중국의 입장에서 분석한 일본의 국방력(Ⅲ)
- 항공기 및 로켓 -

국방기술품질원 기술기획본부 기술정보센터
해군대령 박 원 기 · 육군대령 이 수 주 · 위촉연구원 김 정 자

본 기사는 동 제목 시리즈 중 마지막 기사로서 일본의 항공 및 유도탄 분야 능력 관련 기사이다. 후반부의 로켓 관련 기사는 기자와 중국 전문가의 문답식으로 게재된 기사로서 원문의 형식을 그대로 따랐다. 본 기사의 내용은 중국 군사잡지 「兵器知識」 2010년 5월호에 게재된 내용을 번역, 편집한 내용으로서 국방기술품질원이나 편집자의 공식적인 의견이 아님을 밝혀둔다.

항공

그림 1. PX 시제 1호기 XP-1

제2차 세계대전이 막바지로 치달을 무렵, 아시아를 선도하던 일본의 항공산업은 크게 쇠퇴하기 시작했다. 한국전쟁이 발발하고 냉전시대가 도래하면서 일본의 항공산업은 미군의 항공기 정비를 시작으로 군용기 생산과 중/소형 민용기를 자체 설계할 수 있는 단계로 접어들었다. 60년대 일본경제가 비약적인 발전을 거듭하면서 항공산업의 과학 연구 및 생산분야는 회복세로 돌아섰다. 일본은 YS-11, PS-11, C-1, F-1/T-2의 연구를 기반으로 군용 및 민용 기 생산에 관한 기반을 다졌고, 뒤이어 T-3/4, OH-1, F-2의 개발이 성공하면서 일본 항공산업의 기초를 마련했다. 21세기 일본이 개발한 P-X, C-X는 잇달아 초도비행에 성공했고, 일본 항공산업은 ATD-X 프로그램에 힘입어 완전한 회복기를 넘어서 발전추세를 보였다.

일본 항공기업과 기반시설

1970년대 일본은 항공산업을 경제성장을 이끌어갈 신흥사업으로 보았고, 30년 동안의 발전을 거치며 엄청난 경제적, 기술적 이익을 안겨다 주었다. 당시 항공기술 발전으로 인한 경제 기여도는 항공산업 규모의 9배에 달했다.

일본의 항공기 생산기업은 미쓰비시 중공업(三菱重工), 가와사키 중공업(川崎重工), 후지 중공업(富士重工), 신메이와(新明和) 중공업, 이시카와지마(石川島) 중공업이 대표한다. 미쓰비시 중공업은 제트항공기 분야에서 우세를 보였고, 가와사키 중공업은 중(中)형 군용기 및 민용기에서 주도적인 위치를 차지했다. 일본 항공산업은 주로 몇몇 대기업이 연구개발을 이끌었고, 그 밖에 수많은 기업이 부대시설 및 항공 부품, 완제품 공급에 참여했다.

주요 기업의 집중과 공급체계의 분산은 생산 시스템의 균형을 안정적으로 유지하는 데 큰 역할을 했다. 현재 일본은 이미 기체, 엔진 및 관련 체계로 구성된 생산 시스템을 세웠고, 대학 및 전문연구기관도 공기역학 연구에 필요한 첨단 시설을 보유하고 있다. 21세기 일본 항공 산업의 생산규모와 가치는 나날이 증가하고 있으며, 항공 동력체계 및 항전장비의 가치가 기체의 가치를 초월하고 있다. 일본의 항공산업은 우수한 가공력과 첨단 재료기술을 이용해 대형 민용기와 항공기 엔진의 공동연구에서 큰 성과를 거두었고, 선진 생산시스템을 갖추어 공동연구에서 중요한 위치를 차지했다. 일본은 CF34 엔진의 공동연구에서 핵심기술 참여도가 30%에 이르며, 대형 민용기에서 보잉 767 및 787의 점유율이 35%에 달할 뿐 아니라 생산 비중도 보잉사와 맞먹는다. 군용기 분야에서 일본은 이미 훈련기 생산 능력을 갖추었고 F-2의 자체생산을 실현했다.

산업기반과 시스템

일본 항공산업의 생산력은 제2차 세계대전 이후 빠르게 회복되었다. 군용기는 미국에서

그림 2. A6M6C형 제로 전투기

도입, 생산하는 방식으로 몇 차례의 세대교체를 이루었고, F-1로 국산 제트기의 공백을 극복했다. 민용기는 YS-11과 후속기가 등장하면서 발전하기 시작했는데, 서양 기업의 독점 속에서도 민용기 재료 및 연구 제작에서 두드러진 발전 추세를 유지했으며, 최근에는 기본적으로 P-X 및 C-X의 국산화도 실현했다. 일본은 항공재료와 전자 완성품에서 강세를 보이며, 탄소섬유 복합재료 분야에서도 선진 기술력과 높은 시장점유율에 힘입어 시장에서 항공기의 품질을 보증받았다.

일본의 엔진은 이미 복제단계를 벗어나 자체 연구단계로 접어들었다. 군용 고성능 엔진과 민용 대형 엔진에서 드러난 공백은 중/소형 엔진 연구가 진전을 보이면서 메울 수 있게 되었다. 일본이 개발한 T-4 제트훈련기는 최초의 국산 군용기로 XF3-30 엔진의 자체 공급을 실현했으며, P-X의 XF7-10 엔진도 고압축식(high-bypass-ratio) 중등 출력엔진의 한계를 극복했다. FS-X 연구 중 미국에서 엔진을 수입하면서 주도권을 잃었던 일본은 4세대 ATD-X 전투기를 연구하면서 추력 대 중량비가 10인 XF5-1 터보팬 엔진 개발에 성공했다.

일본의 항공 과학연구시설은 완전한 시스템을

갖추었다. 오늘날 일본과 중국의 기초과학 시설을 비교하면서 일본의 부족함을 지적하는 사람들이 많다. 하지만 그들은 양국의 서로 다른 연구 조건을 고려하지 않은 것이다. 일본은 항공기 개발에 필요한 장비, 시설, 설계 및 시험과 관련하여 서구(러시아 포함)에 의존하는 등 독립성이 약한 편이나, 중국은 이러한 시설을 이용하기 어렵고, 러시아에 의존하는 것도 한계가 있기 때문에 자체적인 역량에 의존해야 했다. 따라서 단순한 조건과 규모의 비교만 으로는 양국의 기초연구 기반을 제대로 평가하기 어렵다.

일본 산업 및 과학연구 분야에서는 매년 항공과 관련된 수많은 성과와 특허가 나오고 있는데, 그중에서도 재료기술과 열처리 분야의 성과가 두드러진다. 정밀가공과 선진 재료성형은 일본이 전통적으로 우세를 차지하고 있으며, 전자부품 기술표준과 품질보증체계에서도 군사적 잠재력이 매우 크다. 일본은 원료공급이 보장된다는 조건에서 항공기 대량 생산역량을 갖추었고, 인력의 규모와 우수한 자질은 그를 뒷받침한다. 일본은 방대한 산업시스템과 오랫동안 구축해온 품질관리 시스템을 통해 항공기 생산분야에서 미국과 유사한 조직력을 갖추었다.

일본 군사항공분야의 연구 및 생산은 전 항공 시스템에서 중요한 위치를 차지한다. 군용기와 엔진 생산은 일본정부의 반강제적인 지정 방식으로 이루어지기 때문에 미쓰비시, 가와사키, 이시카와지마 중공업이 거의 독점하고 있다. 일본 항공업체는 유도제어 연구로 인한 성과가 항공기 연구보다 우수하며 대함미사일, 유도폭탄은 자체공급을 실현했다. 또한 공대공 미사일 연구는 완전한 체계와 규모를 갖추었으며, 항공 레이더와 전자장비의 생산도 비교적 높은 수준에 달한다. 일본은 항공기 제조 및 항전 장비 자체조달능력이 큰 편이어서 일부 핵심 부품을 제외한 대부분 장비를 국내기업에서 생산할 수 있다. 향후 일본의 항공 생산력은 더욱 발전할 것이고, 전시에 군용기를 3~4배 더 생산하는 것도 무리가 없을 것이다.

문제점과 어려움

일본의 항공기업은 성숙한 과학연구시스템과 기초연구시설을 갖추었고 우수한 인재 및 다양한 경험을 축적했다. 하지만 재료나 기술 분야는 선진수준인 데 비해, 경험과 기초 분야는 낮은 수준에 머물러 있는 심각한 양극화 현상에 시달리고 있으며 이는 정치 · 경제적 요소의 영향으로 더욱 악화되고 있다.

모든 항공강국은 군사기술로 항공산업의 발전을 이끌었으나, 일본의 군용 항공기술 발전은 미국의 기술적, 정치적 영향을 받아왔다. FS-X 개발과정은 일본의 결여된 자주성을 보여준다. 미국의 압력하에 독자적으로 발전해온 일본의 항공산업은 외나무다리에서 춤을 추는 것처럼 위태로웠으며, 개발의 성패가 정치적 요소에 좌우되었다.

현재 민용기 시장의 독점과 세분화 현상은 일본의 민용기 발전을 저해한다. 1970년대 일본은 이미 YS-11 제트 여객기를 설계할 수 있는 능력을 갖추었고, C-1 전술수송기도 터보프롭에서 제트파워로 발전했다. 하지만 일본이 체계적인 민용기 생산능력을 갖추었을 때, 서양의 항공기업은 모든 민용기 시장을 독점하고 있었다. 유럽의 기존 항공기업도 홀로 발전하기 어려운 상황에서 후발주자인 일본이 서양 독점기업의

위치를 흔들기는 더욱 불가능 했다. 일본은 민용중/대형 항공기 판매에서 큰 수익을 내지 못했다. YS-11의 사례는 대형 항공기 연구개발에서 일본이 독자적으로 투자 하기는 힘들며, 다른 국가와 협력하여 얻을 수 있는 성과 도 단지 일부에 불과하다는 사실을 보여준다. P-3C와 C-130이 교체되는 과정에서 P-X와 C-X가 개발되면서 비로소 일본의 항공산업은 신뢰할 수 있는 중(中)형 항공기 플랫폼을 찾게 되었으나, P-X, C-X의 성과를 어디까지 응용할 수 있는지는 아직 미지수다.

일본의 군용기 연구개발은 정치적인 영향을 크게 받았지만, 미흡한 과학연구방식으로 인한 폐해가 더욱 심각했다. 사실상 주문계약이 성사되지 않고 자원이 한정적인 상황에서 군용기 기술수준을 제고하기 위한 가장 효율적인 방법은, 점진적으로 성능개량을 추진하여 일정 수준의 항공기를 지속적으로 생산하는 동시에 플랫폼을 개량하는 방법이 있다. 일본은 군용기와 엔진의 신재료, 신기술 영역을 장악했지만, 신기술 테스트와 그것을 응용할 만한 플랫폼이 없어서, 핵심기술이 개발되었음에도 실험실 수준을 벗어나지 못한다. 이는 항공산업의 기술적 결함 문제로 이어졌다.

일본의 항공산업은 군용기와 민용기 발전과정에서 큰 효과를 거두지 못했으나, 자체개발과 모방생산방식으로 제작된 항공기는 적지 않았다. 하지만 기초연구단계에서 최종단계를 거쳐 완성된 제품은 매우 제한적이고, 기술자들은 경험이 부족했다. 일본 기술자는 확실히 미국, 러시아, 중국과 같은 시스템 종합능력이 부족하며, 기술적 문제에 부딪혔을 때는 신기술과 신제품을 사용하여 문제를 해결했다. 경험 부족은 일본 과학연구원의 기술 응용에 대한 이해부족을 야기했고, 단순한 문제를 복잡하게 만들거나 소탐대실의 결과를 가져오기도 했다. 일본의 수많은 군사장비가 비슷한 문제를 안고 있었다. 일본은 FS-X(F-2) 프로그램에서 F-16C를 기반으로 했음에도, FS-X의 자체 기술력을 높이고 일본의 항공력을 자랑하기 위해 당시 세계 선진 수준에 속했으나 실전사용 경험이 부족했던 복합재 비행기 날개를 사용했다. 하지만 선진 재료와 기술로 제작된 비행기 날개는 판넬 균열 문제로 생산원가와 수리비용을 크게 올려놓았고, F-2의 완성률도 크게 떨어뜨렸다. 첨단 응용기술은 성능에 대한 기대치를 높여놓기만 할 뿐, 그에 걸맞은 결과는 도출해 내지 못한 것이다.

일본 항공사는 서양 항공사로부터 하청을 받아 작업할 때 최고의 품질을 보장하지만, 자체 기술로 항공기를 제작할 때는 많은 문제점을 야기하기도 했다. 그중에서 가장 심각한 것은 일본 설계사의 과도한 세밀함에 있다. 일본 비행기 설계는 정해진 기준에 따라 가장 '유리한' 설계방식을 적용한다. 예를 들어, 제2차 세계대전 기간 '제로' 전투기 엔진은 정해진 기준에 따라 설계되었지만, 기체는 고출력 엔진을 수용하지 못했고 구조적으로도 성능개량의 여지가 부족하여, 전쟁 기간 성능개량작업을 진행하지 못했다. 오늘날 일본은 여전히 군용기 설계부분에서 동일한 문제를 안고 있다. F-2의 크기와 내부 설계는 완벽한 기준에 따라 이루어 졌으나, 설계의 '완벽함' 은 구조 조정 혹은 리벳 위치 이동에서 기초설계의 한계에 봉착하게 했고, 설계 후 변경에 필요한 비용과 난이도는 기초설계 시 필요한 것보다 훨씬 높았다. 일본은 군용

기의 저속생산을 실현하여 생산라인을 유지했지만, 연구제작분야의 '한번 굳어진 것은 영원히 변하지 않는다' 는 법칙을 만들어냈다.

오늘날의 F-2A와 최초의 F-2A에 별다른 차이가 없다는 것이 바로 그 전형적인 예이다. 긴 생산주기에서 이처럼 중요한 기종의 성능개량이 이루어지지 않는다는 것은 미국, 러시아에서는 상상하지 못할 일이다. 예를 들어, F-16은 같은 기간 총 3차례의 대규모 기술 개량이 진행되었고, MIG-29와 SU-27 역시 2세대에 걸친 임무시스템과 1세대에 걸친 플랫폼 기술 개량이 이루어졌다. 항공기와 자동차 설계는 공통점이 많지만, 자동차는 시장의 수요에 맞춰 쉽게 개량할 수 있으나 생산원가와 투자비용이 높은 군용기는 자동차의 개량속도를 따라잡지 못한다는 큰 차이점이 있다.

일본 항공자위대의 항공장비는 비교적 빠른 갱신속도를 유지하고 있기는 하지만 그중에는 수입품과 국산 장비가 포함되어 있어 시간이 흐를수록 플랫폼과 조화를 이루지 못하고 있다. 또한 수입장비는 계약과 지적재산권 문제에 휘말리고 있다. 일본은 군용기 연구 시 고난도, 고위험성을 갖춘 신기술 사용에 주력하고 있지만, 장기간 성능개량을 하지 않는다면 연구 시스템 및 인적자원의 전체적인 수준을 유지, 향상시키는 데 불리하다. 스프링처럼 주기적으로 늘어났다 줄어드는 식의 발전방식은 지속하기 어려우며 개발 후에도 제자리걸음 하기 일쑤여서 그나마 유지하고 있던 장점까지도 잃게 한다.

문턱에 선 일본 항공기업

일본 항공기업의 능력이 어느 정도인가에 대해서는 사람마다 서로 다른 견해를 보이는데, 이는 평가기준이 서로 다르기 때문이다. 단순히 튼튼한 기초산업과 높은 수준의 인적자원만 살펴보았을 때, 일본의 항공업체는 분명히 강하다고 할 수 있지만, 그들이 제작한 항공기를 살펴보면 그렇게 말하기 어렵다. 일본 군용기 기술은 모두 만족할 만한 수준이며, 서양에 수출하는 항공기 역시 높은 기술 수준과 가치를 지니고 있다. 일본은 현대 항공기술의 모든 영역에서 우수한 성과를 거두었지만, 연구 시스템은 이러한 성과로 완성품을 만들어내는 능력이 부족하여 기술과 상품의 수준 격차가 크게 벌어졌다. 즉, 일본의 항공산업은 세계 선진 반열에 올랐지만, 기술자의 경험 부족은 연구 수준 및 발전 속도에 큰 영향을 미쳤고 고질적인 '고투자 저효율' 현상을 빚어냈다.

일본정부와 군은 항공 연구분야에 대한 투자를 해마다 늘리고 있다. 하지만 현재의 연구 능력이 기초산업과 부합하지 못하고 있다. 힘들여 개발한 신기술이 실험실을 벗어나지 못하고, 독립적으로 연구개발한 항공기는 설계에서 많은 허점이 발견되고 있다. 이런 상황이 계속 된다면 일본의 항공산업은 크게 발전하지 못할 뿐 아니라, 향후 군용 및 민용 항공기의 성능개량에서도 미국에 대한 의존도가 높아질 것이다. 그리고 일본 항공산업의 기초 및 연구분야에서 차지하고 있는 유리한 고지도 다른 국가에 쉽게 내어줄 것이다.

하지만 항공기술의 독자적인 발전은 미국을 포함한 많은 나라에서도 상상하기 어려운 일이며, 국내의 정치적 요소와 기술적 문제의 영향에서 벗어나기 힘들다.

로켓

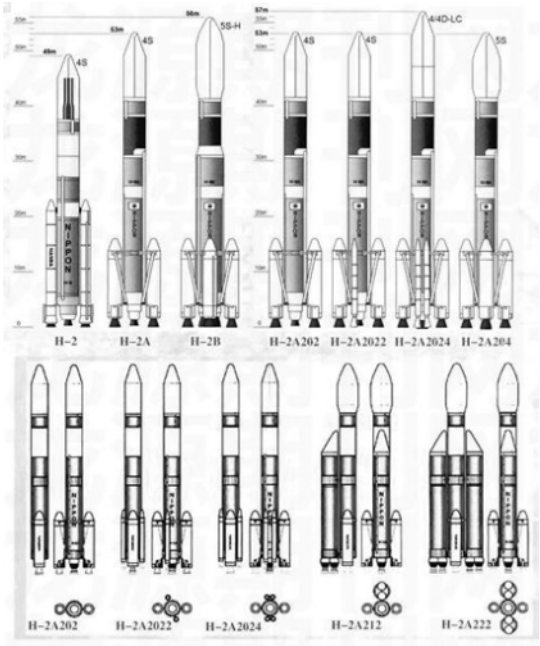

그림 3. H-2계열 로켓

기자(이하 '문'): **탑재로켓의 수준은 국가의 우주 통제능력과 전략적 타격능력에 직접적인 영향을 미친다. 일본 로켓능력에 대한 생각은?**

룽러하오 박사(이하 '답'): 탑재로켓분야는 현재 미국, 러시아가 여전히 세계 선두를 차지하며, 유럽우주국(ESA)이 그 뒤를 잇고 있다. 일본은 제2 그룹을 이끌고 있으며 중국이 그 뒤를 바짝 추격하고 있다. 단일 항목 순위로는 러시아 엔진이 가장 높다. 하지만 탑재로켓의 종합능력은 미국이 러시아보다 월등하다. 일본의 탑재로켓 단일 기술은 미국, 러시아와 맞먹지만 규모 면에서는 미치지 못한다.

유럽우주국 Ariane-5의 이륙중량은 700톤 이상으로 H-2B보다 무겁다. H-2B의 지구정지 전이궤도(GTO: Ggeostationary Transfer Orbit) (근지점 200km, 원지점 36,000km, 궤도 꼭지각 28.5도) 탑재능력은 8톤이고, 저궤도(근지점 200km, 원지점 400~500km, 궤도 꼭지각 40도) 탑재능력은 16~17톤이다. 저궤도 속도증가량은 비교적 적은 편으로 7.8km/h이나, 정지전이궤도의 속도증가량은 10km/h이므로 탑재능력이 적어진다. 중국의 탑재로켓 중에서 가장 강력한 '창정(長征)-3호 乙(CZ-3B)'의 지구정지 전이궤도 탑재능력은 5.5톤이고, 저궤도 최대 탑재능력은 12톤으로 일본보다 우수하다. 러시아의 지구정지 전이궤도 탑재능력은 8~9톤이다. 러시아 로켓을 창정과 같은 위도에서 발사한다면 10톤 이상의 정지전이궤도 탑재능력을 갖출 것이고, 미국 로켓은 11~12톤 정도의 탑재능력을 갖출 것이다. 미국의 Ariane-5의 탑재능력은 이미 12톤에 달한다. 이는 Ariane-5에 유리한 북위 4도에 있는 가이아나(Guyana)에서 발사되었기 때문이다. 미국 플로리다의 위도는 28도로 중국 시창(西昌) 지역과 비슷하다. 창정-5의 정지전이궤도 탑재능력은 14톤 정도이다.

문: **일본의 로켓은 중국에 비해 어떤 점이 뛰어난가?**

답: H-2B의 규모는 창정계열보다 크다. 창정계열 중 유인로켓 창정-2F가 570톤으로 이륙중량이 가장 크지만, 탑재능력은 창정-3B가 가장 크다. 창정-2F의 이륙중량이 큰 이유는 엔진코어 1, 2단 연료인 N2O4/ UDMH (Unsymmetrical Dimethylhydrazine)의 밀도가 700-800kg/m^3으로 매우 높기 때문이다. 창정-3B의 엔진코어 2단 이상은 액체수소/액체산소(LH2/LOX)로 밀도가 70kg/m^3로 매우 낮아서 이륙중량이 540톤밖에 되지 않는다.

창정-3B의 고궤도와 저궤도에서의 탑재능력은 각각 5.5톤과 12톤이고, 창정-2F의 저궤도에서의 탑재능력은 8톤 정도로 일본의 16톤에 비해 매우 작다. 일본은 엔진코어 LH2/LOX 고체부스터를 주로 사용하고 중국은 부스터와 N2O4/UDMH 연료를 넣은 엔진코어 1단을 주로 사용해왔다. 중국은 앞으로 고체 로켓보다 간단한 고체 부스터 발전을 중시해야 한다. 중국은 고체 부스터 영역을 소홀히 한 탓에 그 방면의 기술력이 매우 떨어졌지만, 액체기술의 발전 조건은 어느 정도 갖추었다. 일본은 고체 부스터 연구에 힘을 쏟아 미사일 발전에 적용했다.

일본의 H-2B 로켓의 지름은 5.2m이나 창정계열은 3.35m에 불과하다. 3m대와 5m대 사이에는 엄청난 기술격차가 존재하며, 혁신적인 프로세스와 장비가 필요하다. 여기서 지름 5m의 저장탱크를 만들 수 있는 공작기계(mother machine)와 공장을 확보하는 것은 매우 중요하다. 일본의 고체 부스터 수준은 중국보다 앞서 있다. 앞으로 중국은 고체 로켓 영역을 확장하는 과정에서 장약, 점착 기술, 연소 안정성, 셸(shell) 제조 등의 문제에 직면하게 될 것이다.

문: **일본의 H-2 계열의 부스터는 배치방법이 다양하며 비대칭 배치방법도 있다.**

답: 이는 추력 조합을 계산한 결과다. 부스터는 적을수록 좋고, 많아질수록 고장률도 높아진다. 중국의 고체로켓을 미사일에 사용하는 수준은 낮지 않지만, 비교적 적은 편이다. 사실 일본의 고체로켓 수준도 낮은 편이고, 미국의 고체 부스터 추력은 수천 톤에 달한다.

문: **추력이 큰 것은 체적이 크기 때문 아닌가?**

답: 하지만 이렇게 체적이 큰 것을 쉽게 만들 수 있는 것이 아니다. 미국 우주선의 고체 부스터는 4, 5단계로 나뉘고, 한 번에 점화되며, 각 단계 간의 연소 전달기술이 매우 높다.

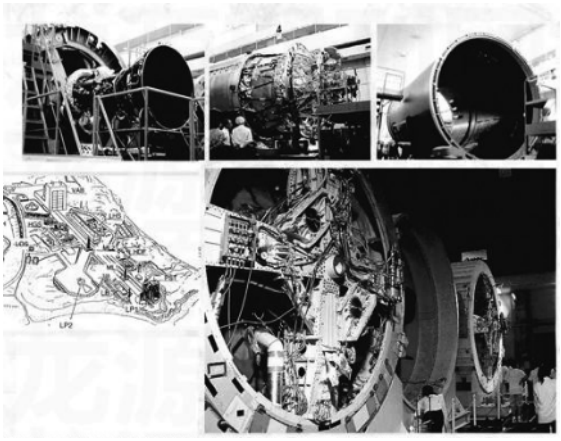

그림 4. H-2 로켓 내부구조

문: **부스터와 엔진코어는 같이 점화되나?**

답: 대부분이 동시에 점화되나, 특수한 경우 부스터가 먼저 점화되고 엔진코어가 나중에 점화된다. 이륙 추력은 클수록 다 좋은 것은 아니다. 무인 로켓은 추력이 커서 축방향 하중(axial load)이 크고, 엔진코어 내부 보강재 박스가 쉽게 부서진다.

문: **H-2의 부스터와 Ariane-5 는 모두 얇고 긴 부스터 2개를 사용한다는 점에서 매우 유사하며, H-2A, H-2B와 창정계열도 낮고 작은 부스터를 사용한다는 공통점이 있다.**

답: 부스터와 엔진코어의 연결점은 중간부위에 있다. 이 부분은 강도가 세어 몇 mm밖에 안 되어도 힘을 받지 않는다. 부스터의 높이는 실질적으로 로켓의 전체 설계에 따라 결정된다. 만약 엔진코어 중간점이 높은 곳에 있다면 부스터는

얇고 높게 만들어야 한다. 지름이 2.25m에서 1.8m로 줄어든다면, 중국은 지름 1.8m로 제작할 수 있는 프로세스 툴이 없어 어려움을 겪을 것이다.

문: H-2A 와 H-2B 의 부스터는 Strut 구조로 되어 있다.

답: 이것은 분리용이다. 중국은 이런 구조를 사용하지 않고 로켓을 분리하여 부스터를 측면 발사한다.

문: 이전에 창정 로켓의 중간점에 사용되었던 Skeletal 구조는 현재 선진국에서 거의 사용하지 않고 있지만, 사실 이것이야말로 가장 효과적인 구조 아닌가?

답: Skeletal 구조는 매우 가볍고, 로켓이 점화된 뒤 바로 불꽃이 나온다는 특징이 있다. 중국은 창정-2F 유인로켓을 제외하고는 모두 Skeletal 구조를 사용하고 있다. 설계사들은 당시 미국이 로켓에 Skeletal 구조를 사용하지 않았다고 해서 중국도 하지 말라는 법은 없지 않느냐는 생각을 했을 것이다.

문: H-2B 의 엔진코어 3단은 확실히 가늘어졌는데 그 원인은 어디에 있나?

답: 창정 로켓도 같은 설계방식을 취하고 있다. 중국에서는 엔진코어 3단의 중량은 페이로드와 일대일의 관계를 가진다. 즉, 이 단계에서 중량을 1kg 증가시키면 페이로드도 1kg 줄어든다. 따라서 엔진코어 3단을 가늘게 하면 사하중(死荷重)이 줄어들어 상대적으로 탑재량이 늘어난다. 그렇지만 엔진코어 1, 2단이 가늘어진다면 연료가 부족할 것이다. 엔진코어 2단의 중량이 100kg 증가하면, 탑재량은 10여 kg 정도만 줄어 들고, 엔진코어 1단에 대한 영향력도 그다지 크지 않을 것이다. 엔진코어 3단은 탑재능력과 일대일의 관계를 유지하며, 중량 감소에 따른 탑재 능력에 대한 영향력이 가장 크다. 한편, H-2B는 지름이 5m정도로 중량은 매우 큰 편이다. 일반적으로 규모가 큰 로켓은 이와 같은 설계방식을 채택한다.

그림 5. H-2 로켓 1단 엔진 LE-7A

문: 일본의 로켓 엔진 수준은 어떤가?

답: 수소/산소 엔진 수준은 중국보다 높다. 일본은 처음부터 엔진을 미국으로부터 수입해 왔다. 일본은 중국과 같은 액체수소/액체산소(LH2/LOX) 연료를 사용하지만, 추력과 비추력이 중국보다 높다. 중국의 액체수소/액체산소 엔진은 국제 선진수준에 이르렀지만 종합성능은 일본보다 뒤처진다. 일본의 액체수소/액체산소 엔진의 비추력은 450초이며 중국은 440초이다. 비추력이 1초 적으면 탑재능력이 100kg 감소

한다. 지름 5m의 저장탱크도 일본이 더 가볍고 정교하다. 일본이 모든 영역에서 중국보다 뛰어나기 때문에 같은 궤도에서의 탑재 능력도 중국보다 우수하다.

그림 6. H-2B 로켓 발사 장면

문: **단열재 영역에서 중국과 일본은 어떤 차이가 있나?**

답: 단열재와 엔진은 아무런 관계가 없으며, 로켓 전체와 관련한 문제이다. 중국은 미국, 유럽의 수준과 맞먹으며, 일본은 한창 미국을 쫓고 있다. 단열재는 몇십 m에 이르며 코팅 처리가 되어 있다. 포말재로 코팅을 하면 팽창 되기 때문에 재가공을 통해 평평하게 한 뒤 다시 강화층과 밀봉층을 덧씌운다. 유럽 Ariane 로켓의 단열층은 이런 방식을 채용하지 않았다.

일본은 총규모, 엔진, 재료, 프로세스 등의 영역에서 중국보다 월등하다. 하지만 중국은 전자설비, 제어시스템 영역에서 빠른 발전 추세를 보이고 있으며, 나는 개인적으로 중국이 일본과 큰 격차가 나지 않는다고 생각한다.

문: **궤도진입 기술에서 중국과 일본을 비교해 보면 어떤가?**

답: 정밀도와 제어시스템 모두 엇비슷하다. 탑재로켓은 정밀도에 대한 요구가 높지 않은 편이다. 위성은 발사되고 나서 지상추적관측 시스템과 큰 회로를 이루는데, 궤도진입 정밀도가 조금 떨어져도 회로를 통해 수정할 수 있다. 오늘날에는 궤도진입 정밀도로 국가의 로켓 수준을 평가할 필요가 없어졌다. 해외에서 지상추적 관측제어를 할 필요가 있다면 국제적인 협력을 할 수도 있다.

일본의 달 탐사 수준은 중국보다 높다. 일본은 1990년대 이미 달에 근접했는데 사실 당시의 탑재로켓능력은 중국에 미치지 못했다. 최근 중국이 달 탐사 위성 창어(嫦娥)를 발사한 일은 정말 참신한 구상이었다. 일본이 전략적 미사일 능력을 제고하는 데는 그리 많은 시간이 필요하지 않을 것이다. 중국보다 경험이 부족한 일본이지만 단일 기술에서 큰 발전을 이룬다면 산업화 능력은 중국보다 빠르기 때문이다.

참고자료
兵器知識 2010. 5월호