

미래형 항공교통수단의 개발전망과 기회 - PAV(Personal Air Vehicle) 를 중심으로 -

이 기 상*

산업의 고도화에 따라 시간을 절약하고 공간을 활용하기 위한 방법으로서, 보다 큰 항공기, 보다 빠른 항공기에 대한 요구가 꾸준히 제기된다. 최근 불거진 지구온난화에 대한 이슈는 모든 산업의 초점을 친환경으로 돌리고 있어서, 항공기산업의 경우에도 예외 없이 보다 친환경적이고, 연료 효율적인 항공기개발에 집중하고 있다. 또한, 과거에 비해 자유의지가 강조되는 현재에는 보다 이용이 간편한 개인용 항공기의 출현이 요구되고 있어 이 분야에 대한 연구도 활발히 진행 중이다. 이에 따라 많은 국가들이 각각의 요구에 따라 초대형여객기(VLCT), 차세대 초음속여객기(HSCT), 그린항공기, 개인 자가용 항공기(PAV) 등의 형태로 개발을 서두르고 있으며, 일부 분야는 이미 상용화를 눈앞에 두고 있다. 특히 PAV의 수요는 향후에 자동차 시장의 일부를 대체할 것으로 예상되는 만큼 선진국들은 수요자의 요구에 따라 발 빠르게 대응하여 PAV에 대한 투자를 아끼지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 미래형 항공교통수단의 개발전망과 동향을 분석함으로써 앞으로 우리나라 항공기산업의 발전방향에 대한 시사점을 도출하고자 하였다. 특히 틈새 시장으로서의 PAV 분야의 개발동향과 전망을 살펴봄으로써, 동 분야에 대한 연구개발과 투자를 통한 우리나라 항공기산업의 발전기회를 모색해 보고자 하였다.

목차

- I. 서론
- II. 미래형 항공교통수단의 비전
- III. 미래형 항공교통수단의 개발전망
- IV. 개인 자가용 항공기(PAV)의 개발
- V. 맺음말

I. 서론

오늘날 항공기는 전 세계적으로 관광과 무역 그리고 비즈니스 부문을 포함한 모든 분야에서 중추적 역할을 맡고 있는 교통수단으로서 국가간 인적·물적 자원의 수송뿐만 아니라 문화와 정보 등의 무형적 요소까지 소통하는 수단으로서, 앞으로 그 역할이

*세종대학교 경제통상학과 교수, 항공산업연구소장

더욱 증대될 것으로 예상된다. 또한, 항공기산업은 한 나라의 경제와 기술수준을 평가하는 중요 잣대이며, 고용창출과 투자촉진 등 직접적으로 국가 경제에 영향을 주는 전략산업으로 인식되고 있다.

1903년 미국의 라이트형제(Wright brothers)가 최초로 유인 동력비행에 성공하면서 시작된 항공기는 이후 세계 여러 나라가 국가적 전략사업으로 앞 다투어 그 개발에 뛰어들면서 오늘에 이르기까지 눈부신 발전을 거듭하고 있다. 라이트형제가 처음 하늘을 나는 데에 성공한 비행기인 플라이어(Flyer)호의 속도는 불과 시속 16km 이하로서 자전거보다도 느린 수준이었다는 것을 생각해 보면, 오늘날의 제트비행기가 일반적으로 음속(마하 1, 시속 약 1,200km) 이상인 것을 볼 때, 얼마나 비행기의 성능이 급속도로 발전했는지 짐작할 수 있다.¹⁾ 또한, 500명 이상의 탑승객을 한 번에 실어 나를 수 있는 초대형여객기가 이미 상용화되었고, 과거 콩코드여객기를 뛰어넘는 차세대 초음속여객기의 개발이 진행 중에 있다.

이처럼 산업의 발전과 고도화에 따라, 시간을 절약하고 공간을 활용하는 방안은, 수요차원에서는 효율을, 공급차원에서는 이익을 극대화시키기 위한 노력임에 틀림없다. 이러한 노력에 더해져 교통혼잡 등 지상교통수단의 한계를 극복하고, 기존의 도로망과 공중의 항로를 이용하여 효율적으로 이동할 수 있는 개인 자가용 항공기(Personal Air Vehicle, PAV)에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다.

향후 미래의 항공교통수단은 여러 가지 특성과 관련하여 발전될 수 있으나, 성능과 안전(Performance and Safety), 효율성(Efficiency), 환경친화성(Environmental friendliness) 등 크게 3가지 기준을 만족시키는 방향으로의 진행이 예측된다.²⁾

II. 미래형 항공교통수단의 비전

가. 과학기술의 공급

멀지않은 미래에는 항공기 기술의 발달에 따라, 지구상 어떤 지역으로의 여행이건 간에 그 소요시간을 한 시간 정도로 단축시킬 수 있을 것으로 기대한다. 특히, 로켓과 비행기의 추력방법을 결합한 초고속 로켓항공기의 개발은 보다 빠른 공간적 이동을 가능하게 할 것으로 보인다.³⁾

로켓항공기는 보통 제트기처럼 이륙한 후 3분 이내에 3만 피트 상공까지 오르게 된다. 이어서 조종사는 제트엔진을 끄고 대신에 로켓엔진을 점화한다. 항공기는 30초 이

1) 두 차례의 세계 대전은 특히 항공기의 성능을 획기적으로 발달시키는 계기가 되었다.

2) 김연명·박진서(2008), “미래형 항공교통수단의 개발 현황과 전망”, 『월간교통』, 통권 제 119호, 한국교통연구원.

3) 이기상(1997), “항공우주분야”, 『비전 2045』, 세종연구원

내에 음속의 벽을 돌파하고, 지구 대기권을 빠져나간다. 10분 후에는 약 150km 상공에서 마하 19(시속 약 13,000km)의 초고속으로 비행하게 된다. 이후 로켓연료가 다 연소되면 항공기는 관성에 의해서 대기권 밖을 조용히 순항하게 된다. 3분간의 자유낙하 후, 항공기는 45km를 강하하여 대기권으로 재진입한다. 이 때 공기저항으로 인해 항공기의 속도가 떨어진다. 비행기는 관성, 중력 및 대기권 내에서의 공기저항으로 인해 다음 20여분 동안 유연한 활동을 하게 된다. 조종사는 약 11km 상공에 이르러 제트엔진을 다시 점화하고, 착륙을 위해 준비한다.

최초 출발지에서 공항까지의 소요시간 또는 보안검색 등에 걸리는 시간을 제외할 경우, 서울에서 뉴욕까지 가는데 소요되는 여행시간은 총 64분에 불과하다. 다음에는 미래에 이 초고속 로켓비행기를 타고 여행할 수 있는 몇 개의 해외여행 메뉴를 열거한다.

<독일의 베를린(BERLIN)> 세계적인 지도자들과 호사가들이 유럽공동체의 중심도시인 이 도시로 모여든다. 서울을 기점으로 소요되는 비행시간은 62분이다>

<아르헨티나의 부에노스아이레스(BUENOS AIRES)> 양질의 소를 키우고 있는 나라이며 햄버거가 일품이다. 서울을 기점으로 약 19,300km 떨어져 있으며 100분이 소요된다>

<아프가니스탄의 카불(KABUL)> 힌두 쿠시산맥(Hindu Kush Mts.)에서의 스키는 환상적인 경험이 될 것이다. 알프스보다도 높은 곳에서 저렴한 가격으로 스키를 즐길 수 있다. 58분이 소요된다>

<캄보디아의 콤포 롱(KOMPONG SOM)> 타이만의 해안에 위치하고 있으며 사람의 손이 닿지 않은 동남아의 마지막 해변이다. 23분이 소요된다>

<케냐의 몸바사(MOMBASA)> 오랫동안 80세 이상의 스칸디나비아인들의 메카가 되어 왔으며, 현재 노인학 연구의 중심이 되고 있다. 노화방지 처치법에 대한 최근의 자료들을 제공하고 있다. 약 11,300km 떨어져 있으며 69분이 소요된다>

<티벳의 라사(LHASA)> 아마도 우리가 방문할 수 있는 가장 편안한 곳일 것이다. 약 4,800km 떨어져 있으며 29분이 소요된다>

로켓항공기를 이용한 해외여행의 꿈이 실제로 실현될 수 있기 위해서는 몇 가지의 필요조건이 충족되어야 한다. 가장 먼저 충족되어야 할 필요조건은 과학기술적인 개발 능력이다. 이것은 보통의 좁은 의미의 과학기술 능력만 포함되는 것이 아니고, 응용 측면의 공학적인 데이터와 노하우가 관련된 보다 넓은 의미의 공급능력이 포함된다. 로켓항공기는 이미 그 개념적인 모형이 기술적으로 완성되었다는 점에서, 시간 및 비용

의 문제를 차지한다면 순수 기술적인 가능성에는 문제가 적은 것으로 보인다.

로켓항공기에 비해 일부 선진국들의 주도 하에 진행되고 있는 초대형여객기, 차세대 초음속여객기 등은 가까운 미래에 기술적인 난관을 극복하고, 상용화가 가능하다는 점에서 기대가 크다.

인류의 역사와 함께 발전된 운송기계들은 수레, 우마차, 자전거, 오토바이, 자동차, 선박, 항공기 등으로 발전되어 왔는데, 이러한 운송기계들의 미래형 연장선상에 초대형여객기, 차세대 초음속여객기, 개인 자가용 항공기(Personal Air Vehicle, PAV) 그리고 로켓항공기 등이 있는 것이다. 자동차, 선박 및 항공기산업이 국가의 전체 산업 또는 국가경제에서 차지하는 비중이 매우 높음에 비추어볼 때, 향후 새로운 항공교통수단의 개발은 미래의 경제에서 매우 중요한 위치를 차지하게 되리라는 것을 충분히 가늠할 수 있다.

나. 수요의 창출 및 확대

기술적으로 개발이 가능하거나 또는 개발에 성공하였다고 해서 실제로 곧바로 개발 공급이 이루어지는 것은 아니다. 이를 위해서는 시장에서 적절한 수요가 창출되고 또한 이 수요가 시간에 따라 충분하게 확대되어야만 한다. 실제로 다수의 첨단 개발품들이 과학기술적으로는 개발이 가능하거나 또는 실제 개발이 완료되었다고 하더라도, 충분한 수요가 뒤따르지 않기 때문에 개발이 되지 않거나 또는 개발 후 사장되어 버리곤 한다.

1960년대에 영국과 프랑스가 공동으로 개발 생산한 콩코드(Concord) 초음속여객기의 경우, 실제로 개발 생산이 되었지만 충분한 수요가 뒤따르지 않았기 때문에 생산이 중단되었다. 이때의 수요도 상대적인 것으로서 공급가격에 따라 가격이 낮으면 수요가 증가하고, 가격이 높으면 수요가 감소하게 된다. 가격은 개발비용 또는 생산비용에 따라 결정되므로 수요와 공급은 상호간에 밀접하게 연결되어 있는 것이다.⁴⁾

세계의 지구촌화로 국가간 인적 물적 자원의 수송에 대한 수요가 증가하면서, 보다 빠르게 목적지에 도착하고자 하는 필요성은 그동안 계속 존재해왔다. 특히 대륙간 장거리 노선의 이용객이 꾸준히 증가할 것으로 예상되면서 초음속여객기 상용화는 한층 긴요해질 것으로 보인다.

오전 7시에 출발한 비행기는 한반도를 벗어나면서 고도를 높이고 일본열도에서 다시 고도를 낮춘다. 마하 0.95로 아음속(亞音速)비행을 하던 비행기는 태평양에서 다시 마하 2.5의 속력으로 초음속비행에 들어간다. 비행기는 5시간 만에 로스앤젤레스공항에 도착한 것이다. 현지 시간은 오후 7시. 현지에서 4시간가량 업무를 보고 11시경 공

4) 물론 이 초음속여객기 생산의 중단은 수요 부족이 가장 큰 이유였지만, 환경문제 또한 간과할 수 없는 문제였다. 음속을 돌파할 때 생기는 충격파인 소닉붐이 지상에 닿으면서 아주 큰 소음을 발생시켜 환경을 파괴한다. 지상에 이 소닉붐의 피해를 주지 않기 위해 초음속 비행을 바다 위로 한정시킬 수 있지만, 그렇게 되면 운항노선이 제한되어 초음속 순항성능이 쓸모없어져 버린다.

항으로 돌아왔다. 맞바람으로 출발 때 보다 1시간가량 더 걸린 6시간 후 서울에 돌아왔다. 한국시간으로 오후 10시로서 하루 만에 태평양 횡단 왕복여행을 마치고 돌아온 것이다.

2007년을 기준으로 볼 때, 최근 10년 동안 항공시장에서 여객수(2007년 현재 국제선 기준으로 약 7억명)는 매년 평균 2.7%씩 성장하고 있다. 또한, 향후 2025년까지 연평균 4.6%씩 성장할 것이라는 전망⁵⁾이 대두되면서 아시아·태평양지역과 유럽 등을 잇는 장거리 노선의 이용객도 한층 더 늘어날 것으로 보여 초음속여객기의 새로운 장이 열릴 것이다. 시장수요의 확대와 더불어 기술적 과제에 대한 새로운 도전이 시작된 것이다.

항공분야의 수요에 있어서는 정부의 수요가 중요함은 익히 알려진 사실이다. 정부의 수요는 주로 군수요로부터 발생하며, 이외에 기타의 공공수요가 포함된다. 개발 공급이 가능하고, 이에 대한 충분한 수요가 있는 경우 생산기업이 생기고 따라서 산업이 형성되며 나아가 시장이 형성된다. 특히 항공분야에는 자본의 대규모성, 상대적으로 낮은 수익성, 자본회수의 장기성, 또는 불확실성 등의 원인에 따라 시장에서 민간에 의한 투자가 원활하게 이루어지지 않는 경우가 많다. 이것은 산업의 상대적인 공공성과 연결되는데, 이에 정부가 직접 정부기업의 형태로 산업에 개입하거나, 또는 간접적으로 지원하는 경우가 많다.

III. 미래형 항공교통수단의 개발전망

미래형 항공교통수단은 보다 큰 항공기, 보다 빠른 항공기, 보다 친환경적인 항공기, 보다 이용이 간편한 항공기 등 크게 네 가지 방향으로 개발이 진행되고 있다. 이는 초대형여객기(Very Large Commercial Transport, VLCT)와 차세대 초음속여객기(High-Speed Civil Transport, HSCT), 그린항공기, 개인 자가용 항공기(Personal Air Vehicle, PAV) 등으로 각각 분류가능하다.

미국의 민간항공기부분의 개발연구는 주로 보잉과 에어버스, 벨항공(Bell Aircraft Corporation)사 등 민간항공기 제조업체의 연구소가 담당하고 있으며, 기초기술은 미항공우주국(NASA)이, 항공운항에 대한 연구는 교통부 산하의 미연방항공청(FAA)에서 담당하고 있다.

에어버스는 보잉의 B747을 능가하는 초대형민항기인 A380의 개발, 상용화로 경쟁우위를 점하고자 하고 있다. 한편, 제1세대 초음속기(Supersonic Transporter, SST)인 콩코드기가 소음, 기술의 완성도 미흡 등의 문제점을 보이며 실패로 돌아가자, 차세대 초음속여객기(High Speed Commercial Transport)의 기술개발이 추진되고 있다. 차세대 초음속 여객기는 최소한 250명 이상의 탑승능력과 7,000km 이상의 항속거리 및 음속의

5) 한국항공진흥협회(2007), 「세계항공수송동향」

2.5배의 순항속도를 가져야 경제성을 지닌다.

일본에서는 SST 및 HSCT 개발을 포함하여 다목적 교통위성(Multi-Functional Transport Satellite, MT SAT)을 이용한 차세대 항공보안시스템, 공중충돌방지기술 등의 개발이 활발히 이루어지고 있고, 영국과 프랑스는 공동으로 제2세대 콩코드여객기(탑승인원 250명, 항속거리 1만km, 연료소비 50%)를 개발 중이다. 또한 유럽은 새로운 초음속여객기인 Alliance(음속의 5배속도)와 항공기 소음 및 진로의 실시간 감시시스템(SONATE) 등을 개발 중이다. 그리고 유럽의 도심간, 도시외곽지역간 연결기능을 하며, 탑승인원 30명, 순항속도 500km/h, 터미널 규모 50ha 정도로도 가능한 수직이착륙기의 개발 프로젝트인 Eurofar(European Future Advanced Rotorcraft) 계획이 유럽공동체 주관으로 추진되고 있다.⁶⁾

또한, 미국은 차세대 개인항공기의 개발을 통해, 기존의 도로 운송체계보다 높지 않은 비용으로 도로 정체와 항공기 지체 등의 고질적인 문제를 해결할 수 있을 것으로 기대하는 SATS(Small Aircraft Transport System)를 개발 중이다.

가. 초대형여객기(VLCT) 개발

1. 개발전망

현재 500인승에서 1,000인승까지의 규모가 논의되고 있으며, 그 일부는 이미 개발 생산되어 상용화가 진행 중이다.

초대형여객기의 수요요인으로는 먼저 인적·물적 자원의 대량 수송수요의 증가를 들 수 있다. 특히 전 세계적으로 대륙간 노선을 중심으로 한 대량수송의 수요가 급증하고 있는 실정이며, 규모의 경제에 의한 승객당 수송비용의 인하 요구 또한 초대형여객기에 대한 수요 발생의 요인이 되고 있다.

또한 주요 공항의 항공기 이착륙 혼잡 급증을 들 수 있다. 그동안의 꾸준한 항공 운송수요의 증대로 인해 공항 및 공중의 정체 현상이 심각해지고 있으며, 이에 따라 관련 비용의 증가도 심각한 수준에 달하고 있다. 항공기 대형화는 규모의 증대를 통하여, 공항의 이착륙 서비스 수요의 적절한 통제와 나아가서 비용의 절감을 가능케 할 것으로 기대한다.⁷⁾

공급요인으로는 기존 보잉사의 B747기의 개량적인 확장에 의해서 500인승급을 개발할 수 있는 기술수준을 갖추고 있다. 또한 에어버스사는 점보여객기 시장을 독점하

6) 한국교통연구원(2008), 『월간교통』, 통권 제119호

7) 과거에는 초대형여객기의 개발에 대한 비판론도 적지 않았다. 이러한 비판론은 주로 대형여객기 시장의 선발 주자인 보잉사측으로부터 심심치 않게 강조되고 있었는데, 대형 민항기 시장에서 현저한 우월적 시장지위를 유지하고 있었으며, B747기로부터 막대한 기득이익을 누리고 있었던 보잉으로서 는 당연한 전략적 태도였다. 이들의 논리는 초대형기의 개발로 최소 25%의 단위비용 절감의 실현이 불확실하고, 적어도 앞으로 20년간에 걸쳐 전세계에 동급 항공기에 대한 충분한 수요창출이 불확실하다는 점에 근거를 두고 있었다. 이러한 수요의 제약 및 불확실성은 여러 나라가 참여하는 공동개발에 대한 수요를 증대시키는 요인으로 작용했다.

고 있는 B747기에 대항하기 위해 2000년 12월 A380기 개발에 착수하여, 2005년 4월 프랑스 툴루즈에서 시험비행을 성공적으로 마쳤다. 에어버스 A380기는 555~853석의 좌석배치⁸⁾가 가능하며, 2007년 싱가포르항공사를 시작으로 상업 운항 중이다.

이러한 계획들은 향후 10여년 동안의 항공운송수요를 기반으로 논의되고 있는 것으로서, 보다 장기적으로는, 불확실하지만 훨씬 혁신적인 규모의 증대가 예상된다. 즉, 개발의 규모가 현재 논의되고 있는 500인승 내지 1,000인승급 정도에 국한되지 않고, 기술적인 제약을 극복하여 수천명의 승객을 동시에 실어 나를 수 있는, 바다위의 대형 여객선에 비견되는 새로운 개념의 초대형 항공기의 출현이라 하겠다.

2. 개발현황

세계의 양대 항공기 제조사인 미국의 보잉사와 유럽의 에어버스사가 500인승 이상의 초대형여객기 시장에서 치열한 경쟁을 벌이고 있다. 1990년대에는 미국의 보잉사가 대형 민항기시장에서 주도적 역할을 하고 있었다. 당시 보잉사의 B747기는 세계시장의 60%를 차지하고 있었고, 특히 1997년 세계 민항기시장에서 시장점유율 3위 업체인 맥도넬 더글러스(MD)사를 인수, 합병하여 자사의 점유율을 70%까지 높였다.

보잉사의 유일한 경쟁업체였던 유럽의 에어버스사에게 보잉의 MD 합병은 자신들의 존립 기반을 송두리째 흔들 수 있는 적색경보로 나타났다. 에어버스사는 보잉과 MD의 합병으로 생존을 위한 체질개선을 하지 않을 수 없는 수세적 처지로 내몰렸고, 상대적으로 비효율적인 컨소시엄 방식을 탈피하여 1999년 회사 체제를 주식회사 형태로 전환하고, 단일한 경영체제를 구축하는 등 효율적인 조직개편을 단행했다. 이후 약 5년 동안 전 세계 시장점유율을 21%에서 50% 가까이 끌어올려 라이벌 보잉을 바짝 추격했다. 특히 초대형여객기인 A380기의 개발로 30여년간이나 대형여객기 시장을 독점해 온 보잉사의 B747 아성을 위협하는 등 경쟁이 더욱더 치열해지고 있다.

양측의 초대형여객기 개발에 대한 투자는 일시에 500명 이상이 이용하는 장거리 노선이 계속 늘어나고 있는데 따른 것으로서 영국과 호주, 아시아와 유럽 노선 등이 대표적이다. 또 선진국에 국한되었던 대형항공기 수요가 중진국 및 후진국으로 확대되고 있는 것도 초대형항공기 개발경쟁을 촉발한 이유이다.⁹⁾

8) 퍼스트클래스, 비즈니스클래스, 이코노미클래스 등 3개의 클래스로 구성할 경우 555석의 좌석확보가 가능하고, 이코노미클래스로만 좌석을 배치할 경우 853석까지 가능하다.

9) 사실 A380 프로젝트를 시작하기 전까지만 해도 에어버스와 보잉은 각기 초대형 항공기 시장에서의 진입계획에 골몰하고 있었다. 양사는 초대형 상용기(Very Large Commercial Transport)란 이름으로 600석 이상의 항공기 연구를 공동으로 진행하여 다양한 발표를 했지만, 암묵적으로는 600~800석 시장 부문을 담당할 업체가 정해지길 바랐다. 양사 모두 초대형 항공기 개발이 특정 시장에만 한정되어 있다는 위험성을 인지했기 때문이다. 실례로 록히드사의 L-1011과 맥도넬 더글러스사의 DC-10의 경우를 들 수 있다. 두 항공기 모두 DC-8과 B747 사이의 기술격차를 해소해 주었으나, 시장에서는 두 항공기 중 한 종류만 생존하였고, 그 결과 록히드사는 민간 상용기 부문 시장을 떠나게 되었다. 그러나 에어버스와 보잉은 각자의 방법으로 신형 600석 항공기 시장에 뛰어들기로 결심한다. 신현수(2006), "정보 제트 B747-8 & 슈퍼절보 A380", 『월간항공』.

<에어버스사>

에어버스사는 먼저 초대형항공기 개발경쟁에 뛰어들었다. 그동안 국제항공기 시장에서 상대적 열세에 처해 있던 에어버스사의 출자국가인 영국, 프랑스, 독일 및 해당국가 항공기 제작업체들은 1996년 2월에 “슈퍼점보제트기” 개발에 나섰다. 당시 에어버스는 수년간의 연구 끝에 최종 예산 약 120억 유로를 투입해 650인승급 A3XX 기종을 개발한다는 계획을 세우고 국제적인 합작개발을 추진했다. 2005년 4월 프랑스 툴루즈에서 시험비행을 성공적으로 마치고, 2007년 10월 싱가포르항공사는 싱가포르 창이 국제공항에서 시드니 킹스포드 스미스 국제공항으로 가는 첫 상업비행을 실시했다.

현재 A380 기종에는 사실상 한 가지 파생형이 있는데, 종전의 B747기를 능가하는 세계에서 가장 큰 여객기가 된 A380-800 모델이다. 러시아 안토노프(Antonov)사의 An-225기종(최대탑재량 250톤)¹⁰⁾을 제외하면 사실상 가장 큰 적재 공간을 지닌 화물기종인 A380-800F(최대탑재량 150톤) 모델은 A380기의 지속되는 인도 지연으로 인해서 발주사 Fedex와 UPS의 주문취소로 개발이 중지된 상태에 있다.

향후에는 A380-900이라는 기종이 추가될 것으로 예상되고 있다. A380-900은 일반석으로 좌석 배치를 할 경우 1,000석 이상이 가능할 것으로 기대되어 인도와 같은 나라의 저가항공사용으로 적합할 것으로 예측되고 있다.

<보잉사>

보잉사는 20세기 대형여객기 시장에서 독점적 위치를 고수해온 B747-400기종이, 차츰 경쟁사인 에어버스의 A380-800에 비해 수주 경쟁에서 밀리면서, 국제항공기시장에서의 선두자리를 유지하기 위한 신형 모델의 개발에 부심하고 있다.

2005년 11월 보잉은 신형 B747 모델 B747-8을 발표했다. 발표 이전까지의 모델명은 B747 어드밴스(advanced)로 이 신형 모델은 B787¹¹⁾에서 사용했던 엔진과 조종석 기술을 차용했으며, B747-8이란 이름도 여기에 따라 명명되었다.

B747-8기에는 두 가지 파생형이 있는데 여객용인 B747-8 인터컨티넨탈(intercontinental)과 화물용 B747-8F가 있다. 여객용인 B747-8 인터컨티넨탈은 3개의 클래스에 450명까지 탑승이 가능하며 시속 1,000km로 14,000km까지 비행이 가능하다. 일반인에게 잘 알려진 B747-400에서 파생된 B747-8은 조종사 훈련과 호환성 면에서도 경제적으로 평가된다. 공항시설 면에서 에어버스의 A380과 비교해 볼 때 B747-8은 현재 운영되고 있는 공항 인프라에서 별도의 공항시설 변경 없이 운용이 가능하다.

B747-8 인터컨티넨탈은 400~500석 시장을 겨냥한 여객기로 B747-400과 비교해 볼

10) 러시아어로 꿈이라는 뜻의 ‘무리야(Mriya)’라는 이름으로 불린다. 북대서양조약기구에서는 ‘카자크(Cossack)’라는 별명으로 부른다. 개발의 주목적은 러시아의 우주왕복선 ‘뷰런(Buran)’과 그 추진로켓 등을 동체 위에 싣고 발사하기까지 공수하기 위한 것이었다.

11) B787 드림라이너의 대표적인 특성은 기존 동급 항공기에 비해 연료사용량이 20% 가량 낮다. 보잉은 롤스로이스의 트랜트 1000 또는 GE의 GENx 엔진 등 효율성이 증가된 새로운 엔진과 항공기 중량을 줄이기 위한 복합 소재 및 전자식 장비의 대폭 사용, 그리고 공기저항을 줄이기 위한 공기역학적 디자인 등을 통해 연료소모량을 줄였다.

때 동체길이가 5.6m 길며, B787에 탑재되는 엔진을 사용하여 소음, 배출물, 연료효율성 등을 개선했다. 또한 B747-400과 비교해 운용비용 2%, 마일당 좌석 비용을 10% 감소시켰으며 화물칸 용적을 28% 늘렸다. 또한 이전 모델보다 연료효율성은 16% 향상되고, 소음은 30% 감소되었다. B747-8 인터컨티넨탈은 2010년 말경에 항공사에 인도되어 운항 예정이다.¹²⁾

나. 차세대 초음속여객기(HSCT) 개발

1. 개발전망

항공기의 대형화와 함께 미래 항공기의 개발 방향은 자연스럽게 그 속도의 고속화로 이어지고 있다. 현재 민간 여객기에 일반화되어 있는 아음속의 터보팬 항공기로부터 차세대의 초음속 항공기로의 발전이 되겠다. 초음속 비행기는 군용기의 경우 2차 대전 이후에 이미 실용화된 바 있고, 민항기의 경우에는 1960년 말 영국과 프랑스 합작의 콩코드기가 제한적이거나 출시된 바 있다.

그러나 이후에 초음속 민항기는 여러 가지의 제약으로 인해 일반화되지 못한 상태이다. 이 한계를 극복한 차세대급의 초음속 항공기로, 속도는 마하 2.5, 규모 250인승급, 항속거리 1만km 정도가 현재 활발히 논의되고 있는 수준이다.

초음속여객기의 수요요인으로는 우선 장거리 노선의 수요증가를 들 수 있겠다. 즉, 미국, 유럽과 아시아 주요국을 잇는 최장거리 노선의 급속한 운송수요 증가로 초음속 여객기에 대한 요구가 증대되었다는 점이다. 또한 현재 10시간대의 태평양 노선의 운항시간을 약 4~5시간대로 줄임으로써, 전 세계의 1일 생활권화 요구에 훨씬 근접하고 있다는 점이다. 마지막으로 콩코드기의 실패 이후, 보다 개선된 차세대 초음속기의 출현이 꾸준히 요구되고 있다.

공급요인으로는 초대형여객기 개발계획과 비교해 상대적으로 기술적인 어려움이 많다는 점이 문제로 지적된다. 운항속도 측면으로 본다면 마하 5정도까지 기술적인 가능성이 논의되고 있으나, 단기적으로는 여러 가지 어려움 때문에 마하 2.5정도가 대체적인 목표로 설정되어 있다. 우선 해결해야 할 난제는 소음, 오존층 파괴 등과 관련된 환경제약을 극복하기 위한 엔진기술의 개선이다. 이를 위해서는 현재 variable cycle turbo fan engine 등이 구상되고 있다. 다른 중요한 과제는 중량감소를 위한 신소재 합금의 개발이다. 여기에는 티타늄계합금, 니켈계합금, 탄소복합소재 등의 적절한 개발이 요구되고 있다.

차세대 초음속여객기의 개발을 위해서는 기존의 전통적인 항공기 형상을 초월하는 신개념의 구상이 요구된다. 이와 관련하여 유럽의 에어버스사가 도입하고 있는 것은 소위 TSA(Three Surface Aircraft)개념이다. 이것은 기존의 동체 중간의 주날개와 꼬리날개 이외에 동체 앞부분에 소형날개를 부착하고자 하는 구상이다. 이에 반해 보잉사

12) "B747-8 인터컨티넨탈 최종 형상 확정"(2007), 「월간항공」, 12월호, p. 74.

에서 도입하고 있는 것은 Wing Flying Machine의 개념이다. 이는 동체를 가늘고 길게 하고, 주날개를 삼각형으로 크게 하되, 주날개 부분에 승객석을 위치시키고자 하는 구상이다.

수요요인과 함께, 공급요인의 제반 어려움 또는 불확실성의 가세로 인해 국제공동 개발의 필요성이 더욱 크다. 현재, 유럽, 러시아, 미국 이외에 일본도 적극적인 개발연구를 진행 중에 있다.

2. 개발현황

초음속민간항공의 시대는 지난 1969년 3월 콩코드여객기의 첫 비행과 함께 시작되었다는 데 의견을 같이 하고 있다. 그러나 콩코드여객기는 시장수요 부족과 환경문제 해소를 위한 기술부족으로 2003년 비행을 마지막으로 하여 이제는 상징적 존재로 끝맺음하고 있다.

시장수요의 확대와 더불어 기술적 과제에 대한 새로운 도전이 시작되었다. 현재 추진중인 초음속 민간항공기의 과제는 크게 환경친화기술과 초고속 항공기술의 두 가지로 나뉘볼 수 있다.

환경문제 해결의 첫 번째 과제는 소닉붐¹³⁾의 해소이다. 마하 2로 비행하는 콩코드여객기의 소닉붐은 유리창을 깰 정도인 90dB에 이른다. 따라서 초음속비행은 육지에선 금지되고 있으며, 충격을 받을 대상이 상대적으로 적은 바다에서만 허용되고 있다. 단지 사막이나 시베리아 같은 동토지대에서의 초음속비행만 검토되고 있다.

환경문제에 대한 두 번째 과제는 이착륙시의 엔진소음의 문제이다. 초음속비행에는 고속의 연료와 공기 분사가 불가피하기 때문에 심한 소음이 발생한다. 현재 NASA와 보잉사는 이를 줄이기 위해서 고속의 엔진 분사 기류를 저속의 외부공기와 섞고 방음 장치가 된 도관을 통과시켜 소음을 줄이는 방안을 연구 중이다. 또 엔진추력은 똑같이 유지하면서 기존 엔진소음을 18dB 이상 낮출 수 있는 엔진도 개발되었다.

셋째는 성층권에 대한 질소산화물(NOx)¹⁴⁾ 분사에 따른 오존층 파괴 문제이다. 일반 항공기는 20,000m 이하의 대류권을 비행하는데 비해 초음속항공기는 이보다 높은 성층권을 비행한다. 이때 비행기 엔진에서 분사되는 질소산화물들이 촉매작용을 일으켜 성층권에 존재하는 오존층을 파괴한다. 미국의 프래트 앤 휘트니(Pratt & Whitney jet engines)와 제너럴 일렉트릭(GE) 등의 엔진제작회사들은 질소산화물의 배출량을 80~90% 까지 줄일 수 있는 엔진을 개발 중에 있다. 그 한 가지 대안은 연소를 2단계에 걸쳐 실시. 질소산화물의 배출을 줄이는 것이다. 즉 연료가 공기에 비해 농도가 짙은 1차단계의 연소 이후 다시 새로운 공기와 섞어 농도를 연하게 한 뒤 2차 연소를 하도록 한다는 구상이다.

13) 비행기가 소리보다 빠른 속도로 비행하면서 기체에서 생긴 충격파가 대기에 흩어지기도 전에 전방과 후방 두 곳의 충격파에 집약돼 충돌하면서 폭발음, 즉 소닉붐을 발생시킨다.

14) 고온에서 연료가 타면서 발생하는 온실가스로 지구온난화를 유발하는 정도를 나타내는 '지구온난화 지수'가 이산화탄소의 310배에 달한다.

그리고 초고속 항공기술과 관련하여서는 NASA와 보잉사가 기체공학적 디자인과 터널시험을 통해 비행시 날개표면에 생기는 공기저항을 40% 가까이 해소했다. 공기막이 불규칙하게 소용돌이를 일으키지 않도록 앞으로는 날개 표면에 작은 구멍들을 뚫거나 마이크로센서를 부착, 이를 자동조절함으로써 공기마찰을 80~90%까지 줄일 수 있을 것으로 보고 있다. 초음속항공기는 음속통과시 표면온도가 177도까지 상승하기 때문에 고열과 충격을 잘 견디면서 동시에 가벼운 재료가 필요하다. 현재 구상은 티타늄 등 특수합금을 기체부위별로 섞어 사용하는 것이다.

<Supersonic Aerospace International, SAI>

SAI사¹⁵⁾는 록히드마틴사와 2,500만 달러의 계약으로 초음속 비행기 개발 프로젝트를 진행 중이다. 이 QSST(Quiet Supersonic Transport, 저소음 초음속 여객기) 프로젝트는 2013년에 완성되어, 2014년이면 상용화될 것으로 예측된다. 12인승의 QSST는 마하 1.8(약 시속 1,930km)의 속도로 고도 14,000~17,000m에서 7,400km 지속운항하며, 로스앤젤레스에서 뉴욕까지 2시간에 이동가능하다.

마하 1.6에서 1.8의 순항 속도를 위해 두개의 엔진 및 갈매기형 날개를 가진 이 여객기의 음속 폭음의 강도는 과거에 마하 2 속도의 콩코드여객기에 비하면 백분의 일 수준에 불과하다. QSST의 전반적인 형태는 콩코드여객기와 유사하지만 크기가 절반에 못 미치고, 미세 조절 공기역학을 이용해 기체의 초음속 비행시 발생하는 압력을 제어했다. QSST는 카나드(비행기 동체 앞부분에 달린 작은 날개, 선미익) 날개와 후퇴식 V형 꼬리날개(swept V tail)가 실질적인 상승력을 제공해 크고 넓은 날개에서 흔히 생기는 시끄러운 폭발음의 원인인 압력 변화를 방지한다. 역 V형 꼬리에는 기체 끝 부분에 엔진 두개를 장착할 수 있는데, 이러한 설계상의 특징은 충격파를 따로 분리시키고 서로 충돌하는 것을 방지한다.¹⁶⁾

<Aerion¹⁷⁾>

Aerion사에서 개발중인 12인승 초음속 비즈니스 제트기 SSBJ(Supersonic Business Jet)는 곧게 뻗은 직선으로 자연층류흐름(laminar flow) 기술을 채용함으로써 실용적이고 효율적인 제트기 개발에 중점을 두고 있다. SSBJ는 승객 8명에서 12명을 태우고 최고속도 마하 1.5로 7,400km 이상 비행 가능하다. Aerion사의 SSBJ는 2008년 스위스 제네바에서 개최된 EBACE 에어쇼에서 각광받으며, 초기수주가격이 8,000만 달러에 이르는 이 제트기의 총 수주액은 40억 달러에 이른다. Aerion사는 제트기 건조를 위한 컨소시엄을 구성 중이며, 2012년에 시험비행, 2014년에 상용화를 계획 중이다.

15) 2000년에 걸프스트림(Gulfstream)의 창립자 알렌 폴슨의 아들 마이클 폴슨이 설립.

16) Popular Science(2007) 2월호.

17) 미국 네바다주 리노에 소재한 Aerion은 상용 초음속 비행을 재도입하기 위해서 2002년에 설립된 첨단 엔지니어링 그룹이다.

< 표 1> 주요 구간의 비행시간

구간	SSBJ	아음속기	비고
뉴욕~파리	4시간 14분	7시간 23분	M1.6
파리~도쿄	7시간 35분	10시간 48분	중간 1시간의 연료보급
도쿄~뉴욕	9시간 33분	14시간 21분	중간 1시간의 연료보급
뉴욕~로스앤젤레스	2시간 12분	4시간 36분	M1.8
뉴욕~로스앤젤레스	3시간 52분	5시간	M1.1
뉴욕~로스앤젤레스	4시간 19분	5시간	M0.98
뉴욕~마이애미	1시간 33분	2시간 27분	M1.6
시카고~로마	4시간 12분	8시간 48분	M1.8
런던~두바이	4시간 55분	6시간 40분	M1.1
파리~아부다비	2시간 54분	6시간 6분	M1.8

주 : M1.8로서 계산하고 있는 것은 SAI사, 그 외는 Aerion사 예측

미래 항공기의 특징은 저대화 초고속화 장거리화이다. 환경친화기술과 초고속 항공기 기술 및 시장조건에 대한 요구사항이 만족된다면 800명 이상의 승객과 승무원을 태우고 마하 2.5~3.5의 초음속으로 13,000km 이상의 먼 거리를 날 수 있는 항공기개발이 가능하다. 이러한 초음속항공기가 앞으로 약 10년 후에는 상용화되고 21세기 중반까지는 마하 7~8 또는 그 이상의 극초음속 항공기도 시험비행에 들어갈 것으로 기대한다.

다. 그린항공기(Green Aircraft) 개발

지구 온난화를 포함한 “환경문제”는 전 산업을 아우르는 화두가 되고 있다. 항공업계는 지구 전체의 이산화탄소 배출량 중 약 2% 가량을 차지하고 있으며, 해마다 늘어가는 항공수요에 따라 이산화탄소 배출량도 따라서 상당부분 늘어날 것으로 보인다. 특히 지금의 증가세로 계속 진행된다면 오는 2050년쯤에는 약 5%까지 늘어날 것으로 예상되며, 2025년까지 항공기 이용자 수는 2배, 항공화물 운송량은 3배 증가할 것으로 보인다.¹⁸⁾

이미 엔진제작사인 롤스로이스사는 유럽항공자문위원회(Advisory Council for Aeronautics Research in Europe, ACARE)와 오는 2020년까지 2000년 대비 이산화탄소 50%, 질소산화물 80%, 그리고 소음 50%를 줄이기 위한 제안에 협의하고, 그 대책으로 연구개발 분야에 대한 지속적인 투자와 친환경 제품 개발에 노력하고 있다.

국가 차원의 노력은 항공사와 항공기 및 엔진 제작사 등 항공업계로 이어져 온실가스를 줄이기 위한 개발에 투자를 아끼지 않고 있다. 이미 A380, A350, B787 등 친환경

18) ACI Global Traffic Forecast 2006 - 2025. 국제공항협회(ACI).

개념을 도입한 항공기들이 상용화 중이며, 이들 항공기에 탑재된 엔진 역시 연료소모를 크게 줄인 친환경 엔진들로 개발되었다. A380에 장착된 롤스로이스 신형 트랜트 900엔진과 B787에 장착된 트랜트 1000엔진은 연료소모를 17~20% 저감시킬 수 있다.

제너럴 일렉트릭(GE)은 환경문제의 대책으로 에코매지네이션(Ecomagination, Ecology와 Imagination의 합성어)이라는 친환경 전략을 시행 중이다. 에코매지네이션 인증 엔진은 2008년 현재 1,100대 가까이 판매되면서 수주 매출 120억 달러를 달성했다.

<보잉>

보잉은 영국의 버진 애틀랜틱 항공(Virgin Atlantic Airways)과 GE 에비에이션(GE Aviation)과 협력하여, 세계 최초로 바이오연료를 사용하는 상용기를 제작하여, 농작물이나 수자원을 필요로 하지 않고, 바이오매스를 이용한 지속가능한 다음 세대 바이오연료 연구에 초점을 맞추고 있다.

버진 애틀랜틱 항공은 B747기를 이용, 여객기로는 처음으로 바이오연료를 사용한 비행에 성공했다. 바이오연료는 옥수수, 콩, 사탕수수 등 곡물에서 추출한 기름이나 당분을 발효시킨 연료로 화석연료의 대안으로 주목받아 왔으며, 특히 화석연료보다 온실가스가 약 30%가량 적게 배출된다. B747기의 4개 연료탱크 중 하나에 코코넛으로 만든 바이오연료를 20% 채우고, 1시간 가량의 비행에 성공하면서, 향후 10년 후 바이오연료의 혼합 비율을 50%까지 높이는 계획에 있다.

또한, 연료 전지(fuel-cell)를 동력원으로 하여 세계 최초로 유인수평직진(straight and level flight)비행에 성공하였으며, 보잉 계열사인 스펙트로랩(Spectrolab)은 154 메가와트(MW) 발전기를 가동하는 세계 최고의 태양열 전지의 생산이 가능하다.

보잉은 2012년까지 에너지 이용량과 온실가스 배출을 25% 추가 감소하고자 하는 연구와 재활용 및 유해 폐기물 감소에 대한 연구도 진행 중이다.¹⁹⁾

<에어버스>

에어버스는 수명이 다한 항공기를 일방적으로 폐기하는 대신 활용할 수 있는 부분에 대해서는 재활용 또는 재사용하는 파멜라(PAMELA, Process for Advanced Management of End of Life Aircraft) 프로젝트를 진행 중이다. 향후 30년 동안 약 6,000대의 항공기의 수명주기가 완료될 것으로 예상하고, 약 85~95% 가량을 재활용한다는 계획이다.

연료전지의 이용은 저공해의 효율적인 전기의 공급이 가능하고, 지상조업시 소음이 적고, 연료전지 사용시 발생하는 불활성 기체나 물과 같은 부산물이 생성되어 이를 다시 기체에 활용할 수 있다. 이에 따라 기체 내부의 여러가지 장비와 부대시설이 불필요하게 되면서 기체 무게를 경감시키는 역할을 할 수 있다. 에어버스는 상업용 항공기를 위한 연료전지 시스템을 수소공급을 통해 탑재형으로 시험 중이며, 이들 과정을 통해

19) 2008 Environmental Report. Boeing(2008)

전기뿐만 아니라 유압계통의 에너지원으로도 연료전지 파워시스템의 사용 가능 여부를 가늠하고 있다.

연료 절감에 핵심역할을 하는 항력 문제를 해결하기 위해, 에어버스 신형 항공기들에는 전부 진보적인 항공역학적인 기술들이 적용되어, 2020년까지 에어버스가 만드는 항공기에는 공기역학적으로 기존 항공기에 비해 약 20% 정도의 이산화탄소 배출을 경감시키기 위한 연구가 진행되고 있다.

또한, 에어버스는 저공해 발생 연료를 연구하고 점차 그 사용가능성을 높여 2020년에는 바이오 제트 연료를 차세대 연료로 보급, 2025년에 그 사용률을 25%, 2030년에는 30%까지 그 사용범위를 높이는 계획에 있다.

라. 기타

1. 태양광 비행기

스위스의 솔라 임펄스(Solar Impulse, 태양추진) 프로젝트는 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 하와이에서 애리조나에 이르는 6,120km 비행에 성공했다. 솔라 임펄스는 2011년 날개에 태양전지판을 붙이고 낮 동안 전지판에서 만든 전기를 배터리에 충전해 밤 동안 운항을 계속해 다른 에너지 없이 태양에만 의존한 세계 일주를 계획 중이다. 전체 무게는 자동차와 비슷한 2톤에 불과하고, 이중 리튬 전지가 450kg를 차지한다. 낮에는 고도 12,000m에서 비행하다 밤에는 3,000m로 떨어지는데, 글라이더처럼 최소 에너지로 비행하기 위함이다. 태양에만 의존하는 비행에서 가장 중요한 에너지 최적화를 위한 대책으로 변화무쌍한 기상조건에 대비해 충분한 전력 확보와 에너지 소모를 최소화시키기 위한 연구가 진행 중이다.

NASA의 AeroVironment사와 협력한 Helios 프로젝트는 태양열을 이용한 비행기로 최고 고도로 태평양을 순회하는 시험비행에 성공했다. 사람이 타지 않은 무인항공기로 62,000개의 태양전지를 이용해 22,800m 상공에 도달했다. 날개는 태양열 전지로 작동하는 14개의 프로펠러가 날개 하단에 부착되어 있고 각도조절이 가능하다. 이 비행기는 통신, 기상 관측, 군사부문 등에서 유용하게 사용될 것으로 예상된다.

2. 스마트무인기(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)

항공기의 무인화 추세는 군용으로부터 민수용으로 진화되고 있다. 단순한 군 정찰용 무인기로부터 실제 전투에 투입되는 전술적인 무인기가 개발되어 다기능화되고 있다. 향후에는 현재의 유인전투기에서 무인전투기(UCAV)의 개발이 급속도로 이루어져 유인전투기를 대체할 것으로 전망된다. 하지만 상업용으로서의 무인기 개발에 있어 기술력은 가능할지 모르나 운항의 신뢰성 및 안전성의 확보와 관련하여 고객의 심리적인 동의가 이루어지지 않아 앞으로 상당한 시간이 필요할 것으로 보인다.

3. 수직이착륙기(Vertical Take-off and Landing)

수직이착륙기는 이착륙 시에 활주를 하지 않고 수직의 경로를 취하며 상승 및 강하의 능력을 가진 비행기로 현재까지 군사용으로 많이 사용되었으나 향후에는 도심의 빌딩 위에서 운영되는 상업화 단계까지 이를 것으로 예상된다. VTOL 운항은 근거리 운항시간의 단축으로 접근성 및 편리성이 급격히 증가될 것으로 보인다.

수직이착륙기의 개발 목적은 군사 활동시 제한된 이착륙 환경을 극복하기 위한 것이었다. 틸트로터(Tilt-rotor)항공기는 이착륙시에는 헬리콥터처럼 로터를 이용하여 수직으로 떠오르고, 비행할 때는 로터를 앞으로 기울여 프로펠러로 작동시키면서 양력을 고정익으로부터 얻는 항공기이다.

한편 민간부문에서는 소규모 단거리 이착륙항공기(Short Take Off and Vertical Landing, STOVL)로 발전되고 있다. 미래의 VTOL, Tilt-rotor, STOVL 등의 항공기들은 개발투자비 대비 수익성(경제성), 도심공항의 이용 및 소음 문제점 등으로 인해 단기간에 실용화될 것으로 예측되지 않지만, 2020~2030년경에는 지역적으로 실용화가 가능할 것으로 전망된다.²⁰⁾

IV. 개인 자가용 항공기 (Personal Air Vehicle : PAV) 의 개발

이미 많은 국가들의 지상 운송수단은 포화상태에 이르렀다. 문제해결방안은 도로 확충으로 제한적이지만, 급증하는 교통수요에 비하여 도로의 증가율은 2~3% 정도에 불과하며, 건설비용 또한 천문학적이다. 최근들어 한 가지 대안으로 제시되고 있는 것이 개인 자가용 항공기의 개념이다. 공중교통망을 이용하는 PAV를 활용함으로써 제한된 지상도로망의 한계를 극복할 수 있고, 보다 적은 비용으로 교통망을 확충할 수 있다는 이점이 존재한다. 또한 지금의 승용차를 이용하는 것처럼 원하는 목적지까지 쉽게 도달 가능하며, 교통혼잡이 거의 없는 공중망을 이용함으로써 이동시간을 대폭 절약할 수 있다. 늘어나는 자동차와 기존 항공기의 수요를 PAV가 분담함으로써 교통문제를 일부 해결하고, 편의성을 증대시킬 수 있다.

가. PAV의 개념과 종류

PAV는 개인용의 자가용 항공기를 칭하며, 주로 1인 내지 4인용의 작은 비행기로서, 흔히 소유자가 직접 목적지까지 조종하여 운항하고, 일을 마친 후에 다시 돌아가는 용도의 항공기를 말한다. 물론 렌터카처럼 임대형 사업과, 택시처럼 영업용 운항도 가능

20) 김연명·박진서(2008), “미래형 항공교통수단의 개발 현황과 전망”, 『월간교통』, 통권 제 119호, 한국교통연구원.

하지만, 비즈니스 제트기와 같은 자가용 항공기와는 구별된다.²¹⁾

PAV는 도로 및 공항의 혼잡에 따라 기존 운송체계의 대안으로 개발되는 신개념의 운송수단으로, 현재까지 구축된 지상 및 항공 인프라를 활용하면서, 시간 절약과 공간 활용의 장점과 함께 도어 투 도어(door-to-door) 이동을 가능하게 한다.

개인의 자유의지가 훨씬 더 중시될 것으로 예상되는 미래 사회에서는, 도어에서 도어로의 개인의 자유로운 이동을 가능하게 하는 혁신적 수송 체계에 대한 요구가 증가하게 된다. 앞으로 PAV의 보급 및 확산은 기존의 문화를 혁신적으로 변화시킬 것으로 보이며, 기본생활에서부터 쇼핑, 오락 및 제반 업무에 이르기까지, 언제 어디서나 원하는 곳으로 자유롭게 이동 가능한 유니쿼터스(Ubiquitous) 형태의 발전이 촉진될 것이 기대된다.

또한, PAV는 전문적인 조종교육을 받지 않더라도 최소의 교육만으로 누구나 쉽게 운용이 가능하도록 하는 항행 안전시스템인 스마트 항법 시스템을 갖추고, 지상과 공중의 모든 교통망을 활용할 수 있는 자동차와 항공기가 결합된 형태로 발전될 것이다.

나. PAV 개발동향과 전망

1. 세계동향

전 세계적으로 언제 어디서나 빠르게 지점간(point-to-point, door-to-door) 수송을 가능하게 해주며, 현재의 자동차를 대체할 수 있는 개인용 항공기(PAV)의 출현이 강하게

< 표 2 > PAV의 종류

구분	내용	
싱글모드 PAV	순수 항공기 개념의 PAV로서 이를 이용하기 위해서는 자동차와 같은 지상 운송 수단의 보완적 이용이 필요함.	
듀얼모드 PAV	자동차와 항공기를 결합한 형태로 도로 주행과 비행이 동시에 가능함.	
비행체 개념	CTOL (Conventional Take-Off and Landing)	통상적으로 활주로를 이용한 이착륙 항공기.
	STOL (Short Take-Off and Landing)	단거리 이착륙이 가능한 항공기로 통상의 비행기에 고양력 장치를 덧붙인 것이다. 5m 높이로 상승하기까지의 활주거리가 80m 안팎이며 간이 포장된 비행장에서도 이용 가능함.
	VTOL (Vertical Take-Off and Landing)	수직으로 이착륙할 수 있어 활주로가 필요 없는 항공기로 현존하는 헬리콥터와 달리 상승 후에는 고속으로 비행 가능함.

21) 비즈니스 제트기로서의 자가용 항공기는 개인 소유의 항공기도 포함되기는 하겠지만 현재로서는 주로 회사의 업무용 항공기가 대부분이다.

< 표 3> NASA의 PAV 개발사업

사업명	내용
PAVE	- PAV의 개념 정립 위한 개발 초기 단계. - PAV 개발사업 기반 형성 계획. - 2015년까지 5개년 단위의 계획으로 진행 중임.
AGATE	- 관 산 학 연의 컨소시엄 구성. - 1997년부터 2002년까지 PAV 관련 기술 및 생산 공정 연구.
GAP	- 1997년부터 2004년까지 PAV에서 사용가능한 추진기술 개발 및 소형 항공엔진 개발.
SATS	- 미국 전역 5,400개 소규모 공항에서 관제가 가능한 기술 개발. - SATS기술을 사용하는 항공기는 착륙할 때 외에는 전자장비의 도움으로 특별한 교육 없이 운용이 가능함.

요구되고 있다. 최근 미국에서는 PAV가 새로운 운송수단으로서의 역할을 할 것으로 예측하고 이를 실현시키기 위한 장기적인 개발 프로그램을 진행시키고 있다.

PAVE(Personal Air Vehicle Exploration)는 NASA의 RASC(Revolutionary Aerospace System Concepts)의 일환으로 PAV의 기본적인 개념을 확립하기 위한, PAV 개발 초기 단계의 사업이다. 현재 항공기술에 바탕을 둔 개발계획의 수립, PAV를 개발하는데 필요한 기술을 선정하고, 관련된 기관과 연구소와의 연계, 부지를 확보하기 위한 방법 모색 등을 통하여 PAV 개발사업의 기반을 다지고 있다. 이를 위하여 2015년까지 장기적인 계획을 세워서 5개년 단위의 계획으로 진행 중에 있다.

AGATE(Advanced General Aviation Transports Experiment)사업은 PAVE 사업과 연계되어, 미국의 일반항공(General Aviation)을 부흥시키기 위하여 정부와 산업, 대학이 컨소시엄을 구성하여, 1997년부터 2002년까지 5년 동안 PAV와 관련된 기술의 신뢰성 및 생산공정을 위한 연구를 진행하였다. 주로 진보된 Avionics 기술과 저가형 Avionics 기술을 개발하는데 중점을 두었다.

GAP(General Aviation Propulsion)사업은 1997년부터 2004년까지 PAV에서 사용되는 추진 기술 개발 및 인증 사업과 디젤타입의 소형 항공엔진 개발 사업을 말한다. 자동차용 엔진을 사용함으로써 PAV의 생산가격을 낮추는 노력을 하였다.

SATS(Small Aircraft Transportation System)사업은 공항에 자주 발생하는 이용객의 집중 문제를 해결하기 위해 시작되어, 미국 전역 5,400개에 달하는 소규모 공항에서 관제가 가능하도록 하는 기술을 개발 중이다. SATS는 레이더나 관제 없이 동시에 여러 대의 소형 항공기를 통제할 수 있는 HVO(High Volume Operation), 운전자가 간단히 조작할 수 있는 SPP(Single Pilot Performance), 어떠한 환경에서도 편리한 정보를 제공할 수 있는 LLM(Lower Landing Minimums), 그리고 공항으로의 접근성을 높일 수 있는 ERO(En Route Operation) 등 4가지를 목표로 한다. SATS기술을 사용하는 항공기는 착륙할 때 외에는 전자장비의 도움으로 특별한 교육 없이 쉽게 운용이 가능하다.

SATS 프로그램을 통해 국지적 항공교통망이 보다 활성화되고, 이에 따라 규모에 관

계없이 모든 경제 단위의 균형적 발전이 가능하고, 기존의 고속도로나 Hub-and-Spoke 교통 시스템이 정체될 경우에는 실용적인 우회로를 제공한다. 또한 광대역 항공 시스템과 군소 공항간의 효과적인 통합이용 수단을 제공하고, 개발도상국에게 교통관련 기반설비를 경제적으로 즉시 구축시켜 줄 수 있으므로 해외 수출이 가능한 혁명적 교통 체계를 확보할 수 있다.

NASA는 2015년까지 미연방과 주 그리고 지역단위까지 모두 포함하는 SATS의 개발을 완료하고, 2020년까지는 미국 전역에 SATS를 적용할 수 있을 것으로 전망하고 있다.

미국 FAA는 차세대 항행안전 시스템인 ADS-B²²⁾의 지상인프라 개발을 진행 중이다. 또한, 유럽의 항행안전기구인 EUROCONTROL은 유·무인기를 통합한 관제 방법을 연구 중에 있다.

자이로콥터(Gyrocopter)는 Autogyro와 Helicopter의 장점을 갖춰 수직이착륙 PAV 중 가장 상용화가 빠르게 이루어질 것으로 보인다. 지상에서 동력을 이용하여 로터를 회전하고 일정 RPM이 되었을 때 로터의 동력을 끊는다. 관성력에 의해 회전 중일 때 블레이드에 피치각을 주어 양력을 발생, 수직으로 이륙(Jump Take-of) 시킨다. 이륙 후 추력 장치에 의해 전진하고 로터는 오토자이로(Autogyro)²³⁾와 같은 방식으로 비행 가능하다.

미국의 항공기 제작사 ICON이 2008년 7월 개인 자가용 항공기(PAV) A5 모델의 시험비행에 성공하면서, PAV의 미래 교통수단으로서의 역할에 대한 기대가 배가되고 있다. 2010년 상용화를 목표로 가격은 대당 약 14만 달러로 예상된다.

2004년 미연방항공청(FAA)은 비행기 조종면허와 관련하여 경량 스포츠 항공기 카테고리 신설함에 따라, 비교적 조종 면허 취득이 용이해져 앞으로 동 시장의 활성화가 더욱 촉진될 것으로 보인다. A5는 스포츠카, 제트스키, 비행기 등의 장점을 혼합해 설계되었는데, 날개를 접어 동체에 밀착시킴으로서 폭을 최대한 좁게 해 캠핑카를 끌고 다니듯 자동차로 이동이 가능하다. 제트연료나, 일반 가솔린 연료를 모두 사용 가능하고, 1리터에 약 7.5km 비행, 항속거리는 약 400km에 이른다.²⁴⁾

2. 국내동향

우리나라는 국내의 항공안전 기술력을 선진국 수준으로 향상시키기 위해, “건설교통 R&D 중장기 계획(2008~2012)”의 일환으로 항공 및 물류선진화 사업을 추진 중이다. 이는 인증용 항공기개발 등 항공제품의 해외수출기반을 마련하기 위한 항공안전기술개발사업으로 4인승급 차세대 소형 단발 피스톤 프로프 항공기와 함께 관련 안전부품

22) ADS-B(Automatic Dependent Surveillance-Broadcast)는 동작 상태(수평, 수직 위치, 속도)를 주기적으로 방송하는 항공기 또는 지상장비에서 발생? 제공하는 기능으로 항공기의 제약사항(가시선 미 확보로 인한 통신 두절) 등을 최소화하거나, 항공관제 기능을 향상시키고, 항공기 충돌의 방지를 통해 안전 비행을 유도하는데 사용된다.

23) 로터허브축에 동력이 없으며 자유롭게 돌고 다가오는 바람에 의해 블레이드는 자유롭게 회전하여 양력을 생성한다. 로터축에 동력이 없으므로 수직이륙, 호버링 등은 불가능하고, 전진 속도를 위한 추력장치가 필요하다.

24) ICON사 홈페이지(www.iconaircraft.com)

및 기술을 개발하는 것을 목표로 한다.

개발이 추진되는 단발 피스톤 프롭 항공기는 디젤엔진으로 구동되며, 조종사의 편의를 높이기 위한 전자항법장치가 탑재되는 등 동급 최고 수준의 안전 기준이 적용될 예정이며, 2013년까지 인증시험용 항공기 4대를 개발해 미국 정부와 상호항공안전협정(BASA)을 체결하는 것을 목표로 추진된다.

또한 항공기의 안전성을 향상시키기 위해 기체결합 등을 실시간으로 조종사에게 제공하는 실시간 항공기 안전진단시스템(HUMS)과, 야간 및 악천후시 사고 예방을 위해 3차원 지형 가상현실 비행영상을 제공하는 합성비행영상시스템, 소형항공기용 지상충돌경보장치 등 항공사고예방기술이 개발된다. 이번 항공안전기술개발사업의 추진으로 항공 선진국 수준의 항공교통 기술력을 확보하고, 국내 개발 민간 항공제품에 대한 안전성을 확인할 수 있는 기술력을 갖추며, 국산화 개발을 통해 소형항공기 시장에 수출 가능한 기반을 마련할 수 있을 것으로 기대한다. 그리고 단발 피스톤 프롭 항공기는 국내 지방공항을 연결하는 에어택시망, 해안정찰 및 산림감시, 조종사 훈련, 레저 스포츠용 등 다양한 항공시장 수요에서 활용 가능할 것으로 보인다.

이처럼 우리나라는 소형항공기 개발을 통해 향후 PAV 생산을 위한 기본적인 플랫폼 확보가 가능할 것으로 기대한다. 친환경, 고효율, 지능형의 혁신 PAV개발을 위해서는 앞으로 크게 네가지 방향으로의 연구가 필요시 된다. 지능형 항법시스템 개발, PAV 교통체계 개발, 고효율 추진시스템 개발, 혁신 PAV 비행체 개발 등이 그것이다.²⁵⁾

또한, 산·학·연의 컨소시엄을 구성해 공동연구개발을 추진하고, ICAO, FAA, JAA 등 국제적 기관과의 협력으로 국제기술표준을 달성하기 위한 노력이 필요하다. 그리고 핵심 스마트기술을 접목한 지능형 무인항공기술 등 다양한 무인기 개발을 통한 무인항법 기술의 축적은 향후 PAV 개발에 유용하게 활용이 가능할 것으로 보인다.

< 표 4> PAV 개발 기본전략

전략	내용
지능형 항법시스템 개발	- 유무인 항공항법 및 지상관제 기술 연계 및 활용 - 기존 플랫폼을 활용한 항법시스템 개발 및 시험평가
PAV 교통체계 개발	- IT 산업분야와의 공동개발 및 기존 항공교통 인프라의 적극적 활용 - 기존 플랫폼을 활용한 PAV 교통체계 개발 및 시험평가
고효율 추진시스템 개발	- PAV 개념과 부합된 고효율 추진 시스템 개발 - 기존 사용엔진을 베이스 엔진으로 한 성능향상 및 수정 개발
혁신 PAV 비행체 개발	- 경쟁방식에 의한 PAV 비행체 개념 조기 발굴 및 국제 특허 출원 - 학연 연계를 통해 체계 및 부품의 핵심, 원천기술 위주로 기술자립화 추진

자료 : PAV 개념, 한국항공우주연구원 항공사업단.

25) PAV 개념, 한국항공우주연구원 항공사업단.

3. 우리나라의 기회

국내 기준으로 지난 “2004년 전국 교통 혼잡비용”은 23조 1천억으로 GDP대비 2.97%를 차지한다. 이러한 비용 규모는 경부고속도로(417.4km)를 매년 2.5개, 인천국제공항 2.9개, 행정중심복합도시 2.7개를 건설할 수 있는 정도의 천문학적 비용으로 교통혼잡 완화를 위한 지속적 노력이 필요하다.²⁶⁾

자동차는 그 특성상 지상이라는 한정된 공간을 이동해야 한다. 따라서 계속되는 도로의 확충에도 불구하고, 자동차 증가 대수에 도로 공급이 따르지 못하며, 결국은 교통 정체 문제를 유발하게 된다. 현재의 자동차 증가 대수 추이에 따르면 교통 정체 비용은 갈수록 증가하여, 매년 20%씩 증가할 것으로 예측된다. 한정된 지상공간으로 인해 불가피하게 발생하는 이러한 문제들을 보다 적은 비용의 공중 도로의 건설을 통하여 완화시킬 수 있다는 이점 때문에 PAV의 필요성이 크게 부각되는 것이다.

또한 다양한 산업의 발전으로 우리나라의 물류 이동량은 해마다 증가하고 있으며, 생활수준 향상으로 인하여 항공기를 이용한 이동이 늘어나고 있다. 이로 인해 항공 운송 수단을 이용하기 위한 시간과 비용이 증가하게 되었다. 하지만 물류 시스템과 동일 도로를 이용하는 자가용의 증가를 PAV가 막음으로써, 물류의 도로 이용률을 크게 높일 수 있을 것이 기대된다.

PAV분야는 종전까지만 해도 일부국가의 연구기관과 소규모 벤처회사를 중심으로 연구개발이 이루어져 왔지만, 현재에는 여러 국가에서 정책적으로 연구개발이 진행되고 있다. 이미 여러 국가에서 PAV를 차세대 주요 항공교통수단으로 인식하고, 개발을 위한 기술 분야의 투자와 함께 향후 운용을 위한 관제시스템 고안에도 분주하다.

항공기산업은 최첨단의 기술집약적인 체계종합산업으로 기계, 소재, 전자, 정보통신 등, 후방산업의 기술을 요소기술로 하여 국가 산업구조의 고도화를 견인하는 차세대 성장동력산업의 하나이다. 우리나라는 자동차, 조선, 전자, 정보통신 등 관련산업 분야에서 뚜렷한 경쟁력을 가지고 있음에도 불구하고, 그것들의 집약산업인 항공기산업에서는 선진국과 비교해 상당히 뒤쳐져 있는 것이 사실이다.

예컨대 우리나라 관련산업의 발전 정도를 살펴보면, 우선 메모리반도체 분야의 경우 우리나라 기업이 1, 2위를 차지하여, 약 45%의 세계시장 점유율을 나타내고 있고, 조선부문에서는 범용상선, 운반선, 선박용 엔진 등의 분야에서 50%가 넘는 세계 시장 점유율을 보이고 있다. 또한, 철강(5위), 자동차(5위), 전자산업(2위) 등의 부문에서도 우수한 산업기술력을 바탕으로 세계 선진국과 어깨를 나란히 하고 있다.

중 대형 항공기시장이 미국의 보잉사와 유럽의 에어버스사에 의해 양분되고 있는 현재 상황을 고려해 본다면, 아직 개척이 미미한 PAV 시장에서의 진입을 위한 연구개발에 미리 착수한다면 미래의 항공시장에서 유리한 위치를 선점할 수 있는 기회가 될 것이다. 가까운 미래에 PAV시장은 기존의 고급형 자동차 시장부터 대체하고, 그 이후에는

26) 평택-음성간 고속도로 건설비 약 220억원/km, 인천국제공항 건설비 약 7조9천억, 행정중심복합도시 건설비 약 8조5천억을 기준으로 하였음. 2004 교통혼잡비용 보도자료, 한국교통연구원(2006)

일반 자동차 시장도 잠식할 것이라는 예측이 가능하다. 따라서 PAV산업을 미래의 국가전략산업으로 발전시키기 위해서는 적기의 투자와 연구개발이 필요하다.

현재 각국은 PAV기술개발에 대한 적극적인 투자로 가까운 미래에 시장이 형성될 것으로 내다보고 있다. 물론 우리나라도 스마트무인기와 소형항공기를 기반으로 하여 기술력 검증과 기본 플랫폼의 확보를 노리고 있다. 우리나라는 우위를 점하고 있는 전자, 디스플레이 부분의 IT기술 활용과, 가장 가까운 근접 기술의 하나인 자동차 생산기술의 응용으로, PAV 개발과 부품생산, 스마트항법기술 등에 있어서 유리한 기회가 있을 것으로 보인다.

PAV를 중심으로 한 틈새시장에서 우수한 부품의 생산과 기술력의 확보는 향후 세계 항공기시장에서 우리나라의 위상을 높이고, 경쟁력을 구축하는 좋은 기회가 될 것이다.

V. 맺음말

항공산업은 부가가치가 가장 높은 최첨단 산업으로서, 타 산업으로 광범위한 기술 파급을 통해, 제조업 전반의 경쟁력을 한 차원 제고시킬 수 있을 것이 기대되는 국가적 전략산업이다.

또한, 항공산업은 신기술과 새로운 자원의 발굴에 부응하여, 높은 기술 및 자원 선도성을 갖는다. 새롭고 혁신적인 첨단기술의 대부분은 그 최초의 활용처로서 항공분야에 크게 의존하며, 많은 신물질 및 새로운 자원도 이 분야에 최초로 사용되는 것이 통상적이다. 이러한 신기술 및 신소재에 대한 초기수요의 제공은 관련 기술혁신 및 소재 개발에 대한 수요측면의 인센티브를 제공함으로써, 중요한 혁신의 기초기반으로 작용하게 되는 것이다.

이와 더불어 항공산업은 그 산업 발전의 장기성, 수익제공의 불확실성, 파급효과의 전방위성, 방위측면의 전략성 등의 요인에 의해, 가장 공공재적인 성격을 가지는 기간 산업으로서, 정부의 역할이 가장 강조되어야 할 산업이다. 민간부분에 그대로 맡겨 두었을 때에는 사회적으로 바람직한 수준의 발전이 되지 않는, 정ia향의 외부효과가 큰 산업으로서, 이 때문에 미국, 프랑스, 일본 및 기타 대부분의 국가에서도 정부가 직접 개입하거나 또는 간접적으로 지원하여 육성 발전시키고 있는 분야이다.

현재 우리나라의 항공산업은 선진국과 비교해 뒤쳐져 있는 상황이다. 주요 기술수준은 선진국 대비 약 20~30%로 추산되고 있으며, 세계적으로는 우리나라 경제의 세계 속에서의 현 위상에 크게 못 미치는 20위권 밖에 머물고 있는 상황이다.

군용기의 창정비 이후, 기체 및 엔진 부품을 중심으로 한 일부부품의 국제 하청생산, 차세대 전투기를 포함하는 일부 기종의 기술이전 면허조립 생산, 중형항공기 개발사업, 초·고등훈련기 개발사업 등 양적으로 꾸준한 발전을 거듭해왔고, 최근의 국내 최초 초음속 비행기인 'T-50 고등훈련기'의 수출성공은 매우 고무적인 일이라 하겠다.

그러나 우리나라의 항공산업은 우리나라가 지니고 있는 기술 및 경제적인 자원 및 그 기회에 비해 상당히 낙후되어 있는 것이 현실이다. 우리나라의 경제규모 및 무역규모는 세계 13위에 위치해 있고, 우리나라의 경제발전 추세가 앞으로 크게 왜곡되지 않는다면, 앞으로 21세기 중반의 우리나라 경제의 위상은 적어도 양적으로는 세계 5위권 이내에 들 것을 기대하기도 한다.

하지만 우리나라 항공산업의 현재 위상이나 그 발전 속도에 비추어볼 때, 21세기 중반의 동 산업의 세계 속에서의 위상 전망은 그리 밝다고 할 수 없겠다. 항공산업이 전체 산업에서 가지는 전략적 중요성과 파급성을 고려하고, 우리가 가지고 있는 집중적인 산업정책의 자원이 그 투자처를 잃고 있는 현재의 상황을 고려할 때, 정부의 역할이 가장 요구되는 항공산업에의 정부 및 국가 자원의 집중은 현시점에서 매우 적절하고 긴급하다 하겠다.

현재 반도체, 자동차, 조선 등의 분야에서 우리나라가 획득하고 있는 바와 같은, 상대적인 우위를, 보다 기술집약적이고 체계종합적인 분야인 항공산업에서 확보하는 것은, 우리나라 경제의 장기적인 발전을 위해 적절한 목표설정이라 하겠다. 구체적으로 우리나라의 장기적인 발전을 위해서는 앞으로 50년 이내에 항공분야에서 세계 5위권 이내에 들 것을 목표로 하여, 지금부터 우리경제가 가지고 있는 여러 가지 자원을 이 분야에 집중시켜야 할 것이다. 특히 동산업의 파급성, 장기성 및 공공성을 고려할 때, 정부의 역할이 특히 중요하고, 또한 산업조직의 집중을 위한 노력도 지금부터 강조되어야 할 것이다.

앞에서 언급한 바와 같이, 중·대형기 시장은 이미 보잉과 에어버스의 양사 체제로 양분되어 있다. 따라서 우리나라는 차세대 항공교통수단의 개발과 동시에 틈새시장을 공략하기 위한 마케팅 전략을 갖춰 미래를 대비해야 한다. 초대형여객기, 차세대 초음속여객기, 친환경항공기 그리고 PAV에 이르기까지 미래형 항공기에 대한 요구는 분명 우리나라가 항공선진국으로 진입하는 좋은 기회가 될 것이다. 우리나라는 항공기 국제공동개발을 통해서 선진기술을 확보하고, 전 세계적으로 우위를 점하고 있는 IT, 자동차, 조선 등 관련산업 분야의 최첨단기술을 적극적으로 활용한다면, 부품시장 뿐 아니라 미래형 항공교통수단의 생산 강국으로 우뚝 서게 될 것을 기대한다.

초대형항공기, 초고속여객기, 그린항공기, 태양광 항공기 등 상대적으로 대규모의 선진국형, 미래형 항공기의 개발에는 국제공동개발에의 참여로 기술습득 및 산업참여를 기하고, PAV와 같이 상대적으로 기술점근이 용이하고 투자규모가 적은 틈새시장 분야에는 적극적인 주도개발의 선례적 시도로, 앞으로 우리나라 항공기산업 발전의 도약의 기회로 삼아야겠다.

[참고문헌]

<국내문헌>

1. 김연명·박진서(2008). “미래형 항공교통수단의 개발 현황과 전망”, 『월간교통』, 통권 제 119호. 한국교통연구원.
2. 안영수(2007). 『항공우주산업의 2020 비전과 전략』, 산업연구원.
3. 이기상(1997). “항공우주분야”, 『비전 2045』, 세종연구원.
4. 이종원 외(2005). “미국의 General Aviation용 소형항공기 기술개발 동향”, 『항공우주산업기술동향』, 3권 1호, pp. 35~42.
5. 이준호·조국형·이재우(2006). “미래형 교통수단으로서의 PAV 개발 현황 및 전망”, 『한국항공우주학회지』, 제34권 제3호, pp. 101~108.
6. 최성욱(2005). 『개인용항공기기술개발』, 스마트무인기 기술개발 사업단.
7. 파플러 사이언스(2007) 2월호.
8. PAV(Personal Air Vehicle) 개념, 한국항공우주연구원 항공사업단.
9. 2004 교통혼잡비용 보도자료(2006). 한국교통연구원.
10. 2007 세계항공수송동향(2008). 한국항공진흥협회.
11. 국토해양부 홈페이지(www.mltm.go.kr)
12. 미국 연방항공청 홈페이지(www.faa.gov)
13. 미항공우주국 홈페이지(www.nasa.gov)
14. 보잉사 홈페이지(www.boeing.com)
15. 솔라임펄스 프로젝트 홈페이지(www.solarimpulse.com)
16. 스마트 무인항공기 기술개발사업단 홈페이지(www.smart-uav.re.kr)
17. 에어버스사 홈페이지(www.airbus.com)
18. 월간항공(Aerospace & Defence) 홈페이지(www.wasco.co.kr)
19. 유럽항공자문위원회(ACARE) 홈페이지(www.acare4europe.com)
20. 한국항공우주연구원 홈페이지(www.kari.re.kr)
21. 한국항공우주산업(주) 홈페이지(www.koreaaero.com)
22. Aerion사 홈페이지(www.aerioncorp.com)
23. ICON사 홈페이지(www.iconaircraft.com)
24. SAI사 홈페이지(www.saiqsst.com)

<외국문헌>

1. ACI Global Traffic Forecast 2006~2025. ACI.
2. FAA Aerospace Forecasts FY 2004~2015. Federal Aviation Administration.
3. Herman A. Rediess(2004), *Air Transportation Infrastructure Concept for the 21st Century*, NASA Intergrated Communications, Navigation and Surveillance Conference and Workshop.
4. Joseph R. Chambers(2003), *Concepts to Reality : Contributions of the NASA Langley Research Center to U.S. Civil Aircraft of the 1990s*. NASA SP-2003-4529.
5. Sally C. Johnson(2002), *2010 Concepts of Operations Document*, National Consortium for Aviation Mobility.
6. Small Aircraft Transportation System(SATS), NASA Langley Research Center.
7. 2008 Environmental Report(2008). Boeing.