

# Space Policy Research

우주 정책 연구 2025. WINTER  
vol.12



한국항공우주연구원  
KOREA AEROSPACE RESEARCH INSTITUTE

# CONTENTS

Space Policy Research  
vol. 12



## Part 01

### 우주개발 · 탐사와 거버넌스

- 08 **뉴스페이스 시대 우주경제 통계와 국내의 우주기업의 수익성**  
백기태 | 한국항공우주연구원 우주항공정책팀 선임연구원
- 20 **우주탐사에 필요한 원자력 에너지 이용에 관한 법적연구**  
윤나영 | 한국항공우주연구원 연구전략팀 선임연구원
- 34 **달 탐사 활동을 위한 시스템 및 인프라의 상호운용성에 관한 국제적 논의 현황과 시사점**  
최남미 | 한국항공우주연구원 연구전략팀 책임연구원

## Part 02

### 우주안보와 위험관리

- 46 **북한의 극초음속 우주개발 위협에 관한 평가전망**  
박상중 | 국방대학교 직무교육원 교수
- 70 **우주보험 언더라이팅 핵심 항목 분석 : 5대 위험 요소 프레임 워크와 2025년 하드 마켓(Hard Market) 국면**  
남기원 | 한국항공우주연구원 우주항공정책팀 책임연구원



# Space Policy Research

I. 우주개발 · 탐사와 거버넌스





# 뉴스페이스 시대 우주경제 통계와 국내외 우주기업의 수익성



**백기태** | 한국항공우주연구원  
전략기획본부  
우주항공정책팀  
선임연구원  
bkt@kari.re.kr

## 초 록

최근 뉴스페이스(NewSpace)를 비롯한 우주산업은 낙관적 전망과 그에 따른 투자 확대를 중심으로 논의되어 왔지만, 국내외 우주스타트업들은 수익성 측면에서 다소 취약한 모습을 보이고 있는 것으로 나타났다. 본 연구는 민간 컨설팅 기관이 제시하는 우주경제 통계가 지상 장비 및 파생 서비스를 폭넓게 포함하고, 정부가 유일한 구매자인 계약을 상업 매출로 분류하는 관행으로 인해 기업들이 실제 직면하는 시장 규모를 과대평가할 수 있다는 점을 지적하고 있다. 또한 국내외 주요 우주 스타트업들의 재무제표를 살펴본 결과 매출이 증가하는 기업들조차 상당수가 영업손실과 누적 적자를 지속하고 있다는 점을 확인하였다. 이러한 뉴스페이스 붐은 장기간 지속된 저금리 기조와 미국 고유의 아웃소싱 및 조달 제도에 상당 부분 의존해 왔으며, 최근 금리 정상화와 벤처투자 둔화 속에서 투자 위축과 기업 가치 조정이 진행되고 있음을 확인하였다. 이러한 분석을 바탕으로 우주경제 통계를 국내 정책과 투자 논의에 활용할 때 보다 신중한 시장 전망이 필요하며, 공공 조달과 민간 투자 연계를 통한 국내 뉴스페이스 생태계의 지속가능한 성장을 도모할 수 있는 정책 설계의 필요성을 제시한다.

**Key Words** : Space Economy Statistics(우주경제 통계), NewSpace(뉴스페이스), Firm Profitability (기업 수익성), Public Procurement(공공조달), Space Industry Policy(우주산업 정책)

## 1. 서론

지난 10여 년간 국내외 우주산업 관련 보고서와 정책 문서들은 일관되게 우주경제(space economy)의 고성장을 강조해 왔다. 2000년대 후반 이후 뉴스페이스(NewSpace)라는 용어는 민간 주도의 혁신과 시장 확대를 상징하는 핵심 키워드로 자리 잡았다. 글로벌 컨설팅·국제 기구 보고서는 세계 우주경제 규모를 수백억에서 수천억 달러로 추정하며 높은 수준의 성장률을 제시하고, 스타트업·벤처 투자의 증가와 저궤도(LEO) 위성군 확산을 근거로 고성장 산업이라는 이미지를 강화해왔다. 국내에서도 국가 우주개발 중장기 계획과 여러 정책 보고서에서 우주산업을 미래 성장 동력으로 규정하며, 국내 우주기업의 성장을 전제한 다양한 정책 목표와 수치들이 제시되고 있다[1][2][3].

그러나 실제 국내 주요 우주기업들의 재무제표를 살펴보면, 상당수가 매출 규모에 비해 지속적인 영업적자 및 당기손실을 기록하고 있으며, 흑자를 내는 기업은 소수에 불과하다. 국내 우주기업의 재무자료와 상장사·비상장사의 공시 자료를 종합하면, 매출이 증가하는 기업들조차도 연구개발 비용과 초기 인프라 투자 부담으로 인해 수익성을 확보하지 못하는 경우가 많다. 이처럼 성장하는 산업이라는 낙관적인 전망과 적자를 면치 못하는 개별 기업의 수익성 사이에는 적지 않은 괴리가 존재한다. 이는 현재의 우주산업에 대한 통계와 산업에 대한 담론을 비판적으로 재검토해야 할 필요성을 제기한다.

본 논문은 다음과 같은 문제의식을 제기한다. 첫째, 여러 국제기구, 컨설팅, 정부 보고서가 제시하는 우주경제 통계는 그 측정 범위와 방법론 상 상당한 불확실성을 내포하고 있으며, 이를 충분히 비판적으로 검토할 필요가 있다. 둘째, 글로벌 뉴스페이스 붐이 금융위기 이후의 저금리 및 양적완화 환경과 미국 특유의 민영화(아웃소싱) 조달 제도 위에서 형성되었으나, 최근 금리 정상화 국면에서 투자 위축과 함께 기업 가치 조정이 빠르게 진행되고 있다. 이를 통해, '우주산업 성장'이라는 낙관적 전망이 가지는 한계를 지적하고, 기업 재무성과와 투자환경, 제도적 맥락을 고려한 현실적인 정책 논의의 필요성을 제시하는 것이 본 논문의 목적이다.

## 2. 우주경제 통계의 구조적 과대평가 요인

### 2.1 측정 범위와 분류체계의 문제로 인한 통계적 착시

글로벌 우주시장 규모는 OECD, Space Foundation, Euroconsult 등 여러 기관에서 추정치를 제시하고 있다. 이들 보고서는 대체로 ① 정부 및 군사 우주 활동, ② 위성·발사체 등 우주 인프라 제조, ③ 위성통신·방송·내비게이션, ④ 위성 데이터를 활용한 다양한 다운스트림 서비스 등을 모두 포함하여 '우주경제'로 정의한다. 예를 들어 Space Foundation의 The Space Report는 2024년 세계 우주경제를 약 6,130억 달러로 추정하며, 이 중 약 78%가 상업 인프라·제품·서비스에서 발생한다고 제시한다[4]. 그러나 이러한 경우 단말기 판매나 방송서비스 전체 매출까지 포괄되면서, 우주와의 직접적인 연관성이 약한 부문까지 포함되는 문제가 발생한다.

BryceTech와 위성산업협회(SIA) 등 민간 분석기관 역시 위성통신·GNSS 기반 장비 및 서비스 부문을 중심으로 연 3~7%대 성장률을 제시한다[6]. OECD 또한 2019년 및 2023년 보고서에서 다양한 출처의 추정을 비교하면서 우주경제가 상당한 규모의 산업으로 성장했음을 강조한다[5][12]. 그러나 동시에 OECD는 이러한 추정이 조사 범위·분류체계에 따라 크게 달라질 수 있으며, '우주경제'라는 개념 자체가 통계적으로 안정화되지 않았다고 명시한다. 실제로 '우주경제'의 규모는 측정 기관별로 상당한 편차를 보인다. 2024년 동일 연도를 기준으로 앞서 Space Foundation은 6,130억 달러를 제시한 반면[4], BryceTech/SIA가 분석한 보고서는 4,150억 달러로 추정했다[6]. 동일 연도에 대한 추정치가 약 2,000억 달러(약 260조원)에 가까운 차이를 보이는 것은, '우주 경제'의 범위를 정의하는 통일된 기준 자체가 부재함을 명백히 보여준다.

가장 보수적인 통계 중 하나인 BryceTech 자료에 따르면, 2024년 글로벌 우주경제 4,150억 달러 중 위성 산업이 2,930억 달러로 전체의 71%를 차지했다[6]. 그러나 이 위성 산업의 세부 구성을 살펴보면 위성 산업 매출

2,930억 달러 중 지상 장비(Ground Equipment)가 1,553억 달러로 절반 이상(53%)을 차지한다. 여기에는 스마트폰, 차량 내비게이션 등에 탑재되는 GNSS 수신기 및 네트워크 장비가 포함된다. 두 번째로 큰 비중은 위성 서비스(Satellite Services)로 1,083억 달러(37%)를 차지하며, 이 중 상당 부분은 위성 TV(DTH)와 같은 전통적인 방송통신 서비스에 해당한다.

그러나 정작 국내외 뉴스페이스 스타트업들이 미래 시장으로 간주하고 치열하게 경쟁하는 핵심 분야는 업스트림(Upstream)시장으로 위성 제조는 약 200억 달러(6.8%), 발사 서비스는 약 93억 달러(3.2%)에 불과하다. 이는 정책 결정자들과 투자자들이 '뉴스페이스 시장'이라고 인식하며 자본을 투입하는 업스트림 분야의 전 세계 시장 규모가 통상 4,150억 달러가 아닌 약 293억 달러 수준임을 시사한다(표 1 참고). 물론 업스트림 활동은 장기적으로 다운스트림 수요를 통해 간접적인 부가 가치를 창출하지만, 단기적으로 개별 기업이 직접 접근할 수 있는 매출 기반은 이 범위에 머물 가능성이 크다는 점을 보여준다. 따라서 현재 시장 전망에서 인용되는 수치는 본질적으로 '우주 산업'이 아닌 '우주를 활용하는 지상 산업'의 규모이다. 이는 실제 뉴스페이스 기업들이 마주하는 시장의 크기와 잠재력에 대한 오인을 유발할 수 있다.

<표 1> 2024년 글로벌 우주경제 통계 사례

대분류	중분류	2024년 매출 (USD)	위성 산업 내 비중	전체 우주 경제 내 비중
위성 산업	(소계)	\$293.0B	100.0%	70.6%
	지상 장비 (GNSS, 단말기 등)	\$155.3B	53.0%	37.4%
	위성 서비스 (위성TV, 통신 등)	\$108.3B	36.9%	26.1%
	위성 제조	\$20.0B	6.8%	4.8%
	발사 서비스	\$9.3B	3.2%	2.2%
비-위성 산업	(소계)	\$122.0B	-	29.4%
	(정부 예산, 비상업 활동 등)	\$122.0B	-	29.4%
총계	-	\$415.0B	-	100.0%

출처: SIA, State of Satellite Industry Report 2025(prepared by BryceTech)[6]를 바탕으로 재구성.

## 2.2 공공 조달과 민간 매출의 혼재

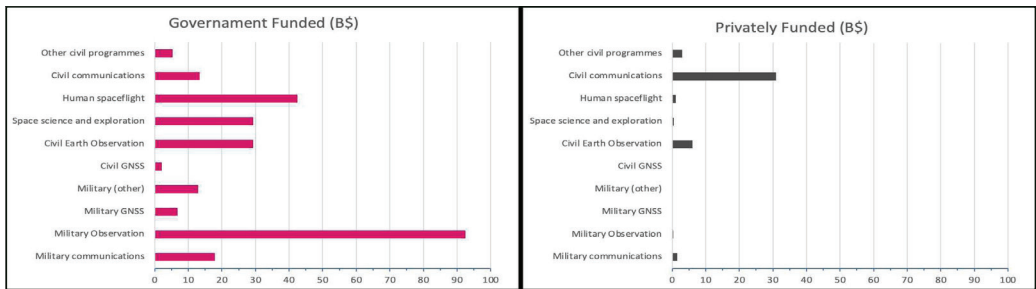
OECD에서는 우주경제 측정의 핵심 난제로 (1) 통계 분류체계(ISIC, NAICS 등)가 '우주'만을 별도로 정의하지 않는다는 점, (2) 위성 신호·데이터를 활용하는 다운스트림과 다른 산업 간 경계가 모호하다는 점, (3) 여러 자료가 단발 설문·전문가 판단에 의존한다는 점을 지적하고 있다[7].

최근 Gatti(2025)의 논의에 따르면 2024년 기준으로 발표되는 우주경제 규모(4,000억~6,000억 달러)의 상당 부분이 사실상 GNSS 칩·스마트폰, 위성 TV·라디오·브로드밴드 가입료에 의해 구성된다는 점을 구체적 수치로 제시한다. GNSS 장비 매출 중 약 90%가 스마트폰·웨어러블에서 발생하고 위성 서비스 매출의 대부분이 위성 TV 구

독 수입이라는 사실을 근거로, 이는 “우주 인프라가 아니라 스마트폰·미디어 산업의 성장을 반영한 숫자”라고 비판하고 있다[8].

또한 Gatti는 (1) 정부 예산이 민간 발사·제조 기업의 매출로 다시 계상되면서 생기는 이중계상(double counting), (2) 정부가 사실상 유일한 구매자인 계약을 ‘상업 매출(commercial revenues)’로 분류하는 관행이 우주경제 규모를 과대평가한다고 지적한다. 예를 들어 미국 위성 제조 매출의 약 82%가 정부 계약에서 발생하며, 2020~2024년 전 세계 우주 인프라 투자 중 2,520억 달러는 정부, 480억 달러만 민간에서 조달되었다는 것을 다음과 같이 제시하고 있다[8].

<그림 1> 정부 재원 vs 민간 재원에 의한 우주 부문 및 발사 서비스 투자



출처: Pierre Lionnet, “Space Economics”, Eurospace, 재인용: Emma Gatti, “Rethinking the Size of the Space Economy”, The Space Republic, 2025.

이러한 논의는, 현재 널리 인용되는 우주경제 수치가 ‘우주 인프라 자체의 시장 규모’와 ‘우주기반 서비스를 활용하는 타 산업의 부가가치’를 제대로 구분하지 못하고 있음을 시사한다. 따라서 국내 정책 및 투자 의사결정에서 이러한 수치를 그대로 민간 우주시장에 대한 수치로 받아들이는 것에는 상당한 주의가 필요하다. 이 글에서 사용하는 ‘우주경제 통계’는 정부·군사 지출과 위성 기반 다운스트림 활동을 포괄하는 거시적인 통계를 가리키며, 개별 기업이 실제로 접근 가능한 ‘우주시장’이나 국내 ‘우주산업’의 범위와는 구별된다.

대부분의 글로벌 통계는 ‘지출/매출(expenditure/revenue)’ 또는 ‘산출물(output)’ 기준의 매크로 규모를 다룰 뿐, 그 안에 포함된 개별 기업들의 손익구조, 투자 회수 가능성, 시장 집중도 등을 충분히 보여주지 않는다. 즉, 우주시장이 얼마 규모로 크다는 진술은 가능하지만, 그 시장에서 실제로 영업이익을 내는 우주기업이 얼마나 되는가? 라는 질문에는 답하지 못한다.

이러한 통계는 정책 커뮤니케이션 차원에서는 유용하지만, 투자와 산업정책의 의사결정 근거로 사용될 때에는 왜곡을 초래할 위험이 있다. 특히 공공재적 활용이나 군사·안보 목적의 지출이 큰 비중을 차지하는 우주 분야에서 민간 산업의 성장과 우주경제 전체의 성장을 혼동하는 것은 중요한 문제다. 다음 장에서는 이러한 통계상의 낙관적 수치와 대비하여 국내 뉴스페이스 기업의 실제 재무성과를 검토함으로써 통계와 현실 사이의 괴리를 보다 구체적으로 살펴본다.

### 3. 국내 뉴스페이스 기업의 수익성과 재무적 취약성

앞서 살펴본 것처럼 글로벌 우주경제 통계는 지상부문과 정부지출을 광범위하게 포함함으로써 개별 기업이 실제로 접근 가능한 우주시장의 규모를 과대평가하는 경향이 있다. 이러한 통계상의 낙관적 수치와 대비하여 국내 주요 뉴스페이스 기업들의 기업 실적을 살펴보면 통계와 현실 사이에 존재하는 괴리가 보다 구체적으로 드러난다.

2024년 재무 기준년도 데이터가 확인된 22개 대표적인 국내 우주 스타트업 기업 중 순이익 흑자를 기록한 곳은 단 2곳에 불과했으며, 20개 기업(90.9%)이 순손실을 기록하였다[9]. 특히 업스트림 분야 핵심 기업들의 손실 규모는 매출액을 훨씬 넘어서는 수준이다(표 2 참고). 발사체 개발 기업인 이노스페이스는 2024년 약 0.15억 원(15백만원)의 매출을 기록했으나, 순손실은 약 333억원에 달했으며, 경쟁사인 페리지어로스페이스 역시 약 23억원의 매출 대비 약 206억원의 순손실을 기록했다. 위성 제조 분야의 텔레픽스는 매출 약 31억원에 순손실 약 183억원, 나라스페이스테크놀로지는 매출 약 43억원에 순손실 약 107억원을 기록하는 등 매출 규모에 비해 상당한 폭의 적자를 지속하고 있다. 이는 국내 뉴스페이스 기업 다수가 고정비와 개발비 부담에 비해 아직 충분한 매출 기반을 확보하지 못하고 있음을 보여준다.

<표 2> 주요 국내 우주 스타트업 재무실적 및 투자유치 현황(2024)

(단위: 백만원)

기업명	핵심분야	2024년 매출	2024년 순이익	총 누적 투자 유치액	최근 투자 단계
이노스페이스	발사체	15	(33,346)	127,489	IPO
페리지어로스페이스	발사체	2,313	(20,594)	70,700	Pre-IPO
텔레픽스	위성 제조/관측	3,139	(18,327)	17,500	Series C
나라스페이스	위성 제조	4,299	(10,733)	33,500	Pre-IPO
에스아이에이	위성영상 분석	4,085	(10,076)	22,700	Series C
우나스텔라	유인 발사체	19	(8,717)	25,500	Series A
스페이스솔루션	자세제어시스템	42,279	(5,981)	8,000	Series B
컨텍	지상국 인프라	29,348	(18,597)	120,450	IPO

출처: 더 브이씨(The VC) 데이터를 바탕으로 재구성

이러한 실적현황은 글로벌 뉴스페이스 기업들에서도 유사하게 나타난다. 지구관측 위성 기업인 Planet의 경우 2024년 1월 결산 기준 약 2.2억 달러 매출 대비 약 1.7억 달러의 영업손실을 기록했으며[10], 소형 발사체 기업인 Rocket Lab의 경우 2023년 12월말 결산 기 약 2.4억 달러의 매출 대비 약 1.8억 달러의 영업손실을 기록하였다[11]. 국내외 사례를 종합하면, SpaceX와 같은 일부 사례를 제외하고 뉴스페이스 기업 다수가 매출 성장을 일정 부분 달성하고 있음에도 불구하고 연구개발(R&D)과 설비투자, 인프라 구축 등에 따른 비용 부담으로 매출 대비 매우 높은 수준의 순손실을 지속하고 있는 구조임을 알 수 있다.

이러한 현황은 매출 대비 순손실 비율이 수백에서 수천 퍼센트에 달하는 전형적인 'J-커브' 초기의 재무상태를 보여준다. 그러나 문제는 이들 중 다수가 이미 Series-C, Pre-IPO, 심지어 IPO(기업공개) 단계에 진입했다는 점이다. 이는 시장 성숙도가 아닌 미래 기대감에 기반한 자본 조달이 한계에 다다르고 있음을 시사한다. 즉, 단기간의 기술 개발 및 사업화 초기단계에서 나타나는 일시적인 적자라기보다는 손익분기점 도달 시점이 지속적으로 후행하는 장기화된 J-커브 양상이라는 것이다. 이러한 재무구조는 외부투자자와 공공 프로젝트 수주에 높은 비중으로 의존하고 있어, 글로벌 경기 둔화, 금리 인상 등 외부 충격에 대한 민간 우주기업의 회복력을 제약하는 요인으로 작용할 수 있다.

한편 이러한 재무구조에도 불구하고, 이들 기업의 누적 투자 유치 규모는 작지 않다. IPO에 성공한 이노스페이스와 컨텍은 각각 1,274억원과 1,204억원의 누적 투자를 유치했으며, 페리지어어로스페이스(707억원), 루미르(405억원), 나라스페이스(335억원) 등도 수백억 원대의 자본을 조달했다. 이는 여러 국내 뉴스페이스 기업의 재무 모델이 전통적인 항공우주산업이 아닌 소프트웨어/플랫폼 산업 등과 같은 벤처캐피털(VC) 투자 모델과 유사한 양상을 보이고 있음을 보여준다. 즉, 실리콘밸리 모델과 같이 초기 대규모 자본 투입을 통해 기술 개발 및 시장점유율을 확보한 뒤, 후기 단계에서 수익화를 도모하는 전략이다. 하지만 이 모델은 본질적으로 (1) 막대한 초기 자본 소요(High CAPEX), (2) 극도로 긴 투자 회수 기간, (3) 불확실한 상업 시장 수요라는 우주산업의 고유 특성과 충돌한다. 이 모델이 지난 10년간 유지될 수 있었던 것은 다음 투자 라운드에 대한 기대감 때문이었으며, 이는 미국 SpaceX와 같은 이례적인 사업화 성공 사례와 후술할 저금리 거시경제 환경에 상당 부분 의존해왔다. 다음 장에서는 이러한 뉴스페이스 붐의 형성과 통계와 현실사이의 괴리가 발생하게 되는 배경에 대해 살펴본다.

### 4. 뉴스페이스 붐의 형성과 투자 위축

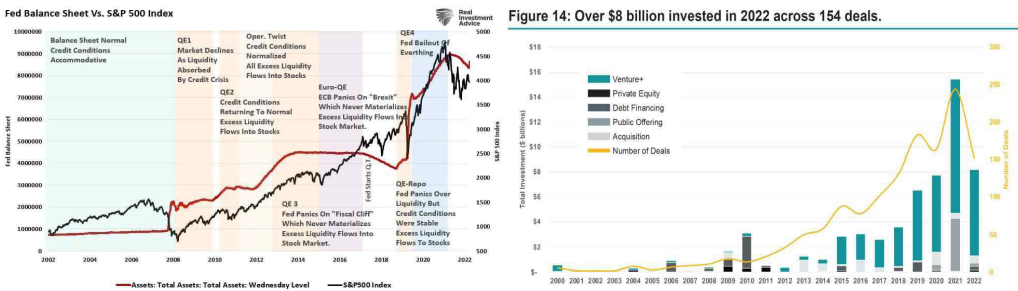
2010년대 뉴스페이스 붐과 글로벌 우주기업들의 대규모 자금 조달은 우주로의 접근 비용을 줄이는 기술적 혁신 외에도 글로벌 양적 완화 공급으로 인한 '금융적 요인'과 미국 정부의 COTS/CRS 프로그램 등이 창출한 '정책적 수요'라는 두 가지 인위적 동력이 복합적으로 작용한 결과로 촉발되었다. OECD (2023)에서는 2010년대 시작된 현재의 상업적 투자 단계는 이른바 '뉴스페이스' 생태계 성장과 맞물려, 우주로의 접근 비용을 낮추는 혁신, 상업화를 지향하는 정부정책, 주식·금융시장에 대한 접근성 개선에 힘입어 전례 없는 발사 빈도와 궤도 점유 확대를 가져오고 있다고 설명하고 있다[12].

#### 4.1 금융적 요인: 양적완화와 유동성 공급

2008년 글로벌 금융위기와 2020년 COVID-19 팬데믹에 대응하기 위해, 미 연준(Fed)을 비롯한 전 세계 중앙은행들은 전례없는 규모의 양적완화(QE) 정책을 시행하였으며, 이는 기준금리를 사실상 제로(0) 수준으로 낮추고 시장에 막대한 유동성을 공급하는 조치였다. 유럽우주정책연구소(2024)는 이러한 현상을 다음과 같이 지적하고 있다. 장기화된 저금리 환경은 연금, 사모펀드(PE), 벤처캐피털(VC)과 같은 기관 투자자들이 안전자산에서 수익을 내기 어려워지자, '고위험·고수익' 자산으로 자본을 대거 배분하도록 유도하였으며, '우주 산업'은 기술적 혁신성과 결합하여 이러한 유동성 자본의 대표적인 투자처가 되었다[13].

이러한 거시경제적 배경과 우주산업 투자와의 연관성은 BryceTech의 데이터에서도 명확하게 드러난다. 저금리 유동성이 절정에 달했던 2021년, 글로벌 전체 VC 투자는 전년 대비 거의 두 배로 급증했으며[14], 글로벌 우주 스타트업에 대한 투자는 약 150억 달러로 2020년 대비 82% 증가하며 정점에 도달하였다[15]. 국내 우주 스타트업들의 투자 유치 성공 사례 역시 이러한 글로벌 유동성 공급의 수혜를 직접적으로 입은 결과로 해석할 수 있다.

<그림 2> 미 연준의 양적완화와 우주 스타트업에 대한 투자



출처: Lance Roberts, "Not QE Puts Fed Between A 'Rock And A Hard Place',"Real Investment Advice, 2023.3.21. [16]; BryceTech, Start-Up Space 2023.[15]

#### 4.2 정책 수요: 미국의 아웃소싱 정책과 조달 구조

단순히 유동성이 풍부하다고 해서 본질적으로 위험성이 높은 우주산업에 막대한 자본이 투입되지는 않는다. 뉴스페이스라는 용어는 주로 미국을 중심으로 한 민간 주도 우주기업의 부상을 지칭한다. 이러한 현상은 단순한 기술 혁신만이 아니라 미국의 민영화(아웃소싱) 제도 및 조달 구조와 금융환경이 결합한 결과로 이해할 필요가 있다.

미국에서는 1980년대 이후 상업우주발사법(Commercial Space Launch Act)[17], NASA의 COTS/CRS/Commercial Crew 프로그램[18] 등과 같은 우주 분야에서의 아웃소싱 정책을 통해 정부가 민간 기업을 상대로 장기적 수요를 약속하고, 인프라와 서비스를 ‘구매’하는 구조를 제도화해왔다. 미국의 이러한 아웃소싱(민영화) 제도는 훨씬 이전인 1970년대 후반부터 연방 정책 의제에 처음 등장하였으며, 이후 정치적 지지를 얻어 지속적으로 발전해왔다[19]. 이후 연방 정부의 아웃소싱 정책은 연방 조달 규정(FAR)과 1998년 연방 활동 목록 개혁법(FAIR) 등에 의해 더 큰 범주에서 규율되고 있다. 특히 연방 활동 목록 개혁법은 정부기관이 ‘상업적 활동’ 즉 본질적으로 정부가 수행해야 하는 고유 기능이 아니며 민간 부문에서 조달할 수 있는 활동을 목록화하도록 하고 있으며 이러한 활동들에 대해서는 민간 기업으로부터 경쟁적 조달 대상으로 지정될 수 있도록 하고 있다. 이는 미국 외 다른 국가에서는 쉽게 찾아보기 어려운 고유한 제도이다.

이러한 제도 및 조달구조 하에서 미국의 민간 우주기업들은 정부를 첫 번째 대형 고객으로 확보한 상태에서 민간 시장 확대를 도모할 수 있었으며, 이는 투자자들에게 시장이 실재한다는 결정적 신호로 작용했을 것이다. 즉, 미국의 뉴스페이스 기업들은 정부 조달과 민간투자라는 안전장치 위에서 성장해 왔으며, 정부가 확실한 초기 구매자가 되어줌으로써 민간 기업이 감당해야 할 막대한 초기 기술 개발 및 시장 불확실성 위험을 제거해준 것이다. 그 결과 NASA는 COTS/CRS 프로그램을 통해 전통적 방식 대비 2~3배의 비용을 절감하는 성과를 거둔 것으로 알려졌다[20], SpaceX와 같은 민간 기업에게는 안정적인 초기 수익원을 제공하였다. 특히 미국은 우주예산이 전 세계에서 가장 큰 국가이기도 하다.

따라서 우리가 뉴스페이스를 언급할 때 이러한 제도적 차이를 반드시 고려해야 할 필요성이 있으며 제도적 기반이 서로 다른 국가에서 동일한 성과를 기대하기는 어려울 것이다. 이러한 차이는 글로벌 뉴스페이스 붐 형성과정에 있어서 국내 뉴스페이스 기업의 실적에 대한 괴리가 더 큰 이유를 상당 부분 설명해준다. 다음 절에서는 이러한 제도적 요인대 더해, 최근의 글로벌 금융 환경 변화가 뉴스페이스 기업의 투자 흐름과 기업 가치 조정에 어떠한 영향을 미쳤는지 살펴본다.

#### 4.3 환경 변화: 금리 인상과 투자위축

이 같은 글로벌 저금리 환경과 미국의 COTS/CRS 프로그램 등 정책적 요인으로 인해 미국을 중심으로 한 뉴스페이스 붐이 형성되었으나 최근 이러한 환경이 조금씩 변화하고 있다. 2020~2022년 사이 미국 증시에서는 SPAC을 통한 상장이 급증하였고, 우주분야 소형 발사체·위성 데이터 기업 상당수가 이 경로를 통해 상장하며 대규모 자금을 조달했다[21]. 그러나 2022년부터 시작된 인플레이션 압력에 대응하기 위한 미 연준의 급격한 금리 정상화는 지난 10여년간 지속된 글로벌 벤처투자를 빠르게 둔화시켰다. 2021년 약150억 달러로 정점을 찍었던 글로벌 우주 스타트업 투자는 2022년 약 80억 달러로 46% 급감하였다[15]. BryceTech는 이러한 하락세가 긴축 통화정책과 직접적으로 연결된다고 분석했으며, 2024년에도 투자액은 78억 달러 수준에 머무르며 회복되지 못하고 있다[22].

이처럼 글로벌 유동성이 감소하자 2021년 4분기 이후 우주 부문의 SPAC 시장은 상당히 위축되었으며[23], 이러한 거시경제 환경은 국내외 뉴스페이스 기업들에게 치명적일 수 있다. 막대한 손실을 기록하며 다음 투자라운드 자금 조달에 의존해온 기업들은 높아진 자본 비용으로 인해 신규 투자 유치에 어려움을 겪을 수 있으며, 이는 기업가치를 하향 조정하여 투자를 받거나, 최악의 경우 자금 고갈로 이어질 수 있는 심각한 유동성 위기에 직면할 수 있음을 의미한다.

여기서 한 가지 주목해야 할 점은 이러한 글로벌 벤처투자 둔화 분위기 속에서도 특정 분야로의 자금 쏠림 현상이 나타나고 있다는 점이다. 2024년 유럽 벤처캐피탈 시장이 45% 하락하는 동안 국방, 안보, 복원력(Defence, Security and Resilience, DSR) 분야의 딥테크 스타트업 투자는 사상 최고치인 48억유로(52억 달러)를 기록했다[23]. 또한 전 세계 공공 우주 예산 또한 역대 최고치를 경신했으며, 국방 분야가 성장을 주도(12%)하며 전체 예산의 약 54%를 차지해 민간 예산을 넘어섰다[23]. 이는 시장의 자본이 지정학적 갈등 고조와 맞물려 ‘상업 시장’이 아닌 ‘국방/안보’라는 보다 확실한 수요처로 이동하고 있다는 것을 의미한다.

### 5. 결론 및 정책 제언

본 논문은 글로벌 우주경제 통계가 제시하는 낙관적인 성장 전망과 국내외 뉴스페이스 기업들의 재무실적 사이에 존재하는 괴리를 검토하였다. 이러한 괴리는 특정 기업의 개별적 문제라기보다는 우주경제 통계의 범위와 집계방식에서 비롯되는 구조적 한계, 정부가 사실상 유일한 구매자인 계약을 “상업 매출(commercial revenues)”로 분류하는 관행, 지상부문(ground segment)을 폭넓게 포함함으로써 발생하는 통계적 착시효과 등 복합적인 요인에 기인하는 것으로 나타났다. 국내 주요 뉴스페이스 기업과 대표적인 글로벌 기업들의 재무자료를 살펴본 결과, 매출이 일정 부분 성장하고 있음에도 상당수가 영업손실과 누적 적자를 지속하고 있으며, 매출 구조 또한 정부·공공부문 조달에 높은 비중으로 의존하고 있음이 확인되었다. 이러한 결과는 우주경제 통계를 국내 우주산업 정책과 투자 논의의 직접적인 근거로 삼는 데에는 일정한 한계가 있음을 시사한다.

우주경제 통계는 우주 인프라와 지상부문, 정부 지출과 민간 수요가 혼재된 거시 지표라는 점에서, 산업 정책은 발사체, 위성 제조, 지상국 및 관제, 우주 데이터·서비스 등 우주 고유 활동에 기반한 별도의 지표를 기반으로 설계되어야 할 필요성이 있다. 특히 GNSS 수신기, 위성 TV 등 광범위한 지상부문 매출을 포함한 수치는 개별 우주기업이 실제로 접근 가능한 시장 기회와 위험을 과대평가하거나 오해하도록 만들 수 있다. 향후 국내 우주산업 통계는 국제 기준을 참고하되, 업스트림, 다운스트림, 공공 지출, 민간 수요를 구분하는 방향으로 개선하여 정책과 투자 의사결정에 실질적으로 활용 가능한 측정 틀을 마련해야 할 것이다.

또한 미국 뉴스페이스 사례에서 보듯이, 민간 우주기업의 성장은 단지 신기술과 기업가 정신의 결과가 아니라, 저금리와 풍부한 유동성, 미국 고유의 민영화(아웃소싱) 정책, COTS/CRS 프로그램과 같은 서비스 구매 중심 계약 모델 등 제도적 환경과 결합하여 나타난 것으로 이해할 필요가 있다. 특히 COTS/CRS의 핵심은 일정 수준의 기술 성숙도를 전제로 정부가 민간 기업의 발사·수송 서비스를 장기간에 걸쳐 구매하겠다는 신호를 제공함으로써, 민간 투자가 가능해지는 예측 가능한 수요 기반을 형성했다는 점이다. 국내에서도 연구개발 보조금 중심의 지원만으로는 한계가 있는 만큼 일정 요건을 충족한 민간 발사체, 위성, 데이터 서비스를 대상으로 중장기 서비스 구매를 약정하는 조달 모델을 검토함으로써, 정부가 안정적인 앵커 수요자로 기능할 수 있는 여건을 조성할 필요가 있다.

마지막으로 현재의 고금리·투자 위축 환경에서 순수 상업시장 수요만으로는 국내 뉴스페이스 기업들이 단기간에 수익성을 확보하기는 쉽지 않다. 다수의 뉴스페이스 기업이 장기간 적자와 누적 손실을 수반하는 J-커브 구간에 머물러 있다는 점을 고려할 때 정책은 수요 촉과 자본 축 수단을 함께 설계할 필요가 있다. 국방·안보·재난관리 등 공공 수요를 체계적으로 발굴하여 초기 레퍼런스 시장을 제공하는 한편, 일정 수준의 기술 성숙도와 공공 활용 가능성이 검증된 기업을 대상으로 장기 자본을 공급하는 우주 특화 펀드나 정책금융 프로그램의 활용도 검토할 수 있다. 다만 이러한 자본 공급은 실제 수요와 성과를 기준으로 운용되어야 하며, 단순한 적자 보전으로 기능하지 않도록 설계하는 것이 중요하다.

본 연구는 우주경제 통계, 기업 재무자료, 금융 및 정책 환경을 연계하여 뉴스페이스 산업의 현재 위치를 개략적으로 조망했다는 점에서 의의를 갖지만, 자료의 제약으로 보다 정교한 계량적 분석을 수행하지 못했다는 한계를 지닌다. 향후 연구에서는 우주경제 통계, 기업 재무성과, 금융·제도 환경을 아우르는 통합적인 분석 틀을 구축함으로써 우주산업의 성장 경로와 정책 수단의 효과를 보다 체계적으로 평가하는 것이 중요한 과제로 남는다.

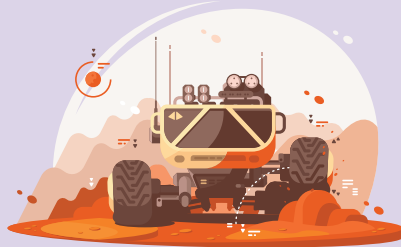
## 참고문헌

1. 관계부처합동. (2022). 『미래 우주경제 로드맵 이행을 위한 제4차 우주개발진흥 기본계획』
  2. 국회도서관. (2024). 『데이터로 보는 우주항공산업』
  3. 관계부처합동. (2024). 『우주산업 클러스터 비전』.
  4. Space Foundation. (2025). The Space Report 2025 Q2 Highlights Record \$613 Billion Global Space Economy for 2024, Driven by Strong Commercial Sector Growth. Retrieved November 17, 2025, from <https://www.spacefoundation.org/2025/07/22/the-space-report-2025-q2/>
  5. OECD. (2019). The Space Economy in Figures: How Space Contributes to the Global Economy. OECD Publishing.
  6. Satellite Industry Association (SIA). (2025). 2025 State of the Satellite Industry Report (Prepared by BryceTech).
  7. OECD. (2022). OECD Handbook on Measuring the Space Economy (2nd ed., pp. 16-18). OECD Publishing.
  8. Gatti, E. (2025, September 10). Rethinking the Size of the Space Economy: Are Satellite-enabled Services Inflating the Industry's True Value? The Space Republic.
  9. 더브이씨(THE VC). (2025). “국내 뉴스페이스 분야 기업 투자 데이터”. 2025년 8월 7일 검색, <https://thevc.kr>
  10. Planet Labs PBC, Annual Report on Form 10-K for the Fiscal Year Ended January 31, 2024.
  11. Rocket Lab USA, Inc., Annual Report on Form 10-K for the Fiscal Year Ended December 31, 2023.
  12. OECD. (2023). The Space Economy in Figures: Responding to Global Challenges. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/fa5494aa-en>
  13. European Space Policy Institute (ESPI). (2024). Bridging the Financing Gap in the European Space Sector. Retrieved November 17, 2025, from [https://www.espi.or.at/wp-content/uploads/2024/12/ESPI-Report-Bridging-the-Financing-Gap-in-the-European-Space-Sector\\_December-2024.pdf](https://www.espi.or.at/wp-content/uploads/2024/12/ESPI-Report-Bridging-the-Financing-Gap-in-the-European-Space-Sector_December-2024.pdf)
  14. BryceTech. (2022). Start-Up Space 2022. Retrieved November 17, 2025, from [https://brycetech.com/reports/report-documents/Bryce\\_Start\\_Up\\_Space\\_2022.pdf](https://brycetech.com/reports/report-documents/Bryce_Start_Up_Space_2022.pdf)
  15. BryceTech. (2023). Start-Up Space 2023. Retrieved November 17, 2025, from [https://generation.space/wp-content/uploads/2023/10/Bryce\\_Start\\_Up\\_Space\\_2023.pdf](https://generation.space/wp-content/uploads/2023/10/Bryce_Start_Up_Space_2023.pdf)
  16. Roberts, L. (2023, March 21). “Not QE Puts Fed Between A ‘Rock And A Hard Place’.” Real Investment Advice. Retrieved November 20, 2025, from <https://realinvestmentadvice.com/resources/blog/not-qe-puts-fed-in-tough-spot/>
  17. Commercial Space Launch Act of 1984, Pub. L. No. 98-575, 98 Stat. 3055 (1984). Retrieved from <https://www.govinfo.gov/content/pkg/STATUTE-98/pdf/STATUTE-98-Pg3055.pdf>
-

18. NASA. (n.d.). Commercial Resupply Services Overview. Retrieved November 17, 2025, from <https://www.nasa.gov/commercial-resupply-services-overview/>
  19. Kosar, K. R. (2006). Privatization and the Federal Government: An Introduction. Congressional Research Service.
  20. NASA. (2017). An Assessment of Cost Improvements in the NASA COTS/CRS Program and Implications for Future NASA Missions. Retrieved November 17, 2025, from <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20170008894/downloads/20170008894.pdf>
  21. McKinsey & Company. (2022, November 16). A Different Space Race: Raising Capital and Accelerating Growth in Space. McKinsey Insights.
  22. BryceTech. (2025). Start-Up Space 2025. Retrieved November 17, 2025, from [https://brycetek.com/reports/report-documents/start\\_up\\_space\\_2025/BryceTech\\_Start\\_Up\\_Space\\_2025.pdf](https://brycetek.com/reports/report-documents/start_up_space_2025/BryceTech_Start_Up_Space_2025.pdf)
  23. European Space Agency (ESA). (n.d.). Investment - ESA Space Economy. Retrieved November 17, 2025, from <https://space-economy.esa.int/documents/tJMabTj61KkdGVOtF6SKw6wGSxicen6ajUWamCG3.pdf>
-



# 우주탐사에 필요한 원자력 에너지 이용에 관한 법적 연구



## 초 록



**윤나영** | 한국항공우주연구원  
전략기획본부 연구전략팀  
선임연구원  
법학(우주법)박사  
nayoung@kari.re.kr

우주탐사의 심화에 따라 고밀도 에너지원인 우주 “핵동력원(Nuclear Power Sources; NPS)”의 이용이 필수화되고 있다. 그러나 핵동력원은 잠재적인 환경 및 안전 위험을 내포하고 있어, 국제법과 국내법적 규제 및 승인 절차의 정립이 시급하다. 본 논문은 우주용 원자력 기술을 정의하고, 외기권조약과 UN 핵동력원 원칙 등 관련 국제 규범을 분석한다. 특히 우주 핵동력원 이용에 가장 선진적인 법적 절차와 거버넌스를 갖춘 미국의 SPD-6 및 NSPM-20 체계를 상세히 검토한다. 이를 통해 우주 핵동력원 관련 규정이 미비한 우리나라의 현행 우주개발진흥법과 원자력안전법의 한계를 진단하고, 안전하고 책임 있는 우주개발을 위한 인허가 절차 도입, 기관 간 역할 명확화 및 법규 정비 방안을 제언한다.

**Key Words** : Nuclear Power Sources(핵동력원), Safety Framework(안전 프레임워크), UNCOPUOS (유엔외기권평화적이용위원회), UN Principle(UN 원칙), NSPM-20(NSPM-20)

## 1. 서론

우주탐사의 범위가 심우주 영역과 달, 화성 등 장기적인 유인 탐사로 확대됨에 따라, 기존의 태양광이나 화학 추진 방식으로는 충족할 수 없는 대규모의 지속적인 에너지 공급 및 고효율의 추진 시스템이 요구되고 있다. 이러한 기술적 요구를 해결할 수 있는 현실적인 대안은 우주용 “원자력 에너지(Nuclear Power Sources; NPS)”이다. NPS는 높은 에너지 밀도와 긴 수명을 제공하여 탐사 임무의 성공률과 효율성을 획기적으로 높일 수 있다.

그러나 핵물질을 사용하는 NPS 기술은 잠재적인 안전 위험과 환경적 영향을 내포하고 있어, 우주 무기화에 대한 국제적인 우려와 더불어, 사고 시 방사성 물질의 지구 또는 우주 환경 유출 가능성에 대한 법적 책임 문제가 발생한다. 따라서 국제적인 안전 규범을 준수하고, 국내적으로는 안전성 확보 및 책임 소재를 명확히 하는 법적·제도적 정비가 시급히 요구된다.

본 논문은 우주용 원자력 기술의 현황을 파악하고, 관련 국제법 규범을 검토한다. 특히, 1992년 유엔총회 결의로 채택된 UN외기권평화적이용위원회(Committee on the Peaceful

Uses of Outer Space; UNCOPUOS)의 ‘핵동력원 원칙(Principles Relevant to the Use of Nuclear Power Sources in Outer Space)’<sup>1)</sup> 및 2009년 국제원자력기구(International Atomic Energy Agency; IAEA)와 협력하여 수립한 ‘우주에서의 핵동력원 활용을 위한 안전 프레임워크(Safety Framework for Nuclear Power Source Applications in Outer Space)’<sup>2)</sup>에 대해 알아보고자 한다. 나아가, 우주 핵동력원 이용에 대한 최고 정책 지침인 SPD-6 및 구체적인 발사 승인 절차를 규정한 NSPM-20을 중심으로 하는 미국의 선진적인 법적 절차 및 거버넌스를 분석한다. 이를 통해 우리나라의 법규(우주개발진흥법, 원자력안전법 등)의 한계를 진단하고, 향후 국제협력 및 우주 역량 강화를 위한 법제 개선 방안을 제언하는 것을 목적으로 한다.

## 2. 우주용 원자력 기술 정의

국제법 및 국내법을 살펴보기에 앞서, 우주용 원자력 기술의 유형과 각 기술이 내포한 안전상의 특성을 이해할 필요가 있다. 우주 핵동력원(NPS)은 고밀도 에너지를 제공하지만, 방사성 물질을 포함한다는 점에서 발사 실패, 궤도 이탈, 지구 재진입 시 방사능 오염이라는 고유한 법적 위험(Legal Risk)을 수반한다. 따라서 기술적 특성에 따른 차별화된 안전 기준과 규제가 요구된다.

우주용 원자력 기술

- ◇ 방사성동위원소발전시스템(Radioisotope Power Generation System)
  - 방사성 동위원소의 붕괴열로 생산된 열 및 전기에너지
- ◇ 핵분열발전시스템(Fission Power System)
  - 핵연료의 핵분열로 생산된 열 및 전기에너지
- ◇ 원자력전기추진(Nuclear Electric Propulsion)
  - 핵연료의 핵분열로 생산된 전기 및 자기력으로 추진체 가속
- ◇ 원자력열추진(Nuclear Thermal Propulsion)
  - 핵연료의 핵분열로 추진체 가열

방사성동위원소발전시스템(Radioisotope Power Generation System; RPS)은 플루토늄-238(Pu-238)과 같은 방사성동위원소의 붕괴과정에서 얻어진 붕괴열 또는 방사선 등의 에너지를 이용하여 전력을 생산하는 발전시스템이다. 방사성동위원소는 안정한 원소로 변해가는 방사성 붕괴 과정에서 열 에너지 및 소정의 방사선(헬륨의 원자핵인 알파선, 전자인 베타선 및 광자인 감마선)을 방출한다. 이 방사성 붕괴열을 열전발전모듈의 고온부로, 외기온도를 저온부로 하여 온도차를 형성시킴으로써 전력을 생산하는 일련의 발전시스템을 방사성동위원소 열전발전시스템(Radioisotope Thermoelectric Power Generation System) 또는 원자력전지(Nuclear Battery)라고 불린다. 특히 우주용 원자력전지의 경우, 저온부가 극저온 우주환경에 노출되므로써 크고 안정된 온도 차이를 확보할 수 있으며, 열전발전에 의한 대용량 전력생산 환경을 확보할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이에 태양

1. United Nations General Assembly, The Principles Relevant to the Use of Nuclear Power Sources in Outer Space, UNGARes.47/68 (14 December 1992).  
 2. United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space Scientific and Technical Subcommittee and the International Atomic Energy Agency, "Safety Framework for Nuclear Power Source Applications in Outer Space," U.N. Doc. A/AC.105/934 (May 2009).

광이 약한 심우주 임무(예: 보이저, 카시니 등)에서 장기간 안정적인 저전력을 공급하는 데 적합하다. 다만, 붕괴 과정에서 지속적인 방사선을 방출하므로 발사 초기 단계의 사고 시 봉입 용기의 건전성 확보가 핵심적인 안전 규제 사항이 된다.

핵분열발전시스템(Fission Power System; FPS)은 원자로에서 핵분열 반응을 통해 전력을 생산하는 시스템으로, 달이나 화성 기지 건설 등 고전력이 요구되는 장기 유인 탐사 임무에 필수적이다. 특히 목적지에 도착하여 임무를 시작하기 전 핵분열 반응이 없으므로 발사 사고에 따른 방사능 누출 안전도가 매우 높다. 자연 방사능 대비 1~10의 수준의 선량을 가지고 있으며, 발사 사고 시에도 방사능 영향은 상용비행에 의한 효과보다 100배는 낮을 것으로 판단되고 있다. 현재까지 개발된 모든 핵분열발전시스템은 고체 노심 형태로 개발되었으며, 냉각 방식은 액체금속로, 히트파이프 원자로 및 가스로는 세 가지이다. 다음 장에서 살펴 볼 1992년 UN 원칙은 연료로 고농축 우라늄-235만을 사용하도록 규정했으나, 미국의 NSPM-20 등은 연구를 통해 안전성이 확보된다면 다른 농축도와 연료 사용도 허용하는 유연성을 확보하고 있다. 다만, 작동 후 생성되는 핵분열 생성물로 인해 고준위 방사선 위험이 발생하므로, 임무 종료 후 원자로가 지구로 재진입하지 않도록 하는 궤도 안전(Orbital Safety) 규제가 필수적이다.

원자력전기추진(Nuclear Electric Propulsion; NEP)은 기존의 우주 추진 기술인 화학연료로켓과 달리 방전에 의해 생성된 플라즈마를 우주공간에 분사하여 선체에 추력을 제공하는 방식이다. 장거리 고속 심우주 비행에 유리하며, 높은 출력을 요구한다. 또한 소행성 자원채굴 및 유인 우주탐사 등 우주선 기능 향상을 위한 탑재체 중량 증가가 요구되고 있어, 연료 절감 및 비행 시간 단축을 위한 고비추력 및 고추력 발생 추진 시스템인 원자력전기추진 시스템 연구가 필수 불가결한 상황이다. 미국 Ad Astra社가 화성유인우주탐사용 VASMIR를 개발하고 있으며, 유럽우주국(ESA) 또한 2035년 발사를 목표로 화성탐사용 원자력전기추진 우주선 개발을 시작하였다.

원자력열추진(Nuclear Thermal Propulsion; NTP)의 경우 원자로에서 발생한 핵분열열로 수소, 헬륨, 암모니아와 같은 추진제를 고온으로 가열하여 추력을 얻는 방식의 시스템이다. 기존 화학 추진 대비 획기적으로 높은 비추력을 제공하여 화성 유인 왕복 임무 등 비행시간을 단축할 수 있다. 주로 미국 및 러시아에 의해 실증적 기술개발이 추진되었으나 비용 및 수요 문제로 현재 비행 단계까지 개발된 원자로는 없는 상황이다. 미국은 2017년부터 美 항공우주국(NASA)과 美 에너지부(DOE)가 함께 화성까지의 이동시간을 25% 감소시키는 것을 목표로 NTP Reactor Program을 통하여 저농축우라늄 활용 원자력열추진 우주선을 2030년대 중후반 활용 계획하에 개발 중이며, 美 국방부(DOD) 산하 국방고등연구계획국(DARPA) 또한 NASA와 별도로 시스루나(Cis-Lunar)용 원자력열추진 우주선을 개발하고 있다. 현재 영국은 소형 모듈형 원자로(Small Modular Reactor; SMR) 개발회사인 Rolls & Royce社와 원자력열추진 우주선 개념을 개발 중이다.

원자력전기추진 및 원자력열추진은 대규모 원자로를 탑재하므로 사고 시 환경적 파급력이 크고, 기술적 난이도가 높아 더욱 엄격한 안전성 평가(Safety Assessment)와 국제적 신뢰 구축이 요구된다.

각 기술별 특성과 이에 따른 위험 요인 및 규제 필요성을 정리하면 다음 표와 같다.

<표 1> 우주용 원자력 기술별 특성 및 법적·규제적 위험 요인 비교

구분	기술적 특징	주요 위험 요인 (Risk Factor)	법적 규제 및 안전 초점
RPS	동위원소 붕괴열 이용 (예: 보이저, 카시니)	<input type="checkbox"/> 상시 방사선 방출 <input type="checkbox"/> 발사 실패 시 확산 위험	<input type="checkbox"/> 발사 사고 시 봉입 용기 내구도 <input type="checkbox"/> 환경영향평가(NEPA) 필수
FPS	핵분열 반응 이용 (달·화성 기지 전력)	<input type="checkbox"/> 작동 후 고준위 방사능 생성 <input type="checkbox"/> 임무 종료 후 재진입 위험	<input type="checkbox"/> 임계 도달 전(발사 시) 안전성 <input type="checkbox"/> 지구 재진입 방지(충분히 높은 궤도 운영)
NEP	핵분열 전기로 플라즈마 가속 (심우주 장거리 비행)	<input type="checkbox"/> 대형 원자로 탑재 <input type="checkbox"/> 복잡한 시스템으로 인한 사고 확률	<input type="checkbox"/> 고출력 시스템에 대한 강화된 안전 심사 <input type="checkbox"/> 국제적 책임 및 배상 한도 설정
NTP	핵분열 열로 추진제 가열 (유인 탐사 시간 단축)	<input type="checkbox"/> 고온/고압 작동 환경 <input type="checkbox"/> 배기가스 내 방사성 물질 유출 가능성	<input type="checkbox"/> 운용 중 방사성 물질 유출 통제 <input type="checkbox"/> 승무원 피폭 방호 규정

### 3. 국제법

우주공간에서의 핵동력원(NPS) 이용은 잠재적인 국제적 위험을 수반하므로, 개별 국가의 경계를 넘어선 국제적인 합의와 규범이 그 활용을 규율하는 기본 원칙으로 작용한다. 관련 국제 규범은 주로 유엔(UN)을 중심으로 형성되었으며, 각 국가의 우주활동은 이에 대한 이행 의무를 가진다.

#### 3.1 외기권조약

‘외기권의 탐사 및 이용에 관한 활동을 규율하는 원칙에 관한 조약(이하, 외기권조약; Outer Space Treaty)<sup>3)</sup>은 우주활동의 기본 원칙을 규정한 가장 핵심적인 조약이다. 우주공간에서의 핵동력원 이용과 관련하여 유심히 살펴 봐야 하는 조항은 제4조 무기배치금지 및 제6조의 국가 책임 조항이다.

외기권조약 제4조는 달 및 기타 천체를 포함한 외기권에 핵무기 또는 기타 대량살상무기를 배치하는 것을 금지한다. NPS는 ‘동력원’으로 사용되지만, 핵물질을 포함한다는 점에서 조약의 “평화적 이용 원칙(Peaceful Use Principle)”에 대한 법적 감시를 받는다. 즉, 모든 NPS 활동은 유엔 헌장 및 외기권조약을 포함하는 국제법에 따라 수행되어야 함이 전제된다.<sup>4)</sup>

3. Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies, 610 UNTS 205, adopted on 27 January 1967, entered into force on 10 October 1967 (the ‘Outer Space Treaty’).

4. 외기권조약 제3조.

5. Principles Relevant to the Use of Nuclear Power Sources in Outer Space, United Nations 1992, available at: <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/principles/nps-principles.html>

외기권조약 제6조는 우주활동을 수행하는 국가에게 국제책임(international responsibility)을 부과하며, 제7조는 우주물체의 발사국이 해당 물체 또는 그 구성 요소로 인해 야기된 피해에 대한 절대적 배상 책임(liability)을 지도록 규정한다. NPS를 이용하는 우주활동은 잠재적 위험이 크므로, 이 책임 조항의 이행은 해당 기술 이용의 법적 당위성을 확보하는 데 결정적인 요소이다. 이는 ‘우주공간에서 핵동력원 사용에 관한 UN 원칙’<sup>5)</sup> 및 ‘우주에서의 핵동력원 응용을 위한 안전 프레임워크(Safety Framework for Nuclear Power Source Applications in Outer Space)’<sup>6)</sup>에서도 국가에 국제책임 및 피해에 대한 배상 책임을 부과하도록 일관성이 유지되고 있다는 점에서 중요한 조항으로 꼽을 수 있다.

### 3.2 우주공간에서 핵동력원 사용에 관한 UN 원칙

1992년 유엔총회 결의(A/RES/47/68)로 채택된 이 원칙은 핵동력원의 평화적 이용과 국제적 안전성 보장에 관한 첫 포괄적 기준으로 자리잡고 있다. 이는 법적 구속력이 있는 “조약(Treaty)”이 아닌, 회원국들의 자발적인 이행을 기대하는 비구속적인 “연성법(Soft Law)”의 성격을 가진다. 총 11개 원칙으로 구성되며, 핵동력원의 안전한 이용을 위한 가이드라인 및 기준을 제시한다. 특히 우주공간에서의 NPS 사용 시 국제법에 따른 국가 책임, 위험 평가, 환경 보호 의무 및 통보 절차 등을 명시하고 있다.

첫 번째로 사용 제한의 원칙이 있다. 핵동력원의 이용은 “합리적으로, 非핵에너지원으로는 운용될 수 없는 우주 임무에 국한되어야 한다”고 명시하며, NPS 사용의 필요성을 엄격히 제한한다.<sup>7)</sup>

두 번째로 안전성 평가 및 통보 의무가 있다. 발사국은 안전하고 포괄적인 안전평가를 실시해야 하며, 이는 임무의 모든 단계(발사 전, 발사 및 초기 단계, 궤도 작동, 재진입 등)를 망라해야 한다.<sup>8)</sup> 또한, 사고 발생 가능성이 높아질 경우 즉각적인 통보 및 정보 공유 의무를 명시한다.<sup>9)</sup>

세 번째로 운용 안전 기준이다. 방사성동위원소발전시스템과 핵분열발전시스템에 대해 운용 단계별 안전 목표를 제시하여, 해당 원칙이 기술적 판단을 포함하고 있음을 보여준다.<sup>10)</sup> 예를 들어 우주선의 궤도 높이, 핵분열 산물의 지구 귀환 방지 등을 들 수 있다.

마지막으로 책임 및 배상이다. 상기 외기권조약 제6조 및 제7조, 그리고 책임협약<sup>11)</sup>에 따라, 핵동력원을 사용하는 자국의 국내 우주활동에 대해 국가는 국제책임 및 피해에 대한 배상 책임을 부담해야 한다.

본 UN 원칙은 우주 핵동력원 이용에 대해 직접적으로 명시하고 있는 국제 규범이라는 점에서 의의가 있으나 법적 구속력이 없어 위반 국가에 대한 제재 수단이 부재하고, 채택 이후 30년이 지나면서 핵분열 추진 시스템(NTP/NEP) 등 신기술의 등장을 충분히 반영하지 못하는 한계가 지적된다.

6. Safety Framework for Nuclear Power Source Applications in Outer Space, UN Doc. A/AC.105/C.1/124.

7. 우주공간에서 핵동력원 사용에 관한 UN 원칙 원칙 3.

8. 우주공간에서 핵동력원 사용에 관한 UN 원칙 원칙 4.

9. 우주공간에서 핵동력원 사용에 관한 UN 원칙 원칙 6.

### 3.3 우주공간에서의 핵동력원 적용을 위한 안전 프레임워크

1992년 UN 원칙의 한계를 극복하고 기술 발전을 반영하기 위해, 2009년 UNCOPUOS는 국제원자력기구(International Atomic Energy Agency; IAEA)와 협력하여 “우주에서의 핵동력원 활용을 위한 안전 프레임워크”를 공동 작성했다. 2017년부터 2021년까지의 핵동력원 실무그룹(Working Group on the Use of Nuclear Power Sources in Outer Space)의 계획에 따라 작성된 최종 보고서(A/AC.105/C.1/124)는 본 안전 프레임워크의 이행 촉진을 위한 구체적인 권고 사항을 담고 있다.

본 문서는 기존 UN 원칙의 추상적인 안전 기준을 구체화하고 현대화한 것으로 평가받고 있다. 특히, 핵동력원 이용을 고려하는 국가들에게 승인·인가 시, 임무의 특성을 고려한 안전 지침, 요건, 절차 및 비행 발사 승인 절차를 구축할 것을 권고하고 있다. 특히 2009년 안전 프레임워크는 핵분열발전시스템(FPS) 및 추진 시스템 등 고출력 NPS의 안전성에 대한 논의를 확대하였으며, 해당 시스템의 이용을 위한 안전성 입증 및 규제 조치의 중요성을 강조한다.

UNCOPUOS는 우주용 원자력 에너지원의 상업화를 대비하여 기존 UN 원칙 개정을 준비 중이며, 2023년 실무그룹의 새로운 작업계획(workplan)을 승인하는 등<sup>12)</sup>, 우주 핵동력원 이용에 대한 국제적 규범과 기술정보 수집 및 분석을 지속적으로 추진하며 국제법적 환경을 형성하고 있다. 특히 핵 추진 우주기술, 새로운 유형의 연료 및 설계, 민간 부문 참여 확대 등 새로운 이슈에 대한 정보 수집과 국제협력 방식의 정립이 주요 과제로 부상할 것으로 보인다.<sup>13)</sup>

### 3.4 소결

앞서 살펴본 세 가지 국제 규범은 우주 핵동력원 안전 관리에 있어 상호 보완적인 층위(Layer)를 형성하고 있다. 외기권조약이 우주활동에 대한 국가의 ‘국제적 책임(international responsibility)’과 ‘배상 책임(liability)’이라는 가장 상위의 법적 근거를 제시한다면, 1992년 UN 원칙은 이를 NPS라는 특정 기술 영역에 적용하여 안전 평가와 통보 의무라는 구체적인 행위 준칙을 마련한 것이다.

나아가 2009년 안전 프레임워크는 UN 원칙의 법적 구속력 부재와 기술적 노후화 문제를 보완하기 위해 수립되었다. 이는 조약이나 원칙보다 유연한 기술적 가이드라인을 제공함으로써, 급변하는 우주 원자력 기술(NTP/NEP 등)을 실질적으로 규율하는 최신 안전 기준(Safety Standards)의 역할을 수행한다. 즉, 국제 사회는 ‘조약(기본 원칙) - UN 원칙(행위 규범) - 안전 프레임워크(기술적 이행 지침)’로 이어지는 중층적인 거버넌스를 통해 핵동력원의 잠재적 위험을 통제하고 있다. 따라서 한국의 법제 정비 또한 이러한 국제적 규범 층위를 반영하여, 상위법의 근거 마련과 하위 기술 기준의 구체화가 동시에 진행되어야 한다

10. 우주공간에서 핵동력원 사용에 관한 UN 원칙 원칙 5.

11. Convention on International Liability for Damage Caused by Space Objects, 961 UNTS 187, adopted on 29 March 1972, entered into force on 1 September 1972 (the ‘Liability Convention’).

12. Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, Report of the Working Group on the Use of Nuclear Power Sources in Outer Space, U.N. Doc. A/AC.105/C.1/NPS/2025/L.1 (February 2025); United Nations General Assembly, Report of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, U.N. Doc. A/78/20, para. 150 (2023); Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, Report of the Scientific and Technical Subcommittee on its sixty-first session, held in Vienna from 29 January to 9 February 2024, U.N. Doc. A/AC.105/1307 (February 2024), Annex III.

13. 윤나영, “UNCOPUOS 핵동력원 실무그룹의 논의와 국제 규범 형성의 전망: 질문서를 중심으로” 우주정책연구, Vol. 11 (2025) p. 11.

### 4. 미국의 국내법 및 한국의 국내법 비교 분석

국제 규범의 실질적인 이행은 각국의 국내 법규를 통해 이루어지므로, 우주 강국인 미국과 우리나라의 법제를 비교 분석하는 것은 시사점을 도출하는 데 필수적이다. 본 장에서는 우선 미국의 우주 핵동력원 이용에 대한 최고 정책 지침인 우주 정책 지침 6호(Space Policy Directive-6; SPD-6)<sup>14)</sup> 및 구체적인 발사 승인 절차를 규정한 국가안보대통령각서 20호(National Security Presidential Memorandum-20; NSPM-20)<sup>15)</sup>을 중심으로 법적 절차 및 거버넌스를 분석하고 우리나라의 국내법을 살펴봄으로써, 향후 우리나라의 법규 정비 방안 및 거버넌스를 제시하고자 한다.

#### 4.1 미국

미국은 우주 핵동력 시스템(Space Nuclear Systems; SNS)을 가장 오랫동안 개발하고 운용해 온 국가로서, 그 이용에 관한 법적 절차와 거버넌스가 대통령 정책 지침을 통해 최고 수준에서 체계적으로 확립되어 있다. 특히 미국의 우주 핵동력원 이용은 행정부 최고위급의 정책 지침에 의해 주도되고 있으며, 이는 SNS의 전략적 중요성을 반영한다. 이러한 SNS의 전략적 가치와 국가 안보적 중요성을 구체적인 제도와 정책으로 확립한 대표적인 사례가 바로 우주 정책 지침 6호(SPD-6)이다.

이 지침은 SNS의 개발 및 이용에 대한 미국 정부의 포괄적인 전략적 목표와 비전을 제시한다. SPD-6는 우주탐사, 우주 방어 및 상업적 우주활동에서 SNPP(Space Nuclear Power and Propulsion) 시스템을 안전하고, 확보되며, 지속 가능하게 개발 및 사용할 것을 목표로 한다. 이는 단순한 기술개발을 넘어, 국가 안보와 우주 리더십 확보 차원에서 SNS의 중요성을 천명한 정책적 선언이다.

또한 NSPM-20은 SPD-6의 비전을 이행하기 위해 우주 원자력 시스템을 포함하는 우주선의 발사와 관련된 정책, 안전 지침, 발사 승인 및 기관별 역할과 책임을 공식적으로 수립하여 공표한 문서이다. 이는 기존의 PD/NSC-25<sup>16)</sup>를 대체하는 것으로, 핵 안전 검토 체계의 한계를 극복하고 기술 발전에 맞춰 규정을 현대화한 핵심적인 행정 규범이다. 기존의 핵 안전 검토 절차는 임무별로 달라졌으나, NSPM-20으로 모든 우주 원자력 시스템 유형에 일관되게 적용되는 연방 정부 수립 안전 가이드라인을 제공하여 공공 안전 문제 해결에 명확성을 더하였다. 또한 1992년 UN 원칙이 고농축 우라늄만 허용한 것과 달리, NSPM-20은 다양한 핵연료와 농축도를 허용함으로써 특정 임무에 가장 안전하고 효율적인 연료를 선택할 수 있게 자유를 두었다. 마지막으로 우주 핵 시스템의 상업적 이용 가능성이 증가함에 따라, 상업 발사에 대한 인허가 권한을 美 교통부(DOT) 산하 연방 항공국(FAA)에 부여하여 민간 부문의 혁신과 역량을 우주 프로그램에 활용할 수 있는 정책적 기반을 마련하였다.<sup>17)</sup>

14. U.S. Government, "Memorandum on the National Strategy for Space Nuclear Power and Propulsion (Space Policy Directive-6)," available at: <https://trumpwhitehouse.archives.gov/presidential-actions/memorandum-national-strategy-space-nuclear-power-propulsion-space-policy-directive-6/>

15. U.S. Government, "Presidential Memorandum on Launch of Spacecraft Containing Space Nuclear Systems," National Security Presidential Memorandum No. 20, August 20, 2019, available at: <https://trumpwhitehouse.archives.gov/presidential-actions/presidential-memorandum-launch-spacecraft-containing-space-nuclear-systems>.

<표 2> 미국의 지상 시설 인허가 및 핵 물질 규정에 따른 담당 기관

구분	NASA	교통부(DOT)/FAA	에너지부(DOE)	원자력규제위원회(NRC)
발사 승인	Tier I/II 연방정부 임무	Tier I/II 상업용 발사	안전성 심사 및 FSAR 승인	-
지상 시설 인허가	-	-	DOE 부지 시설	민간/非DOE 공공부지 시설
핵 물질 규정	-	-	HEU 포함 취급 시설	LEU 및 소량 동위원소 취급 시설

4.1.2 NSPM-20 기반의 발사 승인 절차

확립된 거버넌스를 바탕으로, 미국은 발사 승인까지 엄격한 절차를 의무화하고 있다. 이는 (1) NEPA에 따른 환경영향평가, (2) DOE의 기술적 안전성 심사(SAR), (3) INSRB의 독립적 검토, (4) 대통령 또는 기관장의 최종 승인이라는 다단계 검증 시스템으로 구성된다. 특히 임무의 위험도에 따라 Tier I, II, III로 분류하여 규제의 강도를 차등화한 것은 효율성과 안전성을 동시에 추구하는 합리적 제도 설계로 평가받는다.

첫 번째로 환경영향평가 절차(NEPA Process)이다. 국립환경정책법(National Environmental Policy Act; NEPA)에 따라 연방 정부 활동이 환경에 미치는 잠재적 영향을 체계적으로 검토한다. 이는 환경영향평가서(Environmental Impact Statement; EIS) 작성, 공개 의견수렴, 결정 기록(Record of Decision; ROD)을 포함하며, 발사 실패 시 방사성 물질의 환경적 영향을 사전에 분석하여 규제한다.

두 번째로 DOE 기술적 안전성 심사이다.<sup>16)</sup> 美 에너지부(DOE)는 SNS의 기술적 안전성 검증을 위해 안전성 분석 보고서(Safety Analysis Report; SAR) 체계를 따른다. SAR는 예비(PSAR), 초안(DSAR), 최종(FSAR) 단계를 거치며, 발사 실패 시 방사성 물질 방출량 추정, 확산 영향, 잠재적 건강 및 환경 영향 등을 정량적으로 분석하여 보고한다. NSPM-20 및 관련 MOU에 따라 DOE는 잠재적 사고 및 관련 위험에 대한 분석을 제공할 책임이 있다. 이 과정에서 미국은 자체 핵안전 기준(10 CFR Part 830)에 근거하여 정교한 위험 분석 및 대응 체계를 수립하고 있다.<sup>19)</sup>

세 번째로 발사 승인 절차 및 독립적 검토이다. NSPM-20은 SNS를 탑재한 임무를 잠재적 위험도에 따라 “Tier I(가장 낮은 위험), Tier II, Tier III(가장 높은 위험)”로 분류한다. 분류 기준은 시스템의 특성, 잠재적 위험 수준 및 국가 안보 고려 사항에 기반한다. 이 Tier 분류에 따라 규제 감독의 강도와 최종 승인 권한이 달라진다.

16. PD/NSC-25, Presidential Directive/National Security Council Memorandum 25, available at: <https://aerospace.csis.org/wp-content/uploads/2019/02/NSC-25-Scientific-or-Technological-Experiments-with-Possible-Large-Scale-Adverse-Environmental-Effects-and-Launch-of-Nuclear-Weapons-into-Space.pdf>

17. Kelvin Coleman, Saïd Hamouch, John Sloan, “Enhancing Safety and Regulations for Commercial Space Transportation with Space Nuclear Systems in the United States,” International Astronautical Congress, Milan October 14-18, 2024 참조

18. NSPM-20 Section 5.

19. Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, Developing a Mission Safety Analysis Report for Launch Authorization: Partnering Across Agency Boundaries to Ensure Mission Success, U.N. Doc. A/AC.105/C.1/2025/CRP.23 (February 2025).

<표 3> 미국의 Tier 분류 기준

분류	상세 내용
Tier I	낮은 방사성 재고량을 가지는 소형 동위원소 열발전장치(Small Radioisotope Heater Unit)
Tier II	Tier I보다 많은 방사성 재고량을 가지고 전기를 생산하는 대형 동위원소 장치(Large Radioisotope Unit) 및 모든 저농축우라늄(LEU) 탑재 원자로
Tier III	HEU 핵연료 장착 원자로 및 리스크 한도(Risk Limits)를 초과하는 모든 원자력 시스템에 대해 적용

또한 이 Tier 분류에 따라 특정 임무(Tier II 및 Tier III)에 대해서는 NASA 산하의 “독립적인 핵 안전 검토 위원회(Interagency Nuclear Safety Review Board; INSRB)”의 검토를 필수 요소로 명시하여 안전성 평가의 객관성과 독립성을 확보한다.<sup>20)</sup>

마지막으로 최종 승인 단계이다. NSPM-20에 따라 Tier I 및 Tier II 임무는 주관 부서 또는 기관장의 승인으로 가능하나, 고위험 시스템인 Tier III 임무는 반드시 대통령의 최종 승인을 거쳐야 한다.

#### 4.2 우리나라

한국은 2022년 누리호 성능검증위성에 방사성동위원소 열원이 없는 국산 원자력전지를 탑재하여 성능 검증에 성공한 사례가 있다. 이 원자력전지는 방사성동위원소 열원 대신 전기 히터를 사용했기 때문에, 당시 누리호 발사 승인 과정에서 핵 안전 인증 절차가 없었던 것으로 파악되며 우주 핵동력 시스템 사용 관련 구체적인 인허가 및 절차는 국내에 존재하지 않는다.

그러나 향후 방사성동위원소 열원이 포함된 원자력전지나 고출력 핵분열 시스템을 탑재하여 발사할 경우, 구체적인 핵동력원 안전 인증 절차 수립이 필수적이다. 관련 규제 및 절차가 없을 경우, 핵심 물질인 방사성동위원소 열원의 국내 도입 및 수입이 불가하며, UN 국제 규범 및 열원을 수출하는 국가의 국내법과 상동하지 않을 경우 기술을 개발하여도 실질적인 활용이 어렵게 된다.

우주 핵동력원 이용을 규율할 수 있는 현행 국내법으로는 우주개발 진흥법<sup>21)</sup>과 원자력안전법<sup>22)</sup>이 있으나, 모두 우주 핵 시스템의 특수성을 반영하지 못하는 한계가 명확하다.

우주개발 진흥법은 주로 화학에너지를 기반으로 하는 우주선의 건설 및 발사에 초점을 맞추고 있어, 원자력 시스템을 이용하는 우주 원자력 에너지에 대한 규제를 명시적으로 다루고 있지 않다. 비록 제11조에서 우주선 발사에 관한 승인 권한을 우주항공청이 담당하도록 규정하고 있지만, 핵동력원 탑재 발사에 필요한 안전 심사 기준, 위험도 기반의 승인 단계, 독립적 검토 절차 등 구체적인 절차를 제공하지 못한다.<sup>23)</sup>

원자력안전법은 지상에서의 원자력 발전, 방사성 물질의 생산, 운반, 사용, 처분 등 지상 중심의 안전 관리에 중점을 두고 있다. 따라서 우주 임무의 특수성인 발사 환경의 충격, 대기권 재진입 위험 등을 반영한 안전 인증 및 승인 절차가 부재하다. 특히 열원 국내 도입, 취급, 운송, 발사장 탑재 절차 및 방사선 구역 설정 방안 등 우주 임무와 관련된 방사성 물질의 안전 관리 규제 및 절차가 없어, 국제 기준을 충족하기 어렵다.

우주 핵동력 시스템 활용이 구체화될 경우, 한국원자력안전위원회(NSSC), 우주항공청, 환경부 등 관련 기관 간의 협력을 기반으로 하는 전문화된 거버넌스 수립이 필수적이다. 특히 NSSC는 방사성동위원소의 생산부터 처분까지의 안전 규제를 포함하여 우주활동을 위한 인허가 목적을 생성하고 담당해야 하며, 우주 환경에 맞춘 안전성 평가 기준 정립 및 핵 물질 취급 장비/절차 개발을 주도해야 한다. 현재 발사 승인 권한이 우주항공청장에게 있으나, 핵동력 시스템 열원 사용 시에는 미국 사례와 같이 발사 최종 승인을 대통령으로 해야 할지에 대한 심도 있는 논의가 필요하다.

#### 4.3 비교 분석

미국과 한국의 법제 비교는 단순한 절차의 유무를 넘어, 제도를 바라보는 관점과 설계의 근본적인 차이를 시사한다.

첫째, ‘위험 기반 관리(Risk Management)’ 대 ‘제도적 공백(Structural Void)’의 차이이다. 미국은 NSPM-20을 통해 핵동력원의 위험도를 Tier 등급으로 세분화하고, 위험 수준에 비례하는 규제 절차를 마련해 두었다. 이 절차는 임무 단계별 안전성 분석 보고서(SAR) 작성을 의무화하며, 고위험 시스템(Tier III)의 경우 대통령의 최종 승인을 필수화하여 국가 최고위급의 책임 있는 결정을 요구한다. 반면, 한국은 우주 핵동력원 임무 자체를 상정한 적이 없어 관련 규제 자체가 부재한 상태이다. 이는 단순한 법령의 미비가 아니라, 우주 원자력 활용에 대한 국가적 철학과 원칙이 아직 수립되지 않았음을 의미한다.

둘째, 거버넌스의 전문성과 책임 소재의 명확성이다. 미국은 기개발(NASA/DOE), 규제(FAA/NRC), 독립 검토(INSRB)의 역할이 분리되어 있으면서도 유기적으로 연결되어 있다. 특히 독립적인 “핵 안전 검토 위원회(INSRB)”의 검토를 의무화하여 안전성 평가의 객관성을 확보한다. 반면 한국은 우주항공청, 원자력안전위원회, 환경부 등 관련 기관은 존재하나, ‘우주 핵동력원’이라는 특수 목적을 위한 협력 채널과 주무 부처의 역할(R&R)이 정의되지 않았다.

결과적으로 한국은 미국의 사례를 참고하되, 현행법의 공백을 메우는 수준을 넘어 ‘우주 위험 관리’라는 새로운 차원의 법적 프레임워크를 도입해야 하는 과제를 안고 있다.

20. Donald Helton, Karl Garman, Mark Glissman, Tina Ghosh, "Overview of the Interagency Nuclear Safety Review Board Playbook," available at: <https://ntrs.nasa.gov/citations/20230003905> 참조.

21. 우주개발 진흥법, 법률 제20674호, 2025. 1. 21., 일부 개정, 2025. 7. 22. 시행.

22. 원자력안전법, 법률 제20533호, 2024. 10. 22., 일부 개정, 2025. 4. 23. 시행.

23. 우주개발 진흥법 제11조.

마지막으로 안전 기준 및 평가의 과학성이다. 미국은 핵동력원 탑재 발사에 대해 정량적 위험 분석을 기반으로 임무 단계별 안전성 분석(SAR)을 요구하며, 사고 발생 시 시나리오 분류를 포함한 상세한 기술적 검토를 수행한다. 이는 핵물질의 종류와 양에 따라 위험도를 과학적으로 측정하고 관리하는 접근법이다. 그러나 한국은 우주 환경에 특화된 안전성 평가 기준 자체가 부재하며, 핵 물질 취급에 필요한 열원 보관 장소, 안전 설비, 열원 취급 장비 및 절차 개발이 미흡하다. 따라서 국제적으로 요구되는 수준의 안전성과 신뢰성을 확보하기 위해서는 우주 환경을 고려한 과학적이고 정량적인 안전성 평가 기준을 시급히 정립해야 한다.

<표 4> 미국과 우리나라 비교 분석

구분	미 국	대 한 민 국
법적 절차	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ NSPM-20에 따른 Tier 기반 위험 분석 및 다단계 승인(대통령 최종 승인 포함)</li> <li>□ 임무 단계별 안전성 분석보고서 의무화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 우주 핵동력원 사용에 대한 인허가 절차 부재</li> <li>□ 기존 법규는 우주 임무 특수성을 반영하지 못함</li> </ul>
거버넌스	DOE, NASA, FAA, NRC 등 기관 간 역할 및 책임이 명확히 분담된 전문화된 거버넌스	우주청, 원자력안전위원회, 환경부 등 관련 기관 간 인허가 목적 및 역할 정립 필요
안전 기준	임무별 정량적 위험 분석 독립적인 전문가 (INSRB) 검토 필수	우주 환경에 맞춘 안전성 평가 기준 정립 및 열원 취급 장비/절차 개발 필요

### 5. 제언

우리나라가 미래 우주 강국으로 도약하고 국제적인 우주탐사 협력에 능동적으로 참여하기 위해서는 우주용 원자력 에너지 이용에 관한 법적·제도적 기반을 시급히 마련해야 한다. 현행 우주개발 진흥법 및 원자력안전법을 개정하거나, 미국의 NSPM-20과 같이 대통령 지시 혹은 행정규칙 형태의 독립적인 우주 핵동력원 이용에 관한 규정을 신설해야 한다. 이와 함께 안전 인증 절차 수립이 필요하다. 방사성동위원소 열원을 포함하는 우주 임무의 경우, 열원 국내 도입, 취급, 운송, 발사장 탑재 절차 등을 포함하는 구체적인 안전 인증 및 승인 절차를 수립해야 한다. 또한 위험도 기반 규제 도입을 고려할 필요성이 있다. 미국과 같이 핵 물질의 종류, 양, 안전장치 등을 고려하여 임무의 위험도를 분류하는 Tier 기반의 안전 심사 및 승인 기준 도입의 필요성을 연구하고, 우주 환경에 맞춘 안전성 평가 기준을 정립해야 한다.

상기 우주용 원자력 에너지 이용에 관한 법적·제도적 기반이 마련되기 위해서는 전문화된 거버넌스 체계 확립은 필수 불가결한 요소이다. 한국원자력안전위원회(NSSC)가 방사성동위원소의 안전 규제 및 우주활동을 위한 인허가 목적을 생성하여 담당하고, 우주항공청은 발사체와의 통합 안전성, 검증, 발사 허가 절차를 규정하는 등 기관별

역할을 명확히 정립해야 한다. 또한 원자력 시스템이라는 특수성을 고려하여 미국의 NEPA 절차를 참고하여, 미국 EPA 상응 기관인 환경부가 핵동력원 사용으로 인한 환경에 미치는 영향을 고려하는 절차에 필수적으로 참여하도록 해야 한다. 우주 핵동력 시스템의 발사 최종 승인 권한을 미국 사례와 같이 대통령에게 부여할지 우주항공청장에게 부여할지에 대한 논의도 필요하다. 국제 규범에서 확인한 바와 같이 우주활동은 국가 책임이 동반되는 활동이기 때문에 핵동력 시스템을 포함한 발사에 대해서는 국가 최고위급의 책임 있는 결정이 이루어지도록 하는 방안을 검토해야 할 것이다.

이러한 법적, 제도적 준비를 통해 우리나라는 국제 안전 규범을 준수하면서도, 미래 우주탐사를 위한 핵심 기술인 우주 원자력 시스템을 안전하게 개발하고 활용할 수 있는 기반을 확보할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

1. Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, Developing a Mission Safety Analysis Report for 1. Launch Authorization: Partnering Across Agency Boundaries to Ensure Mission Success, U.N. 1. Doc. A/AC.105/C.1/2025/CRP.23 (February 2025).
  2. Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, Report of the Scientific and Technical 2. Subcommittee on its sixty-first session, held in Vienna from 29 January to 9 February 2024, U.N. 2. Doc. A/AC.105/1307 (February 2024).
  3. Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, Report of the Working Group on the Use of 3. Nuclear Power Sources in Outer Space, U.N. Doc. A/AC.105/C.1/NPS/2025/L.1 (February 2025).
  4. Convention on International Liability for Damage Caused by Space Objects, 961 UNTS 187, 4. adopted on 29 March 1972, entered into force on 1 September 1972 (the 'Liability Convention').
  5. Donald Helton, Karl Garman, Mark Glissman, Tina Ghosh, "Overview of the Interagency Nuclear 5. Safety Review Board Playbook," available at: <https://ntrs.nasa.gov/citations/20230003905>
  6. Kelvin Coleman, Said Hamouch, John Sloan, "Enhancing Safety and Regulations for Commercial 6. Space Transportation with Space Nuclear Systems in the United States," International 6. Astronautical Congress, Milan October 14-18, 2024.
  7. PD/NSC-25, Presidential Directive / National Security Council Memorandum 25, available at: 7. [https://aerospace.csis.org/wp-content/uploads/2019/02/NSC-25-Scientific-or-Technological-Ex7\\_periments-with-Possible-Large-Scale-Adverse-Environmental-Effects-and-Launch-of-Nuclear-We7\\_apons-into-Space.pdf](https://aerospace.csis.org/wp-content/uploads/2019/02/NSC-25-Scientific-or-Technological-Ex7_periments-with-Possible-Large-Scale-Adverse-Environmental-Effects-and-Launch-of-Nuclear-We7_apons-into-Space.pdf)
  8. Principles Relevant to the Use of Nuclear Power Sources in Outer Space, United Nations 1992, 8. available at: 8. <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/principles/nps-principles.html>
  9. Safety Framework for Nuclear Power Source Applications in Outer Space, UN Doc. 9. A/AC.105/C.1/124.
  10. Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, 10. including the Moon and Other Celestial Bodies, 610 UNTS 205, adopted on 27 January 1967, 10. entered into force on 10 October 1967 (the 'Outer Space Treaty').
  11. U.S. Government, "Memorandum on the National Strategy for Space Nuclear Power and 11. Propulsion (Space Policy Directive-6)," available at: 11. <https://trumpwhitehouse.archives.gov/presidential-actions/memorandum-national-strategy-s11.pace-nuclear-power-propulsion-space-policy-directive-6/>
-

12. U.S. Government, “Presidential Memorandum on Launch of Spacecraft Containing Space 12. Nuclear Systems,” National Security Presidential Memorandum No. 20, August 20, 2019, 12. available at: 12. <https://trumpwhitehouse.archives.gov/presidential-actions/presidential-memorandum-launch12.-spacecraft-containing-space-nuclear-systems/>
  13. United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space Scientific and Technical 13. Subcommittee and the International Atomic Energy Agency, “Safety Framework for Nuclear 13. Power Source Applications in Outer Space,” U.N. Doc. A/AC.105/934 (May 2009).
  14. United Nations General Assembly, Report of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, 14. U.N. Doc. A/78/20, para. 150 (2023).
  15. United Nations General Assembly, The Principles Relevant to the Use of Nuclear Power Sources 15. in Outer Space, UNGA Res. 47/68 (14 December 1992).
  16. 우주개발 진흥법, 법률 제20674호, 2025. 1. 21., 일부 개정, 2025. 7. 22. 시행.
  17. 원자력안전법, 법률 제20533호, 2024. 10. 22., 일부 개정, 2025. 4. 23. 시행.
  18. 윤나영, “UNCOPUOS 핵동력원 실무그룹의 논의와 국제 규범 형성의 전망: 질문서를 중심으로” 18. 우주정책연구, Vol. 11 (2025).
-



# 달 탐사 활동을 위한 시스템 및 인프라의 상호 운용성에 관한 국제적 논의 현황과 시사점



## 초 록



**최남미** | 한국항공우주연구원  
전략기획본부  
연구전략팀  
책임연구원  
nammi@kari.re.kr

우리나라도 서명한 국제 심우주 탐사 프로그램의 국제적 약속에 해당하는 아르테미스 약정은 상호 운용성을 핵심 원칙으로 제시하고 있다. 상호운용성은 두 개 이상의 시스템, 프로그램, 기기, 장비, 또는 군대 등이 함께 작동할 수 있는 능력으로 아르테미스 프로그램은 향후 달과 화성에서의 장기적인 유인 거주를 목표하고 있는 우주탐사 비전 아래 달에서의 국제 공통 인프라건설을 계획하고 있는바, 국제 달 및 심우주 활동을 위한 인프라 및 시스템의 상호운용성의 중요성은 더욱 강조되고 있다. 이 논문에서는 달 및 심우주 탐사 활동의 인프라 및 시스템의 상호운용성 증진을 위한 국제사회의 논의 현황을 소개하고 우리나라에 대한 시사점을 제시하고자 한다.

**Key Words** : Deep space interoperability(심우주 상호운용성), Deep space interoperability standards(심우주 상호운용성 표준)

## 1. 서론

미국이 1969년 인류가 달에 첫 발을 딛은 아폴로 프로젝트로부터 50여 년이 지난 2019년 미국 NASA는 달 탐사를 아르테미스 프로젝트로 명명하며 제2의 달탐사 시대를 열었다. 한번 갔다가 깃발을 꽂고 다시 지구로 돌아오는 과거 탐험의 달에서, 탐험뿐만 아니라 과학, 그리고 기업의 경제활동이 일어나는 장기적으로 인류가 거주하는 우주탐사의 비전을 제시하였다. 이 비전을 구현시키기 위한 일환으로 2019년 미국은 신진 우주 활동 국뿐만 아니라 우주탐사에 관심이 있는 국가들도 참여할 수 있도록 아르테미스 약정을 주도했으며, 2025년 10월 59개국 이 동참하고 있다. 2020~2030년 대의 제2의 달 탐사 시대는 많은 국가가 참여하고, 민간 기업이 참여하는 달 경제 시대로 진입할 것으로 예상된다. 이러한 달 활동의 패러다임 변환을 고려할 때, 달에서 연료 저장고, 착륙 구조, 통신, 전력 시스템 등은 지구에서 물류시스템, 전력 그리드, 통신 등과 마찬가지로 달에서의 경제활동을 뒷받침하는 인프라의 역할을 할 것이다. 달에서의 인프라는 각국의 달 활동 시스템과 효과적이고 효율적으로 연결되어야 하며, 이를 위해서는 상호운용성이 요구된다. 달에서 활동을 위한 시스템 및 인프라의 상호운용성은 지구에

서 각 시스템 간 상호운용성에 대한 중요성보다 더 강조되는데 이는 달에서 활동 중인 사람이 위기 시 대피를 위해 다른 나라의 시스템에 도킹해야 할 경우, 상호 시스템 및 인프라 간 상호운용성을 고려하지 않는다면, 도킹은 물론 통신과 위치 추적조차 되지 않을 것이다.

이러한 맥락 아래 국제사회는 달에서의 시스템 및 인프라의 상호운용성을 강조하고 있다. 이 논문에서는 달 활동의 인프라 및 시스템의 상호운용성 증진을 위한 국제사회의 논의 현황을 소개하고 우리나라에 대한 시사점을 살펴보고자 한다.

## 2. 달 및 심우주 탐사의 환경 변화

1960년대 초반 소련은 루나 프로그램을 통해 달 탐사에 있어 미국보다 앞서나갔다. 1959년 소련의 루나 2호의 최초 달 표면 충돌, 루나 3호의 최초 달 뒷면 촬영, 1966년 루나 9호의 달 표면 연착륙과 달 표면 사진 전송 등 인류 최초의 달 탐사 역사를 남겼다. 이후 1969년 7월 미국은 유인 우주선인 아폴로 11호를 달에 착륙시켜 최초로 인간을 달에 착륙시킨 이후 무사히 귀환시켰다. 1972까지 미국은 아폴로 프로그램을 통해 총 6번의 유인 달 착륙과 귀환을 이루었으며, 1970년대 소련은 무인으로 달 토양 샘플을 채취하여 지구로 성공적으로 귀환시켰다.

그러나 1970년대 이후 달에 관한 관심은 떨어졌다. 1969년 미국의 성공적인 유인 달 착륙으로 소련에 대한 경쟁의 동기가 약화하였으며, 막대한 예산을 투자하기에는 경제적 타당성도 부족할뿐더러, 사람이 살기에 부적합한 달에 대한 과학적 관심도 멀어졌다.

그러나 2000년대와 2010년대 들어서며 일본, 유럽, 인도, 중국 등 신흥국이 달에 궤도선을 보내는 데 성공하였고, 달 극지방에서 얼음물과 같은 새로운 과학적 발견에 따라 달에서의 거주 및 상업적 활동에 대한 기대가 증가하기 시작하였다. 2010년대 중후반에 들어서며 중국의 부상과 함께 달 탐사에 대한 미국과 중국의 경쟁이 본격화되며 제2의 달 탐사 시대가 개막되었다. 2020년 NASA는 달 탐사 프로그램인 아르테미스의 전체 구상이 담긴 계획 문서를 공식 발표함으로써 단기적으로 달 남극지역에 미국인 우주비행사를 착륙시키고, 장기적으로 달 남극지역에 ‘아르테미스 베이스캠프’를 구축할 목표를 제시하였다 [1], [2]. 미국은 아르테미스 프로그램의 원칙을 담은 국제 우주탐사 원칙인 아르테미스 약정을 제안했고 2020년 10월 미국을 포함한 8개국이 서명하며 발표되었다. 2022년 미국은 아르테미스 1호를 발사하여 성공적인 무인 달 궤도 비행 및 귀환을 하였고 2026년 아르테미스 2호와 2027년 아르테미스 3호 발사를 통하여 유인 달 근접 비행 후 유인 달 착륙을 목표로 하고 있다. 2022년 8월 한국은 최초의 달 궤도선 다누리호를 발사하였고 성공적으로 달 궤도에 진입해 달 표면 촬영, 자기장 및 감마선 측정 등 과학 임무를 수행 중이다. 2023년 8월 인도는 인류 최초로 달 남극 착륙에 성공하였으며, 미국, 러시아, 중국에 이어 네 번째 달 착륙에 성공하였다. 2024년 1월 일본은 달에 성공적으로 착륙함에 따라 달 착륙에 성공한 5번째 국가가 되었다. 러시아는 2023년 8월 47년 만에 달 남극 착륙을 목표로 달탐사 재개를 시도했으나 착륙직전 궤도 이탈로 실패하였다. 중국은 2024년 6월 창어 6호를 통해 인류 최초 달 뒷면에 착륙했으며 샘플 채취를 성공

적으로 수행하였다. 또한 중국은 2035년까지 달 남극에 국제달연구기지(ILRS: International Lunar Research Station)를 건설할 것을 제시함으로써 독자적인 달 탐사를 발표하며 미국과 경쟁 중에 있다. 바야흐로 달 탐사는 각 국 우주탐사 전략에서 중심축을 형성하고 있으며, 달 기지 구축 등의 인프라 구축을 감안 시 향후 20년 달은 국제 우주탐사의 중심이 될 것으로 예상된다.

1960-70년대 아폴로 시대는 달이 최종 목적지였다면 2020년대 이후 아르테미스 시대의 달은 인류의 장기 거주와 화성으로의 전초 기지화를 목적으로 함에 따라, 달 자원 활용 및 장기 거주 인프라 구축 등의 상업활동 기회를 열고 있다. 정부는 정부-민간 협력 모델(PPP)을 구축해 민간 기업의 달 수송, 달 통신을 지원하고 있다. 2024년 미국의 인튜이티브 머신사가 성공적으로 달에 착륙하였고, 2025년 파이어플라이 에어로스페이스사가 이어 달 착륙에 성공함으로써 NASA뿐만 아니라 민간 기업의 탑재체를 민간 기업이 지구에서 달로 수송하는 달 수송시장 시장을 열었다.

2025년 미국을 중심으로 한 아르테미스 약정에 59개국, 중국을 중심으로 한 국제달연구기지 협력 협정에는 12개국이 참여하고 있다. 지난 10년간('15-'24년) 우주탐사에 투자하는 국가 또는 기관은 39개에서 59개로 증가하였다. 지난 10년간('15-'24년) 약 20개국에 의해 총 299건의 행성 탐사, 천문학, 천체물리학, 태양물리학 및 유인 우주 비행 임무가 수행됐지만, 향후 10년간('24-'34년) 855개 이상의 임무가 발사될 것이며, 이 중 달 탐사가 전체의 38%를 차지할 것으로 예측된다 [3]. 향후 달 및 심우주에서 활동하는 국가 및 기업들의 수가 더욱 증가하고 우주 활동이 활발해질 것으로 예측됨에 따라 탐사 시스템 및 인프라의 상호운용성이 주목받고 있다 <표1>.

<표 1> 1960-70년대와 2020-30년대 달 탐사의 비교

구분	1960-70년대 달탐사(아폴로 시대)	2020-30년대 달탐사(아르테미스 시대)
주도	미국·소련 중심의 양 대국 경쟁	미국, 유럽, 중국, 인도, 일본, 한국 등 다자 경쟁·협력
목표	국력 과시, 냉전 경쟁에서의 승리, 인간 첫 달착륙 및 귀환	달 장기 유인 거주, 지속가능한 탐사, 자원활용, 과학 연구, 민간 상업 활동
임무 수명	단발성, 짧은 임무	장기프로그램·상업적 지속성
발사체	새턴 등 국가 주도 초대형 로켓	NASA의 SLS, 중국의 장정 5호, Space X사의 팰콘 9 등 정부와 민간 발사체
착륙지역	주로 달 적도 근처 평탄한 지역	달 남극(달 얼음 존재 가능) 등 과학적 가치가 높은 지역
달 시스템	일회성 시스템(착륙선, 로버)	재사용 가능한 인프라(통신, 항법, 전력, 이착륙선, 거주)
정부-기업 간 관계	정부 주도, 기업은 정부 프로그램을 위한 부품 공급	민간-정부 파트너십
비용구조	정부가 모든 비용 부담, 초고비용	민간 회사의 참여로 비용 절감
협력 방식	양대 강국 간 경쟁으로 협력 제한	국제협력 확대(아르테미스 협정, 국제달연구기지), 상호운용성 증시

### 3. 지구 저궤도에서의 상호운용성

국제표준화기구는 “상호운용성을 두 개 이상의 시스템 또는 응용 프로그램이 정보를 서로 교환하고 교환된 정보를 상호 활용할 수 있는 능력”이라 규정하였다 [4]. 케임브리지 영어사전은 상호운용성을 “다른 시스템이나 장비 부품과 함께 작동할 수 있는 능력”이라 정의했다 [5]. NATO는 상호운용성을 “동맹국들이 전술적, 작전적, 전략적 목표를 달성하기 위해 일관성 있고 효과적이며 효율적으로 공동 행동할 수 있는 능력”이라 정의했다. 상호운용성은 조직 간 접촉, 비즈니스 프로세스, 데이터 교환, 기술, 시스템 운영, 법, 군대 등 다양한 분야에서 사용되며, 각 분야에서 정의는 다소 차이가 있지만 핵심적인 요소는 “이종 간의 상호운용이 가능케 하는 능력”이다. 즉 두 개 이상의 시스템, 프로그램, 기기, 장비, 또는 군대 등이 함께 작동할 수 있는 능력이라 할 수 있겠다.

서로 다른 시스템이 상호 간 원활하게 운용되기 위해서는 표준이 필요하다. 국제표준화기구는 표준을 “합의에 따라 수립되고 공인된 기관의 승인을 받은 문서로서, 특정 상황에서 최적의 질서를 달성하기 위해 활동 또는 그 결과물에 대한 규칙, 지침 또는 특성을 공통적이고 반복적으로 사용하도록 제공하는 것”으로 정의하고 있다 [6]. 실질적으로 표준은 다양한 국가와 배경을 가진 사람들이 호환 가능한 장비를 갖추고, 서로의 방법과 절차를 이해하며, 협업을 막 시작한 경우에도 원활하게 운영할 수 있도록 한다. 이를 상호운용성이라 하며, 이는 표준화의 궁극적인 목표이다.

공동 작업 시 지상에서보다 우주활동에 있어, 특히 달에 유인 거주지를 구축하고자 하는 달 및 심우주 활동에 있어 상호운용성은 더욱 강조된다. 예를 들어  $-180^{\circ}\text{C}$  달 남극 영구 음영 지역에서 서로 다른 국가나 업체가 제작한 장비가 전력 포트에 연결되려면 재질의 수축률, 단열기준, 전력 요구 조건 등까지 표준화되어야 한다. 지상에서는 약간의 온도 차이쯤은 문제가 없지만 달의 극 저온 환경에서는 자칫하면 커넥터의 결빙, 재질 파손으로 장비가 물리적으로 연결되지 않을 수 있기 때문이다. 또한 달까지 왕복 통신 할 경우 약 2.6초의 통신 지연이 있기 때문에 달에서는 지상처럼 사람이 즉각적으로 개입할 수 없으므로 달 착륙선, 로버, 전력망, 통신 시스템 간 서로 자동 조정할 표준이 필수적이다. 지구에서 인프라는 모든 시스템이 완벽히 호환될 필요는 없다. 정비 또는 수리를 할 수 있기 때문이다. 그러나 달 및 심우주에서는 한 장비의 고장은 전체 임무 실패로 직결될 수 있기 때문에 한 장비가 고장 났을 때 다른 국가 및 시스템으로 대체해야 할 경우, 이를 위해 전력, 데이터, 기계 인터페이스의 완전한 상호운용성이 요구된다. 달 거주지나 연구기지에서는 전력 공동망, 물 및 산소의 공동 생산, 통신망 공유, 우주인 및 착륙선 간 응급지원 등이 필수이므로 국가별, 기업별 장비가 같은 언어로 말해야 한다.

우주활동에 있어 상호운용성을 높이고자 한 시도는 1980년대 초반 데이터 및 통신 표준을 만들었던 시기로 거슬러 올라간다. 당시 많은 기관과 임무가 자체적인 프로토콜을 사용했기 때문에 기관 간 협력, 데이터 공유 또는 외국 지상국 지원 활용이 제한되었다. 이에 1982년 NASA와 유럽우주청 ESA는 주도적으로 우주데이터시스템협의위원회(CCSDS: Consultative Committee for Space Data System)를 설립하였고 주 임무를 위한 공통 데이터 시스템 및 통신 표준을 만들기 시작했다. 초기 CCSDS는 원격 측정(TM) 및 원격 명령(TC) 패킷 표준을 정의하고 우주선에서 전송되는 데이터가 어떻게 인코딩되고, 패킷화되며, 지상으로 전송되는지(원격 측정), 그리고 지상에서 우

주선으로 전송되는 명령이 어떻게 포맷되는지(원격 명령)를 규정했다. CCSDS를 사용하면 한 기관이 제작한 우주선을 다른 기관이 운영하는 지상국에서 추적, 명령 전송, 데이터 수신 등의 지원을 할 수 있어, 시간이 지나면서 전 세계 수백 개의 임무가 CCSDS 표준을 채택하여 우주 데이터 교환의 상호운용성을 높이고 있다. 시간이 지남에 따라 임무가 더욱 복잡해짐에 따라(행성 탐사 로버, 궤도선, 장기 임무, 다기관 협력 등), CCSDS 표준도 확장되었다. 우리나라도 다목적실용위성, 천리안 위성 등의 위성 통신을 위해 CCSDS 표준을 이용하고 있다.

대규모의 복잡한 우주 임무를 가진 1998년 발사된 국제우주정거장 프로그램의 경우 미국, 러시아, 캐나다, 일본 및 유럽 국가들 등 여러 국가의 참여와 협력을 필요로 했다. 국제우주정거장의 모듈식 구조와 다양한 국제 우주인 및 실험과 협력해야 할 필요성은 공통의 운영 언어와 기술 표준을 요구하였다. 이에 국제우주정거장 파트너 국가들은 전력 시스템, 통신장치, 로봇공학 및 도킹 분야에서 표준을 마련했다. 그러나 국제우주정거장 파트너 국가들의 긍정적인 노력에도 불구하고, 국제우주정거장이 완전한 상호운용성을 위해 설계되지는 않았다. 결과적으로 우주정거장 내에서 달성할 수 있는 상호운용성 정도에는 항상 본질적인 한계가 존재했다 [7].

#### 4. 달 및 심우주의 시스템 및 인프라의 상호운용성

국가의 우주탐사는 국가 내에서 수직 통합적인 성격이 짙다. 미국의 오리온 우주선은 미국 발사체 SLS로 발사되며, 이들 시스템 제작을 위해 미국 기업들이 부품을 공급한다. 중국도 장정5호 발사체로 창어5호를 달 뒷면에 착륙시켰다. 중국 발사체와 탐사선을 위한 품목은 중국 기업에서 공급되었다. 우주발사체와 우주탐사선 제작을 위한 핵심 부품은 대부분 수출통제 부품으로 국가에서 수출이 엄격히 통제되기 때문이다. 기업의 우주산업도 수직 통합화되는 추세다. 스페이스 엑스사는 로켓엔진, 발사체, 소프트웨어 등 핵심 부품을 자체적으로 설계 및 제작하여 전체 공정을 직접 통제하고 있다. 외주 제작을 줄여 비용과 시간을 절감하고 3D 프린팅 같은 혁신 기술을 활용해 개발 주기를 단축한 결과 팰콘 9 발사체, 드래곤 우주선과 같은 파괴적 혁신을 이루었다 [8].

그러나 초기의 산업 발전은 수직적으로 통합된 서비스와 공급망을 통해 촉진될 수 있지만, 결국 확장성을 위해서는 표준화되고 상호운용할 수 있는 분산형 시스템으로 진화해야 한다. 상호운용할 수 있는 시스템은 여러 주체가 개선 사항과 신기술에 이바지하며 지속적인 발전을 주도할 수 있는 경쟁시장을 조성할 수 있기 때문이다. 특히 달 및 심우주 활동에 있어 상호운용성은 지구 궤도에서 보다 더욱 강조된다. 달 및 심우주 탐사의 막대한 비용을 감안할 때 각 국가 및 회사의 시스템 및 인프라 간의 원활한 정보 교환과 활용을 통해 전반적인 생산성을 높이고 오류 및 중복작업을 줄여 글로벌 우주탐사 비용을 절감할 수 있기 때문이다. 또한 상호운용성은 단일 주체가 핵심 서비스 접근을 독점하는 것을 방지하는 데 이바지할 수 있다. 상호운용을 가능하게 하는 국제 표준을 규정함으로써 신흥국을 포함한 신규 진입자들이 공정한 경쟁 환경에서 경쟁할 수 있게 되어 우주탐사 기술에 대한 전 세계적 접근성과 혜택을 주게 될 것이다. 상호운용성은 다중 이해관계자가 공존하는 환경을 조성함으로써 공정하고 효율적인 시장 운영을 보장할 수 있다.

#### 4.1 아르테미스 약정 하에서의 상호운용성 논의

국제우주정거장의 경험을 교훈 삼아, 아르테미스 약정은 상호운용성을 아르테미스의 핵심 요소 중 하나로 규정하였다. 아르테미스 약정은 달과 화성에 유인 착륙과 거주를 목적으로 하는 미국이 주도하는 아르테미스 프로그램의 증진을 위한 국제 우주탐사의 실용적 원칙으로, 우리나라는 2021년 5월 27일 아르테미스 약정에 서명하였다. 아르테미스 약정은 ‘평화적 목적’, ‘투명성’, ‘상호운용성’, ‘비상 상황 시 지원’, ‘우주 물체 등록’, ‘과학자료의 공개’ 등 10개의 달 및 심우주 탐사를 위한 국제협력 원칙을 제시하였는데 [9], 상호운용성은 3번째 원칙에 해당한다. 아르테미스 약정 제5조는 “서명국들은 연료 저장 및 공급 시스템, 착륙 구조물, 통신 시스템, 전력 시스템을 포함하되 이에 국한하지 않는 상호운용 가능한 공통 탐사 인프라 및 표준의 개발이 우주 기반 탐사, 과학적 발견 및 상업적 활용을 증진할 것임을 인정한다. 서명국들은 우주 기반 인프라에 대한 현행 상호운용성 표준을 활용하기 위해 합리적인 노력을 기울이고, 현행 표준이 존재하지 않거나 불충분할 경우 그러한 표준을 수립하며, 해당 표준을 준수할 것을 약속한다.”로 명시되어 있다. 또한 제1조에서는 “우주 활동 수행 시 실용적인 원칙, 지침 및 모범 사례를 준수함으로써 운영 안전성을 높이고 불확실성을 줄이며, 전 인류의 지속 가능하고 유익한 우주 이용을 촉진하고자 한다.”라고 선언한다.

즉 아르테미스 약정은 상호운용성을 위해 약정국들에게 3가지 핵심 사항의 이행을 요구한다. 첫째, 임무 시스템, 데이터 교환 및 통신 프로토콜의 호환성 증진을 위해 가능한 경우, 기존 기술 표준을 채택한다. 둘째, 기존 표준이 필요한 모든 영역을 포괄하지 못하는 경우, 국가들이 협력하여 신 우주기술에 대한 새로운 상호운용성 표준을 개발하도록 장려한다. 셋째, 다양한 국가의 서로 다른 기술 간 원활한 상호작용을 촉진하여 운영 안전성을 높인다. 아르테미스 프로그램의 상호운용성 증진을 위해 2017년 국제우주정거장 파트너국들이 달 궤도에 건설되는 우주정거장인 아르테미스 프로그램 게이트웨이에 적용하기 위해 국제 심우주 상호운용성 표준을 작성하였다. 국제우주정거장 표준을 기반으로 한 것으로 미국 NASA, 유럽 ESA, 캐나다 CSA, 일본 문부과학성이 사인한 2017년 초안은 게이트웨이의 운용을 위한 것이었으나 최근 그 적용 범위를 달 표면 착륙, 로보, 유인 가입 차량 등 아르테미스 프로그램의 다른 요소들과 심우주로 확장하였다. 9개 분야 (항공전자장비, 통신, 도킹, 환경제어 및 생명유지시스템, 우주전력, 랑데부, 로봇공학, 열제어, 소프트웨어)에 대한 심우주 시스템 및 인프라의 표준을 마련한 것으로 2020년부터 NASA의 MoontoMars 프로그램에서 관리하고 있다 <표 2>. 이러한 표준들은 탐사 설계 전체를 강제한 것이 아니라 인터페이스와 환경을 정의한 것으로 각 기관이 독자 설계를 하더라도 상호운용성을 확보할 수 있게 하기 위한 공통의 약속이라 할 수 있다.

<표 2> 국제 심우주 탐사 상호운용성 표준

분야	표준명	최근 표준 / 개정 연도	주요 내용
통신	ICIS:International Communication System Interoperability Standards	Revision B / April 2024	심우주선, 지상국, 우주 기반 인프라 간의 상호 운용 가능한 통신을 위한 기능·인터페이스·성능 표준 정의. 다양한 기관의 우주선 및 지상 시스템 간에 통신 호환성 확보
항공 전자	IASIS:International Avionics System Interoperability Standards	Baseline / March 2019	우주선 하위 시스템 간, 또는 차량(subsystem ↔ vehicle) 간의 데이터 링크 프로토콜과 물리 계층 옵션 등 공통 설계 파라미터를 제공하여 상호 호환 가능한 항공전자 시스템 설계 가능토록 규정
도킹	IDSS: International Docking System Standards	Revision F / July 2022	여러 우주선·우주기구 간 도킹을 가능하게 하는 표준 인터페이스를 정의·국제 협력 임무, 방문 차량, 나아가 유인 구조 작업 등에서의 상호 운용성과 안전 확보
환경제어 및 생명유지	ECLSS: Environment Control and Life Support System	Baseline / March 2019	생명유지 및 환경 제어 시스템에 대해, 설계 성능 파라미터에 대한 공통 기준을 제시하여 다양한 우주선이 동일한 기준으로 생명유지 시스템을 설계할 수 있도록 함
전력	ISPSIS:International Space Power System Interoperability Standards	Revision A / July 2022	우주 응용 전력 시스템 간 호환성, 상호 교환성, 신뢰성 확보를 위해 전력 버스 전압, 전력 품질, 접지 방식 등 전력 시스템의 공통 규격을 규정
랑데부	IRSI:International Rendevous System Interoperability Standards	Baseline / March 2019	심우주 또는 시스템(cislunar) 환경에서 우주선이 서로 근접하거나 접근할 때 필요한 공통 설계 파라미터 설정 — 궤도 설계, 접근 절차, 안전 마진 등의 표준화
로보틱스	IERIIS:International External Robotic Interface Interoperability Standards	Baseline / March 2019	모듈, 방문 차량, 궤도 내 재배치 가능한 유닛 등 로보틱 시스템을 설계할 때, 상호 호환 가능한 로봇 시스템 요소 설계용 공통 파라미터 제공
열시스템	ITSIS:International Thermal System Interoperability Standards	Baseline / August 2019	외부 및/또는 내부 쿨러트 루프용 유체, 쿨링 시스템(예: 쿨드플레이트)과 그 인터페이스 요구사항을 규정하여 열 제어 시스템의 상호 운용성과 호환성 보장
소프트웨어	ISwSIS:International Software System Interoperability Standards	Baseline / September 2020	심우주 또는 지구-달 공간(cislunar) 우주선 소프트웨어 시스템 간의 데이터 인터페이스 표준 제공 — 다양한 기관이 독립적으로 설계해도 상호 운용 가능한 소프트웨어를 만들 수 있도록 함

4.2 그 외 우주 탐사 상호운용성에 관한 논의

아르테미스 약정 외에도 달 및 심우주탐사의 상호운용성이 논의되고 있는 국제회의는 다양하다. 대표적으로 유엔의 평화적우주이용위원회(UN COPUOS)가 있다. UN COPUOS의 장기 지속성(LTS) 실무그룹에서는 우주의 지속가능성 및 국제협력에 대한 지침을 다루고 있으며, 우주자원 활동의 법적 측면에 관한 실무그룹에서는 우주 자원 활용을 위한 공유 원칙 개발을 논하고 있다. 달 활동 협의 행동팀(ATLAC)에서는 계획된 달 활동에 대한 조정 및 정보 공유를 촉진할 잠재적인 메커니즘을 논의한다. 그 외 과학기술소위원회와 법률소위원회에서도 위성통신, 우주 잔해 관리 및 우주기상 등 공통 관심 분야에 대해 논하며 국제적 법적 체계에 대해 논하고 있다. 이러한 유엔의 위원회나 실무그룹에서 우주탐사의 상호운용성 증진에 관한 논의는 모든 국가를 위한 포괄적이고 공정한 거버넌스 체계를 구축하는 데 중요하며, 우주 활동의 장기적인 안정성 확보라는 이점이 있지만, 원칙과 가이드라인 제시에 그치고 있고, 구체적인 이행 방법이나 표준을 제시하지는 않는다.

그 외 국제위성항법시스템위원회(ICG)는 달에서의 측위, 항법, 시각(PTN) 시스템 개발을 촉진하기 위해 실무그룹(Lunar PNT Working Group)을 설립하였다. 현재의 지구 기반 전지구위성항법시스템과 달 PNT 시스템의 호

환성 및 상호운용성을 보장하기 위한 권장 사항을 제안할 계획이다. 국제전기통신연합(ITU)은 달 통신을 위한 주파수 규제 프레임워크를 개발하고 새로운 주파수 할당을 논의하고 있다. 달 통신 관련 안건은 다음 회의인 2027년 세계전파통신회의(WRC-27)에서 공식 의제로 채택되었다. 국제 기간간 운영 자문 그룹(IOAG)에서는 국제 달 인터넷(LunaNet) 구축을 목표로 달 통신 및 항법시스템의 상호운용성과 표준화를 논하고 있으며, 우주 데이터 시스템 협의의 위원회(CCSDS)는 LunaNet 상호운용성 사양과 CCSDS 표준 간의 조율을 논의하고 있다. 국제 우주탐사 조정 그룹(ISECG)은 인간의 달 탐사를 위한 글로벌 탐사 로드맵과 아키텍처 우선 순위를 논의함으로써 공동 인터페이스 표준 개발을 지원하고 있다.

## 5. 결론

장기적으로 달 유인 거주와 달 경제활동을 이루고자 하는 제2의 달 탐사 시대를 맞아 달에서의 국가별 독자 시스템 시대는 국제 공동 인프라 구축과 각국의 수직 통합된 시스템이 상호운용되는 분산형 시스템 시대로 전환하고 있다. 각국이 통신, 네비게이션, 전력, 데이터 등의 탐사 인프라를 개별적으로 구축하면 비용 및 위험이 너무 크기 때문에 공유 및 호환할 수 있는 인프라를 국제적으로 나누는 방식이 지배적이다. 이들 인프라와 각국의 시스템 간의 호환, 그리고 각 국 시스템 간의 호환을 위해서는 인터페이스의 표준 설립을 통한 상호운용성이 증진이 크게 요구되고 있다.

각국의 우주선, 로버, 기지 간 데이터를 실시간 공유하기 위해 통신 서비스 품질, 시간 동기, 보안 표준이 논의의 중심이 되고 있다. 표준이 마련되지 않으면 국가별 기준이 달라 공동 임무에 충돌이 발생하게 되므로 달에서의 항법 기준 좌표계, 달 공통 시간체계, 항법 신호 규격 논의가 가속화되고 있다. 또한 어느 국가 장비 등 현지 인프라에서 충전 및 전력이 활용할 수 있도록 달 기지, 로봇, 탐사 장비 간 전력 공유 및 호환할 수 있는 전압, 커넥터, 무선 전력 규격의 논의가 증가하고 있다. 달 및 화성에서 발생할 수 있는 사고에 대비해 공통 구조 절차, 비상 통신 채널, 표준화된 인터페이스 등의 국제 표준 필요성도 강화되고 있다. 해외 민간 기업이 달 및 화성의 물류, 통신, 탐사 서비스에 대거 참여함에 따라 달 착륙선 서비스 기업 간에도 데이터 패킷 포맷, 전력 연결 규격 등의 통일성 요구가 증가하고 있다.

국제 우주탐사의 상호운용성 증진 노력에 우리나라의 전략적 참여가 절실한 시점으로 이를 위해 다음을 제시하고자 한다.

첫째, 우리나라는 아르테미스 약정국으로 아르테미스 약정의 원칙과 국제 심우주 탐사 상호운용성 표준을 성실히 이행할 필요가 있다. 또한 우리나라가 1967년 서명한 우주조약의 제5조에서 “조약의 당사국은 우주인의 사고의 경우 모든 가능한 원조를 제공하여야 한다”라고 명기되어 있는바, 달 활동 시 만일의 경우 사고를 당한 우주인을 지원하기 위해서도 상호운용성 표준을 적용할 필요가 있다. 우선적으로는 상호운용성 원칙과 국제 심우주 탐사 상호운용성 표준을 국내 기업 및 연구소에 전파해 국가 우주탐사 사업 수행 시 적용하게 할 수 있도록 지원해야 한다. 우리나라는 2032년 달 착륙선의 달 착륙을 목표로 하고 있다. 달 착륙선 제작뿐만 아니라 탐재 로버, 소프

트웨어, 실험장비 제작 등에 연구소 뿐만 아니라 기업이 참여하는바, 설계 시 이들 표준을 이해하고 적용할 수 있도록 해야 할 것이다.

둘째, 우주탐사 표준화, 상호운용성과 연계된 국제공동 논의 포럼의 모니터링과 우리나라 참여 현황에 대한 통합적인 데이터베이스 구축과 전문가 간 연계를 통해 우리나라의 사용 기술과 산업체에 이로운 표준안을 제시할 수 있다. 본문에서 살펴본 바와 같이 심우주 탐사 상호운용성 표준을 수립하고 있는 분야는 전자, 통신, 전력, 로봇틱스, 소프트웨어 등 분야가 다양하다. 국내 타 분야 전문가가 이미 관련된 국제 포럼에 참여하고 있어도 최근 부각되고 있는 심우주에서 상호운용성 관련 이슈를 간과할 수 있으며, 우주 분야와 연계해 적절히 대응하는 것을 놓칠 수 있다. 국가 차원에서 심우주 표준 관련 포럼을 정리하고 국내 전문가 참여 현황에 대한 파악이 우선하여 이루어져야 할 것이다. 또한 국내 포럼 및 세미나를 정기적으로 개최하여 각 분야의 전문가 간 연계함으로써 각각의 국제 포럼 및 분야에서 일어나고 있는 표준화 동향을 공유하고 분야별 표준화 논의에 공동 대응할 수 있다.

셋째, 우주탐사 표준화는 글로벌 우주탐사 거버넌스의 핵심으로, 국가 차원의 전략적 대응이 요구된다. 이제 상호운용성 표준 마련 과정은 국가 간 영향력 확대, 협력의 전략 수단이 되고 있다. 미국은 아르테미스 약정을 주도하며 상호운용성, 투명성, 비상시 구조 등의 원칙을 규정하고, NASA 주도의 기술 표준을 통해 동맹 중심의 규범 확산을 촉진하고 있으며, 중국·러시아는 국제달연구기지를 제안하며 참여국 간의 참여 프로젝트, 인터페이스, 표준 및 상호운용성 적용이 국제달연구기지의 일반적인 아키텍처 및 기능과 일치해야 한다고 안내함으로써 [10], 중국·러시아 중심의 기술 표준을 촉진하고 있다. 즉 표준화는 글로벌 우주 거버넌스의 핵심 도구로 부상하고 있다. 기술 표준을 선점하는 국가가 미래 달 및 화성 탐사 인프라 시장을 주도하고 국제 우주탐사 미션 설계 방향을 결정하는 효과가 있기 때문이다. 향후 지구, 달, 화성의 각 천체가 개별적으로 다루어지는 것이 아니라, '지구-달-화성'의 삼각 구조에서 데이터, 통신, 위치항법시간(PNT), 안전 규정 등이 일관적으로 연계되는 상호운용성의 확장이 예상된다. 달과 화성에서의 상호운용성 국제 논의는 단순 기술 논의가 아니라 향후 행성 인프라를 국제적으로 공동 구축하기 위한 국제 거버넌스 논의로 각국 시스템은 하나의 네트워크처럼 작동해야 하고, 그 과정에서 표준화 주도권을 확보하는 것이 향후 우주 경제와 전략적인 영향력을 좌우하게 된다.

우리나라는 국제우주정거장으로부터 달 궤도 우주정거장 게이트웨이 건설을 위해 이어진 국제 심우주 상호호환성 표준 제정에는 참여하지 못했다. 그러나 아르테미스 약정에 참여함으로써, 그리고 국제 심우주 상호호환성 표준이 공개됨에 따라 표준을 바탕으로 기술을 개발하여 달 및 심우주 인프라 건설에 참여할 기회가 생겼으며, 그 문턱도 낮아졌다. 우리나라 산업체가 표준에 바탕해 부품을 제작한다면, 달에서 인프라 건설에 채택될 가능성이 있을 수 있다. 표준을 바탕으로 달에서의 통신, 전력 등 인프라를 건설할 수 있다. 또한 표준을 바탕으로 새로운 기술을 개발하고 상용화한다면 향후 업데이트되고 제정될 심우주 탐사 상호운용성 표준의 토대를 마련할 수 있을 것이다. 앞서 제시한 세 가지의 심우주탐사 상호운용성 증진을 위한 정책적 노력과 함께 심우주 탐사 기술을 발전시키고 산업체가 달에서 인프라건설에 참여함으로써, 우리나라도 심우주 상호운용성 기술 표준을 만들고 채택을 주도하는 대열에 합류할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

1. NASA, NASA's Lunar Exploration Program Overview, 2020.
  2. NASA, NASA's Plan for Sustainable Lunar Exploration and Development, 2020.
  3. Novaspaces, "Prospects for SSpace Exploration", 2025.
  4. The International Organization for Standardization, ISO/IEC 19941:2017, 2017.
  5. Cambridge University Press & Assessment, Cambridge Dictionary, 2025.
  6. International Organization for Standardization, ISO/IEC Guide 2:2004, 2004.
  7. Antonio Salmeri, "One Size to Fit Them All: Interoperability, the Artemis Accords and the Future of Space Exploration", SpaceWatch Global, 08 November 2020.
  8. Garrett Reim, "Why Is The U.S. Space Industry So Obsessed With Vertical Integration?", Aviation Week, July 05, 2024.
  9. 최남미, "한국의 아르테미스 약정 가입의 의의와 향후 과제", 항공우주산업기술동향, 제21권 제1호, pp.41-49, 2023.
  10. China National Space Administration, "International Lunar Research Station(ILRS) Guide for Partnership", 06/16/2021.
-



# Space Policy Research

## II. 우주안보와 위험관리





# 북한의 극초음속 우주개발 위협에 관한 평가전망



**박상중 |**  
국방대학교 직무교육원 교수  
한미연합사 정책자문위원  
한국항공우주정책법학회 이사  
한국전략문제연구소  
국방우주연구센터장  
nicegift701@korea.kr

## 초 록

이 연구는 북한의 고도화된 극초음속 미사일과 연계된 우주개발 위협이 한반도 및 동아시아 안보 환경에 미치는 다층적 함의를 분석하고 한국의 전략적 대응 방안을 모색한다. 이러한 위협이 전략적 불안정성과 지휘통제 시스템 압박, 동아시아 국가의 확장억제(Extended Deterrence) 전략에 미치는 영향을 심층적으로 분석함으로써, 선행연구의 기술적 특성 및 지휘통제 영향 분석 부재의 한계를 극복하고자 한다. 이를 위해 문헌 분석 기반의 정성적 방법론을 채택하고 국제 관계 이론과 전략적 개념에 대한 통찰을 활용하여 동아시아 안보 질서 변화를 SWOT 분석하고 TOWS 매트릭스 대응 전략을 제안한다.

연구 결과, 북한의 복합 비대칭 위협은 전략적 안정성을 교란하고 선제타격 유혹을 증대시켜 현재의 억제 패러다임의 한계를 식별하였다. 또한, 한미연합사령부의 지휘통제에도 전술적·작전적 영향을 미침을 규명하였다. 정책적 함의로 독자적 국방 및 우주안보 역량 강화를 위해 인공지능(AI) 기반 시스템 구축, 국방우주사관학교 설립을 제안하고, 한미동맹 기반 확장억제전략 실질적 제고를 위해 핵협의그룹(NCG) 강화 및 위협 시나리오 연합 연습을 강조한다. 나아가 국제사회와 다자 안보 협력 증진을 위해 ‘유엔 우주 공간 평화적 이용 위원회(COPUOS)’에서 국제 규범의 발전을 촉구하며, ‘단계적 비핵화 로드맵’에 투명성 및 검증 조치를 포함하는 외교적 해법 모색 등을 제시하였다. 이러한 대응 전략들이 북한 위협 억제와 동아시아 평화 유지에 기여할 것으로 기대한다.

**Key Words :** 북 · 러 전략동맹, 극초음속 미사일, 우주 안보 딜레마, SWOT 분석

## I. 서론

### 1. 문제 제기 및 연구 목적

최근 한반도 및 동아시아 지역의 안보 환경은 북한의 지속적인 군사력 증강, 특히 극초음속 미사일 개발 및 이와 연계된 우주개발로 예측 불가능성이 심화되고 있다(Office of the Director of National Intelligence, 2024). 극초음속 미사일(Hypersonic Missile)은 마하 5(음속의 5배) 이상의 속도로 비행하는 비행체를 총칭하며, 크게 극초음속 활공체(Hypersonic Glide Vehicle, HGV)와 극초음속 순항미사일(Hypersonic Cruise Missile, HCM)을 포함한다. 특히 HGV는 예측 불가능한 궤적 및 복합 기동(Pull-Up, Pop-Up, Skip-Glide Trajectory)이 가능한 특징을 가진다. 이는 기존의 미사일 방어 체계(Missile Defense, MD)로는 탐지 및 요격이 매우 어렵다(Eckhart, J. D., 2022). 이러한 기술적 특성은 전략적 경고 시간(Strategic Warning Time)을 극단적으로 단축시키고, 지휘통제(Command and Control, C2) 시스템의 의사결정 복잡성을 가중하며, 공격자의 선제공격 유혹을 증대시켜 역내 군사적 균형을 흔들고 전략적 안정성을 교란하는 심각한 안보 위협으로 부상하고 있다(한승주, 2023).

북한은 2021년 ‘화성-8형’ 시험 발사 이후 다양한 극초음속 미사일 개발을 지속하고, 2023년 ‘만리경-1호’ 군사정찰 위성 발사를 통해 우주에서의 군사적 활용 의지를 명확히 하였다(최민정, 2024). 이는 단순한 신형 무기체계 도입을 넘어, 우주 공간에서의 전방위적 감시, 표적획득(Targeting), 정밀타격 능력을 융합하여 ‘표적-발사-타격(Sensor-to-Shooter)’ 시간을 극도로 단축하는 새로운 형태의 비대칭 전력을 구축하려는 의도이다. 게다가 러시아-우크라이나 전쟁 장기화에 따른 러시아와 북한 간의 전략적 동맹 강화는 첨단 극초음속 미사일 및 우주 기술 이전 가능성을 증대시켜 북한의 위협 고도화를 가속할 강력한 근거가 되고 있다(남궁영, 2024; Cohen, A., 2023; Zakharov, M., 2023). 이러한 복합적인 비대칭 위협은 기존 탄도미사일 위협과는 본질적으로 다른(Qualitatively Different) 전략적 함의를 가지며, 핵 선제 사용 교리, 핵-미사일 및 우주 복합 위협 체계의 완성이라는 북한의 전략적 목표와 직결된다. 이는 한반도를 넘어 동아시아 전반의 복잡한 역학 관계에 파장을 일으키며 새로운 군비 경쟁과 우주안보 딜레마를 촉발하고 있다(하영선, 2022; 최민정, 2024). 현재의 억제전략만으로는 예측하기 어려운 안보 환경에 대한 면밀한 분석과 다층적인 대응 방안 모색이 시급하며, 현행 억제 패러다임이 북한의 복합 비대칭 위협을 효과적으로 관리하기 어렵다는 근본적인 질문에 대한 새로운 전략적 접근이 필요하다.

이 연구의 목적은 북한의 극초음속 미사일 및 우주개발 위협이 한반도뿐만 아니라 동아시아 안보 환경에 미치는 다층적 함의를 심층적으로 분석하고, 이에 대한 한국의 전략적 대응 방안을 모색하는 것이다. 특히 이러한 위협이 전략적 불안정성, 지휘통제 시스템에 대한 압박, 미·중·일·러 확장억제(Extended Deterrence) 전략에 미치는 영향을 밀도 있게 탐구분석하여 자유대한민국이 직면한 안보적 도전 과제를 명확히 제시하고 효과적인 전략적 대응 방안을 제안하고자 한다.

## 2. 선행연구 검토 및 연구의 차별성

북한 미사일 위협에 관한 기존 연구들은 주로 탄도미사일 범주 내에서 이루어졌으며, 극초음속 미사일의 고유한 기술적 특성과 이로 인한 새로운 안보 함의, 즉 탐지 및 요격 회피 능력, 전략적 불확실성 증폭 효과에 대한 집중적인 분석은 부족하였다(김태우, 2023). 특히 북한의 우주개발 활동이 군사 정찰 위성 확보를 통해 극초음속 미사일 운용 능력을 질적으로 변화시키고 새로운 전방위적 위협을 창출하는지에 대한 통합적 조망도 미흡하였다(한국국방연구원, 2023; 최민정, 2024). 러시아-북한 간 첨단 기술 이전 가능성에 따른 한미연합사령부의 지휘통제 및 의사결정 과정에 미치는 전술적/작전적 영향 분석 또한 제한적이었다(남궁영, 2024; Cohen, A., 2023).

이 연구는 이러한 선행연구의 한계를 극복하고자, 북한의 극초음속 미사일 고도화 및 이와 결합된 우주개발 위협 요인에 초점을 맞추어 동아시아 안보 질서의 변화 양상을 심층적으로 분석한다. 관련 선행연구<sup>1)</sup>는 이 연구의 극초음속 미사일의 우주 영역 활용 가능성 및 군사 정찰 위성을 통한 전방위적 감시·정밀타격 능력 향상이 기존 억제 패러다임에 미치는 파장을 분석하는 데 필요한 핵심 이론적 틀과 분석 방법론을 활용할 수 있는 기반을 제공한다.

이 연구는 문헌 연구, 국방 정책 자료, 학술 논문 분석, 언론 보도 및 국제기구 보고서 등을 활용한 정성적 연구 방법론을 채택하였다. 국제 관계 이론 및 전략적 개념에 대한 통찰을 활용하여 동아시아 안보 질서의 변화 양상을 평가하며, 이를 통해 북한의 북한 비대칭 위협을 분석하고 한국의 대응 전략을 도출하였다. 이 연구는 극초음속 미사일 및 우주개발이 야기하는 안보 딜레마를 분석하고, 미·중·일·러의 복잡한 다자 구도 속에서 한국이 직면한 안보적 도전과 기회를 분석하여 선행연구와 차별화된 학술적 기여를 제공하고자 한다.

## II. 북한 극초음속 미사일과 우주개발 기술 현황

### 1. 극초음속 미사일의 기술적 특성

극초음속 미사일은 마하 5 이상으로 음속을 넘어 비행하는 비행체이다. 극초음속 미사일은 크게 극초음속 활공체(Hypersonic Glide Vehicle, HGV)와 극초음속 순항미사일(Hypersonic Cruise Missile, HCM)로 분류할 수 있다. 특히 HGV는 대기권 내에서 또는 대기권 밖 준궤도를 따라 예측 불가능한 궤적 및 복합 기동(Pull-Up, Pop-Up, Skip-Glide Trajectory)이 가능한 특징이 있어서 기존의 미사일 방어 체계(Missile Defense, MD)로는 탐지 및 요격이 매우 어렵다(Eckhart, J. D., 2022). 전략적 경고 시간(Strategic Warning Time)을 극단적으로 단축시키고, 지휘통제(Command and Control, C2) 시스템의 의사결정 복잡성을 가중하며, 공격자의 선제공격 유혹을 증대시키는 심각한 안보 위협 요인이다(한승주, 2023). 극초음속 미사일과 재래식 미사일의 특성을 비교하면 < 표 1 >에서 보는 바와 같다.

1. 박상중, 2023a; 박상중, 2023b; 박상중, 2021; 박상중 외, 2021a; 박상중 외, 2021b; 박상중 외, 2020

<표 1> 극초음속 미사일 및 재래식 미사일과의 특성 비교

특성	극초음속 미사일 (Hypersonic Missile)	재래식 탄도미사일 (Ballistic Missile)
속도	마하 5 이상	마하 5~25 (상승/하강 단계)
고도	낮은 고도(대류권/성층권) 또는 준궤도 비행	높은 고도 (준궤도/대기권 재돌입)
궤적	예측 불가능한 복합 기동	예측 가능한 탄도 궤적
탐지/요격	매우 어려움 (짧은 반응 시간, 고기동성)	가능 (예측 가능한 궤적)
종류	극초음속 활공체(HGV), 극초음속 순항미사일(HCM)	탄도미사일: 단거리(SRBM), 중거리(MRBM), 대륙간(ICBM)

극초음속 미사일과 재래식 탄도미사일의 기술적 차이를 살펴보면, 극초음속 미사일의 고속, 저고도 비행 및 특히 HGV의 예측 불가능한 기동성은 기존 MD의 탐지 및 요격 역량을 크게 약화시키며, 이는 전략적 안정성을 교란하는 주된 요인이 된다. 특히, 낮은 고도 비행과 복합 기동은 대기권 재진입 후의 탄도미사일과 달리 궤적 예측을 어렵게 하여 방어 체계를 회피할 가능성이 크다.

## 2. 북한의 극초음속 미사일 개발 동향 및 전문인력 평가

북한은 2021년 ‘화성-8형’ 시험 발사를 통해 극초음속 활공체(HGV) 미사일 개발을 공식적으로 천명하였다. 이후 2022년 1월에는 같은 계열로 추정되는 미사일을 연이어 발사하며 HGV 기술 개발에 박차를 가하고 있다. 이어진 발사에서는 HGV의 측면 기동 능력, 재진입 시 온도도와 압력을 견디는 소재 기술, 종말 단계 정밀 유도 기술의 진전이 관측되었다. 2024년 5월에는 고체연료 엔진을 탑재한 전술탄도미사일 형태의 ‘화성포-16형’ 극초음속 미사일을 시험 발사하며 극초음속 미사일의 성과와 운용 범위를 확장하려는 의도를 분명히 하였다. 고체연료 엔진은 액체연료 엔진 대비 발사 준비 시간이 짧고, 은밀 기동이 가능한 이동식 발사대(Transporter Erector Launcher, TEL)에서 신속하게 발사할 수 있어 사전 탐지를 극도로 어렵게 만드는 핵심 기술이다. 북한이 시험 발사한 주요 극초음속 미사일의 제원 및 특징은 <표 2>에서 보는 바와 같다.

<표 2> 북한의 극초음속 미사일 개발 현황

구분	최초 시험발사 (추정)	주요 특징	평가된 능력
화성-8형	2021년 9월 28일	액체연료, HGV 형태, 회피기동	초기 단계의 HGV 기술 시연
(불명)	2022년 1월 5일	활공 도약형 기동 비행체, 마하 10	실질적인 회피 기동 능력 입증 시도
화성포-16형	2024년 4월 2일	신형 중장거리 극초음속 탄도미사일, 고체연료 추정, 고기동 비행	중장거리 극초음속 능력 고도화, 고체연료화 진전

북한의 극초음속 미사일의 개발과 기술적 특징을 살펴보면 북한이 HGV부터 고체연료 기반 중장거리 탄도미사일까지 다양한 형태로 극초음속 기술 개발을 꾸준히 진행해왔으며, 이는 실질적인 전력화 수준에 근접했음을 시사한다.

북한의 핵-미사일 개발 프로그램은 조선노동당 중앙군사위원회와 최근 강화된 미사일총국(Missile General Bureau)을 중심으로 김정은의 직접 지휘로 이루어지고 있다(Office of the Director of National Intelligence, 2024). 독재 권력자의 절대적 권한과 의지에 따라 신속한 의사결정(Decision-Making)과 자원 집중이 이루어지고 있다. 또한, 국방과학원(Academy of National Defense Science)이 극초음속 무기를 포함한 첨단 무기체계 개발을 총괄하며, 산하 연구소들에는 물리학, 항공우주공학, 재료공학 등 다양한 분야의 엘리트 과학자와 기술자들이 전문인력으로 포진되어 있다. 이러한 기술적 특성과 전문인력 현황을 종합할 때, 북한의 극초음속 미사일은 미국, 러시아, 중국과 같은 군사 강대국의 수준에는 미치지 못할지라도, 한반도 및 주변국을 대상으로 충분한 위협을 가할 수 있는 수준에 도달했을 가능성이 크다(김태우, 2023). 만일 북한이 극초음속 미사일로 도발할 경우, 극히 짧은 반응 시간으로 인해 요격 자체가 어려워져 한국뿐만 아니라 일본의 MD 체계에도 심각한 도전이 된다.

### 3. 북한의 우주개발과 군사적 활용 가능성

북한의 우주개발은 인공위성 발사 기술 확보를 목표로 지속적으로 추진되어 왔다. 2012년 ‘광명성-3호’, 2016년 ‘광명성-4호’ 위성 발사는 사실상 장거리 탄도미사일 기술 시험으로 평가되었으며, 이는 유엔 안전보장이사회 결의 위반으로 국제사회의 강력한 제재를 초래하였다. 북한의 우주개발은 국가항공우주기술총국(National Aerospace Development Administration, NADA), 국가우주개발위원회 등이 주도하였으며, 극초음속 미사일 개발과 마찬가지로 국방과학원 산하의 연구기관들이 기술 개발에 참여하고 있다(한국국방연구원, 2023). NADA는 김정은의 직접적인 지휘 아래 우주개발을 ‘당의 노선’으로 규정하고, 위성 발사를 통한 군사 정찰 능력 확보를 최우선 목표로 삼고 있다. 2023년에는 ‘만리경-1호’ 군사 정찰 위성을 성공적으로 궤도에 진입시켰다고 주장하며, 정찰 위성 확보를 통한 군사 정보 수집 역량 강화 의지를 명확히 하였다(연합뉴스, 2023). ‘만리경-1호’는 비록 해상도 등 성능에 대한 논란이 있으나, 북한이 위성으로 특정 지역을 촬영한 사진을 공개하는 등 기본적인 지상 감시 능력을 확보한 것으로 판단된다(한국국방연구원, 2023). 이는 한국군 및 미군의 주요 기지, 함대 등의 움직임을 정찰할 잠재력을 가진다. 정보당국은 ‘만리경-1호’가 약 3~5m 수준의 해상도를 가질 것으로 추정하며, 이는 주요 군사 시설의 식별에는 제한적이나, 병력/장비의 이동 및 대형 건축물의 변화 등을 파악하는 데는 일정 부분 기여할 수 있다고 평가하였다.

북한의 우주발사체 기술은 극초음속 미사일 개발과 밀접하게 연관된다. 군사적 관점에서 우주 기술은 정찰·감시·지휘통제통신(Command, Control, Communication, Computers, Intelligence, Surveillance, Reconnaissance, C4ISR), 항법/위치확인(Positioning, Navigation, and Timing, PNT), 우주 기반 공격 역량 강화에 기여한다. 대형 우주발사체 기술은 HGV를 대기권 밖으로 운반하여 목표 지점 상공에서 재진입 및 활공을 시작하게 하는 데 필수적인 요소이다. 북한의 우주발사체 개발 경험은 HGV의 상단 로켓 개발에 필요한 엔진 및 유도 제어 기술 축적으로 이어진다(한국국방연구원, 2023). 또한, 군사 정찰 위성은 극초음속 미사일의 정밀타격에 필요한 표적 정보 제공, 미사일 비행 궤적 및 피해 평가 등 C4ISR 역량을 강화하는 데 결정적으로 기여한다. 정찰 위성은 적

대국의 동향을 실시간 내지 준실시간으로 파악하여 극초음속 미사일의 발사 시점 및 목표 지점 선정에 핵심적인 정보를 제공할 수 있다. 이처럼 북한의 우주개발은 평화적 목적을 넘어 군사적 활용 가능성이 농후하며, 특히 극초음속 미사일과 결합될 때 그 군사적 위협은 배가된다(최민정, 2024).

#### 4. 북·러 군사협력 강화와 첨단 기술 이전

러시아-우크라이나 전쟁의 장기화는 러시아와 북한 간의 전략적 동맹 관계를 급진전시키는 계기가 되었다. 특히 김정은의 러시아 방문 이후 북한의 군수공업부서 인력과 국방과학원 소속 과학자들이 러시아 전문가들과 직접 교류하며 기술적 지도받는 사례가 포착되는 등, 북·러 간 전문인력 교류도 활발해진 것으로 분석된다(남궁영, 2024). 이러한 기술 교류가 북한의 극초음속 비행체 설계 및 재진입 기술, 고체연료 연소 기술 등 핵심 분야에서 상당한 발전을 가져왔을 것으로 추정하는 전문가들이 많다(Cohen, A., 2023).

이 과정에서 러시아의 첨단 극초음속 미사일 기술뿐만 아니라 우주 기술이 북한으로 이전될 가능성이 대두되고 있으며(Cohen, A., 2023; Zakharov, M., 2023), 이는 북한의 극초음속 미사일 고도화와 우주 군사화 노력을 더욱 가속할 수 있는 강력한 근거가 되고 있다. 일부 분석에 따르면, 러시아의 우주 기술 이전은 북한의 우주 군사화 속도를 더욱 높여, C4I 및 정밀 유도 능력의 향상으로 이어질 수 있다. 러시아로부터의 기술 이전은 북한의 극초음속 미사일 개발 속도를 단축시키고 기술적 완성도를 높이는 데 결정적인 역할을 할 수 있다. 비록 북한의 극초음속 미사일 기술이 미국, 러시아, 중국과 같은 군사 강대국의 수준에는 미치지 못한다는 분석이 지배적이지만, 이러한 기술 이전은 북한의 비대칭 전력 강화를 통해 한반도 및 동아시아 안보에 미치는 위협 수준을 증대시키는 요인으로 판단된다.

### III. 동아시아 안보 인식 및 대응 전략

#### 1. 미국: 확장억제(Extended Deterrence) 및 우주안보 전략 강화

미국은 북한의 핵·미사일 및 우주 위협에 대해 한미동맹과 미일동맹을 통해 확장억제(Extended Deterrence, ED)를 제공하며 역내 안정화에 핵심적인 역할을 수행하고 있다(U.S. Department of State, 2024). II 장에서 분석한 바와 같이, 북한의 극초음속 미사일 고도화와 우주 군사화는 확장억제 공약의 신뢰성에 대한 의구심을 증폭시킬 수 있다는 점에서 미국의 심각한 우려를 자아낸다. 특히 극초음속 미사일의 '요격 난해' 특성과 우주 자산의 공격 가능성은 미국 본토 및 역내 동맹국에 대한 미국의 기존 미사일 방어(Missile Defense, MD) 체계와 우주 자산 방어 역량의 효용성을 제한할 수 있기 때문이다(Missile Defense Agency, 2023). 이는 미국의 전략적 경고 시간(Strategic Warning Time)을 단축시키고, 확장억제의 신뢰성 문제로 이어질 수 있다는 점에서 미국의 방어 전략 고도화를 촉진하는 주요 동인이 된다.

이에 미국은 다층적 MD 체계를 고도화하고, 극초음속 무기에 대한 탐지, 추적, 요격 능력 개발에 막대한 투자를 진행하고 있다(Office of the Under Secretary of Defense for Research and Engineering, 2022). 구체적으

로, 미국 전쟁부(Department of War)는 2022년 극초음속 전환 프로그램(Department of Defense Hypersonic Transition Program, DOD HTP)을 통해 육상/해상 기반 요격 기술뿐만 아니라 우주 기반 센서 및 통신 네트워크 구축에 집중하여 극초음속 미사일의 탐지 및 추적 능력을 강화하고 있다. 정보당국은 이러한 우주 기반 센서 네트워크가 북한의 극초음속 미사일을 초기 단계에서 탐지하여 지상 요격 시스템에 제공하는 시간을 기존 대비 획기적으로 단축할 것으로 추정한다. 이를 위해 우주개발국(Space Development Agency, SDA)은 2022년부터 저궤도(Low Earth Orbit, LEO)에 다수의 미사일 추적 위성을 배치하기 시작했으며, 2027년까지 수백 기 규모의 트랜치(Tranche) 궤도망을 구축하여 북한의 극초음속 미사일 발사 징후를 조기에 포착하고 정밀 추적할 계획이다. 이 센서들은 미사일의 전 비행 구간에 걸쳐 데이터를 수집, 지상의 MD 시스템과 실시간 공유함으로써 대응 시간을 확보하고자 한다.

더불어 우주 자산의 생존성을 높이고 우주 상황 인식(Space Situational Awareness, SSA) 역량을 강화하는 등 우주안보 전략을 최선화하고 있다(박상중, 2023a; 최민정, 2024). 이는 LEO 위성 네트워크를 통한 미사일 탐지 및 추적 능력 향상과 동시에 적대국의 우주 자산 교란에 대한 대응 능력을 포함한다. 미국 우주군(U.S. Space Force)은 이러한 우주 영역에서의 역량 강화를 전담하는 핵심 조직으로서, 미국 전략사령부(U.S. Strategic Command, USSTRATCOM)와의 긴밀한 협력을 통해 우주 기반 C4ISR 자산의 보호와 운용, 우주 공간에서의 통합 작전 수행 능력을 고도화하고 있다. 또한, 미국 전쟁부는 통합억제(Integrated Deterrence, ID) 개념을 중심으로 핵, 재래식, 사이버, 우주 역량을 동맹국과 함께 유기적으로 통합하여 북한의 다차원적 위협에 대한 대응력을 강화하고 있다. 이는 북한의 핵-미사일 위협이 기존 억제 패러다임을 시험하는 상황에서, 모든 영역의 자산을 활용하여 억제력을 제고하려는 노력으로 볼 수 있다. 이러한 통합억제(Integrated Deterrence, ID) 전략은 미국과 동맹국 간의 지휘통제 시스템 연동을 고도화하여 북한의 선제타격 유혹을 억제하고, 예상되는 안보 딜레마를 완화하려는 시도이다.

미국의 극초음속 및 우주 기술 개발에는 DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency), NASA(National Aeronautics and Space Administration), 공군 연구소 등이 협력하며, 고도로 훈련된 과학자와 엔지니어들이 연구 개발을 주도한다. 특히 이들은 북한의 극초음속 및 우주 기술 고도화에 대응하기 위한 첨단 센서, 데이터 융합 기술, 인공지능(AI) 기반 예측 모델 개발에 집중하고 있다. 또한, 전략 자산의 한반도 및 역내 전개 빈도를 높여 동맹에 대한 방위 공약을 재확인하고, 한미일 3국 안보 협력을 강화하여 북한의 위협에 공동 대응하는 방안을 모색하고 있다(이수정, 2023; U.S. Department of Defense, 2024). 미국의 대북 정책 기조는 기본적으로 '완전하고 검증 가능하며 되돌릴 수 없는 비핵화(Complete, Verifiable, and Irreversible Denuclearization, CVID)'를 목표로 하며, 대북 제재와 압박을 유지하는 동시에 외교적 대화의 가능성도 열어두는 '이중 트랙(Dual-Track)' 접근법을 고수하고 있다(Office of the Director of National Intelligence, 2024). 이는 북한의 핵-미사일 개발을 억제하는 동시에, 궁극적으로 비핵화 협상으로 끌어내려는 장기적 전략의 일환이다. 미국은 특히 한미 확장억제 강화를 위해 핵협의그룹(Nuclear Consultative Group, NCG)을 통해 핵 관련 정보 공유 및 비상 상황 발생 시의 협의 메커니즘을 구체화하며 동맹국의 안보를 보장하려 노력하고 있다.

## 2. 중국: 전략적 우주 역량 강화와 미·중 경쟁

중국은 북한의 핵·미사일 및 우주개발에 대한 공식적인 반대 입장을 표명하고 있으나, 북한 문제를 미국과의 전략적 경쟁 구도 속에서 바라보는 경향이 짙다(Christensen, T. J., 2015). 중국은 북한의 핵무장 자체보다는, 북한 위협을 명분으로 미군의 한반도 주둔 명분 강화와 한미일 3국 안보 협력의 심화를 통해 자국을 포위하려는 미국의 인도-태평양 전략에 더 큰 우려를 표명하고 있다. 이는 자국의 핵심 안보 이익과 지역 패권 유지에 대한 도전으로 인식된다. 특히 사드(종말단계고고도지역방어 / Terminal High Altitude Area Defense, THAAD) 배치 등 미국의 MD 체계 강화와 우주 자산 확대가 자국의 안보를 위협할 수 있다고 인식하여 이에 민감하게 반응한다. II장에서 분석했듯이 북한의 극초음속 미사일 고도화는 한미일 안보협력 강화를 초래하고, 이는 중국의 미사일 능력에 대한 효용성을 낮출 수 있다고 판단되기 때문이다.

북한의 위협에 대해 중국은 공식적으로는 비확산 원칙을 강조하지만, 실제로는 북한의 정권 안정을 유지하고 미국 주도의 역내 안보 질서에 대항하는 완충 지대로서 북한의 지정학적 가치를 중요하게 여긴다(Christensen, T. J., 2015). 중국은 북한에 대한 경제적, 외교적 영향력을 지렛대로 활용하며 북한 문제를 관리하려 하지만, 북한의 독자적인 노선으로 인해 그 영향력 행사에는 한계가 있다. 최근에는 북한의 핵무장을 사실상 용인하는 분위기 속에서 유엔 안전보장이사회 대북 제재에 대한 동참에 미온적인 태도를 보이며, 북한을 미·중 전략 경쟁에서 하나의 지렛대로 활용하려는 경향을 보인다. 이러한 중국의 입장은 북한이 미국의 인도-태평양 전략을 견제하는 비대칭 자산 역할을 하기를 바라면서도, 북한의 불안정성이 자국 안보에 위협이 되는 수준까지 확대되는 것은 경계하는 이중적 전략을 따른다.

중국은 자체적인 극초음속 무기 개발 및 군사 우주 역량 강화에 막대한 투자를 진행하여 미국과의 군사적 및 우주적 균형을 추구하고, 동아시아에서의 자국 안보 이익 확보에 집중하고 있다(Erickson, A. S., 2021; Gertz, B., 2023). 중국은 이미 DF-17과 같은 다양한 HGV와 HCM 개발에 성공하였으며, 이들 무기는 대만 해협과 남중국해 등 자국 주변 지역에 대한 A2/AD(Anti-Access/Area Denial) 전략의 핵심 요소로 활용될 수 있다. 인민해방군 전략지원부대(PLA Strategic Support Force) 산하의 항공우주군(Aerospace Force)은 우주 공간에서의 감시 및 정찰, 통신 능력 강화를 위해 독자적인 베이더우(BeiDou) 위성 시스템 등 광범위한 위성 시스템을 구축하였다. 이는 미국 및 동맹국에 대한 A2/AD 전략을 강화하고, 잠재적 충돌 시 미국 증원 전력의 접근을 차단하려는 의도로 해석된다. 중국의 우주 자산은 단순한 MD 능력 향상을 넘어, 사이버전 및 전자전 역량과 결합되어 우주 공간에서의 주도권을 확보하려는 전략을 보인다. 특히, 재사용 로켓 기술과 위성군 구축을 통해 우주에서의 회복탄력성(Resilience)을 높이는 데 집중하고 있다. 우주 기술 및 핵 물리학 분야의 엘리트 과학자와 기술 인력은 인민해방군 군사과학원, 국방과학기술대학 등 주요 연구기관에서 주요 역할을 수행한다. 중국은 이들 인력을 통해 우주 감시 및 정찰, 위성 요격(Anti-Satellite, ASAT) 능력 등 우주 군사화 역량을 지속적으로 발전시키고 있으며, 이는 미국의 우주 우위에 대한 심각한 도전으로 인식된다. 중국의 이러한 행보는 동아시아 역내에서 미국의 확장억제전략을 약화시키고 미국 중심의 안보 질서에 균열을 일으키려는 전략적 목표와 연결된다.

### 3. 일본: 독자적인 방위력 및 우주 안보 증강

일본은 북한의 극초음속 미사일 고도화와 우주 군사화를 자국의 생존을 위협하는 직접적인 안보 위협으로 간주하고 있다(일본 방위성, 2023). II장에서 분석했듯이, 극초음속 미사일은 일본 열도를 극히 짧은 시간에 타격할 수 있어, 이에 대한 방어 체계 구축이 시급한 과제로 대두되고 있다(Mizokami, K., 2024). 또한 북한의 군사 정찰 위성 발사는 일본의 주요 시설에 대한 감시 및 공격 능력을 향상시킬 수 있다는 우려를 낳는다. 이러한 인식은 일본의 안보 정책 전환, 즉 ‘우주의 평화적 이용’이라는 장기적인 기조에서 벗어나 군사적 활용을 허용하는 방향으로의 변화, ‘반격 능력(Counterattack Capability)’ 보유 및 방위비 증액 추진의 주요 동인 중 하나로 작용하였다(일본 방위성, 2023; National Space Policy Secretariat, 2023). 일본 정부는 2022년 국가안전보장전략을 통해 북한의 미사일 능력에 대응하여 적 기지 공격 능력, 즉 ‘반격 능력’ 보유를 명시하고, 이를 위한 장사정 미사일(Joint Air-to-Surface Standoff Missile - Extended Range, JASSM-ER 등) 도입 및 개발에 착수하였다. 이는 북한 미사일 발사 징후가 포착될 경우 선제적으로 발사 기지를 타격할 수 있는 능력을 확보하여 억제력을 강화하려는 의도로 해석된다.

일본은 독자적인 MD 능력을 강화하는 동시에, 미국의 MD 체계와 연동된 다층 방어망을 구축하는 데 집중하고 있다. 이는 이지스 어쇼어(Aegis Ashore) 계획<sup>2)</sup>의 대체 수단으로 탐지 능력 향상 및 새로운 요격 미사일 개발을 포함하며, 극초음속 미사일에 대응 가능한 능동형 요격 시스템 개발에도 착수하였다. 구체적으로, SM-6(Standard Missile-6) 등 신형 요격 미사일을 탑재한 이지스 시스템 탑재함 건조를 추진하고 있으며, 극초음속 미사일의 궤적을 추적하고 요격하기 위한 차세대 레이더 시스템 개발에도 참여하고 있다. 더불어 우주 상황 인식(SSA) 시스템 및 자체 정찰 위성 개발을 가속화하며 우주 안보 역량을 증강하고 있다(최민정, 2024). 구체적으로, 일본은 항공자위대의 우주작전대(Space Operations Squadron)를 창설하여 우주 상황 감시를 강화하고 있으며, 우주 자산 보호를 위한 ASAT(Anti-Satellite) 능력 검토 및 미국과의 우주 상황 인식 데이터 교환 협력을 확대하고 있다. MD 및 우주 작전 분야의 전문인력 양성에도 집중하고 있다. 일본 방위성은 2024년 방위백서를 통해 이러한 우주 안보 역량 강화 계획을 명시하며, 우주 인력 확보 및 관련 예산 확대를 강조하였다. 특히 우주작전대 인력을 2023년 기준 약 120명에서 2027년까지 200명 이상으로 확대할 계획을 밝혔다(National Space Policy Secretariat, 2023). 이러한 움직임은 북한 위협에 대응하는 동시에, 동아시아 안보 지형의 변화에 대한 일본의 전략적 대응 의지를 명확히 보여준다. 일본은 특히 미일 동맹을 기반으로 확장억제를 강화하고 있으며, 미일 통합 미사일 방어 체계 구축을 통해 극초음속 미사일 위협에 대한 방어 협력을 심화하고 있다. 또한, 한미일 3국 안보 협력을 적극적으로 추진하여 역내 공동 대응 태세를 강화하는 데 주력하고 있다(이수정, 2023). 이는 북한의 극초음속 미사일 및 우주 위협에 효과적으로 대처하고, 역내 안보 불확실성을 관리하기 위한 일본의 핵심 전략이다.

2. 이지스 어쇼어는 지상에서 요격용 미사일을 발사해 탄도 미사일 공격을 방어 하는 시스템으로, 해상자위대의 이지스함에 탑재된 요격미사일과 고성능 레이다를 지상에 배치하는 방식이다.

#### 4. 러시아: 우크라이나 전쟁 이후 대북 협력과 우주 기술 이전

러시아는 우크라이나 전쟁 장기화 이후 서방 국가들과 관계가 악화되면서, 동아시아에서 중국 및 북한과의 전략적 연대를 강화하는 방향으로 선화하였다(남궁영, 2024). II 장에서 분석했듯이, 북한의 극초음속 미사일 고도화 및 우주개발은 러시아에 직접적인 위협으로 인식되기보다는, 미국 및 서방 진영의 대북 포위망 약화와 역내 영향력 확대를 위한 지렛대, 우크라이나 전쟁에 필요한 군수 물자를 확보하는 수단으로 활용될 수 있다는 점에서 기회 요인으로 작용하고 있다(Cohen, A., 2023). 러시아는 서방의 제재를 우회하고 국제적 고립에서 벗어나기 위해 북한을 전략적 파트너로 인식하고 있으며, 이는 단순한 경제적 이익을 넘어선 지정학적 계산이 깔려 있다. 특히 미국의 MD 시스템 확장 및 LEO 위성군 구축 움직임에 대한 대응으로 극초음속 무기를 핵심 비대칭 전력으로 발전시켜 왔으므로, 북한의 극초음속 능력 강화는 러시아의 전략적 이해와 부분적으로 부합한다.

특히 러시아는 자국이 이미 개발 배치한 극초음속 미사일 기술뿐만 아니라 우주 기술을 북한과 공유하거나 이전할 가능성이 높다(Zakharov, M., 2023). 실제로 러시아는 북한으로부터 포탄 등 재래식 군사 물자를 지원받는 대가로, 극초음속 미사일 핵심 기술인 소재 공학, 스크램제트(Scramjet) 엔진 기술<sup>3)</sup>, 유도 제어 시스템, 군사 정찰 위성 발사 및 운용 노하우 등을 제공했을 것으로 추정된다(남궁영, 2024). 러시아는 이미 ‘킨잘(Kinzhal)’, ‘치르콘(Tsirkon)’ 등 실전 배치된 다양한 극초음속 미사일을 보유하고 있으며, 특히 ‘아방가르드(Avangard)’와 같은 HGV 개발 및 운용 경험은 북한에게 상당한 기술적 가이드를 제공할 수 있다. 이러한 기술 이전은 북한의 핵·미사일 기술 및 우주 군사 역량 발전에 간접적으로 기여하며, 대러시아 제재 국면에서 상호 필요를 충족시키는 거래로 해석된다. 러시아의 군수 산업체 및 우주항공 관련 연구소의 전문인력들이 북한에 기술 자문을 제공했을 가능성도 배제할 수 없다. 이는 북한이 극초음속 미사일의 탐지 회피 기술, 정밀 유도 시스템, 대기권 재진입 시 고열을 견디는 재료 기술 등 핵심 분야에서 진전을 이루는 데 결정적인 영향을 미칠 수 있다.

러시아 국방부는 북한의 위성 발사 성공에 대한 기술적 지원 가능성을 부인하면서도, 양국 간의 ‘합법적인’ 우주 협력을 시사하는 발언을 하는 등 모호한 입장을 견지하며 서방의 감시를 우회하고 있다. 또한, 러시아는 북한의 군사 정찰 위성 개발에 핵심적인 발사체 기술 및 위성 센서 기술을 지원했을 가능성이 크다. 이는 북한의 우주 기반 정찰 능력을 비약적으로 향상시켜 Sensor-to-Shooter 체계 구축을 가속화할 것이다. 이러한 러시아의 대북 관계 심화는 북한의 극초음속 미사일 능력 고도화와 우주 군사화를 가속하는 중요한 변수로 작용하며, 역내 안보 불안정성을 증폭시키는 요인으로 작용하고 있다(남궁영, 2024; Cohen, A., 2023). 이는 궁극적으로 동아시아의 전략적 안정성을 교란시키고, 역내 군비 경쟁을 촉발하는 결과를 초래하고 있다.

3. 스크램제트(Scramjet) 엔진은 공기 중의 산소를 활용해 연료를 연소시키고, 연소기 내에서 유체가 초음속으로 흐르면서 추력을 얻는 초음속 연소 램제트 엔진이다. 램제트 엔진과 달리, 스크램제트는 충격파가 아닌 초음속으로 연소를 진행시키는 것이 특징이며, 특히 초음속~극초음속 영역에서 높은 효율과 유연성을 제공한다. 이는 발사체의 무게를 줄이고(공기 중 산소 활용), 넓은 속도 범위에서 작동할 수 있게 하여 로켓의 대안으로 연구되고 있다.

### 5. 국가별 대응 전략 분석

북한의 극초음속 미사일 및 우주개발 위협은 < 표 3 >에서 보는 바와 같이 각국의 지정학적 입장과 안보 우선순위에 따라 다양하게 인식되며, 이에 대한 대응 전략 또한 차이가 있다. 미국, 중국, 일본, 러시아는 북한의 극초음속 및 우주 위협을 국익과 지정학적 목표에 따라 다르게 인식하고 있으며, 이에 따라 상이한 대응 전략을 구사하고 있다. 이를 통해 미국의 동맹국 안보 강화 노력과 중국-러시아-북한의 비정형적 협력이 교차하면서 역내 안보 지형이 더욱 복잡해지는 양상을 확인할 수 있다.

<표 3> 북한 극초음속/우주 위협 인식 및 대응 전략 비교

국가	위협 인식	대응 전략	군사/외교적 역량
미국	동맹국 안보, 미 본토 직접 위협 가능성	확장억제(ED) 강화, 다자 협력, 자체 극초음속 개발	핵전력, MD, 우주 자산, 최첨단 기술
중국	역내 불안정 증폭, 미 패권 견제 수단	대미 견제, 우주/미사일 역량 강화, 대북 영향력 유지	자체 우주/미사일 기술, 군사력, 대북 경제 지원
일본	안보 지침 위협, 반격 능력 확보	반격 능력 확보, 미일 동맹 강화, 우주 안보 증강	자위대 역량 증강, MD 강화, 자체 우주 기술
러시아	미 영향력 약화 기회, 전략적 자산	북한 기술 협력 강화, 미중일 견제, 동아시아 영향력	첨단 극초음속/우주 기술, 대북 군사 협력, 유엔 안보리 거부권

미국은 북한의 위협을 동맹국의 방위 공약과 자국 안보에 대한 직접적인 위협으로 인식하여, 확장억제를 강화하고 첨단 기술 개발을 통해 다층적인 MD 시스템과 우주 감시 능력을 확충하는 데 주력하고 있다. 이는 I 장에서 언급된 전략적 불안정성에 대응하고 C2 시스템의 복잡성을 관리하며 확장억제 공약에 대한 신뢰성을 유지하려는 노력이다. 반면 중국은 북한의 위협을 자국 안보에 대한 직접적인 위협으로 보기보다는, 미국의 역내 영향력 확대를 견제하는 수단이자 북한을 완충 지대로 유지하려는 전략적 관점에서 접근한다. 이는 자체적인 극초음속 및 우주 역량을 강화하고 미·중 경쟁 구도 속에서 북한에 대한 영향력을 유지하려는 모습으로 평가할 수 있다.

일본은 북한의 위협을 자국 생존에 대한 직접적이고 임박한 위협으로 간주하며, 평화헌법을 개정하여 ‘반격 능력’을 보유하고 독자적인 방위력 및 우주 안보 역량 강화를 적극적으로 추진하고 있다. 이는 미일 동맹의 틀 안에서 MD 체계를 고도화하고, 우주 감시 및 통제 역량을 증강하는 형태로 나타난다. 이러한 일본의 대응은 북한의 극초음속 미사일의 ‘요격 난해’ 특성에 대한 직접적인 대응책을 마련하려는 시도이다. 마지막으로 러시아는 북한의 위협을 미국 중심의 국제 질서에 도전하고 자국의 국제적 고립을 탈피하는 전략적 기회로 활용하고 있다. II 장에서 논의된 북러 기술 이전 가능성과 같이 북한과의 군사 기술 협력을 강화하고 첨단 극초음속 및 우주 기술을 이전할 가능성을 통해 북한의 비대칭 전력 강화를 지원함으로써, 미국 주도의 동맹과 안보 협력에 대한 견제 구도 형성을 추구하고 있다.

결론적으로, 미·중·일·러 국가의 인식과 대응 전략은 서로 교차하고 충돌하면서 동아시아 안보 지형의 복잡성을 더욱 심화시키고 있다. 미국의 확장역제 강화 노력과 일본의 방위력 증강은 북한의 위협에 대한 억제력을 높이려는 의도이지만, 중국과 러시아는 북한을 지렛대로 활용하여 미국의 역내 영향력을 견제하려는 전략적 계산을 추구하고 있다. 이와 같은 전략적 이합집산은 북한 문제 해결을 더욱 어렵게 만드는 동시에, IV장에서 상세히 평가될 역내 안보 불안정성을 지속시키는 근본적인 원인으로 작용하고 있다. 이는 궁극적으로 동아시아의 우주안보 딜레마를 심화시키는 요인이다.

## IV. 북한 위협이 동아시아 안보에 미치는 영향평가

### 1. 역내 군비 경쟁 심화 및 우주안보 딜레마 고조

북한 극초음속 미사일의 탐지 및 요격 난해성, 군사 정찰 위성을 통한 감시 역량 강화는 동아시아 국가들의 심각한 안보적 위협으로 인식되고 있다. II 장에서 언급된 북한 극초음속 미사일의 마하 5 이상 속도, 낮은 비행 고도, 복합 기동(Pull-Up, Pop-Up, Skip-Glide Trajectory) 능력은 현행 미사일 방어 체계를 무력화시킬 가능성이 커져 역내 국가들의 선제공격 위협 인식을 높이는 결과를 초래하고 있다(한승주, 2023). 이러한 기술적 위협에 대한 대응으로 각국은 자국 방어 능력 강화 및 공격 역량 증강을 위한 군비 증강 경쟁에 나서고 있다.

북한의 극초음속 미사일 개발 및 우주개발 활동은 동아시아 역내 국가들의 군비 경쟁을 불가피하게 심화시키는 요인이다(하영선, 2022). 주변국들은 북한의 위협을 심각하게 인식하고, 자국의 방어 및 억제 능력을 강화하기 위해 다양한 군사력 증강 노력을 추진하고 있다(Perdue, J. L., 2022). III장에서 논의된 바와 같이, 미국은 다층적 MD 체계 고도화 및 우주 기반 센서 네트워크 구축을 추진하며 극초음속 무기 대응 능력을 강화하고 있다. 일본은 반격 능력(Counterattack Capability) 확보를 명분으로 장사정 미사일 도입 및 개발을 추진하고 있으며, 자체 정찰 위성 개발 및 우주 상황 인식(SSA) 역량 증강에 집중하고 있다(일본 방위성, 2023). 이는 북한의 군사 정찰 위성을 통한 감시 능력 강화에 대해 직접적으로 대응책을 마련하려는 시도로 평가할 수 있다. 중국과 러시아 또한 북한의 위협을 자신들의 전략적 목표 달성에 활용하면서도, 미국과 동맹의 미사일방어 강화 움직임에 대응하기 위해 자체적인 극초음속 무기 개발 및 우주 군사 역량 강화에 막대한 투자를 진행하고 있다(Erickson, A. S., 2021; Gertz, B., 2023).

이러한 각국의 군사력 증강 노력은 북한 위협에 대한 대응 차원이라는 명분을 가질 수 있으나, 결과적으로는 역내 전체의 군사화 수준을 높이고 상호 불신을 증폭시켜 안보 딜레마와 ‘우주안보 딜레마’<sup>4)</sup>를 고조시키는 악순환을 초래한다. 북한의 군사 위성 발사(II 장 참조)는 한미일 공동 위협으로 인식되어 우주 기반 ISR(Intelligence, Surveillance, Reconnaissance) 자산 증강 및 ASAT 능력 개발을 촉진하고, 이는 다시 중국, 러시아에게 위협으로 인식되어 우주 군사화를 가속화하는 방식으로 전개될 수 있다.

4. 우주안보 딜레마는 한 국가가 군사 위성 발사, ‘요격 위성(Anti-Satellite, ASAT)’ 기술 개발 등 자국의 우주 자산을 보호하기 위해 취하는 일련의 조치가 다른 국가에게 위협으로 인식되어 우주 자산에 대한 공격 또는 교란 능력 개발로 이어지고, 이는 다시 첫 번째 국가의 안보를 더욱 불안하게 만드는 상황을 의미한다.

이러한 군비 경쟁은 특히 III장에서 제시된 바와 같이 미국과 한미일 3국 안보 협력 강화 및 북한-중국-러시아 군사적 밀착 심화라는 ‘신냉전적 대결 구도’를 형성하여 역내 불안정성을 가중하는 요인으로 작용하고 있다. 또한, 역내 국가들의 안보 인식과 정책 결정에 지대한 영향을 초래하여, 향후 동아시아 안보 질서의 재편을 유발하는 중요한 변수로 부상할 수 있다.

## 2. 전략적 안정성 교란 및 선제타격 유혹 증대

극초음속 미사일은 기존의 상호 확증 파괴(Mutual Assured Destruction, MAD) 원칙에 기반한 전략적 억제 이론의 유효성을 약화시키는 중대한 함의를 가진다. 전략적 안정성은 핵무기 시대에 핵 공격을 감행하는 어떠한 나라도 상대방의 보복 공격을 피할 수 없어 궁극적으로 자멸한다는 인식이 전쟁을 억제하는 메커니즘을 의미한다. 그러나 극초음속 미사일의 초고속성과 기동성은 상대방의 감지 및 대응 시간을 극도로 단축시켜 보복 공격 능력을 약화시킬 수 있다는 착각을 불러일으킨다(Eckhart, J. D., 2022).

II장에서 논의된 북한 극초음속 미사일의 마하 5 이상 속도, 불확실한 궤적, 복합 기동 능력은 방어자에게 극히 짧은 반응 시간을 부여함으로써 전략적 경고 시간(Strategic Warning Time)을 사실상 무력화시킨다. 이는 방어자의 신속한 의사결정(Decision-Making)을 마비시키고 보복 공격 능력을 저해하여 공격자에게 ‘창(矛)의 우위’를 제공하는 듯한 착각을 줄 수 있다(정진욱, 2022). 이러한 능력은 위기 시 ‘먼저 공격하지 않으면 당한다.’라는 선제타격 유혹(First-Strike Temptation)을 증대시켜 전략적 안정성을 위협한다(Talmadge, C., 2017).

북한의 핵 탑재 가능 극초음속 미사일 개발 및 군사 정찰 위성 보유는 유사시 상대방이 공격 징후를 탐지하더라도 대응할 수 없는 결정적 우위를 확보하려는 전략적 시도로 해석할 수 있다. II장에서 제시된 군사 정찰 위성을 통한 북한의 정찰 정보는 극초음속 미사일의 타격 능력을 정교화하여 ‘탐지-타격 시간(Sensor-to-Shooter)’을 극도로 짧게 만든다. 이에 따라 상대방은 핵 보복 공격을 효과적으로 준비하거나 실행할 기회를 제약받게 된다. 이러한 변화는 전통적인 억제 패러다임을 약화하고, 특히 한반도와 같이 긴장이 높은 지역에서 작은 오판이 치명적인 핵 공격으로 비화할 수 있는 위험성을 내포한다.

북한의 극초음속 미사일과 우주 군사화가 기존의 억제력 균형(Deterrence Equilibrium)을 불안정하게 만들고 선제타격 유혹을 증대시키는 과정은 < 표 4 >와 같이 요약할 수 있다.

<표 4> 선제타격 유혹을 증대시키는 과정

1. 북한의 극초음속/우주 위협 고도화 (II장 참조): 속도, 기동성, 정밀타격 능력 향상.
2. 방어 무력화 및 감시 능력 증대: 기존 MD의 요격 난해성 증대 및 우주 기반 감시를 통한 표적 획득 능력 강화.
3. 상대 대응 시간 극도로 단축: Strategic Warning Time의 의미 상실 및 C2 시스템의 의사결정 압박 가중.
4. 선제타격 유혹 증대: ‘먼저 공격하는 자가 유리하다’는 인식 확산.
5. 기존 억제 메커니즘 붕괴: MAD 원칙 약화 및 보복 능력 불확실성 증대.
6. 전략적 안정성 교란: 예측 불가능한 핵 공격 위험 증대.

이와 같은 일련의 과정은 현행 핵 억제 및 확장억제 개념에 대한 근본적인 재검토를 요구하며, 국제사회 전반에 걸쳐 새로운 형태의 군사적 불확실성을 초래할 수 있다. 특히 한반도 유사시 한미연합사령부의 지휘통제 역량에 막대한 압박을 가하고, 궁극적으로는 전략적 불안정성을 심화시켜 위기 시 우발적 핵 사용 가능성을 높이는 위험을 내포하고 있다. 이는 I 장에서 언급된 핵심적 문제의식인 ‘현행 억제 패러다임이 북한의 복합 비대칭 위협을 효과적으로 관리하기 어려운 상황’을 더욱 악화시키는 요인이다.

### 3. 동맹의 확장억제(Extended Deterrence, ED) 신뢰성 약화 시도

북한의 극초음속 우주개발 위협은 한국에 대한 미국의 ED 공약 신뢰성에 대한 의문을 제기하려는 의도로 해석될 수 있다. II 장에서 분석한 북한 극초음속 미사일의 초고속성과 회피 기동 능력은 미국 본토에 대한 직접적 위협으로 인식될 수 있으며, 이는 ‘핵무장한 북한’에 대한 미국의 군사적 개입이 본토 공격으로 이어질 수 있다는 ‘상호 핵보복’의 위협을 높인다. 이러한 상황은 미국의 한반도 위기 개입에 대한 ‘주저함’을 유도하려는 북한의 전략적 목적과 맞닿아 있다. 이는 동맹국 한국에 대한 미국의 확장억제력에 근본적인 의구심을 갖게 하여, 한미동맹의 균열을 유도하려는 북한의 시도로 간주할 수 있다.

이러한 ‘디커플링(Decoupling)’ 우려는 확장억제 공약이 제대로 작동하지 않을 것이라는 동맹국 내 불안감을 증폭시킨다. III 장에서 논의한 바와 같이, 미국은 NCG를 통해 핵 관련 정보 공유 및 비상 상황 발생 시의 협의 메커니즘을 구체화하고, 전략 자산의 한반도 전개 빈도를 높이며 통합억제(ID) 개념을 도입하는 등 ED 강화를 위해 노력하고 있다. 그러나 북한이 극초음속 미사일과 우주 기반 타격 능력을 고도화할수록, 미국의 ‘결정적 보복’ 능력에 대한 회의론이 동맹국 내에서 확산될 수 있다.

ED 신뢰성 약화 시도는 한미동맹의 결속력을 저해하고, 한국의 독자 핵무장론 등 대안적 안보 전략에 대한 논의를 촉발할 수 있다. 이는 결과적으로 동아시아에서 미국 중심의 안보 체제를 약화시키고, III 장에서 언급된 미중 대결 구도를 더욱 첨예하게 만드는 요인으로 작용할 수 있다. 북한은 이러한 동맹 균열을 유도함으로써 자신들의 위상을 강화하고, 대미 협상력을 높이려 할 것이다.

### 4. 우주 공간의 군사화(Militarization) 및 새로운 전장 영역 확대

북한의 군사 정찰 위성 개발은 단순한 정보 획득 능력을 넘어, 극초음속 미사일의 표적획득 및 공격 정확도를 비약적으로 향상시킬 수 있는 잠재력을 가진다. II 장에서 논의된 북한의 ‘만리경-1호’ 위성 및 러시아로부터의 우주 기술 이전 가능성은 북한의 우주 기반 C4ISR 역량 향상에 기여할 수 있다. 이는 우주 공간이 단순한 감시 및 통신 지원 영역을 넘어, 공격과 방어가 이루어지는 직접적인 전장 영역으로 확대되고 있음을 의미한다.

우주 공간의 군사화는 다음과 같은 심각한 영향을 초래한다. 먼저, 우주 자산에 대한 공격 가능성 증대이다. 적대국의 우주 자산을 무력화하려는 ASAT(Anti-Satellite) 무기 개발 및 운용 경쟁이 심화된다. 이는 우주 공간의 평화적 이용을 위협하고, 우주 공간을 전장화하는 촉매제가 될 수 있다.

둘째, 우주 군비 경쟁 심화로 미국, 중국, 러시아 등 주요 우주 강대국들은 자국의 우주 자산 보호 및 공격 능력 강화를 위해 막대한 투자를 지속할 것이며, 이는 III장에서 언급된 바와 같이 동아시아 군비 경쟁의 새로운 축을 형성할 수 있다(최민정, 2024).

셋째, 우주 잔해(Space Debris) 증가 및 지속 가능성 위협이다. 우주 자산에 대한 공격 또는 의도치 않은 충돌은 엄청난 양의 우주 잔해를 발생시켜 우주 공간의 ‘케슬러 증후군(Kessler Syndrome)<sup>5)</sup>을 유발할 수 있다. 이는 미래 인류의 우주 활동을 제약하고 우주 공간의 지속 가능성을 위협하는 심각한 문제이다. 북한의 위성 발사 자체도 이러한 우주 잔해 문제의 잠재적 원인 중 하나이다.

넷째, 지상에서의 충돌 위험 증가이다. 우주 자산을 이용한 정찰 및 정밀타격 능력 향상은 지상에서의 재래식 및 비대칭 충돌 시 ‘결정적 우위’를 제공할 수 있다는 인식을 확산시켜, 분쟁 발생 시 무력 사용의 문턱을 낮출 위험이 있다.

이처럼 북한의 우주개발 활동은 동아시아 역내 안보에 국한되지 않고, 전 지구적인 우주안보 환경에 심각한 부정적 영향을 미칠 수 있다. 특히, 미국과 동맹국들이 우주 기반 MD 및 C2 시스템에 대한 의존도를 높이는 상황에서, 북한의 우주 군사화는 이러한 핵심 시스템에 대한 잠재적 위협 요인으로 부상하여 전략적 안정성을 더욱 불안하게 만들고 있다.

## V. 한국의 대응 방안

### 1. 안보 환경에 대한 SWOT 분석

북한의 극초음속 미사일 고도화 및 우주개발 위협은 한국 안보 환경에 근본적인 변화를 초래할 수 있으며, 이에 대한 전략적 대응 방안 마련은 국가의 생존과 직결된 최우선 과제이다. 기존의 안보 패러다임을 넘어선 혁신적이고 다층적인 접근이 요구되며, 이는 독자적인 국방 역량 강화, 동맹과의 긴밀한 협력, 역내·외 다자간 외교적 노력을 포괄할 수 있어야 한다.

한국은 북한의 극초음속 미사일 및 우주개발 위협이라는 새로운 안보 도전에 직면하여, 현재의 안보 역량을 객관적으로 평가하고 미래 전략 방향을 설정하기 위해 < 표 5 >에서 보는 바와 같이 SWOT 분석을 시행하였다.

5. 미국 항공우주국 소속 과학자 도널드 J. 케슬러가 1978년에 제기한 최악의 시나리오이다. 이 시나리오에 따르면, 고도 2,000km까지의 지구 저궤도의 물체 밀도가 어느 수준을 넘으면 물체들 사이에 충돌이 일어나게 되고, 이로 인해 발생하게 된 우주 잔해(Space Debris, 우주쓰레기 또는 우주 파편) 때문에 밀도가 또 높아져 충돌 가능성이 계속 높아지게 된다. 그 결과 궤도의 우주 잔해로 인해 우주 탐사가 불가능해지고, 심지어 오랜 세월 동안 인공위성을 사용할 수 없게 된다.

<표 5> 한국의 안보 환경에 대한 SWOT 분석

세 부 내 용		
내부	강점 (Strengths: S)	S1. 높은 과학기술 역량 (반도체, ICT, AI 등)
		S2. 한미동맹 기반의 강력한 연합 방위 태세
		S3. 국방R&D 투자 확대 및 인력 양성 노력
		S4. 민주적 의사결정 체계의 투명성
	약점 (Weaknesses: W)	W1. 자체 우주발사체 및 위성 기술의 제한
		W2. 미사일 방어체계의 극초음속 미사일 대응 한계
		W3. 우주 상황 인식(SSA) 역량의 상대적 부족
		W4. 정책 결정 과정의 대중적 공감대 형성 지연
외부	기회 (Opportunities: O)	O1. 미국과의 첨단 군사기술 협력 확대 가능성
		O2. 국제 사회의 대북 제재 및 압력 공조
		O3. 우주 기술 민간 파트너십 강화 가능성
		O4. 다자 안보 협력 메커니즘 활성화
	위협 (Threats: T)	T1. 북한의 핵/극초음속/우주 복합 위협 고도화
		T2. 북중러 군사협력 강화 및 기술 이전 가능성
		T3. 역내 군비 경쟁 심화 및 안보 딜레마 고조
		T4. 국제 우주법 및 규범 정립의 지연

## 2. 독자적인 국방 및 우주안보 역량 강화

북한의 비대칭 위협에 대한 억제력을 확보하기 위해 초고속 비행체 탐지 및 요격 기술, 초소형 위성군(Constellation)을 통한 상시 감시 체계 구축 및 다층적 정보 융합 분석 시스템 개발에 대한 투자를 가속화하여 비대칭 위협 대응 역량을 질적으로 향상시켜야 한다. 특히 인공지능(AI) 기반 정보 융합 분석 시스템은 북한의 예측 불가능한 전술에 대응하고, 단축된 의사결정 시간을 보완할 수 있는 핵심적인 역할을 수행할 것이다. 또한, 군사 전용 위성 개발과 우주 상황 인식(Space Situational Awareness, SSA) 체계 구축을 통해 우주 공간에서의 국방 자산 보호 및 활용 능력을 증진하는 것이 필수적이다. 이를 위해 국방부, 합동참모본부, 방위사업청, 국방과학연구소 등의 유기적인 협력을 강화하고, 첨단 국방 기술 및 우주 분야의 전문인력을 체계적으로 양성해야 한다. 특히 방위사업청(DAPA)과 국방기술진흥원(KRIT)은 ‘국방 핵심기술’과 ‘미래도전 국방기술’ 과제에 대한 중점 기획을 통해 북한의 극초음속 미사일에 대응하는 기술 개발에 필요한 자원을 효과적으로 할당하고, 국방과학연구소(ADD)는 이에 집중하여 개발을 주도하는 유기적인 협력 체계를 강화해야 한다. 장기적인 관점에서 국방우주사관학교 설립을 검

토하고, 사이버 우주 방위 인력을 확보하는 구체적인 로드맵을 수립해야 한다.

한국은 북한 극초음속 미사일 및 우주개발 위협에 대응하기 위해 독자적인 국방 및 우주안보 역량 강화에 박차를 가해야 한다. 이를 위해서는 국방부, 합동참모본부, 방위사업청(Defense Acquisition Program Administration, DAPA), 국방과학연구소(Agency for Defense Development, ADD), 한국항공우주연구원(Korea Aerospace Research Institute, KARI) 등 관련 조직의 유기적인 협력과 지휘체계의 효율화, 전문인력 양성이 필수적이다.

첫째, 첨단 미사일 방어 및 공격 능력 강화가 필수적이다. 극초음속 미사일의 탐지, 추적, 요격을 위한 조기 경보 시스템 및 고성능 미사일 방어 체계(예: 고고도 및 저고도 복합 방어 체계) 개발에 대한 투자를 확대해야 한다(김태우, 2023; 한승주, 2023). 이는 극초음속 미사일의 복잡한 궤적을 실시간으로 추적하고 요격할 수 있는 다중 센서 체계(고성능 레이더, 광학 센서)와 고속 요격 미사일 개발에 집중하는 것을 포함한다. ADD는 이러한 첨단 방어 및 공격 무기체계 개발의 중추적인 역할을 수행하며, DAPA는 개발된 체계의 획득 및 전력화를 담당한다. 이 과정에서 유도무기, 탄도 역학, 항공우주공학 분야의 전문인력 확보 및 양성이 중요하다. 특히 ADD 내에 극초음속 기술 전문 연구팀을 신설하고, 산학연 협력을 통해 관련 분야 석박사급 전문인력을 적극 유치해야 한다. 동시에 북한의 핵심 시설을 정밀 타격할 수 있는 고위력 정밀 타격 미사일 개발을 통해 강력한 억지력을 구축해야 한다(한승주, 2023).

이러한 첨단 기술 개발은 막대한 예산과 오랜 시간이 소요되는 특성이 있다. 이를 극복하기 위해서는 민간 부문의 첨단 기술(IT, AI, 반도체)을 국방 분야로 적극적으로 유입하고, 국내 기술 역량만으로 어려운 부분은 미국 등 선진 동맹국과의 기술 협력을 병행해야 한다. 현재 2024년 국방중기계획에 따르면 국방R&D 예산은 전체 국방비의 약 8~10% 수준으로, 이중 상당 부분이 첨단 핵심 기술 개발에 집중되고 있다. 이 예산의 효율적인 활용과 함께, 개발된 무기체계의 효과적인 운용을 위한 전문인력 양성 프로그램을 국방대학교, 각 군 교육기관 등을 통해 체계화하고 지속적으로 예산을 확보하는 것이 필수적이다.

둘째, ISR 자산 확보를 통해 북한의 극초음속 미사일 발사 징후를 조기에 포착하고 발사 직후 실시간 추적할 수 있는 능력을 확보해야 한다. 특히 초소형 위성군을 활용한 상시 감시 체계 구축을 통해 북한 전역에 대한 감시 공백을 최소화하고, 이를 인공지능 기반 데이터 처리 시스템과 연동하여 위협 정보 분석의 신속성과 정확성을 극대화해야 한다. 고성능 정찰 위성, 고고도 무인기(High Altitude Long Endurance UAV, HALE UAV) 등의 개발 및 배치가 요구된다. 정보작전의 총괄은 국군정보사령부, 국방정보본부에서 담당하며, 이들 조직에는 영상정보, 신호정보, 위성운용 및 분석 전문인력이 배치되어야 한다. 육해공군 각 군의 정보 부대 역시 이들 정보를 활용하여 지휘관에게 즉시 보고하고, 합동참모본부 지휘 아래 국방 정보의 통합적 운용 체계를 확립해야 한다. 셋째, 우주 안보 역량 증진은 미래 전장 환경에서 핵심적인 요소가 된다(박상중, 2020; 박상중 외, 2020). 군사 전용 통신/항법/감시 위성 개발, 우주발사체 기술 확보, 우주 상황 인식(SSA) 체계 구축을 통해 우주 공간에서의 국방 자산 보호 및 활용 능력을 강화해야 한다(최민정, 2024). 이를 위해 공군 우주센터와 같은 군 우주 전문 조직의 역량을 강화하고, KARI와 협력을 통해 우주 과학 및 공학 전문인력을 국방 우주 분야로 유입해야 한다. 국방부에는 우주안보 정책을 총괄하는 전담 부서를 설치하고, 국방 우주 기술 전문인력을 장기적으로 양성하기 위한 ‘국방 우주사관학교’ 설립도 적극적으로 검토해야 한다. 마지막으로, 북한의 비대칭 전력에 대응하기 위한 한국형 비대칭 전력 개발을 통해 실질적인 대

능력을 확보해야 한다. 이는 사이버, 전자기파(Electromagnetic Pulse, EMP), 자폭형 드론 등을 활용하여 북한의 C4ISR 체계 및 미사일 발사 시스템을 교란, 무력화하는 능력을 포함한다. 합동참모본부의 지휘 아래 각 군 정보/작전 부대가 이들 비대칭 전력을 운용하며, 전문인력의 교육과 훈련이 지속해서 이루어져야 한다.

### 3. 동맹 기반 확장억제 제고 및 우주 협력 강화

핵협의그룹(Nuclear Consultative Group, NCG)을 통한 미국의 핵전력 운용 계획에 대한 정보 공유를 강화하고, 북한의 극초음속 및 우주 위협 시나리오(예: 북한의 극초음속 미사일 동시 다발 발사 및 MD망 회피 시도)를 가정한 연합 연습을 정례화하여 동맹의 응징 의지와 능력을 북한에 명확히 각인시켜야 한다. 동시에 한미 미사일 방어 체계(Missile Defense System, MDS)와 우주 자산의 상호 운용성을 극대화하여 효율적인 연합 방어망을 구축하고, 한미연합사령부 및 한미연합우주협력센터(ROK-U.S. Combined Space Cooperation Center) 등 조직의 협력 강화를 통해 연합 작전 수행 능력을 고도화해야 한다. 특히, 통합억제(Integrated Deterrence) 개념을 동맹의 핵심으로 도입하여, 우주, 사이버, 재래식, 핵 역량을 유기적으로 연동하는 시나리오 기반 훈련을 통해 실질적인 대응 태세를 확립해야 한다. 한미동맹은 한국 안보의 핵심축으로서, 북한 극초음속 미사일 및 우주개발 위협에 대한 가장 강력한 대응 수단 중 하나이다. 한국은 미국의 확장 억지 공약의 실효성 제고를 위해 NCG 등 양자 협의체를 통해 미국의 핵전력 운용 계획에 대한 정보 공유를 확대하고, 한국의 의견을 적극적으로 반영해야 한다(정진욱, 2022; US Department of Defense, 2022). 이를 위해 NCG는 북한의 핵/극초음속 위협 상황을 가정한 확장억제 실행 시뮬레이션 및 훈련을 정례화하여 실질적인 작동성을 확보해야 한다. 이 과정에서 한미연합사령부(CFC)의 전략 기획 전문인력들이 핵심적인 역할을 수행하며, 동맹의 통합된 지휘체계 내에서 확장억제 운용 계획을 수립하고 발전시켜야 한다. 또한, 한미 미사일 방어 체계 및 우주 협력의 상호운용성 증대는 필수적이다. 양국 미사일 방어 자산 및 우주 자산을 긴밀히 연동하고, 연합 훈련을 정례화하며, 지휘통제 및 정보 공유 체계를 고도화하여 효율적인 연합 방어망을 구축해야 한다. 이를 통해 북한의 위협에 대한 연합 방위 태세를 강화하고, 북한의 오판 가능성을 최소화해야 한다(Missile Defense Agency, 2023; 홍규덕, 2024). 특히 미국의 우주 기반 적외선 시스템(Space-Based Infrared System, SBIRS)<sup>6)</sup>과 한국의 지상 기반 센서 및 요격 체계를 연동하여 극초음속 미사일 탐지-추적-요격 시간을 단축하는 것이 중요하다. 이는 북한의 군사 정찰 위성을 포함한 우주 감시 시스템에 대한 공동 대응 역량 강화로 이어진다. 한미연합우주협력센터(Combined Space Operations Center)와 같은 전담 조직을 통해 양국 간 우주 전문인력의 협력을 강화하고, 우주 영역에서의 연합 작전 수행 능력과 지휘체계의 통합성을 발전시켜야 한다.

한미 확장억제 및 우주 협력은 정보 민감성으로 인해 깊이 있는 공유에 한계가 있다. 이를 극복하기 위해 신뢰 기반의 정보 공유 메커니즘을 점진적으로 확대하고, 한국의 자체 역량 강화를 통해 동맹 내 기여도를 높여 발언권을 강화해야 한다. 우주 협력 역시 단순히 정보 공유를 넘어 공동 위성 개발, 우주 상황 인식 기술 공동 연구 등 실질적인 상호운용성 증대에 집중해야 한다. 이 과정에서 양국의 국방부 및 합참 관계자의 정기적인 회의체 운영과, 기술 전문가들의 교류 확대를 통해 실질적인 협력의 폭과 깊이를 넓혀야 한다.

6. 미국 공군의 탄도 미사일 조기 경보 및 방어 시스템으로, 장거리 전략 탄도미사일뿐만 아니라 단거리 전술 탄도미사일까지 탐지를 목표로 한다. SBIRS는 정지 궤도 위성(SBIRS-High)과 저궤도 위성(STSS)으로 구성되며, 현재 SBIRS-High는 6기의 정지 궤도 위성과 4기의 고궤도 위성으로 완성되었다. STSS는 우주 추적 및 감시 시스템으로 현재 구축 중이며, 탄도미사일의 비행 전 과정을 추적하는 역할을 수행한다.

#### 4. 역내 다자 안보 협력 증진

한미일 안보 협력을 강화하여 북한의 위협에 대한 공동 대응 능력을 제고하고, 역내 다자 안보 채널을 통해 극초음속 무기와 우주 자산에 대한 투명성 증진과 행동 규범 마련을 추진하여야 한다. 이를 통해 북한의 극초음속 미사일과 우주 자산 위협에 따른 고립을 심화시키고, 국제사회가 일관된 메시지를 전달하여야 한다. 외교·안보 조직은 다자 협력의 주도적인 역할을 수행하며 국제 공조 역량을 강화해야 한다. 나아가, 유엔 우주 공간 평화적 이용 위원회(Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, COPUOS) 등 국제기구에서 우주 군사화 방지 및 우주 교통 관리(Space Traffic Management, STM) 논의에 적극적으로 참여하여 글로벌 거버넌스 형성에 기여해야 한다. 북한 극초음속 미사일 및 우주개발 위협은 한반도뿐만 아니라 동아시아 전체의 문제이므로, 역내 국가들과의 다자 안보 대화 및 협력 증진이 중요하다.

첫째, 북한의 위협을 관리하기 위한 동아시아 다자 안보 대화 채널을 활성화해야 한다. 아세안지역포럼(ASEAN Regional Forum, ARF) 등 기존의 다자 협력체를 적극적으로 활용하고, 새로운 위기관리 메커니즘을 구축하여 역내 긴장 완화 및 예측 가능성을 제고해야 한다. 특히 극초음속 무기와 우주 자산에 대한 ‘투명성 증진’ 및 ‘행동 규범’ 마련을 위한 다자 협력을 강화하여 무기 개발 경쟁의 예측 불확실성을 낮춰야 한다. 여기에는 우주 공간에서의 책임 있는 행동 규범, 위성 간섭 방지, 파괴적 ASAT 시험 중단 촉구 등이 포함될 수 있다.

둘째, 북한의 핵·미사일 개발에 대한 비확산 노력에 대한 국제적 공조를 강화해야 한다. 유엔 등 국제기구를 통한 대북 제재의 철저한 이행을 촉구하고, 북한의 비핵화를 위한 국제사회의 공동 노력을 끌어내야 한다. 외교부 및 국방부는 국제 협력을 총괄하며, 각국 외교·안보 전문가들과의 네트워크를 통해 국제 공조를 끌어내는 데 핵심적인 임무를 수행해야 한다.

셋째, 한미일 안보 협력을 더욱 심화하여 북한의 극초음속 미사일 및 우주 위협에 대한 3국 간의 긴밀한 정보 공유, 공동 대응 전략 수립, 연합 훈련 확대를 추진해야 한다(이수정, 2023; U.S. Department of Defense, 2024). 이러한 다자간 협력은 북한의 고립을 심화시키고, 국제사회가 일관된 메시지를 전달하는 데 기여한다.

다자 안보 협력은 각국의 이해관계와 우선순위가 달라 일관된 목소리를 내기 어렵다는 한계가 있다. 이를 극복하기 위해서는 공동의 위협 인식을 공유하고, 우주교통 관리, 재난 위성 정보 공유 등 상호 이익이 되는 협력 분야부터 점진적으로 확대해 나가는 실용적인 접근이 필요하다. 또한, 유엔 등 국제기구에서 비확산 및 우주안보 규범 강화 논의를 주도할 외교 전문인력을 양성해야 한다. ARF, ADMM+ 등 동아시아 지역의 다양한 안보 협력 포럼을 활용하여 비공식 채널을 통해서라도 역내 주요국 간의 안보 대화를 지속하는 노력이 필요하다.

#### 5. 실용적인 대북 전략 재정비

북한의 극초음속 미사일 및 우주 관련 활동에 대해 국제사회와 공조하여 제재와 압박 기조를 유지하면서도, 대화 재개의 문을 열어두고 북한의 극초음속 미사일 및 우주 관련 활동에 대한 상호 검증 및 투명성 조치를 협상 의제로

포함하는 방안을 강구해야 한다. 이는 북한의 위협적 의도에 대한 오판 가능성을 줄이는 데 기여할 수 있다. 미중러 등 강대국 사이에서 한국의 국익을 최우선으로 하는 실용 외교 전략을 통해 북한 핵·미사일 및 우주 위협이라는 안보 과제를 해결하기 위한 다각적인 노력을 기울여야 한다. 특히, ‘단계적 비핵화 로드맵’에 극초음속 미사일 및 군사 우주 활동에 대한 투명성 및 검증 조치를 포함하는 방안을 제안하여, 위협 관리와 외교적 돌파구 마련을 동시에 모색해야 한다. 군사적 억제력 강화와 동맹 협력만큼이나 중요한 것은 외교적 노력을 통한 근본적인 문제 해결이다. 한국은 대화를 통한 북핵 문제 해결 노력을 지속적으로 추진해야 한다. 대화 재개의 전제조건에 얽매이기보다는, 유연하고 실용적인 대북 접근 방식을 모색하여 신뢰 구축 조치(Confidence Building Measures, CBM)를 제안하고, 단계적인 비핵화 협상을 끌어낼 수 있는 환경을 조성해야 한다. 특히 북한의 극초음속 미사일 및 우주 관련 활동에 대한 상호 검증 및 투명성 조치를 협상 의제로 포함하는 방안을 강구해야 하며, 이는 북한의 위협적 의도에 대한 오판 가능성을 줄이는 데 기여할 수 있다. 또한, 국제사회와의 공조를 통한 제재와 압박을 병행하면서도, 대화를 통해 북한을 비핵화의 길로 유도하는 ‘실용 외교’를 추진해야 한다. 외교부의 한반도평화교섭본부를 중심으로 북한과의 대화 채널을 다각화하고, 북한 핵 문제 해결을 위한 외교 전문인력을 양성해야 한다. 마지막으로, 미중러 등 강대국 사이에서 한국의 국익을 최대화하는 실용적 외교력을 강화해야 한다(이석훈, 2023). 복잡한 동아시아 정세 속에서 특정 강대국에 치우치지 않고, 국익을 최우선으로 하는 균형 잡힌 외교 전략을 통해 북한 핵·미사일 및 우주 위협이라는 안보 과제를 해결하기 위한 다각적인 노력을 기울여야 한다.

북한의 비핵화 의지 결여와 제재 국면 속에서의 대화 재개는 매우 어려운 과제이다. 이를 위해서는 장기적이고 일관된 대북 로드맵을 수립하고, 비핵화에 상응하는 인센티브를 단계적으로 제시하는 유연성이 필요하다. 강대국들의 이해관계 충돌 속에서 한국이 주도적인 외교적 역량을 발휘하기 위해서는 외교관들의 전문성 강화와 국익 중심의 실용주의 외교 역량 제고가 필수적이다. 다자 외교 무대에서 ‘중견국 외교’를 통해 북핵 문제에 대한 국제사회의 관심과 해결 의지를 결집해야 한다.

## 6. 한국의 대북 전략 방향

< 표 5 >에서 분석한 한국 안보 환경에 대한 SWOT 분석 결과를 토대로, 북한의 극초음속 미사일 및 우주 위협에 대응하기 위한 한국의 전략적 방향을 TOWS 매트릭스를 활용하여 도출하면 < 표 6 >에서 보는 바와 같다.

< 표 6 > TOWS 매트릭스 기반 한국의 대북 전략 방향

구분	강점 (S)	약점 (W)
기회 (O)	SO1(S1, O1, O3). 첨단 기술기반 감시 및 방어 역량 강화	WO1(W1, O1, O3). 우주 자산 기술 자립도 확보
	SO2(S2, O2, O4). 국제 공조 강화	WO2(W2, O1). 연합군 C2 능력 극대화
위협 (T)	ST1(S1, S3, T1). 극초음속 요격 역량 집중 R&D	WT1(W1, W3, T3). 불법 우주활동 국제 제재 주도
	ST2(S2, S4, T2). 통합억제 전략 구체화	WT2(W2, W4, T1). 북 위협 정보 공유 및 공감대 형성

한국은 북한의 고도화된 위협에 대응하기 위해 내부 강점인 과학기술력과 한미동맹을 바탕으로, 미국의 첨단 기술 협력 및 국제사회의 지지를 활용하여 감시 및 방어 역량을 강화하고 우주 자산 기술 자립도를 확보하며 연합군 지휘통제 능력을 극대화한다. 동시에 극초음속 요격 기술 개발에 집중하고 통합억제(ID) 전략을 구체화함으로써 북한의 핵/극초음속/우주 위협에 효과적으로 대처하며, 불법 우주활동에 대한 국제 제재를 주도하고 위협 정보 공유를 통해 국민적 안보 공감대를 형성하는 복합적인 전략 방향을 추진한다.

## VI. 결론 및 정책적 함의

### 1. 연구 결과

이 연구는 북한의 극초음속 미사일 고도화 및 이와 연계된 우주개발 위협이 한반도 및 동아시아 안보 환경에 미치는 다층적 함의를 심층적으로 분석하고, 이에 대한 한국의 전략적 대응 방안을 모색하였다. II장에서 분석했듯이, 북한의 극초음속 미사일은 초고속성, 낮은 비행 고도, 변칙적 기동이라는 기술적 특성으로 동맹의 미사일방어체계를 무력화할 가능성이 있으며, 핵무기 소형화 능력과 결합될 경우 전략적 위협이 극대화될 수도 있다. 또한 북한의 군사 정찰 위성을 포함한 우주개발 활동은 극초음속 미사일의 효용성을 증대시키고 전방위적 감시 및 타격 역량(Sensor-to-Shooter)을 강화하여 안보 위협을 증폭시키고 있다. 특히 러시아-우크라이나 전쟁 이후 북-러 전략동맹의 급진전과 러시아의 첨단 미사일 및 우주 기술의 북한 이전 가능성은 북한의 위협 고도화를 더욱 가속화할 강력한 동인이 되고 있음을 II장에서 밝혔다.

III장에서는 이러한 북한의 위협에 대한 미·중·일·러의 인식과 대응 전략을 분석하였다. 미국은 확장억제 및 우주안보 전략 강화, 일본은 독자적인 방위력 및 우주 안보 증강, 중국은 전략적 우주 역량 강화와 미국과의 경쟁 구도에서 대미 견제를, 러시아는 대북 협력을 통해 영향력을 확대하려는 각기 다른 입장을 보였다. 이러한 동아시아 주요국들의 복합적 안보 전략은 역내 긴장과 연대를 동시에 강화시키는 결과로 이어지고 있음을 확인하였다.

IV장에서 평가했듯이, 북한의 극초음속 및 우주 위협은 전통적인 안보 딜레마를 새로운 ‘우주안보 딜레마’로 전환시키고, 전략적 안정성을 근본적으로 교란하여 선제타격 유혹을 증대시킨다. 이는 동아시아 역내에서 예측 불가능한 군비 경쟁을 촉발하고 오판에 의한 우발적 충돌 가능성을 높이고 있다. 특히 북한 위협은 기존의 억제 패러다임을 근본적으로 도전하고, 한미연합사령부의 지휘통제 및 의사결정 과정에 미치는 전술적/작전적 압박을 가함으로써 동맹의 확장억제 신뢰성에 대한 우려를 증대시키며, 궁극적으로 우주 공간을 새로운 전장 영역으로 확대시키고 있다.

V장에서 한국의 안보 환경에 대한 SWOT 분석 결과, 공고한 한미동맹과 첨단 기술력이라는 강점에도 불구하고 방어 체계의 한계와 독자적 억제력의 부족이라는 약점을 식별하고, 한미일 안보 협력 및 우주 기술 발전 등의 기회 요인 또한 존재함을 확인하였다. 궁극적으로 북한의 극초음속 미사일 및 우주개발 위협은 한국형 3축 체계의 효용성 강화를 요구하며, 한국의 미래 안보 전략 재정립을 요구하는 핵심적인 시사점을 제공한다.

## 2. 정책적 함의 및 향후 연구 방향

북한의 고도화된 극초음속 미사일 및 우주개발 위협에 효과적으로 대응하고 동아시아의 평화와 안정을 유지하기 위해 한국은 다음과 같은 정책 방향을 적극적으로 추진해야 한다.

첫째, 독자적인 국방 및 우주안보 역량 강화는 필수적이다. 초고속 비행체 탐지 및 요격 기술 개발, 인공지능(AI) 기반 다층적 정보 융합 분석 시스템 구축, 국방우주사관학교 설립을 통한 전문 인력 양성 등을 통해 질적인 국방 역량 강화를 이루어야 한다. 둘째, 한미동맹 기반의 확장억제력을 실질적으로 제고해야 한다. 핵협의그룹(NCG) 협력 강화와 북한 극초음속 및 우주 위협 시나리오를 가정한 연합 연습 정례화, 통합억제(Integrated Deterrence, ID) 개념 도입 및 우주, 사이버, 재래식, 핵 역량 연동 훈련을 통해 실질적인 대응 태세를 확립하는 것이 시급하다. 셋째, 역내 다자 안보 대화 및 협력 증진을 통해 국제 공조를 강화해야 한다. 한미일 안보 협력 강화와 함께 유엔 우주 공간 평화적 이용 위원회(COPUOS)와 같은 국제기구에서의 우주 군사화 방지 및 우주 교통 관리(Space Traffic Management, STM) 논의에 적극적으로 참여해야 한다. 넷째, 외교적 해법 모색을 위한 유연하고 실용적인 대북 전략을 재정비해야 한다. ‘단계적 비핵화 로드맵’에 극초음속 미사일 및 군사 우주 활동에 대한 투명성 및 검증 조치를 포함하는 방안을 제안하여, 위협 관리와 외교적 돌파구 마련을 동시에 모색해야 한다.

이 연구는 북한 극초음속 미사일 고도화 및 우주개발 위협이라는 시의적절한 주제를 다루었으나, 북한에 대한 정보 제한성과 국제정세의 불확실성으로 위협의 평가와 전망에 어려움이 있었다. 향후 연구에서는 이러한 한계를 보완하기 위해 미사일 방어 체계 시뮬레이션(Modelling & Simulation, M&S) 및 AI 시뮬레이션을 활용한 러시아-북한 기술 이전의 구체적 영향 분석 등 보다 실증적이고 정량적인 연구가 필요할 것이다. 이러한 노력을 통해 북한 극초음속 미사일 고도화 및 우주개발 위협에 대한 한국의 안보 대응 전략 발전에 기여할 것을 기대된다.

## 참고문헌

1. 김태우. (2023). 북한 극초음속 미사일의 기술적 분석과 한국형 미사일 방어 체계의 대응 전략. 국방연구, 66(4), 1-25.
  2. 남궁영. (2024). 러시아-우크라이나 전쟁 장기화와 북러 군사협력 강화가 한반도 안보에 미치는 함의. 국제정치연구, 29(1), 45-68.
  3. 박상중. (2021). 동아시아 지역의 우주력 경쟁에 따른 한국군의 대응방향. 안보전략연구, 5, 121-144.
  4. 박상중. (2023a). 국방우주 발전체계의 개선방향. 항공우주정책 · 법학회지, 38(3), 241-272.
  5. 박상중. (2023b). 북한의 7차 핵실험 가능성에 대한 비판적 시각. 군사저널, 186호, 47-49.
  6. 박상중, 조흥제. (2020). 주변국 우주군사전략이 한국군에 미치는 함의. 항공우주정책 · 법학회지, 35(4), 249-269.
  7. 박상중, 조흥제. (2021a). 북한 군사우주력에 대한 평가 및 함의. 항공우주정책 · 법학회지, 36(4), 245-267.
  8. 연합뉴스. (2021년 9월 28일). 북한, 새 극초음속 미사일 시험 발사 성공 주장.
  9. 연합뉴스. (2023년 11월 22일). 북한, 군사정찰위성 ‘만리경-1호’ 발사… “정찰위성 시대 개척”.
  10. 정진욱. (2022). 북한의 핵무장 고도화와 극초음속 미사일 위협에 대한 확장억제 강화 방안. 한국전략학회지, 30(4), 89-110.
  11. 최민정. (2024). 우주지정학의 전환과 우주군사전략: 2022년 우주개발 투자의 동향 분석. 한국우주정책연구, 7(2), 20-40.
  12. 하영선. (2022). 안보 딜레마와 군비 경쟁: 북한 미사일 개발 사례를 중심으로. 한국정치학회보, 56(1), 1-28.
  13. 한국국방연구원. (2023). 북한 우주개발의 군사적 함의와 한국의 대응 전략. KIDA 보고서.
  14. 한승주. (2023). 한국형 3축 체계의 한계와 북한 극초음속 미사일 대응 방안. 국방정책연구, 39(3), 56-78.
  15. Cohen, A. (2023). Russia-North Korea Military Cooperation: Implications for the Korean Peninsula. The Journal of Indo-Pacific Affairs, 6(1), 22-38.
  16. Eckhart, J. D. (2022). Hypersonic Weapons and the Future of Strategic Stability. Arms Control Today, 52(2), 12-17.
  17. Missile Defense Agency. (2023). Missile Defense Review.
  18. Mizokami, K. (2024). Japan’s Counterstrike Capabilities: Adapting to North Korea’s Missile Threats. The Diplomat.
  19. Office of the Director of National Intelligence. (2024). Annual Threat Assessment of the U.S. Intelligence Community.
  20. Zakharov, M. (2023). Russia’s Hypersonic Edge: Military Modernization and Geopolitical Ambitions. Russian Military Review, 45(3), 88-105.
-





# 우주보험 언더라이팅 핵심 항목 분석: 5대 위험 요소 프레임 워크와 2025년 하드 마켓(Hard Market) 국면



**남기원** | 한국항공우주연구원  
전략기획본부  
우주항공정책팀  
책임연구원  
giwony@kari.re.kr

## 초 록

우주보험 언더라이팅은 계약 건수의 희소성, 임무당 고액의 잠재적 손실, 기술적 복잡성으로 인해 전통적 보험 이론에서 활용되는 대수의 법칙을 적용하기 특수한 위험 평가 영역이다. 본 연구는 이러한 특수성을 고려하여, 고위험 우주 산업에 적합한 다차원적 위험 평가 프레임 워크를 체계적으로 분석한다. 연구 결과, 언더라이팅의 전통적 기준으로 간주되는 신뢰성과 운용 환경 외에도, 계약 및 재무 리스크, 계열 손실과 케슬러 증후군을 포함한 거시적 리스크, 그리고 글로벌 자본시장의 변동을 반영하는 시장 상황(하드/소프트 마켓 사이클) 등 총 5개의 핵심 요소가 통합적으로 고려되어야 하는 것을 확인하였다. 특히, 2023년 Viasat-3 위성 손실과 같은 대형 클레임 발생은 보험사의 자본 부담을 증대시키며, 2025년 현재 우주보험 시장이 인수 기준 강화와 보험료 상승을 특징으로 하는 전형적인 하드마켓에 진입했음을 뚜렷하게 보여준다. 제시된 5대 위험 요소 프레임워크는 개별 임무 리스크뿐 아니라 시스템적 연관성 위험(Systemic Correlation Risk) 및 외생적 시장 변동성을 포괄적으로 평가할 수 있는 구조적 틀을 제공함으로써, 현재의 우주보험 시장 환경에서 효과적인 위험 관리에 실질적으로 기여할 수 있기를 기대한다.

**Key Words :** Space Insurance Underwriting(우주보험 언더라이팅), Technical Reliability(기술적 신뢰성), Operational Environment(운용 환경), Macroscopic Risk(거시적 리스크), Hard Market(하드 마켓)

## 1. 서론

언더라이팅(Underwriting, 보험 인수 심사)이란 보험사가 계약을 인수할지 여부를 판단하고, 그에 따른 조건(보험료, 보장 범위 등)을 정하는 과정이다. 우주보험의 언더라이팅은 전통적인 손해보험과 달리 대수의 법칙 적용이 구조적으로 제한된 시장 특성을 지닌다. 이는 발사-궤도상 사고의 표본 수가 극히 적고, 단일 사고의 경제적 파급력이 매우 크기 때문이다. 이러한 특성으로 인해 우주보험 언더라이팅은 고도의 기술적 전문성과 다차원적 위험 평가를 필수적으로 요구한다[1]. 언더라이터는 단순한 과거 사고 통계의 분석을 넘어, 각 우주 프로젝트가

보유한 기술적 성숙도, 운용 환경 조건, 조직의 재무 건전성과 같은 핵심 변수를 종합적으로 검토하여 적정 보험료율과 인수 조건을 설정한다.

본 논문의 목적은 현대 우주보험 언더라이팅의 의사결정 과정에서 사용되는 다차원적 위험 평가 기준을 체계적으로 정립하고, 각 기준이 갖는 학술적·산업적 타당성을 검토하는데 있다. 이를 위해 고도의 위험 분석에 핵심적으로 작용하는 다음의 다섯 가지 항목을 중심으로 논의를 전개한다.

1. 기술적 신뢰성(Technical Reliability)
2. 운용 환경(Operational Environment) 리스크
3. 계약 및 재무(Contractual & Financial) 리스크
4. 거시적(Macroscopic) 리스크
5. 시장 상황(Market Condition)

이 분석 체계는 개별 임무의 기술적 위험을 넘어, 시스템적 위험 및 시장의 외생적 요인까지 통합적으로 고려하는 위험 관리 모델을 제안한다. 특히 대규모 군집위성(Constellation) 사업이 확산되는 ‘뉴 스페이스’환경에서, 보다 정교하고 현실적인 언더라이팅 전략 수립에 실질적인 기여를 제공하는 것을 목표로 한다.

## 2. 언더라이팅 관점의 확장

### 2.1 전통적인 우주 위험 평가 기준

초기 우주보험 언더라이팅은 주로 발사 실패 확률 및 궤도 내 위성 고장 확률과 같은 기술적 위험에 중점을 두었다. 주요 보험사와 브로커가 제시한 기준에 따르면, 핵심 위험 평가 영역은 하드웨어의 비행 이력과 궤도 내 신뢰성(heritage and in-orbit reliability), 발사체의 비행 이력, 그리고 설계의 견고성(redundancies)이었으며, 여기에 운영 환경, 운영자의 기술적·운영적 역량, 시스템 아키텍처의 안정성 등이 추가적으로 고려되었다. 이러한 접근은 주로 개별 장비의 기술적 결함 가능성을 정량화하는데 중점을 둔 전통적인 위험 평가 방식에 해당된다[2].

### 2.2 뉴 스페이스와 위험 평가 패러다임의 변화

2010년대 이후 정부 중심에서 민간 중심으로의 산업 구조 변화와 군집 위성 사업의 부상은 우주보험 언더라이팅 위험 평가 패러다임에 중요한 전환점을 가져왔다. 소형·저가 위성을 대량으로 발사하는 방식은 개별 위성의 경제적 손실 규모를 상대적으로 낮추는 반면, 시스템적 위험(Systemic Risk) 가능성을 크게 확대시켰다. 예컨대, 계열 손실(serial loss), 군집 위성 간 상호 의존성 증가, 우주 잔해(space debris)에 따른 충돌 위험 증대 등은 기존의 기술 중심 평가 만으로는 충분히 포착되기 어려운 요소들이다. 이러한 변화에 대응하기 위해 언더라이팅은 기술적 평가를 넘어 계약적·재무적 요인, 운영 체계의 구조적 특성, 그리고 시장·산업 차원의 외생 변수를 포괄하는 방향으로 확장되기 시작했다.<sup>1)</sup>

1. <https://www.carriermanagement.com/news/2023/09/05/252748.htm>

### 2.3 거시적 리스크 개념의 도입

‘거시적 리스크’ 개념은 전통적인 우주보험 용어는 아니지만, 고도 기술 분야의 위험성 평가 연구에서 유사 개념이 활용된 바 있다. 특히 자율 주행 시스템(Autonomous Driving System, ADS)의 안전성 검증 연구에서는 미시적 및 거시적 위험 지표(microscopic and macroscopic risk matrices)를 통해 시스템 수준의 구조적 위험을 평가하는 접근이 제시된 바 있다[3][4]. 이러한 맥락을 고려할 때, 우주보험 분야에서의 거시적 리스크라는 범주는 개별 임무 단위 위험을 넘어 산업 생태계 전반의 구조적 취약성, 운영 체계 간 상호 연동 특성, 그리고 정책·시장 환경의 변동성을 포괄적으로 분류하기 위한 분석적 개념으로 도입된 것으로 해석할 수 있다. 이는 보험에서 시스템 탄력성(resilience) 확보를 위한 시나리오 기반 위험 평가의 중요성과도 부합한다[5].

## 3. 5대 핵심 항목 프레임워크 분석

### 3.1 기술적 신뢰성

기술적 신뢰성은 발사체 및 위성이 요구된 기능을 시간 내에 안정적으로 수행할 확률을 정량적으로 판단하는 과정이다.

#### • 비행 이력 및 설계 견고성(Flight Heritage and Redundancy)

언더라이터는 비행 이력을 가장 핵심적인 평가 지표로 간주한다. 동일 설계의 발사체, 위성 플랫폼 및 주요 부품이 실제 임무에서 보여준 성공 기록은 신뢰성 평가의 기초가 된다. 반대로 검증되지 않은 신규 설계나 신기술이 포함된 경우, 불확실성이 증가하여 보험료 인상 또는 인수 거절로 이어질 수 있다. 또한 설계 견고성은 자세 제어·전력·통신 등 필수 시스템이 이중화 혹은 다중화되어 있는지 여부를 평가하며, 치명적 기능 상실을 방지하는 핵심 지표로 활용한다.<sup>2)</sup>

#### • 제조 및 시험 데이터(Manufacturing & Test Data)

기술적 신뢰성 평가에는 제조·품질관리 단계의 정보가 포함된다. 공급망 관리 내역, 제작 환경의 품질 기준(예: 청정도), 지상 시험 데이터(진동·열진공·음향 시험 등)를 검토해 잠재적 결함 요소를 분석한다. 이는 언더라이팅 기준 중 Test Plan 항목과 직접적으로 연관된다[6].

### 3.2 운용 환경 리스크

하드웨어가 설계·제조 단계에서 기술적으로 완벽하더라도, 운용 환경이나 절차적 요소로 인해 실패할 수 있다.

#### • 임무 프로파일(Mission Profile) 및 궤도 특성

임무가 수행되는 궤도의 특성은 위험도에 직접적인 영향을 준다.

- 저궤도(LEO): 우주 잔해와의 충돌 위험이 상대적으로 높음

2. <https://www.landars.com.au/legal-insights-news/failure-in-orbit-planning-your-space-projects-with-space-insurance-in-mind>

- 정기궤도(GEO): 장기적으로 고강도 방사선에 노출되어 부품 열화 가능성이 증가  
 이러한 궤도별 위험 요소는 언더라이팅 기준 중 ‘Operating Environment’ 평가 항목에 반영된다[6].

• 관제 능력(Ground Control Capability) 및 비상 대응 체계(Contingency Plan)

지상국의 기술적 안정성, 운영 인력의 경험 및 역량, 비상 상황 대응 능력은 임무 성공률에 큰 영향을 미친다. 특히 비상 대응 체계의 적정성은 ‘Anomaly resolution’ 능력을 평가하는 핵심 지표로 사용된다[6].

### 3.3 계약 및 재무(Contractual & Financial) 리스크

기술 외적 요소 중에서도 계약 구조와 사업 주체의 재무적 안정성은 언더라이팅 결과에 결정적 영향을 미친다.

• 사업 주체의 역량 및 재무 건전성

운용 경험이 풍부한 정부 기관이나 대형 통신 사업자는 체계적 리스크 관리 능력을 보유한 것으로 평가되며, 이는 인수 조건을 우호적으로 만든다. 반면 경험이 부족한 신생 기업은 예측 불가능한 운영 실패 가능성이 높게 인식되어 보험 인수 조건이 강화되거나 보험료가 상승할 수 있다. 이는 언더라이팅 기준 중 ‘Operator’, ‘Business plan’ 및 ‘Contractual obligation’의 신뢰성 평가와 연관된다[6].

• 도덕적 해이(Moral Hazard) 리스크

피 보험자의 재무 구조가 취약하거나 사업 모델의 지속 가능성이 불확실할 경우, 언더라이터는 도덕적 해이 가능성을 중점적으로 검토한다. 예를 들어, 위성의 기능이 일부 저하된 상황에서 피보험자가 전손(Total Loss) 선언으로 조기 임무 종료를 통해 보험금 지급을 주장할 위험이 존재한다. 따라서 언더라이터는 ‘Loss Calculation’ 및 ‘Asset Valuation’ 기준을 엄격히 적용하여 재무적 동기가 위험 판단에 영향을 주지 않도록 통제하고자 한다[6].

도덕적 해이를 예방하기 위한 전략적 접근은 단순한 위험 심사를 넘어 계약 구조 전반에서 도덕적 해이 발생 요인을 체계적으로 차단하는 방향으로 설계되어야 한다. 이를 위해 언더라이팅 단계에서는 다음과 같은 구조적 개선이 요구될 수 있다. 첫째, 자기부담금(retention 또는 deductible) 비율의 상향 조정이 필요하다. 피보험자가 일정 수준의 손실을 직접 부담하도록 함으로써 손해 예방 관리 책임을 강화하고, 고의적 전손 선언이나 과도한 손실 청구의 가능성을 억제할 수 있다. 둘째, 추정 전손 판정 기준의 세분화가 필요하다. 기존에 위성 성능 또는 용량의 50% 상실을 전손으로 인정하던 관행을 상향하거나, 잔존 수명과 기능 저하 정도에 비례하여 보상액을 산정하는 구조를 적용함으로써 도덕적 해이를 구조적으로 약화할 수 있다. 이와 같은 조치를 통해 우주보험 시장에서의 도덕적 해이 리스크를 감소시키는 데 기여할 것으로 기대된다.

### 3.4 거시적 리스크

거시적 리스크는 개별 위성이나 단일 임무 수준을 넘어 산업 전체의 구조적 취약성과 상호 연동성에서 비롯되는 위험을 포괄한다.

#### • 계열 손실(Serial Loss) 및 군집 위성 위험

군집 위성 사업처럼 동일 설계의 위성을 대량 운용하는 경우, 단일 설계 결함이 전체 위성 집합에서 반복적으로 발생하는 계열 손실 가능성이 존재한다. 이러한 손실은 보험 산업 전체에 큰 재정적 충격을 가져올 수 있으며, 위험 집중도(concentration risk)를 극도로 높이는 요인이다. 따라서 브로커와 보험사는 군집 위성 특화 보험 상품 및 위험 관리 솔루션을 별도로 운영한다.<sup>3)</sup>

#### • 시스템 리스크 및 케슬러 증후군(Kessler Syndrome)

저궤도에서 위성 밀도가 증가하면서 케슬러 증후군과 같은 체계적 위험이 현실적 위협으로 부상하고 있다. 케슬러 증후군은 단일 충돌이 연속적인 파편 생성과 추가 충돌로 이어져 특정 궤도 구간의 장기적 사용 가능성 자체는 저해하는 시나리오를 의미한다. 이러한 유형의 위험은 블랙 스완(Black Swan) 이벤트<sup>4)</sup> 혹은 꼬리 위험(Tail Risk)<sup>5)</sup>으로도 간주되며, 발생 시 피해가 광범위하고 회복이 어렵기 때문에 거시적 관점의 시나리오 기반 위험 평가가 필수적이다.

이러한 체계적 위험은 가설이 아닌 현실적인 위협으로 입증되고 있다. 예를 들어, 2025년 11월 중국 우주 정거장 텐궁(Tiangong)에 머물던 우주 비행사 3명이 지구로 귀환할 예정이었던 선저우 20호 귀환 캡슐에서 우주 잔해 충돌로 인한 미세한 균열이 발견되었다. 이로 인해 귀환 일정이 9일 이상 지연되었고, 승무원들은 후속 우주선인 선저우 21호를 이용하여 귀환해야 했으며, 여전히 텐궁 우주정거장에 머무르고 있는 선저우 21호 승무원 3명은 현재 사용할 수 있는 귀환 캡슐이 없어 다시 고립 상태에 놓인 상황이다. 이 사건은 우주 잔해가 개별 위성의 그 능 상실을 넘어, 국가적 임무의 일정 및 우주 비행사의 안전이라는 핵심 운영 영역에 직접적이고 중대한 차질을 초래할 수 있음을 보여주며, 거시적 리스크 평가의 필요성을 뒷받침하는 구체적인 사례이다.<sup>6)</sup>

#### • 언더라이팅 프로세스 내 거시적 리스크의 통합

이러한 거시적 리스크는 전통적인 확률론적 모델(Probabilistic Model)만으로는 예측이 어렵기 때문에, ‘시나리오 기반 스트레스 테스트(Scenario-based Stress Testing)’가 언더라이팅의 필수 절차로 통합되어야 한다. 예를 들어, 특정 궤도에서 케슬러 증후군이 발생했을 때 해당 보험사의 포트폴리오 내 위성들이 연쇄적으로 손실될 최대 추정 손해액(PML: Probable Maximum Loss)을 산출하고, 이를 감당할 수 있는 자본 여력을 평가하

3. <https://www.marsh.com/en/industries/aviation-space/insights/managing-risks-and-opportunities-as-space-exploration-enters-new-frontiers.html>

4. 과거의 경험으로는 그 존재 가능성을 예측할 수 없기 때문에, 일단 발생하면 시장이나 사회 커다란 충격을 주는 예측 불가능하고 잠재적으로 심각한 결과를 초래하는 사건을 의미함

5. 통계적 분포상 양 극단에서 발생할 수 있는 극단적인 결과를 의미함

6. <https://zdnet.co.kr/view/?no=20251119075042>

는 방식이다. 또한, 기술적 차원에서는 우주 잔해 제거(Active Debris Removal, ADR) 기술이나 자동 회피 기동(Automated Collision Avoidance) 시스템 탑재 여부가 보험료 할인 요인(Credits)으로 작용할 수 있다. 이는 피보험자가 거시적 리스크 완화에 기여함을 입증할 경우 인센티브를 제공함으로써, 산업 전체의 시스템 탄력성(Resilience)을 높이는 선순환 구조를 형성할 수 있다.

### 3.5 시장 상황

개별 프로젝트에 내재되어 있는 위험과 무관하게, 글로벌 우주보험 시장의 자본 유입 수준과 손해율 추세는 보험료율과 인수 조건에 직접적인 영향을 미친다[7].

#### • 보험 시장 사이클(Insurance Cycle)

우주보험 시장은 일반적인 특종 보험 시장과 마찬가지로 주기적인 사이클을 따르며, 이 사이클은 산업 전체의 리스크 흡수 능력과 보험 자본의 민감성을 반영하는 중요한 외생 변수가 된다.

- 하드 마켓(Hard Market): 대규모 사고로 보험사의 손해율이 악화되는 경우, 보험사는 인수 기준을 강화하고 보험료를 전반적으로 인상하는 경향이 있다.
- 소프트 마켓(Soft Market): 대형 사고 없이 손해율이 안정적인 때, 보험사 간 경쟁이 심화되어 보험료가 비교적 낮아지고 인수 조건이 완화된다.

## 4. 사례 연구: 2023년 대형 손실과 2025년 하드 마켓 국면

### 4.1 2023년 기록적인 손실 발생

2023년은 우주보험 산업 전반에 구조적 충격을 야기한 대형 손실이 연속적으로 발생한 해로, 이는 이후 시장 조건을 규정하는 결정적인 요인으로 작용하였다. 대표적 사례는 다음과 같다.

#### • Viasat-3 Americas 위성 손실

2023년 4월 SpaceX의 Falcon Heavy로 발사된 Viasat Inc.의 Viasat-3 Americas 위성(위성 가액 약 10억 달러)은 글로벌 광대역 네트워크 확장을 위한 정지궤도 위성으로 발사 후 궤도에는 정상적으로 안착하였다. 그러나 궤도상에서 핵심 구성품인 Ka-대역 반사판 안테나의 전개 과정에서 중대한 이상이 발생하였고, 이는 위성의 설계 성능 달성이 어려워지는 치명적 문제로 이어졌다.<sup>7)</sup> 업계 분석에 따르면 해당 이상은 기체의 상업적 활용 가능성을 크게 저하시켰으며, 수개월의 복구 시도에도 불구하고 실질적 해결 가능성이 낮다고 판단되면서 사실상 손실 선언의 주요 근거가 되었다. 이 사고로 위성의 제작 및 발사 비용을 포함하는 4억 2,000만 달러(USD 420 million)의 보험금이 청구되었다[8].

7. <https://www.altagrove.com/news-articles/viasat-3-satellite-suffers-major-antenna-anomaly-upending-viasat-inc-s-growth-plans-possible-420m-insurance-claim>

이 사건은 고가치 정지궤도 위성에서 기술적 신뢰성과 제조·시험의 완결성이 얼마나 중요한 위험 관리 요소인지를 명확히 드러낸 대표적 사례로 평가된다. 특히 언더라이터가 임무의 성공 가능성을 판단할 때, 단순한 구성품 신뢰도뿐 아니라, 전개 매커니즘과 같은 단일 실패 지점(Single Point of Failure, SPOF)의 관리가 위험 수준을 결정짓는 핵심 변수임을 재확인시켰다.

#### • Immarsat-6 F2(I-6 F2) 위성 이상

Airbus가 제작하고 2023년 2월에 SpaceX가 발사한 Immarsat-6 F2는, 궤도 상승 단계에서 서브 전력 시스템에 예기치 않은 이상이 발생하였다. 이 문제는 Viasat이 위성을 인수한 이후인 2023년 8월에 보고되었으며, 9월에는 제조사인 Airbus에 의해 배터리가 영구적으로 고장났음이 확인되었다.<sup>8)</sup> 이러한 이상은 위성의 유효 수명을 종료시킬 수 있는 치명적인 결함으로 간주되어 전손(Total loss)처리로 이어졌다. 이 사고로 3억 4,800만 달러(USD 348 million)의 보험금이 청구되었다.<sup>9)</sup>

이 사건은 Viasat이 Immarsat 인수로 기대했던 자산 가치와 전략적 시너지에 예상 밖의 리스크가 발생한 사례로 평가된다[9]. 또한 고도화된 하위 전력 시스템의 신뢰성 확보가 장기 임무의 성패를 결정짓는 핵심 요인임을 보여주며, 언더라이팅 과정에서 전력 시스템 설계, 배터리 수명 모델, 방사선 환경 내구성 등이 위험 평가에서 갖는 비중을 재확인한 사례로도 의미가 있다.

## 4.2 하드 마켓 국면으로의 전환

2023년에 발생한 일련의 대형 손실은 우주보험 시장 전반에 구조적 변화를 일으키며 하드 마켓으로의 전환을 촉진했다. 이는 2025년 현재까지 우주보험 시장을 경색 국면에 머물게 하고 있다.

- **보험료의 급등:** 기록적인 보험금 청구액은 보험사의 손해율을 급격히 악화시켰고, 이는 이후 위성 운영자들이 보험을 확보하는데 있어 비용 부담과 접근성을 모두 악화시키는 요인으로 작용했다.
- **보험사 철수 및 용량 축소:** American International Group Inc., Allianz SE 등 주요 보험사가 이미 우주 포트폴리오를 폐쇄한 상황에서 추가적인 대형 사고가 발생하자, 시장 내 가용 위험 부담 용량은 더욱 축소되었다. 남아 있는 보험사들은 위험 자본 배치를 전반적으로 보수화하며 인수 가능 범위를 줄이는 방향으로 움직였다.
- **인수 기준 강화:** 손실 경험 이후 보험사들은 안전 여령이 충분히 입증되지 않은 프로젝트에 대한 노출을 줄이기 시작했다. 이는 더 높은 보험료 요구, 보장 범위 제한, 기술 검증 기준 강화 등으로 나타났으며, 결과적으로 고위험 임무 수행을 위한 보험 조달이 한층 제한적인 환경이 조성되었다.

8. <https://www.spaceintelreport.com/viasats-inmarsat-6-f2-satellite-suffers-power-failure-on-way-to-orbital-position-total-loss-feared/>

9. <https://investors.viasat.com/static-files/a5032da8-5f8a-4801-8afc-6775eb707825>

### 4.3 하드 마켓 환경에서의 전략적 대응 방안

2025년의 하드 마켓 국면은 위성 운영자와 발사 서비스 제공자에게 기존과는 다른 수준의 리스크 관리 역량을 요구한다. 본 연구에서 제시한 5대 위험 요소 프레임워크는 이러한 환경 변화 속에서 더욱 엄격하게 적용될 필요가 있으며, 다음과 같은 전략적 재해석이 요구된다.

- **기술적 신뢰성(Technical Reliability)의 보수적 입증:** 하드 마켓에서 언더라이터는 혁신성보다 검증된 헤리티지(heritage)를 중시하므로, 운영자는 신기술 도입을 최소화하거나 도입이 불가피한 경우 지상 시험 데이터를 기존 대비 두 배 이상 확보하여 기술적 불확실성을 축소해야 한다.
- **운용 환경(Operational Environment)에 대한 투명성 제고:** 궤도 혼잡도가 지속적으로 증가하는 상황에서, 충돌 회피 기동 능력, 관제 시스템의 이중화 수준 등 핵심 운용 정보를 선제적으로 공개함으로써 언더라이터의 잠재적 우려를 완화할 수 있다.
- **계약 및 재무 구조(Contractual & Financial Structure)의 유연화:** 높은 보험료 부담이 불가피한 상황에서는 전액 보상(full coverage)을 일률적으로 추구하기보다, 핵심 리스크만을 담보하고 나머지는 자가 보유(self-insurance) 방식으로 관리하는 혼합형 포트폴리오가 비용 효율성을 높일 수 있다. 더불어 재무적 건전성을 명확히 입증하는 것은 도덕적 해이 가능성을 낮추고 보험료 협상력 제고로 이어진다.
- **거시적(Macroscopic) 대응과 시장(Market) 타이밍에 대한 전략적 고려:** 시장의 가용 용량(capacity)이 부족한 하드 마켓에서는 프로젝트 초기 단계(발사 12~18개월 전)부터 브로커와 협력하여 보험 용량을 조기 확보하는 ‘조기 시장 진입(Early Market Engagement)’ 전략이 기업의 위험 완화 능력을 좌우한다.

종합하면, 하드 마켓은 준비가 미흡한 시장 참여자를 자연스럽게 배제하는 방향으로 작동하며, 제시된 5대 요소를 체계적으로 관리하는 사업자만이 안정적인 보험 담보를 확보할 수 있다. 이러한 전략적 대응은 불확실성이 확대된 우주보험 시장에서 지속 가능한 리스크 관리 체계를 구축하는 데 핵심적이다.

## 5. 결론

### 5.1 연구 요약 및 프레임워크 유효성

본 연구는 우주보험 언더라이팅 과정에 내재된 다차원적 위험 요소를 기술적 신뢰성, 운용 환경 리스크, 계약·재무 리스크, 거시적 리스크, 시장 상황의 다섯 가지 범주로 체계화된 분석 프레임워크를 제시하였다. 이 프레임워크는 기존의 발사 성공률이나 궤도 내 고장 확률과 같은 기술 중심 접근을 넘어, 뉴 스페이스 시대에 증가한 도덕적 해이, 계열 손실 가능성, 군집 위성에 따른 시스템적 위험, 그리고 보험 시장 사이클이라는 외생 변수까지 포괄적으로 고려하였다.

## 5.2 정책적 시사점 및 미래 전망

2023년에 발생한 대형 손실은 글로벌 우주보험 시장의 구조적 취약성을 노출시켰으며, 이는 2025년의 전형적인 하드 마켓 국면으로 직결되었다. 대규모 손실 발생 이후 일부 보험사가 시장에서 이탈하면서 공급 능력이 축소되었으나, 최근에는 기술적 신뢰성이 입증되고 운영 실적이 충분히 검증된 사업자를 중심으로 제한적 인수 확대 조짐이 관찰되고 있다.<sup>10)</sup> 다만 재보험 시장의 용량 제약과 우주 분야 특유의 높은 기술적 변동성으로 인해, 향후 언더라이팅은 검증된 플랫폼-아키텍처, 안정적인 제조-시험 체계, 운영 경험이 축적된 사업자를 대상으로 매우 선별적이고 규율 중심적인 방식으로 이루어질 가능성이 높다. 특히 고가의 정지궤도 위성 자산을 둘러싼 위험 평가는 더욱 엄격해 지고 있으며, 도덕적 해이를 포함한 다차원적 위험 요인을 통합적으로 점검하는 방향으로 언더라이팅 기준이 강화되고 있다. 이러한 환경 하에서 위성 운영자들은 보험료 상승과 보장 범위 축소라는 이중의 부담에 직면하게 되었다. 따라서 기술적·재무적 투명성 강화, 설계 및 시험 체계의 개선, 운용 리스크 관리 수준을 제고하는 것이 보험료를 안정화시키는 방어책이 될 것이다.

또한, LEO 군집 위성 확대에 따른 거시적 리스크(예를들어, 충돌 확률 증가나 궤도 환경 악화로 대표되는 체계적 위험 등)는 개별 보험사의 대응 능력을 넘어서는 성격을 지닌다. 이를 대비하기 위해서는 재보험 풀(Reinsurance Pool)이나 정부의 재정적 지원과 같은 공공-민간 협력 메커니즘이 필요할 수 있으며, 이는 향후 우주 위험 관리 및 보험 시장의 지속 가능성을 위한 핵심 과제가 될 것이다.

---

10. <https://www.insuranceinsider.com/article/2f2paw5df2zh2x5estatc/lines-of-business/specialty-lines/space-insurance-rates-stabilise-as-carriers-gravitate-back-to-market>

---

## 참고문헌

1. Commercial Concerns with the People's Republic of China,U.S., National Security and Military, Volume II, Chapter 8(The Commercial Space Industry), 1999
  2. Assurance through insurance and on-orbit servicing, The Aerospace Corporation, 2018
  3. Patrick Weissensteiner and Georg Stettinger, Explainable Safety Argumentation for the Deployment and Automated Vehicles, Electromics, 2024
  4. Michael Hoss, Maik Scholtes, Lutz Eckstein, A Review of Testing Object-Based Environment Perception for Safe Automated Driving, Automotive Innovation, 2022
  5. Developing Scenarios for the Insurance Industry, Univ. of Cambridge, 2021
  6. Assurance through insurance and on-orbit servicing, The Aerospace Corporation, 2018
  7. Commercial Space and Launch Insurance: Current Market and Future Outlook, FAA 4th Quarter Quarterly Launch Report, 2002
  8. Viasat Provides an Interim Update on VS-3 F1 Satellite Status and Anticipates Positive Free Cash Flow Earlier Than Planned, Viasat, Oct 12, 2013
  9. Viasat Stakeholder Letter: Q3 Fiscal Year 2024 Financial Results, Viasat, 2024
-





## 편집위원

박상중	국방대학교 교수	김지희	한국항공대학교 교수
임상민	방위사업청 전문관	신상우	한국항공우주연구원

## 우주정책연구 12권

Space Policy Research Vol.12

발행인 : 이상철

주 소 : 대전시 유성구 과학로 169-84

편집인 : 신상우

전 화 : (042) 870-3651

발행처 : 한국항공우주연구원

발행년월 : 2025. 12

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

