

1. 머리말

항공기 소음 규제 단계(stage) IV를 앞두고 세계의 주요 항공기 및 항공기 엔진 회사들은 자사의 존망을 걸고 저소음 관련 기술 개발에 전력을 기울이고 있다. 이런 항공산업계의 경쟁은 자국의 산업을 보호하고자 하는 국익과 맞물려 미국과 유럽 간의 무역분쟁으로 치닫고 있는 형국이다. 반면에 우리나라는 주요 민간항공기나 항공기 엔진 제작회사가 없는 관계로 이러한 전세계적

경쟁에서 한 발 물러나 있는 실정이다.

저소음 항공기에 대한 연구는 비단 상업적 기술로서의 요구뿐만 아니라 전투기, 회전익기, 잠수함 등의 군사무기의 스텔스 (stealth) 기능 등과 같은 군사적 사용에서도 많은 수요를 가지고 있다. 또한 지난 수십 년 동안 항공우주 관련 연구들에 의하여 개발된 많은 기술들이 다른 영역으로 전파되어 왔듯이 항공기 소음 관련 기술들이 자동차를 비롯한 수송기계류, 펌, 압축기를 비롯한 터보기계류, 각종 소음원과 덕트를 가지고 있

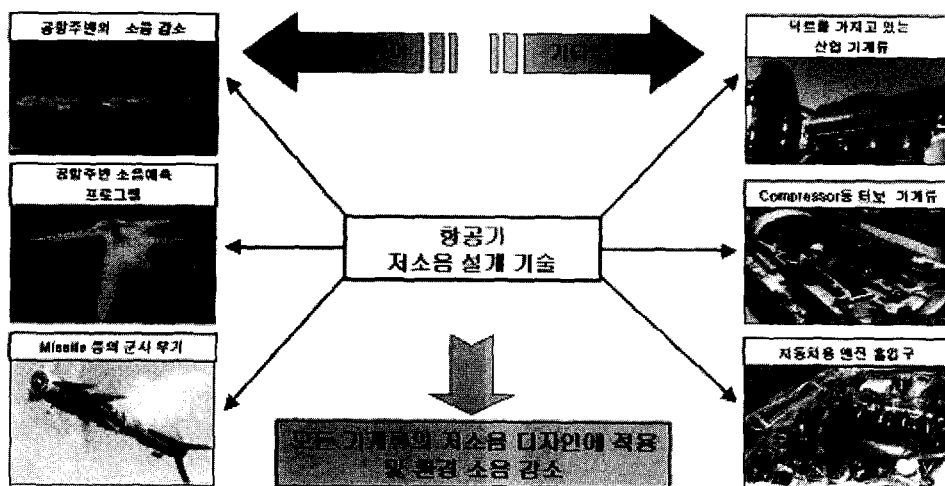


그림 1 항공기 저소음 설계기술의 파급성

* djlee@kaist.ac.kr / 042)869-3716

는 산업기계류 등 현대생활에 관계된 모든 기계류의 저소음 디자인에 적용되고 있다 (그림 1). 따라서 이런 항공기 소음 기술의 파급성을 고려해 볼 때, 국내의 열악한 환경에도 불구하고 관련 기술의 개발이 필수적이라고 하겠다. 본 글에서는 국내외 기술개발 동향을 파악하여 국내 관련 기술 개발의 전략을 세우고자 한다.

2. 국내의 기술개발 동향

우리나라의 경우 모든 항공우주산업관련 회사가 한국항공우주산업으로 통합되어 일부 군용기의 생산과 기체구조물을 국제공동생산을 하고 있으나 상업용 여객기나 항공기 엔진을 제작하지는 않는다. 따라서 미국이나 유럽에 비해 항공기 엔진 소음 관련 기술이 취약할 수밖에 없는



그림 2 로터에 의한 와류의 수치 해석 결과

실정이다.

이런 민간 자본에 의한 연구투자가 없는 관계로 단지 항공기 엔진 소음관련 기술을 미국 또는 유럽에서의 유학을 통하여 습득한 일부의 교수와 연구원들이 관련 기술을 다른 산업 즉 수송기계류, 터보기계류, 산업기계류 분야에서 응용을 구하고 있는 상태이다. 단지 최근에 산업자원부의 일부 기초연구지원 사업의 일환으로 항공기 엔진 소음 관련 연구를 지원하고 있는 상태이다.

2.1 국내기업

앞에서 언급하였듯이 국내의 모든 항공우주산업관련 회사가 한국항공우주산업으로 통합되어 민간 관련 항공우주 연구는 모두 한국항공우주산업에서 수행하고 있다. 최근에 일련의 고정익 개발 사업(T-50/A-50,KT-1, KFP 사업 등), 회전익 개발 사업(KMH, KLH, SB427 사업 등), 우주사업(다목적위성사업 등)을 통하여 연구개발 역량을 늘리고 있으나 아직 성능관련 기술에 치중하여 2차 기술로 인식되는 소음관련 기술에 대한 연구 개발은 미약한 실정이다.

2.2 국내 연구소 또는 대학

국내에 항공우주 관련한 대표적 연구소는 한국항공우주연구소이다. 이 연구소에서는 최근에 스마트 무인기 사업, 다목적 헬기사업, 위성사



그림 3 초음속 제트 소음 해석 결과

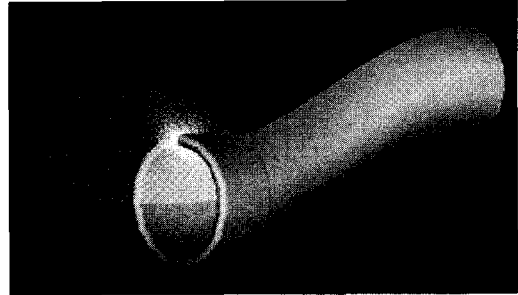
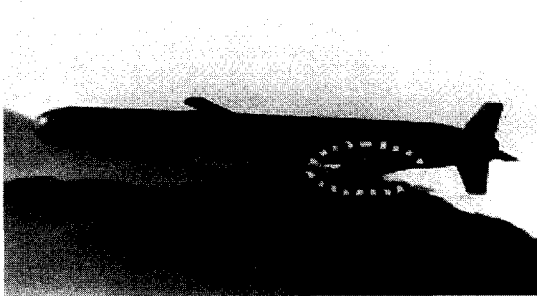


그림 4 탄도 미사일의 흡입관에서 발생하는 소음의 수치 해석 결과

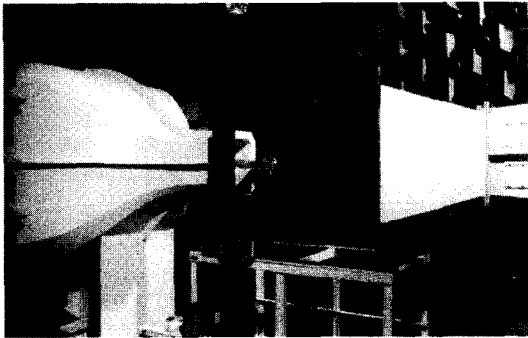


그림 5 무향풍동

업 등과 관련한 활발한 연구를 수행하고 있으나 소음진동관련 전문연구부서는 없는 상태로 역시 관련 연구는 미약한 편이다.

대학의 연구실에는 항공기 엔진과 관련된 공력소음을 전문으로 하는 연구소가 존재하는데 국내에 대표적인 그룹으로 KAIST의 공력음향연구실과 서울대학교의 공력소음 및 소음제어연구실이 있다. KAIST의 공력음향연구실의 경우 '헬리콥터 주위의 공기의 흐름과 소음의 가시화(그림 2)', '초음속 제트 소음(그림 3)', '탄도미사일 흡입관 소음(그림 4)' 등에 대한 연구들을 수행하였으며 소음실험을 위해 무향풍동(그림 5)을 설계 제작하여 이를 이용해 수치 해석을 했던 문제를 검증하는데 이용하고 있다. 서울대학교의 공력소음연구실의 경우 2001년 영국의 ISVR (Institute of Sound and Vibration)과 MOU를

체결하고 항공기 터보팬 엔진 소음과 관련하여 국제공동연구를 수행하고 있으며, 웬-스테이터 상호간섭 소음(그림 6), 엔진 나셀을 통한 웬소음 전파(그림 7), 엔진 끝단을 통한 웬소음 전파(그림 8) 등에 관한 연구와 더불어 공항 주변 소음 예측 연구(그림 9) 등을 수행하고 있다.

3. 국외의 기술개발 동향

전세계에서 항공기 소음관련 연구가 활발한 미국, 유럽, 일본에 대해서 기술하도록 하겠다.

3.1 미국

미국에서는 항공연방국 (Federal Aviation Administration, FAA) 과 NASA(National Aeronautics and Space Administration) 가 아음속 항공기 소음 저감 프로그램을 공동으로 운영하고 있으며 이 프로그램을 통하여 10 dB 소음 저감을 목표로 하고 있다⁽¹⁾. 이런 소음 저감 기술의 개발은 차세대 아음속 운송기 (Advanced Subsonic Transport, 이하 AST)⁽²⁾에 대한 국제 시장에서 미국 산업체의 경쟁력 향상을 목표로 하고 있다. 또한 고속 운송기 (high speed civil transport) 에 대한 소음 저감 프로그램도 현재 진행 중인데 주로 고속 비행에 따른 제트 소음 (jet noise) 과 소닉붐 (sonic boom)⁽³⁾이 중요한 대상이다. 그리고 과도한 소음으로 인한 구조파괴 회피와 승객과 승무

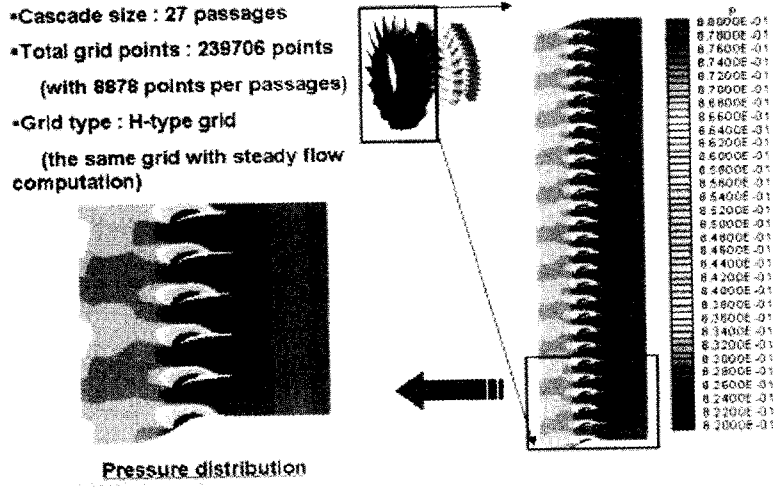


그림 6 웬-스테이터 상호 작용 소음 해석 결과

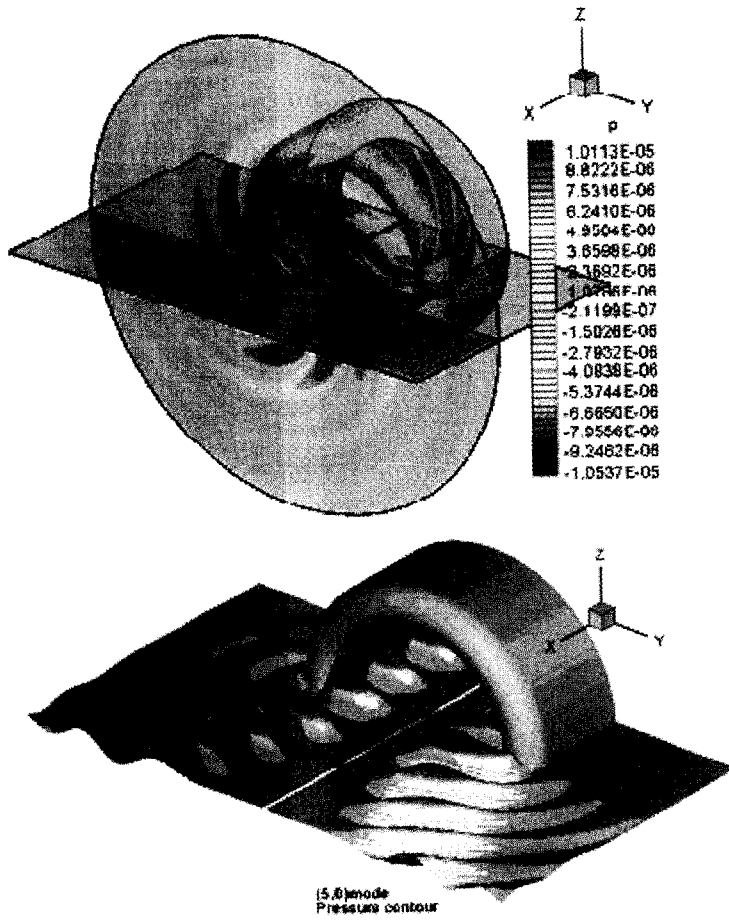


그림 7 웬-스테이터 상호간섭에 의한 덕트음향모드의 전파

원 보호도 중요한 연구 배경 중의 하나이다⁴⁾.

또한 미국의 항공소음 연방위원회 (FICAN, Federal Interagency Committee on Aviation Noise)의 주관으로 NASA QAT(Quiet Aircraft Technology)

research project를 수행중인데 3가지의 세부과제로 이루어져 있으며 [(1) 엔진시스템, (2) 기체시스템, (3) 공항주변의 소음피해 해석], 특히 QAT 프로그램에서는 1997년 기준으로 10년 내에 10 dB 감소, 25년 내에 20 dB의 환경소음 감소를 목표로 하고 있다(그림 10).

몇 가지 최근의 세부적인 기술 개발 동향⁵⁾을 고찰해 보면, 먼저 엔진 시스템의 소음감소를 위해 QTD (Quite Technology Demonstration) 프로그램이 실행되고 있다. 이 프로그램에 의해 공력 및 음향 데이터베이스를 구축하고 있으며 실제 엔진을 사용한 정적실험 및 비행실험이 이루어지고 있다. NASA의 글렌연구센터 (Glenn Research Center)에서는 데이터베이스 구축을 위한 풍동 실험이 실시되었으며 보잉과 롤스로이스사는 엔진시스템 소음저감기술의 개발을 위하여 777-200ER 항공기에 Trent 800 엔진을 장착하여 실험을 시행하였다.

둘째로 기체 (airframe) 시스템의 소음 억제

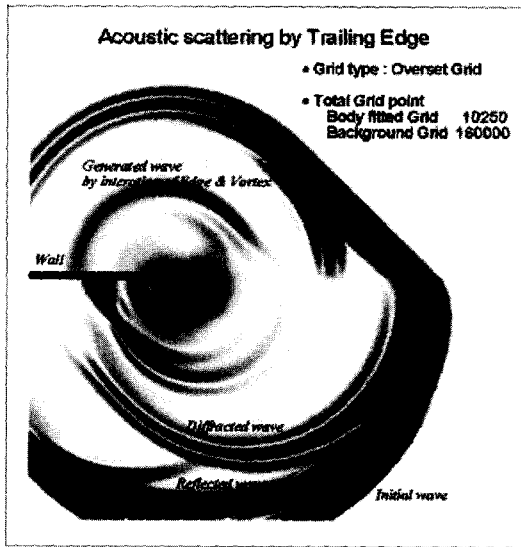


그림 8 엔진 끝단에서의 음향파의 산란 모사

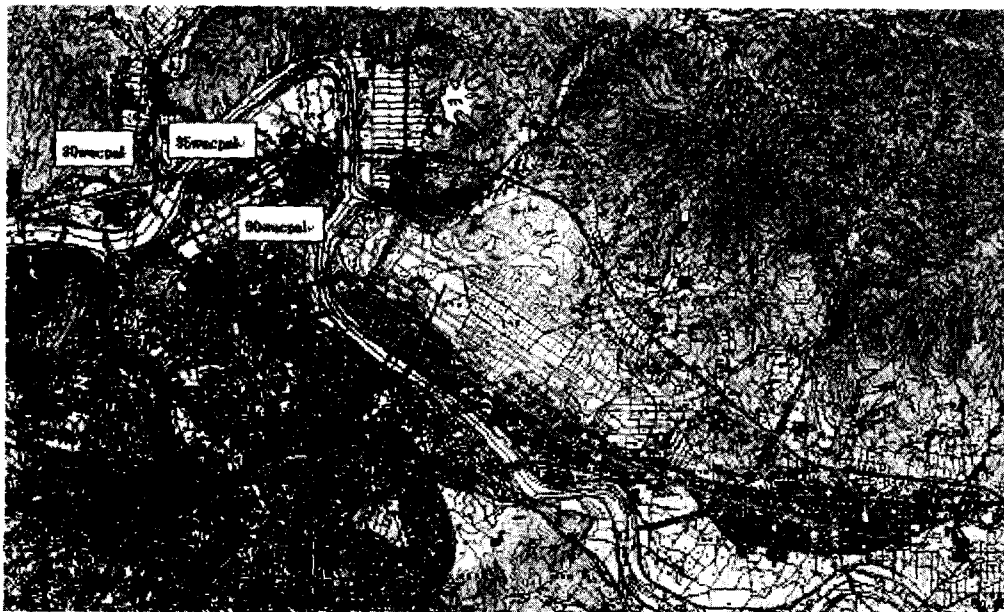


그림 9 공항 주변 소음 예측 (국내 D 공항)

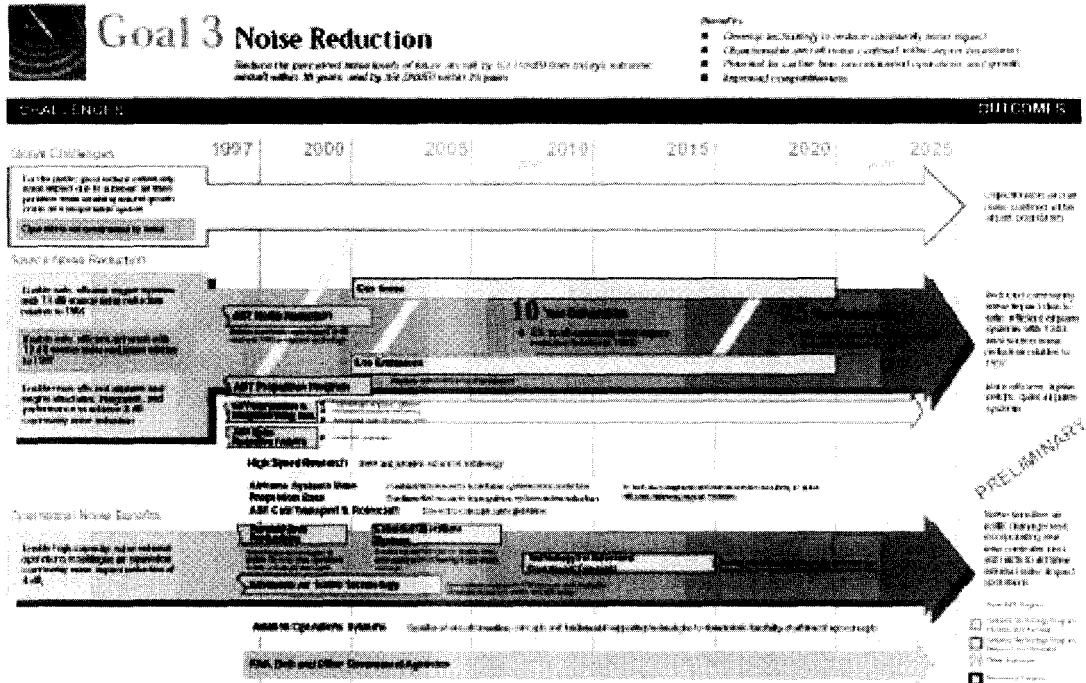


그림 10 항공기 저소음 기술 개발 계획도 (출처 : NASA, Roadmaps to the Future: Strategic Roadmaps in Support of the Three Pillars and Ten Goals)

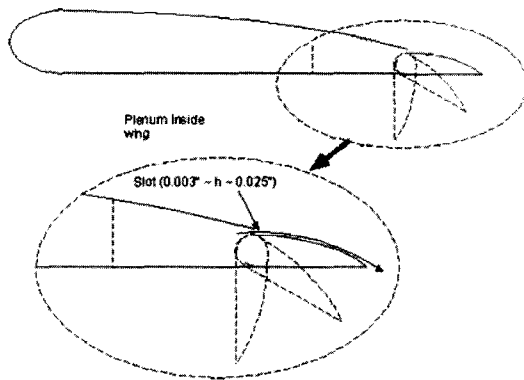


그림 11 Schematic View of CCW ⁽⁶⁾

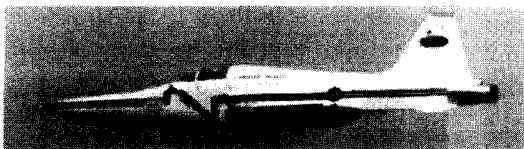


그림 12 소닉 붐 저감을 위한 비행기 전두부 설계 ⁽⁵⁾

위한 새로운 익형에 대한 연구가 GIT (Georgia Institute of Technology)의 연구진들에 의해 수행되었다⁽⁶⁾. 이 연구를 통하여 기존 날개 모양을 원형 제어날개 (CCW : Circulation Control Wing) 로 변경할 경우 기존 익형에 비해 좋은 양력 성능과 같은 양력일 경우에도 보다 더 나은 소음 성능을 보인다는 것이 실험을 통하여 입증되었다.

세 번째로 초음속 비행에 의해 발생하는 소음을 규명하기 위해서 F-5E의 소닉붐 형상화 (sonicboom shaping) 실험이 노스롭 그루먼사의 연구진들에 의해 미국 모자브 사막에서 실시되었다. 실험 결과 기존의 F-5E와 비교할 때 소닉붐이 감소함을 확인할 수 있었으며 이 결과를 토대로 초음속항공기의 저소음 소닉붐 설계에 대한 기술 기반을 마련하였다.

네 번째로 공항주변에서 발생하는 항공기 소음의 저감을 위해서 루이즈빌 공항에서 일명

CDA (Continuous Descent Approach) 프로그램 (그림 13 참조)으로 불리는 새로운 저소음 착륙 방법에 대한 실험이 지역 항공 당국을 비롯한 보잉, MIT, FAA, NASA, UPS 등의 기업과 연구소들에 의해 공동으로 실시되었다⁽⁷⁾. 기존에 사용해 왔던 컴퓨터 시뮬레이션 뿐만 아니라 실제 비행을 통하여 CDA 프로그램을 실시하여 2주에 걸친 8회 동안의 실제 측정이 있었으며 그 실제 측정을 바탕으로 활주로 주변의 10~30 마일 (mile)에 걸친 영역에서 기존 착륙 방법에 의한 것보다 소음이 평균적으로 3~6 dB 감소하는 결과를 입증하였다.

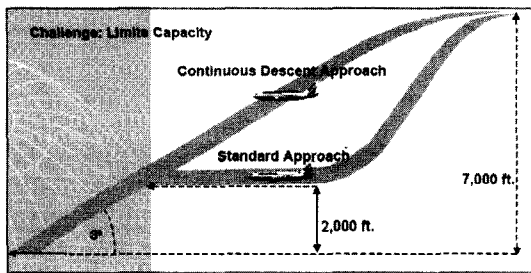


그림 13 CDA(Continuous Descent Approach)⁽⁸⁾

3.2 유럽

유럽에서는 EC의 지원으로 1998년부터 X-Noise 연구 프로그램으로 시행하여 현재 X2-Noise 연구 프로그램으로 2005년 까지 연장하여 시행 되고 있다 (그림 14). 이 프로그램을 통하여 이전 각 연구소에서 시행하는 여러 연구 프로그램을 한 가지의 프로그램으로 통합하는 동시에 유럽 각 연구소의 기술의 교류 및 협력 연구를 통한 소음저감 기술의 효율적인 개발을 목표로 하고 있고 (그림 15) 민간항공기구 (ICAO)의 3포인트 접근방법을 원용하여 소위 "3-point-3-step" 방법으로 항공소음의 연구를 수행하고 있다 (표 1). 이러한 프로그램을 통해서 현재 유럽에서는 1세대 계획을 수립하였으며 2010년까지 1세대 소음 기술 개발을 통하여 2000년 기준으로 하여 5 dB 감소를 목표를 하고 있다. 또한 앞으로 더욱더 중요한 이슈로 떠오를 것으로 예상되는 환경소음 문제 및 환경문제를 고려하여 중장기적인 프로그램을 2세대 계획으로 수립하여 2020년까지 2세대 소음 기술을 개발하고 2000년 기준으로 10 dB 감소를 목표(그림 16 참조)로 하고 있다⁽⁹⁾.

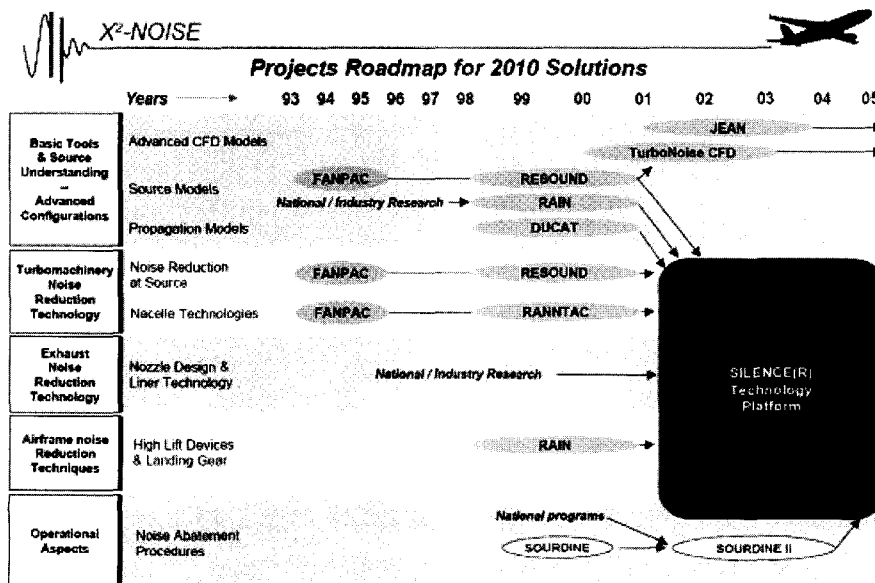


그림 14 X2-Noise 연구 계획도⁽⁹⁾



그림 15 유럽 X-Noise 프로그램에 관련된 산업체와 연구소⁽⁹⁾

표 1 "3-point-3-step" 접근 방법

ICAO 분류	1단계	2단계	3단계	목적
기술개발	탐구단계 및 개념 설정	대규모 검증	복합적 예측/해석 능력 제시	- 상업적이용 - 미래의 법제화 - 공항의 효율적 이용
운용절차		예측기법의 수정		
토지사용계획	예측능력개발			

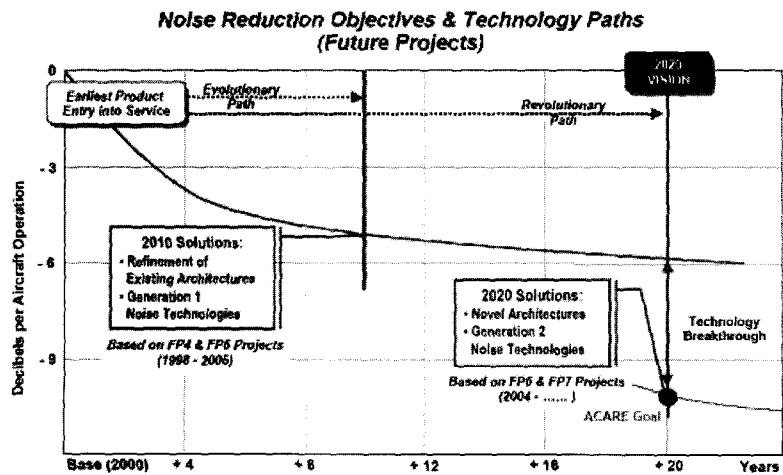


그림 16 2020년까지의 소음저감 기술 목표⁽⁹⁾

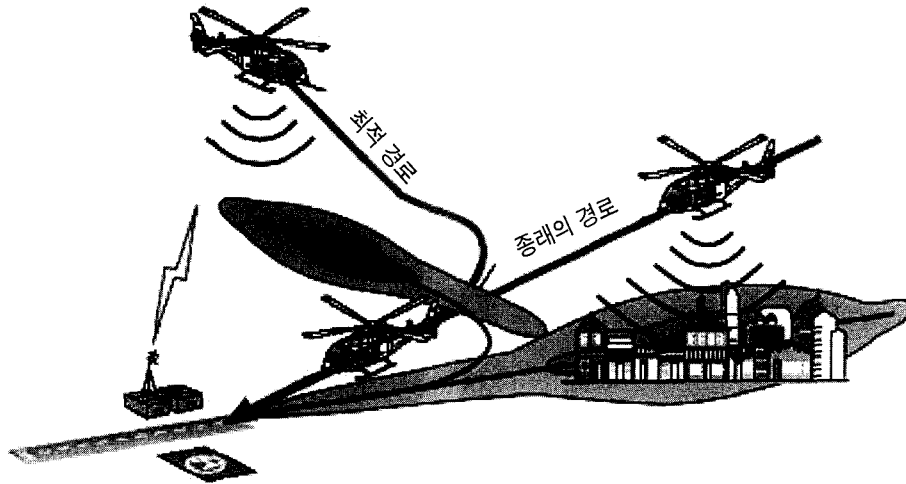


그림 17 회전익기의 항로 최적화(일 항공우주 기술연구소, 다목적실정실험기, 항공우주기술연구소 다목적실정실험 연구발표, 2004)

1세대 계획에서의 항공기의 소음 저감 기술 개발을 위해서 2004년부터 유럽 16개국, 51개의 연구소가 참여하는 SILENCE(R) Technology Platform이 시행되고 있다. 이 프로그램을 통하여 저소음 차세대 엔진 개발 및 기체 부분의 저소음화를 진행하고 있으며 또한 이러한 기술개발을 바탕으로 회전익기에 적용하기 위한 기술 개발도 이루어지고 있다.

이와 동시에 2세대 계획으로 환경소음에 의한 기술 개발을 위해서 유럽에서는 2020년 까지 중장기적인 목표로 유럽의 각 정부, 산업체, 항공사, 공항, 연구소와 대학이 참여하는 ACARE (Advisory Council for Aeronautic Research in Europe) 프로그램이 시행되고 있다. 이 프로그램을 통해서 환경친화적인 기술 개발을 목표로 하고 있는데 이는 인지소음의 10 EPNdB 감소와 공항 주변 거주지의 소음도를 65 LDEN 이하로 감소시키는 것을 주된 골자로 하고 있다. 이러한 프로그램을 통하여 앞으로 발생할 가능성이 있는 환경문제나 사회적인 요구에 대처하는 동시에 전세계에 대한 유럽항공산업기술의 리더십을 확보하는 목표로 이루어져 있다.

3.3 일본

일본에서는 신에너지산업기술연합개발기구 (NEDO: New Energy and Industrial Technology Development Organization)를 주관으로 하여 환경적합형 차세대 초음속 추진시스템의 연구개발 (ESPR) 프로그램을 실행하고 있다⁽¹⁰⁾. 이 프로그램의 목적은 엔진시스템의 간편화, 고성능화, 저소음화를 추구하고 있으며 프로그램을 통해서 앞으로 나타날 엄격한 친환경적인 요구를 저비용으로 실현시키는 것을 목표로 하고 있다. 이 프로그램의 과정의 일환으로 개발된 저소음배기 노즐 시스템을 탑재한 엔진의 실증실험이 미국 웨스트 팜비치의 소음시험 설비에서 이루어졌으며 이에 대한 실험 결과들을 획득한 상태이다.

또한 일본우주항공개발기구(JAXA) (통합 이전 舊 일본항공우주기술연구소 [NAL])에서는 친환경적인 요구에 대응하는 비행체 설계의 표준안을 확립하고 비행체의 운항, 정비의 안정성을 확보하고 향상시키기 위해서 ASET (Aviation Safety and Environmental Compatibility Technology) 프로그램을 운영하고 있다⁽¹¹⁾. 이 프로그램의 소음분야에서의 세부적인 목표는 (1) 제트 엔진 시

스텝, (2) 회전익기 로터 시스템, (3) 공항주위의 환경소음의 3가지 측면으로 나눌 수 있으며 각 세부 목표에 대해서 다음과 같은 목적이 마련되어 있다. 능동 소음 제어기술을 이용하여 고-바이패스비를 가진 터보 팬 엔진이 아음속 운항 중 발생하게 되는 소음의 4 EPNdB 감소를 목표로 하고 있으며 회전익기의 경우 소음저감기술을 적용하기 위한 로터 블레이드 주위의 난류 유동으로 인한 소음발생 메커니즘을 현재 연구 중에 있다. 이를 통해 회전익기의 로터에서 발생하는 소음을 최대 6 EPNdB 을 감소시키는 것을 목표로 하고 있다. 앞으로 제기될 비행기나 회전익기에 대한 환경소음 문제를 해결하기 위해서 소음저감기술 응용과 향로 최적화를 통해서 기존에 발생하는 환경 소음의 30% 감소를 목표로 하고 있다. (그림 17 참조).


4. 맺음말

앞에서 보았듯이 주요 항공기 엔진 회사들을 보유한 미국이나 유럽, 자체기술확보를 위하여 노력하고 있는 일본의 경우에는 항공기 소음을 저감하는 기술 개발에 대한 꾸준한 투자로 상당한 기술력을 확보하고 있는 실정이다. 하지만 우리나라의 경우 아직 항공기 엔진을 생산할 수 있는 회사가 없는 관계로 소음 저감 기술 개발에 대한 인식도 부족하며 또한 민간 부분 투자가 거의 전무한 상태이다. 따라서 기술적 수준도 역시 다른 국가들과 비교해 볼 경우 매우 낙후되어 있는 실정이다. 하지만 항공기 저소음 설계 기술은 다른 항공관련 기술들이 그러하였던 것처럼 비단 항공기에 한정된 기술이 아니라 그 나라의 모든 다른 산업에 응용 가능한 기술 파급성을 가진 고밀도 기반 기술이다. 이미 세계의 여러 국가에서는 이러한 항공산업기술의 특성을 파악하여 다른 산업기술에도 적용하는 동시에 모든 산업용/상업용 제품의 저소음화를 추구하기 위해서 에

너지 효율등급 표시와 같이 제품 소음등급 제도 (Noise Labeling)를 제도적으로 지원하고 있다. 미국에서는 미국규격협회(ANSI, American National Standards Institute)가 국제표준화기구(ISO, International Organization for Standardization)의 ISO 4871을 원용하여 ANSI S12.61-200X를 만들어 사용하고 있고 일본에서는 "Ecomark"라는 제도를 시행하고 있으며 멕시코에서는 "Programa silencio" 라는 소음도 표시 제도를 시행하고 있다. 또한 1974년에 설립된 소음제어, 음향학, 진동에 관한 전세계 여러 기구들의 컨소시엄인 I-INCE (International Institute of Noise Control Engineering)에서는 1999년부터 산하에 "개인 소비자 및 산업용 제품에 대한 소음도 표시라벨 (Noise labels for consumer and industrial products)"에 대한 기술 연구 그룹을 설치하여 국제적으로 통용될 수 있는 소음도 표시 제도를 만들기 위하여 노력하고 있다. 현재 이 기술그룹에는 세계 각국의 전문가들이 참여하여 소음도 평가기술에 대하여 연구를 하고 있는데 곧 소음도 표시에 대한 국제적 규격이 만들어 질 것으로 예측된다. 이러한 소음표시제도가 국제적 규약으로 정해지게 되면 이 국제규약을 통하여 모든 개인 및 산업 제품 전반에 대한 소음 평가 역시 동시에 이루어 질 것이다. 이는 각 개별 제품에 대한 소음등급의 문제에서 벗어나 무역 시장에서의 소음 저감 산업기술 우위에 따라서 기존의 형성된 시장과는 다른 시장으로 재편성되는 동시에 시장 진입 장벽으로 작용할 것으로 예상된다. 이러한 기반 기술을 국내기술개발 없이 단지 설계기술을 도입으로 인해 발생할 기술료는 관련산업전반에 대한 상당한 부담으로 작용하게 될 것이다. 따라서 소음 저감 및 해석기술은 각 국가간의 치열하게 진행될 경쟁에서 기술 경쟁력을 좌우하는 핵심기술이라는 측면에서는 국내기술개발이 필수적이며 이러한 기술개발은 환경기술의 측면뿐만 아니라 국가 기술 경쟁력 향상을 위한 매우 중



요한 시발점일 것이다.

하지만 항공산업의 자본집약적인 산업 특성으로 인해 기반 기술임에도 불구하고 항공기 엔진 회사가 없는 국내의 실정으로서는 관련 연구를 독려할 민간자본이 전무할 실정이다. 이러한 항공 산업의 특성으로 인해서 세계에서도 선진 몇 개국이 독점을 형성하고 있다. 또한 이러한 자본 집약적인 산업특성으로 인해 발생할 수 있는 투자위험성의 분산을 위해서 항공관련 기술 개발은 국제적인 여러 기업과 연구단체가 공동연구의 형식을 빌어 이루어지게 된다. 현재 항공기 엔진 소음 관련 연구 역시 몇몇 거대 항공기 엔진 회사를 중심으로 각 지역별로 연대하여 이루어지고 있다. 따라서, 항공기 엔진 소음해석의 기술을 개발하기 위해서 외국의 우수 기업체 및 연구소와의 연대를 통하여 국제 경쟁력을 획득할 수 있는 새로운 방법을 시도해야 할 것으로 판단된다. 

참고문헌

- (1) Aeronautics and Space Report of the President, Fiscal Year 1994 Activities. NASA, Washington, D.C., 1995.
- (2) Welliver, A. D., 1993, High-order Technology: Applying Technical Excellence to New Airplane Development. In the Future of Aerospace, Proceedings of a Symposium Held in Honor of Aelxander H. Flax, pp. 37~44.
- (3) Maglieri, D. J. and Plotkin, K. J., 1991, Sonic Boom. In Aeroacoustics of Fight Vehicles: Theory and Practice, NASA Ref. Pub. 1258, Vol. 1.
- (4) Mixon, J. S., and Wilby, J. F., 1991, Interior Noise. In Aeroacoustics of Fight Vehicles: Theory and Practice, NASA Ref. Pub. 1258, Vol. 1.
- (5) Ed Envia, 2003, AeroAcoustics in Aerospace America, pp. 8-8, AIAA.
- (6) Liu, Y., 2003, Numerical Simulations of The Aerodynamic Characteristics of Circulation Control Wing Sections, Georgia Institute of Technology.
- (7) McGregor, D. L., et.al., 2004, Efficient Low-Noise Airplane Operations, Environmental Aviation Conference.
- (8) Glover, B., 2003, Environmental Progress In Commercial Aviation, SAE International Future Transportation Technology Conference, 23.
- (9) Collin, D., 2003, EU Aircraft Noise Research Activity & Challenges, Moscow.
- (10) 항공우주학회 편집위원회, 2004, 2003년도 일본항공우주 연간전망, 일본항공우주학회지, 2004년 3월호.
- (11) 石井達哉 外 2002, 항공기 소음계측과 저감, 항공환경기술개발센터 연구자료 모음.