

## 일본의 기간 로켓, H-II A 의 개발 동향

글/공 현 철\* hcgong@kari.re.kr, 송 병 철, 서 윤 경

한국항공우주연구원 정책협력부 정책개발팀\*, 우주발사체사업단 기술경영팀

### 초 록

일본은 1954년 도쿄대학의 이도가와 교수가 로켓연구반을 구성하여 연구와 실험을 시작한 후 1955년 8월에 펜슬로켓을 제작하여 수평비행실험을 시작하였다. 이후 베이비 로켓, 카파 로켓, 램다 로켓으로 이어지는 개발과정에서 1970년 램다로켓인 L-4S-5 로켓으로 인공위성 ‘오수미’를 발사하는데 성공하여 자체 위성 발사국의 지위를 얻었다. 그러면서 미국으로부터 발사체 기술을 받아 N-1 로켓을 개발하여 1975년에 성공적으로 발사하였다. 이후 자체적으로 기술개발에 성공한 H-I 로켓에 이어 일본의 기간 발사체가 된 H-II A 로켓에 이르기까지 일본은 우주발사체 개발을 지속적으로 꾸준히 발전시켜왔다. 본 논문에서는 일본의 기간 발사체가 된 H-II A 로켓 및 H-II B(H-II A 능력향상형 로켓)에 이르기까지 일본의 로켓 개발과정을 설명하고 또 H-II A 로켓이 어떻게 일본의 기간 로켓이 되었는지 또 H-II A 능력 향상형 로켓, H-II B 로켓의 향후에 대하여 논의하고자 한다.

주제어 : 펜슬로켓, 램다로켓, 오수미, 기간 로켓, H-II A, H-II B

### 1. 일본의 기간 로켓 개발 과정

2차 세계 대전 이후 일본을 통치하던 맥아더 사령부로부터 1954년에 로켓에 대해 연구해도 좋다는 허락을 받은 도쿄대학의 이도가와 교수는 로켓 연구반을 구성하여 연구 및 실험에 돌입하였다. 지름 1.8cm, 길이 23cm, 무게 175g 의 펜슬로켓을 제작하여 공개 수평발사 실험을 한 것이 1955년 8월 6일이였다(그림 1. 참조)[1].

크기가 너무 작아 실험기기를 로켓 내부에 실을 수 없었던 펜슬로켓보다 크게 개량한 것이 베이비 로켓이다. 베이비 로켓은 2단식으로, S형, T형 및 R형 등 세 종류가 있었다. 베이비 로켓 중에는 R형이 제일 커서 길이 147cm, 지름 8cm 이며, 발사할 때의

무게는 11.8kg이었고, 최대도달고도는 1.7km이다. 베이비 로켓의 상부에다 관측기구와 16mm 촬영기를 실어서 발사하기도 했다. 또한 1957년부터 1958년까지 행해진 국제지구관측년(IGY, International Geophysical Year)에 참가해서 길이 547cm에 지름 24cm, 무게 257kg 의 카파(Kapa) 로켓을 이용, 60km 상공까지 올리는 데 성공했다(그림 2. 참조).



그림 1. 수평실험을 하는 펜슬로켓



그림 2. Kappa-1 로켓



그림 3. 일본의 최초의 위성 "Ohsumi"



그림 4. "Ohsumi"를 싣고 발사되는 람다 4S-5 로켓

국제지구관측년에 참가한 이후 일본은 위성발사를 목표로 삼았다. 위성을 발사하기 위해 극복해야 할 두 가지 문제는 위성과 발사장이었다. 위성은 고도 500km 이상으로 발사되어야 한다. 당시 Akita 발사장은 러시아, 중국, 대한민국 및 일본으로 둘러싸인 비교적 좁은 동해안 근처에 있었기 때문에 높은 고도로 로켓을 발사하는 것은 위험한 일이었다. 이 두 가지 문제는 서로 연관되어 있기 때문에 관련되는 사람들에게는 주요한 장애물이었다[2].

그러던 차에 비극적인 일이 발생하였다. 1962년 5

월 24일, 카파-8(kappa 8) 로켓이 발사되자마자 근처에 떨어져 화재가 발생하였다. 다행히 인명 피해는 없었지만 그 일로 인하여 'Akita' 로부터 'Uchinoura'로 발사장이 변경되었다.

1964년에는 도쿄 대학 생산기술연구소의 로켓 연구팀과 도쿄 대학 항공연구소가 통합된 우주항공연구소가 발족되어 로켓 연구에 더 많은 노력을 기울이게 되었다. 카파 로켓에 이어서 좀 더 대형 관측 로켓인 람다(Lambda) 로켓을 개발하였다. 람다 로켓의 목표는 1,000km 까지 상승하여 밴 앨런 방사능대를 관측하는 것이었다. 하지만 람다 4 로켓은 분리기구 등에 문제가 발생하였고, 또한 근처의 어촌계와의 갈등도 발생하였다. 이러한 문제들로 인하여 람다 4 로켓은 연속하여 네 번의 실패를 경험해야만 했다. 1968년에 어촌계와의 협상이 타결되어 'Uchinoura' 발사장에서 우주개발은 박차를 가하게 되었다. 드디어 1970년 2월 11일, 람다 4 로켓이 발사되어 일본 최초의 위성인 '오수미'를 근지점 335km, 원지점 5,150km의 지구궤도에 투입하여 일본을 세계에서 네 번째 자력위성발사국가의 지위를 얻게 하였다(그림 3.과 4. 참조).

### 바람 부는 대로 맡겨지는 로켓

일본의 인공위성 발사성공 후에 도쿄대학의 항공우주연구소는 더 큰 로켓을 개발하기 시작했고 아울러 신뢰성을 향상시키려 노력했다. 그들의 목표는 좀 더 높은 고도에 도달하고 비행성능의 정확도를 높이는 로켓을 개발하는 것이다. 그들의 노력의 결실은 M-로켓, 즉, Mu 로켓 개발로 나타났다. 이 로켓은 이전에 개발한 K(Kappa) 와 L(Lambda) 로켓을 따랐다. 이 로켓은 도쿄대학의 항공우주연구소가 문부성의 ISAS로 재구성될 때까지 많은 위성을 발사하였다. 1970년 9월에 첫 번째 Mu 로켓(M-4S)가 발사되었다. 그 당시 Mu 로켓은 유도 조종 장치를 탑재하지 않아서 자세는 중력에 의하여 조절되었다. 이러한 방법으로 Mu 로켓은 발사대에서 일정한 각도로 발사되었고 방향 조종은 중력에 의하여 결정되었다. 이러한 타입의 로켓은 일단 발사되면 경로를 바꿀 수 없다. 만약 발사 할 때 바람이 강하게 불면 로켓은 어떻게 되겠는가? 이런 이유로 해서 Mu 로켓들은 "바람부는 대로 날아가는 로켓"이란 이름을 갖게 되었다.

## 우주과학에 크게 기여

그 때부터 로켓 엔진의 성능은 크게 향상되었고 추력이 보장된 3단 로켓이 개발되었다. 새롭게 개발된 추력 방향 제어 시스템은 추력 방향 제어를 하여 정확도를 향상시키는 유도 제어 시스템으로써 제공되었다. 이러한 개발의 결정판은 M-3C 로켓으로 나타났다는데, 이 로켓은 직경이 1.4m, 총길이 20m에 달한다. M-3C 로켓 다음에 개발된 더 큰 로켓은 M-SH 및 M-3S 로켓이다. 1985년에 Mu 로켓은 대단한 성공을 거두었는데, 총길이 27m, 발사 중량 770kg의 로켓이 헬리 혜성 탐사선을 중력장 넘어 까지 발사하였다. 이것은 고체 로켓으로 지구중력장을 벗어나는데 성공한 세계 최초의 기록을 세운 것으로 극적인 성취를 이뤄낸 것이다. 전체적으로는 20개 이상의 위성이 Mu 로켓으로 발사되었는데, 이 중에는 X-선 천문 위성, “Hakucho”, “Hinotori”, “Ginga”, 오로라를 관측한 “Akebono”, “swing-by” 기술 획득에 성공한 “Hiten” 등이 포함된다. 이 모든 위성들은 귀중한 데이터를 지구로 전송하여 우주과학의 발전에 큰 기여를 했다.

## 21세기 과학을 담당할 신에 로켓의 탄생

Mu 프로그램은 이제 새로운 시대에 들어서는 문턱에 있다. M-V 는 Mu 로켓의 최신 버전이며 궁극적인 Mu 로켓으로 설명될 수 있다. M-V 로켓은 직경 2.5m, 총길이 30m, 발사 중량 1.8톤의 성능을 가진 3단 고체 로켓이며 ISAS 로켓 기술의 결정체이다. 달탐사선, “LUNAR-A”, 화성 탐사선, 적외선 천문 위성 등이 M-V 로켓으로 발사되었다. 과학 탐사 위성을 발사하는 최신 고급 로켓으로 인정되는 M-V 로켓은 일본뿐만 아니라 전세계의 21세기 우주과학을 지원하는 역할을 할 것이다(그림 5.참조).

## 최초의 액체로켓

항공우주기술연구소(NAL)와 나중에 우주개발사업단의 모체가 된 우주개발추진본부(NASDA)의 두 기관에 할당된 주요 임무 중 하나는 유도제어시스템을 갖춘 액체추진로켓을 개발하는 것이다. 하지만 우주개발추진본부에는 20명의 연구원만이 있었고, 로켓 기술에 관한 경험도 적었다. 따라서 초기에는 모



그림 5. M-V 로켓

르는 것을 처음부터 연구를 해야만 했다. 연구 끝에 발사한 로켓이 LS-A 로켓이었으나 실패하고 말았다. LS-A 로켓에서 L은 액체(L)을 뜻하고, S는 고체(S)를 의미하는 것이다. 즉, LS-A 로켓은 2단 로켓으로 액체추진 및 고체추진 로켓으로 구성된 것이다(그림 6. 참조). LS-A 로켓은 발사에 실패하였으나 LS-C 로켓은 성공하였다(그림 7. 참조). 액체 로켓과 고체 로켓 개발을 병행하여 기본적인 로켓 기술 및 발사 시 환경에 미치는 영향 등을 관찰하기도 했다. 이러한 노력의 결실로 SA 와 SB 등을 나타내는 S 시리즈 로켓뿐만 아니라 NAL-7 및 NAL-16 로켓 개발로 이어졌다.



그림 6. LS-A 로켓

그림 7. LS-C-3 발사

동시에 일본은 미래 로켓 개발을 어떻게 진행할지를 고민하였다. 이것을 해결하기 위하여 ‘우주개발추진본부’에 “실용위성을 5년 이내에 개발하라.”는 지침이 하달되어, 열띤 논의 끝에 Q 와

N 프로젝트가 수립되었다. Q 프로젝트는 “1972년까지 150kg의 위성을 고도 1,000km까지 투입할 수 있는 로켓을 개발하는 것”이며, N 프로젝트는 “1974년까지 100kg의 위성을 정지궤도에 투입하는 것”이다. 당시의 일본의 기술력을 고려할 때 쉽게 이를 수는 없었지만, LS-C, NAL25, NAL31 및 JCR 등과 같은 로켓개발을 통하여 신뢰성 및 로켓개발능력을 향상시킬 수 있었다.

### 로켓개발기술의 도입

미국은 군 기술을 활용하여 발사체를 개발하였기 때문에 외국에 기술을 이전하는 것을 몹시 꺼렸다. 미국과 일본 사이의 어려운 협상 끝에 제한적이기는 하지만 일본이 평화적 목적으로 활용하고, 제 삼국으로의 기술이전을 금하며, 오직 일본의 위성 발사에만 활용한다는 전제하에 미국의 기술을 도입할 수 있게 되었다. 이러한 결정은 1969년 NASDA가 발족하기 두 달 전에 이루어졌다.

일본은 미국으로부터의 직접적인 기술 및 지식을 최대한 활용하여 Q 및 N 프로젝트를 수행하는데 열정적이었다. 아울러 일본의 로켓 제작 기술이 더욱 정교해지면서 한 차원 업그레이드되었다. 미국의 ‘Thor-Delta’ 로켓 기술의 도입으로 일본의 Q/N 프로젝트는 N 시리즈 로켓 프로젝트로 신속하게 변경되었다. 이렇게 하여 탄생한 첫 번째 로켓이 N-1 로켓인데, 이것은 일본 로켓 개발 역사에서 도입 기술과 국내 기술의 합병으로, 또한 일본 로켓 기술의 극적인 진보를 이끌어낸 대형 수송 시스템으로서 중요한 이정표를 기록하였다.

N-1 로켓은 3단으로 구성되었는데, 1단은 델타 액체 로켓에, 3단은 델타의 고체 로켓에 근간을 두고 있으며, 마지막으로 2단은 Q 로켓을 위해 개발된 기술에 근거한 액체 로켓으로 이루어졌다(그림 8. 참조). 이 부분에서 중요한 사항으로는 일본이 필요할 때는 미국이 협조하였지만, 2단 자체 로켓은 일본에서 설계, 제작 및 발사에 성공한 것이다. 결과적으로 N-1 로켓으로 인하여 일본은 액체 로켓 개발에서 거대한 발자취를 남기게 되었다. 일본의 첫 번째 대형 로켓인 N-1 로켓의 대표적 사양으로는 총길이 32.6m, 직경 2.4m, 총 중량 90톤으로 1975년 9월 9일에 발사되어 전세계의 이목을 집중시켰다.

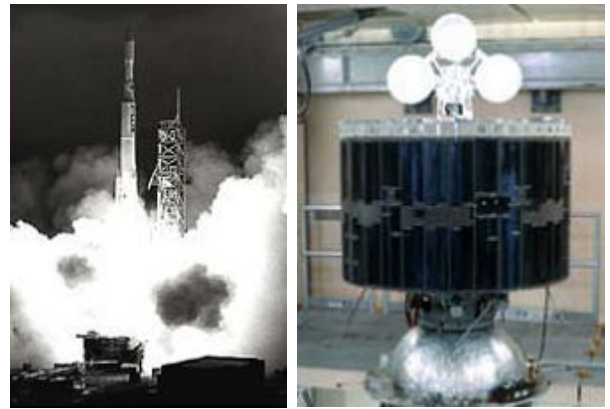


그림 8. N-1 로켓

그림 9. ETS II  
(Kiku-2)

N-1 로켓의 목표는 100kg 이상의 위성을 정지궤도에 투입하는 것이다. N-1의 1호 로켓으로는 기술 시험위성 1호(ETS-I)가, 2호 로켓으로는 전리층 관측위성 ISS가 1976년에, 3호 로켓으로는 ETS-II 위성이 1977년에 궤도로 발사되었다. 또한 ETS-II 위성은 일본 최초의 정지궤도 위성이 되었으며 일본을 정지궤도 위성을 발사하는 세 번째 국가가 되게 하였다(그림 9. 참조). 실험용 정지위성 ECS를 연속적으로 두 번 실패하면서 위성을 개발하고 발사하는데 많은 귀중한 교훈을 얻었다. 도입된 기술은 로켓에 관한 것뿐이었기 때문에, 위성 발사기술은 자체적으로 개발하여야만 했다. ECS 위성의 실패는 원지점 모터에서 발생했지만, 미국은 일본이 엔진 내부를 조사하는 것을 허락하지 않았다. 이 사건으로 인하여 일본은 “자체적으로 설계하고 제작하는 위성”을 개발하려는 의지에 불을 지폈다.

당시의 다른 나라에서 발사하는 위성들은 300kg이 넘는 정지궤도 위성들이었다. 일본에서는 통신, 방송 및 기상 위성들의 수요가 제기되고 있었다. 그래서 1973년에 모두 300kg이 넘는 세 개의 위성, 즉, 방송위성(BS), 통신위성(CS) 및 지구정지궤도 기상 위성(GMS) 등을 개발하기로 계획을 세웠다. 하지만 N-1 로켓의 최대발사능력은 130kg 이었다. 이러한 사실이 일본으로 하여금 새로운 발사체, 즉, N-II 로켓을 개발하도록 하였다. 130kg의 위성에서 300kg이 넘는 위성을 싣고 발사될 발사체를 개발하는 것이 그렇게 쉽지는 않았다. 따라서 일본은 초기의 큰 위성들을 미국에게 발사를 의뢰했고 그러면서 일본은 발사체를 자체개발하려고 했다. 단순히 N-1 로켓을

개발하는 것으로는 힘들었기 때문에 미국으로부터 기술적 도움을 받아야 했다. 이렇게 개발된 N-II 는 3단형 로켓으로 길이는 35.4m이며 350kg의 위성을 정지궤도에 투입할 수 있는 능력을 갖추었다. 1981년 2월 11일 N-II 로켓 1호는 기술시험위성 IV (ETS-IV, Kiku-3)을 타네가시마 우주센터로부터 발사에 성공하였고, 이후 6년동안 총 8회를 성공적으로 발사하였다. 이렇게 도입된 미국의 기술뿐만 아니라 일본의 엔지니어들의 축적된 기술로 N-II 로켓은 대단한 성공을 이루었다(그림 10. 및 11. 참조).



그림 12. H-I 발사



그림 13. H-II 로켓

세계 톱 클래스의 로켓 개발



그림 10. N-II 로켓



그림 11. ETS-IV

N-II 로켓에 이어 H-I 로켓을 개발하였는데, H-I 로켓은 3단형 로켓이다. 1단과 2단은 액체로켓이고, 3단은 고체로켓이다. 일본의 LE-5 엔진은 H-I 로켓의 2단 엔진으로 활용되었다. 유도조종분야에서 괄목할만한 성과가 있었다. 일본은 관성유도장비를 개발하는데 성공하였다. 이렇게 하여 H-I 로켓은 일본 국내 기술의 산물이며 세계에서 최상급의 로켓이 되었다(그림 12. 참조). 500kg이 넘는 정지궤도위성들은 1980년대 후반에 실용위성으로 통신위성, 방송위성 및 기상위성 등의 수요가 많았다. H-I 로켓은 이러한 수요를 5년 반이나 충족시켰는데, 이 때 궤도에 투입된 위성으로는 통신위성 “Sakura-3”, 기상위성 “Himawari-4” 그리고 지구 자원 위성 “Fuyo-1” 등이다(그림 15. 참조). 결국 H-I 로켓은 대형실용위성 시대 초기에 대단한 역할을 수행하였다.

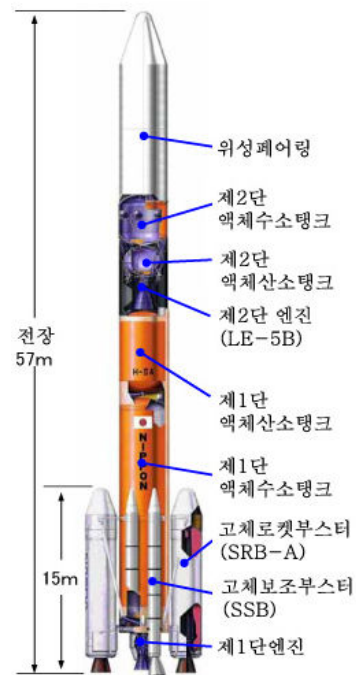


그림 14. H-II A 상세도



그림 15. 일본의 주요 위성 @NTSpace

순수 국내 로켓으로의 여정

그럼에도 불구하고 H-I 로켓이 한 가지 해내지 못한 것이 있다. 몇몇 부품들은 외국의 기술에 의존하

는 문제였다. 대부분 일본 자체기술로 개발하였지만 1단의 스트랩온 부스터는 미국이 개발하였고 탑재 페어링은 미국회사인 더글라스 항공으로부터 구입하였다.

일본 로켓 개발 관련 모든 엔지니어들에게 최종 목표는 완전한 자체 기술로 개발한 로켓을 우주로 쏘아 올리는 것이다. 이런 목표를 이루면 기술적 진보를 달성하는 전환점이 되는 것이다. 당시까지 일본이 개발한 로켓은 외국에서 도입한 기술에 상당히 의존하고 있었지만 일본은 꾸준히 자체 기술을 축적해나갔다. 그러면서 로켓이 순수 자체기술로 개발할 시기가 무르익어갔다. 결국 일본은 자체적인 기술 개발로 모든 부품들을 개발하기에 이르렀다. 드디어 역사에 길이 그 이름을 남길 역작인 H-II 로켓이 1994년에 탄생하게 되었다(그림 13. 및 14. 참조).

**엔진개발의 주요 어려움**

H-II 로켓은 H-I 로켓을 포함한 이전까지의 일본 로켓과 완전히 다른 것이다. 쉽게 말하면 처음부터 개발을 새로 시작한 것이다. 그렇게 하여 일본은 여러 가지의 로켓 개발 경험을 쌓게 되었다. 그러나 H-II 로켓을 개발하면서 일본은 여러 가지 문제를 동시에 고려해야 했다. 새로운 로켓의 성능과 크기를 결정하는데 있어서 일본의 기존 기술, 미래 위성 발사 요구 사항, 기계적인 신뢰성 및 비용 절감, 주 엔진 및 고체 로켓 부스터 그리고 1단 및 2단 엔진 등을 고려해야 했다. 또한 타네가시마 우주센터의 발사 시설들도 새로운 로켓의 크기에 맞춰서 새로 갖추어야 했다. 이들 중에 무엇보다도 어려웠던 문제는 1단 엔진을 개발하는 것이었다. 로켓 발사의 성공과 실패를 결정하는 핵심 사항이 1단 엔진이기 때문에 성능에서의 실수는 허용될 수 없었다. 이런 이유로 일본이 기존의 성공적인 발사 기록을 갖고 있는 외국에서 만든 엔진을 채택한 것이다. LE-7 엔진이 H-II 의 1단 엔진으로 개발된 것이다(그림 18. 참조). 하지만 개발 이면에는 많은 어려움이 있었는데, 예를 들면, 연소에 의한 깨짐이나 균열 같은 것이나 가스 상태의 수소가 새나옴으로써 폭발도 있었던 것이다. 이러한 모든 문제들로 NASDA는 예비설계를 수정하고 발사 일정을 조정해야만 했다.

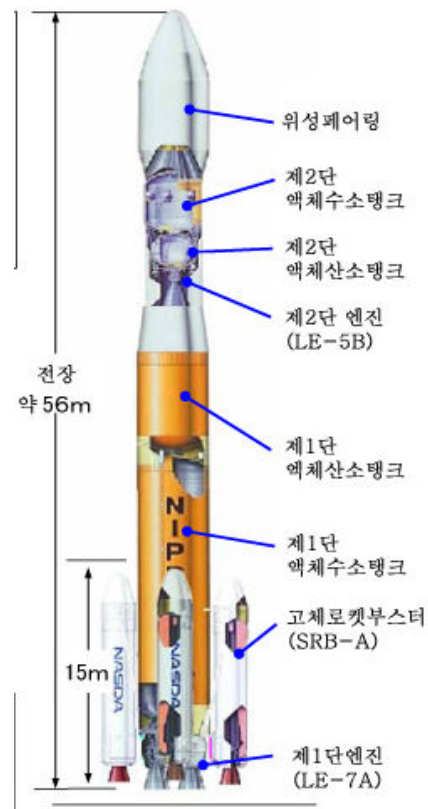


그림 16. H-II B 상세도

**열정적인 개발 노력**

NASDA가 이런 모든 어려움을 극복할 수 있었던 원동력은 로켓개발에 전심전력했던 모든 엔지니어들의 열정적인 노력이었다. H-II 로켓의 첫 번째 발사일정은 1994년 2월에 잡혔다. 이것은 원래 일정보다 2년 지연된 것이고 개발과제가 탄생된 이후 10년이 경과한 때이다. 드디어 1994년 2월 4일, 첫 번째 H-II 로켓이 성공적으로 발사되었다. 이 때 발사된 탑재체는 두 개였는데, 하나는 “Myojio”란 이름으로 H-II 로켓의 성능을 검증하기 위한 것이었고, 또 다른 하나는 “Ryusei”란 이름으로 무인 비행체, “HOPE”를 개발하는데 결정적인 데이터를 제공할 재진입 실험 위성이다. H-II 로켓의 발사는 과학의 발전에 크게 기여하는 것이었다. H-II 로켓으로 발사된 위성들 중에는 정지궤도기상 위성(GMS), “Himawari-5(그림 17. 참조)”, 우주 실험 및 관찰을 위한 “SPU”, 고급지구관측위성, “ADEOS”, 통신방송실험위성, “COMETS” 및 적도강수량측정 위성, “TRMM” 등이 있다. 요약하면 H-II 로켓은 중요한 역할을 담당하였다는 것이다.



그림 17. Himawari-5



그림 18. LE-7

### H-II, 최신 로켓 기술의 정수

H-II 로켓의 1단은 LE-7 으로 알려진 액체산소 및 액체 수소 엔진으로 진공추력 110톤을 발생시킨다. 점보 제트기의 추력은 자중의 5배이지만 LE-7의 추력은 자중의 60배에 달한다. 하지만 엔지니어들은 H-II 로켓 개발 중 많은 어려움을 극복해야 했다. 이 가운데는 경량화에 의한 고효율, 진동, 음향, 온도 구배에 대한 내구성 등은 물론 LE-7 개발이 일본 로켓 개발 사상 가장 곤란한 문제였다. 이러한 문제들을 극복하기 위해 많은 실패를 경험해야 했다. 결과적으로 LE-7 개발 성공은 그러한 노력을 보상해 주기에 충분했다. H-II 로켓의 2단 엔진은 LE-5 엔진을 개량한 것이다. 이전의 모델처럼 H-II 로켓의 2단은 재착화능력을 갖추고 있다. 게다가, NASDA 엔지니어들이 획득한 기술은 LE-7 의 모든 부품과

유도 조종 시스템, 페어링 및 고체로켓부스터 등을 개발하는데 활용되었다. 결국, H-II 로켓은 일본 로켓 기술의 결정체이다.

### 일본의 새로운 역할

인류의 우주개발 역사는 미국과 러시아를 중심으로 각국의 협력과 경쟁을 통해 이루어졌다. H-II 로켓의 개발은 일본으로 하여금 우주개발선진국과 어깨를 나란히 할 수 있도록 해 주었다. 세계 최고의 로켓을 만들려는 오래된 목표를 달성한 H-II 발사체는 새로운 역할을 했다. H-II 로켓을 개발한 이후에는 위성 발사 서비스 시장에 참여하여 진보한 일본 우주 수송 시스템을 제공할 수 있게 되었다.

### 비용 절감에의 도전

국제협력 프로그램에의 참여 및 일본 국내 우주개발의 보장을 위해서는 비용 절감은 필수적인 사항이다. 비용 절감을 위한 최초 및 최대 노력이 J-I 로켓을 개발하는 것이다. 1단은 NASDA가 개발한 H-II의 고체로켓 부스터이다. 2단과 3단은 ISAS가 개발한 M-3SII 고체 모터로 구성되었다. J-I 은 두 종류의 다른 로켓을 연합한다는 점에서 특이했다. 실제로는 세계에서 그 유례를 찾아볼 수 없는 일이다. 이것은 개발기간을 단축시키고 상당한 노력을 줄일 수 있는 일이다. 실제로 J-I 로켓은 우주개발의 새로운 가능성을 보여주는 획기적인 발사체이다(그림 19. 참조)[3].

### 유연성의 향상을 위하여

유연성의 향상은 미래 로켓을 위한 또 다른 필수 사항이다. 궤도에 투입될 위성의 크기는 항상 같지 않다. 소형위성이나 하나 이상의 피기백 위성의 신속한 발사 같은 다양한 발사 요구사항이 있다. 그와 같이 다양한 요구사항을 만족시키기엔 부족한 유연성을 가진 단일 로켓은 시간과 돈을 낭비하는 심각한 문제에 봉착하게 된다. H-II 발사체에 근간을 두고 업그레이드된 H-IIA 로켓은 다양한 발사요구에 적합한 로켓의 역할을 할 것으로 기대된다. 말하자면, 다양한 발사요구에 유연하게 대응할 수 있는 “반 주문형” 로켓이다. 결과적으로, 비용을 절감하게 될 것

이다. 일본은 우주정거장 시대에 돌입하고 있다. 일본에서는 (H-II 궤도 비행체이며 일본판 우주왕복선인) HOPE 의 연구와 개발도 긍정적으로 진전되고 있다. 재사용 무인 위성체인 HOPE 는 대단한 유연성과 적은 비용으로 다양한 임무 요구사항을 만족시키려는 의도를 가지고 있다. 확실한 것은 H-II 로켓은 마지막 목표는 아니며 단지 과도기의 로켓인 것이다(그림 20. 참조).

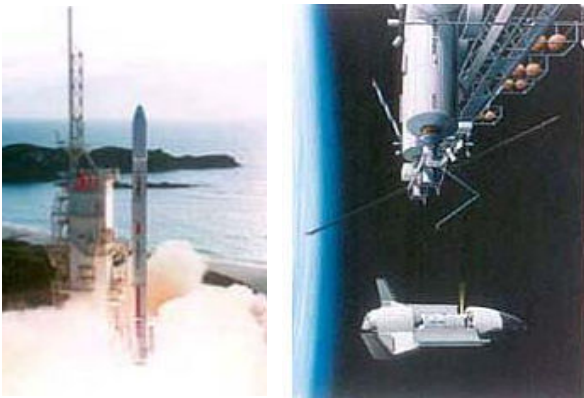


그림 19. NASDA가 개발한 J-I 로켓      그림 20. HOPE 이미지

만들어진 H-II A 로켓이 2001년 8월에 첫 발사되었다. 3단으로 구성된 H-II A 1호는 2개의 고체로켓부스터(SRB-A)와 2단의 코아 발사체로 구성되었다. H-II A 2호 로켓은 2002년 2월 4일에 발사되었는데, 4개의 Castor 4XL과 2개의 H-II SRB-A 부스터 및 2단 코아 발사체로 구성되었다. H-II A 3호 로켓은 2002년 9월 10일에 발사되었고, H-II A 4호는 2002년 12월 14일에 발사되었다. 이렇게 3호까지는 H-II A 로켓의 개발 단계로 생각할 수 있다. 이어 4호부터 6호까지는 제작 단계로 구분할 수 있는데, 실패를 모를 것 같았던 H-II A 6호기가 2003년 11월 29일 발사된 후에 모터가 동체로부터 분리되지 않아 발사 실패가 되었다(그림 21. 및 22. 참조).

이 H-II A 로켓의 발사실패는 여러 가지를 의미한다. 2003년 2월 1일 컬럼비아 우주왕복선의 참사에 이어, 북한의 동태를 파악하기 위한 정찰위성을 배치하려던 일본의 기세를 꺾은 것이기도 하다. 이후 일본의 로켓 개발에서는 신뢰성 향상 문제가 심각하고 심도 있게 다루어졌다. 2006년 9월 11일까지 H-II A 10호기 까지 안정적으로 발사에 성공하였다(그림 23. 및 24. 참조).

H-II A 의 기간 로켓화 과정

상업용 시장을 겨냥해 H-II 의 비용 절감 버전으로

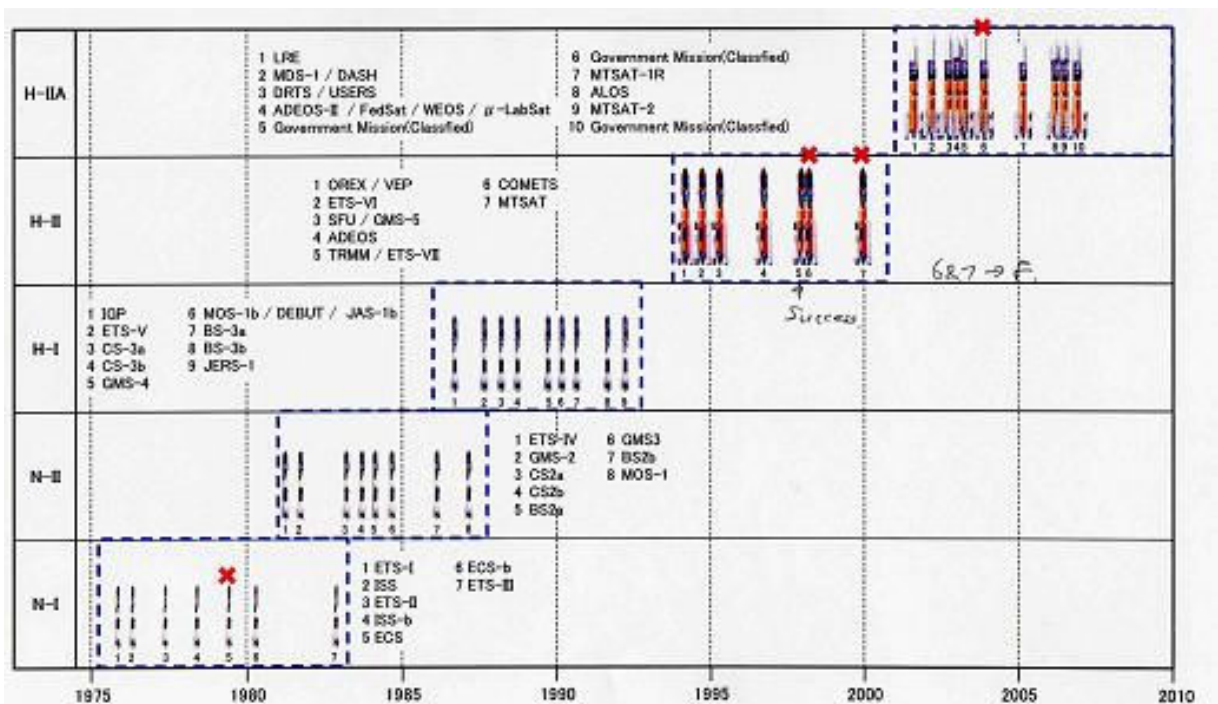


그림 21. 일본 개발 로켓 현황 및 발사 결과



Flight No.	Launch date	Vehicle / Faring	Orbit	Payload Name	Type of Adapter	Type of Satellite Platform	Satellite Mass
TF1	August 29th,2001	H2A202 / 4S	GTO	LRE	*1	JAXA Special	87 kg
TF2	February 4th,2002	H2A2024 / 4/4D-LC	GTO	MDS-1	1194M	MELCO Special	480 kg
			GTO	DASH	*1	NTS Special	90 kg
F3	September 10th,2002	H2A2024 / 4/4D-LC	GTO	DRTS	1194M	MELCO Special	2,800 kg
			LEO	USERS	937M	MELCO Special	1,685 kg
F4	December 14th,2002	H2A202 / 5S	SSO	ADEOS-II	3470S	MELCO Special	3,680 kg
			SSO	Fedsat	*1	CRCSS*2 Special	58 kg
			SSO	WEOS	*1	Univ.*3 Special	50 kg
			SSO	$\mu$ -Labsat	*1	JAXA Special	54 kg
F5	March 28th,2003	H2A2024 / 4/4D-LC	(Classified)				
F6	November 29th,2003	H2A2024 / 4/4D-LC	(Classified) Failed due to SRB-A nozzle erosion				
F7	February 26th,2005	H2A2022 / 5S	GTO	MTSAT-1R	1194M	SS/L LS1300	3,300 kg
F8	January 24th,2006	H2A2022 / 5S	SSO	ALOS	2360SA	NTS Special	4,000 kg
F9	February 18th,2006	H2A2024 / 5S	GTO	MTSAT-2	1666MA	MELCO DS2000	4,650 kg
F10	September 11th, 2006	H2A202 / 4S	(Classified)				

\*1) Payload Attach Fitting for Small Satellites  
 \*2) CRCSS : Cooperative Research Centre for Satellite Systems (Australia)  
 \*3) Chiba Institute of Technology

그림 22. H-II A 발사 결과

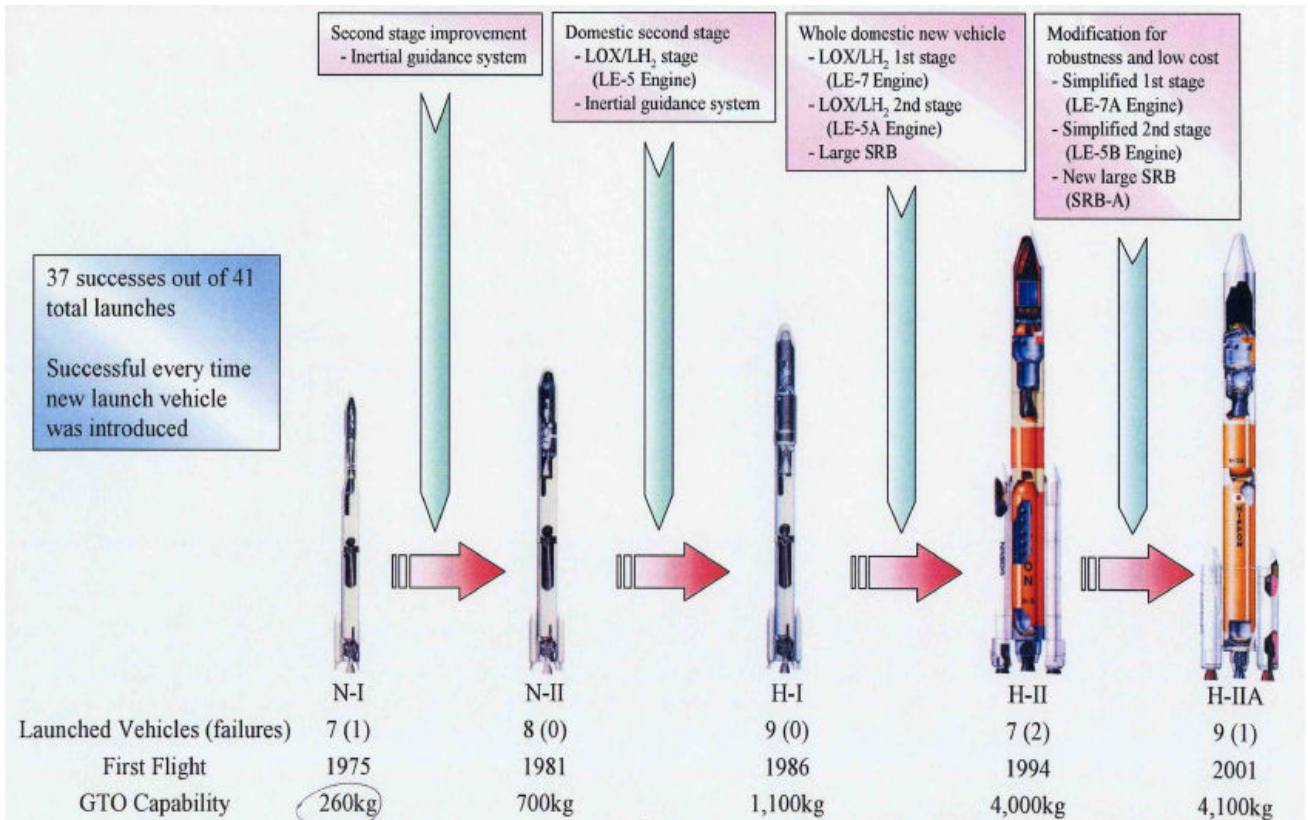


그림 23. 일본 발사체의 발전상

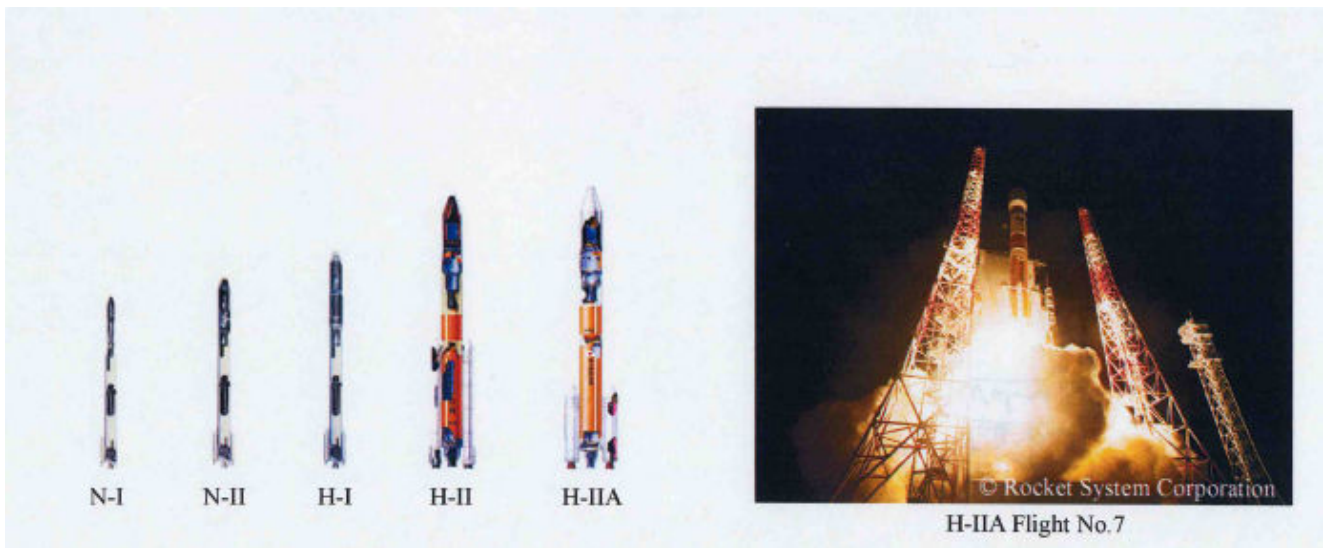


그림 24. H-II A 헤리티지

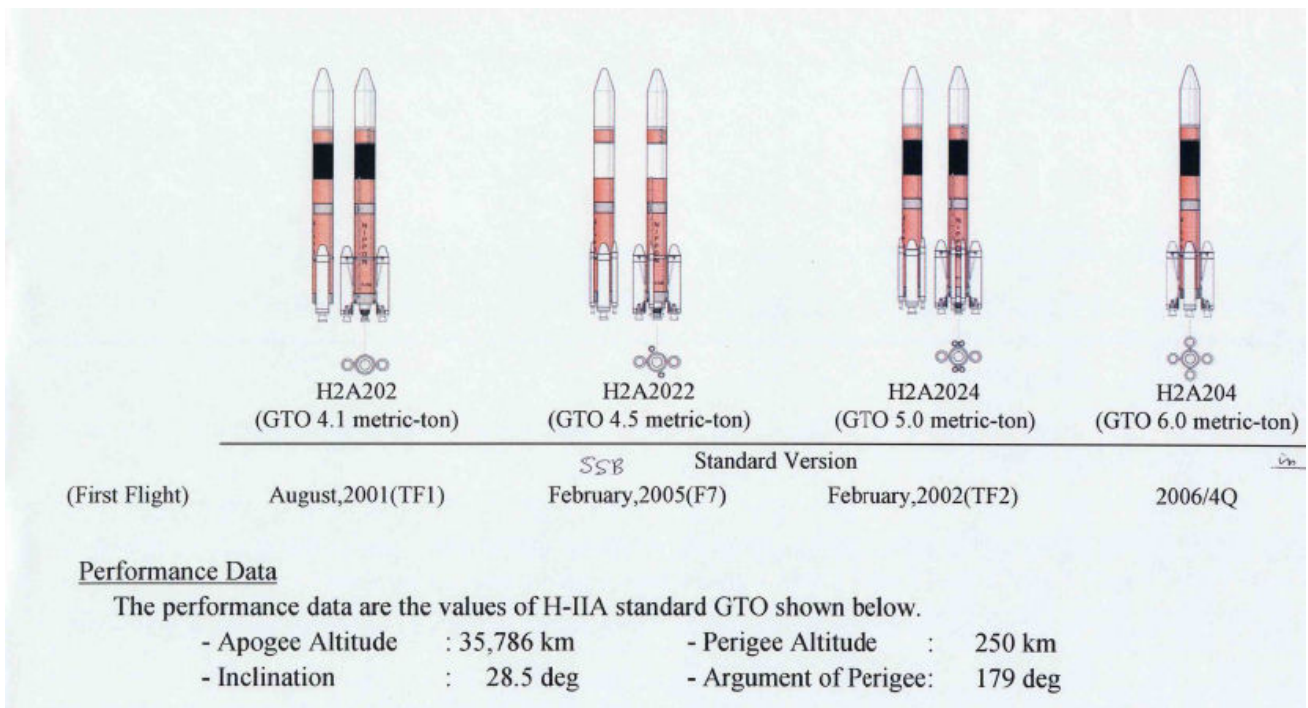


그림 25. H-II A 로켓 종류 및 능력

한편, 2001년 9월에 H-II A (1호) 로켓 표준형 시험기 발사에 성공하고, 운용을 개시한 이듬해인 2002년 6월에 ‘종합과학기술회의’에서 “앞으로의 우주개발 이용에 관한 기본 대응에 관해서”란 제목으로 우주개발문제가 논의되었다. “일본의 우주개발 이용의 목표와 방향성”이라는 제목으로 우주개발위원회가 열려, “일본의 국제적 지위, 존립기반을 확보

하기 위해, 외국의 경우 우주개발이용의 상황을 근거로 삼고, 일본은 인공위성과 우주수송 시스템을 필요한 때에 독자로 우주공간에 발사하는 능력을 미래에 걸쳐서 유지한다” 라는 자율성 확보를 천명하였다. 그러면서 우주수송 시스템 본연의 자세로 지적한 것은 H-II A 로켓을 일본의 기간로켓으로서 정상적으로 운용하고, H-II A 로켓 표준형에 관해서는 철저하

게 신뢰성 향상에 힘쓰고 민간으로 이관하고, H-II A 로켓 표준형 이상의 능력을 가진 수송계 개발(H-II A 로켓 능력 향상형)을 시행할 경우에는 정부의 지원 하에, 민간 주도로 개발하는 방향으로 검토하고, H-II A 로켓에 이상 등이 생겼을 시에 대체할 방안을 강구하는 것이 요구되는 것 등이다. 위의 같이 종합과학기술회의 및 우주개발위원회에서 H-II A 로켓 표준형을 일본의 기간 로켓으로 위치를 부여하였다. 아울러 민간에 이관하는 것이 결정되었다.

2002년 8월, 문부과학성은 “H-II A 로켓 민영화 작업팀”을 구성하여 민간이관의 조건, 관민의 부담 및 이관 기업의 선정 등에 관한 기본방침이 설정되었다. 2002년 11월 이관 기업 신청접수를 받고 선정기준의 적합 평가를 한 결과 미즈비시 중공업을 이관 기업의 후보로 결정하고 우주개발위원회에 보고하였다. 2003년 2월 우주개발사업단과 미즈비시 중공업은 H-II A 표준형을 이용한 발사 서비스 사업의 실시에 관련한 기본 협정을 체결했다[4].

## H-II B 개발

2002년 6월 우주개발위원회의 “일본의 우주개발 이용의 목표와 방향성” 논의에서 “H-II A 표준형 이상의 능력을 가진 수송계(H-II A 증강형)을 개발할 경우에는 H-II A 표준형을 기본으로 민간에 주체성을 가지게 한 관민공동개발을 시행한다. 그를 위해서 관민의 관계자로 이루어진 작업팀을 문부과학성에 설치해 검토를 시행한다”고 했다. 2003년 5월 H-II A 민영화 작업팀 최종보고서에 H-II A 로켓 수송능력 향상 시에 개발의 진행방법에 관한 검토결과를 우주개발위원회에 보고하였다. 2003년 4~6월에 관민합동 활동에 의한 H-II A 로켓의 능력 향상에 관한 검토 결과에 관해서 우주개발위원회 계획·평가부의 평가를 받아, 2007년도에 시험기를 발사하는 것을 목표로 개발을 추진하는 것이 적절하다고 판단되었다. 2003년 10월, 종합과학기술회의는 2004년 예산 요구에 관련된 독립행정법인의 주요업무에 대한 견해 중에, H-II A 능력 향상형에 관해서 다음과 같은 의견을 제시했다.

- 당면 필요성은 우주 정거장용 보급기(HTV)이지만, 세계시장을 주시한 적극적인 추진이 필요

하다.

- 어느 정도, 정부 주도의 개발이 궤도에 오른 후에 민간이전 방향으로 검토해 가는 것이 필요하다.

H-II B 로켓에 관련한 독립행정기구의 2006년도 업무운영에 관한 계획을 살펴보면 H-II A 표준형과 주요기기를 공통화하고 유지 발전한 H-II B 로켓의 개발로서 기본설계 및 상세 설계 등 시스템 설계처럼 각 서브시스템의 개발시험, 사전 설비의 설계작업 등을 실시한다. 또한 시험기 제조에 착수할 것을 명시하였다[5].

한편, H-II A 및 B 로켓의 민간개발자의 상황을 살펴보자. 미즈비시 중공업(三菱重工業)은 2006년 12월에 일본 주력 로켓 “H-II A”사업이 2007년에 정부에서 미즈비시로 이관됨과 동시에 로켓 기종수를 현재의 4기종에서 2기종으로 줄인다고 발표했다. 비용 삭감을 추진하고 2007년~2008년에 상업 위성 1기의 발사수주를 목표할 방침이다. 이는 민영화 후에도 이 사업을 안정적으로 존속시키기 위한 대안이다. H-II A는 일본 국산 로켓으로 2001년에 등장했다. 지금까지 발사 실적은 10기로 모두 정부계 위성이었다. 그러나 정부계 및 상업위성을 포함하여 100~300기 정도의 발사 실적을 보유한 미국 및 유럽 등 타국 로켓과 비교하면 발사비용은 높은 편이다. 따라서 4기종 로켓 중에서 소형 보조 로켓을 사용하고 있는 2기종을 폐지한다. 발사능력 4.1톤의 “202”와 6톤의 “204”로 압축하여 비용 삭감을 도모하고 국제경쟁력을 확보한다(그림 25. 참조). 또한 H-II A의 후계 로켓으로서 개발 중인 “H-II B”도 국산화를 추진하여 비용을 절감한다. 미즈비시는 민영화 후에도 안정적인 사업운영을 위해 정부에 매년 3기의 정부계 위성 발사 기회 확보와 정부계 금융기관의 융자제도 확충, 다네가시마(種子島) 로켓 발사장 인프라 정비 등의 지원도 요청하고 있다[6].

## 2. 결론

인류의 우주개발은 이전에도 그랬지만 앞으로도 지속적으로 국력을 나타내는 척도가 될 것이다. 21세기에 들어서면서 아시아 지역에서의 우위를 점한

다고 자부하던 일본의 우주개발에 대한 자존심은 중국의 유인 우주선 발사 및 귀환 성공으로 크게 손상되었다. 그러면서 몇 십년간 쌓아온 기술력의 결집으로 탄생한 일본 자체 로켓인 H-II A 는 세계 시장에서도 손색이 없을 정도의 로켓으로 자리를 잡아가기 위해서 신뢰성을 향상시키는 노력을 마다하지 않았고, 일본 국내 산업을 발전시키며 비용절감의 극대화를 이끌어 내기 위하여 우주개발을 위한 산학연관 체제도 정비하는 노력을 경주하였다. 다양한 발사요구사항을 만족시키면서 신뢰성을 높이고 비용절감을 통해 국제 위성 발사시장에도 진출하여 국내뿐만 아니라 국제위성발사수주에도 일정한 몫을 담당할 것으로 기대된다. 본 논문에서는 이렇게 일본이 국제위성발사시장에서 일정한 몫을 담당할 수 있게 된 원동력인 H-II A 로켓이 어떻게 일본의 기간 로켓이 되었는지 또 향후에는 어떻게 진행될 것인지 살펴보았다.

## 참고문헌

1. 채연석, “눈으로 보는 로켓개발 이야기”, (주) 나경문화, 1995년.
2. NASDA, “일본의 로켓 개발 역사 : H-II 개발 과정”, 1996.
3. “J-I F2 로켓 관련사항”,  
<http://www.astronautix.com/lvs/j1f2.htm>
4. 문부과학성, “H-II A 로켓 개발에 관한 앞으로의 대처에 관해서”, 2004. 6.
5. JAXA, “독립행정법인 우주항공연구개발기구의 2006년도 업무운영에 관한 계획”, 2006. 3.
6. [www.space-travel.com](http://www.space-travel.com)