

세계 로켓의 발사취(중)

채연석

한국항공우주연구소 우주추진기관연구그룹장

V-2 로켓의 확산

V-2 로켓은 2차 세계대전 당시 세계 어느 나라의 로켓보다도 월등히 발전되었던 것이기 때문에 전쟁 이후 선진국들은 독일로부터 이 분야의 기술 입수에 많은 노력을 기울였다. 특히 미국과 러시아는 독일을 침략하는 최대의 목표가 독일의 로켓기술을 획득하는 것 같은 정도였다.

미국은 2차 세계대전이 끝나갈 무렵 독일의 로켓 과학자들과 관련된 자료와 로켓 부품을 획득하기 위한 “페이퍼 클립” 작전을 세웠다. 이 작전을 통해 V-2 로켓의 많은 부품과 자료 그리고 120여명의 중요 과학자를 얻었고 이들은 후에 미국 최초의 인공위성을 발사한 레드스톤(Redstone)이라는 로켓과 그 외 미국에서 개발된 거의 모든 우주로켓, 그리고 인간을 달에 보낼 때 사용한 길이 111m의 세턴-5형 로켓을 개발하는데 큰 공헌을 하였다.

러시아는 미국보다 조금 늦게 독일 로켓 연구소 및 공장에 도착하여 미국 다음으로 V-2 로켓에 관련된 자료와 부품 및 기술자들을 데리고 갔다. 그리고 이들을 중심으로 세계 최초의 인공위성인 스포트니크 1호를 발사한 로켓을 개발 1957년 10월 4일 발사하는데 많은 공헌을 하였을 뿐만 아니라 러시아의 모든 로켓 개발에 큰 공헌을 하였다.

한편 V-2 로켓의 공격으로 가장 많은 피해를 입은 영국은 V-2 로켓을 입수하여 “블랙 나이트(Black

Knight)” 로켓을 개발 오스트레일리아의 우메라(Woomera) 로켓 시험장에서 발사 시험을 하였다. 전체 길이는 10.66m, 몸통의 직경은 0.9m였다. 블랙 나이트는 4개의 감마 엔진을 사용하였는데, 추력은 모두 9.4톤이었다. 발사 시험에서 480km 정도를 비행하였다.

블랙 나이트의 뒤를 이어 개발한 로켓이 “블루스트리크”(Blue Streak)이다. 길이는 18.7m, 최대 직경은 3m, 이 2단계 로켓은 1960년 4월 13일의 발사 시험에서 4480km를 비행하였다. 그리고 블루스트리크 로켓을 이용하여 영국의 첫 인공위성인 프로스페로(Prospero)를 1971년 10월 28일 발사한 “블랙 에로우”(Black Arrow) 로켓을 개발하였다.

프랑스에서는 영국보다 먼저 V-2를 이용한 로켓 개발에 나서 1949년 봄부터 베로니크(Veronique) 로켓의 개발에 나서 1950년 8월 2일 첫발사를 하였다. 첫발사 시험에서는 개발에 참여한 모든 사람들이 믿지 않을 정도인 3m를 상승하는데 그치고 말았지만, 베로니크 로켓은 길이 5.8m, 직경 55cm, 발사시 무게 1020kg, 추력 4톤이었다. 베로니크 로켓은 개량을 거듭하여 후에는 300km이상까지 상승하였다.

베로니크 로켓 개발에 성공한 프랑스는 이 기술을 이용하여 인공위성 발사 로켓인 디아망(Diamant)을 개발하였다. 디아망 로켓은 높이 23m, 최대 직경 1.4m의 3단계 로켓이었다. 1단과 2단 로켓은 액체 추진제 로켓이고 3단 로켓은 고체 추진제 로켓이었다. 발사할 때의

로켓 무게는 18.4톤이고 추력은 30톤이었다. 프랑스는 디아팡 로켓을 이용 1965년 11월 26일 A-1 인공위성의 발사에 성공하였다.

중국은 러시아와 미국을 통하여 로켓에 관련된 기술 및 자료를 이용 로켓의 개발을 시작하였다. 러시아에서는 독일의 V-2 로켓을 조금 개량한 R-2 로켓 2기를 설계도와 함께 중국에 제공했고, 미국으로부터 받은 혜택은 미국에서 초창기 로켓 개발에 참여했고 후에 독일에서 미국으로 V-2 로켓 기술을 가져올 때 책임자로 있었던 전학삼 박사를 받은 것이다. 전학삼 박사를 주축으로 한 중국은 1960년 11월 5일에 V-2 로켓과 비슷한 형태인 동풍(東風) 1호 로켓 발사에 성공하고 계속 개발하여 1970년 4월에는 중국 최초의 인공위성인 동방홍 1호를 발사한 장정 1호 로켓을 개발 발사하는데 성공하였다.

이렇듯 지금까지 자국의 인공위성을 자국의 로켓으로 발사한 나라중 일본과 인도, 그리고 이스라엘만 제외된 미국, 러시아, 프랑스, 영국, 중국 등은 모두 독일의 V-2 로켓 기술을 바탕으로 개발한 로켓으로 인공위성을 발사하였다. 현재 북한이 갖고 있는 노동 1호 역시 독일의 V-2 로켓을 할아버지로 한 같은 족보에 속해 있는 로켓인 점만 보아도 V-2로켓이 전세계의 로켓 개발에 미친 영향을 잘 알 수 있다. 이렇듯 독일의 V-2 로켓의 영향을 받아 개발된 각국의 로켓들은 처음에는 각국의 미사일로 사용되었으며 이는 다시 각국의 우주 개발용 로켓으로 개량되어 지금까지 사용되고 있다. 그리고 각국의 우주개발용 로켓은 거의 모두 상업용 로켓으로 변하였다.

상업용 로켓은 돈을 받고 인공위성을 원하는 궤도에 발사해 주는 영업용 로켓을 가리키는 것으로 현재 미국의 델타, 아틀라스, 페가수스, 프랑스의 아리안 로켓, 중국의 장정 로켓, 그리고 러시아의 프로톤, 일본의 H-2 로켓 등이 있다.

아틀라스(Atlas) 로켓

그리스 신화에 나오는 거인이라는 뜻의 아틀라스 로켓은 미국의 대륙간 탄도탄의 개발 목적으로 1951년부

터 개발이 시작되었다.

1957년 6월 첫 발사 시험을 거쳐 그해 12월의 발사 시험에서 만족할 만한 성과를 거두었고, 1958년 11월의 발사 시험에서는 10200km를 비행하였다. 1959년 10월부터 실전 배치에 들어갔다. 그리고 1958년 12월 18일에는 이를 개량하여 스코어라는 인공위성을 처음 발사했으며, 1962년 2월 20일 존 글렌 중령이 탑승한 머큐리 우주선을 발사하여 미국 최초의 유인 우주비행을 성공시키면서 유명한 로켓이 되었다. 미국의 3대 인공위성 발사용 우주 로켓인 델타, 아틀라스, 타이탄 로켓 중에서 아틀라스 로켓은 제일 먼저 인공위성 발사를 시작하였고, 또한 가장 많은 발사 횟수를 자랑하고 있다. '90년 말까지 모두 245회를 발사하여 이중 86.9%에 해당하는 213회의 위성 발사에 성공하였다. 아틀라스 로켓은 그 동안 머큐리 유인 우주선, 화성 탐사선 마리너 4호, 수성 탐사선 마리너 10호, 목성 탐사선 파이오니어 10호등 수많은 중요 인공위성을 성공적으로 발사하여 미국의 우주개발에 크게 공헌을 하였다.

1985년 5월부터 상업적인 인공위성 발사 서비스를 시작하였으며, 1960년초 1400kg의 인공위성을 저궤도에 올릴 수 있던 로켓의 성능은 계속 개량되어 현재의 아틀라스-1 로켓은 5580kg의 인공위성을 지구 저궤도(185km)에 올릴 수 있으며, 최신형인 아틀라스-IIAS 로켓은 8390kg의 인공위성을 지구 저궤도에 그리고 정지궤도에는 2000kg 이상의 인공위성을 올릴 수 있는 성능으로 발전되었다.

아틀라스 로켓은 1단 로켓 엔진 1개와 추력 보강용(부우스터) 로켓 엔진 2개가 같이 붙어 있어 마치 1단 로켓 엔진으로 로켓 엔진 3개가 있는 것처럼 보인다. 3개의 로켓 엔진중 가운데 있는 엔진이 1단 로켓 엔진이다.

아틀라스 1 로켓에 사용하고 있는 추진 기관을 살펴보면, 1단 로켓 엔진의 추력은 27.4톤이며, 2개의 추력 보강용 로켓 엔진은 171톤의 추력을 낸다. 추진제는 1단 로켓 엔진이나 추력 보강용 로켓 엔진 모두 연료로써 석유의 한 종류인 RP-1을 산화제는 액체 산소를 같이 사용한다.

발사하면 우선 추력 보강용 로켓 엔진이 점화되어 174초 동안 상승하다가 2개의 추력보강용 로켓 엔진만 로켓과 분리되어 떨어지고 곧이어 1개의 1단 로켓 엔진에 점화되어 266초 동안 연소된다. 이렇게 1개의 추진체통을 주로켓 엔진과 추력 보강용 엔진이 같이 사용하는 방식을 $1\frac{1}{2}$ 단 로켓이라 부르며, 아틀라스 로켓만의 독특한 방식이다.

2단 로켓은 액체 수소가 액체 산소를 추진제로 사용하는 추력 15톤의 센토 로켓 엔진을 사용한다. 1992년 2개의 무궁화 위성을 발사하는데 제시한 발사 금액은 1억3천10만 달러로 한 번 발사 가격은 6천55만 달러이다.

델타(Delta) 로켓

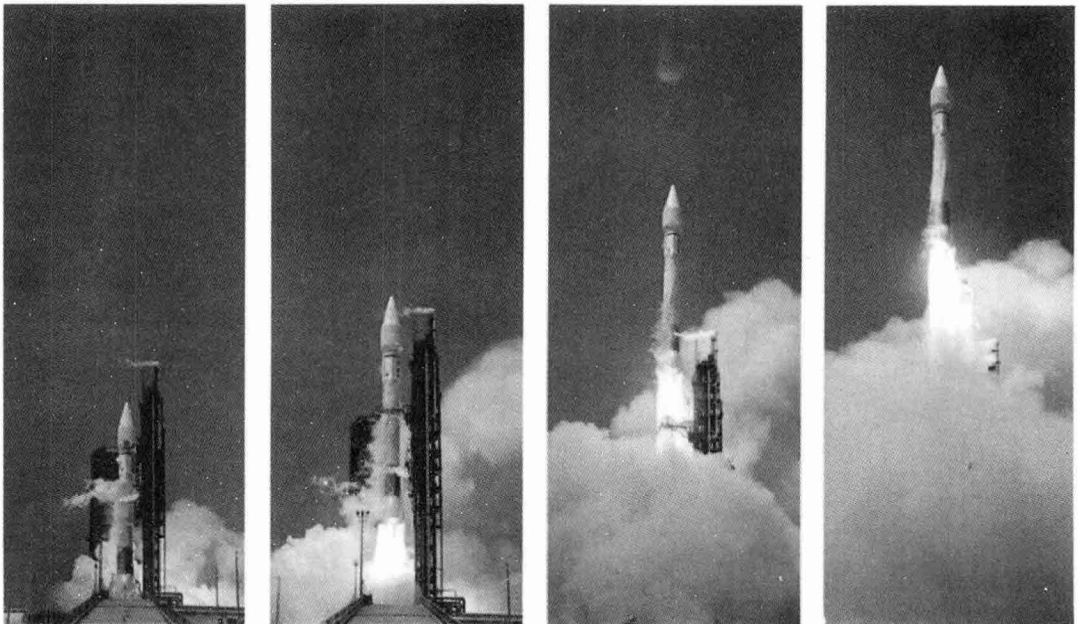
1995년 우리 나라 첫 방송 통신위성인 무궁화 위성을 발사한 델타 로켓은 미국 MD(맥도널더글라스)사에 의해 설계 제작된 전문 상업용 위성 발사체이다.

델타 로켓은 중거리 미사일 소아를 1단으로, 뱅가드

를 2단과 3단으로 결합한 전형적인 3단 로켓이다. 1단과 2단은 액체 추진제 로켓, 3단은 고체 추진제 로켓이다.

NASA에 의해 운영된 초기 델타-1 로켓은 중간급 인공위성을 발사하는 로켓으로 1960년 에코 인공위성 발사로 두각을 나타내기 시작했다. 그후 고체 추진제 로켓 등을 보강하여 현재의 델타-2 로켓으로 성능이 향상됐다. 델타-1은 지구 저궤도에 300kg 정도의 위성을 발사할 능력을 갖추고 있었으나, 델타-2는 지구 저궤도에 5톤 이상의 인공위성을 발사할 정도로 성장했다. 통신위성 발사를 전문으로 하는 델타-2로켓의 최근 5년간 발사 성공률은 100%에 가까워 미국에서 가장 신뢰성 있는 인공위성 발사 로켓으로 주목받고 있다.

델타 로켓은 미국에 의해 첫 기술 수출된 로켓이기도 하다. 1969년 미국과 일본 사이에 맺어진 우주개발 협력에 따라 일본에 기술 이전되어 일본의 N-1 로켓의 모체가 되기도 했다. N-1은 N-2, H-1을 거쳐 1994년 2월 4일 발사 성공한 H-2 로켓으로 발전했으니 본격적인 일본의 액체 추진제 로켓의 원조는 미국의 델타 로



〈그림 1〉아틀라스 로켓의 발사

켓인 셈이다.

델타-2(7925) 로켓의 제원과 성능은 다음과 같다.

1단 로켓의 최대 직경은 2.44m이고, 전체 길이는 38.1m, 발사 직전의 로켓 무게는 230톤이다. 1단 로켓의 엔진은 액체 산소와 케로신을 사용하는 RS-27 엔진으로서 추력은 106톤이다. 1단 로켓의 추력은 로켓 전체 무게보다는 커야 하는데 델타-2 로켓은 전체 무게의 반 정도도 안된다. 그렇지만 추력 보강용 고체 추진제 로켓인 켈(GEM)로켓 9개가 부착되어 400톤의 추력을 보강하기 때문에, 발사할 때의 총 추력은 506톤이 된다.

2단 로켓 엔진은 산화제로 사산화질소(N₂O₄)를 연료로는 A-50을 사용하는데, 산화제와 연료가 연소실에서 만나기만 하면 자동적으로 점화되는 특성을 지닌 추진제이다. 엔진의 추력은 4.3톤이다.

3단 로켓은 고체 추진제를 사용하며, 추력은 6.8톤이며 연소 시간은 55초이다.

1992년 무궁화 위성 발사 입찰때 제시한 발사 가격은 2회 발사에 9천1백10만 달러로 위성의 1회 발사 비용은 4천5백55만 달러 정도이다.

아리안(Ariane) 로켓

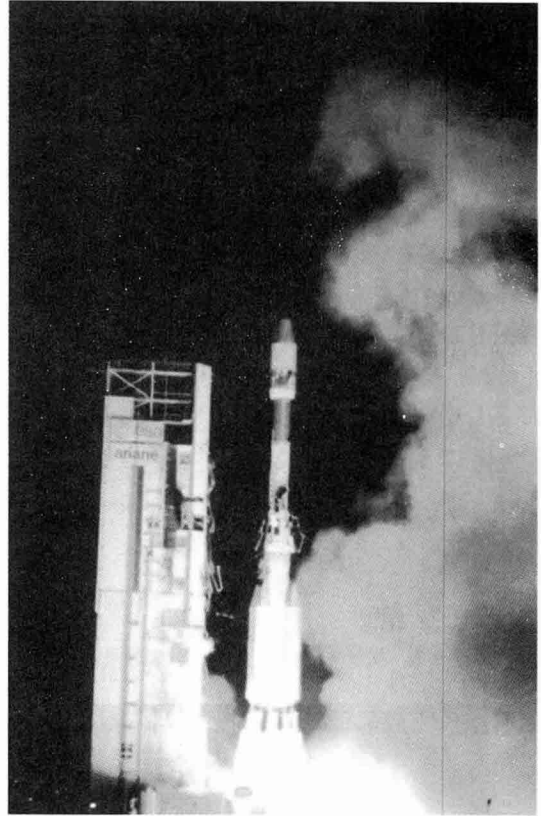
유럽의 상업용 로켓은 아리안 로켓이다. 아리안 로켓은 아리안 에스파스(Ariane space)사에서 인공위성 발사 서비스를 위해 개발한 로켓이다. 아리안 에스파스사는 유럽 각국이 공동으로 투자하여 설립한 회사이다. 물론 프랑스가 전체의 64%를 투자를 하였기 때문에 프랑스가 주도권을 장악하고 있다.

아리안 로켓은 1호부터 4호까지 있으며, 현재 5호를 개발 중에 있다.

아리안 1호 로켓은 1979년 12월 24일 첫 인공위성의 발사에 성공하여 상업적인 인공위성 발사의 시작이 되었다.

1990년 말까지 40회의 아리안 로켓 발사중 87.5%에 해당하는 35회의 발사에 성공하였다.

1988년부터 사용하기 시작한 3단 액체 추진제 로켓인 아리안-4호에는 두 종류의 추력 보강용 로켓이 있는



〈그림 2〉 아리안-4 로켓의 발사

데, 추력 73.5톤짜리 고체 추진제 로켓(PAP)과 추력 68톤짜리 액체 추진제 로켓(PAL)이다.

두 종류의 추력 보강용 로켓을 부착하는 방법에 따라 모두 6가지 형태로 다음 표와 같이 변형시킬 수 있다.

아리안-4 로켓은 이와 같이 부우스터 로켓의 종류를 조화롭게 잘 이용하여 정지 궤도에 발사할 수 있는 인공위성의 무게를 1.9톤에서 4.2톤까지 선택할 수 있도록 잘 설계된 로켓이며, 현재 전세계 인공위성 발사 시장의 50% 이상을 차지하고 있다.

아리안-4 로켓의 1단 로켓 직경은 3.8m, 길이 25.4m, 추력 69톤짜리 바이킹 엔진 4개가 부착되어 모두 276톤의 추력을 발생한다.

2단 로켓은 직경 2.6m, 길이 11.6m이며, 추력 80톤짜리 바이킹 엔진 1개가 부착되어 있다. 1단과 2단 로켓 엔진에 사용하는 추진제는 산화제로 사산화질소

(N_2O_4), 연료로 UH25를 사용하고 있다.

마지막 단인 3단 로켓은 직경 2.6m, 길이 9.9m인데 로켓 엔진은 액체 산소와 액체 수소를 사용하는 추력 6.4톤짜리 HM7B 엔진 1개를 쓰고 있다.

아리안-4 로켓의 전체 높이는 58.4m이며, 발사시 무게는 240톤에서 470톤까지이다.

무궁화 위성 발사 입찰시 제시한 발사 가격은 인공위성 2기 발사에 9천4백23만3천 달러이므로 1기 발사 가격은 4천7백11만 달러이다.

장정(Long March) 로켓

1970년 4월 24일 중국은 장정 1호 로켓을 이용하여 세계에서 5번째로 무게 173kg짜리 국산 인공위성을 발사하는데 성공하였다. 이후 중국은 여러 종류의 상업용 로켓을 선보였다. 즉, CZ-1D, CZ-2C, CZ-2E, CZ-3, CZ-3A, CZ-4 등이다.

1990년 말까지 중국은 모두 25회에 걸친 인공위성 발사를 하여 이중 92% 해당하는 23회를 성공하여 높은 성공률을 기록하고 있다.

상업용 인공위성의 발사는 1990년 4월 7일 장정-2E에 의해 발사된 아시아 셋트(Asiasat)-1호로 현재 홍콩에서 방송하는 스타-TV를 방송하고 있는 인공위성이다.

각 장정 로켓의 제원과 성능은 다음과 같다.

현재 미국이나 프랑스의 인공위성 발사 비용보다 15~30% 정도 적은 가격으로 인공위성 발사 시장에 참여하여 좋은 성과를 거두고 있다.

프로톤(Proton) 로켓

미국 이상으로 다양한 종류의 로켓 시스템을 갖고 있는 러시아도 본격적으로 인공위성 발사 서비스 시장에 참여하려고 노력하고 있다. 그 동안 몇 번의 해외 인공위성 발사 시도는 있었으나, 서방세계의 인공위성이 공산국가에 들어갈 수 없는 규약 때문에 성사가 이루어지지 않았다. 그러나 1992년 11월 국제해양위성기구(INMASAT)는 러시아와 인마셋트 3, 4호 인공위성 발사 계약을 체결, 1995년 발사할 예정이다.

프로톤 로켓은 러시아의 달 탐험을 위하여 1960년대 초에 개발을 시작 1965년 7월 16일 12.2톤짜리 과학 위성을 발사하는데 성공함으로써 처음 선을 보였다.

프로톤 로켓은 1990년 말까지 모두 187회 발사하여 이중 87.7%인 164회 성공하였다.

프로톤 로켓은 3~4단 로켓으로서 전체 높이 60m에 총 무게 705톤의 대형 로켓이다. 그리고 185km의 궤도에 20톤의 위성이나 정지궤도에 2.2톤의 위성을 올릴 수 있는 성능을 갖고 있다. 지금까지 러시아 우주 정거장인 미르를 발사하여 왔다.

1단 로켓의 최대 직경은 7.4m, 길이 20.2m이며, RD-253엔진 6개를 부착하여 모두 902톤의 추력을 낸다. 추진제는 산화제로써 사산화질소(N_2O_4)를 연료로 UDMH를 사용한다.

2단 로켓은 직경 4m, 길이 13.7m이다. 추력은 244톤이며 추진제는 1단 로켓과 같다.

3단 로켓은 직경 4m, 길이 9.1m로 추력은 60톤이며, 추진제는 1, 2단과 같다.

4단 로켓은 직경 3.5m, 길이 5.5m로 액체 산소와 케로신을 이용하여 8.6톤의 추력을 낸다.

H-2 로켓

장기적으로 인공위성 발사 시장에 참여를 준비하고 있었던 일본은 1994년 2월 4일 H-2 로켓의 첫 발사에 성공하였다. 그 동안 일본이 보유하고 있었던 N-1, N-2, H-1 로켓은 미국의 기술 이전을 통하여 개발되었으므로 외국 인공위성 발사 서비스를 할 수 없었다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 일본은 자체 기술에 의해 H-2 로켓을 개발하여 왔으며, 드디어 발사에 성공하였으므로, 앞으로 몇 번의 발사를 통하여 성능이 입증되면 곧 발사 서비스 시장에 참여할 것으로 보인다.

H-2 로켓은 2단계 액체 추진제 로켓이며, 2개의 고체 추진제 로켓을 추력 보강용 로켓으로 사용하고 있다. 전체 높이는 50m, 총 무게는 264톤이며, 발사 추력은 404톤이다.

1단 로켓의 직경은 4m, 길이 29m이며, LE-7 엔진 1개를 부착하여 86톤의 추력을 낼 수 있다. 추진제는

액체 산소와 수소를 사용한다. 1단 로켓 옆에는 2개의 대형 고체 추진제 추력 보강용 로켓이 부착되어 있으며, 직경은 1.8m, 길이 23.4m이다. 추력은 각각 159톤을 낼 수 있으므로 발사 추력은 404톤($159 \times 2 + 86$)이다.

2단 로켓 역시 1단과 같은 추진제를 사용하는 LE-5 엔진을 사용하여 12.4톤의 추력을 낼 수 있다. 직경은 4m, 길이 10.9m이다. H-2 로켓은 지구 저궤도에 10톤 짜리 인공위성이나 정지 궤도에 2.2톤짜리 인공위성을 올릴 수 있는 성능을 갖추고 있다.

※이 글은 3회에 걸쳐 연재되고 있습니다.

筆者紹介



채 연 석

1975년 : 경희대학교(이학사, 물리학)

1977년 : 경희대학교(공학석사, 기계공학)

1984년 : 미국 미시시피 주립 대학교(이학석사, 항공우주공학)

1987년 : 미국 미시시피 주립 대학교(공학박사, 항공우주공학)

1979년~1981년 : 유한공업전문대학 기계공학과 교수

1988년~1990년 : 천문우주과학연구소 선임연구원

1991년~현재 : 한국항공우주연구소 책임연구원

※주관심분야 : 로켓 추진기관 시스템