
우주개발 동향과 전망

2022. 11

한국항공우주연구원 정책팀





목차

I. 연구요약	04
II. 2021년 정부 우주개발 예산 동향	05
1. 전 세계 정부 우주개발 예산 동향	05
2. 국가별 정부 우주개발 예산 동향	07
3. 분야별 우주개발 예산 동향	09
4. 주요국 우주기관 인력 및 예산 현황(2020)	24
5. 정부 우주개발 예산과 우주산업	25
III. 정부 민간 우주개발 프로그램 동향	27
1. 유인 우주비행	27
2. 우주과학 및 탐사	30
3. 지구관측 및 기상위성	34
4. 발사체	41
IV. 국제협력을 통한 우주개발	48
1. 주요 국제협력 프로그램 사례	48
2. 그 밖의 국가 또는 기관 간 국제협력 사례	59
V. 결론 및 요약	66

우주개발 동향과 전망

I. 연구요약

본 연구에서는 전 세계 우주개발 동향과 전망에 대해 살펴보고 있다. 정부 우주개발 예산은 각국이 현재 어떠한 분야에 집중하여 투자하고 있으며, 앞으로 우주개발이 어떻게 변화할 것인지 전망할 수 있는 중요한 지표이다. 또한 각국의 주요 우주개발 프로그램과 국제협력 프로그램들은 향후 우리의 우주개발 방향성을 설정하는데 있어 중요한 사례가 될 것이다.

최근까지 우주개발은 미국, 중국, 일본, 프랑스, 러시아 등 소수의 국가들이 주도하여 왔으며 실제로 이들 국가의 우주개발 예산이 전체의 대부분(83%)을 차지하고 있다. 그러나 우주개발에 참여하는 국가의 수는 점점 빠르게 증가하고 있으며, UAE와 같은 신흥국들은 지구관측 위성 분야를 넘어 화성 등 우주탐사 분야에도 진입하는 등 전 세계 각국의 우주개발 참여가 더욱 활발해지고 있다. 한편 이러한 우주개발 선진국들이 주도하는 대규모 우주개발 프로그램의 수행과 우주개발 신흥국들의 자국 우주개발 역량의 확대에는 국제협력이 필수적이다.

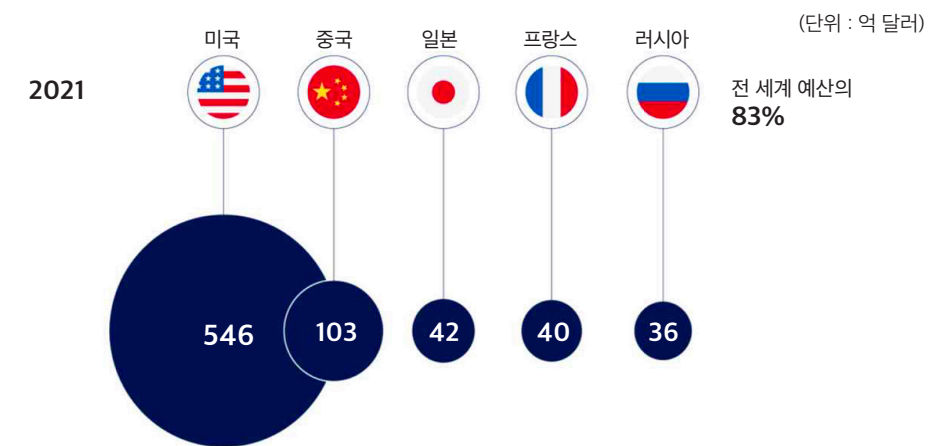
보고서는 유로컨설팅사의 Government Space Program, Space Economy Report 2021, Satellites to be built and launched by 2030의 내용 및 데이터를 주된 자료로 하고 있으며 그 밖에 주요 우주기관의 홈페이지 및 각종 보도 자료들을 참고하였다. 특히 글로벌 우주개발 동향을 파악하기 위해 우주개발 예산 상위 20개국의 정부 우주개발 예산 데이터를 비교 분석하였으며, 일부 주요 국가들의 정부 우주개발 프로그램과 각국의 국제협력 사례들을 살펴보았다. 이를 통해 전 세계 우주개발 트렌드와 국내 현황을 비교하고 정책적 시사점을 도출하고자 하였다.



II. 2021년 정부 우주개발 예산 동향¹⁾

1. 전 세계 정부 우주개발 예산 동향

2021년 전 세계 정부 우주개발 예산은 전년대비 8% 증가한 약 925억 달러로 최근 10년 중 최대 규모를 기록하였다. 이중 약 60%가 북미지역의 예산으로 특히 미국의 우주개발 예산이 약 546억 달러에 해당한다. 다음 <그림>은 상위 5개국인 미국, 중국, 일본, 프랑스, 러시아의 우주개발 예산 규모를 나타낸 것이다. 이들 5개 국가의 우주개발 예산이 전 세계 우주개발 예산의 83%를 차지하고 있다. 따라서 현재 이들 국가가 전 세계 우주개발 트렌드를 주도하고 있다고 할 수 있다.



<그림> 상위 5개국 우주 프로그램(2021)

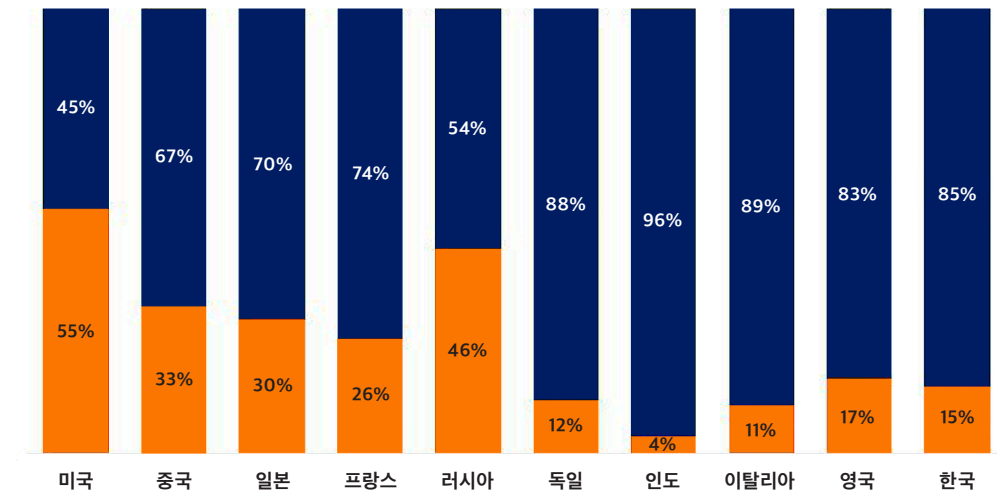
출처: Euroconsult (2021) Government Space Programs.

이러한 수치는 각국의 민간 및 국방 부문 정부 우주개발 예산을 모두 포함한 것이다. 특히 미국의 경우 전체 우주개발 예산의 55%가 국방 정부 우주개발 예산이며, 대부분은 기밀 프로그램으로 세부적인 내용이 공개되지 않고 있다.

정부 우주개발 예산에서 국방 부문 우주개발 예산의 비중이 높은 국가로는 미국(55%), 러시아(46%), 중국(33%), 일본(30%), 프랑스(26%) 등으로 우주개발 예산 상위 5개국들의 국방 부문 정부 우주개발 예산의 비중 또한 대체로 높은 것으로 나타난다. 기밀인 것을 제외하고 이들 국가의 국방 정부 우주개발 예산은 주로 내비게이션, 통신, 발사체 등의 분야에 사용되고 있다.

1) Euroconsult (2021) Government Space Programs

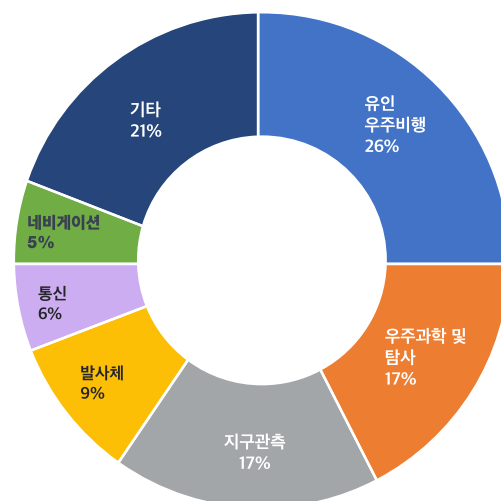
2021년 주요국 민간 및 국방 우주예산 비중



<그림> 주요국의 민간 및 국방 정부 우주개발 예산 비중(2021)

출처: Euroconsult (2021) Government Space Programs.

전 세계 민간 부문의 정부 우주개발 예산은 약 535억 달러로 전체 우주개발 예산의 58%를 차지하고 있으며 이 중 47%에 해당하는 약 252억 달러가 북미지역의 예산으로 미국의 예산이 대부분을 차지하고 있다. 한편 이러한 민간 정부 우주개발 예산 중 26%는 유인 우주비행 분야에 사용되며, 17%는 우주과학 및 탐사, 17%는 지구관측, 8%는 발사체, 6%는 통신, 5%는 내비게이션 분야에 사용되고 있다.



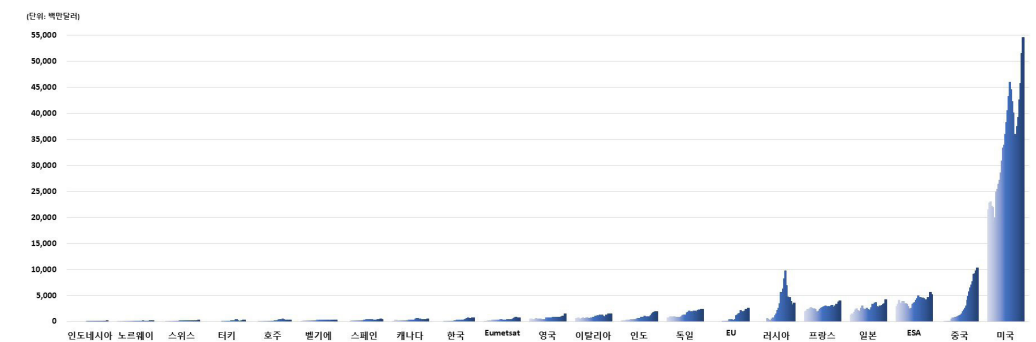
<그림> 분야별 민간 정부 우주개발 예산(2021)

자료: Euroconsult (2021) Government Space Programs.

2. 국가별 정부 우주개발 예산 동향

2021년 우주개발에 참여하는 국가의 수는 총 89개국이며 전체 정부 우주개발 예산에서 각국이 차지하는 비중은 미국(59.0%), 중국(11.1%), 일본(4.6%), 프랑스(4.3%), 러시아(3.9%), 독일(2.6%), 인도(2.1%), 이탈리아(1.6%), 영국(1.6%), 한국(0.7%), 캐나다(0.5%) 순으로 높게 나타난다.

특히 러시아의 경우 정부 우주개발 예산이 2013년 정점 이후 지속적으로 감소한 반면, 미국과 중국의 민간 정부 우주개발 예산은 최근 가파르게 증가하면서 과거 미국과 러시아의 우주개발 경쟁이 완화되고 미국과 중국의 경쟁이 점점 심화되고 있는 것으로 나타난다.



<그림> 정부 우주개발 예산 상위 20개국 예산 변동 추이(1990~2021)

자료: Euroconsult (2021) Government Space Programs.

다음 <표>는 우주개발 예산 상위 20개국²⁾의 예산 동향을 나타낸 것이다. 20개국에는 미국, 중국, 일본, 프랑스, 러시아, EU, 독일, 인도, 이탈리아, 영국, 한국, 캐나다, 스페인, 벨기에, 호주, 터키, 스위스, 노르웨이, 인도네시아, 룩셈부르크가 해당되며 이들 국가의 우주개발 예산이 전체의 약 97.2%를 차지하고 있다.

<표> 국가별 우주개발 예산 동향(2021)

지역	국가명	순위	5년 CAGR	우주예산 (백만달러)	GDP 비중	인당	민간/국방	주요 우주개발 분야 (백만달러)
북아메리카	캐나다	12	4%	\$490	0.03%	\$10.5	81/19%	유인우주비행: \$98.8(20%) 우주과학 및 탐사: \$74.4(15%) 기술: \$72.2(15%)
	미국	1	8%	\$54,589	0.23%	\$146.5	45/55%	유인우주비행: \$9,999.6(18%) 우주과학 및 탐사: \$5,221.7(10%) 기술: \$4,346.1(8%)

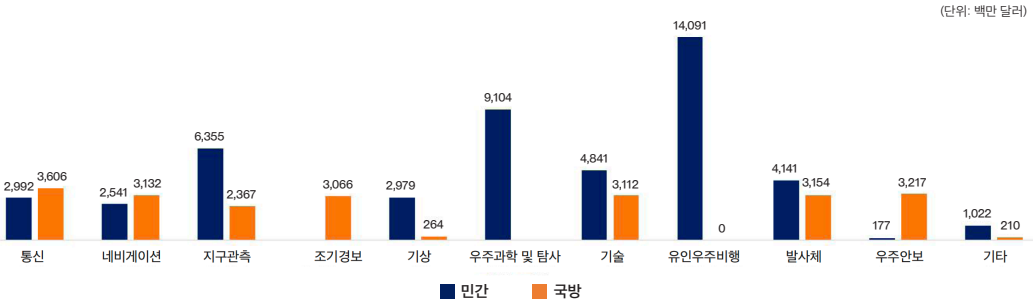
2) 유럽 국가의 경우 ESA, EUMETSAT 기여분 포함

지역	국가명	순위	5년 CAGR	우주예산 (백만달러)	GDP 비중	인당	민간/ 국방	주요 우주개발 분야 (백만달러)
유럽	벨기에	14	7%	\$331	0.06%	\$28.6	97/03%	기술: \$76.3(23%) 발사체: \$62.6(19%) 지구관측: \$58.8(18%)
	EUMETSAT	-	5%	\$736	-	-	100/0%	기상: \$736.0(100%)
	ESA	-	4%	\$5,197	-	-	100/0%	발사체: \$1,332(26%) 우주과학 및 탐사: #940.0(18%) 통신: \$498.6(10%)
	EU	-	7%	\$2,574	0.01%	\$5.4	100/0%	내비게이션: \$1,329(52%) 지구관측: \$891.0(35%) 기술: 292.4(11%)
	프랑스	4	7%	\$3,952	0.15%	\$58.7	74/26%	발사체: \$1,305(33%) 통신: \$755.4(19%) 기술: \$411.7(10%)
	독일	7	4%	\$2,377	0.06%	\$28.6	88/12%	기술: \$608.4(26%) 우주과학 및 탐사: \$424.7(18%) 지구관측: 406.8(17%)
	이탈리아	9	9%	\$1,481	0.05%	\$18.1	89/11%	지구관측: \$308.9(21%) 우주과학 및 탐사: \$248.6(17%) 발사체: \$232.7(16%)
	룩셈부르크	20	32%	\$185	0.25%	\$291.1	46/54%	지구관측: \$101.2(53%) 통신: \$36.9(20%) 기술: \$24.1(13%)
	노르웨이	18	13%	\$191	0.05%	\$35.1	87/13%	통신: \$51.9(27%) 기술: \$26.4(14%) 우주과학 및 탐사: \$21.3(11%)
	스페인	13	4%	\$399	0.03	\$8.5	82/18%	발사체: \$87.0(22%) 우주과학 및 탐사: \$75.5(19%) 기술: \$56.5(14%)
	스위스	17	6%	\$252	0.03%	\$29.0	93/7%	우주과학 및 탐사: \$50.9(20%) 발사체: \$42.9(17%) 지구관측: \$38.8(15%)
	영국	10	12%	\$1,464	0.05%	\$21.7	83/17%	통신: \$842.3(58%) 우주과학 및 탐사: \$146.1(10%) 지구관측: \$145.9(10%)
러시아/CIS	러시아	5	-3%	\$3,567	0.24%	\$24.7	55/45%	발사체: \$890.9(25%) 통신: \$519.1(15%) 내비게이션: \$350.0(10%)
중앙아시아 및 아프리카	터키	16	22%	\$315	0.04%	\$3.7	57/43%	통신: \$127.5(41%) 지구관측: \$121.2(39%) 기술: \$25.0(8%)
아시아	호주	15	-0%	\$324	0.02%	\$12.5	43/57%	통신: \$139.0(43%) 내비게이션: \$62.8(19%) 우주과학 및 탐사: \$38.1(12%)
	중국	2	8%	\$10,286	0.07%	\$7.3	67/33%	유인우주비행: \$2,451.4(24%) 우주과학 및 탐사: \$1440.1(14%) 지구관측: 1,271.8(12%)
	인도	8	11%	\$1,963	0.07%	\$1.4	96/4%	발사체: \$496.2(26%) 기술: \$336.5(17%) 통신: \$254.4(13%)
	인도네시아	19	41%	\$189	0.02%	\$0.7	100/0%	통신: 115.5(61%) 발사체: 35.3(19%) 지구관측: 12.1(6%)
	일본	3	7%	\$4,214	0.08%	\$33.6	70/30%	지구관측: 1,095.8(26%) 내비게이션: \$552.6(13%) 유인우주비행: \$533.8(13%)
	한국	11	0%	\$679	0.04%	\$13.1	85/15%	지구관측: \$337.2(50%) 발사체: \$190.6(28%) 우주과학 및 탐사: 26.6(4%)

자료: Euroconsult (2021) Government Space Programs.

3. 분야별 우주개발 예산 동향

각국 정부의 우주개발 예산은 민간과 국방의 구분에 따라 집중하 고 있는 분야에 다소 차이가 나 타난다. 민간 정부 우주개발 예산은 유인우주비행, 우주과학 및 탐사, 지구관측, 기술 분야에 집중 되고 있는 반면, 국방 정부 우주개발 예산은 통신, 발사체, 우주안보, 내비게이션, 기술, 조기경보 분 야에 집중적으로 투자되고 있다.³⁾ 특히 유인우주비행과 우주과학 및 탐사 분야는 민간 정부 우주개 발 예산에서, 우주안보, 조기경보 등은 국방 정부 우주개발 예산에서 가장 중점적으로 투자하고 있 는 분야이다.



<그림> 2021년 분야별 정부 우주개발 예산 동향

자료: Euroconsult (2021) Government Space Programs.

전 세계 분야별 우주개발 예산 동향을 파악하기 위해 2012년 대비 분야별 우주개발 예산, 참여 하는 국가 수, 국가별 평균 예산 등의 변화를 비교하고 우주개발 예산 상위 20개국의 분야별 우 주개발 예산을 살펴보았다. 응용분야는 유인 우주비행, 우주과학 및 탐사, 지구관측, 기상, 발사 체, 기술, 통신, 내비게이션, 우주안보 9개로 구분하였다. 분야별 참여하는 국가의 수는 해당 분 야에 1백만 달러 이상을 투자하는 국가의 수를 기준으로 하였으며 미국의 기밀 국방 프로그램은 포함되지 않는다.

□ 유인 우주비행

유인 우주비행 분야는 최근 미국과 중국 등 우주개발 선진국들이 가장 많은 예산을 투자하고 있는 분야이다. 우주정거장, 지구궤도 또는 그 이상으로 화물 및 우주인을 수송하는 발사체의 개 발 및 운용 등이 포함된다. 유인 우주비행을 위한 발사체 개발, ISS 우주비행사 프로그램 등과 관 련된 예산이 여기에 포함되며 특히 민간 정부 우주개발 예산에서 가장 많은 예산이 투입되고 있 는 분야이기도 하다.

3) Euroconsult (2021) 데이터 기준(미국 기밀 프로그램 제외)

2021년 유인 우주비행 분야 예산은 약 141억 달러로 2012년 103억 달러 대비 37% 증가하였다. 2021년 유인 우주비행 분야에 투자하고 있는 국가의 수는 20개 국가로 2012년 19개국에서 거의 증가하지 않았는데, 이는 유인 우주비행 분야의 경우 기술적 진입장벽이 높고 예산이 많이 필요하기 때문인 것으로 판단된다. 참여국들의 유인 우주비행 분야 국가별 평균 예산은 7억 달러로 전체 우주개발 분야 중 가장 높은 수준인 것으로 나타난다.

최근 10년 동안 전 세계 유인 우주비행 예산 규모가 급격히 성장한 것은 미국과 중국의 경쟁적인 투자 증가에 기인한다. 특히 유인 우주비행 발사체의 개발은 고도의 우주개발 역량을 보유한 우주개발 선진국들이 막대한 예산을 투입하여 경쟁하고 있는 분야로 신흥국들이 해당 분야에 단기간에 진입하는 것은 쉽지 않을 것으로 판단된다. 인도 등 일부 국가의 경우 유인 우주비행 발사체를 직접 개발하고 있으며, 캐나다 등 일부 국가의 경우 ISS 우주비행사 프로그램 등을 통해 해당 분야에 진출하고 있다.

<표> 유인 우주비행 분야 정부 우주개발 예산 동향 및 참여 국가 수 변화

구분	전 세계 유인 우주비행 예산	국가별 평균 예산	참여 국가 수
2021년	141억 달러	7억 달러	20개국
2012년	103억 달러	5억 달러	19개국
증감율	+37%	+31%	+5%

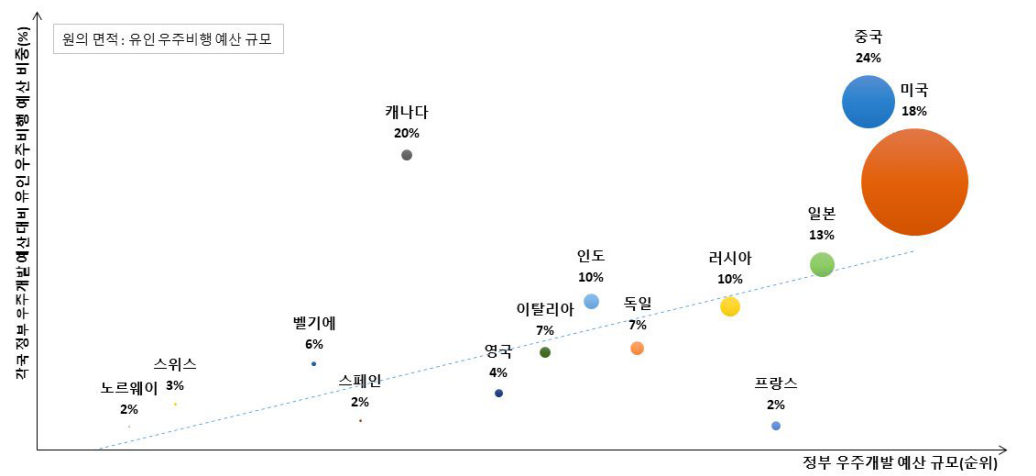
주) 평균예산 = 유인 우주비행 예산 / 참여 국가 수
 자료: Euroconsult (2021) Government Space Programs.

다음 <그림>은 정부 우주개발 예산 규모 상위 20개국⁴⁾의 유인 우주비행 분야 예산을 비교한 것이다. 정부 우주개발 예산의 전체 규모가 높은 국가일수록 그래프의 우측에 위치하며, 원의 면적은 각국의 유인 우주비행 분야 예산 규모를 의미한다. 높이는 각국 정부 우주개발 예산에서 유인 우주비행 분야 예산이 차지하는 비중(%)을 나타낸다.

정부 우주개발 예산 상위 20개국 중 14개국이 유인 우주비행 분야에 투자하고 있으며, 미국과 중국의 유인 우주비행 분야 예산 규모가 각각 71%와 17%로 전체의 88%를 차지하고 있다. 특히 최근 10년간 미국과 중국의 유인 우주비행 예산이 경쟁적으로 급격하게 증가하였는데 2012년 대비 미국이 34%, 중국이 163% 증가하였다.

4) 정부 우주개발 예산 상위 20개국: 미국, 중국, 일본, 프랑스, 러시아, EU, 독일, 인도, 이탈리아, 영국, 한국, 캐나다, 스페인, 벨기에, 호주, 터키, 스위스, 노르웨이, 인도네시아, 룩셈부르크(유럽 국가의 경우 ESA, EUMETSAT 기여분 포함)

유인 우주비행 분야 투자 비중은 각국 정부 우주개발 예산 전체 규모에 대체로 비례하는 경향이 있으며 미국, 중국, 일본, 러시아 등이 주요 투자국이다. 중국과 캐나다의 경우 전체 우주개발 예산 대비 20% 이상을 해당 분야에 집중적으로 투자하고 있으며, 일본, 인도, 러시아 또한 10% 이상으로 투자 비중이 높은 편이다. 그 외 국가들의 경우 유인 우주비행 예산 규모가 10% 미만으로 낮은 편이며 한국, 호주, 터키 등 국가의 경우 아직 유인 우주비행 분야에 투자하지 않고 있다.



<그림> 정부 우주개발 예산 상위 20개국 유인 우주비행 분야 예산 비교(2021)⁵⁾

<표> 정부 우주개발 예산 상위 20개국 유인 우주비행 분야 예산 (단위: 백만 달러)

영국	이탈리아	인도	독일	EU	러시아	프랑스	일본	중국	미국
56	98	199	165	0	350	65	534	2,451	10,000
룩셈부르크	인도네시아	노르웨이	스위스	터키	호주	벨기에	스페인	캐나다	한국
0	0	3	8	0	0	19	8	99	0

주) 유럽 국가의 경우 ESA, EUMETSAT 분담금 포함
 자료: Euroconsult (2021) Profiles of Government Space Programs.

5) 전체 우주개발 예산 상위 20개국을 높은 순으로 우측에서부터 나열함(거품의 면적: 각국의 해당 분야 우주개발 예산 규모(백만달러), 높이: 각국의 우주개발 예산 대비 해당 분야 우주개발 예산 비중(%))

□ 우주과학 및 탐사

우주과학 및 탐사 분야에는 천체물리학, 태양물리학, 미세중력, 천문학 등의 행성 탐사 미션으로 궤도선, 착륙선, 로버 등이 포함된다. 2021년 우주과학 및 탐사 분야 예산은 91억 달러로 최근 10년 동안 매우 가파르게 증가하여 전체 정부 우주개발 예산에서 유인 우주비행에 이어 2번째로 높은 비중을 차지하고 있다. 우주과학 및 탐사 분야에 참여하는 국가의 수 또한 2012년 33개국에서 2021년 37개국으로 증가하였으며 국가별 평균 예산 또한 2012년 1.8억 달러에서 2022년 2.5억 달러로 41% 증가하였다. 이는 우주과학 및 탐사 분야에 참여하는 국가의 수 증가보다 각국의 우주과학 및 탐사 예산이 더 크게 증가하였고, 주요국들의 우주과학 및 탐사 분야 예산이 확대되고 있다는 것을 의미한다.

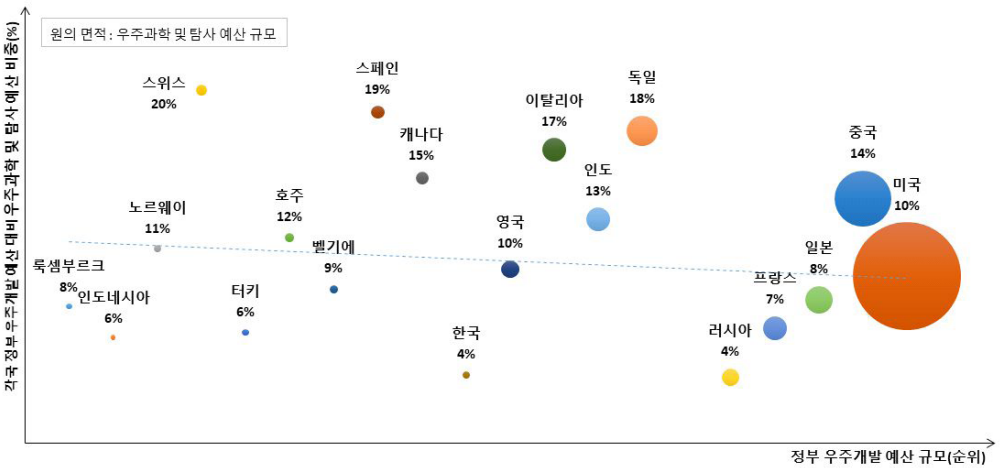
우주과학 및 탐사 분야는 민간 정부 우주개발 프로그램 중에서 가장 핵심적인 분야 중 하나이며 미국의 아르테미스 국제 우주탐사 프로그램과 주요국들의 달, 화성, 소행성 탐사 등의 미션들이 여기에 해당된다. 과학 연구 목적의 천문 관측 망원경, 달 또는 화성 탐사선 개발과 같은 프로그램은 막대한 비용이 들고 기술적 난이도 또한 매우 높기 때문에 국제적인 협력을 통해 진행되는 경우가 많다. 또한 위성, 발사체 개발과 같은 타 분야와 비교하여 기술 협력이 상대적으로 자유롭고 다양한 신기술을 시험할 수 있는 장점이 있어 각국의 투자가 점점 확대되고 있는 것으로 판단된다.

<표> 우주과학 및 탐사 분야 정부 우주개발 예산 동향 및 참여 국가 수 변화

구분	전 세계 우주과학 및 탐사 예산	국가별 평균 예산	참여 국가 수
2021년	91억 달러	2.5억 달러	37개국
2012년	58억 달러	1.8억 달러	33개국
증감율	+58%	+41%	+12%

주) 평균예산 = 우주과학 및 탐사 예산 / 참여 국가 수
자료: Euroconsult (2021) Government Space Programs.

우주개발 예산 상위 20개국의 우주과학 및 탐사 분야 예산을 비교하면 다음 <그림>과 같다. 상위 20개국의 우주과학 및 탐사 분야 예산 비중은 전체 우주개발 예산 규모에 반드시 비례하지 않고 국가마다 차이가 큰 것으로 나타난다. 미국과 중국은 전체 우주과학 및 탐사 분야에서 각각 58%와 9%를 차지하는 주요 투자국이며 스위스, 스페인, 독일, 이탈리아, 캐나다 등의 국가는 전체 우주개발 예산에서 우주과학 및 탐사 분야 예산이 차지하는 비중이 15% 이상으로 높은 국가들이다. 러시아, 한국 등 국가들의 경우 정부 우주개발 예산 규모에서 우주과학 및 탐사 분야가 차지하는 비중이 5% 미만으로 해당 분야에 대한 투자 비중이 매우 낮은 편이다.



<그림> 정부 우주개발 예산 상위 20개국 우주과학 및 탐사 분야 예산 비교(2021)

<표> 정부 우주개발 예산 상위 20개국 우주과학 및 탐사 분야 예산 (단위: 백만 달러)

영국	이탈리아	인도	독일	EU	러시아	프랑스	일본	중국	미국
146	249	251	425	0	136	260	347	1,440	5,222
룩셈부르크	인도네시아	노르웨이	스위스	터키	호주	벨기에	스페인	캐나다	한국
15	11	21	51	20	38	29	75	74	27

주) 유럽 국가의 경우 ESA, EUMETSAT 분담금 포함
자료: Euroconsult (2021) Government Space Programs.

□ 지구관측

2021년 지구관측 분야에는 63개국이 참여하고 있으며 통신 분야에 이어 많은 수의 국가들이 참여하고 있는 상당히 대중적인 분야라고 할 수 있다. 이는 지구관측 위성의 경우 다양한 목적으로 활용도가 높은 반면 타 분야에 비해 상대적으로 비용이 적게 들고 기술적 진입장벽 또한 낮은 분야이기 때문인 것으로 판단된다.

지구관측 분야에 투자하는 국가의 수와 전체 지구관측 분야 예산은 모두 증가하였으나 국가별 평균 예산의 규모는 소폭 감소하였다. 이는 상대적으로 낮은 예산으로 지구관측 분야에 진입하는 국가의 수가 증가하였기 때문인 것으로 판단된다.

<표> 지구관측 분야 정부 우주개발 예산 동향 및 참여 국가 수 변화

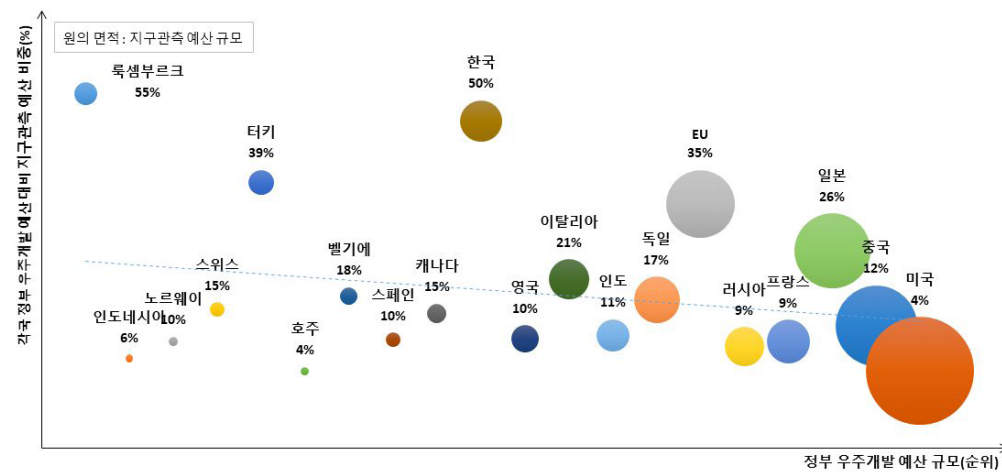
구분	전 세계 지구관측 분야 예산	국가별 평균 예산	참여 국가 수
2021년	87억 달러	1.38억 달러	63개국
2012년	68억 달러	1.39억 달러	49개국
증감율	+28%	-1%	+12%

주) 국가별 평균 예산 = 지구관측 예산 / 참여 국가 수

자료: Euroconsult (2021) Government Space Programs.

각국의 지구관측 분야 예산의 규모는 전체 정부 우주개발 예산 규모에 따라 대체로 높게 나타나지만 국가마다 전체 예산에서 차지하는 비중은 차이가 큰 것으로 나타난다. 먼저 절대적인 규모 측면에서 미국, 중국, 일본이 전 세계 지구관측 분야 예산의 26%, 15%, 13%를 차지하는 주요 투자국이다.

또한 룩셈부르크, 한국은 지구관측 분야 예산이 정부 우주개발 예산의 50% 이상을 차지하고 있으며, 터키, EU, 일본, 이탈리아 또한 지구관측 분야의 예산이 정부 우주개발 예산에서 차지하는 비중이 20% 이상으로 높은 편이다. 반면 미국, 프랑스, 러시아 등은 지구관측 분야 예산이 절대적인 규모 측면에서는 작지 않으나, 정부 우주개발 예산에서 차지하는 비중은 10% 미만으로 낮은 편이다.



<그림> 정부 우주개발 예산 상위 20개국 지구관측 분야 예산 비교(2021)

<표> 정부 우주개발 예산 상위 20개국 지구관측 분야 예산 (단위: 백만 달러)

영국	이탈리아	인도	독일	EU	러시아	프랑스	일본	중국	미국
146	309	208	407	891	305	372	1,096	1,272	2,249
룩셈부르크	인도네시아	노르웨이	스위스	터키	호주	벨기에	스페인	캐나다	한국
101	12	18	39	121	13	59	39	72	337

주) 유럽 국가의 경우 ESA, EUMETSAT 분담금 포함

자료: Euroconsult (2021) Government Space Programs.

□ 기상

전 세계 기상 분야 예산은 2012년 28억 달러에서 2021년 32억 달러로 16% 증가하였으며, 참여국가의 수 또한 2012년 26개국에서 2021년 32개국으로 증가하였다. 국가별 평균 예산은 2012년 1.08억 달러에서 2021년 1.01억 달러로 다소 감소하였는데 이는 참여 국가 수 증가와 2012년 전 세계 기상 예산의 77%를 차지하고 있던 미국의 기상 예산이 최근 2012년 대비 감소하여 2021년 전 세계 기상 예산의 53% 수준으로 낮아진 것에 기인한다.

최근 미국 NOAA는 우주 기상 모니터링 기능을 강화하기 위해 차세대 정지궤도 위성 프로그램을 추진하는 동시에 Cubesats 및 저비용 센서의 이용을 모색하고 있으며 합작 투자 파트너십 프로그램 등을 통해 NASA 및 상업 기관과의 협력 프로젝트를 지원하고 있다.⁶⁾ 따라서 이러한 Cubesat 및 저비용 센서의 활용 및 상용 데이터 구매 프로그램의 확대가 지속된다면 이러한 추세 유지될 가능성이 높아 보인다.

<표> 기상 분야 정부 우주개발 예산 동향 및 참여 국가 수 변화

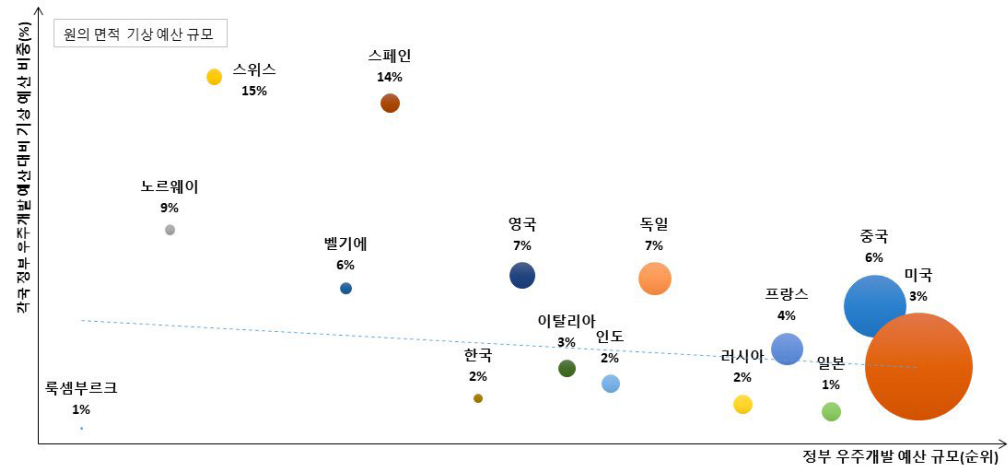
구분	전 세계 기상 분야 예산	국가별 평균 예산	참여 국가 수
2021년	32억 달러	1.01억 달러	32개국
2012년	28억 달러	1.08억 달러	26개국
증감율	+16%	-6%	+23%

주) 국가별 평균 예산 = 기상 예산 / 참여 국가 수

자료: Euroconsult (2021) Government Space Programs.

6) Schwarber, A (2021. January 27) Final FY21 Appropriations: National Oceanic and Atmospheric Administration, American institute of Physics. <https://www.aip.org/fyi/2021/final-fy21-appropriations-national-oceanic-and-atmospheric-administration>

기상 분야 예산 규모 측면에서 미국, 중국 등이 주요국이며, 기상 분야 예산이 정부 우주개발 예산에서 차지하는 비중은 1~15% 정도로 낮은 편이다. 유럽 국가들의 경우 ESA의 기상위성 프로그램이나, EUMETSAT에 대한 기여로 기상 분야 예산의 비중이 다른 국가들에 비해 다소 높은 것으로 판단된다.



<그림> 정부 우주개발 예산 상위 20개국 기상 분야 예산 비교(2021)

<표> 정부 우주개발 예산 상위 20개국 기상 분야 예산 (단위: 백만 달러)

영국	이탈리아	인도	독일	EU	러시아	프랑스	일본	중국	미국
102	46	49	161	0	58	155	56	584	1,731
룩셈부르크	인도네시아	노르웨이	스위스	터키	호주	벨기에	스페인	캐나다	한국
1	0	17	38	0	0	21	56	0	13

주) 유럽 국가의 경우 ESA, EUMETSAT 분담금 포함
 자료: Euroconsult (2021) Profiles of Government Space Programs.

□ 발사체

발사체 분야에는 유인 운송 기술을 제외한 지구궤도 또는 그 이상으로 우주선을 발사하는 로켓기술의 개발이 포함된다. 발사체 분야에 참여하는 국가의 수는 2012년 26개국에서 2021년 31개국으로 증가하였으나 전 세계 발사체 분야 예산과 평균 발사체 예산은 오히려 각각 -2%, -18% 감소하였다. 전 세계 발사체 예산과 국가별 평균 예산이 감소한 것은 민간 우주발사체 상용화 등으로 미국의 발사체 분야 정부 우주개발 예산의 증가폭이 4% 수준⁷⁾으로 높지 않은 반면

7) 미국의 분야별 정부 우주개발 예산의 경우 대규모 기밀 프로그램이 제외됨

2012년 전 세계 발사체 분야 예산의 34%를 차지하였던 러시아의 발사체 예산이 2021년 12% 수준으로 크게 감소했기 때문인 것으로 판단된다. 또한 신흥국들이 주요국 대비 상대적으로 낮은 예산으로 발사체 분야에 진입하고 있는 것도 국가별 평균 예산의 감소에 일부 영향을 미치고 있는 것으로 판단된다.

<표> 발사체 분야 정부 우주개발 예산 동향 및 참여 국가 수 변화

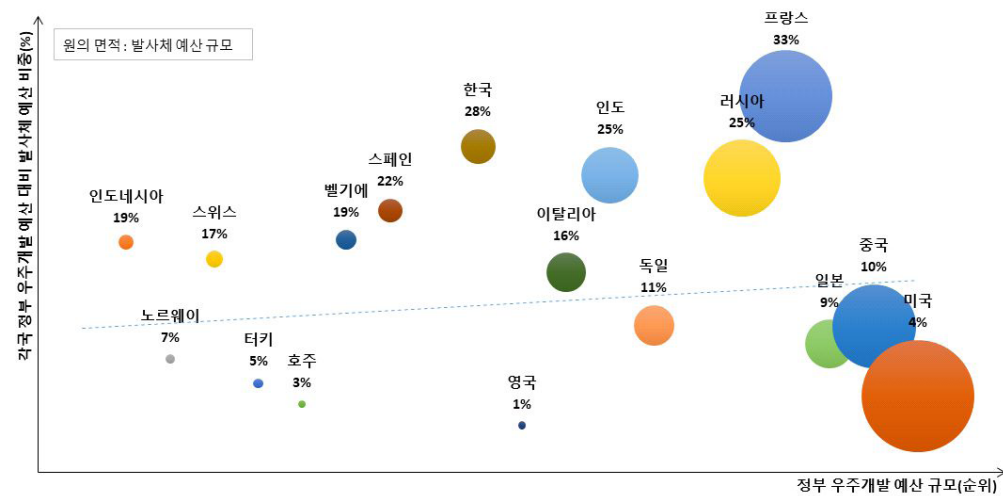
구분	전 세계 발사체 분야 예산	국가별 평균 예산	참여 국가 수
2021년	73억 달러	2.35억 달러	26개국
2012년	74억 달러	2.86억 달러	31개국
증감율	-2%	-18%	+19%

주) 국가별 평균 예산 = 발사체 예산 / 참여 국가 수
 자료: Euroconsult (2021) Government Space Programs.

다음과 <그림>과 같이 우주개발 예산 상위 20개국의 발사체 분야 예산 규모와 정부 우주개발 예산에서 차지하는 비중은 국가마다 다소 차이가 있는 것으로 나타난다. 발사체 예산 규모 측면에서 미국, 프랑스, 중국 등이 주요 투자국이며, 각각 전 세계 발사체 분야 예산의 26%, 18%, 15%를 차지하고 있다. 미국, 중국, 일본의 경우 발사체 예산이 정부 우주개발 예산에서 차지하는 비중이 10%이하로 낮은 편인 반면, 프랑스, 러시아, 인도, 한국 등은 발사체 예산의 비중이 25% 이상으로 높은 편이다.

발사체 기술이 성숙한 미국⁸⁾, 중국, 일본의 발사체 예산 비중이 낮은 것은 상업화의 영향과 발사체 대신 유인 우주비행 분야의 예산이 높게 편성된 것에 기인한 것으로 추정된다. 또한 프랑스 등 유럽 국가의 발사체 예산 비중이 높은 것은 Ariane 6 등 신규 유럽 발사체 개발에 기인한 것으로 판단되며, 자국 발사체 역량을 향상시키려 하는 한국, 인도 등 국가 또한 발사체 예산 비중이 높게 편성하고 있는 것으로 생각된다.

8) 미국의 분야별 정부 우주개발 예산의 경우 대규모 기밀 프로그램이 제외됨



<그림> 정부 우주개발 예산 상위 20개국 발사체 분야 예산 비교(2021)

<표> 정부 우주개발 예산 상위 20개국 발사체 분야 예산 (단위: 백만 달러)

영국	이탈리아	인도	독일	EU	러시아	프랑스	일본	중국	미국
10	233	496	250	0	891	1,305	365	1,070	1,919
룩셈부르크	인도네시아	노르웨이	스위스	터키	호주	벨기에	스페인	캐나다	한국
0	35	14	43	15	9	63	87	0	191

주) 유럽 국가의 경우 ESA, EUMETSAT 분담금 포함
 자료: Euroconsult (2021) Government Space Programs.

□ 기술

기술 분야에는 미래 프로그램을 위한 기술 개발 또는 기술 시연 미션 등이 포함된다. 전 세계 기술 분야 예산은 2012년 46억 달러에서 2021년 80억 달러로 약 75% 증가하였다. 주로 주요 우주개발 프로그램에 사용될 새로운 기술을 테스트하는 등의 목적으로 사용되지만 구체적인 목적은 국가마다 조금씩 차이가 있다. 미국의 경우 위성 프로그램, 달탐사, 유인 심우주 탐사, 로봇 탐사 등을 위한 기술을 성숙시키고 시연하는 등의 목적으로 사용되며, 유럽의 경우 저-TLR 개념부터 궤도상(in-orbit) 시연에 이르는 혁신적인 기술들을 지원하고, 특히 상업 기업들에게 기술적 설비를 지원하는 등 다양한 기회를 제공하는 목적으로 사용되기도 한다.

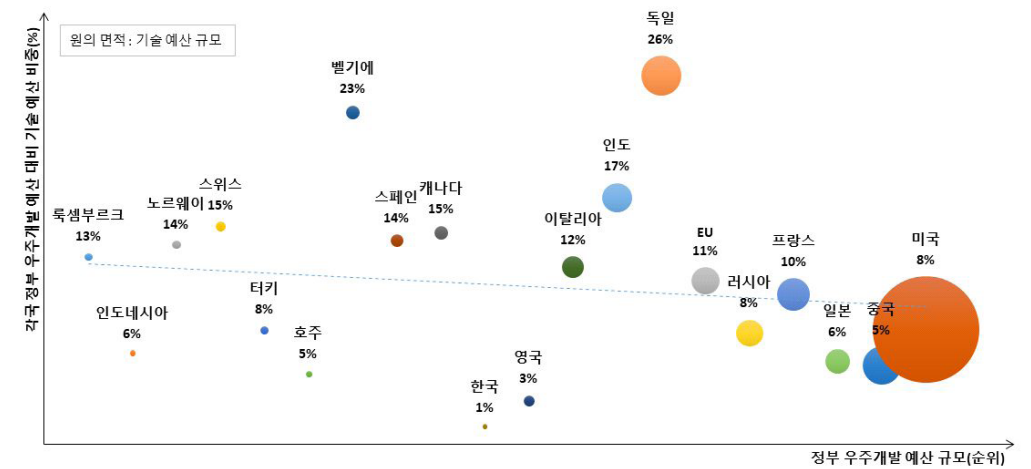
전 세계 기술 예산이 급격히 증가한 것은 미국과 중국 등 주요국의 기술 분야 예산이 2012년 대비 각각 98%, 826% 증가하였기 때문이다. 2021년 미국의 기술 분야 예산이 전 세계 기술 예산의 55%를 차지하고 있다. 참여국가의 수 또한 2012년 42개국에서 2021년 56개국으로 증가하였으며, 국가별 평균 예산 또한 2012년 1.08억 달러에서 2021년 1.42억 달러로 증가하였다.

<표> 기술 분야 정부 우주개발 예산 동향 및 참여 국가 수 변화

구분	전 세계 기술 분야 예산	국가별 평균 예산	참여 국가 수
2021년	80억 달러	1.42억 달러	56개국
2012년	46억 달러	1.08억 달러	42개국
증감율	+75%	+33%	+31%

주) 국가별 평균 예산 = 기술 예산 / 참여 국가 수
 자료: Euroconsult (2021) Government Space Programs.

우주개발 상위 20개국의 기술 분야 예산을 비교하면 다음과 같다. 기술 예산의 규모 측면에서 미국, 독일, 중국 등이 주요국이나 정부 우주개발 예산 대비 비중은 국가마다 편차가 크다. 독일, 벨기에 인도 등은 정부 우주개발 예산 규모 대비 기술 분야 예산 비중이 17~26%로 높은 편인 반면, 한국, 영국, 호주 등은 기술 분야 예산 비중이 1~5% 수준으로 정부 우주개발 예산 규모 대비 기술 예산의 비중이 매우 낮은 편에 속한다.



<그림> 정부 우주개발 예산 상위 20개국 기술 분야 예산 비교(2021)

<표> 정부 우주개발 예산 상위 20개국 기술 분야 예산 (단위: 백만 달러)

영국	이탈리아	인도	독일	EU	러시아	프랑스	일본	중국	미국
45	182	336	608	292	276	412	244	563	4,346
룩셈부르크	인도네시아	노르웨이	스위스	터키	호주	벨기에	스페인	캐나다	한국
24	12	26	38	25	16	76	56	72	8

주) 유럽 국가의 경우 ESA, EUMETSAT 분담금 포함
 자료: Euroconsult (2021) Government Space Programs.

□ 위성통신

위성 통신 분야에는 민간 및 국방 정부 기관이 자금을 지원하는 인터넷, TV 및 라디오 방송 등의 통신 서비스를 위한 위성 시스템이 포함된다. 이 분야에 투자하고 있는 국가의 수는 2012년 48개국에서 2021년 64개국으로 증가하였으나 전 세계 통신 분야 예산과 국가별 평균 예산은 모두 크게 감소하였다. 전 세계 통신 분야 예산과 국가별 평균 예산이 크게 감소한 것은 2012년 전 세계 통신 예산의 41%와 19%를 차지하고 있던 미국과 러시아의 통신 예산이 크게 감소한 것에 기인한다. 비록 중국, 프랑스, 영국 등 국가의 통신 예산이 2012년 대비 급격히 증가하였으나, 이를 상쇄하지는 못하였다.

<표> 통신 분야 정부 우주개발 예산 동향 및 참여 국가 수 변화

구분	전 세계 통신 분야 예산	국가별 평균 예산	참여 국가 수
2021년	66억 달러	1.72억 달러	64개국
2012년	82억 달러	1.03억 달러	48개국
증감율	-20%	-40%	+33%

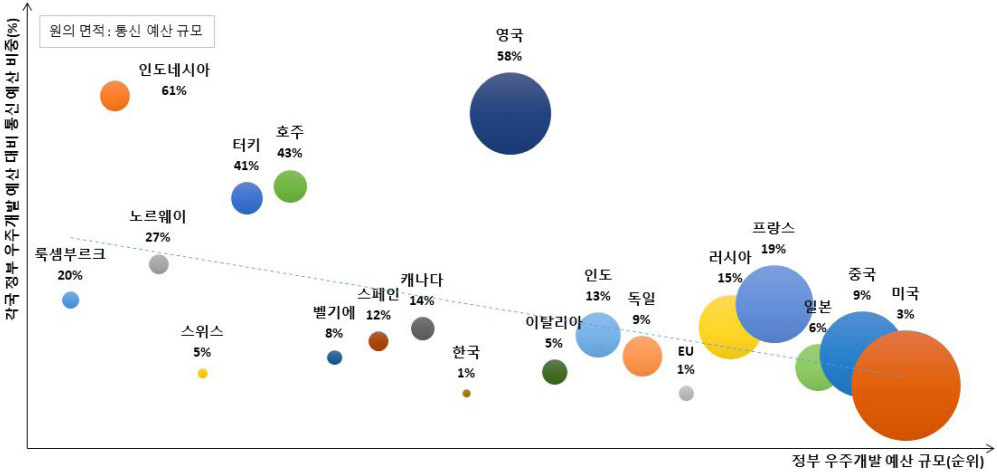
주) 국가별 평균 예산 = 통신 예산 / 참여 국가 수
자료: Euroconsult (2021) Profiles of Government Space Programs.

통신 예산의 규모 측면에서 미국, 중국, 영국, 프랑스 등이 주요 투자국이며 정부 우주개발 예산에서 통신 예산이 차지하는 비중은 국가마다 차이가 있는 것으로 나타난다. 민간 부문에서 통신 위성은 이미 오랫동안 상업화가 진행되어 왔으며 각국의 민간 위성통신 부문 상업화 진행 여부와 국방 통신 분야에 대한 투자 규모에 따라 정부 우주개발 예산에서 통신 분야가 차지하는 비중이 크게 차이가 나타나는 것으로 판단된다.

예를 들어 통신 예산 비중이 61%로 나타나는 인도네시아의 경우 Telkom-4 위성을 일부 정부 소유 기업인 Telkom(정부 지분: 52%), Bank Rakyat Indonesia(정부 지분: 56.7%)가 운영하고 있으며, Telkom-5 위성 개발과 VHTS 통신위성인 SATRIA 프로젝트 개발을 추진⁹⁾ 하는 등 인도네시아의 원격통신 인프라가 성장하고 있는 것에 기인한다. 영국의 경우 저궤도 위성 통신 사업자인 OneWeb에 대한 5억 달러 규모의 정부 투자 결정과 ESA 기여분 등의 영향으로 통신 분야 예산 비중이 58% 수준으로 매우 높게 나타나는 것으로 판단된다.

또한 미국, 프랑스 등 국가의 경우 민간 부문에서는 이미 상업화가 진행되어 민간 부문 예산 비중이 낮은 반면, 국방 부문의 통신 예산의 비중이 높은 편이다. 그 외 이탈리아, 스위스, 한국 등 국가의 경우 정부 우주개발 예산에서 통신 예산의 비중이 5% 이하로 낮은 편에 속한다.

9) Euroconsult (2021) Government Space Programs.



<그림> 정부 우주개발 예산 상위 20개국 통신 분야 예산 비교(2021)

<표> 정부 우주개발 예산 상위 20개국 통신 분야 예산 (단위: 백만 달러)

영국	이탈리아	인도	독일	EU	러시아	프랑스	일본	중국	미국
842	81	254	205	30	519	755	272	928	1,508
룩셈부르크	인도네시아	노르웨이	스위스	터키	호주	벨기에	스페인	캐나다	한국
37	116	52	13	128	139	28	47	70	8

주) 유럽 국가의 경우 ESA, EUMETSAT 분담금 포함
자료: Euroconsult (2021) Government Space Programs.

□ 내비게이션(항법 위성)

전 세계 내비게이션 분야 예산 규모는 2012년 44억 달러에서 2021년 57억 달러로 증가하였으며, 2021년 내비게이션 분야에 투자하고 있는 국가의 수는 17개국¹⁰⁾으로 참여하는 국가의 수는 2012년 대비 크게 변화하지 않았으나, 전 세계 내비게이션 예산과 국가별 평균 예산은 모두 약 28% 정도 증가하였다. 내비게이션 분야의 예산 규모가 증가한 것은 주요국인 미국, 중국, 일본과 EU의 예산이 크게 증가한 것에 기인하는 반면 러시아의 내비게이션 분야 예산은 2012년 대비 크게 감소하였다.

10) 내비게이션 분야에 1백만 달러 이상을 투자하는 국가의 수 기준이며, 전체 기준으로는 2012년 24개국에서 2021년 31개국으로 증가하였음

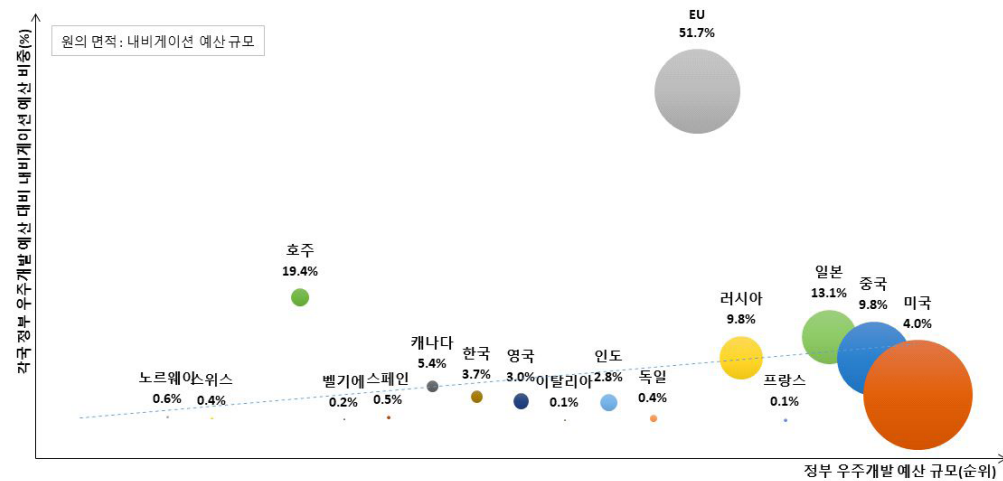
<표> 내비게이션 분야 정부 우주개발 예산 동향 및 참여 국가 수 변화

구분	전 세계 내비게이션 분야 예산	국가별 평균 예산	참여 국가 수
2021년	57억 달러	3.34억 달러	17개국
2012년	44억 달러	2.62억 달러	17개국
증감율	+28%	+28%	0%

주) 국가별 평균 예산 = 내비게이션 예산 / 참여 국가 수

자료: Euroconsult (2021) Government Space Programs.

다음 <그림>과 같이 내비게이션 분야에 투자하는 주요국은 미국, EU, 중국, 일본, 러시아 등으로 나타난다. 그 중 미국, 중국, EU, 러시아 등은 GPS 시스템에 투자하고 있으며, 북미와 유럽 국가를 제외한 일본, 호주, 인도, 한국의 경우 RNSS 시스템에 대한 투자를 통해 해당분야에 진입하고 있다. EU의 경우 Galileo 내비게이션 시스템 개발 및 발사로 예산 비중이 52% 수준으로 높게 나타나는 반면, 유럽 국가들의 경우 EU를 통한 기여를 제외하고 직접적인 내비게이션 예산 비중은 높지 않은 것으로 나타난다.



<그림> 정부 우주개발 예산 상위 20개국 내비게이션 분야 예산 비교(2021)

<표> 정부 우주개발 예산 상위 20개국 내비게이션 분야 예산 (단위: 백만 달러)

영국	이탈리아	인도	독일	EU	러시아	프랑스	일본	중국	미국
45	1	56	10	1,330	350	3	553	1,004	2,192
룩셈부르크	인도네시아	노르웨이	스위스	터키	호주	벨기에	스페인	캐나다	한국
0	0	1	1	0	63	1	2	27	25

주) 유럽 국가의 경우 ESA, EUMETSAT 분담금 포함

자료: Euroconsult (2021) Government Space Programs.

□ 우주안보(안보 위성)

전 세계 내비게이션 분야 예산에 비해 전 세계 우주안보 분야 예산은 2012년 10억 달러에서 2021년 34억 달러로 3배 이상 증가하였으며 참여하는 국가의 수 또한 2012년 11개국에서 2021년 24개국으로 2배 이상 증가하였다. 우주안보 분야는 국방 우주개발 예산 중 통신 분야에 이어 규모가 2번째로 큰 분야로 급격히 성장하였다.

이는 참여하는 국가 수 증가와 주요국인 미국, 중국, 일본, 프랑스 등 국가의 우주안보 예산 증가에 기인한다. 이러한 우주안보 분야 예산 동향은 전 세계 각국의 지정학적 긴장 고조와 우주군 창설 등 최근의 우주 군사화(Space Militarization) 트렌드를 반영하고 있다고 볼 수 있다.

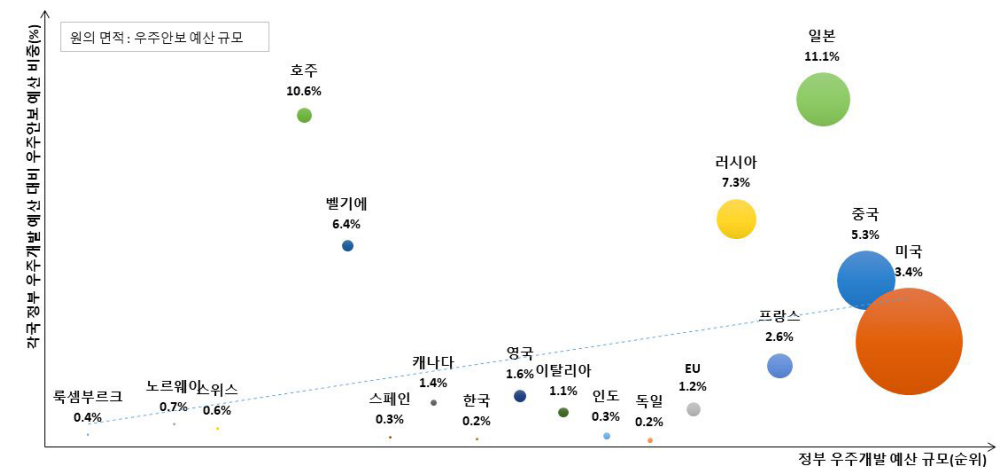
<표> 우주안보 분야 정부 우주개발 예산 동향 및 참여 국가 수 변화

구분	전 세계 우주안보 분야 예산	국가별 평균 예산	참여 국가 수
2021년	34억 달러	1.41억 달러	24개국
2012년	10억 달러	0.89억 달러	11개국
증감율	+247%	+59%	+118%

주) 국가별 평균 예산 = 우주안보 예산 / 참여 국가 수

자료: Euroconsult (2021) Government Space Programs.

안보 분야 예산 규모 측면에서 주요국은 미국, 중국, 일본, 러시아 프랑스 등이며, 주로 국방 정부 우주개발 예산에 해당된다. 일본, 호주, 러시아, 벨기에, 중국 등의 국가는 우주안보 예산이 정부 우주개발 예산에서 차지하는 비중이 5% 이상으로 높은 편에 속하며 인도, 독일, 한국, 스페인 등의 국가는 아직 정부 우주개발 예산 중 우주안보 예산이 차지하는 비중이 1% 미만으로 낮은 국가에 속한다.



<그림> 정부 우주개발 예산 상위 20개국 우주안보 분야 예산 비교(2021)

<표> 정부 우주개발 예산 상위 20개국 우주안보 분야 예산 (단위: 백만 달러)

영국	이탈리아	인도	독일	EU	러시아	프랑스	일본	중국	미국
24	16	7	5	31	260	102	468	549	1,837
룩셈부르크	인도네시아	노르웨이	스위스	터키	호주	벨기에	스페인	캐나다	한국
1	0	1	1	0	34	21	1	7	2

주) 유럽 국가의 경우 ESA, EUMETSAT 분담금 포함

자료: Euroconsult (2021) Government Space Programs.

4. 주요국 우주기관 인력 및 예산 현황(2020)

다음 <표>는 주요국 우주기관 현황을 나타낸 것이다. 우주기관의 직원 수 기준 상위 국가로는 미국, 인도, 독일 등이 있다. 우주기관의 예산은 캐나다와 유럽 국가들의 경우 ESA 기여분을 제외한 우주기관 예산 규모가 상대적으로 작은 편이며 인도와 한국 등 국가의 경우 직원 수에 비해 우주기관 예산의 규모가 작은 편에 속한다.

<표> 우주안보 분야 정부 우주개발 예산 동향 및 참여 국가 수 변화

구분	기관명	직원 수(명)	예산(백만달러)
미국	National Aeronautics & Space Administration (NASA)	17,894	22,629
캐나다*	Canadian Space Agency (CSA)	686	239
유럽	European Space Agency (ESA)	2,381	5,833
독일*	German Aerospace Center (DLR)	9,782	1,349
프랑스*	National Centre for Space Studies (CNES)	2,368	1,461
이탈리아*	Italian Space Agency (ASI)	298	239
인도	Indian Space Research Organization (ISRO)	17,099	1,258
일본	Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)	1,558	2,144
스웨덴	Swedish National Space Agency (SNSA)	548	-
한국	Korea Aerospace Research Institute(KARI)	1,022	576

* ESA 기여분 제외

자료: Space Foundation (2021) The Space Report 2021 Q2

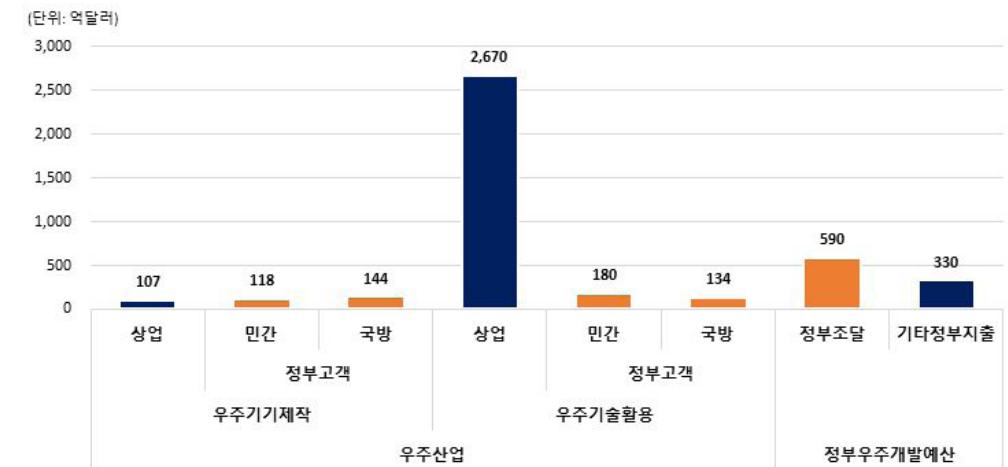
각 우주기관 홈페이지

5. 정부 우주개발 예산과 우주산업

다음 <그림>은 2021년 전 세계 우주산업의 주요 고객 구분과 정부 우주개발 예산을 나타낸 것이다. 통신 및 내비게이션 분야의 상업적 고객을 제외하고 민간 및 국방 정부고객을 대상으로 하는 대부분의 우주산업은 전 세계 각국의 정부 우주개발 예산 중 590억 달러 규모의 정부 조달에 기인한 것이다.

우주기기제작 분야의 우주산업 규모 약 370억 달러 중에서 약 70%에 해당하는 260억 달러가 민간 및 국방 정부고객을 대상으로 하고 있다. 정부는 정부조달을 통해 산업체로부터 우주 제품 및 서비스를 구매하고 있으며, 특히 우주기기제작 분야에서 매우 중요한 고객의 역할을 하고 있다.

우주기술헌용 분야의 경우 상업적 고객을 대상으로 하는 통신위성 및 내비게이션 서비스 등이 약 2,670억 달러로 전체 우주산업에서 대부분을 차지하고 있다. 나머지 분야에서는 민간 및 국방 정부고객을 대상으로 하는 우주산업 규모가 약 310억 달러로 여전히 중요한 위치를 차지하고 있다.



<그림> 2021년 분야별 정부 우주개발 예산 동향

자료: Euroconsult (2021) Space Economy Report 2021.

따라서 위성통신, 내비게이션 등 분야의 우주활용 서비스는 상업적 고객 중심의 B2C 성격을 갖는 반면, 그 외 우주활용 서비스 분야와 우주기기제작 등의 우주산업은 주로 정부고객 중심의 B2G 성격을 갖는다. 따라서 일부 국제협력 프로그램을 제외하고 주요 선진국들의 경우 우주산업이 정부기관을 주 고객으로 하는 내부시장(captive market)을 중심으로 형성되어 있으며 규모도 가장 크다. 따라서 우주산업은 높은 우주개발 예산을 보유한 미국과 국제협력이 자유로운 유럽 국가들을 중심으로 형성되어 있다.

한편 신흥국 정부기관 및 일부 상업 고객을 대상으로 수출 시장이 형성되어 있으나 규모는 아직 별로 크지 않다. 따라서 우주산업은 일부 수출시장을 제외하고 각국의 정부 우주개발 예산에 비례하여 내수시장 중심으로 성장할 것으로 예상된다.

<표> 정부 우주개발 예산과 우주산업 규모(2021)

정부 우주개발 예산	우주산업 규모	
전체: \$92.5B	전체: \$337B	
- 정부조달: \$59B	· 업스트림: \$37B	· 다운스트림: \$300B
- 기타정부지출: \$33B	- 위성 및 발사체 제조: \$25B	- 위성 운영: \$15B
· 민간: \$53.5B	- 발사 서비스: \$8B	- 위성 서비스 공급: \$285B
· 국방: \$38.9B	- 지상국: \$4B	· 위성통신: \$114.5B
		· 내비게이션: \$168.0B
		· 지구관측: \$2.8B

자료: Euroconsult (2021) Government Space Programs,
Euroconsult (2021) Space Economy Report.

III. 정부 민간 우주개발 프로그램 동향¹¹⁾

여기서는 주요 분야별 주요국들의 정부 민간 우주개발 프로그램 동향을 살펴본다. 현재 우주개발을 주도하고 있는 미국, 중국, 러시아, 일본, 인도 등의 국가와 ESA 등 기구가 수행하고 있는 주요 프로그램들을 간단히 정리하였다.

앞서 살펴본 각국의 분야별 우주개발 예산이 어떤 프로그램들에 사용되고 있는지에 대한 전반적인 분위기를 전달하기 위함이며, 보다 자세한 내용은 각국의 우주기관 홈페이지나 유료컨설파트 등의 보고서들을 참고하면 좋을 것이다.

1. 유인 우주비행

□ 미국

미국(NASA)의 유인 우주비행 프로그램은 정부 민간 우주개발 예산 중 가장 큰 예산이 투입 되는 분야이다. 주로 유인 심우주 미션과 저궤도 유인 우주비행을 중심으로 수행된다. 2021년 초 미국 정부는 아르테미스 프로그램과 지속가능한 달 표면 유인 미션, 화성 탐사 미션을 지속할 것을 발표했다.

아르테미스 I 미션은 2022년 초 무인 달 탐사 미션으로 계획되어 있으며, 아르테미스 II 미션은 2023년 유인 달 비행 미션으로 이어질 계획이다. 아르테미스 III 미션은 2024년 유인 달 착륙 미션이 계획되어 있으나 일정이 다소 조정될 것으로 예상된다. NASA는 아르테미스 III 달 착륙 미션을 위해 SpaceX와 29억 달러 규모의 HLS(Human Landing System)에 대한 계약을 체결하였다. 이때 Blue Origin, Dynetics도 입찰에 참여하였으나 기술적 접근, 관리, 가격의 3가지 평가요소에서 SpaceX가 가장 높은 평가를 받았고 가장 낮은 가격을 제시한 것으로 나타났다.¹²⁾

그 외 Gateway, PPE(Power and Propulsion Element), HALO(Habitation and Logistics Outpost), xEMU(eXploration Extravehicular Mobility Unit), CCP(Commercial Crew Program), CRS(Commercial Resupply Services) 등의 미션들이 계획되어 있다.

11) Euroconsult (2021) Government Space Programs.

12) Devin Coldewey. (Aug 11, 2021). Feds dismantle Blue Origin and Dynetics protests of NASA's SpaceX lunar lander award. techcrunch, <https://techcrunch.com/2021/08/10/feds-dismantle-blue-origin-and-dynetics-protests-of-nasas-spacex-lunar-lander-award/>



<그림> 미국의 유인 우주비행 프로그램

자료: NASA 홈페이지

□ 중국

중국의 유인 우주비행 프로그램으로는 CLMSS(Chinese Large Modular Space Station)미션이 진행 중이며, 2030년 중반까지 중국의 유인 달 탐사 미션이 계획되어 있다. 2021년 초 CNSA는 달 및 화성 유인 미션에 이용될 LM-9 로켓을 지원하고 있으며, China Lunar Exploration Program에서는 유인 달 탐사를 위한 3D 프린팅 및 달 거주지와 관련된 기술을 개발하고 있다.

□ 일본

일본은 ISS 운영 연장에 대한 파트너십을 2024년까지 갱신했으며, 운영비용 절감과 수송 능력 향상을 위해 HTV re-supply cargo ship을 업그레이드하기로 결정했다. 가장 최근의 JAXA 우주비행사 Noguchi는 ISS에서 167일간의 임무를 수행한 후 2021년 5월 SpaceX Crew Dragon spacecraft로 귀환하였다.

또한 2021년 미국의 아르테미스 프로그램에 참여하기로 합의하였으며, HTV-X cargo spacecraft 업그레이드를 포함하여 Gateway의 국제 거주 모듈을 위한 역량을 제공하기로 하였다.

□ 러시아

러시아는 ISS 운영을 유지하기로 하였으며, ISS 모듈인 Nauka(또는 MLM)와 Prichal nodal module을 발사하였다. ISS의 노후화로 인해 러시아는 달, 화성, S&T 프로그램에 사용될 수 있는 ROSS(Russian Orbital Service Station)을 위한 작업을 시작하였으며 2026년~2027년 발사될 예정으로 ISS에 부착되거나 독립된 스테이션이 될 수 있다.

러시아는 또한 NASA의 Commercial Crew 프로그램이 완료될 때까지 Soyuz 발사체를 통한 ISS 유인 우주비행을 보장하였다. 미국은 해당 프로그램의 지연으로 2020년 10월 Soyuz MS-17을 9천만 달러 규모에 계약하였으나 2020년 말 SpaceX의 Crew Dragon 미션이 첫 운영에 성공하였다.

러시아는 Soyuz를 Oryol로 교체하는 과정에 있으며, 2023년 말 모형을 탑재한 시험 발사 이후 2024년 무인 우주비행이 계획되어 있다. 해당 발사체는 러시아의 달 착륙 계획의 핵심 요소이며, 화물 미션은 Soyuz-GVK로 교체되어 2022년 처음 발사될 계획이다.

□ ESA

ESA는 2016년 ISS exploitation phase에 대한 약속을 2024년까지로 갱신했으며, 2019년에는 Terra Novae를 통한 유인 LEO 프로그램에 대한 자금을 지원하였다. 2021년에는 11m 길이의 ERA(European Robotic Arm)를 ISS로 보내 러시아 Nauka 모듈에 부착하는데 성공하였다.

NASA의 차세대 우주선 Orion을 위한 ESM(European Service Module)도 지원하고 있으며, 이를 위해 ESA는 2021년 Airbus D&S와 ESM-4~6의 생산을 위한 6억5천만 유로 규모의 계약을 체결하였다. 이와 관련하여 ESA는 미국과 ISS와 미래의 아르테미스 미션을 위해 하드웨어를 교환하는 합의를 지속하고 있다.

게이트웨이 참여를 통해 유럽은 Orion미션의 3개 좌석을 확보하였다. 2021년 Thales Alenia Space는 게이트웨이의 ESPRIT 모듈을 제작하는 약 3억 유로 규모의 계약을 체결하였고 ESA, NASA, CSA, JAXA가 협력하는 I-HAB 모듈에 대한 책임을 맡았다.



<그림> ESA의 유인 우주비행 프로그램

자료: ESA 홈페이지

□ 인도

인도의 유인 우주비행 프로그램으로는 2018년 발표된 Gaganyaan이 있으며, 2022년까지 저궤도에 3명의 우주비행사를 보내는 것이 주된 목표이다. 다년간 총 13억 달러(INR 100 billion) 정도의 예산이 할당된 것으로 추정되며, 일정이 다소 지연되어 최초의 유인 우주비행은 2025년이 될 것으로 예상된다. 2021년 유인 우주비행 지출이 급격히 증가하였으며 인도가 이를 달성할 경우 독자적인 유인 우주비행 역량을 가진 4번째 국가가 될 전망이다.

※ 참고자료

<표> 전 세계 우주인 배출현황

○ 국가별 우주인 배출 현황: 40개국 570명('21.5.2 기준)

미국	러시아	일본	중국	독일	캐나다	프랑스	이탈리아	영국	네덜란드
347	124	11	11	11	10	10	7	3	2
불가리아	헝가리	벨기에	카자흐스탄	남아프리카	UAE	스웨덴	이스라엘	사우디아라비아	체코슬로바키아
2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
쿠바	덴마크	시리아	이란	베트남	슬로바키아	멕시코	한국	몽골	스페인
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
브라질	스위스	페루	우크라이나	폴란드	인도	로마니아	오스트리아	아프가니스탄	말레이시아
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

자료: <https://aerospace.csis.org/data/international-astronaut-database/>

2. 우주과학 및 탐사

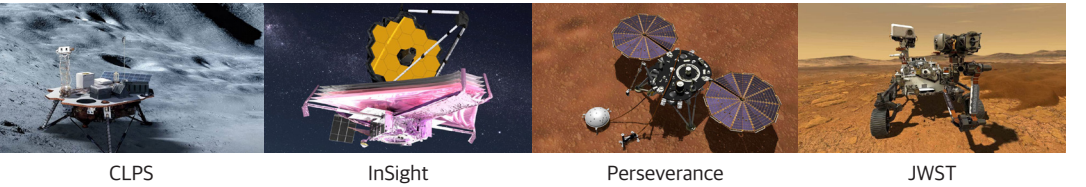
□ 미국

미국의 우주과학 및 탐사 프로그램은 로봇 달 탐사를 포함한 행성과학 분야를 중심으로 수행된다. LDEP(Lunar Discovery and Exploration Program) 프로그램은 달 탐사를 지원할 LRO(Lunar Reconnaissance Orbiter)와 다양한 탑재체를 위한 상업적 파트너십 협력을 위해 2019년 시작되었다. CLPS(Commercial Lunar Payload Services) 프로그램에는 VIPER(Volatiles Investigation Polar Exploration Rover) 미션 등이 포함된다.

InSight와 Perseverance 로봇 탐사 미션을 수행하고 있으며, 특히 Perseverance는 2026년 또는 2028년 발사될 화성 샘플 회수 미션을 위한 일련의 우주생물학 조사 및 샘플 등을 수집하고 있다. 미래의 조사를 위한 정찰 헬리콥터를 보내 지구 이외의 타 행성에서 최초의 동력 비행을 수행하였다.

행성 과학 미션으로는 목성의 Europa Clipper 미션이 2024년 수행될 예정이며, Dragonfly rotorcraft를 2027년 발사하여 토성의 Titan 연구를 수행할 계획이다. 향후 10년 동안의 행성 과학 프로젝트는 2023 Planetary Science and Astrobiology Decadal Survey에서 고려될 것이며, 2030년대 Europa lander 미션, 2028~2030년 금성 탐사 미션 DAVINCI+(Deep Atmosphere Venus Investigation of Noble gases, Chemistry, and Imaging, Plus),VERITAS(Venus Emissivity, Radio Science, InSAR, Topography, and Spectroscopy) 등이 포함된다.

근지구 물체 탐사 프로그램으로는 Lucy, Psyche 미션이 각각 2021, 2022년으로 계획되어 있으며, NASA의 행성 방어 프로그램으로는 DART(Double Asteroid Redirection Test), OSIRIS-Rex 미션이 예정되어 있다. 천문학 및 천체물리학 프로그램으로는 (JWST)James Webb Space Telescope이 2021년 12월에 발사되었으며, 후속으로 Nancy Grace Roman Space Telescope(이전 WFIRST: Wide Field infrared Survey Telescope)이 2026년으로 계획되어 있다.



<그림> 미국의 우주과학 및 탐사 프로그램

자료: NASA 홈페이지

□ 중국

중국은 2020년말 CLEP(China Lunar Exploration Program) 4단계를 발표했으며, 여기에는 Chang'e-6, 7, 8 미션과 유인 달 미션 준비가 포함된다. Chang'e-7, 8은 국제 협력, 달 연구 스테이션의 초기 건설의 기초 요구사항 시연, 핵심 기술 확인을 위해 사용될 예정이다. 2020년에는 또한 Tianwen-1 화성 미션을 발사하였다.

중국의 주요 우주과학 미션으로는 허블 망원경과 동일한 해상도와 300배의 시야의 성능을 가진 Xuntian telescope로 중국의 유인 우주비행 프로그램 CLMSS의 완성 이후 2024년경 발사될 예정이다. 2020년대 후반에는 Jupiter probe와 Mars return probe 미션이 예정되어 있다.

□ 일본

일본은 다수의 심우주 미션을 준비하고 있으며, 미국이 주도하는 Lunar Gateway, SLIM(Smart Lander for Investigating Moon), MMX(Martian Moons eXploration), XRISM(X-Ray Imaging and Spectroscopy Mission) 등이 포함된다. 2014년에 발사된 Hayabusa2는 소행성 Ryugu에 2018년에 도착하여 2개 로버를 전개하고 소형 랜더를 표면에 착륙시킨 최초의 소행성 로버 미션이다.

Hayabusa2가 샘플을 채취한 후 2020년 12월에 지구로 회수하였으며, 소행성 1998 KY26으로의 확장된 미션을 수행하고 있다. NASA의 OSIRIS-Rex 미션과 유사한 미션으로 2020년 소행성 Bennu로부터 샘플을 채취하여 2023년 귀환할 예정이다. NASA와 JAXA는 각자가 채취한 샘플을 연구를 위해 공유하는 계약을 체결하였다.

□ ESA

ESA의 우주과학 미션은 “Cosmic Vision 2015-2025”에 따라 수행되며, 천문학 미션인 Euclid, Plato, Athena, 행성 연구 미션인 JUICE, Ariel, EnVision, 혜성 비행 미션, 레이저 간섭계 미션 LISA 등이 포함된다. SMILE 미션은 중국과의 협력으로 수행되며 2023년부터 태양풍을 측정할 것이다. ESA는 또한 미국의 JWST 미션에도 기여하고 있다.

Voyage2050 strategic plan에서는 미래의 주요 미션으로 Moons of the giant Solar System planets, temperate exoplanets, new physical probes of the early Universe를 언급하고 있다. ExoMars의 Trace Gas Orbiter는 2016년 발사되었으며, 러시아와 협력하는 로버와 표면 플랫폼은 2022년으로 계획되어 있었으나 최근 중단되었다. NASA와의 화성 샘플 회수 미션에도 기여하고 있으며 특히 Earth Return Orbiter 미션에 자금을 지원하고 Sample Fetch Rover를 연구하고 있다.

달 탐사와 관련하여 EL3 (European lunar lander)는 다양한 미션과 탑재체 옵션을 갖도록 설계되었다. 또한 Moonlight initiative를 통해 달 탐사 미션의 통신 및 내비게이션 서비스를 제공하기 위한 상업용 프로젝트를 지원하고 있다. 2021년 9월 ESA는 SSTL과 2024년 발사될 Luna Pathfinder 위성에 대한 계약을 체결하였다. 이러한 프로젝트들은 ESA 위원회의 ‘Space19+’계획에서 승인되었으며, 2023-2025년의 기간에 대해서는 ‘Space22+’계획에서 논의될 것이다.



<그림> ESA의 우주과학 및 탐사 프로그램

자료: ESA 홈페이지

□ 독일

독일의 우주과학 및 탐사 분야는 주로 천문학, 천체물리학, 태양계 탐사, 기초과학 분야의 국제 협력을 통해 수행된다. Russian Spektr-RG observatory의 telescope에 기여하고 있으며, ESA의 BepiColombo Mercury Orbiter에 3개 장비를 제공하고, JUICE Jupiter probe를 위한 6개 장비를 개발하고 있다.

DLR은 또한 PLATO observatory(2026)의 건설과 과학적 운영을 위한 국제 컨소시엄을 주도하고 있다. 일본과 협력하여 small Destiny+ 소행성 미션(2024)에 참여하고 있으며, 화성 달 탐사 미션인 MMX(2024)의 이동형 로버 개발에도 참여하고 있다.

□ 프랑스

프랑스의 우주과학 및 탐사 분야는 주로 ESA 프로그램에 대한 기여와 비-유럽국가와의 양자 협력 등으로 수행된다. 프랑스는 화성 토양 분석에 집중하고 있으며, 지진계와 SuperCam 장비를 미국 InSight 랜더와 화성 로버에 각각 제공할 계획이다. CNES는 또한 DLR과 함께 JAXA의 MMX 미션을 위한 로버를 개발하고 있다. 또한 Moonshot Institute를 창설하여 달 생태계 구축을 지원하고 있으며, Nubbo와 함께 협력하여 달 생태계 전용 인큐베이터 TechTheMoon을 설립하였다.

프랑스는 또한 중국과 함께 2021년 발사될 SVOM 천문학 미션에 2개 장비를 제공하였으며, 2023년으로 예정된 Chang'e 6 달 미션의 랜더에는 프랑스 라돈 감지 장비가 탑재될 계획이다. 2025년에 예정된 인도의 Venus 미션에는 VIRAL 장비가 탑재될 예정이며, 2022년 예정된 UAE의 Emirates Lunar Rover에 CASPEX 카메라를 제공할 계획이다. 국내 프로그램은 Taranis와 같은 소규모 미션에 집중하고 있으며, CNES 및 과학 기관들은 ESA의 Cosmic Vision satellite(Euclid, Juice, PLATO, ARIEL, Athena)에 기여하고 있다.

□ 인도

인도는 대기과학, 천문학, 행성 탐사 등 분야에 참여하고 있으며, ISRO는 여러 대학 및 연구기관에 기술적 재정적 지원을 제공한다. 인도는 2008년 달 탐사 Chandrayaan-1, 2014년 Mars Orbiter, 2019년 Chandrayaan-2 미션 등을 수행했다. 태양 연구를 위한 Aditya-L1이 2022년으로 예정되어 있으며, XPoSat(X-ray Polarimeter Satellite) 미션 또한 2021년으로 예정되어 있다.

ISRO는 금성 탐사를 위한 여러 제안에 대한 타당성 연구를 수행중이며, 2020년 11월 Shukrayaan 금성 탐사 미션을 발표하였다. Shukrayaan은 NASA의 1989년 Magellan orbiter보다 4배 수준으로 향상된 SAR 탑재체를 통해 금성 표면 지도를 그릴 예정으로 ground-penetrating radar를 통해 최초로 금성의 지표면 아래를 매핑할 것이다.

인도는 또한 약 400km 저궤도에 20톤 규모의 독자 우주정거장을 전개할 계획이다. 이 정거장에는 3명의 우주인이 15-20일간 거주할 수 있을 예정이며, Gaganyaan 미션의 후속 미션으로 5~7년 뒤에 전개될 계획이다.

□ 캐나다

캐나다는 우주 탐사에 대한 장기적인 역사를 보유하고 있으며, 특히 우주 기반 로봇틱스, 광학 기기, 천체물리학에 대한 전문성을 바탕으로 다수의 국제협력 프로젝트에 참여하고 있다. 캐나다는 2021년 발사된 NASA JWST(James Webb Space Telescope)과 2020년 발사된 ExoMars 미션의 전문 하드웨어를 제작하였다. 또한 중국의 Chinese Academy of Sciences와 함께 우주 기상 관측 미션인 ESA의 SMILE(Solar Wind Magnetosphere Ionosphere Link Explorer) 프로젝트에도 참여하였다.

CSA는 성층권 오존 파괴물질 및 탄화수소를 측정하는 위성 SCISAT을 운영하고 있으며 북극 연구에 기여하고 있다. 캐나다는 또한 2023년에 발사될 OSIRIS-REx 소행성 샘플 회수 미션에서 레이저 고도계에 기여하여 회수된 샘플에 대한 4% 지분을 갖게 될 것이다. 또한 DRDC와 함께 2013년에 발사된 NEOSat 미션에도 기여하였다. CSA는 현재 달 표면 탐사에서 유인 거주 지원 및 로봇틱스 운영에 대한 미래의 기여에 대해 평가하고 있으며, CFI와 NSERC는 또한 천체물리학 연구를 비롯한 우주과학 및 탐사 R&D에 연방 기금을 지원하고 있다.

3. 지구관측 및 기상위성

□ 미국

미국(NASA)은 지구환경에 대한 이해, 농업 프로세스 개선, 재난 완화 노력 강화, 기후 변화 문제 해결 등을 주된 목적으로 하는 ESO(Earth System Observatory) 신규 시리즈 미션을 발표하였다. 또한 2023년 발사될 PACE(Plankton, Aerosol, Cloud, ocean Ecosystem) 프로그램과 CLARREO(Climate Absolute Radiance and Refractivity Observatory) Pathfinder 미션도 계속해서 수행하고 있다.

NOAA의 기상 프로그램으로는 NESDIS(National Environmental Satellite, Data, and Information Service), GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite), JPSS(Joint Polar Satellite System) constellation 등이 있으며, NASA, EUMETSAT, CNES가 Jason 시리즈에 협력하고 있다.



<그림> 미국의 지구관측 및 기상 프로그램

자료: NASA 및 NOAA 홈페이지

□ 중국

중국의 지구관측 프로그램은 최근 10년간 급격히 증가하였으며, Geofen, Gaojing, Ziyuan(또는 CBERS), Taogan 등의 지구관측 위성이 발사되었다. 2018~2019년 중국의 지구관측 분야 우주개발 예산이 정점에 달했을 것으로 추정되며, 점진적인 상업화를 추진한 결과 향후 중국의 지구관측 분야 민간 정부 우주개발 예산은 감소할 것으로 전망된다. 지구관측 분야에서 민간기업의 역할을 확대하는 대신 유인우주비행, 대형발사체 등 보다 대규모 우주개발 사업에 집중할 것으로 전망된다.

예를 들어 중국의 상업용 지구관측 회사 CGSTL은 2025년까지 138기의 지구관측 위성을 발사할 계획이며, 현재 25기 위성을 발사하였고, 2021년까지 60기의 위성을 발사할 계획이다. 중국의 국방부문 지구관측 프로그램으로는 Yaogan 시리즈가 대표적이며, 2006년 최초 발사 이후 50기 이상의 위성이 발사되었다. Gaofan 시리즈 또한 일부 국방 우주개발 예산이 투입되었으며, 2020년과 2021년 1분기에 11기 위성이 발사되었다.

□ 일본

일본의 JAXA는 차세대 지구관측 위성 시리즈 ALOS-3(Advanced Optical Satellite and Advanced SAR Satellite)를 개발 중이며 2021년과 2022년에 H-3 발사체로 발사될 것으로 예상된다. ALOS-3 광학 위성은 3톤 무게의 0.8m 해상도의 위성이다. JAXA는 또한 차세대 마이크로 라디오미터 AMSR3 위성을 2023년 발사할 계획이다.

일본은 국방 목적의 지구관측 위성에 더 많은 투자를 하고 있다. 1998년 북한의 탄도 미사일 발사 이후 IGS(Information Gathering Satellite) 프로그램을 시작하였으며, 이를 위해서는 최소 광학위성 2기, 레이더 위성 2기가 필요하다. 현재는 광학 3기, 레이더 3기 위성이 운영되고 있으며, 2003년 이후 총 18기의 IGS 위성을 발사하였으나 2기는 발사에 실패하였다. 2020년 2월 IGS Optical-7이 발사되었고, Optical-8, SAR-7, 8 위성이 2023년에 발사될 계획이다. 이들 위성은 CSISE(Cabinet Satellite Intelligence Center)에서 운영하고 있으며 현재 4기 IGS 위성과 2기 데이터 릴레이 위성, 4기의 전용 소형위성을 개발하고 있다.

□ ESA

ESA의 Living Planet 프로그램은 Earth Explorer 미션과 Earth Watch로 구성된다. Explorer 시리즈의 가장 큰 위성인 Aeolus는 2018년 발사되었으며, 글로벌 바람 관측(wind profile observation)을 수행한다. 향후 수행될 미션으로는 유럽과 일본이 협력하는 EarthCARE(2022), BIOMASS(2023), FLEX(2024) 등이 계획되어 있다.

Earth Watch 미션은 보다 사용자 커뮤니티에 의해 주도되며 벨기에의 QinetiQ가 개발하는 ALTIUS 위성은 2023년 발사되어 대기의 오존 및 가스의 집중도를 관찰할 예정이다. 다음 미션인 TRUTHS Airbus UK에서 타당성 및 사전개발 단계를 수행하고 있으며, 2026-2028년에 발사되어 기후 변화 예측을 향상시킬 것이다. Earth Watch의 일환으로 ESA는 장기 기후 데이터를 수집하는 Copernicus의 Sentinel Expansion 미션을 개발하기 위해 Thales Alenia Space, OHB, Airbus D&S와 계약을 체결하였다.

InCubed+ 프로그램은 상업용 지구관측을 위한 산업 혁신을 목표로 하고 있다. 또한 Eumetsat과 협력하여 극지방을 모니터링할 constellation의 프로토타입 위성인 Arctic Weather 위성을 개발할 예정이다.

□ 프랑스

프랑스는 SPOT, Pleiades 시리즈와 같은 광학 시스템을 주로 개발하여 왔으며, 차세대 Pleiades 프로그램인 CO3D를 2023년까지 개발할 계획이다. 이들 위성군은 50cm 해상도 영상을 제공하는 소형위성(minisatellite)으로 구성되며, Airbus와 PPP 방식으로 개발되며, dual-use로 사용될 계획이다.

CNES는 각각 CO2와 메탄 관측을 목적으로 하는 MicroCarb, Merlin(독일과 공동)을 개발하고 있으며, 미국과 함께 Jason-CS/Sentinel-6, SWOT 프로그램에도 참여하고 있다. Venus 후속으로 프랑스-이스라엘 파트너십이 지속되어 C3IEL 기후 연구 나노 위성 미션에서 CNES가 플랫폼을 제공하고 ISA가 탑재체를 제공할 계획이다.

□ 독일

독일의 지구관측 프로그램은 고해상도 레이더 기술을 기반으로 하고 있으며, DLR은 TerraSAR-X/TanDEM-X 프로그램을 Airbus D&S와의 PPP(Public-Private Partnership)로 개발하였다. 위성은 DLR이 소유하며 Airbus는 데이터 상업화를 담당한다. 지구관측 역량 강화를 위해 독일 최초의 hyperspectral 미션인 30x30-meter 지상해상도의 EnMAP을 개발하고 있으며 2022년 발사할 계획이다. DLR은 또한 CNES와 협력하여 2024년까지 MERLIN 메탄 감지 위성을 개발하고 있으며, LIDAR 장비를 공급할 계획이다.

Airbus D&S 독일은 Copernicus Sentinel-1 시리즈의 SAR탑재체를 제공하고 있으며, Sentinel-2, -9(CRISTAL)을 개발하고 있다.OHB는 Sentinel(CO2M)을 개발하고 있으며,

Sentinel 10, 11(CHIME, CIMR)의 장비를 공급할 계획이다. ESA의 'Space19+'계획에서 독일은 'Future EO'와 Copernicus 프로그램에 가장 많은 투자를 하고 있으며, InCubed+ 프로그램도 지원하고 있다. 기상분야에서는 MTG(Meteosat Third Generation)의 34% 지분을 보유하고 있으며, OHB가 SmallGEO bus를 공급하였다.

□ 이탈리아

이탈리아는 2019년 발사된 PRISMA는 천연자원 및 대기 특성을 모니터링하고 초분광 탑재체를 테스트하였다. 2017년 발사된 고해상도 광학 정찰 위성 OptSat 3000 위성은 이탈리아 국방부와 이스라엘 국방부가 합의한 오프셋 패키지의 일환으로 IAI에서 조달하였다. 2기의 2세대 COSMO-SkyMed SAR 위성이 2019년과 2021년에 발사되었다.

□ 인도

인도는 1988년 IRS(India Remote Sensing)-1A 위성 발사 이후 원격감시 서비스를 운영하고 있다. IRS 위성에는 다양한 지구관측 탑재체가 탑재되었으며 INSAT(India National Satellites) 위성 시리즈는 정지궤도로부터 구름의 움직임, 기후, 수증기 함량, 습도 등의 데이터를 제공하고 있다.

ISRO는 또한 Cartosat(Cartography), RISAT(Radar Imaging Satellite), Oceansat(Ocean and Atmosphere), Resourcesat(Remote sensing of natural resources) 등의 위성을 운영하고 있으며, 위성개발에는 Megha-Tropique, ARGOS, ALTIKA, CNES, EMISAT 등과 협력하였다. 인도는 독자적으로 현재 약 20기의 위성을 운영 중이며, 교체 위성을 계속 발사할 계획이다. ISRO는 NASA와 공동으로 SAR 지구과학 미션 NISAR를 개발하고 있으며 2023년 초 발사할 계획이다.

※ 참고자료

<표> 그 외 주요국 지구관측 위성 개발 현황

구분	개발 계획
아르헨티나	SAOCOM 위성은 지도 작성, 농업, 재난 감시를 위한 이탈리아와의 SIASGE constellation의 일부이며 현재 2기의 SAR L-band 위성이 Falcon 9으로 2018년과 2020년에 발사될. 해양 연안 지역 연구를 위한 CONAE와 브라질 IPNE의 공동 프로젝트인 SABIA-Mar 1위성을 2023년에 발사할 계획임
볼리비아	예산 문제로 ABE는 천연 자원 감시를 위한 지구관측 위성 프로젝트 Bartolina Sisa를 연기시킴

UAE	DubaiSat 1-3는 자국 EO 위성 제조 역량을 촉진하기 위한 프로그램의 일환이었음. 3번째 위성 KhalifaSat은 한국의 세트렉아이와 공동으로 설계하여 2018년에 발사되었음. 2013년 UAE 군은 Airbus D&S, Thales Alenia Space로부터 2기의 Falcon Eye 초해상도 광학 위성을 구입하였으며 한기는 발사 실패하였고 다른 한기는 2020년 발사에 성공하였음.
카자흐스탄	KazEOSat과 KazSTSAT에 이어 국방부와 항공우주 산업계는 국가 SAR 위성 KazSAR 위성 개발을 위한 파트너십 모색을 발표함
룩셈부르크	룩셈부르크는 2018년 600kg급 NAOS(National Advanced Optical System) 정찰 위성을 OHB Italia에 주문하였으며, 2023년 Vega 또는 Vega-C 로켓으로 발사할 예정임
나이지리아	나이지리아는 기술 이전 프로그램의 일환으로 SSTL로부터 3기 소형 광학 위성을 획득하였으며, SAR 위성의 구입을 검토 중임
파키스탄	2016년 SUPARCO는 고해상도 광학 위성 PRSS를 위해 CGWIC를 선정했으며, 2018년에 발사되어 후속으로 PRSS-2, -3 위성이 계획되어 있음. SUPARCO가 개발한 PakTES 1A는 2018년 발사되었으며, PakTES 1B는 개발 초기단계임
러시아	Kanopus-V, Kanopus-V-IK 지구관측 위성을 운영하고 있음. 천연자원 모니터링을 위한 Resurs-P 5기 위성 또한 운영 중이며, Resurs-PM 4기 위성으로 대체될 예정임. 그 외 고위도 지역 모니터링을 위한 Arktika constellation을 운영하고 있음. 재난 모니터링 및 지도제작을 위한 Obzor-R 레이더 위성이 계획되어 있으며, Bars-M 스파이 위성과 4기의 Razdan ELINT 위성, 3기의 Kondor-FKA 레이더 스파이 위성을 2030년까지 발사할 계획임
싱가포르	2015년 TeLEOS-1 발사에 이어 Singapore Technologies Electronics는 TeLEOS-2 750kg급 SAR 위성을 개발하기 위해 DSTA(Defence Science & Technology Agency)와 협력할 계획이며 2022년 발사될 예정임. NeuSAR 또한 현재 DSO National Laboratories에서 개발 중이며 2024년 발사될 예정임
스페인	스페인은 레이더(Paz)와 광학(Ingenio) 민군 양용 시스템을 보유하려 하고 있음. 2020년 Ingenio 1이 발사 중 파괴되었으며, Ingenio 2가 곧 발사될 예정임
대만	6기 Formosat-7 위성 constellation이 Formosat-3의 연속성을 위해 2019년 발사되었으며, Formosat-7R 위성이 2022년 발사될 예정임. NSPO는 6기 고해상도 광학 위성으로 구성된 Formosat-8 프로그램을 개발할 계획임
터키	터키의 항공우주 기업 Aselsan과 Tubitak이 SAR 위성 Gokturk-3를 개발하고 있으며 2023년 발사될 예정임
베트남	일본 제조사 NEC가 현재 X-band 레이더 LUTUSats을 개발하고 있으며, 2023년 발사될 예정임

출처: Euroconsult (2021) Satellites to be built and launched by 2030.

<표> 국가별 위성 발사 현황(2021)

구분	운용주체별					정지 궤도	궤도별			
	정부	국방	상업	민간 (대학)	합계		저궤도	중궤도	타원 궤도	합계
미국	15	25	1,145	6	1,191	4	1,186	1	-	1,191
영국	-	-	287	1	288	1	287	-	-	288

구분	운용주체별					궤도별				
	정부	국방	상업	민간 (대학)	합계	정지 궤도	저궤도	중궤도	타원 궤도	합계
중국	32	24	32	6	94	13	80	-	1	94
일본	2	-	9	7	18	1	17	-	-	18
캐나다	-	-	11	-	11	-	11	-	-	11
스위스	-	-	10	-	10	-	10	-	-	10
독일	1	-	3	6	10	-	10	-	-	10
프랑스	-	4	3	1	8	1	7	-	-	8
핀란드	-	-	7	-	7	-	7	-	-	7
러시아	1	3	2	-	6	2	2	-	2	6
룩셈부르크	-	-	5	-	5	1	4	-	-	5
ESA	2	-	2	-	4	-	2	2	-	4
이스라엘	3	-	-	1	4	-	4	-	-	4
아르헨티나	-	-	4	-	4	-	4	-	-	4
UAE	2	-	-	1	3	-	3	-	-	3
한국	1	-	-	2	3	-	3	-	-	3
브라질	2	-	1	-	3	1	2	-	-	3
네덜란드	-	1	2	-	3	-	3	-	-	3
터키	-	-	2	1	3	2	1	-	-	3
멕시코	1	1	-	1	3	-	3	-	-	3
이탈리아	-	-	-	2	2	-	2	-	-	2
스페인	1	-	1	-	2	-	2	-	-	2
노르웨이	1	-	-	-	1	-	1	-	-	1
모리셔스	1	-	-	-	1	-	1	-	-	1
튀니지	-	-	1	-	1	-	1	-	-	1
파라과이	1	-	-	-	1	-	1	-	-	1
Multinational	-	-	1	-	1	1	-	-	-	1
뉴질랜드	-	-	1	-	1	-	1	-	-	1
태국	-	1	-	-	1	-	1	-	-	1
사우디아라비아	-	-	-	1	1	-	1	-	-	1
불가리아	-	-	1	-	1	-	1	-	-	1
싱가포르	-	-	1	-	1	-	1	-	-	1
헝가리	-	-	1	-	1	-	1	-	-	1
호주	-	-	-	1	1	-	1	-	-	1
베트남	1	-	-	-	1	-	1	-	-	1
벨기에	-	-	1	-	1	-	1	-	-	1
쿠웨이트	-	-	-	1	1	-	1	-	-	1
합계	67	59	1,533	38	1,697	27	1,664	3	3	1,697

자료 : Union of Concerned Scientists(UCS) Satellite Database (기준 : 2022년 1월 1일)

<표> 분야별 위성 발사 현황(2021)

구분	통신	지구관측	우주과학 및 탐사	내비게이션	우주안보	기술	기타	합계
미국	1,060	83	6	1	6	34	1	1,191
영국	286	-	1	-	-	-	1	288
중국	10	61	3	-	-	19	1	94
일본	1	5	-	1	-	11	-	18
캐나다	10	-	1	-	-	-	-	11
스위스	10	-	-	-	-	-	-	10
독일	1	-	1	-	-	8	-	10
프랑스	1	6	-	-	-	1	-	8
핀란드	-	7	-	-	-	-	-	7
러시아	2	4	-	-	-	-	-	6
룩셈부르크	1	4	-	-	-	-	-	5
ESA	-	-	1	2	-	1	-	4
이스라엘	-	-	1	-	-	3	-	4
아르헨티나	-	4	-	-	-	-	-	4
UAE	-	2	-	-	-	1	-	3
한국	-	1	2	-	-	-	-	3
브라질	1	2	-	-	-	-	-	3
네덜란드	-	-	-	-	-	2	1	3
터키	2	1	-	-	-	-	-	3
멕시코	-	2	-	-	-	1	-	3
이탈리아	1	-	-	-	-	1	-	2
스페인	1	1	-	-	-	-	-	2
노르웨이	-	1	-	-	-	-	-	1
모리셔스	-	1	-	-	-	-	-	1
튀니지	-	-	-	-	-	1	-	1
파라과이	-	-	1	-	-	-	-	1
Multinational	-	-	-	-	-	-	-	1
뉴질랜드	-	-	-	-	-	1	-	1
태국	-	1	-	-	-	-	-	1
사우디아라비아	-	-	-	-	-	1	-	1
불가리아	-	-	-	-	-	1	-	1
싱가포르	-	-	-	-	-	1	1	1
헝가리	1	-	-	-	-	1	-	1
호주	-	-	-	-	-	1	-	1
베트남	-	-	-	-	-	1	-	1
벨기에	-	1	-	-	-	-	-	1
쿠웨이트	1	-	-	-	-	-	-	1
합계	1,389	187	17	4	6	90	4	1,697

자료 : Union of Concerned Scientists(UCS) Satellite Database (기준 : 2022년 1월 1일)

<표> 기상위성 개발 현황

구분	미국	유럽	중국	일본	인도	한국	러시아
기관	NOAA	Eumetsat	CMA	JMA	ISRO	KARI	Roscosmos
GEO 시스템	GOES	MSG/MTG	Feng Yun 2/4	Himawari	Insat	COMS/GEO-Kompsat	Elektro-L
LEO 시스템	NPP/JP SS	Metop 2G	Feng Yun 3, Yunhai	None	None	None	Meteor-M / Arktika-M (in HEO)

출처: Euroconsult (2021) Satellites to be built and launched by 2030.

4. 발사체

□ 미국

미국은 정부 국방 우주개발 예산에서 주로 발사체 분야에 투자하고 있다. 국방부는 발사 인프라인프라를 건설, 유지, 운영하고 있으며 NSSL(National Security Space Launch) 프로그램을 통해 계약을 수여하고 발사 역량 개발을 지원한다.

2018년 NSSL 1단계 프로그램에서 3개 발사체 공급자에게 22억 달러를 지원하여 제안된 발사 개념을 발전시키도록 하였으며 경쟁을 보장하였다. 2020년 NSSL 2단계에서는 2개 공급자를 선정하여 2022년~2027년 최대 34회 발사를 위한 ID/IQ(Indefinite delivery/Indefinite quantity) 계약을 수여하였다. 2022년에는 NSSL 발사체 상단의 역량을 발전시키고 궤도 수송 발사체의 프로토타입을 개발할 계획이다.

□ 중국

중국 또한 정부 국방 우주개발 예산으로 발사체 분야에 투자하고 있다. CASC는 2020년 34기를 발사하였고, 2021년에는 40기를 발사할 전망이며 주력 발사체로는 10기 이상의 발사가 예정된 LM-3B가 될 것으로 예상된다.

새로운 발사체 제품군을 개발하는데 주력하고 있으며 LM-2F가 2021년~2023년 사이 7기 발사될 것으로 예상되며 중국의 유인 우주비행(CLMSS) 프로그램을 위해 사용될 전망이다. 100톤급 발사체 Long March-9 또한 개발할 계획이며 2020년대 말 발사될 것으로 예상된다. 상업용 발사체 또한 중요한 역할을 할 것으로 전망된다.

CALT의 상업용 발사 자회사인 China Rocket은 Jielong-3 발사체를 2022년 발사할 계획이다. SSO궤도로 200kg까지 발사할 수 있었던 Jielong-1에 비해 발사무게가 1.5톤까지 향상될 전망이다.

□ 프랑스

프랑스는 정부 민간 우주개발 예산의 45%를 발사체 개발에 투자하고 있으며, ESA로 책임이 이전되기 전까지 Ariane program을 주도해왔다. 프랑스는 ESA 및 산업계와 함께 Ariane-6 개발을 위한 유럽의 자금지원을 주도하고 있다.

CNES는 비용절감과 재사용이라는 2개의 주요 목표를 가지고 차세대 발사체를 개발하려고 하고 있으며, 프랑스와 독일은 Ariane-6 개발을 위한 추가 자금을 지원하기로 합의했다. ESA의 FLPP(Future Launchers Preparatory Programme)의 일환으로 CNES는 재사용 액체 산소(oxygen)/액체 메탄(methane) 엔진 Prometheus를 개발하고 있으며, 2030년까지 유럽의 발사체에 사용될 계획이다. 재사용 1단계 demonstrator, Callisto(CALLISTO: Cooperative Action Leading to Launch Innovation for Stage Toss-back Operation)는 ESA의 LEE(Launcher Evolution Elements) 프로그램에 의해 개발되었으며, DLR과 JAXA 또한 이 프로그램에 참여하고 있다. CNES는 발사체의 전체 설계와 지상 지원 시스템을 담당하였다.

CNES는 또한 Prometheus에 의해 구동되는 저비용 1단계 demonstrator, Themis를 개발하고 있으며, Ariane Next에 사용될 것이다. 이 프로젝트에는 ArianeGroup의 미래 발사체 혁신 촉진을 위한 공공 이니셔티브인 ArianeWorks와 협력하고 있다. ArianeWorks는 혁신적인 스타트업, 연구소, 중소기업, 제조사 등이 참여하고 있으며 2019년에 창설되었다.

□ 일본

일본의 발사체 프로그램은 모든 국내 기관 미션을 효율적으로 수행하고 상업적 시장에서 경쟁력을 갖추는 것을 주된 목적으로 하고 있다. MHI(Mitsubishi Heavy Industry)는 정지궤도 발사체 H-2A(최대 6톤)와 저궤도 발사체 H-2B(최대 16.5톤)를 운영하고 있다. 기능을 확대하고 비용을 절감하기 위해 MHI와 JAXA는 차세대 발사체 H-3를 개발하고 있으며 정지궤도까지 최대 8톤의 발사능력을 제공할 예정이다.

H-3의 첫 발사는 2020년말로 예정되어 있었으나 주력 엔진과 관련된 문제로 2022년 또는 그 이후로 지연되었다. 해당 엔진은 액체 산소(oxygen)와 액체 수소(Hydrogen) 추진제를 사용한다. H-3는 글로벌 상업용 발사 시장에서 좀 더 경쟁력을 갖추기 위해 이전 로켓인 H-2A, H-2B와 비교하여 상당히 비용이 적게 들도록 설계되었다.

저비용에 높은 발사능력을 가진 재사용 유형의 시스템 개발을 위해 일본은 독일(DLR), 프랑스(CNES)와 비행 실험(CALLISTO: Cooperative Action Leading to Launch Innovation for Stage Toss-back Operation) 데이터를 축적하기 위해 협력하고 있다. 이 실험은 2022년 계획되어 있으며 비용절감을 위해 발사체의 1단을 재사용하는 것을 주된 목적으로 하고 있다.

□ ESA

ESA는 Ariane 5와 Vega를 개발하여 운용중이며, Roscosmos로부터 구매한 Soyuz또한 유럽에서 이용이 가능하다. 2015년 8월 ESA는 Ariane-6 차세대 발사체와 Vega-C evolution 개발에 대한 계약을 체결하였으며, 2022년 첫 발사가 예상된다. Ariane 6의 경우 개발 지연으로 인한 추가 지원금을 포함하여 총 38억 유로가 넘는 자금이 투입되었다.

Vega-E 등의 추가적인 개발은 FLPP(Future Launchers preparatory programme)으로 수행되며, 2025년까지 개발을 목표로 하고 있다. 이 발사체는 현재의 Vega 4단에 사용되는 우크라이나에서 제작한 Avum 엔진을 Avio가 제작한 cryogenic LOX/methan 엔진으로 대체할 것이다. ESA는 FFLP 프로그램을 보완하기 위해 재사용 가능한 Space Rider (in-orbit demonstrator), Prometheus(motor demonstrator), Themis(launcher demonstrator) 등을 개발하고 있다.

이러한 프로그램들은 새로운 우주 수송 시장 기회에 참여하는 것을 목적으로 하고 있으며, ESA는 또한 소형 발사체를 통해 민간이 주도하고 자금을 지원하는 우주 수송 서비스에 대한 제안을 지원하고 있다. 이에 대한 일환으로 2020년 ESA는 Commercial Space Transportation Service and Support program에서 독일의 발사체 스타트업에 50만 유로 계약을 수여하였으며, Guiana Space Centre를 보완할 새로운 발사장을 평가하고 있다.

□ 인도

인도는 PSLV(Polar Satellite Launch Vehicle), GSLV(Geosynchronous Satellite Launch Vehicle)를 통해 독자적인 발사역량을 보유하고 있다. PSLV는 인도 뿐만 아니라 각국의 위성을 높은 신뢰도 대비 낮은 비용으로 발사할 수 있으며, 2020-2021년 11회의 발사 미션을 성공적으로 수행하였다.

또한 ANTRIX와 NSIL을 설립하여 ISRO의 발사 서비스를 상업화하기 시작하였다. 인도 DoS(Department of Space)는 발사체 스타트업 Agnikul, Skyroot와 MOU를 체결하여 발사 시스템 개발 및 테스트를 위한 ISRO의 설비와 전문기술에 접근할 수 있도록 허용하였다.

인도는 또한 유인 우주비행 프로그램 등 다양한 요구사항을 지원하기 위한 대형 발사체, 재사용 발사체, semi-cryogenic 엔진 등을 개발하고 있다. ISRO는 유인 우주비행 등급을 충족하도록 인도의 대형 발사체 GSLV Mk III를 재설계하고 있으며, 10~500kg위 소형위성을 500km 저궤도로 발사 할 수 있는 SSLV(Small Satellite Launch Vehicle)를 개발하고 있다. 또한 재진입 시 비행기와 같은 원리를 사용하는 RLV(Reusable Launch Vehicle) 시스템을 개발하고 있다. SSLV와 RLV의 최초 시험 비행은 2021년으로 예정되어 있으나 다소 지연될 전망이다.

□ 인도네시아

인도네시아는 고체-연료 관측 로켓(solid-fuel sounding rockets) RX(Rocket Eksperimental) 시리즈를 개발하고 있다. 인도네시아 국립 항공 우주 연구소 LAPAN은 다양한 버전의 RX 관측 로켓을 개발해왔으며, 액체 추진 관측 로켓 Rukmini (RCX1H-1)또한 개발하고 있다. 2018년 인도네시아는 2040년까지 저궤도로 1톤 위성을 발사할 수 있는 발사체 개발 계획을 발표하였으며, 2020년에는 인도네시아 최초의 다단 로켓을 위한 자금조달을 시작하기도 하였다. 또한 적도 부근의 지리적 위치를 활용하여 Papua, Biak에 우주공항을 개발하려 하고 있으며, 2024년부터 첫 번째 다단 시험 비행을 수행할 계획이다.

※ 참고자료

<표> 대형 발사체(정지궤도) 개발 현황*		
국가	발사체	최초 발사 성공
미국	Atlas V	2002
	Falcon-9	2013
	Falcon Heavy	2018
	Vulcan	개발 중
	New Glenn	개발 중
	Starship	개발 중
	Firefly Beta	개발 중
	Neutron	개발 중
	Terran-R	개발 중
중국	LM-3B	1997
	LM-7	2016
	LM-5	2016
	LM-3A/B	1994/1997
유럽	Ariane 5	2005
	Soyuz-ST	2017
	Ariane 64	개발 중
	Ariane 62	개발 중
인도	GSLV Mk. II	2013
	GSLV Mk. III	2017
일본	H-2	2001
	H-3	개발 중
러시아	Proton-M	2001
	Angara 5	개발 중
	Soyuz 5 Irtys	개발 중
	Amur	개발 중

* 상업용 서비스가 가능한 발사체 기준
자료: Euroconsult (2021) Satellites to be built and launched by 2030.

<표> 중형 및 소형 발사체(저궤도/태양동기궤도) 개발 현황*

국가	발사체	최초 발사 성공
미국	Pegasus XL	1994
	Antares	2013
	Minotaur C	2017
	Astra Rocket 3.0	2021
	LauncherOne	2021
	Firefly Alpha	개발 중
	Terran 1	개발 중
	RS1	개발 중
중국	LM-4	1988
	LM-2D	1992
	Kuaizhou-1	2013
	LM-6	2015
	LM-11	2015
	Kaituozhe-2	2017
	Hyperbola-1	2019
	Jie Long 1	2019
	Jie Long 2/LM-11H	2019
	Ceres-1	2020
	LM-8	2020
	Kuaizhou-11	개발 중
	ZhuQue-2	개발 중
	ZK-1A	개발 중
	Hyperbola-2	개발 중
	TengLong-1	개발 중
	Pallas	개발 중
유럽	Vega	2012
	Vega-C	개발 중
이스라엘	Shavit-2	2007
인도	PSLV	1993
	SSLV	개발 중
	Vikram I	개발 중
	Agnibaan	개발 중
일본	Epsilon-2	2016
	Space One	개발 중
	Zero	개발 중

러시아	Start	1993
	Soyuz-2	2006
	Angara 1.2	개발 중
미국/뉴질랜드	Electron	2018
독일	RFA One	개발 중
	Spectrum	개발 중
	SL1	개발 중
한국	KSLV-2	개발 중
	Blue Whale-1	개발 중
	Hanbit	개발 중
스페인	Shavit-2	개발 중
프랑스	Zephyr	개발 중
아르헨티나	Tronador 2	개발 중
호주	Eris	개발 중
브라질/독일	VLM-1	개발 중
스페인	Miura 5	개발 중
영국	Prime	개발 중
우크라이나/캐나다	Cyclone-4M	개발 중

* 상업용 서비스가 가능한 발사체 기준

자료: Euroconsult (2021) Satellites to be built and launched by 2030.

IV. 국제협력을 통한 우주개발

각국의 정부 우주개발 프로그램들은 다양한 국제협력을 통해 수행된다. 특히 우주개발 선진국들의 경우 단독으로 수행하기 어려운 대규모의 고난도 우주개발 미션을 수행하기 위해 국제협력이 자주 활용되며, 신흥국들의 경우 자국 우주 인프라 구축 및 우주개발 역량을 확대하기 위해 교육훈련 등을 포함한 다양한 형태의 국제협력이 이루어지고 있다. 여기서는 몇 가지 주요 국제협력 프로그램 및 다양한 국제협력 사례들에 대해 간단한 개요와 각국의 협력 내용을 중심으로 살펴본다.

1. 주요 국제협력 프로그램 사례

□ Artemis Program¹³⁾

미국 NASA가 주관하는 유인 달 탐사 프로그램으로 민간기업 및 국제파트너와의 협력을 통해 2024년까지 최초의 여성, 유색인종 우주비행사를 포함한 유인 달 착륙 미션 이후 달의 남극 지역 탐사 및 달 기지 건설 등을 추진하고 있다. 이를 위한 각 구성요소는 다음과 같으며 SpaceX, Boeing 등 다수의 민간기업과 ESA, JAXA, CSA 등 국제파트너와의 협력으로 진행되고 있다.



<그림> 아르테미스의 주요 구성요소

출처: NASA 홈페이지

<표> 아르테미스 계획

미션명	목표
Artemis I	달 궤도 오리온 우주선과 SLS 로켓의 무인 비행 테스트
Artemis II	SLS 로켓과 Orion 우주선의 최초 달 궤도 유인 비행 테스트
Artemis III and Beyond	달과 달 궤도 유인 아르테미스 미션의 정기적인 주기를 계획 중

13) NASA 홈페이지

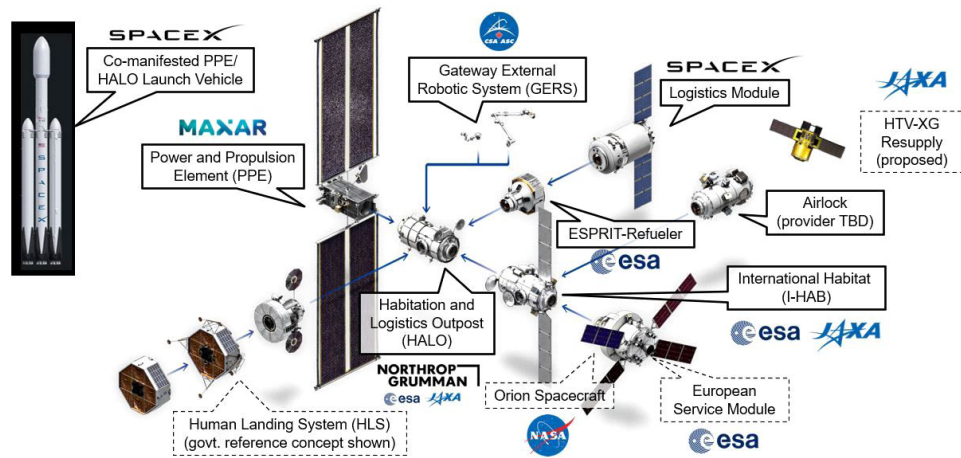
특히 국제적인 파트너십을 위해 다수의 국가들과 아르테미스 협정을 체결하고 있으며, 협정문에는 모든 인류를 위한 탐사, 과학 및 상업 활동을 촉진하는 안전하고 투명한 환경을 조성하기 위해 1967년 우주 조약에 근거한 원칙에 대한 공유된 비전을 설명하고 있다.

<표> 아르테미스 협정 원칙

구분	내용
평화적 탐험 (Peaceful Exploration)	Artemis 프로그램에 따라 수행되는 모든 활동은 평화로운 목적을 위한 것이어야 한다.
투명성 (Transparency)	Artemis Accords 서명자는 혼란과 갈등을 피하기 위해 투명한 방식으로 활동을 수행한다.
상호운용성 (Interoperability)	Artemis 프로그램에 참여하는 국가는 안전과 지속 가능성을 향상시키기 위해 상호 운용 가능한 시스템을 지원하기 위해 노력할 것이다.
긴급 지원 (Emergency Assistance)	중국과의 천문학 미션으로 프랑스가 2개 장비를 제공
우주 물체 등록 (Registration of Space Objects)	Artemis에 참여하는 모든 국가는 등록 협약에 서명하거나 신속하게 서명해야 한다.
과학적 데이터 공개 (Release of Scientific Data)	Artemis Accord 서명국은 전 세계가 Artemis 여정에 참여할 수 있도록 과학적 정보를 공개하기로 약속한다.
유산 보존 (Preserving Heritage)	Artemis Accord 서명국은 우주 유산 보존을 약속한다.
우주 자원 (Space Resources)	우주 자원의 추출 및 활용은 안전하고 지속 가능한 탐사의 핵심이며 Artemis Accord 서명자는 이러한 활동이 우주 조약에 따라 수행되어야 함을 확인한다.
활동에 대한 분쟁해소 (Deconfliction of Activities)	Artemis Accords 국가는 우주 조약에서 요구하는 대로 유해한 간섭을 방지하고 정당한 존중의 원칙을 지지할 것을 약속한다.
궤도 잔해 (Orbital Debris)	Artemis Accords 국가는 잔해의 안전한 처리를 위한 계획을 약속한다.

※ 협정 서명국: 호주, 바레인, 브라질, 캐나다, 콜롬비아, 이스라엘, 이탈리아, 일본, 룩셈부르크, 멕시코, 뉴질랜드, 폴란드, 한국, 루마니아, 싱가포르, 우크라이나, UAE, 영국, 미국

아르테미스 프로그램에서 가장 국제협력이 활발하게 진행되고 있는 구성요소는 게이트웨이 프로그램이다. 게이트웨이는 태양광 통신 허브, 과학 실험실, 우주비행사의 단기 거주 모듈, 로버 및 기타 로봇을 위한 보관 공간 등의 역할을 할 달 궤도의 소형 우주 정거장 미션이다. NASA, ESA, JAXA, CSA 등 국제 우주 정거장 파트너 기관들이 중심이 되는 다국적 협력 프로젝트로 2024년 이후 NASA의 Artemis 프로그램에서 매우 중요한 역할을 할 것으로 예상된다. 2012년 초기 제안은 Deep Space Habitat(DSG)였으나 2018년 Lunar Orbital Platform-Gateway(LOP-G)로 명칭이 변경되었다.







<그림> Lunar Gateway

자료: <https://www.nasa.gov/gateway/overview>

NASA는 Northrop Grumman, Space 등 여러 상업적 파트너들과 계약을 체결하여 게이트웨이에 필요한 PPE(Power and Propulsion Element), HALO(Habitation and Logistics Outpost), 물류 모듈, Orion 우주선 등의 개발에 집중하고 있으며, 나머지 모듈은 ESA, JAXA, CSA 등 국제 파트너와 협력하여 개발을 진행하고 있다.

<표> 게이트웨이 주요 모듈별 국제협력 현황

기관명	협력 내용
 NASA	<ul style="list-style-type: none"> - 동력 및 추진요소(PPE: Power and Propulsion Element) <ul style="list-style-type: none"> · 2019년 Maxar Technologies와 PPE의 개발, 제작, 우주에서의 시연을 지원하는 계약을 체결 · NASA의 Glenn Research Center에서 관리할 계획임 - HALO(Habitation and Logistics Outpost) <ul style="list-style-type: none"> · NASA의 NextSTEP 이니셔티브를 통해 Northrop Grumman이 거주 모듈을 개발하고 있음 · NASA의 Johnson Space Center에서 관리할 계획임 - Deep Space Logistics <ul style="list-style-type: none"> · 2020년 3월 NASA는 SpaceX와 Gateway Logistics Services 계약을 체결하여 Gateway에 화물 및 기타 물품을 공급하는 최초의 미국 상업 공급자로 발표함 - 초기 발사 <ul style="list-style-type: none"> · 2021년 2월 NASA는 SpaceX와 PPE, HALO에 대한 발사 서비스 계약을 체결함

 ESA	<ul style="list-style-type: none"> - 2019년 11월 거주 및 연료 보급을 포함하여 Gateway에 대한 기여를 지원하기 위한 승인 및 자금을 지원받음 - 2020년 10월 NASA와 거주 및 연료 보급 모듈 및 향상된 달 통신을 게이트웨이에 제공하는 계약을 체결함 - Orion 우주선을 위한 2개의 유럽 서비스 모듈(ESM: European Service Module)을 제공할 계획임 - 국제거주모듈(I-HAB: International Habitat)의 통합을 담당함 <ul style="list-style-type: none"> · JAXA의 생명 유지 시스템, NASA의 항공전자 및 소프트웨어, CSA의 로봇공학 등의 기여가 포함됨 - ESPRIT(European System Provide Refueling, Infrastructure and Telecommunication) <ul style="list-style-type: none"> · ESPRIT 모듈 구축에 Thales Alenia Space가 선정됨
 CSA	<ul style="list-style-type: none"> - 2019년 2월 캐나다는 Gateway에 참여할 의향을 밝혔으며, 2020년 11월 GERS(Gateway External Robotic system)에 기여하기 위한 Gateway 계약에 서명함 · 2020년 12월 CSA는 MDA와 차세대 로봇 팔을 포함한 게이트웨이의 외부 로봇 시스템 Canadarm3 제조 계약을 체결함
 JAXA	<ul style="list-style-type: none"> - 2019년 10월 일본은 Gateway에 참여하여 거주 구성 요소 및 물류 재보급에 기여할 계획을 발표 - 2020년 12월 NASA와 Gateway 파트너 계약을 체결 <ul style="list-style-type: none"> · I-HAB의 환경 제어 및 생명 유지 시스템, 배터리, 열 제어 및 이미지 구성요소 제공 · HALO용 배터리 제공 · HTV-XG 화물 재보급 우주선 제안

자료: <https://www.nasa.gov/gateway/overview>

<https://www.nasa.gov/press-release/nasa-european-space-agency-formalize-artemis-gateway-partnership>

<https://www.nasa.gov/press-release/nasa-canadian-space-agency-formalize-gateway-partnership-for-artemis-program>

<https://www.nasa.gov/press-release/nasa-government-of-japan-formalize-gateway-partnership-for-artemis-program>

또한 이들 국가 외에도 아르테미스 협약 서명국들과 각자의 사업을 아르테미스와 연계하거나 기여하는 형태로 다양한 국제협력을 추진하고 있다. 이탈리아의 경우 이탈리아 우주국(ASI)의 가압모듈에 대한 전문성을 활용하여 미국의 Northrop Grumman이 개발하는 HALO(Habitation and Logistics Outpost)에 기여하고 있다. 룩셈부르크 기반 iSpace Europe은 NASA로부터 Artemis 프로그램의 일환으로 2023년 달 남극 로봇 랜더를 통해 토양과 암석을 채취하는 계약을 수주하였다.

영국의 경우 SSTL 등 영국 기업들이 Lunar Gateway의 서비스 및 거주 모듈 제작 참여를 위한 계획, 설계 등 1단계 £16m 규모의 자금을 확보하였으며 ESA Moonlight 프로그램의 일환으로 SSTL은 미래 달 미션에 필요한 통신 및 내비게이션 서비스에 대한 연구를 주도하고 있다.

2019년 호주 정부는 산업계가 Artemis와 Lunar Gateway에 지원을 제공할 수 있도록 5년간 AU\$150m 규모의 투자를 발표하였으며 이후 NASA와 Artemis 협약을 체결하고, 호주가 제작한 소형 foundation service rover가 미래의 미션에 포함되도록 합의하였다.

일본은 2021년 1월 Artemis와 Lunar Gateway 프로그램에 참여하였으며 Gateway의 국제 거주 모듈(International habitation module)을 제공하고 Gateway 물류 재보급에 사용될 수 있는 HTV-X 화물 우주선을 업그레이드할 계획이다. 뉴질랜드는 2021년 5월 Artemis 프로그램에 참여하고 규칙, 규범, 표준 등을 발전시키려는 측면에서 우주자원에 관심을 보이고 있다.

□ JWST(James Webb Space Telescope) 2021¹⁴⁾




제임스 웹 우주 망원경은 총 비용 \$10B 규모의 우주과학 및 탐사 분야의 플래그십 미션으로 NASA와 ESA, CSA 등이 협력하여 개발하고 있는 적외선 천문학 관측을 위한 우주 망원경이다.

NASA, ESA, CSA는 1996년부터 해당 프로젝트에 협력해왔으며, 15개국의 수천 명의 과학자, 엔지니어 및 기술자가 JWST의 제작, 테스트 및 통합에 기여하였다. 총 258개의 기업, 기관 및 대학(미국: 142, 유럽 12개국: 104, 캐나다: 12)이 해당 프로젝트에 참여하고 있다.

미국이 천문학 및 천체물리학 연구를 위한 JWST 프로젝트를 주도하였으며, 후속으로 Nancy Grace Roman Space Telescope를 진행할 계획이다. 캐나다는 전용 하드웨어 제작을 담당하였으며 과학 데이터에 대한 액세스 권한을 획득하였다. 영국의 경우 MIRI 장비를 제작하는 유럽 컨소시엄을 주도하였다.

14) <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2020/nasa-s-webb-telescope-is-an-international-endeavor>

<표> JWST 협력내용

기관명	협력 내용
 NASA	- JWST 개발 주도 - NASA 고다드 우주 비행 센터(GSFC): 망원경 개발 관리 - 우주 망원경 과학 연구소(Space Telescope Science Institute): JWST 운영 - Northrop Grumman(주계약자), Ball Aerospace, L3Harris와 제작 계약 체결
 ESA	- NIRSpec 장비 - MIRI 장비의 Optical Bench Assembly - Ariane 5 ECA 발사체 - 운영 지원 인력 제공
 CSA	- 정밀유도센서(Fine Guidance Sensor) - Near-Infrared Imager Slitless Spectrograph - 운영지원인력 제공

□ SMILE(Solar Wind Magnetosphere Ionosphere Link Explorer)¹⁵⁾

SMILE은 유럽 ESA와 중국 CAS가 계획한 합작 투자(joint venture) 미션으로 태양풍과 지구 자기권 사이의 동적 상호작용에 대한 이해를 향상시키는 것을 주된 목적으로 한다. 이 미션은 2003년부터 2008년까지 수행된 유럽 ESA와 중국 CNSA 간 Double Star/Tan Ce* 과학 협력 미션의 성공에 이은 후속 미션이다.¹⁶⁾

* Double Star/Tan Ce: 2001년 7월 ESA와 CNSA가 유럽 실험을 중국 위성에서 수행할 수 있도록 하는 협정에 서명함으로써 공식적으로 승인되었으며, 공동 프로젝트의 명칭은 Double Star로 알려져 있으나, 발사 후 위성에 부여된 중국어 이름은 Tan Ce임. 중국은 2축 안정화 위성, 발사체, 과학 탑재체의 절반 정도를 제공하고, CNSA가 위성의 제어 및 중국 장비의 운용을 담당함. ESA는 8개의 과학 장비를 제공하고, 스페인 Villafranca의 ESA의 위성 추적 스테이션을 통해 매일 4시간 동안 지상 부문을 지원함

Double Star 미션과는 달리 처음부터 공동 미션으로 구상되었으며, 2015년 1월 유럽 ESA 과학 및 로봇 탐사국과 중국 과학원(CAS) 산하 국가우주과학센터(NSSC)가 공동 제안 요청(Joint Call)을 발표하였다. 2016년 초 연구단계 이후 2019년 3월 ESA 과학 프로그램 위원회(SPC)가 이를 채택하여 이후 4년 동안 탑재체 및 위성의 개발을 구현할 계획이다.¹⁷⁾



SMILE 위성은 2023년 유럽의 Vega-C 또는 Ariane 6-2로 발사된 후 지구 주위 타원형 궤도를 돌게 되며, 4개의 과학 탑재체를 탑재한 위성(2200kg)을 통해 3년간 궤도 당 40시간 이상 태양풍이 자기권에 미치는 영향을 관찰할 계획이다.

15) <https://sci.esa.int/web/smile/-/61191-esa-gives-go-ahead-for-smile-mission-with-china>

16) <https://sci.esa.int/web/double-star/-/31490-summary>

17) <https://sci.esa.int/web/smile/-/59137-summary>

<표> SMILE 협력내용

기관명	협력 내용
 ESA	<ul style="list-style-type: none"> - 탑재체 모듈, 위성 테스트 시설, 발사체, 발사 캠페인, 주요 지상국을 담당 - 산업계와의 계약을 통해 페이로드 모듈 구축(유럽 내 조립 및 테스트 포함) - SXI(Soft X-ray Imager) 장비: 영국 레스터 대학 및 유럽 기타 기관에서 개발, 제조 및 보정을 담당, 소프트웨어는 NSSC와 협력하여 개발, CCD는 ESA에 의해 영국 e2v에서 조달 - UVI(Ultra-Violet Imager) 장비: 캐나다 캘거리 대학, 중국 국립 우주 과학 센터, CAS, 중국 극지 연구소(PRIC), 벨기에 CSL(Center Spatial de Liège)의 합작 투자
 NSSC/CAS	<ul style="list-style-type: none"> - 위성 플랫폼, 위성 테스트, 미션 및 과학 운영을 담당 - IAMC(Innovation Academy for Microsatellites)/CAS에서 플랫폼 구축 - LIA(Light Ion Analyzer) 장비: 중국 국립 우주 과학 센터, CAS, 영국 UCL-MSSL (University College London's Mullard Space Science Laboratory), 프랑스 LPP(Laboratoire de Physique des Plasmas)의 합작 투자 - MAG(Magnetometer) 장비: 중국 국립 우주 과학 센터, CAS, 오스트리아 과학 아카데미 우주 연구소(Space Research Institute, Austrian Academy of Sciences)의 합작 투자

자료: <https://sci.esa.int/web/smile/-/59140-instruments>

□ Jason 3¹⁸⁾¹⁹⁾²⁰⁾

Topex/Poseidon(1992), Jason-1(2001), Jason-2(2008)의 후속 미션으로 고정밀 해양 고도 데이터 기록을 확장하고 기후 모니터링, 운영 해양학 및 계절 예측을 지원하는 NASA, CNES, NOAA, EUMETSAT 간의 국제 협력 미션이다. 이전의 Topex/Poseidon과 Jason-1은 NASA와 CNES 간의 협력 미션이었으며, Jason-2부터 추가 파트너에 NOAA와 EUMETSAT이 포함되기 시작하였다.

Jason 3의 운영기관인 NOAA와 EUMETSAT이 전체 프로그램을 주도하고 위성 운영 및 데이터 처리에 대한 책임을 공유한다. NOAA는 발사 서비스, 마이크로파 복사계 및 정밀 궤도 결정 구성요소(예: GPS, LRA)를 제공한다. EUMETSAT은 위성, 고도계 및 부가적인 정밀 궤도 구성요소를 제공한다. CNES는 현물 기여 및 기술 수준에서 시스템 조정자 역할(위성 플랫폼, 시설 및 인적자원 제공 등)을 담당한다.

NASA는 다른 세 파트너와 함께 과학 팀 활동을 지원하고, NOAA가 제공한 기기 및 발사서비스를 위한 우주 부문 획득 및 개발 대리인 역할을 한다. NOAA는 NASA의 자금을 포함하여 1억 7,700만 달러를 기여하였고, 운영을 위한 유럽위원회(EC)의 자금 지원을 포함하여 EUMETSAT은 1억 1,000만 유로(1억 1,900만 달러), CNES는 6,300만 유로(6,800만 달러)를 기여하였다.

18) <https://sealevel.jpl.nasa.gov/missions/jason-3/summary/>
19) <https://www.aviso.altimetry.fr/en/missions/future-missions/jason-3.html?id=601&L=0>
20) <https://www.nesdis.noaa.gov/current-satellite-missions/currently-flying/jason-3/jason-3-mission>

□ SABIA-Mar mission

아르헨티나(CONAE)와 브라질(AEB)이 협력하여 개발하는 2기 위성 시스템으로 해양 표면 모니터링, 해양 생태계, 탄소 순환 및 해양 서식지 연구 등을 주된 목적으로 한다. 초기에는 아르헨티나가 탑재체를 공급하고 브라질이 위성 버스를 공급하여 2기의 동일한 위성을 만들기로 하였으나, 2016년 CONAE는 아르헨티나가 SABIA-MAR 1을 제작하고 브라질이 SABIA-MAR 2를 제작하는 새로운 계약을 발표하였다. SABIA-MAR 1은 아르헨티나 기업 INVAP가 제작하여 2023년에 발사할 예정이다.

□ CBERS(China-Brazil Earth Resources Satellite)²¹⁾²²⁾

중국 CAST와 브라질 INPE간 지구관측 위성 개발 및 운영을 위한 협력 프로그램이다. 1988년부터 시작된 중국(CAST)과 브라질(INPE)의 국제 협력 프로그램으로 1세대 위성인 CBERS-1, -2, -2B는 1999, 2003, 2007년에 발사되었으며, 브라질의 기여분은 1세대의 경우 약 30%에서 2세대의 경우 50%로 증가하였다. CBERS-4와 CBERS-4A는 각각 2014년과 2019년에 발사되었으며, 브라질의 EO 위성 엔지니어링 및 데이터 처리 역량 개발에 전략적인 도움을 주었다.

□ ExoMars(Exobiology on Mars)²³⁾

유럽 우주국(ESA)과 러시아 Roscosmos의 공동 우주 생물학 프로그램으로 과거 생명체의 흔적을 찾기 위해 화성의 물과 대기 중 미량 가스 및 그 출처를 조사하고, 미래의 화성 샘플 회수 미션을 위한 기술을 입증할 계획이다. 4기의 우주선(착륙선 2기, 궤도선 1기, 로버 1기)으로 구성되며 Proton 발사체로 2회에 걸쳐 발사될 계획이다.

2013년 3월 ESA와 Roscosmos가 ExoMars를 위한 파트너 계약을 체결하였으며, ESA는 메탄 및 기타 대기 가스의 존재를 연구할 TGO(Trace Gas Orbiter)와 화성에 착륙하여 후속 미션에 제공할 기술을 입증할 EDM을 개발할 계획이다. 러시아는 decent module과 surface platform, 2기 Proton 발사체를 제공할 계획이었으나 2022년 3월 17일 ESA는 러시아의 우크라이나 침공으로 미션을 중단하였다.

21) <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cbers-1-2>
22) Euroconsult (2021) Government Space Programs.
23) ESA 홈페이지

유럽 우주국(ESA)과 러시아 Roscosmos의 공동 우주 생물학 프로그램으로 과거 생명체의 흔적을 찾기 위해 화성의 물과 대기 중 미량 가스 및 그 출처를 조사하고, 미래의 화성 샘플 회수 미션을 위한 기술을 입증할 계획이다. 4기의 우주선(착륙선 2기, 궤도선 1기, 로버 1기)으로 구성되며 Proton 발사체로 2회에 걸쳐 발사될 계획이다.

2013년 3월 ESA와 Roscosmos가 ExoMars를 위한 파트너 계약을 체결하였으며, ESA는 메탄 및 기타 대기 가스의 존재를 연구할 TGO(Trace Gas Orbiter)와 화성에 착륙하여 후속 미션에 제공할 기술을 입증할 EDM을 개발할 계획이다. 러시아는 decent module과 surface platform, 2기 Proton 발사체를 제공할 계획이었으나 2022년 3월 17일 ESA는 러시아의 우크라이나 침공으로 미션을 중단하였다.

<표> ExoMars 협력내용

기관명	협력 내용	발사년도
 ESA	ExoMars TGO(Trace Gas Orbiter), Schiaparelli EDM 착륙선	2016
	Rosalind Franklin 로버, Kazachok 착륙선의 다양한 장비	2022
 Roscosmos	Proton 발사체, TGO의 2개 장비 패키지	2016
	Proton 발사체, Kazachok 착륙선	2022

※ 참고자료

<표> 그 밖의 우주개발 국제협력 사례²⁴⁾

구분	내용
Earth Observing Dashboard	ESA, NASA, JAXA가 협력하여 온실 가스 방출에 대한 Covid-19의 영향을 관측함. 건강, 경제와 관련된 주요 지표를 모니터링하기 위해 선적 창고의 상품재고, 상업 센터의 자동차 수 등의 EO 데이터를 사용함
Trishna ²⁵⁾	Megha-Tropiques(2011), Saral-Altika(2013)에 이어 인도(ISRO)와 프랑스(CNES)가 협력하여 개발하는 3번째 공동 미션으로 열적외선 지구 표면 관측을 주된 목적으로 함 Airbus가 thermal-infrared 장비를 개발
C3IEL	프랑스-이스라엘이 협력하는 기후 연구 나노위성 미션(2~3기)으로 CNES가 플랫폼을 제공하고 ISA가 탑재체를 제공할 예정임
InSight lander	미국의 US InSight lander에 seismometer 장비 제공
MMX(Martian Moons exploration mission)	JAXA의 MMX 미션에 CNES와 DLR이 공동으로 로버 개발에 참여
SVOM	중국과의 천문학 미션으로 프랑스가 2개 장비를 제공

24) Euroconsult (2021) Government Space Programs.
25) <https://optimizeias.com/trishna-mission>

Chang'e-6 lunar mission	중국의 달 탐사 미션의 랜더에 프랑스의 라돈 감지 장비가 탑재될 계획임(2023)
Venus	인도의 Venus 미션에 프랑스가 VIRAL 장비 제공
Emirates Lunar Rover(2022)	UAE 달 로버 미션에 CNES가 CASPEX 카메라 제공
Russian Spektr-RG observatory	독일이 러시아 관측소에 telescope 제공
PLATO observatory(2026)	DLR이 국제 컨소시엄 주도
small Destiny+ asteroid mission	일본과 cosmic dust analyzer 협력
MERLIN(2024)	CNES와 DRL의 협력하여 진행하는 메탄 감지 위성 프로젝트로 DLR이 LIDAR 장비를 제공
CSO(Optical Space Component) 프로그램	Helios 후속 프랑스-독일의 협력 프로그램으로 독일이 프랑스가 제작하는 3번째 위성을 위해 약 €200m를 지원하고 전체 constellation의 20%의 시간에 대한 접근 권한을 받음
M-Argo mission	룩셈부르크는 ESA의 GSTP(General Support Technology Program)에 기여하고 있으며, 2019년 GomSpace Luxembourg는 2024-2025년 발사될 M-Argo 미션의 Phase A 설계에 대한 €400,000의 계약을 체결함. M-Argo는 소행성을 탐사할 최초의 나노위성에 될 예정임
Atlantic Constellation	스페인과 포르투갈이 협력하여 2025년까지 해양 및 산림을 모니터링할 16기 소형 EO 위성 constellation을 발사할 계획이며, 스페인이 약 €2.5m의 예산을 투입함
CSO 정찰 위성 프로그램	프랑스의 고해상도 정찰 위성 프로그램으로 벨기에, 독일, 이탈리아, 스웨덴, 스위스가 데이터 접근에 대해 합의함. 스위스의 경우 시스템 프로그램 권한의 2%를 받았으며, 매일 촬영된 영상의 2%에 액세스 할 수 있고, 프랑스가 관리하는 데이터 아카이브에 액세스 할 수 있음
BROS(Binational Radiofrequency Observation Satellite)	2015년 전략적 국방 연구 협력에 합의하였고 그 결과 2개의 네덜란드 기술 혁신 센터 TNO, Royal NLR과 Norwegian Defence Research Institute는 우주 기반 관측 시스템 시연 미션 BROS를 개발하기로 하였음. BROS는 MilSpace2 프로젝트(Military Use of Space) 프로젝트의 일환으로 2기의 동일한 저궤도 6U 큐브위성(Bikeland, Huygens)으로 구성된다. 위성은 NanoAvionics가 제작하여 2022년 2분기에 발사할 예정으로 네덜란드와 노르웨이가 각각 50%(\$2m)의 자금을 지원함
BKA-2	벨라루스의 두 번째 지구관측 위성으로 러시아와 협력하여 개발하고 있음
Baiterek project	2004년 카자흐스탄 Beikonur의 발사 설비를 2050년까지 러시아에 대여해 주는 계약(연간 \$115m)을 체결하였음. 2020년 7월, 러시아의 발사체 및 우주기업 Energia는 JV Baiterek과 서비스 공급 및 개발 지원을 위한 계약을 체결하였고, 러시아는 Zenit-M 발사체 기반시설을 기반으로 발사할 수 있는 Soyuz- 5, 6 로켓을 개발하고 있음
Light-1	바레인 NSSA와 UAE 우주국과의 협력 프로젝트인 큐브위성으로 2021년 12월에 SpaceX 발사체를 통해 ISS로 발사됨

SHALOM project	이스라엘과 이탈리아가 협력하여 개발할 계획인 토지 및 해양 지구관측 위성 프로젝트. 2.5m 해상도의 hyperspectral 위성으로 정의 단계(definition phase)에 있음. 이스라엘(ASI)은 플랫폼(OPTSAT-3000)을 제공하고 이탈리아(ASI)가 탑재체를 제공할 계획임. SHALOM은 상업용 서비스를 통해 이탈리아의 PRISMA 위성 시스템을 확대할 전망이며 2025년 운영이 시작될 계획임
VENUS	이스라엘과 프랑스가 협력하여 개발하는 multispectral microsatellite로 2017년에 발사됨 ISA(Israel Space Agency)는 위성 버스(TecSAR 기반)와 위성 통제 센터를 담당하고, CNES는 10m 해상도 카메라와 프랑스의 미션 통제 센터를 담당함
CloudCT	이스라엘의 Technion Institute of Technology가 주도하는 구름 단층촬영을 통한 기후예측 개선을 목표로 하는 10기 microsat constellation 프로젝트. 이스라엘의 Weizmann Institute of Science, 독일의 German Center for Telematics와 협력하며 ERC(European Research Council)로부터 2019년 €14m을 지원 받았으며 2025년에 발사될 계획임
813	UAE가 주도하는 아랍 우주 협력 그룹(Arab Space Cooperation Group)의 첫 번째 프로젝트로 토양, 광물, 식물을 모니터링하고 온실 가스, 먼지 수준 및 오염을 측정하는 저궤도 multi-spectral 위성을 제작 및 발사할 계획임. UAE가 전액을 지원하고 아랍에미리트 대학의 국립우주과학기술센터 내 협력 그룹에 참여하는 지역 엔지니어들이 개발할 예정으로 2024년 발사할 계획임
NISAR	ISRO와 NASA의 공동 개발 SAR 지구과학 미션
LOTUSat 프로젝트	2019년 10월 계약을 체결한 레이더 위성 프로젝트로, 일본 국제협력기구(JICA: Japanese International Cooperation Agency)가 할당한 지원 기금을 통해 대부분의 자금을 지원받음. 관련 지상 시스템의 구축과 베트남 기술 역량을 높이기 위한 위성 개발 프로세스 관련 현지 인적 역량 구축 프로그램 등이 포함됨. LOTUSat-1은 일본의 NEC가 제작하고, 5년간 운용 후 LOTUSat-2 위성은 베트남에서 제작될 예정임. 베트남은 기후변화 및 자연재해 예방을 위해 국제협력을 통한 EO 역량 획득 전략을 추구해오고 있음
THEOS-2	2018년 태국은 Airbus D&S로부터 50cm 광학 고해상도 위성 THEOS-2 HR을 조달하여 2022년 발사할 계획이며, 저해상도 소형위성 THEOS-2 LR은 SSTL의 감독 하에 태국에서 제작될 계획임. 계약에는 최대 500kg 위성에 적합한 AIT(Satellite Assembly, Integration and Test) 시설의 건설이 포함되며 광범위한 기술이전 패키지와 현지 공급업체의 참여를 포함하고 있으며, GISTDA는 Pleiades, SPOT, TerraSAR-X, TanDem-X로 구성된 광학 및 레이더 위성 constellation에서 수집한 영상을 지리 정보 시스템에 제공할 수 있음. 또한 과학 혁신 프로그램의 일환으로 Airbus D&S와 mu Space company는 태국에서의 위성 부품 및 우주 기술 개발 협력을 위한 계약을 체결함

2. 그 밖의 국가 또는 기관 간 국제협력 사례

□ 케냐

케냐는 1964년부터 이탈리아의 위성 발사 및 추적 기지 BSC(Broglio Space Center)를 주최하였으며, 현재는 발사시설이 사용되고 있지는 않으나 여전히 위성 및 발사체의 TT&C 및 천문 위성으로부터의 과학 데이터 수집을 제공하고 있다.

2012년 종료되었던 ASI와의 새로운 5년 협정이 2020년 10월 갱신되면서 ASI는 케냐 정부에 KES25m(\$0.25m)을 지불하고, 케냐는 발사 서비스를 포함하여 시설에서 제공하는 상용 서비스에 대한 제3자와의 계약 수익의 절반을 받게 되었다. 또한 협정에는 케냐 우주국(KSA)에 대한 지원, 지구관측을 위한 현지 센터 설립, 지구관측 및 과학 데이터에 대한 접근, 훈련 및 교육 활동, 원격 진료 등 5가지 구현 프로토콜이 포함된다.

그밖에 영국과의 국제협력을 통해 영국 EO4SAS(Sustainable Aggregate Supply) 프로그램에 액세스 할 수 있으며, 지구관측 위성위원회(Committee on Earth Observation Satellites)와 함께 농업, 물 접근 등과 관련된 문제를 지원하는 지구관측 데이터 및 위성기술을 활용하는 지구인 ARDC(Africa Regional Data Cube)에 참여하고 있다.

□ 르완다²⁶⁾

르완다 최초의 위성을 개발 및 발사하기 위해 2018년 JAXA, 2019년 OneWeb과 협력 계약을 체결하였다. 2019년 11월 20일 일본 JAXA와의 협력으로 개발된 Rwasat-1 큐브위성(3U)이 발사되었다. 농업 모니터링을 위한 2기의 카메라와 지상 기반 센서용 수신기가 탑재되었으며 15명의 르완다 엔지니어와 함께 도쿄 대학에서 개발되었다.

2019년 2월 27일 두 번째 르완다 위성 Icyerekezo는 OneWeb constellation 중 하나로 Soyuz-ST-B Fregat-M 발사체를 통해 발사되었으며, 르완다 정부는 외지의 학교에 인터넷 제공을 위한 목적으로 OneWeb과 제휴하였다.

□ 인도-러시아

인도는 Roscosmos 자회사 Glavcosmos와 계약에 따라 GCTC(Gagarin Research & Test Cosmonaut Training Center)에 있는 러시아 우주인 훈련 시설을 활용하여 러시아에서 우주 비행사를 훈련하고 있다. 여기에는 인도 우주비행사 4명의 선발, 지원, 건강진단, 우주 훈련 등의 협력이 포함된다.

26) <https://spacegeneration.org/regions/africa/rwanda>

□ 모로코

전략적 위치와 상대적인 안정성과 발전을 기반으로 항공우주산업의 외국인 투자를 유치하고 있으며 100개 이상의 유럽 및 미국 기업이 공급망의 다양한 단계에서 사업을 구축하고 있다. 2021년 7월 우주기후관측소(SCO: Space Climate Observatory)의 33번째 협정 서명국이 되었으며, 아랍 우주 협력 그룹(Arab Space Cooperation Group) 현장에도 서명하였다. 아랍 우주 협력 그룹은 UAE 우주국이 의장을 맡고 있으며 14개 회원국 간의 공동 프로그램을 시작하고, 기술과 역량을 공유하여 지역의 우주 부문을 강화하는 것을 목표로 하고 있다.

<표> 아랍 우주 협력 그룹 회원국 현황

구분	국가명
회원국(14)	알제리, 바레인, 이집트, 이라크, 요르단, 쿠웨이트, 레바논, 모리타니, 모로코, 오만, 사우디아라비아, 수단, 튀니지, UAE

□ 튀니지²⁷⁾

2017년 Airbus Safran Launchers, Telnet Holding과 협력하여 AIT(Assembly, Integration and Test Center) 센터 건설하기로 하였다. 민관합작으로 자체 초소형 위성을 생산 및 테스트 할 수 있는 능력을 제공하고, 국내 및 상업적 요구에 초점을 맞춘 우주 부문의 교육 및 산업 생태계 개발 등을 목표로 하고 있다.

2019년 6월 인도와 공동연구, 기술 및 지식 교환, 역량개발을 위한 협력을 위한 MoU를 체결하였다. Telnet 그룹이 개발한 튀니지 최초의 현지 제작 위성인 Challenge-10이 2021년 3월 발사되었다.

그밖에 중국의 BeiDou Navigation Satellite System의 첫 해외 센터인 BDS/GNSS Center가 2018년 튀니지에서 공식 출범하였다. 중국의 GNSS, BeiDou의 글로벌 채택을 촉진하기 위해, 중국과 아랍 연맹(Arab League) 산하 아랍 정부 기관인 튀니지 기반 아랍 정보통신기술기구(AICTO: Arab Information and Communication Technology Organization) 간의 파일럿 프로젝트로 설립되었다.

□ ISRO-CNES

유인 우주비행 프로그램에 대한 공동 워킹 그룹을 통해 우주 의학 분야에 대한 협력을 심화하고 있다.

27) Euroconsult (2021) Profiles of Government Space Programs.

□ 파키스탄-중국

국방 및 전략적 협력의 일환으로 중국은 2020년 파키스탄에 BeiDou 지원 CORS (Continuously Operating Radar Station) 네트워크를 구축하기로 합의하였다. 또한 SUPARCO(Space & Upper Atmosphere Research Commission)에 Beidou 시스템을 모니터링하기 위한 스테이션을 설립하고, 중국 위성항법국(CSNO)과 SUPARCO는 2013년 위성항법 분야 협력 협약을 체결하였다.

□ 베트남-일본

베트남 VNSC(Vietnam National Space Center) 엔지니어들은 일본과 협력하여 베트남에서 제작된 위성 개발을 목표로 위성 기술 개발에 참여하였으며, 원격 감시 장비를 탑재한 50kg 급 MicroDargon demonstrator가 2019년 발사되었다. AIS 장비를 탑재한 3U 큐브위성 NanoDragon 위성을 2021년 11월에 발사하였고 더 큰 대형위성의 개발은 10년 이상이 소요될 것으로 전망된다.

□ 그리스(HSA)-미국(NASA)

2019년 그리스는 NASA와 로봇 차량을 달에 보내기로 합의하였다.

□ 헝가리-프랑스

2020년 헝가리는 프랑스와 젊은 헝가리 전문가들이 CNES 프로젝트에 참여하여 지식을 쌓을 수 있도록 합의하였다.

□ 러시아-중국

Lunar-27과 Chang'e 7 미션을 조정하고 통합데이터 센터(United Data Center for Exploration of the Moon and Outer Space)를 설립하기로 합의하였다. 2021년 4월 중국의 IRLS(International Scientific Lunar Station)프로젝트 창설 협력에 관한 성명이 채택되었다.

□ 스웨덴-프랑스

스웨덴은 프랑스와의 양자 협력의 일환으로 SPOT 프로그램의 개발에 기여하고 Pleiades 시스템의 3% 지분을 갖게 되었다. 2015년에는 스웨덴 Kiruna의 데이터 수신 스테이션을 제공하는 대신 스웨덴이 프랑스 군용 지구관측 프로그램인 CSO reconnaissance 시스템에 접속할 수 있게 하는 계약을 체결하였다.

□ 룩셈부르크-프랑스

2021년 우주 자원과 관련된 활동에 초점을 맞춘 기존의 협력 계약을 갱신하였다.

□ SGDC(Geostationary Defense and Strategic Communication Satellite)

브라질 정부와 군이 사용하는 이중용도 정지궤도 통신위성으로 PNBL(NAtional Broadband Plan)을 통해 브라질 국방부에 보안 전략 국방 통신을 제공하고 통신부에 광대역 서비스를 제공하였다. 브라질의 다국적 항공우주 제조회사 Embraer Defense & Security와 브라질의 통신회사 Telebras Telecomunicações Brasileiras의 합작 투자 회사인 Visiona Tecnologia Espacial가 운영한다.

브라질 우주국(AEB)은 2013년 Thales Alenia Space와 기술 이전 계획에 대한 MOU를 체결하여 자체 우주 프로그램 개발을 지원하였다. Visiona Tecnologia Espacial은 2013년 11월 SGDC 위성 프로그램을 위해 Telebras와 약 \$570m 규모의 계약을 체결하였다. 2013년 12월 Thales Alenia Space는 Visiona Tecnologia Espacial을 주계약자로 임명하여 SGDC 위성 및 지상 부문을 건설하고 궤도 측위 및 궤도 내 테스트를 감독하였다.

계약의 일환으로 Thales Alenia Space는 브라질 우주국(AEB)과 협력하여 브라질 운영자를 위한 전체 교육 및 운영 지원을 제공하였으며, 이 프로그램에는 국립 우주 연구기관 INPE와 브라질 국방부도 포함된다. Thales Alenia Space는 브라질 San José dos Campos technology park에 현지 회사를 설립하였다.²⁸⁾

1번째 위성은 브라질 공군(FAB)의 검토투를 거쳐 2015년 제조 승인을 받아 2017년 Arian 5 발사체로 발사되었으며, 2번째 위성은 2022년 이전에 발사될 예정이었으나 비용 및 조달 계약 문제 등으로 연기되었다.

□ APSCO(Asia-Pacific Space Cooperation Organization)²⁹⁾

베이징에 본사를 둔 2008년 출범한 정부 간 기구로 아시아 태평양 지역의 신흥국을 위한 우주 분야 협력 메커니즘을 제공한다. 우주 과학, 우주 기술 및 우주 어플리케이션 분야의 자원 공유를 통해 회원국들의 역량 구축을 촉진하는 다자간 협력을 촉진하고 있다.

<표> APSCO 회원국 및 주요 협력 내용

구분	국가명
회원국	방글라데시, 중국, 이란, 몽골, 파키스탄, 페루, 태국, 터키
서명국	인도네시아
옵저버 국가	멕시코

28) Euroconsult (2021) Government Space Programs.

29) <http://www.apsco.int/html/comp1/content/WhatIsAPSCO/2018-06-06/33-144-1.shtml>

◦ 데이터 공유 네트워크

- 2012년 회원국 간 무료 데이터 공유를 위한 데이터 공유 서비스 플랫폼(DSSP: Data Sharing Service Platform)을 시작하였으며, 자원은 중국, 이란, 파키스탄, 페루, 태국, 터키에서 제공됨. 기상 위성 데이터도 사용할 수 있음

◦ 우주 세그먼트 네트워크 및 지상 시스템의 상호 연결

- APSCO 공동 SMMS(Small Multi-Mission Satellites) Constellation은 중국에서 제공하는 3기의 궤도상의 원격 감시 위성과 모든 회원국이 공동으로 개발할 8기의 위성으로 구성됨. 참가국의 모든 지상국을 연결하여 시스템의 효율성과 이점을 증가시킬 예정임

◦ 지상 기반 우주 물체 관측(APOSOS) 네트워크

- 우주 물체 탐지, 추적 및 식별 역량 구축을 위한 지상 기반 우주 관측 시스템 네트워크를 통해 관측 주기 및 관점 강화를 달성함. 이란, 파키스탄, 페루에 망원경 3대를 설치했으며, 데이터 공유 및 공동 관측 운영을 위한 데이터 센터를 구축함. 다음 단계인 관측 노드 확장으로 시스템이 완성될 예정임

◦ 재난 모니터링 네트워크

- 아시아 태평양 지역의 재난 관리 및 구조 역량을 향상시키기 위해 가뭄, 홍수 및 산사태에 대한 원격 감시 데이터 어플리케이션, 비상 사용을 위한 GNSS, 지상 전리층 사운드링 기반 지진 예측 및 전자기 위성에 대한 연구를 공동으로 수행함. Charter-similar Mechanism을 통한 재난 관리 프레임워크를 개발하고 있음

◦ 우주 응용 네트워크

- 원격 의료, 국제 GNSS 모니터링 및 평가 서비스와 같은 우주 인프라를 공유하기 위한 여러 가지 네트워크를 시작함. 우주 기술을 강화하기 위해 위성 센서의 방사 측정 보정, 전파 전달 연구를 위한 전리층 모델링, Ka-Band 강우 감쇠에 대한 대기효과 등 다양한 연구를 수행하고 있음

◦ 교육 및 훈련 센터/네트워크

- APSCO는 모든 회원국에 교육 및 훈련 센터/네트워크를 위임했으며, 이 네트워크는 온라인 교육 프로그램과 지식 교환을 지원함

□ EUMETSAT³⁰⁾

1986년 설립된 독립적인 정부 간 유럽 위성 운영 기관(30개 회원국)으로 날씨, 기후, 환경 감시를 목적으로 Copernicus, Meteosat, Metop, Jason(CNES, NOSS, NASA 협력), Sentinel 등의 미션을 수행하고 있다. 회원국은 데이터 및 서비스에 대한 완전한 액세스 권한을 가지며 조직의 최고 의사결정 기구인 이사회에서 대표된다.

30) <https://www.eumetsat.int/>

<표> EUMETSAT 회원국 현황

구분	국가명
회원국(30)	오스트리아(1993), 벨기에(1986), 불가리아(2014), 크로아티아(2006), 체코 공화국(2010), 덴마크(1986), 에스토니아(2013), 핀란드(1986), 프랑스(1986), 독일(1986), 그리스(1988), 헝가리(2008), 아이슬란드(2014), 아일랜드(1986), 이탈리아(1986), 라트비아(2009), 리투아니아(2013), 룩셈부르크(2002), 네덜란드(1986), 노르웨이(1986), 폴란드(2009), 포르투갈(1989), 루마니아(2010), 슬로바키아 공화국(2006), 슬로베니아(2008), 스페인(1986), 스웨덴(1986), 스위스(1986), 터키(1986), 영국(1986)

정지궤도 위성인 Meteosat-9, -10, -11을 유럽과 아프리카에서, Meteosat-8을 인도양에서 운영하고 있다. 미국 NOAA와 공유하는 초기 합동 극지 시스템(IJPS)의 일부인 2기의 Metop 극궤도 위성을 운용하고 있다. 미국과의 공동 해수면 모니터링 Jason 미션(Jason-3, Jason-CS/Sentinel-6)의 파트너이기도 하다.

EUMETSAT은 유럽연합의 위임을 받아 Sentinel 미션의 해양, 대기 및 기후 데이터와 제품을 전 세계에 배포하는 역할을 담당하며, 유럽, 중국, 인도, 일본, 한국, 미국 등 국가의 지구관측 위성 운영사들과 협력 관계를 구축하고 있다.

□ ESA PECS(Plan for European Cooperation States) 프로그램³¹⁾³²⁾

ESA는 ESA 회원이 아닌 유럽 연합 회원국과의 공식 협력관계를 구축하기 위해 다양한 유형의 협력(일반 협력 계약, 유럽 협력 국가(ECS) 및 준회원)을 규정하고 있으며 PECS는 준회원국(AM: Associated Member State)으로 ESA에 가입하고 추후 검토를 거쳐 정회원으로 가입하려는 국가들을 위해 설계되었다.

11개 유럽 국가가 PECS 헌장에 서명했으며, 그 중 5개 국가(에스토니아, 체코 공화국, 헝가리, 루마니아, 폴란드)는 이후 정회원으로 승격되었고, 2개 국가(슬로베니아, 라트비아)는 준회원(AM), 4개 국가(불가리아, 키프로스, 리투아니아, 슬로바키아)는 PECS에 속해 있다.

후보 국가는 유럽 국가이면서 ESA와의 Framework Agreement에 서명한 상태여야 하며, 해당국이 ESA에 보다 완전히 참여하기를 원하는 경우 ECS Agreement를 작성해야 한다. ECS Agreement는 해당 국가가 ESA 조달 및 활동에 참여할 수 있도록 하며, ESA와 관련 국가가 공동으로 합의한 5개년 계획인 PECS Charter에 의해 1년 이내에 보완되어야 한다.

PECS에 따라 해당 국가는 ESA에 연간 140만 유로(이를 늘릴 수 있는 옵션 포함)를 기여하고, 그 대부분은 ESA EMITS에 공표되는 Competitive Calls for Outline Proposals의 일환으로 산업계에 대한 계약의 형태로 해당 국가에 반환된다(각 call은 ESA와 국가 대표로 구성된 TF가 ESA 전문 검토자의 의견을 바탕으로 TEB에서 제안을 평가하고, 활동 유형과 각 call에 대한 자금 한도를 결정함).

각각의 참여에 대해서는 공동으로 합의되는 PECS를 위한 5개년 계획에 정의되어야 하며 이 제3자 자금 지원 계획은 국가 우주 역량을 향상시키고 ESA와 ECS가 구체적인 활동을 함께 시작할 수 있도록 하는 것을 목표로 한다. PECS 위원회는 계획의 실행을 모니터링하고 통제한다. PECS 헌장에 따라 5년 동안 국가는 ESA에 대한 지식수준을 높이고 우주 산업을 발전시켜 미래에 계약을 체결할 가능성을 높일 수 있다. 5년 후에는 해당 국가의 산업 진행 상황을 평가하고 ESA와 해당 국가에서 준회원이 되는 것을 결정한다.

31) https://www.esa.int/About_Us/Plan_for_European_Cooperating_States/General_overview

32) https://www.esa.int/About_Us/Corporate_news/Member_States_Cooperating_States

V. 결론 및 요약

지금까지 전 세계 우주개발 동향과 전망에 대해 살펴보았다. 우주개발에 참여하는 국가의 수는 꾸준히 증가하고 있으나 여전히 우주개발 선진국들이 주도하고 있다. 이 과정에서 미국과 러시아의 우주개발 경쟁은 지속적으로 약화된 반면, 최근에는 미국과 중국의 우주개발 경쟁이 심화되고 있는 것으로 나타난다.

우주개발 선진국을 중심으로 민간 부문에서는 유인 우주비행, 우주과학 및 탐사, 우주기술 분야 예산의 성장이 두드러지게 나타났으며, 이들이 전 세계 우주개발 예산의 흐름을 주도하고 있다. 특히 우주개발 선진국일수록 통신, 지구관측과 같은 실용적인 분야의 정부 투자 비중은 감소하는 반면 유인 우주비행, 우주과학 및 탐사, 우주기술과 같은 분야에 대한 투자 비중이 높아지고 있는 것으로 나타났다. 한편 지구관측, 발사체 등 분야의 경우 참여하는 국가의 수가 점점 증가하고 있어, 저비용 프로그램의 증가와 해당 산업에서의 경쟁 심화가 예상된다.

국방 부문의 경우 통신, 우주안보 등 분야 예산의 성장이 두드러지게 나타나고 있으며, 이는 최근 미국, 프랑스, 일본 등의 국가들이 우주군을 창설하는 것과 같은 ‘우주 군사화’ 트렌드를 반영하고 있다고 할 수 있다. 또한 대부분의 자료에는 포함되어 있지 않지만 미국의 국방 우주 프로그램과 같은 기밀 프로그램들이 전체 우주개발 예산의 상당 부분을 차지하고 있기도 하다.

한편 우주개발 선진국들의 대규모 우주개발 프로그램 수행이나 신흥국들의 우주개발 추진에는 다양한 국제협력이 활용된다. 아르테미스, 제임스웹과 같은 대규모 프로그램의 경우 각국 다양한 기관들의 막대한 예산과 인력이 투입되며, 우주개발 신흥국들의 경우에는 교육훈련, 현지시설 건립 등을 포함한 계약 등을 바탕으로 다양한 방식의 국제협력이 이루어진다. 또한 유럽의 경우 ESA, EUMETSAT 등의 국제협력 기구와 해당 국가들을 중심으로 한 여러 협력 프로그램이 발달되어 있으며, 최근에는 APSCO, 아랍 우주 협력 그룹 등 아시아 및 중동 지역에서도 다양한 국제협력 기구들이 생겨나고 있다.

이러한 각국의 우주개발 동향을 바탕으로 다음과 같은 정책적 시사점을 정리할 수 있을 것이다.

첫째, 한국형 발사체 성공 이후 한국이 우주개발 선진국에 진입하기 위해서는 유인 우주비행, 우주과학 및 탐사, 기술 위성 분야에 대한 투자를 지속적으로 높여야 할 필요성이 있다. 우주개발 선진국일수록 해당 분야에 대한 투자 비중이 높게 나타나는 반면, 위성(지구관측, 통신)과 발사체 등은 상업화가 진행되는 등 정부 투자 비중이 비교적 낮게 나타난다. 특히 새로운 도전을 위해서는 기술 시연 위성과 같은 프로그램의 활성화가 필수적이다.

둘째, 국제적으로 국방 우주개발 예산의 확대가 진행되고 있으며 이러한 추세에 대응해야 할 필요성이 있다. 최근 미국, 프랑스 등 주요국들의 우주군을 창설을 비롯하여 우주개발 상위 5개국의 국방 우주개발 예산은 26%~55% 수준으로 높은 편으로 나타나고 있다.

셋째, 각국의 상황과 조건에 따라 매우 다양한 방식의 국제협력이 수행되고 있으며 이를 위한 여러 국제기구들이 생겨나고 있으므로 한국 또한 국제협력에 있어서 각각의 상황과 조건을 고려한 전략적인 접근이 필요할 것이다. 현재 우주개발 선진국들과의 국제협력은 주로 우주탐사와 같은 과학연구가 중심이 되는 반면, 신흥국들과의 국제협력은 조달이나 기술이전이 중심이 되는 특징이 있다. 또한 지역이나 목적에 따라 다양한 형태의 국제기구가 형성되고 있으므로 국제협력을 통해 추구하려는 목표에 따라 각기 다른 전략이 필요할 것이다.

마지막으로 아르테미스를 비롯한 대규모 국제 우주탐사 프로그램에는 국내외 산·학·연의 협력이 필수적이다. 과학연구, 기술개발, 제조 및 서비스 공급 등 국내 산업계와 학계, 연구소 등이 보유한 각 분야의 장점들을 활용하여 대규모 국제 우주탐사 프로그램에 보다 쉽게 참여할 수 있도록 네트워크 형성 등의 적극적인 지원이 필요할 것이다.



참고문헌

Euroconsult. (2021). Government Space Programs.
Euroconsult. (2021). Space Economy Report 2021.
Euroconsult. (2021). Satellites to be built and launched by 2030.
Space Foundation. (2021). The Space Report 2021 Q2.

AVISO, (2016). "Jason-3", <https://www.aviso.altimetry.fr/en/missions/future-missions/jason-3.html?id=601&L=0> (accessed September 30, 2022).

Coldewey, D. (2021). "Feds dismantle Blue Origin and Dynetics protests of NASA's SpaceX lunar lander award", Techcrunch, August 11, <https://techcrunch.com/2021/08/10/feds-dismantle-blue-origin-and-dynetics-protests-of-nasas-spacex-lunar-lander-award/> (accessed September 30, 2022).

eoPortal. (2012). "CBERS-1 and 2", <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cbers-1-2> (accessed September 30, 2022).

ESA. (2019). "ESA gives go-ahead for SMILE mission with china", <https://sci.esa.int/web/smile/-/61191-esa-gives-go-ahead-for-smile-mission-with-china> (accessed September 30, 2022).

ESA. (2019). "Double star", <https://sci.esa.int/web/double-star/-/31490-summary> (accessed September 30, 2022).

ESA. (2021). "Smile", <https://sci.esa.int/web/smile/-/59137-summary> (accessed September 30, 2022).

NASA. (2022). "Gateway", <https://www.nasa.gov/gateway/overview> (accessed September 30, 2022).

NASA. (2021). "European Space Agency Formalize Artemis Gateway Partnership", <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-european-space-agency-formalize-artemis-gateway-partnership> (accessed September 30, 2022).

NASA. (2021). "Canadian Space Agency Formalize Gateway Partnership for Artemis Program", <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-canadian-space-agency-formalize-gateway-partnership-for-artemis-program> (accessed September 30, 2022).

NASA. (2021). "Government of Japan Formalize Gateway Partnership for Artemis Program". <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-government-of-japan-formalize-gateway-partnership-for-artemis-program> (accessed September 30, 2022).

NASA. (2020). "NASA's Webb Telescope is an International Endeavor", <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2020/nasa-s-webb-telescope-is-an-international-endeavor> (accessed September 30, 2022).

NASA JPL. (2017). "Jason-3", <https://sealevel.jpl.nasa.gov/missions/jason-3/summary/> (accessed September 30, 2022).

Optimize IAS. (2021). "Trishna mission", <https://optimizeias.com/trishna-mission/> (accessed September 30, 2022).

Roberts, T.G., (2022). "International Astronaut Database", Aerospace security, July 5, <https://aerospace.csis.org/data/international-astronaut-database/> (accessed September 30, 2022).

Space Generation Advisory Council. (2018). "SGAC Rwanda", <https://spacegeneration.org/regions/africa/rwanda> (accessed September 30, 2022).

Schwarber, A. (2021). "Final FY21 Appropriations: National Oceanic and Atmospheric Administration", American institute of Physics, January 27, <https://www.aip.org/fyi/2021/final-fy21-appropriations-national-oceanic-and-atmospheric-administration> (accessed September 30, 2022).

Union of Concerned Scientists. (2022). "UCS Satellite Database", <https://www.ucsusa.org/resources/satellite-database> (accessed January 31, 2022).

APSCO 홈페이지 <http://www.apsco.int/>

ASI 홈페이지 <https://www.asi.it/en/>

CNES 홈페이지 <https://cnes.fr/en>

CSA 홈페이지 <https://www.asc-csa.gc.ca/eng/>

DLR 홈페이지 https://www.dlr.de/EN/Home/home_node.html

ESA 홈페이지 <https://www.esa.int/>

EUMETSAT 홈페이지 <https://www.eumetsat.int/>

ISRO 홈페이지 <https://www.isro.gov.in/>

JAXA 홈페이지 <https://global.jaxa.jp/>

NASA 홈페이지 <https://www.nasa.gov/>

NOAA NEDIS 홈페이지 <https://www.nesdis.noaa.gov/>

SGAC 홈페이지 <https://spacegeneration.org/>

SNSA 홈페이지 <https://www.rymdstyrelsen.se/en/>

발행인 이상률

발행처 한국항공우주연구원 정책팀

연락처 백기태 선임연구원 042)870-3673

발행년월 2022. 11

주소 대전광역시 유성구 과학로 169-84

전화 042)870-3655

※ 본 연구내용은 연구자 개인의 견해이며, 한국항공우주연구원의 공식적인 견해가 아님을 밝힙니다.

우주개발 동향과 전망

