

# 항공기용 원동기의 연구개발 동향

임 달 연  
인하대학교 항공우주공학과 교수

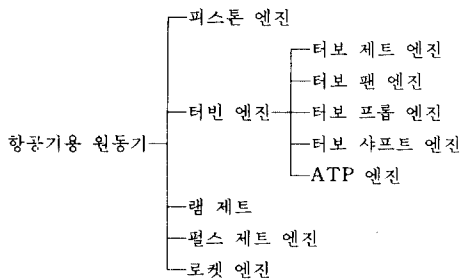


● 1928년생  
● 항공공학을 전공하였으며, 항공동력장치에 관하여 연구하고 있다. 특히 액체연료의 미립화 추진등에 의한 혼합가스 형성방법에 대하여 관심이 있다.

## 1. 머리말

항공기용 원동기는 항공기를 추진시키기 위한 동력장치이다. 항공기가 추진력을 얻기 위해서는 프로펠러를 회전시켜 대량의 공기를 뒤로 가속시켜 그 반작용을 이용하는 방법과, 단순히 배기가스를 뒤로 고속분사시켜 그 반작용을 이용하는 방법이 있다.

피스톤 엔진은 전자를, 터보 제트 엔진은 후자를 대표하고 있는데 두 가지 방법을 절충하여 터빈으로 프로펠러를 회전시키는 터보 프로펠 엔진과, 헬리콥터의 로우터를 회전시키는 터보 샤프트 엔진도 있다. 또 터보 제트 엔진과 터보 프로펠 엔진의 중간성능을 꾀한 터보 팬 엔진이 있는데 효율이 아주 좋기 때문에 급속히 발전되어 항공기용 원동기의 대명사격으로 현재 군용이나 민간기용으로 널리 사용되고 있다.



최근에는 터보 팬 엔진과 터보 프로펠 엔진을 절충한 새로운 터보 프로펠 ATP(advanced turbo prop) 엔진의 실용화가 추진되고 있다. 이상과 같은 종류의 엔진 이외에도 항공기용 원동기에는 극히 제한된 용도에 쓰이는 램 제트와 펄스 제트 엔진 그리고 로켓 엔진등이 있다.

항공기는 무엇보다도 고속, 안전운항이 생명이기 때문에 항공기용 원동기도 이 목적에 부합되게 발전 활용되어 왔다. 즉 1940년대에는 피스톤 엔진에다 프로펠러를 장비하여 추진력을 얻었고, 그 후 항공기의 고속화 요구에 부응하여 가스터빈 엔진이 등장하고나서 부터는 항공기용 원동기의 주류는 제트 엔진이 되고 말았다. 항공기용 원동기의 활용상황을 시대별로 구분해 보면 다음과 같이 정리 할 수 있다.

1940년대 : 피스톤 엔진 시대

1950년대 : 터보 제트 엔진 시대

1960년대 : 터보 팬 엔진 시대

1970년대 : 高 바이패스 터보 팬 엔진 시대

1980년대 : E<sup>3</sup>(energy efficient engine)시대

1990년대 : P<sup>3</sup>(pick performance propfan)시대

그러나 원동기는 그 용도에 따라 개발, 활용되는 것이기 때문에 오랜 역사를 지닌 피스톤 엔진은 아직까지도 경항공기용 원동기의 주류를 이루고 있고, 앞으로도 터보 프로펠 엔진과 더불어 나름대로 계속 활용될 것으로 전망된

표 1 주요한 항공기용 원동기(예)

제작회사	명 칭	형 식	최대출력	출력 중량비	용 도
G.E. (미국)	F404-GE-400	터보 팬	7,258(kg P)	7.34(kg P/kg)	F-18
G.E. (미국)	CF6-50E	터보 팬	23,814(kg P)	6.18(kg P/kg)	DC-10, B747
P&W (미국)	F-100-PW-220	터보 팬	10,637(kg P)	7.37(kg P/kg)	F-16
P&W (미국)	JT9D-7R4G2	터보 팬	24,835(kg P)	6.02(kg P/kg)	B747-300
R.R. (영국)	RB168-202	터보 팬	9,625(kg P)	5.18(kg P/kg)	F-4K
R.R. (영국)	RB211-524G	터보 팬	26,309(kg P)	—	B747-400
리커밍 (미국)	0-230-E2D	피스톤	150(HP)	1.45(HP/kg)	세스나 172
콘티넨탈 (미국)	0-200-A	피스톤	100(HP)	1.0 (HP/kg)	세스나 150
롤바하(서독)	SL1700E	피스톤	70(HP)	0.83(HP/kg)	RF-5

다.

현재 군용기나 민간 항공기에서 널리 활용되고 있는 주요한 항공기용 원동기의 예를 들어 보면 표 1과 같다.

## 2. 항공산업의 특성과 국내 항공산업의 위상

항공산업은 고도의 기술의 집약성과 부가가치성, 다른 산업에 미치는 파급효과 그리고 군수산업으로서의 특수성 때문에 선진화의 척도가 되고 있는 필수적인 첨단산업분야이다.

우리나라의 항공산업은 비교적 늦게 시작된 편이지만 급속한 경제성장세와 의욕적인 개발정책에 힘입어 대한항공이 1976년 휴즈 500계열 헬기를 시작으로 1982년부터 F-5E/F전투기(제공호)를 조립생산하고, 이어 삼성, 대우등 대기업이 가세하여 최신 항공기의 부품을 수주 받아 생산, 수출하고 A225, PW4000 가스터빈 엔진등을 국제공동생산 하는 등 본격적인 성장추세를 보이고 있다. 특히 앞으로 전개될 제2차 FX사업과 HX사업 및 다목적 제트 훈련기나 경항공기의 독자적인 개발사업등을 계기로 우리나라의 항공산업은 조립생산단계에서 면허생산 및 국제공동개발 나아가 독자적인 개발생산단계로 급속히 발전되어 갈 것으로 전망되고 있다.

정부에서도 이를 제도적으로 뒷받침하기 위하여 1978년에 제정 시행해오던 항공공업진흥법을 1987년에 항공우주산업 개발촉진법으로 개정하고 1989년 10월에는 항공우주연구소를 정부출연연구기관으로 발족시키고, 2000년대를 겨냥한 7대 첨단기술산업으로 항공산업을 독립 설정하는 등 나름대로 항공산업육성에 힘쓰고 있다.

그러나 이와같은 우리나라 항공산업의 위상을 국제적으로 비교해보면 브라질, 대만, 인도네시아 등 경쟁대상국보다 하위인 후발항공국에 지나지 않고, 국내적으로도 전 제조업 생산의 0.5%, 수송기계 생산의 3% 수준에도 미치지 못하고 있는 어린 수준이다. 그러나 우리나라 항공산업의 수급현황(1988년 기준)은 표 2에서 보는 바와 같이 그 증가율이 생산 27%, 수입 64%, 내수 56%, 수출 38%, 수주 61% 등으로 다른 분야에 비하여 월등히 높은 성장세를 보이고 있다.

항공기술은 일반적으로 정비, 설계, 제작, 시험평가등 4부문으로 나누고 그 대상이 되는 것은 기체, 원동기, 소재, 보기 및 장비 등 5가지 분야이다. 이를 보다 구체적으로 분류하면 시스템 종합관리 기술, 운용기술, 공력기술, 비행제어기술, 구조강도기술, 재료 기술, 가공생산 기술, 추진 시스템 기술, 전기 전자 기기 장비 기술, 일반기기 부품 장비 기술 및

표 2 국내 항공산업 수급 현황

(단위 : 100만 달러)

구 분	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	증가율
생 산	51	67	71	86	94	116	214	27%
수 입	73	149	301	396	559	509	1,445	64%
내 수	111	200	352	425	609	556	1,570	56%
수 출	13	16	20	30	44	69	89	38%
수 주	12	17	40	43	93	223	211	61%

시험 검사기술 등 11가지 분야로 나누어 생각할 수 있다.

이 중에서 항공원동기는 추진 시스템 기술에 속하는데 그 내용은 연소, 연료계통, 추력제어, 냉각, 윤활, 프로펠러 및 회전력의 동력전달 기술 등이다. 선진국에서 현재까지 개발 실용화되고 있거나, 개량 발전중에 있는 중요한 기술내용은 저속기의 프로펠러 추진용 피스톤 엔진 기술, 고출력용 바이패스 터보 팬 엔진에 관한 기술, 전자식 엔진제어기술, 터빈 기의 냉각기술 및 ATP용 경량 고신뢰성 기어장치에 관한 기술등을 들 수 있다. 앞으로는 보다 발전된 엔진제어기술과 세라믹 신소재기술등이 향상되어 항공기의 고속, 쾌적성이 보다 향상될 것이고, 나아가 차세대 항공기용 원동기로서 초음속 가변 사이클 엔진과 극 초음속 터보 램 제트, 에어 터보 램 제트 및 스크램 제트 엔진등이 개발 등장하게 될 것으로 전망되고 있다.

이와같은 국제적인 상황속에서 국내의 기술수준은 정비, 가공 제작 및 조립분야는 어느 정도 많은 기술이 축적되어 있는 단계이나 설계, 소재 및 시험평가분야는 아직 초기단계에 지나지 않는다.

따라서 세계 항공산업의 규모와 선진국들의 기술수준 그리고 인도네시아, 브라질, 싱가포르, 대만 등 주요 경쟁국들의 현황과 비교할 때 우리나라 항공산업 기술의 위상은 아직 초보단계라고 밖에 볼 수 없다. 항공산업의 특성을 감안하여 국가적인 차원에서 보다 수준높은 전략 산업으로 개발 육성되어야 할 것으로 여겨진

다.

### 3. 항공기용 원동기의 연구개발 현황

#### 3.1 산업체에서의 개발실적과 개발계획

첨단기술의 종합체인 항공기에서 추진기관인 원동기는 그 기술적인 난이도나 가격, 운용 기 타면에서 기체와 맞먹는 비중을 차지하고 있다. 특히 항공기용 원동기의 대명사격인 가스 터빈 엔진은 1950년대 이래 여러가지 종류의 항공기를 고속, 안전, 쾌적화시키는데 선도적인 역할을 해왔다. 앞으로도 군용기나 민간기 할 것 없이 항공기의 성능향상은 항공용 원동기의 개발에 달려 있다고 해도 과언은 아닐 것이다.

우리나라에서는 자동차용 원동기나 선박용 원동기도 같은 입장이겠지만 항공기용 원동기에 있어서는 더욱 여러가지 어려움이 많다. 즉 항공기용 원동기는 아주 고도의 신뢰성이 요구되는 열기관이기 때문에 우선 내열소재가 문제이고, 압축기나 터빈 블레이드의 정밀 주조 기술과 기타 연소기등의 설계 제작기술 문제등이 국제수준에서 해결되어야 되고, 시장성이 확보되어야 되는데 역부족으로 아직 후진성을 면치 못하고 있는 실정이다.

그러나 공군에서의 창정비사업에 이어 삼성항공이 1978년부터 제트엔진의 창정비 및 수리 사업을 시작 1982년 3월부터 국산 전투기 제공 호용 제트엔진을 조립생산하고, 그해 6월 미 연방항공국(FAA)으로부터 항공기 엔진 및 보수수리 공인자격을 취득하고 나서 부터 본격적

으로 항공용 원동기의 개발사업이 시작되게 됐다.

즉 1984년 1월부터 미국의 GE사와 P&W사와 기술제휴를 하여 각종 엔진 부품을 가공제작하여 수출하고, 그해 10월 미국 G.M. 그룹의 애리슨 가스터빈사와 A225엔진(500계열 헬기용) 공동 개발생산계약을 체결하고, 1985년 1월에는 F100제트엔진(F-14, F-15)의 창정비 사업을 위해 P&W사와 합작하여 "삼성 유나이티드 항공(주)"를 설립하였고, 그해 6월에 A300이나 B747 점보기용 대형 엔진인 PW4000의 일부 부품을 공동개발 생산하는 계약을 체결하였다. 그래서 지난 1987년 7월에는 항공

용 엔진 정비 조립 생산 1,000대 돌파라는 기록을 세우게 됐다.

현재는 차기 전투기사업(FX) 주관업체로서 또 새로운 헬기 개발사업(HX)추진업체로서 보다 수준 높은 많은 일을 추진하고 있다. 또한 앞으로는 신 에너지 기술 국책연구개발 사업의 일환으로 산 학 연 공동으로 고효율 가스터빈 엔진개발사업에 참여하는 등 항공기용 원동기 개발사업에 선도적인 역할을 하고 있다.

한편 항공운송사업의 선두주자인 대한항공에서는 자사에서 사용하는 여러가지 여객기용 대형 제트 엔진의 공장정비를 오래전 부터 해 왔고, 1983년 9월부터는 김포공항근처 부천에다

표 3 (가) 창정비 및 조립 생산분야

	엔진종류	실적('80~'88)	계획('89)
창정비	J79(F-4), J85(F-5) T53(UH-1), A250(500MD) F100(F-16) 등	1,035 (148)	215 (63)
조립	J85(F-5), A250(500MD) LM2500(합정용) 등	315(8)	
합계		1,350(156)	215(63)

\* ( )는 수출 댓수임

표 3 (나) 엔진부품 개발 생산분야

\* 개발실적

원제조사	엔진종류	개발 품목수	비고
G.E.	J85외 3종	114	J85국산화율 43%, 28백만불 수주
P&W	PW4000외 3종	45	국제공동 생산 수출, 27백만불 수주
ALLISON	A225/A250	23	국제공동 생산 수출, 년 4백만불 수주
P.W.C.	PT6	11	BELL412용, 수출부품 29만불 수주
합계		193	

\* 개발계획

원제조사	엔진종류	품목수	장착기종	비고
G.E.	J79외 3종	66	F-4 기타	년 8백만불 수주 예상
P&W	JT9D, F-100 등	23	B747, F-16 등	년 6백만불 수주 예상
LYCOMING	T53외 1종	16	UH-1H 등	년 1백만불 수주 예상
GARRET	TPE 331외 1종	12	BAe J31 등	년 10만불 수주 예상
합계		117		

표 3 (대) 원 제작사의 공정 인정 현황(주요 기술 보유 현황)

공 정	원 제작사	인정내용
용 접	P&W	내열내식강, Ni합금등의 자동 TIG용접, 저항용접, 브레이징
도 금	PWA PWC GE	에칭, Ni, Ag, Ni-Cl도금, 스트립, 무전해 Ni도금 Cd도금, 에칭 에칭, Cr, Ni, Ag도금
확산 코팅	GE	CODEP B, B-1코팅
프라즈마	GE PWA PWC ALLISON	프램 스프레이, 프라스마 프라스마 프라스마 프램 스프레이
세 척	WPA GE PWC	Shot peen, liquid buffing Shot peen Shot peen
열처리	PWA PWC GE	급냉 및 뜨임, 응력제거 용체화 처리 응력 제거 진공열처리 및 브레이싱

엔진시험실(test cell)을 설치하고 정비한 엔진의 성능시험까지를 국제적인 기준에 의거 실시하여 자급자족하고 있다.

삼성항공이 항공기용 원동기 부문에서 현재까지 개발 확보하고 있는 기술능력과 생산 실적 및 앞으로의 계획등을 정리해보면 표 3 (가), (나), (다)와 같다.

이상의 내용에서 보는 바와 같이 산업체에서의 항공기용 원동기 개발사업은 1978년 군용항공기 엔진의 사업에서부터 시작하여 불과 10년 남짓한 짧은 기간에 대형 여객기용 엔진인 PW4000을 국제공동으로 생산할 수 있는 단계까지 발전되고 있다.

앞으로는 무인기(RPV)나 표적기(target dron)에 장착되는 소모성 소형 제트 엔진의 독자 개발생산과, 국가차원의 새로운 항공기용 원동기 개발사업에 적극 참여하여 독자적인 설계, 제작능력을 획득하는 한편, 마케팅을 포함 선진 외국업체와의 협력 개발사업등을 과감히 전개해 나갈 것으로 예상된다.

### 3.2 연구기관에서의 개발실적과 개발 계획

항공기용 가스터빈 엔진의 연구개발은 타 분야에서도 그러하듯이 생산을 경계로 하여 생산 전 기술 즉 설계기술과 생산 및 운용기술 즉 엔지니어링 기술로 구분된다. 후자의 경우는 산업체에서 당면한 생산/운용업무를 효율적으로 수행하기 위하여 필요한 연구 개발 사업이 활발히 이루어지고 있으나, 전자의 경우는 아직 산업체에서의 현실적 필요성이 절실하지 못했기 때문에 상대적으로 개발이 늦어지고 있는 실정이다.

그러나 기술 선진국으로부터의 기술의존성을 탈피하고, 항공산업의 특성을 최대한 살리기 위해서는 생산전 기술인 설계기술에 대한 균형 있는 연구개발을 촉진시켜 총체적으로 기술 자립도를 증대시키도록 해야한다.

항공기용 가스터빈 엔진의 설계기술에 대한 국내에서의 연구개발실적은 그간 학계에서의 부품설계(component design) 및 이론 해석적인 연구실적이 어느정도 있었으며, 전체적인

표 4 소형 가스터빈 엔진의 연구개발실적

기 간	연구개발실적
1차 년도 (1984)	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 시스템 설계기술(전 설계과정을 전산화) : 원심압축기, 연소실, 축류 터빈, 배기노즐 등의 세부설계</li> <li>* 시험 제작 및 수정, 실물모형 제작</li> </ul>
2차 년도 (1987)	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 핵심부품 시제품 제작 : 압축기 및 터빈, 블레이드의 정밀주조</li> <li>* 연소기의 세부설계, 전산해석 및 성능 실험 : 서울대 항공공학과와 공동연구</li> <li>* 터빈 로우터의 단면형상 설계 및 응력해석기법 보완</li> </ul>
3차 년도 (1988)	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 시제품 엔진 조립 * 성능 시험장치 설계 제작 * 실제 운전 실시(연 20회)</li> </ul>

엔진 시스템 설계에 대한 연구는 1984년부터 한국기계연구소 항공연구실에서 기초적인 단계이긴 하지만 소모성 소형 제트 엔진에 대한 연구개발사업을 체계적으로 전개하여 지난 87년까지 독자적으로 설계한 모델을 순 국내기술에 의하여 제작하여 성능시험까지 실시하는 일련의 연구개발과정을 성공적으로 수행한 바 있다.

이 연구개발사업의 주된 내용은 원심 1단 압축기, 환형 연소기, 축류 1단 터빈 및 수축형 배기노즐로 구성되는 추력 100 lb의 소형 가스터빈을 개발 모델로 삼고, 열역학적 사이클 해석 단계에서 부터, 부분품 설계, 시제품 제작, 성능시험장치 설계, 제작, 나아가 시운전 성능 시험등으로 이어지는 하드웨어/소프트웨어기술

등인데, 독자적인 설계능력개발에 필요한 기반 기술을 축적하여 기술자립도를 증대시키는데 크게 기여했다고 여겨진다.

이 소형 가스터빈 엔진의 연도별 연구개발 실적은 표 4와 같다.

금년에는 전술한 소형 엔진 개발과정에서 제기되었던 문제점에 대한 좀더 자세한 분석을 포함하는 보다 고차적인 시스템 설계기술의 개발을 목표로, 1차년도 사업으로 상세한 블레이드 형상 및 제작 단면 설계기법과 환형 연소기의 개조 설계 및 이에따른 시제품의 성능시험을 실시하고, 위탁연구로서 엔진전체의 성능 시험 설비(test cell)에 대한 설계기술 연구를 대한항공 항공기술연구소에 의뢰하여 실시하였다. 그 결과 엔진개발과정중에 요구되는 소프

표 5 항공기용 가스터빈 엔진 설계시스템 개발계획

기 간	연구 개발 계획
2차 년도 (1989)	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 터빈 형상 최적 설계, 터빈 성능 실험장치 설계</li> <li>* 압축기 성능 실험 장치 설계 제작, cascade풍동 제작 및 실험</li> </ul>
3차 년도 (1990)	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 터빈 성능 실험 장치 제작, 핵심부품 성능 시험</li> <li>* 천음속 압축기 효율 향상, 터빈 내구성 시험기술</li> <li>* 고효율 연소기 개발, 엔진 test cell제작</li> </ul>
4차 년도 (1991)	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 블레이드 진동 해석, 소음 절감 기술 개발</li> <li>* 압축기 성능해석, 터빈 냉각 기술 개발</li> <li>* 연소기 linear냉각 기술 개발</li> </ul>

트웨어 및 하드웨어를 종합한 테스트실 설계에 대한 기반기술이 획득되었다.

앞으로 4차년도까지의 연구개발계획은 표 5와 같다.

이상의 내용에서 보는 바와 같이 연구기관에서의 항공기용 원동기 개발은 주로 한국기계연구소 항공연구실 즉 현재의 항공우주연구소에서 소형 제트엔진을 개발 시작하는데 성공했고, 계속해서 종합적인 시스템 설계기술과 시제품 제작 및 성능 시험기술에 대한 연구를 추진하고 있다.

앞으로 새로 전개될 FX 및 HX사업과 더불어 항공기용 원동기의 연구개발사업은 산업체, 연구기관 및 학계에서 보다 심도있게 추진 발전될 것으로 기대된다.

#### 4. 항공기용 원동기의 중 장기 개발계획

지난 7월 산업연구원 첨단기술산업 발전심의회 항공분과 위원회에서 발표한 항공기용 원동기분야의 중 장기 개발계획의 내용을 종합 정리해 보면 다음과 같다.

##### (1) 설계기술분야

제1단계; 터보 제트 엔진의 핵심부품(팬, 터빈 브레이드, 연소기 라이너 등)의 설계기술 개발

- \* 설계/응용기술
- \* 공정 설계기술
- \* 실험 데이터 베이스
- \* 전산화, 자동화

제2단계; 엔진 시스템 설계기술의 자립화

- \* 코어 엔진 및 주변기기의 매칭기술
- \* 비행체/엔진 매칭기술
- \* 추력 벡터링 실용화 기술

제3단계; E 개념의 실용화

- \* 국제공동 개발에 선진국

##### 수준 참여

\* 극초음속 가변 사이클 엔진

##### (2) 제작가공 기술분야

제1단계; 부품 가공, 성형기술 및 고 부가가치성 소재성형(특수 내열소재의 정밀 주단조) 기술 수준을 선진국 대비 40~50%로 향상

제2단계; 제 1단계의 기술수준을 100%로 향상

제3단계; 신소재, 신공정 개발 선진국 수준으로 향상

##### (3) 조립기술분야

제1단계; 선진국 대비 70% 수준

제2단계; 선진국 대비 80% 수준

제3단계; 선진국 대비 100% 수준

##### (4) 시험평가기술 분야

제1단계; 신뢰성 향상 기술, 품질보증체제 완비, 시험검사기술 및 규정 완비

제2단계; 선진국 수준, 설계/시험평가의 피드백 시스템

제3단계; 기술 종속성 탈피로 선진국 대비 100% 수준

##### (5) 소재기술분야

제1단계; 핵심엔진 부품소재 국산화 60%, 정밀 성형기술 개발 선진국 대비 40% 수준

제2단계; 정밀성형기술 확립, 초내열 합금 기술 개발, 부품 가공기술 선진화(100%), 신 Ti합금소재 및 대체소재 기술 개발 40%수준, 금속간화합물

제3단계; 초 내열 합금기술 개발 확립 엔진소재기술 선진화, 신공정 기술 개발 및 Ti합금 기술 자립화

#(주: 제1단계; 1989~1999, 제2단계; 2000~2010, 제3단계; 2011~2020)

