J. Space Technol. Appl. 2(2), 146-168 (2022)
https://doi.org/10.52912/jsta.2022.2.2.146

우주기술과 응용
Journal of Space Technology and Applications
pISSN 2765-7469 eISSN 2799-3213

기고문

# 도약적 국가 우주력 발전을 선도할 제2 우주센터 구축 필요성 연구

박기태†

대한민국 공군 대령(前 공군본부 우주센터장)

# Research on the Necessity of Building the Second Space Rocket Launching Sites for Breakthrough Development of R.O.K National Space Power

Ki-tae Park†

Air Force Colonel (Former Chief of Space Center, ROKAF), Gyeryong 32831, Korea

**Received:** April 27, 2022
**Revised:** May 2, 2022
**Accepted:** May 10, 2022

†**Corresponding author :**
Ki-tae Park
Tel : +82-10-5088-1011
E-mail : park50881011@gmail.com

**Copyright** © 2022 The Korean Space Science Society. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ORCID**
Ki-tae Park
https://orcid.org/0000-0001-7948-0542

## 요 약

미 · 중간 패권경쟁과 최근 미 · 러간 동유럽(우크라이나)에서의 군사적 경쟁에서 증명한 것처럼, 대부분의 안보 전문가들은 21세기 미국의 가장 큰 안보위협은 강대국간 경쟁의 복원이라고 평가하고 있다. 상기 강대국간 패권경쟁의 핵심수단은 군사력이며, 이러한 군사력 운용의 효율과 효과성을 극대화하는 수단은 단연 우주력(space power)이다. 이를 반영하듯 최근 미국과 중 · 러간 우주패권경쟁이 全 분야로 확대되고 있다. 상기한 전략환경하에서 우리나라도 우주에서의 국익을 보호하고 국민의 생명과 재산을 보호하기 위해 도약적인 국가 우주력 발전이 필요하다. 우리나라는 2021년 6월 한 · 미 미사일 지침 해제 및 한국의 '아르테미스' 프로젝트 참가 결정을 계기로 도약적 우주력 발전을 위한 계기가 마련되었다. 반면, 한반도의 지정학적 위치의 제한으로 現 '나로' 우주센터에서 우주 발사체를 활용하여 우주자산을 궤도에 올려놓는 것은 많은 제한사항이 존재한다. 발사방향 제한, 충분한 안전공간확보 불가 및 지원시설 구축 제한 등 선진국 우주센터와 비교해 많은 제한사항이 존재한다. 본고에서는 現 '나로' 우주센터 입지조건을 선진국 우주센터와 비교하고 제한사항을 식별하고, 이를 상쇄할 수 있는 국내 후보지를 제시하는 데 있다.

## 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. 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. The limitation of rocket launching direction, the failure to secure a significant area enough to secure safety and the limitation to secure open area enough to build associated facilities

are among them. On this paper, I will suggest the need to build the 2nd space rocket launching site after analyzing a lot of short-falls the current 'Naro' space center face, compared to those of advanced space powers around the world.

**핵심어 :** 미 · 중 우주패권경쟁, New Space 시대, 초소형 위성, 우주로켓, 경사궤도, 극궤도 및 정지궤도, 우주센터 입지조건

**Keywords :** US-China Space hegemonic competition, new space era, micro satellite, inclined orbit, polar orbit, geo-stationary orbit, space rocket launch center, requirements for building rocket launching sites

## 1. 서론

2018년 미국의 트럼프 행정부 국가안보전략서(national security strategy, NSS)에서는 강대국간 경쟁 복귀(the return of great power competition)가 미국 및 세계적으로 가장 큰 안보위협이라고 적시하였다[1] [1]. 이를 입증이라도 하듯 아·태지역에서는 미 · 중간 패권경쟁과 동유럽에서는 미 · 러간 군사적 충돌이 세계 질서를 재편하고 있다. 특히, 러시아의 우크라이나 침공은 미국 주도의 NATO(North Atlantic Treaty Organization) 동진과 이를 자국에 대한 안보위협으로 인식한 러시아간 패권경쟁의 산물로 이는 향후 전개되는 미국과 중 · 러간 강대국 경쟁의 서막을 열었다는 평가를 받고 있다. 이러한 패권경쟁의 수단은 여러 요소가 있겠으나, 핵심적인 수단은 첨단 군사력으로 상기한 군사력의 효율성과 효과성을 극대화시켜주는 수단(enabler)은 우주력이다.

압도적인 군사력으로 우크라이나를 침공한 러시아 軍이 고전을 면치 못하는 이유는 무엇일까? 러시아 軍은 막강한 재래식 군사력을 보유하고 있으나, 이를 효율적이고 효과적으로 사용하지 못하고 과거의 전술과 리더쉽에 의존하여 전쟁을 수행하기 때문이라고 많은 군사전문가들은 평가하고 있다. 즉, 신속한 핵심지역 점령을 통해 친러 정권을 수립하여 유리한 조건에서 종전협정을 체결하려는 전쟁목표를 달성하기 위해 병참을 고려하지 않고 탱크를 포함 기계화부대의 신속하고 무리한 진군에서 그 이유를 찾고 있다.

또한, 우크라이나 대비 압도적인 공군력을 전방 기계화부대 지원에만 활용(전술적)하는 등 전략적으로 활용하지 못해 전쟁개시 근 2개월이 경과하였으나 제공권을 장악하지 못하고 고전하고 있다. 반면, 우크라이나 軍은 러시아 대비 지상전력(탱크, 장갑차, 장사정포 등)은 열세이나 미국 및 서방이 지원하는 첨단 방어 무기체계(Javelin Portable Anti-tank Missile and Stinger Portable Anti-aircraft Missile)를 활용하여 러시아의 지상 기갑전력 및 이를 지원하는 헬리콥터 및 전투기를 효과적으로 제압하였으며, 과정에서 미국 및 서방세계에서 제공하는 우주 인터넷 단말기 및 우주기반 정보력(감시정찰 및 통신위성 등)을 최대한 활용하고 있다(Fig. 1).

[1] 2018 NPR에서는 2010 NPR 이후 가장 큰 안보환경 변화는 강대국간 경쟁의 귀환(the return of Great Power competition)으로 정의했다. 자세한 내용은 2018 Nuclear Posture Review (US DOD, 2018.2), pp.6~7을 참조할 것.

Space-X 제공 우주 인터넷 단말기

미국의 감시정찰 위성(Key-hole)

Fig. 1. 서방세계에서 우크라이나에 제공한 첨단 방어무기체계[2].

상기와 같이 재래식 전력을 최대한 효과적으로 활용하기 위해서는 우주에서 제공하는 정보능력이 필요하다. 우주에서 제공하는 각종 항법, 통신, 감시정찰, 신호 및 기상정보는 재래식 전력 운용의 효율과 효과를 극대화한다. 즉, 우주력은 모든 군사력 운용의 핵심적인 enabler로써 상기와 같은 차이점을 유도한 것이다. 모든 군사 강국들은 향후 전쟁에서 위와 같은 우주력의 역할과 활용도를 고려하여 우주력 건설에 국가의 역량을 총 동원하고 있으며, 최근 전개되고 있는 미·중의 우주 패권경쟁은 대표적이다.

현재 미·중을 중심으로 한 세계적 우주패권경쟁 하에서, 우리나라도 우주에서의 국익을 수호하고 국민의 재산과 생명을 보호하기 위해 국가 우주력을 도약적으로 발전시킬 필요가 있다. '21.6월 한·미 미사일 지침 해제 및 대한민국의 '아르테미스' 프로젝트 참여 결정으로 도약적 국가 우주력 발전을 위한 계기가 마련되었다. 추가하여, 국가우주위원회 위상강화와 우주개발진흥법 개정을 통해 도약적 국가 우주력 발전을 위한 국민적 공감대가 형성되었다(Fig. 2).

반면, 우리가 극복해야 할 도전요소도 있다. 대표적인 도전요소는 우주로켓 발사를 위한 인프라를 구축하는 일이다. 기존 '나로' 우주로켓 발사장은 지리적인 제한사항이 많아 다양한 지구궤도로 우주자산(인공위성)을 투사할 수 없다. 이는 독자적 우주기술 개발에 '막대한' 제한사항이다. 우주기술은 국가 전략자산으로 수·출입이 엄격히 통제되어, 타국으로부터 기술협력을 받는 것은 거의 불가능하다. 독자적으로 개발하여 '자기화'할 수밖에 없다. 우주기술은 기본적으로 로켓을 통해 지구궤도 상에 자산을 올려놓아야만 검증 및 성능향상이 가능하

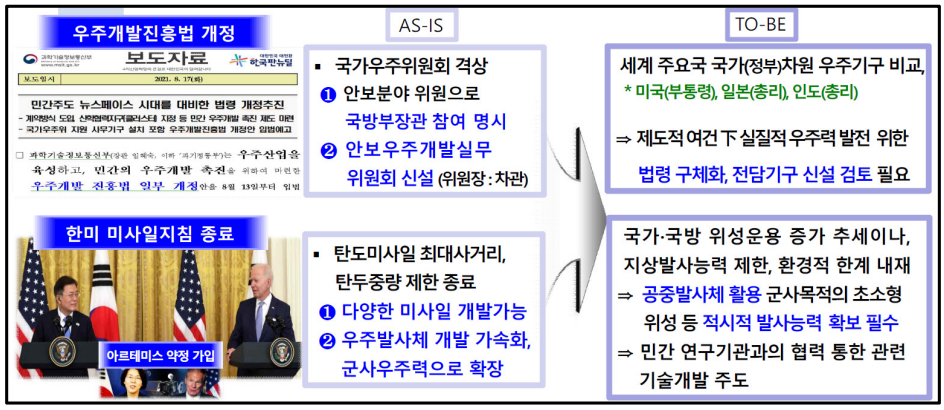



Fig. 2. 대한민국 우주력 발전을 위한 기회 및 도전요인[3].

다. 이를 위해서는 입지조건이 충족된 우주로켓 발사장에서 수시로 발사 및 실험을 통해 개발할 수밖에 없다.

본고에서는 제2의 우주시대를 견인하고 있는 New Space 시대의 특징을 고찰하고, 이와 연계한 국가 우주력 발전 중·장기 발전계획 작성의 타당성을 분석할 것이다. 이후 이를 실현하기 위한 핵심 기반시설인 現 '나로' 우주센터의 운영현황 분석을 통해 제한사항을 식별하고, 그에 대한 대안으로 제2 우주센터 구축 필요성과 예상 후보지를 제안하고자 한다.

## 2. 본론

### 2.1 전략환경

미 · 중의 우주 패권경쟁은 2000년 초로 거슬러 올라간다. 미국이 1969년 7월 아폴로 11호 유인 우주선을 인류 최초로 달에 착륙한 이후 제1차 우주경쟁은 미국의 승리로 종결되었다. 이후 진행된 행성 및 심우주 탐사는 경쟁보다는 협력을 바탕으로 인류의 공공의 이익을 확장하는 방향으로 진행되었다. 국제우주정거장(International Space Station, ISS) 구축 및 운영은 대표적인 미 · 소 및 미 · 러간 우주협력의 사례이다. 소련 및 러시아가 주도하고 미국이 참여하는 방식으로 각자 국가가 보유하고 있는 우주기술을 공유함으로써 우주의 평화적 이용을 위한 인류 공공의 노력을 현시하였다. 미국의 우주왕복선에 러시아 우주인이 탑승하여 국제우주정거장에 도킹하거나, 1990년대 중반 이후 미국의 유인 우주왕복선 운영이 중단된 이후, 미국의 우주인은 러시아의 소유즈 우주선을 탑승하고 국제우주정거장에 도킹하여 임무를 수행하였다.

상기한 우주협력은 2000년 이후 급변한다. 중국과 러시아의 강대국 경쟁 복귀는 우주를 협력이 아닌 경쟁 및 쟁취의 대상으로 변모시켰다. 특히, 2000년 이후 중국이 경제력을 바탕으로 한 강력한 '우주굴기'를 시작했을 때 제2의 우주시대가 도래하게 된다. 이 시기 중국은 독자적인 전 세계적 항법위성체계인 '북두(Beido)'를 완성하여 그간 미국이 도전받지 않고 누려왔던 '우주우세'에 도전하게 된다. 이를 바탕으로 중국은 탄도미사일을 포함하여 각종 첨단무기체계 운영에 있어서 미국과 같은 효율과 효과를 극대화할 수 있게 되었다. 또한, 다양한 '장정' 우주로켓의 성능향상은 대륙간탄도미사일을 포함하여 다양한 장거리 타격자산의 개발로 이어져 미국의 인도-태평양 전략을 무력화할 수 있는 '반접근 및 거부(A2/AD, Anti-access and Anti-denial) 전략' 실현을 지원하였다[4].

중국의 '우주굴기'는 미국으로 하여금 상응한 도전을 유도하였다. 1990년 중반 유인 우주프로그램(Space Shuttle)이 중단된 이후 미국의 우주예산은 급격히 감소하였다. 우주개발은 막대한 투자비용 대비 효과는 미미하고 장기적으로 진행되는 특징이 있다. 미국은 2000년 초부터 근 20여 년간 테러와의 전쟁, 이라크 전쟁 및 아프간 전쟁 수행에 막대한 예산을 투자하였고, 중간중간 경기침체에 따른 여파로 우주개발 예산의 증액은 대중의 설득을 얻기 어려웠다. 이러한 상황하에서 중국의 '우주굴기,' 특히 2010년대 후반부부터 진행된 달 및 행성탐사는 미국으로 하여금 그간 누려온 '우주우세' 및 '우주 주도권' 유지에 큰 위협으로 다가왔다.

미국의 대응은 과거의 방법과는 다른 접근방법을 채택하였다. 정부주도의 우주개발보다는 민간의 기술력을 아웃소싱(out-sourcing)하고 국가는 장기적이고 체계적인 예산을 지원함으

로써 우주개발의 지속성과 경쟁력을 확보하는 접근방법을 채택하였다. 이를 통해 우주개발의 리스크를 민간과 국가가 분담하고, 민간기업의 경쟁을 유도함으로써 혁신적인 우주기술 개발을 유도할 수 있었다. Space-X사의 재사용 로켓 모터, 유인 우주선(Crew Dragon) 및 초소형 통신위성군(Star-link) 개발은 대표적인 민·군 우주협력 사례이다. 즉, 미국은 상기와 같은 New Space 시대로 명명된 모델을 통해 중국의 '우주굴기'에 대응하고 있다(Fig. 3).

우주력 관련 기반시설 구축에 있어서도 양국은 첨예하게 경쟁하고 있다. 우주력은 특성상 지구궤도 상에 전력을 투사했을 때 전력으로써 가치가 있다. 우주전력(인공위성 등)을 지구궤도 상에 투사하기 위해서는 우주로켓이 필요하고, 이를 운영할 수 있는 발사장(우주센터)은 필수 불가결한 능력이다. 양국의 경우 효율적으로 우주로켓을 발사하고 운영할 수 있는 최적의 입지를 갖춘 우주센터를 구축하고 있다. 우주센터 최적의 입지조건은 가급적 적도 근처에 위치하고, 충분한 안전공간을 확보할 수 있고, 여러 지원시설이 근거리에 위치하여 우주로켓 및 탑재체 조립 및 통합이 유기적으로 이루어져야 한다.

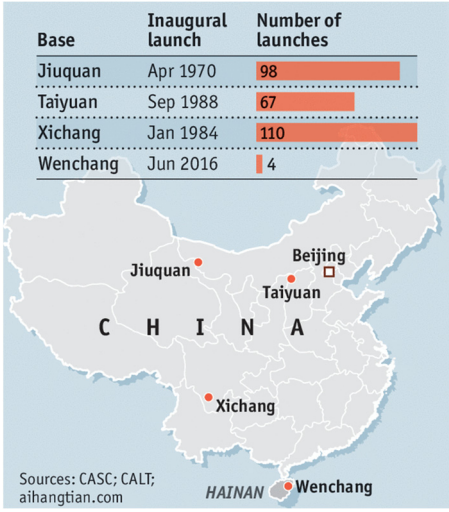
미국의 경우, 대표적인 우주로켓 발사장은 플로리다주 남부 연안에 위치한 '케네디' 우주센터이다. 비교적 적도 근처에 위치하여 지구의 자전력을 최대한 활용할 수 있고, 동쪽으로 넓고 광활한 대서양이 위치해 있어 로켓 상승에 따른 단 분리 및 페어링 분리시 충분한 안전공간을 확보할 수 있다. 따라서, 정지궤도 위성을 포함하여 미국 대부분의 우주자산은 케네디 우주센터에서 발사된다. 추가하여 텍사스주 걸프만 연안 및 켈리포니아州 서부 연안도 우주로켓 발사에 최적의 입지조건을 갖추고 있다. 특히, 켈리포니아州 반덴베르그 美 우주군 기지는 지구 자전축을 중심으로 남·북으로 형성된 극궤도 혹은 태양 동기궤도 발사에 최적의 입지조건을 갖추고 있다.

중국은 미국과 비교해 우주로켓 발사에 다소 제한사항(넓은 해상 안전공간 제한 등)이 존재하나 위성 궤도에 맞는 내륙 발사장을 구축하고 있다. 적도 근처에 위치하지도 않고, 넓은 공해를 확보하고 있지도 않다. 반면, 인적이 드문 넓은 내륙의 안전구역을 확보해 우주로켓 발사장으로 활용하고 있다. 중국 북부 내륙에는 대원 및 주천 우주센터, 서부 내륙에는 시창 우주센터 그리고 남부 하이난 지역에 원창 우주센터를 구축하여 운영하고 있다. 북부와 서부 우주센터에서는 경사궤도 및 극궤도에 위성을 투사할 때 주로 사용하고, 남부 우주센터에서는 적도와 가까워 정지궤도 위성을 주로 발사하고 있다(Fig. 4).

재사용 로켓 부스터 | Crew Dragon 우주선 | Star-link 초소형 위성군

**Fig. 3.** New Space 시대를 선도하는 Space-X 사의 우주개발[5-7].

미국 본토의 우주로켓 발사장




중국 본토의 우주로켓 발사장

Fig. 4. 미국과 중국의 우주로켓 발사장 비교[8].

서두에서 언급한 것처럼, 우리나라의 경우 최근 도약적 국가 우주력 발전을 위한 여러 계기가 마련되었다. 반면, 이를 가로막는 도전요소가 많다. 우주력은 국가의 전략자산으로 국제협력을 통해 획득하기에는 많은 제약이 존재한다. 따라서, 독자적인 기술개발이 필요하고 이를 위해서는 다양한 우주기술을 우주 공간에서 실증을 통해 발전시켜야 한다. 이를 지원하는 핵심 기반시설이 우주로켓 발사장이다. 우리나라의 경우 '나로' 우주센터가 2000년대 초반 구축이 되어 '나로호'와 '누리호' 발사가 이곳에서 진행되었다. 아쉽게도 성공보다 실패의 횟수가 많았다. '나로호'의 경우 2차례 실패(2009, 2010)하고 3차에 성공(2013)하였고, '누리호'의 경우 지난해(2021.10) 첫 발사시 모든 단계는 성공적이었으나 마지막 계획된 궤도에 올리지는 못했다. 여러 원인이 있겠으나, 발사 방향의 제한도 한 원인으로 작용하였을 것이다.

우리나라의 지정학적 위치로 '나로' 우주센터에서는 지구 자전축을 중심으로 남북으로 형성된 극궤도에만 우주자산을 투사할 수 있다. 앞서 언급한 것처럼, 로켓 상승시 단 분리 및 페어링 분리시 충분한 안전공간을 확보하고 100 km 미만에 형성된 타국 영공을 우회하는 것은 우주로켓 발사시 필수적인 요구조건이다. '나로' 우주센터에서 상기 요구조건을 충족시키기 위해서는 170±5도의 발사방향 윈도우를 확보할 수밖에 없다. 따라서 지구 자전력을 전혀 활용할 수 없고 오직 로켓 추진력만을 활용하여 payload를 계획된 궤도에 투사한다. 결과적으로, 우주발사체 대비 소형의 payload만을 궤도에 올릴 수밖에 없고, 이는 인공위성 수명의 단축과 제공하는 서비스의 질적 저하를 유도할 수밖에 없다.

따라서, 현재 유지하고 있는 '나로' 우주센터의 기능을 보강할 수 있는 제2 우주센터 구축은 도약적 국가 우주력 발전을 선도하는 필수적인 요구능력이다. 정부는 2018년 제3차 우주개발 진흥 기본계획을 확정하였고, 현재(2022년)는 3차 기본계획을 수정한 제4차 기본계획을 작성하고 있는 것으로 알려지고 있다. 이를 지원하기 위해서는 독자적인 우주발사체 개발 성공은 필수적이며, 이를 실현하기 위해서는 수십 차례의 우주로켓 시험발사가 이루어져야 하고, 제2 우주센터 구축은 이를 지원하는 핵심 기반시설이 될 것이다.

## 2.2 국가 우주력 발전 중장기 계획

2021년은 국가 우주개발 발전에 있어서 제도적으로 큰 도약이 이루어진 해이다. 국가 우주개발 관련 최고 의사결정기관인 국가우주위원회 위상이 강화되었고, 관련 실무위원회가 보강되는 등 운영에 있어서 큰 변화가 있었기 때문이다. 2005년 우주개발 진흥법 제정 이후 국가우주위원회는 과거 20여년간 국가 우주력 발전 관련 최고의 의사결정기관으로 기능하였다. 국가우주위원회는 국가 우주자산 중장기 발전계획, 우주자산 건설관련 우선순위 결정, 우주자산 건설시 중복투자 여부 등을 심의 및 결정함으로써 제한된 우주예산을 최대한 효율적 운영을 통해 최대의 효과를 달성하는 데 기여하였다.

국가우주위원회 운영 관련 대표적 변경사항은 위상이 강화되었다는 데 있다. 2021년 11월 법률개정을 통해 국가우주위원장은 과기부장관에서 국무총리로 변경되었다. 그간 우리나라는 국가우주위원장을 과기부장관이 담당하였다. 다른 우주선진국과 대비해 위상이 낮아 국가 중장기 우주개발 관련 유관부서의 업무조정 및 통제에 제한사항이 존재한다는 의견이 우주관련 단체에서 지속적으로 제기되었다. 국가 우주자산은 과기부를 포함하여 국방부, 국정원, 산업통산자원부, 국토교통부, 외교부, 해양경찰 등 다양한 국가 기관이 관여하여 개발하고 관련 서비스를 공유하고 있다. 과기부 장관이 타 부처 장관과의 업무조정 및 통제에 있어서 지휘계선상 동급이어서 권위를 가지고 '일사분란'하게 의사결정할 수 없는 구조였다.

상기한 의사결정 구조로 인해 대형 국책 우주자산 개발 결정은 지연된 사례가 많았다. 국방 및 안보 관련 우주자산 건설은 특히 어려움이 많았다. 대부분의 국가 우주자산 건설은 민간 및 공공의 우주 관련 서비스 제공 위주로 개발되다보니 軍 및 국방 우주자산 건설은 '22년 3월 현재까지 발전이 '걸음마' 수준을 벗어나지 못하고 있다. 국가우주위원회 예하 실무위원회 구성도 軍 및 국방 우주자산 건설을 지원하는 위원회도 존재하지 않았었다. 이는 우리 군이 그간 대부분의 감시정찰 및 항법 정보를 주한미군 혹은 미군을 통해 의존하여 받아 독자적 우주자산 건설에 큰 관심을 두지 않았던 것이 큰 원인이었다고 판단된다(Fig. 5).

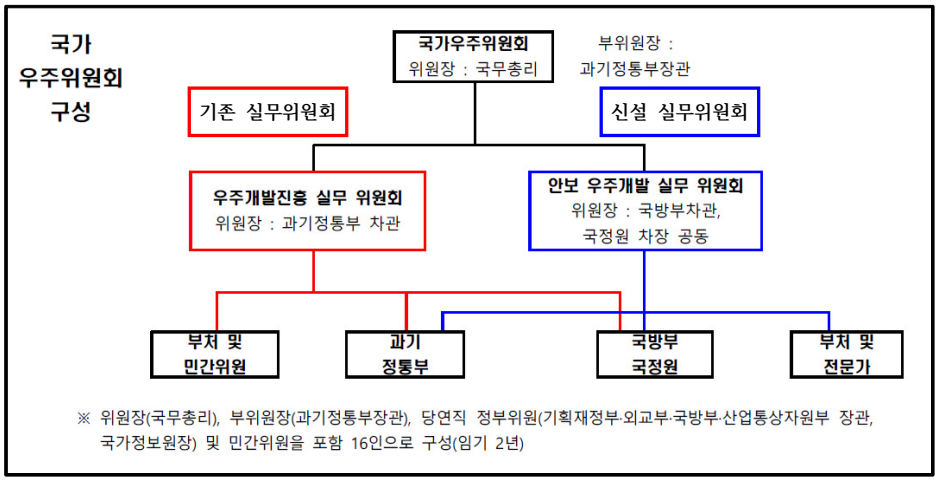



Fig. 5. 국가우주위원회 위상강화 및 안보실무위원회 신설[9,10].

최근 New Space 시대를 맞이하여 민·군 우주협력은 도약적 국가/국방우주력 발전에 핵심적인 요구능력이다. 과거 Old Space 시대의 발전모델로는 현재와 같은 제2 우주시대에 경쟁력과 지속성을 확보할 수 없다. 민·군 협력을 통해 제한된 우주예산를 효율적으로 활용하여 최대의 효과를 제고할 수 있는 것이다. 우주자산 건설시 피할 수 없는 개발 실패의 '리스크'도 분담할 수 있다. 경쟁을 통해 민간기업으로 하여금 기술혁신 및 관련 기술 융·복합을 유도할 수도 있다[11]. 상기한 목적을 달성하기 위해 국가우주위원회는 국방 · 안보 실무위원회를 신설하였다. 국무총리가 유관부서 장관을 통솔하여 국가 우주자산 건설 관련 의사결정을 신속하게 주도하고, 결정된 정책을 권위 있게 장기적으로 추진할 수 있는 발판이 마련된 것이다.

국가 우주개발 중·장기 개발은 유관부서 협의를 통해 계획으로 작성되고, 이를 최종 국가우주위원회에서 결정하여 시행하게 된다. 먼저, 우주발사체 개발은 가장 중요한 국가 우주자산이다. 우주자산은 특성상 제작 후 지구궤도에 투사되어야만 가치가 있다. 아무리 많이 제작되고 개발되어도 지구궤도 상에 올려놓지 못하면 의미가 없다. 지구궤도에 올려놓기 위해서는 지구 중력장을 벗어나 우주 공간상으로 진입할 수 있는 우주로켓이 개발되어야 한다. 따라서, 독자적인 우주발사체 혹은 우주로켓은 개발은 우주력 건설에 가장 근간이 되는 능력이다.

우리나라의 우주로켓 개발은 1990년 초로 거슬러 올라간다. 초기에는 과학로켓으로 액체추진제를 사용한 1단 로켓을 개발하였고, 기술력을 확보하면서 점차 단수를 늘리고 고체로켓으로 발전시켰다. 우주로켓은 탄도미사일 개발로 바로 전용될 수 있어 여러 우주 선진국에서는 국가 전략자산으로 관리되고 있다. 따라서, 엄격히 수출이 통제되어 우리나라의 초기 우주로켓 개발과정에서 해외 협력을 받는 것은 거의 불가능했다. 자체적인 노력으로 기술을 개발하여 그만큼 발전속도가 더디게 진행되었으며, 국가 과학기술 우선순위에서 밀려 기술개발을 위한 장기적인 예산지원도 확보할 수 없었다.

과학 목적의 로켓연구에서 벗어나 실질적이고 독자적인 우주발사체 개발은 2000년 초로 거슬러 올라간다. 우리의 우주발사체 개발은 북한의 탄도미사일 위협에 따른 반작용으로 시작된 측면이 있다. 1993년 중반 북한에 의한 1차 한반도 핵 위기, 1998년 북한의 노동 미사일 발사, 2002년 북한의 1994년 제네바 핵 합의 파기와 우라늄 농축 활동 발각 및 제1차 핵실험(2003)으로 인한 2차 한반도 핵 위기는 독자적인 우주발사체 개발을 위한 국민적인 공감대 형성에 큰 '기여'를 하였다. 초기 한국형 발사체 기술은 러시아와 우크라이나의 협력을 바탕으로 '나로호' 발사체를 통해 단계적으로 획득된다. '나로호' 발사는 순탄하지 않았으나(2009년 1차 발사 실패, 2010년 2차 발사 실패, 2013년 3차 성공) 다양한 시행착오를 통해 우리는 독자적인 액체로켓 개발 완료에 성큼 다가설 수 있었다.

2013년 '나로호' 발사 성공과 획득한 액체로켓 기술을 활용하여 한국은 액체로켓 개발 10여년 만에 2018년 독자적인 한국형 1단 액체로켓을 최초로 실험하여 성공한다. 2021년 10월에는 75톤 액체로켓 4기를 Clustering하여 300톤 규모의 1단, 75톤 액체로켓을 2단, 7톤 액체로켓을 3단으로 구성한 독자적인 한국형 발사체 '누리호'를 발사하게 된다. 모든 과정은 순탄하게 진행되었으나, 3단 액체로켓 작동 지속시간이 부족하여 충분한 궤도속도를 확보하지 못해 결국 궤도진입은 실패하게 된다. 2022년 6월에는 식별된 문제점을 보완하여 2차 추가 발사를 계획하고 있다(Fig. 6).

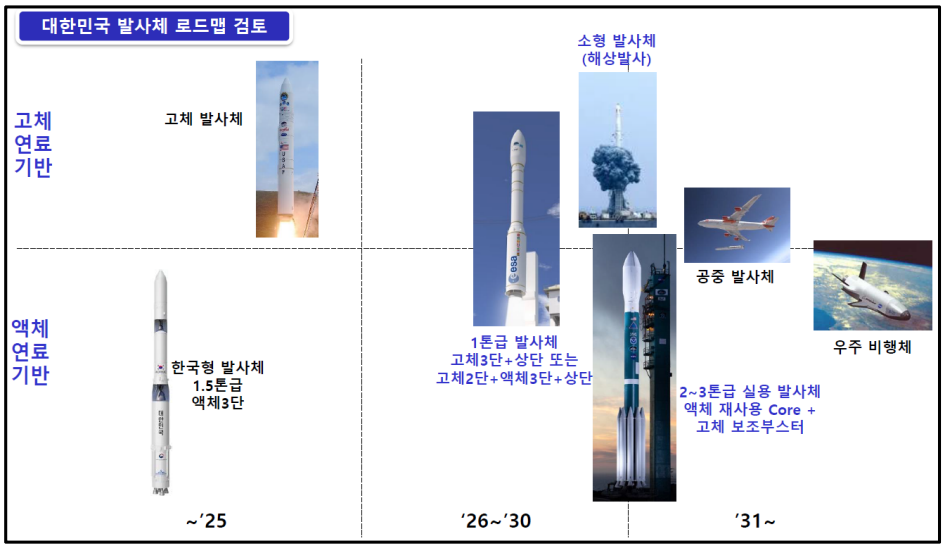



Fig. 6. 대한민국 우주발사체 개발전망[12].

2022년 6월, 2차 발사가 성공한다면 이후 이를 기반으로 계획된 다양한 우주로켓 개발이 본 궤도에 오를 수 있을 것이다. 먼저, 2025년까지는 소형 발사체 개발이 진행될 것이다. New Space 시대에 경쟁력과 지속성을 유지하기 위해서는 다양한 소형 인공위성 개발과 궤도 투입은 필수적인 요구사항이다[13]. 이를 위해서는 '누리호'와 같은 대형 발사체도 필요하지만, 500 kg 미만의 payload 질량을 가진 소형 위성을 저궤도 올리기 위해서는 비용대 효과 차원에서 유리한 소형 발사체가 필요하다. 우리는 과거 20여년간 중형 액체로켓 개발에 모든 역량을 투자한 결과 New Space 시대의 추세를 제대로 추적하지 못하여 세계 우주 발사체 시장에서 낙오하고 있다는 비판을 겸허히 수용할 필요가 있다. 발사체의 다양화(액체, 고체, 하이브리드)와 다양한 규모(소형, 중형, 대형 발사체)는 향후 우주발사체 시장의 경쟁력 확보의 핵심적인 요구사항이다.

우리나라는 액체 및 고체 추진제를 활용한 다양한 소형 발사체 개발이 성공할 경우 2030년까지 중형 발사체를 개발하고, 이후 관련 기술을 종합하여 2040년까지 대형 발사체를 개발한다는 중장기 발사체 개발계획을 가지고 있다. 상기한 독자적인 소형, 중형 및 대형 발사체 개발은 국가 인공위성 개발 계획과도 밀접한 관계가 있다. 모든 국가 인공위성을 외국의 발사체를 활용하여 발사하는 것은 비용대 효과 차원에서, 국가 인공위성 운영의 완전성과 지속성 차원에서, 그리고 중장기 우주자산 운용계획 이행 차원에서도 수용이 제한되는 옵션이다. 왜냐하면, 2030년까지 차세대 소형 및 중형 위성은 지속적으로 발사되기 때문이다.

국가 우주개발 중장기 계획에 의하면 초소형 및 중형 위성은 2040년까지 지속적으로 발사되며 규모 측면에서도 과거와 비교할 때 압도적으로 대규모이다. 총 70여기의 소형 및 중형 위성이 발사되며, 이후 지속적으로 유지된다. 대형 위성(지구관측, 기상 및 해양감시 등)도 주기적으로 발사되어 현재와 같은 공공 서비스를 지속적으로 지원할 예정이다. 상기와 같이 계획된 국가 인공위성 발사를 지원하기 위해서는 독자적인 다양한 발사체 개발은 필수적이다. 또한, 우리가 국제적인 '아르테미스' 프로젝트에 참가를 결정한 만큼 모든 우주자산을 외국의 발사체에 실어 투사할 수는 없을 것이다(Fig. 7).

425 軍 정찰위성 사업　　초소형위성군을 활용한 4D 작전 수행개념

Fig. 7. 軍 정찰위성체계와 초소형위성체계를 활용한 4D 작전개념[14,15].

국방 우주자산도 향후 지속적으로 궤도상에 투사될 것이다. 먼저, 425 軍 정찰위성은 '25년까지 저궤도에 투사될 것이다. 이는 기존 국가 지구관측 위성(아리랑)을 보완하여 한반도 및 주변국 군사력 위협 징후를 사전 식별하여 대응에 활용될 것이다. 추가하여, 공군은 북한의 핵미사일 위협에 효과적으로 대응하기 위해 초소형 위성체계를 20년대 말까지 전력화하게 된다. 이는 425 軍 정찰위성 체계와 상호 보완적으로 활용되어 북한의 핵미사일 위협에 대응하는 4D 작전 수행의 완전성 제고에 기여할 것이다. 즉, 1시간 이내의 짧은 재방문 주기를 보유한 공군의 초소형 위성체계를 통해 획득된 북한의 핵미사일 목표물 정보를 425 軍 정찰위성은 고성능 센서를 통해 더욱 구체화하게 된다. 이는 4D 작전 수행에서 가장 많은 시간을 요하는 초기 탐지(detection), 추적(tracking) 및 표적화(targetting)가 두 가지 국방 우주자산을 보완적으로 활용함으로써 가능하게 된다.

추가하여, 한국형 항법위성체계(Korean positioning system, KPS) 사업은 민군의 협력사업으로 도약적 국가 우주력 개발을 선도하는 핵심적인 능력이 될 것이다. 항법위성에서 제공하는 핵심적인 정보(positioning, navigation, timing, PNT)는 군용 및 민간용으로 사용되며 자율주행차 및 IoT 산업 구현에 필수적인 능력이다. 세계적 차원의 항법위성체계는 미국을 포함하여 주요 우주강국들의 전유물이다. 이는 국가 전략자산으로 해당 패권국들은 필요시 해당 서비스 송출을 중단함으로써 정치적 및 군사적 목적을 달성하고자 한다. 따라서, 우리나라는 해당 패권국의 선의에 일방적으로 국가의 이익을 의탁할 수 없다. 이를 위해 독자적인 항법위성체계 구축은 국가이익과 국민의 생명과 재산을 보호하기 위한 최소한의 조치인 것이다. 2030년대 중반까지 상기한 독자적인 한국형 항법위성체계(7기)가 구축될 때, 마침내 우리나라는 독자적이며 도약적 국가/국방우주력을 완성할 수 있게 될 것이다.

전술한 바와 같이 2030년대까지 구축할 국가/국방 우주자산은 다양하고 규모 차원에서도 과거와 비교할 수 없을 만큼 대규모로 성장할 것이다. 상기한 우주자산은 지구궤도상에 투사되었을 때만 가치가 있는 것이다. 이러한 모든 우주자산을 해외 발사체에 탑재하여 해외에서 발사하는 것은 불가능에 가깝고, 비용대 효과 차원 및 보안상 수용할 수 없는 옵션이다. 결국

은 국내 발사체를 활용하여 국내에서 발사할 수밖에 없는 상황이다. 발사체는 전술한 바와 같이 현재 국가 기술력을 총 동원하여 개발하고 있기 때문에, 본 논문에서 자세한 언급은 자제하고, 대신 우주로켓 발사장 관련하여 제한사항을 주로 언급하고자 한다. 즉, 현재 운영하고 있는 '나로' 우주센터 운영관련 제한사항을 식별하고, 그 대안으로 국내에 제2 우주센터 구축 필요성을 제시하고자 한다(Fig. 8).

## 2.3 '나로' 우주센터 입지조건 분석

우주로켓을 발사하는 우주센터는 다양한 입지조건을 요구한다. 우주자산을 로켓에 실어 지구궤도에 올려놓기 위해서는 물리학적으로 지구 중력장을 벗어나야 한다. 이를 위해서는 먼저 강력한 우주로켓이 필요하지만 지구의 자전력을 최대한 활용할 수 있는 위치는 중요하다. 지구는 동에서 서쪽으로 매우 빠른 속도로 자전하고 있다. 해당 자전력은 적도 부근에서 최대이며 남극과 북극에서는 최소이다. 즉, 적도상에서 동쪽으로 우주로켓을 발사한다면 추가적인 ΔV 획득에 가장 유리한 것이다. 상기한 사유로 주요 우주 강국들의 주요 우주센터는 적도 인근 지역(미국의 케네디 우주센터, 프랑스의 기아나 우주센터 등)에 위치한다.

두 번째는 발사체 주요 단이 분리될 시 민가 지역을 회피할 수 충분한 안전구역이 존재하여야 한다. 통상 우주로켓 1단은 발사장에서 직선거리로 50 km 지점, 2단은 500 km, 그리고 3단은 3,500 km 지점에 낙하하게 된다. 따라서, 대부분의 우주센터는 넓은 공해상 인근에 위치한다. 미국의 경우, 플로리다 州 남부에 위치한 케네디 우주센터와 켈리포니아 州 서부 끝단에 위치한 美 우주군 기지인 반덴베르그 우주센터는 동쪽과 서쪽으로 넓은 대서양과 태평양상 공해가 존재한다. 일본의 다네가시마 우주센터와 프랑스 기아나 우주센터의 경우도 넓은 공해가 넓게 펼쳐져 있다. 반면, 넓은 공해를 확보하지 못한 국가들은 인적이 드문 내륙의 넓은 공간을 활용하여 우주발사체를 발사한다. 중국과 러시아의 경우가 대표적이다.

Fig. 8. 국가 우주력 현황 및 향후 전망[16].

우주로켓과 탑재체를 조립하고 실험할 수 있는 넓은 공간 확보는 필수적이다. 우주로켓 제작은 국가 우주과학기술의 '총화'로 여러 관련 기술이 연계되어 있다. 따라서, 다양한 우주기술 업체들이 인근에 위치하여야 하고, 이를 지원할 수 있는 기반시설도 발사장 인근에 위치하여야 한다. 우주로켓 조립장, 로켓 시험장, 탑재체 조립장, 우주로켓과 탑재체 통합 및 실험장, 발사장까지의 이동하는 철도, 관제타워 등 모든 관련 시설이 유기적으로 통합되어 '일사분란' 하게 움직일 때 성공적인 로켓발사가 가능하다(Fig. 9).

따라서, 상기한 기반시설을 구축할 수 있는 넓은 공간이 필요하다. 필요한 경우, 해외에서 신속한 부품 및 발사체 운송을 위해 항구와 비행장을 인근에 설치하는 우주강국도 있다. 프랑스 '기아나' 우주센터의 경우 인근에 항구가 있어 '제임스 웹 '우주망원경을 탑재한 발사체를 발사했을 때, 항구를 통해 탑재체를 수송했다. 미국의 케네디 우주센터와 반덴베르그 우주군 기지의 경우, 우주센터 내에 넓은 비행장이 있어 우주왕복선을 수송하거나 착륙시킴으로써 우주개발의 효율성과 효과성을 제고하고 있다.

주변국과의 군사적 및 정치적 논란도 피해야 한다. 통상, 해당 국가의 주권이 적용되는 영공은 100 km까지 인정되고 있다. 우주로켓 발사시 주변국의 영공을 침범해서는 안 된다. 이를 위해서는 주변국 영공을 100 km 이상으로 통과해야 한다. 단 분리시 낙하물이 주변국의 영해에 떨어져서도 안 된다. 우주로켓이 주변국의 영공인 100 km 이상으로 비행하더라도 안전을 고려하여 주변국 영토(영해 및 영공 포함) 직 상공으로 발사할 수 없다. 대부분의 우주강국들이 운영하고 있는 우주센터는 상기한 요구조건을 만족하고 있다.

프랑스 기아나 우주센터(남미 적도 부근)

미국 케네디 우주센터(플로리다 남부)

일본 다네가시마 우주센터(큐슈우 남단)

중국 원창 우주센터(중국 남부 하이난)

Fig. 9. 국가별 우주센터 위치 비교[2].

[2] 미국을 포함한 서방세계 위성 발사장은 적도 근처에 위치하여 정지궤도를 포함한 모든 종류의 위성 발사에 유리한 반면, 러시아 및 중국의 발사장은 고위도 내륙에 위치하여 상대적으로 위성 발사에 불리할 것으로 판단된다.

마지막으로, 기상제한을 해소할 수 있는 입지조건이 필요하다. 우주로켓은 고가의 자산으로 이륙 초기단계에서 기상(뇌우, 바람, 구름 등)으로 인한 제한사항을 많이 받는다. 구체적으로, 로켓 예정 비행경로 18 km 이내에 낙뢰 및 뇌우가 발생하지 않아야 한다. 발사 15분 前 고도 약 9 km 상공의 전압계 강도가 1 kv/m 이내여야 하고, 로켓 비행 경로상 구름의 속도는 12.35 m/sec 이하여야 로켓 본체에 구조적인 스트레스를 예방할 수 있다. 종합하면, 뇌우 및 낙뢰 발생지역을 가급적 피해야 하며, 이는 산악지형보다는 넓은 평지가 유리함을 의미한다. 미국, 프랑스, 중국 및 러시아의 우주센터가 산악이 없는 넓은 평야 지역에 위치함이 이를 증명하고 있다.

상기한 해외 우주센터를 기준으로 우리나라 '나로' 우주센터의 운영 환경을 분석하면 다음과 같다. 먼저, 위치상 고위도에 위치하여 지구 자전력을 최대한 활용하기에는 제한사항이 존재한다. 따라서, 주변국의 위치도 문제이나 '나로' 우주센터에서 적도 직상공에 존재하는 정지궤도에 위성을 쏘아 올리는 것은 불가능에 가깝다.

단 분리에 따른 안전공간 확보에도 제한사항이 존재한다. 따라서, 각 단 분리 및 낙하지역에 안전공간을 확보하기 위해서 발사 방향이 제한될 수밖에 없다. 현재는 170도 방향으로 발사하여 지구 자전축을 중심으로 남북으로 형성된 극궤도로만 위성을 발사할 수밖에 없다. 170도 방향에서 서쪽으로는 서남해 다도해 섬들과 제주도가 위치해 있고, 동쪽으로는 한려해상 국립공원과 일본열도가 넓게 펼쳐져 있다. 이들 유인 섬들과 도시를 피하기 위해서는 170±5도 이내의 좁은 발사방향 윈도우를 유지할 수밖에 없다.

나로 우주센터는 로켓 조립장을 포함하여 다양한 탑재체 통합 및 실험시설을 인근에 구축하기에도 제한사항이 존재한다. 고흥반도 남단 섬 산악 끝자락에 위치하여 넓은 평야지역 공간을 확보할 수 없다. 따라서, 항구 및 비행장 건설은 불가능하고, 인근 항공우주 민간 업체 구축에도 제한사항이 있다. 산악지형에 위치하여 기상제한 사항을 회피하기에도 불리하다. 여름철 대류운이 쉽게 발생하여 뇌우 및 낙뢰 발생 가능성이 높다. 이는 로켓 발사 스케줄은 대부분 여름철을 피하여 가을철 및 겨울철에만 설정할 수밖에 없는 상황에 직면할 수 있을 것이다.

마지막으로, 발사 직전 및 단 분리시 안전공간 확보에도 애로사항이 존재한다. 로켓 발사는 많은 안전 저해요소가 존재하다. 선진국의 우주로켓 개발 역사를 살펴보면 발사 직전 폭발사례가 많다. 발사 이후 저고도에서 폭발사례도 종종 있다. 이를 고려하면, 발사장 중심 1~2 km 안전공간 확보는 필수적이며, 추가하여 단 분리 및 낙하시에도 충분한 안전공간이 필요하다. 현재 나로 우주센터에서는 상기한 안전공간 확보에 제한사항이 존재한다. 만일, 우주로켓이 계획된 비행경로를 이탈할 경우 단 분리 및 낙하물은 민가에 낙하할 수 있으며, 이를 보상하기 위해 추가적인 안전구역 획정이 필요하나 현재의 '나로' 우주센터 위치상 이를 실현시키기에는 제한사항이 존재한다.

상기한 우주 선진국의 우주센터 입지조건을 기준으로 현 '나로' 우주센터 운영을 종합적으로 분석하면 여러 가지 제한사항이 존재함을 확인하였다. 발사방향 제한으로 다양한 궤도로의 우주자산 투사는 불가능하다. 이는 독자적인 우주기술 검증 및 확보에 어려움으로 작용한다. 충분한 안전구역 확보가 불가능하여 매 발사시 안전 저해요소가 존재하고, 주변국과의 영공 및 영해 침범 관련 정치적 및 군사적 논란을 발생시킬 수 있다. 또한, 현재의 나로 우주센터 운영 능력으로는 상기한 국가 우주력 발전을 지원하기 위한 발사 서비스를 지원하는 데

어려움이 있을 것이다. 따라서, 도약적 국가/국방 우주력 발전을 위해서는 가장 중요하고 기본적인 기반시설인 제2 국가 우주센터 구축을 심각하게 고민할 필요가 있다고 판단된다(Fig. 10).

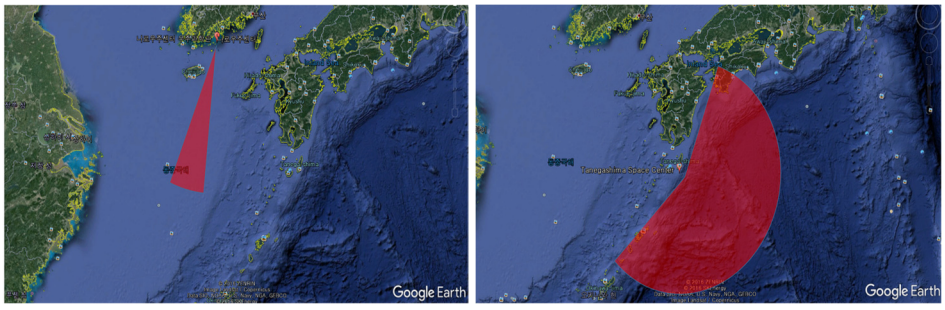
## 2.4 제2 우주센터 구축 필요성 및 예상 후보지

### 2.4.1 제2 우주센터 구축 필요성

우주력은 기본적으로 지구 궤도상에 전력을 투사하고 운영할 때만 의미가 있다. 이를 위해서는 발사체 개발과 함께 이를 발사하는 발사장 구축은 가장 중요한 기반 능력이다. 즉, 발사장은 다양한 우주기술을 독자적으로 발전시키기 위해 필수적인 요소이다. 그러나, 현 '나로' 우주센터의 경우 극단적인 로켓 발사 방향 제한이라는 '심각한' 문제에 봉착해 있다. 이러한 상황에서는 독자적인 우주기술을 확보할 수 없다.

먼저 다양한 발사체 개발이 제한된다. 現 '나로' 우주센터는 액체 발사체 위주로 구축되었다. 지원시설도 이에 맞게 구축되었다. 액체 추진제 보관함, 액체 로켓 점화시험장, 액체 추진제 주입 체계 등 모든 기반시설이 액체 발사체 발사에 최적화되어 구축되었다. New Space 시대를 맞이하여 다양한 소형 인공위성 발사 요구는 지속적으로 증가하고 있다. 소형 인공위성 발사에는 고체 소형 혹은 중형 발사체를 활용함이 비용대 효과 차원에서 유리하다. 세계 여러 우주 강국들은 이를 위해 대형 발사체를 포함하여 다양한 고체 혹은 액체 소형 발사체를 경쟁적으로 개발하고 있다. 우리도 2021년 6월 한·미 미사일 협정이 종료되어 고체발사체 개발을 위한 계기가 마련되었다. 고체 발사체 개발을 위한 특화된 발사장 구축이 필요한 이유이다.

또한, 국가 및 국방 우주력 구축을 위해서는 다양한 궤도에 자산을 투사할 수 있어야 한다. 현재의 나로 우주센터에서는 극궤도상으로만 우주력을 투사할 수밖에 없어, 다양한 우주력 투사 및 운영이 불가능하다. 국가안보를 위한 감시정찰을 위해서는 재방문 주기 단축이 중요한 고려요소인데, 이를 극대화하기 위해서는 경사궤도 운영이 필요하다. 대부분의 군사 우주




'나로' 우주센터 발사방향 및 안전구역　　다네가시마 우주센터 발사방향 및 안전구역

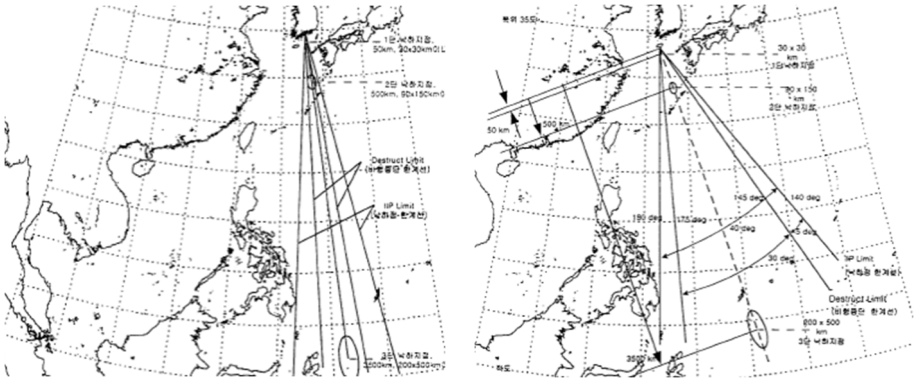
Fig. 10. '나로' 우주센터와 일본 다네가시마 우주센터 발사방향 윈도우 비교[3].

[3] "우주개발에 최악의 입지 조건을 가진 우리나라의 위치," https://wizardiron.tistory.com에서 그래픽을 저자의 의도에 맞게 편집함. 일본의 다네가시마 발사장은 모든 궤도로 위성 발사가 가능하다.

강국들이 경사궤도를 이용하여 감시정찰 및 항법위성을 운영하는 이유이다. 우리나라의 위치상 정지궤도 위성 투사는 불가능에 가까우나, 경사궤도로의 투사는 입지조건을 만족하는 후보지를 충분히 식별할 수 있을 것으로 판단된다.

제2 우주센터 후보지 선정을 위해서는 現 '나로' 우주센터 선정시 진행된 2000년대 초 진행된 정책연구 결과를 활용할 수 있을 것이다. 당시 전술한 우주센터 입지조건 충족을 위한 4곳의 후보지가 검토되었다. 대부분이 발사 직전 안전공간 확보를 위해 해안을 끼고 있는 지역이 후보지로 선정되었다. 제1 후보지는 제주도 서남방에 위치한 공군 대정리 관제부대가 선정되었다. 그 이외에 現 '나로' 우주센터, 전남 서남해, 그리고 서해안이 후보지로 선정되었다. 여러 발사방향 가능성, 충분한 안전공간 확보 및 넓은 평지공간 확보 차원에서 제주도가 최적의 위치로 고려되었다. 아쉽게도 당시 불거진 제주도 강정 해군기지 건설 논란과 부지확보 비용 과다로 인해서 제2 후보지였던 現 '나로' 우주센터가 최종 선정되었다(Fig. 11).

2000년 초와 비교해 현재 우주센터 구축 관련 해당 지자체의 인식에 많은 변화가 일고 있다. 우주센터는 군사시설과 같은 '혐오' 시설보다는 첨단 우주산업을 주도하는 핵심시설로 인식되고 있다. 이와 연계하여 많은 우주 관련 민간기업이 인근에 새로이 구축됨으로써 지역 경제 활성화에 도움이 된다는 인식이 점차 확산되고 있다. 또한, 지역 핵심 관광자원으로서 기능함으로써 역시 지역 경제 활성화에도 기여하고 있다. 미국의 케네디 우주센터는 미국의 대표적인 우주산업의 '메카'로서 기능하고 있으며, 해마다 全 세계에서 몰려드는 관광객으로 지역 경제에도 큰 기여를 하고 있다. 우리나라의 '나로' 우주센터의 경우에도 대동소이하다. 과거 낙후된 지역이었으나 나로 우주센터 구축 이후 고흥은 남해안의 주요 관광 명소가 되고 있다.



現 '나로' 우주센터에서 발사방향 및 안전구역　　제주에서 발사시 발사방향 및 안전구역

Fig. 11. '나로' 우주센터 및 제주도에서 로켓 발사방향 비교[4].

[4] 2000년 초에 진행된 우주센터 구축 연구용역에서 제주도 대정리 공군 관제부대에서의 로켓 발사방향 및 안전구역을 제시한 내용임. 現 '나로' 우주센터 대비 제주도 대정리 공군 관제부대는 발사방향 및 안전구역 확보 차원에서 유리함을 확인할 수 있다. 추가하여, 제주도는 극궤도 뿐만 아니라 감시정찰 위성 운용에 유리한 경사궤도로의 발사가 가능할 것으로 판단된다.

### 2.4.2 예상 후보지 입지조건 분석

앞서 언급한 우주센터 입지조건을 고려할 때, 제주도 공군 대정리 관제부대, 전남 진도 서남부 해안, 충남 서해안에 위치한 안흥 고체발사 미사일 시험장은 대표적인 후보지가 될 수 있을 것이다. 먼저, 제주도 서남해안 끝자락에 위치한 대정리 공군 관제부대의 경우, 일본이 일제 강점기간 중국 대륙 침략을 위해 건설한 비행장 부지로 현재는 국방부에서 관리하는 국유지이다. 비행장 부지로 활용되어 넓은 개활지를 확보할 수 있으며 반경 1~2 km 이내에 민간의 밀집도는 낮다. 평평한 넓은 부지를 활용하여 발사장(launching pad)을 포함하여 여러 지원시설(로켓 조립동, 인공위성 조립동, 로켓엔진 시험동 등)을 인근에 구축할 수 있다.

대정리 공군 관제부대는 넓은 평지를 보유하여 철로 운송체계 구축이 가능하다. 이는 무거운 로켓 엔진 및 인공위성 payload를 손쉽게 인근 지원시설로 운송하여 로켓 발사 前 다양한 실험이 가능함을 의미한다. 이를 통해 로켓 발사 성공의 신뢰성을 높일 수 있다. 現 '나로' 우주센터의 경우, 발사장은 야산 정상에 위치하고 나머지 지원시설은 굴곡이 심한 낮은 지역에 산재되어 있어 로켓 최종 발사 前 다양한 실험 및 조립에 많은 노력(시간)과 예산이 소모되고 있다. 지리적인 제한사항으로 소모하지 않아도 될 소중한 시간 및 예산이 낭비되고 있는 것이다.

제주도 서남해안에 인접하여 발사 직후 충분한 안전공간 확보에도 유리하다. 로켓 발사 직후 예기치 못한 폭발로 인한 피해 최소화를 위해 통상 발사장(launching pad)을 중심으로 1~2 km 안전공간이 필요하다. 대정리 부지의 경우 발사 방향을 고려할 때 안전거리는 대부분 서남해안 바다상에 설정되어 충분한 안전공간을 확보할 수 있다. 이후 로켓 비행경로상 거리별로 단 분리가 이루어져 로켓 엔진이 낙하하게 되는데 이때 지상 안전구역이 설정되게 된다.

1단 로켓 엔진 낙하는 발사장으로부터 직선거리로 50 km 부근이고 안전구역은 30×30 km으로 설정되며, 2단은 500 km 근처에 낙하하게 되고 안전구역은 60×150 km이며, 마지막 3단 로켓 엔진은 3,500 km 거리에 낙하하게 되며 안전구역은 가장 넓은 200×500 km에 이른다.

대정리 공군부대에서 로켓을 극궤도 혹은 경사궤도로 발사할 경우 비행경로상 상기한 안전구역 설정에 전혀 문제가 없다. 즉, 설정될 안전구역은 우리의 영해, 관할수역 혹은 국제 해상공역으로서 사전 발사경로 및 시각을 국제적으로 고지시 해상안전을 충분히 확보할 수 있다. 따라서, 주변국과의 영해, 관할수역 및 영공 침범 관련 국제적 논란을 회피할 수 있다.

공군 관제부대 인근에는 항구 및 공항이 위치해 있어 로켓 및 인공위성 payload 부품 및 각종 지원물품 보급에 유리하다. 북동쪽 20 km 이내에 제주 국제공항과 제주항이 위치해 있고, 동쪽 20 km 이내에 서귀포항과 정석 대한항공 운영 소형 비행장이 위치해 있다. 동쪽 10 km 이내에 해군 제주기지가 위치해 있어 상기 인프라를 통해 필요한 부품 및 보급을 지원받을 시 막대한 예산을 절감할 수도 있다. 상기한 지원 기반시설을 활용하여 국내 및 국제적 우주 관련 기술협력 수행에도 유리할 것으로 판단된다. 이는 우주센터를 중심으로 발전하게 될 민간 우주기업의 활동과 성장에도 중요한 인프라가 될 것이다(Fig. 12).

제주도 대정리 공군 관제부대 위치　　대정리 공군 관제부대 전경

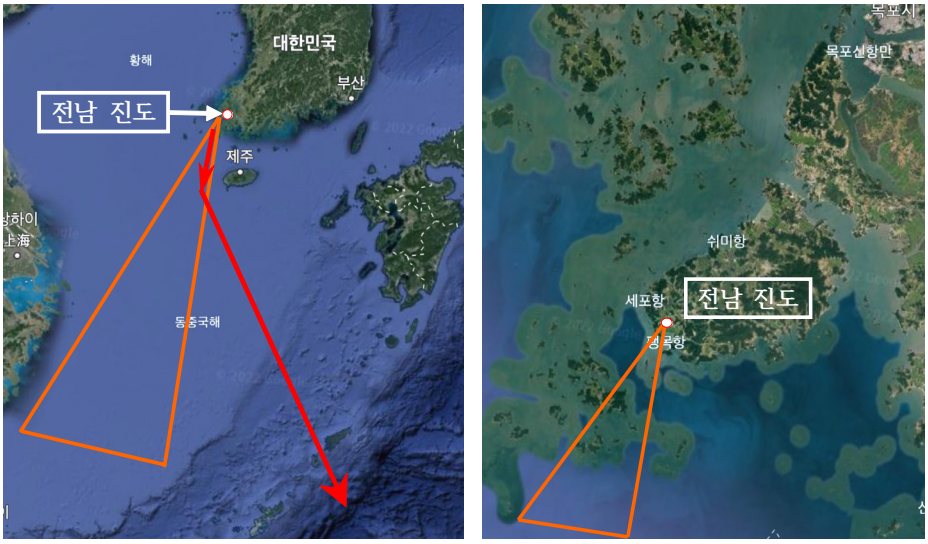
Fig. 12. 제주도 대정리 공군 관제부대 위치 및 전경.

마지막으로, 대정리 공군 관제부대는 구축 비용 차원에서도 유리할 것으로 판단된다. 현재 공군 관제부대가 운영하고 있는 부지로 국방부가 소유권을 행사하는 국유지라서 막대한 매입 비용으로 인한 제한사항을 해소할 수 있다. 예전 비행장 부지로 이미 평탄화가 완료되어 시설물 기반조성에 필요한 막대한 토목공사비를 절감할 수도 있다. 소형 고정익 항공기 및 헬기 착륙을 위한 헬리패드 구축도 손쉬울 것으로 판단된다. 상기한 인프라 구축 관련해서는 현 '나로' 우주센터와 비교해 공군 대정리 관제부대는 장점이 많을 것으로 판단된다.

두 번째 후보지로 전남 진도 서남단 해안을 고려할 수 있다. 로켓 발사 초기 안전구역 확보와 발사이후 비행경로상 안전구역 확보 차원에서 해당 지역은 현 '나로' 우주센터보다 융통성이 있을 것으로 판단된다. 진도 서남해안 끝자락은 바다와 인접해 있어 발사 직후 안전구역 1~2 km 확보에는 문제점이 없을 것으로 판단된다. 발사방향을 남쪽 및 서남쪽 방향으로 설정할 경우 비행경로상 설정되는 안전구역은 서남해상에 위치한 우리의 영해, 관할수역 혹은 KADIZ 상에 설정이 된다. 반면, 3단 로켓 엔진이 낙하하게 되는 3,500 km 근처에는 최근 논란이 되고 있는 중국의 남지나해 인공섬들이 넓게 펼쳐져 있어 3단 이상의 우주로켓을 발사할 경우 국제적 분쟁의 소지가 있을 수 있다.

따라서, 전남 진도 서남해안에서는 2단 이내로 구성된 소형 고체로켓 발사장으로 활용될 수 있을 것이다. 저궤도(500 km 이내) 초소형 위성을 발사할 경우 2단 로켓으로도 충분한 추력을 확보할 수 있다. 전남 진도에서 서남향(경사궤도) 방향으로 2단 로켓을 발사할 경우 1단 로켓 잔해는 발사장에서 직선거리로 50 km, 2단 로켓은 500 km 이내에 낙하하게 된다. 이 경우 단 분리에 따른 낙하물은 서남해상 우리의 영해와 KADIZ 외곽 서남향 지역으로 우리의 해상 관할지역이다. 우주로켓 발사로 인한 주변국과 마찰을 회피할 수 있다. 또한, 발사방향이 서남향 방향으로 경사궤도로의 우주자산 투사도 가능할 것으로 판단된다(Fig. 13).

반면, 로켓엔진 성능 개량을 통해 충분한 추력을 확보할 수 있다면 모든 종류의 로켓을 운용할 수 있을 것이다. 예를 들어, 발사 직후에는 비행경로를 남쪽방향으로 설정하여 일정 고도 및 거리를 비행 이후(1단 로켓 낙하, 50 km) 제주도를 회피한 이후 비행경로를 남동방향으로 변경할 수 있을 것이다. 이후 남동방향으로 지속 비행하면서 2단과 3단 로켓 엔진을 분리하면 경로상 안전구역 확보에는 문제가 없고 주변 국가의 영해, 영공 및 관할수역을 회피할




진도 서남해안에서 발사시 발사방향 윈도우　　진도 서남해안 세부 전경

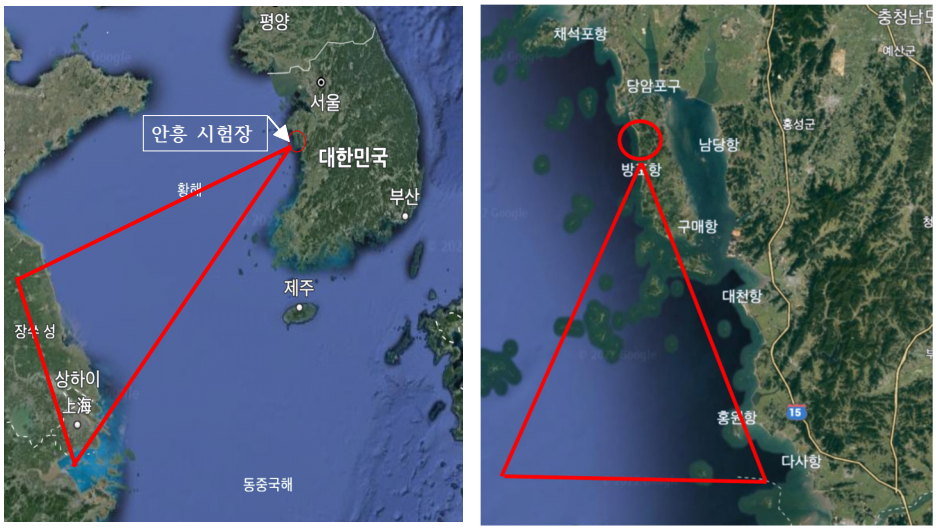
Fig. 13. 전남 진도군 서남부 해안에 위치한 우주센터 후보지.

수 있을 것이다. 다만, 비행경로를 변경하면서 발생하는 steering loss를 감안하여 로켓 엔진 및 추진제 성능향상이 필요할 것으로 판단된다.

로켓 발사장을 포함하여 인근에 조성될 지원시설 구축에 있어서 진도 서남해안은 현 '나로' 우주센터에 비해 장점이 있을 수 있을 것이다. 지형상 해당 지역은 해안에 인접한 평지가 넓게 분포되어 있어 지원시설 구축에 소모되는 막대한 토목공사 비용을 절감할 수 있을 것이다. 평지라서 지원시설간 철로 교통체계 구축이 가능하여 운용의 효율과 효과를 제고할 수 있을 것으로 판단된다. 주변에 '팽목' 및 '서망' 항구가 조성되어 있어 해상을 통한 부품 및 보급 수급에 유리할 것이다. 다만, 주변에 공항이 없어 제주도 대정리 공군 관제부대 대비 인프라 구축에는 비용이 더 소모될 것이다.

세 번째 후보지로 충남 태안군 서해안에 위치한 안흥 고체로켓 시험장을 고려할 수 있을 것이다. 안흥 시험장은 과거 수십년간 국방과학연구소(Agency for Defense Development, ADD)에서 고체기반 지대지 미사일 시험발사장으로 운영되고 있어 관련 기반시설이 이미 구축되었다는 장점이 있다. 확장을 위한 추가 부지매입에 따른 예산을 고려할 수 있으나, 타 후보지 대비 장점이 있을 수 있다. 기반시설 구축에도 넓은 개활지를 확보하여 토목공사비를 절감할 수 있을 것으로 판단된다. 외곽 경제 펜스 설치 및 보안시설은 이미 설치되어 있으므로 보안시설 구축관련 예산도 절감할 수 있을 것으로 판단된다(Fig. 14).

다만, 발사 초기 안전구역 및 로켓 단 분리에 따른 안전구역 확보가 제한된다. 사정거리가 짧은 고체로켓 기반 지대지 미사일 시험발사는 대부분 서쪽 혹은 서남쪽으로 발사하게 된다. 지대지 미사일의 경우 200~300 km 이내 비행 후 낙하함으로 넓게 형성된 서남해상 영해 및 관할수역은 최고의 안전구역이다. 사정거리가 짧은 지대지 미사일 시험발사에는 전혀 문제가 없다. 반면, 우주로켓 시험은 최소한 1,000 km 이상의 비행거리(사정거리)가 필요함으로 안흥 시험장에서 우주로켓을 발사할 경우 중국 본토 서해안 혹은 관할수역에 낙하하게 된다. 주변국과 심각한 영해 및 관할수역 침범 관련 외교 및 군사문제에 휘말릴 수 있다.




충남 태안에 위치한 안흥 시험장 위치　　안흥에서 남쪽으로 발사시 발사방향 위도우

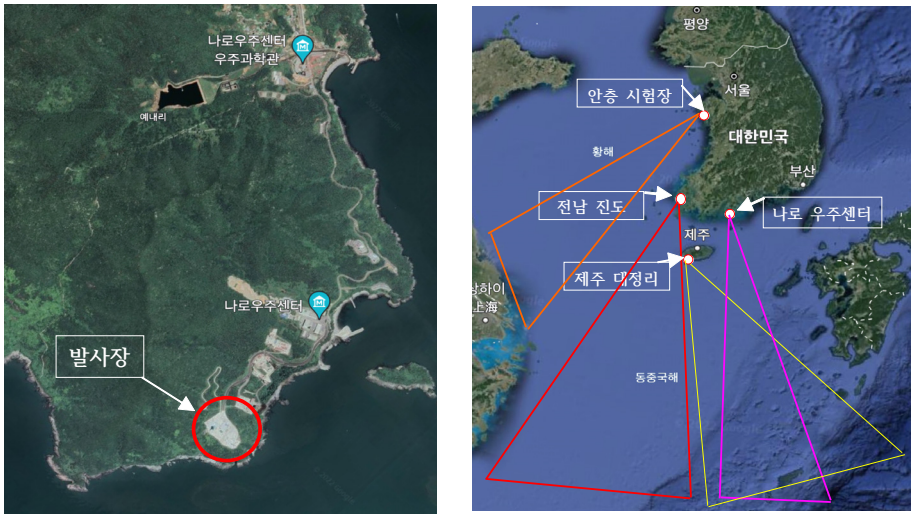
Fig. 14. 충남 태안 안흥시험장 위치 및 로켓 발사방향.

이를 회피하기 위해 비행경로를 남쪽 방향으로 설정시 1단 및 2단 분리가 우리나라 서남해안 및 넓게 형성된 해상 국립공원상에서 발생하여 수용할 수 없는 옵션이다. 다만, 인근에 서산 공항 및 서해안에 위치한 많은 항구를 통해 보급 및 부품 수급에는 유리할 것이다. 충청남도 인근에 항공우주기업 및 연구소들이 많이 위치해 있어 로켓 시험발사 및 부품조립 관련 협업에도 유리할 것이다.

## 3. 결론(정책제언)

2021년 도약적 국가 우주력 발전의 원년이다. 정책적으로 국가우주개발위원회의 위상강화와 국방/안보실무위원회를 신설하여 민·군 우주협력의 계기를 마련하였다. 대외적으로는, 과거 30여년간 독자적 고체 우주발사체 개발에 '족쇄'로 작용했던 한·미 미사일 협력 지침이 종료되었다. 국제적으로는, 대한민국이 국제 유인 달 탐사 프로그램인 '아르테미스'에 10번째 참여국으로 등록하였다. 2021년 10월에는 한국형 발사체인 '누리호'를 시험발사함으로써 독자적 우주발사체 확보에도 성큼 다가서게 되었다. 국가안보 및 국방목표 달성에 핵심적인 역할을 수행할 한국형 위성항법체계(KPS)와 초소형위성체계 사업에 예산이 반영되어 본격적인 전력화를 위한 기틀이 마련되었다. 과거 30여년간의 우주개발 역사를 돌이켜볼 때 2021년만큼 큰 도약을 달성한 해는 없었다.

상기한 많은 성과 및 기대에도 불구하고 우리 앞에는 많은 도전이 놓여 있다. 우주기술은 첨단 국가 전략자산으로 해외 협력을 통해 획득하기는 거의 불가능에 가깝다. 결국, 독자적인 국내개발을 통해 '자기화' 할 수 밖에 없다. 수많은 시행착오 및 실험을 통해 점진적으로 발전시킬 수 밖에 없다. 이를 위해서 가장 중요한 기반시설이 우주로켓 발사장이다. 우주기술은 특성상 지구궤도상에 자산을 올려놓아야만 기술검증을 통해 '자기화'할 수 있다. 따라서, 여러 우주궤도상에 우주자산을 투사할 수 있는 우주로켓 발사장 구축이야말로 도약적 국가 우주력 발전의 필수적인 요구조건인 것이다(Fig. 15).




現 '나로' 우주센터 전경　　제2 우주센터 예상 후보지 위치

Fig. 15. 나로 우주센터 전경 및 제2 우주센터 예상 후보지 종합.

아쉽게도 현재 운용 중인 '나로' 우주센터의 운영여건을 고려할 때 독자적인 우주기술 획득에 많은 제한사항이 있을 것으로 판단된다. 발사방향 제한, 안전구역 확보 애로, 종합적인 지원시설 구축을 위한 공간 확보 불가 등 해외 선진국의 발사장과 비교해 제한사항이 많다. 또한, 국가 중장기 우주력 발전계획에 따른 우주자산 발사 서비스 지원에도 현 능력을 초과하는 부분이 있다. 모든 지원시설이 액체로켓 발사를 위해 최적화되어 있어서 New Space 시대의 우주전력 발전 트렌드(소형 및 중형 발사체, 고체 및 하이브리드 발사체 등)를 지원하는 데에도 한계가 있다. 제2 우주센터 구축이 필요한 대목이다.

우리나라의 지정학적 위치로 인해 우주 선진국과 같은 우주센터를 구축하는 데는 한계가 있다. 그럼에도 불구하고, 現 '나로' 우주센터의 제한사항을 상쇄할 수 있는 후보지를 선정할 수 있을 것이다. 다양한 발사방향 및 궤도 운영 차원에서는 제주도 공군 관제부대가 전남 진도 및 충남 태안의 후보지보다는 유리할 것으로 판단된다. 넓은 개활지 확보를 통한 유관 지원시설 구축 가능성 및 주변 인프라(항구, 항만 및 교통시설 등) 연계 이용 가능성 차원에서도 제주도 공군 관제부대 국유지가 가장 우수한 후보지로 분석된다. 다만, 여러 가지 요인들(지자체 반대, 주민 동의 및 정치적 판단 등)에 의해 제주도 공군 관제부대가 후보지로 선정될 수 없다면 전남 진도 서남부 해안 지역도 대안이 될 수 있을 것이다(Table 1).

향후, 전문가들로 구성된 연구팀에 의해 제2 우주센터 구축을 위한 정책연구가 진행되어야 한다. 2000년 초에 現 '나로' 우주센터 구축시 수행한 후보지 정책연구를 활용하면 시간과 예산을 절약할 수 있을 것으로 판단된다. 당시에는 여러 사회적인 갈등상황으로 최적의 우주센터 후보지가 아닌 제2의 후보지가 선정된 '뼈아픈' 사례가 있다. 최근 미국과 중·러간 우주패권경쟁에 따른 국가 우주력 발전의 필요성이 증가하고, 우주센터는 '혐오' 군사시설이 아닌 첨단 과학기술의 '매카'로써 기능함으로써 지역 경제발전 및 일자리 창출에 기여한다는 공감대가 형성되고 있다. 본 논문을 통해, 상기한 전략환경의 변화를 고려하여 도약적 국가 우주력 발전을 선도할 제2 우주센터 구축을 위한 본격적인 연구가 진행되었으면 하는 바람이다.

Table 1. 예상 후보지별 평가항목 평가 결과

| 평가 항목 | 제주도<br>공군 관제부대 | 전남 진도<br>서남부 해안 | 충남 태안<br>안흥 발사장 |
|---|---|---|---|
| 발사방향 융통성 | ◎ | ◎ | △ |
| 다양한 궤도투사 가능성 | ◎ | ◎ | × |
| 안전구역 확보 가능성 | ◎ | ◎ | △ |
| 주변 인프라 활용 가능성 | ◎ | ○ | ○ |
| 부지 매입 예산 절감 | ◎ | △ | ○ |
| 지자체 및 주민 동의* | × | ? | ? |

* 제주도의 경우 강정 해군기지 건설시 지자체 및 주민 반대를 고려하였으며, 진도 및 안흥 발사장의 경우 최근 관련 이슈에 대한 주민 여론조사가 없었음을 반영한 평가결과임.

* 본 평가결과는 저자 개인의 정성적 판단에 의한 분석결과로 향후 관련 전문가들로 구성된 평가단에 의해 정량적이고 과학적인 평가가 필요할 것으로 판단함.

## 감사의 글

부족한 논문을 성심어린 논평과 편집으로 이렇게 훌륭한 논문으로 탈바꿈시켜주신 편집진과 거목 출판사에 감사를 드립니다. 특히, 김숙경 국장님께 감사드립니다. 저의 논문이 국가 우주력 발전에 조그마한 밀알의 역할이 되었으면 하는 바램입니다. 감사합니다.

## References

1. Office of the Secretary of Defense. Nuclear posture review (2018) [Internet], viewed 2021 Nov 8, available from: https://media.defense.gov/2018/Feb/02/2001872886/-1/-1/1/2018-NUCLEAR-POSTURE-REVIEW-FINAL-REPORT.PDF
2. Sheetz M, Elon Musk's SpaceX sent thousands of Star-link satellite internet dishes to Ukraine, company's president says (2022) [Internet], viewed 2022 Apr 8, available from: https://www.cnbc.com/2022/03/22/elon-musk-spacex-thousands-of-starlink-satellite-dishes-sent-to-ukraine.html
3. Hwang YM, ROK Air Force's development strategy for strengthening national defense space power, presentation of the second seminar for futuristic national defense technology and strategy, Yeonsei University Air and Space Strategy Institution (2021).
4. Park KT, Space hegemonic competition between the US and China and the development direction for national defense space power, National Defense Space Power in the era of a great change, Yeonsei University Air and Space Power Research Book No.20 (2021).
5. Medialist Innovation, Innovation, explained: Reusable rockets (2021) [Internet], viewed 2022 Feb 8, available from: https://medialist.info/en/2021/02/08

6. Spacenews, Axiom to fly crew dragon mission to the space station (2000) [Internet], viewed 2022 Mar 12, available from: https://spacenews.com/axiom-to-fly-crew-dragon-mission-to-the-space-station/
7. Koziol M, Amazon's project kuiper is more than the company's response to Space X (2000) [Internet], viewed 2022 Apr 10, available from: https://spectrum.ieee.org/amazons-project-kuiper-is-more-than-the-companys-response-to-spacex
8. Economist, Hainan aims high, China's ambitions in space are growing (2000) [Internet], viewed 2022 Feb 20, available from: https://www.economist.com/china/2018/01/20/chinas-ambitions-in-space-are-growing
9. Jo SJ, A Korean version NASA is a long way to go for building, a first step for National Space Committee led by prime minister (2021) [Internet], viewed 2022 Feb 8, available from: https://m.hankookilbo.com/News/Read/A2021111516580001651
10. Yoo YH, Holding the first national space committee with prime minister presiding it (2021) [Internet], viewed 2022 Feb 8, available from: https://www.seoul.co.kr/news/newsView.php?id=20211115500069
11. Yang TH, The development direction of low earth orbit micro-satellites applied by New Space paradigm, presentation of the second seminar for futuristic national defense technology and strategy, Yeonsei University Air and Space Strategy Institution (2021).
12. Kim KK, A opinion on the development direction of national space security and defense, presentation of the seminar for the development direction of national defense space power, National Defense Space Academy (2021).
13. Yang SS, The Strategy for building space rocket development by advanced space powers and ROK's strategy, presentation of the second seminar for futuristic national defense technology and strategy, Yeonsei University Air and Space Strategy Institution (2021).
14. Ban JB, Kill Chain, the planning for building military reconnaissance satellites to support major military powers (2016) [Internet], viewed 2022 Jan 20, available from: https://www.yna.co.kr/view/GYH20160808000700044
15. Choi HS, 4D operation aimed at destroying North Korea's nuclear and missile capabilities, the first drill in March, … the ROK-US is reviewing an early implementation (2016) [Internet], viewed 2022 Jan 20, available from: http://news.kmib.co.kr/article/view.asp?arcid=0923390693
16. ROK Ministry of Science and ICT, The third basic planning of space development and promotion (2018) [Internet], viewed 2022 Jan 21, available from: https://www.kari.re.kr/cmm/fms/FileDown.do?atchFileId=FILE_000000000005429&fileSn=0

## Author Information

**박 기 태** park50881011@gmail.com

공군사관학교 항공공학 학사, 국방대학교 국제관계 석사, 미국 랜드(RAND)연구소 정책분석학 석사 및 박사학위를 취득하였다. 전 공군본부 전략기획과장 및 차장, 우주처장 및 센터장을 역임하였고, 현재 공군본부에 근무하고 있다. 주요 관심분야는 국가 우주정책, 국방우주력 건설, 우주전략 및 작전운영 개념 정립 등 우주분야 전반이다.