

前進翼 飛行機의 出現은 可能할가?

魏 祥 奎 (서울大學校航空工學科
教授·工學博士)

I. 序 論

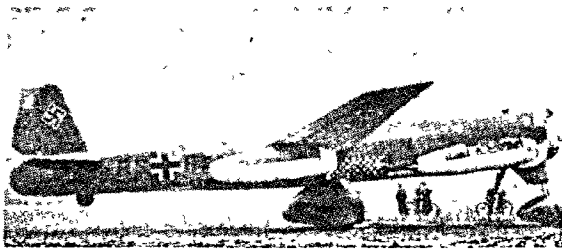
美國防省의 DARPA(Defence Advanced Research Project Agency, 高等國防研究計劃部)와 NASA, 美空軍은 複合材料(Composite Material)를 사용하는 前進翼(Forward-Swept Wing) 戰鬥機의 研究를 시작하였다.

Rockwell International, General Dynamics, Grumman의 3個 航空社는 各自 特色있는 모양을 갖진 前進翼 戰鬥機를 개발하는데 競爭을 하고 있다.

지금까지는 高速戰鬥機하면 날개(主翼)가 뒤로 後退角을 가진 後退翼(Aft-Swept Wing)을 사용하고 있는데, 30年前으로 飛行機의 모양이 後退(?)하고 있는지 살펴보자.

前進翼 飛行機의 開發國은 로케트를 최초 발사한 獨逸이다. 世界 2次大戰이 한창이었던 1943年 8月 13일에 처음으로 飛行에 성공한 Junkers Ju-287 4發제트 엔진爆擊機가 15度의 角度를 가진 前進翼機였음을 빼놓을 수 없다(그림 1).

이 飛行機는 He 177의 胴體, Ju 88의 水平尾翼을 그대로 쓰고, 獨逸領土에 不時着한 美國空軍의 B-24의 降着裝置를 사용한 것으로 그 當時



<그림 1> 前進翼機의 1號機 JU 287

에는 聯合軍으로서는 많은 관심을 가졌던 무서운 爆擊機로 간주했다.

Ju 287機는 推力 900kg의 Junkers-Jumo 004 B-1 Turbo-jet 엔진 4臺를 장치하고, 補助離陸裝置 RATO도 장비하여 V1이란 試作機 1號를 시작으로 계속 飛行試驗을 실시했으나, 聯合軍의 목적으로 破壞되었고, 試作機 V2도 製作中이었으나 소聯軍의 進攻으로 機體와 設計技術陣이 소聯으로 強制送還되어 1947년에 소聯에서 완성되었다는 이야기도 있었다.

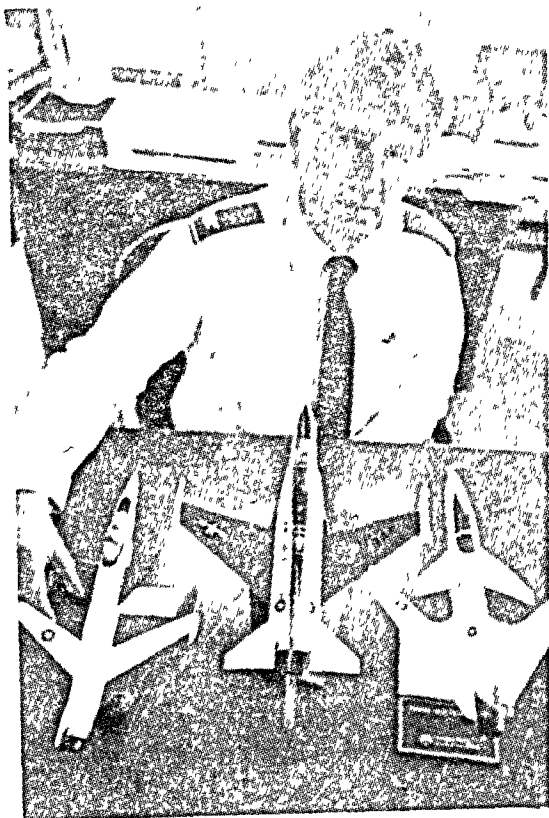
西獨航空技術者들은 60年代에 HFB-300 Hansa란 雙發제트旅客機를 50機 程度 製造했는데 이 旅客機가 世界에서 처음으로 主翼이 前進翼形式으로 된 것이다.

旅客機의 胴體 體積을 크게 하는데 날개를 앞으로 前進시켜서 低速때의 縱安定 特性도 좋게 할 수 있었고, 主翼과 胴體의 連結部分을 飛行機 重心位置보다 훨씬 뒤로 할 수 있어서 胴體容積을 커지게 만들 수 있다.

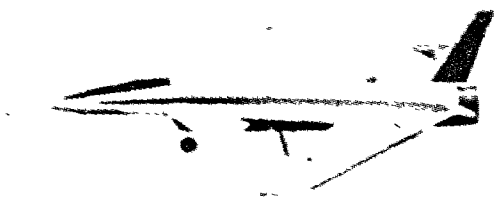
II. 美國航空 3社의 前進翼 戰鬥機의 모습

그림 2에 美國防省 DARPA의 前進翼研究責任者인 Norris Krone 大領의 冊床위에 세가지 前進翼機의 模型機가 있는데 左側에 있는 것이 Grumman 航空社의 것이고 그림 3은 無線試驗을 하고 있는 것이다. 中央에 있는 模型은 General Dynamics 航空社의 F-16을 개조한 前進翼이고, 右側은 Rockwell International 航空社의 模型이다.

그림 4에서 General Dynamics 航空社의 前進翼模型을 보면 현재 生産中인 F-16를 개조에서



〈그림 2〉 Krone 空軍大領과 美國航空社들의 前進翼 모형

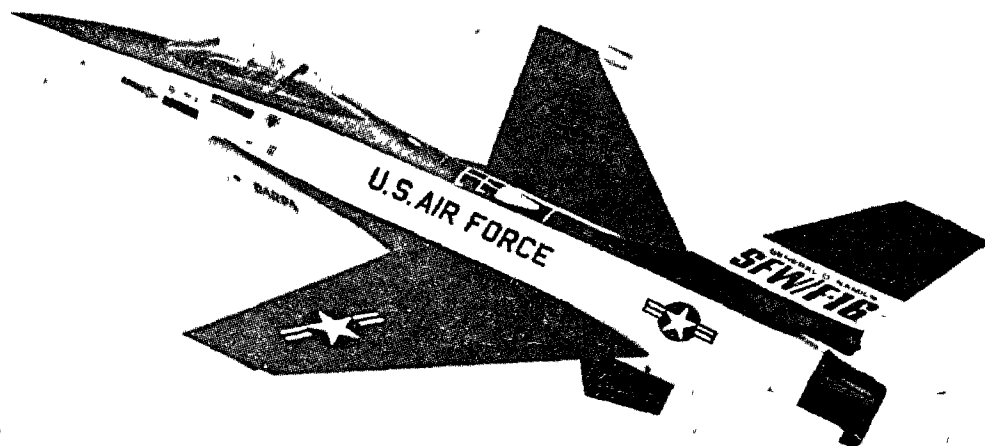


〈그림 3〉 Grumman 航空社의 模型飛行 모습

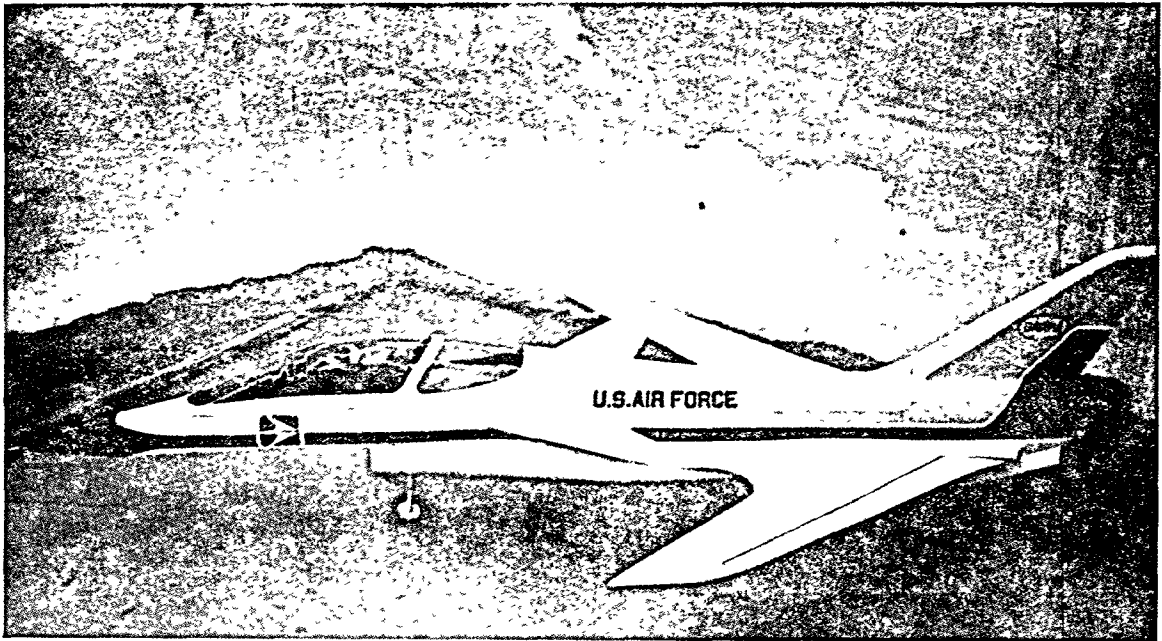
開發費用의 절약을 도모하고 複合材料의 主翼製造技術의 연구에도 큰 효과를 기대하고 있다. 다른 航空社의 模型은 尾翼이 앞에 있는 Canard 形式이 아니고 F-16 尾翼을 그대로 쓰고 있다.

그림 3의 Grumman 航空社의 模型은 尾翼이 앞에 있는 Canard 形式이고 이 Canard도 前進翼으로서 Canard와 主翼이 다같이 前進形式인 In-line 타입이다.

Grumman社의 技術者들은 飛行機가 Pull-up하



〈그림 4〉 General Dynamics 航空社의 前進翼 F-16 모형



〈그림 5〉 Rockwell International 航空社의 前進翼 모형

거나 旋回飛行하면 (+)G가 作用하여 앞에 있는 Canard는 (+)仰角에서 Pitch-up하여 空氣 흐름을 밑으로 밀어내리므로 胴體에 가까운곳의 主翼의 仰角이 줄어드려 이 近方에서의 失速現象을 防止할 수도 있다고 말한다.

Grumman社나 Rockwell International社도 主翼에 前緣 Slat나 Spoiler도 없기 때문에 重量도 減少시킬 수 있고, 構造가 간단하게 된다.

Grumman社의 設計는 Full-span Flap로 Flap와 Aileron 役割를 함께 하도록 하지만, Rockwell의 構造는 Aileron과 Elevon을 갖도록 하고 있다. (그림 5)

Ⅲ. 主翼에 角度를 붙이는 理由

飛行機의 速度가 점점 높아짐에 따라 音速가 까지 되면 主翼의 모양이 後退角을 갖인 後退翼이 나오고, 速度가 音速를 突破하여 超音速機가 되면 後退角은 더 커지는 것이 우리들의 常識으로 되었는데, 前進翼 超音速機란 우리들의 常識을 뒤엎은 理論같이 생각되고 飛行機의 날개가 뒤로 後退된 것이 우리들의 눈에도 보기 좋게 보이기도 하는데 날개가 앞으로 前進하면 높은 高度에서 飛行할때 飛行機의 前進를 肉眼으로 區

別하는데도 힘들것 같다.

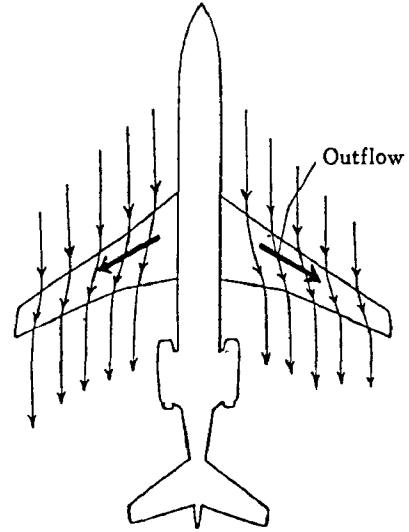
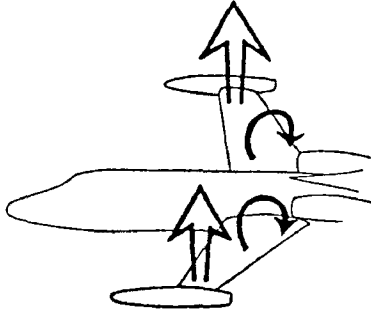
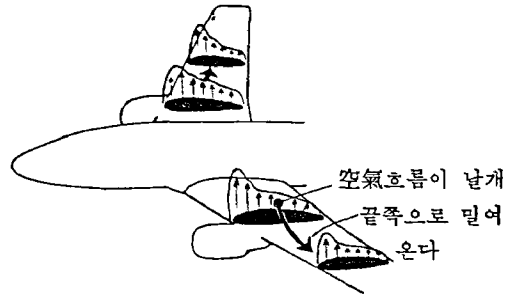
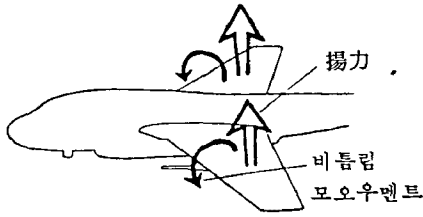
飛行機의 高速化와 高速때의 空氣抵抗의 감소의 手段이 지금까지의 後退翼機의 理論이고, 後退角을 갖은 飛行機는 橫/方向運動의 靜安定을 增加하는데도 큰 役割을 했다.

後退翼機의 이런 役割은 直線으로 된 날개에 上反角을 붙인 것과 같이 Rolling과 Yawing 運動의 靜安定性을 향상시켰는데 前進翼機는 後退翼과 반대의 現象이 생기므로 充分한 Rolling과 Yawing 運動에 대한 靜安定性을 確保하려면 垂直尾翼의 面積을 크게 해야한다. 이때문에 지금까지 前進翼이 쓰여지지 않았고 後退翼機의 萬能時代가 약 30年 지속되어 왔다.

Ⅳ. 後退翼(Aft-Swept Wing)과 前進翼 (Forward-Swept Wing)의 比較

飛行機가 飛行할때 主翼에는 飛行機의 總重量을 空中에 支持하는데 充分한 揚力이 발생해야 한다.

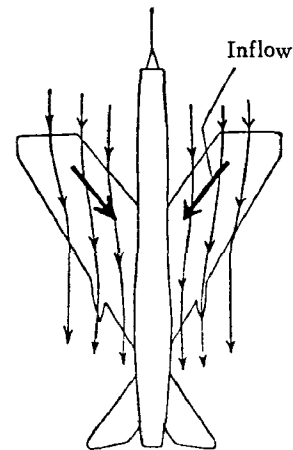
그런데 날개가 直線으로 되었을 때는 날개와 胴體의 連結部에는 날개를 위로 휘려고 하는 單純한 Bending Moment가 생기지만 날개에 角度를 주어서 後退角이던, 前進角을 갖게하던간에



〈그림 6〉 後退翼과 前進翼機에 作用하는 힘과 비틀림 모오우멘트

날개를 비틀이는 Twisting Moment가 작용하는 그림 6에서 본것처럼 後退角때와 前進角때는 서로 相反되는 現象이 생긴다.

後退翼때는 揚力때문에 생기는 비틀림 모오우멘트(Twisting Moment)는 날개끝으로 갈수록 날개의 前緣을 밑으로 밀어내리는 方向으로 작용하여 金屬飛行機의 날개는 彈性을 갖고 있으니 까, 날개의 끝으로 갈수록 仰角이 점점 減少하는 형태로 날개가 비틀이게 되므로 飛行安定性의 觀點에서 顧치 않은 翼端失速現象이 發生하기 힘든 結果가 되어 飛行機의 操縱性의 立場에서도 Aileron(補助翼)效果의 低下를 방지하는 데도 後退翼機의 이점이 있다.



그런데 前進翼으로 하면 Twisting Moment의 方向이 그림 6에서 보면 後退翼과 正反對가 되어 翼端에 갈수록 仰角이 점점 增加하는 形式으로 되기 때문에 翼端失速이 發生하기 쉽고, 飛行機의 速度가 커지면 Pitch-up 現象이 發生하는 主要原因이 되기도 한다.

큰 仰角에서 補助翼의 效果가 低下되던가 때로는 失速狀態까지 되어서 補助翼의 役割도 못하게 되는 경우도 생기고 Aileron Divergence 現象까지 나타나게 되는 경우도 있을 것이다.

이런 좋지 못하는 現象을 防止하려면 前進翼

〈그림 7〉 날개上面에서의 空氣흐림 (右圖)前進翼(左圖)後退翼

의 剛度를 높여야 하니까 應力外皮의 두께가 두터워지므로 飛行機의 重量이 증가하게 된다.

따라서 剛性의 증가는 重量增加이란 점에서

後退翼機의 利點을 따라갈 수 없으나 다음에 說明한 바와 같이 輕量인 最新複合材料를 사용하면 이런 不利한 點을 解決할 수 있다는 것이다. 이런 點들이 지금까지 前進翼機보다 後退翼機를 사용해왔던 理由이기도 하다.

反面에 前進翼으로 하면 다음과 같은 空氣力學的 利點도 있다.

첫째로 後退翼機의 날개上面의 空氣흡입이 그림 7에서 본것처럼 胴體쪽에서 翼端쪽으로 밀려 나가는 Out-flow 現象이 나타난다. 反面에 前進翼機에서는 反對現象인 In-flow 現象, 즉 翼端에서 胴體쪽으로 空氣흐름이 밀리는 形式이다.

따라서 後退翼에서는 翼端失速現象이 생기기 쉽고, Pitch-up 現象이 發生하기 쉽다. 따라서 날개上面의 境界層의 剝離現象은 補助翼의 효과의 低下까지도 나타나게 된다. 이런 理論은 앞에서 말한 날개의 彈性變形의 見地에서 說明한 後退翼이 前進翼보다 翼端失速이 發生하기 어렵다는 結論과 반대의 理論이 되고 말았다.

따라서 翼上面의 境界層 剝離現象으로 發生하는 (後退翼에) 翼端失速의 防止對策으로 高速飛行機에서 날개表面에 Boundary Layer Fence(境界層隔板)를 부착한 理由도 여기에 있다.

美國에서 研究中인 高速前進翼機들이 翼端失速도 생기기 힘들고, 低速度에서의 飛行特性도 좋다는 것은 Spin-proof(Spin되기 힘들다는 뜻) 飛行機로 될수 있는 뜻이다.

後退翼과 前進翼에서는 다음 그림 8에서 본것처럼 Shock Wave(衝擊波)때문에 생기는 抵抗面에서 前進翼이 利點이 있다는 것이다. 즉 같은

角度를 가진 後退翼과 前進翼에서 飛行速度가 音速을 훨씬 넘을때 생기는 Shock Wave의 位置가 相異하기 때문에 空氣抵抗도 다르다. 그림에서 垂直線과 Shock Wave 發生位置가 이루는 角度가 35度되는 後退翼은 50度の 角度를 이루는 前進翼보다 抵抗이 크다. 따라서 前進翼은 Shock Wave 抵抗의 立場에서 유리하다.

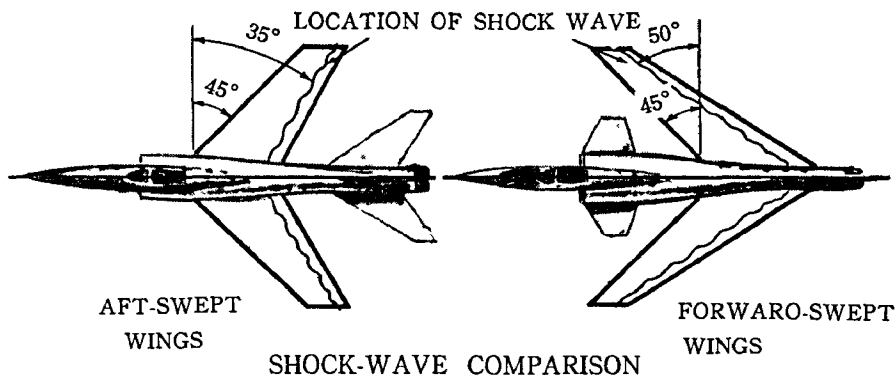
V. 前進翼機를 可能하게 할수 있는 複合材料

前進翼의 空氣力學的 不利한 點을 종래의 金屬材料를 써서 불가능하다는 것은 아니지만 重量도 커지게 되고, 製作할때의 加工工數가 增加하기 때문에 아무래도 새로운 材料와 加工法으로 前進翼의 不利한 點을 解決해 줄수 있는 것은 近來에 급속히 발전한 複合材料를 쓰면 解決된다는 것이다.

例로서 Super-strong Graphite같은 複合材料를 쓰면 飛行機全體의 重量도 20% 減少시킬 수 있고, 製造技術도 간편하며 加工工數가 절약되어 生産費도 절감된다는 것이다.

複合材料는 魔術같은 材料로서 金屬材料를 사용할 때의 生産方法과는 달리 自由自在로 필요한 強度에 대응하도록 纖維의 配交角度를 調節하여 원하는 斷面 또는 全體모양을 생산할 수 있기 때문에 加工도 쉽다.

前進翼의 實用化는 複合材料의 活用으로서 可能하게 될것이다.



〈그림 8〉 後退翼과 前進翼에서의 衝擊波 位置

VI. 結 論

未來의 前進翼의 可能性과 利點에 對한 評價로 從 來 다음과 같이 綜合할 수 있다.

- (1) 高速戰鬥機의 급격한 操縱(큰 G)에서 揚抗比를 높일 수 있다.
- (2) Trim Drag를 減少시켜서 超音速의 巡航距離를 延長시킬 수 있을 것이다.
- (3) 飛行機의 失速 速度를 低下시킬 수 있을 것이다.
- (4) Spin-proof된 機體의 出現可能한 것이다.

(5) 低速飛行時의 安定性, 操縱性을 높일 수 있을 것이다.

(6) 主翼과 胴體와의 連結部의 前方胴體容積을 增加시켜서 燃料, 兵器의 投載量의 증가를 가능하게 할 것이다.

(7) 形態의 選擇自由度가 종래의 後退翼機보다 比較할때 設計의 柔軟性이 증대할 것이다.

參考文獻

1. Popular Science, 1980年 4月號
2. 航空情報, 1979年 5月號

◇兵器短信◇

◇GD社 DIVAD를 내놓는다◇

캘리포니아州의 Pomona에 위치한 General Dynamic社는 작년 3月 28日 戰車새시에 장착한 移動式 師團防空砲(DIVAD: Division Air Defense Gun System)를 내놓았다. 현재 이 DIVAD는 텍사스州의 Fort Bill에서 일련의 野戰試驗을 받고 있다.

DIVAD는 武裝헬機 및 高性能航空機의 공격에 對해서 효과적인 防空手段을 제공해 주는 機械化裝備로서 美陸軍의 ARDCOM 과의 契約에 의해 開發이 進行되고 있다.

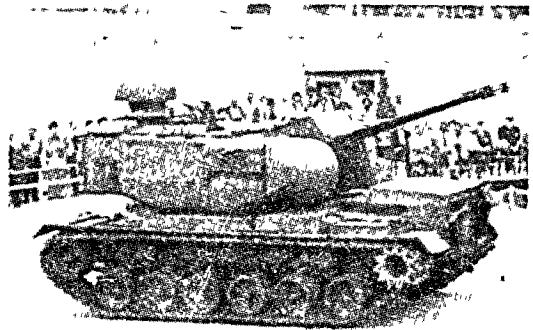
1977年 12月 두가지 原型에 對하여 契約이 General Dynamics Pomona Div. 社 및 Ford Aeronutronic社와 이루어 졌다. 27個月이 지난 지금 현재 2臺의 GD社 製品이 야전시험중이다.

한쌍의 35mm Oerlikon KDA砲를 갖추고 있으며, Phalanx를 응용한 레이더 火力統制裝置를 사용하고 있다. 또다른 Pomona Div.社가 개발한 砲는 美海軍용으로 생산중이다. 35mm Oerlikon KDA砲와 彈藥은 NATO연합군에 의

해 널리 사용되고 있다.

作戰能力 및 兩社製品의 性能을 결정하기 위해서 지난 6月 美陸軍은 3個月間의 評價作業을 GD社와 Ford社의 DIVAD에 對해 시작했다.

今年 말경 한社의 DIVAD를 선전해서 初期生産契約을 맺을 예정이다. 陸軍은 向後 600臺이상의 DIVAD를 구매할 예정이다.



General Dynamics Pomona Div社의 師團防空砲 美陸軍이 General Dynamic社 및 Ford Aeronutronic社와의 競爭開發契約을 체결하고 27個月만에 내놓은 것이다.

〈Defense. July, 1980〉