

도약적 국가우주력 발전을 선도할 공중발사체 개발 필요성 연구

Research on the necessity of Air-launched Space Rockets for Breakthrough Development of R.O.K National Space Power

박기태¹⁾

Park, Ki-tae

ABSTRACT

Witnessing current military conflicts in South China Sea and Eastern Europe, most defense analysts evaluate one of the most serious security threat toward the US is coming from the superpower competitions with Russia and China. The main means for such super power hegemonic competitions is military power and space power is a key enabler to maximize the efficiency and effectiveness of military employment. Reflecting above circumstances, the space hegemonic competition between the Unites States and China is spreading into all aspects of national powers. Under such an environment, R.O.K needs to significantly develop national space power to preserve life and assets of people in space.

The R.O.K has made a significant opportunity to develop national space power by dismantling the missile cooperation guideline between the ROK and the United States and its decision to participate in the international Artemis Project for manned exploration to the Moon. On the other hand, the R.O.K has a lot of limitations in launching space assets into orbits by land-based space rockets due to its geographic locations. As an alternative for this problem, air-launched rocket is considered. On this paper, I will examine the world-wide trend for developing air-launched rocket, analyze the research results executed in the nation, and finally suggest the necessity of developing this technology and ways ahead.

Key Word: US-China Space Hegemonic Competition, New Space Era, Micro Satellite, Space Rocket Systems, Air-launched Space Rocket System, etc.

논문접수일 : 2022년 5월 3일, 심사일 : 2022년 6월 6일, 게재확정일 : 2022년 6월 24일

1) 공군대령(정책분석학 박사), 전 공군본부 우주센터장

1. 서론

2017년 트럼프 미국 행정부 출범이후 강대국간 패권경쟁이 격화되는 가운데 2022년은 연초부터 미국과 러시아간 동유럽에서 군사적 충돌이 현실화되고 있다. 2018년 미국의 모든 국가안보 전략서에서 언급한 것처럼 강대국간 전략적인 경쟁이 미국의 안보에 가장 위협이 되고 있다. 아태지역에서는 G2로 성장한 중국이 막강한 경제력을 바탕으로 군사력 현대화를 통해 미국의 패권에 도전하고 있다. 특히, 2000년 초부터 시작된 중국의 ‘우주굴기’는 미국의 우주패권을 위협하는 핵심적인 요소로 부상하고 있다. 중국의 독자적 우주정거장 구축(2023년 예정), ‘베이두’ 쉰 지구적 항법위성체계 전력화(2021), 달 탐사선 달 뒷면 착륙 및 샘플 지구 귀환(2021), 화성 탐사선 착륙 성공(2021) 등은 대표적인 중국의 ‘우주굴기’의 산물로서 이는 군사적 우주패권 쟁취에 핵심적인 능력으로 활

용될 것이다.²⁾

상기와 같이 강대국간 패권경쟁의 핵심적인 수단은 군사력으로 이중 우주력은 군사력 운용의 효율성과 효과성을 담보하는 핵심적인 Enabler이다. 특히, 항법위성에서 제공하는 주요 정보(PNT: Positioning, Navigation and Time)는 현대화되고 스마트한 무기체계 운용의 핵심적인 요구능력으로 해당 정보의 활용 불가시 무기체계 운용 자체가 불가능한 상황이다. 추가하여, 통신위성에서 제공하는 쉰 지구적 실시간 정보통신 능력은 지휘통제(C2)에 활용되며, 감시정찰 위성에서 제공하는 지구관측 정보는 전력운용 계획 수립과 실시간 전력운용에 핵심적인 수단이고, 조기경보 위성은 대량 파괴무기의 주요 운반수단인 탄도미사일 발사의 조기 탐지와 경로 추적에 활용된다. 즉, 우주력은 군사적 패권경쟁의 핵심적인 수단으로 향후 미국과 중·러간 우주력 건설 경쟁은 ‘제2 우주시대’를 견인하는 핵심적인 변수가 되고 있다.

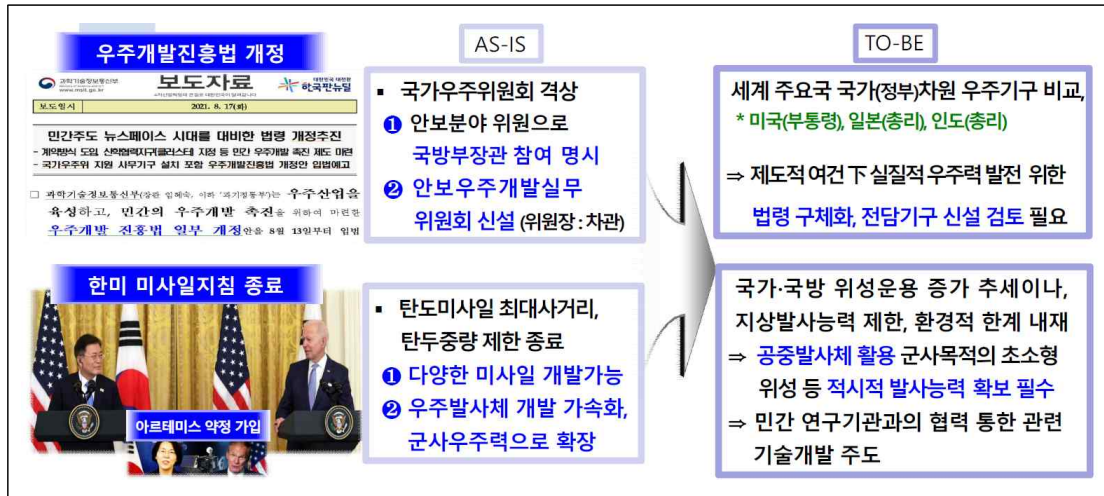


<그림 1> 전쟁수행의 핵심 Enabler로서 우주력 발전³⁾

2) 미·중의 우주패권경쟁과 중국의 ‘우주굴기’ 관련한 내용을 박기태, “미·중의 우주패권경쟁과 국방 우주력 발전방향,” 『대전환시기의 국방우주력』 연세대 항공우주력 연구총서-20(2021.9), pp. 48~60에서 요약하여 정리한 내용임.
3) 황영민, “국방우주력 강화를 위한 공군 우주력 발전전략.” 제2회 미래국방기술 및 전략 학술대회 발제문 (연세대학교 ASTI, 2021.11.30.), p.4 그림을 저자의 의도에 맞게 재편집함.

2021년은 도약적 국가/국방우주력 발전의 원년이다. 과거 30여년간 국가 우주력 발전의 '족쇄'로 작용했던 한·미 미사일 지침이 해제되었고, 미국 주도의 국제 유인 달 탐사 프로젝트인 '아르테미스'에 한국은 10번째 국가로 참여를 결정하였다. 이는 도약적 국가 및 국방우주력 발전을 위한 기회요인이다. 반면, 도전적인 요인도 존재한다. 독자적인 우주기술 개발을 위한 필수적 인프라 구축 제한사항은 대표적인 도전이다. 우리나라는 우주 발사체 발사가 불가능한 지정학적 위치에 존재한다. 기본적으로

우주자산은 발사체를 통해 지구 중력장을 벗어난 지구 궤도상에 올려놓아야만 전력으로서 가치가 있다. 이를 위해서 우주 선진국들은 다양한 우주발사체(지상, 해상, 공중)를 오랜 세월 개발 및 능력향상에 매진하고 있다. 반면, 우리나라는 30년여간의 노력으로 독자적 지상 발사체를 개발하여 시험과정에 있으나 우리나라의 지정학적 위치로 인해 제한사항(지형지물 회피를 위해 170도 방위로만 발사 가능)이 존재하고 있다.



<그림 2> 대한민국 우주력 발전을 위한 기획 및 도전요인4)

이를 해결하기 위한 방안중 하나로 공중발사체 개발 필요성이 제기되고 있다. 공중발사체의 가장 큰 장점은 우리나라가 겪고 있는 우주발사체 발사방위각 제한을 해소할 수 있다는 것이다. 전투기 및 대형 수송기(민항기)에 발사체를 탑재한 상태에서 계획된 궤도방향으로 발사함으로써 속도 및 고도의 이점을 최대한 활용할 수 있다는 것이다. 반면, 상기한 공중발사체는 최첨단 우주기술로써 소수 우주강국만 상

용화에 성공하였거나 현재 개발중에 있는 항공우주 기술력의 '총화'이다. 본고에서는, 미·중 우주패권경쟁으로 도래한 New Space 시대 특징을 고찰하고, 도약적 국가 및 국방 우주력 건설을 견인할 공중발사체 개발의 필요성과 개발전략을 제시하고자 한다.

4) 위의 글, 황영민(2021), p.8 그림을 저자의 의도에 맞게 재 편집함.

2. 본 론

2.1 전략환경 분석

가. 미·중의 우주패권경쟁

2000년대 초부터 시작된 미·중의 우주패권경쟁은 오늘날 제2 우주시대를 견인하는 핵심적인 동력이다. 제1의 우주시대는 미·소간 우주개발 경쟁이 시작된 1950년대 말에서 시작되어 미국의 우주개발 개념이 혁신적으로 변화한 2000년대까지 지속된다. 미·소간 체제 경쟁으로 시작된 우주경쟁은 1969년 7월 미국의 아폴로-11호 유인 우주선이 최초로 달 착륙에 성공했을 때 종료되었다고 봐도 무방하다. 이후에 진행된 행성 탐사 및 심우주 탐사는 경쟁보다는 협력을 통한 선의의 경쟁으로 진행되었기 때문이다. 태양계 행성 탐사, 우주정거장 구축 및

심우주 탐사를 위한 협력은 대표적인 사례이다.

2000년 이후 진행된 중국의 ‘우주굴기’는 제2의 우주경쟁으로 유도한 동인이다. 중국은 인류 공동의 ‘공공재’로써 우주의 이용 및 활용보다는 군사적 수단으로써 우주개발을 적극 활용하였기 때문이다. 대표적으로 중국의 공격적 우주 무기체계 개발은 평화적 우주 이용을 위협하는 대표적인 사례이다. 중국은 2007년 최초로 자국의 폐위성을 대상으로 ASAT (Anti-Satellite Weapons)를 실험하여 성공하였고, 이후 지속적으로 성능을 향상시키고 있다. 추가하여, 위성 재밍 및 사이버 공격 등 다양한 물리적 및 비물리적 우주 무기체계를 개발하고 실험함으로써 전 세계적 우주의 무기화 (weaponization) 및 군사화(militarization)에 일조하고 있다.

< 표 1 > 중국 소행으로 의심되는 우주체계 사이버 공격 목록⁵⁾

연 도	주 요 내 용	피해 기관
'07년 10월 '08년 7월	美 랜드셋-7 지형분석 위성 사이버 공격 시도(12분 이상 지상통제소 통신 간섭 발생)	노르웨이 지상통제소
'08년 6월 '08년 10월	美 항공우주국(NASA)의 지형감시위성 사이버 공격(관제권 획득, 실제 관제 미수행)	美 항공우주국 (NASA)
'09년 '11년	사이버 공격으로 22GB 용량의 데이터가 중국 IP로 전송('09년)/ 18개 서버 접근('11년)	美 제트추진연구소 (JPL)
'14년 9월	위성정보 및 기상체계 사이버 공격 * 이틀간 체계 다운	美 국립해양대기국 (NOAA)
'17년 10월	정부 고위급 화상회의가 중국 해커의 공격에 노출(약 5분간 화상회의 통제)	인도의 사이버 보안대
'18년 6월	위성을 관제하는 컴퓨터를 감염	美 소프트웨어 기업

5) Todd Harrison 외 3명, 『Space Threat Assessment 2020』 (CSIS, 2020.3), pp.21~22 내용을 요약하여 정리함.

상기한 미·중의 우주 패권경쟁은 제2의 우주 시대를 견인하는 동인을 제공하고 있다. 1990년 중반에 미국이 우주왕복선 프로젝트 중단을 결정하였을 때 전 세계적 우주개발의 동력은 상실되고 있었다. 막대한 비용대비 경제적 효과가 미미한 상황에서 지속할 수 있는 논리와 대안이 필요하였다. 중국의 ‘우주굴기’와 미국 NASA의 공격적 민·군 우주협력 추진은 대표적인 논리이며 대안으로 등장하였다. 중국의 우주력 건설에 대응하여 미국의 우주우세 지속은 국가안보의 핵심적인 능력이라는 논리는 미국으로 하여금 최초로 ‘우주군’ 독립(2019.12)을 유도하였다. 반면, 미국은 제2의 우주경쟁에서 승리하기 위해 제1 우주시대에 추구했던 방식과는 다른 접근방법을 추구했다. 국가주도의 우주력 건설에서 민·군 우주협력으로 경쟁력과 지속성을 추구하는 방식으로 전환하였다.

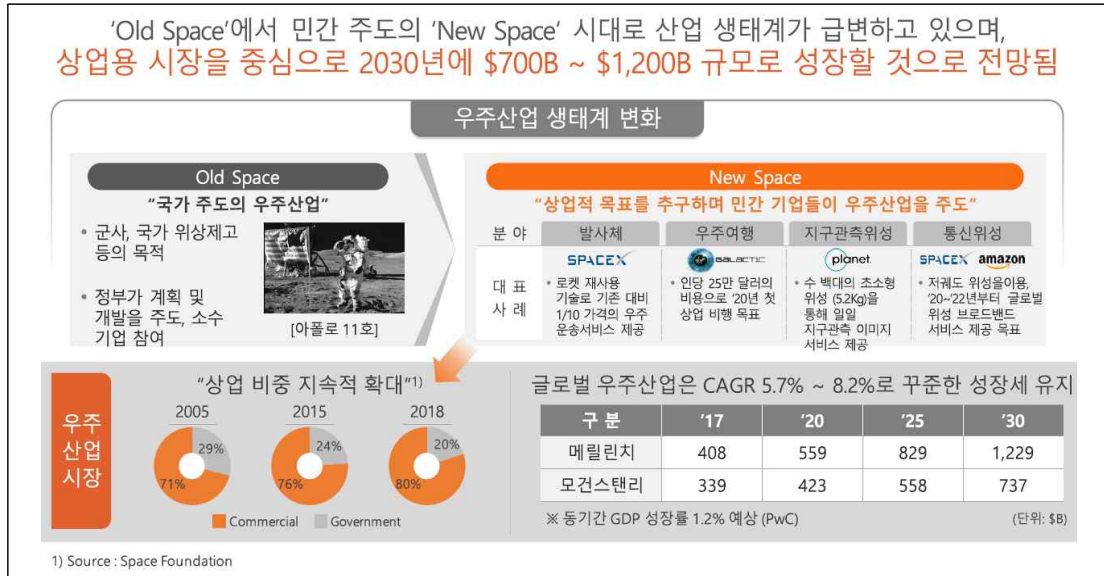
결론적으로, 미·중의 제2의 우주 패권경쟁은 도전적 우주기술 개발을 유도하는 긍정적인 측면도 존재하나, 지나치게 우주력 건설을 국가안보의 핵심적인 수단으로 인식하여 급격한 우주의 무기화 및 군사화를 초래하는 부정적인 측면도 있다. 향후, 미·중의 우주패권경쟁은 더욱 격화될 것이며, 전 세계적 정치 및 경제적 패권과 연계되어 복잡하게 전개될 것이다. 과정에서 다양한 행위자들이 우주자산 개발과 우주력 이용에 참여할 것이며, 이는 우주의 평화적 이용을 위한 합의된 국제레짐과 협정이 없다면 우주이용 환경이 더욱 불확실하고 불안정하게 될 가능성이 높다는 것을 의미한다.

나. New Space 시대 도래(초소형 위성 개발 중심)

세계는 미·중의 우주 패권경쟁이 본격화되고 있는 2000년 이후 우주개발 환경을 New Space 시대라고 명명하고 있다. 이러한 명명은 기존 정부 주도의 우주개발과 차별화하기 위한

노력이다. 같은 논리로 New Space 시대의 우주개발 특징은 기존 Old Space 시대의 특징을 고찰함으로써 명확하게 드러낼 수 있을 것이다. Old Space 시대는 1950년대 시작된 냉전에서 파생된 미·소간 체제경쟁의 일환이다. 즉, 국가안보의 핵심 군사적 수단으로써 우주개발이 추진되었다. 대륙간탄도미사일 개발기술을 활용하여 우주발사체를 완성하였으며, 이는 우주자산을 지구 궤도상에 올려놓은 핵심 수단으로 발전하였다. 이러한 우주개발은 막대한 예산이 소모되는 대형 프로젝트로서 개인 혹은 민간기업이 주도하기에는 불가능한 사업이었다. 따라서, 정부 주도의 非 상업적 장기 대형 우주개발은 Old Space 시대의 대표적인 특징이다.

2000년 이후 시작된 New Space 시대는 4차 산업혁명의 핵심 기술을 융·복합한 기술의 시너지 효과로부터 유인되었다. 새로운 기술의 창출과 세계화에 따른 핵심 우주기술의 빠른 전파 및 협력은 우주기술의 융·복합 환경을 조성하였다. 이는 우주 기술개발 비용을 획기적으로 낮추어 개인 혹은 기업의 시장장벽을 획기적으로 낮추는 효과를 창출하였다. 기업은 이를 기반으로 우주 기술개발에 공격적으로 투자함으로써 혁신을 창출하는 선순환 구조를 조성하였다. 결과적으로, 과거에 비해 많은 개인 및 기업들이 우주개발에 참여할 수 있게 되었으며, 이들의 목적은 우주개발을 통해 개인적 혹은 기업적 이익을 창출하는 데 있다. 최대의 이익 창출을 위해서 사업가적인 마인드로 무장하였다. 장기적인 대형 우주 플랫폼 개발은 국가의 지원을 받아 공동으로 개발함으로써 개발 리스크를 줄이고, 소형 플랫폼은 시장의 요구에 즉각적으로 반응하기 위해서 기업이 주도하고, 우주개발의 지속성을 유지하기 위하여 기존 산업과 연계를 강화하는 조치는 대표적인 New Space 시대 특징이다.



<그림 3> Old Space Vs New Space 비교⁶⁾

민·군 우주협력은 또다른 New Space 시대 특징이다. New Space 시대를 맞이하여 우주개발의 시장장벽이 낮아졌다고 하지만, 여전히 우주개발은 리스크가 존재한다. 정부 혹은 국가기관의 초기 투자환경 조성 및 일정 수준의 소요제공은 혁신적 우주 기술개발에 필수적이다. 국가 혹은 정부기관은 민간의 혁신적인 기술을 활용함으로써 독자적 우주기술 개발 대비 비용을 절감할 수 있으며, 다양한 민간업체 기술을 지원함으로써 기술개발 실패의 리스크를 분산할 수 있었다. NASA와 민간 우주업체인 Space-X사의 우주개발 협력은 대표적인 사례로 이는 New Space 시대의 핵심 민·군 협력 ‘아이콘’으로 자리잡고 있다.

1990년대 중반 미국은 막대한 운용비용 문제로 유인 우주선 프로그램인 ‘Space Shuttle’ 프로그램을 중단한다. 상기 유인 우주선은 국제 우주정거장(ISS)에 우주인과 물자를 공급하는 핵심 수단으로 이의 중단은 미국의 우주개발

주도권 유지를 어렵게 한다. 중국과 러시아의 추격을 허용할 수 없는 미국은 혁신적인 접근 방법으로 상기한 문제점을 해결한다. 민간기업의 혁신적 기술개발에 천문학적 예산을 지원하여 민간기업이 과거 국가가 수행했던 우주발사체 및 위성개발과 우주수송 임무를 성공적으로 대행하게 한다. Space-X사의 재사용 로켓개발, ‘오리온’ 우주선 개발, 초소형 통신 위성군 (Star-link) 사업은 정부가 지원하고 민간기업이 개발한 대표적인 혁신 우주기술이다.

민·군 이중용도 우주자산 운용의 일상화와 다양화는 New Space를 대표하는 특징이다. 민간 우주기술의 급격한 발전과 평균화는 국가 및 군사 우주기술의 협력을 유도하였다. 과거 국가 및 군사용 인공위성의 센서와 성능은 민간 우주자산의 성능을 월등히 앞섰다. 막대한 예산을 투자하여 장기간 개발한 노력의 결과로써 군사용 인공위성 정보(감시정찰, 신호 등)는 보안상 민간 기관으로 공유가 엄격히 제한되었

6) 양태호, “New Space Paradigm을 적용한 저궤도 초소형 위성의 발전방향.” 제2회 미래국방기술 및 전략 학술대회 발제문 (연세대학교 ASTI, 2021.11.30.), p.4쪽 그림을 저자의 의도에 맞게 재 편집함.

다. 민간 우주기술의 급격한 발전과 평균화는 상기한 정책을 더 이상 유지할 수 없게 만들었다. 더 많은 센서를 활용하여 더 자주 관찰함으로써 정보의 신뢰도는 증가하는 현실을 인정할 수 밖에 없었다. 또한, 기술의 혁신속도가 빠르게 진행됨에 따라 장기간 개발하여 수명이

오래가는 대형 우주 플랫폼 운용은 비용대 효과 차원에서 더 이상 용인될 수 없게 되었다. 수명은 짧지만 최신 기술개발을 신속하게 활용하여 개발 및 운용이 가능한 소형 우주 플랫폼은 비용대 효과 차원에서 유리하다는 것이다.

**무게 500kg이하의 위성을 소형위성으로 분류하며
최근 소형위성의 임무는 교육/실험용도에서 통신, 관측/정찰 등으로 확대**

무게에 따른 위성 분류						
위성 분류	초소형위성		소형위성	중형위성	대형위성	
	Pico Sat	Nano Sat	Micro Sat	Small Sat	Medium Sat	Large Sat
대표 위성	캔셋 	STEP Cube Lab 	우리별1호 	차세대 중형위성1호 	다목적실용위성 3A호 	천리안 2A호 
무게	~1kg	~10kg	~500kg	500kg~	~2500kg	2500kg~
수명	~1시간	1년 미만	1년~2년	2~4년	3~6년	7년 이상
주요 임무	교육	교육 과학실험	과학실험 지구관측	지구관측 기상관측	지구관측 기상관측	위성통신 기상관측

<그림 4> 위성의 분류 및 주요 제원 비교)

결론적으로, New Space 시대는 4차 산업혁명 기술을 활용한 우주기술의 혁신으로 도래하였으며, 이는 개인 및 민간의 우주개발 시장의 문턱을 낮추었고, 다양한 우주개발 주체가 국가의 지원을 받아 상업적 우주개발에 참여함으로써 기존 산업체의 경쟁력을 증가시키고 있다.

다. 국가/국방우주력 건설 전망

우리나라는 1990년 초 과학위성 개발 및 발사로 위성개발을 시작하게 된다. 30여년의 노력으로 현재는 15기의 국가 위성을 운영하고

있으며 향후 다양한 종류의 위성을 발사할 예정이다. 현재 운영하고 있는 대부분의 인공위성은 국가에서 개발하여 민·군에 공공 서비스를 제공하는 형태로 개발에 장기간이 소요되며 위성의 사이즈는 대형이다. 따라서, 개발실패에 대한 리스크가 존재하며 빠르게 진보하는 우주기술을 반영하기에는 제한사항이 존재한다. 앞서 언급한 New Space 시대의 특징인 우주자산의 소형화, 다양화 및 민·군 우주자산의 이중용도의 일상화에는 다소 아쉬운 점이 있다.

7) 위의 글, 양태호(2021), p.8쪽 그림을 저자의 의도에 맞게 편집함.



<그림 5> 국가 우주력 현황 및 향후 전망⁸⁾

이를 해소하기 위해서 단계별 국가 우주자산 발사계획을 수립하였다. 우주자산 플랫폼의 다양화를 위해서 향후 20년간 차세대 소형 및 중형위성을 개발하여 주기적으로 발사할 예정이다. 대형 위성은 기존 운용중인 수명이 다한 통신 및 기상위성을 대체하는 개념으로 개발중이며, 발전된 센서 및 연료탑재량 증가를 위한 기술력을 시현할 예정이다. 추가하여, New Space 시대의 대표적인 기술력인 초소형 통신 위성군 개발에도 예산을 투입하여 기술력을 확보할 예정이다. 상기 기술력은 우주 선진국인 미국과 유럽에서 이미 기술력을 확보하여 상용화를 진행하고 있어 조속한 개발로 경쟁력을 확보해야 상업화가 가능하다. 기술력에 있어서 경쟁력을 확보하지 못하면 기존 선진국과 서비스 경쟁에서 생존할 수 없게 될 것이고, 결국은 비용대 효과에서 유리한 선진국의 서비스를

받을 수 밖에 없는 처지에 놓이게 될 것이다. 국방 우주력은 국가 우주력 대비 발전속도가 더디다. 2021년 최초 군 통신위성이 발사되었고, 2025년까지 군 정찰위성이 발사되어 성공적으로 운용되면 우리군도 명실공히 독자적 우주자산을 보유하게 된다. 2022년 올 상반기에 시작되는 초소형 위성체계 전력화사업이 성공적으로 진행되면 2030년경 주변국 위협을 조기 경보하고 대응할 수 있는 감시정찰 위성체계를 완성하게 된다. 상기와 같은 장밋빛 전망에도 불구하고 우리 앞에 놓인 도전은 만만치 않다. 우주력은 기본적으로 우주공간 지구궤도상에 자산을 올려놓아야만 의미가 있다. 따라서, 독자적인 우주발사체 개발은 가장 중요한 우주력이다. 아쉽게도 우리는 독자적인 우주발사체 개발을 시도하고 있으나 아직까지 관련 기술력을 완성하지 못했다.

8) 과학기술부, 『제3차 우주개발 진흥 기본계획』(관계부처 합동, 2018.2), p.51 및 양태호(2021), p.17쪽 그림을 저자의 의도에 맞게 편집함.



<그림 6> 대한민국 우주발사체 개발전망⁹⁾

독자적 우주발사체 개발이야말로 도약적 국가/국가우주력 발전의 핵심이다. 우리가 20여년을 통해 개발중인 독자적 우주발사체(나로호)는 액체 발사체이다. 이는 지구 저궤도 500km 상공에 1.5톤의 위성체를 올려놓을 수 있는 발사체로 성공시 이를 기반으로 다양한 발사체가 파생될 수 있다. 차세대 소형 및 중형 발사체, 고체와 액체를 혼합한 ‘하이브리드’ 발사체, 고체발사체 등 다양한 발사체 개발을 고려할 수 있다. 그러나 상기한 발사체는 한반도가 위치한 지리적 제한점으로 다양한 목적의 우주 자산을 원하는 궤도에 올려놓을 수 없다. 나로 우주센터에서 발사하는 로켓은 지상 안전구역(국내 및 주변국 민가 회피)을 확보하기 위해 발사 방위가 170도 방향으로 제한되어 있다. 이는 지구 자전축의 남북으로 형성된 태양 동기궤도로만 위성을 발사할 수 있음을 의미한다. 현재 우리나라 로켓 발사장에서 경사궤도

와 적도 상공에 형성된 정지궤도로의 위성 발사는 막대한 steering loss 발생으로 불가능에 가깝다.

상기한 도전요소를 극복할 수 있는 대안으로 공중발사체 개발을 고려할 수 있다. 공중발사체는 항공기(전투기, 수송기 혹은 민간 대형 항공기)에 우주발사 플랫폼을 장착하고 발사 위치로 비행하여 속도와 고도의 이점을 활용하여 위성을 발사하는 로켓체계이다. 이는 지상 안전공간을 확보할 수 있는 공해로 비행하여 원하는 방향으로 비행하면서 발사하는 체계이므로 상기한 지상 발사체의 제한사항을 많은 부분 해소할 수 있다. 우리나라는 현재 공중발사체에 대한 기속 성숙도가 우주선진국 대비 상대적으로 낮은 상태이지만 장기적인 예산투자를 통해 관련 기술력을 확보한다면 도약적인 국가/국방우주력 발전의 Enabler로서 기능할 수 있을 것으로 판단된다.

9) 김경근, “국가우주안보-대한민국 국방우주 발전방향에 대한 의견,” 국방우주력 발전방향 세미나 발제문(국방우주학회, 2021.6.16.), p.32쪽 그림을 저자의 의도에 맞게 편집함.

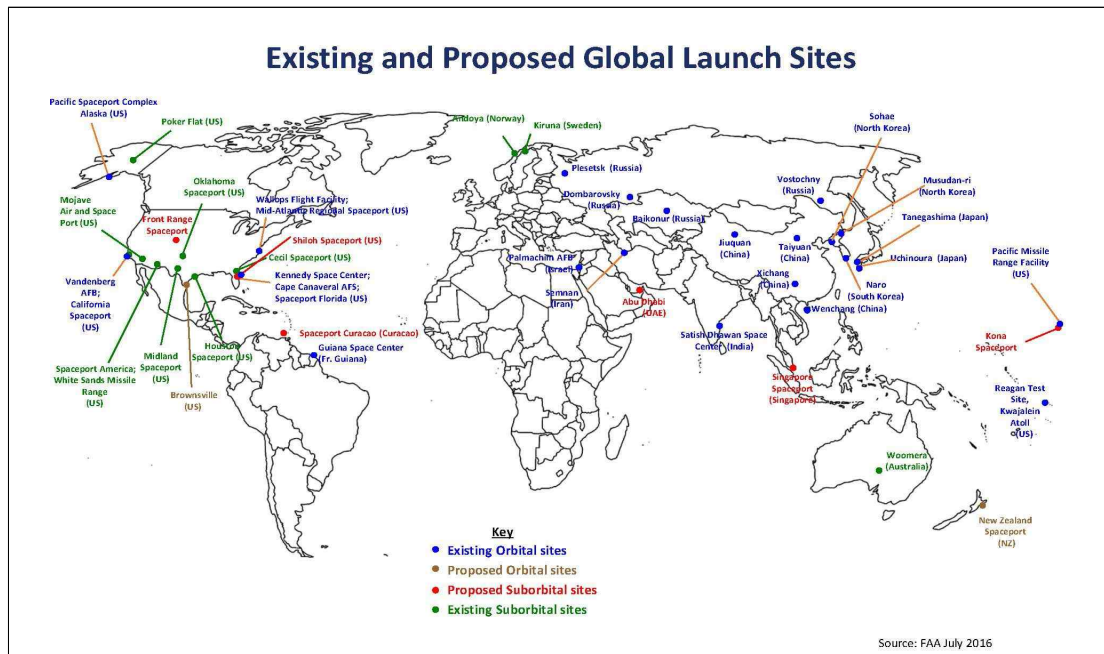
2.2 공중발사체 개발 필요성

가. 우주발사체 종류

우주자산은 기본적으로 우주궤도상에 배치해야만 실질적 우주력으로써 가치가 있다. 이를 위해서는 지구 중력장을 벗어날 수 있는 막대한 추진력과 정밀한 궤도 조정이 가능한 우주로켓이 필요하다. 이는 과학기술의 총화로서 일부 우주 선진국만이 보유한 전략적인 능력이다. 우주로켓 기술은 탄도미사일 개발에 직접적으로 활용되는 기술로서 엄격하게 수출과 기술협력이 통제되는 항목이기도 하다.

대표적인 우주발사체로는 지상 발사체가 있다. 이는 액체 혹은 고체 추진제를 활용하는

로켓을 적절한 지상 발사장에서 발사하여 원하는 지구궤도에 위성을 올려놓는 발사체이다. 원하는 고도와 궤도상에 위성을 올려놓기 위해서는 적절한 추력 확보와 추가하여 지구 자전속도를 최대한 활용할 수 있는 발사장 위치 선정이 중요한 요소이다. 적절한 추력 확보는 추진제의 종류와 탑재연료량, 단 분기 기술 적용 등 기술적인 요구조건을 충족하면 가능할 것이다. 지구 자전속도를 최대한 활용하기 위해서는 발사장의 위치를 가급적 적도상에 가깝게 위치시키면 유리할 것이다. 상기한 이유 때문에 대부분의 우주선진국들은 발사장을 적도상에 가까운 위치에 건설하여 운영하고 있다.



<그림 7> 세계 우주로켓 발사장 현황

해상 발사체는 상기한 고체발사체를 선박에 탑재하여 적절한 해상으로 이동하여 원하는 발사방향으로 발사하는 로켓이다. 고정형 지상 발사장에 비해 지구 자전방향을 최대한 활용할 수 있는 위치로의 이동이 가능하기 때문에 추

가적인 추력을 확보할 수 있으며, 지상 발사장에 비해 안전구역 확보에 이점이 존재한다. 기상 악화시 지상발사장은 운용에 제한사항이 존재하나 해상 발사장은 기상이 양호한 지역으로 이동이 가능함으로써 요구되는 발사시각 윈도

우 충족에도 유리하다. 반면, 지상 고정 발사장 대비 선박의 움직임으로 발사 lift-off 단계에서 정밀한 조종에 불리할 수 있다. 또한, 액체 발사체를 해상에서 발사시에는 발사체 이동간에 선박의 움직임으로 액체 추진제 보관 및 관리에 애로사항이 존재한다.

반면, 공중발사체는 상기한 지상 및 해상 발사체의 제한사항을 상당 부분 해소할 수 있다. 먼저 항공기에 발사체를 탑재 후 원하는 발사장소로 신속히 이동이 가능함으로써 기상 변화에 무관하게 로켓을 발사할 수 있어서 원하는 발사시간 윈도우를 언제든지 충족시킬 수 있다. 인적이 드문 공해상을 발사장소를 선택할 수 있어 안전공간을 충분히 확보할 수 있으며 원하는 발사 방향을 선택하는데 자율성을 확보할 수 있다. 따라서 다양한 궤도선정(극궤도, 경사궤도 및 정지궤도 등)이 가능하다. 추가하여 신속한 발사가 가능하여 필요한 전력을 적

기에 배치할 수 있고, 기존 구축된 전력을 신속하게 대체할 수 있어서 회소성이 높은 우주 전력 완전성 제고에도 큰 기여를 할 수 있다.

공중발사체의 단점으로는 탑재체(payload)의 중량을 대형화할 수 없다는 데 있다. 전투기 및 수송기 내·외부에 발사체를 탑재할 시 길이와 무게의 제한은 가장 큰 도전요소이다. 따라서, 공중발사체는 지상 발사체 대비 무게와 길이는 소형일수 밖에 없어 탑재체는 이에 비례하여 제작되어야만 한다. 이러한 이유로 공중발사체 탑재체는 중·대형 위성체보다는 소형 혹은 초소형 위성이 대부분을 차지한다. 그러나 상기한 New Space 시대의 특징을 반영한 우주 플랫폼은 초소형 위성으로 구성된 위성군(satellite constellation)이 큰 부분을 차지함으로써 공중발사체를 활용한 초소형 위성발사는 상업성과 전력의 완전성 제고에 기여할 수 있다.

<표 2> 공중발사체의 장/단점 분석¹⁰⁾

비교 분야 (payload 30kg 기준)	지상발사	공중발사
어민 보상	있음(최소 2일 기준)	없음
개발비용	중간 (500억원)	높음 (970억원)
발사 가능일수 (Launch Window)	180일/년 (날씨, 산란기 어족보호 등)	상시 가능
발사준비 시간	주 탑재체 발사시 1~2년, 부 탑재체 옵션시 3~5년 소요	수일 이내
기술난이도	보통 (지대지 미사일 수준 기술)	높음 (미사일 + 유도제어기술)

극, 수십 및 수백기의 초소형 위성으로 구성된 위성군이 제 역할을 수행하기 위해서는 원래 계획된 위성군이 유지되어야 하나, 지구 중력 및 여러 요인에 의해 일부 위성은 계획된

수명 대비 조기 임무를 종료할 수 있다. 이러한 경우 해당 초소형 위성을 교체해야 하는데 이를 위한 지상 발사체 활용은 비용대 효과 차원에서 수용할 수 없는 옵션이다. 지상발사체

10) 박상영, 『초소형 전술위성체계 공중발사체 운영방안 연구』 (공군 항공우주전투발전단, 2019.10), pp.253-173~253-179 내용을 요약하여 정리함.

를 활용하면 신속한 발사도 불가능하여 계획된 위성군 정상 작동까지 장기간이 소요된다. 신속하게 기능 고장난 위성만을 대체하기 위해서는 공중발사체가 유리하다. 현재는 상기와 같은 필요한 전력대체(gap filler)로서 역할이 크게 부각되고 있으나, 향후 추진체 능력향상을 통한 충분한 추력 확보와 탑재체 소형화가 현실화될 경우 gap filler의 역할을 뛰어넘어 main player가 될 수도 있을 것이다.

나. 우리나라 우주로켓 발사 여건

우리나라는 우주발사체 발사에 불리한 지리적 여건을 가지고 있다. 위도상으로 고위도에 위치해 있어 지구 자전력을 최대한 활용할 수 없고, 주변국으로 둘러싸여 있어 충분한 안전구역을 확보할 수 없다. 따라서, 발사방향 원도우(170±5°)가 극히 제한되어 있어 다양한 궤도

로 우주자산을 투사할 수 없다. 현재의 발사방향으로는 오로지 지구 자전축을 중심으로 남북 방향으로 궤도 비행하는 극궤도 혹은 태양 동기궤도만을 운용할 수밖에 없다. 이는 지구 자전력을 전혀 활용할 수 없어 오로지 로켓 자체 추진력으로만 원하는 고도까지 필요한 궤도속도로 가속해야 한다. 그만큼 로켓 추진력의 효율은 크게 떨어질 수밖에 없다. 즉, 로켓 추진체는 많이 탑재하지만 궤도에 올릴 수 있는 위성 혹은 장비(payload)의 무게는 작아 위성의 수명은 짧아지고 첨단 센서의 탑재가 제한된다. 반면, 대부분 우주선진국의 우주로켓 발사장은 적도부근 해상 인근에 위치하여 충분한 안전구역을 확보한 상태에서 모든 방향으로 로켓 발사가 가능하고 지구 자전력을 최대한 활용할 수 있다.



<그림 8> 국가별 우주센터 위치 비교

이러한 구조적 문제점은 우주력 건설에 큰 제한사항이다. 다양한 궤도비행을 시험할 수 없어 최첨단 우주 기술력 확보에 큰 장애로 기능할 것이다. 아시다시피, 우주기술은 국가 전략적 자산으로 수출입이 엄격히 통제되어 국제 협력을 통해 획득하기가 거의 불가능하다. 따라서, 국내 기술력을 총동원하여 다양한 실험을 통해 독자적으로 획득하여야 한다. 다양한 실험이 불가능하다면 관련 기술력 확보에 장기간이 소요될 것이고, 혹시 외국의 기술력을 확보하더라도 온전히 '자기화'할 때까지는 많은 노력과 예산이 소모될 것이다.

둘째는 제한된 우주자산만을 운영할 수밖에 없다. 앞서 언급한 추진력의 제한으로 저고도 소형 인공위성 위주의 전력만을 운영할 수밖에 없을 것이다. 이는 우주자산에서 제공하는 각종 공공 서비스의 질과 범위가 현격하게 축소되어 이를 활용하여 기존 산업체의 혁신을 유도하는 New Space 시대정신 구현에도 불리하게 작용할 것이다. 제한된 우주예산을 효율적으로 활용하여 최대의 효과를 창출하는데도 어려움이 있을 것이다. 전반적으로 소형 플랫폼만을 운영함으로써 위성의 수명은 짧아지고, 관련 서비스의 질은 떨어지기 때문이다.

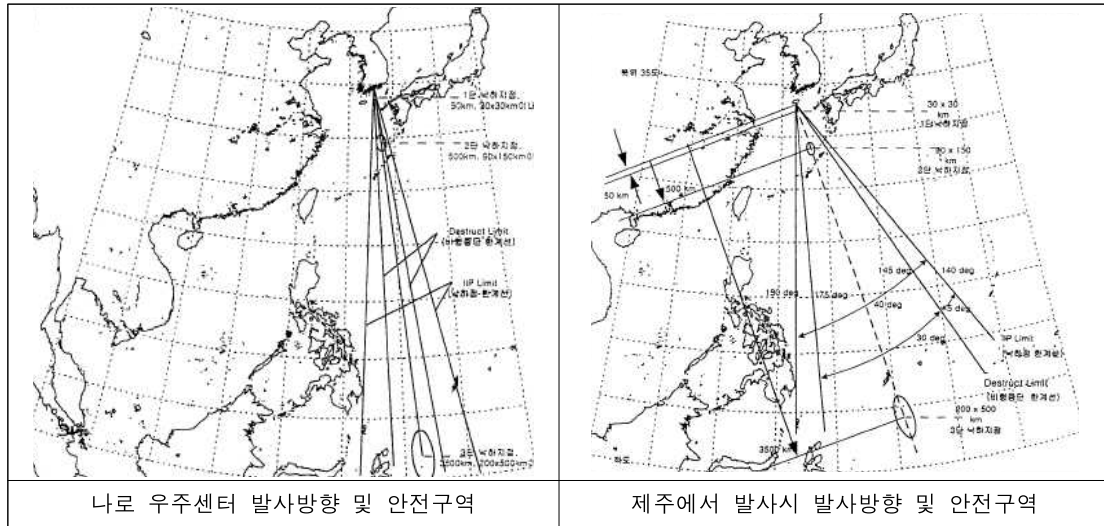
추가하여 다양한 우주개발에도 불리하게 작용한다. 최근 미국은 국제적인 컨소시엄을 구성하여 유인 달 탐사 프로그램을 출범시켰다. 인류는 1974년 아폴로 17호를 마지막으로 인간을 달에 보내지 않고 있다. 단순히 달에 인간을 착륙시키는 차원을 넘어 달에 인간의 영구 기지를 건설하고 이를 기반으로 화성까지 탐사하겠다는 계획이 '아르테미스' 프로젝트이다. 이는 지구궤도상에 단순히 인공위성을 띄우는 프로젝트와는 차원이 다른 Grand Project 이다. 이를 실현시키기 위해서는 대형 우주발사체(SLS, Space Launching System)개발이 필요하다. 달 궤도선, 착륙선, 탐사선을 포함하여 대용량의 탑재체(payload)를 탑재하여 지구궤

도를 벗어나 달궤도까지 진입할 수 있는 막강한 추진력과 정교한 궤도조정 기술은 필수적인 요구능력이다. 상기한 능력을 개발하고 테스트를 위해서는 적도상에 위치하고 주변 안전공간을 확보할 수 있는 입지를 가진 우주로켓 발사장은 필수적이다.

우리나라 유일의 우주발사체 발사장인 '나로' 우주센터는 상기한 입지조건을 전혀 만족시키지 못한 '최악'의 발사장이다. 1990년대 초 진행된 우주센터 부지선정 연구용역에서는 국내 4곳(제주, 고흥, 전남 서해안, 서해안)이 후보지로 선정되었다. 주변국과 국내의 민가를 회피하여 안전을 확보할 수 있는 최종 후보지가 선정되었는데 제1 후보지(제주도 대정 공군 관제 부대)가 아닌 제2 후보지(현 고흥 나로 우주센터)가 최종적인 우주센터 부지로 선정되었다. 발사방향 융통성과 지원시설 건설 편리성 차원에서 제1 후보지가 유리하였는데 지역 여론의 반대와 매입비용 차원에서 저렴한 제2 후보지가 선정되었다. 이를 통해 발사 방향의 융통성이 더욱 제한되는 결과를 초래하였고, 이는 상기한 구조적 문제를 더욱 악화시키는 결과를 초래하였다.

상기한 구조적 문제점을 해결할 수 있는 방안은 무엇이 있을까? 제한되지만 제2 우주센터를 건설하는 방법과 우주 발사체를 다양화하여 상기한 구조적인 문제를 해결할 수 있을 것으로 판단된다. 본고에서는 우주 발사체 개발을 다양화하여 구조적인 문제를 해결하는 방안 제시에 집중하고자 한다. 지상발사체 운용시 제한사항은 우리나라의 지정학적 위치 때문에 해결이 불가능 하지만, 공중발사체는 우리의 기술 개발을 통해 우리의 의지에 따라 해결할 수 있는 사안이기 때문이다.

한 국가의 우주력은 다양한 우주자산을 통해 총합적으로 평가된다. 소형, 중형 및 대형 우주자산을 각각 특유의 운영개념과 장·단점을 보유하고 있다. 소형 우주자산은 사이즈는 작아



<그림 9> 우리나라 우주센터 선정시 후보지 비교¹¹⁾

수명이 짧고 센서 탑재가 제한되어 있어 복잡적이고 고성능의 서비스 지원에는 제한사항이 있다. 반면, 신기술 적용이 빠르고 신속하게 기존 우주 자산을 대체할 수 있기 때문에 비용대 효과 차원에서 유리하다. 같은 맥락으로 소형 우주자산은 우주 복원력과 우주전력 완전성 제고 차원에서는 대형 우주자산을 압도한다. 따라서, 우리가 자력으로 할 수 있는 분야를 강화하면 우리가 취약한 분야를 보강할 수 있어 종합적인 국가 우주력은 향상될 수 있을 것이다. 이러한 논리를 실현시켜 줄 수 있는 능력이 공중발사체 기술을 확보하는 것이다.

2.3 공중발사체 개발 전략

가. 세계적 공중발사체 개발 현황

현재 공중발사체를 상업화에 성공한 나라는 서구 우주 선진국뿐이다. 대표적으로 미국은 1980년대 중반 공중발사체 연구를 개시하여 1990년 중반 개발에 성공하였다. Pegasus-XL 공중발사체는 지금까지 40여 차례 발사하여

90%의 성공률을 보유하고 있다. 발사 플랫폼은 민간 여객기를 개량한 L-1011(stargazer)기를 활용하고, 발사체는 2단 고체 추진체를 사용하며 항공기 날개에 장착한다. 미국의 경우 발사장 여건이 좋고 지상 발사체 활용한 각종 위성 투입이 가능하여 현재까지 Pegasus-XL 공중발사체의 활용도 및 경쟁력은 높지 않은 것으로 평가된다.

반면, 영국 Virgin Orbit사의 공중발사체인 Launcher-One의 경우 경쟁력이 있는 것으로 평가된다. Launcher-One은 2007년 초 개발이 시작되어 2019년 종료되었고, 2021년 2차례 시험비행을 통해 성공적으로 개발이 완료되었다. 이는 액체 추진체를 사용하는 공중발사체로써 앞선 Pegasus-XL 대비 추진력 및 발사효율(payload와 발사체간 무게비)이 향상되어 더 높은 궤도로 더 많은 초소형 위성을 투입할 수 있는 것으로 평가된다. 발사 플랫폼은 보잉의 747-400 여객기를 개조한 항공기를 활용하고, 발사체는 3단의 액체 추진 로켓이며 항공기 날개에 탑재한다. Virgin Orbit사는 이 공중발사

11) 우주로켓 발사를 지원하는 우주센터 입지조건 관련하여 “우주개발에 최악의 입지조건을 가진 우리나라의 위치-<https://wizardiron.tistory.com/m/994>”를 요약한 내용임.

<표 3> 미국의 공중발사체 상용화 및 개발현황¹²⁾

이름	Pegasus XL (미국)	Virgin Orbit (미국)	AEVUM RAVN-X (미국)
형상			
모선	Lockheed L-1011 기반 Stargazer Wingspan 47m, MTOW 200 t	Boeing 747-400 기반 Cosmic Girl Wingspan 64m, MTOW 397 t	Ravn-X 무인기 Wingspan 18.2m, MTOW 25 t
발사체	3단 고체발사체, Pegasus XL (Mass 23 t)	2단 액체발사체, LauncherOne (Mass 30 t)	2단 액체발사체
위성 Payload	443kg (LEO)	500kg (300km) 300kg (500km)	100kg (LEO)
현황	<ul style="list-style-type: none"> • 1994년 개발 완료, 현재까지 44번 임무 완료 	<ul style="list-style-type: none"> • '07년 개발시작 • '21년 1월/6월 발사 성공 • 총 개발비용: \$700M (8,400억원) 	<ul style="list-style-type: none"> • '16년 창업, 재사용률 95% 목표 • 미 우주군과 \$1B (1.2조원) 계약 ('20.12), 현재 지상활주 시험 중
비용	\$28.1M (337억원) ~ 63,431 \$/kg	\$12M (144억원) ~ 24,000 \$/kg	-

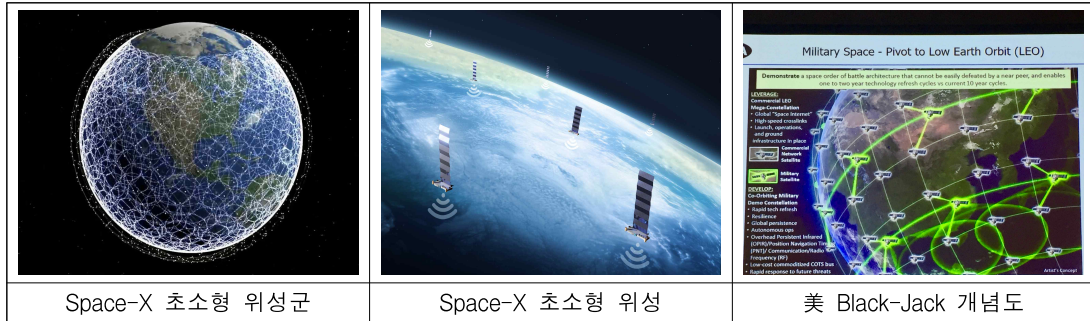
체를 초소형 위성군의 완전성 제고를 위한 gap filler로서 활용할 계획을 가지고 있다.

전술한 바와 같이 New Space 시대의 가장 큰 특징은 우주개발 행위자가 획기적으로 증가하고 있다는 것이다. 이들 행위자들은 막대한 예산과 장기간의 개발 기간이 필요한 대형 우주자산보다는 손쉽게 개발할 수 있고 기술발전에 빠르게 적용할 수 있는 소형 우주자산 개발 및 운용을 선호하고 있다. 또한, 산업체의 우주자산 플랫폼 개발도 대형 우주에서 중·소형으로 빠르게 전환되고 있다. 수천 혹은 수만기의 초소형 통신(감시/정찰) 위성으로 위성군을 구

축하여 쏠 세계 어디에서든 통신(감시/정찰)과 인터넷 서비스를 중단없이 제공한다는 개념인 Star-link(Spack-X사)와 Black-jack(美 국방부) 프로그램은 대표적인 사례이다. 반면, 상기한 초소형 위성은 대부분 저궤도에서 운용되며 연료량 탑재가 제한되어 수명이 짧고 기종 고장이 잦아 수시로 교체가 필요하다. 완전한 기능을 수행하는 위성군 구축에 수년이 소요되며, 이를 지속시키기 위해서는 주기적인 위성 교체가 필요한 상황에서 공중발사체를 활용한 제한된 초소형 위성교체는 비용대 효과 차원에서 지상 발사체 대비 유리하다.

12) 정진택 외 5명, 『국내 대형 민간항공기 활용 공중발사 가능성 분석 연구』(대한항공 항공우주사업본부, 2021.12), p.18쪽 그림을 저자의 의도에 맞게 편집함.

13) Blackjack-<https://www.darpa.mil/program/blackjack> 및 SpaceX's Starlink satellite-based internet services will be fast enough for competitive gaming/TechSpot-<https://www.techspot.com/amp/news/84343-spacex-satellite-based-internet-service>에서 그림을 인용함.



<그림 10> 미국의 초소형 위성군 종류 및 개념도¹³⁾

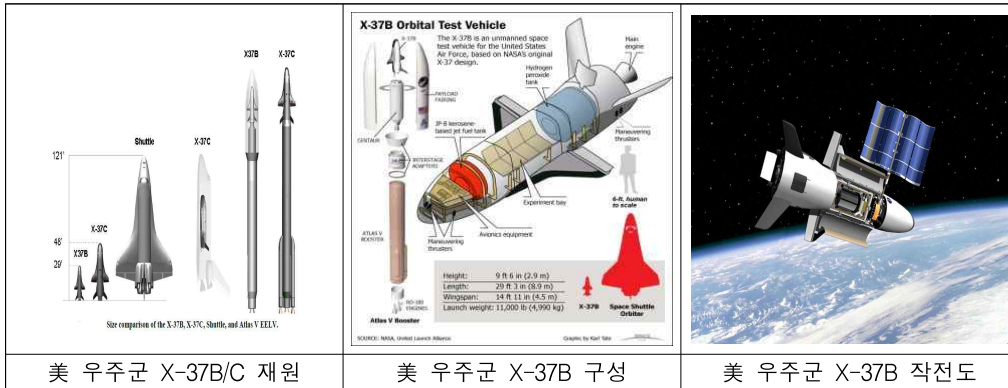
전투기를 활용한 공중발사체 연구는 美 공군에서 1980년 중반에 시작되었다. F-15 전투기를 활용한 연구는 기본적으로 공대공 미사일을 활용하여 적 위성을 요격하는 ASAT 무기체계 개발 차원에서 진행되었다. ASM-135로 알려진 ASAT 무기체계는 1985년 최초 시험발사를 수행하였고, 해당 기술력은 공중 발사체로 개발로 이어졌다. 아쉽게도 본 공중발사체는 F-15 항공기의 추력 제한과 외장제한으로 요구되는 공중발사체를 탑재할 수 없어 연구개발이 전력화로 이어지지 못하고 사장되었다.

현재 전투기를 활용한 공중발사체 연구는 프랑스가 유일하다. 프랑스는 라팔 전투기를 활용하여 초소형 위성을 궤도에 올려놓는 기술을 개발하고 있다. 전투기는 민항기 및 수송기 대비 다양한 장점이 존재한다. 초소형 위성의 교체 필요할 시 빠르게 전력을 투사할 수 있는 즉응성 차원에서 수송기 대비 장점이 존재한다. 추가하여 전투기의 빠른 속도와 높은 비행 고도를 활용하면 추가적인 ‘지구탈출’ 속도를 확보할 수 있다. 반면, 전투기의 추력과 외장의 제한으로 대형 공중발사체를 전투기에 탑재할 수 없다. 이는 탑재체(payload) 무게의 제한으로 연결되어 탑재체 운영의 융통성 확보에 문제가 있을 수 있다. 프랑스는 상기 제한사항을

해결하기 위해 ‘하이브리드’ 추진체를 개발하고 있다. 추진체는 액체와 고체 추진체를 혼합하여 사용하고, 라팔 전투기 좌우 날개와 동체로켓을 장착함으로써 추진력을 강화하였다. 현재는 연구개발중이고 성공시 우리나라에도 많은 동기부여를 제공할 것으로 기대된다.

기타 무인기를 활용한 공중발사체 연구도 진행중이다. 美 우주군은 AEVUM사와 계약(1.2조원)을 맺고 RAVN-X 무인 공중발사체 연구를 진행중이다. 이는 무인기 동체에 공중발사체를 장착하고 이를 원하는 위치와 고도에서 발사하며, 무인기는 착륙후 재사용되는 개념이다. 공중발사체 모선인 RAVN-X는 wingspan 18.5m이고 최대 이륙중량은 25ton이다. 발사체는 2단 액체 발사체를 사용하며, 저궤도에 100kg의 payload를 올려놓을 수 있다. AEVUM사는 2020년 12월에 美 우주군과 1.2조원의 계약을 체결하고 현재 RAVN-X 무인기를 지상활주 시험중이다.¹⁴⁾ 美 우주군은 더 나아가 무인 우주선을 활용하여 우주자산을 궤도에 투입하는 임무를 수행하였다. X-37B 무인 우주선은 유인 space shuttle 개념으로 개발되었으나 막대한 생명유지 장치 비용 문제로 무인으로 전환되었다. 美 우주군은 이를 활용하여 우주자산(인공위성) 투사, 우주자산 수리

14) 자세한 내용은 Ravn-X Autonomous Launch Vehicles(AuLV), USA-
<https://www.aerospace-technology.com/projects/ravn-x-autonomous-launch-vehicle-aulv/>를 참조할 것.



<그림 11> 美 우주군 X-37 우주선(B:무인, C: 유인) 구성 및 작전 개념도¹⁵⁾

혹은 궤도전을 수행할 예정이다.

나. 우리나라 공중발사체 연구 : 공군을 중심으로 개념연구 진행

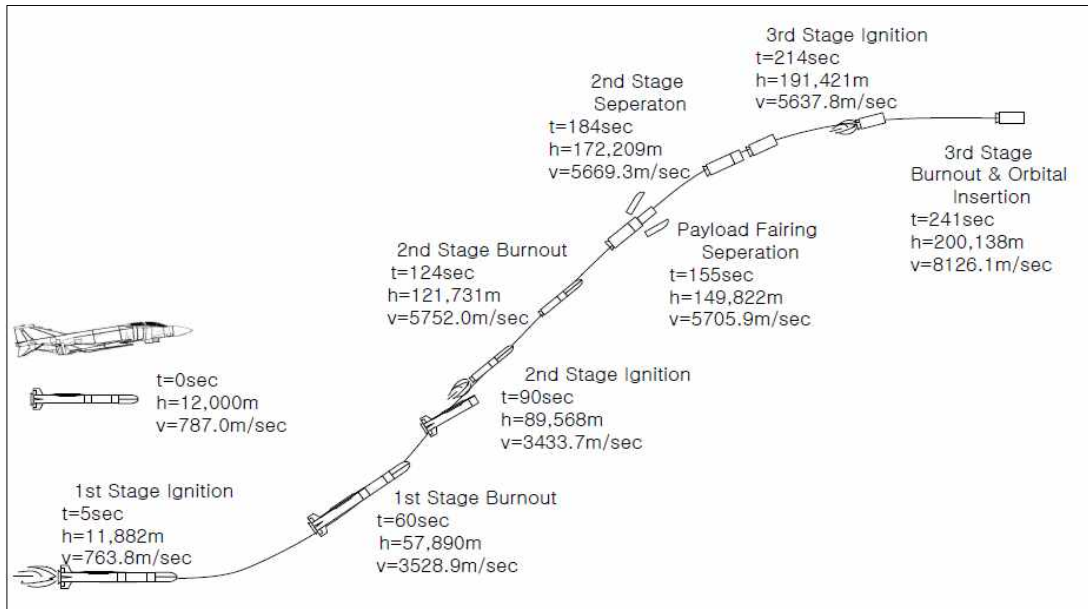
우리나라의 공중발사체 연구는 2000년대 초반에 시작되었으나 현재까지 많은 발전을 이룩하지 못했다. 서구 우주 선진국 대비 기술 성숙도가 낮은 것이 하나의 요인일 수 있으나 국가 및 국방 차원의 관심도 저하가 가장 큰 사유라고 판단된다. 관련 기술개발에 천문학적 예산과 장기간 시간이 소요되는 상황에서 기술 개발 실패의 리스크를 감당할 수 없었던 것이다. 그만큼 국가 및 국방예산을 지원할 여건도 안 되었다. 최근 미·중의 우주 패권경쟁 격화와 북한의 핵·미사일 위협 증대로 국가·국방 우주력 건설에 관심이 높아지고 있다.

우리군은 북한의 핵·미사일 위협에 대응하기 위해 4D 작전 개념을 수립하였다. 본 작전개념 수행에 가장 중요한 첫 단계는 북한의 핵미사일 전력을 조기에 식별하여 가급적 발사前 무력화하는 것이다. 조기 식별을 위해서는 북한 전역을 빠른 재방문 주기를 유지하면서 24시간

감시 및 정찰할 수 있는 능력 구축이 필요하다. 이를 위해 우리군은 초소형 위성체 능력을 구축중에 있는데 가장 중요한 발사체 형태는 아직 결정하지 못하고 있다. 애초 공군은 상기한 한반도 지리적 제한사항으로 지상 발사체보다는 공중발사체를 활용하여 초소형 위성을 저궤도에 투사하려는 개념을 제시하였다. 그러나 공중발사체에 대한 기술력 확보를 확신할 수 없는 상황에서 단정적으로 특정 발사체를 적시할 수 없는 상황이 발생하였다.

현재는 다양한 발사체 옵션(지상, 해상, 공중 발사체 등)을 유지하면서 우리군의 초소형 위성체 사업이 진행중이다. 공군은 우리나라의 지리적 발사 제한과 초소형 위성체계의 운영개념을 고려하여 공중발사체 개발이 필요하다는 입장이다. 상기한 우리나라의 지리적 제한사항으로 지상 발사체를 활용한 우리군에서 요구하는 경사궤도 진입은 불가능한 상황이다. 경사궤도는 지구 적도를 중심으로 45도~50도 경사각을 유지하면서 지구궤도를 비행하는 것으로 재방문 주기 단축에 유리한 궤도이다. 현재 우리나라에서 개발된 발사체를 활용하여 우리나라에서 발사시에는 오직 지구 자전축을 중심으

15) Mike Wall, "The US Space Force's secretive X-37B space plane: 10 surprising facts", Space News- <https://www.space.com/x-37b-military-space-plane-surprising-facts>에서 저자의 의도의 맞게 그림을 재 편집함.



<그림 12> 전투기를 활용한 공중발사체 발사 개념도¹⁶⁾

로 남북으로 비행하는 극궤도만 가능함으로 원래 계획된 경사궤도를 구현할 수 없다. 이를 위해서는 값비싼 해외 지/해상 발사체를 활용하여 해외에서 발사하여야만 한다.

상기한 해외 발사체를 활용하여 초소형 위성을 발사하는 것은 여러 사유로 수용이 불가할 것으로 판단된다. 먼저, 우리의 군사보안이 노출될 우려가 있다. 우리의 초소형 위성을 해외 발사체에 탑재하여 발사하기 위해서는 관련 위성 정보를 해당 발사체 회사에 알려주어야만 한다. 두 번째로 신속한 발사가 불가하다. 초소형 위성체계는 수십기의 초소형 위성으로 위성군을 구축해야만 성능이 보장된다. 초소형 위성의 수명이 짧아 신속한 위성군 구축이 필요하다. 해외 발사를 위해서는 발사 일정 조정에 어려움이 존재한다. 막대한 발사 비용으로 발사 업체는 통상 다양한 나라 혹은 업체의 초소형 위성을 섞어서 발사한다. 따라서 발사 일정은 수년을 통해 조정된다. 이는 우리가 필요한

시간과 장소에서 신속한 위성발사를 불가능하게 할 것이다. 주기적인 초소형 위성체계 대체도 어려움이 존재할 것이다. 상기한 사유로 독자적인 공중발사체 기술개발이 필요한 것이다.

공중발사체에 대한 연구는 현재 공군을 중심으로 진행되고 있다. 우리군의 초소형 위성체계가 2019년 장기소요로 확정된 이후 공군은 최근 3차례 공중발사체에 대한 정책 혹은 전투 실험을 진행하였다. 2021년에는 군용기를 활용한 연구와 민간 여객기를 활용한 연구를 진행하였다. 외국에서 도입한 군용기(F-15K, C-130, MRTT)의 경우 기체 외장변경을 위한 감항인증의 어려움이 존재한 것으로 분석되었다. 수송기보다는 전투기를 활용하는 것이 추진 효율 차원에서 유리한 것으로도 확인되었다. 수송기의 경우 발사체를 내부에 탑재하여 발사시 후미로 낙하시켜 점화시키는 방식으로 자유 낙하 과정에서 속도와 고도의 이점을 상실한 반면, 전투기는 공중발사체를 외부 파일

16) 앞의 글, 박상영(2019), p.253-213쪽 그림을 재 편집함.

구 분			
	C-130J-30	F-15K	KF-21
탑재방식	내부 탑재	하부 탑재	하부 탑재
발사체 중량	16.5ton	6.6ton	6ton
발사가능 위성 * Pegasus XL 성능 * 500km 저궤도	80kg 이하	60kg 이하	50kg 이하
평 가	<ul style="list-style-type: none"> • 사출-점화까지 소요시간 과다 • 점화시 속도/고도 과다 손실 발생 • 발사중량에 비해 발사 가능 위성 질량 작음 • 전투기 대비 효율 낮음 	<ul style="list-style-type: none"> • 발사체 점화시 투하 고도/속도/자세 유지 가능 <ul style="list-style-type: none"> - 공중발사의 이점을 최대한 활용가능 - 수송기에 비해 효율이 우수 • 전투기의 특성으로 인한 탑재 제한 <ul style="list-style-type: none"> - 1개의 파일런에 장착하므로 탑재하중 작음 - 항공기 형상에 의해 발사체 크기 제한 * 날개 파일런이 아닌 동체에 발사체 탑재방안 필요 	
<ul style="list-style-type: none"> * 발사체의 성능이 낮을수록, 위성의 궤도가 높을수록 수송기보다는 전투기가 유리 * 로켓 엔진 성능과 발사체 소형화 기술은 발전하고 있어 발사가능 위성질량 증가 예상 			

<그림 13> 군용기 종류별 공중발사체 자원 및 발사가능 위성중량 비교¹⁷⁾

론에 장착하여 발사시켜 속도와 고도의 이점을 그대로 활용하기 때문이다.

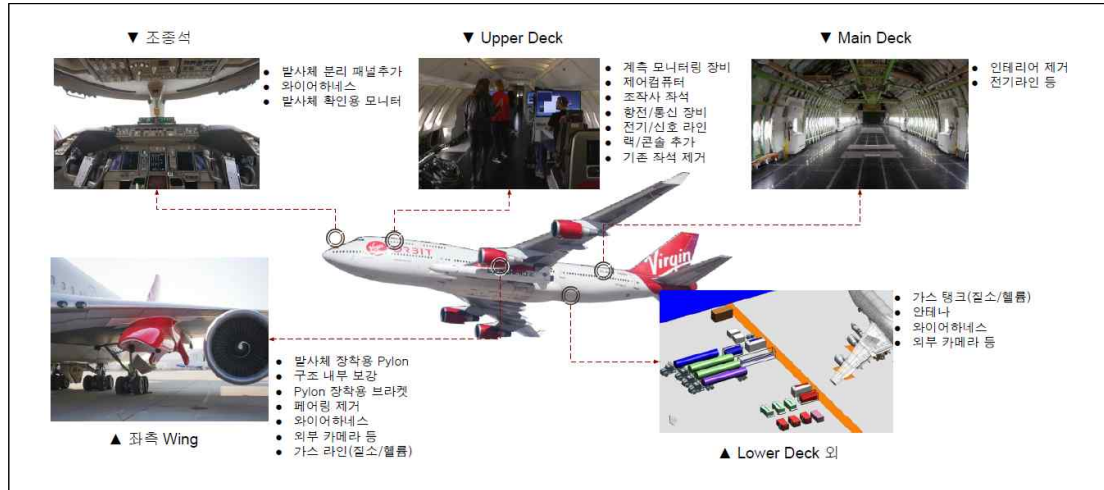
개발중인 우리의 국산 전투기(KF-21)의 경우 도입한 외국 군용기에 비해 다양한 분야에서 장점이 있는 것으로 분석되었다. KF-21의 경우 국내에서 독자적으로 개발되는 전투기로 공중발사체 장착을 위한 외장변경시 감항인증이 상대적으로 용이하고, 공중발사체 하중 지지를 위한 날개 혹은 동체 파일런 제작에 비용이 상대적으로 적게 소요된다는 것이다. 반면, 요구되는 초소형 위성체 탑재 중량(100kg 이상)을 원하는 궤도에 올릴 수 있는 공중발사 로켓 개발과 KF-21 전투기의 공중발사체 지지 하중 제한이 해결해야 할 과제로 식별되었다. 향후 기술개발로 위성체 중량이 감소하고, ‘하

이브리드’ 추진제 등 성능이 향상된 로켓이 개발된다면 KF-21 전투기를 활용한 초소형 위성체 발사는 가능하리라 판단된다.

다. 공중발사체 개발 전략 : 민항기 및 전투기 활용 Dual Track 연구 진행 필요

한반도의 지리적 발사여건, 초소형 위성체계의 운용개념, 공중발사체의 기술성숙도 등을 고려하여 공중발사체는 도약적 국가 및 국방우주력 발전을 선도할 핵심 능력이다. 한반도의 발사여건 제한은 우리가 수정할 수 없는 상수이다. 반면, 초소형 위성체 및 공중발사체 개발은 우리의 노력으로 극복할 수 있는 변수이다. 그러나 상기 우주 자산 전력화를 위한 기술성숙도는 우리가 직면한 현실이므로 이를 무시할

17) 박상영, 『군용 항공기의 공중발사체 운용방안 연구』 (연세대 ASTI, 2021.10), p.61쪽 도표를 저자의 의도에 맞게 요약 정리한 내용임.



<그림 14> 보잉 747-400 항공기를 개조한 Cosmic Girl 공중발사체 항공기¹⁸⁾

수 없다. 따라서 현 수준에서 가능한 기술력을 활용하여 초기 전력화를 시작하고, 부족한 기술력은 지속적으로 개발하여 장기적인 전력유지를 지원함이 현실적이고 합리적인 것이다.

앞서 설명한 것처럼 우주 선진국들은 민항기를 활용한 공중발사체 상업화에 성공하였다. 1980년대 중반부터 개발이 시작되어 기술성숙도는 높은 수준에 이르렀다. 더욱이, 탑재체(초소형 위성), 추진제 및 로켓 엔진의 성능은 빠른 속도로 발전하고 있다. 따라서, 충분한 하중을 감당할 수 있는 대형 항공기(민항기 및 수송기 등)를 활용한 공중발사체는 현재 제한적인 상용화에서 조만간 전면적인 상용화로 발전하여 초소형 위성체계 시장에서 gap filler의 역할을 넘어 main player가 될 것이다. 우리도 관련 기술력 개발에 예산과 정책적인 지원을 시작해야 할 것으로 판단된다. 첨단 기술력 격차는 시간의 경과에 따라 기하급수적으로 발전되기 때문이다. 지금 시작하지 않으면 내일에는

추적이 불가능한 상황이 도래하기 때문이다.

공군은 2021년 전투실험을 통해 국내 민항기를 활용한 공중발사체 개발 가능성을 연구하였다. 본 연구는 기본적인 연구였다. 대한항공은 자사 보유 민항기(보잉 747-400)를 형상 변경하였을 경우 연간 운용비용을 산출하였고, 식별하였다. 항공기 개조 비용을 산출하기 위해 현재 상업화에 성공한 Virgin Orbit사의 Cosmic Girl 공중발사 민항기 사례를 적용하였다. Cosmic Girl 항공기는 공중발사체를 날개 파일런에 장착하는 형태로 보잉 747-400 항공기를 개조하였다. 주요 개조 부분은 조종석, upper deck, main deck, 발사체를 장착할 좌측 wing 및 lower deck 등을 개조하였으며, 상기 개조비용을 포함하여 총 체계개발 비용은 8,000억원에 이르는 것으로 알려지고 있다.¹⁹⁾ 공중발사 항공기의 연간 운용비는 연 공중발사를 15회로 가정하였을 경우 대략 100억원에 이르는 것으로 분석되었다.

18) 위의 글, p.53쪽 그림을 저자의 의도에 맞게 재 편집함.

19) 정진택외 5명, 『국내 대형 민간항공기 활용 공중발사 가능성 분석 연구』(대한항공 항공우주사업본부, 2021.12), pp.51~53 내용을 정리함.

서울대학교 항공공학과는 공중발사체를 보잉 747-400 항공기 날개에 장착하였을 경우 발생하는 공력변화 및 안전분리 여부를 분석하였다. 또한, 국내 비행장에서 발사지점(서남부 KADIZ 외곽 공역)까지 비행시 소요시간을 중심으로 지상 발사체 대비 공중발사체의 즉응성 여부를 분석하였다. 비행경로각, 발사체 무게중심에 따른 분리 시뮬레이션 기반으로 분석한 결과 공중발사체 낙하, 안전분리가 가능한 것으로 판단되었다. 이는 상대적으로 낮은 공중발사체 분리 기술을 고려할 때 공력특성 분석 및 궤적 예측 기술의 시연을 통해 국내 대형 민간 항공기와 공중발사체 분리 기술의 구현 가능성을 확인하였다는 측면에서 본 연구의 의의가 있다.

추가하여, 국내 위성 발사환경에서 지상 대비 공중발사체는 지상 소형 발사체에 근접한 payload 궤도 투입 성능을 확인하였고, 부가적인 공중발사의 장점을 고려시 국내 대형 민간 항공기를 활용한 공중발사체는 500kg이하 위성의 궤도투입에 매우 효과적인 발사수단으로 역할이 가능할 것으로 판단된다.

민항기를 이용한 공중발사체는 해외에서 이미 상용화가 검증되었기 때문에 이번 전투실험에서는 감항인증과 항공기 개조비용에 초점이 맞추어져 있었다. 향후 심화연구에서는 직접 항공기를 개조 후 공중발사체(터미)를 장착하여 공중에서 투하하면서 안전분리 여부를 일차적으로 확인하고, 이후 국내 개발 공중발사체 장착 후 직접 발사하는 실험이 이어져야 할 것이다.

또 다른 트랙으로 전투기를 활용한 공중발사체 연구도 진행되어야 한다. 전투기는 민항기 대비 즉응성과 운영 유지비 차원에서 유리하다. 본 연구는 또한 다른 무기체계 연구에도 활용될 수 있다. 공중발사 초음속 미사일 체계는 현재 전쟁의 판도를 바꿀 수 있는 'game Changer'로 인식되고 있다. 오늘날 전장에서 탄도미사일과 미사일 방어체계는 '창과 방패'로

서 전쟁의 흐름을 바꿀 수 있는 전략무기이다. 서방이 그간 미사일 방어체계 개발에 몰두했다면 러시아를 포함해 공산권들은 서방의 미사일 방어체계를 뚫을 수 있는 초음속 미사일 체계 개발에 집중하였다. 현재 북한은 러시아의 이스칸데르 탄도미사일을 역설계한 화성-13 탄도미사일로 한·미 미사일 방어체계를 무력화하려는 시도를 하고 있다. 시험비행을 통해 성능을 확인하고 향후 본 무기체계 전력화에 노력을 집중할 것이다. 이에 대한 대응으로 우리도 관련 기술력을 실험하고 있어, 이를 활용한 공중발사체 개발은 제한된 자원의 효율적인 차원에서 지지를 받을 수 있을 것이다.

반면, 전투기를 활용한 공중발사체 개발은 난이도가 가장 높은 첨단 기술력으로 전력화에 상당한 시간이 필요할 것이다. 따라서, 장기간의 예산투자를 통한 연구개발이 필요하다. 그러나, 개발 성공시 우리는 한반도의 우주 발사체 발사여건의 제한을 극복하면서 일순간에 우주 선진국으로 도약할 수 있는 기반을 마련할 수 있을 것이다. 해당 기술력은 무인 항공기를 이용한 공중발사체 연구와 향후 유·무인 우주선 개발에도 활용될 수 있을 것이다. 현재 독자적인 KF-21 전투기 개발이 진행되고 있어 이를 개량한 공중발사체 개발은 여러 가지 차원에서 장기적인 투자 가치가 있다. 현재 개발되고 있는 KF-21 항공기 기본형은 여러 가지 개량형으로 발전될 수 있는 동체 여유 공간을 보유하고 있다. 국내에서 독자적으로 개발하고 있으므로 공중발사체 장착을 위한 감항인증 수행에 융통성이 있을 것이며, 현재 개발중이므로 공중발사체 장착을 위한 하중보강 장치 구축에도 예산을 절감할 수 있을 것이다. 공군에게 납품할 총 120대 제작이후 KF-21 생산라인 유지에도 도움이 될 것이며, 이는 해외 수출에도 유리하게 작용할 것이다. 상기한 이유로 2021년 진행된 전투기를 활용한 공중발사체 연구는 후속 연구를 통해 지속되어야 한다.

3. 결 론(정책제언)

이상에서 공중발사체 개발 필요성과 개발전략을 제시하였다. 공중발사체는 한반도의 우주발사체 발사여건 제한을 극복할 수 있는 game changer라고 주장하였다. 한반도 발사여건 제한은 우리가 감내할 수 밖에 없는 상수이나, 공중발사체 기술개발은 우리의 노력으로 극복할 수 있는 변수라고 주장하였다. 1960년대 미·소간 우주경쟁이 체제의 우월성을 대변하는 상황에서 미국의 케네디 대통령은 다음과 같은 대국민 연설을 하였다. “우리가 달에 가려는 것은 그것이 쉬워서가 아니다. 어렵기 때문이며, 그러한 목표는 우리의 최고 에너지와 기술을 측정하고 조직화하는 데 도움을 주기 때문이다. (We choose to go to the moon in this decade and do the other things, not because they are easy, but because they are hard, because that goal will serve to organize and measure the best of our energies and skills)”

전술한 바와 같이 공중발사체 연구는 최고 난도의 기술력이다. 우주 선진국 대비 우리의 기술 성숙도는 낮은 편이다. 어렵기 때문에 포기하기보다는 이를 통해 우리의 우주 기술력을 고양시키는 계기로 활용해야 한다. 계획된 우주 자산의 적기 전력화라는 현실적인 문제도 있기 때문에 현 단계에서 반드시 공중발사체만을 고집할 수 없다. 점진적이고 진화적인 접근방법이 필요하다. 초기에는 기술력이 검증되고 신뢰성이 담보된 지·해상 발사체와 해외 업체를 활용하여 우리의 우주 자산을 우주공간에 투자해야 할 것이다. 그러나, 이러한 접근방법이 일상화되어서는 안된다. 이러한 접근방법으로는 첨단 우주기술을 확보할 수 없으며 영구적으로 해외 업체 및 기술력에 종속될 것이기 때문이다. 따라서, 독자적인 공중발사체 개발은 장기적인 호흡으로 지속적으로 진행되어야 한

다. 이를 위해 듀얼 트랙 접근방법이 필요함을 제시하였다. 단기적으로는, 상업화에 성공한 민항기를 활용한 기술력 개발에 집중하고, 중·장기적으로는 국산 전투기를 활용한 공중발사체 개발에도 예산과 정책지원이 필요하다.

공중발사체에 대한 연구는 과거 사례도 미미하였고, 최근 공군을 중심으로만 진행되었다. 미·중 우주패권경쟁의 심화와 한·미 미사일 지침 종료 등 도약적 국가·국방 우주력 발전을 위한 계기를 활용하여 공중발사체에 대한 연구는 향후 국가 차원에서 진행될 필요가 있다. 해당 기술력은 최첨단 기술력으로 국가 과학기술의 총체적인 지원으로 가능하기 때문이다. 액체발사체, 고체발사체, 로켓 엔진, 위성체, 항공기 플랫폼 등 모든 과학기술이 종합되어 공중발사체는 완성이 된다. 국가적인 차원에서 공중발사체 연구가 진행되어야 할 이유이다.

참고 문헌

- 공군본부. 『국가 우주력 및 우주선진국 동향』 (전발단 우주처, 2017.5).
- 공군본부. 『공군 우주력발전 기본 계획서』 (공군본부 우주센터, 2021.6).
- 과학기술부. 『제3차 우주개발 진흥 기본계획』 (관계부처 합동, 2018.2).
- 김경근. “국가우주안보-대한민국 국방우주 발전방향에 대한 의견,” 국방우주력 발전방향 세미나 발제문(국방우주학회, 2021.6.16).
- 박기태. “미국의 미사일 방어정책이 한반도 안보에 미치는 함의,” 『합참지』, 제85호(2020.10).
- 박기태. “바이든 행정부 출범과 북핵문제 전망,” 『항공우주력연구』, 제9집(2021.11).
- 박기태. “미·중 우주 패권경쟁과 국방우주력 발전방향,” 『대전환시기의 국방우주력』, 연세대 항공우주력 연구총서-20(2021.9).
- 박기태. “성공적 한국형 항법위성체계 구축의 조건,” 『국방과 기술』, 제516호(2022.2).
- 박상영. 『초소형 전술위성체계 공중발사체 운용방안 연구』 (연세대 인공위성센터, 2019.10).
- 박상영. 『군용 항공기의 공중발사체 운용방안 연구』 (연세대 ASTI, 2021.10).
- 양태호. “New Space Paradigm을 적용한 저궤도 초소형 위성의 발전방향,” 제2회 미래국방기술 및 전략 학술대회 발제문 (연세대학교 ASTI, 2021.11.30).
- 정진택 외 5명. 『국내 대형 민간항공기 활용 공중발사 가능성 분석 연구』 (대한항공 항공우주 사업본부, 2021.12).
- 황영민. “국방우주력 강화를 위한 공군 우주력 발전전략,” 제2회 미래국방기술 및 전략 학술대회 발제문 (연세대학교 ASTI, 2021.11.30).
- Brian Warden and Victoria Samson. 『Global Counterspace Capability』 (Secure World Foundation, 2021.4).
- Todd Harrison 외 3명. 『Space Threat Assessment 2020』 (CSIS, 2020.3).
- Ravn-X Autonomous Launch Vehicles(AuLV). USA-
<https://www.aerospace-technology.com/projects/ravn-x-autonomous-launch-vehicle-aulv/>.

Mike Wall. “The US Space Force’s secretive X-37B space plane: 10 surprising facts”, Space News-
<https://www.space.com/x-37b-military-space-plane-surprising-facts>.

저자 소개



박기태 (E-mail: park50881011@gmail.com)
 현 공군본부 전투발전단 근무
 국가 및 국방우주 정책, 전략 및 전력건설

