실행여부를 결정하거나 다양한 투자대안 중에서 최적 대안을 선택하는 중요한 기준이 됨.

○ 경제성분석 결과는 정책적 차원의 분석을 수행하는데 있어서도 기본적, 필수적 자료로 활용됨. 따라서 경제성 분석은 공공투자사업의 예비타당성 조사의 필수불가결한 부분임.

○ 한편 구체적인 시장이 존재하는 상품개발의 경우에는 투자자 관점에서 수익성 및 투자여부를 판단할 수 있도록 재무성분석이 수행되는데 분석기법은 경제성분석의 경우와 비슷하지만 할인율의 적용 등에 더욱 보수적 기준을 적용함.

(2) 경제성 분석의 절차

○ 수요추정: 시장조사, 통계적 추정, 과거의 유사 사업 사례분석 등을 통해 수요 추정치의 적합성 여부를 점검함.

○ 비용추정: 연구개발비, 시설 구축비와 유지관리비, 용지보상비 및 운영비용 등 총사업비를 추정함.

○ 편익추정: 추정된 수요에 입각하여 편익항목을 식별하고 편익을 추정함. R&D사업의 경제성 평가에서는 기술성공 가능성, R&D 기여율, 부가가치율 등을 함께 고려함.

○ 경제성 분석: 적절한 분석기법을 활용하여 투자사업의 경제성이나 재무성을 파악하는데 필요한 경우 수요, 단가, 할인율 등 주요 변수의 변화가 경제성에 미치는 영향에 대한 민감도 분석도 수행함.

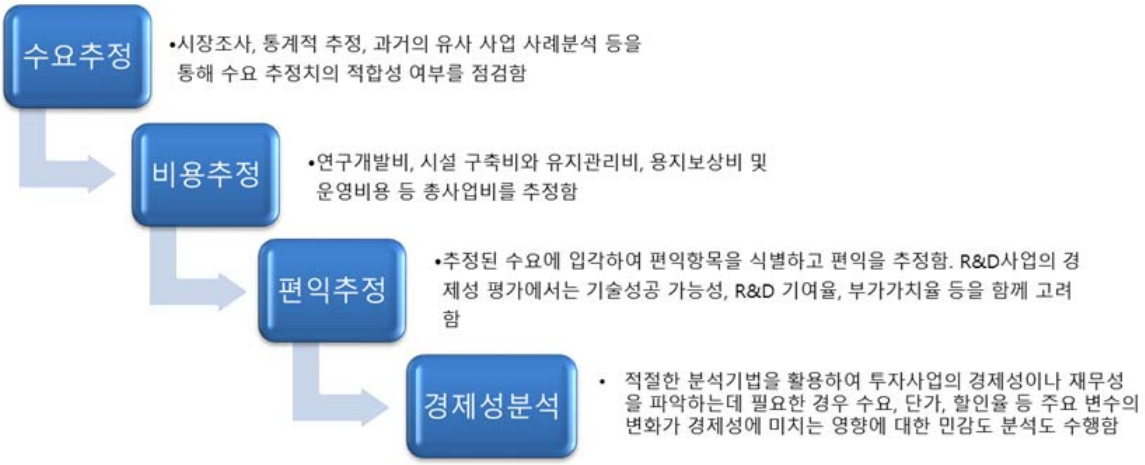


그림 169. 경제성 분석의 절차

나. 경제성 분석기법과 쟁점들

(1) 경제성 분석과 재무성 분석

○ 경제성 분석은 공공사업의 비용과 편익을 국가 전체적(사회적) 입장에서 측정하고 이에 따라 경제적 수익성을 계산하여 타당성 여부를 결정하는 방법으로서 시장가격 대신에 잠재가격으로 비용과 편익을 계산함.

○ 재무성 분석은 개별 사업주체의 입장에서 실제의 금전적 비용과 수입(현금흐름)을 추정하고 이에 따른 재무적 수익성을 계산하여 그 사업의 타당성을 검토하는 방법이며 경제성분석과 달리 단순 시장가격을 적용하여 비용과 편익을 계산함.

○ 경제성 분석에서는 비용과 편익의 현재가치를 계산하기 위해 사회적 할인율을 적용하는데 개인적 할인율, 기업할인율 및 다른 할인율을 가중 평균한 자본비용 등을 적용하며 재무성 분석에서는 시장이자율과 사업위험 등을 고려하여 재무적 할인율을 적용하는데 일반적으로 공공투자사업의 경우보다 높은 할인율을 적용함.

표 91 경제성 분석과 재무성 분석

구 분	경제성 분석	재무성 분석
평가의 관점	국민경제적 입장	개별 사업주체 입장
측정가격	잠재가격	시장가격
세금, 이자비용 등 이전비용	제외	포함
적용 할인율	사회적 할인율	재무적 할인율 (시장이자율, 사업위험 등)

(2) 주요 분석기법

(가) 순현재가치법(NPV Method)

○ 투자사업으로 발생하는 미래의 수익(또는 현금유입)과 비용(또는 현금유출)을 일정한 할인율로 할인하여 현재가치를 구한 다음 순편익을 계산하는 방법

○ NPV 값이 0보다 큰 사업은 투자가치가 있음을 의미하며 복수의 투자대안 중에서 선택할 경우에는 NPV가 큰 순서로 투자대안을 선정함. 편익-비용비율과 함께 가장 널리 활용되는 기법임.

○ 편익의 순현재가치(NPV) = $\sum_t^n (B_t - C_t)/(1+r)^t$

B_t: t기의 편익(현금유입)
C_t: t기의 비용(현금유출)
r : 할인율(자본비용, 필수 이익률 또는 시장이자율 등 적용)
n : 분석기간(비용과 편익이 발생하는 기간)

(나) 수익성지수법(PI) 또는 편익-비용 비율(B/C Ratio)

○ 투자사업으로 발생하는 미래의 수익(현금유입)의 현재가치와 비용(현금유출)의 현재가치를 비교하는 방법

○ 이 비율이 1보다 크면 투자가치가 있으며 여러 투자대안이 존재하는 경우에는 이 비율의 크기 순으로 사업을 선택함.

○ 편익-비용 비 = $\sum_t^n B_t/(1+r)^t / \sum_t^n C_t(1+r)^t$

(다) 내부수익률법(IRR Method)

○ 투자사업으로 발생하는 미래의 수익(또는 현금유입)의 현재가치와 비용(또는 현금유출)의 현재가치를 일치시키는 할인율(내부수익률)을 구해 내부에서 사전에 정한 허용이자율이나 시장이자율 등과 비교하는 방법

○ IRR이 다른 비교대상 이익률보다 높으면 투자가치가 있음을 나타내며 그것이 높은 투자사업일수록 투자 우선순위가 높은 사업을 나타냄.

○ 내부수익률 i는 다음 조건을 만족시키는 할인율

$$NPV = 0 = \sum_t^n (B_t - C_t)/(1+i)^t$$

(라) 실물옵션방법

○ 전략적 유연성을 고려한, 즉 단계별로 투자사업 지속여부를 결정할 수 있는 방법으로서 Black and Scholes (1973), Merton (1973) 등에 의해 제시된 옵션가격 결정이론을 Myers (1977), Geske (1979), Kester (1984) 등이 투자의사 결정방법으로 발전시킨 경제성 분석 기법임.

○ 개발단계를 기획연구-탐색개발-본 개발 등으로 나누어 지속개발 여부를 단계적으로 평가하는 방식은 전략적 유연성을 고려한 평가방식으로 간주할 수 있음.

○ 현재 시점에서 연구개발 투자에 대한 의사 결정을 내리고, 대규모 설비 투자가 필요한 상업화 시점에 다시 한 번 시장 진입 여부에 대한 의사결정(옵션 권리 행사)을 내린다고 가정하면 옵션의 가치는 Black-Scholes 모형의 콜옵션 가격 공식에 의해 다음과 같이 주어짐.

$$BS_{call} = SN(d_1) - Xe^{-rfT}N(d_2)$$

○ 옵션 가격을 결정하는 5대 변수는 각각 다음과 같은 의미를 가짐.

S: 상업화 이후 예상되는 수익의 현재가치
X: 상업화 시점에서의 설비투자 비용(또는 상업화 비용)
T: 연구개발 시작부터 상업화 시작(또는 연구개발 종료)까지의 기간
σ: 프로그램/프로젝트 가치의 변동성
r_f: 무위험이자율

표 92 투자사업의 타당성 평가방법: 종합

	정 의	채택여부	우선순위
NPV	$\sum t^{n}(B_t-C_t)/(1+r)^t$	NPV 0 이면 채택	NPV가 큰 것부터
PI	$\sum t^{n}B_t/(1+r)^t/\sum_t{}^{n}C_t(1+r)^t$	1보다 크면 채택	PI가 큰 투자안부터
IRR	$\sum t^{n}(B_t-C_t)/(1+i)^t = 0$		IRR가 높은 것부터

(3) 경제성 분석의 쟁점들

(가) 현금흐름의 추정원칙

○ 경제성/재무성 분석을 위한 현금흐름은 잉여현금흐름(Free CF)을 의미함.

잉여현금흐름(FCF) = 영업현금흐름 - 자본적 지출 - 추가운전자본
= 영업이익(1-법인세) + 감가상각비 - 자본적 지출
- 추가운전자본

○ 기획연구에서는 구체적인 시설투자 및 양산화계획이 수립되지 않았으므로 'R&D사업 예비타당성조사 지침'과 매출액시나리오(판매량과 단가)를 기초로 한 부수수익, R&D 기여율, 부가가치율 등을 고려하여 편익을 추정함.

(나) 분석기간

○ 공공투자사업의 경우 대개 30년을 분석기간으로 하지만 사업 분야마다 상이함. 예컨대 수자원개발사업의 경우 50년까지를 분석기간으로 하기도 함.

○ 본 연구에서는 왕복엔진 장착 항공기의 경우 개발기간 약 5년, 개발 후 사업기간 20년 등 25년을 대상으로 편익을 분석하며 가스터빈엔진 장착 항공기의 경우는 1단계와 2단계로 나누어 1단계에서는 국내 단독개발(5년), 2단계에서는 국제공동개발을 추진하는 것으로 가정한 다음 1단계 개발 후 20년의 편익을 분석하였음.

(다) 할인율

○ 한국개발연구원(2008)에서 예비타당성조사에 적용할 사회적 할인율로 제시한 5.5%를 적용하고자 함(예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구, 2008. 12).

○ 다른 연구(KAIA의 '중소형항공기인증기술개발기획, 2008')에서는 5%의 할인율을 적용한 사례도 있으며 민간기업인 KAI에서는 10%의 할인율을 경제성분석에 적용하고 있음.

(4) R&D사업의 경제성 평가

○ 사업화의 성공여부를 중시하는 민간기업의 투자결정에서는 마케팅을 중시한 재무성평가에 주로 의존하지만 공공투자사업의 경우에는 비용-편익, 비용-효과, 비용-효율 등의 분석과 함께 정책적 타당성을 고려하고 있음.

○ 재무성 평가가 어려운 연구개발사업의 경제성분석에서는 신규시장 창출규모에 시장점유율(시나리오 적용), R&D기여도, 사업화 성공률, 부가가치율 등을 함께 고려한 순편익을 비용과 비교하는 방식으로 경제성(B/C Ratio)을 평가함(한국개발연구원,「연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구」, 2008. 12).

○ 본 기획연구는 우리나라에서 아직 개발되지 않은 민간항공기용 엔진의 국산 화를 위한 응용연구에 해당하므로 R&D사업의 경제성평가 방식을 적용함.

다. 항공기와 부품의 개발비 결정요인

(1) 항공기의 비용함수

○ 항공기의 개발비와 양산비를 예측하기는 매우 어렵지만 항공기 성능에 관련시킨 비용함수, 중량에 관련시킨 비용 추정함수, 경제적 관점에서 파악한 비용함수 등으로 그 규모를 예측할 수 있는데 이중 항공기 성능에 관련된 비용함수는 순항속도, 최대고도까지 도달시간, 순항거리, 항속시간 등을 변수로 하여 비용을 추정함.

○ 경제적 관점의 비용함수는 이륙중량, 최대설계속도, 생산된 항공기의 수, 승객 수, 개발 및 생산에 투입된 인력의 임률, 물가상승률, 시험비행시간, 엔진과 항공전자장비의 가격 등의 변수에 의해 결정됨.

○ 어느 경우이든 개발주체의 기술수준, 인프라 수준, 개발경험 등에 따라 항공기 개발비용에 큰 차이를 보이며 개발 성공 후에는 노동자 임률 등에 따라 양산비가 달라질 수 있음. 즉 많은 개발경험을 보유한 항공기 제작업체들은 풍부한 인적자원과 개발인프라를 보유하고 있어 신형 항공기나 파생기의 개발비용이 적게 들지만 설계, 소재, 제작기술 등에서 뒤진 후발국들은 기술성공 가능성도 작을 뿐 아니라 훨씬 많은 개발비를 투입해야 함.

○ 브라질, 인도네시아, 중국, 우크라이나 등은 개발도상국이면서 완제기를 수출하는 항공선진국인데 이들은 모두 영토가 넓어 국내 항공운송 및 항공기 수요가 크다는 점에서 항공제조업 분야에 이점을 지녔기 때문임. 인건비가 저렴한 BRICS 국가들은 가격경쟁력과 내수기반이란 측면에서 우위를 점할 수 있으므로 중・저가항공기 시장에서 높은

경쟁력을 유지할 전망임.

○ 지금까지 학계와 산업계에서 항공기 개발경험을 토대로 여러 개발비와 양산비 추정 모델이 제시되었지만 어떤 기종을 개발하고 어떤 기술과 소재가 사용되는지에 따라 개발비와 양산비가 큰 차이를 보일 수 있음.

표 93 항공기 개발비 모델

모 델	특 징
Roskam 모델	- 1985년에 발표 - 모델의 원형은 1972년에 발표된 RAND Corp.의 모델 - 터보프롭기나 프로펠러엔진 추진 항공기의 비용 추정에 적합
Raymer 모델	- 1989년에 발표 - Jet엔진 추진 항공기를 데이터베이스에 포함 - 모델이 너무 간소하다는 평가
Burns 모델	- 1990년대에 개발된 모델 - 전투기, 수송기, 상용 항공기의 사전 설계자료로 활용 - 항공기 파생기보다는 신형항공기 개발에 중점을 두었고 Jet엔진 추진 항공기의 비용 산출에 적합한 모델
MIT모델	- 2000년대 초반에 발표 - 대형 여객기 개발비•생산비 데이터를 회귀분석함으로써 개발비와 생산비를 추정한 모델 - 회귀분석에 제트엔진 추진항공기들이 많이 포함되었으므로 제트기의 개발비•생산비 추정에 적합 - 항공기 중량을 토대로 개발비와 생산비를 추정

(2) 항공기 부품의 개발비 결정요인

○ 항공산업은 21세기 산업고도화를 선도할 수 있는 대표적인 시스템종합산업이며 지식기반산업으로서 수많은 부품업체 및 주변기기 산업과 연관되어 있으며 항공기는 자동차보다 10배 이상 많은 부품을 필요로 하므로 주요 항공기 제작업체들은 항공기 기체를 설계, 조립하는데 특화되어 있고 핵심 부품들은 전문화된 부품업체에서 조달하는 분업화체제를 유지하고 있음.

○ 항공부품은 항공기와 마찬가지로 시장규모가 작기 때문에 규모의 경제를 실현하기 어려운 고가격-다품종 소량생산 품목으로서 제품 안전성, 속도와 연비 등이 경쟁력을 결정하므로 업체 간 기술경쟁이 치열함.

○ 항공부품의 생산과정은 복잡하고 엄격한 과정을 거쳐 진행되고 업체들은 기술 및 제품개발 시 정부와 모기업의 지원에 크게 의존하므로 모기업과 부품업체들 사이에 결속력이 강한 공급사슬 구조가 형성됨.

○ 국내업체들은 일찍부터 보잉 및 에어버스 등에 민항기와 군용기의 일부 부품들을 제작, 수출해왔으며 풍부한 엔진정비 경험을 보유하였으나 핵심부품의 글로벌 시장은 선진국의 몇몇 업체들이 과점체제를 형성하며 강한 진입장벽을 형성하고 있음. 특히 제트엔진의 경우에는 GE Aviation, Rolls-Royce, Pratt & Whitney 등이 시장을 과점하고 있으며 피스톤엔진의 경우에는 Lycoming 등 소수업체의 시장점유율이 높지만 수많은 군수업체가 난립한 상태임.

○ 항공기 엔진은 고도의 기술력을 요하며 제조업 전반에 파급효과가 큰 고부가가치 품목으로서 기술개발과 사업화에 엄청난 투자비가 소요되며 선진국으로부터 기술이전을 받기도 쉽지 않음. 따라서 국내개발을 추진하는 경우 장기적인 계획에 따라 연구개발을 추진해야 하며 기술과 자본이 미흡한 민간기업에 의존하기 보다는 정부의 주도적 역할이 요구됨.

○ 우리나라는 2000년대에 들어와 소형항공기의 국산화를 달성하고 중소형 항공기를 국산화하는 항공선진화 사업을 추진 중에 있으므로 국산화할 항공기에 장착할 엔진개발을 통해 국산화율을 높이고 사업화 기반을 강화시켜 나가야 할 시점에 놓여있음.

(3) 항공기 개발비 모델: MIT모델

○ 앞에서 소개한 항공기의 개발 및 양산비 모델들은 항공기와 핵심품목의 개발비와 양산비를 추정하는 기준으로 활용될 수 있음

○ 그 중에서 최근에 제시된 MIT모델은 16,885개의 시스템엔지니어링 비용 분석한 결과를 토대로 상용여객기의 개발비와 대당 제작비용을 항공기 중량에 대해 회귀분석하는 방식으로 표준개발비와 표준생산비를 추정하였음.

○ 표준개발비를 구성요소별로 구분하여 중량 1파운드 당 표준개발비를 계산한 결과는 다음 표와 같음.

표 94 상용기의 표준 개발비 모델

(단위: $/lb)

구 분	Engineer-ing	ME	Tool design	Tool Fab	Support	Totals
Wing	7,093	1,773	1,862	6,171	833	17,731
Empennage	20,862	5,216	5,476	18,150	2,451	52,156
Fuselage	12,837	3,209	3,370	11,169	1,508	32,093
Landing gear	999	250	262	869	117	2,499
Installed engines	3,477	869	913	3,025	408	8,691
Systems	1,3723	3,431	3,602	11,939	1,612	34,307
Payloads	4,305	1,076	1,130	3,746	506	10,763
Total	40.0%	10.0%	10.5%	34.8%	4.7%	100.0%

자료: Cost Analysis, Karen Willcox, MIT, Aerospace Computational Design Laboratory, 2004

3. 민간 항공기 및 항공기엔진 시장동향

가. 항공산업의 특성과 육성방향

(1) 항공산업의 특성

○ 첨단 과학기술의 결정체로 고급인력을 활용하는 고부가가치산업: 항공기와 그 부품을 개발하고 사업화하기 위해서는 기계, 전자, 정보통신, 부품소개, 시스템공학 등 기반기술이 잘 갖추어져 있어야 하고 풍부한 기술인력이 필요함. 또 개발비와 제조원가 중 인건비 비중이 높아 고용 및 부가가치 창출능력이 큼.

○ 엄청난 연구개발비와 시설투자비가 소요되는 리스크 산업: 항공기와 핵심부품 분야는 다른 산업에 비해 기술개발 및 사업화 성공 가능성이 불확실하고 투자비 회수기간이 길며 연구개발은 물론 기반시설 마련, 마케팅 네트워크 구축 및 신뢰성 확보 등을 위한 투자비가 과다하게 소요되므로 정부의 주도적 역할이 필요함.

○ 수많은 부품업체의 참여로 대・중・소기업의 동반성장 촉진: 완제기를 생산하기 위해서는 최소 3만여 개의 부품이 소요되며 경쟁력을 확보하기 위해서는 가볍고 튼튼한 첨단소재가 요구되므로 이 분야에 특화된 수많은 대・중・소기업들의 참여와 분업화가 필수적임.

○ 전・후방 연관효과가 크고 방위산업의 핵심 분야: 항공산업 발전은 연구개발, 부품소재산업, 정밀기계공업, 전자통신, 운송기기제조업은 물론 다양한 서비스 산업의 동반발전을 가능케 하므로 연관산업 및 지역발전에 미치는 파급효과도 큼. 또한 수입의존도가 높은 군용기의 국산화율 제고를 통해 방위산업의 발전을 촉진할 수 있음.

○ 제품차별화가 가장 활발히 진행되는 시장: 경제와 문화의 글로벌화가 진전되면서 항공운송 수요가 급속도로 확대되고 다양한 용도의 항공운송 수단이 요구되는 추세임. 그 결과 항공기와 부품시장에서도 다품종 소량생산체제가 형성되고 새로운 틈새시장이 생겨나고 있기 때문에 상대적으로 Blue Ocean 시장을 발굴하기가 용이함.

○ 규모의 경제를 실현하기 어려우므로 개발기종의 전략적 선택이 중요: 항공기와 항공기 부품은 고객의 다양한 수요를 얼마나 충족시킬 수 있느냐에 따라 경쟁력이 결정되므로 잠재수요가 풍부한 기종을 전략적으로 선택하는 것이 사업화의 성패를 좌우함. 우리나라의 경우 이미 개발된 KC-100과 국산화를 추진 중인 중소형 비즈니스기에 장착할 엔진을 우선 개발함으로써 내수를 확보할 수 있고 피스톤엔진의 경우 연료효율이 높은 디젤엔진 개발을 통해서 글로벌시장 진출을 도모할 수 있음.

(2) 국내 항공산업의 현황과 과제

(가) 국내 항공우주산업의 수급현황 및 위상

○ 2010년 현재 국내 항공우주산업의 생산액은 2.7조원이고 수출액은 9.3억 달러, 수입액은 37.1억 달러로 무역적자는 27.8억 달러 규모이며 고용규모도 만 명 내·외에 불과함.

표 95 항공우주산업의 생산 및 수출입

구분	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	연평균 증가율
생 산 (억 원)	14,994	13,598	14,736	15,074	17,288	21,450	25,143	27,339	10.5%
수 출 (백만 불)	300	371	389	472	597	772	760	935	17.8%
수입 (백만 불)	1,000	1,410	1,902	3,118	3,129	2,592	1,960	3,711	26.7%

주: 수출입은 실제생산 및 정비금액 기준(중고기 및 정비목적 엔진수출 제외)
자료: 2010 지식경제백서

표 96 항공우주분야 투자 및 고용현황

구분	~2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	누계
투자 (억원)	3,2496	824	1,077	1,093	7,933	1,496	2,223	2,349	2,076	51,567
고용 (명)	17,557	7,204	7,302	7,000	7,152	7,789	8,337	9,780	10,040	-

주: 2003-10년간 고용증가율은 연평균 4.9%
자료: 지식경제백서

○ 2010년 국내 항공우주산업이 전 산업에서 차지하는 비중을 보면 총생산의 0.23%, 수출의 0.2%를 차지하며 세계시장 점유율은 매출액 기준으로 약 0.5%에 불과함. 다른 분야가 눈부신 성장률을 보이고 군용항공기의 조립 및 부품 생산이 개시된 지가 40년 가까이 되었음에도 불구하고 항공산업의 국민경제적 비중과 글로벌시장에서의 위상은 미미한 수준임.

○ 기술수준에서는 제작가공기술이 선진국 수준에 근접했을 뿐 설계, 시험평가, 관리, 부품소재 등의 분야에서는 큰 격차를 보이고 있음.

○ 국내의 2010년 항공우주분야 업체 수는 약 110여개로 한국항공우주산업, 삼성테크윈, 대한항공 등 상위 3개 업체가 전체 생산의 90%를 차지하며 국내의 대표적 제조업체인 한국항공우주산업(KAI)의 세계 순위는 63위에 불과함.

표 97 항공우주산업의 국민경제상 비중

구 분		단 위	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
생산	전 산업	10억 원	794,853	810,516	848,045	901,186	1,026,451	1,065,036	1,172,803
	항공우주	10억 원	1,360	1,473	1,507	1,728	2,145	2,514	2734
	비 중	%	0.17	0.18	0.18	0.19	0.20	0.24	0.23
수출	전 산업	억불	2,538	2,844	3,255	37,15	4,220	3,635	4664
	항공우주	억불	3.7	3.9	4.7	5.9	7.7	7.6	9.4
	비 중	%	0.15	0.14	0.14	0.16	0.18	0.21	0.20

자료: 2010 지식경제백서

(가) 향후과제

○ 2010년 이후 우리나라 항공산업은 KHP, T-50 양산, 민항기 부품수출 증가 등으로 생산이 2조 7천억 원으로 증가하였으며 향후에도 FA-50, KHP 양산, 보잉과 에어버스 등 민수부품 수출물량 증가로 생산규모는 지속적으로 증가할 전망임.

○ 기술수준은 ‘80년대의 기체 조립생산과 ‘90년대 초등훈련기 독자개발 단계를 거쳐 현재는 고등훈련기를 개발하는 수준까지 발전하였으나 기체부품의 가공분야를 제외한 기본설계기술, 핵심부품의 개발능력, 시험평가능력 등은 아직 선진국에 비해 낙후되어 있음. 기본설계기술과 핵심부품의 개발능력 없이는 산업의 부가가치 창출 및 기술파급효과를 기대할 수 없으며 국가안보에 기반이 되는 전략산업으로서의 효과도 기대하기 어려우므로 기술수준 향상이 당면 과제임.

○ 특히 핵심기술을 확보하기 위한 전략이 필요한데 고등훈련기 개발로 축적된 기술력을

토대로 향후 민수분야의 새로운 기종 개발을 추진하게 되면 민항기 분야의 기술축적이 가능할 것임.

○ 그러나 지난 10년간의 성장추세가 이어진다 하더라도 2020년의 생산, 수출 및 고용 추정치는 「항공산업발전기본계획」의 비전과 현격한 차이가 날 것으로 전망됨. 이러한 격차를 줄이고 항공선진화 목표를 달성하기 위해서는 부가가치가 높은 핵심부품의 개발 및 수출, Part25급 항공기의 개발, 국산부품과 완제기의 수출여건 조성을 위한 인증기반 확립 및 미국과의 BASA체결 등이 수반되어야 함

표 98 항공산업기본계획의 목표와 전망

구 분	목 표 (A)	예측 (B)	차이 (A/B)
생산	20,000백만 달러	6,625백만 달러	3.02배
수출	10,000백만 달러	4,811백만 달러	2.08배
고용	70,000만 명	16,780명	4.17배

주: 예측은 2003-10년의 성장률을 적용한 수치임.

○ 정부는 2010년 「항공산업발전기본계획」을 발표하면서 항공우주산업을 미래 성장동력으로 육성하려는 의지를 분명히 했고 민수용 완제기생산국으로 도약하고 핵심부품의 수출산업화를 추진한다는 목표를 천명하였음.

○ 그러나 현재 세계 20위권에 머물고 있는 항공우주산업을 글로벌 강국 수준으로 육성하기 위해서는 많은 도전적 과제를 해결해야 함. 특히 2020년 생산 200억 불, 수출 100억 불 달성 등「항공산업발전기본계획」의 비전과 목표를 달성하기 위해서는 ①글로벌 시장진입이 유리한 Part25급 중소형 항공기의 국산화를 추진하고 ②항공기엔진 등 핵심부품의 국산화를 통해 국산기의 경쟁력을 제고하고 수출확대를 도모하며 ③새로운 파생기 및 신형기의 지속적 개발을 통해 수출기반을 확대해 나가는 전략이 필요함.

표 99 ‘항공산업발전기본계획’의 목표와 추진전략

구 분	주요 내용
비 전	2020년 생산 200억 불/수출 100억불
목 표	민항기 등 완제기 수출국 도약 • 항공기업 300개 • 고용 70,000명
완제기 개발전략	• 기종 별로 전략 차별화 및 민·군 균형개발 • 수출민항기와 전략군용기 개발로 발전기반 구축 • 미래형 비행체 선도개발로 기술과 시장 선점 • 탐색개발과 본 개발 분리로 개발위험 완화
핵심부품 및 정비서비스(MRO) 수출효율화	• 대형민항기 국제공동개발 참여 확대 • 민수부품 수출산업화 역량 제고 • 항공정비서비스(MRO) 산업화
항공기술 R&D 투자 효율성 제고	• World Leader급 10대 항공 핵심기술 선정 • 선택과 집중에 의한 항공 핵심기술 확보
선진국 수준의 인프라 구축	• 항공산업 맞춤형 금융지원제도 마련 • 지역별로 특성화된 항공 클러스터 육성 • 우수인력 확보 및 원활한 인력공급 • 항공우주산업개발촉진법 제정

자료: 산업통상부

나. 민항기 시장 동향

(1) 시장 개관

○ 민항기는 정기노선을 운항하는 Commercial Airlines, 사업목적을 위해 부정기적으로 운항하는 Business Aircraft, 기타 목적의 General Aviation 등으로 분류함.

○ 정기노선에 투입하는 항공기는 대형화 및 안락성, 안전성을 추구하며 부정기 노선에 투입하는 비즈니스항공기는 속도, 항속거리, 안락성을 향상시킨 항공기들이 개발되고 있음. 그 동안 세계 General Aviation 항공기의 인도실적 및 금액을 보면 아래 표와 같음.

표 100 General Aviation 종별 인도실적

(단위: 대)

Year	Grand Total	Single-Engine	Multi-Engine	Total Piston	Turboprop	Business Jet	Total Turbine
1995	1,251	605	61	666	285	300	585
2000	3,147	1,877	103	1,980	415	752	1,167
2001	2,998	1,645	147	1,792	422	784	1,206
2002	2,677	1,591	130	1,721	280	676	956
2003	2,686	1,825	71	1,896	272	518	790
2004	2,961	1,999	52	2,051	319	591	910
2005	3,590	2,326	139	2,465	375	750	1,125
2006	4,054	2,513	242	2,755	412	887	1,299
2007	4,277	2,417	258	2,675	465	1,137	1,602
2008	3,972	1,943	176	2,119	538	1,315	1,853
2009	2,283	893	70	963	446	874	1,320
2010	2,023	781	108	889	367	767	1,134
2011	2,120	761	137	898	526	696	1,222
2012	2,133	790	91	881	580	672	1,252

자료: GAMA, 2012 Statistical Databook & Industry Outlook

표 101 General Aviation 종별 인도금액

(단위: 백만 달러)

Year	Grand Total	Single-Engine	Multi-Engine	Total Piston	Turboprop	Business Jet	Total Turbine
1995	1,251	605	61	666	285	300	585
2000	3,147	1,877	103	1,980	415	752	1,167
2001	2,998	1,645	147	1,792	422	784	1,206
2002	2,677	1,591	130	1,721	280	676	956
2003	2,686	1,825	71	1,896	272	518	790
2004	2,961	1,999	52	2,051	319	591	910
2005	3,590	2,326	139	2,465	375	750	1,125
2006	4,054	2,513	242	2,755	412	887	1,299
2007	4,277	2,417	258	2,675	465	1,137	1,602
2008	3,972	1,943	176	2,119	538	1,315	1,853
2009	2,283	893	70	963	446	874	1,320
2010	2,023	781	108	889	367	767	1,134
2011	2,120	761	137	898	526	696	1,222
2012	2,133	790	91	881	580	672	1,252

자료: GAMA, 2012 Statistical Databook & Industry Outlook

(2) General Aviation 시장동향

○ General Aviation은 군사적 및 상업용 노선기를 제외한 모든 항공기를 지칭 하며 위 표에서 보는 것처럼 피스톤엔진, 터빈엔진을 사용하는데 터빈엔진 은 다시 터보프롭과 비즈니스제트기로 분류됨.

○ 2012년 현재 세계적으로 360천대가 운항 중이며 이 중 약 223천대가 미국 에서 운용되고 있음.

○ General Aviation 중에서 피스톤기는 1999-2012년간 총 25,394대가 납품 되었고 금액으로는 8,443백만 달러에 달함.

○ 지역별로는 북미시장이 여전히 세계 총수요의 절반을 차지하나 유럽과 아시 아·태평양지역의 비중이 커지고 있음.

○ GA는 레저용은 물론 농업, 치안유지, 환자수송, 탐색과 재난구조, 국경감시, 긴급탈출 등 다양한 분야에서 중요한 역할을 수행하는데 미국에서 Part135 활동을 조사한 결과를 보면 2000년과 2009년 사이에 GA 비행시간이 39%나 감소하였음. 이는 주로 피스톤

엔진 항공기에 의한 비행시간 감소(39%)를 반영함.

○ 그럼에도 터보프롭, 제트 및 회전익(Rotorcraft) GA 항공기가 같은 기간에 각각 9%, 14.7% 및 30.1% 증가한 것은 여전히 GA의 역할이 중요한 증거로 간주될 수 있음. 피스톤엔진 GA의 운항 및 제조가 급격히 감소한 것은 최근의 경기침체, 연료비 상승 및 항공안전 변화 등에 기인함.

(3) 비즈니스제트기 시장동향

○ 무한경쟁과 글로벌화가 진행되면서 비즈니스 목적의 이동수요가 급속히 증가하고 비즈니스제트기 시장도 활성화되고 있음. 비즈니스 항공여행의 척도는 글로벌 GDP성장 추세, 글로벌 대기업들의 매출액 추이, 부자들의 숫자, 연예 및 스포츠 활동의 글로벌화 추세 등 다양한 지표로 측정할 수 있는데 CAGR(연평균복합성장률)이 1990년대 후반 4%대에서 2000년대 후반에는 9%대로 상승하는 등 비즈니스 제트기 수요를 견인할 여건이 갖추어졌음.

○ 가스터빈엔진을 사용하는 비즈니스기의 경우에도 북미지역이 세계 전체 납품수량의 약 절반을 차지하며 유럽, 아시아·태평양지역 및 라틴아메리카의 순으로 납품비중이 큼.

○ 비즈니스제트기 분야는 제품차별화와 틈새시장 발굴을 위한 신형기 및 변형기 개발이 활발한데 주요 업체들은 맞춤형 수요 충족을 위해 다양한 특성을 지닌 변형기 개발로 시장수요에 대응하고 있음. 이는 신규업체라도 기술과 자본을 기반으로 제품을 차별화한다면 손쉽게 틈새시장에 진입할 수 있음을 의미함.

○ ‘규모의 경제’를 실현할 수 있는 비즈니스 제트기 생산대수는 연간 50～60대로 추정되는데 현재 많은 기종들이 이 수준에 미치지 못하는 실정이므로 충분한 수요를 창출할 수 있는 전략적 기종 개발이 중요함.

○ 최근 주요 비즈니스제트기의 기종별 인도실적으로 보면 다음 표와 같음.

표 102 주요 기종 별 인도현황/예측

(단위: 대)

제작사	모델	생산/납품현황	2001~10 실적	2011~13 (예측)
Bombardier	Challenger 600	1997년 이전부터	343	108
	Challenger 300	2003년부터	308	111
	Challenger 800	2005년부터	64	33
	Global Express	1998년부터	218	83
	Global 5000	2004년부터	138	85
	Learjet 40	2004년부터	128	38
	Learjet 45/45XR	1998년부터	279	42
	Learjet 60/60XR	1997년 이전부터	168	39
	Learjet 85	2013년부터	-	6
	Total		1,646	545
Cessna (Textron)	Citation Mustang	2006년부터	345	140
	Citation CJ1	1997이전-2011년	247	2
	Citation CJ2	2000년부터	408	59
	Citation CJ3	2004년부터	352	76
	Citation CJ4	2010년부터	19	107
	Citation Encore	2000-2012년	210	10
	Citation Excel	1998년부터	632	80
	Citation Sovereign	2004년부터	303	57
	Citation Sovereign	1997년 이전부터	167	23
	Total		2,683	554
Dassault	Falcon 50/EX	1997이전-2008년	49	-
	Falcon 900/B/C	1997이전-2005년	17	-
	Falcon 900DX	2005-2010년	24	-
	Falcon 900EX	1997년 이전부터	170	59
	Falcon 2000	1997-2009년	110	-
	Falcon 2000EX	2003-2009년	150	-
	Falcon 2000LX	2008년부터	59	69
	Falcon 7X	2007년부터	100	90
	Total		679	218
Embraer	Phenom 100	2008년부터	499	160
	Phenom 300	2009년부터	27	115
	Legacy600/Shuffle	2002년부터	164	42
	Lineage 1000	2009년부터	13	12
	Total		403	329
Gulfstrem	G100/G150	1997년 이전부터	155	55
	G200/G280	1999년부터	184	44
	G300/G350	2003-2008년	62	-
	G400/450/Ⅳ/ⅣSP	1997년 이전부터	228	95
	G500/550/Ⅴ/ⅤSP	1997년 이전부터	398	-
	G650	2011년부터	-	58
	Total		1,027	252
Hawker Beechcraft	Premier IA/Ⅱ*	2001년부터	278	25
	Hawker 400XP	1997년 이전부터	301	5
	Hawker 800 series	1997년 이전부터	560	117
	Hawker 4000	2008년부터	42	44
	Total		1,181	191

자료: North America Equity Research, J.P. Morgan, 15 November 2011

○ 비즈니스제트기의 수요는 글로벌 기업들의 이윤(corporate profits) 수준과 연동하여 움직이는데 대략 기업의 수익성에 1-2년의 시차를 두면서 반응하는 것으로 나타났으며 특히 항공기 가격과 항속거리(Range) 간에 깊은 상관 관계를 갖는 것으로 나타났음.

다. 엔진시장 동향 및 수요전망

(1) 엔진시장 개관

○ 엔진은 항공기의 성능을 결정짓는 핵심부품으로서 항공기의 가격과 경쟁력에도 직접적으로 영향을 미치는데 상업용 및 비즈니스용 제트기의 경우 최고의 기술을 보유한 국가들이 엔진산업을 지배하고 있음.

○ 주요 항공기 제작업체들은 자체적으로 엔진을 생산하기보다 GE, Pratt & Whitney, Rolls-Royce 등이 개발한 엔진을 구매하여 장착하거나 엔진제작업체와 합작회사를 설립하여 신규 개발되는 항공기 엔진을 제작하는 경우가 많음.

○ 항공기 추진체계를 구성하는 엔진은 일반적으로 경량 피스톤엔진이나 가스터빈엔진이며 후자는 다시 터보제트, 터보프롭, 터보팬엔진 등으로 분류함. 그리고 헬리콥터의 경우에는 터보샤프트엔진이 사용됨.

○ 항공기용 엔진수요는 신규 항공기에 대한 수요 및 정비 수요에 파생하여 결정 되므로 항공기 납품대수와 밀접한 관련이 있음.

○ 민간 항공기용 엔진은 대부분 가솔린이나 항공유(AV Gas)를 사용하는데 유가가 상승함에 따라 항공기 유지비용이 높아지고 이는 항공기에 대한 활용도와 신규 수요에도 영향을 미치고 있음. 따라서 피스톤엔진의 경우에는 상대적으로 연료비가 저렴한 디젤엔진의 잠재수요가 높은 실정임.

(2) 피스톤엔진 시장동향

○ 피스톤엔진은 항공기 개발 초창기부터 사용된 엔진으로서 그 동안의 운용경험 을 토대로 높은 신뢰성과 안전성을 확보하였으며 지금도 소형 항공기에 많이 장착되고 있음. 그러나 유가 상승으로 항공기 운용비용이 늘어나고 납이 함유 된 가솔린을 사용함으로써 환경유해를 야기하며 소음과 진동, 속도제약 등으로 최근에는 피스톤엔진에 대한 수요가 정체된 상황임.

○ 가솔린 왕복엔진의 한계를 극복하기 위해 여러 종류의 소형항공기용 디젤엔진 이 개발되어 판매 중이나 아직은 가솔린 엔진이 시장을 지배하고 있음.

○ 동급의 디젤엔진과 갤솔린엔진의 성능 및 운용비용을 조사한 결과를 보면 디젤엔진은 유사한 성능에도 불구하고 운용비용을 35%정도 절감함으로써 비용 대비 높은 효율성을 보여주는 것으로 나타났음.

표 103 가솔린엔진 대 디젤엔진: 2000hr TBO 기준 운용비용 비교

구 분	DeltaHawk DH200V4	차이 (=비용절감)	Lycoming IO-360 A Series
Overhaul cost	~$15,000	$7,500	$22,500
Fuel cost	$82,600	$43,200	$125,300
8 spark plugs*	0	$2,000	$2,000
총운용비용절감	$97,600	$52,700	$150,300

* 200시간마다 교체하며 단가는 $25.00로 가정함.

○ GAMA 2012 Statistics에 나타난 피스톤엔진 항공기의 납품실적을 보면 1999 년 1,801대(440백만 달러)에서 2006년에는 2,755대(857백만 달러)로 늘어났으나 2012년에는 1,054대(428백만 달러)로 감소하였음. 경제상황이 획기적으로 개선되거나 유지비를 줄일 수 있는 기술이 개발되지 않는 한 수요는 회복되기 어려울 것으로 보임.

○ 2010년 현재 미국에서 운항되는 피스톤항공기는 155,419대인데 이 중 단발 엔진기가 139,519대, 쌍발엔진기가 15,900대이며 용도별로 살펴보면 개인용이 114,059대, 비즈니스용 17,572대, 교육용 12,508대로 구성되어 있고 Air Taxi 용도로 2,295대가 운용되는 것으로 나타났음.

○ 아래 표는 최근까지 피스톤 항공기의 주요 기종별 인도실적과 향후 2031년까지의 수요전망을 보여줌.

표 104 피스톤 항공기의 인도실적과 향후 전망

(단위: 대)

구 분		실적 (2000-12)	전 망			
			2012-18	2019-21	2022-31	계
200HP 이하 6.5%	Cessna Aircraft 172S Skyhawk SP	2,915	1,814	1,035	3,034	5,883
	Diamond Aircraft DA-40	1,575	1,043	522	1,667	3,232
	Aviat Aircraft A-1B Huskey	268	248	113	384	745
	기타		933	495	1,521	2,949
	소 계		4,038	2,165	6,606	12,809
300HP 이하 6.5%	Cessna 182T Skylane	1693	1,417	738	2,295	4,450
	Cirrus Aircraft Cirrus SR20	2157	638	367	1,070	2,075
	Pacific Aerospace CT-4E Airtrainer	-	95	35	138	268
	기타	-	200	95	314	609
	소계		2,350	1,235	3,818	7,403
300 HP 이상 4.13%	Cirrus Aircraft Cirrus SR-22T	247	2,005	990	3,119	6,114
	Cessna Aircraft Company 206H Stationair	275	639	310	988	1,937
	Diamond Aircraft Industries DA-42	665	617	357	1,014	1,988
	기타	-	1,190	553	1,815	3,558
	소계		4,451	2,210	6,936	13,597
총 계		42,085	10,839	5,610	17,360	33,809

자료: GAMA, 2012 Statistical Databook & Industry Outlook

○ 피스톤 항공기는 대부분 단발엔진이므로 신규 엔진에 대한 수요는 신규 항공기 수요와 일치한다고 볼 수 있음. 따라서 위 표의 항공기 수요전망은 곧 항공기엔진에 대한 수요전망으로 간주할 수 있으며 수리와 성능 개량용 수요를 감안한다면 실제 엔진수요는 항공기 수요보다 늘어날 수 있음.

표 105 피스톤엔진 수요 전망

(단위: 개)

연 도	200HP미만	300HP미만	300HP이상	계
2014	500	309	557	1366
2015	583	348	639	1570
2016	663	392	708	1763
2017	736	419	778	1933
2018	777	439	797	2013
2019	779	448	789	2016
2020	718	410	723	1851
2021	668	377	698	1743
2022	711	402	727	1840
2023	758	428	757	1942
2024	807	455	788	2050
2025	859	485	821	2165
2026	915	517	855	2286
2027	975	550	890	2415
2028	1038	586	927	2551
2029	1106	624	965	2694
2030	1177	664	1005	2847
2031	1254	708	1046	3008
2032	1335	754	1089	3179
2033	1422	803	1134	3359
2034	1515	855	1181	3551
2035	1613	910	1230	3754
2036	1718	970	1281	3968
2037	1830	1033	1334	4196
2038	1949	1100	1389	4437

자료: ‘Forecast International, 2012’ 의 2012-2021 전망치와 추세를 토대로 2038년까지 연장하여 전망한 수치

(3) 디젤엔진의 시장 전망

○ 현재 시장을 지배하는 피스톤엔진들은 대부분 가솔린엔진으로서 고유가와 높은 정비비용, 환경유해요소 등으로 운용에 제약을 받고 있어 엔진은 물론 피스톤 항공기 자체의 수요를 침체시키는 요인으로 작용하고 있음.

○ 디젤엔진이 보급되면 비슷한 성능임에도 가솔린과 AV개스 엔진에 비해 30% 정도의 연료비 절감효과와 유지보수가 용이해지는 장점이 발생하므로 피스톤 엔진시장에서

가솔린엔진을 대체할 수 있을 것으로 판단됨.

○ 그럼에도 주요 가솔린엔진 제조사들은 현재 디젤엔진 개발능력이 없는 실정이므로 디젤엔진을 개발하는 경우 진입장벽은 거의 없다고 볼 수 있음. 항공기용 엔진시장에 신규로 진입하려는 우리나라로서는 자동차용 디젤엔진 제작기술을 활용하면서 새로운 경량소재를 접목한 첨단 디젤엔진 개발에 성공한다면 글로벌 피스톤엔진시장에 침투하기도 용이할 뿐 아니라 국내에서 개발된 KC-100 의 경쟁력을 높이는데도 기여할 것으로 보임.

4. 민항기 엔진 국산화 전략

가. 민항기 엔진 국산화 전략

(1) 엔진기종 선택 시 고려사항

○ 항공기 엔진의 국산화를 추진하는 경우 어떤 기종을 선택할지가 가장 중요한데 기술성공 가능성과 사업화 가능성을 함께 중시하면서 다음과 같은 요소들을 엔진 선택기준으로 고려해야 함.

○ 항공기용 엔진 중에서 피스톤엔진의 경우에는 많은 제작업체가 난립한 가운데 몇몇 업체의 시장점유율이 높은 반면 제트엔진의 경우에는 GE, Pratt & Whitney, Rolls-Royce 3개 사가 압도적 비중을 차지하며 과점시장을 형성하고 있음. 이는 항공기 기체조립에 비해서 핵심부품 제작이 더 높은 기술력을 요구하며 항공기 시장보다도 엔진시장에 진입하기가 더 어렵다는 의미로 해석할 수 있음. 실제로 대부분의 항공기 제작업체들이 항공기에 탑재할 엔진을 이들 3사로부터 직접 조달하거나 조인트벤처를 만들어 신규 항공기 엔진을 공동개발하고 있음.

○ 신규로 항공기엔진시장에 진입하는 경우 기술성공 가능성은 물론 진입장벽이나 시장성 등을 고려해서 기종을 선택해야 하며 구체적으로 다음과 같은 기준을 충족시켜야 할 것임.

- 시장잠재력이 큰 기종: 엔진개발은 사업화 성공을 전제로 하므로 장래 시장상황을 고려하여 잘 팔릴 수 있는 기종을 선택해야 함. 이런 관점에서 국산 항공기에 장착할 엔진을 개발한다면 국내수요를 확보할 수 있는 이점이 있으며 적절한 마케팅전략을 수립하여 해외수출을 추진하기에도 유리함.

- 기술개발 성공 가능성이 큰 미래지향적 기종: 항공산업은 다른 업종에 비해 엄청난 투자비가 소요되므로 국내 기술수준, 항공기와 부품의 개발경험, 연관 산업기반, 기술인력과 숙련공 활용 가능성, 미래 기술선도 가능성 등을 종합적으로 판단하여 기술

및 사업화 성공 가능성이 큰 엔진기종을 개발해야 함. 또한 파생품의 경우에는 상대적으로 개발비가 적게 드는 것이 보통이므로 파생품의 시장잠재력이 큰 기종이 상대적으로 유리할 것임.

- 진입장벽이 상대적으로 낮은 기종: 항공기와 항공기 엔진시장은 엄청난 투자비를 요구함에도 수요가 충분치 않아 신규기업이 쉽사리 뛰어들기 어려운 과점시장임. 따라서 높은 진입장벽을 뚫기 위해서는 정부의 지원이 필요하고 적절한 기종선택이 중요한데 우리나라는 기종 선택의 실수로 민간 중형항공기 개발사업에서 이미 좌절을 경험한 바 있음. 진입장벽은 투자규모, 규모의 경제, 비용우위, 제품차별화, 유통채널, 정부규제와 제도적 장벽, 기존사업자의 보복 등에 의해 형성되므로 엔진의 경우에도 이러한 장벽을 뚫기에 용이한 기종을 물색해야 함.

- 국민경제에 파급효과가 큰 기종: 항공산업은 고부가가치를 창출하고 고급 인력을 주로 고용하는 산업이므로 국민경제에 미치는 긍정적 효과가 크지만 어떤 기종을 선택하는지에 따라 차이가 날 수 있음. 특히 기술개발에 성공했으나 사업화에 실패한다면 엄청난 낭비를 초래할 수 있으므로 기술적, 경제적 성공 가능성이 큰 기종을 선택해야 함. 항공기 핵심부품의 부가가치 창출능력은 25%에 달하나 단순한 하청생산은 10%에 불과한 것으로 알려져 있으므로 완제기를 국산화하고 부품개발을 통해 국내 완성도를 높이는 경우 부가가치 창출능력이 커질 수 있으므로 적절한 기종 선택이 중요함.

- 투자능력과 사업성: 연구개발은 항상 실패의 가능성을 수반하므로 투자능력을 고려하여 기종을 선택하고 동시에 시설투자와 마케팅을 담당할 민간기업의 역량을 고려해야 함. 우리나라는 정부에서 자금을 지원하더라도 연구개발을 수행하는 민간기업이 일정한 몫을 부담해야 하므로 투자비가 상대적으로 적게 드는 기종부터 단계적으로 개발해 나가는 전략이 필요함. 아울러 항공기와 핵심부품은 대략 10년이 지나야 순현금흐름이 플러스로 돌아서는 점을 감안하여 개발비의 회수기간을 최소화하고 그때까지 제작업체가 재정적 부담을 감당할 수 있는 기종을 선택해야 함.

(2) 피스톤엔진 국산화 전략

○ 우리나라는 한국전쟁 직후부터 군에서 소형 피스톤 항공기를 운용해 왔으 며 최근에는 민간부문에서도 다양한 목적으로 소형항공기를 운용하고 있음. 군 정비창에서는 피스톤엔진에 대한 창정비 능력을 갖춘 지 오래이며 자동 차 메이커들이 자체 개발한 가솔린 및 디젤엔진은 이미 세계적인 경쟁력을 갖추었음.

○ 그러나 글로벌 항공기엔진 시장에서 가솔린엔진 수요는 정체상태를 보이고 있으며 경쟁도 치열하므로 새로이 가솔린엔진을 개발하여 사업화하기에는 어려움이 따를 전망임. 반면 아직 시장이 형성되지 않은 디젤엔진을 개발한 다면 대등한 기반에서 국제경쟁을 펼칠 수 있을 뿐 아니라 KC-100에 탑재할 경우 국내시장이 확보되고 항공

기의 가격경쟁력도 향상될 수 있음.

○ 우리나라 자동차엔진 메이커들은 이미 글로벌 경쟁력을 지닌 디젤엔진을 생산하고 있음. 자동차엔진 메이커들이 수요가 불충분한 항공기엔진 개발에 직접 뛰어들지 않더라도 이들의 기반기술을 잘 활용한다면 상대적으로 용이 하게 항공기용 디젤엔진을 개발할 수 있을 것임.

- 현대/기아자동차: 중·대형급 디젤엔진개발능력을 보유하고 있으므로 항공기용 디젤엔진도 개발할 수 있으나 수요가 불충분하여 개발에 참여하지 않을 가능성이 높음.

- 두산중공업: 이미 대형 가스터빈엔진을 개발하였으므로 항공기용 가스터빈엔진개발이 가능하지만 역시 항공기 엔진사업의 수익성을 낮게 보고 있음.

- 한국로스트왁스: 항공용/선박용 엔진부품을 생산하여 국방부에 납품 중인데 항공기용 디젤엔진 완제품개발을 위해서는 국내·외 기업과의 기술협력 내지는 공동개발이 필요할 것으로 보임.

- 두산인프라코어: G2산업용 소형 디젤엔진을 개발했으나 항공기용 공랭식 엔진에 대한 개발능력과 인력을 보유하지 못한 것으로 보임.

- 현대중공업: CUMMINS사와 엔진조립공장 합작사를 대구에 세운 바 있으므로 KAI를 인수하는 경우 디젤엔진 개발에 참여할 가능성이 있음.

- 미국 Lycoming사: 피스톤엔진의 주요 메이커인 이 회사는 국내 엔진개발 사업에 참여할 의사를 표명하였으나 디젤엔진 원천기술을 보유하지 못해 국내업체가 공냉식 엔진블록을 개발해야 함.

○ 진입장벽을 고려하여 엔진개발 전략을 수립해야 함. 사업화를 위해서는 국내 시장 뿐 아니라 글로벌 시장 진출이 필수적이므로 기술성공 가능성을 높이면 서 기존 진입장벽을 돌파하거나 틈새시장을 발굴하는 사업화전략이 필요함.

- 투자규모 관점: 엔진개발 경험이 없는 우리나라로서는 기술개발 및 사업화 성공가능성이 크면서도 투자규모가 상대적으로 작은 엔진을 개발하는 것이 유리할 것임. 이런 관점에서 양산단계에 들어선 KC-100급 피스톤엔진은 국내수요가 보장되고 항공기의 가격경쟁력 향상에도 기여할 수 있다는 점에서 적절한 기종으로 판단됨.

- 규모의 경제 관점: 피스톤항공기의 국내수요만으로는 규모의 경제를 달성할 수 없으므로 해외수출에 유리한 기종을 선택해야 하는데 가솔린엔진보다 디젤엔진을 개발하는 방안이 기존 업체와의 경쟁을 피하고 신규시장 창출에 유리할 것으로 전망됨.

- 비용우위 관점: 가솔린 엔진시장은 공급과잉상태이며 신규기업들은 품질 및 가격경쟁력 면에서 기존 업체들보다 불리함을 감수해야 하지만 디젤엔진시장은 제품의 상용화가 본격화되지 않았고 개발기종도 소수에 불과하다는 점에서 신규 업체의 진입이 용이한 블루오션으로 간주할 수 있음. 특히 우리나라는 자동차 디젤엔진기술을 적절히 활용하는 경우 짧은 기간 안에 경쟁력 있는 항공기용 디젤엔진을 개발할 수 있을 것으로 보임.

- 제품차별화 관점: 디젤엔진은 아직 신규개발 단계에 있으므로 개발되는 제품은 기존 제품과 차별화되기 쉽고 자동차산업에서 다양한 기종의 디젤엔진을 개발한 경험을 활용한다면 항공기용 디젤엔진을 개발할 수 있을듯함.

- 유통채널의 관점: 유통채널 면에서는 기존 업체들에 비해 불리한 상황이지만 엔진개발에 자동차산업 또는 중공업 분야의 대기업 참여를 유도할 수 있다면 이러한 불리를 극복할 수 있을 것임.

- 정부규제와 제도적 장벽: 항공기와 식품, 의약품 등은 다른 공산품에 비해 정부의 규제가 심하므로 신규 진입자에게는 부담이 될 수 있음. 특히 항공기의 경우 자체 인증기반 확립을 토대로 한 미국과의 BASA체결 여부가 글로벌시장 진입을 좌우하므로 상대적으로 BASA체결에 유리한 엔진기종의 선택이 바람직함.

- 기존 사업자의 반응: 시장이 정체된 업종은 기존업체의 반응이 적대적이나 성장산업에서는 상대적으로 기존 업체의 반응이 덜 적대적임. 따라서 시장이 정체된 가솔린엔진의 경우 기존 메이커들의 견제가 클 수 있으나 아직 시장이 형성되지 않은 디젤엔진을 개발하는 경우 경쟁업체의 반응을 우려할 필요가 없음.

- 이상의 진입장벽을 고려한다면 KC-100에 장착할 수 있는 디젤엔진을 개발하되 디젤엔진을 개발한 경험이 있는 국내 대기업의 자문과 참여를 유도하는 전략이 바람직함.

(3) 가스터빈엔진 국산화 전략

○ 비즈니스기와 중대형 여객기에 사용되는 가스터빈엔진을 개발하기 위해서는 높은 기술수준과 함께 많은 투자비가 요구됨. 항공산업이 낙후된 우리나라 입장에서는 가스터빈엔진을 신규로 개발하기도 용이하지 않을 뿐 아니라 사업화를 추진하는 과정에서 엄청난 리스크가 수반될 수 있음. 피스톤엔진에 비해 기반기술이 취약하고 민간기업들의 능력과 참여의지도 약한 상황에서 가스터빈엔진 시장을 과점하고 있는 글로벌 기업들의 벽을 넘어 가격과 품질경쟁력을 갖추기가 쉽지 않기 때문임.

○ 그러나 항공산업 선진화를 위해서는 중형기의 개발과 함께 가스터빈엔진을 포함한 핵심부품의 국산화가 반드시 추진되어야 하며 고급기술을 요하는 가스터빈엔진의 개발

및 양산체제를 구축함으로써 연관산업의 기술혁신, 고용 및 부가가치 창출 등을 기대할 수 있다는 점에서 단계적으로 가스터빈엔진을 개발해 나가는 전략이 바람직함. 특히 소형 항공기용 피스톤엔진의 시판 가격이 10만 달러 내외에 불과한데 반해 비즈니스제트기의 경우 100만 달러 이상 수백만 달러에 달한다는 점에서 생산 및 부가가치 유발효과가 크다는 장점이 있음. 또한 가스터빈엔진을 사용하는 중소형 항공기의 국내개발이 성공하는 경우 최소한의 시장규모는 확보된다는 점에서 비즈니스제트기용 가스터빈엔진의 개발 당위성은 충분하다고 사료됨.

○ 가스터빈엔진의 개발과 사업화를 위해서는 시장동향, 국내 기술기반, 투자비 규모, 민간기업 참여의지 등을 감안하여 중장기적, 단계적으로 접근하는 전략이 바람직할 것으로 판단됨. 즉 초기단계에서는 엔진코어 등 높은 기술을 요구하는 구성품을 해외로부터 수입하고 기술난이도가 낮은 구성품과 주변기기를 국내 단독으로 개발하는 국산화 과정을 거친 후 점진적으로 엔진코어를 포함한 엔진 전체의 국산화를 추진하는 방식으로 국산화율을 높여 나가는 단계적 전략이 현실적으로 보임.

나. 전략 방향

(1) 기본 전략

○ 엔진 사양: 국내에서 개발될 것으로 기대되는 20,000파운드급 비즈니스 제트기(KABJ)의 엔진은 터보팬엔진으로서 경쟁기종인 Bombardier 45XR의 경우 출력이 3,500파운드인 Honeywell사의 TFE731-20 터보팬엔진 두 개를 탑재하였고 Cessna Citation XLS+의 경우 Pratt & Whitney사의 4,119 파운드급 PW545C 터보팬 엔진 두 개를 탑재하였음.

○ 항공기용 가스터빈엔진시장 동향: 주요 터보팬엔진 메이커로는 GE, CFM International, Rolls-Royce, Pratt & Whitney 등을 들 수 있으나 중소형 엔진의 경우 Honeywell, Williams의 비중도 작지 않음.

○ 아래 표는 주요 비즈니스제트기에 탑재되는 터보팬엔진의 가격과 10년간 (2012-21년) 생산계획량을 보여주는데 KABJ와 경쟁할 것으로 예상되는 SLJ급 항공기의 엔진가격은 대략 900,000달러에서 1,200,000달러에 달함. 경쟁기종 중에서 Learjet 40/45기종의 엔진은 2014년 이후 생산이 중단될 것으로 보이며 각각 Learjet 70/75로 대체될 것으로 보임.

표 106 주요 비즈니스 제트기 엔진의 출력 및 시장전망

(단위: 대, 파운드, 달러)

항공기 기종	엔진기종	엔진 제작사	2012-21년 생산계획	출 력	단 가
Challenger300	HTF 7000	Honeywell	700	6,825	1,500,000
Legacy 500	HTF 7500E	Honeywell	415	6,500	1,700,000
Learjet 45XR	TFE 731-20	Honeywell	35	3,500	800,000
Learjet 75	TFE 731-40	Honeywell	339	3,850	900,000
Legacy 650	AE 3007	Rolls-Royce	456	8,810	1,800,000
Citation Sov.	PW306C	Pratt&Whitney	825	5,770	1,100,000
Falcon 7X	PW 307-A	P&W Canada	1,300	6,400	1,200,000
Citation XLS+	PW 545C	P&W Canada	529	4,119	1,163,932

자료: FORECAST INTERNATIONAL, Aviation Gas Turbine Forecast, The Market for Civil Aviation Turbofan Engines, 2012. Sep. 및 Wikipedia.

○ 따라서 국내에서 개발되는 가스터빈엔진을 KABJ에 탑재하기 위해서는 경쟁 기종과 비슷한 성능을 지니면서 가격경쟁력을 지니는 기종을 개발해야 함. 가스터빈엔진 개발에는 피스톤엔진보다 훨씬 높은 기술수준이 요구되며 현재 민간기업의 사업화 역량도 작다는 점에서 다음과 같은 기본전략이 바람직함.

- 가스터빈 엔진은 일차적으로 국내에서 개발되는 중소형 항공기에 탑재하기 위한 것이므로 항공기(KABJ)의 개발이 진행되는 상황을 고려하여 엔진개발을 진행해야 함.

- 국내 개발되는 엔진기종은 국산화를 추진하는 항공기(KABJ)의 경쟁기종들의 엔진사양과 같은 3,500~4,000파운드급 터보팬 엔진으로서 해외시장에서 판매되는 동급 엔진가격을 고려할 때 단가가 900,000달러를 넘지 않아야 국산 비즈니스제트기(KABJ)의 가격경쟁력을 확보할 수 있음.

- 국내에서 개발되는 가스터빈엔진 수요가 국내(KABJ에 탑재)에서만 발생한다고 가정할 때 개발비용이 3,000억 원 이상으로 커지는 경우 경제성 확보가 어려워지므로 개발비를 최소화하는 개발전략이 요구됨.

- 경제성을 고려한 가스터빈엔진의 국산화전략: 엔진의 구성품들을 기술난이도에 따라 세분한 다음 개발기간과 비용 면에서 감당하기 어려운 품목은 해외에서 구매하고 단기간 내에 국산화가 가능한 품목들을 우선적으로 개발해 나가는 단계적 개발전략 또는 유력한 해외업체와의 국제공동개발전략을 추진하는 방안이 바람직함.

○ 즉 엔진코어, 보기류, 소재, 엔진장착, 기타 주변기기 개발 등에 수반되는 설계, 제작, 시험평가 기술을 면밀히 분석한 다음 ① 국내에서 쉽게 개발할 수 있는 저난이도 기술, ② 많은 시간과 비용을 요하는 고난이도 기술, ③ 당분간 국내개발이 어렵거나 국내에서 서둘러 개발하는 것이 비효율적인 기술등으로 분류하여 단계적 개발을 추진하거나 해외구매 또는 국제공동개발을 추진하는 다양한 방안들을 검토할 필요가 있음.

(2) 단계별 개발전략

○ 단계별 개발전략은 공업화를 추진하는 과정에서 일반적으로 선택하는 비용 효과적인 Catch-up 전략임. 즉 공업화 초창기에는 손쉬운 품목의 국산화를 추진하고 점차적으로 고기술을 요하는 품목의 국산화 비율을 높여가는 방식을 항공기 엔진개발에도 적용함으로써 투자비부담과 리스크를 줄일 수 있음.

- 내용: 기술위험도, 개발비와 민간부문의 사업화 역량 등을 고려하여 '저비용-저위험 기술'을 국내단독으로 우선 개발하고 점진적으로 '고비용-고위험 기술'을 개발해 나가는 전략임.

- 이 방식을 적용하는 경우 국내 기술기반, 민간기업 역량, 투자비 부담능력 등을 고려하여 국산화율을 점진적으로 높여나감으로써 기술개발 성공가능성을 높일 수 있지만 완전한 엔진 국산화 시기는 늦춰질 수밖에 없고 어떤 품목을 우선적으로 개발할 것인지를 선정해야 하며 난이도가 높은 엔진코어의 해외 구매가 가능해야 함.

○ 단계별 개발전략의 장점
- 저위험 기술을 우선 개발함으로써 기술성공 가능성 높음.
- 고난도 기술의 동시 개발에 따른 리스크와 비능률, 장애요인 등을 회피할 수 있음.
- 초기 투자비를 절감함으로써 재정부담 및 투자리스크를 낮출 수 있음.
- 개발 초기에 기술위험도, 투자비 부담(민간부담액 포함), 사업화 리스크를 줄일 수 있으므로 참여기업 확보가 용이함.

○ 1단계 개발전략
- 기술개발 방향: 국내 기반기술을 감안하여 기술위험도가 낮고 개발기간이 짧은 부품들은 국내에서 개발하며 고난이도 기술을 요하는 엔진코어는 외국에서 구매하는 방식으로서 '엔진의 부분 국산화'를 우선적으로 추진함.
- 개발비 규모, 참여기업의 호응도, 엔진의 Cost 인하 및 사업화 가능성 등을 고려하여 개발할 부품 및 주변기기를 선정함.
- 개발기간 및 개발비 규모: 중소형항공기(KABJ)의 개발이 성공한 후 5년 내외에 걸쳐 경제성을 확보할 수 있는 3,000억 원 이내의 개발비를 투입함.

○ 2단계 개발전략

- 기술개발 방향: 핵심부품 및 신소재 등 첨단기술을 구현한 중소형 항공기용 가스터빈 엔진의 완전국산화를 지향함.
- 첨단부품 및 파생엔진의 개발로 엔진과 부속품의 수출을 추진함.
- 개발기간 및 개발비 규모: 1단계 개발기간 중 또는 완료 후 2단계 개발을 시작하여 3,000~5,000억 원 규모의 개발비를 추가로 투입함. 정확한 개발비 규모는 1단계 개발의 성과, 재정능력, 민간부문의 역량, 그리고 당시의 시장동향 등을 고려하여 확정함.

○ 국제공동개발전략

- 우리나라는 아직 상용 항공기엔진을 자체 제작할 수 있는 능력을 갖추지 못했지만 GE, Rolls Royce, PW를 비롯한 메이저 업체들은 이미 오래 전부터 가스터빈엔진을 제작해 왔으므로 이들과 협력할 수 있다면 개발에 따른 시행착오를 줄일 수 있을 것으로 판단됨. 특히 이들이 엔진설계나 기술난이도가 높은 품목의 개발에 동참한다면 기술개발에 따른 리스크와 개발기간을 단축할 수 있을 것으로 보임. 그러나 이들은 자사 제품의 판매에는 큰 관심을 보일 테지만 시장성이 별로 크지 않은 우리나라의 엔진 개발계획에 자기자금을 투입하면서 참여할 것으로 기대하기는 어려움.
- 국제공동개발을 추진하는 경우 해외업체를 유인할 수 있는 인센티브를 제시해야 하는데 기술개발에 따른 로열티를 제공하든지 위탁개발을 추진하는 방안이 고려될 수 있음. 그러나 이러한 유인책의 경우 감당하기 어려운 수준의 개발비가 필요하고 국내의 기술수준과 민간기업의 사업화를 지원한다는 정부 R&D정책의 취지에도 어긋난다는 문제점이 발생할 수 있음.
- 그럼에도 불구하고 국제공동개발은 기술개발 경험이 풍부한 선진국 기업과 협력하여 첨단제품을 개발하는 전략으로서 다양한 장점을 지니기 때문에 기술위험도가 높고 사업화 역량이 낮은 후발국들이 공업화를 추진하는 과정에서 흔히 채택하는 Catch-up전략임. 국제공동개발을 추진하는 경우 바람직한 기술개발 방향, 기대효과 등은 다음과 같이 요약할 수 있음.

○ 기술개발 방향
- 항공기용 가스터빈엔진의 구성품 중 기반기술이 갖춰진 품목들은 국내에서 개발하고 첨단기술이 요구되는 고위험 품목들은 선진국 업체에 의뢰하여 개발토록 하는 분업화 개발전략을 추진함.

○ 기대효과
- 제휴업체의 엔진개발 경험을 활용하여 기술개발에 수반되는 리스크와 시행착오를 줄이고 엔진 및 부품 수출을 확대할 수 있으며 나아가 첨단기술을 습득하고 파생형엔진을 개발하는데 유리한 환경을 조성함.
- 개발기간과 착수시기 전망
- 국내업체와 해외업체가 국제공동개발을 추진함으로써 개발기간 단축이 가능할 것이나 피스톤엔진의 경우에 비해서는 더 오랜 개발기간이 필요할 것으로 보임. 그리고 국내

에서 개발되는 항공기(KABJ)에 탑재하는 것을 목표로 한다면 KABJ의 개발이 성공한 이후 개발을 시작해야 하며 확실한 착수시점은 글로벌 시장동향과 KABJ의 사업화 전망 등을 분석하여 결정해야 할 것임. 예컨대 가스터빈엔진의 개발은 KABJ 탐색개발이 완료된 후 개시되어 약 8년 내외의 기간에 걸쳐 진행되도록 개발계획을 수립하는 것이 타당해 보임.

○ 개발비

- 가스터빈엔진의 개발비규모는 개발에 따른 편익과도 연계되어야 하므로 만일 개발되는 엔진의 판로가 늘어나기 어렵다면 개발비 규모는 경제성이 확보되는 수준으로 최소화해야 하지만 국제공동개발에 따른 엔진의 국제적 신인도 제고 및 협력업체의 마케팅네트워크를 활용해서 해외시장에 엔진과 그 부속품 등을 수출할 수 있다면 편익(매출액)이 늘어날 수 있으므로 개발비의 증액도 가능할 것임. 예컨대 연간 40~50대로 전망한 바 있는 KABJ의 생산량이 늘어나거나 해외수출 등을 통해 엔진과 부속품 판매가 늘어날 수 있다면 5,000억 원 이상의 개발비를 투입하더라도 경제성을 확보할 수 있음.

○ 국제공동개발의 장점

- 협력업체와 기술개발 리스크를 분담하고 국제분업화 이점을 향유
- 엔진에 관련된 선진기술 흡수가 가능하고 관련 분야의 기술혁신 촉진
- 엔진개발기간 단축 및 개발비 절감: 국내에서 개발하기 어려운 고난도 기술을 선진국의 협력업체들이 떠맡도록 함으로써 국내에서 단독 개발하는 경우에 비해 완제품 개발기간을 단축할 수 있고 개발비 절감을 기대할 수 있음. 그러나 해외업체에 개발비를 지급해야 한다면 상황은 달라질 수 있으므로 협력조건이 중요함.
- 국내에서 개발된 엔진의 해외수출에 유리함. 협력업체의 신인도와 마케팅 네트워크를 이용함으로써 엔진과 부품의 수출시장 개척을 기대할 수 있으나 이 경우도 협력업체가 어디이고 어떤 조건으로 협력하는가에 따라 달라질 수 있음.

○ 국제공동개발의 문제점과 과제

- 기술종속의 문제: 해외 공동개발업체는 첨단 기술과 노하우를 제공하는 대신 자사 기술 수출 및 자사제품의 시장 확대에 높은 우선순위를 부여할 것으로 예상됨. 이 경우 해외업체에 기술적으로 종속됨으로써 R&D사업의 취지에 어긋날 수 있음.
- 첨단기술을 해외업체에 의존하는 경우 항공기 엔진개발에 참여하는 국내 연구기관이나 기업이 주도적 역할을 수행하기 어려울 수 있으며 나아가 항공선진화사업의 올바른 추진도 어려워질 수 있음.
- 기술적으로 앞선 해외업체와 공동개발을 추진하는 과정에서 국내의 연구기관이나 기업이 기술 리스크 분담, 개발비 분담, 수익 분할 등에서 불공정하고 불평등한 조건에 직면할 수 있음.
- 따라서 국제공동개발을 추진하는 경우 면밀한 사전 연구를 통해 협력할 업체들의 능력과 성향을 파악하고 충분한 협상력을 갖춘 다음 공정성을 보장할 수 있는 공동개발전략을 추진하는 것이 바람직함.

5. 피스톤엔진 개발의 경제성 분석

가. 사업개요

(1) 전제

○ 민간 항공기용 엔진 국산화 기반구축사업 중에서 소형 피스톤엔진 국산화 사업은 KC-100 항공기에 탑재할 디젤엔진을 개발하는 사업으로서 구체적 개발내역은 다음과 같이 가정함.

표 107 피스톤엔진 개발계획

<table>
<tr><th>구 분</th><th>구체적 내역</th></tr>
<tr><td>사업개요</td><td>• 개발목표: 소형 항공기용 디젤엔진
• 개발기간: 5년
• 개발방식:
- 국내 단독개발 원칙
- 계획기간 내에 국내개발이 어려운 애로기술의 경우 해외로부터 기술도입을 추진하거나 부품 구매를 추진
- 엔진코어를 해외로부터 구매하는 방안
• 총 사업비: 370억 원
• 본 개발 착수시기: 2014년</td></tr>
<tr><td>엔진사양</td><td>• KC-100에 장착된 TSIOF-550-K엔진과 동급
• 6-cylinder piston aircraft engine
• Turbocharged & FADEC models
• 최대출력: 315HP (수출을 위한 파생형 엔진은 최대 550HP)
• 임계고도: 18,000ft
• 중량: 500-600lbs (수입품인 TSIOF-550-K는 565.5lbs)</td></tr>
<tr><td>개발비
조달
및
집행계획</td><td>• 개발비의 조달
(단위: 억 원, %)
<table><tr><th colspan="2">정부출연</th><th colspan="2">민간부담</th><th colspan="2">합 계</th></tr><tr><th>금 액</th><th>비 율</th><th>금 액</th><th>비 율</th><th>금 액</th><th>비 율</th></tr><tr><td>290
(인증 50)</td><td>75.0</td><td>80</td><td>25.0</td><td>370</td><td>100.0</td></tr></table>(주) 비율은 인증(50억 원)을 제외한 수치임</td></tr>
<tr><td>개발전략</td><td>• 개발방식: 국내 단독개발을 원칙으로 하되 개발기간 단축을 위해 애로기술의 도입, 해외 위탁개발 또는 핵심부품 구매방식 등을 검토. 핵심부품을 구매하는 경우 국내에서는 본체의 일부 품목과 주변기기 등을 개발하는 부분국산화 전략</td></tr>
</table>

구 분	구체적 내역
	채택. 퍼스텍의 개발전략은 엔진코어를 구매하고 주요부품과 주변기기를 자체 개발하는 전략 • 업계의 기술검토 결과 - 엔진블록헤드와 엔진블록의 재질은 동일 재질 사용 - 개발기간을 단축하기 위해 엔진 전용 해석 프로그램 사용 - 엔진 상세설계단계의 시뮬레이션에 위탁연구개발업체 참여

6. 엔진개발 절차

가. 엔진개발 절차와 연도별 추진일정은 다음과 같음.

표 108 엔진개발 절차와 연도별 추진일정

단 계	내 용	1st	2nd	3rd	4th	5th
Concept Study	대상엔진 선정 및 기술자료 분석					
	엔진/구성품 설계기준 설정					
Prototype Development	구성품설계 및 Proto 제작					
	해 석					
	형식증명					
Pre-production Development	구성품 성능시험 및 설계변경					
	적합성시험					
	엔진통합					
	형식증명					
Production Development	엔진통합 및 기능시험					
	형식증명					

나. 비용분석

(1) 비용의 구성

○ 사업화를 전제로 하는 연구개발사업의 경제성 분석을 위해서는 총투자비와 매출원가를 추정한 다음 엔진 판매액과 부대수익으로 구성되는 편익과 비교해야 하는데 이를 위해서는 개발비 외에 양산용 시설투자비, 매출원가 자료 등이 필요함.

○ 그러나 R&D사업에 대한 예비타당성 조사에서는 매출액 추정치에 기술성공 가능성, R&D기여율, 부가가치율 등을 곱한 예상수익을 개발비와 비교하는 방식을 채택하고 있으므로 본 연구에서도 이 방식을 따르고자 함.

○ 총비용(개발비)의 현재가치는 2014년도를 기준으로 하고 연도별로 할인율 5.5%를 적용하여 산출함.

(2) 총비용(내역)의 연도별 집행계획과 현재가치

표 109 총비용의 구성

(단위: 백만 원)

부 문	정부출연금	기업부담금	계
디젤엔진 개발	24,000	8,000	32,000
인 증	5,000	-	5,000
계	29,000	8,000	37,000

표 110 디젤엔진개발비 연도별 집행계획

(단위: 백만 원)

구 분	정부출연금	민간부담금			합계	
		현 금	현 물	소 계	금 액	비 율[1)]
1차년도	8,419 (75.0%)	281 (2.5%)	2,526 (22.5%)	2,807 (25.0%)	11,226 (100.0%)	35.1%
2차년도	8,226 (75.0%)	274 (2.5%)	2,468 (22.5%)	2,742 (25.0%)	10,968 (100.0%)	34.3%
3차년도	3,968 (75.0%)	132 (2.5%)	1,190 (22.5%)	1,322 (25.0%)	5,290 (100.0%)	16.5%
4차년도	2,710 (75.0%)	90 (2.5%)	813 (22.5%)	903 (25.0%)	3,613 (100.0%)	11.3%
5차년도	677 (75.0%)	23 (2.5%)	203 (22.5%)	226 (25.0%)	903 (100.0%)	2.8%
합 계	24,000 (75.0%)	800 (2.5%)	7,200 (22.5%)	8,000 (25.0%)	32,000 (100.0%)	100.0%

주: 1) 연도별 지출비율

표 111 인증기술개발 및 시범인증사업비 연도별 집행계획

(단위: 백만 원)

구 분	기술개발	기술개발/시범 인증	합 계
1차년도	500		500
2차년도		800	800
3차년도		1,100	1,100
4차년도		1,300	1,300
5차년도		1,300	1,300
합 계	500	4,500	5,000

(주) 인증사업비는 전액 정부부담

표 112 총사업비의 현재가치

(단위: 백만 원)

연 도	주요 개발내용	총 사업비			
		정부출연	민간부담	합 계	현재가치
1차년도	엔진개발 및 인증	9,719	2,807	12,526	12,526.0
2차년도	엔진개발 및 인증	9,326	2,742	12,068	11,438.9
3차년도	엔진개발 및 인증	5,268	1,322	6,590	5,920.8
4차년도	엔진개발 및 인증	4,010	903	4,913	4,184.0
5차년도	엔진개발 및 인증	677	226	903	728.9
계		29,000	8,000	37,000	34,798.6

(주) 현재가치는 2차년도부터 할인율 5.5%를 적용하여 산출함.

(3) 개발비 규모의 적정성

○ MIT의 항공기 표준개발비 모델에 물가상승률과 인건비 차이 등을 고려하여 'Installed Engine' 부문의 개발비를 추정해보면 파운드 당 8,691달러로 나타났는데 이를 KC-100 항공기의 공허중량 2,820lbs, 그 동안의 소비자물가상승률 등을 적용하면 개발비 규모는 약 36,300만 달러에 달함. 여기에 최근 환율을 적용하는 경우 원화 환산액은 약 400억 원에 해당함.

○ 대부분의 항공기 개발비모델들은 개발경험이 풍부한 선진국 사례를 기초로 했다는 점에서 항공기 및 항공기엔진 개발 인프라가 구축되지 않은 우리나라에서는 많은 시행

착오가 수반될 수 있으므로 실제 개발비는 표준개발비보다 높게 추정하는 것이 현실적임.

○ 본 연구에서 제시한 개발비 규모는 표준개발비에 비해서도 낮은 수준인데 이는 엔진 코어를 해외로부터 구매하여 주변기기와 부품을 국내에서 개발하는 '부분국산화'를 추진하는 비용이라는 점에서 표준개발비보다 낮은 수준의 개발비 규모가 적절한 것으로 판단됨. 다만 여기에 제시된 부분국산화계획이 기대한 만큼의 생산 및 부가가치 유발효과를 창출할 것인지, 그리고 정부의 엔진국산화 목표에 부응하는지에 대해서는 별도의 판단이 필요해 보임.

다. 편익분석

(1) 편익항목의 범위

○ 항공기엔진 매출액: 엔진개발 후 20년간의 예상매출액.
- 디젤엔진의 대당 단가: 대당 $100,000 ~ $137,000.
- 여기서는 대당 $100,000의 판매가격을 적용하며 점진적으로 판가를 인상하는 것으로 가정
- 논거: 230마력 디젤엔진 시장가가 $100,000 수준임을 감안하면 315마력 엔진은 약 $137,000로 추정이 가능함. 그러나 가격경쟁력 확보를 위해 초기에는 국내에서 개발되는 디젤엔진의 가격을 $100,000 수준으로 유지하다가 점진적으로 $137,000 수준으로 판매가격을 인상한다고 가정함.

○ 분석기간: 개발기간 5년과 개발 후 20년간(총 28년)을 분석대상으로 함.

○ 부수수익: 항공기 엔진의 경우 부수수익은 초기지원 패키지비용, 판가인상, 정비 및 기타 수명주기 고객지원비용 등이 포함될 수 있음. 여기서는 대당 수명주기 부수수익을 다음과 같이 산정함.
- 수명주기 고객지원 수익: 비행시간당 $45.5
- 연간 비행시간 186.2hr 가정
- 엔진의 수명을 38.2년으로 가정
- 대당 연간 부대수익 = $45.5 × 186.2hr = $8,472
- 대당 부대수익 총액 = $45.5 × 186.2hr × 38.2년 = $323,634
  = 대당 판매가격의 324% (판가 $100,000 기준)
- 분석기간 중 대당 부대수익 총액 = $45.5 × 186.2hr × 20년= $166,166
  = 대당 판매가격의 166% 해당

○ 총편익(예상수입): 엔진 매출액과 부대수익의 합에 R&D기여율과 부가가치율을 곱해서

총편익을 산출함.

○ 기타 효과에 대한 고려: 엔진개발, 인증체계 구축, BASA체결 등 항공기엔진 국산화기반이 구축되면 미국을 비롯한 해외시장에 수출이 가능해지고 국내에서 생산되는 KC-100의 가격경쟁력을 제고하며 나아가 항공산업과 전·후방 연관산업의 고용 및 부가가치 창출을 촉진하는 효과가 발생할 수 있으나 이러한 간접효과는 수치상으로 계량화하기 어렵다는 점에서 편익추정에서 제외함.

(2) 엔진 매출액 시나리오

○ Forecast International 에 따르면 향후 20년간 300～350 마력 디젤엔진 수요는 1,466대로 추정되는데 이런 추세를 2019년부터 2038년까지 연장하여 수요를 추정해보면 국산화엔진의 판매전망치를 추정할 수 있음.

○ 본 연구에서는 2019년 이후 국산디젤엔진의 수요(전망)를 다음과 같이 추정함.
- 300마력 급의 디젤엔진 수요: 300마력 이상 총 피스톤엔진 수요의 29%(200마력 급의 현존 엔진시장 점유율임).
- 국산 디젤엔진에 대한 수요: 300마력 급 디젤엔진의 30%
(300마력 급 디젤엔진이 아직 출시되지 않은 점을 감안하여 시장점유율 25%를 가정함)

○ 매출액 전망
- 판매단가는 개발 직후 대당 $100,000에서 점진적으로 인상하여 $137,000에 이르는 것으로 가정함.
- 이상의 가정을 토대로 개발 후 20년간 매출액을 전망해보면 다음 표와 같음.

표 113 피스톤엔진 판매전망

(단위: 대, 천 달러)

연 도	300HP이상1)	디젤엔진2)	예상수요3)	단 가	매출액	현재가치
2014	557	0	0	-	0	0
2015	639	0	0	-	0	0
2016	708	0	0	-	0	0
2017	778	0	0	-	0	0
2018	797	0	0	-	0	0
2019	789	229	57	100	5,700	4,361
2020	723	210	52	100	5,200	3,771
2021	698	202	50	100	5,000	3,437
2022	727	211	53	100	5,300	3,454
2023	757	220	55	100	5,500	3,397
2024	788	229	57	120	6,840	4,004
2025	821	238	60	120	7,200	3,995
2026	855	248	62	120	7,440	3,913
2027	890	258	65	120	7,800	3,889
2028	927	269	67	120	8,040	3,800
2029	965	280	70	137	9,590	4,296
2030	1,005	291	72	137	9,864	4,188
2031	1,046	303	75	137	10,275	4,135
2032	1,089	316	79	137	10,823	4,129
2033	1,134	329	82	137	11,234	4,062
2034	1,181	342	85	137	11,645	3,991
2035	1,230	357	89	137	12,193	3,961
2036	1,281	371	93	137	12,741	3,923
2037	1,334	387	97	137	13,289	3,879
2038	1,389	403	100	137	13,700	3,790
계	19,629	5,692	1,420		179,374	78,377

주 1) ‘Forecast International, 2012’ 의 2012-2021 피스톤엔진 전망치를 2038년까지 연장하여 전망한 수치

2) 200마력 엔진의 현재 점유율 기준(업체 제공)

3) 국내에서 개발되는 디젤엔진의 시장점유율을 300HP이상에서 30%로 가정함 (국내 A업체는 300-350마력대 시장에서 50%의 점유율을 가정하였음)

(3) 총편익(예상수입)의 현재가치

○ 예상수입은 엔진의 판매수입과 부수수익으로 구성됨.

○ 엔진판매 부수수익은 대당 $45.5/hr를 가정했으나 편의상 2019년 이후 매년 할인율만 큼씩 인상된다고 가정하면 부수수익의 현재가치는 $235,956천임.

- 부수수익 합계: $166,166＊1,420대 = $235,956천

○ 총편익(예상수입)의 현재가치

엔진 매출액의 현재가치: $78,377천
부대수익의 현재가치: $235,956천
계 $314,333천
= 345,766백만 원
(환율 $1 : 1,110원 적용)

라. 경제성분석

(1) R&D사업에 대한 예비타당성조사 지침의 '투자편익 산정'

○ 투자편익 = Market * Share * R&D Ratio * Success * VA Ratio
여기서, Market : 신규창출시장규모. 수요전망으로 갈음함.
Share : 300마력급 이상의 디젤엔진 시장점유율을 25%로 가정함.
R&D Ratio : 최종매출액에 대한 R&D 기여도. 예타지침에 따라 28.1% 적용함.
Success : 사업화 성공률. 착수물량 확보를 전제로 사업을 추진하므로 100%로 가정함.
(KC-100에 장착할 엔진을 개발하는 경우 착수물량 확보 가능)
VA Ratio : 부가가치율. 차세대중형항공기 개발사업과 같이 38.67%를 적용함.

(2) B/C Ratio

○ 총편익(예상수익)의 현재가치 = 345,766백만 원
○ R&D기여율 = 28.10% 적용 (R&D예비타당성조사 지침)
○ 부가가치율 = 38.67% (차세대중형항공기 사업에서 적용한 부가가치율)
○ 개발비의 현재가치 = 34,798.6백만 원
○ B/C Ratio = (345,766×0.281×0.3867) ÷ 34,798.6 = 1.08

표 114 피스톤엔진 개발의 경제성분석 결과

예상수입(현가)	R&D기여도	부가가치율	개발비(현가)	B/C Ratio
345,766백만 원	28.10%	38.67%	34,798.6백만 원	1.08

(3) 평가

○ 인증비용 50억 원을 포함한 총사업비 370억 원(현재가치 약 348억 원)을 투입하여 피스톤엔진을 개발하고 개발성공 후 2038년까지 동급 엔진시장에서 25% 정도의 시장점유율을 달성한다고 가정하면 300～350마력급 피스톤 항공기용 디젤엔진 국산화사업은 경제성이 있는 것으로 판단됨.

○ 경제성 평가 결과는 기술개발이 성공하여 가격 및 품질경쟁력을 갖춘 디젤엔진의 양산이 시작되고 활발한 마케팅전략을 통해 시장점유율 목표를 달성하는 것을 전제로 한 것임. 그러므로 기술개발과 동시에 지속적인 시장상황 분석과 마케팅계획 등 사업화전략도 동반되어야 할 것으로 사료되는데 본 연구에서는 기술개발에만 초점을 맞추고 있음.

7. 가스터빈엔진 개발의 경제성 분석

가. 사업 개요

(1) 사업내용

○ 사업 명: 가스터빈엔진의 국산화기반 구축

○ 사업목적 또는 필요성
- 항공핵심기술의 개발을 통해 국내 항공산업의 선진화를 달성하고 항공제조분야 글로벌 강국으로 부상하기 위해서는 가스터빈엔진의 국산화가 필요함.
- 앞으로 국내에서 개발하고자 하는 중소형 항공기(KABJ)의 국산화율 제고를 위해서도 핵심부품인 가스터빈엔진의 국산화가 요구됨.
- 수입에 의존하는 KABJ 엔진의 국산화를 통해 항공기의 제조단가를 낮추고 가격경쟁력을 제고할 수 있으며 가스터빈 엔진의 수입대체 및 산업화를 통해 일자리 창출, 생산유발 및 수출증대를 기대할 수 있음.
- 민간 항공기와 핵심부품의 국산화기반을 마련함으로써 항공산업을 새로운 성장 주도산업으로 육성할 수 있으며 이를 통해 경제의 지속적 성장기반을 구축할 수 있음.

○ 세부내용
- KABJ에 탑재할 비즈니스제트기용 가스터빈엔진의 개발.
- 중소형 항공기엔진 인증체계 구축: 인증기술개발 및 시범인증. BASA 체결.

(2) 전제

○ 개발전략
- 앞에서 언급한 것처럼 가스터빈엔진을 개발할 국내기반은 매우 취약한 실정임. 국내의 항공 관련업체들은 항공기엔진을 정비한 경험은 풍부하나 완제품을 개발한 경험이 없으며 글로벌시장규모가 작고 수익성이 불투명한 항공기 엔진개발에 많은 투자비를 들여 참여하려는 기업이 없는 실정임. 따라서 투자비부담을 최소화하면서 국내수요가 보장되는 KABJ용 엔진부터 단계적으로 엔진개발을 추진하되 처음부터 완전국산화를 추진하기 보다는 점진적으로 국산화율을 높이는 엔진개발전략이 바람직함.
- 본 연구에서는 KABJ 개발일정에 맞춰 1단계에서는 기술난이도가 높은 엔진코어를 수입하고 일부 구성품과 주변기기를 국산화한 다음 1단계 개발성과와 해외수출 가능성 등을 판단하여 2단계사업으로 가스터빈엔진의 완전국산화를 추진하는 단계적 전략을 채택하는 것이 현실적이라고 판단함.

○ 개발방식
- 국내 항공기용 가스터빈엔진 산업기반이 취약한 점을 고려하여 단계별 개발방식을 도입하되 제1단계에서는 국내 단독개발방식으로 추진하고 제2단계에서는 제1단계의 성

과와 시장상황을 감안하여 국내 단독개발 또는 국제공동개발전략으로 가스터빈엔진의 완전국산화를 추진하는 것으로 가정함.

○ 개발 착수시기

- 가스터빈엔진을 국내에서 개발되는 항공기에 장착하는 것을 목표로 한다면 KABJ의 개발 진행상황과 연동시켜야 하므로 빠르면 KABJ와 동시에 엔진개발에 착수하는 방안부터 KABJ의 사업화에 성공한 시점에 엔진개발을 추진하는 방안까지 다양한 대안을 검토할 수 있음

① KABJ의 개발과 동시에 가스터빈엔진 개발에 착수하는 방안
② KABJ의 탐색개발이 끝나고 본 개발이 시작되는 시점에 착수하는 방안
③ KABJ의 본 개발이 한창 진행되는 시점에 착수하는 방안
④ KABJ의 본 개발이 끝나고 사업화가 진행되는 시점에 착수하는 방안
⑤ KABJ의 사업화에 성공한 적절한 시점에 착수하는 방안 등

- 본 연구에서는 KABJ의 본 개발이 시작되는 시점에 가스터빈엔진 탐색개발이 개시된다고 가정하여 경제성을 분석하고자 함.

○ 개발비 규모와 개발기간

- 가스터빈엔진의 개발방식, 개발범위, 개발이 착수되는 시점이 확정되고 개발능력을 갖춘 민간기업의 참여하에 기술개발내용 등이 검토된 다음 개발비 규모와 개발기간 등을 결정할 수 있는데 아직은 이러한 선행조건들이 충족되지 않았으므로 개발비 규모와 개발기간을 확정할 수 없음.
- 그러나 중소형항공기(KABJ) 국산화사업의 경제성분석에서 편익을 분석한 바가 있으므로 이를 이용하면 KABJ 엔진개발에 따른 편익의 대략적 추정이 가능하며 이를 토대로 경제성을 확보할 수 있는 투자비 규모를 추적할 수 있음. 중소형항공기의 국산화사업이 추진되고 KABJ의 매출시나리오가 실현된다고 가정할 때 경제성을 확보할 수 있는 KABJ용 엔진의 개발비 규모는 약 3,000억 원 정도로 추정됨.
- 본 연구에서는 단계별 개발전략으로 약 3,000억 원을 투입하여 5년 동안에 엔진개발이 이루어지는 것으로 가정함.

① 1단계(부분국산화 달성) : 개발비 3,000억 원을 5년에 나누어 투입
② 2단계(완전국산화 지향) : 현 단계에서는 정확한 개발비 규모와 개발기간을 추정하기가 어려움. 개발비 규모와 개발기간은 1단계 기술개발 상황, KABJ의 개발 및 사업화 진행상황, 민간기업의 역량, 해외수출 가능성, 엔진가격과 수급동향 등을 고려하여 결정되어야 함.

표 115 가스터빈엔진 개발계획: 가정

단계별	개발기간	개발방식	내 용
1단계	2017～2021 (5년)	국내단독 (엔진코어의 도입 또는 기술도입 병행)	► 가스터빈엔진의 부분국산화 추진 ► 탐색개발: 2017~2018 ► 본 개발: 2018~2021 ► KABJ 엔진코어는 외국에서 구매 (주문생산 방식) ► 국내에서는 기타 주요 부품과 주변기기의 개발 및 제작 ► 시험, 제작, 인증인프라 구축
2단계	현 단계에서는 확정할 수 없으나 1단계 개발이 종료된 후 착수하여 5～6년간 개발	국내단독 또는 국제공동개발	► 가스터빈엔진의 완전국산화 지향 ► 탐색개발: 개발 착수 후 2년 ► 본 개발: 탐색개발 후 3～4년 ► 엔진코어의 국내개발 추진 ► 국내 단독개발이 어려운 기술은 국제공동개발 추진 ► 파생형 엔진개발 추진 ► 엔진과 부품의 수출산업화 모색

주: KABJ의 탐색개발이 2015년에 착수되고 2016년에 끝나는 것으로 가정하여 가스 터빈엔진의 1단계 개발은 2017년에 시작되는 것으로 가정하였음.

나. 비용분석

(1) 총 사업비

○ 1단계(부분국산화 달성) : 3,000억 원(가스터빈엔진 개발 및 인증비용)

○ 2단계(완전국산화 지향) : 미 확정(가스터빈엔진코어 개발 및 인증비용)

○ 1단계 개발비는 KABJ의 판매계획과 연계한 엔진매출 및 부대수입 전망치를 이용해서 역으로 경제성을 확보할 수 있는 개발비 규모를 산출한 것임. 현재로서는 2단계 개발비 규모를 대략적으로도 추정할 수 없는 상황이나 1단계 개발 직후 2단계 개발이 시작되어 6년간 약 4천억 정도가 추가 투입된다고 가정하면 가스터빈엔진 개발에 따른 총비용은 다음과 같이 추정할 수 있음. 그리고 개발비를 연도별로 비슷하게 배분하는 것으로 간주하는 경우 개발비의 현재가치는 다음과 같음.

(2) 연도별 개발비 지출계획과 현재가치

표 116 연도별 개발비 지출계획

(단위: 억 원)

단계별	연 도	개발비			현 가	비 고
		정부	민간	합계		
1단계	2017	400	-	400	400	탐색개발/인증기획
	2018	450	250	700	663	탐색/본 개발
	2019	500	200	700	629	본 개발/인증
	2020	500	200	700	596	본 개발/인증
	2021	400	100	500	404	본 개발/인증/양산화기획
	소 계	2,250	750	3,000	2,692	
2단계	2022	500	-	500	383	탐색개발/인증기획
	2023	550	200	750	544	탐색/본 개발
	2024	550	200	750	515	본 개발/인증
	2025	550	200	750	489	본 개발/인증
	2026	550	200	750	463	본 개발/인증
	2027	300	200	500	293	본 개발/인증/양산화기획
	소 계	3,000	1,000	4,000	2,687	

주: 개발비의 현재가치는 2017년을 기준으로 설정하였고 할인율 5.5%를 적용함.

다. 편익분석

(1). 편익의 구성

○ 편익은 엔진 판매수입과 수명주기 동안 이루어지는 부대수입으로 구성됨. 엔진판매수입은 목표시장이 어디이고 시장점유율이 어느 정도인지에 따라 결정되는데 현 단계에서는 KABJ에 탑재하는 것을 목표로 하므로 엔진매출 총액은 항공기 매출수량과 연동되어야 함. 두 개의 엔진을 장착하는 KABJ에 장착하는 경우 엔진 판매량은 항공기 판매량의 2배이므로 여기에 단가를 곱하면 매출액을 추정할 수 있음.

○ 부대수입은 엔진 판매 당시로부터 수명주기 동안 발생하는 수입을 의미하는데 엔진판매수입의 일정 비율로 간주할 수 있음. 본 연구에서는 가능한 보수적인 관점에서 엔진매출액과 부대수익을 합쳐 항공기 매출액의 약 30%로 가정함.

○ KABJ의 초기 판매단가를 $12M~$12.5M으로 가정하였으므로 엔진개발에 따른 예상수입은 대당 $4M에 달함. KABJ 경쟁기종의 현재 엔진단가가 $0.9M수준인 점을 감안하면 엔진판매수입은 대당 $1.8M 수준으로 예상할 수 있으며 수명주기 동안 발생하는 부대수익은 항공기 대당 $2.2M으로서 엔진 매출액의 1.2배 수준으로 간주할 수 있음.

(2) 총 편익 전망

○ 가스터빈엔진을 1단계, 2단계로 나누어서 개발하는 경우 각 단계별 편익을 계산하기 위해서는 각 단계의 개발목표와 사업화계획 등이 수립되어야 함.

○ 본 연구에서는 1단계 개발목표를 ‘KABJ에 탑재할 엔진의 부분국산화’로 가정하고 2단계 개발목표를 ‘KABJ 엔진의 완전국산화 및 해외시장을 겨냥한 부품 및 파생형 엔진개발’로 가정하고자 함. 따라서 1단계 엔진개발의 총편익 또는 예상수입은 KABJ용 엔진의 매출액과 부대수입으로 구성되는데 KABJ의 판매량 시나리오를 토대로 추정한 예상수입은 다음과 같음.

표 117 가스터빈엔진 개발에 따른 예상수입 전망

구 분	항공기 판매량	항공기판매단가	엔진수입(현가)
시나리오 Ⅰ-1	687대	$12M	$1,995M
시나리오 Ⅰ-2	687대	$12.5M	$2,078M
시나리오 Ⅱ-1	795대	$12M	$2,342M
시나리오 Ⅱ-2	795대	$12.5M	$2,439M

주 1. 엔진수입(현가)는 항공기 판매수입(현가)의 30%

2. 항공기의 연도별 판매계획 등은 ‘중소형항공기(Part 25급) 국산화 보급기반구축 기획 최종보고서, Ⅰ,Ⅱ, 2012’ 참조.

3. 엔진개발의 상용화시점이 항공기의 상용화시점보다 늦어짐으로써 항공기 판매계획에 약간의 차이가 발생하지만 본 연구에서는 이를 무시하였음.

라. 경제성분석

(1) 1단계 엔진개발의 경제성 평가

○ 3,000억 원이 소요되는 1단계 개발계획의 총비용(현가) 및 총편익(현가)에 R&D 기여도, 사업화 성공률, 부가가치율을 적용하여 B/C Ratio를 계산하면 다음과 같음(달러표시 개발비는 환율 $1 : 1100원을 적용해서 계산하였음).

표 118 가스터빈엔진 개발의 경제성분석 결과

구 분	예상수입	R&D기여도	부가가치율	개발비	B/C Ratio
시나리오 Ⅰ-1	$1,995M	28.10%	38.67%	$245M	0.89
시나리오 Ⅰ-2	$2,078M	28.10%	38.67%	$245M	0.92
시나리오 Ⅱ-1	$2,342M	28.10%	38.67%	$245M	1.04
시나리오 Ⅱ-2	$2,439M	28.10%	38.67%	$245M	1.08

○ 결과적으로 개발비 3,000억 원을 투입하여 KABJ에 탑재할 엔진을 개발하고 KABJ의 판매가 시나리오대로 실현된다고 가정하면 가스터빈엔진의 국산화 사업은 어느 정도 경제성을 확보할 수 있는 것으로 판단함.

(2) 개발비가 달라지는 경우의 경제성 평가

○ 여기서는 1단계 엔진개발비를 3,000억 원으로 가정함으로써 경제성을 확보할 수 있을 것으로 전망하였지만 개발비가 달라진다면 경제성분석 결과도 다르게 나타날 것임.

○ KABJ의 판매시나리오가 달라지지 않고 국내에서 개발되는 엔진의 용도가 오로지 KABJ에 장착된다고 가정하면 편익을 달라지지 않으므로 개발비 규모에 따라 경제성 여부가 결정될 것임. 개발비가 2,500억 원인 경우와 5,000억 원인 경우의 B/C Ratio는 다음과 같이 달라짐.

- 개발비가 2,500억 원의 경우

표 119 개발비 2,500억 원의 경우 경제성분석 결과

구 분	예상수입	개발비의 현가	B/CRatio
시나리오 Ⅰ-1	$1,995M	$182M	1.19
시나리오 Ⅰ-2	$2,078M	$182M	1.24
시나리오 Ⅱ-1	$2,342M	$182M	1.40
시나리오 Ⅱ-2	$2,439M	$182M	1.46

⇒ B/C Ratio가 최소 1.19 이상이므로 경제성이 큰 것으로 판단함.

- 개발비가 5,000억 원의 경우

표 120 개발비 5,000억 원의 경우 경제성분석 결과

구 분	예상수입	개발비의 현가	B/CRatio
시나리오 Ⅰ-1	$1,995M	$364M	0.60
시나리오 Ⅰ-2	$2,078M	$364M	0.62
시나리오 Ⅱ-1	$2,342M	$364M	0.70
시나리오 Ⅱ-2	$2,439M	$364M	0.73

⇒ 모든 시나리오 하에서 B/C Ratio가 1에 크게 미치지 못하므로 경제성이 없는 것으로 판단함.

○ 이 결과는 해외수출이나 다른 용도로 판매하지 않고 오로지 KABJ에 탑재할 목적으로 가스터빈엔진을 개발하는 경우 경제성을 확보할 수 있는 개발비 규모는 3,000억 원을 초과할 수 없다는 의미임.

○ 개발비가 3,000억 원을 초과하는 경우에는 ① 부대수익 확대, ② 해외수출 모색, ③ 다른 항공기(군용기 포함)나 선박 등으로 용도를 다각화 하는 등 시장을 확대하는 전략으로 경제성을 확보하는 방안을 강구해야 함.

8. 종합평가 및 결론

가. 종합평가 및 결론

(1) 디젤엔진개발의 경제성 분석 결과

○ 항공제조업의 육성은 정책적 당위성에도 불구하고 예상되는 편익 대비 투자비가 많이 소요된다는 점에서 다른 업종에 비해 국가의 R&D지원을 확보하기가 쉽지 않고 무역과 국제분업의 이익을 지향하는 글로벌 추세에도 역행할 수 있으므로 경제성이 확보되는 개발전략을 추구해야 함.

○ 피스톤항공기용 디젤엔진시장은 새로운 틈새시장으로서 진입장벽이 높지 않고 우리나라 자동차 엔진산업의 높은 경쟁력을 활용할 수 있는 분야이므로 상대적으로 신규 진입하기가 용이하며 개발비 규모도 크지 않다는 점에서 경제성을 확보할 수 있음. 실제로 국내에서 개발된 KC-100용 300마력 대 디젤엔진을 개발하는 경우 동급 디젤엔진시장의 25%를 점유할 수 있다면 B/C Ration가 1.08 수준으로 경제성이 있는 것으로 분석되었음.

표 121 디젤엔진 개발사업의 경제성 분석

예상수입(현가)	R&D기여도	부가가치율	개발비(현가)	B/C Ratio
3,458억 원	28.10%	38.67%	348.0억 원	1.08

○ 그러나 이상의 경제성분석 결과는 기술개발이 성공하여 가격 및 품질경쟁력을 갖춘 피스톤항공기용 디젤엔진이 개발되고 양산화 기반이 확립되어 일정한 시장점유율을 달성하는 것을 전제로 한 것이므로 기술개발의 성공을 위한 비용투입과 함께 사업화 성공을 위한 방안도 동시에 강구되어야 할 것으로 사료됨. 본 연구에서는 기술개발 및 인증체계 구축에만 초점을 맞추고 있는 바 기술개발과 병행하여 지속적인 글로벌 시장동향분석과 구체화된 사업화전략의 추진이 필요할 것으로 판단됨.

(2) 가스터빈엔진 개발의 경제성분석 결과

○ 가스터빈엔진의 경우 기술위험성이 높고 민간의 사업화 역량도 낮다는 점에서 신규 진입하기가 훨씬 어려울 것으로 보임. 그것은 피스톤엔진에 비해 엄청난 개발비가 소요될 뿐 아니라 글로벌시장의 진입장벽이 높고 국내 기업들의 참여의지도 낮기 때문임. 국내에서 개발을 추진하고 있는 중소형항공기에 탑재할 엔진을 개발하는 경우 국내 단독으로 개발하기가 어렵고 개발비가 3,000억 원을 넘으면 경제성을 확보하기도 쉽지 않다는 점에서 단계적 개발 또는 국제공동개발 방식이 대안이 될 수 있음.

○ 단계별 개발방식을 채택하는 경우 우선 3,000억 원을 투입하여 주변기기와 일부 부품을 개발하고 엔진코어를 해외로부터 구매하는 ‘부분국산화’ 방식을 추진한다면 어느 정도 경제성을 확보할 수 있을 것으로 판단되며 다음 단계에서 완전국산화를 지향하는 개발을 추진하는 경우에는 수출용 엔진과 핵심엔진부품을 개발함으로써 시장을 확대하는 전략이 수반되어야 할 것임. 본 연구에서는 1단계 부분국산화를 추진하는 경우의 경제성 분석결과를 다음과 같이 제시함.

표 122 가스터빈엔진 개발사업의 경제성 분석

구 분	예상수입	R&D기여도	부가가치율	개발비	B/C Ratio
시나리오 Ⅰ-1	$1,995M	28.10%	38.67%	$245M	0.89
시나리오 Ⅰ-2	$2,078M	28.10%	38.67%	$245M	0.92
시나리오 Ⅱ-1	$2,342M	28.10%	38.67%	$245M	1.04
시나리오 Ⅱ-2	$2,439M	28.10%	38.67%	$245M	1.08

○ 가스터빈엔진의 경우에도 기술개발의 성공가능성과 함께 사업화 성공가능성을 동시에 고려한 개발전략이 필요하며 시장동향과 경쟁상황 등을 분석하여 미래지향적, 시장 친화적 제품을 개발하는 마케팅전략이 포함되어야 할 것으로 판단됨.

5장. 연구투입 소요예산 산정

1절. 인력투입계획

1. 소형 항공기용 왕복엔진 개발

(단위 : M/Y)

항 목	내 용	인력 투입				
		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
대상엔진 선정 및 기술자료 분석	대상엔진(엔진본체) 선정	3				
	엔진 및 기술자료 분석	3				
	엔진제어기 분석	3				
엔진 및 구성품 설계기준(Design Point) 설정	엔진 개조범위 설정	2				
	엔진 시스템 단위 설계기준 설정	2				
	구성품 설계기준 설정	2				
문서 업무	개발규격서 작성	2				
	RTCA DO 문서 작성					
구성품 설계 및 Proto 제작	터보챠저 설계		2			
	연료공급장치 설계		2			
	감속기어박스 설계		2			
	냉각시스템 설계		2			
	엔진공기 흡입구 설계		2			
	배기시스템 설계		2			
	제어기 설계		2			
	Harness 설계		2			
해석	엔진성능해석		3			
	열 및 유동해석		3			
	구조 및 진동해석		3			
	소음해석		3			
형식증명	수행항목 확인 및 정의		3			
	검증준비			2		
	엔진 시험				5	
	고도시험				5	
	문서작성					3
	형식증명 획득					4
구성품 성능시험 및 설	구성품 Rig Test(1차)			3		

계변경	설계변경 및 2차 Proto 제작			3		
	구성품 Rig Test(2차)			3		
	시제제작			3		
적합성 시험	엔진통합시험장치			5		
	환경시험(DO-160, 2회)			5		
엔진통합	엔진조립			5		
엔진통합 및 보고서	엔진 기능 시험				5	5
합 계		**17**	**31**	**29**	**15**	**12**

2. 항공기용 왕복엔진 인증기술개발 사전연구 인력투입계획

○ 민간항공기용 왕복엔진 및 터빈엔진 인증은 항공기 인증과 마찬가지로 인증당국이 법적으로 수행하여야 하며 우리나라의 경우에는 국토교통부 항공정책실 항공기술과가 이와 같은 임무를 수행하고 있음.

○ 현재는 항공기 인증업무의 전문성과 전문 인력 확보의 어려움을 감안하여 항공기 인증에 있어 적합성을 판단하는 기술적인 업무는 외부의 전문기관에 위임할 수 있도록 항공법 및 관련 규정을 통해 제도화하고 있음.

○ 항공기 전문검사기관으로는 한국항공우주연구원이 지정되어 있으며, 한국항공우주연구원의 항공인증연구센터에서 항공기, 엔진, 프로펠러 등의 인증업무를 수행하고 있음.

○ 항공인증연구센터는 2007년 9월 미국과의 TSO급 BASA 체결을 위한 기술평가와 2013년 3월 소형항공기 인증을 수행한 바 있음.

○ 이러한 경험을 토대로 민간항공기용 엔진에 대한 형식증명을 위해서는 제도 구축을 위한 전문 인력과 인증기술 연구를 위한 전담 인력이 왕복엔진에는 11명, 터빈엔진 인증의 경우에는 약 30명이 요구됨.

(단위 : M/Y)

항 목	내 용	인력투입
		Y1
민간항공기용 왕복엔진 인증시스템 연구를 통해 국내 인증 체계 및 절차 구축	민간항공기용 왕복엔진 인증 종합체계 구축을 위한 규정 보완사항 연구 및 개정(안) 도출	1
	민간항공기용 왕복엔진 인증 관련 훈령/고시 등 세부절차 개선방안 연구 및 제·개정(안) 도출	1
민간항공기용 왕복엔진 인증인력 양성 및 인증기술 확보	민간항공기용 왕복엔진 적용 인증기준에 따른 인증기술 분야별 인증요건 연구	1
	인증요건별 적합성입증방법(MOC) 연구	1
	인증수행 전담인력의 양성계획 및 인증기술 확보 방안 수립	1
합 계		5

3. 항공기용 왕복엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증 인력투입계획

(단위 : M/Y)

항 목	내 용	인력 투입			
		Y2	Y3	Y4	Y5
민간항공기용 왕복엔진 인증시스템 및 인증기술 연구	- 민간항공기용 왕복엔진 인증시스템 구축/보완/평가 - 인증전문인력 양성 추진 - 해외 인증전문가 활용을 통한 기술이전 등 인증기술 확보	1	1	1	1
민간항공기용 왕복엔진 인증	엔진에 대한 형식증명 인증	5	8	8	3
	엔진 운용 및 감항성유지 평가	1	1	1	5
BASA IPA 확대 체결	- FAA 기술평가 수검 - BASA IPA 확대협상 및 체결 추진	1	1	1	1
합계		8	11	11	11

4. 소형 민간 항공기용 고효율 터보팬 엔진 개발 및 인증기술 개발 인력투입계획

○ 소형 민간 항공기용 고효율 터보팬 엔진 개발 및 인증기술 개발의 인력투입 계획은 없음.

5. 민간항공기용 터빈엔진 인증기술개발 사전연구 인력투입계획

(단위 : M/Y)

항 목	내 용	인력투입	
		Y1	Y2
민간항공기용 터빈엔진 인증시스템 연구를 통해 국내 인증 체계 및 절차 구축	민간항공기용 터빈엔진 인증 종합체계 구축을 위한 규정 보완사항 연구 및 개정(안) 도출	1	1
	민간항공기용 터빈엔진 인증 관련 훈령/고시 등 세부절차 개선방안 연구 및 제·개정(안) 도출	1	1
민간항공기용 터빈엔진 인증인력 양성 및 인증기술 확보	민간항공기용 터빈엔진 적용 인증기준에 따른 인증기술 분야별 인증요건 연구	3	3
	인증요건별 적합성입증방법(MOC) 연구	4	4
	인증수행 전담인력의 양성계획 및 인증기술 확보 방안 수립	1	1
합 계		10	10

6. 항공기용 터빈엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증 인력투입계획

(단위 : M/Y)

항 목	내 용	인력 투입					
		Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8
민간항공기용 터빈엔진 인증시스템 및 인증기술연구	- 민간항공기용 터빈엔진 인증시스템 구축/보완/평가 - 인증전문인력 양성 추진 - 해외 인증전문가 활용을 통한 기술이전 등 인증기술 확보	4	2	2	2	2	1
민간항공기용 터빈엔진 인증	엔진에 대한 형식증명 인증	8	20	20	20	20	5
	엔진 운용 및 감항성유지 평가	4	6	6	6	6	10
BASA IPA 확대 체결	- FAA 기술평가 수검 - BASA IPA 확대협상 및 체결 추진	4	2	2	2	2	4
합계		20	30	30	30	30	20

2절. 소요예산 산정

1. 항공기용 왕복 엔진 국산화 기반 구축 사업 전체 소요예산

(단위 : 백만원)

년 도	정부출연금	기업부담금	계
Y1	8,919	2,806	11,725
Y2	9,026	2,742	11,768
Y3	5,068	1,323	6,391
Y4	4,010	903	4,913
Y5	1,977	226	2,203
합 계	**29,000**	**8,000**	**37,000**

2. 세부사업별 소요예산

가. 소형 항공기용 왕복 엔진 개발

(1) 총괄 예산

(단위 : 백만원)

년 도	정부출연금	기업부담금	계
Y1	8,419	2,806	11,225
Y2	8,226	2,742	10,968
Y3	3,968	1,323	5,291
Y4	2,710	903	3,613
Y5	677	226	903
합 계	24,000	8,000	32,000

(2) 연도별 세부예산

연 구	연구 내용	예 산 (억원)						비고
		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	합	
소형 항공기용 디젤 엔진 개발	- 대상엔진 선정 및 기술자료 분석 - 엔진 및 구성품 설계 기준(Design Point) 설정 - 문서업무 - 구성품 설계 및 Proto 제작 - 해석 - 형식증명 - 구성품 성능시험 및 설계변경 - 적합성 시험 - 엔진통합 - 엔진통합 및 보고서	112	110	53	36	9	320	
총 합		112	110	53	36	9	320	

나. 항공기용 왕복엔진 인증기술개발 사전연구

(1) 총괄예산

(단위 : 백만원)

년 도	정부출연금	기업부담금	계
Y1	500	-	500
합 계	500	-	500

(2) 연도별 세부예산

연 구	연구 내용	예 산 (억원)		비고
		Y1	합	
민간항공기용 왕복엔진 인증기술개발 사전 연구	- 민간항공기용 왕복엔진 인증시스템 연구를 통해 국내 엔진 인증 체계 및 절차 구축 - 엔진 인증인력 양성 및 인증기술 확보	5	5	
총 합		5	5	

(3) 항목별 세부예산

(단위 : 백만원)

항 목	Y1	계
인건비	320	320
직접비	142	142
간접비	38	38
합 계	500	500

다. 항공기용 왕복엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증

(1) 총괄예산

(단위 : 백만원)

년 도	정부출연금	기업부담금	계
Y2	800	-	800
Y3	1,100	-	1,100
Y4	1,300	-	1,300
Y5	1,300	-	1,300
합 계	4,500	-	4,500

(2) 연도별 세부예산

연 구	연구 내용	예 산(억원)					비고
		Y2	Y3	Y4	Y5	합	
민간항공기용 왕복엔진 인증기술개발 및 인증	- 왕복엔진 인증시스템 및 인증기술연구 - 엔진 형식증명 인증 - BASA IPA 확대체결	8	11	13	13	45	
총 합		**8**	**11**	**13**	**13**	**45**	

(3) 항목별 세부예산

(단위 : 백만원)

항 목	Y2	Y3	Y4	Y5	계
인건비	520.0	687.0	754.0	754.0	2,715
직접비	219.4	329.6	447.5	447.5	1,444
간접비	60.6	83.4	98.5	98.5	341
합 계	800	1,100	1,300	1,300	4,500

라. 항공기용 터빈엔진 인증기술개발 사전연구

○ 소형 민간 항공기용 고효율 터보팬 엔진 개발 및 인증기술 개발의 예산 계획은 없음.

마. 항공기용 터빈엔진 인증기술개발 사전연구

(1) 총괄예산

(단위 : 백만원)

년 도	정부출연금	기업부담금	계
Y1	2,000	-	2,000
Y2	2,000	-	2,000
합 계	4,000	-	4,000

(2) 연도별 세부예산

연 구	연구 내용	예 산 (억원)			비고
		Y1	Y2	합	
민간항공기용 터빈엔진 인증기술개발 사전 연구	- 민간항공기용 터빈엔진 인증시스템 연구를 통해 국내 엔진 인증 체계 및 절차 구축 - 엔진 인증인력 양성 및 인증기술 확보	20	20	40	
총 합		20	20	40	

(3) 항목별 세부예산

(단위 : 백만원)

항 목	Y1	Y2	계
인건비	850	880	1,730
직접비	1,002	972	1,974
간접비	148	148	296
합 계	2,000	2,000	4,000

바. 항공기용 터빈엔진 인증기술개발 및 시범사업

(1) 총괄예산

(단위 : 백만원)

년 도	정부출연금	기업부담금	계
Y3	4,500	-	4,500
Y4	6,500	-	6,500
Y5	6,500	-	6,500
Y6	6,500	-	6,500
Y7	6,500	-	6,500
Y8	5,500	-	5,500
합 계	36,000	-	36,000

(2) 연도별 세부예산

연 구	연구 내용	예 산(억원)							비고
		Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	합	
민간항공기용 터빈엔진 인증기술개발 및 인증	- 터빈엔진 인증시스템 및 인증기술연구 - 엔진 형식증명 인증 - BASA IPA 확대체결	45	65	65	65	65	55	360	
총 합		**45**	**65**	**65**	**65**	**65**	**55**	**360**	

(3) 항목별 세부예산

(단위 : 백만원)

항 목	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	계
인건비	1,800	2,730	2,880	3,018	3,168	2,284	15,880
직접비	2,367	3,289	3,139	3,001	2,851	2,809	17,456
간접비	333	481	481	481	481	407	2,664
합 계	4,500	6,500	6,500	6,500	6,500	5,500	36,000

6장. 과제 제안요구서

1절. 과제 제안요구서

1. 항공기용 왕복 엔진 개발

연구개발과제명	항공기용 왕복 엔진 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 항공기용 왕복 엔진의 설계 기술개발 - 항공기용 왕복 엔진 설계 프로세스 구축 - 항공기용 왕복 엔진의 설계 기술에 대한 데이터베이스 구축 - 항공기용 왕복 엔진의 시험평가 기술 구축 ○ 개발엔진의 형식증명 획득
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 항공기용 엔진시스템은 항공기 총 원가의 25~30%로, 항공전자 시스템에 이어 두 번째로 큰 비중을 가지지만 수입에 의존하고 있기 때문에 국내 개발 항공기의 원가 상승에 큰 원인으로 지목됨. ○ 항공기용 엔진은 안정성, 신뢰성이 중요시되므로 규제가 많아 대규모 투자가 불가피하지만 민간 기업이 적극적으로 투자하기 곤란함. ○ 최근 유가 급등과 환경적 문제로 인해 항공기용 가솔린 엔진은 디젤 엔진으로 대체 경향 강화 - 디젤 엔진은 가솔린 엔진에 비해 엔진효율이 높고, 유지보수가 용이하며, 최대출력과 탑재중량, 순항속도와 순항거리가 증가함. - 디젤 연료는 가솔린 연료에 비해 가격이 저렴하고, CO_2 배출량이 적음.
□ 기술동향 <국 내>	

○ 국내 완성차 제조사에서 자동차용 디젤엔진을 독자 개발함.

○ 아직 국내에서 항공기용 왕복엔진을 개발 이력 없음.

○ 해외 유명 항공 부품 제작사와 합작회사의 형태로 국내에 MRO 센터를 국내에 설립하여 항공기용 엔진 유지 보수 기술 향상 기대

<국 외>

○ 미국의 Lycoming 社과 Continental 社 등 에서 개발된 왕복엔진들이 6인승 이하 소형항공기 시장을 잠식함.

○ 왕복엔진은 가솔린 엔진과 디젤엔진으로 나눠지며 현재 항공용 왕복기관의 대부분은 가솔린엔진이 사용되고 있음. 그러나 높은 출력 관점에서 디젤엔진의 장점이 대한 관심이 다시 부각되고 있음.

3. 연구개발내용

□ 세부과제별 연구내용

[1세부과제]

○ 국내 최초의 독자 개발 소형 항공기 KC-100에 장착된 TSIOF -550K와 동급의 왕복 엔진 개발

- 6-cylinder piston aircraft engine
- Turbocharged & FADEC models
- 최대출력: 315HP (수출을 위한 파생형 엔진은 최대 550HP)
- 임계고도: 18,000ft
- 중량: 500-600lbs (수입품인 TSIOF-550-K는 565.5lbs)

[2세부과제]

○ 소형 항공기용 왕복 엔진의 설계 기술 구축

[3세부과제]

○ 소형 항공기용 왕복 엔진 기술의 DB 기반 구축

[4세부과제]

○ 소형 항공기용 왕복 엔진의 시험 평가 시설 및 운용기술 구축

4. 연구개발 추진방법	
□ **추진전략**	○ 항공기용 엔진 또는 추진계통 개발 수행경력 업체의 주관업체 지정 ○ 국내 항공용 기술표준품 형식인증, 항공우주 품질경영시스템 인증 획득 업체 선정
□ **추진체계**	○ 민간기업 단독 개발 ○ 민간기업 및 연구소 컨소시엄 ○ 민간기업, 해외 컨설팅
5. 최종성과물	
□ **주요 최종성과물**	○ 항공기용 왕복엔진 및 주요 구성품 설계 도면 ○ 항공기용 왕복엔진 시제품 ○ 항공기용 왕복엔진 설계 DB 체계 ○ 항공기용 왕복엔진 설계 프로세스 매뉴얼 및 코드 ○ 엔진 성능해석용 Tool, 해석분석 자료 ○ RTCA DO 기준 프로세서 및 관련 산출문서 ○ 형식증명서

항목	성능목표수준
Max-take-off power	315hp
Max. operational altitude	18,000ft
Fuel	Diesel
Certification	항공기 기술기준 Part33 또는 FAR 33
Weight	500 ~ 600 lbs

6. 활용방안 및 기대효과

□ 활용방안

○ KC-100 장착엔진 대체

○ 군용무인기 엔진으로 활용(육군-군단급, 2017년 개발완료 예정)

□ 기대효과

○ 전량 수입 중인 KC-100의 엔진을 국산 디젤엔진으로 대체 시, 엔진 1개당 약 2,000 - 3,000 만원의 수입 대체 효과 발생

○ 개발 엔진은 군용 무인기 엔진으로 활용할 수 있기 때문에 해외 메이저 제작사가 선점한 국내 항공기용 엔진 시장의 점유율 향상 기대

○ 국토부 지원으로 개발된 KC-100 항공기에 국산 디젤 엔진을 장착함으로써 항공용 엔진 산업의 기반하고 KC-100의 가격 경쟁력 확보로 해외 수출에 유리함.

○ 계속 높아지는 항공기 배기가스 규제를 만족시키는 친환경 디젤 엔진은 해외 수출에 큰 장점을 가짐.

○ 첨단 기술의 집합체인 항공용 엔진을 개발함으로써 자동차 산업, 발전 사업 등으로의 기술적 파급 효과가 큼.

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2014. 10 ~ 2018. 9 (5 년)
- 1차년도 연구개발기간 : 2014. 10 ~ 2015. 9 (12 개월)

○ 총 정부출연금 : 24,000 백만원 이내

- 1차년도 정부출연금 : 8,420 백만원 이내

※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음.
※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
※ 연구단과제는 세부과제별로 기업부담금 비율 준수
※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

○ 총 연구기간: 5년

○ 총 연구비: 320억 원
(정부출연: 240 억 원, 민간부담: 80 억 원)

(단위 : 억 원)

	사업비
1차년도	112.26
2차년도	109.68
3차년도	52.90
4차년도	36.13
5차년도	9.03

8. 기 타

2. 민간항공기용 왕복엔진 인증기술개발 사전연구

연구개발과제명	민간항공기용 왕복엔진 인증기술개발 사전연구
1. 연구개발 목표	
	○ 민간항공기용 엔진 국내 인증 종합 체계 및 절차 구축 ○ 민간항공기용 엔진 인증인력 양성 및 인증기술 확보
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 민간항공기용 엔진이 국내에서 개발됨에 따라 엔진 인증이 필수적임. ○ 민간항공기용 엔진을 인증하기 위해서는 엔진 인증시스템, 인증체계 및 절차, 인증기술능력에 대한 선행연구가 필요함. ○ 특히, 본 연구단계에서 수행될 미국과의 BASA IPA 확대 체결을 위하여 선진국과의 동등한 수준의 인증시스템, 인증체계 및 절차가 요구됨으로 사전 연구단계에서의 준비가 필요함. ○ 현재 Part 23급을 중심으로 구축된 국내 인증시스템 중 엔진 인증을 위해 보완이 필요한 분야를 집중 연구하고 이를 토대로 항공 규정 및 엔진 인증 관련 절차/지침의 개선안을 사전 도출하여야 함. ○ 민간항공기용 엔진 인증을 수행하기 위한 인증기준을 사전에 분석하고 인증기술을 확보하는 것이 필요함.
□ 기술동향	<국 내> ○ 우리나라와 미국 간에 체결된 기술표준품(TSOA)급 BASA IPA를 기반으로 현재 항공기부품 및 장비품의 기술표준품형식승인 인증 과제가 진행 중이며, 부품개발 수요가 점차 증대할 전망임. ○ Part 23급의 소형기 형식증명이 발행되었으며 2014년 상반기에 현행 BASA IPA가 Part 23급으로 확대 체결될 것으로 예상

됨.

○ 국내에서 민간 항공기용 엔진에 대한 인증(형식증명)을 추진한 사례는 없음.

<국 외>

○ 미국, 유럽 등의 선진국에서는 왕복엔진에 대한 개발이 19세기부터 발달한 이래로 다수의 인증을 수행하고 항공기에 장착하였음.

○ 왕복엔진은 가솔린 엔진과 디젤엔진으로 나눠지며 현재 항공용 왕복기관의 대부분은 가솔린엔진이 사용되고 있음. 그러나 높은 출력 관점에서 디젤엔진의 장점이 대한 관심이 다시 부각되고 있음.

3. 연구개발내용

□ 세부과제별 연구내용

[1세부과제]

○ 민간항공기용 엔진 인증시스템 연구를 통해 국내 인증 체계 및 절차 구축

- 민간항공기용 엔진 인증 종합체계 구축을 위한 항공 규정 보완사항 연구 및 개정(안) 도출

- 민간항공기용 엔진 인증 관련 훈령/고시 등 세부절차 개선방안 연구 및 제개정(안) 도출

[2세부과제]

○ 민간항공기용 엔진 인증인력 양성 및 인증기술 확보

- 민간항공기용 엔진 적용 인증기준에 따른 인증기술분야별 인증요건 연구

- 인증요건별 적합성입증방법(Means of Compliance, MOC) 연구

- 인증수행 전담인력의 양성계획 및 인증기술 확보 방안 수립

4. 연구개발 추진방법	
□ 추진전략	○ 핵심연구책임자는 단계별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진 전략 및 일정계획 수립 ○ 현재 운용중인 소형비행기의 인증시스템과 인증기술을 연구하여 보완사항을 토대로 엔진 인증시스템 및 체계를 구축 ○ 미연방항공청(FAA) 협력 하에 FAA 인증교육 프로그램, OJT 등 FAA 보유 인프라의 적극 활용을 추진 ○ 미국연방항공청(FAA) 은퇴 기술자 또는 DER 전문가를 활용한 인증기술 자문 계획을 수립하여 필요한 기술자문 추진 ○ 국내외 전문 엔진정비교육을 통한 엔진 기술습득 및 엔진인증 기술 접목
□ 추진체계	○ 우리나라의 항공기형식증명 전문검사기관을 중심으로 연구개발을 추진하고 인증당국 지원 하에 시범인증 시 적용 가능한 실질적인 연구 성과 도출
5. 최종성과물	
□ 주요 최종성과물	○ 미연방항공청(FAA)과 동등한 수준의 엔진 인증 규정 및 관련 훈령/고시/지침서/안내서 제·개정(안) ○ 엔진 인증기준(안) 및 인증요건별 적합성입증방안 보고서 ○ 인증전문인력 양성계획 및 인증기술 확보방안 보고서
6. 연구기간 및 지원예산	
	○ 총 연구기간 : 1년

○ 총 연구비 : 정부 5억원

(단위 : 백만원)

	1차년도	계
사전연구	500	500
총계	500	500

7. 기 타

3. 민간항공기용 왕복엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증

연구개발과제명	민간항공기용 왕복엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증
1. 연구개발 목표	
	○ 민간항공기용 엔진 인증체계 및 절차의 운영, 발전 ○ 민간항공기용 엔진 인증인력 양성 및 인증기술능력 제고 ○ 민간항공기용 엔진 인증 및 BASA IPA 확대 추진
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 국내 개발 엔진의 Part 23급 소형비행기에 장착하기 위해서는 인증이 필수적임. ○ 국내 개발 엔진의 해외 수출을 위해서는 미국과의 BASA IPA 확대가 선결조건임. ○ 미국연방항공청은 BASA IPA 확대에 앞서 인증 사업을 통해 상대국의 인증시스템, 인증체계 및 절차, 인증기술능력 등이 미국과 동등한 수준인지를 평가하고 그 결과에 따라 확대 여부를 결정하고 있음. ○ 따라서, 미국과의 BASA IPA를 확대하기 위해서는 다음의 연구를 통해 우리나라의 인증시스템 및 인증기술 능력이 미국과 동등한 수준 이상임을 입증할 것이 요구됨.
□ 기술동향	<국 내> ○ 우리나라와 미국 간에 체결된 기술표준품(TSOA)급 BASA IPA를 기반으로 현재 항공기부품 및 장비품의 기술표준품형식승인 인증 과제가 진행 중이며, 부품개발 수요가 점차 증대할 전망임. ○ Part 23급의 소형기 형식증명이 발행되었으며 2014년 상반기에 현행 BASA IPA가 Part 23급으로 확대 체결될 것으로 예상됨.

○ 국내에서 민간 항공기용 엔진에 대한 인증(형식증명)을 추진한 사례는 없음.

<국 외>

○ 미국, 유럽 등의 선진국에서는 왕복엔진에 대한 개발이 19세기부터 발달한 이래로 다수의 인증을 수행하고 항공기에 장착하였음.

○ 왕복엔진은 가솔린 엔진과 디젤엔진으로 나눠지며 현재 항공용 왕복기관의 대부분은 가솔린엔진이 사용되고 있음. 그러나 높은 출력 관점에서 디젤엔진의 장점이 대한 관심이 다시 부각되고 있음.

3. 연구개발내용

□ 세부과제별 연구내용

[1세부과제]

○ 미연방항공청(FAA)과 민간항공기용 왕복엔진의 시범인증을 통해 미국과 동등한 수준의 국내 인증체계/절차 및 인증기술능력을 보임으로서 현행 BASA IPA 확대 추진

[2세부과제]

○ 민간항공기용 엔진 인증시스템 및 인증기술연구

- 사전 단계에서 구축한 엔진 인증시스템을 엔진 인증 시 적용하면서 지속적인 평가를 통해 보완 및 개선
- 인증교육프로그램 등에 의한 인증전문인력의 양성
- 해외 인증전문가 활용을 통한 기술이전 등 인증기술 확보

[3세부과제]

○ 민간항공기용 왕복엔진 시범인증

- 시범인증 착수 전 단계
  - 인증계획 수립 및 왕복엔진 제작자에 대한 인증 안내(사전 회의 등)
  - 시범인증 착수를 위한 왕복엔진 설계 자료 기술검토
- 시범인증
  - 왕복엔진 형식설계 적합성 확인

• 시제작 개발품에 대한 합치성 확인
• 인증시험 및 감항성유지체계 평가

[4세부과제]

○ BASA IPA 확대 체결

- 미연방항공청(FAA) 기술평가 수검
- BASA 확대를 위한 IPA 문안 개발 및 협상 착수
- BASA IPA 확대협상 진행

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 핵심연구책임자는 단계별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진전략 및 일정계획 수립

○ 전문검사기관 내에 엔진 인증팀과 형식증명위원회 구성

○ 해외 인증교육 및 기술자문을 통한 인증기술능력 조기 확보

○ FAA 기술평가팀과 정기 검토회의체 운영

○ 엔진 형식증명 발행으로 BASA IPA 확대를 위한 토대 마련

□ 추진체계

○ 우리나라의 항공기형식증명 전문검사기관을 중심으로 연구개발 추진 및 인증당국 지원 하에 효율적인 연구성과 도출

○ BASA IPA 체결 상대인 미연방항공청과의 협력을 기본으로 국제적인 협력관계의 외연확대 및 활성화 추진

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물

○ 미연방항공청(FAA)과 동등한 수준의 엔진 인증 규정 및 관련 훈령/고시/지침서/안내서 제·개정(안)

○ 미연방항공청(FAA)과 동등한 수준의 왕복엔진 인증전문인력 및 인증기술능력

○ 왕복엔진 시범사업 인증(형식증명 획득)

○ BASA 협상을 위한 IPA 문안

6. 연구기간 및 지원예산

○ 총 연구기간 : 4년

○ 총 연구비 : 정부 45억원

(단위 : 백만원)

	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	계
본연구	800	1,100	1,300	1,300	4,500
총계	800	1,100	1,300	1,300	4,500

7. 기 타

4. 소형 민간 항공기용 고효율 터보팬 엔진 개발 및 인증기술 개발

연구개발과제명	소형 민간 항공기용 고효율 터보팬 엔진 개발 및 인증기술 개발
1. 연구개발 목표	
	○ 소형 민간 항공기용 고효율 터보팬 엔진 개발 - 소형 터보팬 엔진의 설계/조립/시험평가 기술개발 - 소형 터보팬 엔진 핵심부품의 시험기술 개발 - 소형 터보팬 엔진 핵심부품의 제작기술 개발 ○ 민간 항공기용 가스터빈 엔진 인증기술 개발 - 민간 항공기용 가스터빈 엔진 인증 및 BASA 체결
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 항공기용 엔진시스템은 항공기 원가의 상당한 부분을 차지하나 수입에 의존하고 있음 ○ 장수명 고효율 가스터빈 엔진 개발기술 확보 및 서계시장 진입을 통해 국내 엔진분야의 산업화 견인 ○ 국가 기간사업으로서 주력산업 기술 고도화에 필수적인 가스터빈 엔진의 개발 사업을 통해 미래 성장 동력 확보 ○ 가스터빈 엔진은 각국의 수출규제 및 각 기업의 기술보호로 기술유출이 되지 않은 분야이며, 개발에 상당한 인프라 등이 소요되므로 가스터빈 선진국에서는 정책적으로 개발을 지원하고 있음
□ 기술동향	<국 내> ○ 단수명 무인기용 가스터빈에 대하여 독자개발 기술을 보유하고 있음 ○ 장수명 유인기용 가스터빈에 대해서는 KHP 프로그램을 통하여 동력터빈 등 저온 부품에 대한 일부 개발 경험이 있음 ○ 국내 업체에서는 각종 엔진에 대하여 부품 및 면허 생산 실적을 보유하

고 있음

○ 국내 업체는 엔진의 창정비 능력을 보유하고 있음

<국 외>

○ 항공기용 가스터빈 시장은 General Electric(미), Pratt Whitney(미) Rolls-Royce(영)의 3사가 기술적으로 리드하고 있으며 시장을 분할하는 구도를 가지고 있음

○ MTU(독) 등 후발업체는 모듈기술을 바탕으로 메이져 3사와 Risk Sharing Program 등을 진행하고 있음

3. 연구개발내용

□ 세부과제별 연구내용

[1세부과제]

○ 소형 터보팬 엔진의 설계/조립/시험평가 기술개발

- 국외 OEM과 협력으로 엔진의 설계 능력 확보
- 엔진의 조립과 시험평가에 관련된 기술 및 인프라 개발

[2세부과제]

○ 소형 터보팬 엔진 핵심부품의 시험기술 개발

- 터보팬 엔진의 개발에 필수적인 팬, 압축기, 연소기, 터빈 등에 대한 개발 인프라 구축
- 각종 주요 구성품의 시험 기술개발

[3세부과제]

○ 소형 터보팬 엔진 핵심부품의 제작기술 개발

- 팬/압축기 제작공정 개발 및 부품제작 기술개발
- 연소기 제작공정 개발 및 부품제작 기술개발
- 고압터빈/저압터빈 제작공정 개발 및 부품제작 기술개발
- 보기시스템 제작

[4세부과제]

○ 민간 항공기용 가스터빈 엔진 인증기술 개발

- 민간항공기용 가스터빈엔진 인증기술개발 사전연구
- 민간항공기용 가스터빈엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 해외협력사(OEM)과 기술협력 계약 체결 및 공동개발 기술협력 추진

○ 해외협력사와 효율적인 업무분장을 통해 개발 완료 후 국내 가스터빈엔진 독자개발 능력제고

○ 향후 국내 개발 엔진에 대한 인증을 위하여 국내 가스터빈엔진 인증체계구축

□ 추진체계

○ 국내 대기업이 OEM과 협력하여 엔진개발을 주도

○ 국내 중소/중견 기업을 중심으로 가스터빈 Supply Chain 구축 및 Global Supply Chain화 견인

○ 가스터빈 개발 인프라를 국공립 연구소에 구축하여 국내 가스터빈 개발 소요시 공동 활용

○ 인증관련 전문기관인 항우연에 인증체계 구축

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물

○ 소형 항공기용 가스터빈 엔진 및 주요구성품 설계도면

○ 소형 항공기용 가스터빈 시제품

○ 소형 항공기용 가스터빈 설계/해석 Process 및 Tool

○ 소형 항공기용 가스터빈 제작 인프라

○ 소형 항공기용 가스터빈 시험평가 인프라

○ 항공기용 가스터빈 인증체계

○ 엔진 형식증명서

순 번	항 목	성능목표수준
1	Take off rating	3,991 lb
2	Power-to-weight ratio	5.05
3	Specific fuel consumption	0.436 lb/h/lbst
4	Engine control	Dual Ch. FADEC
5	Fuel	Jet A-1 or Jet A
6	Weight	770 lb
7	Certification	FAR33

6. 활용방안 및 기대효과

□ 활용방안

○ 국내 개발예정인 KABJ 직접 적용

○ 경쟁기종인 Cessna Citation XLS+ 및 CASA C-101 Learjet 31 등에 re-engine

□ 기대효과

○ (사)한국전략경영연구원 자료 참조

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2016. 1 ~ 2021. 12 (6 년)

- 1차년도 연구개발기간 : 2016. 1 ~ 2016. 12 (12개월)

○ 총 정부출연금 : 3,000억원 이내

- 1차년도 정부출연금 : 300억원 이내

8. 기 타

5. 민간항공기용 터빈엔진 인증기술개발 사전연구

연구개발과제명	민간항공기용 터빈엔진 인증기술개발 사전연구
1. 연구개발 목표	
	○ 민간항공기용 터빈엔진 국내 인증 체계 및 절차 구축 ○ 민간항공기용 터빈엔진 인증인력 양성 및 인증기술 확보
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 소형항공기 및 무인기 시장의 증대로 민간항공기용 소형터빈엔진 개발의 필요성이 증대되고 있음. ○ 민간항공기용 엔진을 인증하기 위해서는 엔진 인증시스템, 인증체계 및 절차, 인증기술능력에 대한 선행연구가 필요함. ○ 특히, 본 연구단계에서 수행될 미국과의 BASA IPA 확대 체결을 위하여 선진국과의 동등한 수준의 인증시스템, 인증체계 및 절차가 요구됨으로 사전 연구단계에서의 준비가 필요함. ○ 현재 Part 23급을 중심으로 구축된 국내 인증시스템 중 엔진 인증을 위해 보완이 필요한 분야를 집중 연구하고 이를 토대로 항공 규정 및 엔진 인증 관련 절차/지침의 개선안을 사전 도출하여야 함. ○ 민간항공기용 엔진 인증을 수행하기 위한 인증기준을 사전에 분석하고 인증기술을 확보하는 것이 필요함. ○ 또한, 중대형 터빈엔진의 RSP(Risk sharing program)에 진출하기 위해서도 터빈엔진에 대한 인증 인프라 구축 필요성이 높아지고 있음.
□ 기술동향	○ Part 23급 소형비행기기 형식증명이 발행되었으며, 현행 BASA IPA가 Part 23급으로 확대 체결하기 위한 과제가 추진되고 있으나, 국내 개발 민간 항공기용 엔진에 대한 인증(형식증명)을 추진한 사례는 없음.

○ 민간항공기용 중대형 터빈엔진은 기술 선도국과 국내 기술 수준과의 격차가 크고 막대한 개발비용이 소요되어 위험부담이 높음. 민간항공기용 소형 터빈엔진은 국내 개발 무인기 및 소형비지니스제트이 본격화 되는 경우 국내시장이 확보될 가능성이 높음.

<국 외>

○ 소형 터빈엔진은 현재 전세계적으로 새로운 시장으로 떠오르고 있는 소형제트기(Very Light Jet) 시장을 겨냥한 신규 엔진 수요가 증가하고 있음.

○ 신규 엔진들은 시장의 요구조건을 충족할 수 있는 성능향상과 더불어 경제성 확보 및 환경 영향을 최소화한 친황경 특성을 갖도록 추진되고 있음.

○ 기존 피스톤엔진 시장을 대체할 수 있는 소형제트기 시장의 활성화를 위해서 높은 신뢰성과 안전성, 비추력 향상, 배출가스 및 소음 저감 기술을 확보한 소형 터빈엔진 개발노력이 진행되고 있음.

3. 연구개발내용

□ 세부과제별 연구내용

[1세부과제]

○ 민간항공기용 터빈엔진 인증시스템 연구를 통해 국내 인증 체계 및 절차 구축

- 민간항공기용 엔진 인증 종합체계 구축을 위한 항공 규정 보완사항 연구 및 개정(안) 도출
- 민간항공기용 엔진 인증 관련 훈령/고시 등 세부절차 개선방안 연구 및 제개정(안) 도출

[2세부과제]

○ 민간항공기용 터빈엔진 인증인력 양성 및 인증기술 확보

	- 민간항공기용 터빈엔진 적용 인증기준에 따른 인증기술분야별 인증요건 연구 - 인증요건별 적합성입증방법(Means of Compliance, MOC) 연구 - 인증수행 전담인력의 양성계획 및 인증기술 확보 방안 수립
4. 연구개발 추진방법	
□ **추진전략**	○ 핵심연구책임자는 단계별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진 전략 및 일정계획 수립 ○ 터빈엔진 인증기술을 연구하여 터빈엔진 인증시스템 및 체계를 구축 ○ 미연방항공청(FAA) 협력 하에 FAA 인증교육 프로그램, OJT 등 FAA 보유 인프라의 적극 활용을 추진 ○ 미국연방항공청(FAA) 은퇴 기술자 또는 DER 전문가를 활용한 인증기술 자문 계획을 수립하여 필요한 기술자문 추진 ○ 국내외 전문 엔진정비교육을 통한 터빈엔진 기술습득 및 터빈엔진인증기술 접목
□ **추진체계**	○ 우리나라의 항공기형식증명 전문검사기관을 중심으로 연구개발을 추진하고 인증당국 지원 하에 시범인증 시 적용 가능한 실질적인 연구 성과 도출
5. 최종성과물	
□ **주요 최종성과물**	○ 미연방항공청(FAA)과 동등한 수준의 터빈엔진 인증 규정 및 관련 훈령/고시/지침서/안내서 제·개정(안) ○ 터빈엔진 인증기준(안) 및 인증요건별 적합성입증방안 보고서 ○ 인증전문인력 양성계획 및 인증기술 확보방안 보고서
6. 연구개발기간 및 소요예산	

○ 총 연구기간 : 2년

○ 총 연구비 : 정부 40억원

(단위 : 억원)

	1차년도	2차년도	계
사전연구	20	20	40
총계	20	20	40

7. 기 타

6. 민간항공기용 터빈엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증

연구개발과제명	민간항공기용 터빈엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증
1. 연구개발 목표	
	○ 민간항공기용 터빈엔진 인증체계 및 절차의 운영, 발전 ○ 민간항공기용 터빈엔진 인증인력 양성 및 인증기술능력 제고 ○ 민간항공기용 터빈엔진 인증 및 BASA IPA 확대 추진
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 소형항공기 및 무인기 시장의 증대로 민간항공기용 소형터빈엔진 개발의 필요성이 증대되고 있음. ○ 국내 개발 엔진을 민간항공기에 장착하여 사용하기 위해서는 엔진 형식증명 인증체계 구축 및 미국과의 BASA IPA 확대 체결이 선결되어야 함. ○ 미국연방항공청은 BASA IPA 확대에 앞서 인증 사업을 통해 상대국의 인증시스템, 인증체계 및 절차, 인증기술능력 등이 미국과 동등한 수준인지를 평가하고 그 결과에 따라 확대 여부를 결정하고 있음. ○ 따라서, 미국과의 BASA IPA를 확대하기 위해서는 다음의 연구를 통해 우리나라의 인증시스템 및 인증기술 능력이 미국과 동등한 수준 이상임을 입증할 것이 요구됨.
□ 기술동향	<국 내> ○ Part 23급 소형비행기기 형식증명이 발행되었으며, 현행 BASA IPA가 Part 23급으로 확대 체결하기 위한 과제가 추진되고 있으나, 국내 개발 민간 항공기용 엔진에 대한 인증(형식증명)을 추진한 사례는 없음. ○ 민간항공기용 중대형 터빈엔진은 기술 선도국과 국내 기술 수준과의 격차가 크고 막대한 개발비용이 소요되어 위험부담이

높음. 민간항공기용 소형 터빈엔진은 국내 개발 무인기 및 소형비지니스제트이 본격화 되는 경우 국내시장이 확보될 가능성이 높음.

<국 외>

○ 소형 터빈엔진은 현재 전세계적으로 새로운 시장으로 떠오르고 있는 소형제트기(Very Light Jet) 시장을 겨냥한 신규 엔진 수요가 증가하고 있음.

○ 신규 엔진들은 시장의 요구조건을 충족할 수 있는 성능향상과 더불어 경제성 확보 및 환경 영향을 최소화한 친황경 특성을 갖도록 추진되고 있음.

○ 기존 피스톤엔진 시장을 대체할 수 있는 소형제트기 시장의 활성화를 위해서 높은 신뢰성과 안전성, 비추력 향상, 배출가스 및 소음 저감 기술을 확보한 소형 터빈엔진 개발노력이 진행되고 있음.

3. 연구개발내용

□ 세부과제별 연구내용

[1세부과제]

○ 미연방항공청(FAA)과 민간항공기용 터빈엔진의 시범인증을 통해 미국과 동등한 수준의 국내 인증체계/절차 및 인증기술능력을 보임으로서 현행 BASA IPA 확대 추진

[2세부과제]

○ 민간항공기용 터빈엔진 인증시스템 및 인증기술연구

- 사전 단계에서 구축한 터빈엔진 인증시스템을 터빈엔진 인증시 적용하면서 지속적인 평가를 통해 보완 및 개선
- 인증교육프로그램 등에 의한 인증전문인력의 양성
- 해외 인증전문가 활용을 통한 터빈엔진 인증기술 확보

[3세부과제]

○ **민간항공기용 터빈엔진 시범인증**

- 시범인증 착수 전 단계
• 인증계획 수립 및 터빈엔진 제작자에 대한 인증 안내(사전 회의 등)
• 시범인증 착수를 위한 터빈엔진 설계 자료 기술검토
- 시범인증
• 터빈엔진 형식설계 적합성 확인
• 시제작 개발품에 대한 합치성 확인
• 인증시험 및 감항성유지체계 평가

[4세부과제]

○ BASA IPA 확대 체결

- 미연방항공청(FAA) 기술평가 수검
- BASA 확대를 위한 IPA 문안 개발 및 협상 착수
- BASA IPA 확대협상 진행

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 핵심연구책임자는 단계별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진전략 및 일정계획 수립

○ 전문검사기관 내에 엔진 인증팀과 형식증명위원회 구성

○ 해외 인증교육 및 기술자문을 통한 인증기술능력 조기 확보

○ FAA 기술평가팀과 정기 검토회의체 운영

○ 엔진 형식증명 발행으로 BASA IPA 확대를 위한 토대 마련

□ 추진체계

○ 우리나라의 항공기형식증명 전문검사기관을 중심으로 연구개발 추진 및 인증당국 지원 하에 효율적인 연구성과 도출

○ BASA IPA 체결 상대인 미연방항공청과의 협력을 기본으로 국제적인 협력관계의 외연확대 및 활성화 추진

5. 최종성과물

□ 주요 최종성과물	○ 미연방항공청(FAA)과 동등한 수준의 엔진 인증 규정 및 관련 훈령/고시/지침서/안내서 제·개정(안) ○ 미연방항공청(FAA)과 동등한 수준의 터빈엔진 인증전문인력 및 인증기술능력 ○ 터빈엔진 시범사업 인증(형식증명 획득) ○ BASA 협상을 위한 IPA 문안

6. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구기간 : 6년

○ 총 연구비 : 정부 360억원

(단위 : 억원)

	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	6차년도	계
본연구	45	65	65	65	65	55	360
총계	45	65	65	65	65	55	360

7. 기 타

2절. 평가기준 설정

1. 소형 항공기용 왕복 엔진 개발

구 분	평가요소	배점
연구개발목표 (10)	• 최종목표 및 연차별 목표의 적절성·타당성	5
	• 연도별 성과지표 및 달성목표 설정의 적절성	5
연구개발내용 (25)	• 최신 동향분석 및 사전계획의 충실성	10
	• 목표달성을 위한 연구내용의 구체성	15
추진전략 및 계획 (20)	• 연구방법의 적정성, 구체성, 타당성	5
	• 다학제간 연구진 구성 등 추진체계 및 전략의 적절성	10
	• 연구개발비 편성의 적절성	5
연구수행능력 (25)	• 연구책임자의 전문성 및 기획·관리능력	10
	• 연구팀 구성의 적정성 및 전문성	5
	• 연구기기·장비·시설 구축 수준 및 활용성	5
	• 연구관리시스템 및 지원시스템의 적절성	5
연구성과 활용방안 (20)	• 활용계획의 적절성 및 구체성	10
	• 연구결과의 활용 가능성	10

2. 항공기용 왕복엔진 인증기술개발 사전연구

구 분	평가항목	평가요소	배점
제안개요 (10)	제안개요	• 목적, 중요성, 사업수행단계 등의 이해도	3
		• 제안범위의 정확성과 합리성	3
		• 사업수행전략의 구체성 및 적절성	4
제안기관 현황 및 실적 (20)	일반현황	• 제안기관의 일반현황 및 주요 연혁 • 조직 및 인원, 주요사업 내용	5
	경영실태	• 자기자본비율, 유동자산비율	5
	유사용역 수행실적	• 최근 3년간 항공안전분야 용역 및 시스템 개발 관련 유사용역 수행실적 및 금액	10
사업수행 조직 및 인력 (30)	수행조직체계	• 수행조직의 적정성 • 수행조직의 업무 및 지원내용	20
	인력투입 방안	• 투입 인력수 및 인적구성의 적정성 • 투입인력의 자질 • 관련 경력, 유사분야 과업 참여 실적 등	10
사업수행 부문 (40)	민간항공기용 왕복엔진 인증시스템 연구를 통해 국내 인증 체계 및 절차 구축	• 인증정책 및 절차 개발 계획의 적절성 • 항공법규/훈령/고시 제개정안 도출의 적절성	20
	민간항공기용 왕복엔진 인증인력 양성 및 인증기술 확보	• 인증 인력의 양성 및 확보 방안의 적절성 • 인증기술 연구의 적절성	20

3. 항공기용 왕복엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증

구 분	평가항목	평가요소	배점
제안개요 (10)	제안개요	• 목적, 중요성, 사업수행단계 등의 이해도	3
		• 제안범위의 정확성과 합리성	3
		• 사업수행전략의 구체성 및 적절성	4
제안기관 현황 및 실적 (20)	일반현황	• 제안기관의 일반현황 및 주요 연혁 • 조직 및 인원, 주요사업 내용	5
	경영실태	• 자기자본비율, 유동자산비율	5
	유사용역 수행실적	• 최근 3년간 항공안전분야 용역 및 시스템 개발 관련 유사용역 수행실적 및 금액	10
사업수행 조직 및 인력 (30)	수행조직체계	• 수행조직의 적정성 • 수행조직의 업무 및 지원내용	20
	인력투입 방안	• 투입 인력수 및 인적구성의 적정성 • 투입인력의 자질 • 관련 경력, 유사분야 과업 참여 실적 등	10
사업수행 부문 (40)	민간항공기용 왕복엔진 인증시스템 및 인증기술연구	• 왕복엔진 인증시스템의 적절성 • 인증전문가 양성시스템의 적절성 • 해외인증전문가 활용도의 적절성	10
	민간항공기용 왕복엔진 인증	• 왕복엔진 형식증명 수행 경험 및 능력 • 왕복엔진 감항성유지 평가 경험 및 능력 • 적합성 입증을 위한 신청자 지원 및 지도 능력 • 적합성 입증 지침서의 실효성	15
	BASA IPA 확대 체결	• FAA 기술평가 수검결과의 적절성 • BASA IPA 확대 체결여부	15

4. 소형 민간 항공기용 고효율 터보팬 엔진 개발 및 인증기술 개발

구 분	평가요소	배점
연구개발목표 (10)	• 최종목표 및 연차별 목표의 적절성·타당성	5
	• 연도별 성과지표 및 달성목표 설정의 적절성	5
연구개발내용 (25)	• 최신 동향분석 및 사전계획의 충실성	10
	• 목표달성을 위한 연구내용의 구체성	15
추진전략 및 계획 (20)	• 연구방법의 적정성, 구체성, 타당성	5
	• 다학제간 연구진 구성 등 추진체계 및 전략의 적절성	10
	• 연구개발비 편성의 적절성	5
연구수행능력 (25)	• 연구책임자의 전문성 및 기획·관리능력	10
	• 연구팀 구성의 적정성 및 전문성	5
	• 연구기기·장비·시설 구축 수준 및 활용성	5
	• 연구관리시스템 및 지원시스템의 적절성	5
연구성과 활용방안 (20)	• 활용계획의 적절성 및 구체성	10
	• 연구결과의 활용 가능성	10

5. 민간항공기용 터빈엔진 인증기술개발 사전연구

구 분	평가항목	평가요소	배점
제안개요 (10)	제안개요	• 목적, 중요성, 사업수행단계 등의 이해도	3
		• 제안범위의 정확성과 합리성	3
		• 사업수행전략의 구체성 및 적절성	4
제안기관 현황 및 실적 (20)	일반현황	• 제안기관의 일반현황 및 주요 연혁 • 조직 및 인원, 주요사업 내용	5
	경영실태	• 자기자본비율, 유동자산비율	5
	유사용역 수행실적	• 최근 3년간 항공안전분야 용역 및 시스템 개발 관련 유사용역 수행실적 및 금액	10
사업수행 조직 및 인력 (30)	수행조직체계	• 수행조직의 적정성 • 수행조직의 업무 및 지원내용	20
	인력투입 방안	• 투입 인력수 및 인적구성의 적정성 • 투입인력의 자질 • 관련 경력, 유사분야 과업 참여 실적 등	10
사업수행 부문 (40)	민간항공기용 터빈엔진 인증시스템 연구를 통해 국내 인증 체계 및 절차 구축	• 인증정책 및 절차 개발 계획의 적절성 • 항공법규/훈령/고시 제개정안 도출의 적절성	20
	민간항공기용 터빈엔진 인증인력 양성 및 인증기술 확보	• 인증 인력의 양성 및 확보 방안의 적절성 • 인증기술 연구의 적절성	20

6. 민간항공기용 터빈엔진 인증기술개발 및 시범사업 인증

구 분	평가항목	평가요소	배점
제안개요 (10)	제안개요	• 목적, 중요성, 사업수행단계 등의 이해도	3
		• 제안범위의 정확성과 합리성	3
		• 사업수행전략의 구체성 및 적절성	4
제안기관 현황 및 실적 (20)	일반현황	• 제안기관의 일반현황 및 주요 연혁 • 조직 및 인원, 주요사업 내용	5
	경영실태	• 자기자본비율, 유동자산비율	5
	유사용역 수행실적	• 최근 3년간 항공안전분야 용역 및 시스템 개발 관련 유사용역 수행실적 및 금액	10
사업수행 조직 및 인력 (30)	수행조직체계	• 수행조직의 적정성 • 수행조직의 업무 및 지원내용	20
	인력투입 방안	• 투입 인력수 및 인적구성의 적정성 • 투입인력의 자질 • 관련 경력, 유사분야 과업 참여 실적 등	10
사업수행 부문 (40)	민간항공기용 터빈엔진 인증시스템 및 인증기술연구	• 터빈엔진 인증시스템의 적절성 • 인증전문가 양성시스템의 적절성 • 해외인증전문가 활용도의 적절성	10
	민간항공기용 터빈엔진 인증	• 터빈엔진 형식증명 수행 경험 및 능력 • 터빈엔진 감항성유지 평가 경험 및 능력 • 적합성 입증을 위한 신청자 지원 및 지도 능력 • 적합성 입증 지침서의 실효성	15
	BASA IPA 확대 체결	• FAA 기술평가 수검결과의 적절성 • BASA IPA 확대 체결여부	15

회 의 록

일 자	2013년 01월 03일 목요일	시간	시 작	14:00
장 소	국토해양부 657호		종 료	14:30
참 석 자	국토해양부 : 민풍식 사무관, 박유준 주무관 한양대학교 : 조진수 교수, 조이상 박사, 김진욱 박사과정, 김태우 석사과정.			
회의 목적	민간 항공기용 엔진 국산화 기반 구축 기획 과제 착수회의			

● 과제명에 "민간"을 항상 붙일 것
- 국방부 과제와 동일 과제로 보일 경우 감사원 지적사항이므로 차별화 필요
- 항공기용 엔진 국산화 기반 구축 기획 -> 민간 항공기용 엔진 국산화 기반 구축 기획

● 국내항공기 개발계획을 고려하여 항공기 엔진의 국산화 일정 고려
- 국내 개발 항공기의 경우 엔진과 Avionics를 제외한 나머지는 국산화되었음.
- Avionics는 2015년부터 국산화 되어 적용예정
- 항공기 전체의 국산화를 위하여 항공기 엔진도 국산화 필요

● 본 기획 과제를 국내 항공기 개발 일정에 맞게 3단계로 구성
- 1단계 : 4인승 항공기(KC-100), 2인승 스포츠급 경량 항공기(LSA(Light-Sport Aircraft)), 민간 무인항공기(스마트무인기)용 왕복엔진에 대한 국산화 기반 구축 로드맵 작성
  ※ 별도의 탐색개발 없이 바로 본개발을 시작할 수 있도록 자세한 사업일정 및 RFP 작성
- 2단계 : 12인승 비즈니스 중소형항공기(Part 25 class)에 대한 국산화 기반 구축 로드맵 작성
- 3단계 : 대형 민간 여객기용 가스터빈 엔진에 대한 국산화 기반 구축 로드맵 작성

● 각 단계별로 개발 대상에 대한 국내 수요성을 반드시 고려
- 국내기관의 수요를 파악할 필요가 있음.
- KC-100 : KAI
- LSA(Light-Sport Aircraft) : ㈜데크항공

회 의 록

일 자	2013년 01월 08일 화요일	시간	시 작	15:00
장 소	한양대학교 서울캠퍼스 HIT 210호		종 료	18:00
참 석 자	주관연구기관 : 한양대학교 (6명) 공동연구기관 : 서울대학교 (2명) 위탁연구기관 : 한국항공우주연구원, 한국전략경영연구원, ㈜윕스 (7명) 자문/실무/검토 위원회 : 24명 첨부된 참석자 명단 참조			
회의 목적	민간 항공기용 엔진 국산화 기반 구축 기획 과제 착수회의			

- 민간 항공기용 엔진 국산화 기반 구축 기획 과제 소개
  - 기획 과제의 개요와 1/2(수) 국토해양부 착수회의 결과 보고 – 한양대 조진수 교수
  - 엔진 국산화 인증 기술 개요와 연구 방향 소개 – 항우연 인증센터 김일영 팀장
  - 엔진 개발 대상 항공기(KC-100)에 대한 소개 – KAI 백선호 차장
  - 엔진 개발 대상 항공기(Light Sport Aircraft)에 대한 소개 – 한양대 조이상 박사

- 기획 과제 개별 질문 및 답변 내용

  Q1) 가스터빈 엔진의 부품단위 인증을 고려할 것인가? (로스트왁스 장세풍 대표)

  A1) 가스터빈 엔진의 부품/구성품은 엔진 형식인증에 포함되나, 필요시 부품단위 인증까지 고려하도록 하겠음. (항우연 인증센터 김일영 팀장)

  Q2) Part 33의 왕복엔진과 터빈엔진 중, 왕복엔진으로 BASA 체계를 확대하면 터빈엔진도 같이 BASA 체계를 적용을 받나요? (항우연 양수석 팀장)

  A2) BASA는 왕복엔진이든 터빈엔진이든 Part 33 하나임. 따라서 터빈엔진에 대하여 추가 검토를 할지라도 더 이상의 BASA는 없음. 즉 BASA는 1건이므로 다시 BASA를 맺거나 확대하지 않음. (항우연 인증센터 이종희 센터장)

- 민간 항공기용 엔진 국산화 기반 구축 기획 과제 평가표 작성
  - 기획과제 연구 목표의 적합성 등 6개 항목 평가(평가 결과 유첨)

- 전문 위원회 단장 선출
  - 자문위원단 단장 : 이대성 소장(한국항공우주연구원)
  - 실무위원단 단장 : 정년수 팀장(한국항공우주산업주식회사)
  - 검토위원단 단장 : 안존 교수(세종대학교)

첨부 1 – 참석자 명단
첨부 2 – 민간항공기용 엔진 국산화 기반 구축 기획 과제 소개
첨부 3 – 민간항공기용 엔진 인증 국산화 기획 과제 소개
첨부 4 – KC–100 소개
첨부 5 – LSA 소개
첨부 6 – 기획 과제 평가 결과

회 의 록

일 자	2013년 3월 8일 화요일	시 간	시 작	14:00
장 소	한양대학교 서울캠퍼스 공업센터 본관 117호 회의실		종 료	16:00
참 석 자	김진욱, 김태우 (한양대학교) 김태성 (서울대학교), 이승환 (한국전략경영연구원)			
회의 목적	연구원 진도 점검			

- 각 기관 연구 결과 공유
  - 한양대 연구 결과 공유 (~3/8)
  - 서울대 연구 결과 공유(추가 연구 수행) (~3/15)
  - 한국전략경영연구원 - 한양대와 서울대가 조사한 시장 동향 분석 자료 검토

- 실무위원회 개최 (3/22)
  - 3/11 실무위원회 공지, 실무위원회 과제 공지
  - 엔진 제작 인프라 조사를 실무위원의 과제로 제시

- 연구비 사용 주의 사항 당부
  - 국토부 연구비 사용 규정에 맞추어서 연구비 사용

회 의 록

일 자	2013년 03월 22일 금요일	시간	시 작	10:00
장 소	서울역 도심공항철도 회의실 AREX-II		종 료	12:00
참 석 자	국토해양부 민풍식 사무관, 한국건설교통기술평가원 황수현 선임 KAI 문창모 담당, 항공우주연구원 이장연 단장, 김일영 팀장 한국전략경영연구회 김덕영 원장, 이승환, 서울대학교 김태성 박사과정 한성대학교 조이상 교수, 한양대학교 류민형 박사과정, 김진욱 박사과정, 김태우 석사과정			
회의 목적	민간 항공기용 엔진 국산화 기반 구축 기획 진도점검회의			

● 개발을 진행할 기종별로 표를 작성할 것
- 엔진사진, 엔진스펙, 개발비용 개발기간, 수요, 수입가격, 국내 개발가능업체, 개발 참여의사표시 업체 항목 표시
- 현재 확보된 자료를 바탕으로 표를 작성 후 빈 칸을 채워 나갈 것
- 자료 확보가 어려운 개발비는 개략적으로라도 잡아놓을 것
- 엔진의 개발 방법과 국내 개발 수요자에 대한 조사가 반드시 필요함

● 단계별로 차등적으로 개발계획수립
- 1단계, 2단계는 상세한 계획 수립(왕복엔진(가솔린, 디젤)), 3단계는 대략적인 개발계획 수립 혹은 개발 필요성 언급(가스터빈엔진), 4단계는 신개념 엔진의 기초기술 연구의 필요성만 언급
- 스마트 무인기 엔진은 개발 대상에서 제외(추후 무인기 엔진 고려 가능)

● 1단계로 개발할 엔진 선정
- 한꺼번에 모든 기종에 대한 엔진 개발계획 및 개발진행 불가능
- 수요가 가장 많은 엔진을 선정
- 보고서 내에 개발된 엔진은 국내의 완제기에만 탑재가 가능함을 언급할 것
- 2014년부터 엔진 개발에 들어갈 수 있도록 선정된 엔진에 대한 상세한 개발계획 수립
- 중간보고서가 1단계 개발 엔진에 관한 최종 기획보고서가 되도록 할 것
- 6/7월 정도에는 중간보고서가 제출되어야 2014년 예산 편성(300억 미만)이 가능함

● 엔진 개발 업체 선정
- 1단계로 선정된 엔진의 개발 가능 업체를 접촉하여 개발 의사가 있는지 확인
- 개발 의사를 표현하는 국내 업체가 없을 경우 국제 공동개발 검토
- 항공기의 시장성과 경제성이 충분하다고 판단되어 국내에서 항공기 개발이 진행되었음을 설명하고 국내에서 항공기를 개발한 업체(KAI, 데크항공)가 참여하여 개발된 엔진을 사용할 것임을 보증해 줄 것
- 한 두사람의 엔지니어가 아닌 실제 사업의 진행여부를 결정할 수 있는 의사결정권자와 회의를 진행하여 엔진 개발의사가 있는지를 확인할 것

회 의 록

일 자	2013년 5월 10일 금요일	시간	시 작	14:00
장 소	두산인프라코어 엔진본부 회의실		종 료	16:00
참 석 자	김진욱 (한양대학교), 조이상 (한성대학교), 문창모 (한국항공우주산업주식회사) 장세풍, 장병문, 정의석 (한국로스트왁스(주)) 조영진, 이동인, 송의선, 박태연, 박사남 (두산인프라코어)			
회의 목적	엔진 개발 업체를 방문하여 개발 협의 및 QnA			

- 항공기용 디젤엔진 개발 예산 (400억 ~ 500억 원)
  - 백지상태에서 디젤엔진 개발을 시작한다고 가정하였을 경우, 개발 금액 예측 불가
  - 두산인프라코어처럼 기본적인 개발 인프라가 구축되어 있을 경우, 엔진 실용화까지 통상적으로 400억 ~ 500억 원이 소요됨.
  - 항공기용 엔진은 지상용 엔진보다 개발 어려움이 더 클 것으로 예상되어 비용이 증가할 수 있지만, 지상용 엔진 시제품보다 시제품 제작 대수를 줄여서 개발 가능하다면 총 개발비는 큰 변동이 없을 것으로 예상됨. (지상용 엔진의 시제품은 50대 정도 제작되고 있음.)
  - 시제품 제작비, 인건비 절감 등을 통해, 총 개발비 400억 원도 가능할 것임.

- 항공기용 디젤엔진 개발 기간 (3.5 ~ 4년)
  - 국제공동개발 시, 총 개발 기간은 3.5 ~ 4년 소요
  - 국내업체 단독 개발 시, 총 개발 기간은 4 ~ 5년 소요

개발 단계	1차년		2차년		3차년		4차년		개발 비용
초기 컨셉 디자인									5%
상세 설계									15%
시제품 제작									80%
시험 평가									
연차별 예산	15%		25%		35%		25%		

- 항공기용 디젤엔진 개발 전략 및 시나리오
  - 국토부 연구비 사용 규정에 맞추어서 연구비 사용
  - 엔진 시스템에서 핵심 부품인 Common Rail Direct Fuel Injection같은 연료 분사 장치는 개발 초기 단계에서 Bosh社나 델파이社와 같은 부품업체에 개발 요구 사항을 알려주고 협의하여서 제품 개발을 진행해야 함. (기존 상용 연료 시스템 사용 불가)
  - 엔진 원가의 약 20%를 Bosh社나 델파이社와 같은 연료 제어 시스템업체에 지급 필요
  - 엔진 블록 헤드와 엔진 블록의 재질은 같은 것을 사용해야 함. 서로 다른 재질을 사용 할 경우 열팽창 계수가 달라서 연료나 윤활유의 누설 문제가 발생할 수 있음.
  - 엔진 해석 프로그램은 엔진 전용 해석 프로그램을 사용하는 것을 권장함. 일반 해석 프로그램으로도 개발 가능하지만 개발 기간을 단축시키려면 전문 해석 프로그램이 필요함.
  - 엔진 상세 설계 단계의 Simulation은 위탁 연구 개발 업체의 참여 필요(인건비 저감)

민간 항공기용 엔진 국산화 기반 구축 기획 과제 실무위원 평가의견

<3월 21일 실무위원회>

1.기획과제 국내/외 시장동향 분석	
김동화	✓ 엔진 Trend는 왕복동 -> GT로, 대형 -> 중소형 엔진으로 전환중이므로 중소형항공기, Business Jet, Sports 항공기 시장 진출로 Targeting 해야함. ✓ 공신력 있는 시장 조사 자료를 추가 확보하여 2개 이상의 시장 분석 DB와 연도별 예측 자료의 차이와 분석상 제한 조건을 비교할 필요성이 있음.
김상돈	✓ 왕복 엔진 기존 회사(잠재 경쟁사)의 지분 인수 전략은 어떨까요? ✓ “From the Scratch”도 좋지만, 기존 자동차 엔진을 항공용으로 개조하는 프로젝트 고려 필요 ✓ 대한민국 내 총 수요를 외국회사별로 조사하여 각 금액에 걸맞은 절충교역을 요구하는 것도 좋을 듯 함. (국내 수요를 전면에 내세우는 전략)
김춘택	✓ 항공기 시장동향을 활용하여 엔진 시장동향을 유추하는 방법으로 접근이 되었는데, 엔진만의 시장(예를 들어 엔진 Retrofit, After-market 등)을 조사하여 보충할 것을 건의 드림.
송진환	✓ 국내 개발 항공기의 시장성이 불명확한 상태에서 향후 엔진 개발 완료 후 세계 항공기 시장에 진입할 수 있도록 시장 동향 분석 외에 국내 업체의 시장 진입 방안/계획 등에 대한 추가 연구 필요.
윤병관	✓ 엔진 및 항공기에 대한 시장 전망은 잘 된 것 같음. 다만, 터빈 엔진 항공기의 경우 생산량은 증가됨에도 불구하고 판매액의 감소는 대형 엔지의 감소와 더불어 엔진 제작 업체의 경쟁으로 엔진의 가격을 내리고, 유지 부품의 가격을 올리는 정책을 추진 중인 점도 인지할 필요가 있음.
윤상준	✓ 실제 개발단계별로 타겟 엔진의 목표가 설정되어 각 모델에 대한 국내외 시장동향이 분명히 조사된 것 같음.
정년수	✓ 항공산업의 시장 흐름은 잘 분석된 것 같음. ✓ 시장 동향에 맞는 엔진의 선정이 필요함. ✓ 국내 엔진 개발 경험을 고려할 필요도 있음.
조정현	✓ 국내외 경쟁 기종 및 시장분석 결과 충분히 경쟁력을 보유하고 있는 것으로 판단됨. ✓ 엔진 개발 관련 국내/외 시장동향 분석은 적절함.

2.기획과제 국내/외 기술동향 분석	
김동화	✓ 항공용 왕복동 엔진 국내 기술 개발이 전무한 상태에서는 기존 자동차용 엔진개발 경험 LAb., 연구소를 적극적으로 끌어들일 필요성이 있음. ✓ 국내 가스터빈 중 Turbo-Shaft는 다소 많은 연구가 진행되지 않으나 기존 발전용 GT 연구 Infra는 높은 것으로 판단됨. ✓ 기업들은 논문 보다 특허 또는 영업비밀로 주요 기술을 보호함으로 기술 분석에 특허 분석 추가해야 함.
김상돈	✓ 항공 엔진 분야에서의 특허 분쟁 사례 연구에서도 참고 자료가 나올 것임. (왕복기관, 가스터빈 각각) ✓ 최신 특허의 내용 분석 그리고 별도로 요소 기술들의 현황을 보면 우리 나라가 나아갈 바가 보이리라 생각함.
김춘택	✓ 엔진은 상용화된 제품으로 논문에 대한 분석 뿐만 아니라 특허 등 다른 부분의 기술 동향 분석이 있으면 좋겠음.
송진한	✓ 엔진이 항공기에 적용되기 위해서는 항전과의 인터페이스에 대한 기술 분석이 추가 필요
윤병관	✓ 국내 항공기 개발관련 기술 및 인프라는 선진국 대비 약 50% 수준으로 분석이 잘 된 것 같음.
윤상준	✓ 국내 항공기 엔진에 대한 기술 및 인프라가 나름대로 잘 정리된 것 같으나 해외 기술에 대한 동향은 해당 산업체 자료가 다소 부족해 보임.(현재는 주로 논문위주의 조사임)
정년수	✓ 항공기용 엔진 개발 경험이 거의 없기 때문에 유사 엔진 개발 경험을 활용할 필요가 있음.(자동차, 원동기, 선박 등(소형엔진의 경우), 터빈 엔진의 경우 방산용 엔진 생산 및 개발 경험(기술)) 적극 활용 필요함.
조정현	✓ 민간항공기용 엔진 국산화를 위한 지초 인프라는 보유하고 있는 것으로 판단되며 국내외 기술동향 분석 적절함. ✓ 엔진 인증관련 기술 동향은 추가 분석 필요함.

3.민간 항공기용 엔진 개발기종 선정	
김동화	✓ 왕복동 엔진 적용 국산화 항공기의 경우 실제 소요되는 기간에 비해 시간이 촉박하므로 조기 추진이 필요함. ✓ Turbo Shaft 600 마력급 소요 비용 문제로 스크레치 개발이 안되는 것으로 판단하고 있는데, License 엔진에 대해서 일부 부품(주로 Maintenance 주기가 짧고, 수입대체 효과 큰 부품)을 국산화 과제로 우선 추진할 필요성이 있음.
김상돈	✓ 국산 기체에 국산 엔진을 싣는다는 전략은 마땅히 좋은 전략임. 이와 병행하여, 국내 독자 회사 또는 기존 외국 회사와의 JV가 나서서 Launch customer(여객사업자보다는 리스 또한 개인 biz jet)를 확보하는 전략도 좋을 듯 함. ✓ 대형 엔진을 먼 미래라 하셨으나, 지금 부터라도 risk-revenue share partner 전략을 “팀 대한민국” 차원에서 추진해야 함.
김춘택	✓ 항공기 대상은 적절하다고 판단이 되나, 기존의 엔진을 교체개발하는 것 보다 다른 형태의 엔진을 고려하는 것도 필요함.(예를 들어 왕복동 엔진을 터보프롭 엔진으로 교체 등)
송진환	✓ 1단계 대상 항공기가 공통적인 부분이 미미하기 때문에 시장성 분석이 중요할 것 같음.
윤병관	✓ 전체 엔진 시장의 95% 이상을 차지하는 터빈 엔진의 개발에 더욱 신경을 쓸 필요가 있다고 사료됨.
윤상준	✓ 1단계 3기종, 2단계, 3단계 모두 현실성이 있는 것으로 보이며, 경제성 부분을 확보할 수 있는지를 좀 더 검토할 필요성을 느낌.
정년수	✓ 소형 엔진부터 시작하여 대형 엔진으로 점차 추진 필요함. - 소형 엔진의 경우 기 개발된 KC-100과 개발중인 KLA-100부터 착수하는 것이 타당해 보임. - 이 급의 엔진은 국내 Infra를 고려하여 자동차 엔진 제작사의 협조가 필요함. ✓ 대형 엔진의 경우 개발 경험이 있는 STW의 참여 필요함.
조정현	✓ 관련 시장 동향 및 인프라 등 기술 현황을 고려할 때 국산화 엔진 개발을 위한 개발 엔진 선정 기준은 적합함. 또한, 경쟁력 있는 것으로 판단됨.

4.종합의견	
김동화	✓ 촉박한 일정에도 많은 자료가 준비되었음. ✓ 세부 기획 과제 중 일부 추가 검토/자료확보 필요하여 상세 분석까지 조기 진행 필요함.
김상돈	✓ 왕복 엔진은 잘 모르겠으나 가스 터빈은 항공기와 마찬가지로 system integration 사업인데 현 과제에서 system integration에 관한 부분이 잘 보이지 않음.
김춘택	✓ 단기간에 많은 결과가 도출되었으나 종합적으로 분석 정리하는 것이 필요하며, 분석자료가 최신화 될 필요가 있음.
송진환	✓ 국내의 연구 실적이 미미한 분야인 엔진 분야에 대한 시장 분석과 기술 동향 분석이 잘 이루어 짐. 다만, 주변 항전과의 인터페이스 관련 기술도 추가 분석 필요
윤병관	✓ 국내 인프라를 최대한 활용하여 반드시 항공기용 터빈 엔진의 국산화 개발 및 수출을 위한 인증 준비가 체계적으로 추진되고 있다고 사료됨.
윤상준	✓ 민간 항공기용 엔진 국산화에 필요한 전반적인 시장 및 기술동향 분석은 큰 그림에서는 올바른 방향으로 진행되고 있는 것으로 보임. 좀 더 구체적인 수요조사를 얻을 수 있도록 다양한 산업체 설문조사가 요구됨.
정년수	✓ 엔진 개발에 소요되는 비용이 상당히 많이 드는 만큼 정부의 적극적인 지원이 필요함. ✓ 그와 함께 개발업체의 전략적인 투자도 필요함
조정현	✓ 관련 시장동향, 기술동향 및 향후 항공우주산업 발전을 위해 엔진국산화 기반구축이 필요한 시점인 것으로 생각되며 관련 자료 조사는 적절함.

민간 항공기용 엔진 국산화 기반 구축 기획 과제 실무위원 평가의견

<5월 7일 실무위원회>

1.개발 대상 엔진 및 개발 가능 제조사 현황 조사(한양대학교)	
김동화	✓ Fuel Cost와 효율 측면에서 디젤 엔진으로의 접근 방향은 상당히 바람직하다고 생각됨. ✓ 최근 중국에서 소형 항공기 수요가 급격히 증가하고 있으므로 예상 판매대수는 목표 대비 올라갈 가능성이 있음. ✓ 두산 인프라코어(기존 대우버스에 들어가는 디젤 엔진 기술 보유)등 기존 협력업체들에 대한 아웃소싱 채널 활용 가능석 모색
김상돈	✓
김춘택	✓ 1단계 목표인 왕복동 엔진에 대하여 개발대상 엔진을 KC-100급 항공기로 선정하고, 가솔린과 디젤의 장단점에 대한 분석이 잘 수행되었음. ✓ 왕복동엔진의 개발비, 개발방안 등에 대하여 구체적인 선정을 하는 것이 필요해보임.
윤병관	✓ 국산화 대상인 KC-100 항공기의 엔진에 대한 조사 및 개발 추진코자 하는 엔진(디젤엔진)에 대한 비교자료 및 관련 제조회사에 대한 자료정리가 잘 되어 있음.
윤상준	✓ 전반적인 목표, 방향이 명확하나 중간보고서를 작성하기 위한 좀 더 구체적인 Spec. 결정이 요구됨.
정년수	✓ 200~300HP 급 엔진(왕복)에 대한 검토가 이루어지고 있으며, 연료의 종류는 AvGas와 디젤 2종류에 대해 조사가 수행됨. -> 자료 재 검토 후 수정이 필요한 부분 검토의견 제시예정 ✓ 일부 내용의 경우 정확성을 재검토할 필요가 있음. -> TD-300 엔진의 경우 2013년 4월 TC완료
조영호	✓ 개발 대상엔진별 주요 구성품에 대해서 국내 및 해외 업체 현황을 좀 더 세부적으로 검토해서 내용을 반영했으면 좋겠음.
조정현	✓ 엔진 개발 제조사 중, 중소기업에서 엔진개발 과제를 수행한 경험이 있음. 엔진개발 경험이 있는 중소기업으로 개발가능 제조사 확대 및 확인 필요

2.국내외 엔진 기술 동향 및 환경분석(서울대학교)	
김동화	✓ 전체적으로 최근 연구동향으로 업데이트 필요함. ✓ 논문, 특허의 상세 내용 분석을 통해 개발 Target과 유효한 특허 Counting/분류 필요
김상돈	✓ 자료 연도를 가급적 최근시기까지 하면 좋겠음. ✓ Turbo Jet - APU - Turbo Fan 기술자립도 재확인 필요
김춘택	✓ 국내기술동향에 대하여 최신화가 필요함. ✓ 특히, 최근 종료된 KHP사업 등의 결과를 반영하는 것이 좋겠음.
윤병관	✓ 기술동향 및 환경의 Data가 06년 이전 자료만 되어 있는 것 같음, 최근 자료를 확보하여 추가 필요함.
윤상준	✓ 국내외 시장조사 결과 분석은 적합하나 기초 Data가 오래되어 최신 Data로 Update 필요함.
정년수	✓ 기술동향과 현황에 최신자료가 반영되어 있지 않음. ✓ 최근 국내 항공기 개발에 따른 엔진 내용 보완 필요함.
조영호	✓ 엔진 주요 구성품에 대한 해외 및 국내 기술수준과 기술동향에 대해서 세부적인 내용 작성 필요
조정현	✓ 전반적으로 자료 최신화 필요 ✓ 국내외 기술동향의 분류기준을 Piston/Turbo Fan/Turbo Jet, Piston Gasoline/Diesel로 재설정

3.항공기용 엔진의 경제적 타당성 조사(한국전략경영연구원)	
김동화	✓ 항공용 왕복동 엔진 시장 전망 분석자료 미비함. ✓ 엔진 국산화에 따른 수입 대체 효과 및 국내 중소기업 파급 효과 등을 경제성 분석에 효용으로 추가할 가능성 확인
김상돈	✓
김춘택	✓ 향후 군에서 소요예정인 엔진에 대해서도 조사를 하는 것이 좋겠음. ✓ 왕복동 엔진의 시장 및 예측에 대한 자료를 확보하는 것이 좋겠음.
윤병관	✓ 소요예산과 판매 계획을 확보하여 경제성 분석이 이루어져야 할 것임.
윤상준	✓ 중간보고서 발표시점까지 시간이 부족하므로 현재까지 결정된 Spec.을 기준으로 가능한 경제성분석 결과가 필요함.
정년수	✓ 경제성 분성을 위한 엔진의 명확한 사양의 정의가 필요함.
조영호	✓ 항공용 가솔린/디젤 엔진의 경우 KC-100 이외에 추가적으로 적용할 수 잇는 기종에 대해서 좀 더 협의해서 경제성 분석에 반영하면 좋겠음.
조정현	✓ 엔진국산화 당위성 제시를 위한 경제적 타당성 측면에서의 전략제시 필요

4.항공기용 엔진의 특허조사((주)윕스)	
김동화	✓ 기존 특허에 대한 상세 체계 분류 필요 ✓ 필요하다면 타 세부기관과 협업하여 하나하나를 분석하고 본 과제에 적합한 분류/ 세분화 필요
김상돈	✓ Airbus와 Boeing은 기체업체이므로 엔진 장착 또는 nacelle 위주 특허가 일것이라고 추측됨, 과제 목적상 특허조사에서 제외하는 방안 고려 필요
김춘택	✓ 항공기 엔진의 특허에 대하여 상세한 조사가 진행되고 있으며, 엔진의 형태(가스터빈, 디젤 왕복동, 가솔린 왕복동)별로 데이터를 정리/분석하는 것이 좋겠음.
윤병관	✓ 전체적인 항공기 엔진에 대한 특허 분석은 잘 이루어진 것 같음. ✓ 본 기획 조사 후 개발하고자 하는 피스톤엔진, 디젤엔진 관련업체를 위주로 추가 조사 및 분석이 이루어져야 할 것으로 사료됨.
윤상준	✓ 본 기획과제 의도와 사양에 적합하도록 항공기용 Gasoline VS. Diesel Engine으로 구분하여 특허를 조사할 필요가 절실함. ✓ Keywords 선정 방법의 변경 모색 필요.
정년수	✓ 엔진 자체에 대한 특허 검색을 위한 검색어 등의 검토가 필요함.
조영호	✓ 가솔린/디젤 엔진과 관련된 특허를 더 자세히 조사해서 반영 요함.
조정현	✓ Gasoline/ Diesel에 대해서 일반특허와 특수특허로 구분하여 특허현황 분석 필요

5.항공기용 엔진의 인증 연구(한국항공우주연구원 인증센터)	
김동화	✓ 인증 조건에 대한 상세 분석이 수행되었음. ✓ 인력 및 필요 장비에 대해서는 최신 자료료 Update 필요 ✓ 인증 기술 전문가 초빙 등을 통해 추가 자료 확보 필요
김상돈	✓ 한국 독자적인 인증체계 확립이 우선시 되어야함. ✓ BASA도 중요하지만 한국 나름의 ‘장벽’으로서의 또는 ‘대응 수단’으로서의 독자적 인증체계를 구축할 필요가 있음.
김춘택	✓ 항공기 인증방안과 엔진 인증방안의 비교 분석을 통하여 엔진의 인증 방안에 대하여 조사를 잘 수행함. ✓ 엔진 인증 기술 능력 확보 및 인력 확보 범위에 대한 연구가 적절히 수행됨.
윤병관	✓ BASA IPA 인증을 위한 자료 조사는 많이 이루어져 있음. ✓ 자료의 이해가 쉽도록 도식화 및 관련자료 추가 필요
윤상준	✓ 항공기용 왕복엔진에 대한 좀 더 구체적인 로드맵이 필요함.
정년수	✓ 항공기에 대한 인증을 KC-100을 통해 경험한 바가 있으나 엔진 자체에 대한 인증 경험이 없기 때문에 항공기 인증 과정에서 경험한 부분을 충분히 고려할 수 있도록 엔진 인증을 위한 절차와 근거를 명확하게 정리할 필요가 있음.
조영호	✓ 엔진 인증 요건 항목별 국내 보유 능력/인증장비, 인증기관 및 국내업체 현황 등에 대해 조사 반영 요망
조정현	✓ 인증기술 확보 로드맵 제시 필요 ✓ 인증기술 인력 확보방안 구체적 제시 필요

회 의 록

일 자	2013년 6월 18일 화요일	시간	시 작	11:00
장 소	퍼스텍(주) 대전 사무소 회의실		종 료	13:00
참 석 자	김진욱(한양대학교), 조이상(한성대학교), 강성수(한국항공우주산업), 김춘택(한국항공우주연구원), 장현수, 최희주, 박기범, 조봉수(퍼스텍(주))			
회의 목적	항공기용 디젤 엔진 개발 가능성 검토			

- 항공기용 디젤 엔진 개발 가능 업체 – 퍼스텍(주)
  - 퍼스텍은 1975년에 설립되어 항공우주, 유도무기, 지상무기, 무인화 사업 등의 분야에서 사업 중
  - 직원수 370 명, 매출액 87,041백만 원의 중견기업
  - 무인기용 180마력 디젤 엔진 장착 연구 수행 중
  - 금년에 왕복동 엔진 테스트 셀 구축 예정(약 40억 원 규모)

- 퍼스텍에서 엔진 개발 참여 시, 약 400억 원의 개발 예산 편성
  - 정부 지원금 (290억 원), 민간 부담금 (약 100억 원)
  - 민간부담금(matching fund)은 정부지원금의 25%(현금 10%, 현물 90%)로 약 100억 원
  - 총 예산에서 인증, 인프라 구축비용의 포함 여부 확인 필요
    (KC-100 인증 사례로 볼 때, 많은 인증 예산 소요 예상)
  - 별도의 인증 예산 추가 편성 필요

- 기술료 징수 방식 중 경상기술료 지정 필요
  - 기획 단계에서 기술료 징수 방식을 경상기술료로 지정 필요
  - 국토교통부 기술료 징수 규정 검토 필요

- 디젤 엔진 개발 시, FADEC, 터보차져 장착 필요
  - CMI, Lycoming에서 개발 중인 디젤 엔진에는 모두 FADEC 시스템이 장착 됨.
  - KC-100 장착 엔진의 FADEC 시스템 가격은 약 8,000 ~ 10,000 달러
  - 퍼스텍은 엔진 제어 시스템 전문 업체이기 때문에 디젤 엔진용 FADEC 시스템의 자체 개발 가능
    (현재 한국항공우주연구원과 FADEC 시스템 개발 과제 추진 중)
  - 디젤 엔진의 FADEC 시스템은 신기술이기 때문에 인증이 쉽지 않을 것으로 예상됨.

- 정확한 디젤 엔진 개발 방식 및 사양 필요
  - 냉각 방식(공냉식/수냉식)
  - 일부 부품 수입 고려
  - 디젤 엔진 특성상 가솔린 엔진보다 무거운 문제는 성능을 줄여서 해결 가능
    (예: 트윈 터보 차저 --> 싱글 터보 차저)
  - 현재 KC-100에 장착된 엔진은 고사양 엔진인데, 조금 낮은 성능의 저렴한 디젤 엔진 개발 시, KC-100의 판매
    마케팅에도 큰 도움이 될 것으로 예상함.

- 인증된 개발 디젤 엔진의 KC-100 장착 시, KC-100의 장착 승인 필요
  - 엔진 교체는 중대한 사항이기 때문에 인증 받은 엔진이라도 항공기는 장착 승인을 새로 받아야 함.

- 성공적인 디젤 엔진 개발을 위하여 다양한 업체의 컨소시엄 구성 필요
  - 컨소시엄 구성 시, 매칭 펀드는 참여 기관이 협의/분담하여 납부
  - 퍼스텍(개발 총괄 및 엔진 제어 시스템 개발 등), 한국로스트왁스(실린더/실린더헤드 주조 등)

- 납품 타겟의 다양화 필요
  - 납품 타겟을 KC-100과 동일한 급의 항공기로 확대 필요
  - 다양한 산업 진출 가능(선박용 엔진, 항공기 엔진, 산업용 엔진 등)

KAIA 국토교통과학기술진흥원

한양대학교

회 의 록

일 자	2013년 6월 28일 금요일	시간	시 작	16:00
장 소	국토교통과학기술진흥원 3층 1회의실		종 료	17:00
참 석 자	(국토교통부) 민풍식 사무관 (국토교통과학기술진흥원) 백승훈 실장, 황수현 선임연구원, 김봄이 연구원 (한국항공우주연구원) 이장연 단장, 김일영 팀장, 박근영 선임연구원 (항공안전기술센터) 이경태 센터장, (한국전략경영연구원) 김덕영 원장, 이승환 연구원 (서울대학교) 윤영빈 교수, 김태성 박사과정 ((주)윕스) 강기태 책임연구원, (한성대학교) 조이상 교수 (한양대학교) 조진수 교수, 류민형 박사과정, 김진욱 박사과정, 김현수 석사과정			
회의 목적	기획 과제 중간 보고회 및 기획타당성검토위원회			

1. 엔진 개발 예산에 대한 세밀한 산정 필요

가. WBS(Work Breakdown Structure) 작성을 통한 개발 과제 예산 산정 필요

나. WBS에 항공기용 디젤엔진 개발, 시험 설비 인프라 구축 등을 포함

다. 290억의 예산으로 개발가능한지 여부에 대한 세밀한 분석 필요

2. **과제 제목, 연구 목적 수정**

가. 연구 목표와 내용을 반영한 과제 제목으로 변경 필요

나. (과제 제목의 예) 항공용 엔진 인증을 위한 시제엔진 개발, 민간항공기 엔진 실용화 기술 개발, 항공기용 엔진 BASA 획득을 위한 인프라 구축 및 엔진 실용화 기술

다. 엔진 개발뿐만 아니라 인증, 시험, 수출 기반 조성 등을 연구 목적에 포함

3. 단계별 과제 진행 또는 세부 과제 분리를 적용한 로드맵 작성 필요

가. 개발 단계를 나누거나 세부 과제를 분리하여 과제 진행의 효율성 제고

나. 시급성이 높은 과제이므로 2014년부터 개발 과제를 진행할 수 있도록 로드맵 작성

다. 엔진 개발 과제의 시급성과 파급효과를 구체적으로 설명

4. 외부 기관과 긴밀한 협의 필요

가. 세부 연구 내용 기획 과정에 KAI와 긴밀한 협의를 필요

나. 이후 기획과제 진행에 항공안전기술센터 참여

5. 국내 항공기 현황(초경량 항공기 포함) 자료 요청

가. 국토교통부 민풍식 사무관이 주관기관에 자료 제공

6. 국내 항공기용 엔진 관련 인프라에 대한 정밀 조사 우선 수행

가. 개발 장비, 시험 설비 등의 인프라 조사

나. 기계연구원, 관련 업체 등의 인프라 조사

회 의 록

일 자	2013년 8월 19일 금요일	시간	시 작	15:00
장 소	한양대학교 공업센터 본관 701호		종 료	18:00
참 석 자	강릉원주대학교 김대식 교수, 한서대 정비교육원 김영인 교수, 라이어슨대학교 정준 교수, 연세대학교 조형희 교수, 한국교통대학교 한철희 교수, 세종대학교 안존 교수 한국로스트왁스(주) 윤병관 차장, 항공안전기술센터 최병철 실장 퍼스텍 최희주 팀장, 조봉수 선임, 황오식 연구원 한양대학교 조진수 교수, 김진욱 박사과정, 김현수 석사과정 한성대학교 조이상 교수, 서울대학교 윤영빈 교수, 김태성 박사과정 KARI 김일영 책임, 박근영 선임 한국경영전략연구원 김덕영 원장, 이승환 연구원, ㈜윕스 강기태 책임			
회의 목적	항공기용 엔진 국산화 기반 구축 기획 과제 1차 검토위원회			

● **항공기용 엔진 국산화 기반 구축 기획 (한양대학교 발표)**

Q. 항공기 엔진 개발 대상 장착 항공기를 KC-100으로 갈 것인지 LSA-100으로 가야 할 것인지 그 부분이 명확해야 할 것 같은데, KC-100으로 가는 것인가요?
(세종대 안존 교수)

A. 네, LSA는 개발 중입니다. 그런데 KC-100은 이미 인증까지 확보한 상태입니다. 내년에 엔진 개발 착수하려면 인증을 확보한 KC-100 밖에 없는 상태입니다. 항공기용 엔진 국산화 기반을 구축하기 위해서 가장 먼저 개발할 대상이 KC-100 밖에 없는 상태입니다. (한양대)

Q. Continental 550이 8기통 인가요? (세종대 안존 교수)

A. 6기통입니다. (한양대 김진욱 박사과정)

Q. 국내 상용 자동차 엔진이 있는 displacement를 택하면, 아주 비용이 높은 부품들은 개발 비용의 대부분을 절약할 수 있고, 바로 가져다 쓸 수 있습니다. 예를 들면 대표적인 엔진으로 카니발 6기통 엔진은 실린더 1개당 500cc인데 이 엔진을 가져다 쓴다면, 6기통을 만들어 놓고 2기통을 때어내면 4기통으로 나중에 LSA에도 장착할 수 있을 것인데요?
(안존 교수)

A. 말씀해주신 내용을 다 고려하고 있습니다. 그 계획을 이미 퍼스텍이 가지고 있습니다.
(한양대)

Q. 라이코밍 사 이외에도 컨티넨탈 사에 의견을 물어보는 것이 어떨까요?
(한서대 정비교육원 김영인 교수)

A. 컨티넨탈 사는 자체적으로 개발하겠다는 의견을 받았었습니다. 라이코밍 사만 국내 업체랑 같이 개발할 의사가 있다라고 파악했습니다. (한양대)

Q. GDI (Gasoline Direct Injection) 는 전혀 고려되지 않나요? (세종대 안존 교수)

A. 유럽의 공항에서는 향후 가솔린의 공급을 중단할 계획입니다. (한양대)

Q. 지금 GDI 엔진들은 무연가스를 사용하고 있습니다. 무연 가스 엔진을 개발하는 것은 대단히 매력적인 면이 있습니다. 어떻게 생각하십니까? (세종대 안존 교수)

A. 공항에서 연료 공급을 못 받기 때문에 디젤 엔진 시장이 커질 것이라고 파악했습니다. (한양대)

● 항공기용 디젤엔진 개발사업 추진계획 (퍼스텍 발표)

Q. 혹시 엔진 코어를 오스트리아나 독일에서 수입을 하게 되면 그 회사들 입장에서는 경쟁사를 키우는 입장이 되는데요, 그래서 장기적으로는 엔진 코어를 수입할 경우, 실질적으로 엔진 개발하는데 많은 걸림돌이 되지 않을까요? (세종대 안존 교수)

A. 실제로 개발해봐야 알 수 있을 것입니다. 전반적으로 예산 등을 따져봐야 알 수 있습니다. 퍼스텍이 해외 업체와 전화회의를 한 결과, 구체적으로 정의하지 않았습니다만 기술지원이 가능할 것으로 보입니다. 이탈리아의 기술 용역 전문 업체의 경우, 엔진 개발이 가능할 정도로 컨설팅을 해주겠다고 했습니다. (퍼스텍 최희주 팀장)

Q. 궁극적으로 우리가 엔진 국산화를 함에 있어서 가장 큰 이유는 세계시장에 진출하기 위해서입니다. 엔진 코어를 수입해서 개발한 악서서리와 ECU를 달고 수출한다면, 결국엔 독일이나 오스트리아의 협력사가 발목을 잡으면 그대로 발목이 잡힐 텐데요. 그래서 정부 예산을 많이 투입해서 개발하는 독자 개발 사업치고는 리스크가 큰 것이 아닌가요?
(세종대 안존 교수)

A. 추가적으로 협의가 필요하겠지만, 절충교역을 하여서 기술지원을 받는다던지 해야 할 것입니다. (퍼스텍 최희주 팀장)

Q. 디젤 엔진 같으면 기술 이전이 필요가 없을 텐데요. 엔진 코어 기술 자체는 국내의 대기업 말고도 작은 엔지니어링 회사가 꽤 많이 있습니다. 그들과 협력하면 국내에서 코어를 개발하는 것이 그렇게 어렵지만은 않을 것 같은데요? (세종대 안존 교수)

A. 자동차 엔진과 항공기 엔진을 혼돈하신 것 같은데, 항공기 엔진은 공랭식으로 해야 하고 재질 자제가 틀려집니다. (한양대 조진수 교수)

A. 그것 때문에 자동차부품 연구원과 국내 중소 엔지니어링 회사와 접촉을 해볼 예정입니다. 항공용 엔진이라는 점이 큰 걸림돌입니다. 지상 유도무기에 들어가는 엔진과 항공용 엔진의 레벨 차이는 하늘과 땅만큼 컸습니다. 또한 인증 체계와 방법이 다르기 때문에 추가적인 연구가 필요한 실정입니다. (퍼스텍 최희주 팀장)

Q. 일본의 경우, 혼다와 도요타 엔진의 신뢰성이 워낙 좋기 때문에 그들의 가솔린

엔진을 비행기에 얻는 경우도 있습니다. 이 회사들은 엔진 개조에 따른 인증 체계가 잘 구축되어 있을 것 같습니다. 어떻게 보면 이 회사들은 경쟁 회사가 아니기 때문에 협력 가능성이 높아서 이 회사들과 손을 잡는다면 국내에서 개발하는 엔진 코어를 인증 받는데 크게 문제는 안 될 것 같습니다. 왜냐하면 국내에서 항공용 엔진을 개발한다면 아무래도 자동차 엔진 파트나 기술이 많이 들어오게 되어있고, 그 엔진들을 항공용으로 개조하는 경험들은 일본의 회사들의 도움을 받으면 될 것 같습니다. 그렇다면 지금처럼 엔진 코어를 수입하면서 인증이나 모든 분야를 독일이나 오스트리아 회사 등의 의존하는 위험 부담은 피할 수 있을 것 같은데요? 싱글 소스에 의존하는 것 보다 양동 전략을 취하면 좋을 것 같습니다. (세종대 안존 교수)

A. 저희도 개조를 담당할 전문회사를 찾고 있습니다. (퍼스텍 최희주 팀장)

A. 인증 측면에서 말씀 드리자면, 엔진 개발을 하면서 핵심 부품을 해외 업체에서 사와서 장착하여 인증을 받는 경우도 많기 때문에 말씀하신 점이 문제가 될 것으로 보지는 않습니다. 그렇게 엔진 인증을 받는다 하더라도, 그 엔진을 장착한 항공기의 인증을 받아야 합니다. 무엇보다 중요한 것은 시스템이기 때문에 핵심 부품을 아웃소싱할 수 있다면 그렇게라도 해서 시스템 통합 인증을 받아야 한다고 생각합니다. 그래야 인증을 더 쉽게 받을 수 있을 것 같습니다. 해외업체에서 시스템 통합을 지원받는 것은 문제가 있다고 생각합니다. (항우연 김일영 팀장)

● 항공기용 가스터빈 엔진시장/개발 동향 (서울대학교 발표)

Q. CFM의 LeapX와 GE의 GenX의 사이즈만 차이가 나고 스타일이 거의 비슷한 것 같습니다. (연세대 조형희 교수)

A. 압축비나 바이패스비나 모든 것이 거의 비슷하고 사이즈만 차이가 납니다. 사이즈가 작은 CFM LeapX 엔진의 SFC(Specific Fuel Consumption)가 조금 더 좋습니다. (서울대 윤영빈 교수)

A. A380에 장착될 GP엔진을 개발 할 때, 미국 정부가 돈을 대어서 Pratt & Whitney 社와 General Electric 社가 같이 연구하게 했습니다. 그 때 개발 한 기술을 공유한 것입니다. 그래서 거의 다 비슷한 것입니다. 사실은 같은 엔진이고, 이것이 미국 정부의 힘이라고 생각합니다. (세종대 안존 교수)

Q. 발표하신 내용의 결론이 무엇입니까? (한양대 조진수 교수)

A. 우리나라 항공기용 엔진 개발 방향을 터보팬이나 터보프롭엔진으로 가야 할 상황이라면 시장 동향과 유가 등 여러 가지를 고려했을 때 가장 경제적인 엔진으로 가야 한다고 생각합니다. 해외 선진회사를 계속 쫓아 가기만 하는 것은 아닐지 걱정이 됩니다. 그럴지라도 가장 가능성이 있는 마켓으로 들어가야 합니다. (서울대 윤영빈 교수)

Q. 발표하신 자료를 보면 두 가지가 혼돈되는데, 하나는 유가가 비싸지면 터보프롭이 더

늘어난다는 것이고, 또 하나는 절대적으로 터보팬이 더 많다는 두 가지 논리가 상충하는 것 같습니다. (연세대 조형희 교수)

A. 유가가 계속 증가하는 것이 아니고 어느 정도 가다가 서서히 증가할 것 같다는 관점에서 1대 1의 비율로 관측을 했습니다. (서울대 윤영빈 교수)

A. 20-99석에 대한 중소형 엔진에서 터보프롭 엔진이 늘어날 예정이고, 전체적으로는 터보팬 엔진 시장이 더 큰 것입니다. (한양대)

Q. 윤 교수님께선 어느 쪽이 더 가능성이 있다고 생각하십니까? (연세대 조형희 교수)

A. 산업용 가스터빈 과제가 현재 진행될 예정인데, 그 과제로 선행 기술이 축적되면 항공용 엔진 쪽으로 기술이 이동하여서 연구가 진행되면 더 좋을 것 같습니다. 승객수가 120-160석 정도 되는 항공기가 시장성이 있을 것 같습니다. (서울대 윤영빈 교수)

A. 요즘엔 TBO가 길고 정비가 용이한 엔진이 각광받고 있습니다. 터보프롭은 정비비가 많이 들고 TBO가 짧습니다. 터보프롭기가 2시간 이상 비행하려면 따로 인증을 받아야 하는 등 제약이 많습니다. (한양대 조진수 교수)

A. 우리나라의 한서 항공에서 터보프롭기 프로펠러 스페어 파트가 없어서 운용되지 못한 적이 있습니다. 또한 터보프롭은 SFC를 낮출 수 있는 마진이 상당히 낮습니다. 그래서 앞으로 발전 가능성이 많지 않습니다. (세종대 안존 교수)

A. 새로운 컨셉의 터보프롭이 나오기 전까지 터보팬이 더 유망할 것입니다. (한양대 조진수 교수)

● **항공기용 엔진 인증기술 인프라 선진화 전략 (항우연 인증센터 발표)**

Q. 왕복엔진 인증에서 디젤엔진과 가솔린 엔진의 인증이 구분되어있지 않나요? (한양대 조진수 교수)

A. 구분 되어 있지 않습니다. (항우연 김일영 팀장)

Q. ICAO와 FAR 두기준 모두 적용이 되는 것인가요? (한서대 김영인 교수)

A. 크게 차이는 없습니다, FAR Part 33기준을 충족한다면 ICAO기준에 만족하는 것은 크게 문제는 없습니다. (항우연 김일영 팀장)

Q. FAR기준이 보다 더 큰 기준입니까? (한양대 조진수 교수)

A. 사실 ICAO가 FAR기준을 따라하고 있는 입장입니다. (항우연 김일영 팀장)

A. 나머지 기술 기준들은 FAR에서 채용해서 따라가고 있지만, 환경관련부분 Part34, Part36은 ICAO의 기준을 따르고 있으며, 수출을 고려한다면 소음과 배출물 기준에 대해서는 FAR과 ICAO기준을 동시에 충족하는 방향으로 가야할 것입니다. (항우연 박근영 선임)

Q. KC-100의 엔진을 장착하는 부분이 같고 엔진이 다르다면 인증을 다신 받아야 합니까? (퍼스텍 최희주 팀장)

A. 예, 다시 받아야합니다. 장착하는 부분이 구조적으로 같다고 하더라도 국산화 하는

부분이 차이가 있을 수 있어서 장착 승인을 다시 받아야 합니다. 구조적으로 같더라도 승인은 다시 받아야 합니다. (항우연 김일영 팀장)

Q. 변경된 항목만큼 인증 항목도 비례하여 증가한다고 판단할 수 있습니까? (퍼스텍 최희주 팀장)

A. 엔진을 교체할 때, 성능, 비행안정성, 조종성 등의 항목에서 인증 비용이 가장 많이 소요됩니다. (항우연 김일영 팀장)

A. 시험비행을 통해 비행에 문제가 없다는 것을 보여줘야 하기 때문에 장착 승인을 받아야 합니다.(한양대 조진수 교수)

Q. 한서대에서 비행기를 사용하는 입장에서 봤을 때, 운용하는 측면에서 정비 규범이나, AD, SB, 항공기 고장보고 등이 중요 합니다. 항공기 운용하는 입장에서는 중요한 사항이니 감안을 해주셨으면 합니다.(한서대 김영인 교수)

A. 그 점을 적용하기 위해 노력하고 있습니다. 현재 항우연에서도 이와 같은 사항이 적용되기를 바라고 있습니다. (항우연 김일영 팀장)

Q. 국내에 왕복엔진, 자동차형이나 중기형 왕복엔진의 시험인증 할 수 있는 인프라는 구축되어 있습니다. 권해드리고 싶은 사항은 지상용과 항공용 인증절차가 완전히 다르다는 것이 아닙니다. 엔진의 내구성, 신뢰성, 소음이나 진동부분에서 공유할수 있는 측면이 충분이 있다고 보여 집니다. 양쪽의 기준을 참고하여 겹치는 부분이 있어서 충분히 활용할 수 있다고 보고 협력파트너로 많은 경험이 있는 기업과 같이 일을 한다면 보다 인력, 시설 등의 부담을 줄일 수 있다고 보이는데요? (세종대 안존 교수)

A. 말씀하시는 것에 대해서는 공감은 하나, 사실상 분리된 부분이 있습니다. 인증은 항우연에서 집적하는 것이 맞을 것으로 보입니다. 업체에서 인증을 했더라도 확인하는 것이 항우연의 역할이기 때문입니다. 개발인력과 인증인력을 함께 활용한다는 것은 무리가 있을 것을 판단됩니다. (항우연 김일영 팀장)

Q. 엔진 개발 업체의 노하우를 배우는 것 역시 백지상태와 같은 항우연에게는 큰 도움이 될 것 같은데 어떻게 생각하십니까? (세종대 안존 교수)

A. 개발인력과 인증인력을 함께 활용한다는 것은 무리가 있을 것을 판단됩니다. (항우연 김일영 팀장)

회 의 록

일 자	2013년 9월 13일 금요일	시간	시 작	14:00
장 소	퍼스텍 대전사무소 회의실		종 료	16:00
참 석 자	한국로스트왁스(주) 윤병관 차장, 진영프로토 진민성 이사 고려대학교 강훈 교수, KAI 박성환 책임 Tec-eye system 김은종 대표, 김동식 연구원 퍼스텍 최희주 팀장, 장현수 박사, 황오식 연구원 한양대학교 김진욱 박사과정, 김현수 석사과정 한성대학교 조이상 교수, KARI 김춘택 팀장 KARI 인증센터 김일영 책임, 박근영 선임, 이해선 연구원			
회의 목적	항공기용 디젤 엔진 개발 사업 참여 대상 기관 실무자 희의			

최희주 : 디젤엔진 기획과제를 올해 연말까지 하시는 것인가요?

조이상 : 아닙니다. 올해 12월 정도에 최종 RFP 공고가 될 것 이기 때문에 9월 말이나 10월 초까지 RFP 최종 수정이 되어야 합니다.

조이상 : 퍼스텍에서는 개발 대상 엔진 업체로 어디를 생각하고 계신가요?

최희주 : 오스트로(Austro)와 테크니파이(Technify)를 고려하고 접촉 중입니다.

조이상 : 항공기용 디젤엔진을 어떻게 개발할지에 대한 세부적인 계획을 세워야합니다. 또한 개발 중 지상 시험 항목과 비행시험 항목을 구분하고 국내/국외 시험 항목을 분류하여야 합니다. 그리고 WBS 기반 예산 편성이 되어서 예산 편성의 타당성을 확보해야 합니다.

최희주 : 지금이 기획과제의 기획 위원회 개최 단계인가요?

조이상 : 네, 그렇게 보시면 됩니다. 기획 위원회에서 결정된 과제는 그대로 공고가 된다고 보시면 됩니다.

최희주 : 퍼스텍에서 WBS를 작성했는데, 혹시 KAI에서 보실 때, 꼭 지켜주었으면 하는 개발 방향이 있는지요?

박성환 : KAI는 디젤 엔진 개발 사업에 참여하는 것은 아닙니다. 개발 대상 엔진을 KC-100에 장착하여 시험한다는 개념으로 알고 있습니다. 항공기와 엔진에 관련된 인터페이스 정보를 제공해드려서, KC-100에 장착하는데 인터페이스 변경을 최소화하는 지원을 할 수 있습니다. 엔진의 어떤 부분을 꼭 개발해야한다는 것이 아니라, 엔진은 엔진 자체의 TC(형식승인)가 있잖아요. 그래서 엔진 TC를 받을 수 있는 모든 부분을 다 개발하셔야 할 것 같습니다. 엔진 Type 디자인에 대한 구속조건과 항공기 내에 엔진이 위

치할 수 있는 볼륨 정같은 인터페이스 정보를 제공해드릴 수 있습니다.

최희주 : 똑같은 엔진을 쓰지 않는 이상, 흡기구 배기구의 위치와 같은 인터페이스 등이 바뀝니다. 엔진 구성 항목 중 반드시 개발에 포함해야하거나 특정 회사의 부품을 써야 하는 등의 조건이 있나요?

박성환 : 기본적으로 KC-100은 고도 25,000ft까지 사용할 수 있는 터보 FADEC엔진을 장착하고 있습니다. 기본적으로 터보차저, 얼티네이터 등 구동에 필요한 부분은 포함되어야 할 것 같습니다. KC-100에 쓰려면 프로펠러도 중요합니다. 순항 RPM이 2,500 RPM이기 때문에 기어박스가 들어간다고 하면 2,500 RPM을 맞춰야합니다. 아니면 Direct drive로 2,500RPM을 맞춰 주시면 됩니다. 또한 프로펠러는 Compatible 한 것으로 새로 선정해야할 가능성이 높습니다.

김춘택 : KAI에서 엔진사와 일하실 때 ICD가 오갈 텐데요, 그 ICD를 퍼스텍에 제공해주시면 개발에 도움이 될 것 같습니다.

박성환 : 엔진 제작업체가 요구하는 요구조건이 있는데 그 자체가 Interface Requirement가 됩니다. 엔진 규격서를 공유할 수 있으면 공유하겠습니다.

최희주 : 해외 업체 조사 결과, 항공기용 디젤엔진은 자동차 엔진을 개조하여 개발하고 있었습니다. 국내의 기술 보유 회사는 기술을 제공할 가능성이 없기 때문에, 엔진 개발/기술 지원 등을 받을 예정입니다.

장현수 : 기어박스를 개발해야 할 가능성이 큽니다. 기어박스는 KAI에서 개발해야하는지, 엔진 개발사가 해야하는지 궁금합니다.

박성환 : 컨티넨탈 사의 디젤 엔진(250HP)은 Direct drive 방식으로 개발되었고 형식승인까지 받았습니다. 300마력 급 디젤엔진은 개발 중입니다. 우리도 기어박스를 개발하기보단 direct drive 방식을 써야할 것 같습니다. 엔진 방식이 선정되면 엔진에 맞는 프로펠러를 선정해야합니다.

박근영 : 엔진 제작사에서 개발한 엔진에 맞는 프로펠러를 선정하셔야 합니다.

황오식 : KC-100의 엔진을 가솔린에서 디젤로 교체하였을 때 항공기 외형에도 분명히 영향을 줄 것입니다. 그래도 괜찮은 것인지 궁금합니다.

조이상 : 이 과제에서 장착은 고려하지 않습니다. 엔진 개발과 인증만 고려합니다.

박성환 : 엔진에 맞춰서 OML의 변경을 고려할 수는 없습니다.

박근영 : 인증측면에서 말씀드리면 파워플랜트가 아니라 엔진 그 자체임을 한 번 더 강조합니다. 따라서 장착은 이 과제에서 고려할 사항이 아닌 것 같습니다.

황오식 : 퍼스텍에서 개발 할 때 엔진 자체는 개발하는데, 관련 악세사리의 개발은 어떻게 해야합니까?

김일영 : 그것은 엔진 과제에 당연히 포함되어야 한다고 생각합니다.

박성환 : 인테이크 시스템에서 인터쿨러라는 시스템은 악세사리가 아닌 기본적인 부품입니다. 열교환기 같은 경우에는 열교환기를 장착할 수 있는 프로비전을 만들어 놓던지, 아니면 열교환기를 포함한 엔진을 만들어 형식승인을 받으시던지 해야할 것입니다.
리퀴드 쿨링 같은 경우엔 라디에이터도 엔진사에서 제작합니다.
조이상 : 엔진이 정상작동할 수 있는 모든 부품을 다 개발하셔야할 것입니다.
김일영 : 장착을 고려하여 개발할 필요는 없습니다.
박근영 : TC Holder의 개념을 명확히 이해할 필요가 있습니다.
TC Holder의 책임을 확실히 인지하셔야 합니다.
인증기관는 TC Holder하고만 인증을 지능합니다. 하청업체는 인증기관에서 접촉하지 않습니다.
김일영 : 인증 준비하실 때, 항우연 인증센터에서 적극적으로 협력하겠습니다.
최희주 : 인증을 받기 위한 비용 산정은 어떻게 하는가요?
김일영 : 개발비 290억 내에 포함되어 있습니다.
최희주 : 인증 받기 위한 비용은 얼마정도로 책정해야 하나요?
박근영 : 보통 인증을 고려하고 하지 않고에 따라 총 개발비의 20-30% 정도 차이가 납니다.
김일영 : 이 과제 같은 경우엔 15억 정도 예상합니다.
박성환 : 인증은 보통 5년 내에 끝내야 하는데
김일영 : 신청일로 부터 3년 이내입니다.
조이상 : 국토부 입장에서 개발이 끝났다고 하는 것은 인증까지 받았다고 하는 것입니다.
장현수 : 그러니까 5년 이내에 인증까지 끝내야하는 것이군요.
조이상 : 개발 2년차 말에는 인증 신청 들어가야 하는 것입니다.
장현수 : 인증 기준은 어떻게 됩니까?
김일영 : Part 33의 디젤 파트를 기준으로 합니다.
최희주 : 만약에 5년 과제로 할 때, 1차 프로토타입이 3차년 초에 나오고, 또 개조되어 2차 프로토타입이 나올 것인데 1차 프로토타입으로 인증신청을 하는 것입니까?
김일영 : 쉽게 말하여서 엔진 PDR 끝나고 신청하시면 된다라고 보시면 됩니다.
김춘택 : 인증 비용이 중요한 것이 아니라 인증 시험 항목이 비용에 영향을 미치는 것이 더 클 것입니다.
김일영 : 그것은 보고 결정해야 합니다.
박근영 : 개발 뿐만 아니라 양산을 고려하셔야 인증을 받을 수 있습니다.
최희주 : 본 개발 들어가면 퍼스텍의 품질 팀도 같이 들어가야겠습니다.
최희주 : 앞으로 두산인프라코어에 기술 자문을 받으려고 하는데 조이상 교수님께서 자

리를 만들어 주시면 좋겠습니다. 시험 비용을 산출하려면 협의가 필요할 것 같습니다.

김일영 : 기술지원 받으실 때, TC Holder가 되시면 설계에 대한 모든 것을 쥐고 계셔야 합니다.

조이상 : 추석 지나고 KAI의 문창모 전 담당께 연락을 드리고 약속을 잡아보겠습니다. 컨소시엄 구성 업체들과 같이 가시면 좋겠습니다.

최희주 : 엔진 관련 스펙 등의 자료는 어떻게 받을 수 있을까요?

박성환 : 저는 바로드렸으면 좋겠는데, 내부 검토를 거친 후에 드릴 수 있을 것 같습니다.

조이상 : 퍼스텍에서 가장 신경써주셔야 할 부분이 시험 항목 등입니다. 그래야 인프라를 어떻게 구축할 지가 결정되기 때문입니다.

박근영 : Maintanece Manual (장착/운영 메뉴얼) 교범도 신경쓰셔야 합니다.

김일영 : 이 부분은 이 주제만 따로 항우연 인증센터와 협의하시지요.

회 의 록

일 자	2013년 10월 7일 금요일	시 간	시 작	14:30
장 소	한양대학교 공업센터 본관 701호		종 료	18:00
참 석 자	롤스로이스 김상돈 이사 ; 한국항공우주연구원 김춘택 선임, 박근영 선임, 이해선 연구원 ; 로스트왁스 윤병관 차장 ; 피도텍 윤상준 이사 ; 한국항공우주산업주식회사 정년수 팀장 ; 한화테크엠 조영호 차장 ; 대한항공 조정현 선임 ; GE 박영언 상무, 정 륜 이사 ; 한양대학교 조진수 교수, 김진욱 박사과정, 김현수 석사과정 ; 한성대학교 조이상 교수 ; 서울대학교 윤영빈 교수, 김태성 박사과정 ; 한국전략경영연구원 김덕영 원장 ; 윕스 강기태 팀장, 김백화 연구원 ; 퍼스텍 최희주 팀장, 장현수 박사, 조봉수 선임, 황오식 연구원 ; 진영프로토 진민성 이사 ; 항공안전기술센터 최병철 실장			
회의 목적	항공기용 엔진기획과제 진행사항 검토			

항공기용 디젤왕복엔진

국내 항공기용 디젤엔진의 SWOT 분석에서 'AVGAS에 대한 환경 규제 강화'가 기회 요인이 될 수 있음.
GE 박영언 상무가 주관기관에게 디젤엔진 Emission 규제 관련 자료 제공.
디젤 엔진 과제에서 5년 동안 개발하여, 6년째에 인증을 받을 경우 인증 기간 연장 제도가 있기 때문에 기간 연장은 가능하지만, 연장 기간동안 새로운 인증 기준이 생기면 신규 기준에 따라야하는 패널티가 있음.
항공기용 가스터빈의 개발기간을 최소한으로 잡는다면, 개발 및 인증에 7년이 소요되고, 장착까지 9년이 소요됨.
디젤 엔진 개발에서 인증 신청을 CDR 시점으로 잡고, 인증이 개발보다 조금 늦어질 수 있음을 고려해야 함.
기존 디젤 엔진을 참조하여 엔진을 개발할 것이라는 내용을 RFP에 추가, 이때 개조라는 용어를 쓰지 말고 개발이라는 용어를 써야함.

항공기용 가스터빈 엔진

국내 항공기용 가스터빈 엔진의 SWOT 분석 중 국내 군수 물량 확보는 강점이 아님.
3,000 lb급 가스터빈 개발 시, 5,000억의 예산이 편성된다면 인프라 구축 비용까지 포함되는 것으로 할 수 있지만, 대형 항공기용 엔진을 개발한다면, 설계비용이 기하급수적으로 늘어나서 인프라 구축 사업을 따로 실시할 필요가 있음.
한국항공우주산업 주식회사의 시험장비는 가스터빈 엔진 개발을 위해서 다른 업체에서도 사용 가능 함.
개발 및 사용 가능한 가스터빈의 분류가 필요한데, 롤스로이스나 GE의 협조를 통하여 반영할 예정
가스터빈인증 과제의 예산은 약 400억 정도 소요됨.
우리나라 실정에 맞는 엔진을 위해 EASA보다 BASA를 획득하는 것이 이익임.

실무위원회 요청 사항

가스터빈 RFP 초안 도출 (10월 말)

- 국내 항공용 가스터빈 엔진 산업의 SWOT 분석 보완
- 가스터빈 엔진의 설계, 시험, 제작 인프라 현황 추가조사
- RFP 도출을 위한 과제 제목 및 개발 기간, 예산, 인력의 예측

RFP 수정본 + 설명자료 작성 (11월 말)

- 가스터빈 엔진 기술 로드맵
- 연구개발 추진 로드맵

KICTEP 한국건설교통기술평가원

한양대학교

3차 실무위원회 평가의견

1.개발 대상 엔진 및 개발 가능 제조사 현황 조사(한양대학교)	
김동화	✓ Fuel Cost와 효율 측면에서 디젤 엔진으로의 접근 방향은 상당히 바람직하다고 생각됨 ✓ 최근 중국에서 소형 항공기 수요가 급격히 증가하고 있으므로 예상 판매대수는 목표 대비 올라갈 가능성이 있음 ✓ 두산 인프라코어(기존 대우버스에 들어가는 디젤 엔진 기술 보유)등 기존 협력업체들에 대한 아웃소싱 채널 활용 가능석 모색
김상돈	✓
김춘택	✓ 1단계 목표인 왕복동 엔진에 대하여 개발대상 엔진을 KC-100급 항공기로 선정하고, 가솔린과 디젤의 장단점에 대한 분석이 잘 수행되었음 ✓ 왕복동엔진의 개발비, 개발방안 등에 대하여 구체적인 선정을 하는 것이 필요해보임
윤병관	✓ 국산화 대상인 KC-100 항공기의 엔진에 대한 조사 및 개발 추진코자 하는 엔진(디젤엔진)에 대한 비교자료 및 관련 제조회사에 대한 자료정리가 잘 되어 있음
윤상준	✓ 전반적인 목표, 방향이 명확하나 중간보고서를 작성하기 위한 좀 더 구체적인 Spec. 결정이 요구됨
정년수	✓ 200~300HP 급 엔진(왕복)에 대한 검토가 이루어지고 있으며, 연료의 종류는 AvGas와 디젤 2종류에 대해 조사가 수행됨 -> 자료 재 검토 후 수정이 필요한 부분 검토의견 제시예정 ✓ 일부 내용의 경우 정확성을 재검토할 필요가 있음 -> TD-300 엔진의 경우 2013년 4월 TC완료
조영호	✓ 개발 대상엔진별 주요 구성품에 대해서 국내 및 해외 업체 현황을 좀 더 세부적으로 검토해서 내용을 반영했으면 좋겠음
조정현	✓ 엔진 개발 제조사 중, 중소기업에서 엔진개발 과제를 수행한 경험이 있음. 엔진개발 경험이 있는 중소기업으로 개발가능 제조사 확대 및 확인 필요

2.국내외 엔진 기술 동향 및 환경분석(서울대학교)	
김동화	✓ 전체적으로 최근 연구동향으로 업데이트 필요함 ✓ 논문, 특허의 상세 내용 분석을 통해 개발 Target과 유효한 특허 Counting/분류 필요
김상돈	✓ 자료 연도를 가급적 최근시기까지 하면 좋겠음 ✓ Turbo Jet - APU - Turbo Fan 기술자립도 재확인 필요
김춘택	✓ 국내기술동향에 대하여 최신화가 필요함 ✓ 특히, 최근 종료된 KHP사업 등의 결과를 반영하는 것이 좋겠음
윤병관	✓ 기술동향 및 환경의 Data가 06년 이전 자료만 되어 있는 것 같음, 최근 자료를 확보하여 추가 필요함
윤상준	✓ 국내외 시장조사 결과 분석은 적합하나 기초 Data가 오래되어 최신 Data로 Update 필요함
정년수	✓ 기술동향과 현황에 최신자료가 반영되어 있지 않음 ✓ 최근 국내 항공기 개발에 따른 엔진 내용 보완 필요함
조영호	✓ 엔진 주요 구성품에 대한 해외 및 국내 기술수준과 기술동향에 대해서 세부적인 내용 작성 필요
조정현	✓ 전반적으로 자료 최신화 필요 ✓ 국내외 기술동향의 분류기준을 Piston/Turbo Fan/Turbo Jet, Piston Gasoline/Diesel로 재설정

3.항공기용 엔진의 경제적 타당성 조사(한국전략경영연구원)	
김동화	✓ 항공용 왕복동 엔진 시장 전망 분석자료 미비함 ✓ 엔진 국산화에 따른 수입 대체 효과 및 국내 중소기업 파급 효과 등을 경제성 분석에 효용으로 추가할 가능성 확인
김상돈	✓
김춘택	✓ 향후 군에서 소요예정인 엔진에 대해서도 조사를 하는 것이 좋겠음 ✓ 왕복동 엔진의 시장 및 예측에 대한 자료를 확보하는 것이 좋겠음
윤병관	✓ 소요예산과 판매 계획을 확보하여 경제성 분석이 이루어져야 할 것임
윤상준	✓ 중간보고서 발표시점까지 시간이 부족하므로 현재까지 결정된 Spec.을 기준으로 가능한 경제성분석 결과가 필요함
정년수	✓ 경제성 분성을 위한 엔진의 명확한 사양의 정의가 필요함
조영호	✓ 항공용 가솔린/디젤 엔진의 경우 KC-100 이외에 추가적으로 적용할 수 잇는 기종에 대해서 좀 더 협의해서 경제성 분석에 반영하면 좋겠음
조정현	✓ 엔진국산화 당위성 제시를 위한 경제적 타당성 측면에서의 전략제시 필요

4.항공기용 엔진의 특허조사((주)웹스)	
김동화	✓ 기존 특허에 대한 상세 체계 분류 필요 ✓ 필요하다면 타 세부기관과 협업하여 하나하나를 분석하고 본 과제에 적합한 분류/ 세분화 필요
김상돈	✓ Airbus와 Boeing은 기체업체이므로 엔진 장착 또는 nacelle 위주 특허가 일것이라고 추측됨, 과제 목적상 특허조사에서 제외하는 방안 고려 필요
김춘택	✓ 항공기 엔진의 특허에 대하여 상세한 조사가 진행되고 있으며, 엔진의 형태(가스터빈, 디젤 왕복동, 가솔린 왕복동)별로 데이터를 정리/분석하는 것이 좋겠음
윤병관	✓ 전체적인 항공기 엔진에 대한 특허 분석은 잘 이루어진 것 같음 ✓ 본 기획 조사 후 개발하고자 하는 피스톤엔진, 디젤엔진 관련업체를 위주로 추가 조사 및 분석이 이루어져야 할 것으로 사료됨
윤상준	✓ 본 기획과제 의도와 사양에 적합하도록 항공기용 Gasoline VS. Diesel Engine으로 구분하여 특허를 조사할 필요가 절실함 ✓ Keywords 선정 방법의 변경 모색 필요
정년수	✓ 엔진 자체에 대한 특허 검색을 위한 검색어 등의 검토가 필요함
조영호	✓ 가솔린/디젤 엔진과 관련된 특허를 더 자세히 조사해서 반영 요함
조정현	✓ Gasoline/ Diesel에 대해서 일반특허와 특수특허로 구분하여 특허현황 분석 필요

5.항공기용 엔진의 인증 연구(한국항공우주연구원 인증센터)	
김동화	✓ 인증 조건에 대한 상세 분석이 수행되었음 ✓ 인력 및 필요 장비에 대해서는 최신 자료료 Update 필요 ✓ 인증 기술 전문가 초빙 등을 통해 추가 자료 확보 필요
김상돈	✓ 한국 독자적인 인증체계 확립이 우선시 되어야함 ✓ BASA도 중요하지만 한국 나름의 ‘장벽’으로서의 또는 ‘대응 수단’으로서의 독자적 인증체계를 구축할 필요가 있음
김춘택	✓ 항공기 인증방안과 엔진 인증방안의 비교 분석을 통하여 엔진의 인증 방안에 대하여 조사를 잘 수행함 ✓ 엔진 인증 기술 능력 확보 및 인력 확보 범위에 대한 연구가 적절히 수행됨
윤병관	✓ BASA IPA 인증을 위한 자료 조사는 많이 이루어져 있음 ✓ 자료의 이해가 쉽도록 도식화 및 관련자료 추가 필요
윤상준	✓ 항공기용 왕복엔진에 대한 좀 더 구체적인 로드맵이 필요함
정년수	✓ 항공기에 대한 인증을 KC-100을 통해 경험한 바가 있으나 엔진 자체에 대한 인증 경험이 없기 때문에 항공기 인증 과정에서 경험한 부분을 충분히 고려할 수 있도록 엔진 인증을 위한 절차와 근거를 명확하게 정리할 필요가 있음
조영호	✓ 엔진 인증 요건 항목별 국내 보유 능력/인증장비, 인증기관 및 국내업체 현황 등에 대해 조사 반영 요망
조정현	✓ 인증기술 확보 로드맵 제시 필요 ✓ 인증기술 인력 확보방안 구체적 제시 필요

회 의 록

일 자	2013년 10월 7일 금요일	시간	시 작	14:00
장 소	한양대학교 FTC 402호		종 료	17:30
참 석 자	롤스로이스 김상돈 이사 ; 한국항공우주연구원 김춘택 선임, 김일영 팀장, 박근영 선임, 이해선 연구원 ; 로스트왁스 윤병관 차장 ; 피도텍 윤상준 이사 ; 한국항공우주산업주식회사 정년수 팀장 ; 한화테크엠 조영호 차장 ; 대한항공 조정현 선임 ; GE 박영언 상무, 정 륜 이사 ;한양대학교 김진욱 박사과정, 김현수 석사과정 ; 한성대학교 조이상 교수 ; 서울대학교 윤영빈 교수, 김태성 박사과정 ; 한국전략경영연구원 김덕영 원장, 이승환 연구원 ; 퍼스텍 김영진 수석, 김병현 선임, ; 진영프로토 진민성 이사, 조인태 이사			
회의 목적	항공기용 엔진기획과제 진행사항 검토			

● **민간 항공기용 엔진 국산화 기반 구축 기획 - 한양대학교**

Q. 실제로 국내에서(국토부) 예산을 투입하여 진행한다고 했을 때, GE 나 롤스로이스에서 협력하여 진행할 의사가 있습니까? (로스트왁스 윤병관 차장)

A. 자료의 타당성은 있습니다. 하지만 이율 배반적인 사항이 있습니다. 해외업체도 영리추구 업체로서 손해를 보면서 참여 할리 없습니다. 하지만 개발비용에서 정부와 해외 업체의 개발 비용 차가 크면 당연히 해외 업체는 참여 하지 않을 것입니다. (롤스로이스 김상돈 이사)

Q. 국토부에서 어느정도까지의 예산이 필요한지에 대해 최종 보고서에 실을 예정입니다. 현재 3000억 정도의 예산이 한국 전략경연 연구원에서 나온 내용입니다. 김상돈 이사님께서 생각하시는 예산은 어느정도 까지 생각하시는 지요? (한성대학교 조이상 교수)

A. GE에서 2조를 말씀하셨는데요, 제 생각에 최소 조단위가 타당하다고 봅니다. 다만 이돈은 이미 있는 기술을 꺼내어 상용화 하는데 소요되는 돈입니다. 하지만 저희가 시작하는 것은 원래의 기술이 없기 때문에 조단위 이상으로 보셔야 할 것 같습니다. (롤스로이스 김상돈 이사)

Q. 그러면 저희가 진행하는 일정에서는 1조로 보면 적당합니까? (한성대학교 조이상 교수)

A. 대략적으로 보시면 조단위로 예상하셔도 될 것 같습니다. (롤스로이스 김상돈 이사)

Q. 김덕영 원장님, 저희가 조단위로 진행하게 되면 어떻게 되는 겁니까? (한성대학교 조이상 교수)

A. 저희가 3000억의 예산을 잡은 것은 개발된 엔진을 시판 할 수 있는 능력을 확보했다고 판단하고 잡은 예산입니다. 우리가 개발하는데 1조나 2조이상이 들어 간다고 하면 설득력이 없을 것 같습니다. 또한 KABJ 뿐만 아니라 다른 항목에도 적용한다고 하면 경쟁성을 확보 할수 있습니다. (한국전략경영연구원 김덕영 원장)

A. 제 생각에는 가스터빈 엔진이 KABJ에만 적용 할 것이 아니기 때문에 다른 엔진 시장까지 고려하는 것이 좋지 않을까 생각합니다. (한성대학교 조이상 교수)

Q. 하지만 근거가 있어야 진행이 가능하다고 판단합니다. (한국전략경영연구원 김덕영 원장)

Q. 그러면 GE나 롤스로이스에서 자료 공개 해주셨으면 합니다. (한성대학교 조이상 교수)

A. 엔진을 공동개발 하신다고 하시는데, 그것은 구조에 따라 많이 달라집니다. 예를 들어 GE가 Evolution 프로그램을 하는데, 만약 프로그램에 참여를 한다면 예산이 가능한 이야기가 됩니다(하지만 지금 GE가 지금의 Segment에 참여하는 것은 HONDA를 배제 해야 하기 때문에 참여하기 힘든 입장). R&D에서 얼만큼, 어떤 포션을 하고, 엔진이 만들어진 다음 어떤 포션을

하겠다는 것에 따라 달라질 수 있다고 생각합니다. 하지만 지금의 개발 방향은 국내에서 개발, 생산, 수출 등 모든분야를 한다고 하시는데, 그것은 현재 엔진 3사업체중 같이 진행할 회사는 없을 것으로 판단됩니다. 여러 가지 엔진 밸류 체인에서 원한 것을 정확히 선택을 하고 선택에 맞는 예산과 개발과정에 참여를 하셔야 정리가 될 것 같습니다. 이사항은 본사와 협의를 정확히 하셔야 할 내용입니다. 저희가 한국지사로서 할 수 사항은 협상을 도와 드리는 사항 밖에 없습니다. 저희가 드릴 수 있는 자료는 지금까지 드린 자료 이상은 힘들 것 같습니다. 또는 엔진 3사를 제외한 다른 회사에서 포기한 RP를 통째로 구입하여 하는 방법도 있습니다.

(GE 방영언 상무)

Q. 인증분야에서는 어떻게 보십니까? 저희가 국내의 인증을 받기위한 작업 아닙니까? (한성대학교 조이상 교수)

A. 저희 측면에서 보면, 비즈니스 제트기 엔진으로 가면서, 엔진인증과 개발 두 분야을 함께 성공시키는 것은 현실적으로 힘들다고 판단합니다. (한국항공우주연구원 길일영 팀장)

Q. 국토부에서 생각하고 있는 것은 비즈니스 제트기를 만들고 국제 공동개발을 해서라도 엔진까지 탑재를 해야 완벽한 항공 선진화를 이루는 것이라고 생각하고 있습니다. (한성대학교 조이상 교수)

A. 그런면에서는 굉장히 좋게 생각을 하는 입장입니다만, 비즈니스제트기와 엔진까지 함께 수출하는 것은 어렵다고 판단됩니다. (한국항공우주연구원 길일영 팀장)

Q. 그러면 현실적인 측면에서 저희가 제안을 하면 되는 겁니까? (한성대학교 조이상 교수)

A. 현재까지 비즈니스 제트기 엔진 개발 현황을 들어보면, 좀….
(한국항공우주연구원 길일영 팀장)

Q. 팀장님의 의견을 들었을 때는 저희가 가야할 방향은 그 방향 아니겠습니까? (한성대학교 조이상 교수)

A. 네 맞습니다. (한국항공우주연구원 길일영 팀장)

Q. 그렇게 갔을 때 의견을 GE나 롤스로이스에서 주실 수 있습니까? 예산은 국토부에서 지원을 하고 CC load는 GE나 롤스로이스에서 가져갔을 때, 필요한 예산과 개발 시나리오 등의 의견을 주실수 있습니까? (한성대학교 조이상 교수)

A. 비슷한 사항을 KAI와 진행을 한 경험도 있고요, Scope만 명확하다면 대화는 얼마든지 가능합니다. (GE 방영언 상무)

Q. 김춘택 선임 연구원님께서 항우연 입장에서 말씀 부탁드리겠습니다. (한성대학교 조이상 교수)

A. 시장이 좋은 것으로 판단되면 업체들이 참여 할것으로 예상이 되나, 판단이 어려운 상황입니다. 대형 3사는 중형 항공기 엔진에 대해서는 Demonstrate가 많지 않기 때문에 관심이 없을 것으로 예상됩니다. 그러나 항우연 이나 소형 항공사 들은 관심을 보일 수 있습니다.

RFP 의견

Q. KABJ 사업이 KAI 단독으로 개발이 가능하시다고 보십니까? (한성대학교 조이상 교수)

A. 비즈니스 제트기에 현재 개발 예정인 엔진이 탑재 되는 겁니까? (한국항공우주산업주식회사 정년수 팀장)

A. 초기에는 다른 엔진이 탑재 될것으로 예상됩니다. (한성대학교 조이상 교수)

A. 그렇게 되면 KAI 단독으로 개발이 가능할 것으로 예상됩니다.
(한국항공우주산업주식회사 정년수 팀장)

A. 국토부 과제이므로 FAR 33만 기입하는게 아니라 KAS 33도 같이 기입을 해주는 것이 좋을 듯 합니다. (한국항공우주연구원 박근영 선임)

A. 저희가 파일을 발송 하겠습니다. 수정 부탁드리겠습니다. (한성대학교 조이상 교수)

● **사업 추진계획 – 퍼스텍**

Q. 지난 대전 회의 때(한국항공우주연구원과 퍼스텍의 대전회의) 인증프로세스가 3년이 소용된다고 말씀드린 것은 2차 년도에 시작을 해야 5차 년도에 마칠수 있기 때문에 말씀 드린 사항입니다. 지금처럼 2차 년도 말에 시작을 하게되면 5차 년도 말에 마치기 때문에 여유가 없게 될 것입니다. 따라서 인증 프로세스를 조금 앞당기면 좋을 것 같습니다.
(한국항공우주연구원 박근영 선임)

A. 인증프로세스를 앞당기는 것은 문제가 없으며, 과업기간 내에서 디자인 포인트가 결정되는 부분에서 인증프로세스가 들어가는 것이 맞다고 판단합니다. 인증프로세스를 밟기위한 원인이나 직원이 매우 부족하기에 5년차에 맞춰서 역순으로 짜여진 상태입니다.
(퍼스텍 김영진 수석)

Q. 한양대에서는 BASA를 포함해서 5차년도 구성을 한 것으로 알고 있는데, 지금 퍼스텍의 일정대로라고 하면 1년이 더 필요할 것입니다. (한국항공우주연구원 박근영 선임)

A. 그래서 최종적으로 RFP상에서 범위에 들어 가도록 조율할 필요성을 느끼고 있습니다.
(퍼스텍 김영진 수석)

A. RFP상에는 BASA인증이 포함되어 있지 않습니다. (한양대 김진욱 박사과정)

A. 개발과 인프라구축 까지가 5년으로 예상했습니다. 인증은 조금 시간을 가져야 할 것으로 생각합니다. (한성대 조이상 교수)

A. 그렇게 되면 5년이란 시간이 적절한 시간입니다. (퍼스텍 김영진 수석)

Q. 인증은 개발이 끝나시점에서 인증도 끝나야 하는 것 입니까? (한성대 조이상 교수)

A. 이 일정대로 라고 하면 하지 못합니다. (한국항공우주연구원 김일영 팀장)

Q. 뒤로 1년정도 더 가도 상관은 없는 겁니까? (한성대 조이상 교수)

A. RFP와 IP까지 넣으면 1년 이상은 필요합니다. (한국항공우주연구원 김일영 팀장)

Q. 그러면 RFP에서 인증 내용을 빼도 되는 겁니까? (한성대 조이상 교수)

A. 수출을 고려했다고 하면, BASA를 물고 들어가는 것이고, 그렇게 되면 2차 년도부터 5차 년도까지 업체평가가 들어간다고 생각하시면 됩니다. 엔진인증 들어가는 시점에서 동시에 FA평가가 들어오게 됩니다. 따라서 이점을 고려해야 할 것입니다.

A. 개발만 5년을 소요하는 것이 좋을 것 같습니다. (한성대 조이상 교수)

Q. 지금 개발코드에만 맞추신 것 같은데요, 기술이 없는데 과업에 참여하는 것으로 보일 수 있습니다. 포장을 필요할 것 같습니다. (한성대 조이상 교수)

A. 지금의 자료는 실제 프로세스를 발표하고 다음 자료는 포장을 하도록 하겠습니다.
(퍼스텍 김영진 수석)

Q. 엔진 EEC가 인증의 반이상을 차지 할 것 같은데요, 지금 주관기관 업무에서는 빠져있습니다. 퍼스텍에서 178, 254, 160 등 모두 입증을 주도적으로 하셔야 합니다. 엔진 제작사에서 지원을 받아서 진행하는 것은 무리강 있습니다. (한국항공우주연구원 박근영 선임)

A. 엔진 제작사에서 소스를 얻는 것은 매우 힘든 일입니다. 개조를 진행하며 작업중에 정보를 획득을 하도록 노력하겠습니다. (퍼스텍 김영진 수석)

Q. 엔진개발이 되면 양산은 퍼스텍이 하게 됩니까? (한국전략경영연구원 김덕영 원장)

A. 그렇습니다. 자동차 엔진의 하드코어는 그대로 수입을 하고, 나머지 엔진 개조를 통해서 터보챠져, 연료공급 장치 등 퍼스텍이 개발한 제품들이 들어가게 됩니다.

Q. 코어설계도면은 전부 가져오시는 겁니까? (한국항공우주산업주식회사 정년수 팀장)

A. 가져오지 못합니다. (퍼스텍 김영진 수석)

Q. 인증 자료가 없는데 인증 받을 수 있습니까? (한국항공우주산업주식회사 정년수 팀장)

A. 국내 실정에 맞는 자료는 설계도에 있는데 코어 설계도가 없으면 인증에는 어려움이 있습니다. (한국항공우주연구원 김일영 팀장)

A. 그래서 1차 년도에 엔진을 확보, 개조 후 해외 업체와 제휴를 맺어 인증을 받을 수 있는 자료를 만들 예정입니다. (퍼스텍 김영진 수석)

Q. 코어통채로 자동차 것을 사용 하시다는 말씀이십니까?
(한국항공우주산업주식회사 정년수 팀장)

A. 네 맞습니다. (퍼스텍 김영진 수석)

Q. 퍼스텍에서는 개조할 엔진의 마력을 정하셨습니까? (한성대 조이상 교수)

A. 315마력 으로 정했습니다. 큰엔진에서 작은 엔진으로 개조하는 것이 수월 하기에 선택 했습니다. (퍼스텍 김영진 수석)

Q. 해외 엔진전문 업체 같은 경우에는 항공기 엔진 인증을 받은 경험이 있다고 하셨는데요, 그 업체가 우리나라에서 인증 받을 수 있도록 자료 제공을 약속 했습니까?
(한국항공우주연구원 김일영 팀장)

A. 네 약속을 했습니다. 비용적인 문제에 대해서 타협점을 찾고 있습니다. (퍼스텍 김영진 수석)

● **신개념 고효율 차세대 항공기엔진 – 서울대학교**

Q. 신개념 고효율엔진이라면 대형화 추세로 가는 것 아닙니까? (한성대 조이상 교수)

A. 새로운 아이디어를 적용시키는 추세로 갈 것 같습니다. (서울대 윤영빈 교수)

A. 사이즈는 에어라이너 수요를 따라 갈 것입니다. (GE 박영언 상무)

1.항공기용 엔진 국산화 기반 기축 기획(한양대학교)	
KOSMI 김덕영 원장	■ 가스터빈 엔진개발이 이루어지려면 다음 두 접근방법 중 하나가 필요해 보임 - KABJ 경재기종의 엔진제작 업체와 제휴하여 '파생형' 엔진을 공동 개발하고 전략(그 업체에서 개발한 엔진 코어를 활용하는 방안) → 개발을 주도하고 개발 후 양산을 주도할 국내업체가 나타나야함 ■ 산업용 가스터빈엔진을 개발하는 두산중공업에 항공기용엔진의 개발 및 양산을 부탁하는 방안. 두산 중공업의 개발 효율성 제고. 상품 다변화에 기여할 수 있음
한성대 조이상 교수	■ 개발 Risk를 줄이기 위한 국내 대기업의 적극적인 참여필요 - 예산과 연관성 검토 필요 ■ 해외 협력 개발시 이용, 일정, 사업화에 대한 예측필요 ■ 5차년 개발을 통해 축적될수 있는 기술을 설계, 제조, 시험으로 구분하여 분석
한화 조영호 부장	■ 엔진개발을 위한 좀 더 명확한 개발방안, 참여기관 및 해외 협력선과의 Work Scope(분무분담 방안), 이에 따른 소요예산에 대해 몇 가지 가능한(유력한) 방안으로 자료 작성 및 정부보고 추진 필요 ■ 해외 협력선 중 관심이 있고, 협력에 적극적인 업체 발굴 및 협력방안에 대해 차후 심도있는 협의 필요
롤스로이스 김상돈 이사	■ 개발비(터보팬) 목표가 너무 적다는 느낌이 듭니다. - GE나 KAI의견이 더 현실적으로 보입니다. ■ 터보팬을 Gas Generator와 Fan으로 분리해서 보시면 좋겠습니다. - Fan을 돌리는 동력은 Gas Generator(core engine) 로부터 받을 수도 있고(현재개념), Power(Electric) Generator로부터 받을 수도 있습니다(차세대 개념). - 선발주자가 이미 밟아 왔고, 가장 잘 하는 분야를 뒤따르기보다, 선발주자도 미래기술로 간주하는 분야로 바로 뛰어드는 것은 어떨까요? - 우선은 고효율 팬 개발에 집중(독자개발)하면서, Core Engine은 구매품(OTS)으로 간주, 다음 단계로 Gas Generator 또는 Power Generator로 초점 이동하는 안이 있습니다.
GE 정 륜 이사	■ Airframer에 대한 고민을 우선적으로 해야 합니다. - 엔진업체는 경험이 풍부한 Airframer를 신뢰함 - 따라서 Airframer partner가 누구인지가 매우 중용함 - 항공기 Certification에 있어서도 매우중요 → 해외 Airframer partner 미확보 시 BASA획득이 어려울 수도 있음 ■ 시장과 예산 확보 가능성이 매우 중요 - 엔진 개발을 위해서는 1~2조 투자비용 기본 - 경제성 없는 투자는 매우 어려운 Approach임(기업입장)
GE 박영언 상무	■ 엔진 국산화를 위한 계획이 종합적으로 검토 제시되었음 ■ 가스터빈 엔진 국산화를 위해서는 현실적인 제안을 감안하여 국산화 범위 목표 및 향후 엔진 공동개발 후보 원천기술 업체별 전략개발이 필요함
로스트왁스 윤병과 차장	■ KC-100항공기 적용 예정 디젤엔진 - 5년동안 개발 및 인증까지 획득하기 위해서는 관련 산·학·연의 긴밀한 협조 체계구축이 필요하며, 해외 선진 기술의 도입과 협력이 필요할 것 같습니다. ■ KABJ용 가스터빈 엔진 - 가스터빈 엔진 개발의 필요 전체 인프라 자료를 만들고, 현재 국내 인트라를 비교분석 필요

	- 국제협력 Partner사(후보업체)의 협력을 위한 요구 조건 설문조사 필요
대한항공 조정현 과장	■ 11P. 왕복엔진 기술동향 중, 환경적 문제 접근기술 (EX. EURO 환경기준) ■ 15P. 시장점유율 25% 산정근거 제시 필요 ■ 31P. 국내기술 개발현황 중, 엔진 구성품별 기술개발현황으로 분류기술, Compressor 등은? ■ 국산화 개발 Gas Turbine엔진의 해외수출 마케팅을 고려한 비용편익분석 필요 및 개발비용 현실적 제시 필요
피도텍 윤상준 이사	■ 디젤 및 가스터빈 엔진개발 계획에 대해 전반적인 설명이 잘 되어있음. ■ 개발기간 및 내용에 대해서 여전히 해외 대형 개발사와 국내 개발사와의 차이가 커서 이를 조율할 필요가 있으며, 개발저작권 및 판매 마케팅 고객사 등에 대한 범위에 따라 크게 달라질 수 있음.
KAI 정년수 팀장	■ 가스터빈 RFP의견 중 (KAI 의견) 수정 필요함 - 예산 : 작은 엔진의 경우도 예산이 최소 1조 이상 (삼성테크윈) Engine Core를 그대로 사용하는 단순 Minor change 개발비도 5000~6000만불 예상 → 따라서 조단위의 예산이 소요됨 - 제공된 의견을 사업단에서 가공하여 정리 필요함. 메일로 내용 보내드리기가 부담스러움 ■ RFP 내용중 Fuel Type은 JP8 → Jet A-1 or Jet A로 변경 필요 - JP8은 군용으로 민간 항공기에서 사용안하고 민간공항에서 수급 애로 ■ Duel → Dual 오타 수정필요
퍼스텍 김영진 수석	■ 예산에 대한 타당성 검토 필요 - Work Scope에 대한 정의를 하고 이에 타당한 예산 방영 필요 - Full Scale 개발 시 현재 예산이 턱없이 부족함
KARI 김일영 팀장	■ 연구보고서에는 엔진(왕복) 인증 및 관련 BASA IPA 확대 추진 내용을 명시하되, 과제제안요구서(RFP)에서는 BASA 관련 내용을 삭제하는 것을 검토할 필요가 있음. - 왕복엔진 개발과 국내인증에 주어진 5년의 기간중에 BASA 체결까지 종료하는 것은 현실적으로 불가능함 (BASA 체결에는 국내 인증 이후 1년 ~ 1.5년의 기간이 소요됨)
KARI 김춘택 선임	■ 개발계획을 잘 구성하여 시장점유율이 높아질 수 있도록 유도하는 것이 필요(왕복동 엔진) ■ RFP 초안에 대하여 타기관 또는 전문가 의견을 수렴할 필요가 있음. ■ 국외 엔진사의 의견 수렴 필요 ■ 연구개발기간 및 소요예산에 대해서는 재검토가 필요함. ■ 엔진연료는 Jet A1으로 변경하는 것이 좋겠음. (RFP) ■ PWC, Honeyell사와 접촉해 보는 것도 좋겠음.

2.항공기용 디젤엔진 개발 사업 추진 계획	
한성대 조이상 교수	■ 개발비용의 타당성 및 적절성 검토 필요 - 현 비용으로 개발 및 인증을 위해서는 부족 ■ 상용화 및 사업화(나라온 제외)의 Vision제시 필요 - 항공기용 디젤엔진 개발로 인한 파급효과 등 ■ 주관기관과 참여기관의 업무분담 명확화 필요
한화 조영호	■ 주관기관, 국내 전문업체 및 해외 전문업체간 협력구도와 업무분담 내용을 상세하고 명확하게 제시 필요

부장	■ 현재 보유기술과 미보유 기술에 대한 내역 및 기술 확보방안 등 제시 필요
롤스로이스 김상돈 이사	■ KAI 정년수 팀장 지적과 마찬가지로, 퍼스텍 ‘주도’ 부분이 잘 보이지 않습니다. ■ 현 시점에서, 인증기관은 개발자들을 도와주는 입장이어야 한다고 생각합니다. - 연재 보이는 구도는 개발자들이 기 존재하는 인증절차를 스스로 공부하면서, 고군분투해야 하는 것으로 보입니다. - 국가적 과제라면, 기 수립된 절차를 가진 인증기관이 개발회사를 지원 또는 가르치는 협조 정신이 필요합니다. ■ 왕복동 엔진을 잘 모르긴 합니다만, 자동차용 엔진을 상업 구매해서 항공용으로 전환 한다는 발상은 좋아 보입니다. 단, 국가 과제이르모 국산엔진을 쓰는 것이 좋다고 모여, 국내 엔진업체가 상업적 이유로 주저할 경우 정부차원에서 R&D세제 혜택 등으로 유인하는 방법이 필요합니다.
GE 박영언 상무	■ 적절히 구성되었음 ■ 국내 디젤엔진 전문업체와 협력가능성에 대한 검토 필요함
로스트왁스 윤병관 차장	■ 최종개발될 엔진의 권한은 주관기관에서 확보할 수 있어야 하며, 자동차 엔진을 항공기용으로 변환 함에 따라, 중량 및 KC-100과의 Interface문제 부분의 Check List설정하여 해당 부분의 개조개발 포함 필요 ■ Core Part는 기존 모델을 그대로 적용 검토중 - 국내 인프라 구축 및 기술력 향상을 위해 국내 병행개발 필요
대한항공 조정현 과장	■ 엔진 국산호 개조개발을 위한 주관기고나과 해외협력업체의 Work Scope 등 협력구도 재설정 필요 ■ 자동차용 디젤엔진을 항공기용 디젤엔진으로 개발 후, 항고기 감항인증계획은 구체적으로 기술되었는지 검토 필요 ■ 원칙적으로 항공기 감항인증 수행 필요
피도텍 윤상준 이사	■ 상대적으로 상세한 개발 프로세스가 정리되어 있음 ■ 개발기간 5년의 포함범위를 재 확인할 필요가 있음 ■ 또한 기술이전 및 권한이전을 위해 해외 개발업체와 긴밀한 협조가 가능한지, 인증에 자료제공 문제가 없는지 검증할 필요가 있음
KAI 정년수 팀장	■ BASA 고려시 개발기간 부족 ■ 1차년도에 항공기 엔진 개발 전문가 필요함 (요구조건, 개발방향 수립을 위해) - 주관기관이 엔진개발의 주체가 되어야 하며, 해외 항공기 전문 업체는 기술자문 역할이 되도록 구성되어야 함 ■ 자동차 엔진 Core를 그대로 사용할 경우 Core에 따로 인증관리가 필요함 (절차확인 필요함) ■ 인증절차 사전 숙지 필요함
퍼스텍 김영진 수석	■ 엔진 개조와 관련한 모든사항에 대한 기술이전이 이루어져야 함 (자동차용 → 항공용) ■ 형식증명(TC) Process를 진행할 수 있는 기술자로 확보가 필요함 (해외업체 협력시 고려사항 임) ■ 국산 자동차 업체와의 기술제휴를 통한 개발 진행도 같이 고려
KARI	■ 개발일정

김일영 팀장	- 형식증명 Process는 2차년도 중에 착수하는 것으로 조정 필요 (발표자료에 제시된 일정대로라면 5차년도에 여유 일정이 전혀 없음) ■ 협력구도 - 주관기관(향후 엔진 TC Holder)이 엔진 인증 획득에 관한 모든 책임과 권한을 가져야함 → 해외전문업체가 엔진 제작사로부터 사용권한을 받는 구도는 인증구도에서 부적합함 - 엔진 인증에 필요한 해외 원천업체(엔진제작사, 해외 전문업체 등)의 기술/인증자료가 국내 인증을 위하여 제출될 수 있어야 함. 최소한 국내 인증당국이 확인할 수 있어야 함
KARI 김춘택 선임	■ 엔진개조시 국내엔진의 사용에 대한 검토가 필요함 ■ 엔진개조시 국외 전문기관을 활용하는 것이 개발에 RISK를 줄일 수 있음 ■ 국외/국내 기존엔진 사용시 인증에 문제가 없는지 검토필요 ■ 자동차용 엔진의 항공적용에 대한 기술적인 검토가 필요함 ■ 소프트웨어 인증에 대한 검토 필요

3.신개념 고효율 차세대 항공기 엔진 (서울대학교)	
한화 조영호 부장	■ 검토한 내용의 결과로서, 항공기용 엔진 국산화 기반 구축 사업에 고려할 사항 , 기술적인 반영, 검토사항 등에 대한 정의 등으로 내용을 보완해서 작성해 주면 좋을 것임 ■ 가급적 국토부 국산화 추진 시나리오와 연계하여 내용 제시 요망
롤스로이스 김상돈 이사	■ 세계 유수업체 동향이나, 특허동향, 그리고 각 권역별 환경규제 동향을 학계에서 지속 분석하시어, 틈새 기술이나 대응기술을 찾으시는 것도 국가 기술 발전에 크게 도움될 것입니다.
GE 박영언 상무	■ Technology trand의 분석을 통해 의미있는 Research 결과를 도출하였음 ■ 향후 국산화 과제에 현재의 Trend를 어느정도까지 반영하는 것이 적절한지와 실제적으로 반영할 수 있는 신기술 개발/도입 방법론에 대한 추가적인 검토가 필요함
로스트왁스 윤병관 차장	■ 최근의 개발 Trend까지 반영한 차세대 항공기 엔진에 대한 자료를 잘 정리한 것으로 보임 ■ 고효율, 저소음, 친환경적인 추세와 더불어 출력의 변화 경향(항고기 크기포함) 및 Turbine Material 관련 내용의 차세대 엔진 적용도 추가되면 좋을 듯함
대한항공 조정현 과장	■ 신개념 차세대 항공기 엔진 개발에 필요한 핵심소요기술 분석 필요 ■ 차세대 항공기 엔진의 요구조건 구체화 필요 ■ 신개념 차세대 엔진의 방향이 Gas Turbine엔진인지? 다른 방식의 엔진 개발동향은 관련 없는지?
피도텍 윤상준 이사	■ 고효율 항공기 엔진에 대한 전반적인 개발동향 및 트랜드가 체계적으로 정리된 것으로 보임 ■ 장점뿐만이 아니라 개발비용증가 등 단점 및 기술 장벽에 대해서도 조사가 추가되면 좋을 것 같음
KARI 김춘택 선임	■ 3단계 계획을 위한 자료조사가 적절함 ■ 고효율, 저소음 엔진에 대한 연구 방향이 적절함

회 의 록

일 자	2013년 12월 10일 화요일	시 간	시 작	15:00
장 소	한양대학교 FTC 402호		종 료	18:00
참 석 자	AP위성통신(주) 류장수 회장 ; KAI 문창모 부장 ; 항우연 ; 이대성 소장, 양수석 실장, 김일영 팀장 ; 한국 로스트왁스 장병문 전무 ; 롤스로이스 전완기 지사장, 김상돈 이사 ; 진영프로토 진민성 이사 ; 테크아이시스템 김동식 책임 ; KOSMI 김덕영 원장 ; 퍼스텍 장현수 박사, 최희주 팀장 ; 서울대학교 김태성 박사과정; 한성대학교 조이상 교수 ; 한양대학교 조진수 교수, 김진욱 박사과정, 김현수 석사과정			
회의 목적	자문위원회			

● **민간 항공기용 엔진 국산화 기반 구축 기획 - 한양대학교**

Q. p28 가스터빈 엔진탑재 대상 기종 설명하시면서 약 2,000lb 이상의 가스터빈 2대를 사용하는 것이 적절하다고 설명하셨는데, 하지만 뒤의 자료에서는 약 3,000lb, 4,000lb 가스터빈을 조사하셨습니다. 이것은 성능을 축소 시켜서 적용하시겠다는 말씀이십니까? (KAI 문창모 부장)

A. 업체에서 개발하는 기종들이 있습니다. 보여 드리는 자료는 예시로 보여드리는 자료입니다. 지난번 P&W를 방문했을 때 적절한 엔진이 있었는데, 그 자료로 수정 하겠습니다. (한성대 조이상 교수)

Q. 그러면 P&W에서 엔진이 개발 중인 겁니까? 개발이 된 것입니까? (KAI 문창모 부장)

A. 개발이 되어 판매중인 엔진으로 알고 있습니다. (한성대 조이상 교수)

Q. 그 엔진이 적용 되는 것 입니까? (KAI 문창모 부장)

A. 공동 개발을 하게 된다면 새로운 엔진으로 적용 해야 할 것으로 보입니다. (한성대 조이상 교수)

Q. 예산부분은 대략적인 것입니까? (KAI 문창모 부장)

A. 대략적 예산으로 3,000억 정도의 예산을 들일 예정입니다. 상황과 기술을 고려한 예산입니다. (한성대 조이상 교수)

Q. 항공산업을 육성하겠다는 이야기가 많이 나오고 있습니다. 항공산업에서 국산화 엔진의 개발의 필요성은 매우 중요합니다. 하지만 필요성 부분에서 볼 때, 우리는 필요성이 있다고 보지만 외부에서는 필요성이 없다고 생각하는 실정입니다. 따라서 신흥국가나, 신흥기업들의 엔진 개발 사업에서 문제점을 파악하고 개선점을 첨부하는 것이 저희로선 이점이 될 것 같습니다.
또한, 이런 사업을 진행할 때 객관적으로 3가지의 진행 방법이 있습니다.
공동개발 : 공동개발하는 업체에서도 필요성이 필요합니다.
개발지시 : 예산을 크게 들여 개발을 하도록 지시하는 방법
회사구입 : 크지 않은 기업을 구입하여 기술을 발전하는 방법
제 생각에는 개발지시나 회사구입의 방법도 고려하여 기획을 하는 것도 좋다고 생각합니다. 무엇보다 중요한 것은 '왜 항공기 엔진이 필요한가?'에 대한 것이 매우 중요한 사항이라고 생각합니다. (AP위성통신 류장수 회장)

A. 말씀 해주신 대로 쉽게 중요성을 표현하겠습니다. (한성대 조이상 교수)

Q. 해외 공동개발을 한다는 것이, 단순히 사오는 것 보다 공동개발을 하는 것이 비용적 측면에서

더 좋기 때문에 공동개발을 진행하는 것입니다. 하지만 공동개발을 한다고해서 핵심적인 기술을 주지 않을 가능성이 큽니다. 핵심기술을 받지 못 할 것이 뻔한데, 공동개발을 추진하는 이유는 무엇입니까? (퍼스텍 장현수 박사)

A. 첫 술에 배부를 수 없는 법이니, 핵심적인 코어 기술은 확보 못하더라도, 부수적인 기술, 작은 엔진을 개발함으로 기술적 토대가 될 것으로 보입니다. (한성대 조이상 교수)

Q. 실제적으로 공동개발을 하는 업체는 급한 돈이 필요해서 참여하는 경우가 많습니다. 하지만 기술이전을 할 때 문제가 생기므로 계약 단계에서 많은 문제가 야기되므로 회사를 구입하는 단계로 가게 되어집니다. 따라서 일반적인 공동개발은 반대의 소지가 있을 수 있으므로 중요성을 부각 시킬 필요가 있습니다. (AP위성통신 류장수 회장)

A. 네 알겠습니다. (한성대 조이상 교수)

Q. 디젤 엔진에 관해 말씀 드리겠습니다. 지금 가솔린엔진이 KC-100에 315마력이 적용되었는데, 디젤 엔진에 경우 토크가 크기 때문에 20% 낮은 약 270마력이 적절할 것으로 예상되어 집니다. 만약 같은 마력을 쓰게 되면, 디젤엔진의 크기가 크기 때문에 비행기 설계에 영향을 미치게 됩니다. 따라서 약 270마력의 디젤엔진을 사용하는 것이 적절할 것입니다.
경쟁기종에 디젤엔진이 나와 있지 않으므로 315마력을 대체할 수 있는 디젤엔진은 시장진입이 가능할 것입니다. 그렇지만 전체적으로 가스터빈엔진이나 디젤엔진은 KC-100이나 비즈니스 제트기에 적용시 국내시장에서는 경쟁력이 없을 것으로 보입니다. 따라서 국내시장 뿐이 아니라 해외 시장을 바라보는 입장을 바라봐야 공동개발이 가능할 것입니다.
(항우연 양수석 실장)

● **사업 추진계획 – 퍼스텍**

Q. 개발비용을 절약하기 위해서 자동차용 엔진을 개조 하는 것은 좋은 작전입니다. 국내 엔진에서 270마력 이상의 엔진을 생산하는 곳은 현대 자동차입니다. 현대 자동차의 엔진은 공급이 가능할 것으로 보여 집니다. 공동개발은 불가능 할지 모르지만 엔진공급은 가능할 것입니다. 개발 또는 인증 등이 되어져 있는 엔진을 사용하는 것은 초기 개발비용을 절약할 수 있는 방법입니다. 하지만 처음부터 모든 것을 새로 개발한다고 하는 것은 Risk가 클 것으로 예상되어 집니다. (항우연 양수석 실장)

Q. 현대자동차에서 비행기 엔진을 팔 것이라는 이야기는 현실성이 있는 이야기 입니까? 엔진 사고시 책임문제 등의 으로 현대 자동차의 엔진을 사용하는 것은 녹록하지 않을 것입니다. (항우연 이대성 소장)

A. 현대자동차에 실제로 엔진을 공급하게 되면, 엔진 컨트롤러 쪽이 항공기와 맞지 않기 때문에 두산 인프라코어 측에 문의를 해보았는데 항공기쪽 엔진은 전혀 모르고 있었습니다. 만약 개발을 위해 현대 자동차 엔진을 구입한다고 하더라도 엔진에 관한 데이터를 구할 수가 없습니다. (퍼스텍 김희주 팀장)

Q. 현대자동차에 개발을 촉구 하는 것이 어떻겠습니까? 자동차 엔진의 마진율보다 항공기 엔진이 마진율이 더 크다는 예를 들어 공동개발에 참여하도록 유도하는 것이 좋을 것 같습니다. (AP위성통신 류장수 회장)

A. 제가 기아자동차의 경영기획실장과 접촉한 결과, 회장님이 말씀하신 마진율은 맞는 의견이나 실제로 저희가 필요한 것은 엔진블럭과 데이터입니다. 따라서 현대자동차가 책임을 피해갈수 있는 방향으로 설득을 하는 것이 필요할 것 같습니다. 또한 이에 따라 퍼스텍에서 이윤을 가질 수 있는 방향이 있을 것입니다. (항우연 양수석 실장)

A. 회사에서 상의 후 결정하겠습니다. (퍼스텍 김희주 팀장)

Q. 연구비용, 양산비용 등의 확실한 계획을 가지고 제시를 해야 개발이 통과 될 것으로 예상됩니다. (항우연 이대성 소장)

Q. 지금의 개발계획은 R&D작업이 주된 업무입니다. 정부에서 연구개발에 투자하는 경우는 국내기술 향상, 인력개발, 성장동력 등의 이유로 투자로 하게 됩니다. 하지만 외국 기업에 투자를 해서 개발을 한다는 것은 국가의 연구개발의 취지하고는 맞지 않습니다. 따라서 가능하면 국내 개발을 해야 하고 또는 부품을 사더라도 자체 개발로 가는 것이 맞는 것 같습니다.
(KOSMI 김덕영 원장)

A. 실제로 두산 중공업에서 엔진 개발을 위해 회사를 구입 하여 정부과제 진행을 진행하려 했으나, 부결된 경우가 있었습니다. 따라서 정부과제에서는 가스터빈엔진이나 엔진 개발을 하게 되면 개발회사에서 회사를 구입해서 진행할 것으로 예상되어 집니다. (한성대 조이상 교수)

● **신개념 고효율 차세대 항공기엔진 – 서울대학교**

Q. 보고서를 작성해야할 시점인데, 차세대 엔진을 우리가 개발한다면 어떤 엔진이 좋을지가 필요할 것 같습니다. (한성대 조이상 교수)

A. 보고서가 들어가는 시점에서 결론을 포함한 자료를 제출하겠습니다.
(서울대 김태성 박사과정)

Q. Counter Rotating Compressure 같은 경우 동일한 양력비를 얻을 때 스테이터가 없으므로 무게의 감소효과가 있기 때문에 작성 하셨는데 이에 따라 기억박스가 들어 가게 되는 겁니까?(한성대 조이상 교수)

A. 기어는 압축기와 팬을 연결하는 부위에 들어가게 되고, Counter Rotating은Compressure에서 양쪽방향을 다르게해서 압축비를 높이는 방법을 쓰고 있습니다. 모두다 개발중인 엔진이므로 정확한 무게는 나와 있지 않습니다. (서울대 김태성 박사과정)

Q. 개인적인 의견을 말씀드리겠습니다. 발표하신 자료는 어떻게 보면 그림의 떡으로 보여집니다. 해외업체의 자료를 조사하는데 끝나지 않고 업체와 연결하여 실현 가능한 계획을 보여지게 되면 좀더 도움이 될 것 같습니다. (항우연 양수석 실장)

A. 말씀하시 사항에 대해 고려해 보겠습니다. (서울대 김태성 박사과정)

Q. 미래 지향적으로 기술들이 필요하다는 결론을 정부에 어필을 하는 것이 좋을 것 같습니다. (한성대 조이상 교수)

A. 보고서를 제출하는 시점에는 아이디어나, 말씀하신 내용을 포함하여 제출하도록 하겠습니다. (서울대 김태성 박사과정)

자문위원 검토의견

1.항공기용 엔진 국산화 기반 기축 기획(한양대학교)	
AP 위성통신(주) 류장수 회장	■ 우리나라의 산업구조와 핵심 산업의 발전과정을 볼 때 항공 산업의 착수는 매우 시기적절하고, 핵심중 하나인 엔진국산화 착수는 매우 중요한 과제임. 문제는 착수하지 않은 시점에서는 모든 상황이 긍정적이지 않으며, 특히 선 개발 국가나 선 개발기업이 먼저 시장을 선점하고 있는 상황에서는 주변을 설득하기 위해서는 선 개발 국가, 선 개발기업의 문제점을 파악하여, 후 개발 국가의 늦은 착수가 갖는 장점을 파악해서 소책자를 이용한 설득력 있는 표현으로 주변의 이해토록 할 필요 있음. ■ 늦게 착수하는 여건임으로 기술개발은 ① 공동개발, ② 선 개발 전에 기술개발자료 지불한 기술이전 개발 ③ 선 개발기업중 하나를 인수하여 추진하는 방안 중에서 하나를 선택해야하기 때문에 공동개발 방식만 고집할 필요는 없다고 여겨짐.
KAI 문창모 부장	■ 디젤엔진 국산화 • 목표시장이 315HP 항공기용이라면, 디젤엔진의 토크가 가솔린 엔진보다 큰점을 고려 약 20%이하의 출력이 적절해 보임. - 항공기 기체 설계에 영향을 최소화 하는 것도 중요함. - KC-100 뿐만 아니라 SR-22 기종에도 장착 가능한 디젤엔진 개발이 적절해 보임. ■ 가스터빈 엔진 국산화 • 참여업체 입장에서 장기투자로 Risk가 큰 점을 고려 정부지원 금액이 3,000억 보다는 높은 쪽으로 조정 필요
한성대학교 조이상 교수	■ 엔진개발을 항공기 체계개발과 병행 혹은 선행 개발해야 하는 것은 필요함. ■ 기술 난이도 및 개발 위험도 측면에서 점진적인 로드맵은 매우 유용한 계획임. • 1단계 : 4인승 왕복동 엔진 • 2단계 : Business JET 터보팬 엔진 ■ 국내에서 가장 개발능력이 앞서 있는 삼성테크윈에 대한 분석 및 참여유도가 필요함. ■ 두산중공업은 발전용 가스터빈에 대한 경험은 보유하고 있으나 항공용에 대한 기술을 전무함. ■ 터보팬 엔진에 대한 다양한 (국내독자, 국제 공동개발 등) 방안에 대한 개발비 산정이 필요함.
한국 로스트왁스 장병문 전무	■ 항공기 엔진의 설계, 제작, 인증에 대한 핵심기술과 실험설비 인프라 개발 구축이라는 기획과제 최종목표는 적절하며 ■ 3단계로 구분하여 추진하는 단계별 시나리오도 적정하다 사료됨 ■ 개발엔진 대상 기종 선정 중 • 디젤엔진에 있어 KC-100을 국내업체가 기 개발 성공한 대상기종을 선정하여 디젤엔진 개발 적용한다는 구상은 항공기 디젤엔진을 처음 국산화 개발한다는 차원에서 최선의 근접선택으로 판단됨 • 가스터빈 엔진은 국내 독자 엔진개발업체가 아직 없는 상태에서 초기설계부터 독자적인 100% 개발을 시간 및 비용 등의 문제가 클 것으로 사료되어 해외 선진업체와의 공동개발이 유력한 대안으로 시료됨. 단, 공동협력시의 Core Tech분야에 대한 기술협력 내용, 시장분배 등 사전검토가 필요할 것으로 생각됨. 개발 시의 시장성, 개발비(전체)의 구성, 타당성 분석 등이 필요할 것으로 사료됨.

롤스-로이스 전완기 지사장	■ 적정규모의 항공기 판매 가능성이 검증되어야 합니다. • 국내시세의 Business JET의 소요는 극히 제한적임 • 해외 기운용 Business JET의 Re-engine의 경우 인증 등 막대한 기체 제작사 비용 부담 초래 → 타당성 희박 • 해외 완제기 업체의 신규 항공기 제작이 있어야 규모의 제제가 가능 즉, KABJ + (해외업체의 새로운 기체개발) = 적정규모 Q : 다른 해외업체가 경쟁기종 탄생을 원하겠는가? → 타당성 희박 ■ 엔진전체를 개로 개발할지, 아니면 일부 개발을 통해 전체 엔진 기술을 확보할지 결정 필요 • 어느 엔진이나, 어느 업체도 모든 엔진의 신규개발은 거의 있음 (예외 : Honda의 JET엔진 개발) • 기존엔진의 Module을 활용하거나, Common Core개념의 Increment & Development가 대부분임 • 따라서 일단, 주요 엔진업체의 국제 공동개발 사실에 주요 Risk Sharing Partner로 참여할 단계적인 기술축적이 더욱 바람직함 ■ 개발할 엔진의 활용범위 확대가 필요함 • 민·군겸용 (중고도/고고도 무인기에 적용) • Common Core로 활용 → T/F, T/P, T/S로 다각적인 활용 고려 압축기, 발전기 등에, 선택추진 등에 포괄적인 고려 ■ 한국이 내부적으로 갖고 있는 시장성을 최대 활용 → 군 소요 ! • KF-X 등의 군수사업과 연계하여 국내 엔진 완제기 제작을 하며, 이를 통합 연구개발능력 확보와, 민수 엔진 국산차를 병행해서 추진이 바람직함
롤스 로이스 김상돈 이사	■ 디젤 왕복엔진 국산화를 추진하면서, 저소음·고효율 프로펠러 개발 과제를 포함 또는 병행 추진하면 좋겠습니다. 항공기술 후발국가로서 프로펠러 시장(신규 및 교체)을 노리는 것도 의미와 가능성이 크다고 생각됩니다. ■ 가스터빈 국제 공동 개발 시, 해외파트너를 선정하는 조건으로 • Core Engine(Gas Generator) • Hot Section : 연소기 및 고압터빈 • FADEC 상기 기술이전이 가능한가를 최우선 순위에 두어야 합니다.

2.항공기용 디젤엔진 개발 사업 추진 계획	
AP 위성통신(주) 류장수 회장	■ 현대자동차등 자동차 전문업체와 공동 추진하는 방안검토 요망
KAI 문창모 부장	■ 제한된 개발기간과 금액으로 성공적으로 개발에 이은 양산에 성공까지 이루기 위해서 • 가능한 국산자동차 엔진을 활동 하는 방법이 필요함 • 목표시장은 국내 개발 항공기뿐만 아니라 해외시장에서 잘 팔리는 항공기에 장악 할 수 있는 엔진 개발 필요 • 양산에서 성공하기 위해서는 양산 원가 분석을 통해 경쟁력 확보 계획이 필요함

한성대학교 조이상 교수	■ 개발비용 및 개발기간에 대한 좀 더 구체적인 검토가 필요함 ■ 엔진 본체에 대한 선정 및 확보방안에 대한 계획이 다각적으로 수집외어야 함 • 국내기업(현대자동차 등)과의 긴밀한 협의 • 해외기업과의 MOU정도의 협력서 체결 ■ 가격 경쟁력 확보에 대한 방안 마련이 필요 ■ 국내 경험있는 출연 연구기관(KIMM, KARI 등)의 검토 및 협의를 통하여 계획의 보완 수집이 필요함
한국 로스트왁스 장병문 전무	■ 디젤엔진 Body와 구성품에 대한 국내 기존자동차 엔진업체와의 협력 도출 필요
롤스-로이스 전완기 지사장	■ 현재 환경규제 등으로 향후 항공용 디젤엔진의 미래는 밝다고 봄. 하지만 KC- 100만을 보고 개발을 한다는 것은 무리가 있음 • 즉 해외 T/P 항공기 제작사들의 항후 항공기 개발에 따른 소요엔진의 확인이 필요함 ■ 또한, 엔진자체의 Scale Up을 활용해서, 다양한 출력의 엔지이 바람직함 ■ 실제 엔진의 제작에 따른 설비비용이 상당할 것으로 우려됨 • 자동차 회사의 엔진개발비용을 보면 상당함!
롤스 로이스 김상돈 이사	■ 항공용 디젤엔진 국산화의 주요 목표로 ‘경량화’를 추가한다면 시장성이 좋아질 것입니다. 경량화의 핵심 요소는 엔진 본체일 것이므로, 엔진 제작사에 대한 과감한 인센티브 제안도 고려해 볼만 합니다. 단, 엔진 제작사가 해외 업체일 경우 인센티브 수혜에 따른 지적 재산권 공유라는 조건을 달아야 할 것입니다.

3.신개념 고효율 차세대 항공기 엔진 (서울대학교)	
AP 위성통신(주) 류장수 회장	■ 미래기술개발 성격으로 선 개발 국가와 협력추진이 요망됨
KAI 문창모 부장	■ 해외 선진 업체의 연구동향과 더불어 해당부분이 해외 연구소 도는 업체와 공동연구에 참여하여 개발비 분담을 줄이고 연구결과를 공유하는 방안을 제시하기 바람
KARI 양수석 실장	■ Geared Turbo Fan 및 Unducted Turbo Fan 등의 기술추세에 연구는 잘 진행되었음 ■ 국내 실정에 맞추어 어떤 기술부터 연구개발을 시작해야 하는지에 대한 선택적 로드맵이 필요함 ■ 선행적 기술개발을 위해서는 100% 정부출연금에 의한 R&D 지원이 필요하며, 이에 대한 필요성 및 타당성에 대한 언급이 필요함
한국 로스트왁스 장병문 전무	■ 향후 차세데 항공엔진에 대한 정책적 차원의 방향제시에 적절하다고 사료됨

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 항공선진화사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 항공선진화사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.