

## 특집 ■ 우주광학

# 우리나라 우주천문학의 발자취

이대회\*

우주를 보다 멀리, 더 자세히, 그리고 보이지 않는 영역까지 관측하기 위해서는 우주 공간에서의 천문관측, 즉 우주망원경의 개발이 필수적이다. 미국을 비롯한 선진국에서는 이미 70년대부터 본격적인 우주관측을 시작하여 허블우주망원경과 같은 대형우주망원경을 통해 첨단 관측을 수행함으로써 우주관측 및 현대천문학을 주도하고 있었다. 이러한 우주공간에서의 관측은 지구 대기의 영향을 배제함으로써 지상관측이 불가능한 파장대역의 연구를 가능케 하여 현대천문학 발전에 새로운 장을 마련하고 있다.

### 1. 우주천문의 태동

반면, 우주천문 분야의 국내 연구기반은 취약하여 연구 장비와 인력 확보에 많은 어려움을 겪었다. 그러나 1990년대 들어 국력의 신장과 더불어 우리별위성, 무궁화위성, 다목적 실용위성 등 우리나라도 인공위성 보유국으로 발돋움하게 되었으며, 1990년 이후부터 우주관측기술 및 탑재물에 대한 개발 연구를 꾸준히 지속하여 1997년과 1998년에 발사된 과학로켓에 국내 최초의 과학탑재체인 X선 검출기를 탑재함으로써 그 기술을 입증하게 된다.

#### 가. 과학로켓 탑재체 개발

천체 X선은 지구 대기를 투과하지 못하기 때문에 인공

위성, 로켓, 열기구등을 이용하여 지표면으로부터 약 100km 이상을 벗어나야지만 2keV 정도의 X선을 관측할 수 있다. 한국천문연구원 X선 연구팀은 국내에서 개발되는 로켓에 X선 검출기를 탑재한다는 목표 아래, X선 관측시스템 XDR(X-ray Detection System)을 개발하였다.

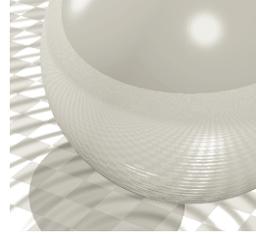
XDR은 1997년 7월 9일에 한국항공우주연구원에서 개발한 과학로켓-II (Korea Sounding Rocket, KSR II)에 실려 최초로 발사되었으나 이때는 로켓의 관성항법장치 고장으로 데이터 송수신이 이루어지지 못했다. 그 후 1998년 6월 11일에 KSR-II 2호기가 발사되었고, 수신된 데이터들을 분석한 결과 XDR이 약 1분 동안 정상적으로 동작함을 확인하였다.

XDR 로켓 실험은 우주관측을 향한 국내 최초의 시도였다는 점에서 큰 의의가 있다. 비록 천문관측 자체로서는 새로운 결과를 얻지 못했지만 검출기 제작부터 시스템의 완성, 그리고 텔레메트리 인터페이스 등의 경험을 통해 우주관측 시스템에 대한 경험과 기술이 축적되었으며, 이후 이러한 경험이 과학기술위성 1호 원자외선분광기 개발의 성공으로 이어졌다.

### 2. 우주천문의 발전

과학로켓 이후 인공위성을 이용한 천문관측 연구가 순조로이 진행된 것은 아니었다. 당시만 해도 우리나라에서 국산 위성을 이용한 천문관측 연구는 아직 요원한 일로 생각되었다. 90년대 초중반 KAIST 인공위성연구센터

\* 한국천문연구원 우주과학본부 책임연구원



에서 개발한 우리별 위성 시리즈가 처음으로 우주 공간을 활용한 과학연구의 가능성을 제기하였고, 우리별 3호가 개발 중이던 98년 경, 과학기술위성 1호 기획연구가 시작되어, 천문연에서도 관심을 갖게 되었다.

과학기술위성 1호의 주탑재체 원자외선분광기 FIMS는 원래 미국 버클리 대학 Space Science Lab. (SSL) 팀에서 개발하여 스페인 위성에 탑재한 기기를 업그레이드한 것으로서 KAIST 우주과학실험실에 공동개발을 제안하였는데, 예산 및 대학원생들로만 구성된 인력의 한계로 1999년에 KAIST 우주과학실험실에서 천문연에 공동개발을 의뢰하게 되어 미국 버클리 대학 SSL, KAIST 우주과학실험실, 그리고 천문연 우주천문연구그룹이 공동으로 개발하는 프로젝트가 되었다.

### 가. 과학기술위성 1호 원자외선분광기 (FIMS) 개발

FIMS (Far-ultraviolet IMaging Spectrograph)는 2003년 9월 27일에 러시아 플레세츠크 우주기지에서 발사된 과학기술위성 1호 (STSAT-1)의 주 탑재체로 우리은하에 분포하는 고온(수만~수백만도)의 플라즈마로부터 발생하는 원자외선 영역의 방출선 관측을 주목적으로 하고 있다. 과학기술위성 1호의 버스시스템 개발은 인공위성연구센터에서 전담하고, FIMS는 한국천문연구원, 한국과학기술원, University of California at Berkeley가 공동으로 개발하였다.

FIMS는 8°×5' 크기의 개구(aperture)를 통해 들어온 빛을 parabolic cylinder mirror를 통해 집광한 후 rotation of

ellipse 형태의 회절격자로 분산시켜서 MCP(Micro Channel Plate)를 통해 증폭된 신호를 검출하는 구조를 가지고 있다. 스캐닝방식으로 대상 전체로부터 방출되는 광자를 검출하며 영상과 분광신호를 동시에 기록한다. 주 파장영역은 900-1150Å과 1330-1730Å이며 각 밴드의 분해능은 각각 2.0Å과 3.5Å이다.

과학기술위성1호는 고도 690km의 태양동주기 궤도에서 100분의 주기를 갖고 하루에 약 14번 지구 주변을 돈다. 이때 FIMS는 한 궤도 당 약 25분간 관측을 수행하게 되며, 은하 내부의 고온 플라즈마의 거시적인 공간 분포에 대한 전천 탐사를 6개월간 수행하였다. 이러한 전천탐사를 통해 분광 및 이미지를 동시에 측정함으로써 C IV 및 O VI 등 중요한 고온 플라즈마의 분광선들에 대한 전천 지도를 작성하였다. 전천탐사 수행 후 별 및 지구 대기 광에 의한 잡음을 보정하고 전체 하늘을 3도x 3도 픽셀로 나누어 은하의 지도를 재구성하게 된다. 한편, 전천탐사 중에 약 20 여개의 지향 관측을 수행하여 연구 가치가



그림 2. 원자외선분광기 FIMS 비행모델



그림 1. 과학기술위성 1호 상상도

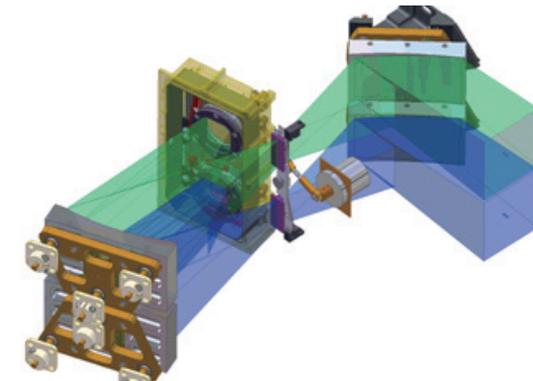


그림 3. 광경로 그림

## 우리나라 우주천문학의 발자취

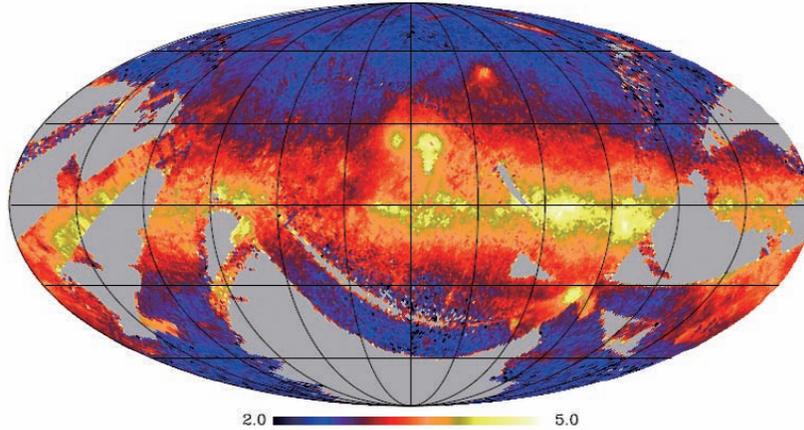


그림 4. 원자외선분광기 FIMS로 관측한 원자외선 전천지도(Seon et al. 2011, ApJS, 196, 15)

큰 천체들에 대한 원자외선 분광 및 영상 관측을 수행하였다. 이러한 임무를 통해 FIMS는 세계최초로 원자외선 대역의 전천지도(all-sky map)를 작성하였다. 또한, 세계 최초로 두 개의 주요 방출선인 OVI(1035Å) 및 CIV(1555Å)를 동시에 관측함으로써 잘 알려져 있지 않은 우리은하의 고온 기체에 대한 성질을 연구하였다.

그 결과, 2006년 6월 우리 은하의 고온 가스 및 성간물질 관측, 연구한 논문 9편을 국제적 명성의 저널 ApJ Letter에 특별호로 발간하였으며 그 이후로도 30여 편에 이르는 SCI 논문을 꾸준히 발표하였다.

### 3. 우주천문의 도약

21세기 들어 미국 NASA가 허블우주망원경의 대를

잇는 JWST (James Webb Space Telescope, 근적외선), 유럽 ESA에서는 Herschel Space Telescope (원적외선), 일본 JAXA/ISAS는 SPICA 적외선우주망원경 (중적외선)을 추진하고 있어 우주에서의 적외선 관측이 대세를 이루었다. 한국도 마침 서울대에서 일본 ISAS와 Akari 적외선우주망원경의 소프트웨어 개발 및 자료 분석으로 밀접한 협력 관계가 있었고, 또한 SPICA 개발에 공식적으로 참여하려는 움직임이 있었기 때문에 적외선 관측기술의 확보에 대한 요구가 생겨나게 되었다. 이렇게 축적된 적외선 관측기술과 FIMS로 확보된 우주탐재체 기술을 접목하여 2007년에 한국천문연구원은 과학기술위성3호 주탑재체로 다목적적외선영상시스템(MIRIS, Multi-purpose IR Imaging System)을 제안, 개발하게 된다.

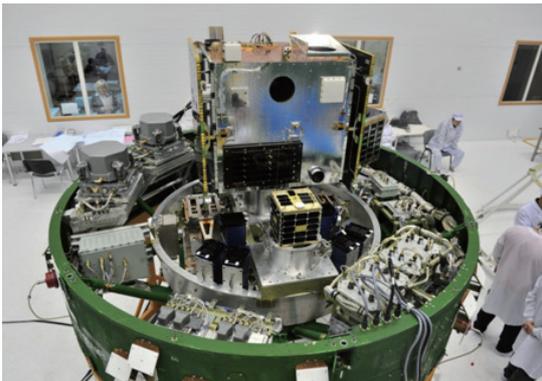


그림 5. 과학기술위성3호가 로켓에 장착된 사진(좌) 및 로켓 발사 사진(우)

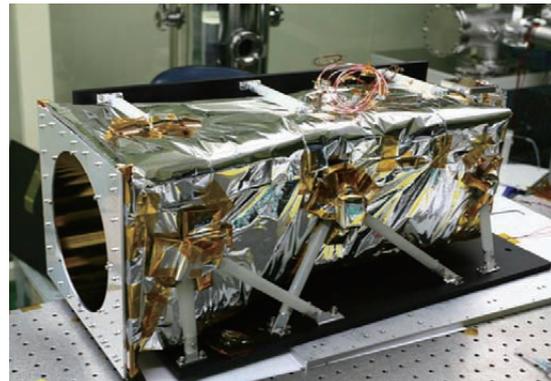


그림 6. 열차단을 위한 다층단열재로 포장되고 최종 조립된 MIRIS 우주관측카메라 비행 모델의 모습

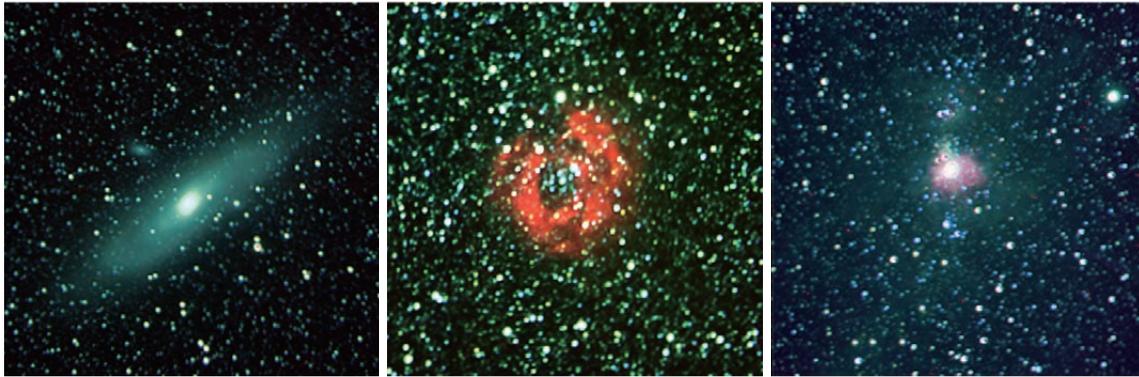
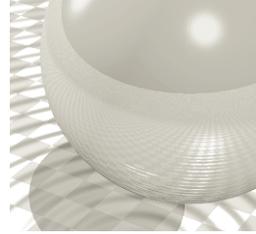


그림 7. MIRIS 우주관측카메라 영상: 안드로메다 은하, 장미성운, 오리온 성운

### 가. 과학기술위성3호 다목적적외선영상시스템 (MIRIS)

MIRIS는 과학기술위성 3호(주관기관: 항공우주연구원)의 주탑재체로서 2007년에 한국천문연구원에서 개발이 시작되었다. 국내 최초의 적외선 우주망원경으로, 2013년 11월 21일 러시아 드네프르 발사체에 의해 성공적으로 발사되었고, 초기 운영을 거쳐 2년의 관측을 수행하였다.

MIRIS 우주관측카메라는 0.9 $\mu$ m부터 2 $\mu$ m를 포함하는 근적외선 영역에서 관측을 수행하며, 이를 위해 두 개의 근적외선 광역필터(I, H 밴드)와 적외선 라인 관측을 위한 하나의 협대역 필터(Pa $\alpha$ 와 연속선), 암잡음 보정을 위한 알루미늄 재질의 필터를 가지고 있다. 카메라의 주경이 8cm로 작기 때문에, 광시야 관측에 초점을 두어 관측이 이루어질 예정이다. MIRIS 우주관측카메라의 관측 시야는 3.67도  $\times$  3.67도이며, 주요한 과학임무는 적외선 우

주배경복사 연구를 위한 황도북극영역의 광역필터 관측과 우리 은하면의 Pa $\alpha$  방출선 서베이(survey)이다.

MIRIS는 발사 후 약 2달 동안의 초기 운영 및 검보정을 거쳐 정상 운용 중에 있다. MIRIS 우주관측카메라 및 지구관측카메라의 기능 및 성능 검증을 위해 촬영된 첫 영상은 MIRIS가 훌륭히 동작하고 있음을 보여주었다.

### 나. 적외선우주배경복사 관측실험 (CIBER)

CIBER 프로젝트는 한국의 한국천문연구원(KASI), 미국의 캘리포니아 공과대학 (California Institute of Technology, Caltech), 제트추진연구소 (Jet Propulsion Laboratory, JPL) 및 일본의 우주과학연구소 (Institute of Space and Astronautical Science, ISAS) 등이 주축이 되어 진행되는 국제 공동 연구로서, 미국 NASA의 과학로켓에 적외선 카메라 및 분광기를 탑재하여 근적외선 (1-2  $\mu$ m) 영역에서의 우주배경복사를 관측함으로써 우주 초기의 별

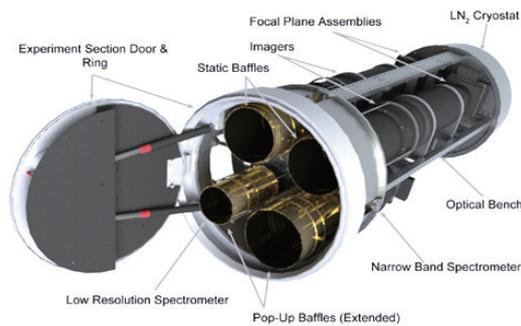


그림 8. CIBER 관측기기



그림 9. CIBER 발사 장면

## 우리나라 우주천문학의 발자취

및 은하에 대한 연구를 수행하려는 목적을 가지고 있다.

두 대의 광시야 카메라와 저분산 분광기, 그리고 고분산 분광기로 구성되는 CIBER는 액체 질소를 이용한 진공기 안에 장착되어 절대 온도 77K의 온도를 유지한 상태에서 작동된다. 카메라와 분광기에 공통적으로 운용되는 전자부 시스템은 데이터 획득 및 로켓과의 인터페이스를 담당한다. 두 대의 광시야 카메라는 근적외선 우주배경복사 공간 섭동을 측정하며, 저분산 분광기는 근적외선 우주배경복사의 스펙트럼을 관측한다. 고분산 분광기는 근적외선 우주배경복사의 잡음에 해당하는 태양계 내의 황도광을 정밀 측정한다.

CIBER는 1차 (2009.2), 2차 (2010.7), 3차 (2012. 2)에 걸쳐 미국 뉴멕시코주 화이트샌드 미사일기지에서 성공적으로 발사되었으며, 최종 4차 (2013.6)는 미국 버지니아주 Wallops 우주센터에서 발사되었다. 네 차례의 발사를 거쳐 황도광 관측 연구 논문을 ApJ에 발표하였으며 그 밖에 네 편의 논문을 ApJS에 2013년에 발표하였고, 2014년에는 적외선우주배경복사 공간 요동에 관한 논문을 Science 저널에 게재하였다.

### 4. 우주천문의 미래

정부는 2013년 11월 새롭게 수립된 우주개발 중장기 계획에서 2014년부터 2040년까지의 우주 관련 로드맵을 발표하였다. 이 중장기 계획에 따르면 창의적 우주과학 연구 강화를 위해 우주기원 규명을 위한 심우주 관측 우주망원경 개발이 하나의 세부 항목으로 들어가 있는데, 구체적으로는 차세대 소형위성 활용과 우주망원경 국제협력 프로젝트 참여를 통한 우주망원경 기반 기술 확보, 차세대중형위성 이용 1m급 우주망원경 개발, 국내 주도 국제협력 3m급 우주망원경 개발을 명시하고 있어, 실제 담당 기관인 천문연의 우주망원경 로드맵을 반영하고 있다. 실제로, 핵심기술개발본부 우주탐재체 팀은 2012년 12월부터 차세대소형위성1호의 주탑재체로 별탄생 역사 연구를 위한 근적외선분광기(NISS, Near-infrared Imaging Spectrometer for Star formation history)를 개발하기 시작하여 우주망원경 기반 기술 확보에 주력하고 있으며, 우주망원경 국제협력 및 차세대중형위성 우주망원경 개발 선행 연구를 시작함으로써 국제적 수준의 국내

주도 우주망원경 개발의 주역으로 발전할 예정이다.

한편, NASA sounding rocket program 적외선우주배경복사 관측실험 2 (CIBER2)가 CIBER의 성공에 힘입어 계속 진행되었다. CIBER보다 성능을 10배 이상 개선한 CIBER2가 2012년 NASA의 연구 과제로 선정되었으며, 천문연에서는 기초기술연구회 협동연구사업으로 “우주용 30cm급 극저온 적외선 광기계 시스템 개발” 과제 (2012-2014)로 CIBER2 광기계 개발에 참여하고 있다.

천문연은 2014년에 미래창조과학부 정책연구로 “천문 우주개발 및 활용을 통한 우주과학 연구 활성화 방안 연구”를 수행하여 우리나라 우주망원경 개발의 세부 실천 목표를 세우고 있는데, 동시에 우주천문그룹은 국제협력 적외선우주망원경 참여를 위한 선행연구를 수행하여 국가 우주개발 중장기 계획과 천문연 우주망원경 로드맵을 결합하려 한다.

### 가. 차세대소형위성 1호 근적외선영상분광기 (Near-Infrared Spectrograph for Star formation history, NISS)

별탄생역사 연구를 위한 근적외선영상분광기 NISS는 차세대소형위성 1호의 주탑재체로서 시야각이 2x2도로 크며, 분광분해능 R=20의 선형분광필터 (LVF, Linear Variable Filter)를 사용하여 적외선우주배경복사 및 가까운 은하의 별 탄생 역사를 연구하려는 목적을 가지고 있다. NISS의 관측 파장 영역은 0.95 - 3.8  $\mu\text{m}$ 이며 복사 냉각을 통하여 비축 광학계를 200K까지 냉각시키고 소형 냉동기를 이용하여 HIRG 적외선 검출기를 80K까지 냉각시켜 관측에 사용한다.

근적외선에서 관측되는 우주배경복사는 먼 우주 초기에 생성되는 별과 은하들로부터의 극미광이라고 추정되며, 거대 규모로 분포하고 있다고 알려져 있다. NISS는 이러한 적외선 우주배경복사를 저분산 영상분광으로 먼 우주의 시간 간격에 따라 어떻게 거대구조가 진화해 가는지를 밝힐 예정이다. 아울러 가까운 은하들과 은하단, 별탄생 영역 등에서도 별생성과 관련된 활동들이 근적외선 분광선으로 나타난다. NISS는 지상에서는 관측이 어려운 Pa $\alpha$ , PAH (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon), H $_2$ O와 같은 별탄생과 관련된 분광선들을 관측하여 가까운 우주에서의 별생성 활동을 살펴볼 예정이다. 이러한 분광선

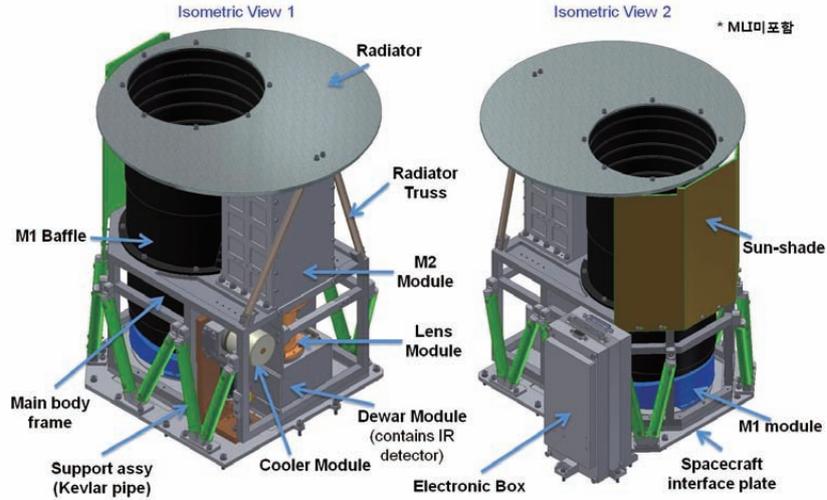
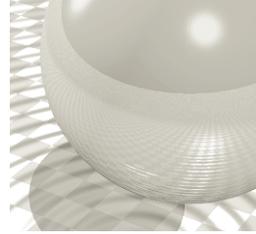


그림 10. 국내 최초의 적외선 분광 기능을 가진 우주망원경으로 2017년에 발사 예정인 NISS의 개념도

들은 다른 별생성 인자들과의 비교를 통해 별생성에 대한 정확한 검토를 수행할 계획이다.

2017년에 발사 예정인 NISS는 국내 최초의 적외선 분광 기능을 가진 우주망원경으로써 우리나라 우주천문의 미래를 이끄는 초석이 될 것이다.

## 나. 우주망원경 국제협력 및 한국주도 중형우주망원경

한국은 NASA SMEX급 적외선 우주망원경 SPHEREx, 대형 적외선 우주망원경 WFIRST, 대형 자외선 우주망원경 WSO-UV, 소형 자외선 우주망원경 MESSIER 등 다양한 우주망원경 국제협력 기회를 찾고 있으며, 이를 통해 우주망원경 도약 기술 개발 및 선도적인 우주천문 연구를 수행할 계획이다.

우주개발 중장기 계획에 따르면 한국주도 중형우주망원경을 2020년대에 개발할 예정인데, 이를 위한 독창적인 과학 임무의 설정, 핵심 기술의 확보 및 국제공동 연구를 위한 네트워크 구성 등이 선행되어야 한다. 이를 통해 국내주도 중형우주망원경 개발뿐만 아니라 2040년대까지 우주천문 분야에서 국제적 빅사이언스를 선도할 수 있는 대형 우주망원경을 기획, 주도하기 위한 끊임없는 노력이 필요하다.

## 약력



### 이대희

- 1991. 03. - 1995. 02. 한국과학기술원 물리학 학사
- 1995. 03. - 1997. 02. 한국과학기술원 물리학 석사
- 1997. 03. - 2001. 02. 한국과학기술원 물리학 박사
- 2001. 03. - 2003. 12. KAIST 인공위성센터 선임연구원
- 2004. 01. - 2010. 12. 한국천문연구원 선임연구원
- 2007. 08. - 2008. 10. Caltech 방문연구원
- 2011. 01. - 현재 한국천문연구원 책임연구원
- 2015. 09. - 현재 UST 교수

본 글은 한국천문학회에서 발간한 '한국천문학회 50년사'에 저자가 기고한 내용을 발췌하였습니다."