

아리안스페이스사의 새로운 발사체 ; 소유즈와 베가

글/김 방 엽 kby@kari.re.kr

한국항공우주연구원 통신해양기상위성사업단 체계종합그룹

초 록

지난 수년간 중소형 발사체의 부재로 중소형 저궤도 및 정지궤도 위성 발사 시장에서 어려움을 겪어왔던 유럽의 발사 서비스 관련 업체들은 이제 러시아의 소유즈와 새로운 중소형 저궤도 위성 발사체 베가를 도입하여 기존의 아리안-5 발사체로는 지원하기 힘든 중소형 위성 발사 서비스 부문을 집중 육성하려 하고 있다. 기아나 우주센터에서의 소유즈의 발사와 신형 고체로켓 베가의 개발은 2010년 이후를 겨냥한 유럽 발사체 분야의 미래 발전 계획의 한 부분이며, 이러한 계획을 구체화하여 실현하고 있는 기업이 프랑스의 아리안스페이스사이다. 본 논고에서는 두 발사체 소유즈와 베가의 간략한 역사와 성능을 소개하였다.

주제어 : 유럽우주기구, 발사체, 소유즈, 베가

1. 서 론

세계적인 경제 침체와 함께 지난 수년간 불황을 겪어왔던 세계 상업위성 발사 시장이 바야흐로 기지개를 켜는듯하다. 세계의 위성 발사 서비스 시장은 대체로 미국과 유럽을 중심으로 양분되어있고 단단한 로켓 기술을 보유한 러시아는 직접적인 해외 판매에 나서는 대신 미국과 유럽의 발사 서비스 업체에 발사체만을 공급하면서 적절한 이윤을 취하고 있다.

미국은 항공기에서 발사가 가능할 정도로 작은 위성부터 10톤이 넘는 대형 위성을, 저궤도부터 정지궤도까지 발사할 수 있는 능력을 오래전부터 갖추고 있어서 대형 상업위성 발사가 침체된 속에서도 중소형 위성 발사로 꾸준히 사업을 이어갈 수 있었다.

이와는 달리 대형 정지궤도 위성 발사만을 바라보고 초대형 발사체인 아리안-5의 개발에만 주력해온 ESA(유럽우주기구; European Space Agency)는 예상과 달리 그다지 커지지 않는 위성의 크기와 발사

수요 부족으로 인해 고전을 면치 못해왔다.

미국의 중소형 위성 발사 시장 독점을 보고만 있어야 했던 유럽은 새로운 중소형 발사체를 개발하는 대신 이미 성능이 검증된 러시아의 발사체를 도입하는 방법으로 어려움을 극복해 나가려 하고 있다. 그래서 나온 방안이 러시아의 최우수 발사체인 소유즈를 프랑스령 기아나의 우주센터에서 발사하는 것이었다. 프랑스가 주도하는 유럽우주기구와 아리안-5 발사체의 판매사인 아리안스페이스는 러시아 우주청과 계약을 맺고 러시아에서 개발한 소유즈의 개량형, 소유즈-2를 이용해 2008년부터 기아나 우주센터에서 대형 저궤도 위성과 중소형 정지궤도 위성을 발사하는 서비스를 준비하고 있다. 발사체의 개량은 러시아가 담당하고 발사장 건설은 CNES(프랑스 우주청, Centre National d'Etude Spatiales)가 담당하여 2007년 중반에 완공을 목표로 하고 있다.

한편 ESA는 중소형 저궤도 위성 발사를 위해서 '베가'라는 이름으로, 미국의 토러스 발사체와 비슷

한 규모의 고체 연료 발사체를 준비하고 있다. 베가는 아리안 발사체의 고체 부스터 개발을 담당해왔던 이탈리아의 Avio사가 주도하여 개발하고 있는 발사체로 역시 기아나 우주센터에서 발사될 계획이다.

본 소고에서는 아리안스페이스사의 새로운 두 발사체, 소유즈와 베가의 개발 역사와 성능에 대해 고찰해보고자 한다.

2. 아리안스페이스사

아리안스페이스(Arianespace)사는 1980년 3월에 설립된 상업용 위성발사 서비스 전문회사이다. 본사는 프랑스 파리 근교의 에브리(Evry)에 위치하며 워싱턴 D.C., 동경, 싱가포르 등에 해외 지사를 두고 있다. 회사 설립 이후 160회 이상의 위성 발사 서비스를 수행하였다.

아리안스페이스사는 지금까지 주로 아리안 시리즈를 이용하여 발사 서비스를 해 왔으며 앞으로 소유즈와 베가를 이용한 발사 서비스를 제공할 계획이다. 이를 위해 유럽 12개 국가의 항공우주 관련 35개 업체와 협력 관계를 맺고 있다. 아리안-5, 소유즈, 베가 발사체의 주제작사는 각각 EADS LV, 러시아 우주청, ELV S.p.A 이다.

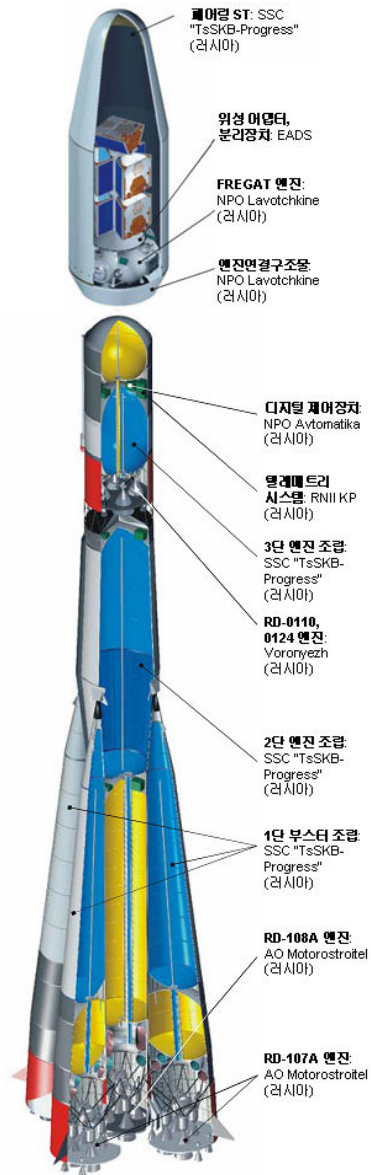
3. 소유즈 발사체

3.1 소유즈 발사체의 역사

소유즈 발사체를 기아나에서 운영한다는 계획은 2003년 5월에 ESA에 의해 승인되었다. 이는 2010년 이후의 위성 발사 시장을 겨냥한 결정이었다. 대형 정지궤도용 아리안-5, 중소형 정지궤도용 및 대형 저궤도용 소유즈, 중소형 저궤도용 베가, 세 종류의 발사체를 활용해 다양한 크기와 궤도의 위성 발사 서비스를 제공한다는 것이 ESA의 구상이며 이러한 계획은 아리안스페이스사를 통해 구체화되고 있다.

소유즈 발사체는, 세계 최초의 위성인 스푸트니크를 궤도에 진입시킨 발사체이며, 동시에 최초의 유인 우주비행에 사용되었던 R-7A/보스토크 로켓을 모체로 하여 개발된 3단형 발사체이다(표 1 참조).

현재 운용 중인 발사체 중에서 가장 오랜 역사를



자료 : 소유즈 사용자 매뉴얼 (2006년)

그림 1. 소유즈 발사체 형상도

가지고 있고 또한 연평균 발사 횟수가 가장 많은 발사체이기도 하다. 1966년에 첫 발사가 있었고 그 이후 850회의 발사 기록을 가지고 있다. 소유즈와 동일한 엔진 기술을 적용해 개발된 몰니야(Molniya) 발사체의 기록을 더하면 지난 25년간 950여회의 발사에서 98.1%의 성공률을 자랑하고 있다. 현재의 러시아와 그 이전의 구소련에서 유인 우주선의 발사체로

주로 사용되었고 국제 우주 정거장으로 향하는 주 교 통편의 하나로 활용되고 있다. 재점화가 가능한 FREGAT 엔진이 추가되면서 명실 공히 저궤도에서 정지궤도를 모두 포함하는 전천후 발사체가 되었다.

표 1. 소유즈 발사체의 역사

연도	내용
1957-1960	R-7A/스푸트니크 (2단형)
1958-1991	보스토크 (3단형+블러E)
1963-1976	보스코드 (Voskhod, 3단형)
1966-1976	소유즈 (유인비행, 보스코드 개량)
1973-	소유즈U (보스코드 대체형)
1982-1995	소유즈U2 (소유즈U의 개량형)
1999	상업위성 발사를 위해 Ikar 상단 엔진 탑재
2000	Fregat 상단엔진 탑재
2001	소유즈2 (1단과 2단 엔진을 각각 RD-107A와 RD-108A로 교체)
2004-2006	디지털 유도 장치 채용, 3단에 RD-0124 신형 엔진 탑재

3.2 소유즈 발사체의 구성과 성능

지금까지 소유즈는 카자흐스탄의 바이코누르 (Baikonur)와 러시아 북부의 플레세츠크(Plesetsk)에서 발사되었으나 러시아 정부의 해외 상용화 의지에 따라 남미 기아나에서의 발사가 가능하게 되었다. 이를 위해 ESA와 아리안스페이스사의 협력으로 기아나 우주센터에 소유즈 발사를 위한 시설이 건설 중에 있다(그림 2 참조).



자료 : 소유즈 사용자 매뉴얼 (2006년)

그림 2. 남미 프랑스령 기아나 우주센터에 건설 중인 소유즈 발사대의 형상도

바이코누르에서의 상용 발사는 별도의 발사 서비스 회사인 Starsem이 담당하여 이전과 같이 서비스를 하고 있다. Starsem은 프랑스와 러시아가 각각 50대 50의 지분으로 참여한 합작 회사이다.

소유즈 발사체는 본래 러시아에서 우주개발용으로 개발하여 지금도 많이 사용하고 있는 발사체이다. 기아나에서 발사하게 될 소유즈 발사체는 아리안스페이스사가 기존에 운용하고 있는 대형 정지위성용 아리안-5와 중소형 저궤도 위성용 베가 발사체가 제공하지 못하는 중간 크기의 위성들에 대한 서비스를 제공할 목적으로 도입되었다.

기아나에서 발사하게 될 소유즈-2는 약 3톤 정도의 정지위성을 GTO(Geosynchronous Transfer Orbit)에 올릴 수 있다. 2000년대에 들어서 새로 개발된 신형 1단 엔진을 탑재한 소유즈-2를 기아나 우주센터에서 발사할 경우, 3단에 RD-0110 엔진을 사용하는 1a형은 2,760kg까지, RD-0124 엔진을 3단에 사용하는 1b형은 3,060kg까지 정지궤도 위성을 궤도에 올릴 수 있다. 소유즈 발사체의 엔진과 페어링 제원, 발사체가 제공하는 표준 GTO 궤도요소와 궤도 진입 정확도 등을 (표 2)에서 (표 4)에 요약하였다.

표 2. 소유즈 발사체의 ST 페어링 제원 (참고 자료: 소유즈 사용자 매뉴얼)

직경	4.11 m
길이	11.433 m
질량	1,700 kg
구조	중간 분리형
재질	탄소섬유, 강화 플라스틱
위성 어댑터	1194SF (110 kg), 937SF (45 kg), 1666SF (100 kg)

표 3. 소유즈 발사체의 표준 GTO 궤도요소와 궤도 진입 정확도 (참고 자료: 소유즈 사용자 매뉴얼)

	항 목	파라미터 및 정확도
표준 GTO 파라미터	근지점 고도	250 km
	원지점 고도	35,786 km
	궤도 경사각	7 도
GTO 진입 정확도 (± 1σ)	근지점 인수	178 도
	궤도 장반경	23.3 km
	근지점 고도	6.6 km
	원지점 고도	40 km
	궤도 이심률	2.6×10^{-4}
	궤도 경사각	0.05 도
	근지점 인수	0.083 도
승교점 적경	0.083 도	

표 4. 소유즈 발사체 엔진 주요 제원
(참고 자료 : 소유즈 사용자 매뉴얼)

단	항 목	제 원
1단 부스터 (4개 장착)	크기	직경 2.68 m × 길이 19.6 m
	중량	건조 중량 3,784 kg, 추진제 적재시 44,413 kg
	추진제	연료 : 케로신 (11,260 kg) 산화제 : 액체산소(27,900 kg)
	주엔진	RD-107A 4캄버 엔진
	추력	838.5 kN (1기압), 1021.3 kN (진공)
	비추력	262초 (1기압), 319초 (진공)
	가압방식	액체질소 기화 방식
	연소시간	118초
자세제어	35 kN 버니어어 추력기 2개, 에어핀	
2단 주엔진	크기	직경 2.95 m × 길이 27.1 m
	중량	건조 중량 6,545 kg, 추진제 적재시 99,765 kg
	추진제	연료: 케로신 (26,300 kg) 산화제: 액체산소(63,800 kg)
	주엔진	RD-108A 4캄버 엔진
	추력	792.5 kN (1기압), 990.2 kN (진공)
	비추력	255초 (1기압), 319초 (진공)
	가압방식	액체질소 기화 방식
	연소시간	286초
자세제어	35 kN 버니어어 추력기 4개	
3단	크기	직경 2.66 m × 길이 6.7 m
	중량	건조 중량 2,355 kg, 추진제 적재시 27,755 kg
	추진제	연료: 케로신 (7,600 kg) 산화제: 액체산소(17,800 kg)
	주엔진	Soyuz 2-1a:RD-0110 4캄버 Soyuz 2-1b:RD-0124 4캄버
	추력	297.9 kN (진공)
	비추력	325초(1a), 359초(1b) (진공)
	가압방식	산소기화(1a), 헬륨기화(1b)
	연소시간	250초(1a), 270초(1b)
자세제어	6kN 버니어어 추력기 6개(1a) 캠버별 김벌 방식(1b)	
4단 FREGA T	크기	직경 3.35 m × 높이 1.5 m
	중량	950 kg (추진제 제외)
	추진제	N ₂ O ₄ /UDMH (5,350 kg)
	주엔진	S5.92
	추력	19.85/14.0 kN (진공, 2모드)
	비추력	331/316 초 (진공, 2모드)
	가압방식	헬륨 기화 방식
	연소시간	900초/20회까지 재점화 가능
자세제어	50N 추력기 8개	

4. 베가 발사체

4.1 베가 발사체의 역사

베가(Vega, Vettore Europeo di Generazione Avanzata) 개발 프로그램의 시작은 1990년대 초로 거슬러 올라간다. 당시 아리안 발사체의 고체 부스터 기술을 활용하여 아리안 발사체가 제공할 수 없는 소형 위성용 발사체의 개발 가능성에 대한 검토를 시작한 것에서 베가의 개발이 태동 하였다. 1988년, BPD Difesa Spazio사가 당시 아리안 발사체의 고체 로켓 제작 경험을 활용해 개발한 Zefiro 모터를 발판으로 하는 고체로켓의 개발을 이탈리아 우주청 (ASI, Italian Space Agency)에 제안하면서 베가는 이탈리아만의 국내 개발 사업으로 시작되었다. 이탈리아는 아리안 4호와 5호 발사체의 고체 부스터 개발을 통해 고체 로켓에 관한 많은 노하우를 가지고 있었다.

그 후, 약 10년 동안 개념 정립과 통합 연구 과정을 거치면서 이탈리아는 이 고체 로켓 개발 사업을 전 유럽 국가가 참여하는 범 유럽 개발 사업으로 확대하는 방안을 제안하였다.

1998년 4월, ESA의 위원회는, 현재 진행 중인 개발 구상안을 승인하였고 여기에는 1단 모터를 개량형 Ariane-5의 고체 부스터로도 활용할 수 있도록 하는 방안이 추가되었다. 2000년 11월에 ESA의 아리안 프로그램 위원회가 베가의 개발 계획을 승인하였고 7개국에 참여하기로 한 가운데 그해 12월에 개발 프로그램이 공식적으로 출발하였다.

베가는 2008년에 프랑스령 기아나 우주센터에서 발사 운용을 시작할 예정인데 오래 전에 아리안-1의 발사대로 사용되었던 ELA-1 발사대를 재활용함으로써 기존 시설을 이용하는 이점을 얻을 수 있었다.

개발에 참여하고 있는 유럽 국가들의 결정에 따라 베가와 차후 개량형 발사체의 시장 홍보, 판매, 미션 매니지먼트, 발사 서비스에 대한 책임은 아리안스페이스사에 위탁되었다. 2008년에 첫 발사가 예정되어 있는 베가 발사체의 합류로, 아리안스페이스의 상업용 발사체군은 소형과 중형 위성까지 발사 서비스의 대상이 넓어지게 되었다. 기존의 아리안-5, 소유즈와 함께 베가는 유럽의 발사체 군에서 핵심적인 역할을 맡게 될 것이다.

4.2 베가 발사체의 구성과 성능

베가 발사체는 세 개의 고체 추진체(1단에서 3단)와 재점화가 가능한 액체 엔진 하나로 구성되어있다. 또한 기존에 개발이 완료된 부분품을 재활용하거나 상용으로 이미 시판되고 있는 부품, 자재들을 사용함으로써 신개발 발사체임에도 불구하고 획기적으로 신뢰도를 높일 수 있었다. 현재 예상하는 발사 신뢰도는 최저 60%에서 최고 98%까지 가능할 것으로 보고 있다. 설계 목적과 강화된 성능 시험 과정을 고려해보면 상업위성 발사 시장의 요구 사항들을 훌륭히 만족할 것으로 내다보인다.

4단으로 구성된 이 발사체는 소형 과학위성과 그 밖의 경량 위성 화물을 1,500kg까지 700km 고도의 원형 극궤도에 올릴 수 있다. 베가 발사체는 아리안 5와 소유즈 발사체의 발사 능력을 보완하여 소형에서 중형급에 이르는 중량의 위성 화물을 태양 동기 궤도를 포함한 지구 저궤도와 타원 궤도 그리고 지구 탈출 궤도에 진입시킬 수 있다.

베가 발사체의 엔진과 페어링 제원, 발사체가 제공하는 표준 궤도요소와 궤도 진입 정확도 등을 (표 5)에서 (표 7)에 요약하였다.

표 5. 베가 발사체의 페어링 제원
(참고 자료: 베가 사용자 매뉴얼)

직 경	2.6 m
길 이	7.88 m
질 량	490 kg
구 조	중간 분리형
재 질	CFRP, 알루미늄 허니콤
위성 어댑터	Ø937 (60 kg)

표 6. 베가 발사체의 표준 궤도요소와 궤도 진입 정확도 (참고 자료: 베가 사용자 매뉴얼)

	항 목	정 확도
궤도 진입 정확도 (± 1σ, 목표 고도=700 km인 경우)	고도	5 km
	궤도 경사각	0.05 도
	승교점 적경	0.1 도

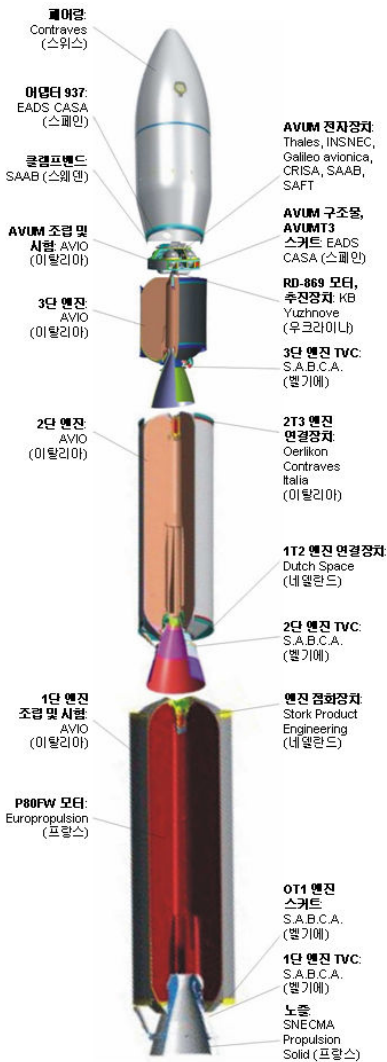
4.3 베가 발사체의 개발과 제작

베가는 유럽우주기구 ESA(European Space Agency)의 후원 하에 유럽의 협동 프로그램에 의해 개발 중인 발사체이다.

베가의 실제적인 개발과 제작은 이탈리아 Avio사와 이탈리아 우주청(ASI, Italian Space Agency)의 합작회사인 ELV S.p.A사가 담당하고 있으며 베가 발사체의 생산과 운용은 최소 연간 4회의 발사가 가능하도록 진행된다. ELV S.p.A.는 Avio사와 이탈리아 우주청이 70:30으로 지분을 출자한 합작회사로 2000년 12월에 베가의 개발을 위해 설립한 회사이다.

표 7. 베가 발사체 엔진 주요 제원
(참고 자료: 베가 사용자 매뉴얼)

단	항 목	제 원
1단	크기	직경 3.0 m × 길이 11.2 m
	중량	95,796 kg (추진체 포함)
	추진체	HTPB 1912 고체연료 (88,365 kg)
	주엔진	P80FW 고체로켓
	추력	2,261 kN (1기압)
	비추력	280초 (진공)
	연소시간	106.8초
자세제어	김벌식 노즐 (6.5도)	
2단	크기	직경 1.9 m × 길이 8.39 m
	중량	25,751 kg (추진체 포함)
	추진체	HTPB 1912 고체연료 (23,906 kg)
	주엔진	ZEFIRO 23 고체로켓
	추력	1,196 kN (1기압)
	비추력	289초 (진공)
	연소시간	71.7초
자세제어	김벌식 노즐 (7도)	
3단	크기	직경 1.9 m × 길이 4.12 m
	중량	10,948 kg (추진체 포함)
	추진체	HTPB 1912 고체연료 (10,115 kg)
	주엔진	ZEFIRO 9 고체로켓
	추력	225 kN (진공, 예상치)
	비추력	295초 (진공, 예상치)
	연소시간	109.6초
자세제어	김벌식 노즐 (6도)	
4단 AVUM	크기	직경 2.18 m × 높이 2.04 m
	중량	418 kg (추진체 제외, 예상치)
	추진체	N ₂ O ₄ (367kg)/UDMH(183kg)
	주엔진	RD-869 1챔버엔진
	추력	2.45 kN (진공)
	비추력	315.5 초 (진공)
	가압방식	헬륨 가압식
연소시간	667초/5회까지 재점화 가능	
자세제어	김벌식 노즐(9도), 50N 추력기 6개	



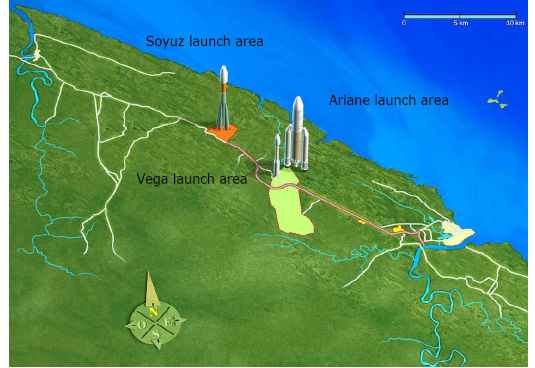
자료 : 베가 사용자 매뉴얼 (2006년)

그림 3. 베가 발사체 형상도

Avio사는 아리안-3,4,5 발사체의 고체 부스터를 제작하여 공급한 경험을 가지고 있다. ELV S.p.A.는 베가의 개발을 위해 Avio뿐만 아니라 Europropulsion, SNECMA, Stork Product Engineering, EADS CASA, EADS ST, SABCA, Dutch Space, Contraves, KB Yuzhnoye 등의 업체들과 관계를 맺고 있다.

아리안스페이스사는 프랑스령 기아나의 유럽 우주센터를 베가의 발사장으로 사용하므로써 아리안 발사체를 운영하면서 습득된 경험과 시스템, 자재, 시설물들을 활용할 수 있는 이점을 가지게 되었다.

베가 발사체는 2005년 12월에 Zefiro 9 3단 엔진의 연소 시험을 거침으로써 주요 개발 일정을 모두 통과했다.



자료 : 소유즈 사용자 매뉴얼 (2006년)

그림 4. 기아나 우주센터의 아리안-5, 소유즈, 베가 발사대 배치도

5. 기아나 우주센터 (CSG)

소유즈와 베가의 발사 준비를 위한 지상 작업과 발사업무 운용은 1968년에 문을 연 이후, 유럽의 우주공항 역할을 해온 프랑스령 기아나의 우주센터 (CSG, Centre de Spatial Guianais)에서 진행된다. 기아나 우주센터는 아리안-5, 소유즈(건설중), 베가 발사체(기존 발사대 개조)를 모두 운용할 수 있는 시설을 갖추고 있으며 세 종류의 발사대가 각각 개별적으로 운용된다. 위성의 발사준비 시설인 EPCU(Ensemble de Preparation Charge Utile)는 공동으로 사용하도록 운용된다. 기아나 우주센터는 프랑스와 유럽 우주기구 간의 협약에 의해 운영되며, 이 협약에는 소유즈와 베가 발사체의 시설을 포함하는 것으로 최근에 개정이 되었다. 우주센터의 실제적인 관리 업무는 ESA를 대신하여 프랑스 우주청 CNES(Centre National d'Etude Spatiales)가 맡고 있다. 아리안스페이스사의 요청에 따라 위성발사체의 준비 작업과 발사에 관해 CNES는 필요한 현장 지원을 하게 된다.

기아나 우주센터에는 EPCU라고 불리는 발사 준

비를 위한 종합시설이 갖추어져 있다. 이 시설은 본래 아리안-5 발사체의 2기 위성 동시 발사(Dual Launch)를 지원하도록 설계되었으며, 세 종류의 발사체에 대해 각각의 전용 시설을 이용할 수 있게끔 준비가 되어있다.

베가 발사장은 SLV(Site de Lancement Vega)라고 불리며 과거에 아리안-1과 아리안-3 발사에 사용되었던 ELA-1 지역에 세워진다. SLV는 현재 아리안-5 발사에 사용 중인 ELA-3 발사대에서 남서쪽으로 1km 정도 떨어진 곳에 위치하고 있다. 소유즈 발사장은 ELS(Ensemble de Lancement Soyuz)라고 불리며 ELA-3 발사대에서 북쪽으로 약 10km 정도 떨어진 곳에 건설되고 있다.

6. 결론

지난 수년간 중소형 발사체의 부재로 어려움을 겪어왔던 유럽 우주기구는 이제 러시아의 소유즈와 새로운 중소형 저궤도 위성 발사체 베가를 도입하여 초대형 정지궤도 위성부터 소형 저궤도까지 모든 종류의 위성을 발사할 수 있는 능력을 갖추고 미국이 압도하고 있는 세계 위성발사 시장에서 세력을 넓히려 준비하고 있다.

소유즈 발사체는 러시아에서 우주개발용으로 가장 널리 사용되어온 발사체로써 유럽 우주기구에서는 이를 도입하여 기아나 우주센터에서 발사하므로써 아리안-5 발사체가 제공할 수 없는 대형 저궤도 및 중소형 정지궤도 위성발사 시장에 참여할 계획이다.

베가 발사체는 벨기에, 이탈리아, 네델란드, 스페인, 스웨덴, 스위스, 프랑스의 지원 아래 유럽 우주기구 ESA에서 개발되고 있다. 실제적인 개발과 제작은 이탈리아의 ELV S.p.A.사가 맡고 있다.

소유즈의 도입과 베가의 개발은 2010년 이후를 겨냥한 유럽 발사체 분야의 미래 발전 계획의 한 부분이며, 이러한 계획을 구체화하여 실현하고 있는 기업이 프랑스의 아리안스페이스사이다. 두 발사체의 첫 발사는 2008년, 기아나 우주센터에서 있을 것으로 예상된다. 본 논고에서는 두 발사체 소유즈와 베가의 간략한 역사와 성능을 소개하였다.

참고문헌

1. Soyuz from the Guiana Space Centre User's Manual, Arianespace, 2006.
2. Vega User's Manual, Arianespace, 2006.