한림연구보고서 153
KAST Research Report 2024

우주항공청의 성공적인 출범을 위한 제안: 천문우주 과학연구의 중요성

Suggestions for a Successful Launch of Korea AeroSpace Administration: The Importance of Astronomical and Space Science Research

KAST 한국과학기술한림원
The Korean Academy of Science and Technology

우주항공청의 성공적인 출범을 위한 제안: 천문우주 과학연구의 중요성

Suggestions for a Successful Launch of Korea AeroSpace Administration: The Importance of Astronomical and Space Science Research

연구위원장

황호성 한국차세대과학기술한림원 회원, 서울대학교 교수

연구위원

김은혁 한국항공우주연구원 책임연구원
류동수 한국과학기술한림원 정회원, UNIST 교수
박명구 경북대학교 교수
이형목 한국과학기술한림원 정회원, 서울대학교 교수
정웅섭 한국천문연구원 책임연구원
최영준 한국천문연구원 책임연구원

간사

심채경 한국천문연구원 선임연구원

요약문 Summary

우주항공청 설립은 대한민국의 우주 개발과 항공 기술 발전에 있어서 중요한 전환점이며, 우주항공의 컨트롤타워로서 관련 분야의 발전을 종합적·주도적으로 이끌어 가겠다는 국가적 의지의 표상이다.

성공적인 우주항공청 운영을 위해서는 산업적인 활용 측면뿐만 아니라, 아닌, 높은 수준의 우주 기술과 도전적인 과학 연구 주제들을 접목한 기초과학 연구의 방향성을 제시하는 것이 무엇보다 중요하다. 이를 통해 우주 개발의 혁신을 이룸과 동시에, 산업계로 파급하여 국가 경쟁력을 강화하며, 지속 가능한 우주 분야의 발전을 도모할 필요가 있다.

이를 위해서 우주항공청은 우리가 우주로 진출해야 하는 이유에 대한 나름의 장기적인 비전과 철학을 갖출 필요가 있으며, 특히 단순한 개발이나 단기적 경제 논리를 넘어서 기초과학 연구의 확장과 심화에 이바지할 뿐만 아니라, 산업 전반에 경제적, 기술적 파급을 통한 인류 복지의 증진을 강조해야 할 것이다.

우주 경제란 우주를 개척하고 연구하고 이해하고 관리하고 활용하는 과정에서 인류 전체에 대한 가치와 혜택을 생성하는 모든 종류의 활동과 재원의 활용이라고 할 수 있는데, 그 규모가 계속해서 커지고 있다. 실제로 세계 여러 우주 기관들은 과학적 발견과 탐사를 최우선 목표로 두고 이를 달성하기 위한 공학 및 기술적 혁신을 이루며 이 과정을 통해 우주 경제를 확장하고 있으며, 우리 대한민국 우주항공청도 우주 경제의 현실을 제대로 파악해서 그에 맞는 준비를 해야 한다.

우주항공청의 정책 및 임무 선정은 전문가 집단을 중심으로 상향식에 기반한 경쟁을 통해 진행되어야 한다. 이러한 방식에 따라 진행되면, 관련 분야 많은 이들의 지지와 협조를 받으면서 다양한 사업을 효율적으로 추진하는 체계를 갖추게 되는 장점이 있을 것으로 예상된다.

우주항공청의 성공적인 출범을 위한 제안: 천문우주 과학연구의 중요성

Suggestions for a Successful Launch of Korea AeroSpace Administration:
The Importance of Astronomical and Space Science Research

우주항공 관련 업무에서 국제협력은 다양한 이유로 필수적이기 때문에, 그 협력을 활성화할 방안을 갖추는 게 필요하다. 이를 위해 우주 탐사 임무 관련 장·단기 계획 수립, 국제 우주 탐사·개발 협력 회의체 참여 확대 및 수행 체계 구축, 국제협력 추진 실무진 구축 및 교육이 필요하다.

우주 관련 과학 연구를 위해서 수행하는 프로젝트들은 대부분 막대한 예산이 소요되고 개발 기간도 매우 길기 때문에 횟수 등이 극히 제한될 수밖에 없다. 따라서 임무 기획과 선정에서 최대한 관련 연구자 집단의 의지, 능력, 국가 경쟁력 등 다양한 측면에서 면밀한 검토가 필요하고, 연구 기관과 대학, 산업체의 유기적 협력이 매우 중요하다. 이를 위해서는 관련 학회를 중심으로 장기 계획을 수립하고, 우주항공청이 국내 기술이나 예산 현황을 반영하여 프로젝트의 우선순위를 정하는 것이 필요하며, 이렇게 결정된 임무는 학계와 산업계의 협력을 통해 적극적으로 추진해 나가야 할 것이다.

우주항공청의 성공을 위해서는 과학 연구와 관련한 다양한 시도와 투자가 필요하다. 특히 도전적 우주 관측 및 우주 기술개발을 위한 단계적 연구 개발 프로그램이 필요한데, 그중에서도 우주망원경을 위한 단계적이고 체계적인 연구 개발 프로그램 육성이 절실하다. 이와 동시에 우주과학 및 탐사 탑재체 개발 기초연구 기회 확대나, 우주과학 탐사 연구 생태계 기반 조성, 또 과학 자문 그룹의 운영도 필요하다. 또한 다른 나라의 우주 전담 기구와 달리 우리 우주항공청은 기존의 지상 관측 시설을 활용해 과학 연구를 수행 중인 한국천문연구원을 포함하는 기관인 만큼 지상 관측 시설 확대 추진도 동시에 이루어져야 한다. 이를 통해 대한민국은 우주 개발의 혁신을 이루고, 국가 경쟁력을 강화하며, 지속 가능한 발전을 도모할 수 있을 것이다.

목 차 Contents

표목차

그림목차

한림연구보고서 153

우주항공청의 성공적인 출범을 위한 제안: 천문우주 과학연구의 중요성

Suggestions for a Successful Launch of Korea AeroSpace Administration: The Importance of Astronomical and Space Science Research

I 우주항공청의 비전과 역할

I 우주항공청의 비전과 역할

01 우주항공청[1]의 비전: 우주로 가야 하는 이유

□ 우리나라의 헌법과 과학기술

- 헌법에서 과학기술의 목표
  - 제9장(경제) 맨 마지막 조항인 제127조에서 "국가는 과학기술의 혁신과 정보 및 인력의 개발을 통하여 국민경제의 발전에 노력하여야 한다"라고 규정하고 있음
  - 따라서 과학기술 영역에서 중장기적 비전과 철학보다는 기술 격차 해소를 통한 경제적 수익 창출이라는 비교적 단순한 목적을 가지고 투자를 해왔다고 할 수 있음
- 반면 대부분 선진국의 헌법에서 과학이라는 단어를 찾아보면, 과학의 자유 정도가 정의되어 있거나(스위스, 미국, 이탈리아 등) 경우에 따라 국가가 과학을 장려한다(스페인)는 정도인데, 우리나라처럼 경제 발전의 하위에 놓은 것은 매우 특이한 상황임
  - 우리와 비슷한 예로는 중국의 경우가 있어, 추격형 국가의 특징이라고 볼 수 있음
  - 이러한 헌법 조항은 우리나라 연구 개발 정책에 막대한 영향력을 발휘해 온 것으로 보이며 추격형에서 선도형 국가로 나가기 위해서는 인식의 전환이 필요함
- 우리나라의 과학 수준이 과거에 비해 매우 높아진 오늘날 단기적으로 경제 효과를 얻기보다는 장기적으로 국가의 경쟁력을 유지하기 위한 기초 연구를 장려하는 방향으로 바꾸는 것이 필요한 시점임
- 최근 발표된 제3차 우주 개발 중장기 계획이나 우주항공청 설립에 관한 특별법안이 과거의 관성에서 벗어나기 위해 우주 경제 실현을 전면에 내세우고 있으나 좀 더 근본적인 시각에서 접근할 필요가 있음
- 우주 선진국을 목표로 하는 우주항공청은 현재 표방하고 있는 목표보다는 더욱 근본적인 관점에서

1) 이 보고서는 우주항공청의 우주 담당 임무에만 초점을 둠.

앞으로 나아가야 할 방향을 정립해야 할 필요가 있음

- 이를 위해서는 우주 선진국의 사례를 자세히 살피고 대한민국 우주항공청의 자체적인 비전과 역할을 제시하여야 할 것임

□ 우주 선진국[2)]이란?

- 우주 선진국이 선진국인 까닭은 자국의 국익 증진뿐만 아니라 전 지구적 혜택과 함께 인류 지식의 지평을 넓히기 위해 우주 개발을 수행하기 때문임
- 예를 들어 미국 NASA(National Aeronautics and Space Administration)는 "모두에게 혜택이 돌아가도록 우주 비밀을 탐색하며(exploring the secrets of the universe for the benefit of all)", "인류를 위해 미지의 공간을 탐사하고 발견을 통해 세상에 영감을 제공한다(explores the unknown in air and space, innovates for the benefit of humanity, and inspires the world through discovery)"라는 것을 비전으로 제시하고 있음
- 특히 냉전이 최고조일 때 진행된 아폴로 탐사의 목적도 우주 영역에서 국익을 달성하는 기술개발 외에도 "과학적 탐구와 달이라는 우주 환경에서 작동할 수 있는 인간 역량 개발(carrying out a program of scientific exploration of the Moon, developing human capability to work in the lunar environment)"이라는 것을 명시적으로 제시함
- 우주 개발에는 많은 불확실성과 위험이 따르며 단기간에 실현하기 어려운 일이 많으므로 단계적이고 체계적인 접근이 필요함
- 또한 우주에서의 활동은 어느 국가의 영공에 국한되는 것이 아니고 전 지구의 상공에서 진행되기 때문에 국제적인 협력과 이해를 바탕으로 진행해야 함
- 우주 선진국은 대부분 경제·군사·사회 제반 측면의 강대국이기 때문에 자국의 이해관계를 넘어 글로벌 시각에서 우주 개발을 추진한다는 명분을 제시해 왔음
  - 이는 국익을 넘어선 인류 발전을 위한 우주 개발을 상상할 수 있을 때 우주 선진국이 될 수 있다는 의미이기도 함
- 우리도 이러한 이해를 바탕으로 장기적인 우주 개발 프로젝트를 추진하고 수행해야 할 것임

2) 각 나라마다 우주 전담 기구가 있음(예: 미국 – NASA, 일본 – JAXA, 중국 – CNSA, 유럽연합 – ESA, 캐나다 – CSA). 각 기구의 조직과 임무에 관한 자세한 설명은 다른 보고서(이형목 외, 2022; 김은혁, 2024)에서 다루고 있기 때문에 이 보고서는 과학 연구 내용에만 범위를 한정함.

□ 과학혁명의 경험

- 서구 사회에서 천 년 가까이 이어진 중세 시기에는 기술의 발전이나 과학적 지식의 규범이 변한 것은 거의 없었으나, 16세기 중반에 시작되어 약 150년간 이루어진 과학혁명은 인류의 모든 것을 단시간에 바꾸어 놓았음
- 과학혁명의 시작은 코페르니쿠스의 태양 중심설이었으며, 태양계 천체의 운행을 설명할 수 있는 뉴턴의 프린키피아에 의해 완성되었음
- 이는 기술과 아무 상관 없어 보이는 기초과학이 세상을 어떻게 변화시키는지를 보여주는 매우 중요한 사례임

□ 우주 개발과 기초과학

- 우주 개발의 역사에서 기초과학 연구는 우주의 이해에 기여할 뿐만 아니라 산업 전반으로 우주 기술이 확산될 수 있도록 핵심적인 역할을 해 왔고, 지금도 NASA의 가장 큰 역할은 기초과학 수행에 있음
  - 허블 우주망원경, 스피처 우주망원경, 제임스웹 우주망원경 등이 대표적임
- 일반 국민들은 기초과학의 성취에 매우 큰 자부심을 느끼게 되며, 이는 지속적인 연구의 확장과 심화를 위한 활동의 원동력이 됨
- 우주 탐사는 우주 생성 탐구 및 우주과학을 위한 지적 활동으로서 기본적으로 비경제적인 활동임
- 반면 좁은 의미의 우주 개발은 근지구 공간에서 경제적 목적을 달성하기 위한 우주 활동임
  - 우주 탐사 역시 새로운 기술개발을 전제로 하여 이루어지기 때문에 추가적인 파급 효과를 기대할 수 있음
- 과학혁명의 예에서 볼 수 있듯이 기초과학은 단기간에 기술로 직접 이어지지는 않지만, 지속적인 우주 관련 연구와 개발을 가능하게 해주면서 혁신을 만들어 내 왔음
  - 최첨단의 검출기 활용과 실용화(예: 스마트폰의 CCD·CMOS 카메라)
  - 정밀한 자료 처리(예: 전파간섭계 기술, WIFI 기술)
- 대부분의 기초과학 관련 연구는 국제협력을 통해 이루어지며, 이 과정에서 기술 교류가 활발히 일어남
- 우리나라 우주산업 생태계는 그 규모나 참여 기업의 역량에 있어서 미성숙 단계로 평가되고 있음
  - 정부가 공공 연구 개발을 통해 안정적으로 수요를 제공하고 기술을 이전함으로써 국내 우주산업의 규모를 확대하고 역량을 강화해야 하며, 기업의 자발적 투자와 기술혁신 등을 끌어낼 수 있는

법적·제도적 기반을 마련할 필요가 있음

- 공공 연구 개발에서 기초과학 연구는 우주 관련 수요를 안정적으로 창출해 낼 수 있으면서 혁신적인 기술로 이어질 수 있음을 인식할 필요가 있음

□ 주요국에서의 우주 관련 기초과학 연구의 예

- 달 탐사(미국, 구소련, 중국, 인도, 일본, 대한민국)
  - 아폴로 계획은 미국 정부의 주도로 달에 인류를 보냈던 프로젝트로서 기술적인 요소가 매우 강조되고 있지만, 달이라는 미지의 세계를 탐구한다는 점에서 기초과학 연구자들의 적극적인 도움이 있었기에 가능했음
  - 구소련은 유인 달 탐사에 실패하였으나, 달 탐사에서의 경험을 바탕으로 수성과 금성 등에 대한 내행성 탐사에 많은 성과를 이룩함
  - 최근에는 중국, 인도, 일본 등이 경쟁적으로 달 착륙선을 보내 달 표면에 관한 새로운 연구 결과를 내놓고 있음
  - 우리나라도 미국과 협력을 통해 달 궤도선인 다누리를 성공적으로 보냈고, 편광 카메라, 감마선 분광기 등 과학 탑재체를 이용해 달 표면과 지하자원 탐사, 그리고 달의 자기장에 관한 연구를 수행하고 있음
  - 이러한 경험과 축적된 지식을 바탕으로 최근에는 달에서의 자원 탐사가 논의되고 있다는 점에 주목할 필요가 있음
- 행성 탐사(미국, 구소련, 유럽, 일본)
  - 미국은 마리너, 바이킹, 보이저 프로젝트 등을 통해 화성, 목성, 토성, 천왕성, 해왕성, 명왕성 등 태양계 행성에 대한 근접 비행이나 착륙 탐사를 수행하였음. 이에 따라 태양계의 기원, 행성의 물리적 성질 등에 대한 막대한 지식이 축적되었고 이어지는 화성 탐사 기초 자료를 제공해 준 것은 물론, 지구와 태양계 행성 대기의 장기적 진화 등에 관한 연구가 가능해졌음
  - 구소련은 금성에 착륙선을 보냄으로써 짙은 대기로 덮여 있는 금성 대기 연구의 획기적인 성과를 얻은 바 있음
  - 일본과 유럽에서는 소행성이나 혜성에 대한 근접 접근과 시료 채취를 통해 이들 천체의 구성과 태양계의 기원 연구에 중요한 자료를 제공해 주었음
- X-선, 감마선, 자외선, 적외선 우주망원경(미국, 러시아, 유럽, 일본, 유럽, 대한민국 등)
  - 지구 대기에 의해 흡수되거나 반사되어, 관측할 수 없는 파장대에서의 관측을 위해, 지구 대기 밖에 올려놓고 천체를 관측하는 우주망원경의 운영이 1970년대부터 매우 활발해짐

- 다양한 파장으로 우주 관측이 이루어짐에 따라 천체에 대한 보다 폭넓은 이해가 가능해졌을 뿐 아니라 이들 파장 영역에 대한 새로운 검출 기술이 개발되었으며, 첨단기술의 발전과 함께 검출기 성능도 비약적으로 발전하여 다시 인간 생활에 지대한 영향을 미침
- 또한 이들 파장대에서의 관측 능력은 지구 관측과 원격 탐사에 활용되어 대기 및 해양 환경 모니터 등 다양한 분야의 기술혁신에 이바지하였고 안보 능력을 향상시킴

• 대형 우주망원경(미국, 유럽)

- 우주망원경은 지구 대기의 영향을 받지 않고 관측할 수 있으므로, 지상망원경에 비해 작은 구경으로도 24시간 고감도, 고분해능으로 정밀 관측이 가능함
- 허블 우주망원경, 제임스웹 우주망원경, 허셜 우주망원경 등 대형 우주망원경의 개발과 활용은 천체와 우주에 대한 인간의 인식 영역을 급격히 증가시켰을 뿐 아니라 초정밀 광학 시스템의 설계와 제작, 다양한 관측 기술 적용, 대용량 데이터 처리 기법 등 여러 분야에도 파급 효과를 가져다줌

• 요약하자면, 우주에서의 기초과학 연구는 지상에서 불가능한 것을 관측하게 만들어 줄 뿐 아니라 결과적으로 새로운 기술을 창출하고 활용하게 해주는 등 막대한 경제적, 기술적 파급 효과를 가져왔음. 따라서 우주항공청에서는 우주로 가야 하는 이유 가운데 기초과학 연구를 통한 인류 복지의 증진을 강조해야 할 필요가 있음

02 우주 경제의 현황

□ 우주 경제 정의

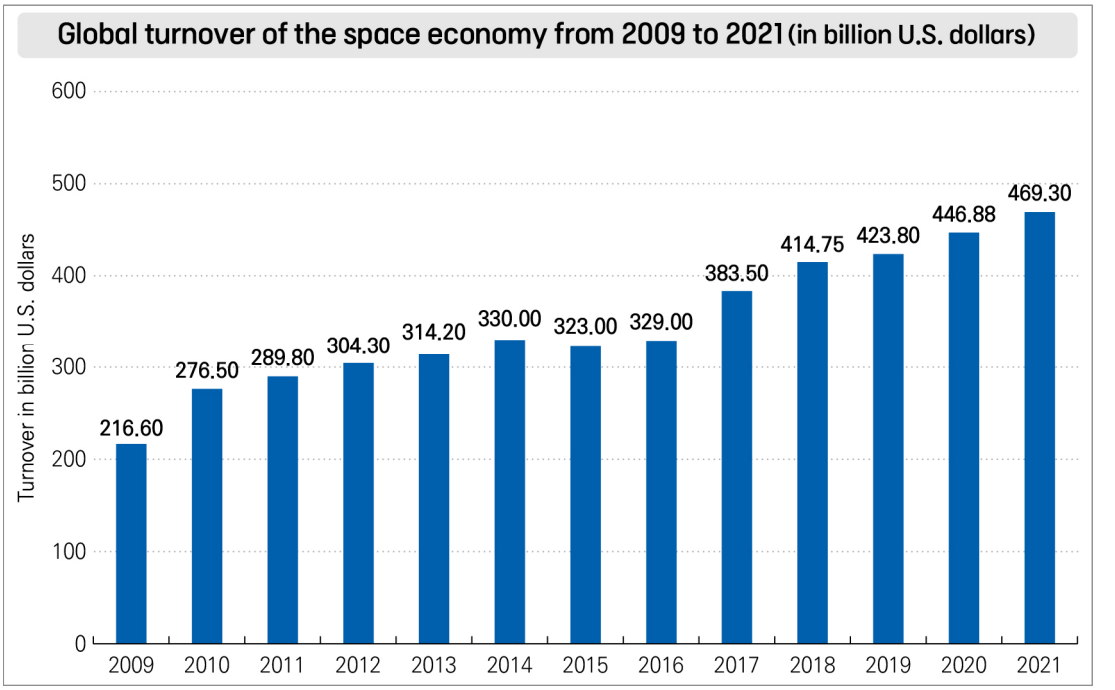
• OECD는 우주 경제를 “우주를 개척하고 연구하고 이해하고 관리하고 활용하는 과정에서 인류 전체에 대한 가치와 혜택을 생성하는 모든 종류의 활동과 재원의 활용(The Space Economy is defined by OECD as the full range of activities and the use of resources that create value and benefits to human beings in the course of exploring, researching, understanding, managing, and utilising space)”이라 정의하고 있음

• 우주 경제는 우주산업뿐만 아니라 우주에 대한 탐사, 연구, 과학 연구, 관리, 활용 등을 모두 포괄하는 의미임

□ 글로벌 우주 경제(global space economy) 현황과 전망

- 글로벌 우주 경제의 규모는(2021년 기준) 4,693억 달러(Space Foundation/Statista)
- 2009년부터 2021년까지 우주 경제의 글로벌 매출 동향(Space Foundation/Statista)
  - 2021년 매출은 2011년 매출의 1.6배
  - 대체로 지속적인 증가 추세

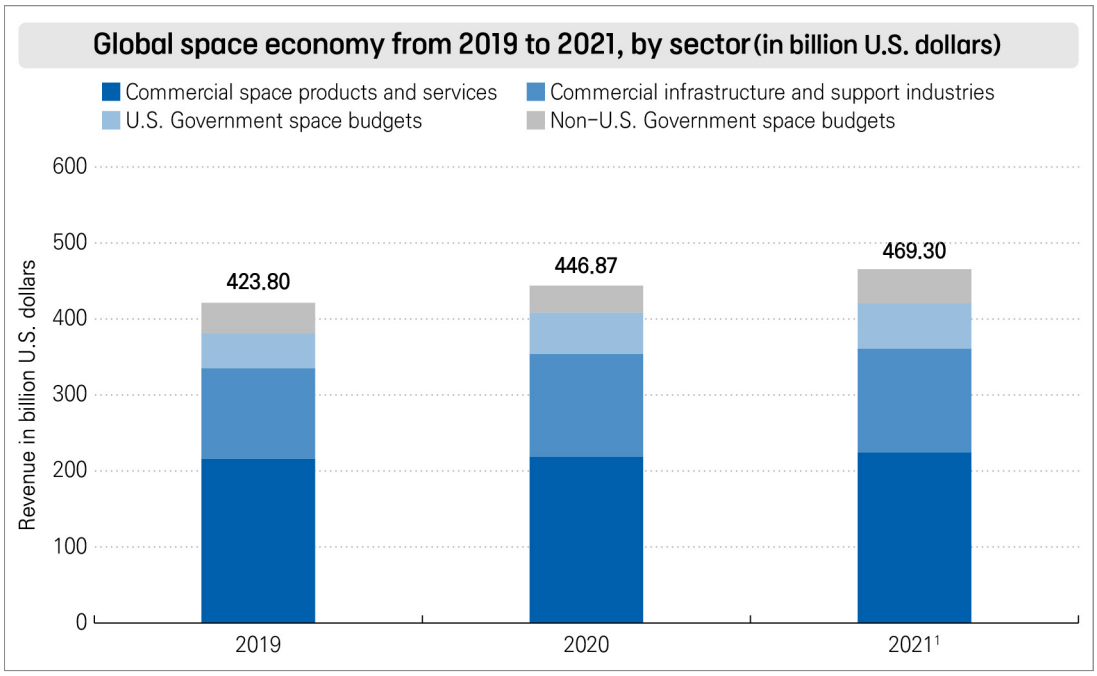
〈그림 1.1〉 2009년부터 2021년까지 우주 경제의 글로벌 매출 동향



자료: Statista 홈페이지, Global turnover of the space economy from 2009 to 2021, https://www.statista.com/statistics/946341/space-economy-global-turnover/.

- 수입(revenue by sector)별 규모(Space Foundation/Statista, 2021년 기준)
  - 상업용 우주 제품과 서비스(commercial space products and services): 2,242억 달러
  - 상업용 우주 기반 시설 및 관련 산업(commercial infrastructure and support industries): 1,378억 달러
  - 미국 정부 우주 예산: 598억 달러
  - 미국 외 국가 우주 예산: 475억 달러

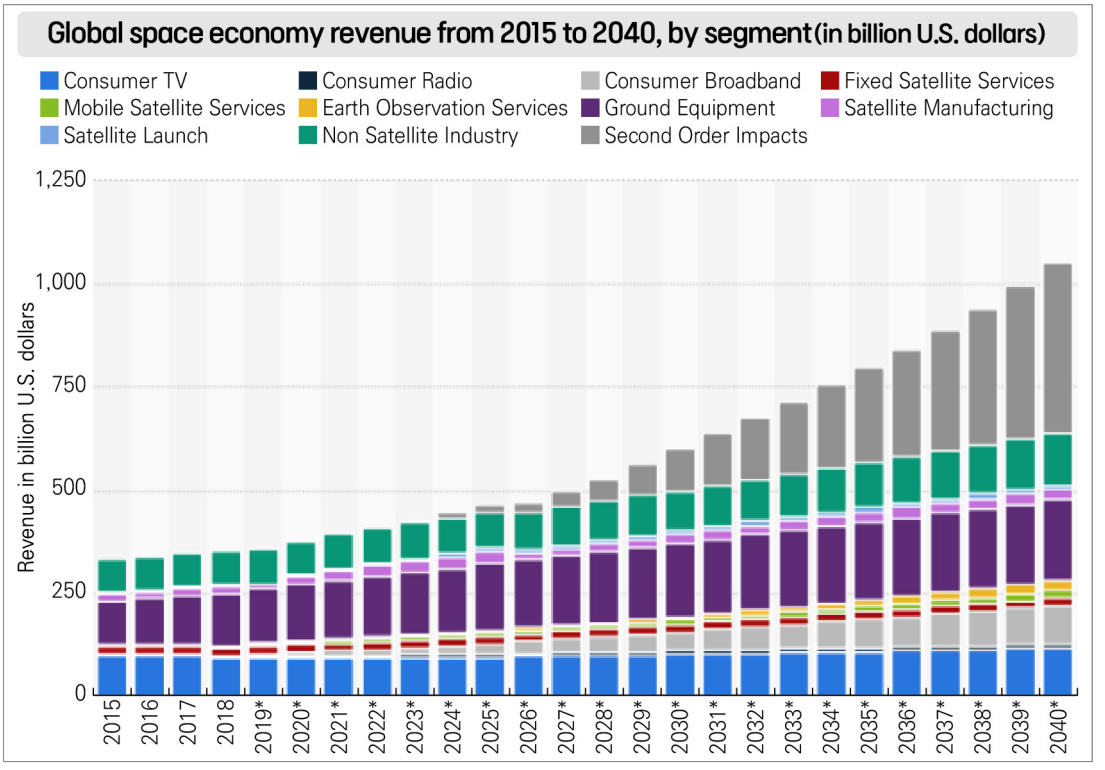
〈그림 1.2〉 수입(revenue by sector)별 규모(2021년 기준)



자료: Statista 홈페이지, Global space economy from 2019 to 2021, by sector, https://www.statista.com/statistics/662231/space-economy-breakdown-globally-by-sector/.

- 분야(revenue by segment)별 현황 및 전망(Morgan Stanley: Haver Analytics/Statista)
  - 2022년 기준 가장 규모가 큰 세 분야(Top 3)
    - Ground Equipment: 1,497억 달러
    - Consumer TV: 936.2억 달러
    - Non Satellite Industry: 841.3억 달러
  - 2040년 기준 가장 규모가 큰 세 분야(Top 3)
    - Second Order Impacts: 4,115억 달러
    - Ground Equipment: 1,960.9억 달러
    - Non Satellite Industry: 1,275.7억 달러
  - 위성 발사, 위성 제작
    - 위성 발사: 2022년 60.6억 달러에서 2040년 97.9억 달러로 증가
    - 위성 제작: 2022년 250.2억 달러에서 2040년 262.3억 달러로 증가

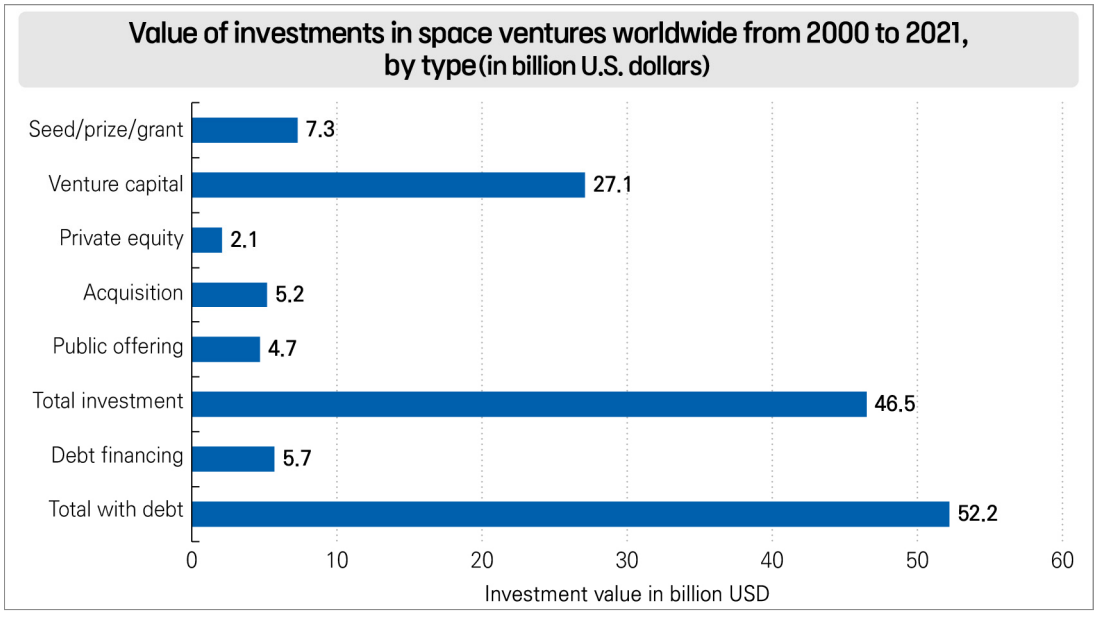
〈그림 1.3〉 분야(revenue by segment)별 현황 및 전망(Morgan Stanley: Haver Analytics)



자료: Statista 홈페이지, Global space economy revenue from 2015 to 2040, by segment, https://www.statista.com/statistics/946358/space-economy-global-revenue-segment-2040/.

- 우주 벤처(space venture) 투자 현황(Bryce Space and Technology, 2000~2021)
  - 총투자액: 465억 달러
    - 벤처 캐피털(venture capital): 271억 달러
    - 종잣돈·상금·보조금(seed·prize·grant): 73억 달러

〈그림 1.4〉 우주 벤처(space venture) 투자 현황(2000~2021)



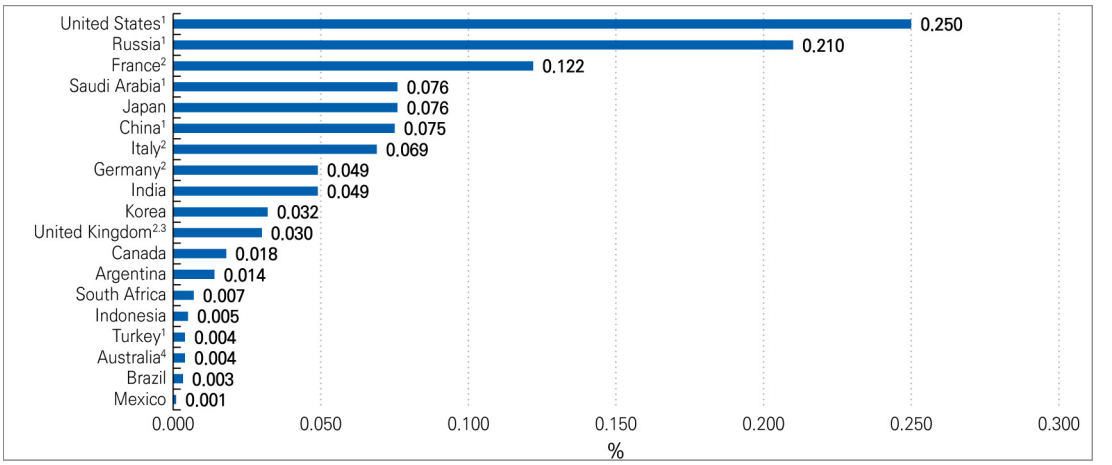
자료: Statista 홈페이지, Value of investments in space ventures worldwide from 2000 to 2021, by type, https://www.statista.com/statistics/666095/value-of-investments-in-space-ventures/.

- 요약
  - 2021년 기준 4,693억 달러로 추정되는 우주 경제 규모는 2040년까지 연간 약 6%씩 증가해서 2040년에는 1조 530억 달러에 이를 것으로 전망됨(Morgan Stanley)
  - 2040년경 가장 규모가 큰 분야는 이차 시장(Second Order Impacts), 지상 장비(Ground Equipment), 비위성 산업(Non Satellite Industry) 등의 분야이며 직접적인 위성 발사, 제작 및 서비스 규모는 우주 경제 전체의 6.6% 정도로 전망됨(Morgan Stanley)
  - 장기적으로 위성 제작, 위성 발사 등 직접적 분야와 함께 이차적으로 연관되는 분야의 경제가 더 중요하므로 포괄적 관련 분야 전체에 대한 성장 및 지원 전략이 필요함

□ 우주 경제에서 정부의 역할(OECD Space Forum, 2021)

- 민간의 참여가 늘어나고 있지만 향후 수십 년간 우주활동이 진행되는 데 있어서 정부의 투자는 계속 중요한 역할을 할 것으로 예상됨
- G20 정부의 우주 분야 투자는 GDP의 0.05%(중간값)이며, 미국의 경우 0.25%, 러시아 0.21%, 프랑스 0.12%임

〈그림 1.5〉 우주 경제에서 정부의 역할

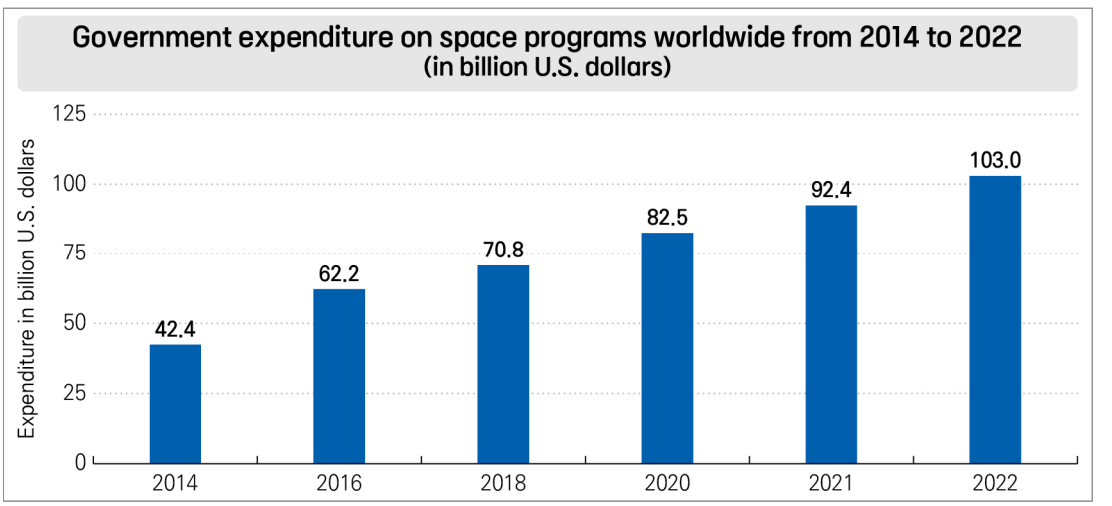


자료: OECD Space Forum(2021). Space Economy for People, Planet, and Prosperity, OECD paper for the G20 Space Economy Leaders' Meeting 2021.

□ 우주 관련 글로벌 정부 지출·투자 현황 및 예측

- 전 세계 정부 우주 프로그램 지출 현황(Euroconsult-EC/Statista).
  - 2014년 424억 달러
  - 2022년 1,030억 달러
  - 최근 매년 10% 이상 증가

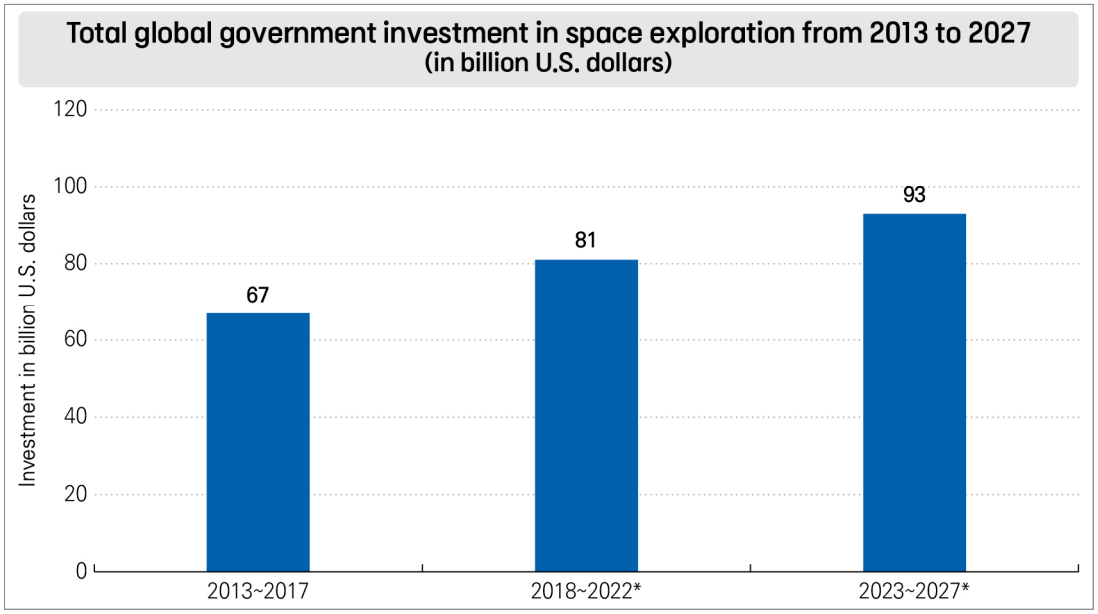
〈그림 1.6〉 전 세계 정부 우주 프로그램 지출 현황



자료: Statista 홈페이지, Government expenditure on space programs worldwide from 2014 to 2022, https://www.statista.com/statistics/745731/global-governmental-spending-on-space-programs/.

- 전 세계 정부의 우주 탐사 투자 현황과 전망(Euroconsult-EC/Statista)
  - 2013~2017: 670억 달러
  - 2018~2022: 810억 달러
  - 2023~2027: 930억 달러(연간 310억 달러)

〈그림 1.7〉 전 세계 정부의 우주 탐사 투자 현황과 전망



자료: Statista 홈페이지, Total global government investment in space exploration from 2013 to 2027, https://www.statista.com/statistics/946403/space-exploration-government-investment-worldwide/.

- 전 세계 우주 탐사 종류별 정부 투자 현황과 예측(Euroconsult-EC/Statista)
  - 총투자: 2010~2019년에 비해 2019~2029년에 54% 증가
    - 달 탐사, 화성 탐사 투자 확대
      - 2010~2019: 1,670억 달러

        ① 수송(transportation): 720억 달러

        ② 궤도 기반 관련(orbital infrastructure): 350억 달러

        ③ 천문학, 천체물리학, 태양물리학: 310억 달러

        ④ 달 탐사: 50억 달러

        ⑤ 화성 탐사: 110억 달러

        ⑥ 다른 우주 공간 탐사: 130억 달러

▸ 2019~2029: 2,580억 달러

① 수송(transportation): 1,210억 달러(68% 증가)

② 궤도 기반 관련(orbital infrastructure): 500억 달러(43% 증가)

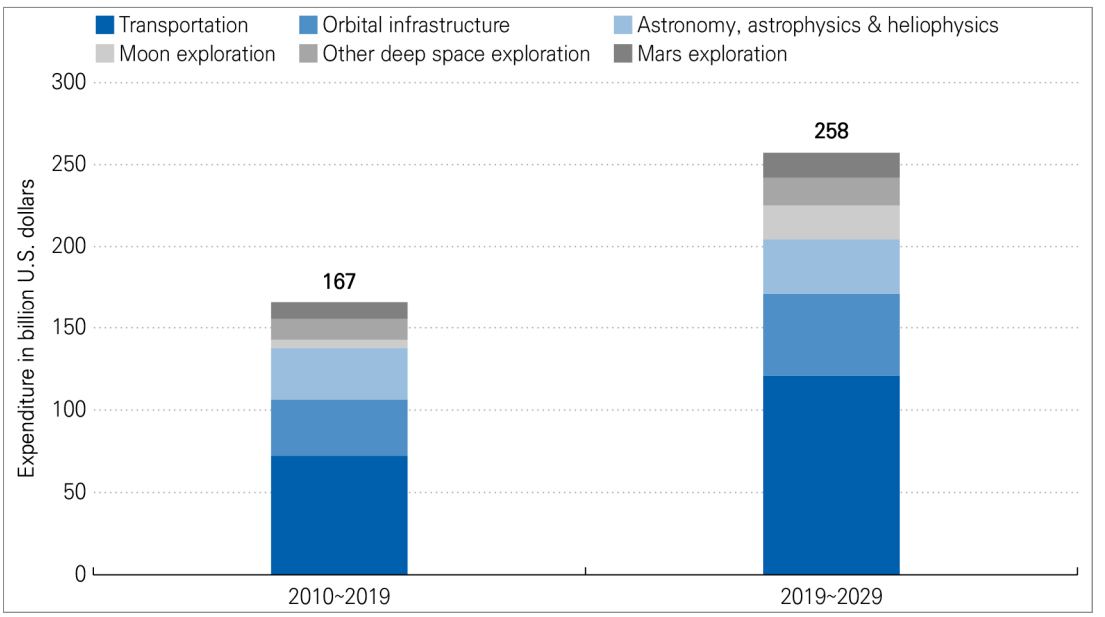
③ 천문학, 천체물리학, 태양물리학: 340억 달러(10% 증가)

④ 달 탐사: 210억 달러(320% 증가)

⑤ 화성 탐사: 160억 달러(45% 증가)

⑥ 다른 우주 공간 탐사: 160억 달러(23% 증가)

〈그림 1.8〉 전 세계 우주 탐사 종류별 정부 투자 현황과 예측

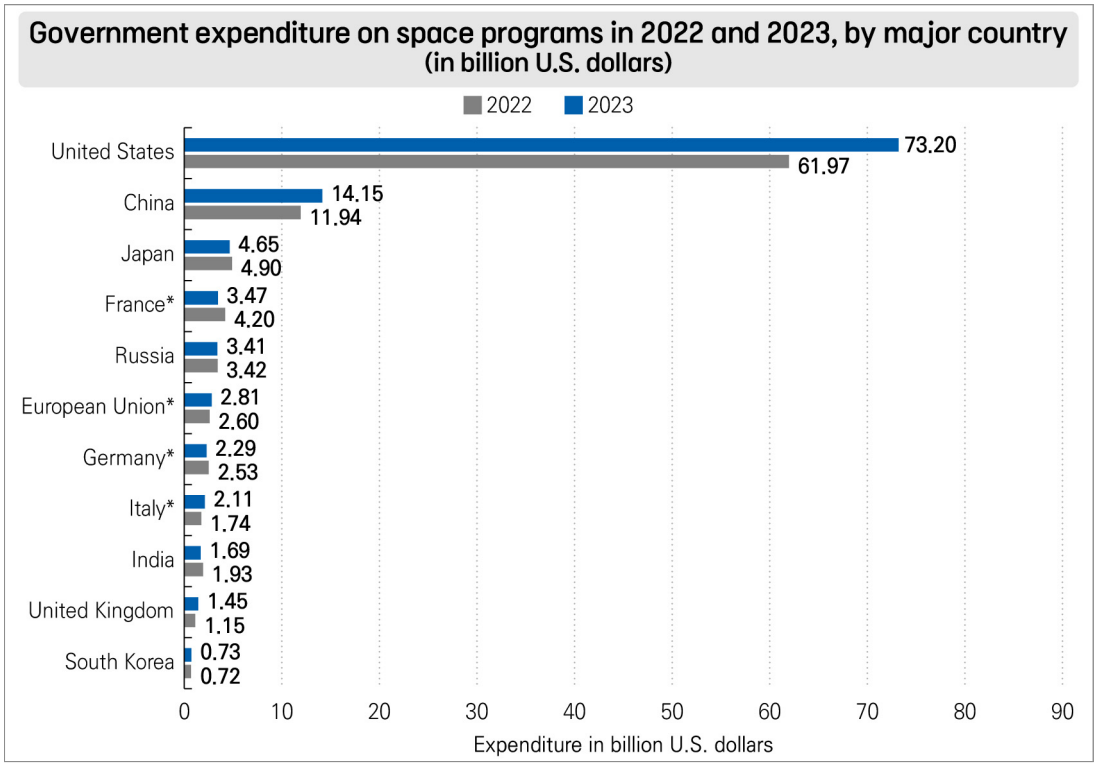


자료: Statista 홈페이지, Government investment on space exploration worldwide from 2010 to 2029, by type, https://www.statista.com/statistics/946361/space-exploration-government-expenditure-type-worldwide/.

• 주요 국가별 우주 프로그램에 대한 정부 지출(Euroconsult-EC/Statista, 2022년과 2023년)

- 미국: 2022년 619.7억 달러에서 2023년 732억 달러(18% 증가)
- 중국: 2022년 119.4억 달러에서 2023년 141.5억 달러(19% 증가)
- 일본: 2022년 49억 달러에서 2023년 46.5억 달러(5% 감소)
- 대한민국: 2022년 7.2억 달러에서 2023년 7.3억 달러(1% 증가)

〈그림 1.9〉 주요 국가별 우주 프로그램에 대한 정부 지출(2022년과 2023년)



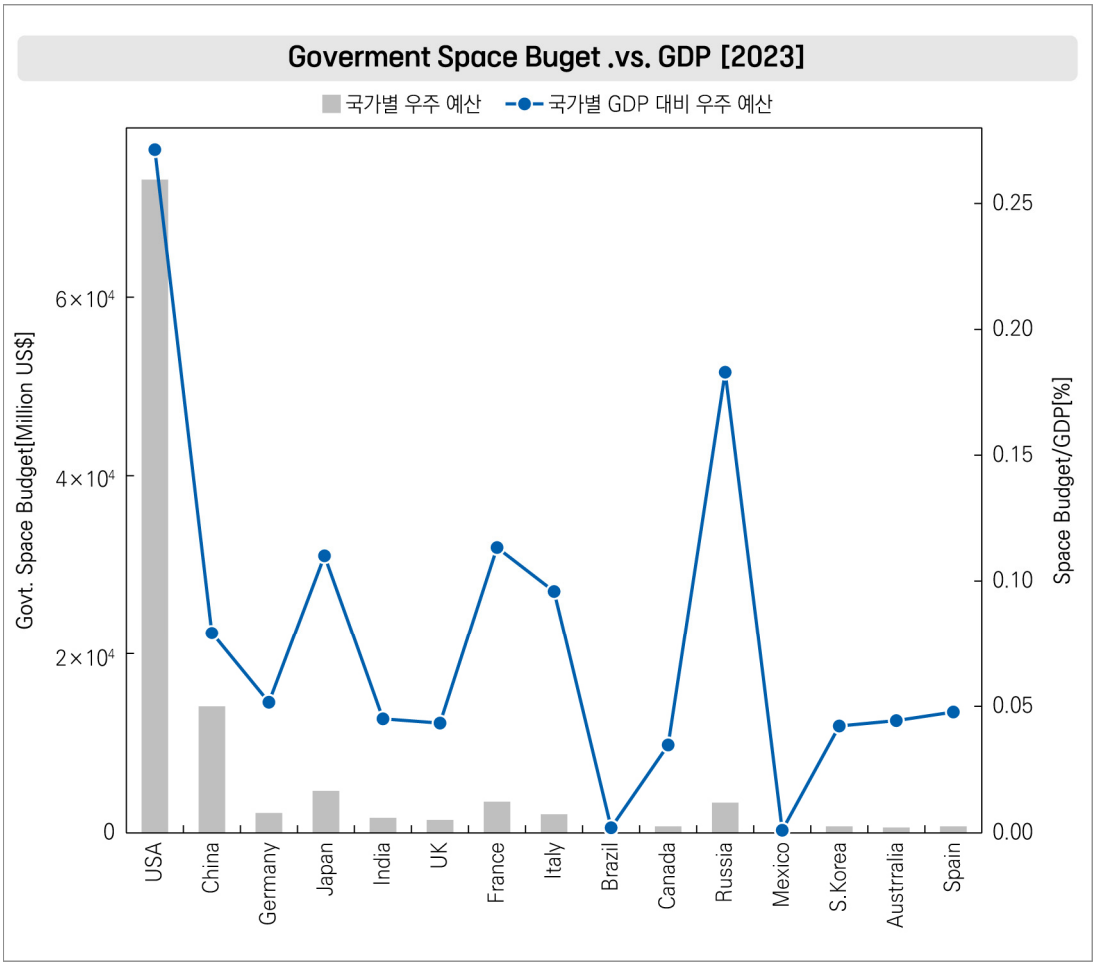
자료: Statista 홈페이지, Government expenditure on space programs in 2022 and 2023, by major country, https://www.statista.com/statistics/745717/global-governmental-spending-on-space-programs-leading-countries/.

- 주요 국가 우주 기관 예산 현황(Wikipedia·Radio Free Europe Radio Liberty·Statista)
  - 주요 국가 우주 기관 예산을 정리하면 다음과 같음
    - NASA(미국): 235억 달러(2022), 195억 달러(2018)
    - CNSA(중국): 117억 달러(2021), 110억 달러(2018)
    - ESA(EU): 71.5억 유로(2022), 56억 유로(2018)
    - Roskosmos(러시아): 20.1억 달러(2022), 330억 달러(2018)
    - CNES(프랑스): 35.2억 달러(2022), 26억 달러(2018)
    - JAXA(일본): 23.9억 달러(2022), 20억 달러(2018)
    - ISRO(인도): 18.3억 달러(2022), 15억 달러(2018)

- 국내총생산(Gross Domestic Product: GDP) 대비 우주 예산 규모는 〈그림 1.10〉에서 보여줌
  - 미국이 압도적인 1위를 차지하고 있고, 그 뒤로 러시아가 2위를 차지하고 있으며, 일본, 프랑스 등이 3위 그룹으로, 대한민국은 독일, 인도, 호주 등과 함께 4위 그룹에 위치함

- NASA 예산 현황과 계획(NASA FY 2024 President's Budget Request)
  - 2024 FY: 271.9억 달러
  - 2025 FY: 277.3억 달러
  - 2026 FY: 282.8억 달러
  - 2027 FY: 288.4억 달러

〈그림 1.10〉 국가별 GDP 대비 우주 예산



자료: 김은혁(2024). "대한민국 우주항공청 임무 제안: 국제협력을 중심으로", 우주 정책 연구, 제9권, 한국항공우주연구원, pp. 22-36.

- NASA FY 2024 분야별 예산(NASA FY 2024 President's Budget Request)
  - 심우주 탐사 관련(Deep Space Exploration Systems): 79.71억 달러(29%)
  - 우주 작전(Space Operations): 45.35억 달러(17%)
  - 우주 기술(Space Technology): 13.92억 달러(5%)
  - 과학 연구(Science): 82.61억 달러(30%)
    - 지구 과학(Earth Science): 24.73억 달러
    - 행성 과학(Planetary Science): 33.83억 달러
    - 천체물리학(Astrophysics): 15.57억 달러
    - 태양물리학(Helio physics): 7.51억 달러
    - 생물·물리 과학(Biological and Physical Sciences): 0.97억 달러
  - 항공학(Aeronautics): 9.96억 달러(4%)
  - 과학·기술·공학·수학 관련(STEM Engagement): 1.58억 달러(0.6%)
  - 안전·보안·임무 서비스(Safety, Security, and Mission Services): 33.69억 달러(12%)
  - 환경 관련(Construction and Environmental Compliance and Restoration): 4.54억 달러(2%)
  - 감찰 관련(Inspector General): 0.50억 달러(0.2%)
- 요약
  - 우주 선진국의 우주 관련 예산은 최근 몇 년간 약 10%대 증가
  - 미국, 중국, EU 순으로 국가 우주 기관 예산이 큼
  - NASA의 2024 FY 예산 요구액은 270억 달러로 매년 2%씩 증가 예상
  - NASA 예산 중 과학 연구(30%)와 심우주 탐사(29%) 예산이 59%로, NASA의 비전인 "인류 전체의 복지를 위해 우주의 비밀을 밝히며(exploring the secrets of the universe for the benefit of all)"와 임무인 "인류를 위해 하늘과 우주를 탐사하며, 인류 복지를 위해 혁신하며, 발견을 통해 세상에 영감을 제공한다(explores the unknown in air and space, innovates for the benefit of humanity, and inspires the world through discovery)"를 이뤄내기 위해 전략 목표 중 첫 번째와 두 번째인 발견(Discover)과 탐사(Explore)에 가장 많은 예산을 배정하고 있음. 이를 통해 세 번째 전략 목표인 혁신(Innovate)과 네 번째 목표인 진보(Advance)를 실현하고자 함
  - 각국 우주 기관들은 인류 전체를 위한 과학적 발견과 탐사를 최우선 목표로 두고 이를 달성하기 위한 공학 및 기술적 혁신을 이루며, 우주 경제를 확장하고 있음

03 우주항공청의 역할과 임무

□ 현황 진단

- 최근까지 우리나라는 독립적인 우주 전담 조직이 없이 여러 기관이나 조직이 우주 개발을 추진해 왔음
  - 국가 우주 위원회(심의), 과학기술정보통신부(정책), 한국항공우주연구원(연구 개발), 한국천문연구원(우주과학 및 탐사)
- 이처럼 우주 개발 전담 기구 부재로 정책 수립 및 집행, 연구 개발, 국제협력에 한계 노출이 있었음
  - 우주 탐사나 우주 활용에 대한 장기적 비전이나 철학을 바탕으로 철저한 전략을 수립하여 이를 실현하기보다는, 파편화된 단위 사업 위주로 연구 개발을 진행해 옴
  - 모험적 임무·목표 설정과 장기적 실행 과정에서, 자가 점검을 통한 전략 차원의 자기 학습과 진화를 할 수 있게 하는 독립적 기획·실행 여건 및 전문적 견제·자문 환경 마련이 급선무
    - 기초과학을 임무로 하는 프로젝트가 이러한 능력을 키우는 데 크게 이바지할 수 있을 것으로 판단함
  - (뉴 스페이스 시대 대응의 전략성 제고 필요) 우주의 상업적 활용과 민간의 자기 주도 투자로 인해 혁신의 갭 확대 우려가 커지고 있음
  - 정부는 이에 다양한 사업의 확대로 대응하고 있으나, 예산 확대보다는 전략적 위기·기회 요인의 조기 탐색과 통합적 대응의 수월성에 관한 의사결정이 더욱 전문적으로 이뤄질 수 있는 거버넌스 환경과 전략 역량이 중요해짐
  - 한편 우주 개발을 추진해 오던 기존의 여러 기관이나 조직과의 행정적·역할적 관계를 명확히 할 필요가 있음[3)]
- 우주항공청은 위의 문제점들을 해결하는 방안으로 나아가야 함

□ 우주항공청의 비전과 목표

- NASA를 포함한 모든 우주 선진국의 우주 기구는 인류 전체의 복지를 위한 우주 탐사와 발견을 통해 혁신을 이루고 그 과정에서 우주산업 경쟁력을 확보하여 경제적 이득을 취하고자 함. 이는 우주 탐사나 경제 관련 지식과 기술이 단순한 투자나 국가 간 일반적인 협력을 통해 얻기 불가능하기 때문임

3) 우주 개발을 담당하던 기존 우주 기관이나 조직을 아우르는 우주항공청의 거버넌스에 관한 제언은 이형목 외(2022)와 김은혁(2024)의 문헌을 참고.

- 우리도 우주항공청을 통해 독자적으로 우주를 발견하고 개척하려는 비전과 목표를 가지고 이를 전략적으로 실천하는 과정에서 생겨난 혁신을 통해 공학 및 산업 경쟁력을 확보해야 우주 경제 및 우주산업의 선진국이 될 수 있음. 우주산업에서의 경제적 이득에만 집중한다면 우주산업의 경쟁력 확보도 쉽지 않을뿐더러 더 넓은 우주 경제 분야 전체를 육성하지 못하게 됨

□ 우주항공청의 역할

- 과거 단위 사업의 추격형 전략에서는 기술개발의 성공 여부가 큰 관심사였으나 이제는 우주 개발의 다섯 가지 임무 영역(발사체, 위성체, 위성 활용, 과학 탐사 및 국제협력, 차별화된 우주 부품 생태계 조성과 공급망의 국제협력)에 대한 우리만의 철학과 전략이 필요함
  - 이제는 단순한 개발이나 단기적 경제 논리에서 벗어나 인류의 지식 증진과 복지에 이바지하는 우주 개발이라는 목표를 정립하고 그 실현을 위해 국가적 역량을 결집해 국민이 자부심을 가질 수 있는 성과를 창출하는 다음과 같은 방향으로 나아가야 할 것임
    - 국익을 넘어 인류에 대한 기여: 자국의 국익 증진뿐만 아니라 전 지구적 혜택과 함께 인류 지식의 지평을 넓히기 위해 우주 개발을 수행한다는 사명감
    - 과학 연구와 기술개발의 조화: 기술개발을 목표로 한다기보다 인류의 지식을 넓히는 과학 연구를 목표로 함으로써, 명분과 실리를 추구하는 전략 필요
    - 정부와 민간의 조화: 정부 중심 우주 개발에서 우주산업 생태계 활성화로, 민간 역량을 획기적으로 높여야 함
    - 활발한 국제협력과 경쟁 환경의 조성: 우주 개발은 수많은 전문가 간의 협력과 지식 공유를 통해 이루어지며, 우주 분야의 국제협력은 국가의 이익을 도모하면서도 여러 나라가 동시에 추구하는 공동의 목표를 향해 나가고자 하는 국제 외교와도 밀접하게 관련 있음을 인식해야 함. 따라서 성공적인 국제협력이 가능해질 수 있도록 전문가를 육성하고, 범지구적 문제 해결과 인류 공동 번영, 평화 유지 등 인류 공동의 가치에 대한 공유가 필요함
- 우주항공청은 현재 우리나라가 갖추지 못한 우주 경제 생태계를 만들어 육성하고 유지해야 함
  - 세계적으로 우주 경제 육성의 출발점은 정부 예산임. 우주 선진국 예산 수준의 투자 없이는 우주 경제 생태계가 시작될 수 없음
  - 민간이 개발하기 힘든 과학, 공학 및 산업적 연구 개발은 우주항공청이 주도하고 민간이 참여하여 개발을 진행하되 과학, 공학, 기술개발이 완성되면 민간이 산업화를 주도하는 생태계가 만들어져야 함
  - 우주 개발에 필요한 수많은 첨단 장비와 부품, 그리고 검사 등을 할 수 있는 높은 기술 수준을 가진 민간 산업체나 벤처 기업들로 이루어진 연구 지원 생태계가 필요함. 이를 위해 우주 개발

계획을 장기적으로 운영하여 이런 산업 생태계가 유지될 수 있도록 해야 함. 특히 인력 양성 및 유지가 가장 중요함[4)]

- 또한 Space-X의 예처럼 실패해도 계속 혁신을 시도할 수 있는 체계적이고 유연한 지원이 필요함
- 우주 경제 활성화는 민간이 완성하는 것이므로 우주항공청은 이 생태계가 잘 육성, 유지될 수 있는 관리 및 지원을 해야 함

• 우주항공청은 미국 NASA나 일본 JAXA와는 달리 기존 지상에서의 관측 시설을 활용한 과학 연구를 수행 중인 한국천문연구원을 포함하는 기관이니만큼 지상 관측 시설 확대도 추진해야 함

- 미국은 우주에 대한 연구를 우주 공간에서 담당하는 NASA와 지상에서 담당하는 노아랩(U.S. National Science Foundation National Optical-Infrared Astronomy Research Laborator, NOIRLab)으로 나뉘어져 있고, 일본도 JAXA와 NAOJ로 나뉘어져 있음. 우리나라는 우주항공청이 두 역할을 다 해오던 기관을 포함하고 있는 만큼 지상에서의 우주 연구 투자도 소홀하지 않게 해야 함

4) 나라별 우주 전담 기구의 인력 비교는 이형목 외(2022) 보고서 〈표 4.1〉에 정리되어 있음. 우리나라 GDP를 고려한 국내 인력 양성에 관한 미래 계획은 천문학계와 우주학계에서 출간할 정량적 통계 보고서에 기초하여 수립해야 할 것임.

한림연구보고서 153

우주항공청의 성공적인 출범을 위한 제안: 천문우주 과학연구의 중요성

Suggestions for a Successful Launch of Korea AeroSpace Administration: The Importance of Astronomical and Space Science Research

II 과학 연구 발전을 위한 구체적 실행 방안

Ⅱ 과학 연구 발전을 위한 구체적 실행 방안

01 사업 진행 방식

□ 미국 NASA의 과학 연구 사업 진행 방식

- NASA의 과학 비전(Science Vision)
  - 지구, 행성, 태양, 그리고 우주를 이해함. 이를 통해 우주 탐사, 인류의 미래 지속 등을 위한 지적 기반을 마련함. 동시에 이후 변화, 우주 환경 등의 국가적 관심사를 연구하고 대중과 소통하면서, 과학, 기술, 공학, 수학(STEM) 교육에 이바지함
  - 구체적으로 다음 질문에 대한 답을 찾음
    - 지구의 기후와 환경은 어떻게, 왜 변하는가?
    - 태양 활동은 어떻게 발생하며, 지구에 어떻게 영향을 미치고 있는가?
    - 별, 행성은 어떻게 만들어졌으며, 생명체는 어떻게 탄생했는가?
    - 우주의 기원, 진화, 그리고 운명은?
    - 지구 이외의 우주에는 다른 생명체가 존재하는가?
    - 인간은 우주 저 멀리 어디까지 탐사하고 갈 수 있는가?
  - NASA는 과학 비전을 달성하기 위해 다양한 임무 및 과학 연구를 수행하고 있음
- NASA의 과학 임무 및 연구 사업
  - 대형 임무(Large Strategic Science Missions 또는 Flagship Missions)
    - 우주 탐사와 과학 분야에서 미국의 국제적 리더십을 유지하기 위한 대규모 전략적 임무. NASA 임무 중에서 가장 복잡하면서도 정교한 기술개발을 요구하는 임무임. 통상적으로 크기는 질량으로 1톤 이상, 금액은 10억 달러 이상

- SMD(Science Mission Directorate)의 4개 분과인 천체 물리 분과(Astrophysics Division), 행성 과학 분과(Planetary Science Division), 태양 물리 분과(Heliophysics Division), 지구 과학 분과(Earth Science Division)에서 주관함
- 위의 네 과학 분야에서 실시하는 Decadal Survey 보고서 등을 통한 과학계의 의견을 바탕으로 우선순위를 결정함. 현재 한국연구재단 등에서 진행하고 있는 middle-up 방식에 가까움
- 천체 물리 분과의 경우 'Great Observatories' 프로그램에서 허블(Hubble) 우주망원경과 찬드라(Chandra) X-선 관측소, 페르미(Fermi) 감마선 관측소와 같은 임무를, 그리고 최근 제임스웹 우주망원경 등을 다양한 연구자의 수요를 주요 반영하여 선정했음
- 행성 과학 분과에서는 보이저(Voyager), 갈릴레오(Galileo), 카시니(Cassini), 화성 과학 실험실·큐리오시티 로버(Mars Science Laboratory·Curiosity Rover), 화성 2020·퍼스비어런스(Mars 2020·Perseverance)를 행성계 과학 커뮤니티의 행성 지질, 화학, 물리, 대기권, 자기권 연구 등을 위해 선정했음
- 태양 물리 분과에서는 태양 활동 관측 위성(Solar Dynamic Observatory), 밴 엘런 위성(Van Allen Probes), 파커 태양 위성(Parker Solar Probe) 등을 태양 물리학계의 연구 수요에 대응하여 선정했음
- 주관 기간을 일반 경쟁으로 선정하기보다 산하 NASA Center, 제트 추진 연구소(Jet Propulsion Laboratory) 등 특정 기관을 지정하여 임무를 부여함

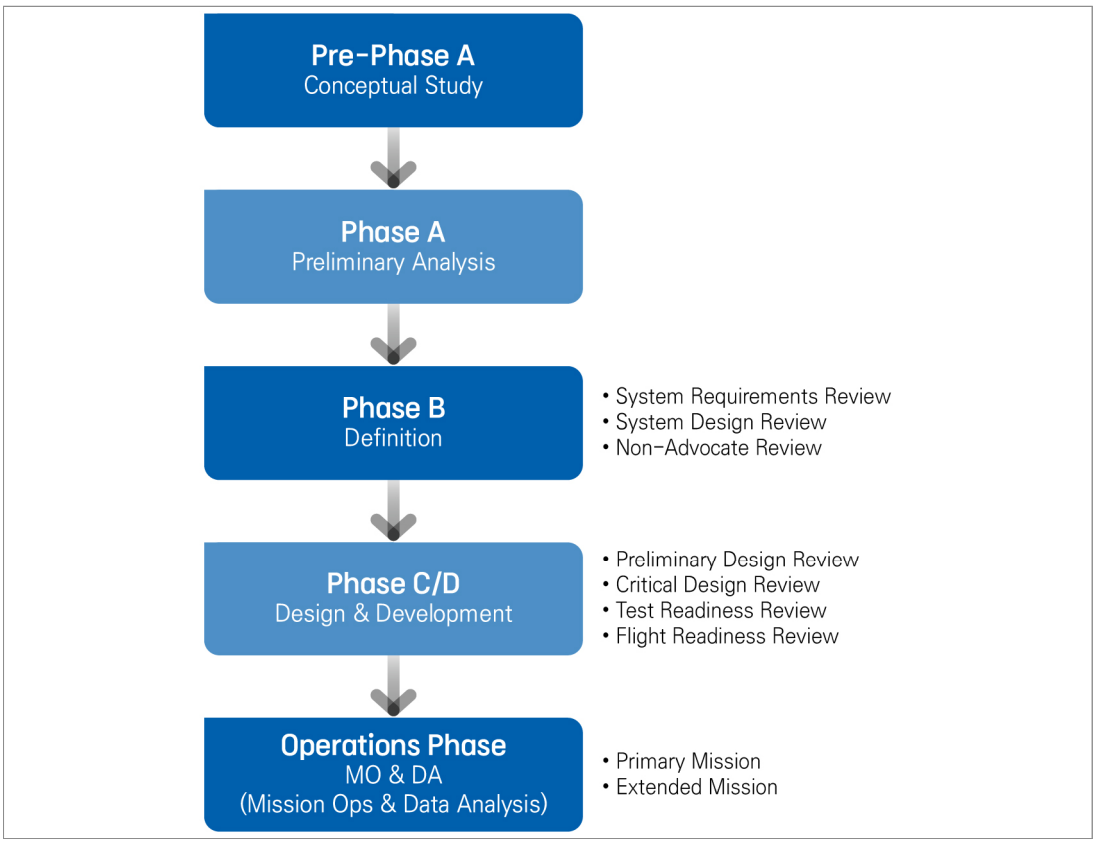
- 중소형 임무(Explorers Program Mission)
  - 중소형 임무(Explorers Program Mission)는 천체 물리, 행성 과학, 태양 물리 분야에서 혁신적인 접근 방법을 통한 세계적 수준의 과학 연구를 우주에서 수행할 기회를 제공함
  - 규모에 따라 중형 임무(Medium-Class Explorers, MIDEX), 소형 임무(Small-Class Explorers, SMEX), 초소형 임무(University-Class Explorers, UNEX)로 나뉘며, 그 외 국제공동연구를 위한 Missions of Opportunity(MO)가 있음
  - 중형 임무(MIDEX)는 세계 선도 수준의 연구 수행을 위한 임무로, 통상적으로 크기는 질량으로 500~1,500kg, 금액은 1억 8천만~2억 달러임. 보통 중형 발사체(Delta II class 등)를 이용하여 발사됨. 대한민국이 참여 중인 SPHEREx(Spectro-Photometer for the History of the Universe, Epoch of Reionization, and Ices Explorer)가 여기에 속함. 그 외 TESS(Transiting Exoplanet Survey Satellite), MUSE(Multi-slit Solar Explorer) 등이 있음
  - 소형 임무(SMEX)는 특정한 주제의 연구 수행을 위한 임무로, 통상적으로 크기는 질량으로 200~300kg, 금액은 1억 2천만 달러 이하. 보통 소형 발사체를 이용하여 발사됨. 대한민국이 참여한 GALEX(Galaxy Evolution Explorer)가 여기에 속함. 그 외 IBEX(Interstellar Boundary Explorer), NuSTAR(Nuclear Spectroscopic Telescope Array) 등이 있음

- 초소형 임무는 STEDI(Student Explorer Demonstration Initiative)의 파일럿 프로그램으로 시작되었으며, 3개의 STEDI 임무 후, UNEX로 개편되었음. 통상적으로 금액은 천오백만 달러 이하임

- 중소형 임무(Explorers Program Mission) 선정 과정

  - 중소형 임무는 Announcement of Opportunity(AO)에서 공지되어 공모를 통해 선정됨. SMD의 4개 분과에서 공모함. 자유롭게 임무를 선택하거나, 또는 특정 임무를 제시하여 공모함. 임무를 특정할 경우, 통상적으로 Decadal Survey 보고서를 참조함. 즉 bottom-up 또는 middle-up 방식을 채택하고 있음
  - 가장 최근 2023년에는 Astrophysics Probe를 공모함. 천문학 분야 Decadal Survey 보고서(Pathways to Discovery in Astronomy and Astrophysics for the 2020s)를 참조하여, 적외선과 X-선 임무를 공모하였음
  - 선정 및 운영은 보통 다음의 단계를 포함함
    - Pre-Phase A, 개념 설계(Conceptual Study)
    - Phase A, 사전 분석(Preliminary Analysis)
    - Phase B, 정의(Definition)
    - Phase C/D, 설계 및 개발(Design and Development)
    - Phase E, 운영 단계(Operations Phase)
  - 개념 설계(Conceptual Study): 연구자 그룹이 아이디어 또는 계획을 제안함. 평가를 거쳐 선정된 제안은 타당성 심사를 거침. 이 과정을 통과하면, 과학 연구 그룹(Science Working Group, SWG)을 만들어 과학적 목표와 시스템 요구 등을 포함한 제안서를 작성함. 전문가의 검토를 통해 제안서의 승인 여부를 결정함
  - 사전 분석(Preliminary Analysis): 어떤 장비를 제작할 것인지, 언제 발사할 것인지, 우주에서 어떤 작업을 진행할 것인지 등의 설계 및 계획을 제시함. 이 단계에서 비용에 대한 예산도 제시함
  - 정의(Definition): 위 단계에서 제시한 예비 계획에 대한 기술적 정의를 완성함. 시스템 요구 사항, 시스템 설계 등을 검토함. 이에 기반하여 초기 아이디어를 발전·수정함. 이 단계에서, 제안한 임무의 등급을 매기고 선정 여부를 결정함
  - 설계 및 개발(Design and Development): 임무 일정을 결정하고, 임무를 위한 탑재체의 설계 및 개발 완료. 다양한 시뮬레이션과 테스트를 수행함
  - 운영 단계(Operations Phase): 임무 수행과 자료 분석(Mission Operations and Data Analysis, MO & DA) 단계. 위성 발사, 위성 운용, 과학 임무 시행, 자료 획득 및 분석, 그리고 프로젝트 종료 등을 포함함

〈그림 2.1〉 중소형 임무 선정 및 운영 단계



자료: NASA Science, Chapter 7: Mission Inception, https://science.nasa.gov/learn/basics-of-space-flight/chapter7-1/.

- 과학 연구(Research Opportunities in Space and Earth Science, ROSES)
  - ROSES는 다양한 기초 및 응용 연구, 그리고 SMD가 요구하는 우주 및 지구 과학 기술 연구를 지원하는 프로그램임
  - 통상적으로 NASA 임무 및 방향, 자료 분석 등과 관련된 연구 주제를 제시함. 구체적인 연구 내용은 연구자 그룹이 제안함
  - 연구비 규모는 통상적으로 매년 10만~100만 달러. 특정 주제(예를 들어 임무 자료 분석 등)를 위한 과제는 매년 10만 달러 정도임. 광범위한 주제(예를 들어, 과학 연구 주제 개발, 탑재체 개발 등)의 과제는 1백만 달러 정도 또는 초과하는 때도 있음. 연구 기간은 통상적으로 3년이지만, 5년까지도 가능함
  - 연구 과제 제안은 보통 2단계로 진행됨. 비교적 작은 규모의 과제에 대해서는 간략한 요약을 포함한 NOI(Notice of Intent)를 제출한 후, 본 제안서를 제출함. 최근에는 Step-1 예비 제안서를 제출해서 추천·비추천 평가를 받은 후, Step-2 본 제안서를 제출함

□ 우주항공청 천문우주 과학 연구 사업 진행 방식 제언

- 우주항공청의 과학 비전 설정 및 임무 정의
  - 국내 실정을 고려하며, 과학 비전을 설정하고, 이에 기반하여 임무(대형 임무, 중소형 임무)와 과학 연구 등의 목표, 방향, 규모 등을 정의함
- 천문우주 과학 연구 사업
  - 우주항공청 예산 규모, 국내 연구자의 연구 수준, 인력 규모 등을 고려하여, 대형 임무는 국제공동연구 참여로, 중소형 임무는 국내 독자, 또는 대한민국 주도 국제공동연구로 진행함
  - 특히 천문우주 과학 연구의 기술개발 및 경쟁력 확보를 위해, 당분간(최소 수년간) 초소형 임무 및 과학 연구를 중점적으로 지원할 것을 제안함
- 우주항공청 과학 임무 선정
  - 대형 및 중소형 임무
    - 한국천문학회의 '장기 발전 계획', 한국물리학회의 '장기 전략 백서' 등을 참조하여, 과학 임무의 우선순위 결정. 학계의 장기 발전 계획 또는 장기 전략 백서 등의 작성을 위한 지원 프로그램 운영
    - 과학 임무가 결정되면, 공모를 통해 연구자 그룹이 구체적인 아이디어 또는 계획을 제안함
  - 초중소형 임무
    - 연구자 개인 또는 연구자 그룹이 공모를 통해 임무의 아이디어, 목표, 그리고 계획을 직접 제안함
  - 임무의 선정 과정
    - 개개의 임무에 대한 공모를 통해 다수의 제안서를 발굴한 후, 경쟁을 통해 최종 선정하는 시스템을 확보함
    - 미국 NASA의 방식을 참조하여 다음의 임무 선정 및 운영 단계를 진행함
      - Pre-Phase A, 개념 설계(Conceptual Study)
      - Phase A, 사전 분석(Preliminary Analysis)
      - Phase B, 정의(Definition)
      - Phase C·D, 설계 및 개발(Design and Development)
      - Phase E, 운영 단계(Operations Phase)
- 우주항공청 과학 연구 선정
  - 우주항공청의 비전에 부합하는 다양한 기초 및 응용 연구, 그리고 과학 임무를 위한 기술 연구를 지원하는 과학 연구 프로그램을 운영함

- 연구 주제는 운영 중인 과학 임무와 연관하여 과제 공고 시 미리 제시하거나, 앞으로 제안할 임무를 염두에 둔 내용으로 연구자가 직접 제안함
- 연구 과제 제안은 공모를 통하며, 2단계로 진행됨. 1단계에서는 예비 제안서를 제출해서 추천·비추천 평가를 받은 후, 2단계에서 제안서를 제출하여 최종 선정함

02 국제협력 활성화 방안

□ 국제협력 필요성

- 우주 관련 기술은 국가 간 전수·이동이 불가능함
  - 우주 발사체 개발과 우주 개발 관련 시설 구축 등은 자력 확보 필요
  - ITAR(International Traffic in Arms Regulations)에 의해서 위성체 완성품뿐만 아니라 부품 단위 수입과 수출이 제한됨
  - 우주 발사체 제한이 위성 개발에 영향을 줌(현재 한-미 ITAR에 의하면 누리호 발사 시 탑재 위성에 미국 부품 사용 불가)
  - 이에 따라 대한민국 달 착륙선이 대한민국의 차세대 발사체로 발사되는 경우, 미국과의 협력은 불가능함
  - 국제협력 기반 우주 탐사 추진을 위해 ITAR 개정 또는 해소 필요함
  - 우주 탐사 임무를 추진하며 ITAR 개정 또는 유연화 추진 동력 확보가 필요함

- 우주 탐사 임무의 특징과 국제협력
  - 우주 탐사는 주로 미지의 세계 탐사이므로 성공을 확신할 수 없음
  - 공동 목표를 갖는 국가 간 국제협력 추진으로 예산 절감이 가능함
  - 국제협력은 국가 간 약속이므로 임무 수행 지속력에 긍정적 요소로 작용함
  - 참여국의 관련 기반 구축 및 안정성 확보에 유리하게 작용함
  - 공동 개발이 필요한 경우 유무형의 정보 교환 가능함
  - 우주 탐사 임무에서의 국제협력으로 확보된 국가 간 신뢰 구축으로 타 분야의 다양한 협력 가능성이 비약적으로 증대할 수 있음

- 우주 개발·산업 관련 국제 회의체 참여 확대
  - 우주 관련 국제협력은 1967년 유엔에서 체결된 우주 조약(Tready on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, Including the Moon and Other Celestial Bodies)에 기반하고 있음
  - 아폴로 임무의 달 착륙 성공 후, 달에서 채취한 달 암석 샘플 공유 관련 이슈로 인해서 달 조약(Moon Treaty)이 추진되었으나 해당 이슈의 당사자인 미국을 포함하여 선진 우주국은 조약에 서명하지 않음(즉, 우주 관련 개발도상국만 가입한 조약)
  - 최근 가장 활발한 우주 탐사 관련 국제 회의체는 국제우주탐사조정그룹(The International Space Exploration Coordination Group, ISECG)으로 27개국 우주 기관이 참여함(우리나라의 경우 한국항공우주연구원이 참여하고 있음)

〈그림 2.2〉 국제우주탐사조정그룹(ISECG) 참여국 및 기관 목록

자료: ISECG 홈페이지, https://www.globalspaceexploration.org/.

  - 우주 과학 연구 측면에서 국제 회의체는 우주연구위원회(Committee on Space Research, COSPAR)로서 전 세계 우주 기관들과 대학들이 참여 중에 있음(우리나라의 경우 한국천문연구원이 주도적으로 참여 중임)
  - 유인 달 착륙 임무 선언 시점쯤에 미국은 아르테미스 약정(Artemis Accord)을 추진하였고 현재 40여 개국이 서명하였음
  - 아르테미스 약정은 달과 화성 포함 우주의 평화적 이용을 강조하고 있으나 동시에 민간에 의한 우주 개발과 자원 탐사, 그리고 자원 확보를 통한 이익 추구에 대한 동의를 내재하고 있음
  - 민간의 우주산업 참여를 통한 대한민국의 우주 경제 확립을 목표로 하는 우주항공청의 경우 우주 개발 관련 국제협력의 세부 내용을 정확히 파악하고 국가 단위 대응 체계를 마련해야 함

- 대부분의 우주 관련 협의체는 우주 탐사를 기본으로 하고 있으므로 우주 탐사 임무에서 능동적 국제협력을 추진하고 성공을 통한 국가 위상 제고가 기대됨

• 국제협력의 목표 또는 전략을 명확히 가지고 추진해야 함

- 같거나 유사한 목표를 가지고 있는 우주과학·탐사 임무 또는 프로그램을 추진하고자 하는 국가들이 힘을 합치는 것으로, 각 국가는 독자적인 목표가 수립된 것을 전제로 하며, 함께 참여했을 때 도움이 될 만한 비교우위를 가지고 있어야 함

  • 과학 목표의 수준은 인류 공통 질문을 향한 것이어야 하며, 우리나라의 국내적 공감대가 확보되어야 함

  • 우주 분야에서 국제협력의 기본 전제는 no-money-exchange, no-technology-exchange로, 상대국과 현금이나 기술을 주고받지 않는 것이기 때문에, 우리나라는 비교우위의 기술을 가지고 있어야 하고 이를 추진할 수 있는 예산의 뒷받침이 요구됨

    ▸ 한국천문연구원과 NASA의 협력으로 진행 중인 미국 민간 달 착륙선(CLPS)에 탑재될 대한민국의 과학 탑재체 4종과 SPHEREx 참여 등의 기회는 우리나라의 탑재체 기술 경험이 인정받은 예시임

    ▸ 한편, 우리나라가 체계 사업을 추진할 때 미국의 과학 탑재체를 수용하는 방식으로 진행된 예는 다누리 탐사선에 미국 NASA가 지원한 쉐도우캠이라는 탑재체가 실린 것임

• 국가 간 신뢰를 기반으로 협력 논의 단계별 긴밀한 소통 과정이 필요함

- 국제협력 과제 발굴을 위해 단순히 연구자들을 모은 세미나 또는 공동 워크숍에만 의존해서는 안 되며, 이미 다양한 학술 네트워크 기회가 많은 학계와 긴밀한 소통을 통해 아이디어 수준부터 사업화까지 체계적으로 추진해야 함

  • 국제공동연구는 양국 책임하에 각자 약속한 내용을 성실하게 수행해야 하나, 이는 상대 국가에 대한 신뢰가 있어야 하며 자국 내의 예산 확보가 가능해야 함. 물론 상대 국가가 예산 확보에 실패할 위험성도 남아 있음

    ▸ 한국천문연구원은 NASA와 2000년대 초부터 탐사 과학 자료 분석 공동연구부터 탑재체 개발까지, 태양 물리와 천체 물리, 탐사 과학 부문에서 단계적으로 신뢰를 쌓아오고 있으며, 지금까지 안정적인 예산이 확보되고 있음

    ▸ 미국 이외의 다른 국가의 기관과 우주과학 탐사 부문의 협력은 기회의 요구는 많으나 최종적으로 사업화를 통한 예산 확보에 성공한 사례가 없음

• 한미 간 우주 협정을 개정하고 포괄적 우주 협정 대상국의 수를 확대해야 함

- 한미 간 우주 협력을 포괄적으로 명시하는 우주 협정이 2016년 체결되었으나 새로이 출범한 우주항공청의 역할이 조속히 명시되어야 할 필요가 있음

- 동 우주 협정에는 미국 측의 우주활동 기관으로 NASA, NOAA 등이 명시되어 있고, 대한민국 측의 우주활동 실행 기관으로 한국항공우주연구원, 한국천문연구원, 기상청, 교통연구원 등이 명시되어 있음
- 개별 공동연구 사업별 체결하는 연구 약정서(Study Agreement) 또는 실행 약정서(Implementing Arrangement)상 우주항공청과 소속기관 간의 역할 분담과 시기별 진행 과정에 대한 체계 확립이 필요함

- 주요국과는 우주 협력을 위한 포괄적 협정 체결이 필요하며, 아시아 국가들과도 확대하여 우주 외교의 주도권을 가질 필요가 있음

□ 국제협력 경험

- 자외선 우주망원경(Galaxy Evolution Explorer, GALEX)
  - 임무 개요
    - 미국 NASA의 SMEX(Small Explorer)급 우주 탐사 목적 임무
    - 위성체 총중량 280kg, 직경 50cm(f/6, 파장: 135~280nm) 망원경 탑재
    - 임무 궤도: 고도 690km, 궤도경사각 29도, 공전주기 98.6분
    - 발사 및 임무
      - 2003년 4월 28일, Pegasus XL 발사체
      - 적색이동 z=0~2 영역 은하 및 별 탄생의 기원 탐사(전천 관측 수행)
      - 발사 후 29개월의 주 임무 기간 완료 후, 2012년 2월까지 임무 수행
  - 국제협력
    - Caltech 주도의 임무, 위성체 및 탑재체 개발은 미국이 수행
    - 국제협력 파트너로 우리나라의 연세대학교, 독일 MPI, 프랑스 LAM 참여
    - <u>대한민국의 역할: 과학 자료 처리, 과학 자료 분석 지원</u>
- 적외선 우주망원경(AKARI, Astro-F)
  - 임무 개요
    - 일본 JAXA가 개발한 적외선 전천 탐사를 위한 우주망원경 임무
    - 위성체 총중량 952kg, 직경 67cm(f/6.3, 1.7~180μm) 망원경 탑재함
    - 임무 궤도: 423x602km 타원궤도, 궤도경사각 98도, 공전주기 95분

- 발사 및 임무
  - 2006년 2월 21일 M-V 발사체
  - 근적외선, 중적외선, 원적외선 영역 전체에서 전천 관측 수행 목표
  - 2006년 11월경 첫 전천 관측 자료 완성
  - 2007년까지 8월까지 주 임무 수행(액체 헬륨 소진) 후 2011년 임무 종료

- 국제협력
  - 위성체 등 모든 개발은 JAXA/ISAS 수행
  - 유럽우주국(ESA)과 대한민국 연구진(서울대)이 참여함
  - 대한민국의 역할: 과학 연구를 위한 자료 처리

- GMAT(General Mission Analysis Tool) 개발
  - GMAT 개요
    - NASA·GSFC(Goddard Space Flight Center)가 개발하고 있는 우주 탐사용 S/W
    - 우주 탐사를 위한 임무 궤적 설계를 목표로 함
    - 매우 고가인 S/W(STK) 및 일부 기관만 사용할 수 있는 S/W(예, JPL/Monte)와 달리 일반 공개할 수 있으며 동시에 무료로 사용할 수 있음
  - 국제협력
    - KARI-NASA GMAT 개발을 위한 협력 의향서 교환
    - 항공우주 S/W 개발 관련 최초의 국제협력으로 대학 연구진 경험 축적
    - 한국항공우주연구원과 학계(연세대, 카이스트, 전북대) 참여 및 S/W 기능 개발 수행

- 다누리 달 궤도선(Korea Pathfinder Lunar Orbiter, KPLO) 임무
  - 임무 개요
    - 한국항공우주연구원 개발의 대한민국 최초의 우주 탐사 임무
    - 위성체 총중량 680kg, 5기의 과학 탑재체, 1기의 기술 검증 탑재체 탑재
    - 임무 궤도: 달 고도 100km, 궤도경사각 90도, 공전주기 118분
    - 발사 및 임무
      - 2022년 8월 5일, Space-X Falcon-9 발사체
      - 달 궤도에서 대한민국의 달 착륙 임무를 위한 착륙 후보지 영상 확보

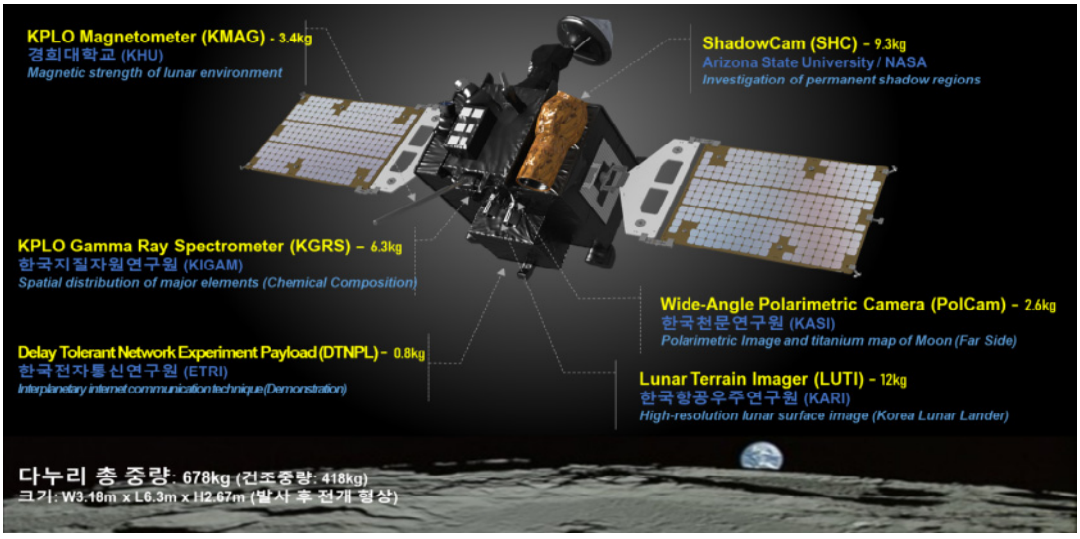
▸ 달 표면 및 주변 과학 연구 수행

▸ 달 극지역 영구 음영지역 촬영 수행(아르테미스 임무 지원)

▸ 달 임무 궤도 도착 후 12개월의 주 임무 기간 완료 후 연장 임무 수행 중

- 국제협력
  - KARI-NASA KPLO 협력 이행 약정서 기반 협력 수행
  - 위성체 개발, 운영 등 대부분의 역할을 대한민국이 수행하였고, 동시에 세계 최초로 다양한 과학 자료를 생산함으로써 최근 국제 학회(AGU, LPSC)에서 과학계의 큰 관심을 받음
  - 임무 연장을 통해서 다양한 과학 자료 확보가 가능하며 이를 통해 NASA와의 협력 관계를 지속함(양 기관의 다누리 협력 기간이 기존의 2023년에서 2028년으로 연장됨)
  - 과학 연구 목표 우주 탐사 임무에서 국제협력 성공의 좋은 예임
  - 미국(NASA)의 역할: 탑재체(ShadowCam) 개발 납품, 임무 설계·통신 지원
  - <u>대한민국의 역할: 위성체 개발, 궤적 임무 설계 주도, 궤도선 운영 주체</u>

〈그림 2.3〉 대한민국 달 궤도선(다누리)의 비행 형상, 탑재체 목록과 주요 임무



자료: 한국항공우주연구원 홈페이지, 다누리, https://kari.re.kr/kplo.

- 민간 달 탑재체 서비스(Commercial Lunar Payload Service, CLPS)
  - 임무 개요
    - 미국 NASA의 우주 프로그램으로 민간의 달 착륙선과 로버 개발·발사 지원
    - 미국의 민간 기업이 착륙선과 로버를 개발하고 NASA 탑재체 탑재

- 2024년 1월(CLIP-1) 이후 2026년까지 총 8기 발사 계획
- 임무 궤도: 달 고도 100km, 궤도경사각 90도, 공전주기 118분

- 국제협력
  - NASA와의 협력으로 유럽, 대한민국 개발 탑재체 탑재
  - 대한민국의 역할: 한국천문연구원 주관으로 총 4기 탑재체 개발/납품 예정

• NASA 중형우주망원경 미션 SPHEREx

- 임무 개요
  - NASA의 우주 탐사 프로그램으로 세계 최초로 적외선 파장대역에서 전 하늘에 있는 10억여 개에 달하는 천체들에 대한 분광 목록 작성
  - 위성 총중량은 약 180kg, 직경 20cm 망원경 탑재
  - 2025년 2월 발사 예정(Falcon-9)이며, 약 2년 반 동안 주 임무 수행 예정
  - 임무 궤도: 지구 고도 약 600km, 궤도경사각 97도, 공전주기 90분

- 국제협력
  - 주관 기관인 Caltech 주도로 JPL, BAE Systems, 한국천문연구원이 협력 수행
  - 대한민국의 역할: SPHEREx 망원경 성능시험을 위한 극저온 광학시험시설 개발, 자료 처리 파이프라인 모듈 작성 참여 및 과학 연구 수행

〈그림 2.4〉 국제공동협력으로 개발되어 위성체에 조립된 SPHEREx 우주망원경 모습

자료: 캘리포니아공과대학 SPHEREx 홈페이지, SPHEREx Observatory Assembled, https://spherex.caltech.edu/news/observatory-assembly-3cones.

□ 우주항공청 수행 국제협력 활성화 방안

- 우주 탐사 임무 관련 장·단기 계획 수립
  - 「우주개발 진흥법」에 규정된 5년 단위 우주 개발 계획 수립 체계의 효율성에 대한 평가 및 발전 방안에 대한 공개 논의
  - 우주항공청 체계에서 급변하는 무한 경쟁 시대에 적합한 효율적이고 필수적인 수행 방안을 모색할 시점임
  - 미국의 우주 탐사 개발 계획 수립 경험을 참고하여 이를 우리나라 실정에 걸맞게 원용할 방안 마련을 추진해야 함
  - 다양한 경험을 축적하고 있는 우주항공청 산하 기관의 연구 능력을 십분 활용할 수 있는 방법을 마련해야 함
  - 대한민국의 향후 10년, 30년, 50년 등의 장·단기 우주 개발 계획 수립 및 구체적 로드맵 작성 홍보
  - 모든 계획 수립에서 기간별, 임무별 연계성 등 논리적 정합성을 확보하고 세계 경쟁 체제에서 유효한 방안인 지의 여부를 확인
- 국제 우주 탐사·개발 협력 회의체 참여 확대 및 수행 체계 수립
  - 국제 우주 탐사 협력회의 성격 및 참여 실익 등 전반적인 조사 수행 필요
  - 미국과 중국 주도의 국제 우주 경쟁에서 실익을 얻을 수 있는 정책 마련 필요
  - 우주항공청 주도, 산하 기관(한국항공우주연구원, 한국천문연구원) 주도 및 참여 필요성 등 국제 우주 협의체의 성격에 따른 대응책 마련
  - 우주 업무의 특성상 다수의 정부 부처 참여가 필요하기 때문에 우주 관련 다부처 간 업무에 대한 우주항공청의 조정 기능 확보
  - 미국의 경우 NASA 주도로 진행하지만, 국무부가 주도하는 우주 정책(대표적으로 아르테미스 조약)이 남아 있으며 상호 보완(국제회의 교차 참여)하여 효과적인 업무를 진행
  - 우주항공청 내 국제협력 부서 위상 제고가 필요
- 국제협력 추진 실무진 구축 및 교육
  - 우주 관련 국제협력은 국가의 규모와 자체 수행 능력에 좌우되지만, 협력 수행 실무진의 역량 또한 매우 중요함을 인지해야 함(그간 참석한 국제회의의 경험을 통해 참여 인력의 능력 확보 정도에 따라, 회의체에서 해당 국가의 중요성이 크게 달라짐을 확인)
  - 향후 대부분의 우주 관련 국제협력 업무는 우주항공청이 주도해야 하므로 우주항공청 내 실무진의 업무 능력 배양과 국제 감각 확보 필요함

- 우주 탐사 수행 인력뿐만 아니라 협력에 필요한 다양한 분야의 전문가를(변호사, 변리사, 경제 전문가 등) 확보해야 함
- 국제협력 탐사 임무별 담당자를 지정하고 주·부 담당자(Primary·Backup) 시스템을 구축해야 함
- 국제협력에서는 업무의 연속성이 매우 중요하므로 인력 변동 시 내부적으로는 물론, 협력 상대국과의 업무 연속성을 위해서 외부적으로도 적절한 업무 인계 방안을 마련해야 함
- 국제협력에서 우주항공청의 소관 업무와 산하 기관 또는 지원 기관의 소관 업무 내용을 구체적으로 명문화해서 책임 소재를 확실히 하고 상대 국가에 신뢰를 줄 수 있도록 해야 함

03 연구 기관/대학/산업체와의 협력 방안[5]

□ 기관별 현황

- 우리나라의 우주 관련 연구는 정부출연 연구소, 대학 부설 연구소, 기업, 그리고 대학의 일반 연구자들에 의해 다음과 같이 이루어져 왔으며 각각의 역할은 다음과 같음
- 정부출연 연구소
  - 한국항공우주연구원
    - 주요 임무
      - ▸ 항공기·인공위성·우주 발사체의 종합시스템 및 핵심기술 연구 개발
      - ▸ 국가 항공우주 개발 정책 수립 지원, 항공우주 기술 정보의 유통 및 보급·확산
      - ▸ 시험 평가 시설의 산·학·연 공동 활용, 중소·중견기업 등 관련 산업계 협력·지원 및 기술사업화
      - ▸ 정부, 민간, 법인, 단체 등과 연구 개발 협력 및 기술용역 수탁·위탁, 주요 임무 분야의 전문 인력 양성
    - 주요 성과
      - ▸ 한국형 우주 발사체 개발 성공(2022)
      - ▸ 달 탐사선 다누리 성공적 발사(2022)
      - ▸ 차세대 소형 위성 2호 및 큐브위성을 탑재한 누리호 성공적 발사(2023)

5) 우주를 활용하는 분야는 매우 폭넓고, 기관별 역할과 협력 내용도 다양하므로 여기서는 과학 연구 분야에 국한해 기술함.

- 한국천문연구원
  - 1974년 국립 천문대로 발족하여 1986년부터 정부출연 연구기관으로 전환됨
  - 주요 임무
    - 천문학과 우주과학에 관한 연구 및 사업
    - 대형 관측 시설의 운영 및 기기 개발
    - 역 및 표준시의 관리 등 국가 천문 업무의 수행
    - 국내외 관련 기관과의 협력 및 공동연구 수행
    - 대국민 천문 지식 및 정보 보급 사업
  - 주요 성과
    - 세계적 수준의 전파 망원경 KVN 건설 및 운영
    - 국제협력을 통해 블랙홀 영상 촬영 성공
    - 세계 최초의 적외선 분광 전천 탐사 망원경인 SPHEREx에 유일한 외국 협력 기관으로 NASA 프로젝트 수행

- 대학 부설 연구소
  - 인공위성 연구소(KAIST)
    - 1989년 8월에 설립된 한국과학기술원(KAIST) 소속의 연구소로 출범
    - 주요 임무
      - 소형 인공위성 개발
      - 우주 기술 및 연구 인력 양성
    - 주요 성과
      - 대한민국 최초의 인공위성인 우리별 1호를 비롯해 다수의 소형 인공위성 개발
      - 우수 인력 양성

- 기업
  - 우리나라의 우주 관련 기업은 그다지 많지 않은 편임
  - 위성체와 탑재체 개발에서 민간 기업이 참여하여 부품, 주요 모듈, 소프트웨어 등을 개발함
  - 대부분의 국내 우주 관련 업체는 규모가 비교적 작은 스타트업 회사들임
  - 일부 업체는 국내보다는 외국에서 발주받는 사업이 훨씬 많지만, 국내 업체들이 성장하기 위해서는

국내에서 수행하는 프로젝트들이 다양하고 연속성 있게 진행되는 것이 바람직함

- 또한 규모는 작지만, 기술력을 바탕으로 창업하는 회사들이 역량을 키우기 위해서는 과학 연구 탑재체를 다수 개발하는 것이 도움이 될 것으로 판단함
- 이들 기업을 유형별로 나누어 보면 다음과 같으며, 〈표 2.1〉에도 정리되어 있음
  - 위성체 관련: SaTreci, 나라스페이스 테크놀로지, 우주로테크, 드림스페이스 월드, 루미르
  - 발사체 관련: 한화에어로스페이스, 이노스페이스, 페리지에어로스페이스, 우나스텔라
  - 지상 장비: 컨텍
  - 위성 활용 및 과학 연구: 아이언웍스, SIA(SI Analytics), 텔레픽스

□ 기관들의 역할과 관계

- 우리나라의 우주 관련 연구는 대부분 천문연구원, 항공우주연구원 등 정부출연 연구소와 대학의 우수 연구센터로 출범해 현재 KAIST 부설 연구소로 운영되고 있는 인공위성 연구소에 의해 이루어짐

〈표 2.1〉 우리나라 우주 관련 민간 기업 현황

기업명		설립년도	업스트림			다운스트림	
			위성제작	발사체 제작	자상장비	위성활용	과학연구
쎄트렉아이 (Satrec Initiative)	SI	1999	●		○	○	
드림스페이스월드(주) (Dream Space World)		2010	●			○	○
나라스페이스 테크놀로지 (Nara Space Technology)	NARA SPACE	2015	●			○	○
루미르 (LUMIR)	LUMIR	2016	●			○	
(주)이노스페이스 (INNOSPAVCE)	innospace	2017		●	○		
(주))에스아이에이 (SI Analytics)	SI	2018				●	○
우주로테크 (Ujurotech)		2018	●	○		○	
페리지에어로스페이스 (PERIGEE AEROSPACE)	PERIGEE	2018		●	○		
한화에어로스페이스 (Hanhwa Aerospace)	Hanwha Aerospace	2018		●			
(주)컨텍 (CONTRC)	CONTEC	2019			●	○	
아이언웍스 (Ironwalks)	I	2019			○		●
텔레픽스 (TELEPIX)		2019	○		○	●	
우나스텔라 (UNA STELLAR)	UNA	2022	○	●			

자료: 신상우(2021) 문헌의 표 내용을 확장해서 본 보고서에서 새로 제작.

- 과학 연구와 관련된 프로젝트의 경우 정부에서 위성체의 무게, 전력, 궤도, 지향 정밀도, 예산 등의 범위를 정하고 주관 기관을 지정함. 이후 탑재체 제안을 받아 선정된 기관들이 관련 탑재체를 제작하고 납품하여, 주관 기관에서 이들을 통합한 위성체를 제작하고 발사 및 운영하는 형태로 이루어졌음
  - 다만 이러한 과정에서 예산의 증액이나 계획의 변경 등이 매우 경직되어 운영된 관계로 과학자들이 원하는 최종 목표에 접근하지 못한 경우가 다수 있었다고 사료됨
  - 더군다나 과학 관련 위성은 발사 후 관련 데이터를 활용한 다양한 과학 연구가 오랫동안 지속되어야 하는데, 그간 성공·실패의 이분법적인 판단만을 중시했기 때문에 과학적인 목표 달성과 정부 관점의 목표 달성 사이에는 상당한 괴리가 존재했음
  - 이는 앞으로 우주항공청이 새로운 프로젝트를 수행할 때 반드시 개선해야 할 과제라고 사료됨

□ 기관들 사이의 바람직한 협력 방안

- 우주를 이용한 과학 연구를 위해서 수행하는 프로젝트들은 대부분 막대한 예산이 소요되고 개발 기간도 지상 장비에 비해 매우 길기 때문에 횟수 등이 극히 제한될 수밖에 없음
- 따라서 임무 기획과 선정에서 최대한 관련 연구자 집단의 의지, 능력, 국가 경쟁력 등 다양한 측면의 면밀한 검토가 필요함
- 또한 장기적인 관점에서의 연구 개발 내용과 로드맵을 바탕으로 프로젝트를 진행하되, 주기적인 검토를 통해 국내외적 환경 변화에 따른 유연한 대처가 이루어질 수 있게 해야 함
- 이를 위해서는 관련 학회를 중심으로 장기 계획을 수립해서, 우주항공청이 국내 기술이나 예산 현황을 반영하여 프로젝트의 우선순위를 결정하고, 결정된 임무를 적극적으로 추진해 나가야 함
- 특히 과학 프로젝트는 개발 비용과 시간에 따라 3가지 정도로 나누어, 단기간에 비교적 적은 비용으로 수행할 수 있는 것과 장기간의 투자를 요구하는 것으로 구분하여 추진하여야 함
- 이때 추진 주체는 프로젝트의 규모에 따라 적절히 배분하되 소규모 프로젝트에는 대학이 중요한 역할을 하면서 정부출연 연구소의 지원을 받는 것으로, 대형 프로젝트는 우주항공청 소속 정부출연 연구소가 주도적으로 개발하도록 하는 것이 필요함
- 민간 기업은 실제 개발과 운용에서 매주 중요한 역할을 할 수 있을 것이며, 도전적인 프로젝트가 많이 진행될수록 혁신적인 민간 기업이 더 많이 출현하게 될 것임
- 또한 앞으로는 자료수집이 끝난 후에도 이를 활용한 연구가 오래 지속될 수 있도록 자료 분석 연구에 대한 지원을 연구자들에게 장기간 제공해 주는 것이 절대적으로 필요함. 자료 분석 연구에는 대학의 학생과 박사후 연구원들이 크게 이바지할 것으로 예상함
- 우주항공청은 미국 NASA나 일본 JAXA와는 달리 기존 지상에서의 관측 시설을 활용한 과학 연구를 수행 중인 한국천문연구원을 포함하는 기관이니만큼 지상 관측 시설 확대도 추진해야 함

III 우주항공청에 바란다: 과학 연구를 중심으로

Ⅲ 우주항공청에 바란다: 과학 연구를 중심으로

01 천문학계

□ 우주 관측을 통한 국내 과학 연구 현황

- 지상에서의 관측 연구
  - 천문학 과학 연구를 위한 연구 및 개발은 전통적으로 과학적인 목적에 따라 지상 관측 시설을 구축하고 이를 통해 관측 자료를 확보하였으며, 최근 관측 기술의 첨단화와 대형화로 국제협력을 통한 거대 프로젝트들이 진행되거나 완성되었음
    - 미국 하와이에 건립된 현재 최대 크기의 미국 Keck 10m 지상망원경, 일본 8.2m 수바루 지상망원경, 우리나라가 협력 중인 8m 제미니 지상망원경 등
    - 지상 거대 망원경 프로젝트들: 25m급 거대 망원경인 GMT(Giant Magellan Telescope), 40m급 ELT(Extremely Large Telescope), 넓은 영역에 대한 탐사용 8.4m 지상망원경 루빈 천문대 등이 건립 중이며, 이 중에서 GMT와 루빈 천문대는 우리나라에서도 협력이 진행 중임
    - Square Kilometer Array(SKA): 국제기구인 SKA Observatory(SKAO) 주도로 차세대 간섭계 전파 망원경(SKA)이 현재 남아프리카공화국(남아공)과 호주에 건설 중임. 남아공에 건설 중인 SKA-mid는 15m급 원반형 전파 망원경 200여 개로 구성되며, 호주에 건설 중인 SKA-low는 2m 크기의 안테나 13만여 개로 구성됨. SKA는 초고속(high speed), 초고감도(high sensitivity)로 우주와 생명의 기원을 규명하기 위한 관측을 수행할 예정임. 우리나라는 정식 회원으로 참여하는 방안을 추진 중임
  - 우주망원경을 통한 관측은 지상 대기의 한계를 벗어날 수 있지만 거대 관측 장비를 개발하는 데는 한계가 있어, 거대 지상 관측 시설들은 우주 관측 시설들과 시너지를 추구함과 동시에 새로운 관측 영역을 확보하여 거대과학을 추구하는 방향으로 진행 중임
    - 우리나라는 한국우주전파관측망(KVN)을 비롯해 참여 중인 지상 거대 전파간섭계 시설

ALMA(Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) 등 지상에서 관측할 수 있는 전파 영역에서 거대 관측 시설을 구축하였으며, 전 세계 전파망을 활용한 이벤트 허라이즌 망원경(Event Horizon Telescope, EHT) 프로젝트에서와 같이 우리은하 중심의 블랙홀 관측을 성공적으로 수행하였음. 또한 최초로 중력파를 검출하여 새로운 관측 영역에 대한 연구도 진행 중에 있음

- 우주에서의 관측 연구
  - 우주망원경을 활용한 우주 관측 연구는 앞서 II장에서 언급한 국제협력을 통한 연구와 국내 우주망원경 임무 개발을 활용한 연구로 진행되었음
    - 국제협력 임무들: 미국 NASA 소형 임무인 자외선 우주망원경 GALEX, 일본 ISAS/JAXA 적외선 우주망원경 AKARI, NASA 중형 임무인 전천 적외선 영상 분광 우주망원경 SPHEREx 등
    - 대한민국 주도 임무들: 우리나라 주도 우주망원경 임무들은 주로 소형 위성체의 탑재체로 개발이 되었으며, 자외선 영역 FIMS/SPEAR, 적외선 광시야 영상기 MIRIS, 적외선 영상 분광기 NISS 등이 개발·활용되었음
  - 더욱 다양한 과학적 활용성을 고려해 기획된 국제협력 임무들은 은하의 형성과 진화, 우리은하, 별 등 여러 분야에서 활용 연구들이 수행되었으며, 특정 과학 연구 주제를 위한 국내 소형 임무로는 전천 임무를 제외하고 적외선 우주배경복사, 우리은하면 탐사 등 제한적인 과학 연구들이 수행됨

□ 지상과 우주에서 지속적인 연구 개발 필요성

- 지상 관측 연구 최근 경향
  - 앞서 언급한 대로 최근 지상 거대 망원경들이 계속 건립되고 있으며, 이러한 거대 망원경은 더 깊고, 더 멀리 있는 천체들을 정밀하게 관측할 수 있어 지상에서의 관측 연구에 새로운 장을 제공할 것으로 보임
  - 최초의 은하와 별의 형성, 암흑 물질과 암흑 에너지의 본질, 천체를 이루는 화학 원소의 기원, 우리 태양계의 형성과 진화, 지구와 같은 외계행성 등 인류의 우주에 대한 보다 새로운 연구가 가능할 것으로 예상됨
  - 우주망원경에 적용되는 첨단기술은 대부분 지상 관측기기로의 적용을 통해 검증되기 때문에, 지상 관측 기술개발도 우주 기술개발과 같이 진행이 필요함
- 우주 관측 연구 최근 경향
  - 최근 발사되어 성공적으로 운영되고 있는 NASA의 제임스웹 우주망원경은 재이온화 시기에 있는 초기 은하들을 관측하여 새로운 결과들을 제시하고 있을 뿐 아니라, 별 및 행성의 생성, 외계행성 관측 등에서도 다양한 연구 성과를 도출하고 있음

- 우리나라는 NASA 중형 우주망원경이면서 세계 최초로 전천 적외선 영상 분광 탐사를 수행할 SPHEREx 프로젝트에 참여해서 국제 공동 개발을 진행 중이며, 전 세계 하늘의 천체에 대한 분광 자료를 제공할 계획임
- 제임스웹 우주망원경 이후 넓은 영역 탐사 및 정밀 관측을 위한 후속 우주망원경 개발이 진행되고 있으며, 우리나라에서도 최근 천문학 이슈들에 대한 연구를 위해 자체 개발 혹은 국제협력을 통한 우주망원경 프로젝트를 기획하고 있음

□ '도전적 우주 관측 및 우주 기술개발'을 위한 단계적 연구 개발 프로그램 필요

- 후속 지상 관측 연구로의 연계를 위한 연구 개발
  - 대한민국이 참여하고 있는 거대 망원경이 건립됨에 따라 다양한 활용성과 그 활용을 극대화할 수 있는 연구 개발이 필요
    - 관측 프로그램 개발 및 지원: 거대 망원경 활용을 위해서는 현재 운영되고 있는 GEMINI와 같이 지상망원경 활용을 체계적으로 지원하여 향후 거대 망원경 활용을 위한 기초 연구들을 수행해야 함
    - 관측기기 개발: 국내에서는 지상 관측 기술을 기반으로 고분산 분광기기인 IGRINS와 같은 국외 관측기기 개발에도 참여하고 있어, 그 활용을 극대화하기 위한 다양한 관측기기 개발 참여가 필요함
    - SKA 참여 대비: SKA는 매년 ~700 Pbyte의 자료를 생산할 예정임. 이를 활용하기 위한 SRC(SKA Regional Center)를 설립하여 초고속 네트워크에 연결하고, 자료 분석 기술을 개발해야 함. 나아가 SKA를 활용한 초장기선 간섭 관측법(Very Long Baseline Interferometry, VLBI) 등의 미래형 기술개발이 필요함
  - 정밀 관측에 최적화된 거대 망원경 및 국내 우주망원경들과 시너지를 이룰 지상 탐사형 망원경에 대한 연구 개발 진행도 필요
    - 암흑 에너지 연구를 위한 DESI의 국제협력과 같이, 국내 연구자들의 과학적인 요구에 따라 기획된 지상망원경 건립도 기획 중임
  - 거대 광학 망원경뿐만 아니라, 앞서 언급된 바와 같이 중력파, 세계 최대 전파망원경 프로젝트인 SKA(Square Kilometer Array) 등 다파장 관측을 통해 우주에 대한 이해를 넓히려는 시도도 필요함
- 우리나라가 주도적으로 참여할 수 있는 연구 과제 개발
  - 우리나라는 이제 막 우주 선진국에 진입하려는 시기로, 제임스웹 우주망원경 같은 세계 최대의 또는 최고의 우주 연구 개발을 바로 착수하는 것은 현실적으로 한계가 있음

- 따라서 그동안의 우리나라 우주 연구 유산을 잘 활용하고, 경쟁력 있는 과학 연구를 수행할 수 있는 과학 연구 과제 개발에 힘을 쓰는 게 필요함. 예를 들어, 자외선·적외선 같은 파장에 집중하거나, 우리나라 지상 관측 시설인 제미니나 거대마젤란 망원경으로 후속 관측이 용이한 과제가 있을 수 있음
- 특히 천문 분야에서 가장 큰 성공을 거둔 과제 중 하나인 슬로운 디지털 하늘 탐사(Sloan Digital Sky Survey, SDSS) 같이 광시야와 분광 관측에 초점을 맞춘다면 충분한 경쟁력이 있다고 사료됨

• 우주망원경을 위한 단계적이고 체계적인 연구 개발 프로그램 육성

- 국내에서 독자적인 우주망원경 발사를 통한 세계 선도형 우주과학 임무 시행을 이루기 위해서는 높은 수준의 위성체, 망원경 광학·광기계, 관측기기, 핵심 과학 임무 개발이 요구됨
  - 최첨단 우주 기술들과 도전적인 과학 주제가 융합된 우주망원경 임무는 선진국 우주 개발 전담 기구들과 같이 우주청의 우주 개발 계획 초반에 가장 선도적인 역할을 할 수 있을 것으로 기대됨
  - 개발된 우주 기술들은 산업, 국방, 태양계 탐사 등의 분야에 걸쳐 다양하게 파급될 수 있음
- 우주망원경에서 요구되는 고난도의 천문학·우주과학 기술은 개발에 많은 시간이 소요되며, 산업계나 다른 우주 임무에서는 당장 필요로 하지 않을 수 있어 공공의 영역에서 우주청 주도로 기반 기술을 개발할 필요가 있음
- 우주망원경 개발을 위한 단계적이고 체계적인 연구 개발 프로그램 마련이 필요하며, 주기적인 운영을 통해 첨단 우주망원경 기술을 확보하고 활용 연구를 추진해야 함
  - 소형 우주 관측기기 및 부품 검증 프로그램: 특화된 도전적인 과학 연구 목적을 위한 3차원·다천체 분광과 같은 새로운 우주 관측 기술개발 및 연구에 집중하고, 산학연 협력으로 개발할 수 있는 아이템들도 발굴하여 국내 우주산업에도 이바지하며 개발된 우주 기술들의 시험대로도 활용
  - 중형 우주망원경 임무: 우리나라의 SPHEREx 국제협력 사례에서와 같이 많은 예산이 필요하지는 않지만, 전 세계 천문학계에서 중요한 우주 임무를 제안하고 개발해야 함. 기존 중형 위성 플랫폼이 있긴 하지만, 우주망원경을 위해서는 최적화되어 있지 않아 다양한 우주망원경 기술들이 적용된 임무 기획이 필요함
  - 세계 선도형 우주망원경 임무: 앞선 우주 프로그램에서 확보된 최신 우주 관측 기술들을 집약한 '세계 선도형' 국내 우주망원경 임무를 개발하여 대형 연구 성과들을 창출해야 함

02 우주과학계

□ 우주과학 및 탐사 탑재체 개발 기초연구 기회 확대

- 우주과학 탐사 목표를 실행하기 위하여 혁신적인 과학 탑재체 개발을 위한 단계적 지원 체계 구축
  - 아이디어를 탑재체로 구현하는 단계와 우주용 탑재체가 가능한 인증 모델 단계, 그리고 실제 탑재 기회를 확보하여 실증하는 단계로 나누어서 지원함
    - 인공위성 연구소 소형 위성 시리즈에 탑재된 과학 탑재체, 다누리 탑재체 등의 제한된 기회에 기관 차원의 역량을 투입할 수 있는 출연연이 다수 참여함
    - 탑재체 기초 기술개발 사업으로는 2021년 종료된 우주 핵심 기술개발의 내역사업 중 우주 기초 과제가 있었으며, 현재는 스페이스 챌린지 사업 등이 있으나 규모와 기회 모두 제한적임
  - 향후 기하급수적으로 증가할 위성 발사 기회에 대응하기 위해 성능과 개발 과정이 개선된 탑재체 개발 연구 기회가 확대되어야 함

□ 우주과학 탐사 연구 생태계 기반 조성

- 우주과학 탐사 자료 공유 체계 구축
  - 전 세계적인 추세는 우주과학 탐사 임무 자료를 빠르게 공개하는 쪽으로 가고 있으며 우리나라도 국제협력 기반의 우주과학 탐사 임무라면 이를 준수해야 하고, 우리나라 독자 임무도 자료 공개 정책에 대한 규정적 절차가 마련되어야 함
    - 우주과학 탐사 임무 기획 시부터 자료 처리 및 공개 과정에 필요한 연구 개발 일정과 예산이 반영되어야 함
      - ▸ 다누리 사업의 경우 NASA와의 협력으로 인해 자료 공개에 대한 요구 사항이 있었음에도, 사업 기획 시 운영, 자료 처리 및 공개를 위한 준비가 없었음. 현재는 발사 1년 전 별도의 성과 활용 사업으로 수행하고 있으나, 우주과학 탐사 임무의 목표가 과학 자료 획득을 통한 과학 연구라는 측면에서 통합되어야 할 필요가 있음
  - 국내외 연구자들이 손쉽게 자료를 활용한 연구를 수행할 수 있도록 우리나라 우주과학 탐사 자료의 생성과 관리, 공개 등에 대한 표준과 플랫폼이 체계적으로 구축되어야 함
- 우주과학 분석 연구 기회 확대
  - 우주과학 탐사 임무 관측 자료에 관한 분석 연구는 우주 임무 성과를 극대화할 뿐 아니라 새로운 과학 탑재체 개발을 위한 기초가 되며, 우주과학 연구자들의 인력 양성에 꼭 필요한 프로그램임

- 젊은 연구자들의 우주과학 탐사 임무 참여 기회 제공
  - 인턴 프로그램 또는 별도의 쉐도우 프로그램을 통해 일정 기간 젊은 연구자들이 우주과학 탐사 임무에 직접 참여하거나 유사한 경험을 쌓을 수 있도록 지원이 필요함
    - 우주 임무는 높은 신뢰성이 요구되다 보니 진입장벽이 높아서, 경험이 부족한 초기 연구자들이 우주 임무에 실제로 참여할 기회가 제한적임

□ 과학 자문 그룹의 필요성

- 우주과학 및 탐사를 위한 우리나라의 전략과 로드맵이 작성되어 이를 기반으로 한 과학 탐사 임무들이 추진되려면, 해당 임무를 통해 과학적 성과를 점검하고 성공적인 부분을 발전시키고 미진한 부분을 보완할 수 있는 방향이 과학 전문 그룹에서 제시될 필요가 있음

한림연구보고서 153

우주항공청의 성공적인 출범을 위한 제안: 천문우주 과학연구의 중요성

Suggestions for a Successful Launch of Korea AeroSpace Administration: The Importance of Astronomical and Space Science Research

Ⅳ 맺는말

Ⅳ 맺는말

□ **이 보고서는 우주항공청의 비전과 역할, 그리고 과학 연구의 발전을 위한 구체적인 실행 방안을 제안하였음**

- 우리는 우주로 가야 하는 이유를 명확히 하고, 그로 인해 기대되는 우주 경제의 발전 가능성을 살펴보았음
- 또한, 우리 우주항공청이 맡은 역할과 임무를 규명하였으며, 이를 수행하기 위한 구체적인 사업 진행 방식과 국제협력, 그리고 연구기관·대학·산업체와의 협력 방안들을 제시하였음

□ **우리가 우주를 탐사하고 연구하는 것은 단순한 탐험 이상의 의미가 있음**

- 이는 우리의 기술적 한계를 넘어서는 도전이자, 새로운 지식을 창출하고 인류의 진보에 이바지하는 기회임
- 우주는 끊임없는 발견의 장이며, 그 안에는 우리가 알지 못했던 많은 비밀과 현상들이 숨겨져 있음. 이러한 비전을 실현하기 위해 우리는 지속해서 혁신을 추구하고, 국제적인 협력을 강화해야 함

□ **우리는 과학 연구의 중요성을 재확인하고, 그것이 우리 사회와 경제에 미치는 긍정적인 영향을 이해해야 함**

- 우주항공청이 이루는 과학적 발전은 우리나라의 과학 기술력을 한 단계 더 나아가게 할 것임. 이는 또한 우리의 자립성을 강화하고, 글로벌 경쟁에서 우리나라가 새로운 리더로 자리 잡을 수 있는 기반이 될 것임

□ **마지막으로, 이 보고서가 우리의 우주 탐사와 과학 연구의 방향을 잘 제시하고, 이를 통해 우리의 미래를 밝히길 바람**

- 이제는 우주항공청이 우리의 비전을 이루기 위해 적극적으로 나아가야 할 시점임. 앞으로도 우리의 노력과 열정이 계속하여 우주 탐사의 새로운 지평을 열어갈 것이라 확신함

한림연구보고서 153

우주항공청의 성공적인 출범을 위한 제안: 천문우주 과학연구의 중요성

Suggestions for a Successful Launch of Korea AeroSpace Administration: The Importance of Astronomical and Space Science Research

참고문헌

참고문헌

김은혁(2024). “대한민국 우주항공청 임무 제안: 국제협력을 중심으로”, 우주 정책 연구, 제9권, 한국항공우주연구원, pp. 22-36.

신상우(2021). “뉴 스페이스 시대의 핵심, 우주 스타트업의 현황과 과제”, 기술과 혁신, Special Issue 05, 한국산업기술진흥협회.

이형목·임철호·김소영·안오성(2022). “우주과학·우주개발을 효율적으로 수행할 수 있는 바람직한 거버넌스”, 한림연구보고서 147, 한국과학기술한림원.

NASA(2023). NASA Fiscal Year 2024 Full Budget Request.

OECD Space Forum(2021). Space Economy for People, Planet, and Prosperity, OECD paper for the G20 Space Economy Leaders’ Meeting 2021.

Bryce Space and Technology 홈페이지, https://brycetech.com

Euroconsult 홈페이지, https://www.euroconsult-ec.com

Haver Analytics 홈페이지, https://www.haver.com

ISECG 홈페이지, https://www.globalspaceexploration.org/

JAXA/ISAS 홈페이지, AKAKRI, https://www.isas.jaxa.jp/en/

Morgan Stanley 홈페이지, https://www.morganstanley.com

NASA Science 홈페이지, https://science.nasa.gov

NASA Science, Chapter 7: Mission Inception, https://science.nasa.gov/learn/basics-of-space-flight/chapter7-1/

NASA 홈페이지, CLPS, https://nasa.gov/commercial-lunar-payload-services/

NASA/GSFC Explorers Program 홈페이지, https://explorers.gsfc.nasa.gov

NASA/GSFC GMAT 홈페이지, https://gmat.atlassian.net/wiki/spaces/GW/overview

Radio Free Europe Radio Liberty 홈페이지, https://www.rferl.org

Space Foundation 홈페이지, https://www.spacefoundation.org

Statista 홈페이지, Global space economy from 2019 to 2021, by sector, https://www.statista.com/statistics/662231/space-economy-breakdown-globally-by-sector/

Statista 홈페이지, Global space economy revenue from 2015 to 20240, by segment, https://www.statista.com/statistics/946358/space-economy-global-revenue-segment-2040/

Statista 홈페이지, Global turnover of the space economy from 2009 to 2021, https://www.statista.com/statistics/946341/space-economy-global-turnover/

Statista 홈페이지, Government expenditure on space programs in 2022 and 2023, by major country, https://www.statista.com/statistics/745717/global-governmental-spending-on-space-programs-leading-countries/

Statista 홈페이지, Government expenditure on space programs worldwide from 2014 to 2022, https://www.statista.com/statistics/745731/global-governmental-spending-on-space-programs/

Statista 홈페이지, Government investment on space exploration worldwide from 2010 to 2029, by type, https://www.statista.com/statistics/946361/space-exploration-government-expenditure-type-worldwide/

Statista 홈페이지, https://www.statista.com

Statista 홈페이지, Total global government investment in space exploration from 2013 to 2027, https://www.statista.com/statistics/946403/space-exploration-government-investment-worldwide/

Statista 홈페이지, Value of investments in space ventures worldwide from 2000 to 2021, by type, https://www.statista.com/statistics/666095/value-of-investments-in-space-ventures/

The Planetary Society 홈페이지, NASA's FY 2024 Budget, https://www.planetary.org/space-policy/nasas-fy-2024-budget

UNOOSA 홈페이지, Moon Treaty, UNOOSA, https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/intromoon-agreement.html

UNOOSA 홈페이지, The Outer Space Treaty, https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/introouterspacetreaty.html

Wikipedia 홈페이지, https://www.wikipedia.org

미 국무부 홈페이지, Artemis Accords, https://state.gov/artemis-accords

아리조나주립대학 ShadowCam 홈페이지, https://shadowcam.asu.edu

캘리포니아공과대학 Galaxy Evolution Explorer 홈페이지, http://galex.caltech.edu

캘리포니아공과대학 SPHEREx 홈페이지, SPHEREx Observatory Assembled, https://spherex.caltech.edu/news/observatory-assembly-3cones

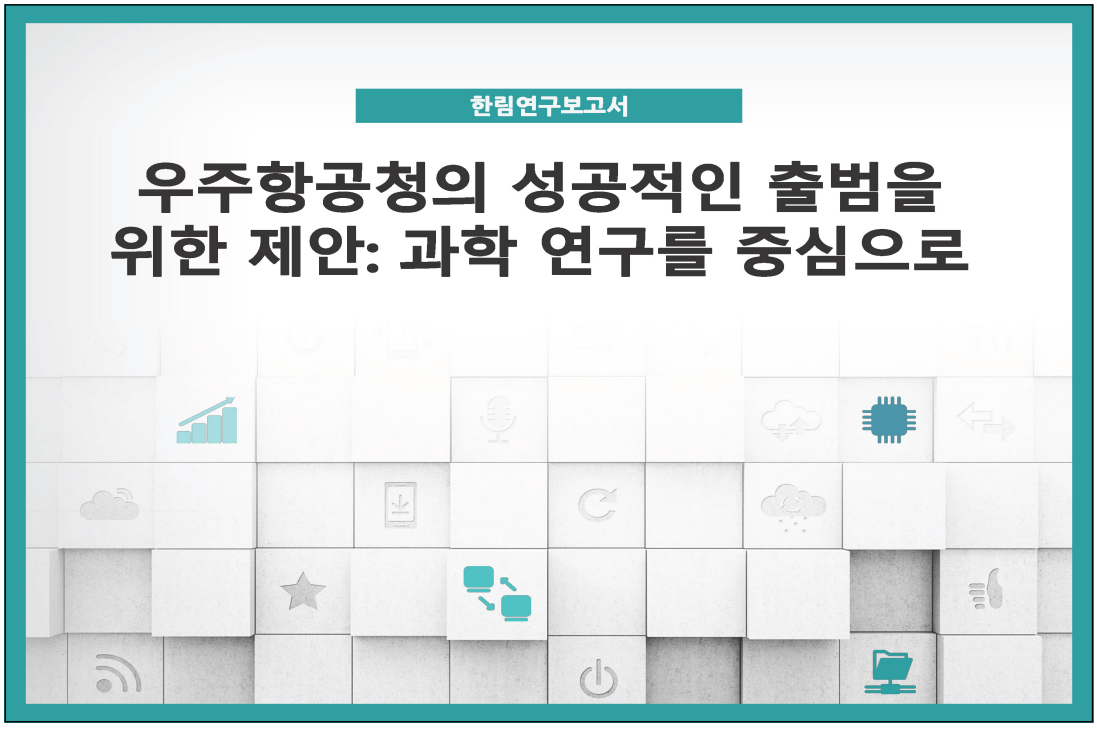
한국항공우주연구원 홈페이지, 다누리, https://kari.re.kr/kplo

한림연구보고서 153

우주항공청의 성공적인 출범을 위한 제안: 천문우주 과학연구의 중요성

Suggestions for a Successful Launch of Korea AeroSpace Administration: The Importance of Astronomical and Space Science Research

부록


한림연구보고서
우주항공청의 성공적인 출범을
위한 제안: 과학 연구를 중심으로


논의 과정
제202회 한림원탁토론회
우리는 왜, 어떻게
우주로 가야 하는가?
일 시 | 2022년 9월 29일(목) 15:00
장 소 | 한국과학기술한림원회관 1층 라운지
※ 본 행사는 온·오프라인으로 진행됩니다.
한림연구보고서 147
KAST Research Report 2022
우주과학·우주개발을 효율적으로 수행할 수 있는
바람직한 거버넌스
2022
December
한림원의
목소리
제100호
뉴스페이스 시대,
국가 우주력 향상을 위한 방향
2024
July
한림원의
목소리
제110호
우주항공청의 성공을 이끄는
과학연구의 역할

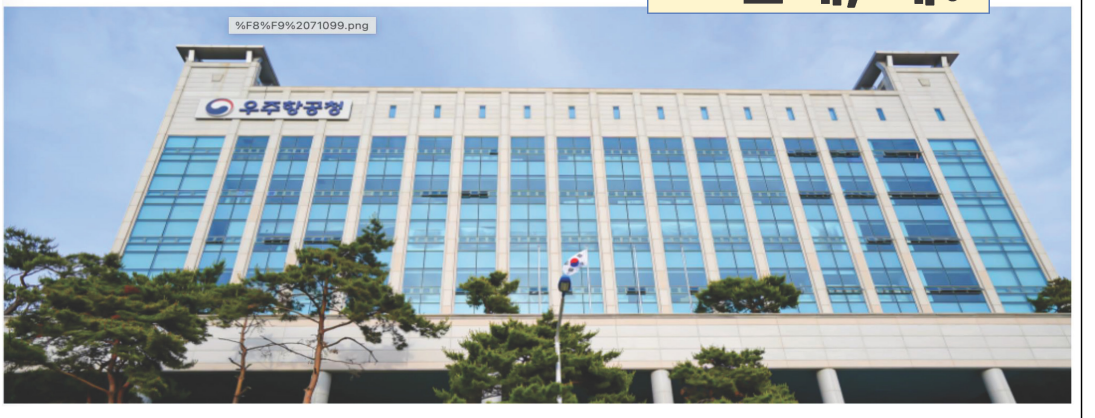
연구진

- 위원장: 황 호 성 (한국차세대과학기술한림원 회원, 서울대학교 교수)
- 위원
  - 김 은 혁 (한국항공우주연구원 책임연구원)
  - 류 동 수 (한국과학기술한림원 정회원, UNIST 교수)
  - 박 명 구 (경북대학교 교수)
  - 이 형 목 (한국과학기술한림원 정회원, 서울대학교 교수)
  - 정 웅 섭 (한국천문연구원 책임연구원)
  - 최 영 준 (한국천문연구원 책임연구원)
- 간사
  - 심 채 경 (한국천문연구원 선임연구원)

우주 항공청 개청! (2024년 5월 27일)

우주로 가자!
그런데, 왜?

05.27. 우주항공청 출범
「우주항공청의 설치 및 운영에 관한 특별법」(2024.1.26. 제정, 5.27 시행)



I-1. 우주항공청의 비전: 우주로 가야 하는 이유

비전

우주항공을 향한 도전,
대한민국의 세 번째 기적 창조

목표

우주항공 5대 강국 실현 및 국가 주력산업화			
투자 확대	우주항공 경제 창출		최고 수준 연구·산업환경
	2023	2045	
· 정부 예산 1조 5천억원('27) · 국가 투자 100조원('45)	· 세계시장 점유율 1% 미만	10%(420조원+)	· 우주항공임무센터 지정('24~) · 우주항공산업 삼각 클러스터 구축('28)
	· 기업 수 700개+	2,000개+	
	· 우주항공 일자리 2만명	50만명+	
	· 글로벌 100대 기업 3개	10개+	

출처: 우주항공 5대 강국 입국을 위한 우주항공청 **정책방향** 보도자료 (2024년 5월 30일)

세계 주요 국가 우주기구의 지향점

- **우주 선진국:** 우주 선진국이 선진국인 까닭은 자국의 국익 증진만이 아니라 전 지구적 혜택과 함께 인류 지식의 지평을 넓히기 위해 우주 개발을 수행하기 때문임.
- **미국 NASA:** 인류를 위해 미지의 공간을 탐사하고 발견을 통해 세상에 영감을 제공하며, 모두에게 혜택이 돌아가도록 함.
- **유럽 ESA:** 우주를 탐구하고, 안전하고 지속 가능한 환경에서 인간과 인공위성을 우주에 보내는 21세기 선진국들의 도전을 이루겠다는 목표를 제시하고 있음.
- **일본 우주개발연구본부(JAXA):** 위성을 사용하는 대학, 일본 기관 및 외국 우주 연구소의 협력을 통해 독특하고 우수한 우주 과학 임무의 계획, 개발, 비행 실험, 운영 및 결과 생산을 통해 학술 연구자들을 지속적으로 발전시키는 것을 목표로 함
- **중국국가항천국(CNSA):** 우주를 더 잘 이해하고, 자유롭게 접근하고, 효율적으로 사용하고, 효과적으로 관리하는 역량을 강화하며, 국가안보를 수호하고 과학기술 분야에서 자립과 자력발전을 선도함으로써 높은 수준의 경제적, 사회적 발전을 목표로 함.

비전

우주항공을 향한 도전,
대한민국의 세 번째 기적 창조

우주로 나가야 하는 이유와 철학 정립 필요

1. 국익을 넘어 인류에 대한 기여

1. 인류의 지식 증진과 복지에 기여하겠다는 목표 제시가 있어야 함
   1. 천체와 우주의 이해는 지식 증진에서 가장 중요한 분야라는 점을 인식할 필요가 있음

2. 국가이익과 글로벌 시각의 균형이 필요함
   1. 협소한 이익 추구를 떠나 한국의 과학 발전을 통해 인류의 지식 확충에 기여해야 한다는 큰 목표로의 전환이 필요.

2. 상호 호혜적인 국제 협력

1. 범지구적 문제 해결과 인류 공동번영, 평화 유지 등 인류 공동의 가치에 대한 공유가 필요함.
2. 미국이 우주개발 분야에서 선도적인 위치에 있음에도 국제협력을 중요시하는 이유는 바로 국경을 초월한 전문가들의 국제협력을 통한 이득이 그만큼 크기 때문임.

비전

우주항공을 향한 도전,
대한민국의 세 번째 기적 창조

우주로 나가야 하는 이유와 철학 정립 필요

1. 과학 혁명의 경험

1. 코페르니쿠스의 태양 중심설을 시작으로 뉴턴의 프린키피아로 완성
2. 기술과 아무 상관이 없어 보이는 기초과학이 세상을 어떻게 변화시키는지를 보여주는 매우 중요한 사례임.

2. 우주 개발과 기초과학

1. 우주개발의 역사에서 기초과학 연구는 우주의 이해에 대한 측면에서 기여할 뿐만이 아니라 산업 전반으로 우주기술이 확산될 수 있도록 핵심적인 역할을 해 왔고, 지금도 NASA의 가장 큰 역할은 기초과학 수행에 있음.

2. 과학혁명의 예에서 볼 수 있듯이 기초과학은 단기간에 기술로 직접 이어지지는 않지만, 지속적인 혁신을 만들어 내 왔음.
   1. 최첨단의 검출기 활용과 실용화 (예: 스마트폰의 CCD/CMOS 카메라)
   2. 정밀한 자료처리 (예: 전파간섭계 기술, WIFI 기술)

□ 우주에서의 기초과학 연구는 지상에서 불가능한 것을 관측하게 만들어 줄 뿐 아니라 결과적으로 새로운 기술을 창출하고 활용하게 해 주는 등 막대한 경제적, 기술적 파급 효과를 가져왔음을 알 수 있음.

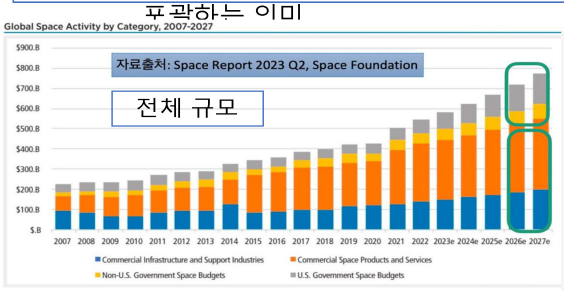
□ 우주항공청에서는 우주로 가야 하는 이유 가운데 기초과학 연구를 통한 인류 복지의 증진을 강조해야 할 필요가 있음.

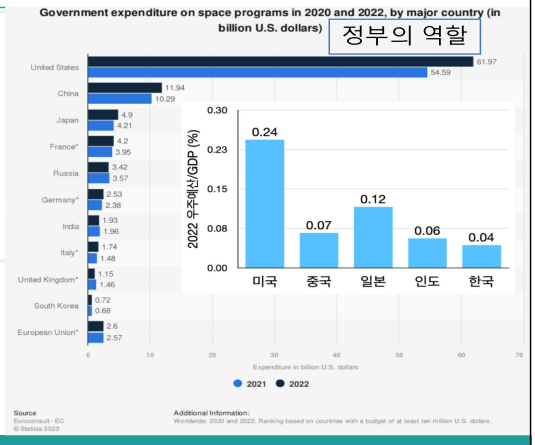
I-2. 우주 경제의 현황

➢ **우주 경제란?**

➢ 우주를 개척하고 연구하고 이해하고 관리하고 활용하는 과정에서 인류 전체에 대한 가치와 혜택을 생성하는 모든 종류의 활동과 재원의 활용.

➢ 우주산업만이 아니라 우주에 대한 탐사, 연구, 과학 연구, 관리, 활용 등을 모두 포괄하는 의미





I-3. 우주항공청의 역할과 임무

1. 최근까지 우리나라에는 독립적인 우주 전담 조직이 없이 여러 기관이나 조직이 우주 개발을 추진해 왔음.

2. 이처럼 우주 개발 전담 기구 부재로 정책 수립 및 집행, 연구개발, 국제 협력에 한계 노출.

1. 우주항공청의 역할

1. 과거 단위 사업의 추격형 전략에서는 기술개발의 성공 여부가 큰 관심사였으나 이제는 우리만의 철학과 전략이 필요함.

2. 단순한 개발이나 단기적 경제 논리에서 벗어나 인류의 지식 증진과 복지에 이바지하는 우주 개발이라는 목표를 정립하고, 그 실현을 위해 국가적 역량을 결집해 국민이 자부심을 가질 수 있는 성과를 창출할 수 있게 해야함.

3. 우주항공청은 미국 NASA나 일본 JAXA와는 달리 기존 지상에서의 관측 시설을 활용한 과학 연구를 수행 중인 한국천문연구원을 포함하는 기관이니만큼 지상 관측 시설 확대도 추진 해야 함.

II-1. 사업 진행 방식: 예 - 미국 NASA

➢ **NASA의 과학 비전(Science Vision)**

1. 지구, 행성, 태양, 그리고 우주를 이해함. 이를 통해 우주 탐사, 인류의 미래 지속 등을 위한 지적 기반을 마련함. 동시에 이후 변화, 우주 환경 등의 국가적 관심사 연구. 그리고 대중과 소통하면서, 과학, 기술, 공학, 수학(STEM) 교육에 이바지함.

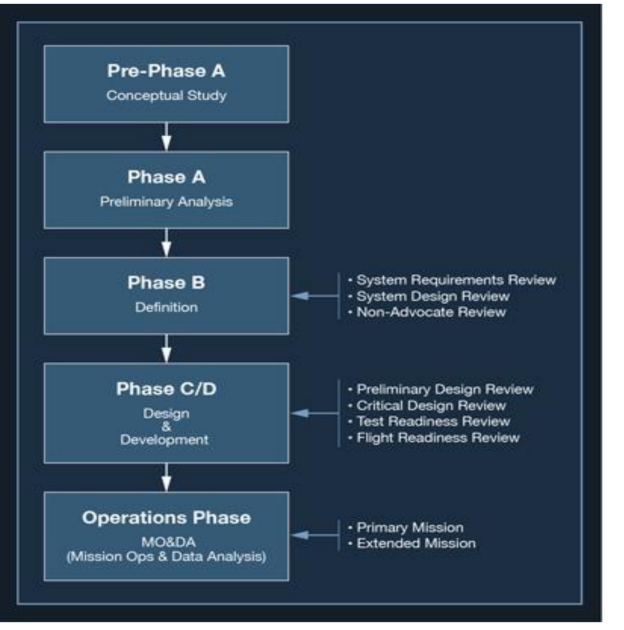
2. **구체적으로 다음의 질문에 대한 답을 찾음:**
   1. 지구의 기후와 환경은 어떻게, 왜 변하는가?
   2. 태양 활동은 어떻게 발생하며, 지구에 어떻게 영향을 미치고 있는지?
   3. 별, 행성은 어떻게 만들어졌으며, 생명체는 어떻게 탄생했는가?
   4. 우주는 기원, 진화, 그리고 운명은?
   5. 지구 이외의 우주에는 다른 생명체가 존재하는가?
   6. 인간은 우주 저 멀리 어디까지 탐사하고 갈 수 있는가?

3. NASA는 과학 비전을 달성하기 위해 다양한 임무 및 과학 연구를 수행하고 있음.

II-1. 사업 진행 방식

1. Pre-Phase A, 개념 설계(Conceptual Study)
2. Phase A, 사전 분석(Preliminary Analysis)
3. Phase B, 정의(Definition)
4. Phase C/D, 설계 및 개발(Design and Development)
5. Phase E, 운영 단계(Operations Phase)

• 연구 과제 제안은 보통 2단계로 진행
- 간단한 Step-1 예비 제안서를 제출해서 추천/비추천 평가 받음
- 그 후 Step-2 본 제안서를 제출함.



출처: https://science.nasa.gov/learn/basics-of-space-flight/chapter7-1/

II-1. 사업 진행 방식: 우주항공청 천문우주 과학 연구 사업 진행 방식 제언

1. **우주항공청의 과학 비전 설정 및 임무 정의**
   1. 국내 실정을 고려하며, 과학 비전 설정을 설정하고, 이에 기반하여 임무(대형 임무, 중소형 임무)와 과학 연구 등의 목표, 방향, 규모 등을 정의함.

2. **천문우주 과학 연구 사업**
   1. 우주항공청 예산 규모, 국내 연구자의 연구 수준, 인력 규모 등을 고려하건대, 대형 임무는 국제공동연구 참여로, 중소형 임무는 국내 독자, 또는 한국 주도 국제공동연구로 진행함.

   2. 특히 천문우주 과학 연구의 기술개발 및 경쟁력 확보를 위해, 당분간(최소 수년간) 초소형 임무 및 과학 연구를 중점적으로 지원할 것을 제안함.

II-1. 사업 진행 방식: 우주항공청 천문우주 과학 연구 사업 진행 방식 제언

- **우주항공청 과학 임무 선정**
  1. **대형 및 중소형 임무**
     1. 한국천문학회의 "장기 발전 계획", 한국물리학회의 "장기 전략 백서" 등을 참조하여, 과학 임무의 우선순위 결정.

     2. 과학 임무가 결정되면, 공모를 통해 연구자 그룹이 구체적인 아이디어 또는 계획을 제안함.

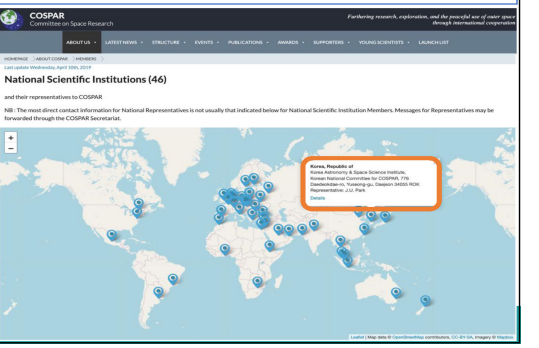
  2. **초중소형 임무**
     1. 연구자 개인 또는 연구자 그룹이 공모를 통해 임무의 아이디어, 목표, 그리고 계획을 직접 제안함

  3. **임무의 선정 과정**
     1. 개개의 임무에 대해 공모를 통해 다수의 제안서를 발굴한 후, 경쟁을 통해 최종 선정하는 시스템을 확보함.

II-2. 국제 협력 활성화 방안

- **국제 협력 필요성**
  - 우주 관련 기술은 국가 간 전수/이동 불가능함.
  - 우주 탐사 임무의 특징과 국제 협력.
  - 우주 개발/산업 관련 국제 회의체 참여 확대
    - 국제우주탐사조정그룹 (ISECG): 한국항공우주연구원
    - 우주연구위원회 (COSPAR): 한국천문연구원

  - 국제 협력의 목표 또는 전략을 명확히 가지고 추진해야 함.
  - 국가 간 신뢰를 기반으로 협력 논의 단계별 긴밀한 소통 과정 필요.
  - 한미 간 우주 협정을 개정하고 포괄적 우주 협정 대상국의 수를 확대해야 함.



II-3. 연구 기관/대학/산업체와의 협력 방안

- 기관들 사이의 바람직한 협력 방안
  1. 우주 관련 임무들은 대부분 막대한 예산이 소요되고 개발 기간도 매우 길기 때문에 횟수 등이 극히 제한될 수밖에 없음.
  2. 따라서 임무 기획과 선정에서 최대한 다양하고 면밀한 검토가 필요함.

  3. 장기적인 관점에서의 연구 개발 내용과 로드맵을 바탕으로 프로젝트를 진행.
     1. 관련 학회와의 협력.

  4. 민간 기업은 실제 개발과 운용에서 중요한 역할을 할 수 있을 것이며, 도전적인 임무가 많을수록 혁신적인 기업이 더 많이 출현하게 될 것임.

  5. 과학 관련 위성은 발사 후 관련 자료를 활용한 다양한 과학 연구가 오랫동안 지속되어야 하는데, 그 동안에는 성공/실패의 이분법적인 판단만이 중요했기 때문에 과학적인 목표 달성과 정부 관점 사이에 상당한 괴리가 존재했음.
     1. 자료수집이 끝난 후에도 이를 활용한 연구가 지속될 수 있도록 자료 분석에 대한 지원을 장기간 제공해 주는 것이 절대적으로 필요함 (특히 학생과 박사후연구원).

III-1. 우주항공청에 바란다: 과학연구를 중심으로 - 천문학계

1. 지상과 우주에서 지속적인 연구 개발 필요성
    1. 우주항공청은 기존 지상 관측 시설을 담당하는 한국천문연구원을 포함하는 기관이니만큼 지상 관측 시설 확대도 추진 해야 함.

2. "도전적 우주 관측 및 우주 기술개발"을 위한 단계적 연구 개발 프로그램 필요
    1. 후속 지상 관측 연구로의 연계를 위한 연구 개발
        1. 예: SKA(The Square Kilometre Array)를 활용한 초장기선 간섭 관측법(VLBI) 등의 미래형 기술개발이 필요함.

2. 우리 나라가 주도적으로 참여할 수 있는 연구 과제 개발
    1. 예: SDSS와 같은 광시야 + 분광 탐사

3. **우주망원경을 위한 단계적이고 체계적인 연구 개발 프로그램 육성**
    1. 예: 허블/제임스웹 우주망원경의 성공
    2. 우주망원경에서 요구되는 고난도 기술은 개발에 많은 시간이 소요되며, 산업계나 다른 우주 임무에서는 당장 필요로 하지 않을 수 있어 공공의 영역에서 우주항공청 주도로 기반 기술을 개발이 필요.

III-2. 우주항공청에 바란다: 과학연구를 중심으로 - 우주과학계

1. 우주과학 및 탐사 탑재체 개발 기초연구 기회 확대
    1. 우주과학 탐사 목표를 실행하기 위하여 혁신적인 과학 탑재체 개발을 위한 단계적 지원 체계 구축

2. 우주과학 탐사 연구 생태계 기반 조성
    1. 우주과학 탐사 자료 공유 체계 구축
    2. 우주과학 분석 연구 기회 확대
    3. 젊은 연구자들의 우주과학 탐사 임무 참여기회 제공

3. 과학 자문 그룹의 필요성

Ⅳ. 맺는말

1. 이 보고서는 우주항공청의 비전과 역할, 그리고 과학 연구의 발전을 위한 구체적인 실행 방안을 제안하였음.

2. 우리가 우주를 탐사하고 연구하는 것은 단순한 탐험 이상의 의미가 있음.

3. 과학 연구의 중요성을 재확인하고, 그것이 우리 사회와 경제에 미치는 긍정적인 영향을 이해해야 함.

4. 이제 우주항공청이 우리의 비전을 이루기 위해 적극적으로 나아가야 할 시점임.

KAST Research Report 2024
한림연구보고서 153

우주항공청의 성공적인 출범을 위한 제안: 천문우주 과학연구의 중요성

Suggestions for a Successful Launch of Korea AeroSpace Administration:
The Importance of Astronomical and Space Science Research

발 행 일 2024년 12월

발 행 처 한국과학기술한림원

발 행 인 유욱준
전화 031) 726-7900
팩스 031) 726-7909
홈페이지 http://www.kast.or.kr
E-mail kast@kast.or.kr

편집/인쇄 경성문화사 02) 786-2999

I S S N 2799-5135
977279951300953 (세트)

우주항공청의 성공적인 출범을 위한 제안: 천문우주 과학연구의 중요성

이 사업은 복권기금 및 과학기술진흥기금 지원을 통한 사업으로
우리나라 사회적 가치 증진에 기여하고 있습니다.

KAST 한국과학기술한림원
The Korean Academy of Science and Technology

(13630) 경기도 성남시 분당구 돌마로 42 (구미동)
Tel (031)726-7900 **Fax** (031)726-7909 **E-mail** kast@kast.or.kr **Website** www.kast.or.kr

53
9 772799 513009
ISSN 2799-5135