우주 생명의 신비를 밝히는 거대마젤란망원경

거대마젤란망원경의 첨단 관측기기

DOI: 10.3938/PhiT.24.061

박 찬

Instruments of the Giant Magellan Telescope

Chan PARK

A telescope collects incoming cosmic light through its primary mirror and squeezes it into a tiny circle at the focal plane while an instrument records the collected light in a format suitable for the purpose of the viewer. If the intensity of the focused light is recorded as a function of position, the instrument is an imager or an imaging camera. If the intensity of the light is recorded as a function of wavelength (a spectrum), then the instrument is a spectrograph or a spectrometer. The instrument for the first-generation Giant Magellan Telescope (GMT), which were selected in 2012, are all spectrometers. Currently, five state-of-the-art instruments for the GMT are actively being developed. One is already in its detailed design phase, and another is in the preliminary design phase. These two are the G-CLEF, an optical high-precision radial-velocity echelle spectrograph, and the GMTIFS, an infrared medium-resolution integral field spectrograph equipped with an adaptive optics (AO)-fed near-infrared camera covering YJHK astronomical wavelength bands. The third one is the GMACS, an optical mid-resolution multi-object spectrograph, which is now in a trade-off study to reflect new development requirements. The GMTNIRS is the fourth one in the development line; it is an infrared high-resolution diffraction-limited spectrom-

eter covering simultaneously the full wavelength range from the J to the M astronomical wavelength bands. Its main dispersing element, a silicon immersion grating, is now in the development phase to verify the technological maturity for the key optical components of the instrument. The last one, the MANIFEST, is not a stand-alone instrument, but rather a powerful supporting facility with a smart multi-fiber positioner called Starbug. The robotic optical fiber distributor will maximize the advantage of the large field of view of the GMT.

서 론

거대마젤란망원경(GMT) 사업의 대부분의 예산은 망원경 자체와 기반시설 구축에 투입된다. 그러나 완성된 망원경을 활용하여 실제 과학연구를 수행할 때 연구의 주제 설정과 성과 창출의 성패는 망원경에 탑재된 관측기기의 종류와 성능에 전적으로 의존한다. GMT 1세대 관측기기의 선정은 2012년에 완료되었으며 각 기기의 단계별 설계와 개발이 현재 진행 중이다. 제안된 기기들의 기술적인 성숙도와 가용 예산 및 적응광학(AO)과 같은 망원경 전체 시스템의 준비 상태 등을 고려하여 1세대 기기 중에서도 개발의 우선순위가 결정되었다. 모든 기기들은 개념설계 과정을 거쳐 현재의 개발 단계에 이르렀다.^[1]

개념설계 이후 전체 GMT 건설 계획에 매우 큰 진전이 있었고 이를 바탕으로 기기개발에 배정할 수 있는 예산 규모와 망원경 기반시설의 개발 일정 등에 관한 상세한 안내를 공지할 수 있었다. 본고에서는 GMT 1세대 관측기기의 개요와 최근의 개발 진행 상황을 요약하고 각 기기에 대한 설명과 주요 과학

저자약력

박찬은 버지니아대학교에서 천문학으로 박사학위(2010년)를 취득하였으며 2009년부터 한국천문연구원 적외선기기개발그룹에 합류한 후 적외선 분광기 개발 업무에 매진해 왔으며 현재 대형망원경사업단 광학천문기술그룹에서 GMT를 위한 기기개발 업무에 종사하고 있다.
(chanpark@kasi.re.kr)

REFERENCES

- [1] G. Jacoby, *et al.*, "The instrument development and selection process for the Giant Magellan Telescope", *Proc. SPIE* **8446** (2012).

Fig. 1. Model Overview of the GMT 1st generation instruments on the GMT Instrument Platform (Image courtesy: GMTO).

목표를 소개하며 향후 개발 계획에 대하여 간략하게 살펴보고자 한다.^[2]

망원경의 핵심 역할은 주경 크기의 면적으로 날아오는 우주의 미약한 빛을 아주 작은 점 안으로 모아주는 것이다. 관측기기는 망원경이 모아 준 그 빛을 분석하기에 적당한 형태로 기록하는 역할을 맡는다. 기록된 정보는 우주의 광원과 그 주변 환경에 대한 물리·화학적 특성을 담고 있으며 이 정보를 이용하여 우리는 우주에 대한 의문에 답을 찾아 나가는 것이다. GMT 망원경의 주요 제원은, 최대 구경 25.4 m, 주경의 F수 (f-ratio) 0.71, 집광면적 368 m², 최종 F수 8.16(협시야) 또는 8.34(광시야), 시야각 직경 10각분(협시야) 또는 20각분(광시야), 초점면 건판척도 0.994(협시야) 또는 0.972(광시야) [각초/mm] 등이며 이 수치들을 기반으로 관측기기 개발을 시작한다.

GMT 관측장비 구축을 위한 단계별 실행 계획

GMT 관측장비의 취역은 여러 해에 걸쳐 단계별로 계획되어 있다. 각 단계별로 GMT 망원경 시스템의 관측 성능과 특성이 구별된다. 다음의 몇 가지 요소들을 고려하여 단계별 실행 계획이 수립되었다. 첫째, 주요 구매 비용이 전체 프로젝트의 가용 예산안의 범위 내에 있어야 한다. 둘째, 주경 거울이나 적응광학용 부경 거울 등 장치조달 품목들은 초기 과학연구관측 시기를 넘기는 납품일정을 요구한다. 셋째, 취역 전략은 자연스러운 진행을 따라야 한다. 예를 들어, 적응광학 성능이 완전히 구현되기 전에 자연시상 모드의 관측이 먼저 시작될 것으로 예상되기 때문에, 망원경의 적응광학 성능을 요구하는 기기들은 개발 일정을 뒤로 늦출 수 있다.

GMT의 관측 기반시설 확보 계획은 약 4년에 걸쳐 세 단계로 나뉘어져 있다. 관측기기의 납품일정은 이들 단계와 밀접하

게 연결되어 있다. 실행 계획 단계별 주요 성능 특성을 살펴보면 다음과 같다.

1단계: 4개의 주경 거울과 4개의 고속구동 부경(Fast Steering Secondary Mirror; FSM) 거울을 갖춘 망원경을 먼저 취역한다. 자연시상 관측기기인 가시광 고분산 분광기(GMT Consortium Large Earth Finder; G-CLEF)와 가시광 중분산 다천체 분광기(GMT Areal Camera and Spectrograph; GMACS)를 운용할 계획이다.

2단계: 7개의 주경 거울과 7개의 FSM 거울을 완성하고 4개의 적응광학용 부경(Adaptive Secondary Mirror; ASM) 거울을 추가한다. 적응광학을 활용하는 관측기기인 적외선 중분산 집합 필드 분광기 및 근적외선 카메라(GMT Integral Field Spectrograph; GMTIFS)를 세 번째 관측기기로 설치한다.

3단계: 7개의 ASM 거울을 최종 완성 및 설치함으로써 계획된 망원경 시스템의 구축을 종결한다. 상(image)의 공간 분해능을 향상시켜 줄 레이저길잡이별(laser guide star) 기능과 광시야 보정 장치 및 대기분산 보정 장치를 추가한다. 적응광학 관측기기인 담금격자 적외선 고분산 분광기(GMT Near Infra-Red Spectrograph; GMTNIRS)의 설치와 더불어 자동화 광섬유 분배기(Many Instrument Fiber System; MANIFEST)를 통합하고 G-CLEF와 GMACS 분광기의 성능을 업그레이드하는 계획이다.

관측기기 개발 프로그램 개요

다섯 개의 주요 관측기기에 대한 개념은 이미 2006년 GMT 망원경의 시스템 개념설계 단계에서부터 상당히 진행되어 있었다. 제안된 관측기기의 성격을 규정하고 최종 제작할 기기를 선정하는 일련의 절차는 매우 역동적인 과정이다. 선정된 다섯 개의 1세대 관측기기들의 대략적인 특성을 표 1에 정리하였다. MANIFEST는 직접 빛을 검출하는 관측기기는 아니지만 다른 기기에 다량의 광섬유를 효율적으로 분배해 주어 관측 성능을 획기적으로 높이는 역할을 한다. 특히 G-CLEF를 다천체 분광기로 만들어 주고 GMACS의 파장 분해능을 높여준다. 적응광학의 방식(mode)으로는 자연시상(natural seeing; NS), 지상층 적응광학(ground layer AO; GLAO), 자연별 적응광학(natural guide star AO; NGS AO), 레이저단층촬영 적응광학(laser tomography AO; LTAO) 등이 고려되고 있다.

REFERENCES

- [2] G. Jacoby, *et al.*, "Status of the instrumentation program for the Giant Magellan Telescope", Proc. SPIE 9147 (2014).

Table 1. Specification summary of the five 1st generation instruments of GMT.^[1]

Instrument	AO Modes	Function	λ Range [μm]	Resolution	Field of View	Lead Institution
G-CLEF	NS, GLAO	High Res Spectrometer / PRV	0.35 ~ 1.0	20,000 ~ 100,000	7 x 0.7", & 7 x 1" Fiber	Smithsonian Astrophysical Observatory
GMACS	NS, GLAO	Wide-Field Multi-Object Spectro.	0.37 ~ 1.0	1,500 ~ 4,000	40 - 60 arcmin ²	Texas A&M University
GMTIFS	LTAO	NIR AO-fed IFU / Imager	0.9 ~ 2.5	5,000 & 10,000	10 / 400 arcsec ²	Australian National University
GMTNIRS	NGSAO	JHKLM AO-fed High Res Spectro.	1.15 ~ 5.3	50,000 / 100,000 (JHK / LM)	1.2" long-slit	University of Texas
MANIFEST	NS, GLAO	Facility Robotic Fiber Feed	0.36 ~ 1.0	-	20 arcmin diameter	Australian Astro. Observatory

G-CLEF (GMT-Consortium Large Earth Finder)

G-CLEF는 다섯 개의 GMT 1세대 관측기기 중에서 가장 먼저 취역 예정인 1번 기기이며 가시광 영역(350 ~ 1000 nm)에서 운용하는 고분산 고정밀 에셀 분광기이다. GMT의 기기 플랫폼 위에 위치한 전단광학장치에서 광섬유를 통해 별빛을 분광기 쪽으로 공급한다. 검출기 초점면에서의 수차를 최소화하기 위해 이중 빔 광학 설계를 채택하고 있다(그림 2 참조). 5개의 관측 모드를 바꿀 수 있어서 연구목적에 따라 선택해서 사용한다. 특히 고정밀 시선속도(Precision Radial Velocity; PRV) 관측 모드는 최고 분해능인 $R=105,000$ 으로 천체의 시선속도를 10 cm/s 수준의 정밀도로 측정하려고 한다. 이는 태양 같은 별 주위를 지구 같은 행성이 공전할 때 발생하는 시선속도 변동량에 해당한다. 다천체 분광(Multi-Object Spectrograph; MOS) 관측 모드에서는 MANIFEST와 함께 사용되어 넓은 시야에 퍼져 있는 5 ~ 40개의 천체를 동시에 분광할 수 있다. 주요 과학연구 대상으로, 금속함량이 가장 낮은 별의 발견, 외계행성의 질량 측정, 외계행성 대기에서 산소분자(O_2) 등 생명활동과 관련된 원소의 발견 등을 들 수 있다.^[3] G-CLEF 개발은 스미소니언천문대(SAO)에서 총괄하고 한국천문연구원(KASI)과 카네기천문대(OCIW)가 주요 공동연구기관으로 참여하고 있다.

GMACS(GMT Areal Camera and Spectrograph)

초기의 GMACS 기기는 $9' \times 18'$ 의 넓은 시야를 동시에 보는 중분산 다천체 범용 가시광 분광기의 개념으로 제안되었다. 이후 설계가 진화하는 과정에서 거의 3분의 1 정도로 시야가 축소되었는데 이는 예산 문제뿐만 아니라 GMACS의 취역이 앞의 단계별 실행계획에서 살펴본 바와 같이 1단계와 3단계로 나뉘어졌기 때문이다. GMACS의 넓은 시야 확보에 필요한 광

Fig. 2. G-CLEF Spectrograph Optomechanical Layout.^[4]

시야 보정 장치는 GMT의 3단계 취역 시기가 되어야 활용할 수 있다. 결과적으로 GMACS는 더 단순하고 개발의 위험요소가 적으며 기간도 짧게 걸리고 무엇보다도 더 높은 감광효율을 갖는 관측기기로 설계 변경되었다.^[5]

광시야 보정 장치와 MANIFEST 광섬유 분배 장치가 모두 갖추어지는 3단계가 되면 GMACS의 전체 20각분의 넓은 시야가 구현될 것이다. GMACS는 G-CLEF 다음으로 두 번째로 취역하는 과학연구 장비가 될 것으로 기대되며 매우 광범위한 응용분야를 가지는 관측기기로서의 특성을 지닌다. 연구 분야의 예를 살펴보면 다음과 같다: 감마선폭발천체(GRBs)나 초신성 또는 외계행성의 모성행단에 의한 별가림현상(transit) 등의

REFERENCES

- [3] A. Szentgyorgyi, *et al.*, "A preliminary design for the GMT-Consortium Large Earth Finder", Proc. SPIE **9147** (2014).
- [4] A. Szentgyorgyi, "The GMT Consortium Large Earth Finder Preliminary Design Review Report" (2015).
- [5] D. L. DePoy, *et al.*, "An Update on the Wide Field, Multi-Object, Moderate-Resolution, Spectrograph for the Giant Magellan Telescope", Proc. SPIE **9147** (2014).

Fig. 3. Section view of the GMACS installed in GMT. A person is compared for the instrument scale.^[5]

이벤트성 사건의 후속 관측, 갈색왜성이나 외계행성의 대기 연구, 극미광 왜소 은하의 동력학 연구, 적색이동 탐사 연구, 초기우주 진화 연구 등 매우 다양한 분야를 포함한다.^[2]

GMT와 GMACS의 활용 연구에 참여하는 연구자들은 지난 2014년 3월 미국 텍사스 주의 A&M 대학교에서 GMACS 관측기기의 과학적 요구조건에 관한 심층 토의를 위한 워크숍을 개최하였다. 몇 가지 주요 연구사례에 GMACS를 더욱 유용하게 최적화하기 위하여 현재의 파장범위(370 ~ 1000 nm)를 1250 nm의 근적외선 J 밴드까지 확장할 것을 요구하였고 프로젝트 팀은 이를 적극적으로 검토하기 시작했다. 분광 분해능이나 관측 시야 또는 동시관측 파장 범위 등을 새롭게 고려하는 대안검토연구가 현재 진행 중이며 그 목적은 초기 GMT 운용에서 과학적 연구성과 창출의 효율성을 극대화하기 위한 것이다.^[5]

GMTIFS (GMT Integral Field Spectrograph)

GMTIFS의 설계는 2012년 개념설계 발표 이후 크게 바뀐 것이 없었으나, 최근에 예비설계를 수행하는 과정에서 전체적인 크기를 줄이는 설계 변경에 진전이 있었다.^[6,7] 이 관측기기는 같은 호주 기기 개발팀에서 만든 제미니망원경의 GSAOI (Gemini South Adaptive Optics Imager) 및 NIFS (Gemini Near-IR Integral Field Spectrograph)의 기술적인 유산을 조합하여 설계하였다. 관측 기능적인 특징을 살펴보면 주요 과학 연구 주제들을 알 수 있다. GMTIFS는 적응광학 기술을 이용하며 YJHK 밴드(0.9-2.5 μm)에서 $20.4'' \times 20.4''$ 시야를 갖는 영상카메라와 집합필드(IFU) 분광기로 구성되어 있다.

IFU의 설계는 4가지의 스펙트럼 픽셀 척도(spaxel scale;

Fig. 4. GMTIFS instrument Dewar size reduced from 2.7 m(W) $\times$ 2.3 m(D) $\times$ 1.7 m(H). Integrated NGS AO and LTAO wavefront sensors. (Image courtesy: Rob Sharp)

50, 25, 12, 6 mas)를 가지는데 이는 각각 $4.40'' \times 2.25''$, $2.20'' \times 1.13''$, $1.06'' \times 0.54''$, $0.53'' \times 0.27''$ 의 시야를 제공한다. 그러나 이들이 모두 과학적 효용성이 있는지 계속 검토하는 중이다. GMTIFS의 IFU는 5,000과 10,000의 두 가지 분광 분해능 중에 하나를 선택할 수 있도록 되어 있다. 다음의 연구 분야들은 GMTIFS 관측기기가 주목하고 있는 과학연구 주제들이다; 행성대기 구조와 성분을 조사하기 위한 태양계 천체의 높은 공간 분해능 분광, 더 먼 거리와 더 무거운 블랙홀로 블랙홀 질량과 은하의 속도분산 사이의 관계 확장, 블랙홀 질량과 은하(단) 속도분산 사이의 관계 확장, GMACS로 가능한 라만 알파 분광선의 적색이동 범위를 넘는 초기우주 연구, 은하생성과 동역학적 진화 연구 등. 현재 GMTIFS 개발팀은 초정밀 빔 조종 거울 제어 문제, 검출기 최적화 문제, 큰 카메라 렌즈의 제작 등 가장 높은 개발의 위험요소들을 제거하는 일을 수행 중이다.^[8]

GMTNIRS (GMT Near Infra-Red Spectrograph)

GMTNIRS는 적외선 고분산 분야에서 현존하거나 계획 중인

REFERENCES

- [6] private communication, George Jacoby (2015).
- [7] P. J. McGregor, *et al.*, "The GMT integral-field spectrograph (GMTIFS) conceptual design", *Proc. SPIE* **8446** (2012).
- [8] R. Sharp, *et al.*, "The adaptive optics beam steering mirror for the GMT Integral-Field Spectrograph, GMTIFS", *Proc. SPIE* **9151** (2014).

Fig. 5. Optomechanical Overview of the GMTNIRS Conceptual Design.^[12]

어떤 관측기기보다도 현저하게 더 넓은 동시관측 파장 범위를 갖춘 장비이다. JHKLM의 적외선 밴드를 단일 노출로 관측할 수 있으며 50,000(JHK)과 100,000(LM)의 파장 분해능을 가진다.^[9] GMT의 적응광학 활용과 주분산 격자로 실리콘 담금격자 (immersion grating)의 채용을 통하여 기기성능에 비해 특별히 작은 빔의 광학계 설계를 달성할 수 있었다. 한국천문연구원과 텍사스대학교의 GMTNIRS 개발팀은 최근에 HK 밴드(1.45 ~ 2.45 μm) 적외선 분광기 IGRINS를 완성하였으며, 그 기술적인 유산을 본 분광기 개발에 광범위하게 활용하고 있다.^[10]

GMTNIRS에는 회전하는 저온 조리개(pupil stop) 한 가지 예외를 제외하고 나머지 부품들은 모두 고정되어 있고 극저온 듀어 내부에는 움직이는 구조물이 없다. 따라서 관측 모드가 매우 단순하고 운용하기 쉬우며 특히 자료처리 파이프라인 소프트웨어의 개발과 활용이 단순명료하다는 장점이 있다. GMTNIRS는 적응광학이 필요한 기기이며 상대적으로 커 보이는 85 mas의 슬릿을 갖는다. 이는 높은 감광효율을 유지하면서 기기에 탑재된 파면센서의 요구조건을 완화시켜 준다. 슬릿 폭을 조금 줄이면 감광효율은 약간 떨어지지만 실리콘 담금격자에 가해지는 제작 요구조건이 완화되는 효과가 있기 때문에, 슬릿 폭의 선택은 현재 계속 검토 중이다. 5개의 담금격자의 제작이 전체 기기 개발 과정에서 가장 기술적인 위험이 큰 부분이며 현재 개발팀의 활동도 여기에 집중되어 있다. 최근 GMTNIRS 팀은 우수한 품질의 K 밴드용 담금격자 제작을 완료했다고 보고했다.^[11] 목표로 하는 연구 분야는 행성계 형성과 원시성, 젊은 별 주변의 원시원반, 목성형 행성의 특성 연구, 갈색왜성 연구 등을 포함한다.

MANIFEST (Many Instrument Fiber System)

MANIFEST는 Starbug라는 고속 자동화 광섬유 분배 기술을 이용하여 GMT의 20각분의 넓은 시야를 전체적으로 활용하는 장비이다. 특히 G-CLEF나 GMACS와 결합되어 GMT의 다천

Fig. 6. MANIFEST Starbug concept and prototype positioner TAIPAN. (Image courtesy: Jon Lawrence)

체 탐사 능력을 획기적으로 향상시킬 수 있는 도구이다.^[13] G-CLEF에 적용하는 경우, 단일 천체 분광기로는 거의 불가능한 성단이나 근접 왜소 은하 등의 탐사연구를 수행할 수 있다. GMACS에 적용하면, 통상적인 분광 분해능 $R = 2,000$ 에서 두 배 또는 세 배로 고분산 효과를 가져 올 수 있기 때문에 관측자들에게 새로운 과학연구 분야를 제공해 줄 것으로 기대된다. MANIFEST는 3단계 관측장비로 취역 예정이다.

관측기기 개발의 현황 및 요구조건 확립 과정

2010년에서 2011년의 기간 동안에 모든 후보 기기들은 개념 설계 단계까지 진행하였으며 전문가 패널을 초빙하여 체계적인 설계검토회의(CoDR)를 수행하였다. MANIFEST의 경우 그 당시 존재하지 않은 기술이 요구되었기 때문에 예외적으로 2016년이나 2017년에 개념설계검토회의를 개최할 계획이다. 2015년 현재 GMTO는 다섯 개의 관측기기 개발팀 모두와 계약관계를 유지하고 다음 단계의 설계와 제작을 진행할 수 있도록 추진하고 있다. 개념설계 단계에서 가장 앞서나가 있던 G-CLEF 팀은 이미 지난 4월 예비설계검토회의(PDR)를 성공적으로 완료한 상태이고, GMTIFS 팀은 현재 예비설계를 수행 중이며 내년 2016년에 전문가 패널을 초청하여 검토회의를 개최할 예정이다. 나머지

REFERENCES

- [9] D. T. Jaffe, *et al.*, "GMTNIRS (Giant Magellan telescope near-infrared spectrograph): optimizing the design for maximum science productivity and minimum risk", *Proc. SPIE* **9147** (2014).
- [10] C. Park, *et al.*, "Design and early performance of IGRINS", *Proc. SPIE* **9147** (2014).
- [11] private communication, Daniel T. Jaffe (2015).
- [12] D. T. Jaffe, "GMTNIRS Conceptual Design Report" (2011).
- [13] J. Lawrence *et al.*, "The MANIFEST fibre positioning system for the Giant Magellan telescope", *Proc. SPIE* **9147** (2014).

세 개의 기기 개발팀들도 각각의 준비 단계에 따라 당면의 목표를 달성하기 위해 노력하고 있다.

G-CLEF는 가장 먼저 예비설계 단계에 착수한 기기이며 지난 2015년 4월에 예비설계검토회의를 완료했고 검토위원회의 설계 개선 권고사항을 실행한 후 10월에 이행 완료를 확인하는 검토회의를 추가로 마무리하였다. 현재는 다음 단계인 상세설계를 착수하기 위하여 GMTO와 예산과 세부 일정에 관한 협의를 진행 중이다. 2016년 3월 광학 상세설계 완료 및 2017년 5월 G-CLEF 전체 상세설계 검토회의 개최를 목표로 하고 있다. GMACS는 현재 대안검토 연구를 수행 중이다. 이 과정을 통해 기기의 기능 및 성능 요구조건들을 확정할 것을 목표로 한다. 1단계 취역 계획과 3단계 취역 계획을 구분하여 추진하고 있다. GMTIFS는 현재 예비설계와 시작품 제작 단계를 수행 중이다. 2016년 내로 이 단계를 완료할 것을 목표로 한다. GMTNIRS는 광학설계의 대안검토연구 수행과 동시에 기술적으로 가장 위험 부담이 큰 요소인 담금격자 제작 능력 검증 단계를 수행 중이다. 이 과정은 2016년 하반기까지 종결할 것을 목표로 한다. 담금격자 제작 검증이 마무리되면 전체 시스템 예비설계 단계를 착수할 계획이다. MANIFEST는 광섬유와 광섬유 분배기의 시작품 제작을 수행하는 중이다. MANIFEST는 3단계 취역 시기에 GMT 망원경에 설치될 예정이다.

각 개발팀은 구체적인 실행 계획을 준비하는 과정에서 주요 과학연구 주제를 산출하고 이를 바탕으로 관측기기에 대한 과학적 요구조건과 기기의 목표성능을 확립하였다. 과학적 요구조건은 적절한 해석 과정을 거쳐 관측기기의 기능(function)과 성능(performance)과 운용(operation)에 관한 기술적 요구조건으로 표현된다. 일관성과 명료함을 유지하기 위하여 GMT 관측기기 개발팀들은, 과학연구 주제, 과학적 요구조건, 기기성능 요구조건의 세 가지 단계로 요구조건들을 취급해 줄 것을 GMTO로부터 요청받았다. 하나의 관측 제안서를 예로 들자면 다음과 같이 각 요구조건들을 구별해 볼 수 있다: 과학연구 주제(science drivers)란 하나의 연구사례를 대표하고 전체를 관통하는 연구 목표이다. 관측 제안서 도입부의 주제문과 유사하다. 예를 들면, “우리는하에서 금속함량이 가장 적은 별 종족의 발견”과 같이 핵심적인 연구의 동력에 해당한다. 과학적 요구조건(science requirements)은 관측 제안서의 연구 타당성 설명에서 기술하는

구체적인 관측 내용에 관한 표현이다. 예를 들어, “스펙트럼의 범위는 철의 분광선들을 포함해야 한다.”, “퀘이사의 라이만 알파 선 스펙트럼의 구조를 분해할 수 있어야 한다.” 등과 같은 관측적인 측면의 제한 조건이다. 기기성능 요구조건(instrument requirements)은 제안서에서의 기술적인 논의를 표현하는 것이다. 목표로 하는 관측 내용을 실제로 측정 가능하도록 해주는 장비 성능의 기대치를 의미한다. 예를 들면, “파장 범위 400~550 nm, 파장 분해능 40,000 이상” 등 구체적이고 정량적으로 표현되어야 한다. 이러한 요구조건들은 GMT 프로젝트에서 일괄적으로 수집하고 관리하여 전체 시스템과 개별 관측기기 사이에 소통이 적절하게 이루어지도록 실행하고 있다.

맺음말

한국 천문학계의 숙원사업이자 전례 없이 큰 규모의 K-GMT 사업에서 우리나라가 확보하고자 하는 것은 1할의 거대마젤란망원경 지분뿐만 아니라 세계 최대의 첨단 천체망원경을 소유한 나라의 위상에 어울리는 최고 수준의 관측 기술개발 능력이다. 이에 부합하기 위하여 한국천문연구원에서는 천문기술 개발 분야의 우선 연구대상 핵심기술 군을 발굴하고^[14] 특히 광학천문 분야에서는 GMT 건설 사업에 참여를 기회로, 광학적외선 분광기 기술 분야와 망원경 시스템 조립·시험 기술 분야를 중점 육성 발전시킬 계획을 실행하고 있다. 구체적으로 GMT 1세대 관측기기 중에서 GMTNIRS의 과제 제안과 개념설계 단계에서부터 텍사스대학교와 동등한 수준의 연구개발 파트너 관계를 유지하고 있고, GMT의 1번 관측기기인 G-CLEF 개발에 예비설계 단계에서부터 주요 공동연구 기관으로 참여함으로써 첨단 관측장비 개발 능력의 비약적인 도약을 시도하고 있다. 이러한 과정의 노력을 통하여, 대부분 국방용 군사 기술과 관련되어 선진기술 도입이 어려운 첨단 관측기술 분야에서 국내 기술 수준을 꾸준히 확장시켜 나감으로써, 미래 국가 과학기술 발전에 의미 있는 한걸음 전진을 이룰 것으로 기대한다.

REFERENCES

- [14] Korea Institute of S&T Evaluation and Planning (kistep), Strategic Technology Roadmap for Korea Astronomy and Space Science (2007).