

# 항공우주산업 육성을 위한 기술개발(I)

강 위 훈\*

## 〈 목 차 〉

- |                         |                           |
|-------------------------|---------------------------|
| I. 서 언                  | VI. 민항기 개발과 항공산업          |
| II. 항공우주기술과 항공우주산업      | VII. 연구개발관리와 우리가 얻어야 할 교훈 |
| III. 공중전과 전투기 설계개념 변천   | VIII. 결 어                 |
| IV. 항공기술의 공용성과 항공산업     |                           |
| V. 실험시제기 개념발전과 미국의 항공산업 |                           |

## I. 서 언

다른 무기체계의 수천년 발전역사와 달리 환경조건의 특수성과 활동영역이 넓은 항공무기체계의 실용화는 80년이 못되는 짧은 경험 속에서도 급격하리 만큼 괄목할 만한 발전을 이루어 왔다. 오늘날 항공무기체계 없이 국가안전보장이 어려울 뿐만 아니라 매년 15억에 가까운 여객의 교통 운송량은 우리 인간의 매일매일 생활 속에 깊숙히 자리매김을 하고 있으며 많은 선진국들이 수출 전략산업으로 경제적 이득을 취하고 있으면서 자국 이익을 위하여 항공기술의 이전을 통제하고 있다. 그러므로 미국과 같은 나라는 항공우주분야와 원자력에 관한 정책은 국가안보와 경제에 큰 영향을 미치고 있다고 생각하여 부통령이 위원장이 되고 직접 국가원수에게 보고되는 체제로 운영되고 있다. 항공우주청(NASA)의 전신인 NACA는 상무

\* 국방과학연구소 책임연구원

성에 소속되어 있었으나 1958년 NASA로 확대 개편되면서 범 부처적 관리 체제로 전환되고 NASA 산하 많은 연구소의 뒷받침을 받으며 일반 산업체의 경쟁체제를 활용하면서도 기술개발의 목표와 기본방향은 NASA가 주도해 오고 있다. 미국도 경쟁체제 산업 구조 속에서도 선도기술의 개발은 국가출연 연구기관이 이끌어 가며 재빨리 그 기술을 산업화 단계에서 기업으로 이전되어 왔다.

우리나라 항공산업이 20년 가까이 육성되어오면서도 제자리를 찾지 못하는 중요한 이유는 종합적 기술개발이 이루어지지 못하고 있고, 적절한 분야별 전문집단에 의한 관리가 이루어지지 못하고 있는데 기인한다고 생각되므로 선진국의 기술개발 과정과 산업화의 연계를 분석 정리해봄으로 우리에게 맞는 교훈을 얻고자 한다.

오늘날 미국의 항공산업은 은밀성(Stealth)과 고기동으로 대표되는 F-22 Raptor에 이르기까지 배 10~15년 단위로 새로운 기술개념이 도입되어 온 군용기분야와 대형고속의 안전한 민항기술로 요약될 수 있으며 이러한 발전과정에서 군용기뿐만 아니라 민항기까지 대기권 비행의 항공기에 적용되는 공동기술은 공기역학, 비행역학, 항공기 구조재료, 항공기 추진기관, 항공전자 및 계통기술로 분류할 수 있다. 이외에 군용기 개발에 필요한 기술분류는 미군사규격(Mil-STD-881)에 잘 정리되어 있다. 항공기술의 바탕위에 1960년대부터 발전되기 시작한 우주기술은 통신위성 등 실용화의 우주산업을 육성하였을 뿐만 아니라 화성을 정복하기 위한 패스 파인더의 화성 착륙으로 과학탐사위성까지 발전되어 왔다. 미국 역사상 초대형 연구개발사업은 원자폭탄개발의 맨하탄 Project였으며 그 다음이 달나라 정복의 Appollo Project였고 앞으로의 화성정복 Project를 포함해서 기술개발의 불확실성과 장기대형사업은 모두 NASA와 같은 국가출연연구소 주도로 발전되어 기업에 기술을 전수하는 형태로 독자적 기술이 발전되어 왔다. 오늘날 미국 등 선진국 중심으로 발전되어온 항공우주산업이 후발국이나 비교적 국력이 작은 나라들에 전수되는 과정에서 시행착오를 수반하고 있는 나라들이 많이 있는가하면 일본과 같이 국가정책으로 꾸준한 발전이 이루어져 2차대전 후 10년에 가까운 공백기를 극복하고 세계 5위권에 진입한 나라도 있고 인구 800만 정도의 스웨덴과 같이 작은 나라도 독자적 항공산업 육성으로 스웨덴에 적절한 항공산업 인프라 투자와 독자적 항공무기체계를 보유하여 수출전략산업으로 진출하고 있는 나라도 있다. 20년이 넘는 항공산업 역사 속에 우리는 KTX-1 초·중등훈련기 개발이 거의 완성단계에 와 있으나 KTX-II 고등훈련기, 다목적위성, 무궁화위성 및 중형항공기 등 대형 국책사업이 기술적으로 많은 공통요소를 가지고 있으면서도 기업체간

의 경쟁과 적절한 기술관리의 부족으로 상호보완의 시너지효과를 발휘하지 못하고 있는 현실이다. 여기에서는 항공산업과 기술개발과의 연계를 먼저 언급하고 차후에 우주산업기술에 대한 분석의 기회를 갖기로 하겠다.

## II. 항공우주기술과 항공우주산업

항공우주기술은 독일에서 최초 제트기(Me262)를 개발하고 V-1 및 V-2 로켓트를 발사하므로 발전의 획기적 동기를 유발하였으나 실용화를 통한 산업구조 변천의 영향은 2차대전 후 미국을 중심으로 이루어 왔다. 패전국인 독일과 일본도 7~8년의 공백기를 극복하고 96년 현재로 미국, 불란서, 영국, 독일, 일본 및 이태리 순으로 높은 항공우주상품의 판매고로 선진 항공우주산업국의 대열을 이루고 있다.

구 소련이 항공우주기술개발에 막대한 국가적 투자로 기술발전에 성공을 이루었으나 항공무기체계 개발에 주력한 나머지 효율적 산업화에는 성공치 못하여 공산주의 붕괴로 혼돈의 시기를 맞고 있다. 따라서 미국을 위시한 서구 선진제국이 항공우주기술 발전은 근세 항공무기체계의 성공을 이끌어온 표본으로 항공우주기술의 산업화로 국가발전의 원동력을 이루고 있으며 그 발전경위를 어떤 시각에서 보느냐에 따라 큰 교훈이 될 수도 있고 여건이 다른 나라에서 무조건 따라가다 실패하는 우를 범할 수도 있을 것이다.

항공우주기술은 항공기술과 우주기술을 합친 복합어로서 발전단계상 불가분의 관계를 가지고 있으며 그 공용성이나 연계성을 정확히 이해하지 않고 무질서한 독립적 발전 노력은 자원의 효율적 활용을 저해하는 요소로 남기 쉽다. 20세기 초부터 시작된 항공의 역사는 50년대까지는 거의가 대기권 비행의 항공기개발에 많은 기술이 축적되었고 50년대말부터 우주기술이 항공기술의 기반위에 급속한 발전이 이루어져 화성탐사를 위한 패스파인더 프로젝트까지 발전되어 왔다.

대형항공기에 우주선을 실고 간다든지 특수항공기에서 우주탐사선을 발사하는 방법이나 우주선이 초기 대기권 비행이나 재진입 후 착륙까지 모든 기술은 항공기술의 연장선상에서 고려되어야 할 것이다.

최초 항공기 설계는 기체와 추진기관의 통합이 대부분이었으나 점차 항공전자와 계통기술 등이 발전되어 여러 가지 기술들을 통합하여 시너지 효과를 나타내고 항공기 대당 가격이나 오랜 기간 운영유지비 등을 감소하는 효율적 최적화 노력이 최근에 큰 변수로 작용하고 있다. 항공기 기체는 형상결정과 구조재료의 선택에서 경

량화를 통한 속도와 기동성 향상이 주요변수로 작용한다. 양력(L)과 항력(D)의 비(L/D)와 이륙중량(W.t.o.)과 날개면적(S)의 비로 정의되는 날개하중(W/S)을 적절히 택하는 것이 임무충족에 효율적 요소가 되며 40년대 제트엔진의 출현으로 추력(T) 대 항공기 중량(W)의 비(T/W)를 증가시키는 노력이 <표-1>에서 소요되는 바와 같이 전투기의 경우(T/W)를 0.2증가시키는데 10~15년이란 기간이 소요되었음을 볼 수 있다.

〈표-1〉 추력 대 중량 비

	추력(1bs)	중량(1bs)	추력/중량	비 고
F-86F	5,800 × 1	16,500	0.352	최대이륙중량
F-4	17,900 × 2	41,487	0.863	전투중량
F-15	23,450 × 2	44,630	1.051	이륙중량
F-16C	23,450 × 1	21,585	1.086	전투중량
F-22	35,000 × 2	60,000	1.167	이륙중량

20년대 대부분의 항공기 날개 외형은 직사각형으로 제작이 용이했으나 유도항력(Induced Drag)이 과다하여 저속에서 최소의 유도항력을 갖는 타원형날개 모양의 대표적 항공기인 F-51 Mustang이 2차대전에서 사용될 때까지 30년이 걸렸다. 왕복동기관 항공기로서 최대의 속도인 450mph 근방의 전투기들은 한국전쟁을 치르면서 제트 전투기 위력 속에 박물관으로 자리를 옮기게 되었다. 왕복동기관에 비하여 초기 제트 전투기 Me262는 100mph 이상의 속도 증가를 가져올 수 있었으나 더 빨리 비행하고자 하는 인간의 욕구를 충족시키지는 못하였다.

항공 공학자들은 날개 길이를 더 줄이고 두께를 얇게 하며 후퇴익을 도입하는 많은 시행착오적 노력을 거쳐서 여러 가지 방법중 후퇴익이 초과항력을 줄이는데 가장 효과적임을 깨닫게 되었고 미국의 F-86F와 구 소련의 MIG-15가 한국전쟁에서 후퇴익 대 후퇴익의 가혹한 공중전의 파트너가 되었다.

항공무기체계는 항상 가상위협에 대처하여 만들어지므로 실전에서 얻은 교훈이 체계적으로 자료화되어 제작자에게 연결되는 창구가 명확하고 일관성 있게 계속적이어야 발전이 가능하다. 이러한 교훈의 자료들이 개념형성단계(무기체계획득 단계 참조)의 좋은 자료가 된다. 항공무기체계의 발전은 속도증가와 무게감소에 30여년간 주력하여 왔다고 하여도 과언이 아니다.

40년대말 인류의 최초 초음속비행은 미국의 F-100과 구 소련의 MIG-19의 실용화로 이어졌으며 계속적 속도 증가로  $M=2.0$  이상이 되면서 점차 기체부위 정체점(Stagnation Point)에서 온도의 증가에 의한 공력가열현상에 관심을 갖게 되었다. 정체점온도( $T_0$ )와 대기온도( $T$ )와의 비는 이상적 가열단열 과정의 경우  $T_0/T=1+(\gamma-1/2)M^2$ 으로 표시되며 마하수  $M=3.0$ 일 때 비열의 비  $\gamma=1.4$ 를 대입하면  $T_0/T=2.8$ 로 비행체 위의 정체점온도는 주위 대기온도의 3배 가까이 되므로 만일 해면상 대기온도 상태로 비행을 하고 있다고 가정하면  $M=3.0$ 일 때 표면온도가  $800^\circ\text{C}$ 에 가까운 온도가 된다. 다행히 1000m 상공에서 비행할 때는  $350^\circ\text{C}$ 로 감소되지만 이러한 공력가열은 항공기 구조 재료의 강도를 급격히 감소시키고 연료의 기포에 의한 유동장애와 전기재료의 절연성 등 많은 문제를 제기하게 된다.

1953년 미국에 의한 최초 수소폭탄 실험의 성공은 운반체 개발에 새로운 전기를 만들었다. 5000마일 정도의 거리를 운반하는데 항공기보다는 대륙간 탄도탄(ICBM)이라는 새로운 항공 무기체계가 등장하게 되었고 ICBM은 음속의 20배 이상 즉 초속 2000ft부터 22,000ft정도의 빠른 속도로 대기권 밖으로 나갔다가 재진입(Reentry)하는 과정에서 앞서 언급한 공력가열 문제가 새로운 무기체계개발에 가장 중요한 기술요소로 등장하게 되었다. 따라서 50년대말부터 60~70년대에 이러한 극초음속(hypersonic) 비행체 기술개발이 가속화되었으며 유인 항공기 체계에 적용하던 첨예한 앞부분은 부적당하고 오히려 둥그런 앞부분(Blunt Nose)이 충격현상을 유도하여 공력가열을 줄이고 특수도료를 이용하므로 많은 열을 흡수하여 비행체 구조까지 열전달 양을 줄이는 용발재료(Ablation Material)가 고속항공기의 정체점부분까지 활용하게 되었다. 당시 둔체진입 비행체(Blunt Reentry Body)는 NASA의 H. J. Allen이란 항공기술자에 의하여 제안되었고 미국 정부의 비밀로 되어 있다가 1958년 NACA Report 1381로 공개되었다. 인류역사상 현재까지 가장 빠른 유인비행체의 속도는 1969년 달에 착륙한 Apollo 계획의 달착륙 캡슐이며 그 속도는 36,000ft/sec로 음속의 36배 이상이 된다. 이러한 높은 속도인 극초음속에서 충격과 경계층내에 높은 온도는 또다른 공력가열의 문제를 불러오게 되었다.  $M=36$ 으로 재진입하는 비행체앞의 충격과 앞뒤의 온도비( $T_0/t$ )는 약 253으로 표준대기 59km 지점의 온도를  $T=528^\circ\text{K}$ 로 볼 때 충격과 주위 온도가  $65,248^\circ\text{K}$  정도의 너무나 큰 값을 이론적으로 보여주지만 실제에도  $11,000^\circ\text{K}$ 에 근사하게 기압다는 생각을 하더라도 태양표면의

온도와 맞먹는 상상하기 어렵게 높은 온도인 것이다. 통상 2,000° K에서는 대기 속의 산소분자(O<sub>2</sub>)가 화학적 반응을 일으켜 2개의 원자 즉 O<sub>2</sub> → 2O로 해리되기 시작하여 4,000° K에 가까워지면서 완전해리되고 질소분자(N<sub>2</sub>)도 N<sub>2</sub> → 2N로 해리되면서 9,000° K에서 N로 완전 해리될 뿐만 아니라 자유전자가 방출되는 전리 현상의 플라즈마(Plasma)로 말미암아 통신에까지 영향을 주게 되며 지금까지 완 전기체로 가정한 항공역학이 실제기체(real gas) 이론에 의한 양력이나 항력을 계산하게 될 뿐만 아니라 고온으로 인한 열전달이 비행체 구조에 전달되어 그 강도를 급속히 감소시키는 결과가 되므로 열 전달량을 줄이기 위한 특수도료의 개발 필요성을 갖게 되었다.

### Ⅲ. 공중전과 전투기 설계개념의 변천

1914년 최초의 전투기가 나온 후 30년간 푸로펠러 항공기시대였으나 미국의 F-86과 러시아의 MIG-15가 1947년과 1948년에 1년 간격으로 첫선을 보이면서 항공기 개발기술이 급격하게 발전하였다.

항공기술이 발전하면서 공중전투의 양상도 변화되어 왔으며 10~15년 단위로 새로운 개념이 도입되어 왔고 그러한 노력은 지금도 계속되고 앞으로도 계속 되어 질 것이다. 전투기의 우수성은 전투기 자체의 성능뿐만 아니라 전투상황이나 조종사의 기량에 좌우되며 정확한 우열판단은 냉혹한 공중전에 의하여 결정된다. 때로는 그 결과가 한 나라의 사활에 결정적 요소가 되기도 한다. 유사한 환경과 인적요소를 감안하면 전투기 자체의 성능 즉 기술요소가 중요하게 작용할 것이다. 불행하게도 제트전투기 실제 시험장은 우리나라에서 이루어졌다. 50년대에 5,000 lb급 제트추진 전투기의 공중전은 6·25동란 중 F-86과 MIG-15 대결로 F-86이 10:1로 우세하였으며 2차대전 당시 최선에 전투기 F-51 무스탕은 전투기로서 가치가 없어지고 왕복동 엔진전투기의 고별장이 되었다. 제트와 제트만의 대결에서 F-86은 상승 성능을 제외하고는 MIG-15보다 모두 앞섰었다.

공중전에서 중요한 공대공 미사일의 사상 최초사용은 1958년 중국과 대만간의 금문도 해협분쟁에서 F-86F에서 발사되어 MIG-15 1대를 격추시키므로 공중전이 기총시대에서 미사일시대로 접어들게 되었다. 그러나 1965년 시작되어 8년간 계속된 월남전쟁에서 위력을 발휘하리라고 생각되었던 공대공미사일의 명중률이 저조하여 오히려 월맹공군의 MIG-17이나 MIG-19의 37mm 대구경기관포에 곤

혹스러운 지경이 되었다. 한국전에서 초기 F-80이 F-86으로 급히 대체되었던 점과 마찬가지로 월남전 초 F-100은 큰 역할을 하지 못하고 F-4 팬텀과 F-8 크루세이더의 양수작전으로 임하게 되었다. 대부분의 전투기가 미사일의 위력을 생각한 나머지 기관포를 탈착한 상태였다가 F-4E에서 20mm 발칸포드를 외장형으로 장착하고 공대공미사일도 사이드와인더, 스페로 및 팰콘 등이 사용되어 단계적으로 강화된 MIG-17, MIG-19 및 MIG-21 등과 대적하게 되었다.

한국전쟁후 12년이 지난 전투기 무장은 기총과 공대공미사일을 장착하는 혼용시대가 되었으며 손실된 전투기는 월맹기 191대와 미군기 76대로 약 3:1로 미국이 우세였고 F-4 팬텀에 의하여 격추된 73% 월맹기중 기총세례에 의한 것이 더 많았다. 기술적으로 MIG-21은 MIG-17이나 MIG-19를 보완하여 미국의 F-4 팬텀과 대적할 것을 겨냥하여 만든 전투기로 월남전과 중동전에서 두 기종이 치열한 공중전을 벌여왔다. 초음속시대에 F-100 Super Sabre나 MIG-19보다는 F-4 팬텀과 MIG-21이 필적의 우열을 가리는 각축장의 주역이었다. F-4 팬텀은 짧은 시간 동안 높은 추력을 내기 위한 후기연소(After Burner) 개념과 높은 속도에서 고기동성 확보를 위한 전 스펀의 에일러론인 엘레본(Elevon) 설계의 특징과 합상운영을 위한 장착장치의 높은 강도요구를 만족하는 미해군의 성공적 전폭기였다.

인도와 파키스탄의 1965~1966년 카시미르 국경분쟁에서는 미·소·영·불 전투기들간의 뜻하지 않은 혼전이 이루어졌다. 파키스탄은 미국의 F-86 Sabre와 F-104 Starfighter 만을 보유하고 있었던 반면 인도는 영국의 나트, 헌터 및 뱀파이어 뿐만 아니라 볼란서의 미스테르와 소련의 MIG-21까지 보유하고 있어 우세한 편이었으며 이 분쟁에서도 기총의 역할이 지배적일 수밖에 없었다.

1971년 2차 분쟁에서는 파키스탄이 MIG-19와 마라쥬Ⅲ을 보유하고 있던 MIG-19와 인도의 MIG-21이 공중전을 벌이는 우스꽝스러운 사건이 되었으며 승자가 어느 쪽인지는 쉽게 판단할 수 있다. 그러나 1967년 3차 중동전에서는 마라쥬Ⅲ을 보유한 이스라엘이 MIG-17, 19 및 21을 가지고 있었던 이집트, 시리아, 아랍, 요르단 등에 기습공격을 가하므로 열세를 만회하여 제공권을 확보하기도 하였다. 1973년의 4차 중동전에서는 이스라엘의 F-4E 팬텀과 아랍진영의 MIG-21이 치열한 공중전을 벌이게 되었으며 이 전쟁을 기점으로 F-4 팬텀과 MIG-21 각이 상호 장·단점을 보완하기 위한 조직적 시도가 이루어지기 시작하였다.

미국의 X-1이 초음속비행의 문을 열어 놓으므로 50년대초 F-100과 MIG-19가 초음속전투기로 실용화되면서 초음속비행에 관련된 항공기술이 급격한 발전을

이루어왔다. 아음속과 달리 초음속비행에서는 조파항력(Wave Drag)이 대단히 클 뿐만 아니라 날개골(Airfoil) 항공역학적 중심(A.C: Aerodynamic Center)이 1/2 시위선상에 위치하여(아음속에서는 1/4 시위선상에 위치) 안정성과 조종성이 다른 영향을 주게 된다. 항력을 줄이기 위하여 구조적으로 얇은 날개에 높은 강도를 유지하고 중량감소를 위한 허니콤(Honey Comb) 구조물이 도입되었다. F-4 Phantom까지도 공중전보다는 대지공격능력을 위한 폭탄 탑재량을 많이 고려하였으나 한국전, 월남전 및 중동전을 거치면서 순수 공중전투를 위한 전투기 개발 개념에 도달하였으며 이러한 결과 미해군의 F-14 Tomcat과 F-18 Hornet이 탄생하고 미공군의 F-15 Eagle과 F-16 Falcon이 만들어지게 되었다. 이들 항공기들의 설계개념과 작전요구개념이 다르지만 기술적으로는 같은 시대의 핵심기술을 활용한 전투기들이다.

특히 F-14은 F-4와 같이 2인승일 뿐만 아니라 항모중심의 기동부대 방어를 목적으로 4단계 공대공 무장을 택하여 110km 사정의 피닉스미사일, 중거리스페로우, 37km 이내의 적외선유도 사이드와인더 및 발칸포를 장착하였다. 또한 F-14는 가변익 개념을 도입하여 저속에서 타원형날개 모양에 가깝게 직선익을 가지므로 유도항력을 최소화하고 고속에서 68°까지 후퇴하므로 고속항력을 감소시킬 수 있었으며 상대인 러시아의 Su-22 가변익 항공기와 1981년 리비아 연안 시들러만에서 가변익대 가변익이 자웅을 겨룬 후 승리하므로 우세한 성능을 입증하였다. 그러나 비행중 날개형상의 변화를 위한 유압계통의 복잡성과 동체와 날개접합점의 고정피봇(Fixed Pivot)으로 사용된 고강도 D6A 합금재료의 문제점이 야기되었다.

70년대 경량화 재료의 도입과 구조설계기술이 발전되고 전산유체역학(CFD) 등 항공역학적 개선과 시현장비(Display Equipment) 개발이 군용기 효율증대에 많은 역할을 하였지만 이러한 기술들을 실용화하는데 필요한 엄청난 비용에 거부반응도 만만치 않았다. F-14 Tomcat 경우 F-4 팬텀보다 피로한계 효율이 10배나 증가되어 비행안정성에 크게 기여하였지만 F-14나 F-111과 같은 가변익 전폭기 개발시 천음속영역 성능향상을 위하여 NASA의 John Stack에 의하여 제안된 면적법칙(Area Rule)에 맞도록 가변익과 동체와의 연결부위를 고정피봇으로 날개뿌리부분(Root Section)이 이동되지 않도록 설계하고 또 터보팬 엔진이 개발되어 흡입구 간섭문제 등이 겹쳐 가변익 개념은 더 발전되지 못하고 전력구조의 High-Low Mix 개념 주장자들이 나오게 되었다. 당시 미공군에서는 F-4 후속기



로 F-15이 선정되면서 F-16은 순수공중전만을 위한 무게가 가볍고 값이 싼 경전투기로 분류되었으나 점차 무장요구가 증가되면서 본래 뜻과는 달리 또 다시 무게가 증가하게 되었다.

80년대 포클랜드 전쟁은 영국의 해·공군의 수직/단거리 이착륙(V/STOL) 항공기 Harrier의 일방적 승리로 V/STOL의 우수성을 입증하는 기회가 되었다. 잘 정비된 활주로가 없는 곳에서도 쉽게 이착륙이 가능하도록 하는 것이 원래 V/STOL 개발개념이었으나 추력편향(Thrust Vectoring)에 의하여 항공역학적 조종면에 의한 기동보다 훨씬 유리한 기동비행의 이점을 살릴 수 있다는 개념에 착안하여 최근 많은 전투기에 적용예상되는 추력편향기술의 실용화 가능성을 입증하면서 아르헨티나 공군의 미라주 III을 무력화시켰다. 이러한 Harrier의 기동비행으로 상대의 공격을 피하여 현대의 손실도 없이 아르헨티나 공군기를 32대나 격추시켰다.

최근에 Gulf전은 아직도 우리의 뇌리에 전세계에 TV 마스크를 통하여 방영되던 기억이 남아 있지만 정밀유도무기와 은밀성 폭격기로 상대적 전략목표를 공격하는 항공전력의 위용을 유감없이 발휘하였다. 단기간내 전략적 핵심표적을 파괴하고 제공권의 확보로 자·해상군의 작전이 자유로워졌으며 무기체계의 점차적 발전추세를 고려하는 장기적 안목의 필요성을 인식시켜주는 교훈을 안겨준 GULF전은 보스니아 분쟁과는 다른 면모의 전쟁이었다. 투입된 항공무기체계도 E-8A, RF-4C 및 F-14의 TARPS(Tactical Air Reconnaissance Pod) 등 뿐만 아니라 pointer 및 pioneer 등 무인항공기와 정찰위성 등이 동원되었고 자휘통제소나 비행장 및 화생방 시설을 공격한 F-117A 은밀성 항공기이며 B-52, F-16, F-18, F-15외에 유럽의 Tornado 등 모든 항공무기체계의 실전평가장이 되었다. 특별히 은밀성 전폭기의 획기적 성공은 미래전투기의 개념을 예측 이해하기에 충분한 단서가 된다.

2000년대에는 현재 일선전투기들이 일부 계속 운영될 뿐만 아니라 90년말 또는 2000년대초 실용화 전투기들과 2010년을 전후하여 실전배치 예상되는 전투기들의 활동무대가 될 것이다. 미래의 개념은 모호하지만 전투기개발기술의 주거나 실제운용계획 등으로 보아 2010년 전후에 운용될 전투기들이 우리의 관심 대상이다. 원론적으로 미래의 작전요구는 현존 가상위협과 미래 시점에서의 가상 계획 위협을 현존 및 계획하고 있는 우군 전력과의 불균형을 고려해서 창출되어야 한다. 항공기술의 발전과 공중전의 사례를 통하여 미공군은 10~15년 주기의 계속적 작

전요구개념을 발전시켜왔으며 이미 80년대 초반부터 미공군의 주력기인 F-15의 후속개념으로 몇가지 개선점을 마련하게 되었다. 이러한 요구를 구현하는 구체적 방법들은 비밀속에 묻혀 있지만 큰 줄기의 개념은 다음과 같이 정리될 수 있다.

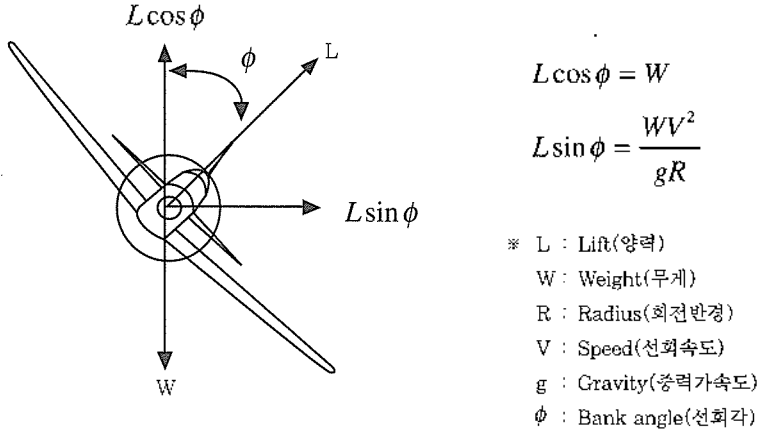
결프전에서 F-117이 이라크의 방공망을 뚫고 전략폭격을 할 수 있었던 역할은 2010년을 전후해서도 여전히 계속될 것이다. 왜냐하면 은밀성 탐지레이다 개발이 진행되고 있지만 실용화되기까지는 많은 시간이 걸릴 것으로 예상되기 때문이다. 은밀성은 적기가 육안으로 쉽게 관측하지 못하게 하는 하늘색 위장 페인트 개념에서 시작되어 레이다 단면적(RCS: Radar Cross Section)을 줄이고 적외선(IR) 탐지를 최소로 하여 적의 방공망에서나 전투기 탑재 레이다에서 조기발견이 되지 않게 하는 복합기술로 발전하였다. 탐지거리( $y$ : Km)와 RCS( $x$ :  $m^2$ )와의 관계는 현용 고성능레이다의 경우  $y^2 = K^4 \sqrt{x}$  에 알맞는 관계를 만족하여 RCS가  $10m^2$ 이면 이미 160km 전방에서 탐지 가능하며 RCS  $1m^2$ 만 되어도 60Km 가까이 접근되지 않으면 탐지되기 어렵다.

전자파 흡수재료(RAM: Radar Absorbing Material)의 사용뿐만 아니라 기체 구조(RAS: Radar Absorbing Structure) 및 엔진의 설계나 장착방법이 피탐성을 줄이게 되며 현재는 개략적으로 RAM이 30% 정도 역할이고 다른 설계기술이 오히려 70% 정도인 것으로 알려지고 있다.

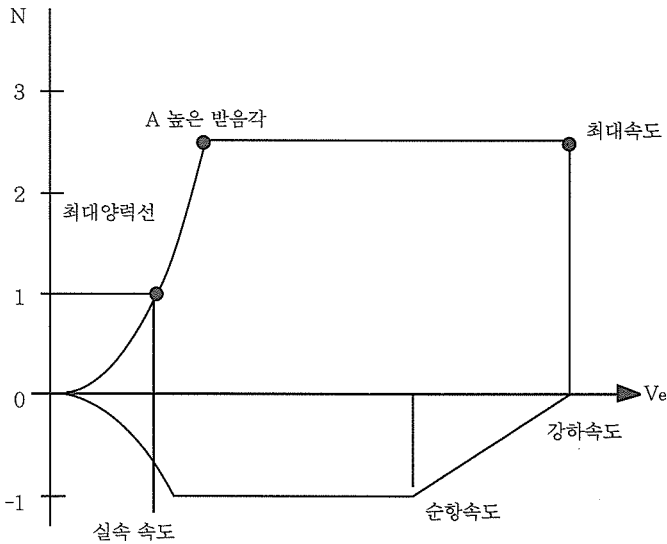
60년대에 U-2나 SR-71과 같은 고공용정찰기 개발시에도 은밀성 설계가 시도되었지만 고성능레이다가 개발되면서 400마일까지 적의 항공기를 포착할 수 있고 지대공미사일의 추적용 레이다도 50마일앞의 적항공기를 발견할 수 있어 저고도 침투나 공격후 급격한 회피기동이나 高고도비행 도피방법 등을 사용하여 왔다. 펄스도플러레이다로 하방가시(Look down) 및 하방공격(shoot down)이 가능해지면서 자연히 아예 레이다에 피탐되지 않은 방법을 강력히 강구하게 되었다.

둘째는 기동성이나 기민성 확보를 위한 추력편향 기술의 적절한 적용능력을 요구할 것이다. 재래적 항공기의 기동은 선회운동방정식을 만족하는(그림-1 참조) 속도-하중 선도(그림-2 참조) 범위에서만 가능하였고 (그림-2)의 좌부상단곡지점(Corner Point)에서 최대 선회율 및 최소선회반경의 급기동을 위하여는 속도를 줄여야 하는 순간적 엔진조작이 필요하게 된다. 또 급기동후 급히 도주하기 위한 가속 조작도 필요하게 되어 이러한 조작과정과 엔진추력발생간의 지연시간이 순간 작전에 결정적 요소가 될 수 있으므로 엔진 쓰로를 조작없이 추력편향에 의하여 순간적으로 원하는 급기동이 가능할 것이기 때문이다.

〈그림 1〉 항공기 선회비행



〈그림 2〉 속도(V)-기동성(N) 선도



〈그림-1〉에서 원심력과 구심력이 균형을 이루기 위해서는  $L \sin \phi = \frac{W}{g} \cdot \frac{V^2}{R}$  을 만족해야 하고 이 식을 변형하면 회전반경  $R = \frac{V^2}{g \sqrt{n^2 - 1}} = \frac{V^2}{ng} \left[ 1 + \frac{1}{2n^2} + \dots \right]$  과 같이 정리될 수 있고 여기서 n는 하중계수  $\left( \frac{K}{W} = n \right)$ , L은 양력, W는 항공기 중량이며 V는 항공기의 선회선 속도이다. n=5~8로 가정하여 2차항을 생략하면  $R = \frac{V^2}{ng}$  으로  $\frac{1}{Rg} = K$  로 놓으면  $n = KV^2$  이 되고 A점에서 K값이 최대가 되어 R값이 최소가 된다. 선회각속도

$\phi = \frac{V}{R}$  이므로  $\phi = \frac{48}{V} R$  가 되어 역시 A점에서  $\phi$  값이 최대가 된다.

셋째는 통합전자체계의 발전적 도입이다. 이러한 개념은 미국이 주도적으로 이끌어 나가고 있지만 영국 불란서 등 나토 국가들도 합세하므로 세계적 추세가 되고 있다. 반도체 분야의 발달로 전자부품 및 장비의 디지털화에 유지비용감소와 무게, 부피나 전력소요의 감소를 위하여 항공전자체계는 연방형 구조(Federated Architecture)로부터 통합형구조(Integrated Architecture)로 발전되며 조종사의 업무량을 감소시키려는 것이다. 무게나 체적이 거의 반으로 줄어들므로서 전투기 전체설계에도 큰 영향을 주게되며 항공전차체계나 센서종류의 전력소모도 20% 이상 감소되면서 같은 임무수행이 가능하게 될 것이다. 항상 기술의 발전과 작전요구는 앞서거나 뒤서거나 하며 끊임없이 상호발전의 인센티브역할을 감당해 나아갈 것이기 때문에 고속처리 컴퓨터의 개발과 광섬유를 이용한 고속자료전송이 통합형구조 작전요구를 충분히 감당할 수 있게 할 것이다.

넷째는 장기간 초음속 비행이 가능한 추력대 중량비가 높은 설계기술의 적용이다. 현재 운용중인 전투기들은 후기연소를 이용하여 필요시 단기간 초음속 비행이 가능하나 후기연소없이 계속적인 초음속 비행을 위해서는 기체의 경량화 노력이 획기적이라야 할 것이며 이는 일부 탑재능력을 증가시키고 장거리 임무수행이나 필요시 단기간 내에 주요위치를 점유하는 전술적 우위를 확보할 수 있을 것이다.

금년 9월에 F-22의 실용개발(EMP: Engineering and Manufacturing Development)시제 1호기 초도비행이 이루어졌고 원래 700여대 생산계획이 400여대로 줄여진 가운데서도 생산기간의 증가 등 많은 토론과 필요성에 대한 찬반이론이 제기되기도 하지만 이는 데이땅뜨 이전 위협분석으로 계획된 개발계획이 조정되어 가는 과정이라고 생각할 수 있다.

어쨌든 미공군은 80년대 중반부터 F-15 이후에 강력한 채공 전투기 확보를 위하여 작전요구를 정립하기 시작하였으며 1991년 YF-22 및 YF-23와의 경쟁단계에서 YF-22가 선택되기까지 다음과 같이 미공군의 요구가 정리되었었다. 첫째 YF-22나 YF-23은 RCS가 F-15보다 10% 이하라야 하고 둘째 20,000ft~30,000ft 고도구간에서 후기연소없이 초음속 비행이 가능하며 셋째 저속조종성이 양호하고 선회성능 및 추력대 중량비가 F-15보다 훨씬 좋아야 한다. 또 F-15보다 신뢰성과 정비성이 양호하여 지상지원 장비가 단순하게 할 것을 네 번째로 요구하였다.

최근 많은 항공기들이 마루바닥이나, 페어링, 플랩 등 조종면 및 내장 등에 가벼

은 비금속재료를 많이 사용하고 있으나 추가적으로 재래식 금속재료보다 20% 무게 감소된 복합소재와 신알루미늄합금 사용을 다섯 번째로 요구하였다. 여섯 번째는 감지장치, 컴퓨터 및 조종실내 기지의 자동화로 F-15보다 5~10배 이상 능력을 구비하여 조종사의 업무량을 줄여야 하며 일곱 번째는 새로운 기술개발 개량으로 기체뿐만 아니라 탑재장비 등을 포함해서 이륙중량을 20% 감소하여 기동성과 기민성을 확보하고 탑재량을 증가할 수 있도록 하는 것이었다. 이러한 기술 입증을 위한 실험시제기(Technology Demonstrator)는 중요한 작전 요구의 성능을 어느 정도 만족할 수 있을까 하는 초기판단이므로 비교적 보수적 평가를 하게 되어 실용 개발을 거쳐 생산단계 항공기가 나올 때면 많은 보완이 이루어져 초기작전 요구보다 훨씬 좋은 전투기가 될 것이다.