우주 생명의 신비를 밝히는 거대마젤란망원경

거대마젤란망원경 국제공동건설사업 현황

DOI: 10.3938/PhiT.24.058

박 병 곤

Current Status of the Giant Magellan Telescope Project

Byeong-Gon PARK

Astronomical telescopes are a fundamental instruments in modern astronomy, because detecting faint light from distant celestial objects is impossible without telescopes. The light-collecting power of a telescope is proportional to the square of its diameter; hence, bigger telescopes can study more distant objects in the universe. Since Galileo Galilei first used his small telescope for observing the sky in 1609, astronomers have been building bigger telescopes in order to study more distant stars and galaxies in the universe. While small telescopes could be made by one person, the complexity and the diversity of technology adopted in telescope construction, along with the cost, grow significantly with increasing size. Hence, the largest astronomical telescopes in the late 20th century, the size of which are greater than 8 meters, require more than one institution and sometimes multiple countries for the construction and the operation. In the first decade of the 21st century, astronomers started projects to build extremely-large ground-based telescopes whose primary mirrors would be around 30 meters in diameter. Three different such projects are ongoing, all of them are to finish construction in the mid 2020's. Korea has been participating in one such project, called the

Giant Magellan Telescope (GMT) project, since 2009. The GMT is an international project to construct a 25.4-meter telescope at the Las Campanas Observatory in the Chilean Andes. The project started in 2003, and the beginning of the science operation is planned in 2021. In this paper, an overview of the GMT project and its current status and plan are presented. Also, the Korean large telescope project, the main goal of which is acquiring a 10% share of the GMT, is described and the prospects for the Korean astronomical community in terms of science and technology are reviewed.

서 론

현대 천문학의 연구에서 망원경은 필수적인 연구 장비의 하나이다. 망원경이 없으면 먼 우주에서 오는 천체의 어두운 빛을 감지할 수가 없기 때문이다. 망원경의 구경이 크면 클수록 그 면적에 비례하여 천체의 빛을 모으는 능력도 커지게 되고 더 먼 우주의 천체를 연구할 수 있다. 우리나라의 현대천문학은 1974년 국립천문대의 설립과 함께 시작되었고 1978년에는 소백산천문대에 지름 61센티미터의 광학망원경이 설치되어 비로소 현대적인 연구 시설을 갖추게 되었다. 소백산천문대는 이후 1996년 보현산천문대가 건설될 때까지 많은 학생들을 천문학자로 길러내는 산실의 역할을 하였다. 1980년대에 와서 다른 나라의 천문대들이 지름 8미터 이상의 대형망원경을 건설하기 시작하면서 우리나라도 보다 구경이 큰 연구용 망원경의 필요성을 절감하게 되었고, 비로소 1996년에 본격적인 중형 광학망원경으로서 보현산천문대의 1.8미터 반사망원경을 갖추게 되었다(그림 1).

1.8미터 망원경의 확보로부터 우리나라의 천문학자들이 비로소 외부 은하와 같이 멀리 떨어진 어두운 천체에 대한 본격적인 연구를 할 수 있게 되었다. 그러나 1990년대에 이미 세계적인 망원경의 수준과의 격차는 매우 큰 상황이었다. 1999년에 가동을 시작한 일본의 수바루 망원경은 지름 8미터의 대형 망원경이었으며 미국과 영국 등 7개국이 공동 운영하는 제미

저자약력

박병곤 박사는 경북대학교에서 천문학으로 박사 학위(2001년)를 취득하였다. 2009년부터 한국천문연구원 대형광학망원경개발사업의 사업책임자 및 GMT 국제공동건설 프로젝트 이사회에서 대한민국을 대표하는 이사로 활동하고 있으며 현재 한국천문연구원 대형망원경사업단장으로 재직 중이다. (bgpark@kasi.re.kr)

Fig. 1. Birdseye view of the Bohyunsan Optical Astronomy Observatory and 1.8 m telescope. (Image courtesy: KASI)

니 쌍둥이 망원경, 유럽 국가들이 공동 설립한 유럽남반구천문대(European Southern Observatory; ESO)의 VLT(Very Large Telescope), 미국의 Keck 재단이 운영하는 지름 10미터 쌍둥이 망원경 등 지름 2미터에도 못 미치는 우리나라의 망원경은 이미 소형망원경으로 분류되는 수준이었다. 천체망원경은 구경에 의하여 관측 한계가 결정되기에 작은 망원경은 큰 망원경이 관측할 수 있는 연구 대상 자체를 감지할 수 없어서 연구 경쟁력의 약화로 직접 연결될 수밖에 없다. 따라서 지름 8미터 급 이상의 대형망원경 확보는 우리나라 천문학계의 숙원사업이었다.

1.8미터 망원경이 가동을 시작한 직후부터 시작된 대형망원경 확보 노력은 10여 년 동안 목표 망원경의 구경 및 갖추어야 할 관측 기기, 국제공동개발 파트너 물색 등 다양한 기획을 수행한 끝에 2008년 다행히 국가연구개발사업 예산을 확보하게 되었다. 2009년에 우리나라가 참여를 시작한 거대마젤란망원경(Giant Magellan Telescope; GMT) 국제공동건설사업은 지름 25미터의 차세대 초거대 광학망원경을 칠레의 라스캄파나스 천문대에 건설하는 프로젝트이다. 이 망원경이 가동을 시작하면 우리나라는 세계 최대급의 광학망원경을 확보하게 되어 천문학 연구의 신기원을 이루게 될 것이다.

본 특집호에서는 현재 진행되고 있는 GMT 건설 사업에 관하여 사업의 개요와 진행 상황에 대해 소개하고자 한다. 먼저 천체망원경의 역사와 거대화 과정, 그리고 초거대망원경의 필요성에 대해 소개하고 GMT 사업의 경과와 우리나라의 참여 계획, GMT를 이용한 천문학 연구 분야에 대해 알아본다. 또한 GMT에 적용되는 첨단 광학기술과 관측기기 개발 기술과 우리나라가 건설에 참여하는 분야에 대해 소개한다.

천체 광학망원경의 발전과 거대 광학망원경

서론에서 망원경이 현대천문학의 필수 장비라고 하였으나 사실 수천 년의 역사를 가진 천문학에서 망원경이 사용된 것은 비교적 최근의 일이다. 세계 최초의 천체망원경은 1609년 갈릴레오 갈릴레이가 만든 지름 약 37 mm의 굴절망원경이다.

Fig. 2. Historical growth of the largest telescopes. Size tends to double in a rough period of 35 years. (GMTO Board Presentation by Patrick McCarthy, 2015).

불과 37 mm의 작은 망원경으로 갈릴레오는 달 표면이 분화구로 덮여 있다는 사실과 태양의 흑점, 목성에 있는 네 개의 위성을 발견하였다. 이것은 획기적인 발견으로서 그 당시 사람들의 세계관을 변화시키는 데에 큰 역할을 하게 되었다.^[1] 망원경이라는 놀라운 도구는 관측천문학에 혁명적인 영향을 미쳐서 17세기 이후 천문학자들은 더 큰 망원경을 만들어 더 어두운 우주를 관측하게 되었으며 20세기가 시작되기 전까지 천문학자들은 주로 자작 망원경을 만들어 개인적인 관측 연구에 활용하였다. 19세기에 만들어진 세계 최대의 천체망원경은 윌리엄 파슨스(William Parsons)가 제작한 지름 1.8미터의 Rosse 망원경으로서 1845년에 처음 관측을 시작하였다.

20세기에 들어서서 천체망원경은 이미 개인이 제작하기에는 기술이나 비용, 운영 등의 측면에서 감당할 수 없는 수준이 되었다. 카네기재단이 설립한 카네기 천문대는 20세기 초반의 세계 천문학을 선도하는 천문대로서 1908년 구경 1.5미터의 헤일 망원경, 1917년에는 구경 2.5미터의 후커 망원경을 완성하여 연구 관측에 활용하였다. 이 두 망원경은 당대의 세계 최대 망원경이었는데 1980년대 후반까지 세계의 대형망원경들은 전문적인 천문학 연구기관이 운영하는 천체관측소에서 개발하고 운영하는 것이 대세였다.

망원경의 역사를 되짚어 보면 갈릴레오 이후 400여 년 동안 망원경의 크기는 약 1000배 커져서 평균적으로 대략 35년을 주기로 두 배씩 커지는 경향을 보인다.^[2] 이것은 천체망원경을 이용한 새로운 발견과 이 발견으로부터 촉발된 더 큰 망원경의 필요성, 더 큰 망원경을 개발하는 데에 필요한 새로운 기술의 발달과 비용의 확보라는 세 가지의 조건이 충분히 성숙되는 데에 걸리는 시간이라고 할 수 있다. 그림 2는 1600년대

REFERENCES

- [1] Stillman Drake, *Galileo At Work* (Univ. of Chicago Press, Chicago, 1978), p. 157.
- [2] private communication, Patrick McCarthy (2015).

Fig. 3. Gemini international observatory. Upper left panel is Gemini South in Chilean Andes, lower left panel shows Gemini North at Mauna Kea in Hawaii. Right panel is the 8 meter Gemini telescope in its dome. [Image courtesy: Gemini Observatory website <http://www.gemini.edu>]

이후 현재에 이르기까지 세계 최대급의 망원경을 보여준다. 1917년 세계 최대의 망원경은 지름 2.5미터였으며 1949년에는 팔로마 천문대의 지름 5미터 망원경이 가동을 시작하였고 1993년에 가동을 시작한 Keck 망원경의 지름은 10미터이다.

1980년대 후반은 지름 8미터급의 대형망원경 건설이 천문학계의 화두가 되었다. 8미터급의 대형 망원경은 이전까지의 망원경과는 제작에 투입되는 기술의 종류와 수준, 건설비와 운영비 등에 있어서 차원이 다른 망원경이어서 하나의 천문대 또는 심지어 하나의 국가가 건설하기에 벅찬 망원경이다. 1990년대에 본격적으로 건설되기 시작한 구경 8미터 이상의 대형망원경들은 따라서 여러 기관 또는 여러 국가의 연합 천문대의 성격을 띠게 되었다. 대형 천체망원경이 이른바 거대과학(Big Science)의 대표적인 사례가 된 것은 이 시기부터였다고 할 수 있다. 미국, 유럽, 영국 등 7개국이 참여한 지름 8미터 망원경 두 대로 이루어진 제미니 천문대(그림 3)와 8미터 망원경 네 대로 이루어진 VLT가 그 대표적인 사례이다. 8미터급 이상 대형망원경은 인공위성 궤도에서 우주를 관측하는 허블우주망원경과 더불어 20세기 후반의 현대천문학을 전대미문의 경지로 끌어올리는 견인차의 역할을 하였다.

2000년대 초반에는 다음 세대의 대형망원경 건설을 위한 논의가 시작되었다. 2020년대 중반쯤 완공을 계획하고 있는 차세대 초거대망원경 프로젝트는 유럽연합의 E-ELT(European Extremely Large Telescope), 미국, 캐나다, 일본, 중국, 인도가 공동 추진하는 TMT(Thirty Meter Telescope), 미국, 대한민국, 호주, 브라질에 소속된 11개 기관이 공동 건설 중인 GMT(그림 4, 5)가 있다. 이들 초거대망원경은 2018년 발사 예정인 차세대 우주망원경 JWST(Jame Webb Space Telescope)와 더

Fig. 4. Partner institutions and countries of the GMT project and the site for the telescope.

Fig. 5. (left) GMT telescope design. (right) The GMT installation site in 2015.

불어 새로운 천문학의 역사를 만들어가게 될 것이다.

거대마젤란망원경 개발사업 개요 및 추진 일정^[3]

GMT 건설 사업은 2003년 카네기천문대의 주도로 시작되었다. 1970년대 초반부터 칠레의 안데스 산맥에 위치한 라스캄파나스 천문대를 운영하고 있는 카네기천문대는 2000년대 초반에는 지름 6.5미터 망원경 두 대로 이루어진 마젤란망원경의 가동을 시작하였다. 마젤란 쌍둥이 망원경은 카네기천문대, 애리조나대학교, 하버드대학교, 미시간대학교, MIT로 이루어진 컨소시엄에 의하여 건설되었는데 이들 컨소시엄은 마젤란망원경의 성공적인 완공을 계기로 차세대 망원경 프로젝트를 시작하게 된 것이다. 초창기에 카네기연구소와 몇몇 대학교의 컨소

REFERENCES

- [3] "GMT Project System Level Preliminary Design Review", GMTO (2014).

Fig. 6. Chilean national president celebrates at the groundbreaking ceremony of the GMT (Nov. 11th, 2015.)

사업으로 출발한 GMT 건설 사업은 초기 개념설계 단계를 지나 심화 설계 단계를 거치면서 대한민국과 호주가 사업에 동참하게 되어 국제공동 프로젝트로 성장하였다. 2015년 현재 GMT 건설 사업에 참여하고 있는 국가 및 기관은 미국의 카네기천문대, 애리조나대학교, 하버드대학교, 스미소니언 천문대, 텍사스대학교, 텍사스 A&M 대학교, 시카고 대학교, 대한민국, 호주, 브라질의 상파울로 연구재단 등이다. 망원경의 설치 장소는 라스캄파나스 천문대이다(그림 4).

GMT는 지름 25.4미터의 차세대 초거대망원경이다. 이 망원경의 주변사경은 각각의 지름이 8.4미터인 반사경의 조합으로 이루어지며 부경은 각각의 지름이 약 1.1미터인 반사경의 조합으로 구성하여 전체 지름 3.2미터를 이룬다. 이 망원경은 주경과 부경이 모두 오목 거울인 그레고리안 망원경이며 초점비는 $f/8$, 관측 시야는 최대 20분으로 보름달의 삼분의 이 정도에 해당한다.

GMT 건설사업은 총 네 개의 단계로 나눌 수 있는데, 1단계는 개념설계(Conceptual Design Phase), 2단계는 심화설계(Design Development Phase), 3단계는 건설 및 취역(Construction and Commissioning Phase), 그리고 마지막 4단계는 운영(Operation Phase)이다. 1단계인 개념설계는 2006년 2월 개념설계 검토를 마쳤으며 2단계의 심화설계는 2014년 1월 시스템 PDR(Preliminary Design Review)를 실시하여 건설 착수에 필요한 조건을 갖추었다. GMT 건설에서 가장 기술적으로 어렵고 제작 기간이 오래 걸리는 부분은 지름 8.4미터 반사경인데, 세계에서 가장 큰 비축 비구면(off-axis aspheric) 반사경을 제작하기 위해 애리조나대학교의 반사경 연구소에서 2005년부터 개발을 시작하여 2015년 현재는 네 개째의 주경이 제작되고 있는 중이다. 또한 라스캄파나스 천문대의 GMT 설치 부지는 2013년 3월 평탄작업을 실시하여 현재 망원경 설치를 위한 기초 작업이 진행되고 있다. 모든 설계를 마치고 건설 단계에 진입하기 위한 조건이 갖추어짐에 따라 2015년

Fig. 7. Construction phase schedule of GMT.

11월 11일에는 GMT 망원경을 설치할 장소에서 기공식을 개최하였다(그림 6). 이 기공식에는 건설 참가국 및 참가기관의 주요 인사들과 칠레 대통령이 참석하였다.

GMT 망원경의 건설은 두 개의 단계로 나눌 수 있다. 1단계 건설은 일곱 장의 거울 중 네 장의 거울과 가시광선 관측장비로 구성되며 2021년 말경 운영을 시작할 예정이다. 이후 운영과 건설을 병행하여 2025년 경에는 일곱 장의 거울이 모두 설치되고 적응광학계와 근적외선 관측 장비 등을 모두 갖추어서 2단계 운영을 개시할 것이다(그림 7).

한국 대형망원경개발사업의 개요

우리나라의 대형광학망원경개발사업의 실질적인 출발점은 2006년 500억 원 이상의 연구개발 사업에 대한 사전타당성 조사연구의 시범 사업으로 선정되면서부터이다. 과학기술기획평가원이 시행한 이 사전타당성 조사연구에서 타당성을 인정받은 후^[4] 2008년 GMT 국제공동건설 참여 계획에 대한 간이에 비타당성 조사연구에서는 GMT 건설 지분 10% 확보 및 국내 사업에 대한 총사업비와 사업 기간이 확정되었다.^[5] 이에 따라 2009년 2월 6일 한국천문연구원원의 기관장이 GMT 설립자약정서에 서명하여 공식적으로 GMT 설립 기관의 지위를 획득하게 되었다.

대형광학망원경개발사업은 GMT 국제공동건설 참여를 주요 내용으로 하기에 영문으로는 K-GMT(즉, Korean GMT project)로 부르기로 하였다. 이 사업은 세계 최대급인 지름 25미터의 GMT 지분 확보를 통하여 대한민국의 천문학 위상을 세계 최고 수준으로 끌어올리고, 공동건설 참여로부터 광학, 전

REFERENCES

- [4] KISTEP, Feasibility Study Report for Korean Large Telescope Project (2006).
- [5] KISTEP, Feasibility Study Report for Korean Large Telescope Project (2008).

자, 기계, 제어 등 관련 첨단 기술을 확보하는 것을 목적으로 하고 있다. 사업의 내용을 구체적으로 보면 다음과 같다.^[6]

GMT 건설 사업은 기본적으로 참여 기관의 현금 출자로 설립한 비영리기구 GMTO(GMT Organization)를 통하여 사업을 수행한다. 참여 기관은 GMTO의 이사회 및 이사회 산하의 각종 위원회를 통하여 지분 소유자로서의 권한을 행사하고 GMT의 개발사업에 참여한다. 참여기관이 보유할 수 있는 의결권 있는 이사의 수는 지분에 따라 달라지므로 이사회에서 지분에 걸맞은 권한을 행사하고 재무위원회, 과학자문위원회 등 각종 위원회에서 활발한 활동을 함으로써 국제공동건설에 적극 참여하여야 한다. 이를 위해 적절한 분담금 납부 전략을 수립하여 시행하고 있다.

우리나라는 GMT 지분 확보를 통하여 세계 최고 수준의 광학천문학 연구 장비를 확보할 수 있다. 그러나 현재 우리나라의 천문학 연구자들이 자유롭게 사용할 수 있는 가장 큰 광학 망원경은 보현산천문대의 1.8미터 망원경에 불과하며 일부 천문학자들이 미국이나 유럽 일본의 4~8미터급 망원경을 이용한 연구 경험이 있고 성과를 내고 있는 실정이다. GMT 국제공동건설 사업에 참여하고 있는 다른 선진 기관들과의 격차를 해소하기 위해 4~8미터급 대형망원경의 관측 시간을 확보하여 천문학계의 연구역량 개발과 인력 양성을 위한 프로그램을 시행하고 있다.

우리나라는 지금까지 대형망원경에 필요한 관측기기 또는 망원경 자체를 개발한 경험이 없다. 따라서 GMT 건설에 실질적으로 참여하기 위해서는 자체 기술 개발을 위한 기본 투자가 절실하다. 이를 위해 미국의 텍사스대학교, 애리조나대학교, 미국국립광학천문대 등과 협력하여 기본기술을 축적하였으며 국내에서도 한국표준과학연구원, 고등기술연구원 등과 기술개발을 위한 다각도의 노력을 경주하고 있다. 이러한 노력에 따라 한국천문연구원은 GMT 관측기기 중 가시광 고분산분광기와 근적외선 고분산분광기 국제공동개발에 참여하고 있으며 GMTO

와 함께 GMT 망원경의 부경 개발을 진행하고 있다.

한편, GMT와 같은 거대망원경의 기계부와 인클로저(enclosure) 등은 보통의 기계공작소에서 제작할 수 없는 거대한 규모로서 대형 조선소와 같은 시설이 필요하다. 특히 조선업이 발달한 우리나라의 대기업들이 국제 경쟁 입찰에 참가하여 GMT 망원경의 기계부와 인클로저를 수주한다면 GMT 분담금으로 납부한 국가 예산을 환수할 수 있으며, 최첨단 망원경의 제작사로서 기업체 자체의 명성은 물론 국위 선양에도 기여할 수 있을 것이다. 이를 위해 GMT 건설에 참여 가능한 국내기업과의 협력 역시 본 사업의 매우 중요한 부분이다.

맺음말

K-GMT 사업은 연구 장비의 측면에서 미국, 유럽, 일본 등 선진국에 비해 현저히 뒤져 있는 우리나라 천문학계의 숙원 사업이다. 2020년대에 이 망원경이 완성되면 우리나라의 천문학자들도 세계 최대의 망원경을 이용하여 초기 우주에 관한 연구나 외계생명의 기원에 관한 연구 등 현대 천문학의 핵심 주제에 대한 연구를 제약 없이 할 수 있게 될 것이다. 또한 GMT 건설 참여로부터 확보한 첨단 망원경과 관측 기기 개발 기술은 관련 산업계 또는 국방 기술에 응용되어 우리나라의 기술 수준을 한 단계 더 성장시키는 데에 기여할 것이다. 무엇보다 본 사업은 세계 최대의 천체망원경 보유 국가로서 우리나라 국민들의 자긍심 고취에 기여할 것이다. 세계 최대의 망원경으로부터 진정한 세계 최고 수준의 연구가 이루어지기 위해서는 이 망원경의 실질적인 사용자인 학문 후속 세대의 양성을 위한 노력이 절실하다.

REFERENCES

- [6] KASI, Korean Large Telescope Project (2008).