



# Space Policy Research

우주 정책 연구 2021. Winter  
vol. 4



한국항공우주연구원  
KOREA AEROSPACE RESEARCH INSTITUTE

# CONTENTS

Space Policy Research

Part 01  
·  
논단

8

동아시아의 군사우주 환경평가

박상중 (국방대학교)

32

룩셈부르크의 우주 정책 (소국으로서 선택과 집중 그리고 비즈니스)

정영진 (한국항공우주연구원 정책팀)

46

우주안보의 개념과 국제사회의 대응

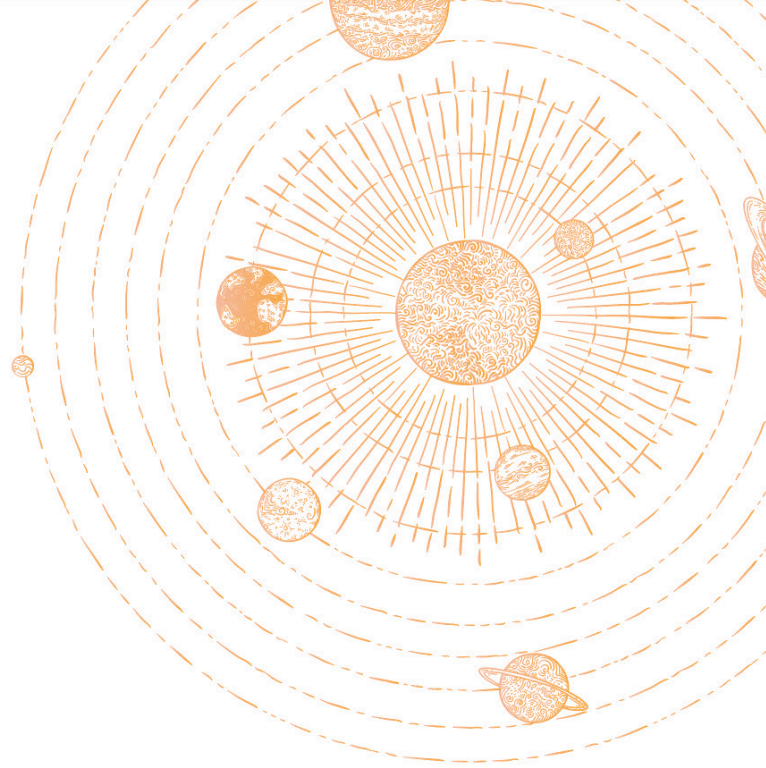
황진영 (한국항공우주연구원 정책팀)

62

공중발사 서비스의 장단점 및 전망

장태진 (한국항공우주연구원 정책팀)

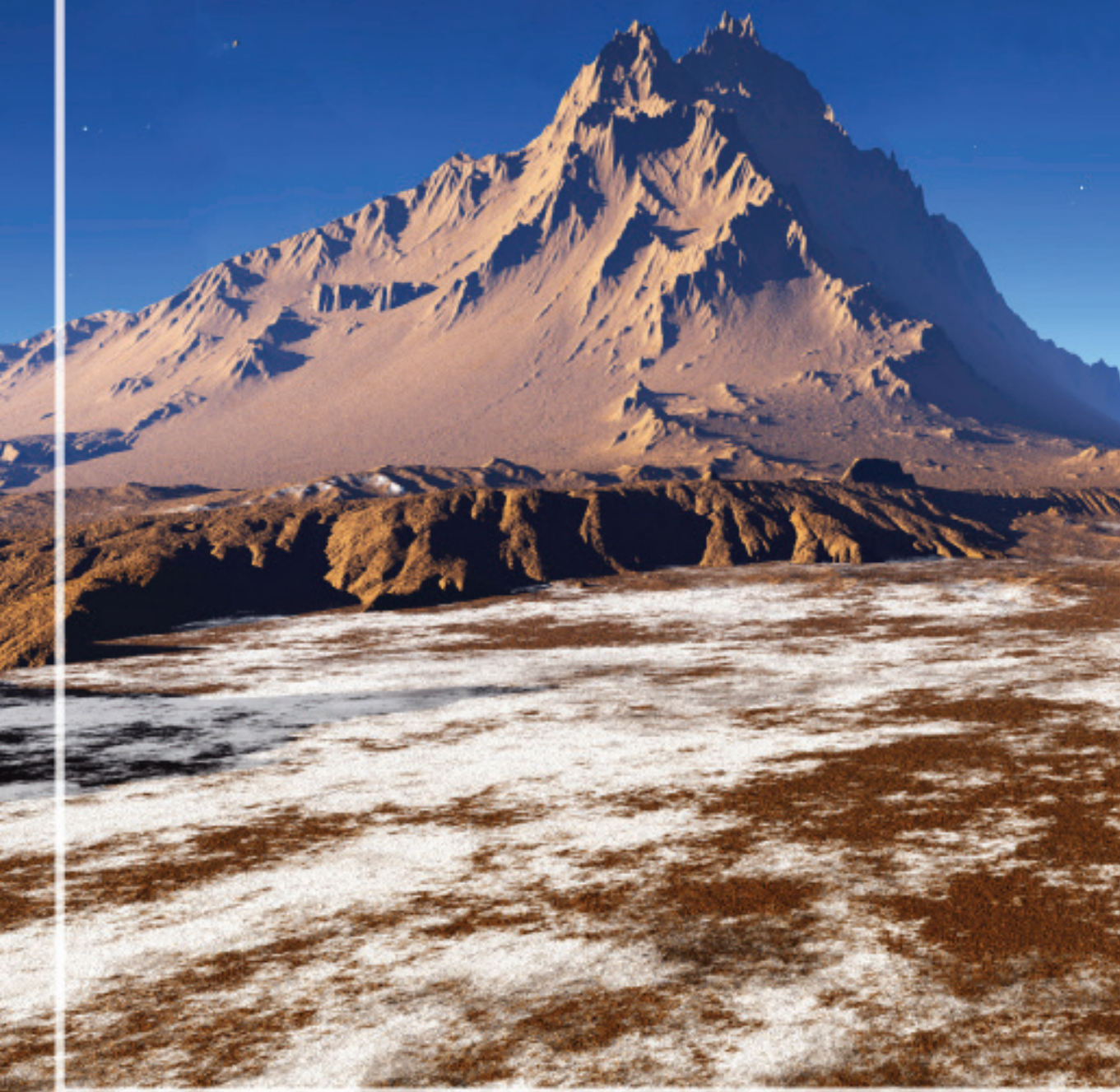
Part 02  
·  
이슈 분석 · 제언



Part 02  
•  
이슈 분석·제언

- |     |  |
|-----|--|
| 78  | <b>우주 쓰레기 문제의 경제학적 접근과 정책 시사점</b><br><hr/> 백기태 (한국항공우주연구원 정책팀)             |
| 92  | <b>우주교통관리(STM)와 뉴 스페이스(New Space): 미국의 사례</b><br><hr/> 김시은 (한국항공우주연구원 정책팀) |
| 106 | <b>미지로의 여행, 우주관광의 현황과 전망</b><br><hr/> 임창호 (한국항공우주연구원 정책팀)                  |
| 122 | <b>주요국 우주패권 경쟁과 국방 우주</b><br><hr/> 김종범 (한국항공우주연구원 정책팀)                     |









# Space Policy Research

제 1장    논단

---



## 동아시아의 군사우주 환경평가



### 박상중

국방대학교 교수  
정책학박사  
국방우주정책  
담임교수  
nicegift701@korea.kr



1. 뉴스페이스는 우주공간의 상업화와 민간의 우주개발 참여가 확대되어 기존의 국가-거대기업 중심의 우주개발이 민간-중소기업으로 옮겨가면서 나타나는 우주산업 생태계의 변화를 의미한다.

2. 미국은 육·해·공군 및 해병대와 별도로 2019년 8월에 우주사령부를, 12월에 우주군을 창설하였다. 중국은 육·해·공군과는 별도로 2015년 12월에 전략지원군을 창설하였다. 러시아는 병종 개념을 적용하여 2015년 8월 항공우주군을 개편하여 우주군과 항공우주방위군을 편성하였다. 일본은 2020년 5월 우주작전대를 창설하고, 항공우주자위대의 개편을 추진하고 있다.

### 1. 서론

코로나19(COVID-19) 팬데믹이 지속되고 있는 가운데 한반도 주변의 강대국들은 우주우세(Space Superiority) 확보를 위해 군사우주력 건설에 매진하고 있다. 북한은 우주의 평화적 이용을 명목으로 우주발사체(SLVs: Space Launch Vehicles)뿐만 아니라 핵 및 미사일 개발을 지속하고 있다. 미국과 중국, 러시아 및 일본은 뉴스페이스(New Space)<sup>1)</sup> 첨단우주기술과 연계하여 우주군을 창설<sup>2)</sup>하고 C4ISR, 위성, 우주발사체 등의 개발에 발차를 가하고 있다. 미국과 러시아는 위성 기반 우주무기를 오래전부터 우주궤도에서 운용하고 있고, 중국과 러시아는 미사일과 킬러위성 이외에도 ① 공격대상 위성과 지상국의 통신을 방해하는 전파방해장치(Jammer), ② 공격대상 위성을 지항성 에너지로 공격하는 레이저 무기 등을 지속적으로 개발하고 있다. 특히 중국과 러시아의 대위성요격체계(ASAT, Anti SATellite Weapons) 강화는 미국과 동맹국의 평화로운 우주이용에 심각한 위협이 되고 있다. 일본도 미일 군사적 일체화 기조에 따라 우주력을 강화하고 있고, 단시일 내 핵폭탄 5,000개를 제조할 수 있는 플루토늄도 확보하고 있다.

미래전은 4차 산업혁명의 첨단기술과 인명중시 사상을 바탕으로 정보전, 정밀타격전, 우주전 등으로 진화하고 있다. 이러한 전략환경에서 위성을 기반으로 하는 우주전의 중요성은 더욱 커지고 있다. 세계는 우주의 군사화(Space Militarization)와 우주의 무기화(Space Weaponization)<sup>3)</sup> 경쟁에 돌입하고 있으며, 우주위협은 날로 증대되고 있다.

현재 군사위성의 84.4%는 미·중·러가 운용하고 있다. 미국의 Union of Concerned Scientists에 의하면 2019년 12월 현재 등록된 군사위성은 미국 191기, 중국 105기, 러시아 100기이다. 또한, 군사위성의 87%는 감시정찰 170기, 위성통신 134기, 항법 104기가 차지하고 있다.

북한의 김정은은 2017년 11월 29일 신형 화성-15형 ICBM 시험발사이후 핵무력을 완성하였다고 선언하였다.



북한은 단거리 탄도미사일 시험뿐만 아니라 SLBM 발사를 진행하면서 무기성과 정확성을 지속적으로 개선하고 있다. 북한의 핵실험, 미사일 발사 등 우주도발은 한반도뿐만 아니라 동아시아 안보에 심각한 위협이다. 북한은 한반도 중심의 전장에서 기습공격으로 한국의 전략목표를 순식간 타격할 수 있는 능력을 확보하고 있으며, 고도의 전파교란 능력을 갖추고 사이버전 역량도 강화하고 있다.

오늘날 우주는 군사무기화 공간으로 변질되고 있다. 미·중·러를 중심으로 우주전을 위한 전략자산 배치가 강화되고 있고 세계 각국도 우주공간을 군사작전의 중요한 영역으로 인식하고 우주개발에 박차를 가하고 있다. 동아시아에서는 북한뿐만 아니라 미·일·중·러 강대국 모두 경쟁적으로 군사우주력 건설에 박차를 가하고 있다. 이와 같은 극심한 우주경쟁에 대비하여 한국군도 그 어느 때보다 우주역량 확보가 절실한 시점이다. 최근 들어 한국군도 우주를 군사적으로 활용하기 위한 기반을 조성하기 위한 노력을 강화하고 있다. 국방부는 2012년「국방우주력 발전 기본계획서」에 근거하여 군사우주력 구축을 서두르고 있다. 한국군은 북한의 우주도발에 대비하여 독자적인 정보획득 및 정밀타격 능력을 시급하게 확보하여야 한다. 이 연구에서는 먼저 우주의 군사화 및 무기화 추세를 살펴보고, 이어서 북한을 포함한 주변국의 우주력에 대한 위협을 평가한 다음에, 최종적으로 한국군의 대응방안을 제시하도록 하겠다.

3. 우주의 군사적 활용 개념은 공식적으로 정립되지 않았다. 우주의 군사화는 통신, 조기경보, 감시항법, 기상관측, 정찰 등과 같이 우주에서 수행되는 안정적이고 소극적이며 비강제적인 군사 활동을 의미한다. 반면에 우주의 무기화란 대위성요격체계의 배치, 우주 기반 탄도미사일 방어 등과 같이 적극적·강제적·독립적 군사활동을 의미한다. 최근 들어 우주의 무기화는 민간경용기술의 발전으로 더욱 가속화되고 있다.

## II. 우주의 군사화 및 무기화 경쟁

### 1. 우주환경의 특성과 우주위협을 급증

전장으로서의 우주는 미지의 극한 작전환경이다. 우주는 우주 방사선, 우주 먼지 및 극심한 온도차 등 척박한 작전환경에서 최첨단 집적기술을 기반으로 생존을 유지하면서 임무를 수행해야 하는 전장영역이다. 우주는 진공, 초고온과 초저온이 공존하는 영역으로 우주기술의 개발은 작전수행의 필수요소이다. 우주작전의 위험요소는 <그림 1>에서 보는 바와 같이 우주기상, 우주물체의 증가, 전자기 간섭, 군사적 우주위협 등으로 구분할 수 있다.

<그림 1> 우주작전의 위험요소



### I. 논란

동아시아의 군사우주 환경평가



## I. 논란

동아시아의 군사우주  
환경평가

4차 산업혁명 첨단과학기술의 혁신으로 우주공간의 활용여건이 개선됨에 따라 우주는 사이버 등과 함께 새로운 안보영역으로 급부상하고 있다. 타격수단의 정밀도 향상, 아군 전락자산의 보호 및 군사작전의 감시 등을 위해 우주영역의 감시·정찰·통신·항법·조기경보 활동의 중요성이 증대되고 있다. 걸프전에서는 통신위성과 정찰위성, 아프간전에서는 GPS 정밀유도무기, 이라크전에서는 조기경보위성 등이 우주공간에서 운영되었다. 우주의 군사적 활용이 확대되면서 우주는 위성을 활용한 정보획득, 통신, 항법 측지 등 군사작전을 지원하는 우주의 군사화에 추가하여 우주에 있는 적대국 위성의 파괴, 우주에 무기배치 등 우주의 무기화가 진행되고 있다.우주를 지배하는 국가가 전쟁의 승자가 될 확률이 높아지면서 인공지능형 자율학습기능이 탑재된 레이저, 투하형 무기, 재밍 등 위성탐재용 무기체계, 우주전투기의 개발 등이 촉진되고 있다.

인공지능(AI), 양자 컴퓨터, 사이버, 로봇, 6G 이동통신 등 첨단기술을 국방우주분야와 접목하려는 노력이 강화되고 있다. 또한 위성통신이 확산되어 전장상황을 실시간 공유함으로써 의사결정시간을 획기적으로 단축시키고 있다. 전장이 사이버에서 우주로 확대됨에 따라 우주기상 감시, 위성제어, 위성군 및 편대 운용기술이 요구되고 있다. 최근 미국, 중국 등 주요 강대국들은 뉴스페이스(New Space) 시대의 새로운 우주기술 개발에 매진하고 있다.

세계는 우주의 평화적 이용에 대한 국제적 합의에도 불구하고, 군사분야의 우주개발과 우주활용을 확대하기 위해 국가적 역량을 집중하고 있다. 우주법(Space Law)은 ① 우주영역(Outer Space)에 대한 주권행사를 금지하고 우주영역을 평화적으로 사용할 것과 ② 우주궤도 또는 타 행성에 핵무기와 대량살상무기를 배치하는 것을 금지하는 등 우주영역의 군사적 이용을 제약하고 있으나 실효성에는 한계가 있다.

제4의 전장(Battle Field)이라 불리는 우주는 전략의 3대 요소인 시간(Time), 공간(Space) 및 속도(Speed) 측면에서 전략적 우위를 달성하는데 중요한 거점이다. 우주공간은 군사우주력을 바탕으로 적이 알지 못하는 시간에, 예측하지 못한 공간에서 적의 공격징후를 사전에 파악하고 전광석화와 같이 공격할 수 있는 다차원 영역이다. 우주체계는 <그림 2>에서 보는 바와 같이 위성, 감시체계, C4I체계 등으로 구성되어 있으며, 다양한 위협에 노출되어 취약성이 증대되고 있다. 우주위협은 ① 우주기상 및 태양광선에 의한 자연적 위협, ② 우주잔해물에 의한 비의도적·인위적 위협, ③ 우주무기에 의한 의도적·고의적 위협 등 3개로 구분할 수 있다. 우주능력을 보유한 국가는 우주능력 자체로 상대에게 압력을 행사할 수 있고, 일부 우주능력을 활용하여 상대를 위협하거나 압박할 수도 있다.



&lt;그림 2&gt; 우주체계의 구성



## I. 논단

동아시아의 군사우주  
환경평가

미래의 전장환경에서 우주자산은 <그림 3>에서 보는 바와 같이 현재의 항공수단을 대체하게 될 것이다. ① 미사일 및 우주 감시체계의 유기적인 협업이 강화되고, ② 고고도무인기는 항법·통신위성으로, 스텔스항공자산은 정찰위성으로 대체되고 있으며, ③ 항공자산은 작전지역에서 우주력 복원이 탁월한 초소형 위성군을 투사하여 통합운영하는 형태로 진화하고 있다.

&lt;그림 3&gt; 항공수단의 우주화



우주안보(Space Security)의 개념은 전통적 안보와 포괄적 안보로 구분할 수 있다. 전통적 우주안보는 지상표적이나 우주공간의 자산에 대해 지상에서 우주로, 우주에서 지상으로, 우주에서 우주로 지향되는 군사적 위협에 대응하는 것을 의미한다. 반면에 포괄적 우주안보는 <그림 4>에서 보는 바와 같이 우주공간을 이용하는 군사적 위협에 추가하여 우주잔해물의 낙하, 소행성이나 대형 운석의 추락, 태양풍에 의한 전자통신 기기의 영향 등 자연현상에 의한 위협에도 대응하는 것을 의미한다.

<그림 4> 포괄적 안보 측면의 우주위협 요소



## I. 논란

### 동아시아의 군사우주 환경평가



위성의 충돌, 소행성·인공위성 등 우주물체의 추락, 태양활동 증가·자기장 변화 등 우주환경에 따라 국가안보 차원에서 우주위협과 우주위협에 대한 대비도 요구되고 있다. 현재 우주공간에는 지름 10cm 이상의 우주잔해물(Space Debris) 36,000여개가 떠돌아다니고 있으며, 연 평균 3,000여개가 지구로 추락하고 있다. 우주발사체도 7,000여회 이상 발사하였다.

우주위협은 위성에 의한 전략자산 노출, 우주자산 요격, 우주시설 공격, 통신·항법 교란 및 마비 등 다양한 형태로 발생되고 있다. 우주위협은 <그림 5>에서 보는 바와 같이 ① 대륙간탄도미사일을 이용한 핵공격, ② 군사위성을 이용한 정찰·감시, ③ 우주무기에 의한 위성 및 지상 목표물 공격 순으로 진화하고 있다.

<그림 5> 우주위협의 진화





대륙간탄도미사일(ICBM, Intercontinental Ballistic Missile)은 5,500km 이상의 사거리를 갖는 미사일로, 핵탄두를 장착할 경우 장거리 타격이 가능하다. 군사위성(Military Satellite)은 기능에 따라 정찰위성, 조기경보위성, 군사항법위성, 미사일탐지위성, 핵폭발탐지위성, 군사통신위성, 항행위성, 측량위성, 군용항공위성, 전자정보위성, 해양감시위성 등으로 구분할 수 있다. 또한 과학위성은 방어적 군사위성이지만 필요에 따라 궤도핵병기, 킬러위성 등 공격적 군사위성으로 활용할 수도 있다. 또한 우주무기는 전자기 펄스(EMP, Electromagnetic Pulse)<sup>4)</sup>, 고출력 마이크로파(HPM, High-Powered Microwave) 등을 활용하여 지상표적이나 우주공간의 표적을 파괴할 수 있다.

우주기상의 변화는 지구자장의 변화를 초래하여 대규모 정전사태를 유발하기도 하고, 우주의 불규칙한 태양풍에 의해 유도무기의 오작동, 국가위성 전자센서의 장애 발생, 우군 위성에 대한 타국 위성의 신호재밍 및 요격시도, 타국 위성 또는 우주잔해물과 우군 위성의 충돌 등 다양한 형태의 우주위험을 초래하고 있다.<sup>5)</sup> 우주잔해물(Space Debris)은 <그림 6>에서 보는 바와 같이 ① 우주안전(Space Safety)의 주요 위협요인으로 작용하며 ② 지표면에 떨어질 경우 국가적 재난을 초래할 수도 있다.

<그림 6> 우주잔해물에 의한 우주위험



우주잔해물은 위성의 수명주기 도래, 안정적 우주궤도 진입 실패, ICBM의 대기권 재진입에 따른 잔여 조각 발생 등으로 날로 증가 추세에 있다. 2017년까지 지난 10년간 대기권 재진입 과정에서 전소되지 않고 지표면에 떨어진 우주잔해물은 연평균 420여 개로 총 증량은 약 100t에 이른다.<sup>6)</sup>



## I. 논단

동아시아의 군사우주 환경평가

4. 전자기 펄스는 비살상 무기로, 핵무기에서 발생하는 진폭이 작은 감마선이다. EMP는 전자 기기에 과전류를 일으켜 영구적인 파손을 일으키거나 인체가 감마선에 지속적으로 노출될 경우 뇌에 부작용을 일으킬 수도 있다.

5. 지구자장의 변화로 캐나다의 퀘벡시는 1989년 수일간 정전사태가 발생하였고, 한국은 2003년과 2008년에 무궁화 통신위성 3호와 2호가 각각 통신 장애가 일어났었다.

6. 송경은, “지구 위협하는 우주 쓰레기... 매년 100t 씩 하늘서 떨어진다,” <http://dongascience.donga.com/> (검색일: 2021. 10. 18)



## I. 논란

동아시아의 군사우주  
환경평가

8. United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space.

9. Space Debris Mitigation Guidelines of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space.

10. Guidelines for the Long-term Sustainability of Outer Space Activities.

11. 다영역작전은 합동군이 적대 행위자에게 다층적이고 보완적인 위협을 가함으로써 적의 약점을 드러내도록 강요하여 상대적 이점을 쟁취하는 것이다. 적대 행위자들의 특정 능력을 압도하기보다는 적대 행위자에게 다층적 딜레마 상황을 강요함으로써 요망효과를 달성하는 과정이다.

12. Global Positioning System, 범지구위치결정시스템 또는 위성항법시스템이다.

2020년 4월 미국 글로벌 차이나(Global China) 연구소의 프랭크 로스 박사(Frank H. Rose)는 연구보고서<sup>7)</sup>에서 10cm 크기의 우주잔해물은 약 26,000개로 추산되며, 2007년 중국의 위성요격시험으로 약 3,000개의 우주잔해물이 발생되었다고 주장하였다. 또한, 우주잔해물의 위협순위는 ① 러시아 코르모스와 이리디움의 충돌로 발생된 파편형 잔해물, ② 탄도미사일 재진입시 발생하는 잔해물, ③ 수명이 끝난 인공위성의 파편 순으로 평가하였다.

현재 한반도 상공에는 약 1,000여 기의 위성이 운용되고 있으며, 중국은 매년 100여 기의 위성을 발사하고 있다. 2008년에는 한·미 과학위성이 400m까지 접근한 적도 있었고 2009년에는 미·러 통신위성의 충돌로 수백 개의 위성 파편이 발생되기도 하였다. 우주잔해물에 대한 문제를 해결하기 위해 유엔의 우주공간 평화적 사용협정(UNCOPUOS)<sup>8)</sup>, 잔해물 감축 지침(UNDMG)<sup>9)</sup>, 우주 장기 지속성 지침(UNLSG)<sup>10)</sup> 등 국제협약과 레짐이 작동하고 있으나 아직까지 실효성이 떨어지는 상태이다.

## 2. 우주의 군사화 및 무기화

우주의 군사적 활용이 증대됨에 따라 타격수단의 정확성과 정밀도 향상을 위해 감시정찰위성, 통신위성 및 항법위성의 중요성이 높아지고 있다. 군사우주력은 우주에서 지상 목표물 타격, 지상에서 우주 목표물 타격, 공중에서 우주 목표물 타격 등 다양하게 운용될 것이다.

작전영역이 지·해·공 전장영역에서 우주 및 사이버 영역으로 확장됨에 따라 전장영역의 구분이 불분명하게 되어 다영역작전(MDO, Multi-Domain Operations)<sup>11)</sup> 개념이 대두되고 있다.

특히 인구절벽과 인명중시 사상이 확산되고 군사우주력의 지능화·장거리화·정밀화, 초정밀 첩보위성의 개발 등으로 우주에서도 인공지능을 활용한 무인전투체계와 비살상무기의 활용이 증대되고 있다.

비살상무기는 적 부대를 무능화시키는 마이크로파 발생기, 순간적으로 적군을 맹인으로 만드는 레이저광선, 도로와 교량사용을 방해하는 특수도로, 적군의 생명을 죽이지 않고 적의 전쟁 수행능력을 떨어뜨리는 전자전 방해 장비 등 다양한 형태로 개발되고 있다.

우주의 군사화는 우주로부터 제반 군사작전을 지원하고 것이다. 특히 정보수집, 감시·정찰, 이동 추적, 위성통신, 드론 운용, GPS<sup>12)</sup> 기반의 유도무기, 사이버전 등이 강화되고 있다. 비살상무기가 실용화되면 화력을 사용하지 않고도 ① 적의 지휘통제를 마비시키고 ② 적의 전략적 요충지를 점령하여 ③ 적 전투력을 무능화할 수 있다.



세계는 우주능력을 평화적 목적으로 활용한다고 표방하고 있으나, 자국의 안보를 위해 우주 전담조직을 편성하고 첨단우주기술을 기반으로 우주작전 수행능력을 고도화하는 등 <그림 7>에서 보는 바와 같이 우주의 군사화 및 무기화 현상이 확대되고 있다.

<그림 7> 우주의 군사화 및 무기화<sup>13)</sup>



우주전에서 가장 큰 영향을 미치는 것은 인공위성이다. 현재 활동하고 있는 인공위성은 45개국 5,000여 기로, 미국 2,660기, 중국 438기, 러시아 188기, 일본 105기 등이다.<sup>14)</sup> 또한 다양한 소형 감시정찰위성의 운용과 신속대응이 가능한 소형위성체계의 구축도 빠르게 진행되고 있다.

현대전에 있어서 우주는 GPS 유도탄에서부터 통신과 정보감시정찰(ISR), PNT(Position, Navigation and Timing)에 이르기까지 필수 불가결한 요소로 자리 잡고 있다. 세계 각국은 우주개발과 국방우주정책에 따라 ① 우주 감시 및 정찰, ② 우주 기반 방어체계, ③ 우주 기반 공격체계의 구축 등 군사적 활용을 강화하고 있다.<sup>15)</sup> 먼저 우주감시 및 정찰은 모든 우주 무기체계 운용의 기본개념으로 전자광학(EO/IR, Electro-Optical and Infrared) 레이다, 레이저 체계 및 감시정찰 위성의 상호연동 및 통합운영을 통해 적성 위성의 광역 탐색, 국가 위성의 비정상 상황 파악, 주변국의 장거리 탄도미사일 위협 감시 등 전천후 24시간 조기경보 능력을 갖추는 것이다. 둘째, 우주 기반 방어체계는 적외선 위성시스템과 미사일방어체계(MD, Missile Defence)로 구성되어, 적의 공격 미사일 발사를 탐지 및 요격한다. 마지막으로, 우주기반 공격체계는 대탄도탄요격무기와 대위성요격무기로 구성된다. 대탄도탄요격무기는 지향성에너지무기(DEW, Directed Energy Weapon)와 운동에너지무기(KEW, Kinetic Energy Weapon)로 분류된다.



## I. 논란

### 동아시아의 군사우주 환경평가

13. <https://www.thesun.co.uk/news/7970143/> (검색일: 2021.11.19.)

14. 우주능력은 민간과 군사의 경계가 불분명하다. 민간 우주능력도 언제든지 군사용으로 전환이 가능하다.

15. Pawel Bernat, "The Inevitability of Militarization of Outer Space," *Safety & Defense*, 2019, pp.49-54.



## I. 논란

동아시아의 군사우주  
환경평가

인공위성 기술을 이용한 우주무기로 탄도미사일(ICBM)을 요격하려면 인공위성을 이용하여 ICBM 발사 직후 가속단계의 한정된 시간 내에 목표의 탐지, 인식, 조준, 사격 등 모든 과정이 이루어져야 하는 어려움이 있다. 추가하여 EMP 무기는 적 장비나 시설물을 직접 파괴하지 않고, 무기 시스템 구동에 필요한 전자기기만 파괴하는 ‘비살상 무기’도 있다. 또한, 고출력 마이크로파(HPM) 무기는 지향성이 높고 연속 사용이 가능한 EMP 무기이다.

우주의 무기화는 재래식무기 또는 핵무기를 우주 궤도에 배치하거나, 우주에서 지구로 미사일을 직접 발사하는 것 등을 말한다. 우주의 무기화는 지상-대-우주(Ground-To-Space) 무기로서 직접발사 대위성요격체계(Direct-Ascent Anti-Satellite Missile), 우주-대-우주(Space-To-Space) 무기로서 전자장치로 방해할 수 있는 범위에 있는 다른 인공위성에 접근하는 위성작동(근접작전), 우주-대-지상(Space-To-Ground) 무기로서 우주-기반 요격기(Space-Based Interceptor) 등이 있다.

첨단우주기술의 발전은 전쟁 수행에 있어서 우주에 대한 의존도를 더욱 심화시킬 것으로 예상된다. 특히 뉴스페이스 시대의 우주의 상업화는 우주의 군사화와 무기화를 보다 가속함으로써 전략적 영역에 머물던 우주공간을 작전적·전술적 전장 영역으로 변화시키는 원동력이 되고 있다.

## III. 북한의 군사우주력 강화

### 1. 전략환경 평가

북한은 2019년 남북정상회담과 북미정상회담을 통해 한반도 비핵화와 미사일 폐기를 시사한 바 있으나, 북한의 비핵화와 미사일 완전한 폐기는 이루어지지 않고 있다. 바이든 행정부 출범 이후 북한은 북미대화 재개와 종전선언 협상력 제고 등을 고려하여 SLBM 발사실험을 재개하는 등 미사일 사거리 확대와 핵무기의 다종화, 경량화, 소형화 등을 지속적으로 추진하고 있다. 북한의 미사일 능력과 위협수준, 군사우주력은 한반도뿐만 아니라 동아시아의 주요한 안보위협으로 작용하고 있다.

북한은 <표 1>에서 보는 바와 같이 1990년 이후 구소련과 중국의 미사일 기술을 바탕으로 다단계 로켓 노동 1호(약 1,300km)와 대포동 1호(2,500km), 대포동 2호(6,700km) 등을 지속적으로 개발하고 있다.

&lt;표 1&gt; 북한이 주장하는 위성 발사

위성체	발사일	추진로켓	발사장소	목 적	결 과
광명성-1호	1998.08.31	백두산	동해발사장 (함북 수단리)	기술시험	궤도진입 실패
	2006.07.04.	은하-1호		미사일시험	발사 실패
광명성-2호	2009.04.05.	은하-2호		통신위성	궤도진입 실패
광명성-3호	2012.04.13.	은하-3호	서해발사장 (평북 철산군)	관측위성	발사 실패
광명성-3호 2차	2012.12.12.	은하-3호		관측위성	발사 성공
광명성-4호	2016.02.07.	은하		관측위성	발사 성공

북한은 1998년 8월 31일 최초의 위성이라 지칭하는 광명성 1호를 발사하고, 2009년 4월 5일 광명성 2호를 시험하였다. 2012년 4월 13일에는 광명성 3호를 발사했지만 실패하여 같은 해 12월 12일 광명성 3호 2호기를 발사하였다. 2016년 2월 7일 광명성 4호를 평북 철산군 서해발사장에서 쏘아 올렸다. 국제사회의 저평가에도 불구하고 2012년과 2016년 연속적인 발사성공을 고려해 볼 때 북한의 위성발사능력은 저고도 위성궤도가 요구하는 고도까지 는 도달할 수 있는 수준으로 평가된다.<sup>16)</sup> 그러나, 광명성 3호 2차와 광명성 4호가 저고도 위성궤도에는 도달하였으나 정상적인 임무수행 여부는 현재까지 식별되지 않고 있다. 북한은 광명성 위성발사가 평화적 목적이라고 주장하고 있으나, UN, 미국, 한국 등 국제사회에서는 이를 북한의 장거리 미사일 시험이라고 우려를 표명하고 있다. 북한은 위성 발사와 관련하여 국제사회를 겨냥한 논리와 명분을 계속적으로 개발하고 있으며 향후 광명성 5호의 발사 여부가 주목된다.

## 2. 조직 편성

북한은 우주조직이나 교리를 비밀로 유지하고 있어서 북한의 군사우주능력을 평가하는 것은 제한이 따른다. 북한은 2013년 4월 최고인민회의 제12기 제7차 회의에서 우주개발법 채택하고, 조선우주공간기술위원회(KCST, Korean Committee of Space Technology)<sup>17)</sup>를 모체로 <그림 8>에서 보는 바와 같이 국가우주개발국(NADA, National Aerospace Development Administration)을 재편하였다.



### I. 논란

동아시아의 군사우주  
환경평가

16. 북한의 위성발사 능력에 대한 평가는 북한의 발표에 의한 것이 아니라 미국을 비롯한 다수의 국가에서 궤도를 돌고 있는 북한 위성을 확인한 결과이다.

17. 조선우주공간기술위원회(KCST)의 활동은 1980년대부터 시행되었다.





## I. 논란

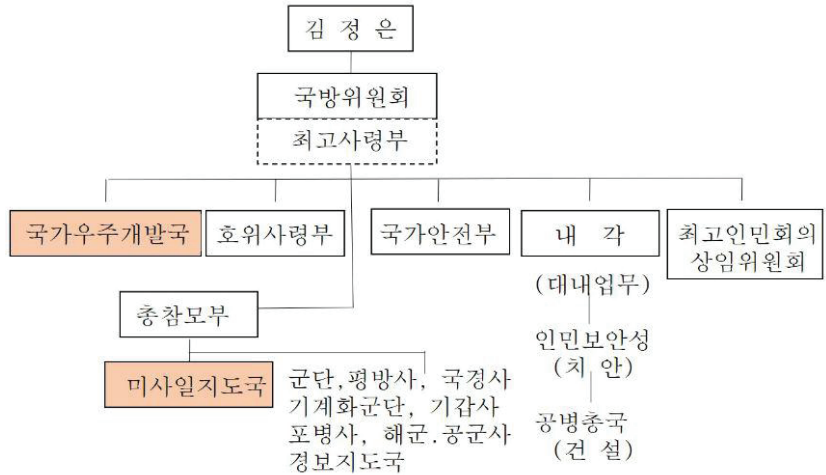
동아시아의 군사우주  
환경평가

18. 현재 우주조약의 비준을 받은 국가는 총 69 개국이다.

19. 미 국제전략문제연구소(CSIS), 2020 우주 위협 평가, 2020.3.30.

20. · 운동에너지무기: 지상위성통제소의 재래식 무기공격, 위성 근접하여 탄도미사일 폭발 등  
· 전자전: 다수의 차량형 GPS 교란장치(GSTAR) 및 위성통신 방해장비 운용  
· 사이버공격: 우주체계·관련시설 공격(예, 인도 우주연구소, 이스라엘 우주산업체 등)

<그림 8> 북한의 국가우주조직



2009년 3월 12일 북한은 우주조약(Outer Space Treaty)<sup>18)</sup>에 가입하였으나 현재까지 활동은 하지 않고 있다. 2009년 3월 5일 등록협약(Registration Convention)에도 가입을 신청하였으나 현재 비준이 안된 상태이다. 2015년 NADA가 국제우주연맹(IAF, International Astronautical Federation) 가입을 신청하여 제66차 연례총회에서 승인되었으나 우주의 평화적 사용에 대한 추가확인이 제기되어 부결되었다. NADA는 국방위원회(최고사령부) 직속으로 총참모부 예하의 미사일지도국과 긴밀한 연결성을 유지하고 있다. 미사일지도국은 스커드사단(사거리 1,000Km), 노동미사일사단(사거리 1,300Km), 중거리미사일사단(4,000Km) 등을 예하에 두고 있다. NADA는 특히 중거리미사일사단과 긴밀한 관계를 유지하며 상호 기술지원과 시험평가를 실시하고 있는 것으로 추정된다.

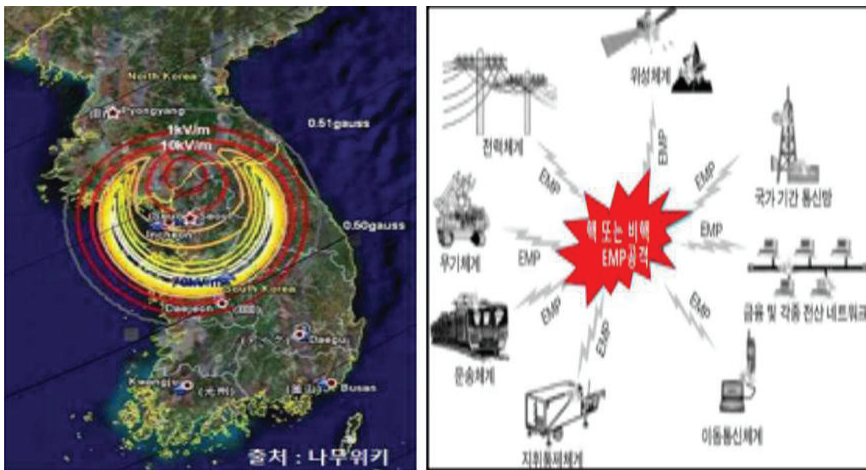
## 3. 군사우주력 강화

북한은 당·군·정 차원의 국가역량을 집중하여 미사일·우주 역량의 동시발전을 추구하고 있다. 북한은 1990년대부터 장거리 발사체 개발을 지속하고 있으며, 2012년부터 우주개발 5개년 계획을 시행하고 있다. 2012년과 2016년 우주발사체의 위성궤도 진입은 성공하였으나 제대로 작동되지 않았다. 미 국제전략문제연구소(CSIS)의 2020 우주위협평가에 따르면 북한은 우주의 평화적 이용을 명분으로 우주발사체와 탄도미사일 기술을 발전시키고 있다.<sup>19)</sup> 2013년 국가우주개발국을 설립하여 정지궤도 복합위성(광학+통신) 발사를 추진하고 있으며 운동에너지, EMP탄, 전자전, 사이버 공격 등 위성에 대한 간접공격역량<sup>20)</sup>을 강화하고 있다. 북한은 동해와 서해에 각각 탄도미사일 발사능력을 갖춘 우주발사시설을 구비하고 있다. 북한은 2019년 남북정상회담과 북미정상회담 이후 군사적 도발을 자제하고 있으나 지금 이 순간에도 핵 및 탄도미사일 개발은 진행하고 있다.

2021년 미국의 바이든 행정부가 출범하면서 북미대화 재개 및 종전선언 협상력 제고를 위해 SLBM 시험발사 등 군사적 도발을 재개하였다.

북한은 핵무기 사용으로 인한 국제적 비난을 회피할 목적으로 핵무기를 EMP로 발전시킬 가능성이 크다. 핵폭탄을 이용한 EMP 무기는 지구자기장의 영향을 받는데, 한반도의 자기장 분포는 남쪽으로 53.8도의 경사도를 가지고 있어서 북한이 EMP를 사용하기에 매우 유리한 환경이다. 2009년 원자력연구원에서 10Kt급 핵폭탄이 서울지역 100Km 상공에서 폭발하는 시뮬레이션을 실험한 결과, <그림 9>에서 보는 바와 같이 남쪽 방향 170Km 이내의 모든 전자 기 장비와 시설이 무력화되는 결과를 도출한 바 있다.

<그림 9> 북한의 핵무기에 의한 EMP 공격 시뮬레이션



북한이 핵무기 소형화를 달성할 경우, EMP탄을 전략적 · 작전적 · 전술적 수준으로 운용할 가능성이 크다. 서울 상공에서 EMP탄을 폭발시키고, 대기권 밖에서 핵무기를 사용할 경우 미국 등 동맹국의 저고도 선회위성 운용에 막대한 타격이 우려된다.<sup>21)</sup> 또한, 북한은 2020년 4월 11일 인민무력부 예하 병기심사국에서 신형 GSP 교란(Jamming) 장치의 최종시험을 마치고, 5월부터 전방군단 및 사이버부대에 실전배치하고 있다.<sup>22)</sup> 대남 GPS 교란임무는 정찰총국 예하 전자정찰국 121국(사이버전 지도국)에서 수행하는 것으로 추정된다. 북한의 GPS 교란에 대비해 주요 군사장비에 GPS 교란방지장치를 장착하여야 하며, 특히 민간분야의 공항과 항만, 항공기와 선박 등에 GPS 교란 방지장치의 설비가 시급하게 요구된다.

북한은 북미협상이 결렬되거나 사태가 불리하게 전개될 경우, 언제든지 핵 및 미사일 개발과 발사시험을 재개할 가능성이 크다. 또한, 북한이 위성 발사의 기반이 되는 미사일의 사거리와 탑재체 기술개발, 재진입 기술력을 확보한다면 한반도뿐만 아니라 국제사회의 상당한 위협이



## I. 논란

동아시아의 군사우주 환경평가

21. 저고도 선회위성에 대한 EMP 효과를 제외하면, 그 밖의 위성에 대한 EMP 효과는 미비할 것으로 예상된다. 우주공간에서 발생된 EMP 전자기펄스는 광활한 우주공간으로 퍼져나가기 때문에 지구 상공에서 발생하는 것과 같은 EMP 효과는 얻기 어렵다.

22. <http://www.new-daily.co.kr/site/data/>



## I. 논단

동아시아의 군사우주  
환경평가

될 수 있다. 특히 남북한 군사우주력 또는 미사일능력의 불균형이 초래될 경우 한국의 안보에 심각한 위협요인이 될 수 있다.

## IV. 주변국의 군사우주력 강화

### 1. 미국

2020년 6월 17일 미 국방부는 국방우주전략(Defense Space Strategy)을 발표하였다. 국방우주전략은 우주에서 중국, 러시아 등 잠재적 적들의 의도와 우주능력의 발전이 미국을 위협하고 있다고 평가하고, 추가하여 북한과 이란도 점증하는 위협이라고 밝히고 있다. 또한 국방우주체계가 현재의 전략환경을 제대로 반영하지 못하고 있다고 지적하고 있다. 국방우주전략은 미국이 향후 10년 동안 우주능력(Spacepower Capability)을 향상시켜 우주우세를 유지하고, 미국의 사활적 이익을 위해 동맹국, 동반자국, 산업계와 긴밀히 협력할 것을 강조하고 있다.

국방우주전략의 4대 중점 추진분야(Prioritized Lines of Effort)는 다음과 같다. 먼저, 우주에서 포괄적인 군사적 우위를 구축한다. 미국은 우주의 군사적 이용에서 우위를 확보하기 위해서 우주조직을 개혁하고 우주교리와 작전개념을 개발하고 있다. 이를 위해 1) 미 우주군을 완성하고, 2) 군사 우주력의 교리적 토대를 문서화하고, 3) 우주전에 관한 전문성과 문화를 개발하여 확장하며, 4) 검증된 우주역량을 갖추고, 5) 우주의 적대적 사용에 대응하는 능력을 개발하고 구비하며, 6) 우주전장에서 군사적 우위를 달성할 수 있는 첩보 및 지휘통제 능력을 향상시키는 것을 목표로 제시하고 있다.

둘째, 군사우주력을 국가, 합동, 연합작전에 통합한다. 군사우주력의 통합을 위해 1) 우주사령부가 합동 및 연합 우주작전을 기획·연습·실행할 수 있도록 하고, 2) 작전지휘권의 정비와 교전규칙을 최신화하고, 3) 우주전투작전·첩보·능력·인력을 군사계획과 통합시키며, 4) 국방부 우주프로그램에 대한 보안 분류를 최신화하고, 5) 동맹국과 동반자국을 기획·작전·연습·참여·첩보활동에 통합시키는 것 등을 목표로 제시하고 있다.

셋째, 유리한 전략환경을 조성한다. 우주의 군사적 이용에 대한 국제사회의 여론을 유리하게 조성하기 위해서 1) 우주의 점증하는 적대적 위협을 국제사회와 대중들에게 알리고, 2) 미국의 우주능력, 동맹국 및 동반자국의 이익, 미국의 상업적 이익에 반하는 적의 공격을 억지하고, 3) 우주메시지를 조율하며, 4) 미국·동맹국·동반자국의 이익에 우호적인 우주행동규범과 우주표준을 촉진한다.



마지막으로 동맹국, 동반자국, 산업계 및 기타 미 정부부처 및 기관들과 협력한다. 이를 위해 1) 역량있는 동맹국 및 동반자국들과 정보공유관계를 확장하고, 2) 우주정책에서 동맹국 및 동반자국들과 제휴하고, 3) 우주행동규범과 우주표준이 우호적으로 정립되도록 동맹국 · 동반자국 및 미 정부부처 및 기관들과 협력하고, 4) 동맹국 및 동반자국들과 연구개발 · 획득(RD&A) 분야에서의 협력을 확대하고, 5) 상업분야의 기술 진전과 획득 절차를 활용하며, 6) 상업용 라이선스 승인절차에 대한 국방부의 접근방식을 개선한다.

미국의 우주전략목표는 우주영역에서의 제 도전을 극복하고, 자유로운 우주사용을 보장함으로써 우주에서 미국의 이익과 우주자산을 보호하는 것이며 이를 위해 우주공간에서 무력사용도 배제하지 않으며, 적대국가에 대해서는 우주공간의 접근을 차단하는 것이다. 미국은 우주무기에 대한 미국의 권리를 묵시적으로 주장하고 이를 제한하는 어떠한 군축협정이나 조치에 반대한다는 입장을 견지하고 있다.

## 2. 중국

2007년 1월에 중국은 지상에서 발사한 미사일로 자국의 노후화된 위성을 파괴하는 ASAT 실험을 감행하였다. 이때 발생한 우주잔해물이<sup>23)</sup> 인공위성 궤도에 흩뿌려져 각국의 인공위성 등 우주자산에 심각한 위협으로 작용하고 있어서 비난을 받고 있다.<sup>24)</sup> 중국군이 지향하는 군사우주전략은 거의 공개된 내용이 없어서 미국 등 서방국가의 중국군 평가보고서와 중국이 공개한 문건으로 추론하는 수준이다.<sup>25)</sup> 2020년 중국은 창어 5호를 발사하여 달의 토양을 채취하여 귀환하는데 성공하였다. 중국은 텐원(天問) 1호를 발사하여 화성표면을 조사할 예정이며, 2022년을 목표로 우주정거장도 건설할 예정이다.

2016년 9월 19일 작성된 앤소니 코르데스맨 박사와 조세프 켄달 박사가 공동으로 작성한 『중국 우주전략과 발전(Chinese Space Strategy and Development)』 연구보고서와 2019년 12월 미중 경제 및 안보 검토 위원회(U.S.-China Economic and Security Review Commission)가 발표한 연례 보고서에 따르면 중국은 기본적으로 미국 등 서방의 정보전(IW, Information Warfare) 정의, 교리, 개념을 모방하는 것으로 추정된다. 중국은 2015년과 2019년 『국방백서』를 통해 군사우주전략을 정보전 수행을 위한 수단으로 간주하고 있다. 전략지원사령부(SSF)가 무엇을 하는지에 대해서는 공식적으로 발표된 것은 없지만, 정보전(IW/IO)을 수행하고, A2/AD 전략 지원, 우주에 기반을 둔 감시정찰 및 지휘통제(C4ISR) 능력 구비, 독자적 글로벌위치체계 구축, ASAT가 가능한 미사일 개발, 사이버공간 장악 등을 지향하는 것으로 추정된다.<sup>26)</sup>



### I. 논단

#### 동아시아의 군사우주 환경평가

23. 활동을 마친 인공위성, 로켓 상단부, 부품이나 파편 등 지구를 도는 불필요한 인공물

24. 2018년 4월 미국 워싱턴 타임즈紙에 따르면 2018년 2월 중국이 ASAT 발사실험을 하였으며, 같은 해 3월 러시아가 ASAT 발사 실험을 실시했다고 보도하였다.

25. 미국의 시각은 2019년 미 국방성의 연례 중국 군사력 보고서(Annual Report), 2019년 1월 미 국방정보본부(DIA)의 중국인민해방군 평가보고서와 2019년 12월 미중 경제 및 안보 검토위원회(U.S.-China Economic and Security Review Commission) 보고서 등이 있고 중국의 시각은 2015년 중국 군사전략(2015), 2019년 신시대 중국 국방정책 등이 있다.

26. Anthony H. Cordesman with the assistance of Joseph Kendall, Chinese Space Strategy and Development (Washington, DC: Center for Strategic and International Studies, September 19, 2016), p. 5.



## I. 논란

### 동아시아의 군사우주 환경평가

27. 일부에서는 중국의 군사우주전략 4대 목표를 ① 정보전에서의 승리, ② 전략적 조기경보, ③ 공중 및 우주에서의 미사일 방어체계 구축, ④ 우주를 활용한 사이버전(Cyber warfare) 수행능력의 향상으로 평가하기도 한다.

28. 참고로 2008년 미국 공군도 우주공간에서 ASAT를 시험하였다.

29. The State Council Information Office of the People's Republic of China, China's Military Strategy(2015) (Beijing: The State Council Information Office of the People's Republic of China, May 2015) 참조.

군사전문가들은 중국의 군사우주전략을 4가지로 추정하고 있다.<sup>27)</sup> 먼저, 지상의 공중과 우주 공간의 일체화(空天一致)이다. 로켓사령부가 운용하는 A2/AD 전략 구현 수단인 DF-21D 또는 DF-26을 지원하기 위해 GNSS와 PNT 우주기능을 지원한다.

둘째, 방어와 공세의 일체화(攻防兼备型)이다. 우주영역은 방어망인 동시에 공세적 영역으로 활용할 수 있는 유일한 도메인이다. 2007년 중국은 고장 난 자국의 기상위성에 대해 ASAT 발사시험을 최초로 실행함으로써 우주가 더 이상 방어적 도메인이 아닌 공세적 도메인으로 대두되게 되었다.<sup>28)</sup>

셋째, 우주는 우주기술을 적용할 수 있는 특별한 영역이다. 우주는 C4ISR 등 첨단 군사과학기술을 제한없이 개발하고 적용할 수 있는 영역이다. 현재 전략지원사령부 주도로 우주공간에서 BeiDou 체계 구축, 청해-3에 의한 지구와 달 간 성공적 비행과 달 뒷면에서 지구로 통신망을 구축하기 위한 별도 통신위성의 궤도 안착, 달 탐사 성공과 귀환 성공 등 다양한 기술 개발과 시험을 하고 있다.

넷째, 우주는 중국군 특유의 역할과 기능을 살리는 영역이다. 우주영역은 다소 제한은 있으나, 미국과 러시아를 제외하면 중국군 특유의 강점을 발휘할 수 있는 광범위하고 포괄적 영역이다. 2015년 『중국 군사전략(2015)』은 중국군은 우주에서 중국 특유(Chinese Characteristics)의 적극적 역할을 수행할 것을 천명하고 있다.<sup>29)</sup>

중국은 미국에 대비하여 각종 재래식 무기와 장비에 있어 열세에 있으나, 미국이 한국, 일본 등 동맹국에게 제공하는 우주우세를 교란시키거나 차단함으로써 중국의 위상을 시험하는 기회로 활용할 것으로 예상된다. 미국은 상업 목적의 우주자산을 우주군 주도의 군사자산으로 전환이 제한되기 때문에 동맹국과의 우주협력을 통해 중국과 대응할 것으로 전망된다. 특히 한국은 우주를 미국에 전적으로 의존하고 있어서 중국의 주요 표적이 될 취약점이 있다. 이는 5G 체계 구축에 있어 중국 화웨이사 제품을 사용하는 한국기업의 딜레마에서도 발견되는 현상이다.

## 3. 일본

일본은 2018년 12월 발표한 방위계획대강을 통해 방위성 및 자위대의 군사우주전략 구상과 우주군사력 건설목표를 제시하고 우주전에 대한 중요성을 강조하였다. 특히 우주 · 사이버 · 전자파 공간에서의 다차원 영역횡단작전 능력을 강조하고 있다. 일본은 평시부터 우주 · 사이버 · 전자파 영역에서 자위대의 활동을 방해하는 행위를 미연에 방지하기 위해 상시 지속적으로 감시하고 관련정보를 수집 · 분석하고 있다. 이러한 행위가 발생할 경우 사태를 조속히

특정하고 피해의 최소화, 피해복구 등을 신속히 실시하여 우주공간의 안정적인 이용을 회복하기 위해 우주시스템의 기능보증(Mission Assurance)에 관한 활동도 추진하고 있다. 일본에 대한 공격이 발생할 경우, 위와 같은 활동에 추가하여 우주·사이버·전자파 영역을 활용할 계획이다. 또한, 사회 전반적으로 우주공간과 사이버공간에 대한 의존도가 심화되는 추이를 반영하여, 적절한 협력·역할 분담으로 정부 차원의 종합대응방안을 발전시키고 있다. 현재 방위성과 일본 우주항공연구개발기구(JAXA, Japan Aerospace Exploration Agency)는 우주상황인식(SSA, Space Situational Awareness)의 정비와 2파장 적외선 센서의 실증연구 등에 대한 연계 협력과 항공자위관을 쓰쿠바 우주센터에 파견하는 등의 인재 교류도 실시하고 있다.

일본 방위성이 우주개발이용을 효과적으로 추진하기 위해서는 미국 등의 동맹국과의 협력을 강화하는 것이 필수적이다. 미·일 양국이 추진하고 있는 우주안보 협력구상은 다음과 같다.<sup>30)</sup>

첫째, 정보가 잡히지 않거나 어려운 장소에서 일본의 정보수집능력에 기대하는 관점이다. 미국은 아시아 상공의 파편 등에 대한 위치를 측정하는 SSA 체계가 없기 때문에, 일본과의 정보획득 협력에 기대하고 있다.

둘째, 미국의 우주자산이 파괴 또는 실패에 대한 백업의 관점이다. 미국 우주자산의 대체로 일본의 위성을 활용할 수 있다. 전형적인 예는 측위 위성이며, GPS 시스템이 사용될 수 없는 상황이 되어도 완전히 독립적인 위성 7기 체제를 사용하면, 방위력의 저하를 어느 정도 줄일 수 있다.

셋째, 타국과 협력하고 있다는 사실이 공격 억지력이라는 관점이다. 우주이용에 있어서 여러 나라와 공동개발 위성을 이용하는 경우에는 그 자산을 공격하는 것은 미국뿐만 아니라 일본, 호주 등 협력국가도 적으로 돌리는 것이 되어 억지력으로 이어질 수 있다.

넷째, 미국의 우주산업 시장의 하나가 일본이라는 관점이다. 미국의 상용 리모센 위성 회사(DigitalGlobe 사)의 고해상도 이미지를 일본의 안전보장 관계기관이 매년 100억엔 정도 구입하고 있다. 미국의 산업시장의 일부가 일본이라는 기대가 크다.

다섯째, 일본판 즉응형 소형 위성(ORS, Operationally Responsive Space)에 대한 일본 독자적 개념의 확립과 전개이다. ORS는 위성기본계획에 따라 도입된 시책으로, 유사시 또는 재해시 특정지점을 즉응적으로 관측하는 데 주안점을 두고 운영한다. 최근에는 ORS는 우주자산의 고장이 발생할 경우 긴급 백업으로 발사되는 위성 개념으로 진화하고 있다.



## I. 논란

동아시아의 군사우주  
환경평가

30. 中須賀 真一(2018), 「宇宙基本計画およびその後の議論に見る日本の宇宙安全保障政策の現状と考察」,(防衛研究所), PP. 146-148.





## I. 논란

동아시아의 군사우주  
환경평가

31. “О Развитии Государственной Корпорации По Космической Деятельности «Роскосмос»», June 13, 2019, <http://government.ru/news/36999/#>.

32. Anton Lavrov, “Russia’s GLONASS Satellite Constellation,” (검색일: 2021.9.1.)<http://cast.ru/products/articles/russia-s-glonass-satellite-constellation.html>

33. “Missile Defense Missiles and Visas - The US Refused Russian General Staff Officers Entry Into the Country,” Rossiyskaya Gazeta(Moscow), 15 OCT 2017

34. “This is the Achilles’ Heel of Washington’s Military Power,” Sputnik News, 2016.01.30. <https://sputniknews.com/military/201601301033971479-us-space-satellites/> (검색일: 2021.11.08.)

35. Daniel Coats, “Worldwide Threat Assessment of the U.S. Intelligence Community: Statement for the Record,” 13 February, 2018. <https://www.dni.gov/index.php/newsroom/congressional-testimonies/item/1845-statement-for-the-record-worldwide-threat-assessment-of-the-us-intelligence-community> (검색일: 2021.11.10)

일본의 2018 방위계획대강의 핵심은 영역형단작전이다. 영역형단작전은 국가와 관계기관 및 기업 등의 유기적 협력체제를 바탕으로 첨단 우주과학 기술을 융합하여 운영한다. 일본은 중국과 러시아의 위협을 미일동맹뿐만 아니라 국제적 지지를 통해 억제하고 대처하는 기반조성을 위해 노력하고 있다. 우주개발은 막대한 예산을 투입하고 오랜 기간 다수의 시행착오를 거듭한 전략적 선택과 집중의 결과이다. 일본은 미국과의 공동연구 및 운용 연계성 강화를 통해 미일동맹을 강화하는 한편 우주개발의 효율성을 도모하고 있다. 특히 탄도미사일 위협 등 미래전에 대비한 근원적 해결수단으로 우주개발 및 우주협력에 매진하고 있다.

## 4. 러시아

2000년 이후 러시아는 제한된 자원에도 불구하고 우주군사력 재건을 위해 총력을 기울이고 있다. 러시아는 구소련에서 물려받은 뛰어난 우주기술을 바탕으로 경제복구와 군현대화 노력의 일환으로 군사우주력의 조기복구를 추진하고 있다.

먼저, 우주력의 기반이 되는 우주발사능력과 우주기지의 확보, 항법 및 통신위성을 중심으로 위성체계 개선을 최우선으로 추진하고 있다.<sup>31)</sup> 2008년 군개혁의 최우선 사업으로 항법위성의 보완을 추진하면서, 2011년에는 군사적으로 필요한 최소 24개의 범지구 위성항법체계(GLONASS, Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema)를 유지하게 되었다. 러시아군은 항법위성체계의 회복을 통해 비접촉전을 수행할 수 있는 기반을 완성하였다. GLONASS의 완전한 작동으로 군은 항법, 정밀유도무기(PGM) 및 명령·통제에 크게 향상되었다. 실제로 2015년 시리아전에서 러시아군은 보다 정확한 공중발사와 군수품 투하에서 해상 기반의 정밀유도무기 발사에 이르기까지 위성지원 무기를 성공적으로 이용할 수 있었다.<sup>32)</sup>

둘째, 대위성요격체계(ASAT) 무기체계를 우선적으로 증강한다. 러시아는 미국의 우주우세를 인정하고 있다. 또한, 미국이 우주군사력과 함께 미사일방어(MD)를 완성한다면 우주를 활용한 정밀타격능력은 국제적 힘의 균형을 무너트려 전략적 안정성을 해치게 된다고 우려하고 있다.<sup>33)</sup> 러시아는 미국의 글로벌 즉시타격(PGS, Prompt Global Strike)체계에 대응하기 위해 미군의 과도한 우주 의존도를 미 군사력의 아킬레스로 평가하고 군사우주력 증강에 매진하고 있다.<sup>34)</sup> 특히, 러시아는 미국의 우주우세를 상쇄하기 위해 운동성 및 비운동성의 지상·항공·우주 기반의 ASAT의 개발에 역점을 두고 있다.<sup>35)</sup>

셋째, 대우주능력 가운데 억지력으로서 경제적 측면에서 비운동성 자산이나 전자 무기능력 등을 확대한다. 레이저를 이용한 임시 교란(Jamming)이나 센서 블라인딩(Blinding) 등 비운동성(Non-kinetic) 공격이나 스푸핑(Spoofing)<sup>36)</sup> 등의 기술을 통해 미 위성을 위협에 처하게

할 수 있다. 러시아군은 군사우주력에 기초한 정보전이 전승의 필수조건이라는 인식에 따라 이러한 능력을 최하위 전투부대까지 촉진하고 있다.

넷째, 우주능력 확대를 위해 우주정책수행기구를 효율화한다. 러시아는 우주프로그램의 비효율성을 개선하기 위해 군과 민간 우주편제를 개편하였다. 러시아의 우주산업은 국가가 독점적으로 소유하고 있으며, 국영기업 로스코스모스(Roscosmos)는 우주산업을 전반적으로 관리하며 민간 우주 프로그램을 수행하고 있다. 또한, 러시아는 2015년 공군과 대공방위군을 통합하여 항공우주군을 창설하였다. 항공우주군은 우주발사를 지휘하며, 탄도미사일 조기경보시스템, 위성관제망, 우주감시망을 유지하는 임무를 수행한다.<sup>37)</sup> 또한, 전쟁에서 가장 효율성이 높은 전자전(EW) 무기와 지향성에너지무기(DEW) 등 대우주 무기능력을 집중적으로 개발하고 있다.

## V. 한국군의 대응방안

### 1. 우주작전의 단계화 추진

앞에서 우주의 군사화 및 무기화, 북한을 포함한 주변국의 군사우주력 발전에 대해 살펴보았다. 북한 및 주변국가의 군사우주능력의 고도화는 <그림 10>에서 보는 바와 같다.

<그림 10> 북한 및 주변국가의 군사우주능력 고도화



한국군의 군사우주력 발전은 한국의 사활적 이익뿐만 아니라 동아시아의 안보를 위해서도 매우 시급한 사안이다. 한국군은 북한 및 주변국의 우주위협과 위험에 대비하기 위해서 한미동맹을 근간으로 효과적인 우주작전을 수행하여야 한다. 우주작전의 목적은 적의 우주우세를 거부하고 적의 인공위성을 직접 공격하거나 적의 우주능력을 저하·말살하며, 아군의 군사우주력을 보호하는 것이다. 우주작전은 <그림 11>에서 보는 바와 같이 우주에서의 자유로운 활동을 저해하는 우주환경에 대한 우주감시, 지상의 군사작전에 기여할 수 있는 정보를 지원하는 우주정보지원, 우주우세를 달성할 수 있는 우주통제, 나아가 우주에서 전력을 투사할 수 있는 우주전력투사로



### I. 논란

동아시아의 군사우주 환경평가

36. 스푸핑은 먼저 IP주소를 변조하고 합법적인 사용자로 위장하여 다른 사람의 컴퓨터 시스템에 접근함으로써 IP주소에 대한 추적을 회피하는 해킹 기법이다.

37. Matthew. Bodner, "Russian Military Merges Air Force and Space Command," The Moscow Times, 3 Aug 2015. <https://www.themoscowtimes.com/2015/08/03/russian-military-merges-air-force-and-space-command-a48710> (검색일: 2019. 9. 20)

구분할 수 있다. 한국군의 우주작전은 현재 우주감시와 우주정보지원에 중점을 두고 이루어지고 있으나 점차 우주통제와 우주전력투사를 강화되어야 한다.<sup>38)</sup>



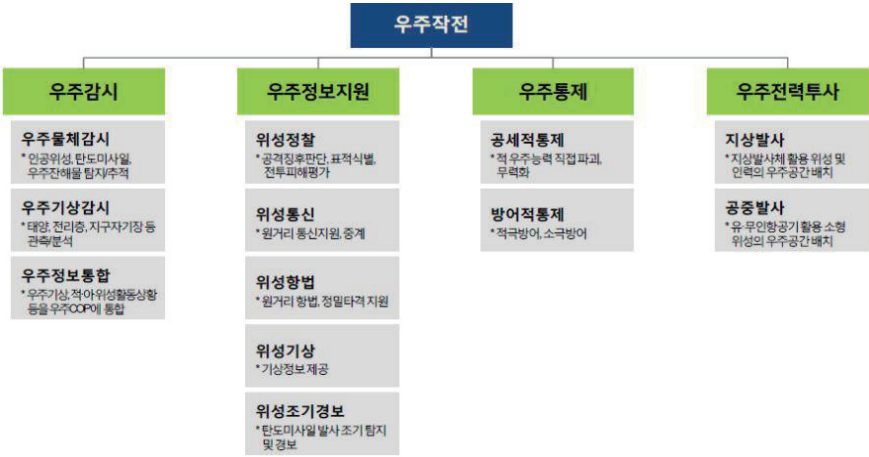
I. 논란

동아시아의 군사우주 환경평가

38. 국방우주력 발전 기본계획서(2019-2033) 참조

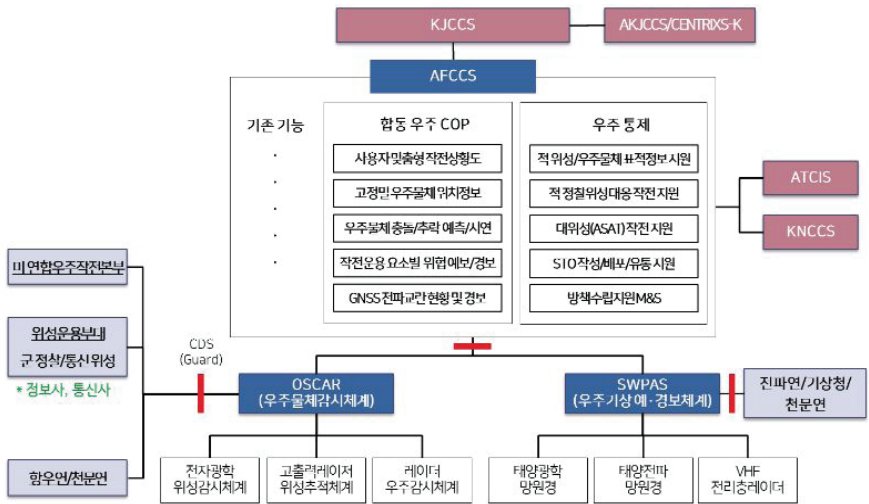
39. 안보경영연구원, 미래 육군의 우주분야 발전 목표와 우주전력 활용 방안 연구, 2019.10. p. 46.

<그림 11> 우주작전 임무유형 <sup>39)</sup>



한국군의 우주작전의 최우선 임무는 현존하는 북한의 핵 · WMD 위협에 대한 우주정보지원이다. 추가하여 각종 우주위험에 대한 감시임무도 병행되어야 한다. 우주정보지원 작전개념은 군사위성을 활용하여 우주정보를 제공함으로써 전쟁을 억지하고, 유사시 지 · 해 · 공 작전승리에 기여하는 것이다. 북한의 핵과 미사일 등 위협에 대한 정밀감시 및 정찰 임무 결과는 <그림 12>에서 보는 바와 같이 합동지휘통제체계(KJCCS, Korean Joint Command and Control System)의 우주기능을 활용하여 실시간 우주상황인식이 가능하다.

<그림 12> 우주작전 임무유형





KJCCS의 우주작전 공동작전상황도(COP, Common Operational Picture)를 실시간 공유를 위해서는 연동체계의 추가적인 보강이 필요하다. 군 통신위성 개발사업은 합동지휘통제 위성통신체계를 독자개발하여 무궁화 5호 위성발사, 아나시스 2호 발사에 성공하여 광대역 위성통신이 이루어지고 있다. 또한 광학/적외선 및 SAR군 정찰위성 체계개발을 추진하여 2023-2025년까지 고성능 영상레이더 탑재위성 4기, 전자광학/적외선 탑재위성 1기 등 총 5기를 발사할 예정이다.



## I. 논단

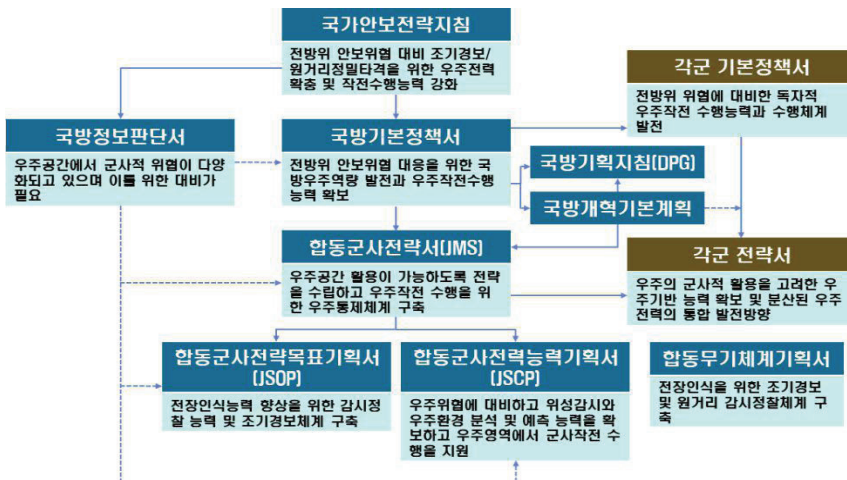
동아시아의 군사우주 환경평가

## 2. 한국군 군사우주력 발전방안

북한 및 한반도 주변국의 군사우주활동은 한국의 안보에 심각한 위협으로 부각하고 있다. 군사우주력은 국가의 우주활동을 보장하며 국민의 안전보장에 기여하고, 효과적인 합동군사작전을 지원하여야 한다. 이를 위해 미국을 포함한 우주선진국과의 협력을 강화하고 우주영역에서의 우주위협·위협 대응 및 우주우세 확보, 지상·해상·공중영역의 군사작전에 대한 효율적인 지원, 국가 차원의 우주력 발전 등이 이루어져야 한다.

국방부에서는 국방 우주력 발전 기본계획에 따라 국방 우주력 발전 추진계획을 수립하여 군사우주력 강화에 총력을 기울이고 있다. 국가기획문서에 명시된 국방우주정책을 살펴보면 <그림 13>에서 보는 바와 같다.

<그림 13> 국가기획문서에 명시된 국방우주정책(요약)



합참에서도 합동성 강화 차원에서 합동작전 지원을 위한 군사우주전략 개념 정립, 효율적인 육·해·공 작전 지원을 위한 우주작전 개념 발전, 우주기반체계 및 단계적 우주작전 수행능력 구축, 국가우주자산의 군사적 활용방안 수립, 한미 연합 우주작전 연습 및 민관군 합동훈련 발전 등 군사우주력 강화를 명기하여 추진하고 있다.



## I. 논란

동아시아의 군사우주  
환경평가

한국군 군사우주력 발전방안은 군사우주전략의 개발, 우주안보 달성을 위한 국제적 우주협력 강화, 우주위협 및 우주위험에 효과적 대응, 효율적인 합동군사작전 지원, 군사우주력 발전을 위한 법적·제도적 정비, 국가차원의 우주력 발전을 위한 민·관·군 유기적 협력체계 구축 등을 고려할 수 있다.

먼저 군사우주력의 전략적 목표를 구현하기 위한 군사우주전략을 개발하여야 한다. 군사우주 전략 개념의 핵심은 우주영역을 효과적으로 활용하고 우주활동의 안전을 확보하며, 국가안보에 이바지하는 것이다. 이를 위해 국제 우주협력을 강화하고 한·미 우주협력을 강화하여 한반도에서의 연합 우주작전 수행체계를 지속 발전시키고, 우주분야 국제 파트너십 강화를 통한 우주협력의 다변화를 추진하여야 한다.

둘째, 우주위협 및 우주위험에 효과적으로 대응해야 한다. 가용한 모든 군사우주력을 통합하여 상시 우주안보를 유지해야 하며, 국가 차원의 우주영역 인식능력과 국제적 우주협력체계를 활용하여 적시에 우주위협을 탐지 및 식별하여 효과적으로 우주위협을 격퇴해야 한다. 또한, 우주 물체 충돌, 우주물체 추락 등 우주위험에도 대비해야 한다.

셋째, 효율적인 합동군사작전을 지원해야 한다. 합동군사작전 지원을 위한 우주작전의 효율적 지휘통제를 위해 인공지능 기반의 지휘통제체계 능력을 강화함으로써, 우주작전과 기존 군사작전을 포함한 다영역작전에서 시너지를 창출할 수 있어야 한다.

넷째, 현행 우주개발 체계는 지난 10월에 국무총리가 위원장을 맡은 국가우주위원회에서 전반적 방향을 제시하고 안보우주개발실위원회에서 실무를 담당하는 것으로 개선되었다. 우주의 군사화 및 무기화와 연계하여 국방우주정책과 군사우주전략 및 군사우주력 건설을 체계적으로 추진하기 위해서는 법적·제도적 정비할 구체적으로 발전시킬 필요가 있다.

마지막으로, 국가 차원의 우주력 발전을 위한 유기적인 민·관·군 협력체계를 구축해야 한다. 제한된 국가 및 국방 재원을 활용하여 군사우주력을 효율적으로 건설하기 위해서는 민·관·군 협력을 적극적으로 추진하여 국가 및 민간 우주자산을 군사적으로 활용할 수 있는 기반을 조성하여야 한다.

한국군이 ① 북한의 핵 및 미사일, EMP 및 재밍 위협, ② 중국, 러시아, 일본 등 주변국의 우주력 강화, ③ 우주잔해물 등에 의한 우주위험 등 미래 우주전에 대응하기 위해서는 각종 한계에도 불구하고 한미동맹을 기반으로 독자적인 군사우주력 건설에 박차를 가해야 한다. 현실적으로 기술이나 재정적 측면에서 한국이 미국, 중국, 러시아, 일본과 같은 국방우주체계를 단기간에 갖추는 것은 불가능하다. 따라서 일본처럼 동맹의 역량을 최대한 활용하면서, 독자적 우주감시체계와 인공위성을 이용한 정보수집체계를 갖추는 것을 우선 고려할 필요가 있다. 또한 한국군은 전시작전통제권 전환과 연계하여 미래 우주전을 대비하여야 한다.

## 참고 문헌

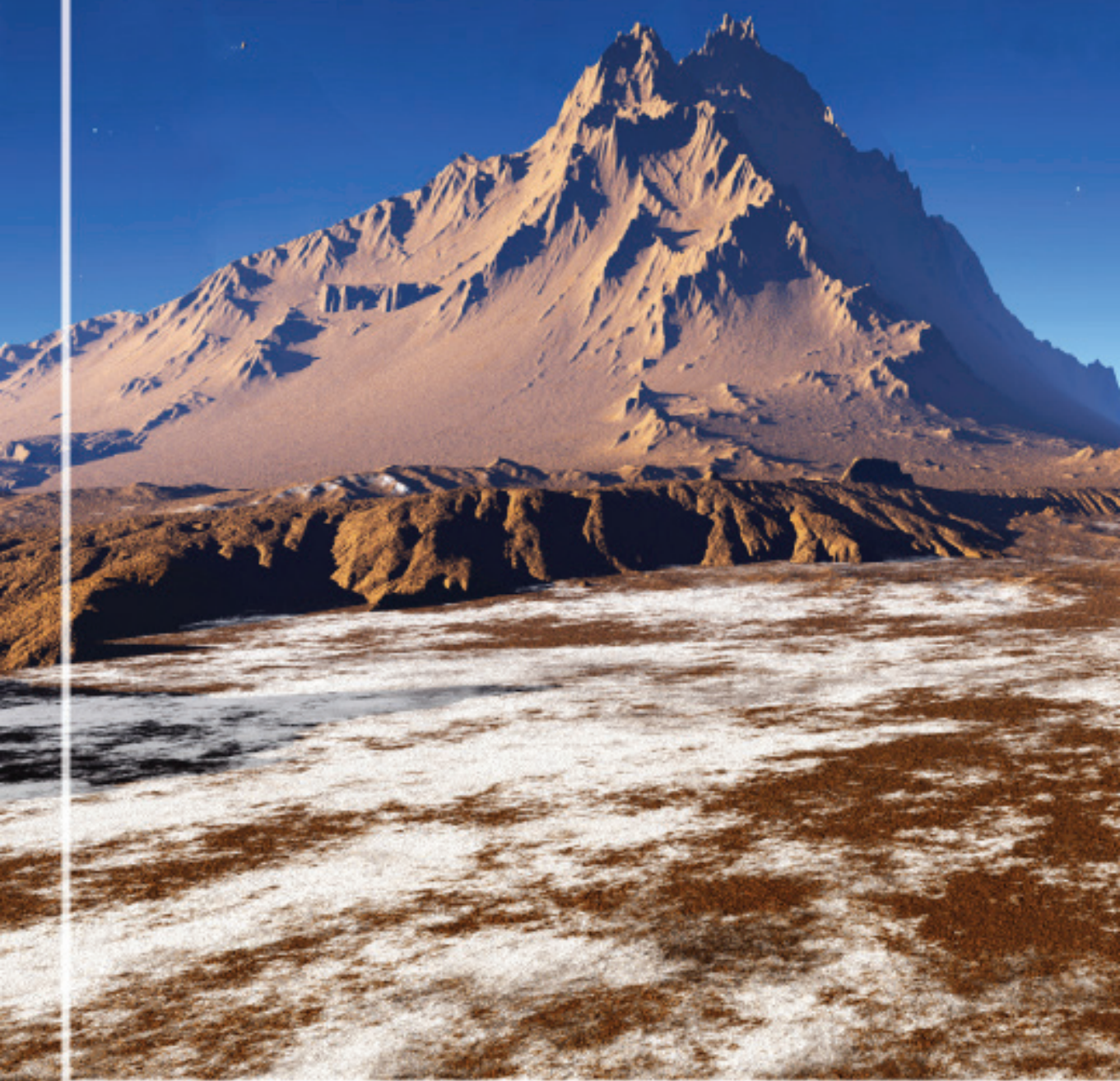
- [1] 국방부, 국방우주력 발전 기본계획서(2019-2033)
- [2] 로버트 그린, 『전쟁의 기술』, 안진환·이수경(역), (서울: 웅진지식하우스, 2007).
- [3] 안보경영연구원, 미래 육군의 우주분야 발전목표와 우주전력 활용방안 연구, 2019.10.
- [4] 박상중, 조홍제, 주변국 우주군사전략이 한국군에 미치는 함의, 항공우주정책·법학회, 제35권 4호, 2020.12.
- [5] 조동연, 미래 우주전과 3D전략, 월간 국방과 기술, 2021.3.23.
- [6] 조홍제, 박상중, 이상수, 군사우주전략 개념정립 선행연구, 2020.12.
- [7] 조홍제, 박상중, 이성훈, 한국군 군사우주전략 발전방향, 항공우주정책·법학회, 제36권 2호, 2021.6.
- [8] Anthony H. Cordesman with the assistance of Joseph Kendall, Chinese Space Strategy and Development (Washington, DC: Center for Strategic and International Studies, September 19, 2016.
- [9] Department of Defense Releases Defense Space Strategy, US Department of Defense, 2002. 6.17.
- [10] Frank A. Rose, Managing China's Rise in Outer Space (Washington. DC: Global China, April 2020.
- [11] Matthew. Bodner, "Russian Military Merges Air Force and Space Command." The Moscow Times, 3 Aug 2015.
- [12] Missile Defense Missiles and Visas - The US Refused Russian General Staff Officers Entry Into the Country, Rossiyskaya Gazeta(Moscow), 15 October 2017.
- [13] Pawel Bernat, "The Inevitability of Militarization of Outer Space," Safety & Defense, 2019.
- [14] Pawel Bernat, "The Inevitability of Militarization of Outer Space," Safety & Defense, 2019.
- [15] The State Council Information Office of the People's Republic of China, China's Military Strategy(2015) (Beijing: The State Council Information Office of the People's Republic of China, May 2015.
- [16] 中須賀 真一, 宇宙基本計画およびその後の議論に見る日本の宇宙安全保障政策の現状と考察」.(防衛研究所). 2018.



### I. 논란

동아시아의 군사우주  
환경평가









# Space Policy Research

제 2장 이슈 분석 · 제언

---



## 룩셈부르크의 우주 정책

### - 소국으로서 선택과 집중 그리고 비즈니스 -



#### 정영진

한국항공우주연구원  
정책팀  
국제법 박사  
yjjung@kari.re.kr



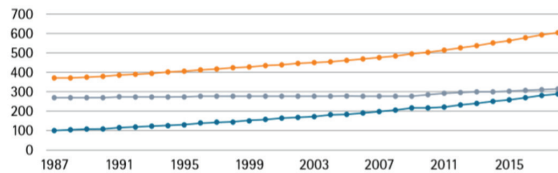
#### 1. 룩셈부르크 개요[1]

☐ 면적 : 2,586km<sup>2</sup>

○ 한반도의 1/86, 한국의 1/38, 제주도 2배

☐ 인구 : 약 638,000명

○ 전체 인구 중 47.9%가 외국인



○ : 총인구  
○ : 룩셈부르크인  
○ : 외국인

☐ 통화 : 유로(€)

☐ 언어 : 룩셈부르크어(모국어), 프랑스어, 독일어

☐ 정치 형태 : 입헌군주제, 의회민주주의

☐ 주요 경제 지표(2021, IMF)

○ GDP : 887억 달러

○ 1인당 GDP : 131,300 달러

○ 경제성장률 : 5.5%

○ 실업률 : 5.6%

☐ 국가등급 : AAA

☐ 유럽연합의 주요 기관이 소재

○ 유럽연합 집행위원회, 유럽사법재판소, 유럽회계감사원, 유럽투자은행,  
유럽투자펀드, 유럽안정화기구, 유럽의회 사무국 등

☐ 룩셈부르크에서 유럽 주요 도시 간 거리

○ 파리(380km), 프랑크푸르트(250km), 브뤼셀(200km)

## 2. 룩셈부르크의 분야별 주요 정책

### (1) 경제 정책

과거 룩셈부르크의 경제는 공업 중심으로 특히 철강 산업이 무역액 29%, 국내 총생산 1.8%, 산업고용 22% 및 노동력의 3.9%를 차지하였었다. 그러나 석유 파동과 자원 고갈로 철강업은 쇠퇴하기 시작하였으며, 현재의 산업구조는 농업 1%, 공업 12%, 금융, 통신 등의 서비스업 86%로 구성된다. 룩셈부르크는 석유 파동 등 세계적인 경제적 침체에서 벗어나기 위하여 외국기업의 유치와 자국의 금융시장의 성장을 경제 정책의 주요 목적으로 설정하였다. 그 결과 룩셈부르크는 철강업을 기간산업으로 은행·보험업, 통신 등 서비스 산업국으로 성장하였다.

서비스 산업의 성장은 노동력과 산업 친화적 경제 정책에 기반을 두고 있다. 룩셈부르크는 벨기에, 프랑스 및 독일과 접경하고 있어 지식 노동력이 풍부하다. 2019년 국제인재경쟁력지수(Global Talent Competitiveness Index 2019)에서 125개국 중 10위이며, 유럽에서는 덴마크, 핀란드 스웨덴, 네덜란드, 영국 다음이다. 룩셈부르크의 산업 친화적 경제 정책은 아래와 같이 크게 네 가지로 요약할 수 있다[2].

- (유럽연합 정책 지침의 신속한 수용) 유럽연합의 지침을 신속히 받아들여 유럽 진출을 희망하는 외국 기업이 룩셈부르크를 경유하도록 유도
- (낮은 조세 부담) 개인이 6개월 이상 주식 및 채권을 보유한 후 매각할 경우, 자본이득에 대한 과세 전액을 면제(독일·프랑스는 26%)
- (자유로운 자본 거래) 투자 과정에서 발생하는 환전 및 외환 획득 등의 과정에 제한 조치가 전무
- (금융거래 비밀 보장) 범죄와 관련된 예외적인 경우가 아니라면, 금융거래에 관련된 어떠한 정보도 누설하지 않도록 법으로 보장

룩셈부르크는 미국 언론사인 US News의 US News and World Report의 기업 활동 개방성 부문(Open country for business)에서 1위를 차지하였고, 기업 본사 설립지로 최적화된 국가에서는 스위스와 캐나다에 뒤이어 3위를 차지하였다.

### (2) 국방·안보 정책

룩셈부르크는 내륙국으로 해군과 공군이 없으며, 약 7,000명 규모의 육군으로만 구성된 군대를 보유하고 있다. 국방부가 없으며, 외교·유럽부(Ministry of Foreign and European Affairs) 산하에 국방청(Directorate of Defense)이 존재한다. 룩셈부르크의 국방비는 국내총생산의 약 1% 전후이며, 상당 부분을 북대서양조약기구(North Atlantic Treaty Organization)에 의존하고 있다.



#### II. 이슈 분석·제언

룩셈부르크의 우주 정책





## II. 이슈 분석 · 제언

### 룩셈부르크의 우주 정책

1. 룩셈부르크 대학은 2003년에 설립된 룩셈부르크의 유일한 대학이며, 2014년 사립의 비즈니스 스쿨(Luxembourg School of Business)이 설립되었다.

2. 룩셈부르크 과학기술연구소(Luxembourg Institute of Science and Technology: LIST)는 주로 소재, 환경 및 IT 분야를 중점 연구하는 고등교육연구부 산하의 공공연구기관이다.

### (3) 연구 · 혁신 정책

룩셈부르크 정부의 연구개발 및 혁신 예산은 2000년 28백만 유로(약 374억, GDP의 0.13%)에서 2014년 326백만 유로(약 4,347억, GDP의 0.69%)로 증가하였으며, 2020년에는 2014년 대비 2.3-2.6% 확대되었다. 정부는 연구개발과 혁신을 룩셈부르크의 경제성장과 경쟁력을 위한 핵심 요소로 간주하고 이를 위해 민관협력을 강조한다. 룩셈부르크의 연구개발은 룩셈부르크 대학<sup>1)</sup>, 룩셈부르크 과학기술연구소<sup>2)</sup>, 룩셈부르크 보건연구소 중심으로 진행된다. 자국의 연구역량 강화를 위하여 유럽의 연구 프로그램에 적극적으로 참여하며, 특히 유럽우주기구(European Space Agency: ESA)의 회원국으로서 위성 기반시설에 기반을 둔 고부가가치의 제품과 서비스의 창출에 주력한다. 그리고 새로운 경제활동의 창출을 위하여 해외 스타트업의 국내 유치 및 지원에 국가역량을 강화한다[3].

## 3. 룩셈부르크 우주 정책

### (1) 국가 우주 정책

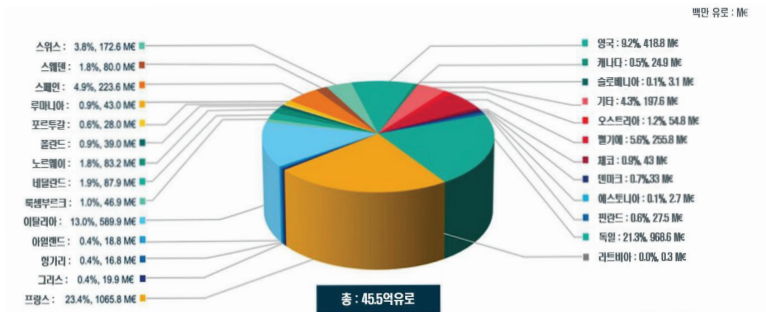
룩셈부르크는 1985년 통신위성 운용업체인 SES사 설립을 계기로 우주활동에 착수하였고, 2005년 17번째로 ESA에 가입하였다. 2020년 룩셈부르크의 우주 예산은 총 193백만 유로(약 2,640억원)로 전년도 대비 거의 2배 가까이 증가하였다. 민간 분야가 63.1백만 유로(약 863억원)이며 국방 분야가 100.4백만 유로(약 1,777억원)를 각각 차지한다. 민간 분야 예산 중 32.2백만 유로는 ESA 분담금이다. 우주 분야에 대한 정부지출은 2016년 GDP의 0.03% 수준이었으나 2020년에는 GDP의 0.26%까지 증가하였다.

<표 1> 우주 예산 변화

	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
<b>민간</b>	26.6	28.4	50	55.3	63.1
국내 프로그램	4	5	22.3	24.3	32.2
ESA 분담금	22	22.3	26.6	29.9	29.9
Eumesat	0.6	1.1	1.2	1.1	1.1
<b>국방</b>	14.4	14.4	14.4	41.4	100.4
합계	41	42.8	64.4	96.7	163.6

룩셈부르크의 ESA 분담금은 꾸준히 증가하여 2021년에는 46.9백만 유로로 ESA 회원국 전체 분담금의 1%를 차지하였다.

&lt;그림 1&gt; 2021년 ESA 회원국 및 협력국의 분담금



## II. 이슈 분석 · 제언

룩셈부르크의 우주 정책

ESA의 활동은 회원국으로서 의무적으로 참여해야 하는 “의무적(Mandatory) 활동”과 회원국이 선언을 통해 불참이 가능한 “선택적(Optional) 활동”으로 구분된다.

&lt;표 2&gt; ESA의 활동 유형

의무적 활동(회원국의 의무적 참여)	선택적 활동(선언을 통해 불참 가능)
<ul style="list-style-type: none"> <li>교육, 자료수집, 미래 프로젝트 연구, 기술연구 등의 기본적 활동</li> <li>위성과 기타 우주시스템을 포함한 과학 프로그램의 시행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>인공위성 연구개발 · 제조 · 발사 · 궤도 진입 · 통제 및 기타 우주시스템</li> <li>발사시설과 우주수송시스템의 연구개발 · 건설 · 운용 등</li> </ul>

룩셈부르크는 ESA 분담금 중 69%는 위성통신 분야, 11%는 과학 및 기초 연구, 8%는 지구관측, 6%는 우주기술, 5%는 위성항법, 그리고 1%는 우주상황인식 분야에 할당된다. 룩셈부르크는 ESA 분담금이 1% 이하인 국가(루마니아, 포르투갈, 폴란드, 룩셈부르크, 아일랜드, 슬로베니아, 핀란드, 에스토니아, 헝가리, 그리스, 체코, 덴마크) 중 선택적 활동 비중이 유일하게 큰 국가로서 특히 위성통신에 대한 비중이 매우 큰 바, 지속적으로 자국의 국내 · 국제 우주역량을 위성통신 분야에 집중해오고 있다[4].

&lt;그림 2&gt; ESA 회원국의 의무적 · 선택적 활동 참여 비율

	2020			2020	
	의무적 활동 (%)	선택적 활동 (%)		의무적 활동 (%)	선택적 활동 (%)
오스트리아	2.24%	0.89%	이탈리아	10.63%	14.62%
벨기에	2.80%	6.01%	룩셈부르크	0.21%	0.72%
체코	1.09%	1.04%	네덜란드	4.71%	2.06%
덴마크	1.83%	0.47%	노르웨이	2.33%	1.61%
에스토니아	0.14%	0.07%	폴란드	2.90%	0.36%
핀란드	1.36%	0.41%	포르투갈	1.13%	0.30%
프랑스	14.14%	29.84%	루마니아	1.16%	0.66%
독일	21.13%	20.47%	스페인	7.51%	4.80%
그리스	1.08%	0.28%	스웨덴	2.63%	1.53%
헝가리	0.70%	0.16%	스위스	3.99%	3.40%
아일랜드	1.25%	0.40%	영국	15.04%	9.10%
				100.00%	99.21%

룩셈부르크는 2008년 ‘우주 연구개발 국가 실행계획’을 수립하고, 우주 분야를 탄탄하고 역동적이며 혁신적인 산업 분야로 성장시키기 위하여 5대 목표를 제시하였다.



II. 이슈 분석 · 제언

룩셈부르크의 우주 정책

3. 축구장 크기의 소행성 한 개에 지구 매장량의 175배에 달하는 백금이 매장되어 있으며 이는 250~500억\$의 가치를 지닌것으로평가(2017년 4월 골드만삭스 보고서)

<표 3> ESA의 활동 유형

5대 목표	우선 순위
경제활동의 다양화와 안정화에 기여	위성 영상 및 위성 인프라를 이용한 부가가치서비스
미디어 · 통신 분야에서 기존 역량 강화와 안정	지상장비(지상국, 지상기계설비)
우주 분야에서 산업과 공공연구기관의 경쟁력 강화에 기여	위성 장비(구조체, 전기 추진)
우주 분야에서 역량 확대	소형위성(플랫폼, 탑재체)
국내 관련 기관을 국제 네트워크에 통합	우주자원 이용

룩셈부르크의 국가우주프로그램인 ‘LuxIMPULSE’는 통신, 위성항법 분야 등의 재정지원 프로그램으로 ESA가 관리한다. ESA는 ‘LuxIMPULSE Award’, ‘SpaceStarters Award’ 등의 경진대회를 통해 신기술을 개발하고 스타트업 등을 발굴한다.

룩셈부르크는 ‘우주자원경제’<sup>\*)3)</sup>를 발전시키기 위하여 2016년 ‘SpaceResources.lu’ 이니셔티브에 착수하였다. ‘SpaceResources.lu’는 우주자원에 관한 연구 및 기술 역량을 보유한 선진 기업을 자국에 유치하여 룩셈부르크를 우주자원 탐사 및 활용의 허브로 구축하는 것이 목적이다. 이를 위해 룩셈부르크는 2017년 미국에 이어 세계에서 두 번째로 ‘우주자원 탐사 및 활용법’을 제정하여 우주자원에 대한 재산권 확보에 관한 법체계를 마련하였다.

<표 4> 우주자원의 경제적 가치

소행성	가치추정 (10억\$)	수익예상 (10억\$)	$\Delta v(km/s)$	구성
Ryugu	95	35	4.663	니켈, 철, 코발트, 질소, 수소, 암모니아
1989 ML	14	4	4.888	니켈, 철, 코발트
Nereus	5	1	4.986	니켈, 철, 코발트
Didymos	84	22	5.162	니켈, 철, 코발트
2011 UW158	8	2	5.187	백금, 니켈, 철, 코발트
Anteros	5570	1250	5.439	규산마그네슘, 알루미늄, 규산철
2001 CC21	147	30	5.636	규산마그네슘, 알루미늄, 규산철
1992 TC	84	17	5.647	니켈, 철, 코발트
2001 SG10	4	0.6	5.880	니켈, 철, 코발트
2002 DO3	0.3	0.06	5.894	니켈, 철, 코발트

출처: Asterank database

## (2) 우주 거버넌스

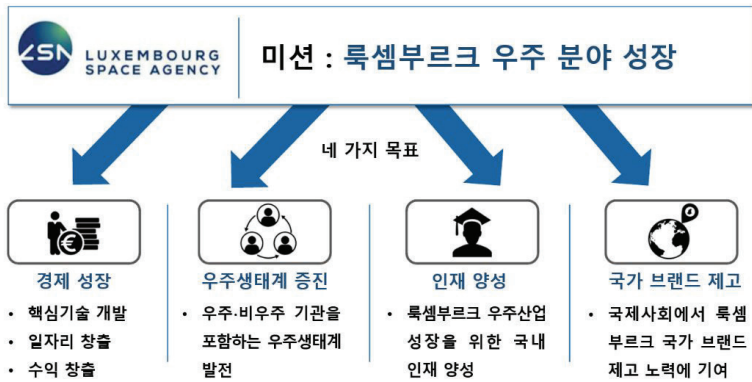
룩셈부르크 정부에서 우주활동의 책임 부처는 경제부(Ministry of Economy)로서 경제부 장관은 부총리 직을 겸직한다. 룩셈부르크는 2018년 9월 경제부 산하에 상업적 목적의 ‘룩셈부르크 우주청(Luxembourg Space Agency: LSA)’을 설립하였다. LSA는 청장(Chief Executive Officer) 1인을 포함하여 15명 내외로 구성된다[5].



### II. 이슈 분석 · 제언

룩셈부르크의 우주 정책

<그림 3> LSA의 목표



LSA는 시장 경쟁력을 확보하려는 우주 산업체들의 법제도 정비, 기반시설 구축 등의 요구를 충족하기 위하여 설립되었다. 따라서 우주청은 연구개발의 수행이 아니라 혁신적인 비즈니스 형성과 산업체 간 협력 촉진이 주요 임무이다. 우주청은 국가우주정책의 수립 및 이행을 담당하며, ESA를 비롯하여 외국과의 우주 분야에서 룩셈부르크 정부를 대표한다. LSA 설립 전에는 연구혁신청인 ‘Luxinnovation’이 ESA의 협력 창구 역할을 수행하였으며, 기업과 연구소 간 네트워크인 Luxembourg Space Cluster를 구축하였다.

<그림 4> 룩셈부르크 우주 거버넌스







II. 이슈 분석 · 제언

룩셈부르크의 우주 정책

유럽에서 우주 전문 민간 투자가 형성된 국가는 영국이 유일하다. 따라서 룩셈부르크는 민간 투자 형성을 위한 국가 차원의 인프라 구축이 필요하다고 판단하여, LSA는 ‘Luxembourg Space Fund’를 조성 중이다. 초기 펀드 규모는 약 1억 유로 정도이며, 이 가운데 정부 투자는 30~40% 정도이다. 정부 지분을 낮게 하는 이유는 민간 투자 비중을 높여 실질적인 투자 펀드 기능을 강화하는 것이며 민간 투자에는 해외로부터의 투자도 포함된다. 혁신적인 아이디어 및 기술을 보유하고 있지만 아직은 초기 사업 단계에 있는 창업기업이 투자 대상이다.

(3) SpaceResources.lu 이니셔티브와 우주자원법

룩셈부르크 우주청은 2018년 우주자원 활용의 사회·경제적 파급효과를 분석한 결과, 우주자원 관련 산업은 2018년~2045년 동안 730억(약 93조)~1700억 유로(약 217조)의 시장 매출을 산출할 것으로 예상하고 있다. 같은 기간 최대 180만명의 고용 창출을 비롯하여 데이터 분석, 소재과학, 로보틱스 등 다양한 영역에 시장·기술 낙수효과가 예상된다[6].

우주자원 채굴과 관련하여 룩셈부르크는 국가 차원의 연구개발을 직접 수행하는 것이 아니라, 기업 발굴·유치 및 투자 등을 통해 관련 산업을 조성하고 성장시키는 것이 목적이다. 따라서 정부가 어떤 특정 기술에 집중할 것인지 결정하지 않으며, 기술의 사업화 등을 고려하여 기업을 지원하거나 투자하는 방식이다.

① 우주자원법

룩셈부르크는 향후 우주자원 채굴이 현실화되어 제기될 수 있는 법적 문제점을 해결하기 위하여 2015년 11월 미국의 ‘상업우주발사 경쟁법’에 이어 세계에서 두 번째로 2017년 9월 ‘우주자원 탐사 및 활용법’을 제정하였다. 우주자원 탐사 및 활용법은 자국민 또는 자국기업에게 우주자원의 자유로운 탐사, 소유, 판매 등을 허용한다[7].

<표 5> 우주자원 탐사 및 활용법

제1조
우주자원은 전용의 대상이 될 수 없다.
제2조
(1) 누구도 경제 및 우주활동 관련 관계 부처의 장관 또는 장관들(이하 ‘장관들’)의 서면 사업 인가 없이는 우주자원을 탐사하거나 이용할 수 없다.
(2) 누구도, 다른 사람을 통하거나 중개인을 통해, 제1항에 명시된 활동을 허가 받을 수 없다.

(3) 허가 받은 개발자는 허가 조건과 룩셈부르크의 국제 의무를 준수하는 경우에만 제1항에 명시된 활동을 수행할 수 있다.

(4) 이 법률은 위성 통신, 궤도 위치 및 주파수 대역 사용에는 적용되지 않는다.

#### 제3조

허가는 상업 목적으로 우주자원의 탐사와 이용 사업을 위하여 장관들에게 서면으로 신청한 개발자에게 부여된다.

#### 제4조

사업을 위한 허가는 요청자가 룩셈부르크법상의 주식회사, 주식합자회사 또는 유한책임회사, 또는 룩셈부르크에 본사를 둔 유럽 기업에게만 부여될 수 있다.

#### 제5조

허가는 지정된 기업에게만 부여되며 양도는 불가능하다.

#### 제6조

허가 신청은 사업 계획과 같이 허가 평가에 필요한 모든 정보가 포함되어야 한다.

#### 제7조

(1) 허가는, 행정과 회계 구조를 포함하여, 개발자의 중앙경영조직과 법규상 본사를 룩셈부르크에 두고 있다는 것을 증빙해야 한다.

(2) 허가 받은 개발자는 우주자원의 상업화를 포함하여 탐사와 이용 사업을 계획하고 시행할 수 있음을 보여주는 재무적 · 기술적 · 법률적 절차와 방법을 위한 건실한 대책을 갖추어야 한다.

그리고 개발자는 매우 명확하고 투명하며 일관성 있는 책임 분담과 함께 확실한 조직 체계, 현재 도는 향후 드러날 수 있는 위험의 파악 · 관리 · 통제 · 신고를 위한 효과적인 절차, 시스템의 통제와 보안 장치 및 활용 기술과 같이 건전한 행정 · 회계 절차를 포함하여 청렴한 행정 및 회계 프로세스를 포함하는 적절한 내부 통제 장치를 갖추어야 한다.

(3) 이 조에 규정된 대책, 과정, 절차 및 장치는 개발자의 기업 모델 및 허가 범위 사업에 내재한 위험의 성격 규모 및 복잡성에 맞게 종합적으로 제출되어야 한다.

#### 제8조

(1) 허가 신청과 함께 직간접적인 주주 또는 출자자, 개발자의 자본 또는 의결권의 10% 이상을 직간접적으로 참여하는 자연인 또는 법인, 10% 이상을 보유하고 있는 주주가 없는 경우 주요 주주 또는 출자자 20명의 신원을 장관들에게 전달한다.

건실하고 신중한 개발의 보장 필요성을 고려하여, 해당 주주 또는 출자자의 자질이 충족되지 아니하면 허가가 거부될 수 있다.

(2) 건실하고 신중한 개발 개념은 다음 기준에 근거하여 평가된다:

- a) 허가 받은 개발자 및 제1항에 명시된 주주와 출자자의 직업적 명성;
- b) 제1항에 언급된 주주 및 출자자의 경영조직의 모든 구성원의 명성, 지식, 역량과 경험;
- c) 제1항에 언급된 주주와 출자자의 재정 건전성;



## II. 이슈 분석 · 제언

룩셈부르크의 우주 정책



## II. 이슈 분석 · 제언

### 룩셈부르크의 우주 정책

d) 계획 중인 탐사 활동이나 우주자원의 향후 이용과 관련하여 자본 세탁 또는 테러 재정 지원의 활동 또는 시도가 향후 우주자원의 탐사 또는 이용 사업과 관계되어 진행 중이거나 일어난다고 의심할만한 합리적 이유의 존재 또는 해당 탐사 사업 또는 이용이 위험을 증대할 수 있다고 의심할만한 합리적인 이유의 존재.

제1항에 언급된 주주 또는 출자자의 경영조직 구성원의 명성은 제9조제1항제2문에 따른다.

#### 제9조

(1) 허가는 개발자의 경영조직 구성원들이 각자의 직무 이행에 필요한 명성, 지식, 역량 및 경험을 항시 갖추고 있다는 조건 하에 부여된다.

명성은 전과기록, 그리고 구성원들이 좋은 평판을 가지고 있으며 나무랄 데 없는 활동을 보장한다는 것을 밝힐 수 있는 모든 요소를 바탕으로 평가된다.

(2) 개발자의 경영을 담당하는 자들은 최소한 2명 이상이어야 하며, 활동 방향을 실질적으로 결정할 수 있는 권한이 있어야 한다. 우주 또는 관련 분야에서 고도의 책임과 자율성을 가지고 유사한 활동에 적절히 종사한 경험이 있어야 한다.

(3) 제1항에 규정된 자들 중, 장에 대한 모든 변경 사항은 사전에 장관들에게 통보되어야 한다.

장관들은 명성 또는 경력에 대한 법적 요건을 충족할 수 있는 자들에 대하여 필요한 모든 정보를 요청할 수 있다. 해당인들이 적절한 직업적 명성 또는 적절한 경력을 갖추고 있지 않거나, 예상된 변경이 건설하고 신중한 개발을 위태롭게 할 위험이 있다고 평가할 만한 객관적이고 입증할 수 있는 근거가 있다면, 장관들은 예상되는 변경을 반대할 수 있다.

(4) 허가의 부여는 장관들이 허가 신청을 심리하기 위하여 근거로 삼았던 중요 정보에 관한 모든 변경을 경영조직의 구성원들이 서면으로 그리고 완전하고 일관성 있으며 납득할 수 있는 형태로 장관들에게 자발적으로 알릴 의무가 있다는 것을 의미한다.

#### 제10조

(1) 허가 신청은 사업의 위험 평가가 첨부되어야 한다. 신청은 적절한 재정적 방법으로, 허가 받을 개발자와 같은 그룹에 속하지 않는 보험회사의 보험증으로 또는 허가 받을 개발자와 같은 그룹에 속하지 않는 금융기관의 보증으로 위험의 커버일을 명시한다.

(2) 허가는 사업에 수반되는 위험에 대한 적합한 재정적 기반이 있어야 한다.

#### 제11조

(1) 허가 취득을 위하여 허가 받을 개발자는 적절한 경력이 증명된 하나 또는 그 이상의 공인 법정 감사에게 연차 회계 보고서의 감사를 맡겨야 한다.

(2) 공인 법정 감사인의 장에 대한 모든 변경은 사전에 장관들에 의하여 허가되어야 한다.

(3) 상업 회사에 관한 1015년 8월 10일 법률에 따라 감독 위원회를 구성할 수 있는 감독 기관은 상업 회사에 관한 법률에서 감사인이 있음에도 불구하고 의무적 감독을 규정하는 경우에만 개발자에 적용된다.

**제12조**

허가는 허가 받을 개발자가 제6조 내지 제11조제1항의 요건을 충족하는 방법을 기술한다.  
또한 다음의 규정을 포함할 수 있다.

- a) 대공국 영토 내에서 또는 그 영토로부터 수행되어야 하는 활동;
- b) 사업에 동반되는 제한 사항;
- c) 미션의 감시 방법;
- d) 허가 받을 개발자의 의무 준수를 확인할 수 있는 요건.

**제13조**

각각의 허가 신청 시 신청의 처리에 소요되는 행정 비용을 충당하기 위하여, 부과금이 장관들에 의하여 결정된다. 이 부과금은 신청의 복잡성과 업무량에 따라 5,000~500,000 유로 사이에서 정한다.

부과금 징수 절차는 대공국 규칙에서 정한다.

**제14조**

- (1) 허가 부여 조건이 더 이상 충족되지 않을 시 허가는 철회된다.
- (2) 허가 부여 후 개발자가 36개월 이내에 개발권을 사용하지 않거나 개발권을 포기하거나 6개월간 활동을 중단하는 경우 허가는 철회된다.
- (3) 또한 허위 신고를 통해 또는 기타 부당한 방법으로 허가를 취득한 경우 허가는 철회된다.

**제15조**

장관들은 허가를 받은 사업에 대한 지속적인 감시 책임이 있다.

**제16조**

사업을 위하여 허가를 받은 개발자는 모든 준비 작업과 의무를 포함하여 사업으로 발생하는 피해에 대하여 완전히 책임을 진다.

**제17조**

사업의 허가 취득은 요구되는 다른 허가 또는 인가의 취득 의무를 면제하지 않는다.

**제18조**

- (1) 제2조를 위반한 자 또는 미수자는 금고 8일 이상 5년 이하 및 벌금 5,000~1,250,000 유로 또는 이 중 하나 형벌에 처한다.
- (2) 제5조, 제9조제3항제1호, 제11조제1항 또는 제2항의 내용이나 허가 조건을 위반한 자 또는 미수자는 금고 8일 이상 1년 이하 및 벌금 1,250~500,000유로 또는 이 중 하나의 형벌에 처한다.
- (3) 제1항과 제2항과는 상관없이, 관할 법원은 이 법률의 규정에 반하는 개발에 대해 개발 중단 결정을 내릴 수 있으며 개발이 강행될 경우 확인된 위반일수별 최대 1,000,000유로의 벌금을 부과할 수 있다.

이 법률과 관련된 모든 자가 이행하고 지키도록 이 법률이 룩셈부르크 대공국 관보에 게재될 것을 통지하며 명하는 바이다.

**II. 이슈 분석 · 제언**

룩셈부르크의 우주 정책





II. 이슈 분석 · 제언

룩셈부르크의 우주 정책

② 국제협력

룩셈부르크는 효율적인 우주자원의 탐사 및 활용을 위하여 중국, 아랍 에미리트, 벨기에, 일본 등과 국제 협력을 추진 중이다. 이와 관련하여 룩셈부르크가 외국과 체결한 문서는 우주자원에 관한 정부 간 양해각서(Memorandum of Understanding)가 대부분으로, 협력이 우주자원의 탐사에 관한 기술적 분야에 국한되지 않고 규범적 · 정책적 분야에 초점을 두고 있다는 점이 특기할만 하다.

<표 6> 우주자원 탐사 및 활용법

	협력국	협력 내용
2017년 10월	UAE	<ul style="list-style-type: none"> <li>우주자원의 탐사·이용에 관한 협력 MoU (정부 간)</li> <li>- 우주과학 연구, 우주탐사 분야 협력</li> </ul>
2017년 11월	일본	<ul style="list-style-type: none"> <li>우주자원의 탐사·이용에 관한 협력 MoU (정부 간)</li> <li>- 우주자원의 상업적 이용에 관한 정보 교류</li> </ul>
2018년 1월	중국	<ul style="list-style-type: none"> <li>룩셈부르크 경제부-중국국가항천국 MoU (기관 간)</li> <li>- 우주활동에 관한 경제적·규범적·기술적 협력</li> <li>룩셈부르크 경제부-중국국가우주과학센터(NSSC) MoU (기관 간)</li> <li>- 룩셈부르크에 NSSC 심우주탐사 연구소 설립 합의</li> </ul>
2018년 10월	체코	<ul style="list-style-type: none"> <li>우주자원 탐사이용에 관한 협력 MoU (정부 간)</li> <li>- 우주자원의 상업적 이용에 관한 기술·법·경제 분야 교류</li> </ul>
2018년 10월	폴란드	<ul style="list-style-type: none"> <li>우주자원 탐사이용에 관한 협력 MoU (정부 간)</li> <li>- 우주 기술·정책·법 분야 지식 및 정보 교류</li> </ul>
2019년 1월	벨기에	<ul style="list-style-type: none"> <li>우주자원 탐사이용에 관한 협력 MoU (정부 간)</li> <li>- 우주자원 탐사 관련 국제제도 수립에 협력</li> </ul>
2019년 5월	미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>우주 협력에 관한 MoU (정부 간)</li> <li>- 양국 간 우주협력 공식 채널 구축, 민간우주탐사, 우주상항인식, 통신, 우주정책협력 등</li> </ul>

4. 맺음말

룩셈부르크의 인구는 약 638,000명에 불과하다. 2014년에 설립된 비즈니스 스쿨을 제외하면 대학은 2003년에 설립된 룩셈부르크 대학 1곳뿐이다. 따라서 룩셈부르크는 국내 자체적으로 그리고 국가 차원에서 인공위성 등의 제작과 발사를 위한 연구개발을 수행하는 것이 현실적으로 어렵다. 그러나 룩셈부르크는 서비스 산업에 기반을 둔 부국으로서 1인당 GDP는 무려 131,300 달러에 달하며 산업 친화적 경제정책으로 유명하다. 룩셈부르크가 우주청을 설립한 목적도 연구개발이 아니라 우주와 관련된 새로운 비즈니스를 만들어 서비스를 제공하고 이를 위하여 관련 산업체 간 협력을 촉진하기 위한 것이다.

룩셈부르크의 이러한 산업정책 모델은 세계적인 통신위성 운영 업체로 성장한 SES에서 성공을 거두었다. 1985년에 설립된 SES는 인공위성에 기반을 둔 방송·통신 서비스 사업자로 세계 통신위성 산업 매출액의 50%를 차지하며, 인공위성을 직접 제작하거나 발사하지는 않는다. SES는 전 세계 약 3억 가구에 약 8천 개의 방송 채널 서비스를 비롯하여 항공기 및 선박의 모바일 통신 서비스 등을 제공하고 있다[8].



## II. 이슈 분석·제언

룩셈부르크의 우주 정책

룩셈부르크는 위성통신 분야에서 SES의 성공을 우주자원 분야에서도 재현하겠다는 목표를 가지고 있다. 이를 위해 두 가지 정책 방향을 수립하였다. 하나는 룩셈부르크가 우주기술 역량을 보유한 해외 기업에 직접 투자하고 해외 기업이 자국에 본사 및 연구소를 설치하도록 하는 것이다. 또 하나는 우주자원 탐사와 관련하여 향후 제기될 수 있는 법적 문제점을 해결함으로써 기업에 법적 안정성을 제공하는 것이다. 미국에 이어 우주자원 탐사 및 활용법을 제정한 것이 대표적인 예이다. 더 나아가 우주자원 탐사 및 활용법을 국제규범화하기 위하여 규범적·정책적 국제협력을 가속화하고 있다. 20년에서 30년 후에 SES와 같이, 세계적인 우주자원 채굴 기업이 룩셈부르크에서 등장할지 지켜볼만 하다.



## II. 이슈 분석 · 제언

룩셈부르크의 우주 정책

## 참고 문헌

- [1] STATEC, Luxembourg in Figures, 2018
- [2] Chambre de Commerce Luxembourg, International Affairs: Foreign Trade Support and Official Agenda, 2017
- [3] Luxembourg Ministry of the Economy, Research, Development and Innovation Funding
- [4] ESA, Annual Report 2020
- [5] Luxembourg Space Agency, Luxembourg Space Policy and Space Resources. lu Initiative, 2019.
- [6] Luxembourg Space Agency, Opportunities for Space Resources Utilization: Future Markets & Value Chains, 2018
- [7] 정영진, “법제의 혁신: 미국과 룩셈부르크의 우주자원 탐사법”, 『우주정책연구』, vol.1, 2019
- [8] Luxembourg Ministry of the Economy, Luxembourg a Pioneer in Space, 2017



## II. 이슈 분석 · 제언

룩셈부르크의 우주 정책





## 우주안보의 개념과 국제사회의 대응



### 황진영

한국항공우주연구원  
정책팀  
과학기술정책학 박사  
cyhwang@kari.re.kr



### I. 머리말

1957년 구소련이 인류최초의 인공위성인 스푸트니크호를 발사한 이후 60여년이 지났다. 그동안 냉전체제 속에서 미소간에는 우주를 둘러싼 치열한 경쟁이 지속되어 왔다. 인류 최초의 우주인인 유리가 가린의 탄생, 그리고 인류 최초의 월면탐사를 실현한 닐 암스트롱의 아폴로 11호로 미소간 경쟁은 절정에 이르렀다. 미국 케네디 대통령의 국가적 자존심을 건 아폴로 프로젝트는 인류를 지구에서 벗어나 다른 행성으로까지 활동 영역을 넓혀주었다.

인공위성의 탄생과 더불어 우주의 군사적 활용을 우려한 국제사회는 우주 영역을 “인류 공동의 유산”으로 정의하는 동시에 우주를 “평화적 목적”으로만 사용하자는 “외기권 조약(Outer Space Treaties, UN, 1967)”을 채택하였다.

과학기술의 발전은 우주분야에도 커다란 발전을 가져왔다. 지구관측위성, 통신방송위성, 기상위성, 위성항법시스템 등 인공위성의 성능과 기능은 빠르게 향상되었고, 우주발사체 분야에서도 고성능, 대형 발사체, 우주왕복선 등이 속속 개발되어 인류의 우주접근을 실용적으로 실현시켜주었다.

최근 들어서는 우주개발에 참여하는 국가가 크게 증가하고 있으며, 그동안 누적된 우주활동의 결과로 민간기업의 우주능력이 크게 향상되었고, 그 결과 정부의 전유물이었던 우주개발의 주체가 민간 기업으로 빠르게 전환되고 있다. 특히 IT분야의 민간사업자인 엘런 머스크가 “스페이스 X”라는 민간 기업을 설립하여 재사용발사체 개발을 실현시키면서 우주발사 비용을 획기적으로 낮추면서 인공위성의 수요가 폭발적으로 증가하는 결과를 가져왔다. 우주활동의 증가는 우주환경을 점점 혼잡하게 만들고 있다.

이러한 우주환경 속에서 “우주안보”에 대해 중요성이 크게 부각되고 있다. 본 논문에서는 포괄적 관점에서 우주안보의 개념, 우주안보의 진화, 그리고 우주안보를 위한 국제사회의 노력, 그리고 우리의 대응 방안에 대해 검토하고자 한다.

## II. 우주안보의 정의와 진화

우주안보에 대한 확립된 정의는 아직 없으나, 우주에 대한 자유로운 접근과 사용을 위협하는 모든 요소로부터의 보호를 의미한다. 유엔 외기권조약(1967)은 우주안보를 외기권의 평화적 이용과 안정성을 보장하는 포괄적 활동을 의미하고 있다. 이 개념안에는 우주에 대한 “safety(안전)”, “stability(안정성)”, “defense(방어)”, “sustainability(지속성)” 등이 함께 혼재되어 있다. 그동안 우주안보가 군사적 측면에서 주로 인식되어 왔다면, 최근에는 군사적 차원 외에도, 경제적, 사회적, 환경적 차원을 포함하는 방향에서 논의되고 있다.

우주안보지수 (Space Security Index)<sup>1)</sup>는 우주안보를 “우주의 안전하고 지속가능한 접근, 그리고 우주에 기반한 위협으로부터의 자유”로 정의하고 있다. 또 한편으로 EU는 “지상의 안전을 보장하는데 결정적인, 우주기반 자산 및 시스템이 있는 우주로 부터의 안보, 그리고 우주의 어려운 환경속에서 보호되어야 할 필요가 있는 우주의 안보”로 정의하고 있다. 이렇듯 우주안보의 정의는 국가마다 다를 수 있다. Antoni(2020)는 우주안보 핸드북에서 “우주안보”는 지상의 안보를 달성하기 위한 우주의 사용, 그리고 어떠한 간섭으로부터도 방해받지 않는 우주의 사용과 접근을 추구하는 기술적, 제도적, 정치적 수단을 모두 포함하는 것이라고 정의하고 있다.

앞서 언급되었듯이 우주는 1957년 스푸트니크호 이후 우주에서의 무기경쟁과 우주의 군사적 활용을 우려하게 되었고, 이로 인해 UN총회 결의안 1348(1958년)을 비롯해 여러 논의를 거쳐 1967년 외기권 조약이 탄생하게 된다. 외기권조약에는 우주공간의 핵무기 및 대량살상 무기의 배치금지를 비롯해 우주의 군사화를 방지하기 위한 여러 조항들이 포함되어 있다. 그러나 우리가 바라든 바라지 않든 간에 우주의 군사화는 현재 진행중에 있고, 더욱 심화되어 갈 것으로 보여 우주안보에 대한 위협은 더욱 증대되어 갈것으로 보인다.

아울러 우주안보는 군사적 측면에만 한정되지는 않는다. 우주분야의 민군겸용(Dual-use) 성격으로 인해 우주활동의 민간과 군사적 구분이 쉽지 않고, 이러한 경향은 점점 더 융합해 가고 있다. 초소형 위성으로도 고해상도의 군집 정찰위성을 구성할 수 있을 뿐아니라, 통신위성, 고정밀 위성항법시스템 역시 민간 겸용으로 활용되고 있다. 또한 민간의 우주자산도 우주상의 사이버공격, 재밍, 도용(spoofing), 레이저 공격 등에 이용할 수 있게 되었다. 이로 인해 우주의 군사적 활용에 대한 정의가 점점 더 어려워지고 있다. 이것이 우주안보의 개념이 초기의 군사적 개념에서 점차 경제적, 사회적, 환경적 차원으로 확대되어 나가고 있는 이유이기도 하다.

1. 우주안보지수 프로젝트는 우주 활동과 관련된 신뢰와 투명성을 개선하고, 세계가 공유하는 우주의 질서에 기여하는 대화와 정책의 역량을 강화하기 위한 공통적이고 포괄적이며 객관적인 지식 기반을 제공하는 것을 목표로 한다. <https://spacesecurityindex.org/>

## II. 이슈 분석 · 제언

우주안보의 개념과 국제 사회의 대응



## II. 이슈 분석 · 제언

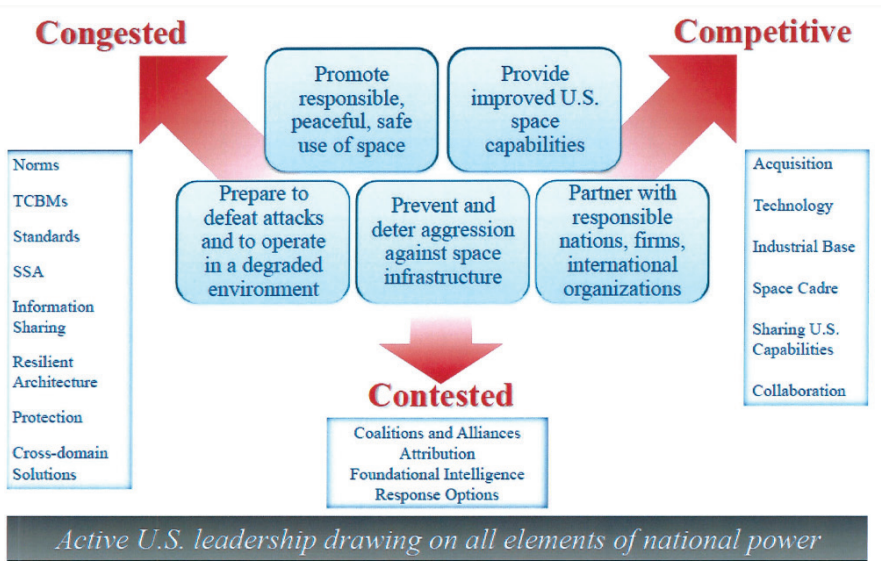
우주안보의 개념과 국제 사회의 대응

2. 미국은 소련 인공위성의 자국 영공통과를 침묵으로 대응함으로써 항공과는 달리 우주에는 주권이 미치지 않는다면 관습법을 선택했다. 그리고 우주에서의 자유로운 활동과 접근을 미국의 가장 기본적인 것이고도 중요한 우주정책으로 채택하고 일관되게 유지하고 있다.

특히 우주물체의 급증과 이로 인한 우주폐기물의 증가, 그리고 중국(2007년) 및 인도의 위성요격시험(2019년)으로 인한 우주파편의 증가는 우주환경의 심각한 문제로 등장하기 시작하였고, 우주발사비용의 하락은 만여개로 구성되는 초소형 군집위성의 등장을 예고하는 등 기하급수적으로 우주환경은 혼잡해 지고 있다. 아울러, 우주물체의 증가에 따른 주파수 문제 등 우주환경을 위협하는 요인들이 크게 증가하고 있다.

최근의 우주환경은 “contested(주도권 경쟁), competitive(시장 경쟁), congested(혼잡)”한 공간으로 집약된다.

<그림 1> 도전받고 있는 우주환경



출처: 미 국방부, George Washington Univ., Space Policy Institute, Dr. Pete Hays의 Space Security 강의에서 재인용

## III. 군사적 개념의 우주안보

인류 최초의 인공위성인 스푸트니크 발사로부터 촉발된 인간의 우주 시대 개척은 세계적으로 엄청난 충격을 던졌다. 특히 미국의 U-2 정찰기가 구소련 영공에서 미사일에 의해 피격된 이후 안전한 군사 정찰 임무를 모색하던 미국은 인공위성의 유용성에 대해 주목하고 있었다. 이러한 상황에서 구소련의 선제적 인공위성발사는 미국으로 하여금 구소련의 인공위성으로 인한 군사적 위협 가능성에 대한 우려와 함께 인공위성으로 인해 미국이 얻을 수 있는 잠재적 군사적 활용가능성을 동시에 열어두고 미국의 우주정책<sup>2)</sup>을 결정하게 된다.

이러한 소련의 초기 우주활동의 성과는 미국 및 국제사회의 안보우려를 감안하여 UN총회 결의를 거쳐 1967년 UN 외기권조약들을 탄생하게 되었으며, 여기에는 우주의 군사화를 제한하기 위해 우주공간의 핵무기 및 대량살상 무기의 배치금지, 달과 다른 천체에 군사기지 설치 금지 등 여러 제한사항에 합의가 이루어졌다.

<표 1> UN외기권 조약의 우주활동과 관련한 제한사항

주요 내용
<input type="checkbox"/> 우주의 주권주장 및 전유(專有) 금지 <input type="checkbox"/> 우주공간에 핵무기 및 대량살상 무기의 배치금지 <input type="checkbox"/> 달과 다른 천체에 군사기지 설치 금지 <input type="checkbox"/> 천체에서의 군사행동 금지 <input type="checkbox"/> 사전 협의없이 다른 국가의 우주활동에 해로운 간섭금지 <input type="checkbox"/> 달과 다른 천체에 해로운 오염방지

케네디대통령의 유인 달탐사 목표 발표이후 미국의 우주개발 투자가 본격화되고 아폴로 11호 유인 달착륙 이후 우주에서의 균형은 미국으로 급격히 기울기 시작했다. 더구나 구소련의 해체는 이러한 현상을 더욱 심화시켰다.

소련의 해체와 이로 인한 소련의 군사적 위협 감소와 압도적인 우주국방 투자를 통해 우주에서의 군사적 우위를 향유하고 있는 미국의 입장에서 우주국방 안보는 전세계 질서를 유지하고자 하는 미국의 매우 중요한 국가적 과제이다.

우주의 군사적 활용은 정찰위성, 군사 기상위성, 군사 통신위성, 그리고 GPS로 널리 알려져 있는 위성항법시스템 등 다양하다. 이러한 군사적 우주자산이 전쟁에 직접 활용된 것은 사막의 폭풍작전으로 불리는 Gulf 전이었다. CNN을 통해 전세계에 생중계된 걸프전은 우주의 위력을 전세계에 각인시키게 된다. 아울러 우주는 핵미사일 발사를 사전에 탐지하고, 발사초기단계에 요격하는 Missile Defence System 구축에도 핵심적인 역할을 맡게 된다.

이러한 우주의 군사적 활용과 비중 증대에 따라 우주전략자산에 대응하기 위한 노력들이 뒤따르고, 2007년 중국이 자국의 극궤도 기상위성인 ‘풍운 1C’위성을 요격실험하고, 2019년 인도도 저궤도 소형위성을 요격하는 데 성공한 바 있다. 중국, 인도 등 위성요격능력 보유국이 늘어나면서 미국의 우주 역량은 심각한 도전에 직면하게 될 가능성이 높아졌으며, 인공위성에 대한 직접 요격뿐 아니라 전파 및 레이저 공격을 통해 위성의 기능을 마비시키는 우주무기 등의 등장도 현실화되면서 군사적 측면의 우주안보가 크게 주목을 받게 되었다. 특히, 미국의 관점에서는 우주에서의 자유로운 활동을 방해하는 모든 활동은 군사적 우주 안보 위협으로 정의한다.



## II. 이슈 분석 · 제언

우주안보의 개념과 국제사회의 대응



## II. 이슈 분석 · 제언

우주안보의 개념과 국제  
사회의 대응

우주에서의 군사적 위험을 완화하기 위한 노력은 다양하게 전개되어 왔다. 여기에는 무기통제 (Arms Control)와 관련되는 양자간 다자간 협정등을 포함하는데, 1963년 핵무기금지협정 (Partial Test Ban Treaty)과 1972년 대탄도미사일조약 등이 있었으며, 1981년 우주에서의 무기경쟁을 방지하기 위한 UN 결의(PAROS)를 채택하고 1967년 외기권조약의 우주의 군사화를 반대하는 원칙을 재확인하게 된다. 또한 1990년대 초반부터 우주에서의 군비경쟁을 방지하기 위한 목적으로 투명성 신뢰구축조치(Transparency and Confidence-Building Measures: TCBMs)를 위한 정부 전문가그룹을 구성하여 논의하고 있다.

### □ UN CD 및 PAROS GGE(우주 무기배치금지 정부전문가회의)[1]

유엔 총회는 우주에서 무기배치 금지를 포함하여 우주에서의 군비경쟁 방지를 위해 국제적으로 법적 구속력 있는 문서의 권고 및 실질적인 내용을 다루기 위하여 2017년 12월 우주에서의 군비경쟁방지 정부전문가그룹(PAROS GGE)을 설립하여, 일반원칙, 범주 및 목표, 정의, 모니터링 · 검증 · 투명성 및 신뢰구축 조치, 국제협력, 제도적 장치 등의 문제를 논의하고 있다.

중국과 러시아는 2008년 유엔 군축회의(UN Conference on Disarmament)에서 “우주에서 무기배치와 우주물체에 대한 위협과 무력사용 금지에 관한 조약안(Draft Treaty on the prevention of the placement of weapons in outer space and of the threat or use of force against outer space objects: PPWT)”을 제출하여, 네 가지 기본원칙(표2 참조)을 제시하였으나, 국가간 이해의 차이로 별다른 진척이 없는 상황이다.

### □ 투명성신뢰구축조치(Transparency and Confidence-Building Measures: TCBMs)[1]

투명성신뢰구축조치(Transparency and Confidence-Building Measures: TCBMs)는 우주에서의 군비경쟁을 방지하기 위한 목적으로 시의적절한 정보 공유를 통해 국가 간에 발생 가능한 갈등을 사전에 예방하기 위한 조치를 말한다. 유엔에서는 1990년대초 논의가 시작되어 1993년 ‘우주에서 신뢰구축 조치 적용에 대한 정부전문가 연구보고서’가 채택된 후, 유엔은 2012년 총회 제1위원회에서 ‘우주에서 투명성 신뢰구축조치 정부전문가그룹(UN Group of Governmental Experts on Transparency and Confidence-Building Measures in Outer Space Activities: UNGGE)을 구성하였으며, 2013년 UNGGE 보고서가 총회에서 승인되었다. UNGGE 보고서가 권고하는 우주에서 TCBMs의 주요 사항은 (표2)와 같다.



&lt;표 2&gt; UN PPWT 및 TCBM UN GGE 의 권고안

주요 협의체	기본 원칙 및 권고안
UN CD PPWT	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 우주에 어떠한 무기도 배치하지 말 것</li> <li>· 조약 당사국의 우주물체에 반하여 무력의 위협 또는 사용 금지</li> <li>· 조약의 목적과 양립하지 않는 국제협력 우주활동에 관여하지 말 것</li> <li>· 타국, 국가그룹, 정부 간 또는 비정부 국제기구, 비정부 기관이 조약의 목적과 양립하지 않는 우주활동에 참여하도록 지원하거나 조장하지 말 것</li> </ul>
TCBM, UN GGE	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 국가우주정책의 원칙과 목적에 관한 정보를 교환: 특히 군사 목적의 우주 활동에 소요되는 경비 및 국가안보에 관한 정보의 교류 권고</li> <li>· 우주활동에 관한 사전통지: 우주발사체의 발사 계획, 통제되지 않는 우주 물체의 지구재진입, 우주에서 우주인 및 우주물체의 안전에 위해를 가하는 위급상황 발생, 우주에서 우주물체의 의도적인 파괴 등이 해당됨</li> <li>· 발사대, 비행통제센터, 기타 운용 시설에 대한 해외 전문가 및 국제 옵서버의 방문을 허용. 특히 보고서는 국가에게, 각국의 국내 수출통제 규제와 자발적 의사에 기초하여, 로켓 및 우주 관련 기술을 국제사회에 공개할 것을 권고함</li> <li>· 개발도상국의 우주 역량을 발전시키기 위하여 개발도상국과 선진국 간에 우주과학기술에 관한 지역적 차원에서 양자와 다자 방식의 역량 구축 프로그램의 추진을 권고</li> </ul>



## II. 이슈 분석 · 제언

우주안보의 개념과 국제사회의 대응

이러한 노력에도 불구하고, 외기권에서의 군사적 긴장은 계속 증가하고 있으며, 주요국은 우주의 영역을 육상, 해상, 공중과 같이 전장의 새로운 영역으로 정의하게 되었다. 급기야 미국은 2018년 트럼프 대통령이 행정명령을 통해 제6국으로 독립된 우주군 창설을 천명하였으며, 2019년 우주군이 창설되었다. 미국뿐 아니라 러시아, 중국, 일본 등도 이미 항공우주 방위군, 항공우주작전대 등 우주작전을 위한 부대를 운용하고 있다.

## IV. 비군사적 측면의 우주안보

우주환경으로 부터의 위험은 인공우주물체 및 자연우주물체로 인한 충돌 및 지구추락으로 인한 피해, 지구근접 공간을 지나는 소행성, 혜성, 유성체 등 자연적으로 생성된 물체로 인한 지구와의 충돌 위험, 그리고 태양폭풍과 같이 태양표면에서 대규모로 분출되는 에너지와 물질로 인한 지상 및 우주시스템에 대한 전파장애, 우주비행사의 안전 위협 등이 있다.

<표 3> 우주위험의 개념



## II. 이슈 분석 · 제언

우주안보의 개념과 국제  
사회의 대응

- 인공우주물체 및 자연우주물체추락 · 충돌, 태양폭풍 등에 의해 국민의 안전과 우주자산에 피해를 줄 수 있는 위험
  - 인공우주물체 : 현재 운용 중이거나, 폐기된 인공위성, 인공위성 또는 발사체로부터 발생된 우주잔해물 등 인간의 우주활동으로 인해 발생된 물체
  - 자연우주물체 : 지구근접 공간을 지나가는 소행성, 혜성, 유성체 등 태양계 내에서 자연적으로 생성된 물체
  - 태양폭풍 : 태양 표면에서 대규모로 에너지와 물질이 일시적으로 분출되는 현상

자료: 제1차 우주위험대비 기본계획, 국가우주위원회, 2014

우주자연물체(소행성, 혜성, 유성등)로 인한 피해는 2013년 2월 17m크기의 소행성이 지구와 충돌하면서 러시아 우랄산맥 인근 상공에 히로시마 원자폭탄의 30배에 달하는 충격파가 발생하여 1,000여명이 부상하고, 충격파로 인해 건물 3,000여채의 유리창 파손되는 등 인적·물적 피해를 발생시킨 바 있고, 2009년에도 지름 10m 정도의 소행성이 인도네시아 남술라웨시 상공에 진입하여 지상 20km 상공에서 히로시마 원자폭탄의 3배에 달하는 충격으로 공중 폭발한 바 있다.[2] 지구근접 물체인 소행성이나 혜성은 지구와 충돌할 가능성이 항상있어서 이에 대한 피해를 최소화하기 위한 노력이 필요하다.

태양폭풍의 경우, 11.2년 주기를 갖는 흑점 활동 등의 영향으로 표면이 폭발하며 고에너지 입자를 내뿜는데 이런 폭풍이 지구에 도달해 자기장을 흔들어 놓으면 대규모 정전이나 위성 및 항공 장비 장애, GPS 교란, 통신 두절 등을 일으킬 수 있다. 태양 흑점 폭발로 인한 가장 대표적인 피해 사례로는 1859년 9월 북미와 유럽 등의 전신망이 두절되고 화재가 발생한 ‘캐링턴 사건’이 꼽히고 있으며, 지난 1989년 캐나다 퀘벡주에 대규모 정전 사태를 유발하기도 하였으며, 1994년에는 통신위성 장애로 통신서비스 중단 및 7천만달러의 피해가 발생하기도 하였다. 2006년 12월 일본의 히노데 위성이 관측한 바에 따르면 태양폭풍이 상상을 초월하는 에너지를 시속 160만km가 넘는 속도로 방출한다는 점을 밝혀내기도 하였는데, 이는 ‘원자폭탄 100만 개가 동시에 터지는 것보다 100만 배 더 큰’ 위력이다. 태양폭풍은 우주 공간을 빠른 속도로 가로질러 지구와 충돌한다. 태양폭풍엔 방사능 물질이 실려 있다. 다행히 지구에는 대기가 있고 자기장이 있어서 대기와 자기장이 폭풍의 방사능과 유해 요소를 막아주고 있다.

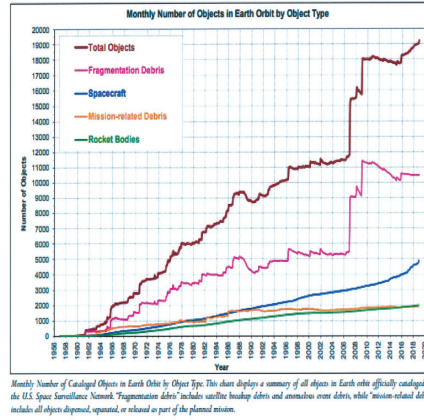
인공우주물체는 1957년 이후 인공위성의 수가 꾸준히 증가해 왔으며, 중국, 인도의 위성요격으로 인해 위성파편의 수가 급격히 늘어나게 되면서 우주환경이 크게 위협받게 된다. 특히 뉴스페이스 시대가 도래하면서 민간 위성의 발사가 기하급수적으로 늘어나게 된다. 최근 들어서는 수 만개의 초소형 위성군(starlink 1.2만개, Kuiper project 3천여개 등) 구축이 진행중으로 2030년에는 현재 운용되는 위성의 3배인 1만대 이상으로 증가할 것으로 예상된다.

또한 우주폐기물 역시 10cm이상이 3.4만개, 1cm 이상이 1백만개로 추정되고 있다. 자연우주물체에 해당하는 근지구소행성도 24,741개이며, 지구위협 소행성은 약 2,155개에 달한다.[4]

<그림 2> 지구궤도상의 우주폐기물 증가 추이



출처: NASA



## II. 이슈 분석 · 제언

우주안보의 개념과 국제  
사회의 대응

우주환경에 대한 보호를 위한 노력이 UN을 비롯한 국제사회에서 활발히 전개되고 있다. 여기에는 우주폐기물 저감을 위한 가이드라인, 우주의 장기지속성을 위한 가이드라인, 우주상황인식, 우주교통 관리 등의 활동이 있다.

### □ IADC(Inter-Agency Space Debris Coordination Committee)

UN의 우주의 평화적 이용을 위한 위원회(COPUOS)에서는 1993년 13개 회원국이 참여하여 IADC(Inter-Agency Space Debris Coordination Committee)를 결성하여 1994년부터 우주폐기물에 대한 논의를 시작으로 우주폐기물의 생성을 제한하기 위한 기존의 회원국들의 우주폐기물 연구에 관한 정보를 회원국들간에 교환하고 협력을 증진시키기 위한 기회를 증진시키고 나아가 진행중인 협력활동을 검토하고, 폐기물 저감을 위한 옵션을 식별하는 것을 목적으로 한다. 그로부터 우주환경의 보호를 위해 우주폐기물 저감을 위한 Technical report(1999년) 발간에 이어, IADC 가이드라인을 제정해 회원국의 동참을 호소해 왔다. 가이드라인은 2002년 첫 제정 이후 2007년과 2020년 개정하였다. IADC 가이드라인은 크게 4개의 분류에 따라 행동방향을 제시하고 있다.

- (1) 정상 운용중의 폐기물 방출 제한
- (2) 궤도상의 잠재적 분리(Break-up) 최소화
- (3) 임무 종료후의 조치
- (4) 궤도상 충돌 예방



## II. 이슈 분석 · 제언

우주안보의 개념과 국제  
사회의 대응

IADC 우주파편 완화 가이드라인은 지구 궤도에 투입될 우주선과 궤도단계의 설계와 운용에 적용된다. 회원기관은 계획된 우주선과 궤도 단계에 대한 임무 요건을 수립할 때 적용할 기준을 확인하는 데 본 지침을 사용할 것을 권장한다.

우주쓰레기 완화 대책의 이행을 관리하기 위해서는 프로그램 및 프로젝트별로 실현 가능한 우주쓰레기 완화 계획을 수립하고 문서화할 것을 권고한다. 완화 계획에는 다음 항목이 포함되어야 한다.

- (1) 우주쓰레기 완화 활동 관리 계획
- (2) 적용 가능한 기준을 포함하여 우주 폐기물과 관련된 위험의 평가 및 완화를 위한 계획
- (3) 우주 폐기물 발생 가능성이 있는 오작동과 관련된 위험을 최소화하는 조치
- (4) 임무 종료 시 우주선 및/또는 궤도단 폐기 계획
- (5) 여러 가지 가능성이 존재하는 경우 선택 및 선정의 정당화
- (6) 본 지침의 권고사항을 다루는 준수 매트릭스

특히 임무종료시 정지궤도 위성은 충분히 더 높은 고도로 이동하고, 저궤도 위성은 고도를 낮추어 25년 이내에 지구대기권으로 진입하여 소멸되도록 하여 우주에서의 충돌을 피하도록 권장하고 있다.

### □ UN의 장기지속성(Long-Term Sustainability) 활동과 가이드라인

UN의 우주의 평화적 이용을 위한 위원회 (COPUOS)에서는 우주의 장기지속성을 위한 Working Group이 활동을 하고 있다. 동 위원회는 유한한 우주자원을 현세대뿐 아니라 다음 세대에 까지 활용을 지속할 수 있도록 다양한 노력을 기울이고 있다. 특히 우주폐기물의 증가, 우주운영의 복잡성 증대, 대규모 군집위성의 등장, 이에 따른 우주충돌 및 간섭의 증대에 대처하기 위해 국가 간 상이한 관행 및 규정을 국제적으로 통일함으로써 장기적으로 지속가능한 우주환경 조성을 위해 국제사회가 함께 대처하자는 것이다. WG은 가이드라인을 2021년에 채택하였다.

우주활동의 장기지속성 가이드라인은 크게 4개 파트로 구성되는데, 주요한 내용은 주로 가이드라인 B.에 기술되어 있으며, 그 내용은 다음과 같다.

&lt;표 4&gt; UN 우주의 장기지속성 가이드라인

주요 협의체	기본 원칙 및 권고안
가이드라인 A	우주활동을 위한 정책과 규제 프레임
가이드라인 B	우주운영의 안전성
가이드라인 C	국제협력, 역량강화 기리고 인식
가이드라인 D	과학기술적 연구와 개발



## II. 이슈 분석 · 제언

우주안보의 개념과 국제  
사회의 대응

가이드 라인 B. 우주운영의 안전성
<p>B.1 우주물체 및 궤도상 이벤트에 대한 정보공유 및 최신 연락정보의 제공</p> <p>B.2 우주물체에 대한 궤도 데이터의 정확도 향상과 우주물체의 궤도정보 공유 활용 및 실행 향상</p> <p>B.3 우주폐기물 모니터링 정보의 수집, 공유 및 확산 장려</p> <p>B.4 통제된 비행의 모든 궤도단계 동안의 충돌평가 수행</p> <p>B.5 발사전 충돌평가를 위한 실질적 방안 개발</p> <p>B.6 운용 가능한 우주 기상 데이터 및 예측</p> <p>B.7 우주기상 영향을 감소시키기 위한 확립된 사례의 수집, 우주기상 모델 및 수단의 개발</p> <p>B.8 물리적 운영상의 특성과 무관한 우주물체 의 설계와 운용</p> <p>B.9 우주물체의 통제되지 않은 재진입과 관련한 위험 식별 및 조치수단</p> <p>B.10 레이저 빔을 사용하여 우주공간 통과하는 경우의 사전예방 조치의 준수</p>

## □ 우주상황인식(Space Situational Awareness)

우주상황인식(Space Situational Awareness: SSA)이란 일반적으로 인공 우주물체의 충돌, 추락 등의 우주위험에 대처하기 위하여 지상 및 우주의 우주감시 자산을 이용하여 지구 주위를 선회하는 인공위성, 우주폐기물 등의 궤도 정보를 파악하여 위험 여부 등을 분석하고, 충돌을 회피하기 위한 모든 활동을 의미한다. 또한 미국은 대통령 우주정책지침-3(SPD-2)에서 “우주 상황 인식이란 안전하고 안정적이며 지속 가능한 우주 활동을 지원하기 위한 우주물체 및 그 운영 환경의 지식과 특성을 의미한다.”로 정의하고 있다.

보다 넓게는 지구와의 충돌 가능성이 있는 소행성, 혜성 등의 지구근접물체(Near Earth Orbit)의 탐지 · 추적, 지상 및 우주 기반 자산, 인체 등에 위협을 가할 수 있는 태양활동 등 우주기상 상황의 모니터링 활동을 포함한다.

우주 공간에 있는 물체에 대한 데이터를 수집하는 데에는 여러 가지 방법이 있는데, 대부분의 기능은 지상 기반이다.



<표 5> 우주상황인식을 위한 주요 시스템

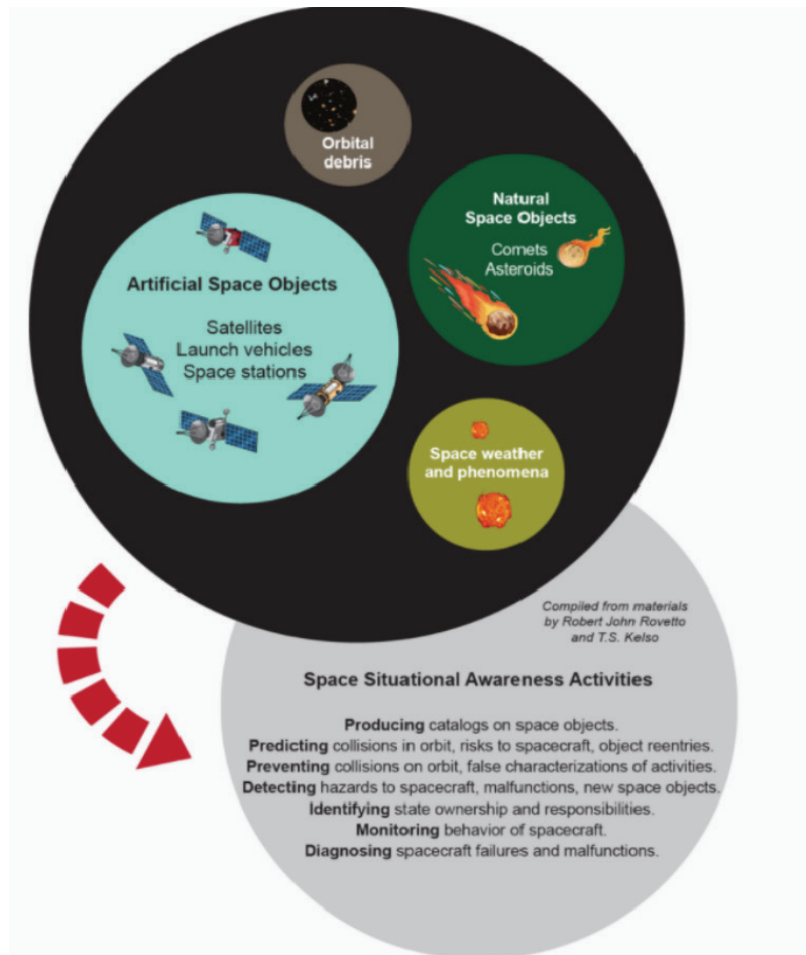
구분	주요 기능
레이더 시스템	목표물까지의 거리를 측정하고 동시에 많은 물체를 추적
광학시스템	물체에 의해 방출되거나 반사되는 빛이나 전자기 복사를 수집하고 고해상도 이미지를 생성하여 지구에서 5,000km이상 떨어진 우주 물체를 추적하는 데 특히 유용
일부 센서	위성의 무선 주파수 또는 기타 신호를 식별
레이저	위성까지의 거리를 정밀하게 측정
적외선센서	열 신호를 인식



## II. 이슈 분석 · 제언

우주안보의 개념과 국제  
사회의 대응

<그림 3> 우주상황 인식의 개념



출처: SSI Issue Guide, Space Situational Awareness, SSI Index, Sept. 2020  
<https://spacesecurityindex.org/2020/09/space-situational-awareness/> [5]

미국은 지상 레이더와 광학 센서, 그리고 우주 기반 센서로 구성된 글로벌 우주 감시 네트워크를 통해 가장 진보된 SSA 기능을 유지하고 있다. 러시아와 중국, 그리고 ESA 등도 상당한 우주감시 능력을 보유하고 있다. 증가하는 우주물체로 인해 우주물체는 전 세계의 모든 국가에 직간접적으로 영향을 미치기 때문에 SSA 활동에는 국제협력이 매우 중요하다. SSA는 모든 우주 안전 및 우주 교통 관리(STM) 활동에 기초를 제공한다.

미국은 2018년 6월 대통령 우주정책 지침-3 (Space Policy Directive, SPD-3) “국가우주교통관리정책”을 발표하고, 우주개발 문제를 “국가안보의 문제”로 규정하고, 우주에서 미국의 지도력을 유지하기 위해 현재와 미래의 우주위협을 해결하기 위한 수단으로 우주상황인식(SSA)과 우주교통관리(STM)의 혁신을 촉구하고 있다.

#### □ 우주교통관리 (Space Traffic Management)

우주교통관리란 “우주활동과 관련하여 물리적, 전파적 간섭없이 우주로의 안전한 접근, 우주 내에서의 안전한 운항, 우주로부터 지구로의 안전한 귀환을 촉진하기 위한 일련의 기술적 및 규범적 내용을 포함하는 교통체계”[6] 를 통칭한다.

최근들어 인공위성 수의 증가와 함께 우주폐기물의 기하급수적인 증가되고, 특히 특정궤도에 우주물체가 집중되고 있다. 이로인해 우주에서 우주물체 간 충돌가능성이 현저히 증대됨에 따라 항공관제와 유사한 개념으로 우주물체의 충돌 방지를 위해 우주교통관리(Space Traffic Management: STM)의 필요성이 제기되었다.

여기에서 미국은 SPD-3를 통해 “우주교통관리는 우주환경에서의 운영의 안전, 안정성 및 지속가능성을 높이기 위한 활동의 계획, 조정 및 궤도상 동기화를 의미한다.”고 정의하고, 시기적절하고 실행 가능한 SSA 데이터 및 STM 서비스는 우주 활동에 필수적이기 때문에 미국 정부에서도 출한 기본 SSA 데이터 및 기본 STM 서비스는 직접 사용자 요금 없이 이용할 수 있도록 하겠다고 발표하였다.

그러나 현재의 우주법으로는 우주교통관리 문제를 다룰수 있는 제도가 없는 실정이어서 UNCOPUOS, ITU, WTO 등과 함께 새로운 접근방식에 대해 논의하고 있다. 이러한 논의는 기술적 측면과 제조적 측면, 그리고 우주교통의 3단계 (발사단계, 궤도 운행단계, 재진입단계)를 총체적으로 다루고 있으며, 필요한 데이터(우주상황인식 데이터)의 확보, 통보(발사, 운용 파라미터, 궤도 기동 규칙, 지구 재진입통지 등), 우주물체의 속성(설계 특성: 재료, 전자기 간섭 회피, 환경보전기술 등)을 종합적으로 검토하여 국제적 공감대를 확보하기 위해 노력하고 있다.



#### II. 이슈 분석 · 제언

우주안보의 개념과 국제사회의 대응

<표 6> 우주교통관리 체계 수립을 위한 단계별 고려



II. 이슈 분석 · 제언

우주안보의 개념과 국제  
사회의 대응

단계	주요논의
발사단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>·안전면허 도입 필요</li> <li>·우주물체에 대한 명확한 정의 필요</li> <li>·공역과 우주의 경계에 대한 재논의 필요</li> <li>·발사국의 개념 명확화</li> <li>·발사전 통지시스템 필요 (보다 구체적인 정보)</li> <li>·피해와 관련될 경우 의무적인 정보 제공</li> </ul>
궤도에서의 운용단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>·기동 및 궤도내 충돌 회피가 수적으로 증가하고 중요</li> <li>·정지궤도에서의 기동 필요성</li> <li>·신뢰할만한 충돌확률 예측 필요</li> <li>·정지궤도에서의 일방통행</li> <li>·우주의 체계적인 궤도구분 필요</li> <li>·ITU의 규범적 궤도위치는 현재 정지궤도에 한해서 적용중</li> <li>·민간/상용 운용자간의 운용 조정</li> <li>·우주선과 on-board 우주전파국의 매칭</li> </ul>
진입단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>·의도적/비의도적 궤도 이탈 증가</li> <li>·우주물체 혹은 자신의 부품으로 인한 손해배상 및 책임</li> <li>·우주폐기물 감소를 위한 공감대? 법제화 필요성</li> <li>·이미 발사행위 조정에서 best practice가 존재함</li> <li>·공역을 통과하는 우주물체에 대한 우주법 및 항공법간의 관계</li> <li>·국제적으로 하강하는 통로를 도입할지에 대한 검토</li> </ul>

자료: IAA, Cosmic Study on Space Traffic Management, 2006,6 UNCOPUOS 발표[8]

IAA에서는 이러한 노력을 바탕으로 [표6]과 같이 우주교통관리를 위한 교통규칙을 만들 것을 제안하고 있다. 또한, 이러한 제도의 이행과 통제를 위한 메카니즘을 함께 고려할 것을 제안하고 있는데, 여기에는 국가적 면허제도, 강제 및 중재제도, 감독, 민-군간의 명확한 조정과 협력 등을 포함하고 있다.

<표 7> 우주교통관리를 위한 교통규칙 수립 과제

교통 규칙
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 발사를 위한 안전 규정</li> <li>• 영공과 외기권 사이의 공간에 대한 명확한 제도</li> <li>• 구역 설정(궤도 선택)</li> <li>• 궤도 내에서의 선로권 규칙</li> <li>• 기동에 관한 우선순위 설정</li> <li>• 유인 우주 비행을 위한 규격 규정</li> <li>• GSO, LG 포인트, 극궤도에 대한 명확한 규칙</li> <li>• LEO 위성군에 대한 명확한 규칙</li> <li>• 우주폐기물 저감 규정</li> <li>• 재진입을 위한 안전 규칙(즉, 하강 경로)</li> <li>• 환경 조항(예: 대기권/대류권의 오염)</li> <li>• 무선 주파수 사용 및 간섭 회피</li> </ul>

자료: Kai-UweSchrogl, SpaceTrafficManagementTowardsaroadmapforimplementation, UNOOSA 우주법컨퍼런스, 2020. 12 10 [7]

## V. 우리의 대응

우주안보에 대한 논의는 그동안 우주선진국들의 전유물이었다. 군사적으로는 그들이 보유한 우주자산의 물리적 보호와 나아가 전략 우주자산의 활용성 유지측면의 기능적 유지 필요성에 기인한다. 아울러 비군사적 측면에서 인공우주물체간의 충돌과 지구추락의 위험 역시 우주활동이 미약한 국가의 입장에서는 남의 얘기일 수 밖에 없었다.

그러나 우리나라가 우주개발에 착수한지 30여년이 경과되고 지금까지 개발한 인공위성의 수가 17기에 달하는 상황으로 발전하면서 우주환경에 대한 관심이 증대되고 있다. 특히 최근의 한미 미사일지침 종료로부터 촉발된 국방우주분야의 투자분위기가 형성됨에 따라 군사적분야의 우주안보 역시 중장기적으로 고려할 수 밖에 없는 상황으로 발전하고 있다.

그동안 국방분야에서는 미국의 우주전략 자산으로부터 많은 정보를 받아왔던 것이 사실이어서, 비록 우리의 자체적인 우주자산이 없었음에도 불구하고, 미국이 주도적으로 추진하고 있는 우주 상황인식(SSA) 활동에 부분적으로 참여하고 기여해 왔다. 민간분야에서도 국가우주개발진흥기 본계획에 따라 향후 2030년까지 100여개 이상의 인공위성을 발사·운용할 계획이어서 우주자산의 보호를 위한 우주안보에 관심과 보다 적극적인 참여가 불가피한 상황이다.

앞서 살펴보았듯이 우주안보를 위한 활동은 1) 우주물체에 대한 인식 및 카탈로그 구축, 2) 우리가 개발하고 운용하게 될 인공위성으로부터 발생할 수 있는 우주폐기물의 저감 노력, 3) 국제사회에 우리의 우주물체에 대한 정확한 정보의 제공과 협조 등이 요구된다. 특히 누리호 시험발사를 계기로 우주발사체 자체개발국으로 진입해 나아가는 상황에서 우리의 인공위성 발사로 인해 야기될 수 있는 우주환경의 보호를 위한 국제적 규범에 적극 동참할 필요가 있다.

우리나라도 최근들어 우주환경과 우주안보를 위한 활동에 조금씩 관심을 갖고 국제사회의 논의에 참가하고 있다. 그러나, 국제기구 및 다자간협의체 활동이 실제 우주물체의 개발과 운용에 관련되는 주체와 분리되어서는 책임있는 국제사회의 일원으로 인정받고 활동하는데 어려움이 있다. 분명 국제사회의 이러한 움직임이 아직도 충분한 기술적 경쟁력을 갖고 있지 못한 상황에서 개발과 운영주체에게는 여러 가지 부담으로 작용할 수 밖에는 없다. 따라서 우주정책 및 국제협력 주체, 우주자산 개발 주체, 우주물체 운영주체간의 상호 소통과 협의를 강화하여야 할 것이며, 정부차원에서도 우주안보에 대한 필요성과 중요성을 널리 알리고, 법적·제도적 정책의 도입을 검토해야 할 것이다.



## II. 이슈 분석 · 제언

우주안보의 개념과 국제사회의 대응



## II. 이슈 분석 · 제언

우주안보의 개념과 국제  
사회의 대응

## 참고 문헌

- [1] 우주협력전략방향, 한국항공우주연구원, 2018
- [2] 윤용식, NEO 우주탐사의 기술동향, 항공우주산업기술동향, 2011
- [3] 제1차 우주위험대비 기본계획, 국가우주위원회, 2014
- [4] 제1차 우주위험대비 기본계획, 2021년도 시행계획, 국가우주위원회, 2021.1
- [5] SSI Issue Guide, Space Situational Awareness, SSI Index, Sept. 2020  
<https://spacesecurityindex.org/2020/09/space-situational-awareness/>
- [6] Cosmic Study on Space Traffic Management. Paris: International Academy of Astronautics. 2006. p. 10. ISBN 2-9516787-5-4.
- [7] Kai-Uwe Schrogl, Space Traffic Management Towards a roadmap for implementation, UN OOSA 우주법 컨퍼런스, 2020. 12 10
- [8] IAA, Cosmic Study on Space Traffic Management, 2006,6 UNCOPUOS 발표
- [9] Antoni, Definition and Status of Space Security, Handbook of Space Security, Springer, 2020
- [10] Peter L. Hays, International Space Security Setting:An Introduction, Handbook of Space Security, Springer, 2020
- [11] 외기권 조약(Outer Space Treaties), UN, 1967
- [12] 우주안보지수, <https://spacesecurityindex.org/>
- [13] UN COPUOS, A/AC 105/2019/CRP.12, Operating in Space: towards developing protocols on the norms of behaviour, 2019 June 12-21
- [14] ISU, Space Traffic Management, Brian Weeden(USA), Asangire Oprong(Kenya), Ben Baseley-Walker(UK),
- [15] ISU, Space Traffic Management Final Report, summer session, 2007.
- [16] IADC, Terms of Reference, 2006





## II. 이슈 분석 · 제언

우주안보의 개념과 국제  
사회의 대응



## 공중발사 서비스의 장단점 및 전망



### 장태진

한국항공우주연구원  
정책팀  
기술정책 박사(수료)  
tjchang@kari.re.kr



1. 공군 우주력 발전 기본계획서,  
1)전영역(alldomain)작전우  
세 달성을 주도 2) 4차 산업혁  
명 기술의 국방우주 분야 적용  
을 선도 3) 국제적 군사우주  
분야 협력을 선도[3]

### 1. 서 론

미 우주군 우주미사일시스템센터는 지난 6월 전술대응 위성발사 프로그램 시험위성 TacRL-2(Tactically Responsive Launch-2)를 공중발사 우주발사체인 페가수스 XL(Pegasus XL) 로켓을 이용하여 지구저궤도에 투입하였다고 한다. 이번의 위성발사는 완성된 위성을 로켓에 탑재하고 발사준비를 마치는 데까지 21일만을 소요하여 신속한 대응이 가능한 공중발사 장점을 보여주었다[1]. 그리고 지난 7월 대한항공과 서울대학교는 공군 항공우주전투발전단 우주처가 발주한 “국내 대형 민간항공기 활용 공중발사 가능성 분석 연구”과제 연구에 착수했다고 밝혔다[2].

대한민국 공군은 2020년에 공개한 “스페이스 오디세이 2050”<sup>1)</sup>에서 전천후 우주물체 탐지·추적·식별, 실시간 우주기상 관측 및 예·경보 능력 확보를 위해 위성과 같은 우주자산과 함께 이를 우주로 투사하기 위한 우주발사체를 필요로 하고있으며, 앞서 언급된 대형여객기를 이용하여 소형위성을 공중에서 발사 방식은 대한민국의 지리적 한계 극복과 비용 절감 등에 효과적일 것으로 기대되고 있다[3].

이와 같이 우주발사체를 비행기 등을 활용하여 공중에서 발사하는 방식은 이미 1940년대 말엽부터 고안되어 기구를 이용하는 방법, 전투기 및 대형여객기 등을 이용하는 방법 등 다양한 방법들이 시도되어 왔으며, 현재는 L-1011 항공기를 개량하여 활용하는 노드롭 그루만(Northrop Grumman)의 페가수스 XL(Pegasus XL) 발사체와 보잉(Boeing) 747-400 항공기를 개량하여 활용하는 버진오빗(Virgin Orbit)의 런처원(Launcher One)발사체만 상업적으로 활용되고 있다. 이러한 공중발사 서비스는 모선(母船, 발사 플랫폼)에 의해 발사체의 제원이 제한되는 단점을 가지고 있으나, 발사 장소와 시기, 비용 등에서 강점을 가지고있어 지속적으로 연구가 이루어져 왔으며, 특히 근래에 뉴스페이스의 도래와 함께 전세계적으로 소형위성 발사수요가 증가함에 따라 더욱 각광을 받고 있다. 본 고에서는 우주발사체의 공중발사에 대한 장단점을 분석하고, 지금까지의 개발 현황과 향후 발전방향에 대하여 살펴보고자 한다.

## 2. 공중발사(Air Launch to Orbit)의 장/단점

### 2.1 공중발사 서비스의 장점

#### 1) 발사지점, 발사방향의 자유

정지궤도 위성은 적도 부근에서 동쪽으로 발사하여 지구 자전에 따른 이득을 얻고 극궤도(Polar Orbit)를 도는 저궤도 위성은 남북 방향으로 발사하는 등 위성의 궤도에 따라 보다 효율적이고 경제적인 발사위치와 방향이 존재한다. 하지만 우주발사체는 통상적으로 지상의 고정된 발사장(발사대)에서 발사가 이루어지며, 경우에 따라서는 발사장의 위치에 따라서 효과적인 발사각도의 선택이 제한된다.

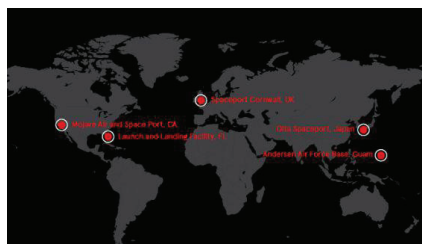
우주발사체는 상승과정에서 수평방향으로 수 천 km를 비행하며 그 경로상에 사용이 끝난 1~2단과 페어링 등을 투하하게 되므로 발사초기 인접 국가의 영공침입 문제와 함께 발사과정에서 발생하는 낙하물에 의한 피해를 방지하기 위하여 비행경로를 바다나 사막 등과 같이 인구밀집지역을 피하여 설정하게 된다. 더군다나 주변국과의 정치적인 관계까지 고려하는 경우 이에 대한 선택지는 더욱 제한되는데, 적대적인 주변국에 둘러싸인 이스라엘은 지구자전에 역행하는 비효율적인 서쪽방향으로만 우주발사체를 발사할 수 있으며 우리나라는 나로호와 누리호 모두 한반도의 남쪽 방향 외에 다른 선택지가 없었다.

항공기를 이용하여 발사 위치까지 이동하여 발사할 수 있는 공중발사 서비스는 이러한 지리적 한계를 극복하고 위성투입에 유리한 위치에서 원하는 각도로 발사체를 발사할 수 있다. 더불어 기존의 공항시설을 활용할 수 있는 경우 저렴한 비용으로 여러 곳의 발사기지를 확보할 수 있는 장점이 있다. 버진오빗은 미국, 영국, 일본 등의 다섯 곳의 발사기지(공항 또는 space port)를 마련하였으며, 공중발사 항공기, 우주발사체 및 관련 부속 장비 등을 포함한 이동형 지상 운용 시스템(Transportable Ground Operating System, TGOS)을 구성하여 서비스를 제공한다. 따라서 이를 통해 지정학적인 한계를 극복하고, 저렴하게 서비스를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

<그림 1> 버진오빗의 TGOS와 발사기지[4].



LauncherOne TGOS setup



map of launch locations



### II. 이슈 분석 · 제언

공중발사 서비스의 장단점  
및 전망



## II. 이슈 분석 · 제언

공중발사 서비스의 장단점  
및 전망

2. Payloadfraction;탑재체  
중량/발사시 총 중량

3. 누리호의 75t엔진 팽창비  
는 1단이 12, 2단이 25로 2  
단엔진의 팽창비가 2배 이  
상임[5]

### 2) 발사에 위협되는 기상상황 극복

우주발사체를 안전하게 발사하기 위하여 강풍 및 뇌우 상황을 피해서 발사가 이뤄지는데, 지상에 고정된 발사장은 기상조건에 대하여 능동적으로 대응할 수가 없다. 해상발사와 같은 이동형 발사대도 제한적인 대응할 수 있는 반면 항공기를 이용한 공중발사의 경우 쉽게 발사위치를 변경할 수 있고, 발사 고도를 높임으로써 기상조건으로부터 자유롭게 발사를 수행할 수 있다.

버진오빗의 공중발사체 런처원(LauncherOne)은 일반적인 대기현상이 발생하는 고도보다 더 높은 고도 약 35,000ft에서 모션인 코스믹걸(Cosmic Girl, 보잉747-400)로부터 발사되며, 노드롭그루만의 페가수스XL도 약 40,000ft 상공에서 발사되므로 모션이 위험한 지역을 회피하여 상승할 경우 구름위에서 안전하게 발사할 수 있으므로 기상조건에 따른 발사일정 변경 요인이 줄어든다.

### 3) 우주발사체의 효율 향상과 비용 절감

우주발사체를 고고도에서 발사하는 경우 지상에서 발사하는 경우와 비교하여 보다 낮은 기압에 따른 공기저항의 감소 및 엔진 효율 향상 그리고 발사 시의 고도에 따른 에너지 획득등의 이점이 있다. 따라서, 연료소비가 감소하고 그에 따라 보다 소형화가 가능하므로 유사한 중비<sup>2)</sup>가 개선되어 경제성 향상을 기대할 수 있다.

공중발사가 이뤄지는 고도 10~14km에서 공기밀도는 지상의 1/3수준으로 공기저항 역시 1/3수준이 되며, 대기압은 지상의 약 1/4 수준으로서 로켓 노즐을 1기압 상황에서 작동하는 것을 가정한 경우보다 더 큰 팽창비를 갖도록 하여 비추력을 증가시키고 상승하는 동안 더 높은 효율을 획득할 수 있다.<sup>3)</sup>

<표 1> 지상발사 대비 공중발사 시 우주발사체의 이익 비교

		지상발사	공중발사	비고
발 사 시	고도 (km)	0	10~14	고고도에서 발사됨에 따라 필요한 연료/산화제가 감소 이에 따라 발사체중량감소, 필요 엔진추력 감소 등으로 보다 작고 효율적인 우주발사체 활용
	대기압 (hPa)	1,013	264~55	낮은 대기압으로 고고도에 적합한 높은 팽창비의 노즐 채용 비행 중 기압변화가 작아 상대적으로 높은 효율 기대
	대기밀도 (kg/m <sup>3</sup> )	1,225	0.414~0.089	낮은 밀도로 공기저항에 의한 손실이 적음
	속도	0	~ M 0.9	발사플랫폼의 속도에 따라 초기 속도를 확보

다음으로 공중발사 고도까지의 상승과정에서의 추진체 소모와 이를 고려한 중량을 비교하면 일반적인 우주발사체와 같이 로켓을 이용하여 수직으로 상승하는 경우와 비교하여 항공기 등을 이용하는 경우 비행방식과 추진기관의 특성에 따라 후자가 더 경제적인 것으로 기대된다.

수직으로 상승/가속하는 비행은 자체의 추력이 전체 중량을 이기고 비행하는 것으로서 자체 중량을 충분히 넘어서는 추력이 요구되는 반면, 날개의 양력으로 비행하는 항공기는 전체 중량의 1/4수준의 추력으로도 충분하다.<sup>4)</sup> 보다 높은 추력을 확보하기 위해 더 많은 추진체가 소모되며 또한 제트엔진은 로켓엔진과 달리 산화제를 대기중에서 공급받으므로 그만큼의 산화제의 중량 역시 절감할 수 있다.

더군다나 항공기는 계속 반복해서 활용할 수 있으며, 발사관련 인프라 구축에 있어서도 기존의 공항 시설을 활용할 경우 인프라 구축 비용과 건설기간 그리고 운용의 유연성에서 큰 이익을 얻을 수 있을 것으로 전망된다.

## 2.1 공중발사 서비스의 한계

공중발사 서비스는 지상발사와 비교하여 많은 장점이 있지만, 공중발사 플랫폼(모선)에 따른 우주발사체의 중량과 크기 등의 제한되며 기술적 난이도가 상대적으로 높고 공중발사 서비스를 활용할 수 있는 대상이 제한되는 등의 공중발사 서비스가 주류가 되지 못하게 한 한계 역시 존재한다.

공중발사 서비스를 우주발사체와 공중발사 플랫폼(항공기 등)으로 구성된다고 가정할 경우 최적의 우주발사체와 공중발사 플랫폼이 조합되어야 하는데, 후자가 주로 기존 항공기를 개조하여 활용함에 따라 아래의 표와 같이 우주발사체도 주어진 조건 내에서 사양 및 성능이 제한되게 된다.

〈표 2〉 공중발사 플랫폼 사양에 따른 우주발사체 개발 조건

우주발사체 개발 요소	공중발사 플랫폼의 제한 사항
최대 중량	유상하중 이하
길이 및 지름	탑재/부착 위치의 내부크기 또는 지상고 등에 제한
발사 고도	상승한도 이하(우주발사체의 중량, 형상에 영향받음)
발사 속도	최대속도 이하(우주발사체의 중량, 형상에 영향받음)



## II. 이슈 분석 · 제언

공중발사 서비스의 장단점 및 전망

4. 누리호의 전체 중량은 200t, 1단 추력은 300t 인 반면, 보잉 747-400 의 경우 최대이륙중량은 약 400t, 추력 합계는 약 100t





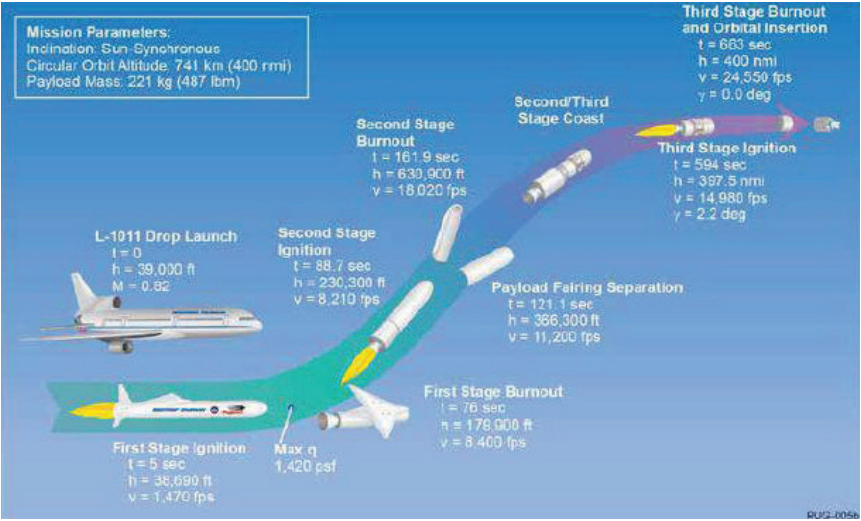
## II. 이슈 분석 · 제언

공중발사 서비스의 장단점  
및 전망

5. 앨런 머스크는 Royal Aeronautical Society 강연에서 재사용 발사체에 대한 소개를 하였으며, 공중발사에 대하여 고고도에서 M0.9~0.9로 발사하는 경우 더 큰 팽창비를 사용할 수 있는 등 공중발사는 필연적이라 생각할 수 있으나 성능향상은 5% 정도인 반면 충분히 큰 비행기(모선)을 제작하고, 로켓을 정확한 방향으로 투하/방향전환 시키는 등의 어려움이 존재하므로 1단을 5% 가량 더 크게 만드는 것이 더 현실적이라는 답변을 하였다.[6]

이상과 같은 우주발사체에 대한 제한요소는 공중발사 플랫폼의 특성에 따라 다르게 나타나기도 하는데 다음의 그림과 같은 프로파일을 보이는 페가수스 XL은 수평으로 발사 후 상승 선회 기동과정을 거치게 되는데 이때 발생하는 추가적인 횡하중을 고려한 구조와 그에 따른 중량증가 등이 새롭게 등장하게 되어 앨런 머스크는 공중발사에 대하여 부정적인 의견을 밝히기도 하였다.<sup>5)</sup>

<그림 2> The Pegasus XL Mission Profile[7].



## 3. 공중발사 서비스 개발 현황 및 동향

공중발사 서비스에 대하여 우주발사체의 발사 방식에 따라 구분하면 크게 다음과 같이 구분할 수 있으며[8], 해당 플랫폼의 특성에 따라 공중발사를 통해 누리려는 이점과 목표 시장이 명확하게 구분이 된다.

- 1) 기구 등을 이용하여 고고도로 운반 후 발사
- 2) 항공기의 기체 내에 탑재하여 고고도로 운반 후 발사
- 3) 항공기의 기체나 날개 하부에 부착하고 공중에서 발사
- 4) 항공기의 상부에 탑재하고 공중에서 발사
- 5) 글라이더와 같이 항공기가 고고도로 견인해서 발사 등

### 3.1 Rockoon(Ballon launched Rocket, 풍선 발사로켓)

공중발사 서비스 초기부터 고안된 방식으로 기구를 이용하여 우주발사체를 대류권 상부(9~12km)까지 상승시킨 후 발사하는 방식으로 미국에서는 1952년 대기조사를 위한 관측

로켓 발사에 처음 사용되었으며, 1953년 처음 성공한 이후 북극해, 대서양, 남극 등 다양한 지역에서 기상관측을 위해 발사되었다.

Rockoon은 공중발사를 위한 가장 저렴하고 단순한 방식으로 여러 곳에서 연구가 이어지고 있으나, 기상환경 등의 외부환경에 영향을 많이 받아 기구가 상승하는 과정에서의 조종이 제한되며 원하는 발사 위치와 고도에서 정확히 발사하기 어려운 단점이 존재한다.

또한 항공기 플랫폼과 달리 추가적인 운동에너지의 이점이 없으며, 플랫폼 특성상 소형의 우주 발사체에만 적용이 가능한 한계가 존재한다.

최근에는 루마니아의 ARCA<sup>[6]</sup>, 미국의 JP AEROSPACE<sup>[7]</sup>, 영국의 B2Space<sup>[8]</sup> 등으로 연구가 꾸준히 이어지고 있다.

<그림 3> Rockoon 예시



ARCA의 Helen [9]



JP Aerospace [10]



B2Space Colibri 상상도[11]

### 3.2 항공기의 기체 내에 탑재 후 투하

항공기에서 우주발사체를 발사하는 가장 단순한 방식으로 수송기의 화물공간을 활용하여 고도에서 우주발사체를 외부로 투기한 후 발사하는 방식이다. 1974년 10월 미공군이 C-5 수송기에서 대륙간탄도미사일(Minuteman)을 발사함으로써 최초로 시도되었으며, 이후 사장되었다가 일본의 ALSET<sup>[9]</sup>, 미국의 QuickReach<sup>TM10)</sup> 등으로 다시 적용되었다.

앞서 언급된 rockoon과 비교하면 발사 시까지의 제어가 용이한 장점이 있으나, rockoon의 경우와 같이 운동에너지의 이점이 없으며 낙하산을 이용하여 투하 후 자세를 잡고 발사가 이루어지기까지 오히려 고도를 다소 상실하는 단점도 존재한다.



## II. 이슈 분석 · 제언

공중발사 서비스의 장단점 및 전망

6. Google Lunar XPrize에 태양열기구를 이용하는 공중발사 우주발사체로 참가[9]

7. 자원자 기반 DIY 우주 프로그램[10]

8. 근 우주 환경 시험 대행(hawk programme), 큐브위성발사(bluejayProgramme) 및 소형위성발사(ColibriProgramme)를 제안[11]

9. TheAirLaunchSystem EnablingTechnology프로그램 : 일본 경제산업성의 투자로 진행되었으며, C130수송기에서 다단 고체로켓을 투하하여 LEO에 100~200kg 위성투입을 계획함[12]

10. AirLaunch LLC가 개발 중인 소형발사체(small launch vehicle, SLV). DARPA(고등연구계획국)와 미공군의 Falcon SLV프로그램을 위해 C-17A를 이용하여 3차례의 투하시험(Drop TestArticles,DTA)을 수행 [13]



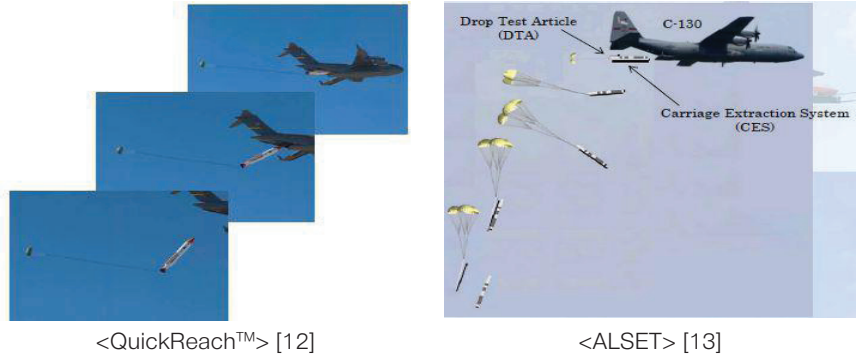
## II. 이슈 분석 · 제언

공중발사 서비스의 장단점  
및 전망

11. 1994년까지 기밀로 유지되었으며 이후 대중에 공개됨. pilot(NOTS-EV1)은 지름 20cm, 중량 1.05kg의 군사기상 위성[14]

일반적인 공중발사 방식과 같이 기존의 항공기를 활용하므로 공중발사체의 크기에 제한이 존재하지만, 상대적으로 대형인 우주발사체를 탑재할 수 있으며, 저렴한 개조비용과 운용의 유연성 등의 장점이 있다.

<그림 4> 우주발사체 투하/발사



### 3.3 항공기의 하부 탑재

구소련의 스푸트니크 발사 이후 미 해군과 공군에서는 각각 소형위성과 위성 요격 미사일(ASAT, Anti Satellite) 및 탄도미사일을 항공기로 발사하는 연구에 착수하였으며, 미해군은 F-4D Skyray를 플랫폼으로 Project Pilot<sup>11)</sup>을 수행하여 1958년 7월에 첫 발사가 이뤄졌고, 미공군은 B-58 허슬러 폭격기를 플랫폼으로 항공기 발사 탄도미사일(ALBM, Air-launched Ballistic Missile)의 시제품인 High Virgo를 개발하여 1958년 9월에 첫 발사를 하는 등 매우 오랫동안 개발되어 온 방식이다. 기체 하부에 탑재하는 경우의 모선의 비행고도뿐만 아니라 속도까지 모두 활용할 수 있으나 부착지점과 지상까지의 높이로 인하여 우주발사체의 폭이 제한되는 한계가 존재하며, 전투기와 같은 고속 소형기체와 대형여객기와 같은 상대적으로 저속인 대형기체가 지향하는 방향에서 차이가 존재한다.

#### 1) 전투기를 활용한 공중발사



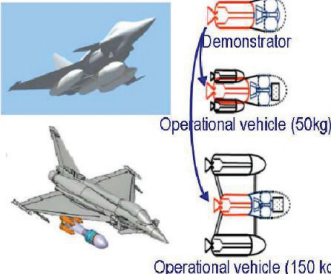
전투기를 발사 플랫폼으로 우주발사체를 발사하는 경우 높은 발사고도와 비행속도를 갖는 장점이 있으나, 다른 방법과 비교하여 우주발사체 크기의 제약이 커서 탑재할 수 있는 위성도 초소형위성 수준에 머무르는 한계가 있다.

미국은 1950년대에 진행된 Project pilot 프로그램을 진행한 바 있으며, 1984년 F-15를 이용하여 ASM-135 ASAT의 발사시험을 수행하였다. 이 경험을 활용하여 미국 DARPA는 F-15E를 활용하여 100lb중량의 위성을 지구저궤도에 백만불 이하로 발사하는 것을 목표로 2012년부터 2015년까지 ALASA(Airborne Launch Assist Space Access)연구를 수행하기도 하였다[15].

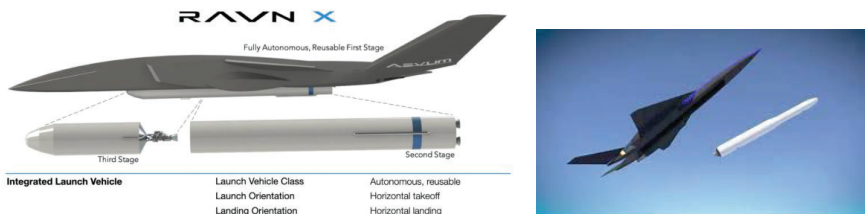
러시아는 MIG-31에서 발사하는 ALBM인 킨잘(Kh-47M2 Kinzhal)을 개발하였으며, ASAT 콘택트(Kontakt)와 공중발사 우주발사체인 이심(Ishim)의 개발을 진행한 바 있다.<sup>12)</sup> 유럽에서는 CDTI, CNES, DLR 이 공동으로 미래에 소형위성(300kg)을 지구 저궤도에 올릴 수 있는 공중발사 시험기반 체계를 개발하는 알데바란(Aldebaran) 프로그램을 2008년부터 진행하고 있으며, 다쏘는 라팔(Rafale)을 플랫폼으로 하는 MLA(Airborne Micro Launcher)를 제안하고 있는 등 지속적으로 연구가 이루어지고 있다[17].

그리고 최근에 설립된 벤처기업 에이붐(AEVUM)은 공중발사용 무인기 RAVN X를 이용하여 소형위성을 발사하는 시스템을 개발하고 있다.[18] 전투기와 유사한 형태의 무인기를 플랫폼으로 개발하여 신속하고 저렴하게 그리고, 복수의 무인기가 동시에 위성들을 궤도에 투입하는 등 새로운 영역으로 발사서비스를 발전시키고자 하고 있다.

<표 3> 전투기 플랫폼 기반 공중발사 체계

ALASA[15]	Ishim[16]	MLA(MLA-trimaran)[17]
		
45kg(LEO)	120kg(600km) 160kg(300km)	150kg(800km SSO)
취소	취소	개발 중

<그림 5> AEVUM RAVN X[18]



페이로드 : 100kg (500km X 500km)  
발사고도 : 18.3km



## II. 이슈 분석 · 제언

공중발사 서비스의 장단점  
및 전망

12. 현재 개발이 중단된 상태이며, 인터넷 상에서는 소수의 기사와 관련 개념도 등 파편화된 정보만 확인 가능하다.[16]



II. 이슈 분석 · 제언

공중발사 서비스의 장단점  
및 전망

2) 대형항공기를 활용한 공중발사

대형항공기를 모기로 한 공중발사는 초기에 군사적 목적으로 폭격기 등의 활용방안이 고안되었으며, 전투기 같은 소형 플랫폼과 비교하면 탑재중량 및 공간 등에서 큰 발사체를 운용할 수 있는 여유가 있다. 현재는 앞서 설명한 버진오빗의 런처원과 노드롭그루만의 페가수스와 같이 대형여객기를 활용하는 방식으로 서비스가 제공되고 있다[4],[7]. 하지만 아래의 표와 같이 런처원과 페가수스 XL은 저궤도에 최대 500kg 수준을 투입하는 것이 한계로 대형위성과 화물예 대한 대응능력이 부족하며, 최근 고효율 소형위성발사체의 등장으로 소형위성 서비스 시장도 위협받고 있는 상황이다.

<표 4> 현재 서비스 중인 공중발사 서비스[4],[7]

발사체	런처원	페가수스 XL
모기	 보잉747-400 개조 (Cosmic Girl)	 L-1011 개조 (stargazer)
발사체 재원	길이 21.3m 무게 약 30t 상방 27°로 발사	길이 17.7m, 날개폭 6.7m 무게 약 23t 수평발사 후 날개를 이용 방향전환
발사 능력	300kg(500km SSO) 500kg(230km LEO)	250kg(500km SSO) 443kg LEO

특수한 발사체에 대해서는 플랫폼도 이에 맞추어 개발할 필요가 있는데, 민간 우주 여행 사업으로 유명한 버진 갤럭틱(Virgin Galactic)은 우주여행을 위하여 Spaceship one과 Spaceship two를 개발하였으며 이를 위해 white knight one과 white knight two를 개발하여 운용하였다. 그리고 스트라토론치(Stratolaunch LLC)는 다양한 위성 크기에 대하여 여러 발사체 옵션을 운용할 수 있도록 대형항공기 Stratolaunch를 새로 개발하였으며 여기에서 발사될 발사체, 우주선 등의 개발도 함께 진행하였다.

발사체는 지구저궤도에 6t, 정지궤도에 약 2.5t의 화물을 올리는 것을 목표로 스페이스X와 협력을 하였으나 견해 차이로 결렬되었고. 대안으로 오비탈(Orbital Sciences)과 페가



수스II(Pegasus II) 개발을 추진하였으나 실패하여 아래 그림과 같은 서비스 포트폴리오를 제안하고 독자 발사체 개발에 돌입하였다.[19][20] `18년 공동창업자인 Allen의 사망 이후 사업에 난항을 겪었으며 현재는 독자 발사체 개발도 포기하고, 극초음속 시험 플랫폼인 Talon A와 개발 중인 Talon Z, Black Ice(화물운송 고려) 비행체 서비스만 제안하고 있다 [21][22]. 모션인 스트라토론치는 2019년 처녀비행, 2021년 4월에 두 번째 비행을 하였다.

<그림 6> 스트라토론치의 우주발사체 제안[20]



자료:좌로부터 (페가수스 XL, Medium Launch Vehicle(MLV), MLV-Heavy, Space Plane)

<표 5> 스트라토론치의 발사체 개발 현황[19][20][21][22]

종류	탑재체	성능	기타
우주발사체	Falcon 9 air <sup>13)</sup>	저궤도 6.1t 정지궤도 2.5t	`12 취소 (Pegasus II로 대체)
	pegasus II	저궤도 6.1t 정지궤도 2t	`14 중단
	pegasus XL	(동시 3기 탑재)	`16 발표
	Medium Launch Vehicle (MLV)	LEO 3.4t	`18 독자개발 발표 현재 개발 취소
	MLV - Heavy	LEO 6t	
우주비행기	Talon-A		극초음속 비행 실험 환경제공 (센서, 탑재체 등 설치)
	Talon-Z		개발중
	Black Ice		개발중



## II. 이슈 분석 · 제언

공중발사 서비스의 장단점  
및 전망

13. 엔진을 9개에서 4~5개로 줄이고, 횡방향 하중을 고려한 새로운 구조설계가 요구되는 등 개발 부담이 증가하여 스페이스X와 결별하게 됨



## II. 이슈 분석 · 제언

공중발사 서비스의 장단점  
및 전망

14. Shuttle Carrier Aircraft(SCA), 1977년 소개되어 2012년 퇴역. 스페이스 셔틀을 실은 상태로 이륙하여 도착지 상공에서 분리, 스페이스 셔틀은 자력으로 활주로에 착륙

15. 보잉(Being)은 ALSV 연구 시 747의 엔진에 후연기(Afterburner)를 설치하거나 수소로켓을 추가로 설치하는 것을 고려하기도 하였다.

16. 보잉, 제너럴다이내믹스, 록웰 등이 참여하였음.[23]

17. HOTOL(Horizontal Takeoff and Landing)에서 공기흡입식 로켓엔진을 제거하고, 모선인 An-225와 우주비행기 InterimHOTOL로 구성

### 3.4 항공기의 상부 탑재

대형여객기의 상부에 탑재하는 공중발사 방식은 스페이스 셔틀을 발사장으로 이동하기 위해 보잉 747-100 항공기를 활용<sup>14)</sup>한 것에서 뿌리를 찾을 수 있다. 대형기체의 상부에 탑재하는 방식은 모선의 최대이륙중량에 의해 발사체의 무게가 제한받는 것을 제외한 대부분의 제약을 해소할 수 있으나 모선의 외부에 거대한 우주발사체를 설치함에 따라 모선의 항속거리, 비행속도, 상승한도 등이 크게 감소하게 되므로 이에 대한 고려가 필요하다.<sup>15)</sup>

미국군은 1980년대에 SCA(Shuttle Carrier Aircraft)를 통해 확인된 747의 능력에 고무되어 신속하게 화물을 저궤도에 투입하거나 폭격임무를 수행할 우주비행기를 보잉 747에서 공중발사체(Air Launch Sortie Vehicle, ALSV)를 발사하는 것에 대한 기초연구를 수행하기도 하였다.<sup>16)</sup> 그리고 소련판 우주왕복선인 부란(Buran)을 운송하였던 An-225도 보잉 747과 같이 우주비행기 공중발사의 모기로 여러 차례 고려되었다. 브리티시 에어로스페이스(British Aerospace)는 An-225를 모기로 하는 HOTOL<sup>17)</sup>에 대하여 1989년에서 1991년까지 연구하였으며 소련의 NPO Molniya도 An-225를 모기로 하여 MAKS(Multipurpose Aerospace System) 개발을 진행한 바 있다[24][25].

현재 항공기 상부에 우주선을 탑재하는 형태의 공중발사 서비스는 개발이 진행되지 않고 있으나, 근래에 들어 극초음속 기술에 대한 투자가 증가가 소정의 성과를 내면 Spiral, SaengerII, HOTOL과 같이 사장된 모델들을 현실화할 수도 있을 것이다.

<그림 7> 보잉의 ALSV 제안 [23]



<그림 8> HOTOL 2 (Interim HOTOL)[24]



Stage 0 : An-225

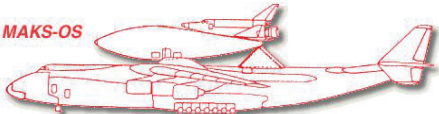
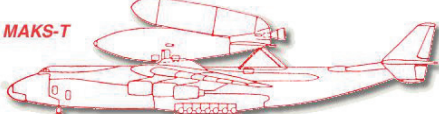
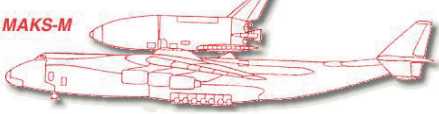
Stage 1 : Interim HOTOL

총량 : 250t

길이 : 36.45m

날개폭 : 21.6m

&lt;표 6&gt; MAKS 구성[25]

구성도	형태	성능
 MAKS-OS	1회용 연료탱크 + 유인 우주비행기	9.5t (200km LEO)
 MAKS-T	1회용 연료탱크 + 엔진달린 우주비행기	18t (200km LEO) 5t (GTO)
 MAKS-M	우주비행기	5.5t (200km LEO)



## II. 이슈 분석 · 제언

공중발사 서비스의 장단점  
및 전망

18. 발사체 무게는 8,500lb에서 20,000lb로 증가, 여유추력 필요치는 638lb에서 1,500lb로 증가함(봄바르디어 글로벌익스프레스(GlobalExpress) 비즈니스젯의 추력은 약 15,000lb 수준)

### 3.5 TGALS(Towed Glider Air Launch System)

대형 우주발사체 발사에 대한 모선의 제약을 해결하기 위하여 NASA 등은 새로운 항공기 대신 글라이더를 활용하는 것을 제안하였다[26]. 글라이더는 일반적인 항공기와 비교하여 구조가 단순하여 탑재할 발사체의 제원을 감안하여 쉽게 개발할 수 있으며 저렴한 유지비 등의 장점이 있어, 새로운 공중발사 수단으로 고려되었으며, NASA는 2015년 1월에 1/3 축소 시험기로 시험비행을 수행하였다[27].

&lt;그림 9&gt; TGALS 개념도[27]



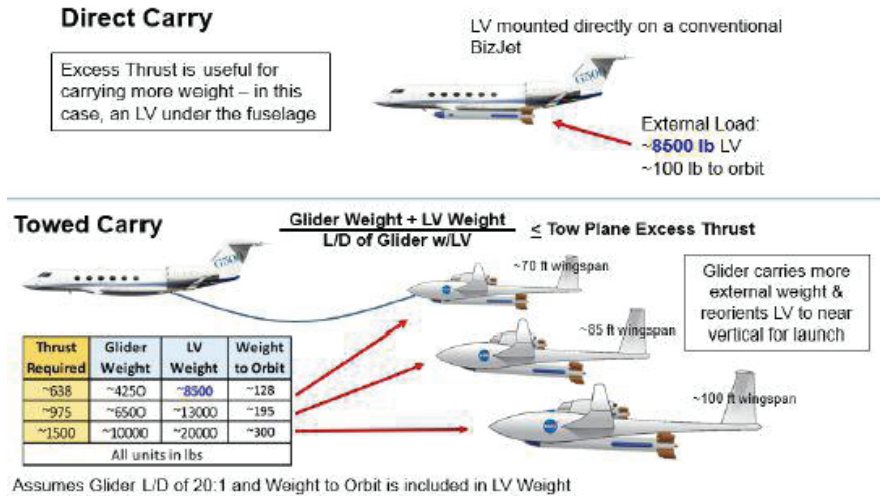
글라이더를 모선으로 활용하는 경우 운용의 유연성과 자유도, 고고도 발사 및 초기 발사속도의 이점 등 기존의 항공기를 이용한 공중발사의 장점을 모두 향유할 수 있다. 그리고 고성능 항공기를 새로 개발하지 않고 발사체 발사를 위한 모선으로 글라이더를 개발하는 경우 최소한의 기능만을 적용하여 개발할 수 있으므로 개발비용 및 기간의 이점과 함께 운용과정에서도 저렴한 유지보수비용의 이점을 갖는다. 또한 낮은 개발비용은 다양한 발사체 특성에 맞추어 최적화된 모선을 쉽게 개발할 수 있어 발사체의 대형화와 경제성 확보에도 유리한데, 그림 11에서와 같이 일반적인 비즈니스젯에서 8,600lb크기의 우주발사체를 직접 발사하여 궤도에 100lb의 위성을 투입할 수 있다면, 글라이더를 활용하는 경우 글라이더의 날개폭을 70ft에서 100ft로 대형화함으로써 위성 발사능력을 128lb에서 300lb로 확장할 수 있게 된다.<sup>18)</sup>

<그림 10> 항공기를 이용한 직접 발사와 글라이더 견인 방식의 비교[28]



## II. 이슈 분석 · 제언

공중발사 서비스의 장단점  
및 전망



## 4. 맺음말

최근 주목받고 있는 공중발사 서비스는 고고도에서 우주발사체를 발사하는 것에 따른 발사체 효율의 증가, 고도와 속도의 이점에 의한 추진제/중량감소, 재활용 시스템 비용 확대 및 소모성 구성품 감소 등에 의한 경제성 개선이 기대되며, 발사장의 지리적 여건 및 기상환경에 의한 제약이 감소하여 다양한 궤도로 위성을 쉽게 발사할 수 있는 장점이 있다. 반면에 기구와 항공기 등 공중발사 플랫폼의 특성에 의해 활용 가능한 우주발사체와 위성발사 능력이 제한되는 한계가 있으며, 이를 해소하기 위해서는 모선을 새로 개발해야 하는 등 개발난이도가 증가하는 단점도 존재한다.

이러한 공중발사 서비스는 우주개발 초기인 1950년대부터 군사적 목적으로 신속하게 우주에 존재하는 위협을 제거하고 은밀하고 안전하게 적국을 공격하기 위한 방안으로 연구가 진행되었다. 그리고 민간부문에서도 저렴하게 탐사기구나 소형위성 등을 발사하기 위해 연구가 진행되어왔으며, 우주왕복선의 등장 이후로는 Spiral, SaengerII, HOTOL 등 우주비행기 개념까지 접목되어 연구가 이뤄지기도 하였다.

하지만 현재는 노드롭 그루만의 페가수스 XL과 버진오빗의 런처원만이 소형위성 발사 서비스로 명맥을 이어가는 상황이며, 그나마도 뉴스페이스 시대의 도래와 함께 다양한 소형위성 발사체들이 등장하여 경쟁력을 의심받기도 하였다.

그러나 앞서 미 우주군이 공중발사 서비스를 이용하여 위성을 발사한 사례와 같이 공중발사가 갖는 운용의 즉답성과 유연성은 지상발사장에서 발사되는 소형발사체들이 제공하기 어려운 특성으로서 공중발사 서비스의 새로운 경쟁력으로 주목받고 있다. 특히 지상발사장과 소형위성발사체의 운용 능력을 쉽게 확대할 수 없는 상황에서 소형위성발사 수요가 증가할수록 새로운 수요에 기민하게 대응할 수 있는 공중발사 서비스의 강점이 부각될 것으로 전망되며, 원하는 궤도, 원하는 시기에 신속하고 정확하게 투입할 수 있는 공중발사 서비스의 장점은 소형위성의 군집운용 시 위성 진형의 유지/관리를 용이하게 할 수 있는 이점을 제공할 것으로 기대된다.

그리고 중형위성 이상의 공중발사 서비스에 대해서는 스트라토론치의 좌절로 명확한 대안이 없는 상황이나, TGALS 등 새로운 시도와 연구가 지속되고 있다. 최근 극초음속기술 분야에 대한 연구들이 활발히 추진되고 있는 것을 고려하였을 때, 장기적으로는 HOTOL2와 같이 극초음속 기술을 적용한 재사용 우주비행기가 공중에서 발사되어 대형화물을 운송하거나 우주쓰레기를 처리하는 등의 모습이 실현될 수도 있을 것이다.

이와 같이 공중발사서비스는 오래도록 주목을 받고 다양한 방식으로 구현되어왔으며, 비록 상업적으로 큰 성과를 보이지 못하고 있으나 근래에 이르러 상업적인 성공과는 별개로 그 특성 자체로 주목을 받고 있다. 우리나라의 경우도 공중발사의 가능성에 대한 연구를 시작하는 단계로서 아직 미래 시장에 대한 전망을 선부르게 하기는 힘들으나, 우리나라의 지정학적 위치로 인하여 우주발사체의 발사 방향이 제한되는 점과 주변국과의 긴장이 해소되기 어려운 정세를 고려하였을 때 자유도가 높고 신속하게 활용할 수 있는 공중발사 시스템 확보는 꼭 필요한 일이라고 판단된다.



## II. 이슈 분석 · 제언

공중발사 서비스의 장단점  
및 전망



## 참고 문헌



### II. 이슈 분석 · 제언

공중발사 서비스의 장단점  
및 전망

- [1] 한겨레 (2021.6.18), “공중발사 로켓, 위성 신속배치 시대 연다”, (<https://www.hani.co.kr/arti/science/technology/999926.html>, `21.10.29 확인)
- [2] 대한항공 (2021.7.20), “국내도 항공기 활용한 위성발사 시대 열린다!” 대한항공, 대형 민항기 활용한 공중발사체 연구 착수, 대한항공 보도자료
- [3] 국방일보 (2021.7.30), “공군, 우주력 발전 비전 담은 『스페이스 오디세이 2050』공개
- [4] Virgin Orbit (2020.8), LauncherOne service guide, Ver. 2.1
- [5] KARI STORY (2019.12.12), “누리호 1,2단 75톤급 엔진, 모양도 시험설비도 다르다?”, (<https://blog.naver.com/karipr/221735131722>, 2021.10.29 확인)
- [6] Elon Musk (2012.11.16), “Elon Musk lecture at the Royal Aeronautical Society.”, Royal Aeronautical Society Youtube Channel, (<https://youtu.be/wB3R5Xk2gTY?t=2672>, `21.10.30 확인)
- [7] Northrop Grumman (2020.9), Pegasus Payload User’s Guide Release 8.2
- [8] N Sarigul-Klijn, M Sarigul (2006), “A comparative analysis of methods for air-launching vehicles from earth to sub-orbit or orbit”, J. Aerospace Engineering. Vol.220, issue 5, pp.439-pp.452.
- [9] Helen (<https://www.arcaspace.com/helen>, `21.10.29 확인)
- [10] JPAerospace (<http://www.jpaaerospace.com/index.html>, `21.10.30 확인)
- [11] B2Space (<https://b2-space.com>, `21.10.30 확인)
- [12] Yuichi Noguchi, Takashi Arime, Seiji Matsuda, et al. (2013), “Japanese Air Launch System Concept and Test Plan[C]”, Proc. of Aerodynamic Decelerator Systems Technology Conferences & AIAA Aerodynamic Decelerator Systems (ADS) Conference, AIAA 2013-1331.
- [13] M Sarigul-Klijn, N Sarigul-Klijn, G. C. Hudson, L. Holder, D. Fritz, C. Webber, G. Liesman, D. Shell, & M.P. Gionfriddo. (2007). Flight Testing of a Gravity Air Launch Method to Enable Responsive Space Access, AIAA Space, AIAA-2007-6146.
- [14] Project Pilot ([https://space.skyrocket.de/doc\\_lau\\_det/pilot.htm](https://space.skyrocket.de/doc_lau_det/pilot.htm), `21.10.29 확인)
- [15] ALASA ([https://space.skyrocket.de/doc\\_lau/alasa.htm](https://space.skyrocket.de/doc_lau/alasa.htm), `21.10.30 확인)
- [16] Ishim (<https://www.globalsecurity.org/space/world/russia/mini.htm>, `21.10.30 확인)
- [17] E. Louaas, C. Talbot, Joseph Berenbach. (2009), “ALDEBARAN : A “ SYSTEM “ DEMONSTRATOR PROJECT FOR NEW GENERATIONS OF SPACE TRANSPORTATION , NOW ENTERING IN THE PHASEA”, IAC-09-D2.6.7.



- [18] AEVUM (<https://aevumspace.com/autonomousLaunchTechnology#ravnx>, `21.11.02 확인)
- [19] Spacenews (2012.11.30), “Orbital Sciences Replaces SpaceX on Stratolaunch Project” (<https://spacenews.com/32591orbital-sciences-replaces-spacex-on-stratolaunch-project/>, `21.11.04 확인)
- [20] Space.com (2018.8.21), “Stratolaunch Unveils New Rockets, Space Plane to Launch from World’s Largest Airplane”, (<https://www.space.com/41548-stratolaunch-rocket-family-space-plane-revealed.html>, `21.11.04 확인)
- [21] Spacenews (2019.1.18), “Stratolaunch abandons launch vehicle program”, (<https://spacenews.com/stratolaunch-abandons-launch-vehicle-program/>, `21.11.04 확인)
- [22] Stratolaunch (<https://www.stratolaunch.com/vehicles>, `21.11.04 확인)
- [23] The Space Review (2010), “Fire in the sky: the Air Launched Sortie Vehicle of the early 1980s”  
(part1, 2010.2.22., <https://www.thespacereview.com/article/1569/1>),  
(part2, 2010.3.08., <https://www.thespacereview.com/article/1580/1>),  
(part3, 2010.3.22., <https://www.thespacereview.com/article/1591/1>),  
(part4, 2010.4.19., <https://www.thespacereview.com/article/1608/1>).
- [24] HOTOL (<http://www.astronautix.com/i/interimhotol.html>, `21.11.04 확인)
- [25] MAKS (<https://www.buran.ru/htm/molniya6.htm>, `21.11.04 확인)
- [26] NASA(2013), “‘Gliding’ to Space: Novel Means of Launching Space Satellites” ([https://www.nasa.gov/centers/dryden/Features/towed\\_glider\\_concept.html](https://www.nasa.gov/centers/dryden/Features/towed_glider_concept.html), ~21.11.05 확인)
- [27] Jerry Budd(2015), “Air Launch to Orbit: Flight Testing the Towed Glider Air Launch Concept using a Sub-Scale Research Model”, AMA Expo 2015, Ontario, CA
- [28] NASA(2015), “Why Towed Glider over Direct Carry?”, NASA Armstrong Flight Research Center Towed Glider Air Launch System



## II. 이슈 분석 · 제언

공중발사 서비스의 장단점  
및 전망



## 우주 쓰레기 문제의 경제학적 접근과 정책 시사점



### 백기태

한국항공우주연구원  
정책팀  
연구원  
bkt@kari.re.kr



### 1. 서 론

우주 쓰레기는 우주발사체에서 분리된 로켓상단 및 페어링, 수명이 다하거나 고장으로 폐기된 인공위성, 위성 등의 우주물체가 다른 물체와 충돌하여 생긴 파편 등에 의해 생성된다. 과거에는 일부 국가의 정부 우주 프로그램에 의한 위성 발사나 미사일 시험 등으로 우주쓰레기가 생성되었다면 최근에는 SpaceX, OneWeb과 같은 민간 기업들이 대규모 저궤도 통신위성을 경쟁적으로 발사하면서 우주쓰레기가 더욱 급격하게 증가하고 있다. 현재 29,000개 이상의 위성, 로켓 조각 및 지상에서 추적 가능한 크기의 파편들이 지구를 돌고 있으며, 더 작은 파편들은 수백만에 달할 것으로 추정된다[1]. 특히 SpaceX는 광대역 인터넷을 제공하는 Starlink 네트워크를 위해 지난 2년 동안 약 1,700기의 위성을 발사하였고 앞으로도 수천기의 위성을 더 발사할 계획이다.

이렇게 개별 국가 또는 기관의 우주 궤도 이용과정에서 생성된 우주 쓰레기 문제는 범국가적이고 미래에 우주공간을 이용하려는 모든 주체가 그 피해를 입게 된다. 특히 케슬러 증후군(Kessler Syndrome)과 같이 우주 쓰레기가 일정 수준 이상으로 축적될 경우 연쇄적인 충돌로 인해 우주궤도가 너무 많은 우주쓰레기로 덮여 더 이상 인류가 우주공간을 활용하지 못하는 상황이 올수도 있다[2]. 그러나 이러한 우주 쓰레기 배출을 규제하고 관리하는 것은 결코 쉬운 일이 아니다. 관련 주체들 사이의 외교적, 정치적 이해관계를 해소해야 하며, 매우 정교한 제도 및 규범의 설계가 필요하기 때문이다. 본 연구에서는 우주 쓰레기 문제가 경제학에서 다루는 ‘공유지의 비극(tragedy of commons)’ 문제에 해당하는지 살펴보고, 경제학에서 제시하는 해법과 정책적 시사점에 대해 논의한다.

## 2. 우주 쓰레기 문제와 공유지의 비극

### 2.1 경합성과 배제성

먼저 우주궤도가 공유자원에 해당하는지 살펴본다. 경제학에서 공유자원은 경합성이 있으나 배제성이 없는 자원을 말한다. 다시 말해 어떠한 대가를 지불하지 않고도 자유롭게(소비활동에서 배제되지 않고) 이용하는 것이 가능하지만 내가 1단위 더 소비하면 남이 소비할 1단위가 사라지는 자원을 공유자원이라고 할 수 있다. 비록 국제 협약이나 국제 통신 연합과 같은 다자간 기구에 의해 궤도 슬롯과 주파수 할당 등이 일부 규제를 받고 있지만, 아직까지 우주궤도의 이용은 우주에 액세스할 수 있는 능력에 의해 제한된다[3]. 즉, 기술이 있다면 자유롭게 위성을 발사하여 우주궤도를 이용할 수 있지만, 한 궤도에서 동시에 운용할 수 있는 위성의 수는 물리적으로 제한된다. 따라서 현재 우주궤도는 경합성은 있으나 배제성이 없는 공유자원의 특성을 충족하고 있다고 볼 수 있다.

<표 1> 경합성과 배제성

구 분	경합성	비경합성
배제성	사유재(Private Goods) 배제가 가능하고 소비에 있어서 경합성이 있는 재화	자연독점(Natural Monopolies) 배제 가능하지만 소비에 있어서 경합성이 없는 재화
비배제성	공유자원(Common Resources) 소비에 있어서 경합성이 있지만 배제가 불가능한 재화	공공재(Common Goods) 배제가 불가능하고 소비에 있어서 경합성이 없는 재화

### 2.2 공유지의 비극

우주궤도와 같은 공유자원의 관리 문제에 대해 경제학에서는 ‘공유지의 비극’이라는 개념으로 설명하고 있다. ‘공유지의 비극’이란 공유 목초지를 사례로 개인들이 이기심을 추구하는 과정에서 공유자원이 무분별하게 사용되다 결국에는 고갈되고 더 이상 아무도 사용하지 못하게 되는 비극적 과정을 표현한 개념이다. 영국의 경제학자 윌리엄 포스터 로이드가 1833년에 처음 소개한 것을 미국 캘리포니아대의 생물학자 개릿 하딘이 1968년 『사이언스』에서 다루면서 널리 알려졌다. 죄수의 딜레마(Prisoner's dilemma), 올슨의 집단행동의 논리는 이러한 공유지의 비극 문제를 정형화한 모델들이다.



#### II. 이슈 분석 · 제언

우주 쓰레기 문제의 경제학적 접근과 정책 시사점



## II. 이슈 분석 · 제언

우주 쓰레기 문제의 경제학적 접근과 정책 시사점

1. 해당연구에서는미국(US), 유럽연합(EU) 2개의 주요 플레이어와 중국(China), 러시아(Russia)의 부가적인 플레이어를 가정하였다. 이들의 주요 자산과 발사 스케줄 등을 고려하여 미국과 유럽 2개 플레이어가 매 2년마다 0, 1, 2개의 위험 물체를 제거하는 비협조게임(one-shot normal-formgame)으로 설정하여 분석하였다. 제거 비용이 특정 수준일 때 각 플레이어가 모두 2개씩 제거하는 것이 아니라 이보다 적은 미국(1), 유럽연합(0) 또는 미국(0), 유럽연합(1)을 제거하는 전략이 순수내쉬균형이라는 것을 밝혔으며 사회적으로 최적인 전략이 균형이 아니라는 점에서는 비슷하지만 본문에서 제시한 일반적인 죄수의 딜레마의 예시와는 다소 차이가 있다.

2. 각 수치는 설명을 위해 임의로 정한 것으로 상황에 대한 가정에 따라 달라질 수 있다. 괄호안의 숫자는 왼쪽이 A의 보수, 오른쪽이 B의 보수이다. A는 B가 '완화 노력'이라는 전략을 선택했을 때 '남용'이라는 전략을 선택할 때의 보수가 15로 '완화 노력'이라는 전략을 선택할 때의 보수 10보다 더 크다. B가 '남용' 전략을 선택했을 때에도 A는 '남용' 전략을 선택하는 것이 보수가 7로 '완화 노력'을 선택할 때의 보수 5보다 더 크다. 따라서 A는 B가 어떠한 전략을 선택하더라도 '남용' 전략을 사용하는 것이 유리하고 반대의 경우도 마찬가지이다. 따라서 A와 B 모두 '남용' 전략을 선택했을 때 다른 전략으로 변경할 유인이 없기 때문에 둘 다 '남용' 전략을 선택하는 것이 순수내쉬균형이 된다.

Kilma et al.(2016)의 연구에서 시뮬레이션을 통해 우주 쓰레기 제거 전략에 대한 주요 우주기관의 보수 테이블을 추정한 바 있다. 우주 쓰레기 제거 게임에 대한 시뮬레이션 결과 우주 쓰레기 제거 비용이 특정 수준일 때 미국, EU 등 주요국들의 보수(pay off)가 죄수의 딜레마 게임과 유사한 형태<sup>1)</sup>로 나타났다. 이들은 각 플레이어의 보수는 우주 쓰레기 제거 비용 대비 운영 중인 우주 인프라의 가치에 따라 영향을 받으며, 우주 쓰레기 제거 비용이 낮을수록 우주 쓰레기 제거 유인이 높아진다는 것을 밝혔다[4].

이러한 연구 결과를 참고하여 현재의 우주 쓰레기 문제 상황을 일반적인 '죄수의 딜레마' 게임이론 전개표로 나타내면 <표 2>와 같다. A, B는 우주 쓰레기 문제의 이해관계자인 개별 국가 및 우주기관을 의미하고, 괄호안의 숫자는 각각 우주 쓰레기 '완화 노력'과 '남용' 전략에 대한 각 플레이어의 보수<sup>2)</sup>를 의미한다. 우주 쓰레기 문제 해결을 위해 구성원 모두가 협력하여 '완화 노력'을 하는 것이 사회적으로 가장 최적인 선택일 것이다. 그러나 A가 '완화 노력'을 선택할 때 B의 입장에서는 '완화 노력'이 아닌 '남용'을 선택할 때의 보수가 더 크다. 또한 A가 '남용' 전략을 선택할 때도 B의 입장에서는 여전히 '남용' 전략을 유지할 때의 보수가 '완화 노력'을 선택할 때보다 더 크다. 그 반대의 경우 또한 마찬가지이다. 따라서 A와 B 각각의 입장에서 상대방이 어떠한 전략을 사용하더라도 우주 궤도를 '남용'하는 것이 유리한 우월전략(Dominant Strategy)이 되고, A와 B 모두 더 이상 전략을 바꿀 유인이 없으므로 모두가 우주 궤도를 '남용'하는 것이 순수내쉬균형(Pure Nash Equilibrium)이 된다.

<표 2> 우주 쓰레기 문제의 딜레마

구 분		B	
		완화 노력	남용
A	완화 노력	(10,10)	(5,15)
	남용	(15,5)	(7,7)

이러한 우주 쓰레기 문제의 보수 체계는 발사 능력만 있으면 부정적 외부효과에 대한 비용을 실질적으로 회피할 수 있는 반면, 우주 쓰레기 완화 노력에 대한 혜택은 모두가 같이 누릴 수 있기 때문에 나타난다. 따라서 다양한 규제 정책을 통해 이들의 보수(payoff)체계를 조정하지 않고서는 자발적인 우주 쓰레기 완화 노력을 기대하기 어렵다는 이론적 예측<sup>3)</sup>이 가능하다. 각 주체들이 이기적으로 행동하더라도 우주 쓰레기 완화 노력을 선택하는 것이 합리적인 선택이 될 수 있도록 유인할 수 있는 경제적 정책수단이 필요하다. 일반적으로 우주 쓰레기 완화에 대한 인센티브를 제공하거나 우주 쓰레기 문제를 악화시킬 경우 패널티를 부과하는 방식으로 이들의 보수를 조정할 수 있다.

### 3. 우주 쓰레기 문제의 경제학적 해결방안

#### 3.1 전통적 해결법과 오스트롬 해결법

‘공유지의 비극’ 문제를 해결하기 위해 경제학계에서는 그동안 다양한 방안들이 논의되어 왔다. 주요 경제학적 해결방안들을 정리하면 다음 <표 3>과 같다. 직접규제부터 코즈적 접근방식까지는 외부 행위자(예: 정부)가 간섭함으로써 문제를 해결할 수 있다는 전통적인 관점인 반면, 오스트롬 접근법은 이기적인 인간을 상정한 기존의 경제학적 가정과 달리 공동체의 자율적인 힘으로도 효율적인 자원관리가 가능하다는 관점의 차이가 있어 서로 구분된다[5].

<표 3> 경제학적 해결방안과 적용 방안

구 분	설 명	적용 방안
직접규제	법적 구속력을 가진 규범으로 우주 쓰레기 배출을 금지하거나 제한하는 방법	위성 미사일 요격 실험 금지, 우주쓰레기 배출 제한, 기술 규제
피구세	외부효과에 대한 교정과세를 부과하는 방법	궤도세 부과
배출권 거래제	우주 쓰레기 배출권을 시장에서 거래하도록 하는 방법	우주쓰레기 배출권 거래
코즈적 접근법	우주궤도를 각 주체들에게 재산권을 규정하여 자발적 협상을 통해 관리하도록 하는 방법	궤도 할당
오스트롬 접근법	교육 또는 문화적으로 개인의 이익과 공동체의 이익을 동일시하게 되면 사용자 집단의 자율적 관리로도 공유자원을 잘 활용할 수 있음	자체 가이드라인 등을 통한 자발적 규제

먼저 직접규제는 경제주체들의 사용 가능한 선택범위를 조정함으로써 그들의 의사결정에 영향을 미치는 방법이다. 먼저, 배출허용기준 등을 설정하여 우주쓰레기 배출을 제한하거나 방지기술을 규제하고, 이러한 지침이나 기준을 위반하는 주체에 대해 법적, 행정적 제재를 가하는 것이다. 이러한 규제는 크게 3가지 방법으로 이루어진다. 오염물질의 최대 허용치를 정하는 환경기준(Ambient Standards)을 정하는 방법, 규제를 받는 기관 및 기업체들에게 달성해야 하는 오염물질의 배출허용기준(Emission Standards)인 일종의 성과기준을 정하는 방법, 오염물질 배출을 완화하기 위해 준수해야 할 생산기술, 공정, 관행 등 기술기준(Technology Standards)을 정하는 방법이 있다.



#### II. 이슈 분석 · 제언

우주 쓰레기 문제의 경제학적 접근과 정책 시사점

3. 물론 각 주체들의 보수는 매기(t)마다 변화할 것이다. 우주 쓰레기 문제가 심화될수록 그에 따른 위험의 크기가 점점 커지기 때문에 계속해서 '남용' 전략을 사용하는 것이 더 이상 유리하지 않게 되는 순간이 올 것이다. 그러나 그때는 이미 우주 쓰레기 문제가 훨씬 더 심각해진 상황으로 우주 역량이 우수한 국가 및 기업체들이 상당한 이익을 독차지한 이후가 될 것이다.



## II. 이슈 분석 · 제언

우주 쓰레기 문제의 경제  
학적 접근과 정책 시사점

피구세(Pigouvian Tax)는 정부가 오염물질로 발생하는 외부효과에 세금을 부과하는 방법이다. 우주쓰레기를 배출한 대가로 세금을 부과할 경우 각 주체들은 이를 최소화하기 위한 기술을 개발 및 적용하는 등의 노력을 수행하게 될 것이다. 그러나 실제 세율을 결정하기 위해서는 편익과 비용에 대한 측정이 중요한데 정보가 부족하여 측정이 어려운 경우 정부 실패의 가능성이 있다.

배출권 거래제(Emissions Trading Scheme)는 정부가 오염물질 허용량에 해당하는 배출권을 발매하고 각 주체들은 자신이 보유하고 있는 배출권에 해당하는 만큼의 오염물질을 배출할 수 있도록 하는 방법이다. 경제주체들은 오염물질 배출량을 줄이거나 할당된 배출권의 양을 초과하는 부분에 대해서는 추가로 배출권을 구입해야 하며, 남은 배출권을 매각할 수도 있다. 피구세와 유사한 제도이지만 피구세는 세금을 내면 얼마든지 배출이 가능한 반면, 배출권 거래제는 오염물질 배출량이 정부가 정한 배출권의 수량에 의해 결정된다는 차이가 있다. 또한 세율 산정을 위한 측정의 문제가 있는 경우에는 배출권 거래제가 더 유리하다.

코즈적 접근법은 협상비용이 무시할 정도로 작을 경우, 외부성에 대한 재산권이 잘 정의된다면 정부의 간섭 없이도 자발적인 협상을 통하여 효율적인 자원배분을 달성할 수 있다는 것이다. 즉 경제주체들이 자원의 배분 과정에서 별도의 비용 없이 협상을 할 수 있다면 외부효과로 인해 초래되는 비효율성을 시장에서 스스로 해결할 수 있다고 주장한다. 그러나 비용과 편익에 대한 모든 정보를 협상당사자들이 가지고 있어야 하며, 협상비용이 무시할 정도로 작아야 성립할 수 있는 단점이 있다.

오스트롬 접근법은 기존의 정부 또는 시장 중심 해결책에서 벗어나 외부 간섭 없이 공동체 내의 자치를 통한 문제 해결 가능성을 제시한다. 정부나 시장에 의존하지 않고서도 다양한 방식으로 자발적 제도의 조직화를 통해 효율적인 자원배분을 달성할 수 있다는 것이다. 교육이나 문화적 방법을 통해 모두가 공동체의 이익과 개인의 이익을 동일시하게 된다면 공유지의 비극 상황이 성립되지 않으므로 우주 쓰레기 문제 해결을 위해 협력할 수 있게 된다. 그러나 오스트롬 접근법은 자발적으로 조직화되어 자치규율이 이루어지는 비교적 소규모의 공유자원 상황을 주로 다루었으며 복잡한 국제관계가 얽힌 우주 쓰레기 문제에 적용하는데 다소 한계가 있다.



#### 4. 우주쓰레기 문제에 적용 가능한 다양한 환경정책수단

이러한 경제학 이론들을 배경으로 다양한 환경정책 수단들이 각국에서 시행되어 왔다. 1970년대까지 OECD국가들의 환경정책은 주로 직접규제에 의존하고 있었으며 경제적 인센티브를 고려한 환경정책은 1989년부터 본격적으로 사용되기 시작하였다[5]. OECD 국가들에서 주로 사용되는 환경정책 수단의 종류는 다음 <표 5>와 같다. 이러한 환경정책 수단들을 우주 쓰레기 문제에도 적용할 수 있을 것이다. 여기서는 주로 직접규제와 경제적 수단에 대해서만 살펴 보도록 한다.

<표 5> 환경정책수단의 종류

구 분	예
직접규제 (Command & Control)	인 · 허가 배출허용기준 및 기술기준 제품 및 공정기준 특정행위의 금지 및 특정물질의 사용금지 지역규제
경제적 수단 (Economic Instrument)	배출부과금 제품부과금 배출권거래제도 보조금제도 예치금제도
의무, 손해배상 (Liability, Damage Compensation)	엄격한 의무규칙 보상기금 강제오염보험
교육 및 정보 (Education, Information)	정보캠페인 기술정보 확산 우주환경경영사례에 대한 정보 환경교육 환경라벨링 환경회계 및 보고 환경지표 환경감사
자발적 합의 (Voluntary Agreements)	환경목표에 대한 자발적 합의 환경정책수단에 대한 자발적 합의

자료 : 김홍균 외 (2013)



#### II. 이슈 분석 · 제언

우주 쓰레기 문제의 경제학적 접근과 정책 시사점



## II. 이슈 분석 · 제언

우주 쓰레기 문제의 경제  
학적 접근과 정책 시사점

### 4.1 직접규제

직접규제는 가장 단순하고 직접적이며, 대상이 되는 오염물질을 분명하게 정책수단의 대상으로 삼기 때문에 세계 각국에서 가장 많이 사용되는 환경정책 수단 중 하나이다. 그러나 경제주체가 스스로 오염배출 수준이나 형태를 택할 수 없다는 단점이 있다. 우주 쓰레기 문제에 적용 가능한 직접규제의 방법으로는 인·허가, 기준(Standard), 특정행위의 금지 및 특정물질의 사용금지, 지역규제(Zoning) 등의 정책수단들이 있다.

인·허가의 경우 일반적으로는 시설부문이나 원료·제품에 대한 인·허가 제도가 사용된다. 우주 쓰레기의 경우 de-orbit 기능 등 일정 요건을 갖춘 위성이나 위해성이 높은 화학물질 또는 원자력이 사용되지 않은 위성 등의 발사에 대한 인·허가 방식을 생각할 수 있다.

기준은 환경기준과 규제기준으로 나뉘며, 규제기준은 다시 배출허용기준과 기술기준으로 구분된다. 환경기준은 목표로 하는 환경의 질 수준을 표현한 지표이다. 우주 궤도에 일정 수준이하의 우주 쓰레기가 유지되도록 목표로 하는 수준을 지표로서 설정하고 관리할 수 있을 것이다.

배출허용기준의 경우 배출되는 오염물질의 최대허용량 또는 허용농도를 수치로 나타낸 것으로 이를 초과하여 오염물질을 배출할 경우 부과금을 내도록 하는 제도이다. 자동차 배기가스 배출허용기준과 같이 위성이나 발사체 발사 당 우주 쓰레기 배출허용기준을 정해 규제함으로써 이를 초과하는 경우 부과금을 부과하여 우주 쓰레기 배출을 줄이도록 유인할 수 있을 것이다.

기술기준은 오염물질의 측정이 현실적으로 어렵거나 이를 위해 소요되는 비용이 클 경우에 사용된다. 오염물질 배출 주체에게 특정한 기술이나 설계를 사용할 것을 의무화함으로써 오염물질의 배출을 규제하는 것이다. de-orbit 기술과 같이 우주 쓰레기 완화를 위해 필요한 특성을 규정하고 이러한 특성을 충족시키도록 의무화할 수 있을 것이다. 기술기준 규제방법은 규제기관의 감시 및 관리가 용이하다는 장점이 있으나 배출주체에게 일률적인 오염방지기술을 선택하도록 강요함으로써 오염처리비용이 과다하게 소요되거나 오염방지기술의 개발이 정체될 가능성이 높다는 점이 단점이다.

특정행위의 금지 및 특정물질의 사용금지는 인·허가, 기준 등을 통한 방법이 불가능하거나 또는 오염이 조금만 발생하더라도 그에 따른 피해가 매우 큰 경우에 많이 사용된다. 원자력 동력원의 사용으로 인한 방사능 피해나 위성 미사일 폭파 실험과 같은 행위는 우주 쓰레기로 인한 피해를 급격히 증가시키므로 이러한 행위에 대한 금지 규제가 필요할 것이다.

지역규제는 일정한 지역을 정해놓고 해당 지역 안에서 특정한 행위를 금지하거나 제한하는 규제조치이다. 우주 쓰레기 문제가 심각하여 관리가 필요한 특정 궤도를 설정하고 해당 궤도에서의 우주 쓰레기 배출을 금지하거나 제한하는 규제조치를 생각할 수 있다.



## II. 이슈 분석 · 제언

우주 쓰레기 문제의 경제학적 접근과 정책 시사점

이러한 직접규제는 그 효과가 신속하고 예측 가능하여 정치적으로도 강한 설득력을 가진 정책 수단이라는 장점이 있다. 그러나 규제 당국이 각 오염자의 배출 동향과 환경편익을 정확히 파악하지 못할 경우에는 정부실패의 가능성이 있다. 오염으로 인한 피해와 편익에 대한 정보가 불충분한 경우 사회적으로 바람직한 규제 수준을 설정할 수 없기 때문이다. 또한 직접규제는 각 오염자들이 배출량을 추가로 더 줄이거나 그에 필요한 기술을 개발할 유인을 제공하지 못하며 개별 오염물질 배출량을 일일이 파악하고 단속하기 어려운 단점이 있다.

<표 6> 직접규제의 종류와 적용 방안

직접규제의 종류	적용 방안
인·허가	우주 쓰레기 완화에 필요한 기술, 인력, 시설·장비 등 일정 요건을 갖춘 자에게만 관련 사업을 허용
기준 (환경기준, 규제기준)	일정 수준 이하의 우주 쓰레기가 유지되도록 환경기준 설정 우주 쓰레기 배출허용기준 설정 우주 쓰레기 완화를 위한 기술기준 설정
특정행위의 금지 및 특정물질의 사용금지	위해성이 높은 화학 추진제 사용금지 방사능 동력원 사용금지 위성 미사일 요격 실험 금지
지역규제	보호해야 할 우주궤도를 지정하여 특정 행위를 금지 또는 제한

### 4.2 경제적 수단

경제적 수단(EIs: Economic Instruments)은 시장의 재화나 서비스에 대한 원가나 가격에 영향을 주는 도구들을 말하며 시장 기반 수단(MBIs: Market-Based Instruments)이라고도 부른다. 경제적 수단은 생산자와 소비자들이 환경을 개선하는 방법에 유연성을 부여하면서 보다 효과적인 방법을 모색할 수 있게 한다. OECD에서는 경제적 수단을 경제 주체들에게 열려있는 대안적 행동에 대한 비용 및 이익 추정에 영향을 미치는 도구라고 정의하고 있다[6]. 따라서 경제적 수단은 인센티브 효과에 쉽게 반응하는 개인 및 기업체에 적용하는데 적합하다. 또한 직접규제와 비교하여 비용 효율적이라는 장점이 있으나 비상상황이나 과도한 모니터링 비용이 발생할 때, 설정 및 집행 권한이 파편화되는 경우에는 적용하기 어려운 문제가 있다. OECD 국가들에서 널리 사용되는 경제적 수단의 종류로는 배출부과금, 제품부과금, 배출권거래제도, 예치금제도, 사용료 등이 있다.

<표 7> 경제적 수단의 특징과 장점[7][8]



II. 이슈 분석 · 제언

우주 쓰레기 문제의 경제학적 접근과 정책 시사점

구 분	내 용
특징	<p>경제활동의 외부비용과 편익에 가치를 부여하여 가격신호를 개선함으로써 경제 주체가 행동을 변경하여 환경 및 기타 부정적인 영향을 줄이도록 유인함</p> <p>False price → True price</p> <p>Social costs = private costs (internal costs: labour, raw materials, machinery, energy, etc.) + external (environmental) costs</p>
비용 효율성	목표 달성의 방법에 있어서 더 큰 유연성을 확보할 수 있으므로 규제 준수 비용을 낮출 수 있음
정적 효율성	환경 목표를 가장 낮은 사회적 비용으로 달성되도록 할 수 있음 (모든 개별 오염자에게 균일한 환경 기준을 적용한다면 최저 비용 솔루션을 달성할 수 없음)
동적 효율성	오염 배출량을 줄이기 위한 영구적인 인센티브를 제공하여 기술혁신을 추구하도록 할 수 있음 (직접규제는 기술발전에 따라 업데이트가 필요)
추가적인 오염 감소 가능	직접규제와 달리 오염자(기업)가 환경 당국이 요구하는 것보다 더 오염을 줄이려는 인센티브를 제공함

자료: INTOSAI WGEA (2016), OECD (2001)

배출부과금(Effluent Charge)은 대기, 수질, 폐기물 분야에 폭넓게 사용되고 있는 제도이다. 오염방지시설을 도입한 기업에게 부담금의 일부를 감소시켜줌으로써 오염물질의 배출을 감소시킬 동기를 부여할 수 있으며, 배출부과금 효율을 낮게 책정하되 직접규제를 보조하는 형태로 사용되는 경우가 많다. 그러나 부과금 제도가 효율적으로 운영되기 위해서는 관리 비용을 고려하여야 한다.

제품부과금(Product Charge)은 생산과정에 투입되어 오염물질을 배출하는 생산요소나 소비 과정에서 오염을 유발하는 제품에 부과된다. 화석연료, 음료용기, 타이어, 살충제 등에 부과되고 있으며 국가마다 부과 대상이나 세율에는 차이가 있다.

배출권 거래제(Emissions Trading Scheme)는 특정 오염물질에 대해 일정량의 배출권을 설정하고 정해진 방식에 따라 배출권을 초기분배한 후 인위적으로 배출권 시장을 형성하여 배출권의 거래를 허용하는 제도이다. 배출권 거래제는 배출부과금제도와 마찬가지로 오염을 감소시킬 유인을 제공한다는 점에서 유사하지만, 직접 오염물질의 총량을 통제할 수 있는 이점이 있으며, 비용 효율성 측면에서는 직접규제보다 우월한 것으로 알려져 있다. 그러나 할당된 배출량을 준수하는지 여부를 감시하기 위한 각종 비용이 수반된다.

예치금제도(Deposit Refund System)는 소비자가 예치금 대상 품목을 구매할 때 일정액을 예치한 후 반납할 때 이를 찾아가는 제도이다. 국가마다 차이는 있지만 많은 OECD국가들에서 폐자동차, 금속 캔, 플라스틱 병, 유리병 등에 대해 사용하고 있다.

사용료(User Charge) 제도는 주로 쓰레기 수거료, 하수도료 등에 정률 또는 실적치에 비례하여 부과되고 있다. 일정률로 징수할 때보다 배출량에 비례하여 징수하는 것이 쓰레기 배출을 줄이고자 하는 유인을 더 많이 제공하지만 불법투기의 문제가 있다.

이러한 경제적 수단들은 우주 쓰레기 배출 또는 배출을 유발하는 위성 등의 제품에 대해 일종의 세금을 부과함으로써 기업과 같이 인센티브에 민감한 주체들에게 우주 쓰레기에 대한 비용을 부담시키는 방법이라고 할 수 있다. 따라서 이윤 극대화를 추구하는 기업들로 하여금 비용 절감을 위해 스스로 우주 쓰레기 배출을 감소시키는 기술을 개발하도록 유도할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 이러한 경제적 수단이 제대로 작동하기 위해서는 매우 정교한 설계를 필요로 한다. 정확한 세율 계산을 통해 이들의 행동을 긍정적인 방향으로 변화시키는 동시에 한편으로는 과도한 비용 부담으로 인해 우주산업의 발전을 저해하지는 않아야 하기 때문이다. 또한 최종적으로 우주환경 보호라는 목적을 달성하는데 적절한 수준의 우주 쓰레기 배출량을 유도할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 정확한 세율 계산을 위해 충분한 정보공유가 필요하고, 현실적인 비용으로 우주 쓰레기 배출량을 제대로 감시할 수 있어야 하며, 적절한 우주 쓰레기 배출량 수준에 대한 합의도 필요하다.



## II. 이슈 분석 · 제언

우주 쓰레기 문제의 경제학적 접근과 정책 시사점



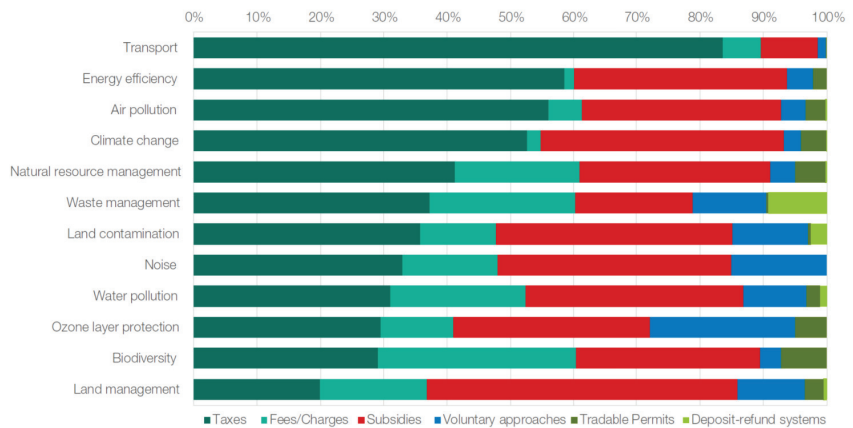
## II. 이슈 분석 · 제언

우주 쓰레기 문제의 경제  
학적 접근과 정책 시사점

### 4.3 환경정책 수단의 우주 쓰레기 문제 적용을 위한 과제

이러한 환경정책 수단들은 다음 <그림 1>과 같이 OECD 국가들에서 이미 다양한 분야의 환경 보호를 위해 복합적으로 사용되고 있다. 이제는 여러 환경정책 수단들의 활용사례들을 고려하여 우주 쓰레기 문제 해결에 적합한 환경정책 수단들을 선정하고 구체적인 적용방법에 대한 본격적인 논의가 필요한 시점이다. 따라서 우주 쓰레기 완화를 위한 직접규제나 경제적 수단들을 제대로 설계할 수 있도록 우주 쓰레기 문제에 대한 비용편익 측정 방법, 다양한 정책수단의 수행비용, 우주 쓰레기 배출의 감시방법, 적절한 우주 쓰레기 배출 허용량 등에 대한 연구가 활발하게 이루어져야 할 것이다.

<그림 1> 분야별 OECD 환경정책 수단의 활용 현황(2018)[9]



자료: OECD 홈페이지

## 5. 결론 및 시사점

본 연구에서는 우주 쓰레기 문제에 대한 경제학적 해법과 그와 관련된 정책수단들에 대해 전반적으로 살펴보았다. 그러나 우주 쓰레기 문제에 대한 각 환경 정책수단들의 구체적인 방법과 그 가능성에 대해서는 제대로 논의하지 못하였다. 구체적인 정책수단이 제시되기 전에 선행되어야 할 연구과제들이 이제 겨우 시작단계에 있기 때문이다. 최근 우주 쓰레기 문제와 관련하여 추진되고 있는 UN COPUOS의 우주활동 장기 지속성 가이드라인, OECD의 우주 인프라 및 우주 쓰레기의 편익에 대한 측정 및 평가에 대한 연구, 각국의 글로벌 우주상황인식(SSA) 인프라 구축 및 정보공유 협력 확대 등은 지금까지 언급한 환경문제의 해법들과 밀접하게 연관되어 있다.



그러나 현재 시점에서 이러한 시도들이 시기적절하게 충분한 효과를 달성할 것을 기대하기는 어려워 보인다. 우주 쓰레기가 점점 더 빠르게 증가하고 있는 반면 각국의 상호 신뢰 구축과 협상의 과정에는 상대적으로 매우 긴 시간이 소요될 것이기 때문이다. 또한 각 주체의 이기심과 협상력의 차이로 인해 문제를 제대로 해결할 만큼 충분히 합리적인 결과가 도출되지 못할 수도 있다. 아직까지 대부분의 국가들은 자국의 이익을 극대화하는데 앞장서고 있으며 우주 쓰레기 규제에 대해서는 다소 소극적인 모습을 보이고 있다. 우주환경 보호 측면에서 바람직한 것은 아니지만 한국 또한 규제가 시행되기 전까지 최대한 우주궤도를 선점하기 위해 노력하는 것이 합리적인 상황으로 판단된다. 다만 공동체적 관점에서 우주 쓰레기 완화를 위한 국제 규범 수립과 협상의 과정에 참여하고 한국의 입장을 최대한 반영하도록 노력해야 할 것이다.

지금까지 논의된 내용들로 우주 쓰레기 문제의 해결방안에 대한 몇 가지 정책적 시사점을 도출할 수 있을 것이다. 첫째, 하나의 단순한 처방보다는 종합적인 처방이 시도되어야 할 것이다. 각 정책 수단들의 장단점을 고려하여 상황과 목적에 따라 적합한 처방이 필요하다. 특히 최근 급증하고 있는 민간 우주기업들에게는 경제적 수단이 매우 효과적일 것이다. 둘째, 경제적 수단을 비롯한 정책수단들이 성공하기 위해서는 충분한 정보 공개(피구세 등), 거래시장 완전성(배출권 거래제) 등이 전제되어야 하므로 이에 대한 준비가 필요하다. 셋째, 우주 쓰레기 문제를 급격하게 악화시킬 수 있는 사고나 테러에 대해서는 이를 국제적으로 금지하고 강력한 패널티를 부과할 수 있는 직접적인 규제가 필요할 것이다. 대부분의 환경 정책수단들은 완화나 일정 수준 유지를 위한 방법이기 때문에 이러한 노력을 일순간에 무용지물로 만들 수 있는 행위에 대해서는 더욱 엄격하게 금지해야 할 필요성이 있다. 넷째, 우주 쓰레기 제거 기술의 개발이 가장 근본적인 해결방법이지만 우주 인프라의 가치 대비 충분히 낮은 비용으로 제거할 수 있어야 실효성이 있을 것이다. 현재 다양한 우주 쓰레기 제거 기술이 개발되고 있으나 상대적으로 비용이 많이 든다면 경제적인 이유로 아무도 먼저 나서서 사용하지 않을 것이기 때문이다. 다섯째, 우주 커뮤니티 사이에서 문화적으로 사적 이익과 공동체의 이익이 동일시되고 상호신뢰가 가능하다면 자율적인 해결도 가능할 것이다. 국가 단위의 대규모 커뮤니티에서 자발적인 규제의 성공 가능성은 별로 높아 보이지 않지만 가장 온건한 방법이라 할 수 있을 것이다. 이러한 시사점들을 고려하여 향후 우주 쓰레기 문제 해결을 위한 구체적인 정책수단들에 대해 지속적인 논의가 이루어져야 할 것이다.



## II. 이슈 분석 · 제언

우주 쓰레기 문제의 경제학적 접근과 정책 시사점



## 참고 문헌



### II. 이슈 분석 · 제언

우주 쓰레기 문제의 경제  
학적 접근과 정책 시사점

- [1] Nature Publishing Group. (2021, August 11). The world must cooperate to avoid a catastrophic space collision. Nature News. Retrieved November 4, 2021, from <https://www.nature.com/articles/d41586-021-02167-5>.
- [2] Kessler, D.J., & Cour-Palais, B.G. (1978). "Collision frequency of artificial satellites: The creation of a debris belt". Journal of Geophysical Research, 83(A6), 2637. <https://doi.org/10.1029/ja083ia06p02637>
- [3] Oxford Analytica, Understanding the Space Economy: a study produced for NASA. 2008
- [4] Klima, R., Bloembergen, D., Savani, R., Tuyls, K., Hennes, D., & Izzo, D. (2016). "Space debris removal: A game theoretic analysis". Games, 7(3), 20. <https://doi.org/10.3390/g7030020>
- [5] 김홍균, 이호생, 임종수, 홍종호. (2013). 『환경경제학』, 서울: 피어슨에듀케이션코리아.
- [6] OECD. (1994). Managing the environment: the role of economic instruments. OECD, Paris.
- [7] Publishing, OECD. (2001). Oecd Economic Outlook, volume 2001 issue 1. Organisation for Economic Co-operation and Development. pp. 189.
- [8] INTOSAI WGEA. (2016). Market Based Instruments for Environmental Protection and Management. pp. 7-21.
- [9] Policy Instrument Database. OECD. (n.d.). Retrieved November 4, 2021, from <https://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/policy-instrument-database/>.



## II. 이슈 분석 · 제언

우주 쓰레기 문제의 경제  
학적 접근과 정책 시사점



## 우주교통관리(STM)와 뉴 스페이스 (New Space): 미국의 사례



김시은

한국항공우주연구원  
정책팀  
과학기술정책학 박사  
kse@kari.re.kr

### 우주의 혼잡화와 STM

교통법규는 운전자의 행위를 예측가능하게 만듦으로서 이용자들에게 원활하고 안전한 교통 환경을 제공하고 이를 지속가능하게 하는 관리 기준이 된다. 자동차, 항공기, 배 등의 교통수단들 역시 관련법과 제도 하에 유지되고 관리되는 것이 그러한 예이다.

한편, 우주에서도 교통관리 필요성이 증가하고 있다. 우주에서 운용되는 위성의 수는 민간의 운용 역량 확대에 힘입어 매 해 폭발적으로 증가하고 있다. 대학, 기업 등의 큐브셋 발사, OneWeb과 SpaceX 등 기업의 위성군 발사, 그리고 Blue Origin 등의 우주관광 프로그램 운영에 이르기까지 민간의 우주운용 범위는 점차 확장되고 있다. 향후에도 민간은 다양한 방면에서 위성 프로그램 운용을 지속해 나갈 것이다.

비단 이러한 예시가 아니더라도 우주에는 이미 수많은 인공우주물체가 떠 있다. SIA의 2021년 위성산업 보고서에 따르면 2020년 기준 운용 중인 위성의 수는 3,371기로 2010년 958기에 비해 252% 증가하였다. 국제과학자단체인 UCS(Union of Concerned Scientists)는 2021년 1월 기준으로 운용중인 위성은 3,372기, 폐기위성 3,170기로 총 6,542기의 위성이 궤도상에 존재한다고 발표하였다[1]. 우주에는 또한 위성요격무기(Anti-satellite, ASAT) 등 고의적 파괴활동에 의해 파생된 수 밀리미터(mm)에서 센티미터(cm)에 이르는 우주쓰레기 또한 상당수 존재한다. 유럽우주국(ESA)에 따르면, 2021년 9월을 기준으로 우주에 존재하는 10cm 이상의 물체는 36,500개 이상, 10cm에서 1cm 사이의 물체는 1,000,000개 이상, 1cm에서 1mm 사이의 물체는 3억 3천만 개에 달한다[2]. 1cm의 우주물체라도 우주에서는 총알을 뛰어넘는 파괴력을 가진다는 점에서 이들로 인한 위험을 간과할 수 없다. 이미 허블망원경, 우주왕복선 챌린저호와 엔데버호 등이 이들 우주쓰레기와 충돌하여 손상을 입은 바 있으며 국제우주정거장(ISS)은 2020년에만 세 번의 회피 기동을 실시하였다[3].



우주는 이처럼 우주기기 및 이의 운영 과정 중 발생한 파편들로 매우 혼잡한 상태를 이루고 있다. 이에 각국은 국제연합(UN)을 통해 우주환경을 안전하고 안정적이며 지속가능하게 하기 위한 논의를 수행 하고 있다. 관련하여 가장 최근에 합의된 내용으로 우주의 장기지속성 가이드라인(LTS)이 있는데, UN의 92개 회원국이 9년간의 논의를 거쳐 만장일치로 합의한 내용으로서 책임 있는 우주활동을 위한 정책적, 기술적 고려사항, 정보·경험 공유를 위한 국제협력, 그리고 지속가능한 우주활동을 위한 연구개발에 관한 21개 사항을 담고 있다. 이를 준수하는 것에 대한 강제력은 없으나 92개국의 합의에 의해 탄생한 가이드라인인 만큼 많은 국가들은 이를 각국의 법 및 제도에 적용하는 등의 노력을 기울이고 있다. 그 외에도 2019년 유럽연합(EU)은 우주의 지속가능성을 촉진하기 위한 이니셔티브를 통해 EU 우주감시추적(Space Surveillance and Tracking, SST) 기능을 강화하고 회피기동, 재진입분석 등의 무료 서비스를 유럽 위성운용자들에 제공하고 있다. UN 산하 우주청 간 우주쓰레기 조정 위원회(Inter-Agency Space Debris Coordination Committee, IADC)도 우주쓰레기 감소 및 모두에게 안전한 우주환경 조성을 목표로 하는 가이드라인<sup>1)</sup>을 제공하고 있기도 하다. 그 외에도 ITU 레짐, 1967 우주조약, 1972 배상협약 등이 우주활동을 수행 중인 각국이 우주환경의 지속가능성을 위한 내용들을 법, 제도 등의 기틀로서 제시되고 있다.

한편, 지속가능한 우주환경과 관련하여 “우주교통관리(Space Traffic Management, STM)”가 화제다. 1932년 처음 제시된 이 개념은 오늘날까지도 전 세계적으로 합의된 정의는 없으나, 국제단체 및 일부 국가나 기관 등이 다음과 같이 정의한 바 있다. 먼저 2006년 국제우주항공아카데미(IAA)는<sup>2)</sup> “물리적 또는 무선주파수에 대한 간섭 없이 우주공간에의 안전한 접근, 우주작전 수행 및 우주에서 지구로의 귀환을 촉진하기 위한 일련의 기술 및 규제 조항”으로 설명하였다. 2016년 UN 법률소위에서는 STM을 의제로 설정하며 “STM은 우주로의, 그리고 우주로부터의 안전한 접근과 우주에서의 물리적 방해나 주파수 간섭으로부터 자유로운 안전한 운용을 촉진하기 위한 일련의 기술 및 규범적 대비의 개발 및 적용”<sup>3)</sup>이라고 언급한 바 있다. 2018년 국가차원에서는 최초로, 미국이 STM을 “우주환경에서 작전의 안전성, 안정성 및 지속가능성을 향상시키기 위한 활동의 계획, 조정 및 궤도상 동기화”<sup>4)</sup>로 우주정책지침 3(Space Policy Directive-3, SPD-3)을 통해 명시하며 국가차원에서의 구속력 있는 규제로서 STM을 정의하였다. 이들 설명에서 공통적으로 나타나는 바, STM은 우주운용자들이 우주에서 우주기기를 운용함에 있어 이의 안전성과 안정성, 지속가능성을 보장하기 위한 목적을 가지는 일련의 활동으로서 이해할 수 있다. 그리고 이러한 활동을 수행하기 위해서는 STM의 법률적, 정책적 성격과 과학기술적 성격, 또한 STM이 필요한 세 단계들(발사 전 단계, 운용 단계, 폐기 단계)에 대한 이해가 필요하다.

1. IADC우주쓰레기감감가이드라인은 우주쓰레기 증가를 경감하기 위한 것으로서 37개의 근본적 원칙을 가진다. 첫째, 궤도상 파편화(충돌 또는 폭발로 인한)를 방지한다. 둘째, 임무 종료 후 25년 내에 우주선 및 궤도상 발사체 다단들을 제거한다. 셋째, 운송 중 물체 배출을 제한한다.

2. SpaceTrafficManagement isthesetofregulatoryrules to ensure safe access to outerspace,safeoperations inouterspaceandsafeturn from outer space.

3. Aconceptsometimesdefined as the development andimplementationofaset oftechnicalandregulatory provisions for promoting safeaccessstoandfromouterspaceandformaintaining secureoperationsinspace, freefromphysicalorradiofrequency interference.

4. theplanning,coordination, andon-orbitsynchronizationofactivitiestoenhance the safety, stability, and sustainabilityofoperationsin the space environment.



## II. 이슈 분석 · 제언

우주교통관리(STM)와 뉴 스페이스(New Space): 미국의 사례



## II. 이슈 분석 · 제언

우주교통관리(STM)와  
뉴 스페이스(New Space):  
미국의 사례

즉, 관측기기를 통한 우주상황 모니터링, 충돌확률 등의 분석 등 일종의 우주상황인식(Space Situational Awareness, SSA) 활동 역량 및 SSA 정보의 전파·공유 등 협력 프로세스 마련, 충돌 등 상황에 대한 분쟁관리 프로세스, STM 관리 주체인 정부 차원에서의 관련 법·규제 마련 및 담당 부처 지정·운영 등 STM을 위해 준비되어야 하는 일련의 규제와 과학·기술 부문 모두에 대한 시스템과 역량 구축이 필요하다. 이것이 단일국가 차원에서 필요한 것이라면 글로벌 차원의 STM을 실현하기 위해서는 STM에 대한 초국가적으로 합의된 정의를 비롯하여 STM 당사자에 대한 가이드라인, 모범사례, 이용자 간 신뢰구축조치 등이 양자, 다자간으로 논의되고 구현·공유되어야 할 것이다. 그러나 이러한 논의를 가장 효과적으로 수행할 수 있는 UN에서조차 지난 10여 년 간 우주환경의 지속가능성 등 이를 위한 규범 논의가 최소한의 결실만을 맺은 가운데 초국가적 STM 논의의 본격적 시작은 아직 멀리 있는 것으로 생각된다.

한편, 미국, 중국, 러시아, 인도, 일본 등 우주개발 선진국 일부는 자국 내 적용을 위한 STM 룰 메이킹을 논의 중에 있다. 특히 전 세계에서 가장 많은 민간위성 운용이 이루어지는 미국에서는 민간 차원의 STM 관련 정책 수요도 또한 높다. 여기에서 나아가 STM 이해관계자로서 정부의 STM 정책에 대한 의견 개진 등 정책적 활동, 자체적으로 관련 규범이나 모범사례 등 마련을 위한 연구개발 활동, STM을 위한 기업 간 우주쓰레기 관측정보 공유, 위성 폐기 기간 단축 방안과 같은 기술적 활동 등 우주공간의 상업적 이용을 지속하기 위한 노력을 능동적이고도 활발하게 수행 중이다[4]. 일종의 STM 서비스를 제공하는 사기업들도 나타나고 있는데 ComSpOC과 Leolabs가 그 예다. 이들은 CSpOC이 제공하는 위성 위치정보/충돌메시지 등을 추가적으로 분석하고 평가한 정보를 판매하거나 관련 분석기술에 대한 교육도 제공한다. 그 외 ExoAnalytics 등 위성운용 기업들 역시 우주쓰레기 정보를 서로 공유하여 우주환경에 대한 위험상황인식 능력을 증대시키기 위한 노력을 수행하고 있다.

이처럼 뉴 스페이스로 인해 촉발된 STM은 가장 거대한 공유지인 우주와 관련한 모든 당사자들의 관심대상으로 떠오르고 있다. 이에 대한 논의의 진전에 관하여, 세계에서 가장 활발한 뉴 스페이스를 관찰할 수 있는 국가인 미국의 사례를 통하여 살펴보기로 하자.

## 미 정부의 STM 정책

UCS에 따르면 2020년 기준으로 전체 상업적 위성의 47%는 SpaceX, Planet Labs, Spire Global 등 미국 기업의 것이다[5]. 그 중에서도 대표적인 기업인 SpaceX는 2021년 단 세 번의 발사로 Starlink를 구성하는 위성 172기를 쏘아올렸다. Planet Labs은 2018년까지 300대의 위성을 쏘아올렸으며 Amazon은 2020년 연방통신위원회(FCC)로부터 저궤도에 3,236기의 위성을 쏘아올리는 Kuiper 프로젝트를 승인받기도 했다.



이들 대형 기업들 외에도 미국 내 소규모 기업의 위성발사 역시 증가하는 추세다. 위성제작에 3D 프린팅이 이용된다거나 큐브셋처럼 저렴한 비용으로 단기간에 개발하여 발사할 수 있는 위성이 발사 트랜드를 차지하고 있으며 소형 및 초소형 위성군 등 개발비용과 시간이 상대적으로 적게 투입되는 위성 발사계획이 연이어 발표되고 있다[6].



## II. 이슈 분석 · 제언

우주교통관리(STM)와  
뉴 스페이스(New Space):  
미국의 사례

이러한 추세에 따른 미국의 조치는 기술 및 규범 양방면에서 어느 국가보다 선도적이었다. 2018년 발표된 SPD-3에 따른 미국의 STM 정의에 의하면 STM을 위해서는 계획, 조정, 궤도상 동기화가 요구되며, 이는 규제적 측면과 기술적 측면 모두와 우주기기의 설계, 발사, 운용, 폐기의 전 과정에 대한 활동임을 알 수 있다. 미국은 2001년 발간된 우주쓰레기 경감 가이드라인(ODMSP)을 발표하였다. 이는 우주쓰레기 경감에 대한 세계 최초의 가이드라인으로서 2018년 우주청간 우주쓰레기조정위원회(IADC)가 발표한 우주쓰레기경감가이드라인의 개발과 UN 우주의 평화적 이용을 위한 위원회(COPUOS, COPUOS)의 우주쓰레기경감가이드라인, 그리고 국제기관표준(ISO)의 관계 보고서 등에 적지 않은 영향을 미쳤다. 또한 이들 국제 가이드라인은 다시 각 회원국의 국내 규제 및 법의 근간으로 작용한다는 점에서 미국의 발 빠른 조치의 영향력을 실감할 수 있다. 2009년에는 이리듐-코스모스 충돌사건을 계기로 당시 미 공군의 JSpOC(현 CSpOC)을 통한 SSA 정보 및 서비스의 범위를 확대하는 법안이 통과되었다. JSpOC이 제공하는 SSA 서비스는 STM 서비스의 근간을 이루는 활동이라고 할 수 있는데, 즉 우주감시네트워크(SSN) 등 감시 장비와 위성 운용자들을 통해 수집한 궤도(Two-line element, TLE) 정보 등을 분석·평가하여 충돌위험이나 기계고장 등이 예상·감지되는 경우 운용자들에게 이를 전파하는 것이다. 미 전략사령부(US STRATCOM)과 SSA 정보공유협약을 맺은 기관은 기타 발사 충돌평가, 폐기동 지원 등 추가적인 서비스를 제공받기도 한다. 2017년에는 우주상업자유기업법(American Space Commerce Free Enterprise Act, H.R.2809→H.R.3610)이 하원에서 통과된 바 있는데, 이는 상무부 내 우주상업국(OSC)에 우주물체의 운용허가권을 부여하는 내용과 허가 신청을 위해 신청기관이 우주쓰레기 완화계획을 첨부하도록 하는 내용을 포함한다. 가장 중요한 것은 2018년 도널드 J. 트럼프 전 대통령이 발표한 우주교통관리에 관한 대통령 행정지침 SPD-3이다. SPD-3는 미 정부의 이익을 고려한 국가우주교통관리정책의 틀을 제시하며 첫머리에 미국 주도로 우주교통을 조정하기 위한 최소한의 안전기준과 모범사례를 담고 이를 통해 미국이 SSA 데이터 기준과 충돌경감을 위한 기술 기준, 행공규범 및 모범사례 등을 국제적으로 촉진해야 한다고 하였다. 이를 포함하여 SPD-3는 약 40여개의 STM 관련 기준, 가이드라인, 모범사례 등의 필요성과 ODMSP 업데이트의 필요성에 대하여 이야기하였다. ODMSP 업데이트와 같이 모범사례에 집중하는 것은 불필요한 논쟁 없이 이해당사자의 이해를 도울 수 있는 중요한 과제이다. SPD-3는 또한 민간 STM 관리주체를 국방부에서 상무부로 바꾸어놓았다.



## II. 이슈 분석 · 제언

우주교통관리(STM)와  
뉴 스페이스(New Space):  
미국의 사례

5. 실시간으로 발사체 정보를 항공교통 컨트롤러 스크린에 전송하는 시스템으로 더 나은 SS정보제공 및 우주교통-항공교통 관리시스템 간 데이터 공유증대를 위한

국방부는 STM 관리에 반드시 필요한 인허가 절차 관리를 위한 규제 부서가 전무하였으며, 무엇보다도 국방부의 임무와 민간 STM 관리는 성격이 맞지 않기 때문이다[7]. 같은 해 10월 FCC는 “규제 업데이트 예고 및 관련의견 제출 요청(Notice of Proposed Rulemaking and Order on Reconsideration, IB Docket No.18-313)”을 발표하고 FCC가 승인한 위성에 적용되는 우주쓰레기 경감규칙의 우주쓰레기 추적역량, 정보공유요청, 궤도선택, 미션후폐기신뢰성, 그 외 기술 및 운영요구사항 등의 업데이트에 대한 민간의 의견을 촉구하기도 했다. 2021년 5월에는 상원에서 속칭 SPACE 법(Space Preservation And Conjunction Emergency Act)이 승인되었다. 이 법은 상무부 차관보가 SSA 데이터, 정보 및 서비스를 미국 외 정부기관 및 기타 기관에 제공할 수 있는 권한을 부여하는 내용을 담고 있다[8].

그 외 STM과 관련한 R&D 관련 실무 및 역량개발에도 상무부(DOC), 국방부(DOD), 내무부(DOI), 국무부(DOS), 교통부(DOT), 항공우주국(NASA) 등 다양한 기관이 관계되어 있다. 예를 들어 연방항공국(FAA)은 Space Data Integrator Tool <sup>5)</sup>을 운용하며 미국의 상업적 우주발사 및 재진입에 필요한 라이선스를 발급하는 권한을 가진다. 또한 NASA와 함께 무인항공시스템교통관제시스템을 개발하는 등의 사업에도 참여하고 있다. 이러한 사업 및 협업 경험은 향후 STM의 범위가 더욱 넓어지고 활동 역시 활발해졌을 때 각 기관의 임무에도 활용될 수 있는 경험이자 유관기관 간 협업의 기반이 되기도 할 것이다.

NASA 내에서는 가다드 우주비행센터(GSFC)와 존슨우주센터(JSC)에 SSA/STM 관련 팀이 있다. GSFC의 충돌평가위험도분석(CARA)팀은 CSpOC 미션과 NASA 미션의 중개인 역할을 하는데, CARA팀이 천체력을 수집하고 이를 CSpOC에 제공하여 이의 관리 및 예보수행능력에 기여한다. JSC의 팀 역시 CSpOC으로부터 획득한 정보를 ISS 및 유인우주미션에 활용하는 등 정보의 매개체로서 역할 한다. NASA 우주쓰레기프로그램사무국(ODPO)은 국방부와 협력하여 50만개 이상의 물체를 추적한다[7].

상무부 내 우주상업국(OSC)는 SPD-3에 명시된 대로 개방형 SSA 데이터 아키텍처를 구축 중이며, 미 항공우주학회(AIAA), 국제표준기구인 ASTM International, ISO 등과 상업우주비행, 우주교통 관리 등에 관한 위원회 활동 등에 참여하고 있다[9].

표1과 2는 SPD-3와 2021년 1월 미 대통령실에 의해 발간된 국가 우주쓰레기 연구개발계획에 나타난 STM 및 우주쓰레기 관련 기관별 임무를 정리한 것으로서 이를 통해 미 정부가 구상 중인 STM 관계 부처 및 이들의 역할, 향후 임무 등에 대한 사안을 확인할 수 있다.

&lt;표 1&gt; SPD-3에 명시된 기관별 STM 임무

	DoD	NASA	DOT	DOS	DOS	DNI	FCC
SSA·STM R&D	■	■	■	■	■		■
우주쓰레기 경감	●	■	■	●	●	●	
SSA 및 STM의 상업적 이용	●	●	●	■			
SSA 자료 및 STM 서비스 제공	■	●	●	■	●	●	
SSA 자료공유 및 기관 간 상호운용성 강화				■			
STM 기준 및 모범사례 촉진	■		■	■			
비의도적 무선주파수 방해 저감			■	■			○
STM 및 우주물체 등록					■		○
궤도운용 관련 미래 규칙 개발	■	●	■	■	●	●	

■ : 주관기관 ● : 협력기관 ○ : 자문기관

출처: 김시은·정영진(2021), "미국의 민간(상업) 우주교통관리(STM) 정책과 한국에의 시사점" [10]



## II. 이슈 분석 · 제언

우주교통관리(STM)와  
뉴 스페이스(New Space):  
미국의 사례

&lt;표 2&gt; 우주쓰레기 R&amp;D를 위한 기관별 미션 제안

		DOC	DoD	DOI	DOS	DOT	NASA
저감 설계	발사단계에서의 쓰레기 감소		✓			✓	✓
	우주선 표면의 회복탄성력 향상		✓				✓
	보호력 및 충돌저항력 향상		✓				✓
	파편화 저감 또는 방지를 위한 설계 개발		✓				✓
	매뉴버역량(maneuverability) 향상	✓	✓				✓
	우주선 및 미션 설계 시 미션종료단계를 포함하여 쓰레기 최소화 고려	✓	✓	✓		✓	✓
추적 및 특성 파악	우주쓰레기 및 우주환경의 특성파악	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	우주쓰레기 추적 및 특성파악을 위한 기술 개발	✓	✓				✓
	우주쓰레기 속성(궤도상 속력 및 궤도 예측 등)에 대한 불확실성 저감	✓	✓				✓
	우주쓰레기 카탈로그 관련 자료 처리, 공유, 필터링 역량 증대	✓	✓	✓	✓	✓	
	우주쓰레기 추적 및 특성파악 연구결과를 운영역량으로 전환	✓	✓		✓	✓	✓
복구	대형 우주쓰레기 처리 기술 및 테크닉개발	✓	✓				✓
	소형 우주쓰레기 처리 기술 및 테크닉개발	✓	✓				✓
	위험평가 및 비용편익분석 모델 개발	✓	✓				✓

출처: THEORBITALDEBRISRESEARCHetal.,(2021)NATIONALORBITALDEBRISRESEARCHANDDEVELOPMENT PLAN [11]



## II. 이슈 분석 · 제언

우주교통관리(STM)와  
뉴 스페이스(New Space):  
미국의 사례

이러한 일련의 정책적 노력은 우주를 일부 예측 가능한 공간으로 만들어 더욱 안전하고 안정적이며 지속가능한 곳으로 만드는 데 기여하기 위한 것이다. 한편, 현실적인 STM 정책을 위해서는 민간의 의견 역시 중요하며, 이것이 우주교통관리 위한 가이드라인 개발에도 고려되어야 할 것이다[12]. 뉴 스페이스로 대변되는 미국 민간 기업들의 성공은 수많은 일자리 창출과 기술 혁신, 경제성장과 함께 국제사회에서의 미국의 우주분야 주도권을 강화하고 있다는 것을 간과해서는 안 된다[7].

## 미국 민간우주기업과 STM

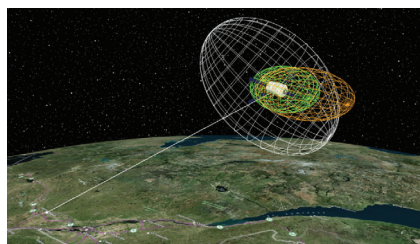
미 STM 정책의 주요 당사자이자 이해관계자로서, 미국의 민간우주기업들은 원활한 STM 체계, 법·규범 및 R&D에 대한 관심과 수요가 높다. 이들 중 일부는 정부가 제공하는 STM 관련 서비스에 만족하지 않고 비영리단체를 설립하여 가입기관 간 궤도정보를 공유하는 등 STM과 관련한 하위 정보들의 공유 시스템을 마련하기도 하였다, 또한 AGI, SpaceNav, LeoLabs 등은 자체적으로 SSA 정보를 수집하여 판매하고 있기도 하다. 이처럼 민간의 우주활동 증가를 뜻하는 뉴 스페이스는 우주교통관리 필요성을 촉발시키는 계기임과 동시에 우주교통관리의 주요한 역량으로서의 가능성을 보이고 있기도 하다.

미국의 민간우주기업들은 STM에 대한 국가차원의 규제적 입장을 내세운 SPD-3을 기준삼아 보다 구체적인 STM 기준, 가이드라인, 모범사례 등에 대한 논의를 수행하고 있다. 여기에는 기술에 관한 논의와 정책에 대한 논의 모두가 포함되는데, 경제적/상업적 이윤 극대화, 안보와 같은 국가 우선순위 등에 대한 고민도 드러난다.

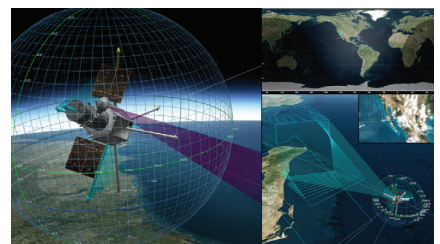
다음은 STM 및 이를 가능케 하는 하위 활동을 수행하고 있는 주요 미국 기업들로서, 이들의 활동 및 최근 관심사 등도 일부 나열하였다[7][9][13][14][15][16][17][18][19][20].

### (1) Analytical Graphics, Inc.(AGI)

데이터 수집, 처리, 제품화 능력을 모두 보유한 기업으로 2014년 세계 최초로 상업 SSA 센터인 상업우주작전센터(Commercial Space Operations Center, ComSpOC)를 설립하여 궤도결정을 위한 SSA 정보 및 분석결과 등을 정부와 민간에 판매한다. 우주데이터연합(SDA)의 우주데이터 센터를 설계하고 운영하며 이의 SSA 자동시스템도 운영하는 기업이기도 하다.



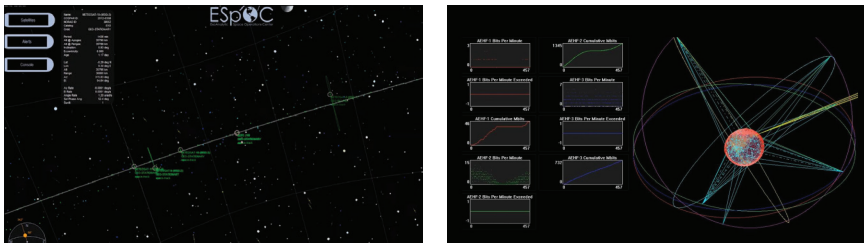
궤도결정툴킷(ODTK)



시스템툴킷(STK)

## (2) ExoAnalytic Solutions

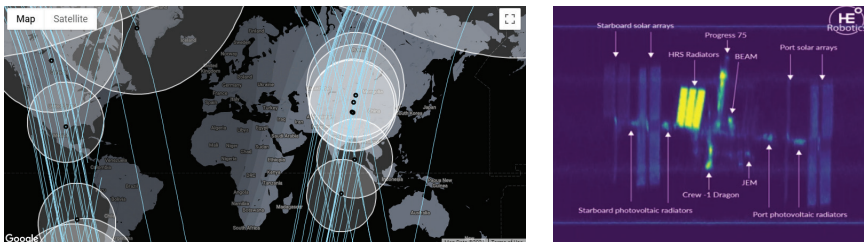
30여개 사이트에 광학 망원경 300여 기와 관측소 네트워크를 설치·운용하며 상업적 SSA 데이터를 자체 생산하여 처리, 제품화 하여 판매한다. 정지궤도에 대한 100% 커버리지를 자랑하며 최근 비행안전 및 미션 수행 지원을 위한 역량구축에 힘쓰고 있다. 특히 1만 Km 이상의 상공에 대한 관측역량 향상을 위하여 노력 중이다.



SSA 데이터 분석화면

## (3) High Earth Orbit(HEO) Robotics,

GEO 큐브셋을 개발·운용하며 이에 탑재된 카메라로 우주-카메라 네트워크를 운영한다. 이렇게 생성한 SSA 정보를 분석하여 0.5m 이하의 분해능으로 의뢰인의 저궤도 자산 이미지를 수집하여 제공하며 소행성 충돌 위험 예측정보 등도 판매한다.



위성카메라네트워크

위성탑재카메라 사진

## (4) LeoLabs, Inc.

LeoLabs는 지상기반 위상배열레이더를 운용하며 저궤도 물체 감시, 추적, 충돌평가, 우주영역인식 정보 등을 생성하여 판매한다. 레이더는 3기가 운영 중이며 남반구를 포함한 지역에 총 6기로 구성될 예정이다. 목표성능은 2cm 크기의 물체를 추적하는 것으로, S밴드 레이더를 구축 중이다. 생성한 정보를 신속하고 정확하게 처리하기 위한 소프트웨어 플랫폼도 운영 중이다. 향후 저궤도에서 더욱 증가할 거대위성군의 추적역량에 관심을 가지고 있다.



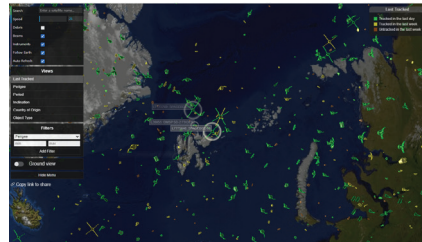
## II. 이슈 분석 · 제언

우주교통관리(STM)와  
뉴 스페이스(New Space):  
미국의 사례



## II. 이슈 분석 · 제언

우주교통관리(STM)와  
뉴 스페이스(New Space):  
미국의 사례



저궤도 모니터링 시각화



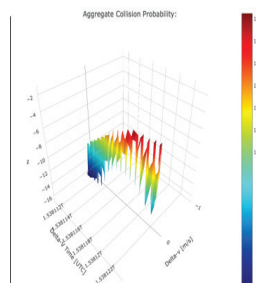
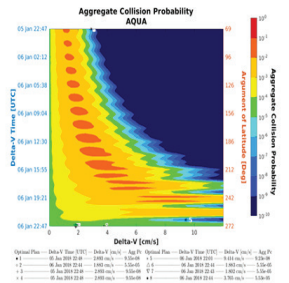
레이다 사이트

### (5) SpaceNav

데이터에 대한 자체 수집능력은 없으나 처리 및 제품화 능력을 보유하고 있다. 정부를 포함한 저궤도와 정지궤도 위성 운영자에게 웹 기반의 SSA 정보를 제공한다. DoD 및 기타 위성운영자의 천체력 등 정보를 수집하여 소프트웨어를 통해 자동 처리하여 이를 일(day) 단위로 제공한다.



AdvancedSSA 서비스 품목



충돌평가 서비스 화면

### (6) The Aerospace Corporation

미 비영리기업으로 주로 정부기관을 대상으로 발사, 위성궤도, 우주탐사 등에 대한 기술 자문 등을 수행하나 국제기구를 대상으로 한 임무도 수행한다. 산하 우주정책전략센터를 운영하며 의사결정자들을 위한 비 당파적, 전략적 분석 연구도 수행한다. 지난 2019년 발간한 보고서 “우주교통관리 기준, 가이드라인 및 모범사례 구축(Establishing Space Traffic Management Standards, Guidelines, and Best practices)”에서는 상업적 관점에서 STM 구현을 위해 필요한 내용 SPD-3에 명시된 것과 비 명시된 것으로 구분하여 제시하기도 하였다, 아래 표는 이를 요약·정리한 것이다.



&lt;표 3&gt; STM 실현을 위한 필요기술 (SPD-3 명시 여부에 따라 구분함)

	SPD-3 명시	SPD-3 비 명시
STM에 필요한 운영 안정성 항목	추적 및 명령 링크 암호화 거대 위성군 운영 및 관련 규제 마련 (사용 규모, 근접운영 등) 소형위성 운영 랑데부 및 근접운영 신뢰성 확보 (미션타입, 운영 단계, 위성군 운영에 따른 장기적 요인들) 위성위치조정(매뉴버) 기준 위성 설계·미션·폐기 안전기준 마련 지상국 데이터 보호 절차 수립 등	궤도상 서비스 궤도상 근접·충돌 가능성 있는 주체와의 충분한 소통·조정 보장 상업적 우주비행 안전기준 수립 준궤도 발사체 탑승자 안전 무인 발사-재진입 발사체 안전사고 보고 범위 규정 전문용어 규정 기준의 로드맵 화 우주에서의 핵연료 안전사용기준 우주 인프라의 무결성 감시 등
우주쓰레기 경감	우주쓰레기 경감 궤도중복 방지를 위한 궤도 이용 조정 자체 궤도중복 방지를 위한 위성 오너/운용자(O/O) 관리 O/O 위성궤도위치데이터 공유 충돌방지경고 활성화 O/O에 ADR 활용 폐기 제공 등	궤도수명 결정 충돌확률 결정 LEO 보호지역 내 위성 폐기 무인우주선 및 발사체 단의 안전한 재진입 컨트롤 우주쓰레기 제거를 위한 안전기준 관리양도 방안 설계 등
SSA 데이터 및 모델링	데이터 신뢰성 검증 SSA 데이터 호환성 SSA 데이터 기준 수립 궤도상 추적 지원 및 질 향상 데이터 공유 데이터 저장 오픈 아키텍처 구축 민감정보 및 국가안보정보 보호 SSA 데이터 공유 확대 등	SSA 데이터 모델/레이어 데이터 호환성·관리·보안 우주쓰레기 감지 SSA 정확도 예측·분석 우주교통갈등해소 등
스펙트럼	스펙트럼 사용 스펙트럼 접근(ADR or 위성통신 관련)	-

출처: [7] 토대로 편집



## II. 이슈 분석 · 제언

우주교통관리(STM)와  
뉴 스페이스(New Space):  
미국의 사례

## (7) 위성산업협회(Satellite Industry Association, SIA)

SIA는 미국 내 주요 위성사업자, 서비스 업체, 제조업체, 발사서비스 업체 및 장비공급 업체 등의 상업위성산업협회로 위성 비즈니스와 관련한 정책, 규제 및 입법 문제에 대한 미 위성산업계의 목소리를 대변한다. 연간보고서로 세계위성산업보고서를 출판하기도 하며, 2020년에만 “우주교통관리 조정 및 관리의 미래(The Future of Space and Space Traffic Coordination and Management)”, “뉴 스페이스 시대의 우주쓰레기 경감(Mitigation of Orital Debris in the New Space Age)” 등 연구 보고서를 발간하기도 하였다. 이들 보고서는 저궤도위성군 증가 등 당면한 문제에 대한 STM의 필요성 증가에 대해 논하며 STM을 위한 미국의 리더십 유지, 정부의 우주교통 조정 및 관리 활동 및 이를 위한 자금 필요성, 정부에 의한 모범사례 장려, 우주안전을 위한 프레임 워크 개발(이때, 특정 기술 적용 요구 등은 불필요)등의 필요성을 주장하였다.



## II. 이슈 분석 · 제언

우주교통관리(STM)와  
뉴 스페이스(New Space):  
미국의 사례

### (8) 그 외

미 항공우주학회(The American Institute of Aeronautics and Astronautics, AIAA)는 항공우주 분야 연구개발과 관련한 학회로 자체적으로 STM 워킹그룹을 운영하며 SSA, STM, 우주영역인식(SDA), 우주쓰레기경감(ODM) 등과 관련한 연구보고서를 발간하고 있다. 또한 국제/국내 프로그램 운영을 통해 우주쓰레기, 미 기술자문위(TAGS) 멤버, ISO 사무국 등으로서의 역할도 수행 한다. Planet 사는 고해상도 위성이미지를 판매하는 기업으로 주로 저궤도 중에서도 낮은 궤도에서 인공위성을 운용한다. 이에 따라 위성의 수명이 상당히 짧으며 폐기 위성은 단기간에 대기권에서 타서 소멸하여 지속가능한 우주환경에 기여한다. 이들은 또한 위성의 위치를 공개하여 STM에 기여하고 있기도 하다.

우주데이터협회(Space Data Association, SDA)는 미국 기업은 아니나 미국의 Intelsat과 SES가 영국의 Inmarsat과 주축이 되어 2009년 설립한 비영리 단체로 당시 JSpOC으로부터 얻는 것보다 더욱 정확한 정보를 얻고자 하는 목적으로 설립되었다. 이들은 GEO에서 운용되는 통신위성의 상당수를 운용하는 주체로서 전파방해문제, 위치공유, 기타 민감한 정보 등을 공유하며 기술적인 인프라를 제공한다.

이 외에도 MIT Lincoln Labs, Boeing 사, A.I. Solutions 사, TASC Engility 사, Numerica 사, Lockheed Martin 사 등이 상업적 소프트웨어/서비스 등을 운용하는 대표적 기업들이며 이들 일부는 정책보고서 등도 발간하고 있다.

## 시사점

우주가 점차 혼잡해지면서 우주를 통해 제공할 수 있는 다양한 서비스와 임무에 대한 안전성, 안정성, 지속가능성을 유지시키고 강화하기 위한 우주 이용자의 노력이 더욱 중요해지고 있다. 국제적 논의의 더딘 진행속도와 급속한 우주의 혼잡화 속도에 미루어 볼 때, 각 국은 자국 내에서 시도할 수 있는 정책들을 선제적으로 고민하여 마련하여야 할 필요가 있다. 앞서 살펴본 UN의 LTS 가이드라인이나 미국의 SPD-3과 같은 정책적 시도들을 통해 더 나은 우주환경을 유지하고 이용하기 위한 사례들이 만들어지고 있으며, 이는 초국가적 논의 수행의 기반이 될 것이다.

특히 미국의 민간우주기업들은 정부의 STM 서비스 외에도 민간 차원의 STM 서비스 시장 구축과 운영을 시작하였다. 정부처럼 한 기관에서 종합적으로 STM에 필요한 정보들을 생성, 처리, 배포하는 경우도 있지만 다수는 이 과정 중 일부만을 전문적으로 수행하기도 한다. 이들의 서비스 현황을 보면 뉴 스페이스로 촉발된 STM을 수행하기 위한 일부 역량은 뉴 스페이스를 통해 확보할 가능성이 보이는 것 같기도 하다. 뉴 스페이스 그 자체를 대변한다고도 할 수 있는 미 우주 산업계는 정부보다 앞서 혁신적인 기술들을 개발해 나갈 것이며 그 속도 역시 정부의 추적 수준을 상회할 수도 있기 때문이다.

그렇다면 뉴 스페이스 시대에 정부는 STM에서 어떠한 역할을 수행하게 될 것인가? 앞서 살펴본 기업들을 포함하여 STM에서 정부 역할에 대한 민간의 의견은 다양하다. 일부는 정부에서는 최소한의 가이드라인과 규제를 제공하여 우주의 장기지속가능성을 해치지 않도록 감시하고 조정하는 역할을 수행해야 하며 STM 관련 규제 등의 수립 시 민간의 현실적 이야기에 귀 기울여 정책을 수립해야 한다는 의견, 민간은 자체적으로 모범사례와 국제적 기준개발에 나서는 등 그 역할을 확대해나가야 한다는 의견, 때로는 가이드와 아이디어를 정부가 제공하되 구체적인 행동기준은 부과하지 말아야 한다는 의견 등 Bottom-up 접근이 바람직하다는 의견이 있는가 하면 민간이 STM에서 주도적인 역할을 수행할 경우 리더십의 약화와 이익 추구에 의한 더딘 진전 등이 우려된다는 의견도 있다[12].

민간이 기술적 부분에서 선도적인 위치를 점하고 있다면 국가의 경우 보다 상위 차원에서 STM에 관한 노력을 기울일 수 있다. 예를 들면 국제사회에서의 논의 참여 역시 정부의 주요 과제이다. 일부 국가는 UN을 통한 STM 논의에서 STM과 관련한 일련의 활동과 관계가 있는 UN 조약들의 업데이트 검토 의견을 제시하기도 하며, 혹자는 UN 조약의 업데이트 외에 LTS와 같은 새로운, 자발적으로 따를 수 있는 가이드라인이나 행동강령의 마련 혹은 UN에 우주물체를 등록하는 기존의 아이디어를 강화하는 방안을 제시하기도 한다.

한편, UN을 통한 초국가적 합의는 지나치게 오랜 시간이 걸리는 만큼 주요국 차원의 모범사례 발굴이 더욱 중요해질 것을 고려하면 국내 차원에서도 노력이 필요하다. 정부는 우주환경에 대한 투명성과 지속가능성이 보존되어야 하는 가운데 안보를 위한 안전성과 안정성 역시 보장하면서도 민간의 혁신을 장려하는 방향으로 규제를 모색하여야 한다. 따라서 이를 규제할 권한을 가지는 우주교통관리기관의 지정, 관리기관의 STM 역량 계발, STM 활동과 관계된 기관 간의 임무관계 정립 및 협업체계 구축 등을 위하여도 노력하여야 한다. STM 연구개발을 통해 우주의 지속가능성을 위한 가이드라인 및 기준을 제공하는 등 활동을 수행하고 이를 통해 자국 업체들이 이해하고 적용하기 쉬운 일관성 있는 정책과 법률을 마련하며 이의 준수 정도에 따른 인센티브제도 등을 마련하는 것도 고려해볼만하다. 또한, 본문에서는 다루지 않았으나 민간기업과 정부 외에도 학계의 의견 역시 고려되어야 한다. 마지막으로 이러한 일련의 일들을 수행하기 위하여 관련 투자를 늘리고 이를 수행하는 기관과 전문가 육성을 위한 지원도 필요하다.

정부의 입장에서 우주는 안보, 상업, 외교, 과학, 기술 등 국가의 주요 영역과 관계된 대단히 전략적인 공간이다. 따라서 STM 시스템의 미비는 시간이 지날수록 국가에 더 많은 안보적·경제적 부담을 야기하게 될 것이라는 점을 기억해야 한다.



## II. 이슈 분석 · 제언

우주교통관리(STM)와  
뉴 스페이스(New Space):  
미국의 사례



## 참고 문헌



### II. 이슈 분석 · 제언

우주교통관리(STM)와  
뉴 스페이스(New Space):  
미국의 사례

- [1] Nibedita Mohanta(2021), How many satellites are orbiting the Earth in 2021?  
<https://www.geospatialworld.net/blogs/how-many-satellites-are-orbiting-the-earth-in-2021/>
- [2] ESA, How many space debris objects are currently in orbit?, [https://www.esa.int/Safety\\_Security/Clean\\_Space/How\\_many\\_space\\_debris\\_objects\\_are\\_currently\\_in\\_orbit](https://www.esa.int/Safety_Security/Clean_Space/How_many_space_debris_objects_are_currently_in_orbit)
- [3] Anusuya Datta(2020), Emergency maneuver by ISS to avoid debris underlines why space traffic management is crucial, <https://www.geospatialworld.net/blogs/emergency-maneuver-by-iss-to-avoid-debris-underlines-why-space-traffic-management-is-crucial/>
- [4] Supriya Chakrabarti(2021), How many satellites are orbiting Earth?, <https://www.space.com/how-many-satellites-are-orbiting-earth>
- [5] Visual Capitalist(2020), Who owns our orbit: Just how many satellites are there in space?, <https://www.weforum.org/agenda/2020/10/visualizing-earth-satellites-space-spacex>
- [6] Euroconsult(2020), Prospects for the small satellite market
- [7] Aerospace Center for Space Policy and Strategy(2019), “Establishing Space Traffic Management Standards, Guidelines, and Best practices”
- [8] Marcia Smith(2021), Senate commerce committee again approves space act, <https://spacepolicyonline.com/news/senate-commerce-committee-again-approves-space-act/>
- [9] ANSI(2020), Standardization and the commercial space industry
- [10] 김시은·정영진(2021), “미국의 민간(상업) 우주교통관리(STM) 정책과 한국에의 시사점”, 우주기술과 응용 Vol.1, No.1, pp121-130
- [11] The ORBITAL DEBRIS RESEARCH AND DEVELOPMENT INTERAGENCY WORKING GROUP et al.(2021), NATIONAL ORBITAL DEBRIS RESEARCH AND DEVELOPMENT PLAN
- [12] Bhavya Lal et al.,(2018), Global Trends in SSA and STM,
- [13] Stephen Garber and Marissa Herron(2020), How has traffic been managed in the sky, on waterways, and on the road? Comparisons for space situational awareness (part 1), <https://www.thespacereview.com/article/3961/1>,

- [14] Darrell Etherington(2020), High Earth Orbit Robotics uses imaging satellites to provide on-demand check-ups for other satellites <https://techcrunch.com/2020/07/07/high-earth-orbit-robotics-uses-imaging-satellites-to-provide-on-demand-check-ups-for-other-satellites/>,
- [15] High Earth Orbit(HEO) Robotics, <https://www.heo-robotics.com/inspect>,
- [16] ExoAnalytics. <https://exoanalytic.com/>
- [17] AGI, <https://www.agi.com/>
- [18] LEOLABS, <https://www.leolabs.space/>
- [19] PLANET,<https://www.planet.com/>
- [20] SPACENAV,<https://www.space-nav.com/>



## II. 이슈 분석 · 제언

우주교통관리(STM)와  
뉴 스페이스(New Space):  
미국의 사례



## 미지의 여행, 우주관광의 현황과 전망



### 임창호

한국항공우주연구원  
정책팀  
선임연구원  
changho@kari.re.kr



미드(미국 드라마)“스타트렉”을 기억하는 사람이라면 커크 선장에 대한 추억을 간직하고 있을 것이다. 여러 시즌이 제작되어 상영되었지만 70~80년대 방영된 초기작품에서 합리적 사고와 판단 그리고 인간미를 가진 따뜻한 선장, 윌리엄 새트너의 모습을 떠올리는 사람이 많을 것이다. 그 커크 선장이 상상 속 공간을 누리던 엔터프라이즈호가 아니라 실제 우주선인 ‘뉴 셰퍼드(New Shepard)’를 타고 우주공간을 여행하였다. 당시 커크 선장 역을 맡았던 윌리엄 새트너는 올해 90의 나이에도 불구하고 영화 속 공간이 아닌 실제 우주공간을 여행한 것이다. 아마존의 제프 베조스가 창업한 블루오리진社의 우주관광용 우주선이 영화 속 엔터프라이즈호가 되어 우주공간을 10분여간 여행한 것이다.

우주라는 공간은 인류에게 매력적인 공간으로 다가온다. 때로는 모험의 공간으로 때로는 인류 과학의 현장으로 그리고 지금은 인류가 나아가야 할 내일의 삶의 터전으로 다가온다. 이렇듯 우주공간이 우리에게 주는 느낌과 매력은 모두 다르다. 그건 아마도 우주를 바라보는 저마다의 시선이 다르기 때문일 것이다. 미지의 진리를 밝혀야 할 과학적 공간으로 생각하는 사람이 있는가 하면, 우주여행이라는 다소 낭만적 공간으로 느끼는 사람도 있을 것이다. 우주관광이라는 단어가 주는 첫 느낌은 마치 신대륙에 첫발을 내딛은 개척자들과 같을 것이다. 아무나 할 수 없는 여행이기에 주는 매력과 가치는 남다르다. 그럼 우주관광이란 무엇일까?

<그림 1> New Shepard 우주여행 모습 (윌리엄 새트너 오른쪽에서 두 번째)



사진출처: Blue Origin社



## ■ 우주관광의 개념

우주관광, 말 그대로 우주공간을 여행하는 것을 가리키는 단어이지만 정의를 내리는 것은 그리 간단하지 않다. 우주관광(Space Tourism)이란 비즈니스, 레저, 레크레이션 목적의 우주여행을 말하며 일부 기관에서는 ‘개인우주비행(personal spaceflight)’이라는 용어를 쓰기도 한다[1]. 그러나 아직까지 우주관광에 대해 학술적으로 명확한 정의를 내리고 있지는 못하다. 그 이유는 우주기술 발달과 정치, 법률 그리고 우주관광을 연구하는 연구자의 관점에 따라 다양하게 정의되고 있기 때문이다. 또한 우주라는 공간에 대해서도 아직 국제법적으로 공식적인 정의가 확립되어 있지 않기 때문이기도 하다. 더욱이 초기에는 우주관광을 단순히 ‘지구 대기권 밖을 여행하는 활동 고객’ 정도로만 그 개념을 갖고 있었다. 2001년 민간 우주 관광객인 데니스 티토(Dennis Tito)가 국제우주정거장(ISS)을 여행한 것이 그 예라 할 수 있다.

그러나 이후 우주기술이 발달하고 우주 환경을 경험하고픈 욕구가 높아짐에 따라 지구 대기권 밖을 벗어난 우주공간에서의 경험뿐만 아니라 우주인이 훈련을 받는 시설과 시뮬레이션 기기 등과 같이 우주공간과 같은 환경을 모사해주는 장치와 시설에서의 체험 또한 넓은 의미의 우주관광으로 보는 관점도 생겨나게 되었다. 따라서 오늘날의 우주관광이란 ‘일반대중이 우주물체에 탑승하여 우주공간으로 가는 것뿐만 아니라 지상에서 우주공간에서의 경험을 느낄 수 있도록 하는 시설, 우주훈련 캠프, 가상현실 시설, 멀티미디어 양방향 게임기, 무중력 상태를 재현하기 위한 포물선 비행(parabolic flights)에서의 무중력 경험, 지구 저궤도 비행, 우주호텔 등에서의 유영 등도 포함’하는 개념으로 그 범위가 점차 확대되었다[2]. 다시 말해, 우주와 관련된 모든 활동까지 포함하게 된다.

우주기술의 발달과 민간 우주 여행객이 탄생하면서 대중의 우주관광에 대한 관심도 증가하고 있다. 다소 오래전 조사이긴 하지만 미국 Monmouth 대학에서 2015년에 조사한 설문 결과에 따르면, 우주관광 티켓이 생긴다면 탑승하겠냐는 질문에 28%만이 탑승하겠다고 응답하여 다소 낮은 응답을 보인 적이 있다[3]. 그러나 오늘 이와 같은 질문을 다시 한다면 다른 결과를 얻을 것이다. 우주관광은 여느 다른 일반 관광 상품과 달리 우주공간을 이동하는 우주선에 대한 신뢰성과 우주공간에서의 여러 한계상황을 이겨낼 수 있는 체력이 필요하다. 이를 위해 별도의 사전훈련이 필요하며 잠재적인 위험요인은 여전히 상존한다. 이러한 점이 모험여행을 선호하는 여행자의 심리적 상황과도 연결된다고 할 수 있다. 그간 기술개발과 비용 절감의 노력으로 가격이 많이 낮아지긴 하였지만 여전히 고비용을 수용할 수 있는 세계적 부호들만이 우주관광의 특권을 누려왔다. 이는 또다시 누구나 할 수 없다는 희소적 가치로 연결되어 특별한 매력 요인으로 작용하게 된다[4].



### II. 이슈 분석 · 제언

미지로의 여행, 우주관광의  
현황과 전망



## II. 이슈 분석 · 제언

미지로의 여행, 우주관광의  
현황과 전망

### ■ 우주관광의 형태

우주관광의 형태는 우주기술 개발과 맞물려 다양한 모습으로 나타나고 있다. 기술개발이 성숙된 이후에는 몇몇 형태로 정형화될 수 있으나 아직은 다양한 시도와 모습을 담고 있다. 기존 연구에서는 지상, 지구궤도, 지구궤도 이상, 사이버체험 등으로 구분하거나 지상에서의 우주관광(Terrestrial Space Tourism), 고고도(대기권) 우주관광(Atmospheric space tourism), 지구를 벗어난 관광(Astrotourism)으로 나누어서 구분하기도 한다.

오늘날 준궤도 우주관광(Suborbital space Tourism)이 본격화되기 전까지의 우주관광은 우주공간에서 느낄 수 있는 경험, 즉 무중력, 보다 정확하게 표현하자면 미세중력을 지구에서 경험하는 수준에 머물렀었다. 대형 항공기를 이용하여 순간적인 무중력 환경을 만들어 체험함으로써 우주공간에 대한 대리경험을 하는 것이다.

이는 우주인들의 훈련 시 활용되는 방법이기도 하다. 또한 우주인 훈련센터에서 우주인이 되기 위한 훈련으로 대형 풀에서 우주유영 훈련을 받는 것도 이에 해당한다. 이를 통해 우주공간이 갖는 중요한 특성이라 할 수 있는 무중력, 미세중력을 경험하는 것이다. 다른 한 형태로는 지구 저궤도까지는 못미치지만 우주 즉 지구와 우주와의 경계 등을 직접 유관으로 감상하는 것도 있다. 과거 舊소련 시기에 전투기를 이용하여 지구의 만곡(彎曲)을 감상하는 경우도 있었다.

이 밖에도 가상현실 시뮬레이션 시설과 멀티미디어 등을 활용하여 우주공간을 모사하여 즐기는 것도 넓은 의미에서의 우주관광의 범주에 포함될 수 있다. 이 모든 것이 전술하였듯이 하나의 정형화되고 정립된 형태가 없기 때문에 그 범위가 학자마다 기관마다 달리 정의되고 있는 것이다.

<그림 2> SpaceShip Two 모습



사진출처: virgin Galactic社

오늘날은 과거 무중력 경험과 유사경험 형태보다는 준궤도 우주관광과 그 이상의 고도에서의 우주관광 상품이 관심을 받고 있다. 준궤도 우주관광(Suborbital Tourism)은 과거 특정 이벤트를 통해 촉진되었는데 바로‘X-Prize’이다. 17년 전인 2004년, 3인(파일럿 포함)이 탑승하여 해발 100km 상공까지 2주 안에 재앙복이 가능하도록 한 경쟁으로 준궤도 우주관광의 발전에 기폭제와 같은 역할을 하였다.

승자의 자리는 버진갤러틱스社の의 ‘스페이스십 원(SpaceShip One)’이 차지하였다. 당시 이 준궤도 우주관광 개발에 참여한 기업들을 살펴보면, Armadillo Aerospace, Rocketplane Global, XCOR 등이 야심차게 도전하였으나 현재 가시적 성과를 보이는 기업은 버진갤러틱스社와 블루오리진社뿐이다. 이 버진갤러틱스社は 2014년 추락사고 등 여러 난관을 극복하고 지난 7월 11일, 창업자인 리처드 브랜슨 회장을 비롯한 6명의 승객을 태운 ‘스페이스십 투(SpaceShip Two)’가 상업적 우주관광을 성공시켰다.

그러한 성공의 9일 뒤 마치 경쟁이라도 하듯이 블루오리진社の 제프 베조스 역시 동생인 마크 베조스를 포함한 4명의 우주 관광객을 태운 ‘뉴 셰퍼드(New Shepard)’가 107km까지 올라가 10분 10초 동안 우주공간에 머물다 다시 안전하게 지구로 착륙하는 성공을 맛보았다. 둘 다 준궤도 관광(Suborbital Tourism)의 형태지만 우주선의 방식에는 다소 차이가 있다.

버진갤러틱스의 ‘스페이스십 투(SpaceShip Two)’는 모선에서 발사되는 우주비행기와 같은 형태이며 블루오리진의 ‘뉴 셰퍼드(New Shepard)’는 BE-3의 엔진을 장착한 로켓이 발사되어 이후 캡슐이 분리되어 우주공간에 머물다가 지구로 귀환하는 방식이다. 굳이 비유하자면, 전자는 과거 우주왕복선과 유사하다고 한다면, 후자는 아폴로 로켓과 같은 방식이라 할 수 있다.이번 우주 비행에서 버진갤러틱스社の의 경우, 100km에 채 도달하지 못하였지만 블루오리진社は 107km까지 도달한 것으로 발표되었다.

<그림 3> New Shepard 발사모습



사진출처: Blue Origin社



## II. 이슈 분석 · 제언

미지로의 여행, 우주관광의  
현황과 전망



## II. 이슈 분석 · 제언

미지로의 여행, 우주관광의  
현황과 전망

두 회사 모두 이 고도에 민감했었는데 이는 흔히 카르만 라인이라고 부르는, 100~110km를 우주의 경계로 보는 견해가 있기 때문이다.

이것은 우주의 경계에 대한 논쟁과도 연결된다. 이 논쟁에 대한 역사 또한 길지만 이 글에서는 다루지 않겠다. 즉 블루오리진이 자사의 우주비행이 진정한 우주관광이라고 자부하는 것도 이 같은 이유이다.

또 다른 형태로 준궤도가 아닌 지구궤도로의 우주여행이다. 지난 9월 15일 스페이스X社の ‘인스퍼레이션( inspiration 4)’ 발사를 통해 전문 우주비행사가 탑승하지 않고 4명의 민간인이 탑승하여 3일간의 우주여행을 마치고 무사히 귀환하였다. 이들은 575km 상공의 지구궤도를 탐험하여 전자의 여행과는 차별화된다. 연이은 민간 우주여행의 성공으로 우주여행에 대한 관심이 그 어느 때보다도 높다.

<그림 4> Inspiration 4 탑승자 모습



사진출처: SpaceX社 유튜브

## ■ 우주관광의 기술적 개발

우주관광의 기술적 개발은 유인 우주기술 개발과 그 맥을 같이 한다고 할 수 있다. 과거 유인 우주탐사를 위해 개발된 훈련시설과 시뮬레이션을 비롯한 여러 장비들이 지상에서 우주관광에 대한 간접 체험시설로 활용하거나 이를 응용하여 체험시설로 개량되고 있다.

그러나 최근의 우주관광은 이러한 간접 체험형에서 벗어나 실제 우주공간에서 이뤄지고 있다. 주로 러시아의 소유즈 우주선을 이용한 국제우주정거장(ISS)으로의 우주여행이었으나 국제우주정거장 관련 정부들의 우주계획과 국제우주정거장의 운용기간의 변경 등으로 소유즈 우주선을 이용한 우주관광이 사실상 어려워지고 우주관광에 대한 비용 절감의 요구(needs)로 민간 상용 우주개발이 활성화되고 있다. 과거 국제우주정거장에 체류하기 위해서는 임무를 부여받은 우주인들과 거의 동일한 훈련을 받아야만 했다.

그러나 준궤도에서 약 10분 내외의 짧은 무중력 체험을 하는 것이 주요 상품인 상황에서는 3일 정도의 간단한 신체검사와 훈련만 받으면 된다. 그러나 이 과정에서의 비행과정도 최대 6배의 중력가속도를 겪게 되므로 중력가속도에 대한 내성훈련은 중요하다[5].

민간 우주관광을 위한 준궤도 우주비행체 개발의 효시로 앞서 언급한 2004년 버진갤러틱社の ‘스페이스십 원(SpaceShip One)’을 들 수 있다. SpaceShip One은 모션인 ‘화이트 나이트(White Knight)’에 의해 고도 15km까지 운반되고 이후 로켓 모터로 우주공간까지 올라가서 항공기처럼 착륙하는 방식을 취하고 있다.

당시 최대고도 111.64km까지 비행 후 귀환하였으며 X-Prize을 수상한 바 있다. 현재의 ‘스페이스십 투(SpaceShip Two)’는 2014년 추락사고 이후 상용화가 지연되긴 하였지만 여러 난제를 극복하고 성공적으로 데뷔하였다. 또 다른 우주선으로 아마존의 창업자 제프 베조스가 창업한 블루오리진社の ‘뉴 셰퍼드(New Shepard)’가 있다.

<그림 5> Lynx MK 모습



사진출처: SpaceNews

준궤도 우주비행체로 발사체 상부에 캡슐 모듈에 탑승하여 이 상부 모듈이 100~110km까지 상승 후 무중력 체험을 하고 지구의 만곡과 우주를 감상 후, 낙하산을 이용하여 지구에 착륙하는 방식을 취하고 있다.

이 밖에도 XCOR社 ‘Lynx’는 2명의 탑승객을 태우고 고도 115km까지 상승, 우주를 감상하고 비행기처럼 착륙하는 우주비행체로 과거 1일 4회 이상 비행을 목표로 여러 홍보 캠페인을 통해 사전 탑승자까지 선정해 놓고도 아직 실현되지 못하고 있다. 마이크로소프트사의 공동창업자인 폴 앨런이 투자한 System社の ‘Strato-Launch’는 항공기로 지상 3만 피트 상공에서 발사하는 방식의 우주선으로 개발하고 있었으나 역시 가시적 성과가 없다.



## II. 이슈 분석 · 제언

미지로의 여행, 우주관광의  
현황과 전망



II. 이슈 분석 · 제언

미지로의 여행, 우주관광의  
현황과 전망

<그림 6> Space Tourism 개념도



사진출처: EADS Astrium社

유럽의 EADS Astrium社 역시 준궤도 우주관광을 위한 ‘Space Tourism’ 프로그램을 추진한 바 있다. ‘스페이스십 투(SpaceShipTwo)’와 ‘뉴 셰퍼드(New Shepard)’가 준궤도(Suborbital) 우주관광을 목표로 한 우주비행체라면 미국의 대표적 민간 우주개발 기업인 Space X社에서 개발하고 있는 ‘드래곤(Dragon)’ 우주선은 궤도, 또는 그 이상의 이동을 목표로 하고 있어 이를 통한 우주관광은 준궤도 우주관광과는 차별화가 된다.

이 ‘Dragon’ 우주선은 과거 아폴로 우주선과 마찬가지로 Space X社의 팰콘 발사체에 실려 발사된다. 또 다른 형태로 미국 라스베이거스의 사업가 비글로씨가 이끄는 Bigelow Aerospace社는 팽창식 모듈(BEAM:Bigelow Expandable Activity Module)을 이용해 상업 우주정거장을 건설한다는 계획을 추진하고 있다.

Bigelow社는 실험용 소형 모듈을 발사한 바 있으며, NASA와의 협력 사업을 통해 달과 화성 또는 심우주 탐사에 활용될 거주모듈을 개발하고 있어 향후 상업 우주정거장(Space Complex Alpha)을 통해 과학적 실험 외에 우주관광에도 활용할 것으로 보인다.

<그림 7> Dragon 우주선 모습



사진출처: SpaceX社



## ■ 우주관광 시장동향

우주관광에 대한 시장에 대한 추정과 예측에 대해 각 연구자와 연구기관별로 저마다의 방식으로 추산하여 발표하고 있다. 미국의 CNBC의 보도 자료에 따르면 약 200억 달러에 달할 것으로 UBS 보고서를 인용하여 보도한 바 있다.

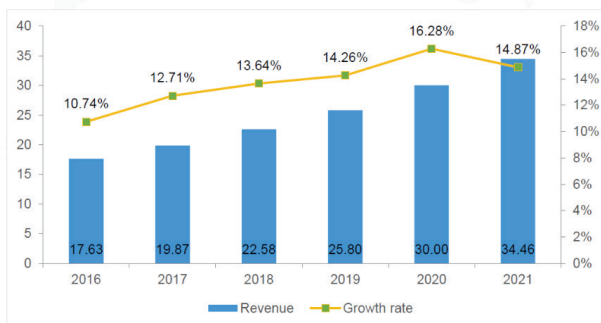
그러나 이는 미래 외기권을 비행하는 point-to-point 비행을 가정한 추산으로 SpaceX의 ‘스타십(Starship)’이 뉴욕에서 상하이까지 39분 만에 도달한다는 목표가 이에 해당한다. 우주관광 시장만을 놓고 본다면 2030년까지 약 30억 달러에 이를 것으로 추산하고 있다.

올 1월 다른 조사기관의 자료에 따르면 2020-2027년 사이 준궤도 우주관광시장은 약 15억, 전체 17억 달러에 달할 것으로 추정하고 있다[6]. 동 자료에서 2020년에는 코로나 19 팬데믹 상황에서도 6억 5천 달러 시장규모를 형성하고 있는 것으로 추산하고 있다. 2027년까지 연평균 약 15.2%의 성장을 보일 것으로 예측하고 있다. 또 다른 보고 자료에 따르면, 2031년까지 준궤도 우주관광 시장은 약 25억 달러로 연평균 17.5%에 이를 것으로 보고 있다[7].

4년 전 준궤도 우주관광 시제기들이 개발될 당시 다른 조사연구에서는 2016년 약 176억 3천 달러로 추산하였으며 2021년까지는 약 344억 6천 달러까지 성장하며 연평균 약 14.3%의 성장률을 보일 것으로 전망한 바 있다[7]. 지역별 시장 점유율을 살펴보면, 미주지역이 62.2%로 가장 많이 차지하고 있으며 유럽, 중동 지역이 32.16%, 아시아태평양 지역이 5.62%로 가장 낮게 나타나고 있다.

우주관광의 궤도에 따른 시장 점유율 보면, 2016년 66.7%가 준궤도(Suborbital) 우주관광이며 궤도(Orbital)관광은 33.3%로 상대적으로 낮게 나타나고 있다. 당시 2021년 전망치에서는 준궤도(Suborbital)우주관광이 더 성장하여 76.7%, 궤도(Orbital)관광은 23.3%로 낮아질 것으로 예측한 바 있다.

<표 1> 세계 우주관광 시장 2016-2021 (단위: \$ bn)>



Source: Technavio

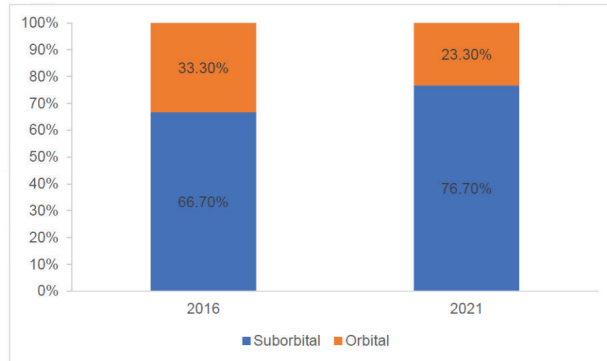


## II. 이슈 분석 · 제언

미지로의 여행, 우주관광의  
현황과 전망



&lt;표 2&gt; 궤도에 따른 우주관광 시장 점유율 2016, 2021 (단위: %)



Source: Technavio

## II. 이슈 분석 · 제언

미지로의 여행, 우주관광의  
현황과 전망

이보다 앞서 Tauri Group은 2024년까지의 수요에 대해 2014년부터 2024년까지 10년간 약 3,600석에 이를 것으로 전망한 바 있다. 이중 개인 관광이 98%를 차지할 것으로 전망하기도 하였었다. 이러한 각 연구의 차이는 무엇을 기준으로 할 것인가와 기회의 희소성과 비용산출 방식의 차이에서 비롯된 것으로 분석된다.

장기적 관점에서 향후 우주비행체의 기술적 진화에 따라 두 부문간 시장 성장은 달라질 수도 있으나 당분간은 준궤도 관광 중심의 시장 지배가 지속될 것으로 전망된다.

### ■ 우주관광에 대한 국내동향

우리나라 민간 상용 우주여행의 시작은 ‘오라클사의 우주여행 행사(Oracle Space Sweeptakes)’에 우리나라 대학생이 당첨되면서 주목받기 시작하였다. 오라클사의 우주여행 행사의 경우 북미와 유럽, 아태지역별로 각 1명씩 선출, 100km 상공의 준궤도(suborbital) 상공을 여행하는 것으로 되어 있었으나 실행되지는 못하였다.

최근 들어서는 지방자치단체 역시 우주개발, 우주관광에 대한 민간 지원이 활발해지고 있다. 이미 우주 센터가 자리하고 있는 고흥군의 경우, 우주센터와 우주과학관을 기반으로 우주관련 관광 상품으로 우주를 테마로 한 관광을 발전시켜 나가고 있으며 경북 예천의 ‘예천천문우주센터’의 경우, 당초 폴란드제 헬기를 활용한 항공관광을 시작으로 미국 우주선 제작사인 XCOR Aerospace社의 ‘Lynx MK2’ 우주선을 활용하여 역시 고도 115km 상공에 도달하여 귀환하는 형식의 우주 상품을 계획한 바 있으나 이후 천문우주 별자리 관측 중심으로 센터에 가변중력체험을 할 수 있는 프로그램으로 변경하여 진행하고 있다. 광의의 범위에서 보면 지자체에서 운영하는 우주체험 프로그램들도 우주관광의 하나로 볼 수 있다.

## ■ 우주관광 관련 주요 이슈

- ① **우주관광의 비용 및 가격** - 아마도 우주관광을 논하면서 우주 관광에 소요되는 비용과 우주선의 티켓 가격은 주요 관심 사항일 것이다. 국제우주정거장(ISS)으로의 우주여행을 한 첫 민간인으로 데니스 티토가 있다. 그는 2,000만 달러(약 230억원)의 비용을 지불하고 국제우주정거장에 서의 첫 상용 우주 여행객이 되었다. 최근 화려한 데뷔를 한 버진갤러틱社의 우주상품의 경우, 25만 달러(약 2억7천만 원)로 그 비용이 낮아지고 있다.

물론 두 사람의 우주여행 형태는 많은 차이가 있다. 데니스 티토의 우주관광은 우주선을 이용하여 지구궤도상(Orbital)에 있는 국제우주정거장에 머무르면서 우주를 체험하는 것이어서 지구 준궤도(Suborbital)를 잠시 올라갔다 내려오는 것과는 그 체험과 감흥에 있어 다소 차이가 있으며, 그 형태 또한 티토의 그것과는 다르다.

최근에는 미국의 유명 연예인들이 러시아의 소유즈 우주선을 이용하여 우주정거장에 머무르는 형태의 우주여행을 계획하고 있으나 현재 민간의 상업적 우주관광의 주류는 지구 준궤도를 비행하고 내려오는 상품이 주류를 이루고 있다. 美 보잉社가 상용화 계획으로 갖고 있던 지구궤도용 우주선의 경우 7인의 승객을 태울 수 있으며 그 비용은 과거 NASA가 우주인을 소유즈 우주선을 통해 우주정거장에 보냈던 465억 원 정도로 예상한 바 있다. 이는 지구 준궤도를 10분 이내 갔다 오는 여행상품과는 큰 차이가 있다.

- ② **우주관광 의료적 사항** - 우주관광을 추진하는데 있어 해결해야 할 숙제 중 하나는 바로 의료적 문제이다. 현재 많이 논의되고 있는 지구 준궤도(suborbital)까지의 우주여행 상품의 경우는 여행에 소요되는 시일이 짧아 비중 있게 고려되지 않았으나 국제우주정거장(ISS)에서 머물거나 이후 기술적 발전을 통해 행성간 우주여행, 또는 우주호텔의 경우, 의료적인 사항은 매우 중요한 부분이 될 것이다. 예컨대 우주공간에서 응급상황이 발생하거나 미세중력에서 오는 심리적 변화 등 의료적 상황에 대한 서비스 업체의 책임에 대해 아직 국제적 규약이나 법제도가 마련되어 있지 않다는 것이다. 이와 관련하여 참고할 수 있는 것으로 국제 항공운송 바르샤바 협약이나 항공사들의 해양에서의 승객과 화물운송에 관한 아테네 협약을 참고하는 방안을 제안하고 있다[8].

美 FAA(Federal Aviation Administration) 산하, 상업적 우주운송협회사무국(AST; The Associate Administrator for Commercial Space Transportation)은 모든 승무원들은 응급상황에 대처할 수 있어야 한다고 권장하고 있으나 어디까지나 권장 사항일 뿐 강제조항은 아니어서 한계가 있다.



### II. 이슈 분석 · 제언

미지로의 여행, 우주관광의  
현황과 전망



## II. 이슈 분석 · 제언

미지로의 여행, 우주관광의  
현황과 전망

부상, 심장발작 등 예기치 못한 응급상황, 이른바 ‘Space Adaption Sickness’ 불리우는 증상도 있다. 이는 지구와 전혀 다른 중력환경에서 인간의 감각기관이 적응하는 과정에 일어나는 증상으로 현기증이나 메스꺼움, 구토 등으로 이는 약물의 도움으로 며칠이 지나면 호전되는 것으로 알려져 있으나 이에 대한 매뉴얼 등도 마련되어야 할 것이다.

의료적 상황은 지구로 귀환한 후에도 문제가 될 수 있다. 이미 많이 알려진 바와 같이 탈칼슘화에 따른 골밀도 저하 등이 대표적인 예이다. 이에 대한 의료적 규제나 책임의 한계 등에 대해 국제적 규정도 마련해야 할 것이다. 이와 더불어 우주관광 후 인체의 면역시스템에 대한 변화에 대해 우주인을 대상으로 한 연구도 진행되어 향후 그에 대한 보다 많은 연구를 필요로 하고 있다.

③ **우주관광 보험** - 여러 상황에 대비한 보험문제 또한 대두될 수 있다. 그러나 우주관광을 위한 보험상품 개발에 있어 큰 문제는 바로 우주선, 발사체의 헤리티지이다. 우주선 발사체 안전성의 신뢰도는 상품의 개발시 매우 중요한 고려 요인이 되기 때문이다. 국제우주정거장에서의 우주인 건강에 대한 실험 등의 데이터들이 있으나 데이터의 공개 여부나 판단에 필요한 만큼의 데이터가 축적되었는지가 문제다. 이 같은 사항은 이머징마켓(emerging market)의 특성으로 항공운송 등 유사 시장의 자료 등을 활용하여 그 해결방안을 모색해 볼 수 있을 것이다.

④ **인프라 구축** - 우주관광에 필요한 우주개발 사업은 민간이 수행하기에는 버거운 막대한 초기 투자비용을 필요로 한다. 그 어느 산업 못지 않게 개발비와 고정비(sunk-cost)가 높기 때문에 민간이 모두 부담하기에는 적합하지 못한 산업이다. 이미 건설되고 있기는 하나 우주항(spaceport) 건설과 관련 인프라 구축에는 많은 비용이 소요되고 특히, 우주선 개발에는 막대한 비용과 더불어 기술적 장벽 또한 높다. 아직까지 준궤도 우주관광 형태의 경우, 미국에서만 서비스되며, 국제우주정거장으로의 여행의 경우 현재 러시아와 미래 중국 등이 서비스 제공 국가가 될 수 있어 당분간 이 시장은 독과점 시장이 될 전망이다.

⑤ **법적 · 제도적 문제** - 우주관광은 앞서 전술한 바와 같이 다양한 활동을 포함하고 있다. 국제우주정거장(ISS)에서와 같이 비교적 장기간 우주공간에 머무는 형태에서 단 몇 분간 비행하는 형태, 그리고 지상에서 우주공간에서의 미세중력을 체험하는 유형에 이르기까지 참으로 다양하다. 법적인 측면에서 우주관광을 살펴보면, 항공법(Air law)과 우주법(Space law)이 혼재된 시각에서 바라볼 수 밖에 없다. 공역과 우주공간을 동시에 넘나드는 준궤도 여행의 경우, 사고 등 여러 사안에 대한 법률 적용 및 해석에 정리가 필요하다.

## ■ 우주관광의 미래

앞서 설명하였듯이 우주여행의 정의와 개념에 따라 여행공간의 범위 활동이 다르게 나타난다. 앞으로 우주관광 역시 그 핵심은 기술발전에 따라 방향과 발전이 다르게 나타날 것이다. 크게는 지상과 우주공간에서의 체험, 우주공간은 다시 준궤도와 지구궤도 이상의 여행으로 나뉠 것이다. 우주관광의 미래 또한 각각의 범주에서 발전을 거듭하다가 대중이 선호하는 방식, 희망하는 방식의 우주관광이 주도해 나갈 것이다.

이는 표준전쟁과도 같다 하겠다. 초기 특정 분야의 표준방식이 정해지지 않은 시기에는 서로 장점을 내세워 주도권을 확보하려고 하지만 표준방식이 정해지거나 시장을 점유할 경우, 그것이 곧 미래 방향이 되는 것처럼 말이다. 버진갤러틱사와 블루오리진사는 지금은 준궤도(Suborbital) 여행이라는 공통된 영역에서 경쟁을 벌이지만 기술의 발전과 기업의 전략 방향에 따라 향후 방향은 다르게 나타날 것이다.

<그림 8> VSS 모습



사진출처: virgin Galactic社

버진갤러틱사는 차기 모델을 개발하는가 하면 블루오리진사의 경우도 Sierra Nevada社와 함께 ‘Orbital Reef’라는 우주 상업활동과 우주관광 목적의 지구 저궤도 정거장을 건설하여 비즈니스 활동을 할 계획이다. 이를 통해 지금의 우주관광 사업에서 한 단계 더 나아가 지구 저궤도에서의 우주관광 프로그램을 추진함으로써 준궤도 우주관광과는 차별화된 서비스를 제공할 수 있을 것이다.

이는 NASA를 비롯한 미국 정부 프로그램에 참여하여 사업을 추진하고 있는 SpaceX社의 사업 영역과도 중복되어 경쟁이 될 수도 있을 것이다.



## II. 이슈 분석 · 제언

미지로의 여행, 우주관광의  
현황과 전망

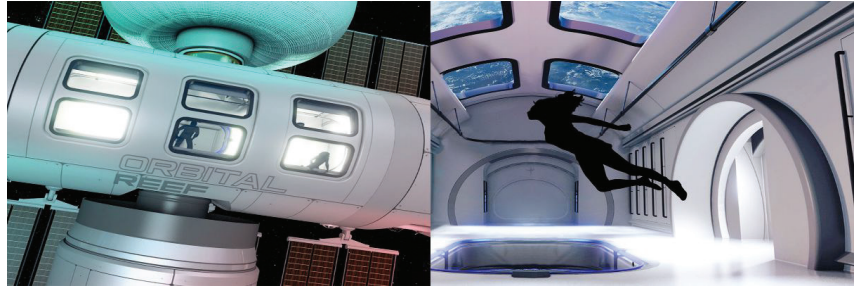


&lt;그림 9&gt; Orbital Reef 개념도



## II. 이슈 분석 · 제언

미지로의 여행, 우주관광의  
현황과 전망



사진출처: virgin Galactic社

버진갤러틱社의 비즈니스 활동을 볼 때, 다른 기업들과는 다소 차이를 보인다. 첫째, 기술도 중요하지만 여기에 더해 엔터테인먼트가 가미된 비즈니스 활동을 보이기 때문이다. 단순히 미지와 동경의 대상인 우주관광을 했다는데 머물지 않고 우주관광에 엔터테인먼트적 요소가 많다는 것이다. 우주관광을 체험하고 경험함에 있어 하나의 즐거움을 함께 선사하려고 한다는 것이다.

이는 버진그룹의 기존 사업영역과 창업자 리처드 브랜슨이 갖고 있는 비전과 가치에서 비롯된 것이라 판단된다. 버진그룹에는 항공사와 음악기획사 등이 있다. 과거 버진항공사의 특징 중 하나는 기내오락 서비스이다. 기내에서의 다양한 즐거움과 오락을 제공하여 승객들이 유쾌한 여행으로 느끼게끔 한다는 것이다.

이 같은 가치는 준궤도 우주관광 사업에서도 나타난다. 이 준궤도 여행을 위한 시작점과 종착지는 바로 미국 뉴멕시코주 ‘스페이스포트 아메리카’이다. 이곳에 머물면서 사전교육과 훈련을 거쳐 우주관광을 하게 된다. 이때 머물게 되는 이곳, 스페이스포트 아메리카는 하나의 엔터테인먼트 공간인 것이다. 로비를 비롯한 여러 시설에서 체험과 오락을 통해 얻는 즐거움으로 다시 찾게 되는 오락공간으로 만든다는 것이다.

&lt;그림 10&gt; 스페이스포트 아메리카 모습



&lt;그림 11&gt; 스페이스포트 아메리카 라운지모습



사진출처: virgin Galactic社

이제까지 우주관광을 기술적 측면, 과학적 측면에서 바라봐 왔다면 이제부터는 오락적 측면, 엔터테인먼트적 관점에서 하나의 비즈니스 영역으로 탈바꿈하면서 기존 관광시장에 변화를 촉진하게 되는 것이다. 지구 저궤도에서의 우주여행 또는 우주호텔의 경험과 준궤도 우주관광과 엔터테인먼트의 결합간의 경쟁이 될 수 있는 것이다. 어떠한 방향이 민간 우주관광 기업의 미래 성장과 수익을 가져다줄 것인지 이제 막 그 시작점에 서 있는 것이다.

미지의 공간, 동경의 대상이었던 우주, 인류는 70년 전에 이미 우주여행을 위한 첫걸음 시작하였고 이제 꿈이 아닌 현실로 다가오고 있다. 이 꿈같은 현실을 많은 사람이 누리고 경험할 수 있기를 희망해 본다.



## II. 이슈 분석 · 제언

미지로의 여행, 우주관광의  
현황과 전망

“ 우리는 우주여행을 위한 로켓 엔진 연구에 매진해 왔다.  
1942년 10월 3일, 우주여행의 새 시대 여는 첫 날이다. ”

- Walter Dornberger,  
로켓 개발의 첫 비행 성공 후에 -





## II. 이슈 분석 · 제언

미지로의 여행, 우주관광의  
현황과 전망

## 참고 문헌

- [1] www.wikipedia.org
- [2] Space Policy Institute, 2002
- [3] 「Space travel in the 21st century」, Monmouth Univ. Poll, Feb. 2015
- [4] 안희자, 김남조, 정철, ‘우주관광객의 동기: Maslow와 Plog 모형의 적용’, 관광연구논총 24(3), 2012.8, 103-122
- [5] 황도순, ‘우주관광 개발동향’, 15권 1호 2017.
- [6] ResearchAndMarket.com, ‘Space Tourism-Global Market Trajectory & Analytics’, 2021.
- [7] Technavio.com, 「Space Tourism Market 2017-2021」, 2017
- [8] Melinda Marsh, ‘Ethical and medical dilemmas of space tourism’, Advances in Space Research 37, 2006, pp. 1823-1827.
- [9] 김경호, ‘지구 저궤도 Space Tourism용 비행체 개발 현황’, 추진공학회학술대회논문집, 2005, 11, 272-277.
- [10] 양승훈, 이혜숙, ‘우주관광에 관한 탐색적 고찰- 위험지각과 관광태도를 중심으로’, 관광연구 저널, 24, 2010, 21-36.
- [11] Anderson, C. ‘Rethinking public-private space travel’. Space Policy, 29(4), 2013, 266-271.
- [12] Andrea T. Bochers et al ‘Microgravity and immune responsiveness: implications for space travel’, Nutrition Vol. 18, November 10, 2002.
- [13] Car Iain Cater 「Step to Space; opportunities for astrotourism, Tourism Management」 31, 2010, 838-845,
- [14] ISU Summer Session Students 2000, ‘Dreams and realities: the challenges facing development of space tourism’, Space Policy, 2001, 17, 133-140
- [15] Joel S. Greenberg Henry R. Hertzfeld, 「Space Economics」, AIAA, 1992, pp.33,329, 151.
- [16] Linda Billings, ‘Exploration for the masses? Or joyrides for the ultra-rich? Prospects for space tourism’, Space Policy 22, 2006, 162-164
- [17] Michel van Pelt, 「Space Tourism Adventures in Earth orbit and Beyond」, copernicus books in Association with Praxis Publishing Ltd., New York, 2010.
- [18] NASA, 「Journey to Mars」 외, www.nasa.gov[18] 「Space travel in the 21st century」, Monmouth Univ. Poll, Feb. 2015

- [19] Ozgur Gurtuna, 「Fundamentals of Space Business and Economics」, 2013, pp.22-23
- [20] Patrick Collins, Adriano Autino, 'What the growth of a space tourism industry could contribution to employment, economic growth, environmental protection, education, culture and world peace', Acta Astronautica 66, 2010, 1553-1562.
- [21] Space News, 'Will suborbital space tourism take a suborbital trajectory?', Jeff Foust, August 2021
- [22] Space Tourism Guide, 'What is Space Tourism? A New definition', 2020. 7.
- [23] Tauri Group, 「Suborbital reusable vehicles: A 10-year forecast of market demand」, 2014.
- [24] Tourismteacher.com, 'Space tourism explained what, why, and where', 2020.10
- [25] VeroniqueZiliotto, 'Relevance of the futron/zogby survey conclusions to the current space tourism industry', Acta Astronautica 66 (2010) 1547-1552.
- [26] [www.astrium.eads.net](http://www.astrium.eads.net)
- [27] [www.virgingalatic.com](http://www.virgingalatic.com)
- [28] [www.blueorigin.com](http://www.blueorigin.com)
- [29] [www.spacex.com](http://www.spacex.com)



## II. 이슈 분석 · 제언

미지로의 여행, 우주관광의  
현황과 전망



## 주요국 우주패권 경쟁과 국방 우주



### 김종범

한국항공우주연구원  
정책팀  
과학기술정책학 박사  
jbkim@kari.re.kr



### 1. 국방 우주개발의 의의

최근 우주개발 국제환경 변화가 급격하게 이루어지고 있다. 2020년 이후 Space-X는 12,000기의 위성, Boeing은 3,000기의 위성 등 상용통신위성을 대규모 운영 예정이다. 미국의 버진 갤럭티카의 우주관광, 플래네티리 리소스의 우주 채굴 등 우주활동의 다양성이 증가하고 있다. 우주환경관리, 우주상황인식기술 등 상업서비스를 목표로 하는 우주교통관제로의 발전이 이루어지고 있다. 미국 등 각 우주개발국은 우주를 국가안보의 핵심으로 상정하고 있다.

우주의 군사적 응용도 활발하게 다변화되어 우주개발 초기에 로켓기술을 활용한 유도무기 개발의 수준에서 벗어나 21세기 들어 미사일이나 레이저를 이용한 인공위성 파괴, 적국의 미사일 발사를 인공위성으로 실시간 감시하고, 10cm 수준의 해상도를 가진 정찰위성으로 적의 안마당을 한히 들여다볼 뿐 아니라, 통신위성을 이용하여 전 세계인의 감정정보를 동시다발적으로 수집하여 지상의 네트워크로 전달하는 수준까지 우주기술이 발전하기에 이르렀다.

우주개발은 정치 및 물리적 힘을 과시하는 ‘하드파워’ 측면을 견고히 하면서, 우리의 일상 생활에 편의성을 보장하는 ‘사회 인프라’의 성격도 증진되고 있다. 많은 국가들이 우주기술에의 접근성을 강화하면서 우주개발 능력을 국민의 자긍심 제고의 ‘소프트 파워’로 활용하는 개발도상국가가 증대하는 추세이다. 또한 ‘시장 실패’를 극복하여 공공성을 강조하는 ‘공공사업’ 특성이 증진됨에도 불구하고, 최근 미국, 중국 등 많은 국가들이 우주기술을 ‘상업성’으로 활용하는 것을 주요한 역할로 보고 있다[1].

우주개발 국내환경을 살펴보면, 2020년 기준 항공우주연구원 운영위성은 총 8기인 가운데, 우리나라는 향후 2030년까지 정지궤도복합위성, 아리랑위성, 차세대중형위성, 차세대소형위성 등 군사위성 수치를 제외하고서라도 78기 이상의 국가 자산 위성의 개발 및 운영을 계획하고 있다. 2020년 기준 전 세계 운영위성 대비 우리나라 운영위성의 비중은 0.9% 이하이나, 2030년까지 우리나라 운영위성 비중은 군 개발위성을 제외하고서라도 4% 이상까지 증가 예정이다.

위성 운영분야에 있어서 다부처 참여 활성화가 강화되고 있는 가운데, 군 차원에서의 국방분야 전략 투자 활성화가 이루어지고 있는 가운데, 항공우주연구원, 국방과학연구소 등 우주개발 국가기관 협력 활성화가 이루어지고 있으며, 신규진출기업, 스타트업기업 등 국내 민간기업 투자 활성화도 이루어지고 있다.

우주는 지상·해상·공중·사이버 공간과 더불어 미래 5차원 전장의 핵심을 이룬다. 현재는 우주 공간의 상황 이해 및 관리, 우주 공간에서 지구상의 작전에 필요한 정보 및 통신을 지원하는 수준이다. 미래에는 우주에서 지구상의 전장을 화력으로 지원하게 될 것이고, 더 나아가 우주 공간에서 쌍방이 전투 또는 전쟁을 벌이는 시점이 도래하게 될 것이다. 급박하게 이루어지는 대내·외 환경변화를 파악을 통해 국제 사회에서의 우주패권 경쟁과 국방우주 발전방향을 본 연구에서 제시하고자 한다[2].

## II. 주요국 우주패권 경쟁

### 1. 미국

미국의 역대 대통령은 임기 중 우주정책 지침을 공표한다. 우주 정책 지침(SPD)은 우주 활동 관련 국가 정책과 절차에 대한 정보를 제공한다. 지금까지 트럼프 행정부는 4개의 우주정책지침을 발표하여, 이는 미국 우주정책방향을 기본적으로 보여주고 있다[3].

SPD-1은 유인 우주 탐사 프로그램 활성화(2017년), SPD-2는 우주의 상업적 이용 효율화(2018년), SPD-3은 우주교통관리(STM) 정책(2018년)이며, SPD-4는 우주군 창설(2019년) 등을 기본으로 하고 있다.

트럼프 행정부는 우주정책 전환을 효율적으로 추진할 수 있는 제도적 기반 형성 작업도 병행하였다. 그결과 2017년 7월 국가우주위원회(National Space Council)를 부활시킨 것이 그 대표적 사례이다. 이후 2017년 10월 국가우주위원회 의장인 부통령은 첫 회의를 주재하여 화성탐사계획을 달성하기 위한 정책 지원을 시작하였다.

2019년 8월 우주군 창설 준비 차원에서 미국우주사령부가 재창설되었고, 2019년 12월 20일 트럼프 대통령이 국방수권법에 날인하여 우주군 창설이 이루어지게 되었다.

우주안보 규정을 살펴보면, U.S.C. Title 51 (국가 및 상업적 우주프로그램)에서 (a) 미합중국의 안녕과 안보(security)를 위한 항공우주 유관 행위에 충분한 규정이 요구됨을 선언하고 있다.



### II. 이슈 분석 · 제언

주요국 우주패권 경쟁과  
국방 우주



## II. 이슈 분석 · 제언

주요국 우주패권 경쟁과  
국방 우주

### 2. 중국

미국 바이든의 아시아 정책을 살펴보면, 동맹 복원, 중국에 대한 견제와 협력, 민주주의와 인권(신장 위구르, 홍콩, 티벳 등)으로 요약될 수 있다. 특히 바이든의 대중국 정책을 구체적으로 살펴보면, 바이든 대통령은 중국지도층과의 폭넓은 경험으로 최근 중국의 부상과 행태에 대한 전략적 경쟁 인식으로, 중국에 대한 보다 강경한 자세를 취하지만, 중국과의 무역전쟁보다 국내 경쟁력 강조(과학기술투자, 미래산업, 동맹강화)할 것으로 보인다[4].

중국 국가항천국은 '14차 5개년계획 및 향후 중점발전계획'('21.6)에서 위성의 지구관측, 통신방송 및 항법서비스 능력을 향상시키는 것에 주안점을 두었다. 중국 독자적인 위성항법시스템인 베이두(Bei-Dou)의 기본적인 구축을 계기로, 위성항법기술과 인공지능 등의 발전을 융합시키는 동시에 시스템의 규범화 응용을 꾀하고 있다. 특히 5개년 계획 기간 동안 베이징, 상하이, 산시, 산둥, 푸젠, 쓰촨 등 주요 지역에서도 위성응용산업 발전목표를 각각 수립케하여, 베이징의 경우 2022년까지 항법 및 위치 서비스 산업의 규모 1,000억 위안, 상하이의 경우 항공우주산업 규모 600억 위안을 달성케하고 있다.

중국은 개발 중인 새로운 발사체에 대한 재활용성 및 액체 추진제 엔진 개발, 발사중량 확대 등에 중점을 두고 있다. SAST에 의해 개발된 장정6호 이외에는 CALT가 맡아 진행 중이다. 또한 민간 투자를 허용함에 따라 다수의 스타트업 기업들이 등장하고 있으며 CASIC의 자회사인 Expace가 개발한 Kuaizhou-11호처럼 독자 중소형 발사체 개발도 서두르고 있다.

중국의 '우주굴기'는 미·중 우주경쟁을 촉발하고 있는데, 군사적 차원에서 미국의 대중국 위협 인식은, 중국은 우주를 현대전을 수행하고 미국과 연합국들의 군사적 효능을 축소하는 데 효과적인 수단으로 설정하고 있다고 보는 데서 비롯된다. 중국의 우주감시 네트워크는 탐색과 추적 능력을 갖추고 있어 상대국의 우주활동을 저해할 수 있다는 것 역시 미국이 중국을 견제하는 이유이다.

### 3. 일본

일본의 우주산업을 이끄는 축은 미쓰비시중공업과 일본우주항공연구개발기구(JAXA)로서, 꾸준히 발사체산업에서 성과를 거두고 있고, 특히 최근에는 차기 기간 로켓인 H-II의 개발을 서두르고 있다. 기존의 제조 방법을 전면 재검토해 동체 비용을 대폭 절감하고 여러 국가 정부 및 기업으로부터 위성 발사 수주에 진력하고 있다. 우주산업에 새로운 기업들이 등장하고 있는 가운데, 특히 미래 부가가치가 올라갈 것으로 기대되는 분야는 정보 활용 기반 서비스로 기상위성이 취득한 정보를 활용하거나, JAXA의 위성이 지구온난화 현상을 감시하는 등의 활동이 주를 이루고 있다. JAXA는 2018년 하야부사2호를 류구 소행성에 도달케 하였으며 유럽 ESA와 공동으로 개발하고 있는 수성 탐사선 발사를 성공시키는 등 여러 성과를 거두었다.

일본은 2008년 우주기본법 제정을 통해 과학기술 발전에 따른 우주 개발 및 이용에 대한 기본이념 및 그 실현에 되는 기본법령을 제정했다. 그리고 우주 개발 및 이용에 관한 종합적인 시책을 계획적으로 이행하기 위해 우주개발전략본부가 설치됐다. 내각부는 우주개발 이용 정책 기획, 입안 및 조정, 준천정위성시스템의 개발, 정비 및 운용 등의 시책을 담당하고 있다. 그리고 이를 기반으로 21년 2월 우주기본계획을 개정하는 등 우주개발을 지속적으로 관리하고 있다.

우주안보 규정을 살펴보면, 우주기본법에서 우주개발 이용은 일본의 안전보장에 이바지하도록 행해져야 한다고 규정하고 있다.

#### 4. 러시아

러시아정부는 10년(2016-2025)국가우주전략연방정부우주프로그램(FederationSpaceProgram; FSP)을 공표하였다. 이것에 따르면 향후 10년간 러시아는 통신위성 개발을 우선 순위 전략으로 표명하고, 정부 지출이 경제사회적으로 효율적 이익을 확보해야 한다고 강조한다. 2017년 4월 부터 시행중인 “로스코스모스 개발전략 2030”에서는 러시아 우주시장의 세계에서의 점유율을 4~5%에서 2030년까지 9%로 상승시키려하고 있다. 이를 위해 과거 전통적 우방국가인 인도, 중국 및 독립국가연합 소속 국가와의 국제협력을 강화하고 있으며 특히 아랍(Arab) 국가들과의 새로운 협력관계를 모색하고 있다.

2020년 1월 러시아의 부총리는 우주정책이 상업성을 확보하고 효율적 생산체제를 구비하도록 해결책의 규격화 및 표준절차를 기준으로 확보해야한다고 강조하고 있다.

우주안보 규정을 살펴보면, 우주활동법에서 러시아연방우주청은 러시아국방부 등과 협력하여 국가 국방을 목표로 우주기술 개발 및 이용에 대한 국가명령 시 국방부와 함께 참여한다라고 규정하고 있다.

### Ⅲ. 과학기술, 미래전장, 그리고 정책환경

#### 1. 4차 산업혁명 시대의 도래

디지털 전환이 가속화되면서 인간, 물체, 공간 등 다양하게 연결되는 초연결 세상이 도래하고 있다. 이러한 연결을 통해 수집된 데이터는 4차 산업혁명 시대의 원동력이 된다. 수집된 데이터는 인공지능을 통해 분석되면서 새로운 부가가치 서비스를 제공한다. 우주개발은 연결의 범위를 지상을 넘어서 우주까지 확장하게 한다. 연결범위를 넓힐뿐만 아니라 더 정밀한 데이터를 얻을 수 있다. 지상에서의 연결을 통해 글로벌 강자가 된 구글, 아마존, 테슬라 등이 연결의 힘을 알고 광고, 전자상거래, 전기차 등 사업에 연결의 힘을 접목하여 세상에 새로운 가치를 제공한 기업들이다.



#### II. 이슈 분석 · 제언

주요국 우주패권 경쟁과  
국방 우주



## II. 이슈 분석 · 제언

주요국 우주패권 경쟁과  
국방 우주

이에 산업통상자원부는 알키미스트 프로젝트를 통해 10~20년 후 산업의 판도를 바꿀 도전적, 혁신적 핵심 원천기술 개발을 서두르고 있다. 1분 충전 600km 주행 전기차, 100m 7초주파 로봇슈트, 슈퍼태양전지, Brain to X(생각만으로 주변사물 제어), 소프트임플란트(면역거부 없는 인공장기) 등이 그것들이다.

### 2. 미래 전장 및 과학기술

미국의 SDA(우주개발국)는 위협에 대비한 우주방어 아키텍처를 정의하고, 차세대 우주개발과 그 적용을 가속화하고 있다. 주요 기준을 살펴보면, i)실제 위협에 기반한 적시적인 전장지원, ii)확산개념 적용으로 대응력, 회복탄력성 향상, iii)2년 단위의 신속한 개발과 야전 운용 능력 향상, iv)국방부 및 민간과의 파트너십 활용 등이 그것들이다. 기본 관념(Notional Architecture)으로서, 가시권 범위 밖의 시한성 지상/해양 목표에 대한 Targeting, 극초음속 및 최신 고성능 미사일 위협에 대한 조기경보 및 추적 등을 들고 있다.

SDA(우주개발국)는 우주무기 획득에 있어 건설적인 파괴자 역할 수행을 자임하고 있다. 실리콘밸리 스타트업 정신을 드높이고 있다. 상용개발품을 이용해 속도를 높이고 비용을 절감하는 비즈니스 모델을 창출하고 있다. 이는 뉴스페이스 패러다임과 동일한 것으로 볼 수 있다. 한계돌파를 가능하게 할 과제의 기획을 중시하며, 실패할 우려가 있는 사업일지라도 미래지향적 연구를 권장하고 있다. PM(Project Manager) 중심으로 과제를 추진하며, PM은 다양한 직종으로부터 영입하는 경우가 많다.

### 3. 정책 환경 및 미래국방

기존 국방연구개발은 군이 필요로 하는 소요기반 무기체계 획득을 위한 핵심기술 개발이었으며, 소요기반 연구개발 체계는 미래 전장을 주도할 신기술기반 무기체계 소요창출에 제한적이었다. 창의도전적 국방기술 개발을 위해 안보 현안 해결 및 미래전 대비 혁신적 아이디어 활용방안이 요구되는 바 미래도전 국방기술 제도 및 절차 정립이 요구된다.

현재 미래국방기술 관련 정부 중점 투자분야를 보면, 방사청의 게임체인저 8대분야로 양자물리, 합성바이로, 극초음속, 무인자율, 미래통신/사이버, 에너지, 인공지능, 우주 등이 포함되어 있다.

미래 전장에서 전력 우위를 가질 수 있는 핵심요소로서 기초·원천 기술개발이 시급하다. 무기체계는 그 자체로 높은 완결성 및 신뢰성을 갖추어야 하기 때문에 체계개발 시 적용되는 핵심기술은 사전에 응용연구나 시험개발을 통해 높은 기술 성숙도(TRL)를 확보가 필요하다. MTCR, ITAR 등과 같은 전략무기 및 기술의 해외 이전 통제 규정 강화추세와 선진국의 수출통제(E/L) 조치 등으로 현재와 같은 핵심기술·부품의 해외의존도가 지속될 경우 자주국방 달성에 차질 발생뿐만 아니라 수출 확대에도 걸림돌로 작용하고 있다.



아울러 무기체계와 미래 전장환경에 적용될 수 있는 광범위한 분야의 기초·원천기술 개발이 응용연구 및 시험개발 단계를 거쳐 무기체계 개발로 이어지는 기술 성숙도의 지속적인 증가를 뒷받침하는 긴밀한 연계형 기술개발 체계가 요구된다.



## II. 이슈 분석 · 제언

주요국 우주패권 경쟁과  
국방 우주

## IV. 국방 우주활동

군사적 우주활동은 발달과정에서 몇 단계를 거치며 진행 발전되어 왔다. 처음에는 핵에 의한 대학살로부터 자국을 지키는 것이 주요 목적이었다. 초기의 이슈는 미국 등 전략적 핵의 힘의 효율성을 증가시키기 위해서 충분히 신뢰할 만한 군사적 우주를 확립하는 것을 포함하였었다. 군사적 우주활동은 비밀스럽게 진행되어 왔거나 최소한도만이 공개되었다. 최근에는, 우주자산이 군사용이건 아니건, 지구 궤도에 대한 적들의 접근을 물리칠 능력을 갖추면서 국가의 우주 자산을 보호하기 위한 우주 기반 기술을 검증하고 확인하는 작업을 시작하였다[5].

국방 우주개발 전략을 미국 SDA(Space Development Agency)를 사례로 들어 살펴보자. 국방부 연구개발차관(Under Secretary of Defense(R&E) 산하 우주개발 관련 주요 조직으로 DIU(Defense Innovation Unit; 국방혁신단), DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency; 국방고등연구계획국), SDA(Space Development Agency ; 우주개발국) 등이 있다[6].

SDA는 신속(Speed), 공급(Delivery), 민첩(Agility) 등을 핵심가치로 하는데, 이는 우주무기 획득에 있어서, 건설적 혁신자(constructive disruptor) 역할 수행 및 상용개발품을 이용해 속도를 높이고 비용을 절감하는 비즈니스 모델을 창출하고자 하는 것이다. 위협에 대비한 국방 미래 우주방어 아키텍처를 정의하고, 차세대 우주기술 개발과 적용을 가속화하고 있는데 그 기준 원칙을 살펴보면, i) 실제 위협에 기반한 적시적인 전장 지원, ii) 확산개념 적용으로 대응력/회복탄력성 향상, iii) 2년 단위의 신속한 개발과 야전 운용능력, iv) 국방부 및 민간과의 파트너십 활용 등이다. 개념적 아키텍처 상의 목적을 살펴보면 i) 가시권 범위 밖의 시한성 지상/해상 목표에 대한 Targeting, ii) 극초음속 및 최신 고성능 미사일 위협에 대한 조기경보 및 추적 등으로 i) 위협 감지/추적/식별, ii) Targeting 솔루션 개발, iii) 데이터 전장에 직접 배포 등을 목표기능으로 삼고 있다.



## II. 이슈 분석 · 제언

주요국 우주패권 경쟁과  
국방 우주

## V. 결론

최근 범부처 국방과학기술 협력 거버넌스를 개선하고 신개념 무기 개발을 위한 첨단기술 분야 연구개발의 적극 추진을 위해 산학연 역량 결집의 필요성이 제기되고 있으며 이에따른 민간기술 지원이 요구된다. 혁신에 적합한 개방적이고 유연한 조직, 규정 및 제도를 확립하여 민군협력 활성화 및 산업체 역할 강화를 유도하고, 상용 우주자산의 적극 활용을 통해 개발주체 간 역할분담을 유도할 필요가 있다[7].

국방 우주정책 및 민군협력을 강화하기위해, 미국의 National Space Security Strategy, National Space Strategy 등의 예시에서 보듯, 국가의 국방우주전략 수립과 더불어 국방 및 민간 우주추진 체계 상호 연계가 필요하다. 한국의 국방우주예산은 0.4억 달러(2020년) 수준으로 일본의 1/25 수준에 불과한데 국방 우주예산의 확대가 필요하다. 초소형위성 군집위성시스템, 정지궤도 조기경보 위성, 정지궤도 자료중계 위성, 한국형 위성항법시스템 등 논의 중인 민군협력사업지속 추진이 필요하다. 국방 연구개발 및 민간 연구개발 간의 연구개발 제도 차이로 인한 특히 민간업체의 애로가 심한 바 극복 노력이 요구된다[8].

민군 활용기술 공유·협력을 통한 정보 생성 및 분석 기술 고도화를 위해, 민간 위성정보 검보정 시설(사이트) 공동활용이 필요하다. 국제협력 상호 지원이 필요한 바, i) NASA, CNES, DLR, JAXA 등 주요 우주기관과의 협력 네트워크 지원, ii) UNCOPUOS, IAC, Space Symposium, APRSAF 등 국제기구 및 단체 협력지원, iii) 미 국무부, 국방부 등과의 협력 네트워크 등을 통해 SSA, 수출통제 등 관련 협력 지원이 필요하다.

## 참고 문헌

- [1] 스희 가즈토, 『우주개발과 국제정치』, 한울, 2011.
- [2] 과학기술정보통신부, 『국가 R&D 역량 활용 국방기술 강화, 혁신을 위한 미래국방 원천 R&D 예비타당성 조사 연구』, 과학기술정보통신부, 2021.
- [3] 유준구, 『우주안보 환경 변화에 따른 우주 안보 제도화의 현안과 과제』, 국립외교원, 2021.
- [4] 신성호, 『바이트 시대 미중경쟁과 한반도』, 미래안보전략기술과정, 2021.
- [5] 김종범, 『국제사회에서의 우주군사력 동향과 한국의 우주전략』, 항공우주력연구, 제8권, 2020.
- [6] 방위사업청, 『관리자급 국방 신기술 분야 특별교육과정』, 2021.
- [7] 김종범, 『육군 우주력 발전방향』, 항공우주산업기술동향 19권 1호, 2021.
- [8] 국방과학연구소, 『국방우주 기술 세미나』, 2021.



## II. 이슈 분석 · 제언

주요국 우주패권 경쟁과  
국방 우주

우주정책연구 4권  
Space Policy Research Vol.4

---

발행인 : 이상률

주 소 : 대전시 유성구 과학로 169-84

편집인 : 정영진

전 화 : (042)870-3655

발행처 : 한국항공우주연구원

팩 스 : (042)860-2118

발행년월 : 2021.12

---

※ 본 저널에 수록된 연구내용은 연구자의 견해이며 한국항공우주연구원의 공식적인 견해가 아님을 밝힙니다.