

## 우주발사체 개발 동향

글 / 공헌철 hcgong@kari.re.kr, 최영인,  
이준호, 조미옥, 조광래  
한국항공우주연구원 우주발사체사업단

### 1. 서론

중국에서 1232년에 최초로 화전(火箭)이라 하여 전쟁에서 사용되는 무기를 개발한 것이 로켓의 시초가 되었다. 우리나라에서는 중국의 화전과 비슷한 주화(走火)라는 것에 이어 신기전(神機箭 : 귀신같은 기계 화살)이 고대 로켓으로 인정받을 수 있었다.

중국에서 개발된 고대 로켓은 전쟁을 통해서 유라시아와 동남아시아에 퍼지며 근대와 현대 로켓의 개발을 가져왔고, 공상과학소설에서 사람들의 호기심과 미지의 세계에 대한 궁금증을 해결할 수 있는 기회를 제공하는 우주개발의 원동력을 제공해왔다.

현재 우주개발의 원동력이 되는 로켓으로는 독일의 V-2를 주저 없이 언급할 것이다. 제2차 세계대전에서 활용되었던 V-2 로켓은 미국과 러시아의 우주경쟁체제에 돌입하는 계기를 제공하였다. 인간이 달에 착륙했다가 다시 지구로 돌아오는 아폴로11호를 계기로 미국과 러시아의 우주개발경쟁은 새로운 국면을 맞이하였고, 아울러 경제적인 우주개발의 논리가 적용되기 시작하였다. 통신기술과 우주개발이 어우러져서 인공위성의 활용이 일상생활화 되면서 최소의 비용으로 최대의 효과를 이루려는 노력은 우주개발에도 적용되어 왔고, 향후 우주개발의 중요한 요소로 작용되고 있다.

미국 등 우주기술 선진국들은 본격적인 전지구 이동통신 및 인터넷 서비스를 위한 위성발사 시장의 급격한 수요 증가를 예측하고 새로운 위성발사체(로켓) 및 발사장 시설의 신설 및 확충을

추진하고 있으며, 이스라엘, 호주, 스웨덴 등도 자국의 우주발사체(위성발사체) 개발 및 발사장 운용에 적극적으로 나서고 있다.

우리나라에서는 최근 다목적 위성인 아리랑 1호 및 액체추진 과학로켓 KSR-III의 발사성공으로 본격적인 우주개발시대를 준비하고 있으며, 미국, 러시아, 일본, 중국 등이 지켜보는 가운데 위성 개발 및 자력 발사를 위한 우주 발사체 개발, 우주센터 건설 및 운용은 향후 발사 서비스 시장 진출을 통한 국가 경제 발전은 물론 안보 및 전략적 차원에서도 중요한 일이다.

이에 따라 본 논문에서는 우주기술 선진국 및 우리나라의 현대 로켓 개발 과정을 조명함으로써 우주발사체 기술동향을 살펴봄과 아울러 우리나라가 우주발사체 개발 및 자력발사를 통한 국가 위상 정립과 국제 발사 서비스 시장 진출을 위한 계획을 점검하기로 한다.

### 2. 현대로켓의 선구자 V-2

“앞으로 40초! 바비켄은 황급히 가스등의 불을 끄고 두 사람 옆에 누웠다. 어둡고 고요한 적막 속에서 들려오는 것은 시간을 아로새기는 시계의 초침 소리뿐이었다. 그때 갑자기 굉장한 충격을 느꼈다. 포탄이 마침내 우주로 향하여 튀어나간 모양이다. 포탄이 발사된 후 몇 분이 지나서야 한 사나이의 몸이 움직이기 시작했다…….”

프랑스가 나온 세계적인 과학소설가 줄 베르네(Jules Verne)가 1865년에 발표한 <지구로부터 달까지(From the Earth to the Moon)>라는 소설에 나오는 한 부분이다. 1232년 중국에서 화전이라는 최초의 로켓이 만들어져 몽고와의 전쟁에 사용된 이후 칭기즈칸 군대에 의하여 유라시아와 동남아시아에 퍼지기 시작한 로켓은

위의 줄 베르느의 소설에서와 같이 인간의 무한한 상상력과 우주생성의 원리를 파악하고자 하는 호기심을 채워줄 수 있는 우주여행의 기초를 마련하게 되었다.

현대로켓의 역사를 살펴볼 때 러시아의 지올코프스키(Ziolkovsky)를 언급하지 않을 수 없다. 그가 어떻게 하면 우주여행을 위해서 지구를 탈출할 것인가에 몰두하여 연구한 로켓은 인간의 달탐험을 가능하게 해준 새턴 5 로켓의 2단 로켓과 마찬가지로였으며, 액체수소를 연료로 하고 액체산소를 산화제로 하는 아주 현대식 로켓이었다. 1932년 78회 생일을 이틀 앞두고 세상을 떠날 때까지 항공우주공학의 기초 이론을 새웠다는 것이 그의 평생업적이었다.

지올코프스키보다 25년 뒤에 미국에서 태어난 로버트 고다드(Robert Goddard)는 대학교수가 되어 로켓과 우주비행의 이론 계산에 몰두했었고 후에는 액체추진 로켓의 제작 및 실제 발사시험 등을 해서 세계에서 처음으로 액체추진 로켓을 쏘아 올린 사람이 되었으며 미국 로켓의 아버지로 불리었다.

1927년에 창설된 독일우주여행협회는 열악한 환경에도 불구하고 로켓 이론을 연구하고 각종 로켓을 제작 시험하여 근대 로켓 발전을 위한 커다란 토대를 마련하였다. 제1차 세계대전에서 패한 독일은 베르사유조약에 의하여 징병제가 폐지되고 병력의 제약만 받았지만 조약에 의하여 제약받지 않은 무기를 생각하고 개발해서 탄생한 것이 V-2 로켓이었다. 독일 페네문데 연구소에서 본격적으로 로켓 개발에 들어간 폰 브라운 박사는 몇 차례의 시험을 거친 후 마침내 현대 로켓의 시조인 V-2 로켓을 고공 60km 까지 쏘아 올리는 데 성공한다. 계속된 개량을 거친 V-2 로켓은 제2차 세계대전 이후 세계 각국이 인공위성 발사용 로켓을 개발하는데 가장 큰 공헌을 한다. 세계 최초의 인공위성인 스푸트니크 1호를 발사한 로켓도 독일의 V-2로부터 시작되었고, 미국 최초의 인공위성 역시 V-2 로켓 개발팀인 독일 과학자들에 의해 발사됐으며, 프랑스의 인공위성 발사용 로켓인 디아망과 중국의 로켓 역시 독일의 V-2로부터 시작되었다. 이와 같이 V-2 로켓은 세계 각국의 우주개발에 시동을 건 역사적인 로켓이었던 것이다.

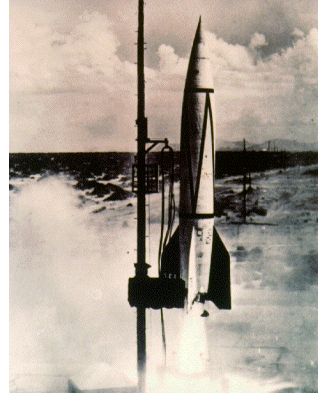


그림 1. V-2 로켓

## 2.1 미국의 로켓개발

제2차 세계대전 중, 미국의 로켓 연구는 주로 해군에 의해서 이루어졌지만, 미 육군 병기국에 의해서 행해진 로켓 연구 또한 무시할 수 없다. 미 육군이 최초로 로켓에 손을 댄 것은 1943년 제2차 세계대전이 한창 치열할 때였다.

제2차 세계대전이 끝날 무렵, 미 육군은 페이 퍼클립 작전을 비밀리에 계획해서 독일로 진격하는 즉시, V-2 로켓 공장이 있는 놀드하우젠에서 러시아군이 도착하기 전에 수많은 로켓의 부분품과 조립중인 V-2 로켓의 부속품을 모두 모아 본국으로 보냈다.

더욱이 미국으로서 다행스러웠던 일은 해체된 페네문데 연구진의 투항을 받은 것이었다. 그들 중에서 폰 브라운 박사와 독일 육군로켓연구소 책임자였던 발터 도른베르거 등을 포함한 180여명의 독일인 최고 과학자와 기술자들이 미국으로 건너왔다.

1946년 1월, 미 육군 공병단에서는 V-2 로켓의 발사시험에 참가해 달라는 내용의 안내장을 각 정부기관과 대학의 물리학과에 발송했다. 이 실험계획이 과학자들로부터 열광적인 찬사를 받았던 이유는, 기구를 이용한 측정은 지구 표면으로부터 32km 까지 밖에 올라가지 못하지만, 로켓은 지구 표면으로부터 160km 이상의 높이에 있는 전리층(지구 상공에서 대기가 이온화하여 전자나 산소, 헬륨, 질소 등의 이온이 많이 존재하는 층)까지 상승할 수 있으므로, 로켓에 실린 관측장치들을 이용하여 신비스러운 이곳의 정보를 알 수 있는 기회였기 때문이었다.

한편 해군에서는 에어로비(Aerobee)라는 과학 로켓을 제작하여 1947년 11월 14일부터 1957년까지 모두 165기를 고공에서의 과학 실험을 위해 발사하였다. 이외에도 과학로켓으로 나이키 데콘(Nike-Deacon)과 나이키카준(Nike-Cajun) 로켓이 개발되어 국제지구관측년 동안 많이 발사되었다. 해군에서 개발한 액체추진 로켓 바이킹은 1946년경부터 독일의 V-2 로켓을 기초로 해서 해군연구소의 밀톤 W. 로젠 박사가 중심이 되어 마틴 항공사와 리액션모터스 회사에서 제작되었다.

## 2.2 러시아의 로켓개발

독일의 V-2는 미국과 마찬가지로 러시아에 있어서도 로켓에 관한 인식을 달리하게 만들었다. 제2차 세계대전이 끝날 무렵 러시아는 마치 독일 점령의 최대 목적이 V-2 제조공장과 연구소를 차지하는 데 있었다는 듯이 페네문테를 점령했지만 이미 연구소의 중요한 과학자와 연구자료를 미국으로 옮겨 간 뒤였다.

두 달 후 러시아는 아타가이노프 교수의 지도 하에 될 수 있는 한 빨리 이 연구소가 재건되도록 지시했다.

연구소의 많은 독일인 기술자들이 소환되고 많은 자료가 채수집되었다. 그중에는 V-2에 관한 모든 자료가 있었을 뿐 아니라 독일이 미국 공격용으로 연구중이던 대륙간 탄도 유도탄 A-9/A-10의 2단계 로켓에 관한 것도 있었다.

러시아에서 최초로 장거리 로켓의 군사적 이용이라는 것에 대하여 흥미를 가지기 시작한 것은 1944년 4월 표구로프스키가 쓴 <장거리 로켓의 이용>이라는 논문이 발표된 이후부터이다. 또 1946년 5월 M. 게라시모프 중장은 자신이 쓴 글에서, 로켓포(미사일)는 수백 내지 수천 킬로미터 떨어진 목표물을 정확히 명중시킬 수 있고 또 그 발사 위치의 탐지가 곤란하다는 좋은 점도 있다고 하면서 그 연구가 진행중이라고 발표하여 이 목적을 집중시켰다.

1946년 10월 러시아는 200여명의 독일인 로켓 기술자들을 본국으로 데리고 가서 모스크바와 레닌그라드 사이에 있는 오슈타스코프 및 모스크바 근교에 있는 리브크에 수용하여 로켓 연구에 강제 동원하였다.

로켓연구그룹 거드(GIRD)의 회장이었던 코롤레프가 책임자로 독일의 V-2 로켓을 분석하고 연구하여 1947년 10월 18일 러시아에서 만든 첫 V-2 로켓의 발사시험에 성공하였다.

액체추진 로켓 엔진은 그르슈코가 담당해서 개발하였다. 독일의 V-2 엔진을 모방하여 러시아에서 만든 RD-100엔진은 추진제로 액체산소와 파라핀 기름을 사용해서 V-2 로켓 엔진과 같은 25톤의 추력을 만들어냈다. 그리고 계속 엔진을 개량하여 RD-101, 102, 103을 만들어냈다. 추력 32톤의 RD-101 엔진을 사용한 R-3 로켓은 1949년 300km를 비행하였다. R-3 로켓을 개조한 V-2A 과학관측 로켓은 212km 까지 2,200kg의 과학관측 탑재물을 올리기도 하였다. 추력이 51톤으로 증강된 RD-103 엔진을 탑재한 직경 1.6m, 길이 23m 의 V-5V 과학관측 로켓은 1,300kg의 과학탑재물을 512km까지 올렸다.

러시아는 점차로 대형로켓의 개발에 성공하면서 인공위성의 발사준비를 진행시켰다. 코롤레프는 인공위성을 발사할 수 있는 R-7 로켓의 개발을 시작했다.

대형로켓 개발에서 가장 어려운 기술 중의 하나는 대형로켓 엔진의 개발인데, 러시아는 이 문제를 기존에 개발된 V-2 로켓 엔진의 연소실을 네 개씩 다발로 묶은 뒤 그 성능에 알맞은 대형추진제 펌프를 개발하여 사용함으로써 해결하고, 또 대형 엔진을 장착한 몇 개의 로켓을 1단 로켓으로 사용하여 초대형 로켓을 빠른 시일동안 경제적으로 개발할 수 있었던 것이다. 이러한 대형 로켓개발 방식은 오늘날까지도 러시아의 대형 로켓 개발의 근본을 이루고 있다.

1957년 10월 4일에는 세계 최초의 인공위성인 스푸트니크 1호가 R-7 로켓에 의해 성공적으로 발사되어 온 세상을 깜짝 놀라게 하였다. 러시아는 제2차 세계대전이 끝난 뒤 불과 12년 만에 미국을 앞질러 첨단 과학기술의 상징인 인공위성을 발사함으로써 미국의 자존심을 짓밟아 버린 것이다.

## 2.3 프랑스의 로켓

원자력을 생각하다가 후에는 화학추진제를 사용해서도 지구 대기권의 상층부를 탐색할 수 있다고 하여 96km 까지 과학장치를 올릴 수 있게

설계된 액체추진 로켓을 제작한 로베르 에스놀 펠트리(Robert Esnault Pelterie)에 의하여 프랑스의 로켓이 개발되기 시작하였다.

1950년을 전후해서는 비넨이라는 계획 아래 베로니크(Veronique) 로켓을 제작했는데 이들도 역시 독일의 V-2 로켓을 많이 참고했다. 이 로켓은 디젤 기름을 연료로 사용하였고 산화제로는 질산을 사용하였다. 점화는 연료와 산화제가 접촉하면 자동으로 불이 붙는 방식을 이용했으며, 고압가스의 압력에 의해 추진체를 연소실에 공급하는 방식을 사용했다.

수직발사대 위에 네 개의 안정 쇠막대로 묶여져 있던 로켓은 안정쇠막대를 달고 발사되어 상승하다가 자세가 안정되면, 네 개의 안정 쇠막대가 로켓으로부터 분리되며 계속 비행을 하는 독특한 구조를 갖고 있다. 이 로켓은 프랑스 남부 해안가의 발사장과 북아프리카에 있는 발사장에서 1952년부터 1973년까지 83개가 발사되었다.

프랑스의 우주과학 관계자들은 프랑스를 우주시대의 열강으로 발돋움시키려고 많은 시간과 노력을 들여 로켓의 개발을 계속했다. 1961년 그들은 4단계 고체추진제 로켓을 제작하여 112km와 272km까지 쏘아올린 뒤 지구로 재돌입할 때 생기는 궤적에 대한 연구를 하였다. 프랑스는 계속해서 아가테(Agate), 디아망(Diamant), 에메로드(Emeraude), 루비(Rubis), 사피르(Saphir), 토파즈(Topaze) 등의 로켓을 제작하였다.

사피르는 에메로드를 1단으로 하고 토파즈를 2단으로 한 로켓이다. 에메로드 로켓은 액체추진 로켓이며, 토파즈 로켓은 고체추진제 로켓이다. 에메로드 로켓은 테레벤틴을 연료로, 질산을 산화제로 사용하는 로켓인데, 1964년 6월, 11월의 발사 시험에서는 계속 실패하더니 1965년 2월의 네 번째 시험에서는 성공하였고, 이어서 사피르 로켓도 1965년 7월 5일 실험에 성공하였다. 이로써 프랑스의 인공위성 발사는 눈앞에 다가왔다.

## 2.4 영국의 로켓

영국은 국제지구관측년에 지구의 상층권을 관측할 목적으로 과학 관측 로켓 스카이라크(Skylark)를 개발하여 1957년 2월 13일 호주의 우메라 발사장에서 첫발사에 성공하였다. 45~70kg의 탑재물을

160km까지 올릴 수 있는 성능이었다.

스카이라크 로켓의 전체길이는 7.6m, 직경은 44.2cm였으며 고체추진체를 사용한 라븐(Raven) 모터의 길이는 4.7m, 직경은 44.2cm, 추력은 5.2톤, 연소시간은 30초였다. 1994년 11월까지 모두 429회에 걸쳐 발사를 하였으며, 현재까지도 스카이라크 5, 7, 12, 17 등 4종류의 스카이라크 로켓은 각종 과학 관측 및 무중력 실험용으로 사용되고 있는 세계에서 가장 많이 사용된 과학관측 로켓 중 하나이다.

한편, 독일의 V-2 로켓의 공격으로 가장 많은 피해를 입은 영국은 V-2 로켓을 입수하여 블랙 나이트(Black Knight) 로켓을 개발, 호주의 우메라 로켓시험장에서 1958년 발사시험에 성공하였다. 액체추진 로켓인 블랙 나이트의 전체길이는 10.66m, 몸통 직경은 90cm이며 롤스로이스에서 제작한 감마 201 엔진 4개를 사용하여 모두 9.6톤의 추력을 얻었다. 로켓 엔진에서 사용한 추진체는 산화제로 과산화수소를 연료로 케로신(석유의 일종)을 사용하였다.

블랙 나이트의 뒤를 이어 개발한 로켓이 '블루 스트리크(Blue Streak)'이다. 영국은 이 로켓을 이용하여 인공위성 발사 계획을 진행시켰다.

## 2.5 일본의 로켓

1954년 당시 일본을 통치하고 있던 맥아더 사령부로부터 로켓에 대해서 연구해도 좋다는 허락을 받은 도쿄대학의 생산기술연구소는 4월1일 재빨리 이도가와 교수를 중심으로 하는 로켓 연구반을 구성, 로켓의 연구와 실험에 들어갔다. 이때 일본의 로켓 연구수준은 백지상태라고 말하지만, 사실은 이미 제2차 세계대전 때에 바카(Baka)라는 고체추진제 로켓을 장착한 비행기를 제작한 경험이 있었다.

이도가와 교수가 첫 번째로 제작한 로켓은 펜슬(Pencil) 로켓이었다. 이 로켓은 지름 1.8cm에 길이 23cm, 무게 175g의 고체추진체를 사용하는 1단계 로켓이었다. 그러나 이런 장난감 같은 로켓의 실험에서도 이도가와 교수는 로켓 모터 분출구의 크기와 무게중심의 위치, 공기역학적인 문제, 그리고 고체추진체의 배합률 등을 알아내려고 150개의 로켓을 제작하여 수평비행 실험을 했다.

펜슬 로켓 다음으로 개발된 베이비 로켓 중

최대로 상승한 것은 고도 4km까지 비행했다가 낙하산으로 회수하도록 하였고 로켓 상부에 다관측기구와 16mm 촬영기를 실어서 발사하기도 했다. 국제지구관측년(IGY)에 참가하여서는 길이 547cm, 지름 24cm, 무게 257kg의 카파(Kapa) 로켓을 이용, 60km까지 올리는데 성공했다.

카파 로켓에 이어서 좀 더 대형 관측 로켓인 람다(Lamda) 로켓을 개발하였다. 람다 로켓의 목표는 1,000km 까지 상승하여 벤 앨런 방사능대를 관측하는 것이었다.

1975년에는 최신형 소형 과학관측 로켓인 S-310을 처음 발사하였다. S-310 로켓은 지름이 310mm 이고 길이가 7.1m, 무게 700kg의 1단 로켓으로서 70kg의 탑재물을 싣고 190km까지 상승할 수 있는 성능을 가졌다. 그리고 1980년 1월에는 S-520 과학관측로켓을 개발하여 첫 발사에 성공하였다. S-520 로켓은 지름이 520mm, 길이 8m, 무게 2.1톤의 1단 로켓으로서 70~150kg의 탑재물을 싣고 430~350km까지 상승할 수 있는 과학관측로켓으로, 그 동안 10회 이상 발사하여 각종 과학실험을 수행하였다.

1981년에는 도쿄대학 부설 연구소였던 우주항공연구소가 문부성의 독립적인 우주과학연구소(ISAS)로 재발족하였다.

한편 실용위성 발사를 목적으로 발족된 일본의 우주개발사업단(NASDA)에서도 TR-1이라는 본격적인 과학로켓을 개발했다.

## 2.6 브라질의 과학 관측 로켓

브라질의 과학 관측 로켓 개발은 우주연구소(IAE)가 창설되었던 1965년부터 시작되었다. 아비브라스(Avibras) 회사에 의해 개발된 첫 기상 관측 로켓인 손다(Sonda) 1형은 4.2kg의 관측 기기를 싣고 발사되어 지상 60~75km의 대기권을 관측할 목적으로 설계되었다. 손다1형 로켓은 개발 후 10년 동안 각종 연구를 위해 200개 정도 발사되었다. 1966년에는 1단형 손다 2형 로켓의 개발을 시작했다. 손다 2형 로켓은 기본적으로 고체추진제를 사용하며, 20kg의 탑재물을 싣고 100km까지 상승할 수 있도록 설계하였다. 로켓의 지름은 30cm, 전체 길이 4.1m, 발사할 때의 무게는 360kg이며 추력은 3,673kg이다. 그 동안 50개 이상의 손다 2형 로켓을 발

사하였다. 1963년 개발에 착수했던 손다3형의 로켓에 이어 1974년에 설계를 시작한 손다 4형 로켓의 목적은 인공위성을 발사할 수 있는 큰 로켓을 개발하는 데 필요한 로켓의 3축 제어 장치 등 각종 중요 부품의 개발과 우주관측 및 실험에 있다. 이 로켓의 기본 성능은 2단계 로켓으로서 500kg의 탑재물을 650km까지 올릴 수 있도록 설계되었다.

## 2.7 인도의 과학 관측 로켓

인도는 1967년 우주과학기술센터를 설립하며 본격적으로 과학 관측 로켓 개발에 착수하여 여러 종류의 로히니 관측로켓(Rohini Sounding Rocket : RSR)을 개발하였다. 지름 7.5cm의 RH-75, 지름 12.5cm의 RH-125, 지름 30cm의 RH-300, 지름 56cm의 RH-560 등을 개발하여, 1975년까지 450개 이상의 과학관측로켓을 발사하였다. 이들 중 현재 사용하고 있는 로켓은 RH-200, RH-300, RH-560 등이다.

RH-560 로켓은 인도에서 가장 큰 과학관측 로켓이며, 2단계 시스템이다. 이 로켓은 각종 과학실험 및 대기권의 관측, 그리고 인공위성 발사체에 필요한 각종 기술을 실험하기 위한 로켓이다. RH-560 로켓은 100kg의 탑재물을 350km까지 올릴 수 있는 성능으로 발사할 때의 총무게 1.35톤, 전체 길이는 탑재물의 종류에 따라 8.4m에서 9.2m로 확장할 수 있다. 2단 로켓은 RH-300 로켓을 사용하며, 1단 로켓은 길이 3.3m, 추력은 7.7톤이다.

## 2.8 우주경쟁의 승리자-미국

1957년 7월 1일부터 1958년 12월 31일까지의 18개월은 국제지구관측년(International Geophysical Year : IGY)이었다. 여기에 참가한 나라는 IGY 특별위원회 가맹국과 비공식 관측 참가국 등 모두 70여 개 국가에 달했고, 세계 각국에서 참여한 인원만도 6만명 이상이 었다. 관측 종목은 기상, 지자기, 극광과 야광, 태양의 활동, 우주선(Spaceray), 위도와 경도, 빙하와 기후, 해양, 자장, 중력의 측정, 방사능 측정 등이었다.

IGY의 주요 관측 종목들은 초고공에서 관측하도록 되어 있어, 이를 위해선 과학 관측 로켓(Sounding Rocket)을 사용해야 했다. 그러나 과학

관측 로켓으로는 지구의 한 부분을 짧은 시간 동안 조사할 수밖에 없기 때문에 인공위성을 발사해서 계속적이고 광범위한 관측을 하자는 제안이 많이 나오게 되었다. 1955년 7월 23일 아이젠하워 미국 대통령은 기자회견을 통해 “미국은 IGY 계획의 일환으로 농구공만한 소형 인공위성을 지구 궤도에 발사할 계획을 세우고 있다”고 발표했다.

당시 미국에서는 육·해·공군 등이 각각 미사일을 개발하고 있었고, 특히 해군과 육군은 인공위성발사계획을 가지고 있었다. 순수한 미국 과학자들로 이루어진 해군 로켓연구팀이 러시아가 스푸트니크 1호 인공위성의 발사에 성공하자 케이프 케너버럴 발사장에서 서둘러 벵가드 로켓에 의한 인공위성 발사를 시도하였으나 실패로 끝나자, 독일 과학자들에 의하여 이루어진 미 육군 로켓 연구팀이 주피터-C 로켓을 개발하여 미국 최초의 인공위성 익스플로러 1호를 지구궤도에 올렸다. 이로써 러시아에서 세계 최초의 인공위성이 발사된 지 109일만인 1958년 1월 31일밤의 발사성공으로 인하여 미국과 러시아의 우주개발 경쟁이 본격적인 막을 올렸다.

주피터-C 로켓은 로켓과 인공위성을 매년 760회씩 회전시켰다. 그 이유는 첫째, 회전을 시킴으로써 로켓이 비행중 안정을 유지할 수 있도록 하며, 둘째, 2단 로켓이 들어있는 11개의 고체 추진제 로켓의 추력을 골고루 분배할 수 있게 하기 위해서이다. 11개의 로켓이 아무리 정확하게 불을 붙여준다 해도, 약간의 시간 오차가 생길 수 있고 로켓의 추력 또한 모두 같지 않기 때문에, 회전을 시키지 않는다면 로켓을 일정한 방향으로 비행시킬 수 없기 때문이다.

우주개발에서 러시아에 뒤처져 자존심이 상해 있던 미국의 당시 대통령이었던 케네디는 1961년 국회에 보낸 교서에서 “미국은 1960년대 안에 인간을 달에 보냈다가 지상으로 돌아오게 할 것”이라고 발표했다. 그 동안 미국의 우주개발은 러시아의 뒤를 허겁지겁 따라가는 상황이었다. 앞서고 있는 것이 하나도 없는 형편이었다. 이러한 시점에서 케네디 대통령은 미국의 명예를 걸고 1969년 12월 31일 이전에 사람을 달에 갔다가 오게 하겠다고 밝힌 것이다.

미국과 러시아의 우주개발 경쟁, 즉 누가 먼저 달에 사람을 보내어 탐험하느냐 하는 것은 경쟁이

라기보다 미국과 러시아의 우주전쟁이었다. 전쟁을 치르는데 예산이 별도로 없었다. 미국과 러시아는 모든 국력을 다해서 서로 전쟁을 한 것이다.

1969년 7월 16일 발사된 미국의 아폴로 11호가 며칠 뒤인 7월 21일 오전 11시 56분 20초에 달에 도착함으로써 치열했던 미국과 러시아의 우주개발 경쟁은 미국의 승리로 끝났다.



그림 2. 달에 착륙한 아폴로 11호

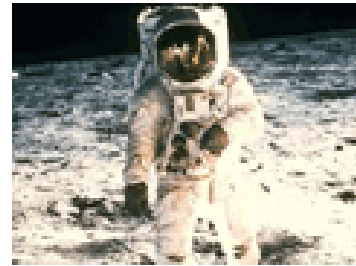


그림 3. 달 위의 암스트롱

### 3. 자국의 로켓으로 인공위성을 발사한 나라들

제2차 세계대전이 끝나면서 독일의 V-2 로켓 개발자들과 기술이 미국과 러시아로 옮겨지면서 두 나라의 로켓 개발은 경쟁체제로 돌입하였다. 러시아의 유리 가가린이 1961년 4월 12일 보스토크(Vostok) 1호를 타고 성공적으로 지구를 한 바퀴 돌고 지상으로 돌아옴으로써 최초의 우주인이 되었지만, 미국이 1969년 7월 16일에 발사한 새턴 5 로켓에 의하여 아폴로 11호로 먼저 달나라에 우주인을 보냈다가 다시 지구로 귀환시키면서 우주전쟁은 미국의 승리로 판정되었다.

미국과 러시아가 우주전쟁을 벌이고 있는 동안 프랑스 역시 1965년 11월 26일 디아망(Diamant) 로켓을 이용, 프랑스 최초의 인공위성인 A-1을 발사하는데 성공하여 러시아와 미국에 이어 자국

의 로켓으로 인공위성을 발사한 세 번째 국가가 되었다. 1975년 9월 27일에는 디아망 B 로켓을 개량한 디아망 BP 로켓을 이용, 무게 115kg의 D2-B 위성을 발사하는데 성공함으로써 디아망 로켓을 이용한 프랑스의 독자적인 인공위성 발사는 막을 내렸고, 프랑스를 중심으로 한 유럽우주개발 기구인 ESA(European Space Agency)에서 공동으로 개발한 아리안 로켓을 이용해 각종 인공위성을 발사하기 시작했다.

일본은 러시아, 미국, 프랑스에 이어 세계에서 네 번째로 1970년 2월 11일 람다-4S-5 로켓을 이용하여 인공위성 오수미를 발사하는데 성공하였다. 그 후 무게 2톤의 인공위성을 지구 정지궤도에 발사할 수 있는 성능을 갖춘 H-2 로켓은 1994년 2월 3일 첫 발사에 성공하여 일본도 드디어 상업용 인공위성 발사 시장에 참여할 수 있는 우주국가가 되었다.

중국은 1970년 4월 24일 장정 1호 로켓으로 동방홍 1호 인공위성을 발사하는데 성공하였고 1990년 4월 7일에는 처음으로 외국 인공위성 발사서비스를 시작한 우주선진국이 되었다.

영국은 블랙나이트(Black Knight) 로켓의 성능을 보강한 새로운 우주로켓인 블랙 애로우(Black Arrow) 로켓으로 1971년 10월 28일 프로스페로(Prospero) 위성을 성공적으로 발사하여 중국에 이어 여섯 번째로 자국의 로켓으로 인공위성을 발사한 나라가 되었다.

인도의 인도우주연구기구(ISRO)에서 개발한 인공위성 발사체인 SLV-3 로켓은 1980년 7월 18일 로히니(Rohini) 과학위성을 발사하여 영국에 이어 일곱 번째로 자국의 로켓으로 인공위성을 발사한 나라가 되었다.

이스라엘은 1988년 9월 19일 3단 고체추진체 로켓 샤비트(Shavit)를 이용하여 오페크(Offeq)-1 위성을 발사하는데 성공하여, 인도에 이어 여덟 번째로 자국의 우주로켓을 이용하여 인공위성을 발사한 나라가 되었다.

이라크는 1989년 12월 5일 타뮤즈(Tamouz) 로켓을 이용하여 45kg의 인공위성 발사를 시도 하였으나 궤도 진입에 실패하였다.

브라질은 1997년과 1999년 두 번의 사고에 이어 2003년 8월 22일 발사 며칠을 앞두고 사전 테스트 중 VLS-I VO3 로켓의 4개의 고체엔진

중 하나가 잘못 점화되는 바람에 폭발사고가 발생하였음에도 불구하고, 브라질 대통령은 우주개발 프로그램을 계속 추진할 것을 천명하였다.

## 4. 우주발사체 개발 동향

1950년대 이후 전개된 우주개발 초기단계에서는 미국과 소련이 국방과 국력과시를 목적으로 우주개발을 추진하여 왔다. 냉전체제가 와해되기 시작한 1970년대 이후, 우주산업이라는 새로운 용어의 탄생과 함께 우주개발의 필요성이 크게 변화하였다. 즉, 우주개발의 성격이 냉전시대의 국력의 과시라는 측면이 강했던 이전과는 달리, 정보화 시대를 맞이하면서 경제적 측면에서도 인류에 매우 유익하다는 결론에 도달하게 되어, 우주공간을 이용한 정보 유통의 매개체로서 인공위성 및 발사체의 가치가 급속히 부상되었다.

우주개발 선진국들의 우주발사체 개발 동향은 초기에 독자적으로 발사체를 개발하여 배타적으로 운용해오다가 최근에는 발사체 기술 보유국들끼리 서로의 장점을 공유하면서 발사 서비스 시장에서의 경쟁력을 극대화하기 위하여 노력하고 있는 추세이다. 이러한 국제협력의 시초로는 유럽의 15개국의 회원국들이 아리안발사체를 비롯한 유럽의 우주개발을 총괄하고 있는 1975년에 결성한 ESA(European Space Agency)로 기존 ELDO(European Launcher Development Organization)과 ESRO(European Space Research Organization)를 대체한 것이다. 또한 국제협력에 의한 발사체 상용화의 예로는 러시아의 Proton과 미국의 ILS사, 러시아의 Soyuz와 프랑스의 Starsem 사, 우크라이나의 Zenit과 미국, 노르웨이, 우크라이나, 러시아의 합작인 Sea Launch 사 등을 꼽을 수 있으며, Rockot 또한 유럽의 Eurockot 사를 통해 상용화되었다. 인공위성을 궤도에 진입시킬 수 있는 우주개발 선진국은 미국, 일본, 프랑스, 중국, 러시아 등으로 현재 세계 발사서비스 시장에 본격적으로 진출한 국가들이며, 이외에도 인도, 브라질, 이스라엘, 이라크 등이 자국의 발사체 보유를 위하여 연구 개발 사업을 본격화하고 있다.

### 4.1 미국

최근 미국은 재사용 발사체(RLV : Reusable Launch Vehicle)과 소모성 발사체(ELV : Expendable

Launch Vehicle)에 대하여 새로운 기술을 도입, 현재보다 발사비용이 낮은 시스템을 개발하기 위한 노력을 기울이고 있다. 현재 운용중인 우주왕복선의 경우 오비터(Orbiter)를 재사용하고 있으며 이를 위해서는 상당히 많은 유지·보수 비용이 필요한 단점을 갖고 있다. 민간업체에 의해 개발되는 재사용 발사체로는 McDonnell Douglas 사에 의해 추진되었던 1단형 DC-X, 로터리 로켓사의 1단형 ROTON, Kistler Aerospace사의 2단형 K-1 발사체가 대표적이다. 이외에도 비행기 형상을 가진 발사체인 Kelly Space사의 Astroliner와 Pioneer Rocketplane사의 Rocketplane 등이 있으나, 재사용 발사체의 경우 시도에 비해 아직 뚜렷한 성과를 거두지 못하고 있는 실정이다. 소모성발사체의 개발에 있어서는 국방성과 공군에 의해 추진 중인 발전된 소모성 발사체(EELV : Evolved Expendable Launch Vehicle)가 있다. 최근 발사체를 대형화하여 탑재체의 단위 중량당 발사 비용을 줄이려는 노력을 각국에서 기울이고 있으며, 이 분야에서는 재사용 발사체의 경우와는 달리 상당히 구체적인 성과를 보여주고 있다. 현재 미국에서 운용 중인 대형 소모성 발사체인 Delta II, Atlas II, Titan IV 는 대부분 50년대 기술을 바탕으로 제작된 발사체로서, 이들을 기초로 하여 최신 기술을 도입한 새로운 발사체를 개발함으로써 신뢰도를 제고하고 발사 비용을 현재의 25~50%정도까지 절감할 수 있도록 하려는 노력을 기울이고 있다. 또한 보잉사 주도로 우크라이나의 Zenit 발사체를 태평양에서 발사하는 Sea Launch가 진행되고 있다. 델타발사체는 한국의 방송통신위성인 무궁화위성 1,2호를, 토러스발사체는 아리랑 위성 1호를 발사한 바 있다.

## 4.2 러시아

러시아의 경우 구소련 붕괴이후 우주개발 투자 예산 규모가 급격히 축소되어 새로운 발사체 개발이 거의 이루어지지 못하고 있는 실정으로 최근에는 Proton, Soyuz, Zenit, Cyclone 등의 발사체를 이용하여 서방 세계의 민간 위성을 발사하는데 역점을 두고 있다. Proton은 미국의 ILS사, Soyuz는 프랑스의 Starsem사, Zenit는 미국의 Sea Launch사에 의해 활용되고 있다. 러시아는 과거에 대륙간 탄도미사일로 사용되었다가 위성 발사체로 전환된

Rockot 및 Start-1을 보유하고 있으며, 차세대 발사체인 Angara를 개발하고 있다.

## 4.3 유럽

프랑스령 남미의 쿠루 우주기지는 1968년부터 운용되기 시작하여, 이곳에서 100기 이상의 상용 발사체가 발사되었다. 프랑스를 중심으로 연합한 유럽우주기구(ESA)는 1980년대 들어 세계의 상용 발사서비스 시장의 상당부분을 점유해왔으며, 현재 전 세계 상용발사서비스 시장의 약50%를 점유하고 있다. 현재 Ariane IV는 운용을 중단하고 Ariane V를 주력발사체로 활용하고 있다. 아리안 발사체는 무궁화위성 3호를 발사한 바 있다.

## 4.4 중국

그동안 지속적으로 장정 발사체 시리즈(1D, 2C, 2E, 3, 3A, 3B, 4 등)를 개발하여 왔으며, 낮은 발사비용을 장점으로 하여 서방세계의 위성 발사 서비스에 주력해 왔다. 중국은 그간 높은 발사실패율로 인하여 위성 발사서비스 시장에서 많은 어려움을 겪었지만, 최근 연이은 발사 성공에 힘입어 이러한 어려움을 극복하고 있다.

## 4.5 일본

일본은 1970년 첫 위성발사에 성공한 이래, H-2 발사체를 순수일본기술로 개발·제작하여 1994년에 첫 발사를 성공적으로 마쳤다. 최근에는 발사비용을 낮춘 주력 사용발사체인 H-2A로 개량하여 발사에 성공하였다. 일본은 그동안의 자체 위성 발사뿐만 아니라 발사 서비스 회사인 RSC(Rocket Service Co.)를 설립하여 다른 나라의 위성을 발사할 수 있도록 하는데 역점을 두고 있다.

## 4.6 인도

인도는 1979년 자체 로켓을 발사한 이래 계속적인 로켓 발사를 해왔으며, 자체 위성뿐만 아니라 외국의 상용위성의 발사를 위한 수요를 끌어들이는 것으로 기대하고 있다. 인도의 발사체 개발은 SLV-3를 시작으로 극궤도 발사체인 ASLV 및 PSLV 발사체의 개발을 완료하였다. 한편 지구정지궤도 발사체인 GSLV를 개발하여 2001년 성공적으로 비행시험을 마친 바 있다. PSLV 발사체는 한국의 우리별 3호 위성을 1999년에 발사한 바 있다.



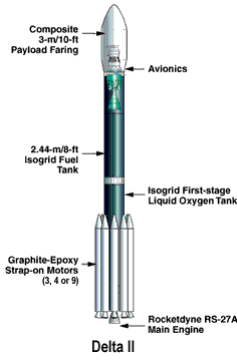


그림 4. Delta II



그림 5. Ariane V



그림 6. Soyuz소유지



그림 7. H2-A

## 5. 국내 발사체 개발 동향

국내의 본격적인 과학 관측 로켓이라할 수 있는 과학1호는 1987년 천문우주과학연구소의 제안에 의해 시작되었다. 1987년부터 과학 관측 로켓 개발에 필요한 기초연구를 시작으로 하여 1989년말에 한국항공우주연구원이 창설되면서 과학1호의 개발이 본격적으로 착수되었다. 1993년 6월4일에 발사된 과학1호의 임무는 한반도 상공의 오존량의 측정 및 과학1호의 성능을 종합적으로 조사하는 것이었다. 과학1호는 1단형 고체추진제 로켓이며, 크기는 길이 6.7m, 지름 42cm, 발사 직전의 무게는 1.4톤, 이륙할 때의 최대 추력은 16톤, 그리고 평균 추력은 8.7톤이며, 연소시간은 18초였다. 상승한 최대고도는 30km였으며, 190초 동안 비행하여 77km를 날았다. 1993년 9월 1일에 발사된 과학2호는 최대 도달고도 49km, 비행거리 101km를 3분 33초 동안 성공적으로 비행하였다. 과학2호의 임무는 과학1호와 마찬가지로 한반도 상공의 오존층 분포를 관측하는 과학실험을 수행하는 것이었고, 로켓 자체의 성능시험을 위해 로켓 각 부분의 온도, 응력, 추진기관 내부의 압력 등을 측정하여 지상으로 송신하였다.

중형과학로켓의 개발 목표는 150kg 정도의 과학탑재물을 탑재하고 150km 이상의 고도까지 도달할 수 있는 중형과학로켓을 개발·발사하여 한반도 상공의 이온층의 환경, 천체 X-선, 오존층 분포 등을 측정하는 것이다. 1997년 7월 9일 수행된 1차 비행시험에서 1단 점화, 1/2단 분리, 2단 점화 등이 정상적으로 이루어졌으나 이륙 후 20.85초에 레이더 및 원격 측정 통신이 두절되는 현상이 발생하였다. 이후 통신두절 원인이 분석되어 주요 탑재 통신 시스템간의 전원 분리 등의 수정 및 보안을 거친 후 1998년 6월 11일에 수행된 2차 비행시험에서 최고도달고도 137.2km, 비행거리 124km, 비행시간 6분 5초로 성공적인 시험이 되었다.

과학 관측 로켓의 성능향상이나 궁극적인 인공 위성 발사체의 개발을 위해서는 추진기관의 대형화/고성능화가 요구되고 있으나, 이를 위한 고체 추진기관의 대형화는 경제성이나 국제적인 기술 이전 제약환경을 고려할 때 액체추진기관에 비하여 불리한 것으로 판단되었으며, 세계적인 추진기

관 개발 추이도 저가 액체추진기관의 개발이 주를 이루고 있기 때문에 액체추진 과학로켓 KSR-III의 개발이 시대적으로 요구되었다. 2002년 11월 28일에 있었던 액체추진과학로켓 KSR-III의 성공적인 비행시험을 통하여 위성발사체에 소용될 추진기관, 유도제어, 임무설계, 및 각종시험 기술 등이 성공적으로 개발되었음이 확인되었다. KSR-III의 비행을 위해서 연료로는 케로신(Kerosene), 산화제로는 액체 산소(LOX), 가압제로는 헬륨(He) 등이 사용되었다.

현재 항공우주연구원에서는 100kg급 인공위성을 지구 저궤도에 올릴 수 있는 한국형 소형위성발사체(KSLV-I)을 개발하고 있다. 소형위성발사체 개발은 2002년 KSR-III 발사시험을 통해 획득한 발사체 필수 기술 즉, 액체추진기관, 추력벡터제어, 측면분사추력기, 관성유도제어, 원지점킥모터 등의 기술을 기반으로 개발되고 있다.

위성발사체 개발은 국가우주개발중장기계획에 의하여 진행하고 있으며, 2005년에 100kg급 소형위성발사체 개발, 2010년에 1톤급 실용위성발사체 개발, 2015년에 1.5톤급 실용위성발사체의 개발로 이어져 국내 및 세계 발사서비스 시장에 진출할 계획이다.

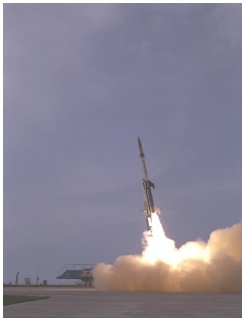


그림 8. KSR-I



그림 9. KSR-II



그림 10. KSR-III

## 6. 결론

제2차 세계대전이 끝나면서 독일에서 개발된 V-2 로켓의 기술과 과학자들을 미국과 러시아가 앞 다투어 데려가면서 우주개발경쟁을 유발하게 되었다. 최초의 우주인을 갖게 되었던 러시아는 아폴로11호의 성공적인 발사와 우주인들의 무사귀환으로 미국에게 우주개발경쟁에서 뒤지는 결과를 맞보아야만 했다. 냉전체제가 와해되기 시작한 1970년대 이후에는 우주산업이라는 용어의 탄생과 함께 우주개발의 필요성이 크게 대두되었다. 특히 프랑스가 중심이 되어 유럽의 14개국으로 이루어진 유럽우주기구(ESA)의 탄생과 일본의 우주개발사업단(NASDA)의 등장으로 우주개발이 상업적인 방향으로 모색되기 시작했다. 1980년대 이후에는 미국 등 우주기술 선진국들은 본격적인 전지구 이동통신 및 인터넷 서비스를 위한 위성발사 시장의 급격한 수요를 예측하고 이에 대처하기 위하여 새로운 발사체 및 발사장 시설의 신설 및 확충을 추진하여 왔다. 특히 소모성발사체 개발에 있어서 발전된 소모성 발사체(EELV : Evolved Expendable Launch Vehicle)로 탑재체의 단위 중량당 발사 비용을 줄이려는 노력을 각국에서 기울이고 있는 가운데 발사체 기술 보유국들끼리 서로의 장점을 공유하면서 발사서비스 시장에서의 경쟁력을 극대화하기 위하여 노력하고 있는 추세이다.

우리나라에서는 과학로켓의 개발을 꾸준히 추진하여 고체추진제 로켓인 과학1호, 과학2호, 중형과학로켓 등을 성공적으로 개발 및 시험발사하였으며, 특히 2002년 11월 28일에는 액체추진과학로켓 KSR-III를 성공적으로 시험발사하여 위성발사체의 핵심기술을 확보하였다. 2002년부터 시행되어 온 소형위성발사체 개발은 2005년 개발완료될

목표로 하고 있으며 국가우주개발중장기 계획에 의하여 2010년에는 1톤급 위성을, 2015년에는 1.5톤급 위성을 우리가 만든 우주발사체로 우리가 만든 우주발사체 발사장에서 우주로 올릴 것이다.

## 참고문헌

1. 눈으로 보는 로켓이야기, 채연석, (주)나경문화
2. 눈으로 보는 우주개발이야기, 채연석, (주)나경문화
3. 한국항공우주연구원 10년사(1989-1999), 한국항공우주연구원, 2001
4. 중형과학로켓 2차발사 결과보고서, 한국항공우주연구원, 1998
5. 한국형 저궤도위성발사체(KSLV-I) 개발을 위한 조사 분석 연구, 한국과학기술원, 2001
6. KSR-III 비행시험보고서, 한국항공우주연구원, 2003
7. 3단형 과학로켓 개발사업, 과학기술부, 2003
8. 2002 우주·천문 기술개발 동향, 한국과학기술기획평가원, 2003
9. The Future of U.S. Rocketry, Edward Hujsak, Mina-Helwig Company
10. NASA 홈페이지 <http://www.nasa.gov/>
11. 러시아 항공우주국 홈페이지 <http://www.rosaviakosmos.ru/>
12. ESA 홈페이지 <http://www.esa.int/>
13. 일본우주개발사업단 <http://www.nasda.go.jp/>
14. 일본항공우주기술연구소 홈페이지 <http://www.nal.go.jp/>
15. 일본우주과학연구소 홈페이지 <http://www.isas.ac.jp/>
16. 온라인 스페이스 뉴스 홈페이지 <http://www.spaceflightnow.com/>
17. 조나단 스페이스 홈페이지 <http://www.planet4589.org/space/>
18. 스페이스 뉴스 홈페이지 <http://www.space.com/>
19. 프랑스 국립우주연구센터 <http://www.cnes.fr/>
20. 캐나다 항공우주국 <http://www.space.go.ca/>
21. 영국 국립우주센터 <http://bnsc.gov.uk/>
22. 이탈리아 우주기구 <http://www.asi.it/>
23. 브라질 우주기구 <http://www.agespacial.gov.br/>
24. 네덜란드 항공우주기술연구소 <http://www.nlr.nl/>