特輯

인도의 우주발사체 개발 분석

이준호, 서윤경, 오범석
한국항공우주연구원

Study on the Development of Indian Space Launch Vehicle

Joon Ho Lee, Yun Kyung Seo and Bum-Seok Oh

Ⅰ. 서 론

최근 세계적으로 주목받고 있는 'BRICs'란 브라질, 러시아, 인도, 중국의 첫 영문글자를 따서 만들어진 신조어로서, 21세기의 대표적인 경제 트렌드로 세간에 회자되고 있다. 인구 10억의 인도는 현재 IT 산업의 강국이며, 구매력 평가(Purchasing Power Parity: PPP)면에서 세계 4대 경제국이다(PPP 기준 국내 총생산 3조 달러)[1].

동시에 인도는 개발도상국 시절부터 꾸준히 우주개발을 진행하여 온 선행 우주개발 국가이기도 하다. 인도는 이미 1967년에 과학로켓을 독자 개발하였으며, 첫 인공위성 지구국을 건설한 시기도 1967년이다. 1969년에 인도우주연구기구(Indian Space Research Organization: ISRO)를 설립하여 우주개발 프로그램을 총괄하게 하였다. 1975년에는 최초의 인공위성 Aryabhata를 개발하여 (구)소련의 발사체로 발사하였다. 1980년에는 독자 개발한 위성발사체인 SLV를 이용하여 인공위성 Rohini를 발사하였으며, 1984년에는 인도 최초의 우주비행사 Rakesh Sharma가 (구)소련의 Soyuz T-11 발사체에 탑승하여 Salut 7 우주정거장까지 비행하였다[2].

본 논문에서는 인도의 우주개발 과정 중에서 특히 우주발사체 개발 과정을 살펴보고, 인도의 우주발사체 개발의 특징과 성공의 원동력을 분석해 보았다. 그 결과를 현재 소형위성발사체(KSLV-I)를 개발하는 우리나라의 상황과 비교하여, 우리나라의 우주발사체 개발에 도움이 될 수 있는 자료를 제공하고자 하였다.

Ⅱ. 인도의 우주발사체 개발

2.1 과학로켓

인도가 독자 개발한 최초의 과학로켓(sounding rocket) Rohini 75(RH-75)를 발사한 것은 1967년이다. 이후 인도는 기상관측·예보, 과학실험 등을 위해 과학로켓을 지속적으로 개발하고 주 1회 이상 발사해 왔다. 인도는 Thumba, Belasore 2개의 과학로켓용 발사장을 보유하고 있으며, 위성발사체 발사장인 Sriharikota에서도 과학로켓을 발사하고 있다. 현재에도 4종의 과학로켓(RH-200, RH-300, RH-300MK II, RH-560)이 운영되고 있다. 표 1은 인도의 과학로켓 RH 시리즈를 정리한 것이다[3].

2.2 SLV와 ASLV

인도 최초의 위성발사체 SLV(Satellite Launch Vehicle)의 개발은 1973년에 시작되었으며, 46여개 국영/민영기업이 개발에 공동 참여하였다. 4단 고체로켓으로 구성되었으며, 발사체의 10,000여개 component 중 약 85%를 인도에서 개발하였다[2]. 1차 발사실패 이후에 1980년에 Sriharikota 발사장에서 자국의 40kg급 인공위성인 Rohini를 지구저궤도(Low Earth Orbit: LEO)에 발사 성공하였다. 이로써 인도는 (구)소련, 미국, 프랑스, 일본, 중국, 영국에 이어 세계에서 7번째의 위성발사체 보유국이 되었다(표 2 참조).

ASLV(Augmented SLV)는 SLV의 개량형으로 기본적인 구성은 SLV에 2개의 고체 부스터를 장착한 형태로 설계되었다[4][5]. 아울러 1단과 2단 고체모터의 성능을 향상시켰다. 지구저궤도에 150kg의 위성을 발사할 수 있는 성능을 가졌다. ASLV는 총 4번 발사되었는데, 1987년과 1988년의 발사는 실패하였다. 1992년에 발사에 성공하였으나 4단의 회전수가 설계치보다 낮아져서 목표한 원궤도 대신 타원궤도에 위성을 투입하게 되었다. 1994년의 마지막 발사는 성공하였다.

저궤도 인공위성의 경우 중량에 따라 500kg 이하는 소형위성으로, 1,000kg 이상은 대형위성으로 분류한다[6]. SLV와 ASLV는 저궤도 소형위

그림 1. SLV(좌)와 ASLV(우)

성 발사체에 해당하며, 차세대 위성발사체를 본격적으로 개발하기 위한 초기 및 중간 단계의 성격이 크다. 두 발사체 모두 발사 실패율이 높아 위성발사체로서의 신뢰성을 인정받지는 못하였다.

2.3 PSLV와 GSLV

인도는 지구저궤도에 3,700kg급, 지구정지전이궤도(Geosynchronous Transfer Orbit: GTO)에 1,050kg급의 인공위성을 발사할 수 있는 대형발사체인 PSLV(Polar SLV)를 개발함으로써 이른바 'big launcher club'에 가입하고 상용 위성발사 서비스 시장에 진출하게 되었다.

인도의 3세대 발사체인 PSLV는 ASLV에 비하여 매우 진보된 모델로서, 미국의 Delta 발사체와 일본의 N-II 발사체에 비견되는 대형발사체이다. 발사체는 6개의 고체 부스터와 4단형 본체로 구성되었으며, 고체 부스터는 ASLV의 고체 부스터와 거의 동일하다. PSLV의 본체는 매우 독특한 구성으로 되어있는데, 1단과 3단이 고체로켓이며 2단과 4단이 액체로켓으로 되어 있다. 2단 액체엔진은 Vikas 엔진으로 프랑스의 Ariane 발사체에 사용된 Viking-IV 엔진을 바탕으로 개발되었다. 4단의 액체엔진은 가압식 엔진이다.

PSLV의 1993년 첫 발사는 실패하였으나, 1994년 발사 성공 이후로는 지금까지 실패 없이 발사되고 있다. 1999년에 우리나라의 우리별3호 위성이 PSLV를 이용하여 발사된 바 있다.

인도의 우주발사체 개발 최종목표는 지구정지궤도에 대형위성을 발사할 수 있는 발사체를 개발하여 자국의 '완전한 위성발사체 독립성'을 확보하는 것이었다. 인도의 INSAT(Indian National Satellite System) 시리즈는 1,000~3,000kg급 지구정지궤도 다목적 위성들이며, 1981년 이래로 Ariane, Delta 등 외국 발사체를 이용하여 발사되고 있었다.

그러므로 인도의 4세대 발사체인 GSLV (Geosynchronous SLV)는 지구정지궤도에 INSAT급 위성을 발사하기 위하여 보다 강력한 추력을 가지도록 설계되었다. 이를 위하여 저온엔진(cryogenic hydrogen/oxygen engine)을 도입하게 되었으며, 저온엔진의 독자개발 또는 해외협력을 다방면으로 시도한 끝에 러시아와 협력을 통하여 저온엔진 기술을 확보하게 되었다. GSLV는 3단형 발사체로서, 1단은 1개의 고체엔진 코어와 4개의 액체엔진(Vikas 엔진) 부스터로 구성되어 있는데, 액체엔진 부스터는 연소후 분리되지 않으므로 별도의 strap-on booster가 아닌 1단으로 분류된다. 2단은 1개의 액체엔진(Vikas 엔진), 3단은 1개의 저온엔진으로 구성되어 있다. 지구저궤도에 5,000kg급, 지구정지전이궤도에 1,900kg급의 위성을 올릴 수 있는 성능을 보유하고 있다.

PSLV는 2001년에 첫 시험발사를 마치고, 2003년과 2004년에 각각 인도의 정지궤도위성인 GSAT-2(1,825kg), GSAT-3(1,950kg) 위성의 발사에 성공하였다.

표 3은 인도의 위성발사체를 정리한 것이다[2-5].

2.4 러시아 저온엔진의 도입

GSLV의 개발은 1987년에 착수되었으며, 초기에는 1995년에 첫 발사가 계획되었으나, 저온엔진의 러시아 국제협력에 대한 문제와 개발의 고난이도로 인하여 개발이 지연되었다[2][5].

저온엔진 및 관련 기술 도입을 위해 초기에 접촉하였던 일본, 미국, 유럽으로부터 별다른 성과를 얻지 못한 인도는 독자개발을 추진하기로 결의하였는데, 이때 러시아가 2기의 엔진과 관련 기술을 제공하겠다고 제의하여 왔다. 인도의 ISRO와 러시아 우주개발 대외협력기관인 Glavcosmos는 1988년과 1991년에 협정을 맺어, 1995년까지 러시아가 2기의 KVD-1 저온엔진과 관련기술을 공급하기로 합의하였다.

KVD-1엔진은 (구)소련이 유인 달 탐사를 준비하면서 개발한 엔진으로서, 1967년의 첫 번째 연소시험 이후 약 24,000초간의 시험을 거쳤다. 그러나 유인 달 탐사 계획이 취소됨에 따라 실제 비행용으로는 사용되지 못한 상태였다.

그러나 1992년에 미국의 부시 행정부는 이러한 기술협력이 MTCR에 위배된다고 주장하면서 ISRO 및 Glavcosmos에 대하여 2년간의 제재를

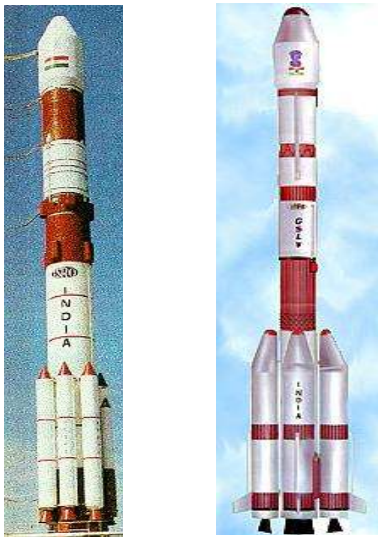

그림 2. PSLV(좌)와 GSLV(우)

가하였으며, 이에 인도는 강력히 반발하였다.

1993년 미국 클린턴 행정부는 러시아가 엔진만 제공하고 생산기술을 이전하지 않는다는 조건으로 협력 재개를 허용하였으며, 러시아는 1993년에 기존 계약을 철회한 이후, 1994년에 3기(후에 7기로 재협상)의 KVD-1 엔진만을 제공하는 것으로 수정 합의하였다. 첫 번째 엔진은 1998년에 납품되었다.

위와 같은 험난한 과정을 통하여 인도의 GSLV 개발이 최소한 5년간 지연되었으며, 러시아도 계약 수정으로 인하여 초기 금액의 80%를 받지 못하고 말았다.

한편, 인도는 러시아로부터 여하한 형태로든 KVD-1 엔진과 관련된 기술을 제공 받은 것으로 분석되며, 아울러 저온엔진의 독자개발에 박차를 가하는 계기가 되었다. 인도의 CUS(Cryogenic Upper Stage) 프로그램이 순조롭게 진행되어 1989년에 축소형 모델을 시험하게 되었으며, 1997년에 1톤급 엔진의 시험에 성공하였다. 현재 수행 중인 장기 연소시험을 마치면 CUS 엔진이 KVD-1 엔진을 대체하여 GSLV의 3단으로 사용될 예정이다.

III. 인도 우주발사체 개발의 원동력

3.1 국가 정책적 측면

인도의 우주개발은 무엇보다도 선진국이 아닌 개발도상국이 이루어 낸 성과라는 것이 가장 큰 특징이라고 할 수 있다. 이와 관련하여 인도는 우주개발에 착수한 초기부터 과시적이거나 소모적인 우주개발을 지향한 것이 아니라 인도의 국익에 직접적으로 도움이 되기 위한 우주개발이 되도록 개발 방향을 설정하였다.

아래 인용문은 인도 우주개발의 아버지라고 일컬어지는 Vikram Sarabhai 박사의 글로써, 인도의 우주개발을 이끌어 나간 그의 개발 철학을 잘 나타내 주고 있다[2]. 이 글은 현재에도 ISRO의 홈페이지에 게재되어 있다.

> *"There are some who question the relevance of space activities* ***in a developing nation****. To us, there is no ambiguity of purpose. We do not have the fantasy of competing with the economically advance nations in the explorations of the Moon or the planets or manned space flight. But we are convinced that if we are to play a meaningful role nationally and in the community of nations,* ***we must be second to none in the application of advanced technologies to the real problems of man and society which we find in our country****. The application of sophisticated technologies and methods of analysis of our problems is not to be confused with embarking on grandiose schemes whose primary impact is for show rather than for progress measured in hard economic and social terms."*

따라서 초기부터 인공위성의 활용에 우주개발의 초점을 맞추게 되었다. 빈곤과 기아를 퇴치하기 위하여 자원탐사, 기상예보, 재난방지를 위한 원격탐사 기술에 주목하였으며 넓은 국토 내의 정보전달과 문맹퇴치를 위하여 위성통신 기술도 적극적으로 개발하였다.

아울러, 위성 활용의 독자성 확보를 위한 위성발사체 개발에도 많은 노력을 기울이게 된다.

표 4는 최근 인도의 우주개발 투자 현황을 집계한 것이다[7]. 분야별 투자 규모에 있어서 발사체 개발, 인공위성 개발, 인공위성 운영의 3개 분야가 상위를 차지하고 있다. 인도는 국내의 경제여건에 비하여 우주개발에 아낌없는 투자를 집중시켜 왔다.

인도 우주개발 성공의 또 다른 요인은 국가의 의욕적인 지원을 들 수 있다. 인도 정부는 1969년에 우주개발 수행기관인 ISRO를 설립하고, 1972년에 정책기관인 우주위원회(Space Commission)를 구성하여 우주개발을 추진하고 있다. 두 기관은 우주부(Department of Space: DOS) 산하에 있다. 인도의 우주개발은 어떤 정권 하에서도 전

폭적인 지원을 약속받았으며, 의회로부터의 간섭이나 비판도 극히 드물었다.

특히, 인도가 초기에 개발한 위성발사체인 SLV와 ASLV는 발사 실패율이 상당히 높은 편이었는데도 불구하고(표 3 참조), 위성발사체 개발 프로그램은 중단되지 않았으며 오히려 더 많은 투자와 노력을 기울인 끝에 차세대 발사체인 PSLV와 GSLV를 개발하였다. 이러한 사실은 인도의 우주개발, 특히 위성발사체 확보에 대한 의지가 얼마나 강했는가를 보여주는 예라고 할 수 있다.

그리고 국제적으로 '비동맹회의 리더'로서 인도의 위상이 인도의 초기 우주개발을 용이하게 하는 요인이 되었다. 냉전체제에서 동·서 양측은 비동맹 세력의 수장 격인 인도에 대하여 많은 지원을 앞 다투어 제공한 바 있는데, 과학기술 분야에서는 특히 우주와 원자력 분야에서 많은 지원을 제공받았다.

인도 우주개발에는 특히 (구)소련의 기여가 매우 컸던 것으로 평가된다. Thumba 발사장 건설 시 많은 기술지원이 있었으며, 최초의 인공위성 Aryabhata를 비롯한 인도가 초기에 개발한 인공위성 3기는 (구)소련의 Cosmos 3M 발사체에 의하여 무상으로 발사되었다. 인도 최초의 우주비행사의 Soyuz T-11 발사체 탑승과 GSLV 개발을 위한 KVD-1 저온엔진의 도입은 앞에서 설명한 바와 같다.

3.2 발사체 기술적 측면

인도가 우주발사체를 성공적으로 개발할 수 있었던 배경을 분석해 보면, 풍부한 과학로켓 개발 및 운영 경험을 축적하고 있었음을 알 수 있다. 1960년대 Thumba 발사장에서는 프랑스의 Centaure, 미국의 Nike Tomahawk, (구)소련의 M-100, 영국의 Skua 등의 많은 과학로켓의 발사시험이 수행되었으며, 특히 인도-(구)소련의 공동 프로그램에 따라 M-100 로켓은 매주 1회씩 15년 이상 발사되었다[2][8]. 이러한 과정을 통하여 인도는 많은 양의 로켓 기술과 발사운영 기술을 축적할 수 있었다.

또한, 많은 나라들이 대체적으로 다음 단계의 우주개발을 진행시키게 되면 과학로켓 프로그램에 대해서 더 이상 주의를 기울이지 않는 반면에, 인도는 1967년 Rohini 75 과학로켓의 독자개발 이후 현재까지 꾸준히 국가 차원의 과학로켓 프로그램을 운영하고 있다. 이와 같이 과학로켓 프로그램을 지속적으로 운영하면서 인도는 위성발사체 개발의 토대가 되는 기초 기술을 배양하여 온 것이다. 예를 들어, 과학로켓 개발에서부터 비롯되어 SLV 시리즈를 거치면서 인도의 고체모터 개발 기술은 세계적인 수준에 도달하였다. 더욱이, 꾸준한 개발 및 발사 수요는 발사체 관련 업체들에게 안정적인 참여 기회를 보장하는 중요한 역할을 하고 있는 것으로 판단된다.

그리고 인도의 발사체 개발은 매우 장기적이고 단계적인 개발전략을 통하여 차근차근 진행되었음을 알 수 있다. 이러한 전략은 각 발사체들의 연계 개발 개념을 통하여 살펴볼 수 있다. ASLV는 SLV 본체에 SLV 1단과 유사한 고체 부스터를 부착하여 개발되었으며, PSLV에 사용된 고체 부스터는 ASLV에 사용되었던 고체부스터와 거의 동일한 모델이다. 그리고 PSLV 2단에 사용된 Vikas 엔진은 GSLV의 1단 부스터와 2단 엔진으로 각각 사용되고 있다. 또한, PSLV의 1단 고체엔진과 GSLV의 1단 코어 고체엔진은 동일한 엔진을 사용하고 있다(표 5 참조).

즉, 다음 세대의 발사체를 개발하면서, 이미 비행을 통하여 성능과 신뢰성이 검증된 기존 발사체의 구성을 최대한 활용함으로써 새로운 H/W의 개발 및 단 구성에 투입되는 시간과 비용을 최소화한 것이다. 이는 외견상 지극히 당연한 것으로 보이나, 실제로는 발사체 설계에 세심한 주의를 기울여야만 가능한 결과이다.

IV. 우리나라의 우주발사체 개발과의 비교

개발도상국으로서 인도의 성공적인 우주개발 추진 과정은 비교적 최근에 우주개발을 착수한 우리나라의 우주개발 방향 정립에 시사하는 바가 크다고 하겠다.

우리나라의 우주개발 목표도 한반도의 효율적인 개발을 위한 '원격탐사'와 정보통신 산업을 위한 '위성통신' 등과 같은 인공위성 개발 및 활용에 무게를 두고 있으며, 이와 함께 인공위성의 자력발사 능력 확보를 위한 저궤도 위성발사체 개발을 추진 중에 있다.

2005년 5월 제17회 국가과학기술위원회에서 의결된 국가 우주개발 중장기 기본계획 수정안에 따라, 우리나라는 2007년까지 100kg급 위성을 지구저궤도에 발사할 수 있는 소형위성발사체(KSLV-I)를 개발하고 있으며, 이어 2015년까지 1.5톤급 위성을 지구저궤도에 발사할 수 있는 실용위성발사체(KSLV-II)의 개발을 목표로 하고 있다.

우리나라는 과학로켓 KSR-I/II/III 시리즈의 개발을 통하여 발사체 기술을 축적하여 왔으며,

특히 우리나라 최초의 액체추진로켓 KSR-III의 개발을 통하여 액체추진기관, 추력벡터제어, 대형 탱크, 관성항법장치 등 위성발사체 개발을 위한 기본 기술을 확보하였다. 국내 우주발사체 개발을 위한 인력, 시설, 자본 등의 저변이 넓지 못하여 현재 대부분의 역량이 KSLV-I 개발에 집중되어 있는 관계로, KSR-III 이후의 과학로켓 프로그램은 진행되고 있지 못하여 아쉬움을 남기고 있다. 그러나 향후 우주발사체 개발에 대한 산·학·연 역량이 성숙되면 발사체 기초 기술 연구 및 고공 과학실험 등을 위한 국가 또는 민간 차원의 새로운 과학로켓 프로그램이 진행되기를 기대해 본다.

KSLV-I은 우리나라에서 최초로 개발되는 위성발사체이며, 과학로켓 개발로 축적된 기술적 바탕 위에 국내 연구역량을 총집중하여 개발을 추진하고 있다. 아울러 발사체 개발 효율성 및 기술 신뢰도 향상을 위하여 국제 기술협력을 통한 핵심기술 확보를 추진하였다.

현재 KSLV-I의 개발을 위하여 러시아와 기술협력이 진행 중에 있으며, 기술협력 국가의 선정 및 협상 과정에서 인도의 예와 같은 러시아의 발사체 국제 기술협력에 대한 의지 및 경험을 고려하였다.

KSLV-I 개발을 위한 러시아 기술협력의 핵심은 체계기술의 확보이다. 체계 설계/시험/종합 기술 및 발사운영 기술의 확보는 대형 시스템 사업인 발사체 개발의 효율적 추진과 성공을 위해 필수적이며, 우주개발 선진국인 러시아의 발사체 체계개발 경험 및 기술을 적극 활용하고자 하였다.

우리나라의 우주발사체 개발 착수는 뒤늦은 편이지만, 현재 우리나라의 기계, 전자 등 관련 산업 기반이 튼튼하여 우주발사체 개발이 본 궤도에 오르게 되면 비약적인 발전이 가능할 것으로 전망된다.

V. 결 론

개발도상국이던 인도의 성공적인 우주개발 추진 과정은 비교적 최근에 우주개발을 착수한 우리나라의 우주개발 방향 정립에 시사하는 바가 크다.

인도는 국익에 도움이 되는 실질적이고 긴요한 위성활용 분야에 개발을 집중하였으며, 이를 위하여 위성 개발 및 활용, 위성발사체 개발에 적극적으로 투자하였다. 꾸준한 과학로켓 개발 및 운영을 통하여 축적된 발사체 기술을 바탕으로 체계적인 개발 과정을 거쳐 현재 정지궤도 위성발사체의 확보에 성공하였으며, 상용 위성발사 서비스 시장에 진출하였다.

우리나라도 국가 우주개발 중장기 기본계획에 의거하여 위성 자력발사 능력 확보를 위한 저궤도 위성발사체 개발에 노력하고 있다.

우리나라의 우주발사체 개발 착수는 뒤늦은 편이지만, 기계, 전자 등 관련 산업 기반이 튼튼하여 우주발사체 개발이 본 궤도에 오르게 되면 비약적인 발전이 가능할 것으로 전망된다. 따라서 현재 수행 중인 KSLV-I 개발의 성공이 우리나라 우주발사체 개발의 큰 전기를 마련할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1) 주한인도대사관 홈페이지 (http://www.indembassy.or.kr)

2) B. Harvey, *The Japanese and Indian Space Programmes: Two Roads Into Space*, Springer, UK, 2000.

3) Encyclopedia Astronautica (http://www.astronaitix.com)

4) S. J. Isakowitz, *International Reference Guide to Space Launch Systems*, 1991 ed., AIAA, Washington DC., 1991.

5) S. J. Isakowitz, J. B. Hopkins, and J. P. Hopkins Jr., *International Reference Guide to Space Launch Systems*, 4th ed., AIAA, Virginia, 2004.

6) 엄천일 외, *2002 우주·천문 기술개발 동향*, KISTEP, 대한민국, 2003.

7) _____, *Jane's Space Dictionary 2002-2003*, Jane's Information Group, UK, 2002.

8) SpaceRef Asia (http://asia.spaceref.com)

표 1. 인도의 과학로켓

RH-	75	125	300	560	200	300/200/200	300MK II	560/300MK II
첫 발사	1967	1971	1971	1974	1982	1985	1987	1995
발사횟수	9	1	5	9	103	1	4	6
실패	0			1			1	
도달고도	10	20	150	400	80	300	150	400
지름(m)	0.08	0.12	0.31	0.56	0.2	0.31	0.31	0.56
길이(m)	1.5	2.5	4.1	8.4	3.6	8.0	5.9	9.1
이륙추력 (kN)		8	38	76	17	38	39	76
중량(kg)		100	300	1300	100	500	500	1300
구성	1단	1단	1단	2단 (RH-560 +RH-300)	2단 (RH-200 +RH-125)	3단 (RH-300 +RH-200 +RH-200)	1단	2단 (RH-560 +RH-300MK II)

표 2. 각국의 최초 위성발사체

순번	국가	일시	발사체명	위성명	위성중량 (kg)	궤도 및 경사각
1	(구)소련	1957.10	R-7	Sputnik 1	83.6	228×947㎞, 65.1deg
2	미국	1958.02	Jupiter C	Explorer 1	14.0	360×2,532㎞, 65deg
3	프랑스	1965.11	Diamant	A-1	41.7	528×1,758㎞, 34deg
4	일본	1970.02	Lambda 4S-5	Ohsumi	24.0	340×5,150㎞, 31deg
5	중국	1970.04	장정1호	DFH-1	174.0	441×2,386㎞, 68.4deg
6	영국	1971.10	Black Arrow	Prospero	66.0	531×1,403㎞, 82deg
7	**인도**	**1980.07**	**SLV**	**Rohini 1B**	**35.0**	**305×919㎞, 44.7deg**
8	이스라엘	1988.09	Shavit	Ofeq 1	156.0	248×1,170㎞, 142.86deg

표 3. 인도의 위성발사체

	SLV	ASLV	PSLV	GSLV
첫 발사(성공)	1979(1980)	1987(1992)	1993(1994)	2001
발사횟수	4	4	9	3
부분실패/실패	0/2	1/2	1/1	1/0
LEO 위성 중량(kg)	40	150	3,700	5,000
태양동기궤도 위성 중량(kg)	-	-	1,350	2,000
GTO 위성 중량(kg)	-	-	1,050	1,900
이륙 추력(kN)	454.9	909.9	5,300	6,810
중량(kg)	17,610	41,000	294,000	402,000
직경(m)	1.0	1.0	2.8	2.8
길이(m)	24.0	23.5	44.4	49.0
발사비용($)	-	-	30 million(1999년)	45 million(1999년)
구성	4단 고체	4단 고체 +2개의 strap-on booster(고체)	4단 (1,3단 고체, 2,4단 액체) +6개의 strap-on booster(고체)	3단 (1단 고체 1개 +액체 4개, 2단 액체, 3단 저온액체)

표 4. 인도의 우주 개발 투자 (1995-2001)

투자액(백만 루피)	95-96	97-98	98-99	99-00	00-01	합계	비율(%)
Rocket Development	3,868.2	5,005	5,670	5,548	7,744	27,835.2	38
Satellite Development	327.5	2,226	6,473	6,898	7,244	23,168.5	31.7
Satellite(Insat/IRS) Operations	3,925.7	1,503	2,008	1,873	2,658	11,967.7	16.3
Space Applications	610.6	947	1,055	1,404	1,453	5,469.6	7.5
Space Sciences	141.9	296	297	398	391	1,523.9	2.1
Administration	293.7	566	521	1,138	702	3,220.7	4.4
Totals	9,167.6	10,543	16,024	17,259	20,192	73,185.6	100

표 5. 인도 우주발사체의 연계 개발

	SLV	ASLV	PSLV	GSLV
구성 (엔진)	4단 고체	4단 고체 +2개의 strap-on booster(고체)	4단 (1,3단 고체, 2,4단 액체) +6개의 strap-on booster(고체)	3단 (1단 고체코어 1개 +액체 4개, 2단 액체, 3단 저온액체)
1단	★	**SLV 1단 성능향상**	**S138(☆)**	**S138(☆) + 4×L40(Vikas)**
2단		**SLV 2단 성능향상**	**PL-40(Vikas)**	**GS-2(Vikas)**
3단		**SLV 3단과 동일**	S7	C12(KVD-1 or CUS)
4단		**SLV 4단과 동일**	L2	-
Strap-on Booster		**2×SLV 1단(★)**	**6×S9(SLV1단(★)과 유사)**	