

2 우주와 지구

기술력으로 우주에 성큼 다가선다

글 _ 김유단 서울대학교 기계항공공학부 교수 ydkim@snu.ac.kr

우주와 지구는 인류가 함께 생활해 나가야 하는 삶의 터전이므로 아름답고 안전하게 유지 보존해야 하고, 환경의 균형을 깨뜨리지 않으면서 효율적으로 개발해야 한다. 우주와 지구분야에서는 인간의 생활과 직접적으로 영향을 주고 있는 기상·해양·지질분야, 우주의 기원을 이해하는 중요한 열쇠를 제공하는 천문분야, 항공기와 인공위성 등의 항공우주분야, 그리고 국가의 안전을 책임지는 국방분야에 대한 기술을 고려하여 미래기술을 예측했다.

우주와 지구를 정확하게 이해하고 효율적으로 활용하기 위해서는 우주와 지구의 환경, 즉 천문, 지질, 해양, 기상환경을 정확하게 이해해야 한다. 지구과학은 대상에 따라 기상학(대기과학), 해양학 및 지질학으로 나눌 수 있다. 육상포유류인 우리는 일찍부터 육상에서 지구의 과거를 규명하고 미래를 예측하는 지질학과 지구를 인간의 삶의 터전으로 이용하는 지리학을 발전시켜 왔다. 최근에는 물의 순환과 더불어 대기, 해양 및 지질환경이 별개가 아니라 상호 교환하는 시스템이라는 관점에서 지구전체 환경을 연구대상으로 삼고 있다.

한편, 항공우주분야에서 개발한 항공기, 발사체, 인공위성과 같은 항공우주 시

스템은 수송수단이기도 하면서 우주와 지구를 관측하는 도구로서의 역할도 한다. 항공우주분야는 정밀기계, 전기전자공학, 컴퓨터공학 분야의 기술발전에 영향을 받는 것은 물론이며, 인공위성이나 항공기를 안정적이고 효율적으로 운용하며, 우주와 지구환경을 정확하게 관측하기 위해서는 천문, 지질, 해양, 기상에 대한 정확한 모델이 필수적이다.

최근에는 컴퓨터, 영상, 통신기술과 같은 IT 기술의 급격한 발전에 힘입어 항공기와 인공위성을 이용한 우주와 지구의 실시간 관측 정밀도가 획기적으로 향상되었으며, 이에 따라 항공우주 관측자료는 지구의 기상, 해양, 지질, 그리고 천체의 환경을 보다 정확하게 이해하고 예측하는데 많은 도움을 주고 있다. 결국, 항공우주분야와 천문, 지질, 해양, 기상분야는 상호 보완적인 관계에 놓여 있다.

우주와 지구에 관련된 다양한 분야의 연구 개발을 통해 인류는 지구와 함께 조화로운 삶을 영위해 나가고, 미지의 세계인 우주로 인류의 생활범위를 넓혀 나갈 수 있도록 제반여건을 구축해 나가기에 도움이 될 것으로 기대된다. 또한, 항공우주 시스템은 우주와 지구에 대한 다양한 정보와 한반도 주변국가의 정황에 관련된 정보를 제공해 자원관리, 재난방지는 물

론 국가방위 역량 강화에 밀접하게 관련되어 국가안보에 기여하는 역할도 클 것으로 판단된다.

2015년까지 항공우주산업 세계 10위권 진입

항공우주산업은 다양한 분야의 첨단기술이 집약된 종합시스템 산업으로, 전자, 자동차 등 타산업에 파급효과가 큰 산업이다. 그러나 우리 나라 항공우주 산업의 수준은 스페인, 대만, 인도네시아 등 중진국 또는 개발도상국보다 뒤진 세계 20위권 수준이다. 전반적으로 항공우주 부품산업 기반 및 관련 산업과의 연계가 취약하며, 비행제어 소프트웨어기술이나 발사체 엔진설계기술 등 핵심기술의 해외의존도가 높은 실정이다. 항공분야의 경우 1980년대까지는 핵심부품 및 설계도면을 해외도입에 의존하였으나 1990년대 이후 초등훈련기, 고등훈련기, 무인항공기 개발사업을 통해서 기술을 확보해 나가고 있다.

우리 나라는 우주·천문 분야의 다목적 실용위성사업, 저궤도 우주발사체 사업, 우주센터 건립 등의 사업에 있어 독자적인 기술력을 확보, 2015년까지 항공우주산업 세계 10위권에 진입하고자 노력하고 있다. 천문 분야는 GPS 활용뿐만 아니라 과학기술위성 1호의 자외선 탑재

체 개발을 비롯하여 미국과 일본의 우주 개발에 참여하고 있다. 또한 지상의 우주 전파관측망 개발이 활발히 이루어지고 있으며, 일본의 적외선 우주망원경 개발 참여, 8m급 지상광학망원경 설치를 계획하고 있다.

해양과학기술 분야는 해양이라는 가혹한 환경과 조건에서 구현되는 특수 극한 기술로서 열악한 환경조건을 극복해야 하는 과학기술이며, 해양학뿐만 아니라 다른 과학과 융합된 복합시스템 과학이다. 우리 나라는 기술적, 지정학적으로 해양과학기술의 발전 여건이 양호하여, 2010년에는 세계 5대 해양국가로 발전시킨다는 목표를 세우고 있다. 우리나라의 해양과학기술 연구수행 항목을 발전단계에 따라 분류해보면 항만·조선, 석유탐사·연안매립, 수산 양식 및 관리, 해수담수화 등과 관련된 기술은 성숙단계에 접어들었다. 망간단괴 개발, 해양목장, 조력발전소, 심층수 활용, 해양 청소작업, 특수선박 설계, 해양감시, 수중작업 로봇 등과 관련된 기술은 도약단계에 있다. 성장단계에 있는 분야로는 메탄 수화물 개발, 해양생명공학, 초고속·보급형 선박, 수중통신, 온실가스 심해저장, 중장기 기후변화 예측 등이 있다. 심해 저장기지·해중공원 조성, 전자 및 원자력 추진선, 인공야가미, 개인용 잠수정, 초저에너지-고효율 해수담수화 기술 등은 초기단계에 있는 것으로 예측된다.

유럽은 이미 범유럽통합 항공업체로 뭉쳐

최근 들어 세계 항공우주산업은 생산규모가 감소하고 있는 추세다. 이에 대한 대책으로 미국은 자국 항공우주산업을 통합하고, 유럽에서는 프랑스, 독일, 스페인의



아리랑 2호 비행상상도

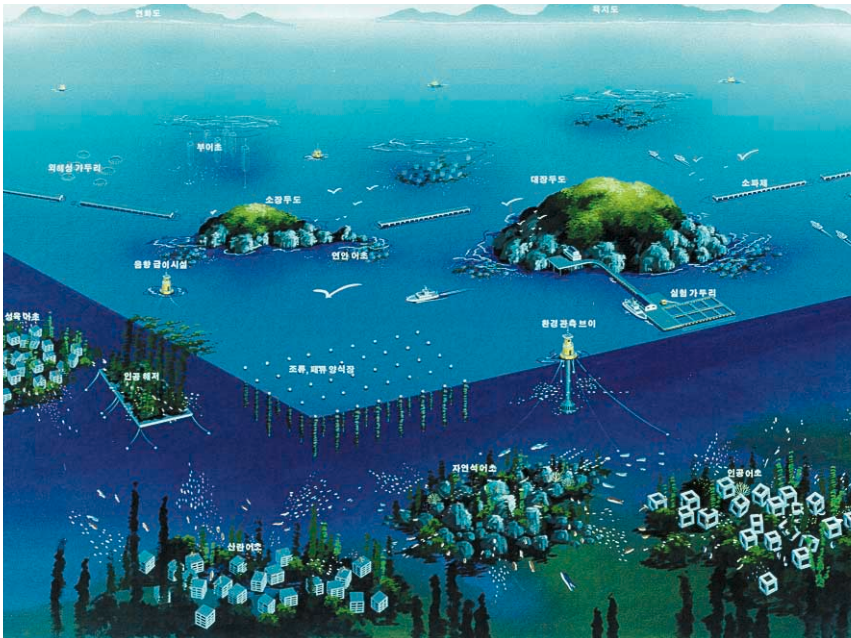
기업들이 범유럽통합 항공업체로 뭉치고 있다. 최근 항공분야의 기술개발 동향을 살펴보면 완전 자율비행을 수행하며 군집으로 감시, 정찰 및 공격을 수행할 수 있는 무인전투기, 연료효율 및 소음감소 등 신기술을 적용한 초음속 여객기, 대량수송을 위한 600석급 초대형 여객기, 좁은 도심지역에서의 운송수단용으로 수직이·착륙이 가능한 단거리 이·착륙 항공기 개발 등을 수행하고 있다.

우주·천문분야에서는 국제우주정거장 건설, 화성 및 토성탐사, 소형위성 개발 등을 수행하고 있으며, 인간이 거주할 달 기지 건설, 유인 화성탐사선 개발 등을 위한 계획을 수립하고 있다. 유럽과 러시아는 각각 독자적인 위성항법 시스템을 갖추고 있으며, 선진 각국은 모든 파장에서 우주관측용 인공위성을 개발하고 있다. 또한, 30m급 지상용 광학망원경을 개발하고 있으며, 전파망원경을 100여 대 설치할 계획을 세우고 있다.

해양분야의 경우 미국, 영국, 일본 등은 해양의 중요성과 잠재력을 인식하고 국가 발전의 한 축으로 해양화 전략을 지속적으로 추진해 왔다. 특히, 육상자원의 고갈에 따라 해양광물자원, 생물자원 및 해양에너지 등 해양자원을 실용화하기 위하여 국가 차원의 투자를 확대하고 있다. 뿐만 아니라 전 지구규모의 기후변동 및 환경오염에 대처하기 위하여 지구 기후변화 예측과 대응방안 도출, 생물 종다양성 보전 등에 집중적인 연구와 투자를 하고 있다. 중국을 비롯한 후발 개발도상국들은 꾸준한 연구개발을 통하여 향후 5년 이내에 우리나라와 대등한 수준에 도달할 것으로 전망되고 있다.

우리 나라 기상수치예측도 선진국 수준

기상분야에서는 혁신적인 접근방법을 통해 새로운 기상모형을 개발하기 위한 연구를 수행하고 있으며, 데이터 동화기술을 레이더, 인공위성 및 지상관측시스



바다목장



템 관측 모형에 통합하고 수문학 모형과 대기 모형을 통합하기 위해 노력하고 있다. 이를 위해 고성능 컴퓨터 기술이 요구되고 있으며, 향상된 예측시스템을 구현하기 위하여 인력 활용과 교육에 집중 투자하고 있다. 또한, 하이브리드 실황 예보법 및 확률예측기법이 향후 몇 년 이내에 크게 활성화될 것으로 예상하여 적극 지원하고 장려하고 있다.

우리 나라 기상분야 기술은 자동기상 관측망을 세계적 수준으로 끌어올리는 한편, 기상용 슈퍼컴퓨터, 85개소의 기상관서 등의 인프라를 구축하였다. 기상용 슈퍼컴퓨터는 전지구 예보모델과 통계예보 모델이 운영되고 있고, 수치예측 정확도는 선진국 수준에 이르고 있다.

지구과학(지질)분야의 경우 개발도상국에서는 자원개발이 주요 목표이고, 중진국에서는 자연보호와 조화를 이루는 국토개발이 목표인 반면, 선진국에서는 사회 기반에 대한 기술적 투자를 목표로 삼고

있다.

우리 나라에서는 1960년대 자원개발 및 석탄에너지 개발에 있어서 지질학은 개발도상국에서의 역할을 적절하게 수행하였으나, 현재 중진국의 수준에서의 역할은 개발논리에 의하여 왜곡되는 경우가 많다. 향후 선진국으로의 도약하기 위해서 자연보호와 조화를 이루는 국토개발과 선진국 국민으로 건강한 삶을 유지하고 풍요로운 생활을 영위할 수 있는 사회기반을 조성하기 위한 연구개발을 지속적으로 수행해야 할 것이다.

지구과학 분야에 대해 선진국에서는 단기적인 이익창출 관점보다는 장기적으로 사회와 산업기반 등에서 인간의 생활을 질적으로 풍요롭게 하기 위해 필요한 기술개발로 인식하고 있으며, 대부분 사회간접자본에 의하여 투자된다. 물론 여기에는 방재, 국방목적도 포함되어 있으며, 또한 자원개발이라는 단기목표를 위한 기술투자를 동시에 진행하고 있다.

독자 위성 띄워 위성항법시스템 실용화

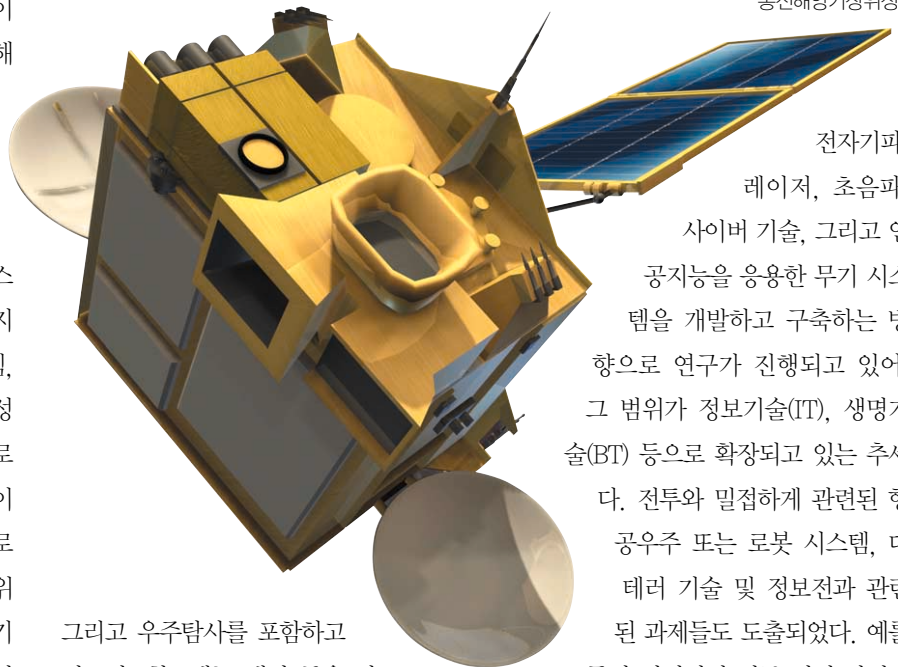
항공분야는 수소연료나 태양에너지와 같은 대체에너지를 이용하거나 소음과 배기가스 등 환경을 고려한 새로운 개념의 추진시스템, 다양한 임무를 자율적으로 수행할 수 있는 능력을 갖는 고성능 무인 항공기, 비행환경에 따라 날개형상을 변화시키고 고장에 대한 상황을 스스로 진단하여 대체하는 지능형 항공기, 15cm급 초소형 항공기(새나 곤충처럼 비행하는 형상을 포함)가 개발될 것으로 기대된다. 또한, 공항근처의 항공교통 현황을 효율적으로 개선하기 위해 위성항행 시스템, 통신방송 시스템, 기상 시스템을 통합하여 항공기 운항을 실시간으로 통제할 수 있는 보다 효율적인 항공교통 관리 시스템이 운영될 것으로 예측된다.

우주·천문분야는 우주 시스템분야와 우주 및 지구관측 시스템을 이용한 천문우주분야로 크게 구분된다. 우주시스템 분야는 지질과 해양, 기상, 그리고 천체를

관측하기 위한 다양한 관측 시스템과 이를 탑재한 인공위성 시스템, 위성을 통해 제공된 대용량의 자료를 효율적으로 처리할 수 있는 시스템, 환경이나 효율을 고려한 플라즈마 추진기관 또는 하이브리드 추진기관과 같은 새로운 개념의 엔진을 탑재한 위성 또는 로켓 시스템, 재사용 발사체, 초소형 위성, 달 기지나 우주공장과 같은 우주 건축물 시스템, 그리고 태양계 탐사를 위한 유무인 위성 시스템에 관련된 과제들이 개발될 것으로 예측되었다. 특히, 음성자료는 물론 데이터와 멀티미디어를 Gbps급 초고속으로 서비스할 수 있는 글로벌 초고속 통신위성이 실용화될 것으로 보이며, 천문·기상·해양 군사목적 관측을 위해 인공위성 탑재용 구경 10m급의 적외선 관측기기 제작기술이 실용화될 것으로 예상된다.

또한, 전천후로 지상과 해양을 관측할 수 있는 해상도 10cm급 고해상도 합성개구면 레이더(SAR)의 실용화, 8m급 초대형 고정밀도 광학망원경, 대기 영상 저하 효과를 보상하는 적응 광학계, 가시광선과 적외선 영역에서 초고해상도를 갖는 간섭계 관측이 실용화 될것으로 예측된다. 위성을 운용하거나 국가안보를 목적으로 인공위성을 정밀하게 추적하고 감시하는 시스템, 무한한 우주자원을 활용하기 위해 태양계의 우주공간과 행성을 활용하거나 우주탐사를 수행하기 위한 시스템이 개발될 것이다. 선진국에서는 달기지, 유인 화성 탐사위성, 우주공장 등을 건설하기 위한 계획을 수립하고 있어, 경제적인 측면에서 살펴볼 때 국제공동으로 이러한 기지가 건설 운영될 것으로 판단된다.

천문 우주분야는 지구관측, 천문관측,



통신해양기상위성

전자기파, 레이저, 초음파, 사이버 기술, 그리고 인공지능을 응용한 무기 시스템을 개발하고 구축하는 방향으로 연구가 진행되고 있어, 그 범위가 정보기술(IT), 생명기술(BT) 등으로 확장되고 있는 추세다. 전투와 밀접하게 관련된 항공우주 또는 로봇 시스템, 대테러 기술 및 정보전과 관련된 과제들도 도출되었다. 예를

그리고 우주탐사를 포함하고 있으며, 최근에는 행성 등을 탐사하기 위한 우주천문기술이 수행되고 있다. 특히, 다양한 망원경 개발 및 데이터 처리 등의 광학천문기술 개발, 전파망원경 및 전파수신기를 개발하는 전파천문기술을 개발하는 방향으로 연구가 진전되고 있다. 우리 나라에서는 국방 및 정보통신에 활용하기 위해 독자적인 인공위성을 활용한 위성항법 시스템을 실용화하고, 높은 정확도를 갖는 저가형 초소형 위치확인 시스템이 보급될 것으로 예측된다.

미래 전쟁은 전술시스템 무력화하는 '사이버 전쟁'

국방분야는 국가안보에 기여하거나 재난을 방지하기 위해 다양한 항공우주 시스템과 관련된 기술이 도출되었다. 주로 정찰 임무에 활용되어 왔던 무인항공기에 자율비행 능력을 대폭 개선한 자율비행 무인전투기가 개발되어 실전에 배치될 것으로 예측된다. 전통적인 항공기나 인공위성을 이용한 항공우주 시스템 외에도

기술로 상대방의 전술정보 시스템을 무력하게 만드는 기술이 실용화될 것으로 예측된다. 향후 이후에나 실현될 것으로 예측되는 기술로는 전투용 위성 시스템, 전투용 생체 로봇 시스템과 같이 항공우주 시스템과 로봇 기술을 국방분야에 응용한 기술들이 있다.

해양분야에서는 수산 해양자원 개발, 극지를 포함한 해양공간, 해류 및 조류의 변동, 수중 및 해양환경의 탐사와 예측, 해저·해양생물 및 극지적응 생물의 관리 및 개발, 그리고 이러한 연구 개발을 효과적이고 체계적으로 수행하기 위한 조선해양 시스템과 관련된 과제들이 도출되었다. 해양과학기술은 해양의 특성상 탐사선박 및 최첨단 장비 사용, 국제공동연구, 장기적인 관측이 필수적인 분야다. 이 분야의 기술은 국가 산업경쟁력 제고, 해양영토 관리 등 현실 문제의 해결은 물론, 미지의 현상을 규명하고, 미래지향적인 거대

복합 다학제 과학기술이다. 나아가 21세기 인류 공동의 과제인 자원 고갈과 지구 환경 변화 문제를 해결하기 위해, 해양에서 발생하는 제반 자연의 현상과 원리 탐구, 육상·대기·해양·우주 등 자연계의 제반 자연현상을 분석하고, 이러한 현상을 발생시키는 원리를 연구하는 방향으로 연구가 진행되고 있다.

또한, 해양은 대기와 해안 경계면에서 나타나는 제반 현상을 규명하여 해양환경의 중단기 변동특성과 지구규모의 장기 변동추이를 예측할 수 있는 기술이 실용화될 것으로 예측된다. 향후 20년 이후에는 극한 해양생물 연구를 통해 생명체 우주적응 기술, 해류 및 해상기후 조절 기술, 그리고 초고속 해양 운송체와 관련된 해양 시스템 기술이 실용화될 것이다.

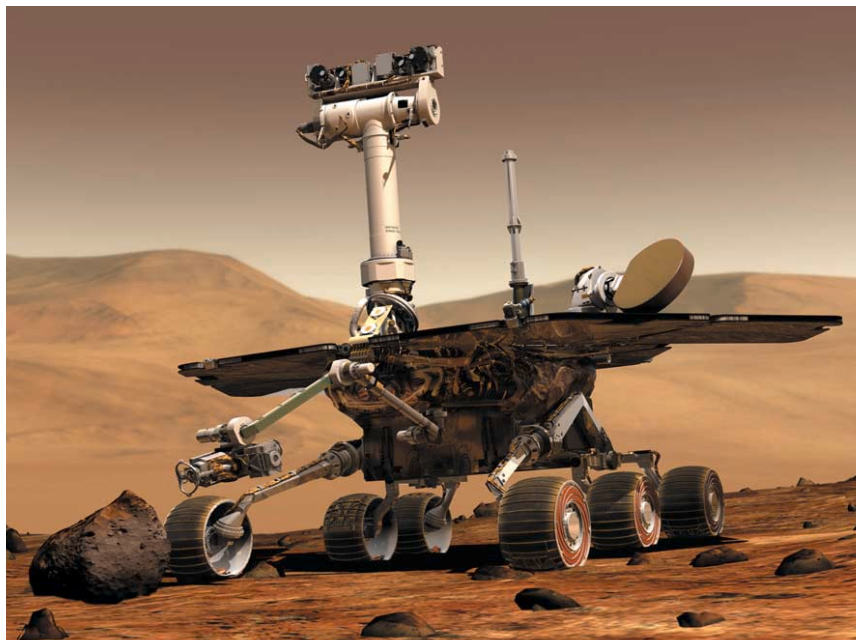
기상분야는 기상 관측장비 및 시스템, 기상 예측을 위한 기상 및 기후 모델 개발, 그리고 장·단기 기상예보 기술과 관련된 과제들이 도출되었다. 관측 분해능

력이 1km 규모로 정밀화된 기상관측 위성 시스템이 개발되고, 다양한 수단을 이용해서 관측된 전지구의 디지털 기상자료를 이용해서 수십 분 후부터 2일간의 기상을 완벽한 수준으로 예측하는 기술이 개발될 것으로 예측된다. 또한, 수요자의 요구에 맞는 기상영향 예보가 실용화되고, 장기적으로 기상을 조절할 수 있는 시스템을 개발하기 위한 기반기술이 다져질 것으로 생각된다.

지질분야는 지질탐사 및 분석을 위한 지질공학, 지진관측 및 평가, 환경지질, 지구물리 탐사, 자원탐사 등과 관련된 과제들이 도출되었다. 지질학적인 관점에서 살펴볼 때 45억 년 지구역사를 하루로 환산하면 인류는 지구 시간 23시 59분 40초에 출현하여 현재 지구상에서 가장 번성한 생물이다. 지구상에서 번창하던 수많은 생물들이 멸종된 것은 잘 알려져 있으므로, 인류가 지구에서 건강하고 풍요로운 삶을 영위할 수 있는 토대를 마련하

는 것이 지질분야 연구의 최대 관심사이다. 따라서 인간의 삶을 풍요롭고 건강하게 하기 위해 청정에너지와 대체에너지 개발, 새로운 자원 개발, 지구환경을 보호하고 회복하는 것이 기본 연구방향이다. 또한, 지진과 같은 자연재해, 운석 충돌, 지각변동 등 지구상에 번성하던 생물의 멸종원인을 규명하고 이에 대한 대응기술을 개발하는 방향으로 연구가 진전되고 있다. 향후 20년 이후에 실현될 것으로 예측된 기술은 달과 화성에서의 자원개발에 해당하는 기술이다.

우주와 지구분야에 관련된 항공, 우주, 천문, 국방, 해양, 기상, 지질에 관련된 영역의 기술들은 경제성보다는 공공성이 강한 기술들로 이뤄져 있어 산업체의 과감한 투자를 기대하기 힘들다. 또한, 시스템 특성이 강한 기술들로 기반시설 구축을 위해 장기적인 연구비 투입은 물론 고급 기술 인력이 지속적으로 요구된다. 결론적으로 우주와 지구 관련 기술분야의 수준 향상을 위해서는 어느 하나의 특정 분야만의 노력으로는 불가능하며 정부의 확고한 의지에 의한 정책적 지원, 항공우주 공학분야와 지구과학분야의 상호 적극적인 교류 및 공동연구, 활발한 국제교류와 공동연구를 통한 첨단기술 및 기반기술 습득, 장기적인 인력양성 지원, 우주와 지구 관련 과학기술분야에 대한 국민의식의 미래지향적 전환을 위한 적극적인 홍보 등 총체적이고 체계적이며 지속적인 관심과 추진이 필요하다. ㉓



화성탐사로봇



글쓴이는 텍사스 A&M 대학에서 항공우주공학 박사학위를 받았다. 현재 과학기술부 지정 국가지정연구소 '비행역학 및 제어연구소' 책임교수를 겸하고 있다.



미래한국연구원