

우주 개척 어떻게 해야 할까?



펴낸곳

한국과학기술한림원
031)726-7900

펴낸이

유 옥 준

발행일

2022년 12월

홈페이지

www.kast.or.kr

기획·편집

배승철 한국과학기술한림원 정책연구팀 팀장
조은영 한국과학기술한림원 정책연구팀 주임
백서연 한국과학기술한림원 정책연구팀 주임

컨텐츠

김준래 과학기술분야 전문 작가

디자인·인쇄

경성문화사
02)786-2999

이 보고서는 복권기금 및 과학기술진흥기금의 지원을 통해 제작되었으며,
모든 저작권은 한국과학기술한림원에 있습니다.

발간사

한국과학기술한림원에서 발간하고 있는 정책제안서인 차세대리포트는 우수한 젊은 과학기술인 그룹인 ‘한국차세대과학기술한림원(Young Korean Academy of Science and Technology, Y-KAST)’ 회원들의 목소리를 담아오고 있다.

2018년 ‘영아카데미, 한국과학의 더 나은 미래를 위한 엔진’을 주제로 차세대리포트 발간을 추진하던 당시 ‘Y-KAST라는 이름으로 모인 젊은 과학기술인들은 어떤 목적을 가지고, 어떤 일을 해나가야 하는지’에 대한 설문 조사와 소규모 인터뷰를 진행한 바 있다. 그 결과는 매우 인상적이었다. 이들은 성별, 전공 분야에 상관없이 ‘Y-KAST는 다음 세대 과학자들을 위해 기여해야 하며, 정부와 젊은 연구자들 사이의 통로로 기능해야 한다’고 목소리를 내었던 것이다.

발간 5년 차에 접어든 올해의 차세대리포트 역시 Y-KAST 회원들이 강조한 두 가지 역할 수행을 위한 작은 발판이 될 수 있기를 바라며 발간을 추진하였다. 이를 위해서 우선 주요 과학기술의 연구개발 동향과 이슈, 그리고 해당 분야에서 우리나라가 선도적 역할을 수행하기 위해 필요한 정책적 지원 방향을 살펴보았으며, 나아가 이공계 인재들뿐만 아니라 국민들에게 도움이 될 수 있는 생생한 정보를 전달하고자 하였다.

1957년, 세계 최초의 인공위성 스푸트닉 1호의 발사 성공을 시작으로 우주 공간을 향한 인류의 진출이 본격화되었으며, 지금도 미국, 러시아, EU, 일본, 중국 등 국가를 중심으로 경쟁적인 도전이 진행 중이다. 우리나라도 1993년 발사된 한국 최초의 관측 로켓 과학 1호(Korean Sounding Rocket-I, KSR-I)를 시작으로 발사체와 탑재체 개발과 활용이 활발하게 이루어져 오고 있으며, 올해에는 한국형 발사체 누리호(Korea Space Launch Vehicle-II, KSLV-II)를 성공적으로 쏘아 올리는 쾌거를 거두기도 하였다. 이제는 관련 기술의 성장과 함께 우리가 우주로 나아가야 하는 이유와 목적에 대한 고민을 바탕으로 새로운 목표를 정립해야 할 필요성이 대두되고 있다.

이번 차세대리포트를 통해 이제는 관련 기술의 성장과 함께 우리가 우주로 나아가야 하는 이유와 목적에 대한 고민을 바탕으로 새로운 목표를 정립해야 할 필요성에 대해 말하고자 한다. 이를 통해 누리호의 성공적 발사와 달을 향해 나아가고 있는 다누리호의 여정을 보며 우주 개척에 대한 기대감을 품은 국민들에게 더 큰 희망과 가능성을 보여주게 되길 기대한다.

2022년 12월
한국과학기술한림원 원장
유 욱 준

함께해주신 분들



김명진 한국천문연구원 우주위험감시센터 선임연구원

소행성 류구의 광도곡선 및 형상 모델링 연구를 통해 JAXA의 하야부사-2호 과학임무팀에 참여하였고, 현재는 지구에 빠르게 근접하는 소행성들의 정밀 측광 관측을 통한 물리적 특성 규명과 지구위험 소행성 탐사 관측 등에 대한 연구를 수행 중이다. 또한, 한국형 소행성 탐사 임무에 대한 과학연구주제를 발굴하는 연구도 수행하고 있다.



김은혁 한국항공우주연구원 달탐사사업단 책임연구원

2013년 달 탐사 기획연구, 예비타당성조사부터 우리나라 달 탐사 연구의 과학임무 개발, 탑재체 개발 총괄, NASA와의 국제협력 업무 총괄 등으로 참여하였다. 현재는 달 궤도선 발사 시점에 탑재체 운영 및 과학 임무 수행과 한국형 첫 달 궤도 탐사선(Korea Pathfinder Lunar Orbiter, KPLO) 미션 과학임무팀 총괄 업무를 담당하고 있다.



박재성 한국항공우주연구원 소형발사체연구단 단장

국가 위성발사체 개발에 필요한 기술과 경험을 쌓는데 핵심적인 역할을 한 나로호(KSLV-I) 개발 사업부터 누리호(KSLV-II)의 독자 개발까지 우주발사체의 구조체 설계, 제작, 시험 평가에 참여하였다. 또한, 미래 경쟁력 있는 우주수송 체계에 필요한 발사체 재사용 기술, 저비용 제작 기술 등의 선행기술 연구를 수행하고 있다.



선정운 서울대학교 재료공학부 교수

하이드로젤 소재를 연구레벨에서 공학적 응용레벨로 높은 우수한 연구성과를 내고 있다. 유연하고 신축성 있는 재료로 만든 구동 장치인 소프트 액추에이터 개발과, 전자 대신 이온을 전도체로 사용하는 하이드로젤을 개발하고, 투명성과 신축성이 높은 터치패널 제작 기술을 확보하는 등 웨어러블 디스플레이의 발전 가능성을 높이는 데 기여하였다.



정웅섭 한국천문연구원 우주전문그룹 그룹장

최근 개발이 진행되고 있는 NASA 중형미션 SPHEREx의 한국측 연구책임자와 국내 우주미션인 근적외선 영상·분광기(NISS)의 연구책임자를 맡고 있다. 또한, 적외선 우주관측기기에 대한 실험설계, 이론적인 모델링 및 관측결과를 해석에 다양한 경험이 있으며, 적외선 외부은하 배경원 및 이와 관련된 적외선 은하들을 중점적으로 연구하고 있다.



황호성 서울대학교 물리천문학부 교수

다양한 파장에서의 관측을 통해 은하의 형성과 진화, 우주 거대 구조 등에 대한 연구를 수행하고 있다. 최근에는 대규모 탐사 관측자료와 우주론적 수치 모의실험의 비교를 통해 암흑물질과 은하의 상관관계를 규명하는 연구를 진행하고 있다.

CONTENTS

들어가기	04
I. 우주 개척을 위한 우리나라의 기술 개발의 현재와 미래	
① 우주 개척에 활용되는 첨단소재 개발 현황 및 동향	06
② 우주발사체 개발 현황 및 동향	13
③ 우주망원경 개발 현황 및 동향	17
④ 달 탐사 프로젝트 현황 및 동향	22
⑤ 소행성 탐사 프로젝트 현황 및 동향	26
II. 우주 개척을 위한 정책 제언	
① 전략 수립	33
② 기술개발	35
③ 국제협력	36
맺음말	37

들어가기



최근 들어 변화하고 있는 우주 개척 분야의 흐름을 설명하는 데 있어 ‘온고지신(溫故知新)’보다 더 적합한 사자성어가 또 있을까? ‘옛것을 익혀 새것을 배운다.’라는 의미의 이 사자성어처럼 오늘날의 우주 개척 분야는 ‘올드스페이스(Old Space)’에서 배운 지식과 경험이 토대가 되어 ‘뉴스페이스(New Space)’라는 새로운 영역으로 진화하고 있어 전 세계의 이목이 집중되고 있다.

불과 얼마 전까지만 해도 우주 개척은 강대국들을 중심으로 그 나라의 정부가 주도하는 방식으로 이루어졌다. 이른바 미 항공우주국(NASA)으로 대표되는 ‘올드스페이스’ 모델이다. 우주선과 로켓 제작, 그리고 발사기지 조성에 들어가는 천문학적인 비용을 감당할 수 있는 주체가 정부가 아니면 다른 대안을 찾기 어려웠기 때문이다. 하지만 시대가 바뀌면서 우주 탐사도 과거와는 다른 형태로 진화하고 있다. 번뜩이는 아이디어와 혁신적 기술로 무장한 기업들이 우주 개척 시장에 뛰어들면서 탐사 자체보다 상용화와 경제성을 먼저 생각하는 ‘뉴스페이스’ 모델로 변화하고 있는 것이다.

뉴스페이스 모델의 대표적 사례로는 발사체의 재사용 기술을 꼽을 수 있다. 지금까지 우주 개척 분야가 올드스페이스에 머물렀던 가장 큰 이유는 발사체들이 발사 후 그냥 버려지는 등 투입 비용이 과다했기 때문이다. 하지만 민간기업들이 우주 개척 시장에 참여하면서 발사체 재사용 기술 개발에 매진했고, 그 결과 발사 후 회수한 로켓을 점검한 뒤 다시 발사에 사용하면 1회 발사비용을 30%가량 줄일 수 있는 경제성을 확보할 수 있었다.

우리나라도 우주 개척 분야의 새로운 흐름인 뉴스페이스에 동참하고 있음을 보여주는 상징적 성과가 있다. 바로 누리호 프로젝트이다. 누리호 프로젝트에는 약 2조 원에 달하는 개발비와 12년을 훌쩍 넘긴 개발 기간이 소요되어 정부가 독자적으로 추진하기에는 결코 쉽지 않은 프로젝트였다. 그러나 민간기업이 참여하면서 여러 가지 기술적 어려움이나 기반 시설 조성과 같은 난제들을 해결할 수 있었고, 마침내 자체 기술로 개발한 발사체를 하늘로 쏘아 올리는 쾌거를 거둘 수 있었다. 이로써 우리나라는 1톤 이상의 실용위성을 쏘아 올리는 발사체 기술을 미국과 러시아, 그리고 유럽연합, 인도, 일본, 중국에 이어 세계 7번째로 확보하는 쾌거를 이루었다.



이번에 발간한 차세대리포트는 ‘뉴스페이스’처럼 최근의 천문학계를 관통하고 있는 키워드에 초점을 맞췄다. ‘뉴스페이스’ 외에 ‘신개념 관측도구’, 또는 ‘문샷’ 등의 키워드를 중심으로 우주 개척을 그려나가는 과학자들의 혁신적 시각이 리포트에 담겨 있다. 이를 위해 5가지의 구체적인 우주 개척 과제를 선정하여 현재의 기술 수준과 미래의 기술 발전상을 분석했다. 리포트의 전개는 우주 개척에 필요한 소재 → 소재 기반의 우주 개척 도구 → 도구를 활용한 우주 개척 탐사 실현이라는 흐름으로 작성하였다.

‘소재’와 관련된 우주 개척 과제에서는 발사체와 우주복에 사용되는 첨단소재를 중심으로 다루었다. 열에 잘 견디고 단단해야 하는 발사체 소재와 방사능이 가득한 극한의 우주 환경에서도 사람을 보호해 줄 수 있는 우주복 소재 등을 소개했다.

또한 우주 개척에 필요한 ‘도구’와 관련된 과제에서는 발사체 및 우주망원경의 최신 개발 동향을 파악했다. 앞에서 언급한 재사용 발사체는 물론 소형 위성들만을 전문적으로 우주로 보내는 발사체와 우리나라가 참여하고 있는 우주망원경 프로젝트의 개발 현황을 중심으로 소개했다.

마지막으로 우주 개척을 실천하는 ‘개척’ 과제에서는 천문학계가 다시 주목하고 있는 달 탐사와 고도의 기술이 필요한 소행성 탐사를 핵심 주제로 다뤘다. 미국의 아르테미스 프로젝트 및 우리나라의 다누리호가 탐사할 달, 그리고 자원의 보고이자 지구의 안전을 위협할 수 있는 소행성 탐사를 통해 인류가 추진해야 할 우주 개척의 미래를 조망했다.

우주 개척을 위한 우리나라의 기술 개발의 현재와 미래



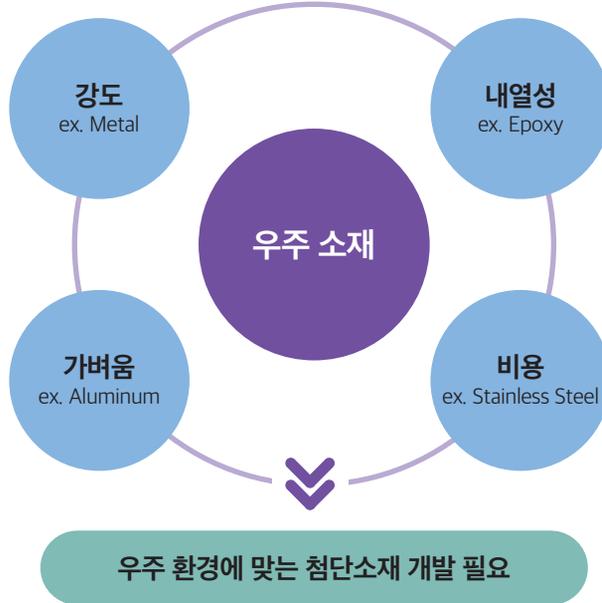
1 우주 개척에 활용되는 첨단소재 개발 현황 및 동향

가. 첨단 우주소재 개발의 필요성

우주 개척을 위해 가장 기본적으로 마련되어야 하는 연구로는 첨단소재를 개발하는 것이다. 발사체나 우주망원경 등에 사용되는 재료들은 쓰임새에 따라 요구되는 강도와 강성, 그리고 내열성 등의 특성을 반드시 만족시켜야 한다. 실제로 20년 전과 현재의 발사비용을 비교했을 때 전체적인 비용이 약 10%대로 감소한 사실은 재료 개발의 중요성을 시사하고 있다. 또한 우주복 역시 유인 탐사를 대비하여 다양한 첨단소재가 개발되고 있는데, 우주선 안팎에서의 기능성과 승무원들의 활동성을 보장하기 위한 소재 연구가 활발히 진행되고 있다.

그림 1 우주 소재가 가져야 할 특성

우주 개척을 위해서는
다양한 요소의 소재들이 필수적으로 제공되어야 가능



나. 우주발사체 관련 소재

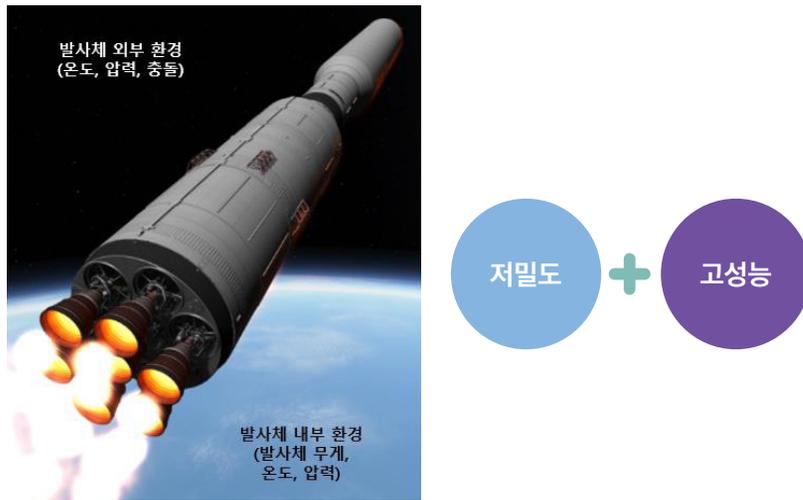
① 발사체 소재 개발 현황

발사체에 사용되는 소재를 선정하고 설계하기 위해서는 발사체 내부 및 외부 환경을 모두 고려해야 한다. 발사체 외부에 사용되는 소재는 극한의 온도와 압력, 그리고 우주쓰레기나 소행성 등과의 충돌을 감안해야 하고, 발사체 내부 소재는 무게와 더불어 연료 연소에 따른 온도 및 압력 등을 고려해야 한다. 특히, 무게 중 70~90%를 연료가 차지하는 발사체의 경우 연료가 연소되면서 엄청난 압력과 높은 온도가 발생한다. 따라서 저밀도와 고성능을 갖춘 소재를 개발하고, 이를 안정적으로 설계해야 할 필요성이 있다.

1963년 미국에서 일어난 발사체 ‘아틀라스 아제나(Atlas Agena) D’의 사고는 발사체를 설계할 때 구조적 안정성과 재료 선정이 얼마나 중요한지를 알려주는 대표적 사례다. 당시 발사체 연구진은 소재 대부분을 얇은 두께의 철로 제작했다. 발사체 무게를

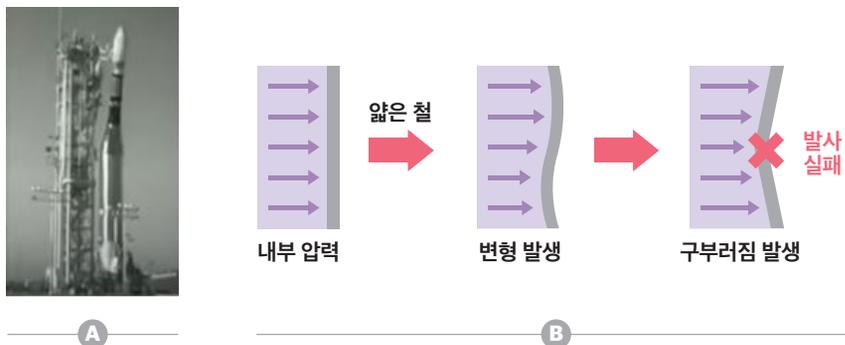
줄이기 위해서 선택한 재료였지만, 연료 주입 후 연소 과정에서 내부 압력이 대폭 증가하기 시작하며 압력 증가는 발사체 외벽의 변형으로 이어졌고, 결국 소재 대부분이 찌그러지면서 발사가 실패하는 결과를 낳았다.

그림 2 발사체 발사 시 고려되어야 할 내외부 환경



출처 : kerbalstates

그림 3 아틀라스 아제나(ATLAS AGENA) D 발사실패 장면 A 및 실패 과정 B



발사체 소재로 사용되는 재료는 충분한 내열성과 견고성을 가지고 있어야 하는데, 이를 만족하는 재료들로는 금속(metal)과 무기재료인 세라믹(ceramic)이 있다. 금속은 가공하기 쉽고 견고하지만 밀도가 크고 내화학성이 좋지 않으며 열안정성이 떨어지는 단점을 갖고 있다. 반면에 세라믹은 내마모성과 내화학성이 좋고 밀도가 상대적으로 작지만 물체가 연성을 갖지 않고 파괴되는 성질인 취성(brittleness) 파괴와 결합에 취약하여 쉽게 깨진다는 단점이 있다. 따라서 과학자들은 각 재료의 단점을 보완하기 위해 다른 금속끼리 혼합한 합금(alloy)을 개발했고, 세라믹과 복합체(composite)를 혼합한 CMC(Ceramic Matrix Composite)를 개발하여 사용하기 시작했다.

합금은 어떤 금속에 다른 금속원소 또는 비금속 원소를 첨가하여 합친 것으로서 우리 주위에서 쓰이고 있는 금속제품은 대부분이 합금이다. 합금을 만드는 목적은 원래의 금속이 가진 장점을 더욱 강화하거나 단점을 보완하여 성능을 향상시키기 위해서다. 또한 CMC는 세라믹 복합 소재를 뜻하는 것으로서 항공우주산업의 재료 분야에서 가장 중요한 기술혁신 중 하나로 꼽히고 있다. 노즐이나 터빈블레이드 같은 엔진 부품은 높은 열에도 안정적으로 작동해야 하는 만큼 열에 잘 견딜 수 있는 소재인 내열부품용 세라믹섬유복합재 등을 사용하고, 내장재나 외장재는 가벼울수록 좋은 만큼 경량 세라믹섬유복합재 등을 사용하는 경우가 대부분이다.

② 누리호 소재 및 차세대 로켓 소재

누리호(KSLV-II)는 2010년부터 시작된 한국형발사체 개발계획을 통해 개발된 로켓으로, 대한민국 최초의 저궤도 실용위성 발사용 로켓이다. 누리호의 성공으로 대한민국은 세계 11번째의 자력 우주로켓 발사국이 되었고, 1톤 이상의 실용위성을 궤도에 안착시킬 수 있는 7번째 나라가 되었다. 누리호를 발사하기 위해서는 약 180톤의 추진제가 필요하고, 초당 1톤의 산화제와 연료를 공급해야 한다. 또한, 발사 중에는 대기압의 6배에 해당하는 내부 압력과 관성력 등에 의한 하중과 압력을 견뎌야만 한다.

이를 버티기 위해 추진체 탱크에는 특수합금인 알루미늄합금(aluminum alloy)이 사용되었고, 제일 얇은 부분의 두께는 약 2mm로 제작되었다. 기존 알루미늄은 용접 시 열을 가하면 변형이 일어나기 때문에 재료 선정과 설계가 상당히 중요하다. 따라서 무게를 줄이면서도 플라즈마 용접 시 변형이 최소화될 수 있도록 설계와 공정개발이 이루어졌다.

누리호의 경우 엔진 연소 시 일반 금속이 견딜 수 없는 3000°C 이상으로 온도가 상승한다. 이때 연소기 헤드로 산화제와 연료가 흘러들어오는데, 연료인 액체산소(liquid oxygen)가 극저온으로 보관되기 때문에 극저온에도 잘 깨지지 않고 충격에도 강한 스테인리스 스틸(stainless steel)을 사용하였다. 또한, 연료 분출구에는 빠른 냉각을 위해 열 전달이 잘 되는 구리복합체(copper alloy)와 강도 증가를 위한 크롬(chrome)을 혼합하여 크롬구리합금(Cr-Cu alloy)을 이용했다.

그림 4 누리호 발사 장면



출처 : 한국항공우주연구원

현재 국외에서 개발되고 있는 로켓 중에 일론 머스크가 운영하는 스페이스엑스(Space X)사의 스타십(Starship) 발사체를 주목할 필요가 있다. 화성을 탐사하고 사람을 보내는 것을 목표로 하고 있는 스타십은 발사체 전체 재사용을 위하여 지구 대기권 진입 시 1970°C에 달하는 고온과 엄청난 항력을 견딜 수 있는 내열성, 그리고 높은 견고성을 가진 재료를 선택해야 한다. 이를 위해 스타십은 스테인리스 스틸로 제작되었는데, 밀도가 높아 무겁지만 열 전도성과 내열성이 좋아서 별도의 열 차단막과 도색이 필요하지 않다는 장점이 있다. 또한, 고온에서 재료의 열화가 적으며 내식성이 높고 극저온의

액체산소와 액체메탄의 적합성이 양호하다. 물성이 좋은 스테인리스 스틸을 선택하여 3mm의 얇은 두께로 로켓을 만든 결과 로켓 자체의 무게는 감소하여 효율이 좋아지는 효과를 보인 것으로 나타났다.

다. 우주복 관련 소재

① 기존 우주복 소재

발사체와 더불어 우주에서 사람을 보호해주는 우주복도 오랜 시간에 걸쳐 진화하고 있는 중이다. 우주는 대기가 없어 압력이 낮고, 온도 변화의 폭은 크다. 또한 전자기복사(electromagnetic radiation)로 인해 발생한 방사능 입자에 노출될 위험성도 있다. 따라서 극한의 환경에서도 우주인이 영향을 받지 않도록 하기 위해 우주복에 다양한 소재가 활용되고 있다.

우주복 몸체는 스판덱스(spandex)와 데이크론(dacron), 네오프렌코팅나일론(neoprene coated nylon), 우레탄코팅나일론(urethane coated nylon), 폴리에스터(polyester) 등 수십 개의 직물을 재봉하여 만들어졌다. 우주복의 마지막 외피층은 고강력 섬유인 케블러(kevlar)로 만들어져 우주인을 보호하도록 설계되었다. 케블러는 듀폰(DuPont)사가 개발한 화학 섬유 중 하나로서 일반적으로 아라미드 섬유라고도 부른다. 강도와 탄성이 높고 진동 등에 강해 보강재나 방탄재 등으로 사용되고 있다.

재미있는 점은 기존의 우주복에는 물이 들어간다는 점이다. 우주인이 우주선 밖으로 나갈 때 착용하는 우주복은 내부에 물이 투입되는데 냉각 효과로 온도를 유지하고 중성자를 감속시키는 효과를 갖고 있다. 하지만 물이 들어감으로 인해 우주복 부피는 굉장히 크고 무거워졌다. 또한 다양한 부품들이 연결되고 허리가 고정되어 있어 활동이 제약되는 단점도 안고 있다.

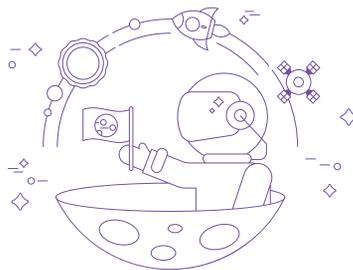
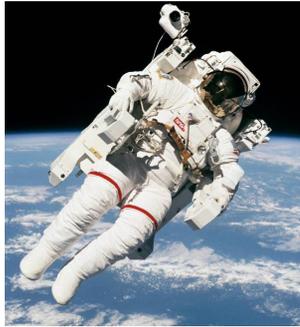


그림 5 기존 및 미래 우주복의 특성

기존 우주복

- 우주복 내부에 물 투입
⇒ 냉각 효과, 방사선 입자의 중성자 감속
- 부피↑, 무거움(두께 8cm)
- 허리 고정 → 활동성 제약



미래 우주복

- 굉장히 얇게 제작 가능(2mm)
- 고온에서 재료 안정성↑(900°C)
- 중성자 98% 흡수
- 섬유화 → 유연화, 가벼움



경량화

유연화

고성능화



출처: NASA 및 IEEE Spectrum

② 개발 중인 우주복 소재

현재 쓰이고 있는 우주복의 단점을 보완하기 위해 한국과학기술연구원(KIST)은 질화붕소나노튜브(BNNT)에 대한 연구를 진행하고 있다. 붕소는 중성자를 가장 잘 흡수하는 원자로, 최외각 전자가 3개여서 질소와 혼합하여 육각형 구조를 이룰 수 있다. 이를 튜브 형태로 만들면 탄소나노튜브와 동일한 구조를 만들 수 있다.

한 연구에서는 2% 질화붕소나노튜브와 폴리이미드(polyimide)를 섞은 복합체를 만들었는데, 탄소나노튜브와 거의 비슷한 물성치를 보인 것으로 나타났다. 따라서 질화붕소나노튜브와 폴리이미드를 혼합한 복합체는 2mm 두께로 섬유화가 가능하여 유연하고 가벼움을 부여할 수 있으며, 고온에서 재료 안정성이 좋고 중성자를 98% 흡수할 수 있어 고강도, 내열성, 중성자 차폐성, 유연성이 좋은 우주복을 개발할 수 있다는 것이 전문가들의 의견이다.

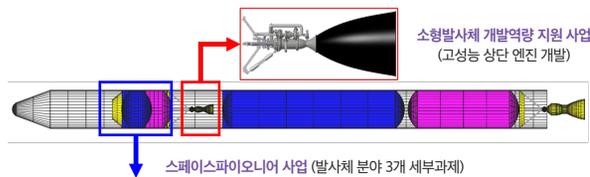


2 우주발사체 개발 현황 및 동향

가. 주요 연구내용

누리호의 성공적 발사는 우리나라 우주 개척 역사에 있어 한 획을 그은 쾌거다. 전세계에서 우리나라가 7번째로 75톤급 중대형 엔진 기술을 보유한 국가로 등극했다는 의미이기 때문이다. 항공우주연구원은 누리호 개발 사업을 통해 확보한 75톤 중대형 엔진을 활용하여 급증하고 있는 소형위성 수요에 대응하고 저렴한 비용으로 자주 발사할 수 있는 소형발사체 플랫폼 확장 연구와 경쟁력 있는 민간 주도 소형위성 발사 서비스 개발을 지원하고 있다. 소형발사체 플랫폼 확장 사업은 '제3차 우주개발 진흥 기본계획'을 기반으로 500kg 이하의 소형위성을 탑재할 수 있는 발사체를 개발하는 사업이다. 정부의 '스페이스파이오니어 사업(2021~2030)'과 '소형발사체개발역량지원 사업(2022~2027)'을 통해 고성능의 상단 핵심 부품을 신규 개발하고 누리호의 기술과 연계하여 초소형·소형위성 발사에 최적화된 소형발사체로 확장할 수 있다.

그림 6 스페이스파이오니어 사업 개요



개요 소형발사체에 적합한 소형, 저비용, 통합형 에비오닉스 기술시험체(Demonstrator) 개발, 소형 에비오닉스의 기능/성능사전검증

중량관점 기존 에비오닉스사용 불가, 중량 1/5로 감소 필요

비용관점 통합기술(구성품 수 감소), 기능 유지&비용 감소

기술관점 모듈화 및 플랫폼 기반 에비오닉스 구성 및 설계-제작-시험평가를 위해 기술시험체 개발, 발사운용 단순화 가능

개요 극저온 연료 적용 발사체 상단의 경량화 및 배치 효율성을 위해 동을 공유하는 구조 통합형 추진제 탱크 개발

- 극저온 연료 탱크와 산화제 탱크를 통합한 제작공정 개발
- 운용환경(기압, 단열) 시험 수행

성능관점 최소 공간에 서브시스템 배치, 낮은 구조비

제작관점 탱크 연결부 관련 구성품 수 감소, 조립기간 단축

설계관점 추진공급계 배관·하니스 길이 감소, 단열재 중량 감소

목표체계 소형발사체 2단, 소형발사체 1단에 확대 적용

개요 소형발사체용 단단 연결 엄벌리칼 개발

- 발사체 내부에서 1단과 2단의 연료·산화제·전기·가스 연결
- 단단 연결 엄벌리칼 추진제 충전 배출 모사 및 분리 시험 수행

설계관점 1단 상온 연료 및 2단 극저온 연료 적용 고려

성능관점 상단용 엄벌리칼 타워, 연결/회수 기계장치 불필요

운용관점 지상·발사체 인터페이스 최소화하여 운용비용 절감

목표체계 소형발사체, 중대형발사체로 확장 가능

출처 : 한국항공우주연구원 소형발사체연구단

스페이스파이오니어 사업은 기업이 주관하여 발사체 분야 세 가지 핵심 부품을 개발하고 민간 소형위성 발사체에 연계·활용할 수 있도록 국가가 지원하는 사업이고, 소형발사체 개발역량 지원사업은 전문기관이 기술 자문과 관리를 통해 성공적으로 민간업체가 소형발사체 상단용 엔진을 개발할 수 있도록 도와주는 사업이다. 누리호의 75톤 엔진 등의 기술과 연계하여 초소형·소형 위성을 궤도에 투입할 수 있는 발사체가 완성될 것으로 예상된다.

또한 얼마 전까지만 해도 천문학적 자금이 필요했던 위성발사 비용을 대폭 낮춘 스페이스엑스社의 발사체 재사용 기술을 분석하여 우리나라가 지속 가능한 발사체 분야 경쟁력을 확보하기 위한 선행연구도 병행하고 있다. 발사체를 재사용하여 우주접근 비용이 낮아지게 되면 우주부품 검증 및 위성정보 활용 산업이 활성화되고 우주영역 탐사 임무 추진을 통해 국가의 우주분야 기술 경쟁력을 획기적으로 증진시킬 수 있다. 재사용 발사체 기술은 재사용형 엔진 개발과 이를 기반으로 하는 재사용 기술 검증용 시연체의 비행시험을 통해 신속하게 확보할 수 있다. 한국항공우주연구원의 경우 현재 미국의 팰콘9 발사체의 1단 회수방법과 유사한 기술을 검증하기 위하여 수직이착륙이 가능한 시연체를 구성하는 등 기초적인 연구를 수행하고 있다.

나. 우주발사체 개발 현황 및 동향

불과 얼마 전까지만 하더라도 우주 개척 분야는 정부 주도의 투자를 기반으로 성장하였다. 이른바 올드스페이스 모델로 안정적이지만 느리고 비용이 많이 들기 때문에 우주분야 기술 발전이 정체되고 있었다. 하지만 최근 민간 자본의 투자가 활성화되고 상업 발사체 개발을 목표로 하는 다수의 업체가 등장하면서 기존의 올드스페이스 모델은 빠르게 뉴스페이스 모델로 바뀌고 있다.

특히 민간 부문의 비용 절감과 위성 수요를 기반으로 하는 다양한 형태의 발사체 개발은 위성 발사 서비스 비용을 기존의 1/10 수준으로 급격히 낮추고 있다. 당연한 말이지만 저렴한 발사체의 등장은 우주로의 접근을 보다 쉽게 만들어주고 있다. 또한 위성기술이 발전함에 따라 위성 크기도 작고 가벼워지는 등 선순환 구조가 이루어지면서 우주공간을 활용한 산업이 급격하게 성장하고 있다.

그림 7 해외 발사체 재사용 기술 시연체 개발 사례

기업(국가)	스페이스엑스(미국)		블루 오리진(미국)
시연체	Grasshopper	Starhopper	New Shepard
엔진	Merlin-1D	Raptor	BE-3
첫 비행	2012.09.21.	2019.07.25.	2015.04.29.
추진제	액체산소/케로신	액체산소/액체메탄	액체산소/액체수소
이미지			

기업(국가)	Link Space(중국)	Deep Blue Aerospace(중국)	EUCASS (프랑스, 독일, 일본)
시연체	RLV-T5	Nebula-M1	CALLISTO
첫 비행	2019.08.10.	2021.08.02.	-
추진제	액체산소/알콜	액체산소/케로신	액체산소/액체수소
이미지			

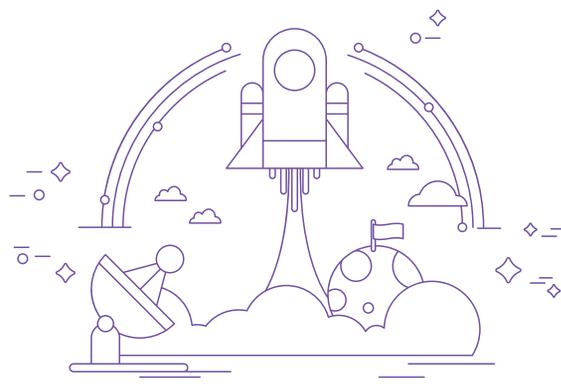
대표적 사례는 앞서도 언급했던 스페이스엑스사의 발사체 재사용 기술을 들 수 있다. 재사용 기술 상용화를 통해 위성 발사 비용의 혁신적 절감을 가져온 스페이스엑스사를 따라잡기 위한 각국의 노력과 민간 발사체 개발업체들의 도전이 활발하다. 또한 초소형·소형위성들의 성능도 고도화되어 다양한 임무 수행이 가능해짐에 따라 기존의 대형 발사체에 끼워 타기보다는 적당한 탑재성능을 가진 전용 발사체를 통해 위성의 요구에 맞게 발사해주는 전용 소형발사 서비스 수요도 늘고 있다. 실제로 이런 추세에 맞춰 소형위성 발사체를 개발하는 업체들이 선진국별로 최소 1~2개 이상 등장하면서, 소형위성들에게 특화된 발사 시기와 궤도 등을 충족시키는 틈새시장을 공략하고 있다.

한편, 러시아와 우크라이나 간에 전쟁이 발생함에 따라 일부 위성 발사 서비스가 중단되고, 위성 자산의 감시와 정찰, 그리고 통신 능력이 국가 안보와 직결되는 상황을 맞고 있다. 우주영역 선점과 우주분야 기술 경쟁력 확보는 국가의 생존 차원에서 그 중요성이 커지고 있으며, 뉴스페이스 시대의 급변하고 있는 기술들이 기존 패러다임의 변화를 이끌고 있다. 그동안 러시아와 유럽연합은 발사체 기술 분야에서 강국으로 여겨져 왔지만 뉴스페이스를 선도하고 있는 미국과 우주 개척 분야에 도전하고 있는 중국과 인도 등의 경쟁력 또한 높아진지 오래다. 최근 러시아와 유럽연합은 러시아와 우크라이나 간 전쟁을 계기로 경쟁력을 다시 강화하기 위해 재사용 발사체 기술과 민간 주도의 기술 혁신 및 비용 절감에 노력하고 있다.

다. 우주발사체 관련 미래전망

현재 전 세계 위성 발사의 절반 이상을 점유하고 있는 스페이스엑스社は 스타십이라는 완전 재사용 대형발사체 개발을 눈앞에 두고 있다. 또한, 달을 넘어 화성에 사람을 보내기 위한 장대한 계획을 실행하고 있다. 달과 화성에 사람을 보내는 수단으로 개발되고 있는 스타십이 완성될 경우 위성 발사 비용은 지금보다 훨씬 더 저렴해지고 마치 항공기를 이용하듯이 우주선에 탑승하여 전 세계 어느 곳이든 신속하게 이동이 가능하며 우주영역의 접근도 일상화될 것이라는게 전문가들의 의견이다.

이미 스페이스엑스社は 자체 발사 능력을 활용하여 스타링크라는 거대한 저궤도 통신 위성 체계를 구축하고 있다. 4만 개 수준의 저궤도 위성을 통해 전 세계 통신 시장 장악을 목표로 하고 있으며, 전쟁 중인 우크라이나에 위성 통신 단말기 패키지를 제공하여 보안 통신 유지와 임무 수행을 지원함으로써 저궤도 위성 통신의 가치를 증명하고 있다.





3 우주망원경 개발 현황 및 동향

가. 주요 연구내용

① 우주망원경 개발의 필요성

지상에서 천체망원경으로 우주를 관측하는 작업은 결코 쉬운 일이 아니다. 방해 요소가 많기 때문이다. 일부 파장 영역은 대기를 투과하기 어렵고, 대기의 움직임은 망원경이 포착한 이미지를 불규칙하게 만들어 명확하게 보이지 않도록 방해한다. 천문학자들은 오래전부터 이 같은 문제를 해결하고 더 높은 감도와 더 좋은 분해능으로 우주를 관측하기 위해 노력해왔다. 그리고 그 노력이 현실로 이루어진 결과가 바로 우주망원경이다.

지난 30여 년간 허블이란 이름으로 우주 공간을 누빈 우주망원경은 1946년 한 젊은 천문학자의 제안에서 비롯됐다. 프린스턴대에서 천문학을 강의하던 ‘라이먼 스피처(Lyman Spitzer)’ 교수는 당시로서는 혁신적이라고밖에 할 수 없는 우주망원경에 대한 개념을 제안했다. 지구 대기가 미세한 요동을 만들어 우주의 빛이 온전히 지표면의 천체망원경에 유입되지 못하기 때문에 우주공간에 망원경을 띄워 천체를 관측하도록 해야 한다고 주장한 것이다.

당시 학계에서는 그의 제안이 머나먼 미래에서나 가능할 법한 일이라고 이야기 했지만, 불과 50여 년 만에 허블우주망원경이 우주로 쏘아 올려지면서 현실로 이루어졌다. 이와 같이 인류는 우주에 대한 무한한 관심을 갖고 지상과 우주에서 천체를 관측하는 작업을 계속하고 있으며, 이를 통해 막대한 지식의 습득과 기술의 발전을 이루어 오고 있다. 다른 분야에 비해 다소 늦기는 했지만 천문 관련 기술의 비약적인 발전으로 말미암아 우주 개척 및 활용에 대한 관심도는 그 어느 때보다 높은 상황이다.

② 우주망원경을 활용한 R&D 현황

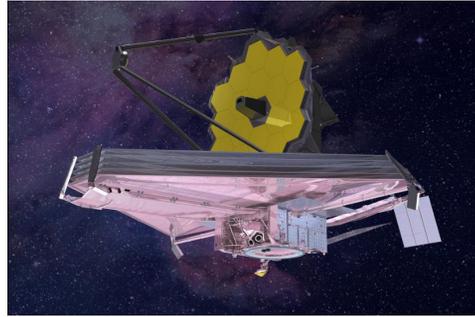
생명체가 존재할 수 있는 행성계를 탐사하고 지구와 유사한 외계행성을 찾는 일은 지상망원경과 우주망원경을 통해 이루어져 왔으며, 실제로 많은 새로운 외계행성들이 발견되었다. 하지만 그렇게 발견한 외계행성들의 대기가 어떤 성분으로 구성되어 있는지,

그리고 생명체가 존재할 수 있는 환경인지에 대해서는 아직 명확하게 밝혀진 바가 없다. 지상망원경으로 외계행성들의 대기 조성과 구조를 관측하는 것은 매우 어려운 일이기 때문이다.

그림 8 제임스웹의 개발 모습 및 작동 과정을 그린 상상도



개발 모습



작동 과정을 그린 상상도

출처 : NASA

그러나 중적외선 파장대에서 높은 공간 분해능을 가진 제임스웹 우주망원경으로는 외계행성들의 대기 성분과 생명체가 살 수 있는 환경인지 여부를 판단할 수 있다. 따라서 앞으로 제임스웹 망원경과 그 뒤를 이을 차세대 우주망원경들이 본격적으로 가동되면 지구와 같은 거주 가능한 행성에서 생명체 신호를 직접 발견할 수도 있을 것으로 천문학자들은 기대하고 있다.

한편, 먼 우주에서의 별빛은 적색이동 효과에 의해 그 파장이 길게 관측이 되기 때문에 적외선 영역에서 관측될 수 있다. 즉, 먼 우주에 있는 천체를 효과적으로 관측하기 위해서는 적외선 파장 대역을 관측하는 것이 필요하다. 이런 이유로 제임스웹을 포함하여 최근 개발 중인 우주망원경들은 적외선 파장 대역 관측이 가능하며, 이를 통해 초기 우주가 어떤 모습일지에 대한 구체적 관측도 가능할 것으로 기대되고 있다. 예를 들면 블랙홀과 모은하의 공동진화 및 상호작용, 그리고 별이 생성되는 과정 및 이들 활동이 은하 진화에 미치는 영향 등에 대해 보다 자세한 관측이 이루어질 수 있는 것이다. 이는 암흑 물질과 암흑 에너지에 대한 정보도 제공해 줄 수 있다는 의미이며, 앞으로의 활약상에 대해 이목이 집중되고 있다.

이처럼 우주망원경이 기존 지상망원경으로는 미처 규명하지 못했던 사실들을 파악할 수 있게 된 까닭은 지상에서는 관측할 수 없는 다양한 파장 대역에서 매우 높은 해상도와 감도로 개별 천체들의 정보를 보다 자세하게 제공할 수 있게 되었기 때문이다. 특히, 빛을 세분화하여 보는 분광 관측으로 얻은 데이터를 통해 천체들의 물리적인 특성도 파악할 수 있게 된다.

나. 우주망원경 개발 현황 및 동향

① 우주망원경 개발 최근 현황

허블 같은 우주망원경은 지구와 가까운 궤도에서 우주를 관측했다. 반면에 제임스웹 같은 보다 높은 관측 효율을 얻기 위한 우주망원경은 지구에서 멀리 떨어진 장소에서도 관측 활동을 벌이고 있다. 또한 광역 탐사를 통해 좀 더 넓은 영역에 대한 관측 데이터를 확보하는 임무에도 집중하고 있다. 제임스웹 우주망원경에 이어 발사를 준비하고 있는 로만 우주망원경(Nancy Grace Roman Space Telescope) 역시 기존 허블 우주망원경보다 100배나 넓은 광시야로 허블과 같은 감도를 구현함으로써 광활한 영역에 대한 탐사를 계획하고 있다.

또한 유럽우주국(ESA)이 제작 중인 가시광선과 근적외선 기반의 우주망원경인 유클리드(Euclid)도 눈여겨볼 우주망원경이다. 넓은 영역에 대한 영상 및 분광 탐사를 통해 암흑에너지 규명과 우주 초기의 팽창 현상을 연구한다는 야심찬 계획을 가지고 오는 2023년 발사를 목표로 하고 있다.

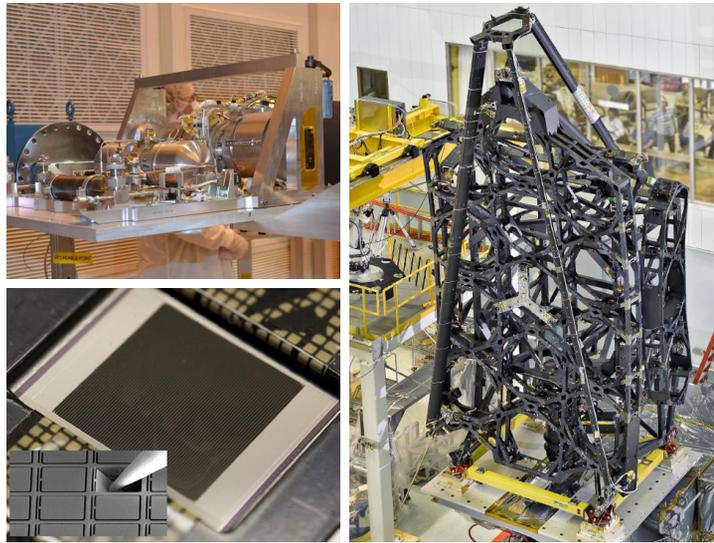
② 우주망원경에 적용되는 새로운 기술들

최근의 우주망원경들은 대부분 적외선 관측 기반의 우주망원경들이다. 먼 우주에 있는 천체들을 가장 정밀하게 들여다볼 수 있는 최적 파장대의 빛이 적외선이기 때문이다. 문제는 적외선 관측 시 감도를 높이기 위해 관측 시스템의 냉각이 필수적이라는 점이다. 따라서 효율적인 냉각을 위해 다양한 방식들이 시도되고 있는데, 제임스웹의 경우 여러 단계로 펼쳐지는 열차폐막을 두어 최대한 복사냉각 효율을 얻도록 설계되어 있다.

적외선을 사용하여 우주를 관측하는 작업도 고도의 기술이 필요하지만 이보다 더 어려운 기술을 필요로 하는 작업이 있다. 바로 망원경의 주경으로 사용되는 대형 거울들을 우주로 보내고 운영하는 작업이다.

높은 해상도를 얻기 위해 우주망원경의 주경 크기가 커지는 것은 불가피하다. 하지만 커다란 주경을 하나의 거울로 만들어 우주로 보내는 작업은 현재의 과학기술로는 불가능하기에 거울들을 몇 개의 조각으로 분할하여 이를 접은 상태로 발사한 이후 우주에서 펼치는 고난도 과정을 거치게 된다. 이 과정에서 거울이 파손되면 안 되므로 재질은 견고하고 열적인 안정성이 우수한 베릴륨이나 실리콘 카바이드 등을 사용하는데, 이들 재질은 정밀하게 가공되어 높은 광학적 성능을 발휘하는 것으로 알려져 있다.

그림 9 제임스웹에 적용된 최신 우주기술들의 예



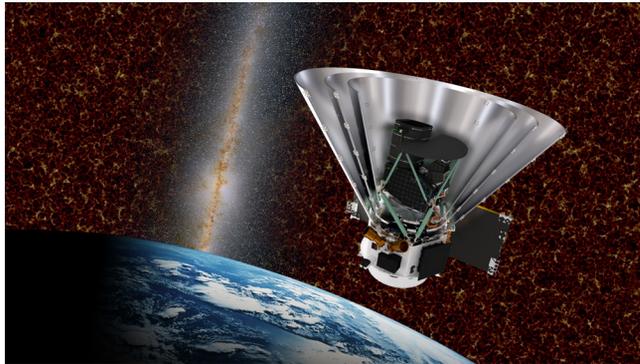
출처 : NASA

③ 국내 우주망원경 개발 현황

국내 우주망원경 기술들은 연구를 위한 소형위성의 탑재체 개발을 통해 추진되어 왔다. 국내 첫 우주망원경 과제는 자외선 대역에서 전천 탐사 관측을 수행한 FIMS(2003년 발사)이며, 10년 뒤에 광시야 적외선 영상 탐사를 위해 MIRIS(2013년 발사)가 개발되었다. 이후, 새로운 우주관측기술인 적외선 영상 분광 시스템 개발을 위해 차세대 소형위성 1호 과학 탑재체인 근적외선 영상분광 시스템(NISS, 2018년 발사)이 개발되었다.

최근 들어서는 NISS 시스템을 기반으로 NASA에서 선정한 ‘전천 적외선 영상분광 우주망원경(SPHEREx)’을 미국 캘리포니아 공과대학교와 함께 천문연구원이 공동으로 개발하고 있다. SPHEREx(Spectro-Photometer for the History of the Universe, Epoch of Reionization, and Ices Explorer)라는 이름의 이 우주망원경은 향후 국내에서도 창의적인 과학연구를 위한 중대형 우주망원경 과제 개발에서도 중요한 우주관측기술의 토대가 될 것으로 기대를 모으고 있다.

그림 10 SPHEREx 우주망원경 운영 상상도



다. 우주망원경 관련 미래전망

제임스웹이 성공적으로 운영되면서 제임스웹의 6.5m보다 더 큰 주경을 가진 우주망원경으로 더 높은 감도와 해상도를 확보하려는 야심찬 프로젝트들이 진행되고 있다. 아울러 전천 탐사(all-sky survey)와 같이 넓은 영역에 대한 탐사 관측을 위해 큰 주경을 가진 대형 우주망원경만이 아닌, 새로운 우주관측기술의 적용을 통해 효과적인 관측을 수행하고자 하는 과제도 중요할 것이다.

더 높은 해상도와 감도를 가진 우주망원경을 활용하면 외계행성에 대한 직접적인 관측과 동시에 외계행성에서의 생명체 관련 신호를 보다 다양하게 탐지할 수 있을 것으로 보이며, 은하들의 별이 생성되는 영역 및 행성계에 대한 보다 자세한 정보를 확보하고 암흑시기의 초기 우주에 있는 천체들의 특성을 살펴볼 수 있을 것이다. 또한, 최근 새로운 관측 영역으로 주목받는 중력파를 우주공간에서 관측하고자 하는 과제들도 기획되고 있어 우주를 관측하는 새로운 창에 대한 기대를 모으고 있다.



4 달 탐사 프로젝트 현황 및 동향

가. 주요 연구내용

1957년 구소련에서 발사된 우주선 ‘스푸트닉 1호(Sputnik 1)’가 지구를 공전하며 벌인 우주쇼는 인류 역사의 전환점이 된 주요 사건 중 하나이다. 이 사건을 계기로 미국과 소련의 경쟁이 지구 밖 우주에서도 벌어지게 되었고, 당연히 우주 개척 기술은 그 자체로 국가경쟁력 제고 및 강력한 무기 개발의 도화선이 되었다.

본격적인 우주 개척은 달 탐사로부터 시작되었다는 의견이 지배적이다. 달 주변을 공전하는 궤도선의 발사와 달 표면 착륙 임무 수행, 그리고 아폴로 우주선의 연이은 유인 달착륙 프로젝트가 성공하며 미국은 우주 개척 분야에서 압도적으로 앞서 나가기 시작했다. 심지어 미국은 달에서 총 380kg의 월석을 가지고 와서 연구에 활용하였으며 일부는 전 세계 모든 국가에 나누어주는 여유를 보이기도 했다. 그리고, 1990년대 말까지 더 이상 달을 방문하지 않았다. 몇 번의 방문을 통해 달에 대해 거의 모든 것을 알게 되었다고 생각했기 때문이다.

하지만 이후 망원경 관측 및 인공위성을 이용한 달 궤도에서의 연구를 통해서 완전히 새로운 정보들을 얻게 된다. 인간을 비롯한 생명체들의 생존에서 가장 중요한 물이 달에도 존재한다는 사실이 확인된 것이다. 달에 물이 존재한다면 장기 거주 가능 기지를 건설할 수 있고, 심우주 탐사의 전초기지로도 사용될 수 있다. 또한 정부만이 아닌 민간의 참여를 통해서도 새로운 경제 산업을 만들어낼 수 있는 가능성도 생긴다.

이뿐만이 아니다. 우주산업이 향후 수십 년 내 기하급수적으로 성장할 가능성이 높아지면서 누가 이 산업을 주도할 것인가가 새로운 관심사가 되고 있다. 특히 미국과 러시아, 그리고 유럽이 주도하던 우주 개척에 아시아 국가들이 참여하고 있고 한국도 그 축의 하나가 되고 있다. 주목할 점은 우리나라 최초의 달 궤도선인 다누리호가 성공적으로 발사되어 지금 달로 비행하고 있다는 것이다. 다른 우주 선진국에 비해 늦은 감은 있지만, 그 격차를 좁히기 위한 많은 노력들이 이루어지고 있다. 특히 다누리호를 시작으로 본격적인 우주 개척 시대에 합류함으로써 새로운 길을 만들어가게 될 것으로 기대된다.

나. 달 탐사 현황 및 동향

달 탐사 초기에는 달 표면의 정보를 확보하는 것이 최우선이었던 만큼 달 탐사를 수행할 수 있는 제반 기술 확보가 가장 중요한 목표였다. 아폴로 프로젝트의 경우도 과학 임무를 수행할 수 있는 기기를 달 표면에 배치한 바 있다.

2000년대 이후부터는 달 탐사에 대한 관심이 국제화되면서 달을 우주탐사의 전진기지로 활용하기 위한 목표가 수립됐다. 현재는 자원 탐사 및 활용 등에 초점을 맞춘 프로젝트가 새롭게 진행되고 있으며, 우리나라도 역시 이 같은 세계적 추세에 발맞추어 달 탐사선에 5종의 과학탐재체 및 1종의 기술 탐재체를 설치하는 등 다양한 탐사 임무를 수행할 예정이다.

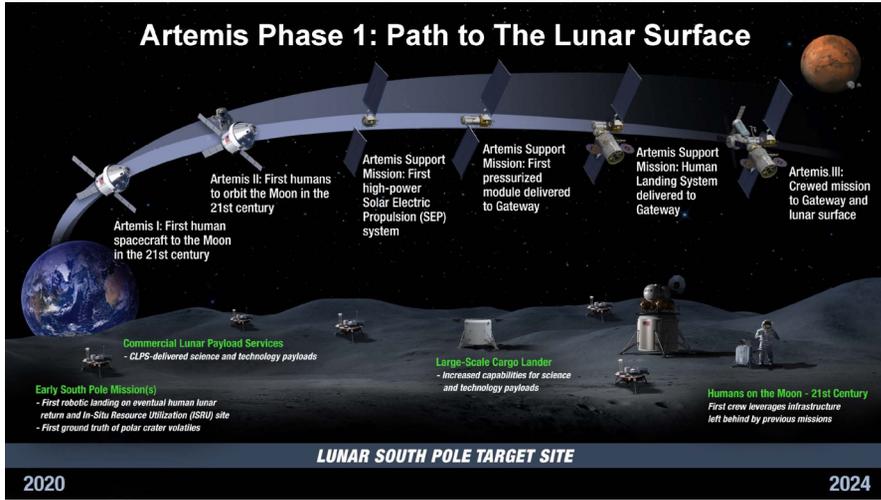
다. 달 탐사 관련 미래 전망

현재 시점에서 달 탐사의 특징을 요약해 보면 △다국가 참여 △민간 참여를 넘어 민간 주도의 달 탐사 △인류의 활동 영역을 우주로 확장하는 데 있어서 가장 중요한 대상 △달에서 인간의 장기 거주가 가능한 지하자원 확보 △국제협력을 통한 임무 수행 등 대략 5가지로 정의할 수 있다.

이를 보다 구체적으로 살펴보면 미국 주도의 아르테미스(Artemis) 프로젝트로 모아진다. 아르테미스 프로젝트는 총 3단계로 추진되는데, 2022년 현재 진행 중인 1단계 과제에서는 달 착륙 임무의 기본 개념과 발사체, 그리고 유인 모듈에 대한 기술적 내용이 검토된다. 이어서 진행되는 2단계에서는 우주인이 탑승해서 달 궤도를 공전한 후 귀환하는 임무를 진행한다. 달 착륙을 제외한 모든 과정을 사전에 검증해서 이를 최종 아르테미스 프로젝트 3단계에 적용하게 된다. 마지막으로 3단계는 달 남극에 여성 우주인을 포함한 2인 이상의 우주인을 착륙시켜서 미래에 달을 어떻게 활용할 수 있는지에 대한 가능성을 확인하는 것이 핵심이다.

궁극적으로 아르테미스 프로젝트가 3단계까지 성공하게 되면, 단지 인간이 다시 달 표면에 착륙했다는 의미가 아니라 달을 완전히 새로운 관점으로 활용할 수 있는 기술적 요건의 완성되는 것이다. 특히 물을 포함하여 다양한 자원이 부존하고 있을 것으로

그림 11 아르테미스 프로젝트 추진 계획

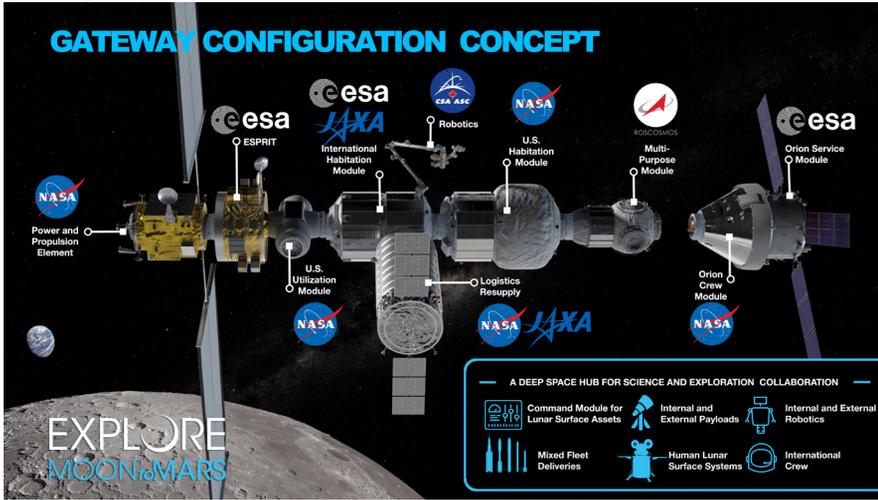


출처 : NASA

예상되는 달의 극지역을 탐사하기 때문에 장기적으로 해당 지역에서 장기거주할 수 있는 토대가 마련될 것이고, 동시에 다수의 민간업체가 참여하게 되어 우주산업 분야에 있어서 새로운 패러다임이 펼쳐질 것으로 예측된다.

한국은 이제 달 궤도선 한 대를 달에 보낸 상황이지만, 조만간 궤도선뿐만 아니라 다양한 착륙선 임무가 달 표면에서 진행될 예정이다. 그리고 대부분의 임무는 민간에서 개발한 발사체와 착륙선이 수행하게 될 것이다. 이에 참여하는 민간기업도 다양해지고 있으며, 우리나라 기업들의 참여 노력도 진행 중에 있다.

한편 달 자체가 탐사 및 거주 대상이 되는 면도 있지만 달 표면, 주위 공간을 이용한 심우주 탐사의 입구가 될 것으로 예상되는데, 게이트웨이(Gateway) 프로젝트가 바로 그것이다.



출처 : NASA

게이트웨이는 NASA가 유럽과 캐나다, 그리고 일본 등과 함께 2025년부터 순차적으로 달 궤도에 건설할 소형 우주정거장을 말한다. 달을 오가는 우주비행사와 우주선뿐만 아니라 화성 유인탐사 등에서도 전진기지로 활용될 예정이다. 게이트웨이 우주정거장은 달 주변 공간에 국제우주정거장과 유사한 구조물을 건설해서 한편에서는 지구와의 교통, 다른 한편에서는 달 표면에 건설되는 장기 거주 시설과의 상호 연락, 그리고 이곳을 거점으로 삼아 심우주 탐사를 주도해 나갈 수 있는 토대를 만드는 것이 목적이다. 이와 같이 다양한 목적을 가진 우주정거장이지만, 우선은 인간이 화성을 직접 탐사할 수 있는 전초 기지가 될 것으로 전망되고 있다.

왜 화성을 위한 전초기지로 삼으려는 것일까? 가장 큰 이유는 화성까지의 비행에 최소 6개월이라는 오랜 시간이 소요된다는 점 때문이다. 지구에서 발사체 단일 발사를 통해 인간이 화성이 직접 도착하기는 어렵다. 장시간 생존과 임무수행을 위해서는 많은 양의 물자가 필요한데 이러한 물자를 단 한 번의 발사로 충당할 수 없기 때문에 적당한 곳에 물자를 모아두고 이를 이용할 수 있어야 한다. 게이트웨이 우주정거장같은 유인 심우주 탐사의 기착점이 필요한 이유다.

이렇게 우주를 향한 인류의 발걸음이 점차 빨라지고 있으며, 우리와 가까이 있는 달을 향한 새로운 도전이 진행 중에 있다. 이제 막 우주탐사에 본격적으로 합류하고 있는 우리나라 역시 이러한 세계적 조류에 동참해야 한다. 이는 단순히 지적 호기심의 충족 차원이 아니라 우리의 미래와도 직결된 흐름이기 때문이다.

5 소행성 탐사 프로젝트 현황 및 동향

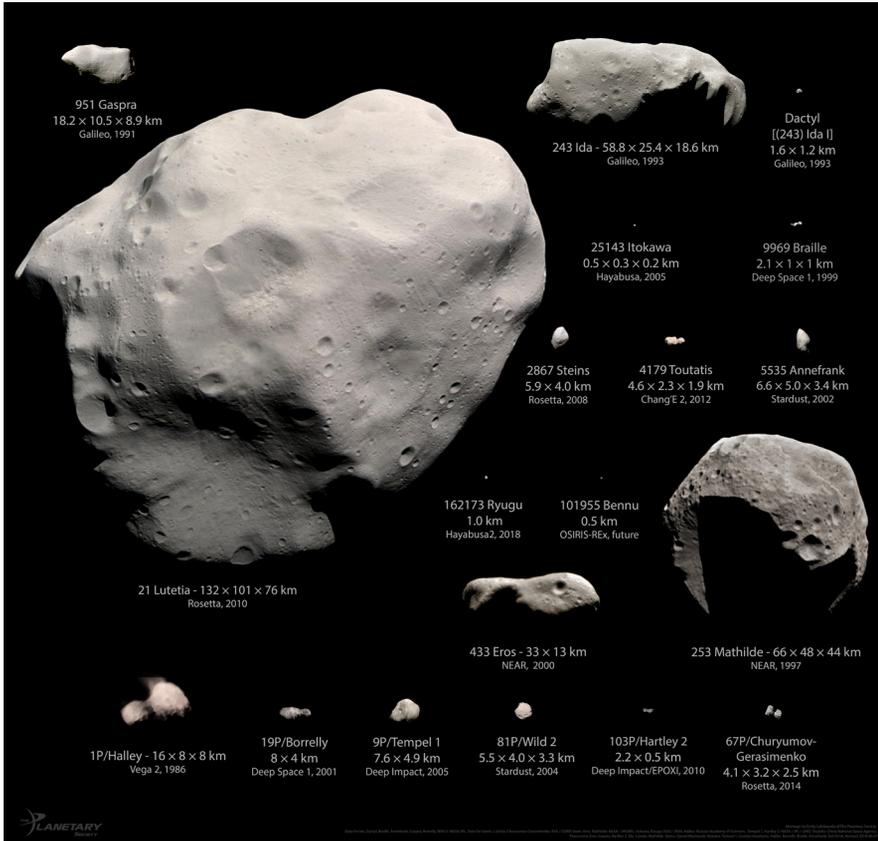
가. 주요 연구내용

소행성은 태양계가 처음 만들어졌을 당시 물질들이 변하지 않고 그대로 남아 있는 것으로 여겨지고 있는 천체이며, 태양계를 이루는 가장 기본적인 구성요소(building block)라고 불린다. 따라서 소행성은 태양계의 화석이라고 할 수 있을 정도로 귀중한 과학적 연구 가치를 지니고 있다.

소행성은 대부분 화성과 목성 사이에 있는 소행성대에 존재하는 것으로 알려져 있다. 지구 공전궤도 근처만 해도 2022년 12월 현재까지 약 3만 개가 넘는 소행성을 발견했다. 이렇게 지구 근처에 존재하는 소행성들을 근지구 소행성(NEA, Near Earth Asteroid)이라고 하는데, 대부분의 근지구 소행성 궤도는 지구공전궤도와 교차하기 때문에 지구와의 충돌 가능성이 존재하며, 실제로 소행성의 충돌은 인류에게 큰 위협이 되기도 한다.

반면에 이들은 지구의 공전궤도와 유사한 궤도를 갖고 있어서 탐사선이 적은 연료만 가지고도 접근하기에 상대적으로 용이한 장점을 갖고 있다. 이런 장점을 이용하여 NASA와 JAXA 같은 우주개발 선도기관들은 근지구 소행성을 대상으로 동행비행(rendezvous)을 하거나 시료를 채취하여 귀환하는 탐사 임무를 수행했고, 앞으로 더 많은 계획을 진행한다는 계획이다. 뿐만 아니라 근지구 소행성들은 이미 자원이 고갈되기 시작한 지구를 대신하여 미래의 우주자원 공급 역할을 맡을 대안으로 떠오르고 있다.

그림 13 탐사선이 방문한 소행성과 혜성의 모습



출처 : NASA / JPL / JHUAPL / SwRI / UMD / JAXA / ESA / OSIRIS team / Russian Academy of Sciences / China National Space Agency

나. 소행성 탐사 현황 및 동향

인류의 소행성 탐사는 1996년 최초로 발사된 근지구소행성 에로스(Eros)와 동행비행에 성공한 미국 NASA의 니어-슈메이커(NEAR-Shoemaker) 탐사선으로부터 시작한다. 일본 JAXA의 하야부사 탐사선은 2005년 소행성 이토카와(Itokawa) 표면에 착륙하여 세계 최초로 소행성 표면으로부터 시료를 채집하여 지구로 귀환하는데 성공했다. 하야부사-2호의 경우 소행성 류구(Ryugu) 표면에 2차례나 착륙하였고 최초로 소행성에 인공 충돌구를 만드는 실험을 성공하기도 하였다. <표 1>은 현재 진행 중이거나 계획 중인 소행성 탐사임무를 나타내고 있다.

표 1 해외 소행성 탐사 동향

탐사선	국가 (발사시기)	소행성 궤도상 분류	임무		임무 기간	
오시리스-렉스 (OSIRIS-REx)	미국 (2016년)	• 근지구 소행성 • 지구위협 소행성	시료 귀환	소행성 '베누' 표토 채취 후 2023년 지구로 귀환	7 years	진행중
다트 (DART)	미국 (2021년)	• 근지구 소행성 • 지구위협 소행성	충돌	2022년 9월 27일, 지구 근접하는 쌍소행성과 충돌하여 소행성의 궤도를 변경	11 months	종료
루시 (Lucy)	미국 (2021년)	• 소행성대 소행성 • 목성 트로이군 소행성	다중방문 및 근접통과 비행	소행성대 소행성 1개와 목성의 트로이군 지역에 있는 소행성 5개를 근접통과 비행하면서 연속으로 탐사할 예정	12 years	진행중
사이키 (Psyche)	미국 (2023년)	• 소행성대 소행성	궤도선	소행성대에서 크기 기준으로 10대 소행성 중 하나인 '사이키'를 직접 탐사 (특히 경제적 가치에 대한 정밀 탐사)	Cruise: 3.5 years Science: 21 months in or bit(2026-2027)	계획
데스티니 플러스 (DESTINY+)	일본 (2024년)	• 근지구 소행성 • 지구위협 소행성	근접통과 비행	소행성 '파에톤'에 근접통과 비행하며 촬영	≥4 years cruise: ≈2 years	
징허 (ZhengHe)	중국 (2024년)	• 근지구 소행성	시료 귀환	소행성 'Kamo'oalewa' 표토 채취 후 지구 귀환	10 years	

출처 : 한국천문연구원

소행성 탐사 임무와 관련하여 최근 가장 화제가 되고 있는 뉴스는 지난해 발사된 다트(DART) 탐사선이다. 다트는 폭발물을 탑재하지 않은 500kg 정도의 작은 우주선으로서 한국시간으로 2022년 9월 27일 오전 8시 14분 지구에 근접하는 쌍소행성에 충돌하였다. 쌍소행성은 '디디모스(Didymos)'와 디디모스의 위성인 '디모포스(Dimorphos)'를 가리킨다.

다트 탐사선이 일부러 디모포스와 충돌한 이유는 미래에 지구를 위협할 수 있는 소행성과 충돌해 그 궤도를 변경할 수 있는지를 테스트하려는 것이다. 언제든지 지구를 위협할 수 있는 소행성의 궤도를 변경하려는 인류 최초의 실험으로서, 향후 소행성과의 충돌 위협으로 부터 지구를 방어하는 방법 중 하나가 될 수 있다는 것이 전문가들의 의견이다.

소행성 탐사는 닥트의 경우처럼 인류의 안전을 지키기 위해 추진하기도 하지만, 태양계 최초 생성물질을 함유하는 화석으로서 태양계 탄생의 비밀을 풀기 위한 과학 연구 목적으로도 진행되고 있다. 과거 일본의 탐사선인 하야부사호가 두 번이나 소행성과 동행비행을 하면서 시료를 채취하여 지구로 가져온 일이나, 미국의 탐사선인 오시리스렉스호(OSIRIS-REx)가 소행성 베뉴(Bennu)를 탐사하여 오는 2023년에 귀환하는 프로젝트 등이 그것이다.

한편, 인류의 안전을 지키고 태양계의 생성 원리를 파악하는 것 외에도 경제적인 목적만을 가지고 탐사를 진행하는 사례도 늘고 있어 관심이 모아지고 있다. 지난 2020년 미국의 민간 우주연구기관인 사우스웨스트연구소(SWRI)는 화성과 목성 사이의 소행성대에서 금속으로만 형성된 소행성 '16 사이키'를 두고 미래자원으로서의 가치가 매우 뛰어나다고 밝힌 바 있다. 얼음이나 비금속 암석이 아닌 철과 니켈로만 이뤄진 이 소행성이 많은 관심을 끈 이유는 전 세계 총생산(GDP)의 7만 배에 달하는 가치의 광물이 저장된 소행성이기 때문이다. 이를 현재의 금액으로 환산하면 1만쿼드릴리언(10^{19}) 달러로서 쉽게 상상이 가지 않는 천문학적인 규모다.

다. 소행성 탐사 관련 미래 전망

소행성은 니켈과 철, 그리고 희토류 등 경제적 가치가 높은 광물을 보유하고 있는 우주 자원의 보고다. 유럽의 작지만 강한 나라 룩셈부르크의 경우, 소행성에서 미래 우주자원의 가능성을 높이 보고 관련 기술과 법, 그리고 정책 등의 변화를 적극적으로 준비하고 있을 정도다. 시장분석 전문업체 비즈니스 인사이더(Business Insider)에 따르면 태양계의 소행성에 매장된 광물의 경제적 가치는 소행성에 따라 수백 경 달러에 이르는 것으로 보고되고 있다.

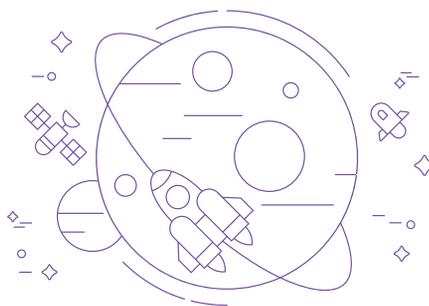
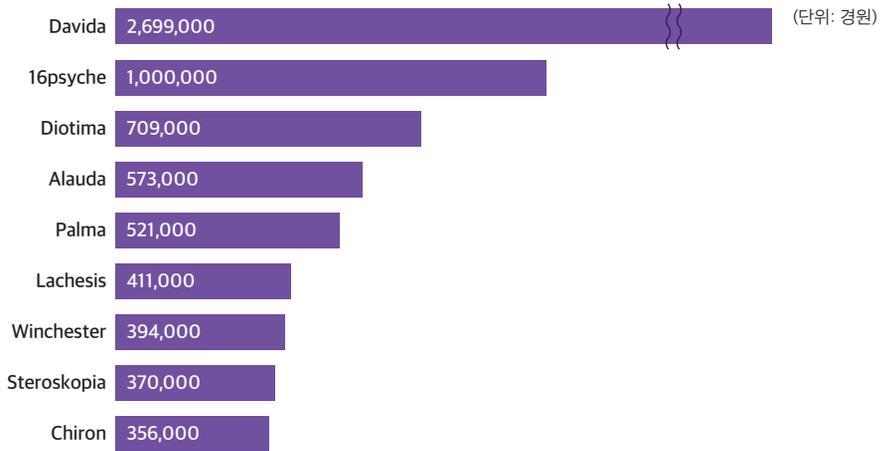


그림 14 매장된 광물을 기준으로 한 주요 소행성의 경제적 가치

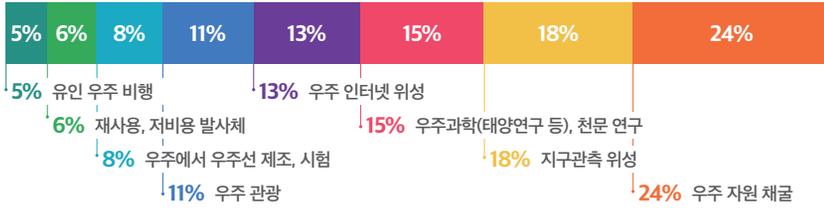


출처 : Business Insider

주요 우주 선도국과 뉴스페이스 기업은 우주자원의 미래 경제적 가치를 고려해 소행성에 대한 과학탐사와 채굴 및 현장 활용 기술 개발을 추진 중이다. 기존 우주산업은 정부 주도의 위성, 우주탐사, 지상장비, 발사체 산업으로 구성되었으나, 민간업체가 정부 역할을 대체하는 뉴스페이스 산업으로 변화하고 있다. 특히 우주 현지 자원의 활용은 정부와 민간기업 모두에게 다양한 기회를 제공할 것으로 기대되며, 달이나 소행성에 존재하는 자원의 양은 매우 매력적이어서 잠재적인 상업화에 대한 가능성이 지속적으로 제기되고 있다.

또한 2022년 국가우주정책연구센터에서 발행한 글로벌 이슈리포트에 따르면 우리 국민은 우주개발이 미래 국가발전에 중요한 역할을 할 것으로 예상했는데, 흥미로운 점은 특히 미래에 가장 중요한 분야로 우주자원 채굴(24%)을 지목했다는 사실이다. 소행성에서 광물을 활용하는 방법은 미국의 여러 민간기업들 위주로 아직 개념설계 단계로 진행하고 있기는 하지만, 주요 우주 선도국과 뉴스페이스 기업은 우주자원의 미래 경제적 가치를 고려해 소행성에 대한 자원탐사와 채굴 및 현장 활용 기술 개발을 추진 중이다.

그림 15 미래 우주분야 중요도 대국민 설문조사



출처: 국가우주정책연구센터

II

우주 개척을 위한 정책 제언



우리나라 우주 탐사의 현주소를 한마디로 표현하자면 ‘조바심’과 ‘두려움’이라는 ‘양면성’을 갖고 있다고 할 수 있다. 조바심은 우주 개척 시장에 일찌감치 뛰어든 선진 국가 및 달 탐사에 성공한 주변 아시아 국가를 보며 경쟁에서 뒤처지고 있는 것이 아닌가 하는 염려 때문에, 두려움은 지금까지 전혀 수행해 보지 않았던 최첨단 산업을 독자적으로 추진해야 한다는 부담감 때문에 생겨난 것이라 볼 수 있다.

문제는 우주 개척 분야가 과거 우리 국민이 성공적으로 추진했던 수많은 산업 분야들과는 사뭇 다른 양상을 띠고 있다는 점이다. 지금까지 우리나라가 성공적으로 이룩한 산업 분야는 특정 기술을 바탕으로 우수한 품질을 가진 제품을 잘 생산하기만 하면 됐다. 그러나 우주 개척 산업은 제조 과정만을 기반으로 하는 것이 아니라, 그 나라가 갖고 있는 과학적 지식과 수준 높은 기술이 융합되어야만 비로소 발전할 수 있기 때문이다.

이런 특성 때문에 일정 규모 이상의 국가경쟁력을 갖고 있는 나라들만이 우주개발에 나서고 있는 추세이다. 물론 우주 개척 산업에 뛰어든 국가들 가운데는 미국의 사례처럼 민간산업으로 확대되고 있는 경우도 있지만 대부분의 국가들은 정부가 주도하면서 민간기업들의 참여를 장려하고 있는 것이 현실이다.

따라서 우리나라는 우주 개척 분야에서 비록 후발주자이기는 하나 높아지고 있는 국가경쟁력을 바탕으로 정부와 민간이 힘을 합쳐 추진하는 ‘올드스페이스’와 ‘뉴스페이스’의 협력 모델이 가장 바람직한 방향이라고 여겨지고 있다. 이를 위해 이번 차세대리포트 발간에 참여한 전문가들은 전략 수립과 기술 개발, 그리고 국제 협력과 관련된 제언을 통해 ‘한국형 스페이스’ 모델을 추진해 나아가야 한다고 제언했다.



1 전략 수립

정부와 민간기업, 그리고 학계가 힘을 합쳐 지속 가능한 경쟁력을 확보하기 위한 전략을 마련해야 한다.

우리나라의 대표적인 우주 개척 전략으로는 제3차 및 제4차로 이어지는 우주개발진흥기본계획을 꼽을 수 있다. 지난 2018년에 시작되어 올해 말인 2022년에 종료되는 제3차 우주개발진흥기본계획에는 달 탐사를 통해 축적된 기술 및 경험을 활용하여 오는 2035년까지 소행성 시료 귀환선을 자력으로 발사하는 것을 목표로 하는 내용이 담겨 있다.

표 2 제3차 우주개발진흥기본계획에 명시된 소행성 탐사 관련 내용

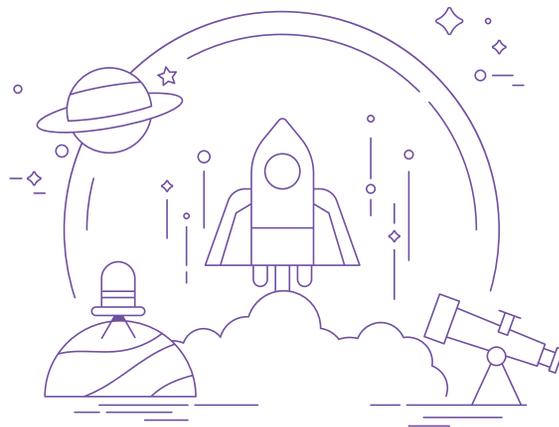
- **행성탐사** [1단계] 달궤도선, [2단계] 달착륙선, [3단계] 소행성 귀환선
- **행성과학** 유관 출연(연) 사업을 활용한 달, 소행성 자원(시료) 채취 및 현지자원 활용
- **소행성 연구** 미래 에너지 및 광물자원 활용 가능성이 높은 소행성 탐사를 통한 과학연구, 지구충돌 위험 대비 및 희토류 활용연구 추진
- **초소형위성 활용** 소행성과 화성, 해성 등에 대한 경제적인 탐사 추진
- **국제협력 활용** 해외 소행성 또는 화성 탐사선에 국내 초소형 위성 탑재
- **다자협력 SSA** (우주상황인식) 국제사회 역할 강화

올해 우리나라는 누리호 자력 발사와 다누리 달 탐사선 궤도 비행을 통해 독자적인 우주 개척 능력을 과시했다. 따라서 앞으로는 경쟁력 있는 자력 발사 능력 확보와 우주탐사 역량 강화를 위해 지속적인 정부 지원 방안과 민간 투자 유치 정책을 제4차 국가 우주개발진흥기본계획에 담아야 하는 상황이다.

예를 들어 소행성 시료귀환 임무를 성공적으로 수행하기 위해서는 소행성과 동행비행, 그리고 심우주통신 및 지구대기권 재진입 등 사전에 선행되고 검증되어야 하는 기술들이 많이 요구된다. 대부분의 태양계 탐사 임무가 근접비행(fly-by)과 동행비행, 그리고 착륙 및 시료 귀환의 순서로 진행되는 것도 같은 이유다. 이 중에서 소행성 동행비행 임무는 기술경험 축적을 위한 활동으로 반드시 필요하기 때문에 올해 말 2022년 말 발표될 것으로 보이는 제4차 우주개발진흥기본계획에 소행성 동행비행 임무가 포함되어야 하는 점을 제언한다.

또한 우주 개척 분야 선진국들과의 격차를 해소하기 위해서는 위성이나 발사체처럼 우주 활용에 대한 수요를 철저히 분석할 필요가 있다. 예를 들면 규모의 대형화를 통한 경쟁보다는 실속있는 첨단 우주기술을 경제성 있게 확보할 수 있도록 민간업체들의 주도적인 참여를 독려하거나 정책사업을 통해 구축한 인력 및 시설 기반을 적극적으로 지원하여 우주 개척 산업이 활성화될 수 있는 정책을 펼쳐야 하는 것이다.

특히 날로 치열해지고 있는 국가 간 우주 개척 경쟁에서 승리하기 위해 정부와 산업계, 학계가 힘을 합쳐 정책적 지원 및 저비용 첨단 기술 개발, 그리고 우주분야 인재 양성 등 지속 가능한 경쟁력을 확보하기 위한 전략 마련에 대해 머리를 맞대고 고민할 필요가 있다.





2 기술개발

우리나라가 후발주자인 만큼 우주 개척에 필요한 도구 개발에 집중해야 한다.

우주 개척을 가능하게 만드는 방법들 가운데 중요한 두 축은 ‘발사체’와 ‘탐재체’인데, 발사체의 경우 최근 들어 잇따른 성공으로 인해 어느 정도 일정 수준에 올라왔다는 평가를 받고 있다. 반면에 탐재체의 대명사인 우주망원경 같은 경우는 우리나라가 선진 국가들에 비해 경쟁력이 부족한 것이 사실이다. 우주망원경은 우주 개척 역사에 있어서 가장 선도적인 역할을 해왔기 때문에 지금도 선진 각국들을 중심으로 아낌없는 투자가 이루어지고 있다.

특히 우주망원경 개발 과정에서 파생된 기술들은 인공위성을 운용하는 시스템에도 적용되어 재난 예방 및 국가 방위와 같은 필수 업무에도 활용할 수 있기 때문에 보다 집중적인 기술 개발이 필요한 상황이다. 일례로 국내 연구진도 참여하고 있는 스피어엑스(SPHEREx) 우주망원경 프로젝트에서는 적외선 관측을 위해 별도의 냉각장치 없이 복사냉각만으로 천체를 탐사하고 장비 수명을 늘릴 수 있는 것과 같은 창의적인 우주관측기술들의 개발이 추진되고 있기도 하다.

이 외에도 몇 가지 개발 가능한 우주 관측기술들을 살펴보면 △우주관측에 특화된 국내 위성체 성능 향상 기술 개발 △우주에서의 저잡음 센서 구동을 위한 검출기 구동 기술 개발 △심우주 관측용 우주 분광기술 개발 등을 들 수 있다.

아직 국내 중대형 위성은 지상 관측에 집중되어 개발되었기 때문에, 우주관측을 위해서는 정밀 자세제어와 같이 위성체 성능이 필요하다. 특히 미터급 주경의 우주망원경에서 정밀한 자세 정보를 획득하기 위한 초점면 별 센서를 포함한 자세제어 기술이 대표적으로 개발되어야 할 위성체 기술이다. 또한, 우주에서는 어두운 신호 감지를 위해 소음이 최소화되어야 하는데, 이를 위한 하드웨어 기술과, 여러 천체를 한꺼번에 분광하여 자세한 분광 정보를 제공받을 수 있는 우주관측기술 등은 우주망원경 탐재체에 반드시 필요한 기술들로 꼽히고 있다.



3 국제협력

국제사회와의 협력과 경쟁을 통해 인류 공동번영에 이바지해야 한다.

우주 개척은 다양한 분야, 그리고 많은 전문가들 간 협력과 지식 공유가 필요하다. 우주 개척 분야에서 가장 막강한 역량을 가지고 있는 미국도 국제협력을 중요시하고 있다. 전 세계에서 가장 많은 인력과 기술을 보유하고 있는 미국이 국제협력을 중요시하는 것은 국제협력을 통해 얻게 되는 이득이 매우 크기 때문이다.

최근 미국은 1970년대 아폴로 프로젝트 이후 50여 년 만에 다시 시작되는 유인 달 탐사 프로젝트인 '아르테미스 계획'을 진행하면서 국제협력 원칙인 아르테미스 약정을 수립하였다. 아르테미스 약정에는 달을 비롯하여 화성 및 소행성 등에 대한 평화적 목적의 탐사와 이용 원칙, 국가 간 협력에 관한 내용 등을 담고 있다.

우리나라는 2021년 5월 아르테미스 약정에 가입하게 되면서 열 번째 참여국이 되었다. 이는 달 탐사를 위한 국제적 협력관계에 참여함으로써 우리나라의 우주분야도 국제사회의 큰 흐름에 진입했다는 큰 의미를 갖는다. 이와 관련하여 지난 8월 성공적으로 발사된 우리나라 최초의 달 궤도선 다누리(KPLO)는 나사(NASA)와의 협력을 통해 개발되었으며, 다누리에 탑재된 나사(NASA)의 영구음영지역 카메라는 아르테미스 미션의 착륙 후보지 탐색 등을 통해 아르테미스 프로젝트에 기여하게 될 예정이다.

우리나라는 지난 수십 년간 우주탐사와 개발을 위한 기술력 강화에 힘을 쏟아왔다. 그러나 우주분야의 특성상 개별 국가의 노력과 도전만으로 경쟁력을 높여가는 데에는 한계가 있다. 때문에 국제사회의 공동 목표 달성을 위한 협력을 통해 또 다른 차원의 도약을 이루어 가야 한다. 따라서 우리는 국제사회와의 활발한 협력과 경쟁을 통해 인류 공동번영에 이바지하는 동시에 우주분야의 경쟁력을 높여갈 수 있는 전략을 바탕으로 우리의 미래 세대가 세계로, 그리고 우주로 나아갈 수 있는 토대를 마련해야 할 것이다.



이번 차세대리포트는 우리나라의 취약한 분야 중 하나로 꼽고 있는 우주분야에서 ‘우리도 할 수 있다’라는 자신감과 희망을 보여주기 위해 마련됐다. 사실 전 세계 경제에서 차지하는 비중이나 첨단산업에 투자하는 규모에 비해 우리나라의 우주분야는 상대적으로 뒤처졌던 것이 사실이다. ‘올드스페이스에서 뉴스페이스로’라는 멋진 캐치프레이즈는 소위 우주개발 강국이라고 자부하는 몇몇 국가에만 해당되는 표현인 줄로만 알았던 것도 사실이다.

그런데 올해, 우리로 하여금 그러한 고정관념을 떨쳐 버릴 수 있게 해준 역사적인 일들이 일어났다. 바로 국내 연구진이 독자적으로 개발한 누리호와 다누리호가 잇달아 발사에 성공했기 때문이다. 우주분야의 발전을 위해 오랜 시간 쏟아온 노력들이 결실을 맺게 되면서, 비로소 ‘우주탐사 7대 강국’이라는 자부심을 얻을 수 있게 되었다.

문제는 지금부터다. 누리호와 다누리호의 잇단 성공으로 얻은 자긍심과 성과를 계속해서 이어가려면 현재 국내와 해외의 우주분야 수준을 냉철하게 분석하고 앞으로 펼쳐질 우주분야의 미래를 조망하는 것이 무엇보다 필요하다. 그런 점에서 이번 보고서에서는 분야별 전문가들의 시각에서 국내·외 우주분야의 현황을 파악하고, 미래에 필요한 기술을 예측해 보는 내용을 담고자 노력했다.

또한 이를 실현하기 위해서는 다양한 정책적 지원도 제공되어야 하는 만큼, 국내 우주분야의 발전을 위해서 어떠한 정책적 방향이 필요한지에 대한 전문가들의 목소리를 함께 담았다. 특히 본격화되고 있는 우주개척과 관련하여 이번 차세대리포트가 국민들에게 많은 정보와 관심을 가져다주기를 기대한다.

차세대리포트

- 2018 젊은 과학자들을 위한 R&D 정책은 무엇인가(上)
젊은 과학자들을 위한 R&D 정책은 무엇인가(下)
과학자가 되고 싶은 나라를 만드는 방법
영아카데미, 한국 과학의 더 나은 미래를 위한 엔진
10년 후 더 건강한 한국인을 위해 필요한 과학기술은 무엇인가?
- 2019 머신러닝, 인간처럼 보고 생각하고 예측하라
수소사회, 과학기술이 만들어가는 미래
양자기술, 과학은 끝없이 증명할 뿐이다
- 2020 뉴로모픽칩, 인간의 뇌를 담은 작은 반도체
대학의 미래, 젊은 과학자의 시선으로 바라보다
암과의 전쟁, 정복을 향한 꿈의 치료법
디지털 헬스케어, 건강관리의 새로운 패러다임
- 2021 자율주행, 그 이상의 모빌리티 생각하는 자동차
젊은 과학자의 눈으로 바라보다, 과학기술 2050
학령인구 절벽시대를 마주하다, 대학이 나아갈 길
새로운 팬데믹, 어떻게 준비해야 할까?

한국과학기술한림원은,

대한민국 과학기술분야를 대표하는 석학단체로서 1994년 설립되었습니다. 1,000여 명의 과학기술분야 석학들이 한국과학기술한림원의 회원이며, 각 회원의 지식과 역량을 결집하여 과학기술 발전에 기여하고자 노력해오고 있습니다. 그 일환으로 기초과학연구의 진흥기반 조성, 우수한 과학기술인의 발굴 및 활용 그리고 정책자문 관련 사업과 활동을 펼쳐오고 있습니다.

한림석학정책연구는,

우리나라의 중장기적 과학기술정책 및 과학기술분야 주요 현안에 대한 정책자문 사업으로 한국과학기술한림원 회원들이 직접 참여함으로써 과학기술분야 및 관련분야 전문가들의 식견을 담고 있습니다. 한림연구보고서, 차세대리포트 등 다양한 형태로 이루어지고 있으며 국회, 정부 등 정책 수요자와 국민들에게 필요한 정보와 지식을 전달하기 위하여 꾸준히 노력하고 있습니다.

한국과학기술한림원 더 알아보기

- 홈페이지 www.kast.or.kr
- 블로그 kast.tistory.com
- 포스트 post.naver.com/kast1994
- 페이스북 www.facebook.com/kastnews

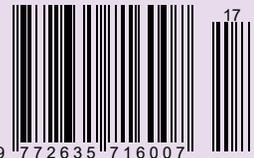




KAST 한국과학기술원
The Korean Academy of Science and Technology

(13630) 경기도 성남시 분당구 돌마로 42

Tel 031-726-7900 **Fax** 031-726-7909 **E-mail** kast@kast.or.kr



9 772635 716007

ISSN 2635-716X

17