

# 항공기 산업의 미래

본지 편집 객원 서병홍

항공기 제작업계는 세계 항공기 여객시장을 놓고 양분된 상태이다. 보잉이 미국의 또다른 여객기 제작사인 맥도널 더글러스사를 합병했고 이것을 E U가 승인함으로써 기정사실로 인정되어 세계 최대의 메머드 항공기 메이커로 자리매김이 된 상태이다 이에 대하여 유럽의 에어버스사는 세계시장의 절반을 점유한다는 거창한 목표를 내걸고 전의를 불태우고 있다

어쩌면 E U의 보잉사 인정은 에어버스사의 시장전략에 자신 있음을 기초로 했는지도 모르겠다. 이런 판도변화와 아울러 항공기 운항회사들은 항공사업의 규제완화로 경쟁체제가 가열하는 가운데 보다 값싸고 보다 안전하며 보다 수익성이 좋은 항공기를 원하고 있다. 이런 운항사의 요구와 수요를 어떻게 충족할지... 항공기산업의 미래에 대하여 몇 가지 전망을 요약해 본다 <편집자주>

## 항공규제 완화와 항공여객시장 동향

### 규제 완화에 따른 업계의 변화

#### (1) 미국의 경우

미국에서는 항공운항업의 규제완화에 따라 노선의 참여와 운임책정이 자유화되어 많은 신규운항회사들이 값싼 중공 항공기와 저운임을 무기로 다투어 운항업에 참여했다. 1974년 전국에 165개업체였던 정기항공운항회사는 1978년에 226개사, 1984년에는 283개사로 증가하여 여객운항쟁탈의 불꽃을 튀겼다.

이렇게 신규참여 회사에 의해 시장을 잠식당한 우수 운항회사들은 자사의 노선망을 재정비하여 채산성이 나쁜 노선은 정리하면서 운항의 효율화와 여객들의 편의를 양립시키는 운항경영을 실행했다.

이 노선망은 가령 UA사의 시카고, AA사의 달라스, DELTA사의 아트란트등과 같이 핵심공항을 중심으로 방사선상으로 노선을 배치하여 한번만 갈아타면 미국

항공운항에 관한 규제완화의 시작은 20년전인 1978년 미국에서 발단되었다 그 내용은 미국의 항공운항업계를 조절해온 민간항공위원회(CAB)를 폐지하여 항공노선의 참여, 철회와 항공운임의 규제를 풀어 자유화하는 것이었다. 미국의 이러한 규제완화는 유럽과 일본에 자극되고 우리나라에도 지 영향을 미쳤다.

먼저 유럽은 E U 탄생과 맞추어 유럽을 단일시장으로 한다는 목표아래 1997년 이후 유럽 전역의 완전자유화가 실현 중에 있다. 일본의 경우는 1986년에 국제선의 북유출여를 국내선의 경쟁촉진체제 도입등이 실현되었고 우리나라의 경우도 KAL의 독점을 배제하여 아시아나와 국내의 노선에 참여하게 되었다. 이런 결과로 항공기 제조업계는 언뜻 고객 늘어난것 같지만 실제로는 운항업계의 경쟁격화가 항공기 가격인하 등을 요구하여 더 어렵게 만들고 있는듯하다.

일반적으로 항공운항업의 규제완화는 기존 운항회사에 신규참여 업체의 출현으로 항공기의 수요가 늘것으로 보이지만 대개는 소형 항공기의 발주나 구매보다는 중공항공기의 개조나 수리 등의 수요가 먼저 늘고 있다. 그러나 2천년대를 지향하여 항공여객은 착실히 늘것이기 때문에 항공기의 수요도 건실하게 증가할 것이, 예측되어 그 미래상을 짚어보기로 한다.

내 어디든지 갈 수 있게 만들었다. 이를 위해서는 편수를 더 많이 운항하기 위해 B737이나 MD-80등 100~150석급의 비교적 작은 여객기가 필요해졌다. 이 결과 미국에서는 일부의 기간노선을 제외하고 대형여객기가 별로 쓰이지 않게 되었다. 그러나 이런 운항방식이 곧 만능은 아니었다. 여객에게 있어서는 직행편보다 더 나은 것은 없다. 그래서 이런 여객심리를 바탕으로 비교적 단거리 노선을 단일 기재로 여러편 운영하는 Point to Point Service를 제공하는 업체가 나타나 일부 유수항공사도 이 방식을 원용하고 있다.

### (2)유럽의 변화

유럽에서 최초의 항공운송 자유화는 1988년 1월에 발효한 제1차 항공자유화정책이다. 이때에 양국간의 수송력 배분을 탄력화하여 일정 구역내의 운임을 자유화하는 한편, 이원권의 자유화, 복수기업의 노선 참여 허용 등이 추진되었다. 이어 1990년 11월에 제2차 항공자유화정책이 발효하여 수송력과 운임의 자유설정을 확대하고 복수사 참여 조건을 완화했다. 그리고 1993년 1월에 드디어 제3차 항공자유화 정책이 발효하여 EC공통 사업면허제를 시행하고 운임, 노선, 편수의 자유화를 실현했다. 그후 1997년 1월에 다시 규제완화를 확대하여

E U 역내의 항공운송사업이 완전히 자유화되었다.

이러한 자유화에 따라 유럽에서도 필연적으로 경쟁이 생겼고 주요항공운항회사들은 살아남기 위한 대응 방법을 강구하기 시작했다. 그 결과 영국항공(BA)이나 KLM, LFH등 유수기업들이 민영화등 합리화로 체질 강화에 나서는 한편 코스트 삭감등에도 적극적인 태도를 보이고 있다. 그리하여 유럽에서도 미국과 마찬가지로 저운임, 기내서비스 삭감등으로 경쟁이 격화되고 있다.

### (3)일본의 규제완화

일본도 규제완화와 자유화에 있어 예외는 아니다.

종래 일본항공(JAL)은 국제선은 단독으로 취항하

면서 국내 노선도 운항하는 유일한 국책회사로 군림했고 ANA(전일본항공)은 국내선과 지방노선, 그리고 일본 에어시스템(NAS)은 국내 일부선과 지방노선으로 3분되어 있었다. 이것이 1986년에 국제선 복수, 국내선 경쟁촉진체제로 되고 JAL의 민영화가 추진되었다.

이어 1992년 10월, 1996년 4월, 6월, 1997년 3월, 4월 등 수차례 걸친 자유화 추진으로 지금에 와서는 수개사의 신규 국내선 항공사가 참여할 예정이며 운임 규제의 상한선 제정 등으로 나아가고 있다. 또한 99년까지 항공사업의 수급조정 규제를 철폐할 방침도 세워 놓고 있다. 이런 움직임에 따라 구미 각국 업체와의 경쟁에 대비하여 비용절감에 나서고 있다.

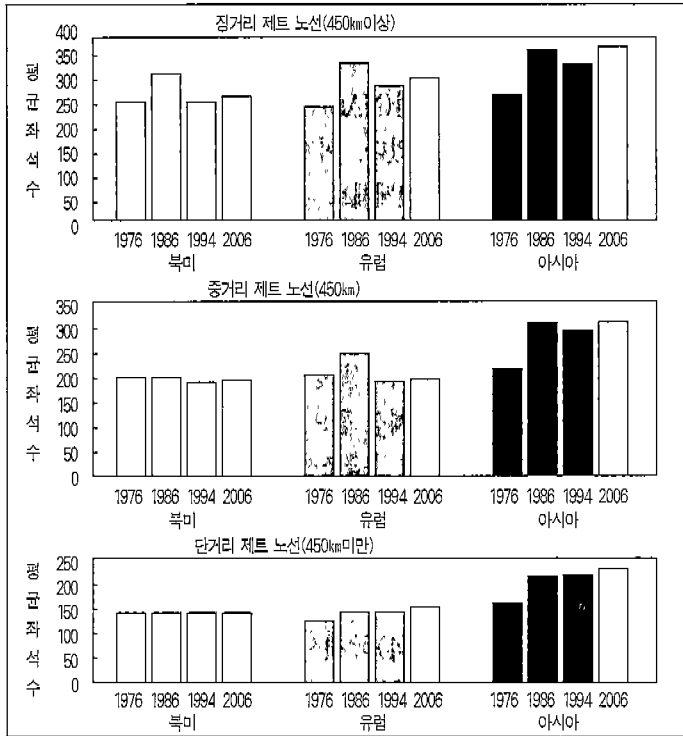
### (4)국제선시장의 변화

미국은 자국내의 자유화 정책을 국제선시장에서도 추진하는 정책을 펴고 있다. 국제선 시장에서 가장 자유화가 많이 된 노선은 미국-유럽간으로 현재 미국, 영국, 네델란드 등 9개국이 자유화협정을 맺고 있다. 또한 아시아 여러나라에서도 싱가포르 등이 자유화에 적극적이지만 미국의 유수항공사 이외의 체질강화가 불충분한 국가나 업체들은 여전히 보수적인 태도를 버리지 못하고 있다.

자유화에 의해 노선수나 공급량에 제한이 없어진 시장에서는 종래와 같은 국제적 중심 공항에서 목적지로 갈아타는 등의 불편을 해소하고 직행하기 위하여 양국간의 제2, 제3노선이 개설되고 소형기로 편수를 늘리는 방법이 채택되었다. 이런 영향으로 B767이나 A310같은 운항원가가 싸고 약간 소형의 넓은 동체가 개발되었다.

한편 태평양선에서는 자유화가 별로 진전되지 않고 있으며 양국간 제2, 제3 도시간의 수요가 훨씬 적어 분산화가 대단하지는 않다.

이러한 관계를 나타낸 그래프가 다음 그림이다.



<지역별 운항회사의 좌석 규모 변화>

여하튼 규제완화가 진행되는 자유화 시장에서 살아 남기 위해서는 자사의 운영합리화에 의한 운영절감과 아울러 세계적인 제휴에 의한 노선망의 일부를 구성하여 경쟁에 대비하는것이 불가결하여 최근에는 거대 항공회사간의 제휴나 자본참가가 추진되고 있다. 한편 중소기업들은 이러한 시스템의 일부에 참가하여 견디는 방법이 취해지고 있다.

세계적 우수 운항회사의 제휴 예로는 BA와 AA, LFT와 UA등이 있다. 한국에서는 NW와 아시아나가 제휴하는 등으로 여러가지 방책이 강구되고 있다.

### 규제 완화의 효과

미국의 규제완화와 이에 따른 시장구조의 변화는 여객에게 편익성의 향상을 가져왔고 운임의 다양화에 따라 공공의 이익을 증대한 것으로 평가되고 있다.

그런 한편에서 채산성 때문에 우수항공사의 운항으로부터 제외된 노선에서는 직행편이 폐지된 노선이 생겨 희생이 된 지역도 많다. 이런 틈을 노리고 단일 기종으로 비용을 절감하여 저운임으로 직항노선을 개설하여 성공한 예가 바로 미국의 South West항공이다.

이런 미국 항공업계의 변화는 먼저 유럽지역의 자유화를 촉진했고 이어서 일본을 비롯한 아시아 국가으로 확대되고 있다. 결국 이런 자유화 움직임은 세계적인 규모로 시장원리에 근거한 자유로운 운항과 운임이 설정되어 여행규모의 증대와 여행의 다양화를 초래하여 결과적으로 여객수요의 발전에 기여하게 될 것이다.

### 항공여객기의 수요

일반적으로 수요의 예측은 과거의 경향이나 추세를 좌우한 요인의 장래에 대한 전망으로 결정된다. 항공여객 수요의 요인은 경제활동과 항공운임이 대표적인 것으로 과거 20년간의 추이를 보면 다음면 그림과 같다.

즉 세계경제는 석유위기와 걸프전쟁같은 불황을 경험하면서도 연평균 2.9%수준으로 성장해 왔다. 한편 실질 항공운임은 대형 항공기의 개발과 항공운항회사의 노력에 의해 좌석당 운항원가의 절감에 의해 연평균 3.9%수준으로 저하해 왔다. 이 결과 세계의 여객수요는 명/km 단위로 연율 6.4%의 성장을 보이고 있다.

장래의 세계경제는 미국과 유럽의 안정적 성장, 아시아 국가의 높은 성장 지속등과 아울러 동유럽지역의 자유경제 이행 성과의 출현과 중남미 정세의 안정 등에 힘입어 연평균 3.6%의 안정성장을 보일 전망이다. 항공운임은 지금까지와 같은 대폭적인 원가 절감을 가져올 새로운 기종의 출현은 기대하기 어렵고 게다가

운항회사들의 경비절감 효과도 점차 둔화될 것 같아 향후는 연율 0.6%의 완만한 하향추세를 보일 것으로 전망되고 있다.

이 결과 항공여객은 향후 5.2%수준으로 성장하여 20년후인 2016년에는 지금의 2.8배 수준으로 될 전망이다. 그중에도 아시아 지역이 가장 많이 성장하여 현재의 세계적 점유율 2.3%에서 2016년에는 2.9%로 확대되며 반면 북미지역은 현재의 38%에서 30%로 저하할 것이며 유럽세는 29%에서 27%로 근소하게 감소할 것으로 내다보고 있다.

한편 일부에서는 컴퓨터의 보급에 따른 정보통신의 발달로 항공운송의 수요증가가 저해될듯하다는 예측도 있다. 그러나 발달된 정보통신의 이용 보급은 비지니

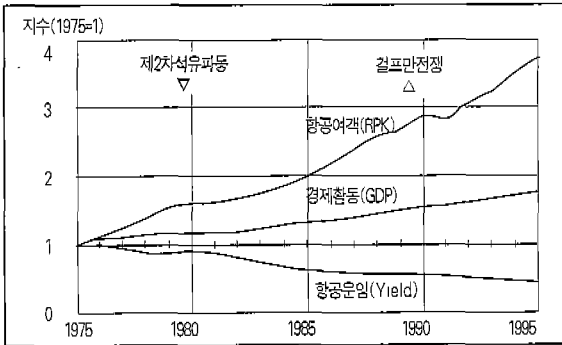
석급의 지역항공기에 이르기까지 다소 여러 규모의 항공기가 필요하게 된다. 더우기 21세기 초가되는 향후 20년내에는 초음속여객기와 수직이착륙 여객기 등 혁신적 기체도 선보이게 될 것이다. 이런 새로운 형태의 여객기가 출현한다면 항공여객은 더욱 늘어나게 될것이지만 여기서의 예측에서는 이런 새로운 여객기는 제외하고 지금 운항중이거나 개발중인 기종을 근거로 예측해 보기로 한다.

1996년말 현재 세계 전체의 항공운항회사에서는 10,900대의 제트 여객기가 운항되고 있는데 20년 후인 2,016년에는 현재의 두배가 넘는 2,140대가 운항된다고 보고 있다. 그 중 가장 많이 쓰이는 기종은 500~170석급인 B737이나 A320시리즈가 될 것으로 보고 있어 신규수요는 약 7,000대 이상이 될 것으로 보고 있다. 이 중 5,100대는 순수한 신규수요이고 1,900대는 대체수요가 될것이라고 한다.

다음으로 시장규모가 큰 기종은 230~400석 규모의 넓은 동체기로 약 4,600대의 신규수요가 있을 것으로 보고 있다. 이 크기는 B767, B777, A330, A340등 국제 장거리 노선의 주역들로 금액규모로는 최대의 시장이 될 것이다.

400석 이상의 점보기를 보면 현재 820대가 운항중에 있으며 신규수요는 약 1,000대로 잡고 있으나 B747-X나 A3XX등 초대형기가 개발되면 그 수요는 약 500대 정도로 잡고 있다. 이런 초대형 기체는 공항 용량의 제한 때문에 현재 이상으로 발착 편수를 크게 증가 시키지 못하는 제약이 있다.

중·소형 제트 여객기인 에어버스와 중국이 계획하고 있는 AE31X이라든지 우리나라가 계획하고 있는 100석급등을 보면 현재 세계 전체에서 3,300대가 운항중인데 2016년에는 4,800대가 더 필요해진다. 이런 소형기 시장은 보잉이나 에어버스사 이외의 여러 메이커가 나서기 때문에 제조와 판매 경쟁은 더욱 치열해질 전망이다.



〈항공여객과 경제활동, 항공운임과의 지수추이〉

스 기회의 증가, 레저 지역의 확대, 여행기회의 대중적 보편화등으로 항공여객이 더 늘어난다고 보아야 할 것 같다. 이러한 여행의 촉진은 단거리보다 장거리 쪽이 더 많이 늘어나 결과적으로 항공여객이 늘어난다는 예측이 합당할 것 같다.

### 기체수요

위에서 본바와 같이 늘어나는 항공여객을 원하는 곳으로 운송하기 위해서는 여객항공기가 필요하게 된다. 그래서 소요되는 여객기는 500석급의 점보기로부터 50

# 미래의 항공기 항법

자꾸만 늘어가는 세계의 항공여객을 운송하는 항공기의 운항도 늘어가고 있다. 이에따라 항공기의 사고를 줄이기 위한 보다 안전한 항공항법도 운항의 효율화를 위해 연구가 진행중이며 사실 장족의 진보를 보일만큼 발전했다.

그러나 꿈의 완벽한 항공기법을 달성하기에는 아직 거리가 멀다.

KAL기의 괄 국제공항 참사처럼 현재의 제트여객기는 마의 12분이 라고 부를만큼 이륙시의 4분, 착륙시의 8분이 가장 힘들고 위험하다. 그래서 국제민간항공기구(ICAO)는 장래의 항공항법 특별위원회를 두고 차세대 안전운항기법을 연구하고 있다.

FANS구상이라는 새 항법기술이 확립되면 직접 간접으로 항공기에 탑재하는 항법기술산업에 큰 변혁이 생길것이기 때문에 여기서는 장래의 항법기술에 대하여 집중적으로 조명해 보기로 한다.

## FANS 구상

### 배경

현재 세계적으로 운용되고 있는 항공교통관제(ATC=Air Traffic Control)의 주요기술은 2차대전 후 얼마 안되어 개발된 것으로 50년의 역사를 지니고 있다.

그후 1980년대 초기에 당시의

ATC기술이나 통신, 항법, 감시(CNS)에는 한계가 있다는 인식에서 새로운 고도 항법기술을 개발할 필요가 있다고 하여 1983년에 국제민간항공기구(ICAO)는 장래 항공항법기술장치(Future Air Navigation System=FANS) 연구 특별위원회를 설치하고 2010년까지 새기술장치의 개발을 목적으로 전혀 새로운 CNS/ATM의 검토를 개시했다. 이후 1991년의 제 10회 ICAO총회에서 FANS구상이 승인되었다.

다시 1993년 10월에는 FANS구상의 실현을 향한 지침이 작성되었고 ICAO와 항공무선기술위원회(RTCA=Radio Technical Commission for Aeronautics)와 국제항공운송협회(IATA=International Air Transport Association)이나 에어링크사(ARINC)등 기관에서 시스템의 방식, 운용, 관제기기의 표준화등을 추진하고 있다.

또 미국을 비롯하여 각국에서 FANS 구상을 구체화할 장치의 개발, 평가, 연구등이 진행중에 있다. 이런 계획에 따라 일본은 정지통신위성인 운수다목적위성(MTSAT)를 1999년에 발사하기

로 계획하고 있다. 또한 JAL은 B747-400기에 FANS 장치를 장비하고 태평양 노선에서 시험비행을 하고 있다.

### 개요

FANS 구상은 간단히 말하면 위성항법기술과 위성통신에 의한 디지털 데이터링크 기술을 주로 채용한 장치이다. 전 지구적 항법위성시스템인 GNSS 즉 미국의 측위위성(GPS)과 러시아의 GLONASS, 그리고 항공이동통신시스템 AMSS와 이들 여러 시스템을 활용한 자동종속감시장치(ADS)등으로 구성되어 있다.

디지털 데이터 링크방식을 채용하는데 따라 정보처리에 컴퓨터를 활용하여 기상과 지상의 시스템과도 자동으로 자료를 주고 받을 수 있는 동시에 저고도에서 고고도까지, 대양상으로부터 진입착륙까지의 전체 비행영역에서의 확실한 측위와 기상상태에 좌우되지 않는 전 세계적 복역(Seamless) 관제를 가능토록하여 대양상 관제간격을 단축하고 공역 용량의 확대와 최단 직선 비행의 실현, 곡선 진입의 실현 등 운항의 안전성 확보나 운항의 효율화를 실현한다는 것이다.



공기에 탑재되어 있는 항법 시스템에 종속시킴으로서 이런 명칭이 붙여졌다.

현재 대양 상공을 비행하는 항공기로부터는 관성항법장치(INS)에 의해 얻은 자기의 위치에 대하여 약 1시간마다 HF 음성통신에 의한 위치가 통보되고 그 정보에 의하여 항공관제가 행해진다.

INS에서는 오차가 생기기 때문에 항공기 한대가 항해하는 보호구역을 넓게 잡지 않을 수 없었는데 ADS가 도입되면 정밀하고 즉각적인 감시가 가능하게 되어 양상의 보호구역을 축소할 수 있고 이것이 대양상공의 교통용량확대가 가능해진다.

예를들면 서울-LA간에는 현재 10-15분간의 비행간격을 취하고 있는데 ADS로 되면 4분까지 단축되며 또 레이더 복역내의 공역에서 SSR모드를 이용하여 여러 항공기의 정밀한 감시가 가능해지게 된다.

### 항공교통관

FANS구상에서는 교통관제상의 판단이 전형적인 공역 지역에 따라 실시하는 것이 아니라 개별 항공기에 관한 문제점의 예측이나 해결을 통하여 개별적으로 행해지게 된다. 개개의 항공기는 항공교통관제에 대하여 계획비행 공역, 항공기의 운항특성(최적속도나 상승 성능

등), 기상이나 바람의 상태 및 기타 필요한 정보등을 고려하여 비행하려고 생각하는 가장 적합한 4차원 비행경로를 허가하도록 요구하게 될 것이다.

이러한 ATM시스템에 대한 디지털 통신의 요구는 항공기 탑재의 비행관리장치 FMS에 의해 자동으로 행해지게 된다. ATM시설에서는 관찰하고 있는 공역안에서 운항중인 다른 모든 항공기가 가지고 있는 필요요건과 성능요건에 대해서도 동시에 파악하여 항공기간의 간격을 안전하게 유지하면서 요구된 모든 비행경로를 최적화하게 된다.

### 보호

이 시스템의 기본이 되는 항법및 통신의 신호를 우발적 또는 의도적으로 방해 받지 않도록 보호장치를 완전히 해야한다. 그리고 항공업무 시스템에서 각종 데이터 베이스의 완전성을 보증해야한다.

장래의 항법 시스템에서는 운항의 여러국면에서 사용되는 데이터 베이스가 방대한 양으로 이루어 지는데 이들 데이터 베이스의 내용에 대한 정도와 완전성을 확보하고 또한 침해되지 않도록 보호할 필요가 있다.

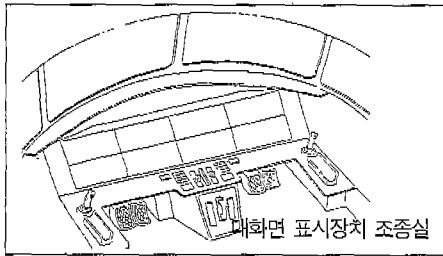
새로운 시스템의 효과를 높이기 위하여 휴먼 인터 페이스의 질을 높여야한다.

## FANS시대의 항법기술

이상에서 FANS시스템의 구상을 알아보았는데 이 구상이 실현 운용되면 항공기 운항의 안전성이 전세계, 전 비행로에서 확보되는 동시에 최단 직행 비행로의 실현이나 곡선 진입의 실현에 의해 비행로, 비행시간의 단축이 가능해지고 운항의 효율화가 이루어질 것이다. 이러한 FANS 시스템의 잇점을 충분히 확보하려면 이에 상응하는 항법관리·관제시스템의 개발이 필요해진다. 이런 장치는 최신의 첨단 전자기술을 구사하여 기능의 향상과 통합화, 고정도화, 고신뢰화가 꼭 필요해진다. 적용되는 기술은 다양하고 관련장치의 상호관계는 극히 복잡해질 것이기 때문에 공동개발에 의하여 여러 기업이 각각 특화하는 분야를 담당하여 서로 보완하고 개발 리스크를 분산하는 것이 좋을 것이다.

이와같이 항공항법관련산업은 구조적으로나 기술적으로 일대 전환기를 맞이하고 있으며 규모의 확대도 기대된다.

일찌기 일본항공우주공업회가 주동이 되어 94-96의 3년간 항공기 탑재 전자산업진흥조사위원회를 마련하여 장래의 항법관리 기술에 일본이 진출참가할 분야를 추출하여 제안했다. 그후 일본정부는



97년도부터 구조개혁 지원형 차세대 항공기등 연구개발의 일부로 인텔리전트 내비게이션 개발을 추진키로하고 이 추진은 항공기 개발협회에 위탁했다.

**인텔리전트 내비게이션**

**통합모듈화**

현재 항공기에 탑재되어 있는 항법관련기기는 각 시스템별로 따로 수용되어 있다. 이런 여러 항공항법 기기를 기능별로 분할하고 공통 기능별로 통합하여 정리 통합모듈로 만들어 소형·경량화·저코스트화·정비성 향상등을 도모하게 된다. 넓은 동체형의 대형 민간여객기용으로 ARINC651이라는 통합 모듈 애비오닉스 개념이 이루어져 규격화가 추진중인데 여기에는 비행관리 시스템(FMS)주변의 컴퓨터나 데이터 베이스관련의 모듈이 있는데 통신·항법 관련의 모듈 통합이 구체화되어가고 있다.

여기서 중소형 여객기나 비즈니스 제트기 등에 탑재하여

ARINC651과 공통으로 쓸 수 있는 소형장치인 IMA도 개발중에 있다. 이런 모듈형 기기의 선구적 여객기는 B777로 FMS와 TMS, 고장진탐장치(OMS) 등이 AIMS로 하나의 캐비닛에 통합되어 있다.

**장래 조종실 정보**

조종실 정면에 대형화면으로 그때의 비행상황을 표시하는 장치로는 다음과 같은 두가지가 있다.

**다목적 이미지 센서 시스템**

약조건하의 이착륙을 가능케하고 기상에서 바깥상태를 감지할 수 있는 장치가 개발된다면 FANS시대의 비행안전성 향상에 크게 기여할 것이다. 기존 센서기술을 활용하여 지형과 기체의 상환자료를 조합하여 조종사의 시야를 확장하여 비행의 안전을 기하려는 장치이다.

**대화면 표시장치**

LCD기술을 활용하여 유연성 있는 표시·표현방법을 구사한 멀티스크린의 대형화면을 개발하여 시시각각의 비행상태와 지형·기상 등 여건을 눈으로 보이게 하려는 장치이다. 앞에서 말한 다목적 이미지 센서에서 얻은 정보를 구체적으로 화면에 표시하여 조종사의 노

력을 경감하고 직감적으로 인식할 수 있게하는 멀티 스크린을 개발하고 있다.

**고신뢰성 비행제어**

Fly by Light와 Power by Wire의 두 시스템을 통합한 것이다. 여기에도 두가지 장비가 있다.

**액추에이터 제어 전용 LSI**

미래의 선진형 고신뢰성 비행제어 장치의 조종에 광범위하게 적용 가능한 전용 대용량 집적회로(LSI)를 개발하려는 것이다. 이런 LSI가 나오면 혁신적인 비행제어용 제품이 될 것이다. 또 이렇게 되면 조종실의 장치가 간소화되고 나아가 경량화에도 크게 도움이 될 것으로 기대되고 있다.

**액추에이터 저밍 기**

현재는 항공기의 조종타면을 제어하는 고출력, 고응답의 직선 작동형 액추에이터가 쓰이고 있다. 앞으로 항공기가 더욱 고속, 고성능화하는데 따라 자꾸만 대형화할 전망이다. 이런 모순에 대처하기 위하여 로터리 작동형으로하면 저밍현상이 생겨 방향타의 작동이 나빠진다. 이런 난점을 해소하고 소형의 새로운 로터리형을 만든다는 것으로 조종을 쉽게하고 경량화를 기하게 된다.



# 항공기용 복합소재 기술의 동향

항공기용 복합재료는 한때 기체의 경량화 고강도화를 놓고 개발이 추진되고 있었으나 현재는 그다지 낙관적인 축진책은 점차 둔화되는 경향이라고 한다.

그것은 종래에는 비용이 얼마가 들거나 경량화, 고강도화, 조작성 용이성등이 요구되었었다. 그 후 미·소양국의 냉전종식과 이에 따른 군사예산의 삭감, 게다가 각국 정부의 재정 악화에 따른 항공·우주 예산 삭감등의 영향으로 항공기용 복합소재는 종래의 알루미늄및 그 합금에 대하여 가격경쟁력이 있느냐 없느냐가 중요하게 되었다.

그래서 경량, 고강도, 제조 용이성 뿐 아니라 가격경쟁력을 먼저 따지게 되었다. 그 다음이 종래의 경량화, 고강도화에 더하여 설계·제조비용의 절감, 수리비용의 절감, 환경조화성등이 요구되고 있다. 이런 관점에서 항공기용 복합소재 동향을 알아본다.

## 미국의 저가 복합소재 개발현황

미국에서는 4년전부터 NASA 및 공군을 중심으로 항공기용 저가 복합소재 개발사업이 국가적 규모로 추진되기 시작하고 있다. 실제

항공기의 개량, 성능의 향상, 대량 생산에 의한 원가절감등 구체적인 목표를 정해놓고 추진되고 있으며 이들 사업에서 정보의 공개, 기술의 이전에 관해서도 적극적인 태도를 보이고 있다.

### (1)저가격디자인및 제조법 개발

(DMLCC=Design & Manufacturing of Low Cost Composites Program)

보잉, MD, GE, Bell 헬리콥터 등 4개사에 분담 계약하고 있으며 1997년까지 5천만달러의 예산을 들여 F-22를 모델로 한 양산기의 저코스트화를 위해 연구하게 되어 있다. 목표는 종래의 복합소재에 비하여 50%의 원가절감이며 성형, 조립방법을 개발기로 되어있다.

### (2)최신 동체구조용복합재 개발

AFS(Advanced Fuselage Structural Program)

해군의 전술전투기 F/A-18의 날개와 동체용의 경량재 개발계획으로 무게 20%경감, 제조원가 절감 30%를 목표로 연구에 착수하고 있다. 3년간에 3천만달러를 투입하는데 초점은 가소성수지인 LDF 프리프레그를 개발 실용화하

는 일이다.

### (3)저가격 성형용 복합재개발

LCCP(Low Cost Composites Processing Program)

소량생산 또는 시험제작기의 부품에 대한 성형용 저가격품 개발연구이다.

소량생산에서 원가를 극력 절감하려는 것이 목적이다. 원가절감을 위한 수단으로 석고의 직접사용에 의한 값싼 치공구, 탈오토그레이트 등을 들 수 있다.

### (4)최신복합재 개발계획

ACT(Advanced Composite Technology Program)

NASA가 10년계획으로 실용화 기술을 개발하려는 것으로 산·학·관 공동으로 재료개발, 구조해석, 혁신적인 설계·제조에 관한 대규모 개발이 연구되고 있다.

격년으로 열리는 회의에서 정보를 교환하고 성과를 공유하고 있다. 특히 여객기의 선진 설계, 제조기술, 재료연구, 구조해석등이 초점으로 되어 있고 원가절감 목표는 종래의 금속재료 구조에 대하여 25%절감이라는 높은 목표를 설정해 놓고있다.

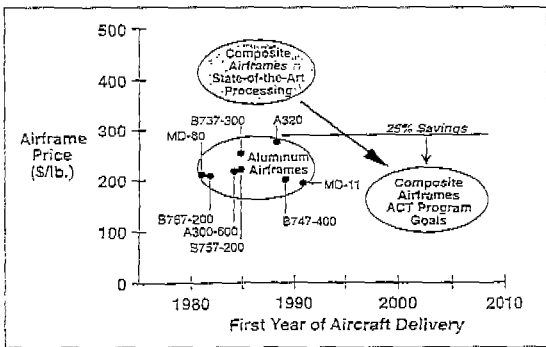
(5)항공기 구조용 복합재 기술개발

ATCAS (Advanced Technology Composite Aircraft Structure Program)

NASA는 전항의 ACT와는 별도로 넓은 동체형의 동체를 대상으로 금속구조물보다 가볍고 값싼 복합재료 구조물을 개발할 목표로 추진중인 계획이다. 그 중 보잉사는 크라운 페널에 적용한 경우를 검토한 결과로 설계, 재료, 제조법을 최적으로 하는데서 무게 50%경감, 25%의 원가절감의 효과를 기대할 수 있다고 했다.

MD사는 민간용 STOL기의 1차 구조에 복합재료를 쓰는 경우를 검토하고 있는데 중량은 충분히 경감되고 직접 운항비와 투자수익도 개선되지만 수리비와 제조공수는 더 많아지는 결과가 나왔다고 전해지고 있다.

저가격복합재료 기술의 현상



복합재 구조물 가격동향예측

복합재료구조의 가격동향을 현재와 장래예측과를 비교하면 현재 금속재료가 파운드당 150~300달러인데 대하여 복합구조재료는 파운드당 350~500달러로 갑절 이상 비싸지만 2010년경이 되면 파운드당 100~250달러 선까지 내려간다고 예측하고 있다.

이것을 실현하기 위해서는 ATS 계획의 목표치인 25%의 원가절감이 전제로된다.

(1)재료의 저가격화

일반적으로 항공기용 재료는 다른 재료에 비해 매우 비싸다. 그 주된 이유는 항공기의 안전성과 신뢰성을 확보하기 위하여 재료에 대하여 매우 엄격한 품질과 성능을 요구하기 때문이다. 또한 설계허용치 설정을 위하여 아주 많은 시험이 필요한데 이런 비용이 모두 복합재료의 원가에 보태지게 된다. 게다가 복합재료는 아직 공적 재료 규격이 정해지지 않고 있어서 수요자가 각기 독자적 규격이나 기준으로

새로 인정시험과 설계 허용치 시험을 실시하고 있어서 이런 비용도 원가를 올리고 있다. 미국이 복합재료의 이런 부분에 대하여 특성지

침, 재료 인정지침, 평가순서, 해석수단과 특성해석치등의 표시에 대한 표준화로 MIL-HDBK-17이라는 것을 제정해 놓고 있다. 이것을 토대로 복합재료의 규격화, 재료시험과 허용치 설정 시험의 공통화나 설계의 데이터 베이스화가 진전될 것으로 기대되고 있다.

소재개발에 있어서는 RTM등과 같이 전식성형에 의한 중간소재로 하는 습식 성형법이 주목되고 있다. 또 열가소성 복합재료도 수지 분말과복합염 등 신 중간재료의 개발이 재검토되고 있다.

(2)제조기술의 비용절감

복합재의 경우는 성형과 조립원가의 절감이 최대의 과제로 되고 있다. 현재의 기술개발동향은 다음과 같은 다섯가지로 나누어진다.

- ① 열경화수지계 복합재료를 중심으로한 관용 방법의 개량과 효율화
- ② 습식 성형기술
- ③ 열가소성 수지계 복합재료의 성형 신 중간재 개발 및 in-situ 성형법
- ④ 탈오토크레이프 경화기술
- ⑤ 슈미레이션 기술

그리고 환경 적응성면에서 제조시에 폐기물이 적은 성형법과 유해 화학물질, 유기용제등을 사용하지 않는 성형법이나 복합재료의 재생 기술 개발은 강한 요청이어서 이것

과 원가절감과를 어떻게 양립시키는가가 큰 문제로 되고 있다. 그런 점에서 열경화수지계보다 열가소성수지계가 더 바람직할것 같다.

**(3)저비용의 설계기술**

기체구조의 원가는 재료, 구조양식, 검사요령등을 정하는 설계단계에 의존하는 요소가 크게 작용하는데 따라 값싼 설계가 지니는 역할이 크다. 새로운 저비용 성형법에 적합한 구조양식의 개발이 과제이다. 최적 설계라는 면에서도 종래의 증량에다 원가를 함수로하는 설계수법이 연구되고 있다. 그리고 전술한 규격화 표준화가 저가격화의 중요한 요인이되는 것은 두말할 나위도 없다.

**(4)정비수리기술의 저가격화**

복합재료에 대한 운항회사의 최대관심은 검사와 수리에 대한 문제에 있다. 또한 최근에 와서 오래 쓰인 기체가 많아지는데 따라 안전성의 확보와 이를 위한 검사와 수리기술의 향상이 문제로 되어있다. 따라서 복합소재 구조의 기체는 이러한 검사 수리에 드는 비용이 종래보다 낮아야 한다는 과제가 있다.

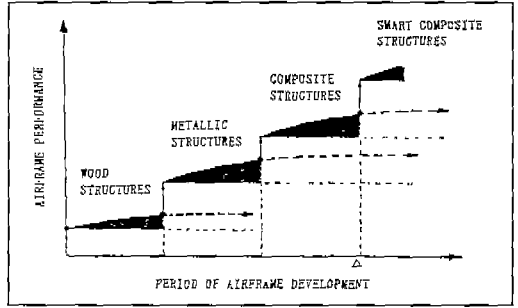
새로운 검사법으로는 초음파 알레이법, 레이저 방사 초음파법, 레이저 플로그래피법, 광학간섭 무의 검사등이 있다.

특히 정비나 검사의 신속화가 요

구되며 복합재료의 손상평가, 제거수리부위의 청결등에 대한 효율화가 요망되고 있다. 수리비절감을 위하여 IATA, ATA, SAE를 중심으로 기체 제조업자, 운항회사, 재료 제조업자들이 참가하는 상용기 복합재료수리위원회(CACRC=Commercial Aircraft Composite Repair Committee)를 설립하여 복합재료부품의 표준수리법 확립을 추진하고 있다.

**지적구조시스템의 연구개발**

지금까지 항공기 구조의 개념은 주로 강도나 강직성을 유지한다는 수동적·고정적인 것이었다. 그러나 최근에 와서 이들 인공 구조물에 센서기능이나 조작성 기능을 가지는 지적기능재료(Smart Material)또는 Active Material을 복합시키거나 융합시킴으로서 생체와 같은 지각, 판단, 응답등의 기능 즉 구조물이 건전성을 자체에서 검정하거나 외란을 검지하여 이에 대한 대처를 판단한다는 개념이 출현하고 있다. 최근에 와서 이 기술의 첨단성에 착안하여 미국과 유럽에서는 국책사업 또는 EU의 사업으로 연구 개발이 활발하게 추진되고 있다.



항공기 기체구조 변천

이 기술은 금속, 세라믹스, 복합재료등 모든 구조재료를 모구조로 하는 구조시스템에 적용할 수 있다고 하는데 특히 복합재료는 재료구성 및 제조과정면에서 재료 가운데 지적소재를 사용하여 소재 전체에 지적구조를 실현하는 경향이 늘고 있다고 한다.

복합소재를 모구조로하는 지적구조를 Smart Composite라고 부르며 차세대 복합재료 발전의 기본 방향으로 삼고 있으며 고신뢰성과 저가격화를 양립할 수 있는 기술로 기대되고 있다.

**지적구조시스템의 기본개념**

지적구조시스템에서는 모구조에 센서(신경)나 액추에이터 소자(근육)가 생체처럼 일체로 융합되어 있으며 학습과 판단기능을 가지고 제어기에 의해 구조 자체가 건전성의 감사와 수복이나 외란에 대하여 능동적인 진동억제, 형상제어등을 할 수 있다. 그리고 궁극적으로는 학습과 판단기능을 수행하는 제

어 소자까지도 모구조에 일체화 융합하려는 것이다.

구체적으로 보면 다음과 같다.

① 구조의 건강진단 및 판단

- 구조의 신뢰성, 안전성을 향상한다.
- 사용시의 하중 및 환경 데이터의 자동집적에 의해 잔존수명 예측과 설계 데이터의 취득
- 복합재료 성형과정의 스마트화
- 궁극적으로 자기수복 달성

② 구조의 능동제어

- 진동, 소음 억제 등 구조의 적응성 향상에 의한 수명연장, 쾌적성향상
- 형상제어에 의한 하중위치의 최적화 표면형상의 동적제어 및 진동과 소음억제에 의한 운동성능의 향상, 에너지 소비의 고효율화

③ 구조시스템의 간소화·경량화

- 지적 기능재료의 모구조와의 일체 융합에 의한 제어시스템의 간소화, 스펙화

**지적재료 · 구조의 연구개발과제**

지적구조 시스템을 재생하기 위한 연구 개발과제는 다음과 같다.

(1) 지적기능재료

구조의 지적화를 위해서는 센싱과 액추에이션이 중요하며 이들 기

능을 발휘하는 소위 지적기능재료의 고성능화와 모구조의 성능을 손상하지 않고 이것과 일체화하기 위한 목적 개선과 형상부여 기술이 관련 기술의 하나이다.

구조물의 건전성진단의 핵심적 구성요소가 되는 센서로서 만능인 것은 현재 없다. 광섬유 센서는 전자파나 온도 습도 등 내환경성이 우수하고 원리적으로는 하나의 광섬유 케이블로 여러가지 센서가 가능하여 가장 주목되고 있다.

(2) Smart Manufacturing

여기서는 주로 복합재료를 모구조로하는 제직구조의 제조다. 그 과정의 스마트화를 대상으로 한다. 복합재료의 성형 소재중에 센서를 넣어 복합재료의 탄생단계에서 폐기까지의 재료 구조의 건전성 감시 기술은 가장 실용화가 가까운 기술이다.

성형중의 온도·습도에다 수지의 점도 경화도 등 물리화학적 반응을 온라인으로 모니터링하여 성형조건 최적화와 경화시간의 단축화를 도모하는 수법으로 제조원가 절감과 제품의 품질향상을 기하는 기술이다.

(3) Health Monitoring 및 손상제어 기술

구조의 Health Monitoring에 관한 연구는 1988년 4월의 아로아

항공의 보잉 737기 사고를 계기로 오래 쓴 항공기의 안전성에 관심이 모여 이 문제를 푸는 해법으로 제안된데서 비롯된다. 항공기의 기체에는 인간의 신경과 같은 센서를 마련해 운항중 상시 기체의 건전성 여부를 감시하려는 것으로 인공지능의 도입과 이에 따른 의사결정까지를 포함하고 있다.

여기에 유망한 센서장치로 광섬유 센서가 제안되고 있다.

(4) 진동·소음제어 기술

구조물의 진동제어 방법은 종래 구조에다 가진기를 장착하여 사용하였다. 이 때문에 진동을 제어하는 힘의 규모는 가진기의 중량에 관계되었었다. 새로운 기술은 구조에다 마치 사람의 근육처럼 액추에이터 소자를 붙여 경량화는 물론 진동을 줄이게 된다.

(5) 형상제어 기술

종래의 전형적 형상제어라면 날개모양의 제어정도였다. 프랩 등 보조날개를 유압장치 등으로 비행에 맞추어 제어하는 정도였다. 지적구조에서는 이런 가동결합 부분이 없이 구조자체가 최적한 형상으로 변화시키려는 것으로 압전재료, 형상기억합금, 자외재료 등을 이용 형상을 가변시키는 유연구조 시스템을 개발하려는 것이다.