



## 일본의 지원전투기 FS-X/F-2 (2)

李 相 稷

國科研 선임연구원, 공학박사

### FS-X의 개발기구

차기

지원전투기의 개발에는 美-日 양국의 많은 기관과 업체들이 관련되어 있으며, 이같은 개발기구는 매우 복잡한 구조를 갖고 있다.(前月號 P.28 그림 참조)

개발기간중 美-日 양국은 의사소통을 도모하기 위한 목적에서 기술전문가 등으로 구성된 “기술운영위원회(TSC)”를 설치하여 운영하였으며, TSC를 공동개발에 관한 각종 조정의 장소로 활용하였다. 기술운영위원회는 1989년 제1차 회의를 동경에서 개최한 이래 특별회의를 포함하여 약 20회가 진행되었다.

이 기술운영위원회는 美-日 양국에서 공동의장을 선출하고, 일본측에서는 항공기 담당기술 개발관이, 미국측에서는 공군성 국제부차장이 각각 의장직을 맡아 1년에 2회, 美-일간 교대로 정기회의를 개최함으로써 개발기간중 발생하는 기술적인 문제점을 해결하였다.

일본측에서는 FS-X 개발실장이 계획담당관으로 참석하고, 그외에 공군막료 간부 등이 참석하였다. 한편 미국측에서는 공군의 F-16 시스템 계획

실과 propulsion system 계획실에서 주담당부문의 관계자들이 참석하였다.

기체를 제작하는 회사로는 주계약자인 미쓰비시 중공업이 전방동체와 날개, 최종조립 그리고 비행시험을 담당하고, 협력회사에서는 F-16 전투기의 면허생산 당사자인 LMTAS(Lockheed Martin Tactical Aircraft System)사가 후방동체와 날개의 일부, 가와사키 중공업이 중앙동체(착륙장치의 도어포함), 후지 중공업이 꼬리날개, 공기흡입구, 러더 등의 제작을 담당하였다.

이밖에 日本飛行機社가 pylon 및 missile launcher, 新明和工業이 고정날개 뒷편 등을 각각 제작하였다.

관급품인 화기관제 레이더와 통합전자전 시스템은 미쓰비시 전기, 엔진은 미국의 General Dynamics사에서 완제품을 수입하였다.

F-2 양산형의 엔진은 石川重工이 면허생산을 통한 국산화를 계획하는 것으로 알려졌다. Vender 각사의 관련내용이 완전히 공개된 적은 없으나 지금까지 판명된 사항은 다음과 같다.

- 토키메그: 통합전자 시스템의 일부 구성품(ESM)
- 동경항공기기: 내추락 충격형 flight data recorder
- 島津製作所: HUD, 기내 공기조화장치, 레이더 냉각장치, 앞전플랜 액츄에이터
- 日本航空電子工業: flight control computer, 관성기준장치
- 일본특수금속: 20mm 기관포
- 横河電氣: 다기능 표시장치(MFD)
- 三菱レイオン: 탄소계 복합소재, windshield
- 横振 고무: 연료 탱크

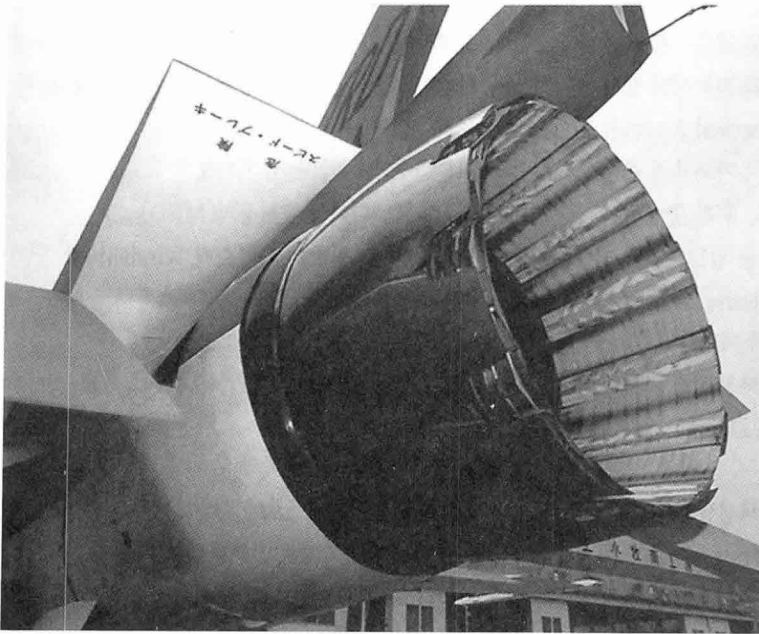
#### 차기 지원전투기 FS-X/F-2의 주요 특징

##### • 첨단 기술과 시스템의 적용

##### \* 탄소계 복합재료와 일체성형 기술

일본은 탄소계 복합재료에 관련한 세계 유수의 생산량을 자랑하고 있다. 이는 일본의 섬유공업이 뛰어나다는 점과 무관하지 않으며, 실제로 이 재료는 일본이 세





그물음이 붙을 틈도 없는 엔진의 배기구가 새로 제작된 기체를 실감나게 한다. 당초 추력함상형 엔진으로 변환된 것이 F-16에서 FS-X로의 개조 사항중 하나였는데 F-16C 블록50형 이후 F110-GE-129엔진이 표준화되어 반드시 F-2의 특징이라고는 말할 수 없게 되었다.

였으며, 이러한 어려움을 해결하기 위한 방법으로 일체구조의 복합재 구조물이 제안되어 종래의 금속날개에 비해 약 25%의 경량화가 가능하게 되었다.

또한 이로 인해 금속

beam과 복합재료 외관을 볼트나 fastner로 체결한 구멍가공 작업이 불필요하여 작업공수를 획기적으로 감소시키게 되었다.

정적강도시험, 피로강도시험 및 일부가 총탄에 의해 손상될 경우에 대한 수리와 시험 등의 결과도 우수하다는 것이 판명되어 기술자들은 FS-X에 적용이 가능하다는 것을 확신하기에 이르렀다.

이 시점에서 향후 복합재 성형기술의 이전이 미국과 일본간에 마찰의 하나가 될 것이라는 점은 아무도 예상하지 못하였으며, P.29의 그림은 FS-X의 복합재 적용 부위를 나타낸다.

#### \* 전투기로서의 공력특성

F-16이 美 공군의 조종사들에게 많은 인기를 누리는 것은 기동특성을 포함한 성능이 뛰어나고 조종이 간편하다는 점 때문이다.

항공기의 기동특성을 평가하는 주요 변수는 G/sec라는 표현이 자주 사용되며, 이는 조종간을 힘껏 당길 때

계에서 최초로 개발한 재료중의 하나이다.

레이온 등의 화학섬유를 무산소상태에서 가열하고 조금씩 힘을 가해 당기면 탄소원자가 한쪽 방향으로 연결되어 강도가 매우 큰 탄소섬유가 만들어진다.

항공기의 주요 재료로 널리 사용되는 알루미늄의 비중은 약 2.7이지만 탄소계 복합재료는 1.6이며, 실제로 접합재를 혼합시켜도 비중의 증가는 그다지 크지 않아 항공기 재료로 사용할 경우 대폭적인 중량경감이 가능하다.

1975년대 중반에 들어와 기술연구본부의 제3연구소에서 본격적으로 날개연구에 착수하였으며, 당시 미국과 유럽 각국에서 일반적으로 수행된 연구는 금속의 접착강도 및 가공의 용이성과 복합재료의 강도를 함께 살리기 위해 두가지를 접착시켜 가공하는 정도에 불과하였다.

그러나 연구가 진행됨에 따라 금속과 탄소간의 열팽창의 차이로 인해 어려움이 있다는 사실을 확인하게 되

1초에 몇 G가 걸리는지를 평가하는 척도이다.

G/sec를 증가시키는 설계방법은 여러 가지가 있으나 대표적인 것으로는 美 공군의 F-22 차기전투기와 같이 2차원 노즐을 사용하고 추력방향을 제어하는 thrust vectoring방법이 있으나 복잡한 mechanism이 요구되고 중량과 비용측면에서 불이익이 크다.

F-16을 베이스로 한 FS-X의 경우, 이같은 형상은 불가능하므로 수평꼬리날개의 면적을 증가시키고 all-moving형으로 설계함으로써 pitch-down 모멘트를 크게 증가시켰다.

모멘트를 증가시키기 위해서는 꼬리날개와 기체의 무게중심 위치를 가능한 멀게하는 것이 유리하며, 정적안정성이 너무 커도 러더의 효과가 감소하므로 정적안정성을 가능한 작게 설계하였다.

또한 pull-up에 의해 발생하는 G를 견딜 수 있는 양력을 얻기 위해 flaperon을 동시에 조작시켜 응답특성을 신속하게 유지할 수 있는 모든 요구조건을 만족시키고 있다.

\* Digital Fly-By-Wire 기술과 CCV Mode

FS-X는 비행조종계통에 전기식 비행조종시스템(FBW)을 채용하고 있다. 차기 지원전투기에 요구된 운동능력과 비행특성을 실현하기 위해서는 FBW시스템의 유연성과 다기능성의 채용이 불가피하다는 판단에서였다.

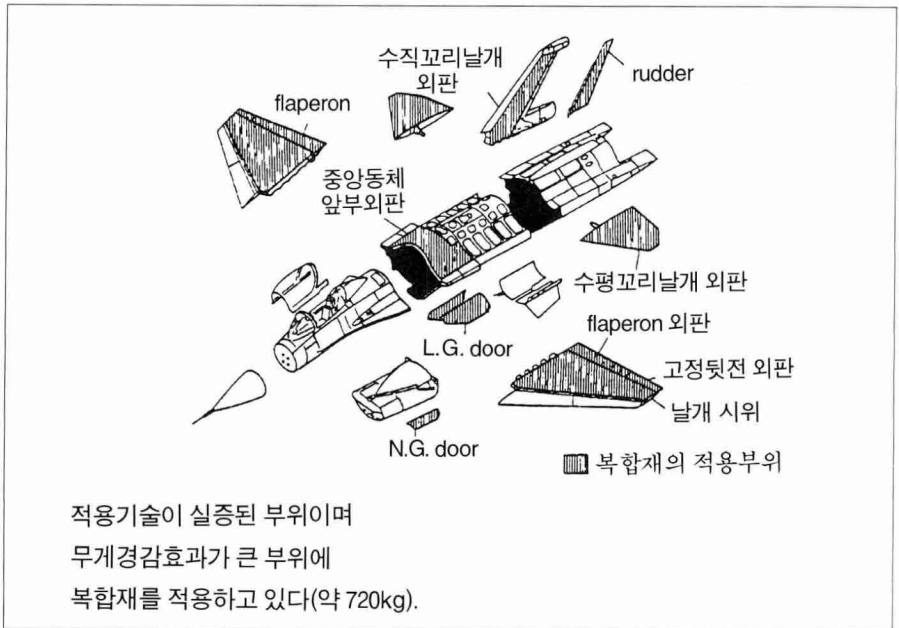
FS-X의 개조 모체인 F-16 전투기는 초기에 아날로그 제어의 FBW 방식을

거쳐 현재의 디지털제어 FBW로 변경되었다. 이에 대해 F-2는 T-2 CCV(Control Configured Vehicle) 연구기의 연구실적을 바탕으로 설계초기부터 디지털 FBW 방식을 채용하기로 결정하였다.

그러나 디지털 FBW 방식의 컴퓨터 소프트웨어(통칭 source code)가 미국 의회의 반대로 일본측에 제공되지 않음에 따라 소프트웨어를 독자적으로 개발하기에 이르렀다.

비행조종계통의 구성요소에는 각종 센서나 actuator 등이 포함되어 있으며, 이들중 중요한 부분은 모두 3중화(Triplex)로 수준을 향상시키고 다른 부분은 2중계의 one fail operative로 구성된다. 각각의 조종면을 구동시키는 유압계통은 F-16과 같이 독립된 A, B의 2계통으로 구성되어 한쪽에 고장이 발생해도 비행에는 전혀 지장이 없으며, 조종계통에는 주로 A계통이 유압을 공급하나 고장시에는 B계통으로 대체된다.

이미 알려진 바와같이 FBW 방식을 채용한 FS-X 비행조종계통의 제어에는 5가지의 CCV기능이 포함되며 그 내용은 P.30의 표와 같다.



FS-X비행조종계통 차등 운용기능

| Mode                          | 내 용       | 비 고      |
|-------------------------------|-----------|----------|
| CA (Control Augmentation)     | 조종성의 최적화  | F-16 보유  |
| RS (Relaxed Static Stability) | 정안정성 자동보상 | F-16 보유  |
| MLC (Maneuver Load Control)   | 선회성능 향상   | F-16 보유  |
| ME (Maneuver Enhancement)     | 상하방향 응답특성 | F-16 미보유 |
| DY (Decoupled Yaw)            | 뱅크없는 선회   | F-16 미보유 |

3.2.2.2 전투기 탑재장비

FS-X의 항공전자 시스템은 일본산의 임무컴퓨터 (mission computer)를 중심으로 F-16의 시스템을 병용하며, 독자성이 보유된 화기관제, 자기방어, 항법, 통신 등의 각 기능을 가진 시스템으로 구성된다.

시스템의 중추가 되는 임무컴퓨터는 화기관제 레이더가 중심인 탑재 전자기기의 통합제어용 컴퓨터로서 F-16의 FCC(Fire Control Computer)에 해당하나 현재는 이를 탑재 전자기기 컴퓨터(GAC)라 부르며 기술 연구본부의 “전투기 탑재용 컴퓨터의 연구 시제제작”의 성과를 바탕으로 미쓰비시 전기가 독자개발하였다.

CNI(통신, 항법, 식별)에 관련된 전자계통은 일부 기기의 추가를 제외하고는 개발 스케줄과 개발비용의 측면에서 F-16과 동일한 시스템을 사용하였다.

통신계통은 FS-X가 항공자위대의 전투기로서는 최고의 신뢰도를 보유하게 되며 UHF, VHF/UHF, HF 무선기에 data link를 탑재한다.

항법계통은 F-16의 TACAN 항법장치, VOR/ILS, 전과고도계와 더불어 국산의 관성기준장치(IRS) 및 지도항법 표시장치를 신규로 채용하였으며 GPS 위성항법장치의 탑재는 제외되었다.

지도항법 표시장치는 지형의 3차원적 데이터를 수치화하고 IC 메모리에 기록한 map generator를 사용하여 최적으로 축척된 지도를 작성함으로써 full color로 표시하는 것이 주된 기능이다.

식별기능의 측면에서는 AIM-7 Sparrow 등 중거리 미사일의 능력을 완벽하게 발휘하기 위하여 사용될 고성능 적어식별장치(AIFF)가 탑재된다.

AIFF에는 질문신호에 대한 발신과 응답의 양쪽 기능이 있으며, windshield 전방의 윗부분에 장착된 병렬안테나는 Beam forming network라 불리는 V자형 평면을 이루고 있는 화기관제 레이더와는 독립적으로 질문신호의 Beam을 전자적으로 방향을 제어할 수 있다.

美 공군의 F-16 개조형(ADF)에는 Teledyne사가 개발한 AIFF를 추가로 장착하는 것으로 알려지고 있으나 FS-X에는 일본에서 개발된 기기를 장착하였다.

※ 점진적 Cockpit

FS-X 전투기는 작전 운용시에 단좌형이 사용됨에 따라 조종사의 임무를 경감시켜야 하는 것이 요구되었으며, 이를 실현시킨 것이 HOTAS(Hands On Throttle And Stick)의 개념과 통신항법장치의 통합제어 패널이다.

HOTAS란 비행중에 조종사가 조종간과 스톨에서 손을 떼지 않고 레이더나 무장투하가 가능한 설계개념으로 F-15에서 처음으로 실용화되어 F-16과 F/A-18에 발전형이 장착되었다.

FS-X에 탑재된 HOTAS의 제작은 島津製作所가 담당하였다. 이 시스템의 스위치기능은 항공자위대의 조종사들이 효과적으로 운용할 수 있도록 F-15나 F-4EJ 개조형과의 공통성이 고려되었다.

FS-X 조종석의 내부를 보면 우선 느끼는 것이 다목적 표시장치(MFD : Multi-Purpose Functional Display)가 중심에 위치하며 종래의 다이얼은 엔진계기 등 몇 개뿐이며 계기판이나 서브패널의 배치는 F-16과 거의 동일하다.

MFD는 4인치형 2대와 5인치형 1대로 구성되어 고

장 발생시 표시의 상호보완이 가능하도록 横河電氣가 개발한 액정방식 칼라 디스플레이가 사용된다. 표시장치의 핵심은 MFD이나 기본적으로는 계기판을 보지 않는 상태에서 비행과 전투가 가능토록 HUD(Head-Up Display)를 장착하고 있다.

FS-X의 HUD는 F-16용과는 별도로 島津製作所の 독자기술로 개발한 Wide Angle Type이 사용되며 시야가 넓고 휘도가 높은 것이 특징이다.

\* 스텔스(stealth)성 흡수재의 사용

지금부터 약 15년전에 많은 전문가들은 장래의 전투기가 캐너드(canard)를 채택한 CCV기가 될 것이라고 예측하였다. 그러나 스텔스성을 지나치게 강조하면 중량이 증가되고 공력성과 특성에 희생이 뒤따른다는

것을 고려하면 전파가 반사되기 쉬운 공기흡입구를 작게하거나 날개의 윗부분에 위치시킬 필요가 생긴다.

그러나 이같은 요구조건을 어느정도 고려할 것인가는 임무에 따라 다르다. 항공자위대는 BADGE시스템으로부터 정보를 받아 비행하는 FS-X의 경우 스텔스성이 그리 중요하지 않다고 판단하였다.

스텔스성을 채택함으로써 적의 레이더에 포착되지 않는다는 점은 중요하나 아군의 레이더에도 나타나지 않으면 지상의 관제소에 타격을 주고, 이에 따라 중량이 증가하면 임무달성에 장애요소가 된다.

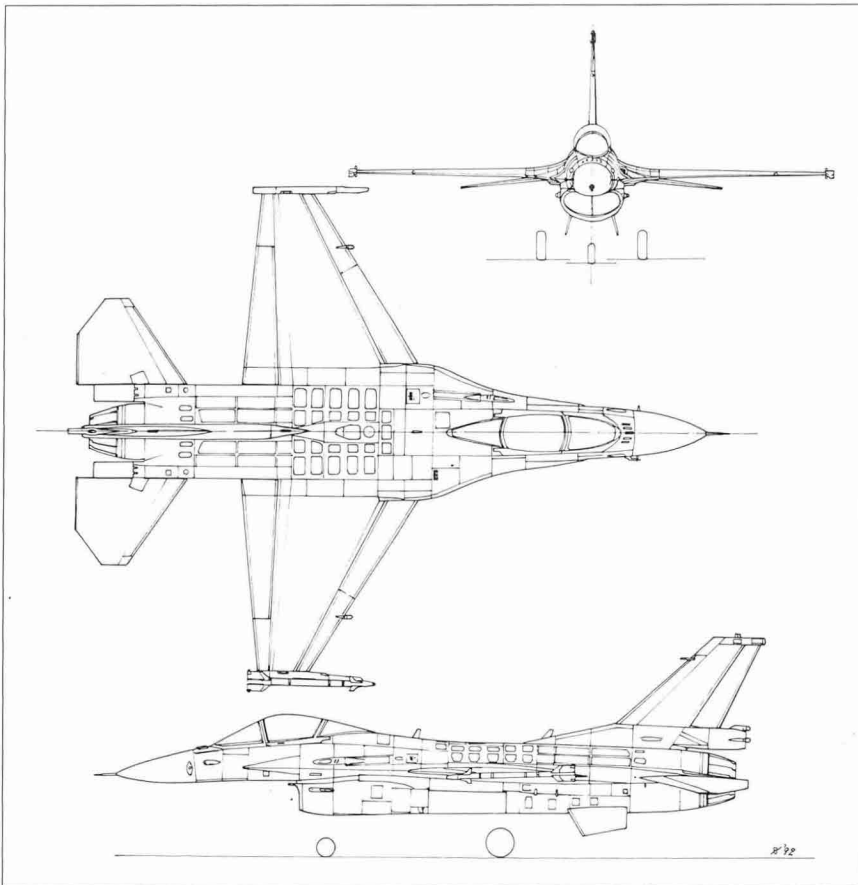
이를 위해 FS-X에서 스텔스성능은 기체성능에 영향을 미치지 않는 범위에서 기체 각 부분에 Radar Cross Section을 감소시키기 위한 방안이 마련되었으며, 전방

의 전파를 흡수하기 위해 Leading edge와 공기흡입구 내부에 특수 전파흡수재를 사용하고 상대 항공기에서 레이더로 탐지되기 쉬운 레이더도 전파를 흡수하기 쉽도록 하였다.

\* 무정탐재 스테이션

지원전투기에서 구비해야할 요건중의 하나는 Weapon platform의 우수성이며, 차기 지원전투기는 항공 저지(Air Interdiction)와 육상작전의 직접지원을 주체로 상황에 따라 방공전투에 참가해야 하는 것이 요구된다.

FS-X의 3면도



FS-X에 대한 외부탑재물의 요구가 모두 밝혀진 것은 아니나 각종 정보를 종합하여 용도별로 분류하면 아래의 표와 같다.

다양한 무장의 탑재형태를 실현하기 위하여 FS-X는 날개밑에 13개의 탑재 스테이션을 설치하고 동체밑의 6번 스테이션은 연료탱크 탑재전용이다.

무장발사용 launcher의 설계와 제작은 日本飛行機가 담당하고, 낙하탱크는 300갤론(동체밑)과 600갤론(날개밑)의 2종류가 있으며 미국이 개발하고 특히 600갤론 탱크는 FS-X용으로 개발된 신형이며 각 탱크는 이착륙시 지면과의 접촉을 방지하기 위해 후방부분을 잘라낸 독특한 형태를 갖고 있다.

FS-X의 주임무는 FS(Fighter Supporter)로서 운용되고 부임무로 FI(Fighter Interceptor)가 계획되고 있다. 이들 임무를 원활히 수행하기 위해 필수적으로 요구되는 사항이 전자전능력이다.

서방의 주요 공군에서는 전문적 임무를 수행하는 전용기를 확보하고 있으며, 1개의 기종에 복수의 임무를 부여하는 예는 드물지만 일본과 같이 불특정 위협과 대처하는 국가에서는 1개의 기종에 dual role을 부여한다는 것은 불가피한 운용개념이다.

FS-X에 어떤 종류의 전자전 장비를 탑재하는지 아직 분명하게 밝혀진 것은 없으나 항공자위대의 RWR(Radar Warning Receiver)와 마찬가지로 서방의 운용기법과 형태를 거의 답습하므로 P.33의 표와 같은 기법과

운용형태를 취할 것으로 예상된다.

#### · FS-X 공동개발에서 확인된 주요 기술

美 공군의 F-16은 경량전투기 계획에 의해 탄생한 것으로 소형경량임에도 불구하고 공중기동력과 공격력이 우수한 현대 최고의 전투기라 할 수 있으나, FS-X는 최근에 개발된 첨단기술을 이용하여 F-16을 모체로 개조한 전투기이다.

FS-X에 적용된 일본의 신기술은 일체성형의 복합재 날개와 Active Phased Array Radar로 대표되는 선진 탑재전자기기의 개발에 관련된 기술, 스틸스성을 향상시키기 위한 전파흡수재의 적용 등으로 구분할 수 있다. 이와는 별도로 F-16 전투기의 비행제어용 소프트웨어 대신에 비행제어용 기기와 소프트웨어를 국내에서 독자적으로 개발한 것도 일본 독자기술중 하나이다.

#### · FS-X 공동개발에 대한

##### 美-日의 견해차이와 일본이 얻은 점

FS-X는 美-日 양국이 무기체계를 공동개발한 최초의 케이스로 미국제 F-16 전투기의 개조개발이라는 범위내에서 일본측의 주도로 개발이 진행되었다.

FS-X가 美-日 공동개발의 형태로 귀결된 것은 일본측이 개발에 대한 열의가 있었기 때문이고, 이와는 별도로 일체성형 복합재날개나 Active Phased Array Radar 등의 독자기술을 일본이 보유하고 있었기 때문이다.

이같은 기술은 미국도 신기술로 인식하고 있었으며 기술적인 측면에서도 일본이 미국을 약간 앞서고 있다고 생각할 수 있다. 또한 Lockheed로부터 일본측이 F-16 전투기의 기술자료를 얻는 대가로 이러한 신기술을 얻을 수 있다는 점이 미국정부에 대한 큰 설득력으로 작용했다고도 생각할 수 있다.

Rand사의 보고서에 의하면 FS-X는 결국 일본기업이 선진형 전투기개발의 세계시장에 참여할 수 있는 권리를 제공한 것이며, 따라서 일본의 전투기개발에 있어

| 용도              | 무 장 내 용                      |
|-----------------|------------------------------|
| 항공 저 지          | 공대함 미사일(ASM-1 또는 ASM-2)      |
|                 | 500lbs 유도폭탄                  |
| 육 상 작 전 직 접 지 원 | 500lbs 유도폭탄                  |
|                 | 보통폭탄(500lbs 또는 750lbs)       |
|                 | Cluster폭탄                    |
|                 | Rocket(70mm 또는 127mm)        |
| 방 공 전 투         | 단거리 공대공 미사일(AIM-9L 또는 AAM-3) |
|                 | 중거리 공대공 미사일(AIM-7F/M 등)      |

RWR의 운용기법과 형태

| 기종     | RWR        | JMR                  | CMD        | 비고                       |
|--------|------------|----------------------|------------|--------------------------|
| F-104A | J/APR-1    | -                    | -          | 훈련용으로 J/ALQ-4가 개발되어 운용   |
| F-4EJ  | J/APR-2    | -                    | AN/ALE-40  | 훈련용으로 J/ALQ-601가 개발되어 운용 |
| F-4개량형 | J/APR-4개량형 | AN/ALQ-131, Block-II | AN/ALE-40  |                          |
| RF-4E  | J/APR-5    | AN/ALQ-131, Block-I  | AN/ALE-40  | 당초에는 J/APR-2가 탑재         |
| F-1    | J/APR-3    | -                    | -          |                          |
| F-15J  | J/APR-4개량형 | J/ALQ-8              | AN/ALE-45J | 당초에는 J/APR-4가 탑재         |

서 장기적인 관점으로는 미국의 군용기 제작사나 안전 보장의 정책에 경계가 될 것이라고 지적하고 있다.

이같은 민간 연구소의 보고서와는 별도로 미국 회계 감사원의 보고서에도 거의 동일한 분석으로 F-16을 대폭적으로 개조함에 따라 FS-X는 일본측의 기술을 최대한 활용할 수 있었으며, 이 결과 일본은 향후 군용기에

F-16을 기본으로 하면서도 이곳 저곳 개조된 F-2가운데 그대로라고 할 수 있는 것이 수직미익이다. 후미부분을 확대한 결과 수직미익 그 자체의 규모증대가 필요하지 않았다고 한다



대한 미국기업의 의존도가 낮아질 것이라고 지적하고 있다.

즉, 美-日 공동개발을 통하여 일본이 세계적 수준의 전투기 개발능력을 보유하게 되었으며, 미국이 이를 암암리에 인정하였다는 공통점이 나타난다. 당초 미국이 FS-X의 일본 독자개발에 반대한 것은 일본에 이같은 전투기 개발능력을 보유시키지 않게 하려는 의도가 있었으나, 결과적으로 반대의 결과를 초래하게 되었다.

• FS-X의 향후 전망

FS-X의 美-日 공동개발은 방위분야에서 美-日 협력의 행방을 점치는 시금석적인 존재로, 미국은 전역 미사일방위(TMD) 구상에서도 일본에 자금뿐만 아니라 기술적인 협조를 요구하고 있다.

FS-X의 개발을 통해 쌍방의 이해도가 증가되었으므로 제2, 제3의 개발계획이 탄생될 가능성도 있으나, 반대로 냉전종결 후 세계적인 해빙 무드에 의한 일본정부의 긴축 재정정책으로 FS-X의 양산이 중지된다면 美-日 관계에 지대한 영향을 미칠 것이 분명하다.

무기체계의 High-Tech화는 급속히 진행되고 있으며, 개발비도 증가되고 있다. 동맹국 서로간의 이해를 조정하여 무기체계 개발기술의 교류와 공동개발을 시도하는 것은 군비축소하에서의 자연적인 흐름이라고 볼 수 있다.

FS-X의 양산 개시까지는 많은 난관이 도사리고 있으나 이를 해결하는 과정에서 美-日간의 안전보장체제는 더욱 견고해질 것으로 예상된다. [1]