

한국 천문학의 새로운 도약 : 2017~2022 발전 계획

한국 천문학회 장기발전 연구회 보고서



한국천문학회
THE KOREAN ASTRONOMICAL SOCIETY

표지 배경 사진 설명

- 천체** 외뿔소 자리의 젊은 산개성단 NGC 2264 (위쪽이 북쪽이며, 왼쪽이 동쪽임). 중앙 상단의 밝은 별은 S Monocerotis (15 Mon, 분광형 O7V, 안시등급 $V = 4.64$). 이 성단의 평균나이는 약 3백만 년이며, 구름 속에는 약 50만 년 정도의 나이를 갖는 파묻힌 성단 Spokes cluster가 있다.
- 관측망원경** Canada-France-Hawaii telescope (CFHT)
- CCD** CFH12K
- 칼라합성** 청색 - V 필터 영상, 녹색 - (V+R) 필터의 합성영상, 적색 - H α 필터 영상
촬영 및 합성영상 제작 : 성환경(세종대학교), 천무영(천문연구원)



발간사 (초판)

한국 천문학의 현재를 돌아보고 미래의 새로운 도약을 위한 한국 천문학계의 '2013-2022 발전계획'이 마침내 보고서로 발간되게 되었습니다. 이는 전임 김갑성 회장(임기: 2010-2011)의 주도적 노력에 의한 '한국 천문학의 장기발전 위원회'의 결성과 함께 시작되었습니다. 당시 천문학회 이형목 부회장이 이 위원회의 위원장을 맡고, 천문학계의 여러 헌신적 회원들이 위원을 맡아 의욕적으로 추진되었습니다.

우리나라의 천문학계는 제한적인 연구자원의 효율적 활용을 위해서, 그리고 국가적 위상의 향상과 함께 점점 더 크게 요구되고 있는 국제적 역할을 다하기 위하여 아직도 많은 체계적인 노력이 필요한 시점입니다. 이 보고서는 이러한 노력을 위한 중요한 한 걸음입니다. 앞으로 여러 방면에서 중요한 자료로 활용될 것으로 생각합니다.

학계의 발전을 위하여 이러한 노력이 절대적으로 필요하지만, 이와 같은 보고서를 만드는 일은 매우 어려운 작업입니다. 참여하신 분들의 자발적이고 헌신적인 노력으로 이렇게 보고서가 잘 발간된 것을 감사드리며 기쁜 마음입니다. 국내외적 환경이 매우 빠르게 변하기 때문에 앞으로 이러한 노력은 계속 보완 수정되어야 할 것으로 생각합니다. 천문학회의 발전을 위하여 앞으로도 계속 모든 회원 여러분의 적극적인 제안과 주도적 역할을 기대합니다.

이 보고서의 발간을 위하여 지대한 노력을 하여 주신 이형목 위원장과 위원회의 위원 여러분들, 원고를 써 주시고 의견을 주신 많은 분들, 그리고 천문학회 사무국과 모든 임원진의 노고를 치하하면서 다시 감사드립니다.

2013년 6월 30일

한국 천문학회 회장 민영철



보고서 초안 배포에 붙여

저희 천문학회가 1965년 춘분날에 창립된 지 어언 46년이란 세월이 흘렀습니다. 초창기 회원 수 20명 정도였던 학회가 이제는 그 수가 700여명으로 늘어난 탄탄한 학회로 훌쩍 성장하였습니다. 지난 2010년은 창립 45주년이 되었던 해로 당시 학회장 일을 시작한 저는 우리 천문학을 돌아보고 모두가 무엇 때문에 또 무엇을 위해 이렇게 함께 모이게 되었을까 곰곰이 생각해 보았습니다. 더욱이 시장경제/경쟁논리가 우선적으로 지배되는 엄격한 현실 속에서 우리의 정체성을 어떻게 지키며, 우리는 앞으로 과연 어디로 가야 하는가에 대한 심각한 고민에 빠져들지 않을 수 없었습니다. 당연한 귀결이지만 우리 회원들이 추구하고 계신 천문학의 미래를 위해서 학회는 잘 짜여진 발전계획으로 미래가 준비된 학회여야 할 필요성이 절실하였습니다. 이에 우리의 현실을 직시하고 역동적으로 변화가는 불확실한 미래를 예측/설계하고자 중장기 발전 계획의 수립을 위한 한시적 장기발전위원회를 작년에 구성하였습니다.

지난 1년 반 동안 위원회, 워크숍 및 공청회를 통해 이형목 위원장을 비롯한 많은 위원님들의 노력으로 어렵게 장기발전계획의 초안이 도출되었습니다. 이번 가을학회를 통해 배포되는 초안을 여러 회원님들께서는 잘 읽어 보시고 침착하거나 수정할 부분이 있으시면 기탄없이 의견 주시기 바랍니다. 학회에서는 여러 회원님들의 고견을 참고 보완하여 연말에 확정된 최종본을 발간할 예정입니다. 연말까지 아직 일이 끝나지는 않았지만 위원님들 정말 고생 많으셨습니다. 회원여러분들께서는 그간 고생하신 장기발전위원회의 위원장님, 위원님들께 따뜻한 위로와 격려의 말씀을 보내주시기 바랍니다.

본 장기발전계획안이 확정되면 앞으로 새롭게 구성될 회장단들은 이를 참고로 학회 발전 방향을 설정해 나아갈 것입니다. 세월이 지나고 사회적 환경이 바뀌더라도 본 안의 계획대로 많은 것이 추진될 것이라 믿어 의심치 않습니다. 우리 손으로 만든 장기발전 계획안은 회원 여러분들이 희망을 갖고 안정된 일자리에서 열심히 일 할 수 있는 세상을 만드는 초석이 될 것입니다.

2011년 9월 27일

한국천문학회 제 25대(2010-2011) 회장 김 갑 성





보고서 서문

이 보고서는 지난 2010년부터 2011년 말까지 진행된 ‘한국 천문학의 장기발전 위원회’의 활동 내용을 바탕으로 작성되었다. 한국천문학회가 1992년 장기발전 위원회를 구성하여 1993년에 보고서를 채택한 이후 실로 20년 가까이 지나서 처음으로 시도된 활동이다.

한국의 천문학계는 지난 20여 년 동안 많은 변화를 겪었다. 그 당시 국내의 관측 시설로는 소백산 천문대, 대덕 전파 천문대, 그리고 소형 망원경을 보유한 몇몇 대학 천문대가 전부였고, 1.8m 망원경을 보유할 보현산 천문대가 건설 중에 있었다. 지금도 국내의 시설로만 따진다면 KVN 정도가 추가된 정도이지만, 해외에 건설하고 있거나 우리가 사용하고 있는 시설, 그리고 각종 우주망원경 프로젝트를 포함하면 당시의 관측 여건과 비교가 어려울 정도이다. 인적 구성을 살펴보면, 1980년대 말에 여러 대학에 천문 관련 학과가 설치된 지 얼마 지나지 않아서, 교육과 연구에 종사하는 인력이 불과 40명이 채 되지 않았고, 천문 연구원의 전신인 천문우주과학 연구소에 50여명의 연구원이 활동하는 정도였다. 그러나 2012년 말을 기준으로 대학 교원은 80명에 육박하고 천문연구원의 연구원 수도 120명에 이를 정도로 한국 천문학계는 팽창하였다.

이러한 양적, 질적 팽창에는 여러 가지 요인이 있었을 것이다. 국내 경제 규모의 확대에 따른 연구비 증가가 전세계에서 가장 가파른 수준을 유지하고 있었고, 개개 연구자들의 노력 또한 무시할 수 없는 것이었다. 학계와 천문연구원은 서로 유기적으로 협조하면서 각자 맡은 역할을 충실히 해 왔다고 자부할 수 있다. 대규모 과제를 추진함에 있어서는 천문연구원이 이끌고 학계에서는 이를 전폭적으로 지지하였다. 대학에서도 대형 연구 과제를 수주하여 국내 연구자 그룹의 공동연구와 국제 협력 등을 통해 세계적으로 경쟁력 있는 연구가 수행되었다.

우리나라 천문학계는 대체로 선진국을 따라가는 수준이었지만 특정 분야에서는 새로운 연구 동향을 이끌어가는 선도적 역할을 할 단계에 이르렀다고 판단된다. 비록 양적 수준으로는 아직 대단한 규모는 아니지만 우리에게 주어진 자원을 보다 효율적으로 활용함으로써 국제적인 위상을 더 높일 수 있을 것이다.

이같은 성장을 통해 천문학계에서 현재 진행하고 있는 연구 분야나 추진하고 있는 과제들은 실로 다양하다. 전세계의 중요한 중대형 프로젝트에 직간접적으로 대부분 국내

학자가 참여하고 있다고 해도 과언이 아니다. 이러한 상황에서 우리가 어떤 전략을 가지고 어떻게 연구에 임해야 하는가를 고민하기 위하여 한국천문학회와 집행부가 장기발전 연구회를 가동시킨 것이라고 생각한다.

이 보고서는 많은 논의와 회의 그리고 자료 수집을 통해 완성되었다. 장기발전 연구회는 2010년 3월에 정식으로 출범하였지만 그 이전인 2010년 2월 9-10일 양일간 고등과학원에서 개최된 '천문학 및 천체물리학의 제문제' 워크숍 (<http://conf.kias.re.kr/astro2010/>)이 그 시발점이라고 볼 수 있다. 이 워크숍은 천문학회, 우주과학회 그리고 물리학회 천체물리분과가 공동으로 주관하고 고등과학원에서 주최한 행사로서 천문학의 전 분야에 대한 현황과 향후 계획을 점검하는 기회가 되었다. 천문학회 김갑성 회장은 2010년 1월 1일부터 임기를 시작하면서 여러 가지 개편 사항 중 하나로 장기발전 계획 수립을 구상하여 2010년 4월 장기발전 연구회장을 임명하였다. 장기발전 계획 수립을 위임 받고 나서 처음에는 모든 것이 너무 막연해 다른 나라의 예를 살펴면서 앞으로의 활동 계획을 구상하는데 많은 시간을 보내야 했다. 2010년 8월 27일에는 천문학회 산하 위원장의 워크숍이 열려 처음으로 장기발전 계획 수립에 관한 대략적인 활동 방향을 보고하였다. 이때 보고한 전체적인 활동 방향은 일단 몇 차례 워크숍 형태로 의견을 수렴하고 공청회 그리고 내부 회의를 거치면서 보고서를 작성한다는 것이었다. 이때까지는 주로 학회 운영진 내부적에서 논의를 진행하였고 2010년 10월 7일에 열린 가을학회 총회에서 회원들을 대상으로 본격적인 계획을 발표하였다. 2011년 상반기부터 워크숍을 개최하였고 봄학회와 가을학회의 공청회에서 회원들의 의견을 수렴하고 연구회의 논의를 거쳐서 최종적으로 보고서를 집필하였다.

이 보고서를 준비하면서 우리가 쌓아온 경험이 선진국에 비해 아직은 많이 부족함을 절실하게 느꼈다. 제안된 다양한 프로젝트를 나열하는 것보다는 건설적이고 비판적인 입장에서 이들을 체계적으로 정리하고 앞으로의 방향을 제시하는 것이 본 위원회의 임무였을 것이다. 그러나 본 위원회가 이러한 책무를 충실히 수행했는지는 시간이 지나고 나서야 판단할 수 있을 것이다. 특히 여러 차례의 경험을 가진 다른 나라의 보고서와 비교하면 양적인 측면이나 질적인 측면에서 부끄러움을 금할 수 없다. 그렇다고 해서 보고서를 채택하지 않는 것은 책임을 면하기 위한 방편에 지나지 않을 것이기 때문에 부족하다는 것을 알면서도 본 보고서를 발간하게 된 것이다. 앞으로 10년 후에는 보다 성숙한 위원회의 운영이 이루어질 수 있고 보다 충실한 보고서가 만들어질 수 있을 것이라고 확신하고, 우리가 그러한 과정에서 중간 다리 역할을 했다고 평가 받을 수 있다면 그 자체로도 중요한 의미가 될 것이다.

이 보고서의 초판은 2013년 6월 30일에 인터넷을 통해 배포하였다. 그러나 인쇄본이 없다는 것에 대한 아쉬움은 오래 남아 있었다. 2014년 5월에 새롭게 임기를 시작한 한인우 천문연구원 원장은 학회 장기 발전 보고서가 인쇄될 수 있도록 도와주겠다고 약속하였다. 이에 힘입어 인쇄본을 만들기 위해 좀 더 내용을 가다듬기 시작했다. 이러한 작업은 2016년에 거의 마무리되었으나 실제 전문 편집진에게 원고를 넘긴 것은 2017년 6월이었다. 그동안 시간이 많이 흘러 2013년에 배포했던 초판의 내용에 대한 많은 수정이 필요했다. 한글로 된 '요약'과 영문으로 된 Executive Summary가 추가되었고 반면 학회 발전 방향이나 학회지 내용은 상당히 축소하였다. 여전히 밖에 내놓는 것이 두렵기는 하지만 마냥 붙잡고 있을 수많은 없어 용기를 내 드디어 출판을 하기로 하였다.

바쁜 일정 속에서도 워크샵에 참석하여 발표와 토론에 참여하고, 공청회에서 따끔한 지적을 해주신 회원들께 지면을 통해 감사의 말씀을 드린다. 보상이 주어지지 않는 일임에도 많은 회의에 참석하였고, 원고의 집필 이후에도 수정과 교정 작업에 대한 수고를 아끼지 않았던 연구위원들께는 송구함과 고마움을 같이 전한다.

그리고 출판본을 위한 재정 지원을 해 주신 천문연구원 한인우 원장께도 심심한 감사의 말씀을 드린다.

2017년 8월 31일

한국 천문학회 장기발전 연구위원회 위원장 **이형목**

연구위원 명단 (가나다순)

강혜성 (부산대)	김기태 (천문연구원)	김성은 (세종대)	박명구 (경북대)
박수종 (경희대)	박창범 (고등과학원)	성환경 (세종대)	이석영 (연세대)
임명신 (서울대)	조정연 (충남대)	채종철 (서울대)	최철성 (천문연구원)



장기발전 연구회 활동 일지

이 보고서를 완성하기 위해 본 위원회는 여러 경로를 통해 회원들의 의견을 수렴하였고 자체적인 회의를 통해 이들을 정리하였다. 주요 활동 내역을 시간별로 정리하면 다음과 같다.

- 2011년 1월 17일: 제 1회 장기발전 계획 수립을 위한 워크샵
 - 서울대학교 24-1동 국제 회의실
 - 발표자 14명 + 토론
 - 중대형 과제 검토 및 자유 제안 발표
- 2011년 2월 15일: 제 1차 연구위원 내부회의
 - 서울대학교 천문전공 회의실 + 전화를 통한 원격 참석
 - 제 1차 워크샵을 정리하고 제 2차 워크샵 프로그램 준비
- 2011년 2월 28일: 제 2회 장기발전 계획 수립을 위한 워크샵
 - 천문연구원 은하수홀
 - 발표자 13명 + 토론
 - 인력양성, 국제 활동 등에 관한 논의
- 2011년 3월 29일: 제 2차 연구위원 내부회의
 - 제 1차 공청회 준비를 위한 전화 원격회의
- 2011년 4월 8일: 제 1차 공청회
 - 2011년 봄 천문학회 학술회의, 충북대학교 개신 문화관
 - 패널: 김용기, 박명구, 임명신, 강혜성, 이수창, 최철성
 - 일반토론: 정현수, 김강민, 김중수, 김천휘, 박필호, 김갑성
- 2011년 5월 23일: 제 3차 연구위원 내부회의
 - 제 3차 워크샵 준비를 위한 전화 원격회의
- 2011년 6월 23일: 제 3회 장기발전 계획 수립을 위한 워크샵
 - 천문연구원 은하수홀
 - 발표자 9명 + 서면 제출 1건 + 토론
 - 인력 양성, 분과별 발전 방안, 학술지, 학문 분류 등
- 2011년 6월 28-29일: 보고서 작성 준비를 위한 연구위원 워크샵
 - 무주 에코빌 펜션
 - 보고서 윤곽과 필진 확정
- 2011년 9월 5일: 제 4차 연구위원 내부회의
 - 제 2차 공청회 준비와 보고서 작성상황 점검 위한 전화 원격회의
- 2011년 10월 6일: 제 2차 공청회 및 보고서 초안 배포
 - 2011년 가을 천문학회 학술회의, 제주 사인빌 리조트
 - 최종 공청회
- 2011년 11월 22일: 제 5차 연구위원 내부회의
 - 보고서 수정을 위한 전화회의
- 2013년 6월 30일: 전자 문서로 된 초판 발간
- 2017년 8월 31일: 인쇄본 발간



목차

제1장	천문학은 왜 중요한가?	19
제2장	21세기 천문학의 현황과 전망	23
제3장	우리는 어디에 있는가?	43
제4장	한국 천문학의 과학적 도전 과제	51
제5장	도전 실현을 위한 중대형 프로젝트	67
제6장	연구력 향상을 위한 방안	100
제7장	인력	111
제8장	천문학회 발전 방안	119
제9장	학술지	125
제10장	국제 활동	130

요약

천문학의 중요성

- 천문학은 우주에 관한 인간의 근원적 호기심에 답하기 위하여 관측하고 그 특성과 생성 및 진화를 규명하는 자연과학이다
- 천문학은 우주 안에서 지구의 환경을 이해하여 인류의 생활에 중대한 정보를 제공하고, 인공위성 및 우주개발과 같은 국가 전략적 분야에 핵심적 지식을 제공한다.
- 천문학 교육은 과학적 사고력과 창의성을 키워주고 젊은 세대가 과학과 공학에 흥미를 가지도록 유도한다.
- 천문학의 수준은 그 나라의 과학 수준을 보여주는 중요한 척도가 되는 것이므로 천문학의 발전은 국민의 자긍심과 국가의 위상을 높이게 한다.

21세기 천문학의 현황과 전망

천문학은 21세기에 들어와 새로운 비약적인 발전을 거듭하고 있으며 국내의 연구 수준도 점차 세계적인 수준에 접근하고 있다. 국내에서도 해외 관측시설을 활용한 관측연구를 비롯하여 수치모의실험, 이론 연구, 자료처리 등의 분야에서 세계적인 수준과 견주어 질적으로 손색이 없는 연구가 활발히 이루어지고 있다. 하지만, 뛰어난 연구 성과를 내고 있는 분야가 있는가 하면, 국내에서는 거의 연구가 이루어지지 않는 분야도 있다. 특히 대규모 관측 및 실험 시설의 개발에서 뒤처져 있어 세계를 선도하는 우리나라 주도의 창의적 연구분야를 개척하는데 어려움을 겪고 있다. 천문학 각 분야의 향후 전망에 근거하고, 한국 천문학회계의 주 관심사와 경쟁력을 고려하여 주요 연구 분야에 많은 인력과 자원을 투자하여 미래의 발전을 도모해야 한다. 특히 그간 미미했던 천문관측 기기 분야의 비약적 발전을 추진함으로써 한국천문학회 스스로 새로운 연구를 개척하고 연구사업을 이끌어 나갈 수 있는 역량을 키워야 할 것이다.

우리는 어디에 있는가?

우리나라의 천문학에 대한 국제위상은 최근 들어 급격히 높아지고 있으며 그 결과가 다양한 분야에서의 학술 교류, 국제협력 사업의 증대, 논문의 질적 향상 등으로 나타나고 있다. 국내 학자들의 연구 분야도 점차 다양해지고 있으며 그동안 국내에서 이루어진 시설 투자가 미약했던 사실 때문에 소외되어 왔던 기기개발 분야의 발전에 대한 요구가 점차 증가하고 있다. 이는 독자적인 시설의 개발과 투자에 대한 연구자들의 반응이라고 볼 수 있으며 국내 연구수준의 향상을 위해 반드시 통과해야 할 과정일 것이다. 국내 연구진들이 발표하는 논문은 세계 최고 수준을 자랑하고 있으나 아직 연구 분야가 비교적 제한되어 있고 세계적인 대규모 프

젝트에 참여하여 나오는 논문의 수가 많기 때문이라는 분석에 유의해야 할 것이다. 앞으로 국내 자체적인 프로젝트가 점차 많아질 때에도 현재와 같은 수준을 유지하기 위해서는 각별한 노력이 뒤따라야 할 것이다.

한국 천문학의 도전 과제

- 관측을 통한 한국의 기여 가능성

광시야(wide field) 탐사 망원경은 1세대는 CFHTLS, SDSS II, 2세대는 DES, SDSS III 등으로 분류할 수 있다. 광시야 탐사의 마지막 세대라고 할 수 있는 최신 3세대 망원경(LSST 등)들이 지금부터 5년에서 15년 사이에 관측을 시작할 것으로 예상된다. 이러한 관측 장비들을 통해서 우리는 우주, 그리고 과학 전반에 걸친 새로운 비전을 갖게 될 것이다. 여러 가지 광시야 탐사 관측 장비들 중에서, 특히 분광 기술에 근거한 것이 우리에게 더 적합하다고 판단된다. 관측이 시작되면 우주 가속이 암흑에너지 때문인지 아니면 새로운 중력현상 때문인지 판별이 날것으로 기대된다. 이러한 외국의 최신 관측계획에 참가하거나 혹은 우리의 기술로 2.5세대에서 시작하여 3세대 장비로 진화하는 것을 고려할 수 있다. 자체적인 탐사 프로젝트의 개발이 더 바람직하지만 개발에 필요한 시간과 비용 등을 충분히 고려해야 할 것이다.

- 관측 시설의 효율적 활용을 통한 블랙홀과 은하의 진화 연구

대부분의 은하 중심부에 거의 예외없이 존재한다고 믿어지는 초거대질량 블랙홀과 관련된 연구는 현대 천문학에서 가장 뜨거운 연구주제 중 하나이다. 국내에서는 간헐적으로 이론적인 연구만 종종 이루어져 왔으나 최근 들어 새로운 연구진이 유입되면서 이에 대한 연구가 활성화되고 있다. 아직 국내에는 거대질량 블랙홀을 본격적으로 연구할 수 있는 시설이 없지만 세계적인 연구팀과 협력하면서 우리가 보유하고 있는 시설을 보조적으로 사용한다면 좋은 성과를 낼 수 있을 것이다. 소형 망원경을 창의적으로 사용하는 변광 연구, 본격적인 관측이 이루어질 KVN을 이용한 고분해능 전파 관측, 그리고 AKARI에서 관측한 근적외선 분광 관측 자료 등을 활용함으로써 시너지 효과를 기대할 수 있다.

- 외계행성 탐사 연구에 대한 관심 제고

외계행성 연구는 현대 천문학에서 가장 급속하게 발전하고 있는 분야중 하나이지만 우리나라에서는 아직도 외계행성에 대한 연구가 충분히 활성화되지 않고 있다. 다행히 한국천문연구원에서 막대한 재원을 투자해 미시중력렌즈 효과를 효율적으로 관측하고 이로부터 행성을 찾기 위한 KMTNet이 건설되어 세계적인 수준의 연구가 기대되고 있다. 다만 아직은 외계행성 연구 인력이 미약하기 때문에 더 많은 관심과 인력 투입이 이루어져야 할 것으로 보인다. 특히 앞가림 현상의 관측이나 시선속도 측정을 통한 새로운 행성의 발견 등은 국내의 시설로도 경쟁력 있는 연구가 가능한 분야로서 신진 연구인력을 투입해 집중적인 육성을 할 필요가 있다고 본다.

- 대형 프로젝트의 참여를 통한 우주 자기장의 기원 연구

현재는 우주자기장의 기원에 대한 제한적인 관측 데이터만 존재한다. 결국 우주자기장의 기원에 대한 연구는 새로운 관측 데이터가 나와야 큰 탄력을 받을 수 있을 것으로 기대된다. 국내에는 자기장과 난류와 관련한 수치모의 실험 분야에는 국제적으로 경쟁력 있는 연구진들이 있다. 그러나 수치모의실험만으로는 새로운 현상을 규명하고 이해하는데명백한 한계가 있다. 자기장의 기원에 대한 규명은 국제적 대형 관측 프로젝트들(예, SKA)의 주된 과업임무 중 하나이다. 따라서 대형 국제 프로젝트에 한국이 참여하면 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

- 지구-달 우주환경 탐사를 위한 과학 위성 연구

우주환경 관련 연구는 한국에서는 약 30년이 채 되지 않는 짧은 역사를 갖고 있으나 활발한 국제협력 연구활동과 더불어 실생활에 미치는 우주기상효과의 중요성 때문에 국내에서 연구 인력과 수준이 급성장하고 있는 분야이다. 급변하는 태양활동에 따른 지구 주변의 물리적 성질은 해외 다수의 위성 탐사에도 불구하고 이해 수준은 여전히 과학적 측면뿐만 아니라 실용적 수요에도 크게 미치지 못하고 있다. 달탐사를 포함한 우주환경 연구분야는 전체적으로는 1. 우주물리이론 및 모델링, 2. 위성관측자료 분석, 3. 우주관측 위성탐사체 개발로 구성되며 체계적이며 유기적인 연관관계를 가지고 연구가 진행되고 있다. 이러한 연구체계는 첨단 우주탐사연구에 필요한 핵심적 구성 요소로서 교육을 통한 인력양성과 더불어 과학 및 공학 분야의 융합이 필수적인 구성요소라고 할 수 있다.

최근 달탐사를 중장기 우주개발의 목표로 하고 있는 국내 우주 개발계획을 고려할 때 달궤도를 포함하고 있는 이 분야의 연구 개발 중요성이 더욱 강조된다. 세계 수준의 연구활동을 목표로 할 경우 국내에서 첨단 연구 성과가 가능한 분야는 재정 지원규모에 따라 일부 제한될 수 있지만, 현재 선택과 집중을 통하여 국내에서 추진하고 있는 연구 들은 해외 우주 선진국들에 비해 저렴한 비용으로 세계 수준의 성과를 배출할 수 있다는 것이 지배적인 의견이다. 특히 달탐사 우주환경연구를 위한 첨단 탐사체들이 국내에서도 개발되었고 현재 초소형위성들에 장착되어 발사된 바 있다. 이러한 최첨단 검출기를 장착한 소형 위성실험은 향후 우주환경 분야에서 가장 중요시되는 다중위성 편대 실험을 가능하게 할 수 있는 유일한 방법으로 기대되며 기타 과학위성 실험들과 더불어 국내 과학위성개발의 수준을 도약시키는 기회가 될 것이다.

- 별 생성 연구에 대한 효율적인 협력 연구 체제 수립

국내에서는 1970년대부터 성간물질의 연구가 시작되었으며, 현재 국내 대부분의 천문학 관련 학과에 성간물질과 관련된 전공교수가 있으며, 한국천문연구원에는 여러 명의 선임급 이상 성간물질 전공 연구자들이 있다. 별 생성에 관한 연구는 오랜 역사에도 불구하고 아직도 많은 미해결의 문제를 가지고 있다. 외국에서는 여러 연구자들이 협력 체계를 구축하여 연구 역량을 높이고 다양한 관측 장비의 활용, 수치모의실험, 이론 등을 결합한 연구를 수행하고 있다. 우리나라도 대덕 14m 전파 망원경, 서울대 6m 전파 망원경, 그리고 KVN 등 다양한 연구 시설을 가지고 있으며 비교적 풍부한 인적 자원을 가지고 있다. 특히 최근 들어 외부 은하에서

의 별 생성에 관심을 가지는 학자가 늘어나고 있어 효율적인 협력 체계를 구축하는 것이 필요한 시점이라고 판단된다.

- 중력파 실험 연구와 수치 상대론 연구 활성화

국내에서 중력파에 대한 연구는 최근 한국중력파연구단(KGWG)이 LIGO Scientific Collaboration에 가입함으로써 본격적으로 시작되었다. 이미 최초의 중력파가 LIGO에 의해 발견되었고 국내 학자들도 여기에 참여한 바 있다. 그러나 아직 국내 연구진이 참여하고 있는 분야는 자료 처리와 이론 연구에 국한되어 있다. 비록 막대한 재원과 인력이 필요한 분야이고 아직 국내에 관련 실험의 전공자가 거의 없는 실정이지만 초정밀 실험의 결정체라는 점에서 국가적으로도 지원이 필요한 분야이다. 물리학과 천문학이 결합되어야 그 효과를 발휘할 수 있는 연구 분야의 대표적인 예로서 학제적 협력 연구 체제가 갖추어져야 한다. 또 국내에는 막대한 연산 능력을 가진 컴퓨터를 많이 보유하고 있지만 이런 능력이 요구되는 수치 상대론의 전문가가 거의 없는 실정이다. 앞으로 실험 분야와 수치 상대론 분야에 대한 관심과 투자가 이루어져야 할 것이다. 실험은 국제적인 프로젝트인 LIGO, 일본의 KAGRA, 인도의 LIGO-India 등과 협력하면서 자체적인 능력 배양을 위한 소형 검출기 제작 등을 병행해야 할 것이다. 수치 모의실험에서는 공개된 소프트웨어를 사용한 경험을 축적함과 동시에 자체적인 소프트웨어 개발이 이루어져야 한다.

- 학제간 연구를 통한 태양계 기원 연구

태양계의 기원에 관한 연구는 최근 들어 외계행성계의 발견이 되기 시작하면서 급속한 진전이 이루어지고 있다. 태양계 천체의 연구를 위해서는 천문학 이외에도 지질학, 기상학, 생물학 등 다양한 분야와의 협력이 절대적으로 필요하다. 아직까지 국내에서의 학제간 연구가 활발한 편은 아니지만 우리 태양계나 외계행성계에 관심을 가진 학자들이 많이 있을 것으로 추정한다. 태양계의 기원에 관한 연구는 생명 현상의 규명과도 밀접한 관계를 가지고 있다. 보다 적극적인 학제간 연구를 통해 세계적인 수준의 태양계 기원 연구가 이루어지도록 해야 할 것이다.

도전 실현을 위한 중대형 시설

- 진행중인 시설에 대한 추천사항

1. Giant Magellan Telescope(GMT): 그 동안 우리 천문학계의 염원이었던 세계최대급 광학망원경이다. 2020년대에 있을 다양한 최신 천문연구를 뒷받침하는 데 필요불가결한 시설이라고 할 수 있기 때문에 천문학계 전체가 지원하는 국가적 프로젝트이다. 천문연구원이 예산을 받아 진행하고 있으나 학계와 긴밀한 협조를 통해 추진해야 할 것이다.
2. KMTNet: 외계행성과 변광성 연구에 많은 임팩트를 줄 수 있는 시설이다. 망원경운영과 대량의 자료 분석 기술도 익힐 수 있다. KMTNet은 외계행성을 찾는다는 자체적인 목표

이외에도 변광 천체를 매우 효율적으로 탐사할 수 있는 기능을 가지고 있다. 최대한의 과학적인 결과를 얻기 위해 역시 학계의 다양한 의견을 수용할 수 있는 체계를 갖추어야 할 것이다. 미리 관측 계획을 세워 놓고 이를 차질없이 수행하는 것도 중요하지만 남반구 하늘을 24시간 연속적으로 관측할 수 있다는 장점을 살려 뜻하지 않게 발견되는 천체에 대한 적극적인 관측 협조에 대한 전략도 필요할 것이다.

3. MIRIS: 우주관측기술을 꾸준히 발전시키면서, 도전적 천문연구를 할 수 있는 좋은 연구 시설이다. 국내 연구자들의 숫자가 상대적으로 적지만 이들의 역량을 최대한 결집시킬 수 있도록 관측 자료를 공유하면서 효율적인 연구가 이루어지도록 해야 할 것이다.
3. IGRINS: 대형 관측기기의 개발능력을 기르면서 흥미로운 천문관측연구를 많이 수행할 수 있는 좋은 기회이다. 전략적으로 추진하는 과제와 개별적인 제안서를 통해 이루어지는 과제를 적절히 배분하여 난제에 대한 체계적인 접근과 개인별 창의성을 발휘할 수 과제가 균형을 이룰 수 있도록 시간 배분이 이루어져야 할 것이다. 연구자들이 연구 과정과 결과를 공유할 수 있는 협력 기반을 구축할 것을 권장한다.
4. CINEMA: 경희대의 WCU 프로그램과 미국의 NASA 및 UC Berkeley가 공동으로 추진하는 우주과학용 프로젝트로서 한국의 우주과학을 세계 수준으로 끌어 올릴 수 있는 중요한 역할을 할 것으로 보인다. 국내 우주과학계의 보다 적극적인 참여를 통해 그 효과를 극대화 할 수 있는 방향으로 진행하는 것이 바람직할 것이다.
5. ALMA: ALMA는 밀리미터와 서브밀리미터에서 관측할 수 있는 거대한 어레이 망원경으로 뛰어난 분해능을 가지고 있다. 한국은 최근예야 ALMA의 회원국이 되었으나 장치 SKA에 참여하기 위해서는 ALMA를 적극적으로 활용해야 할 것이다.

- 미래 시설에 대한 추천 사항

1. 대형망원경(4m/8m) 활용: 25m급 망원경 시대에 경쟁력이 있는 과학연구를 하기 위해 국내 학자들이 이러한 규모의 망원경을 활용하는 연구 경험이 필수적이다. 자체 제작은 현실적으로 매우 어렵기 때문에 기존 망원경의 시간을 확보하거나 임대하는 방안을 모색해야 한다.
2. SKA: ALMA에 이어 더 많은 국가가 참여하는 초대형 전파 망원경 프로젝트로서 초기 은하에서부터 펄사에 이르기까지 다양한 연구를 가능하게 해 주는 첨단 프로젝트이다. ALMA에 참여하지 못했던 것을 교훈삼아 SKA에는 초기 단계부터 적극적으로 참여해야 할 것이다.
3. 다천체분광 탐사망원경: 우주론 연구와 은하진화연구에 필수적이며, LSST등의 광시야 영상탐사를 후속관측할 수 있는 시설이다. 많은 비용이 문제가 되지만, 국제공동 프로젝트에 참여하는 방안을 생각할 수 있다.
4. 중대형 적외선 우주망원경: 그동안의 소형우주망원경 프로젝트에서 탈피하여, 국제 중

대형우주망원경사업에 참여함으로써, 우주망원경을 이용한 천문학연구를 선도할 수 있도록 한다. WFIRST 등의 사업에 참여함은 미래 천문학 도전과제들을 수월하게 연구할 수 있는 기틀을 마련해줄 뿐만 아니라 대형 우주망원경의 자체 제작과 운용을 습득할 수 있는 좋은 계기를 제공한다.

5. UFFO-100: 2010년대 감마선 폭발천체연구를 선도할 수 있는 흥미로운 관측시설이다. 패스파인더 프로그램으로 시작하여 점차 본격적인 망원경으로 진행해 가는 바람직한 발전 전략을 가지고 있다. 국내 천문학, 천체물리학과와의 협력을 통해 활용도를 극대화하는 방향으로 추진해야 할 것이다.

연구력 향상을 위한 방안

1. 대학에서는 국내외의 연구 동향을 파악하여 적절한 인력 수급을 위해 노력해야 한다.
2. 그동안 교육과정에서 소홀했던 기기 관련 교육을 강화해 향후 기기 개발 수요에 대비해야 한다.
3. 학생들이 조기에 연구 경험을 쌓을 수 있는 기회를 제공하여 연구에 대한 강한 동기 부여와 국제적인 수준의 연구 능력을 갖춘 신진 인력을 양성해야 한다.
4. 대학에서는 기기 개발의 중요성을 인식하고 과감하게 관련 분야에 투자를 해야 하며, 비용이 적게 들지만 창의적인 과제 개발에 노력해야 한다.
5. 대형 프로젝트를 추진하는 연구소에서는 대학의 연구실을 활용함으로써 효율적인 개발 체제를 갖출 수 있다.

인력 양성과 운용

1. 현재 대학원생들의 수는 향후 10년 동안 예상되는 최소 박사급 인력을 제공할 수 있는 것으로 보이므로 각 대학들은 대학원생 수를 많이 늘리기보다는 연구 수준과 능력을 높이는 데 집중하여야 한다.
2. 지방자치 단체 및 사설 천문대는 계속 늘어나고 이들 천문대는 천문학 및 과학대중화의 첨병이 되어야 하므로, 대학에서는 천문대와 관련 프로그램을 잘 운영할 수 있는 인력을 양성하여야 하며 이를 위해 현 학부 및 대학원 교육과정을 적절하게 조정할 필요가 있다. 또 학회 및 관련기관들은 천문대 운영에 관련된 정부 행정 직제를 만들고 운영인력들을 정규직화 하는데 많은 노력을 기울여야 한다.
3. 각 대학들은 천문학 분야 외에도 취업할 수 있는 다른 분야를 개척하고, 이에 맞는 교육을 하여야 한다.

4. 초중등학생 및 일반인들에 대해서는 대학과 천문연구원 등의 공개관측 및 강연을 통해 천문학에 대한 관심을 불러일으키고, 학회는 이를 조직화하여 많은 대중들이 참가할 수 있는 기회를 만들어야 한다.
5. 천문올림피아드 등의 프로그램을 통해 미래에 천문학자 및 과학자가 되는 데 필요한 특별 교육을 중등 영재 학생들에게 제공한다. 올림피아드 프로그램이 과학에 소질과 흥미를 가지고 있는 어린 학생들의 잠재력을 키우고, 학문 후속세대의 중심축을 이루는 인력의 조기 교육에 기여하도록 운영되어야 할 것이다.

학술지

1. 장기적으로 JKAS를 SCI 학술지로 등재한다.
2. 단기적으로 JKAS에 대해 투고 논문 수 증가, 투고 논문의 국제화를 이루고, 빠른 출간 기간, 영어 교정, 짧은 논문 수용 등을 통해 투고하고 싶은 학회지, 우수 논문 유지, 논문에 대한 포상 등을 통해 읽고 싶은 학회지로 만든다.
3. PKAS는 기기개발, 교육관련 보고서, 해설논문 등의 논문 게재를 통해 가치 있는 학술지로 만든다.

국제 활동

1. 천문학은 활발한 국제 협력의 전통을 가지고 있다. 한국 천문학회도 국제 협력을 통해 더 큰 발전을 이룰 수 있다.
2. 동아시아 지역 내의 인적 교류 확대가 바람직하며 특히 학문 후속 세대의 교류를 더욱 활성화시킬 수 있도록 지원해야 한다.
3. 최근 들어 국내에서 개최되는 국제 학술회의가 점차 많아지고 있다. 그러나 보다 과학적 인지도가 높고 더 많은 나라의 학자들이 참여하는 IAU 심포지움을 더 적극적으로 개최할 필요가 있다.
4. 2021년 부산 IAU 총회의 성공적인 개최를 위해 빠른 시일 내에 조직위원회 및 지원을 위한 각종 위원회 등을 구성하고 학계 전체가 참여할 수 있도록 추진해야 한다.
5. 인접 국가와 학회 차원에서의 교류 사업을 추진할 것을 추천한다. 전면적인 공동 학회보다는 일부 세션을 공동으로 추진하는 하는 것이 바람직하다고 판단된다.
6. 최근 발족한 동아시아 천문대에서 국내 학자의 활동이 더 활발해질 수 있도록 학회 차원에서 지원책을 마련할 것을 추천한다. 동아시아 천문대의 운영 주체인 EACOA 내에 천문연구원 이외의 인사가 더 많이 참여함으로써 학계와의 원활한 소통이 전제되어야 한다.

Significance of Astronomy: Astronomy is a natural science that studies the nature, origin and evolution of the Universe as a whole through observations and theoretical interpretations. It aims to answer the questions regarding the Universe and to provide important information about the environment surrounding the Earth. Astronomy education encourages young students to develop scientific and creative thinking and foster their interests in science and technology. Advances in astronomy promote the people's pride and national status.

Status and Prospects of Astronomy in the 21st Century: With the help of large observational facilities, astronomy has made remarkable achievements since the start of this century. Korean astronomers are producing world-class observational research results using overseas facilities but the lack of Korean-owned cutting-edge observational facilities has made it difficult to initiate world-leading projects. After carefully assessing future prospects of different fields, and expertise and interests of Korean researchers, the astronomy community should invest more aggressively on large astronomical facilities and develop new research projects of her own.

Where Are We: In recent years Korean astronomy has been recognized internationally for its excellence in increasingly diverse fields. This results in the growth of scientific exchanges and international cooperation as well as improvements in quality of research papers published by Korean astronomers. Especially, the development of and investment in large observational facilities have become very active. Overall, research papers published by Korean astronomers have reached global standard of excellence, but in somewhat limited areas. Moreover, a large fraction of such papers are produced through large international collaborations. In the future we should aim to publish more world-class papers based on Korean-initiated projects.

Grand Challenges for the Next Decade:

- To investigate the nature of dark energy and the accelerated cosmic expansion through the 2.5th–3rd generation, wide-field survey telescope projects based on spectroscopic techniques
- To study supermassive black holes and the evolution of galaxies using world class observational facilities augmented by small/mid-sized telescopes and unique domestic facilities such as KVN

- To explore exoplanets, KMTNet would be a unique facility for finding earth-like planets in addition to transit and radial velocity measurements with other telescopes
- To study the origin of cosmic magnetism through MHD turbulence simulations and the participation to the SKA project
- To explore the Moon and environment of the Earth-Moon system through small scientific satellites with state-of-the-art instruments
- To study the formation of stars through collaborative efforts between theoretical studies based on numerical simulations and observational studies using domestic facilities such as Daeduk radio telescope, SNU radio telescope and KVN
- To facilitate the advancement of numerical relativity area and participate to gravitational wave experiments such as LIGO and KAGRA
- To study the origin of the solar system through interdisciplinary researches among geology, meteorology, biology, and astronomy

Recommendation for on-going Facility Projects

- GMT: With its large aperture GMT will be forefront instrument for next decade. Korea should get prepared for this opportunity by choosing proper research topics and training young astronomers and carefully planning the roadmap.
- Large optical telescope (4m/8m): Although Korea does not have large telescope yet, the community has to seek access to currently leading telescopes to get prepared for the era of GMT (25m).
- KMTNet: KMTNet is a unique facility that covers large area of the sky 24 hours a day. Although the main objective is to find extraterrestrial planets with micro-lensing effects, the telescopes provides huge amount of data containing many variable objects. In order to maximize scientific throughput, the project needs to attract more people for the data analysis. Also the KMTNet should set up clear policy for the target of opportunity observations as rapidly varying objects discovered by other means should be followed up in short time.
- MIRIS: The MIRIS mission is over, but the data have not been fully analyzed yet. Korean astronomers should make effort to utilize the data for scientific research in order to maximize the value of the mission and seek future opportunities of space missions.
- SDO: This is a Space observatory to study the Sun and its influence on the Earth. The space weather is becoming important for the environment and risk managements.

The data from SDO can be valuable asset to Korean astromomers and scientists.

- ALMA: ALMA is an international project for an array of (sub)millimeter radio telescopes and provides unprecedented high quality data regarding the interstellar medium and other cold objects. Korea became part of the ALMA only recently. ALMA is a very good opportunity for Korean astronomers in preparing for the SKA participation.

Recommendation for Future Facilities:

- SKA: SKA would cover 1 square kilometer light collecting area and would provide unprecedented opportunity to study the objects which cannot be seen by other wavelengths. Cuttently Korea is not a member of the SKA project yet, but should join this project as early as possible.
- Wide-field spectroscopic survey telescopes: The mapping of the universe in 3-dimension would be essential in understanding the large scale structure of the universe. In view of the rapid growth of the cosmological community in Korea, the observational facility capable of Wide-field spectroscopic survey telescope would be quite useful and productive. Since it would be difficult to build such a facility by Korea alone, international collaboration toward this direction would be desirable.
- NIR Space Telescope: Korea has acquired substantial expertise in infrared space missions through MIRIS and NISS. We are now ready to become an important international partner of more ambitious space projects aiming for more fundamental problems. WFIRST and SPHEREx are good examples.
- UFFO-100: This is a space telescope concept for followup of rapidly varying objects such as Gamma-ray bursts decveloped within Korea. It utilizes fast-moving telescope together with in-house detection of X-ray sources. It requires more community support than now as the time-domian study is rapidly growing area of astronomy.

Strategies for Competitive Research: Students are advised to decide their research fields based on future needs of manpower in different fields. In particular, the instrument development is expected to require many researchers in the near future. Students should start participating research projects of international standards as early as possible in their career. Large-scale astronomy projects should be carried out effectively through close collaboration between research institutes and universities.

Astronomy Education: The number of graduate students enrolled in astronomy programs in Korea seems to sufficient to provide necessary manpower in the next decade. Graduate programs should focus on improving research capabilities of their students. The number of astronomical observatories established by private sectors and local governments has increased drastically in recent years. Therefore graduate programs should widen the scope to encompass the educational programs related with astronomy public outreach. Universities should develop diverse paths for jobs and deliver relevant educational programs for students. The KAS should raise public interests in Astronomy by offering public outreach events such as star-parties and public lectures. Educational programs such Astronomy Olympiad should be facilitated in order to cultivate next-generation astronomers

Strategies for the KAS: The membership can grow by introducing associate and honorary members, and establishing common members with other societies. The existing committees and divisions should be restructured, reflecting the latest research trends. The KAS should seek for reciprocal cooperations with other related societies in Korea and beyond. Moreover, the KAS should try to open more channels to participate in the process of science policy making by establishing an advisory committee on astronomy. We further extend our efforts to reach out for the general public.

Strategies for JKAS and PKAS: In the Long-term, JKAS should aim to be placed in the list of SCI journals. The short term strategies include boosting the number of submitted papers and soliciting papers from internal communities. PKAS should put more emphasis on instrument development, reports on education-related studies, and review papers.

International Cooperation: The KAS should make efforts to facilitate exchanges of researchers and students among the East Asian nations. In particular, the astronomical societies in neighboring countries may enhance internal cooperation by co-organizing some scientific sessions during respective annual meetings. Developing EACOA and EAO will be vital in improving international cooperation in the region. Hosting international meetings such IAU symposia by Korean astronomers should be encouraged. The KAS should play active roles in hosting successfully the 31st IAU general assembly in Busan in year 2021.



제1장

천문학은 왜 중요한가?



한국 천문학의 새로운 도약: 2016-2026 발전 계획 | Rev2017-08-31-v2

천문학은 가장 오래된 학문이면서 가장 현대적인 학문이다. 인류의 역사와 더불어 시작된 천문학은 시간과 계절을 알게 해 주어 농업에 활용되었고 항해하는 사람들에게는 망망대해에서도 위치를 알게 해 주었다. 현대 사회에서 이러한 천문학의 전통적인 기능은 점차 줄어들고 있으나 그 대신 우주에 대한 인류의 근원적인 호기심은 오히려 학문으로서의 천문학 발전의 원동력이 되고 있다.

천문학은 종종 인간 생활과 동떨어져 있는 학문으로 잘못 인식되어 왔다. 학부모들 가운데는 자녀가 천문학을 전공하는 것을 크게 걱정하는 사람도 많이 있는 것도 사실이다. 정부의 연구 개발을 추진하는 과정에서 자칫 천문학에 대한 투자가 우선 순위에서 밀리는 경우도 자주 경험해 왔다. 천문학은 기초학문이면서 새로운 기술과 영감을 주는 기능을 가지고 있기 때문에 세계 주요 국가에서 거의 예외 없이 정부의 지원이 우리보다는 훨씬 활발히 이루어지고 있다. 이제 천문학의 중요성을 여러 측면에서 살펴보자.

1-1. 순수학문으로서의 천문학

천문학은 행성, 별, 은하, 은하단 등 우주를 구성하는 천체와 우주전반에 대한 현상을 관측하여 천체의 특성과 생성 및 진화와 우주생성의 원리를 규명하는 자연과학 분야의 학문이다. 우주에 관한 인간의 근원적 호기심에 의해 발전해온 천문학은 역사상 가장 오래된 학문으로, 고대의 철학적 우주관에서부터 17세기 행성의 운행에 근거한 태양중심설과 만유인력법칙의 발견에 이르기까지 근대적 자연과학의 출현에 중심적 역할을 하였다. 20세기에 들어서 상대성이론, 전자기학, 양자물리학 등의 현대물리학과 컴퓨터를 이용한 수치계산에 힘입어 천체물리학은 천문학의 주요 분야로 자리 잡게 되었다. 천체물리학 연구는 별의 구조에서부터 은하와 초거대질량블랙홀의 형성과 진화에 이르기까지 다양한 천체를 지배하는 물리과정을 밝혀주었다. 20세기 이후에는 대형 지상 망원경 및 우주망원경과 다양한 관측 장비를 활용하여 인류가 관측할 수 있는 우주의 지평선을 획기적으로 확장시켰고, 관측할 수 있는 우주의 지평선을 획기적으로 확장하여 130억 광년이나 먼

곳에 있는 천체도 연구할 수 있게 되었다. 이러한 관측천문학의 눈부신 발전은 팽창하는 우주의 발견을 시작으로, 우주배경복사, 암흑 물질, 암흑 에너지 등의 발견에까지 이르게 되었다. 이처럼 천문학은 자연의 법칙과 우주의 원리를 알고자 하는 인간의 지적 요구에 부응하는 순수 기초과학으로 발전해 왔다.

천문학에서의 발견은 물리학, 화학, 생물학 등의 자연과학 타 분야의 새로운 발전을 이끌어 내기도 했다. 예를 들어 태양의 분광스펙트럼에서 발견된 프라운호퍼선은 양자역학 발전의 원동력이 되었고, 최근에는 외부 은하의 초신성을 관측하여 암흑에너지가 우주의 주요 성분이라는 것을 밝혀내기도 했다. 또한 운석과 성간물질에서 발견되는 화학적 성분들은 생명의 기원에 대한 단서를 제공해줄 것으로 기대된다.

천체의 관측과 우주실험을 통해 이루어지는 천문학은 자연과학 타 분야의 이론을 검증할 기회를 제공하기도 한다. 수성의 근일점 이동은 일반상대성이론을 검증하는데 이용되었고, 펄서에 대한 관측은 핵물리학의 발전에 기여하고 있다. 또한 초기 우주는 지상에서 만들 수 있는 어떤 가속기로 만들어 낼 수 있는 것보다 더 높은 에너지 상태에 있기 때문에 소립자 물리학자들에게는 좋은 실험실이 될 수도 있다.

1-2 실용학문으로서의 천문학

천문학 연구에서 파생된 기술은 다양한 공학 분야에서 새로운 기술의 발전을 이끌어 내어 인류의 생활에 지대한 영향을 미쳐왔다. 천문학의 대표적인 관측 장비인 망원경, 분광기, CCD 카메라 등은 여타의 학문 분야에서도 실험 장비로 활용되고 있으며, 휴대전화와 디지털카메라 등과 같은 일상의 필수 도구로 사용되고 있다. 또한 다양한 우주 기술이 실용화 된 예도 허다하다. 현대 의학에서 없어서는 안 되는 자기공명영상(MRI) 자료의 분석에도 천문학에서 개발된 화상 처리 기술이 사용되고 있다.

최근 무선통신과 위치정보가 산업 활동과 일상생활에 널리 활용되면서, 통신위성과 GPS위성에 영향을 미치는 우주기상 예보의 중요성이 강조되고 있다. 특히 태양에서 발생하는 플레어와 코로나 질량방출은 우주폭풍을 일으켜 지구 근접 공간에서의 우주기상을 좌우하는 지대한 요인으로 작용한다. 또한 태양활동은 지구의 기후에 장주기 변화를 일으키는 주요 동력 중 하나이다. 태양활동의 관측과 그 배후의 물리적 과정에 대한 이해는 인류의 생존과 미래에 직결되는 고도의 지적 활동이다.

우주과학은 GPS를 활용하여 정밀 측지 기술을 제공하며, 한국우주전파관측망(KVN)은 전파간섭계를 이용하여 지표의 이동량 등 다른 방법으로는 얻을 수 없는 측지 정보를 제공한다.

1-3 국가 전략 학문으로서의 천문학

천문학에서 파생된 우주기술은 인공위성 및 우주개발 등과 관련된 국제적 대응 전략의 한 축을 이룬다. 인공위성 및 지구근접천체를 감시하는 핵심기술을 개발하고 그에 대한 국가적 대응체제를 구축하는 것은 국가안보에 중요하다. 아직까지 이러한 분야에 대한 투자는 선진 강대국 몇 나라에 국한되어 있으나 우리나라에서도 장기적인 관점에서 기초적인 관측 자료를 축적하고 위기에 대응할 수 있는 체계를 갖추어야 할 것이다.

한국천문연구원에서는 표준역법에 근거하여 표준시를 관리하며, 매년 역서를 발행하여 정밀한 시간정보를 제공하고, 천문현상 및 일월출몰시각에 관한 출판물 자료 등을 공급하고 있다. 천문학은 전통적으로 시간과 공간에 대한 표준을 제공해 왔다.

1908년 6월 30일에는 러시아의 퉁구스 지방에 떨어져 넓은 범위의 산림을 파괴시켰던 소행성 충돌이 있었다. 다행히 사람이 거의 살고 있지 않은 곳으로 소행성이 떨어졌기 때문에 인명 피해는 없었던 것으로 알려져 있지만 만약 도시에 떨어졌다면 막대한 인명과 재산 피해를 겪었을 것이다. 천문학자들은 최신 장비를 이용해 지구에 위협을 가할 수 있는 천체가 있는지 소상히 살피면서 재난 예방에도 기여하고 있다.

1-4 과학교육과 문화 창달에 기여하는 천문학

인간의 우주에 대한 원초적 호기심은 어린 학생들의 우주에 대한 동경으로 이어진다. 오늘날 과학이 어려운 학문으로 인식되어 청소년들이 점차 이공계를 기피하는 현상이 나타나고 있지만, 천문학은 보다 많은 젊은이들이 과학에 관심을 갖도록 이끌어 줄 수 있는 학문이다. 복합 학문의 성격을 가지고 있는 천문학에 대한 교육은 국민의 과학적 사고력과 창의성을 함양하여 인간 지성의 성장을 도모하게 해 줄 수 있다. 이러한 과정을 통해 청소년들이 과학에 흥미를 갖도록 이끌어 국가가 필요로 하는 유능한 과학자와 공학자를 배출시킴으로써 국가의 과학기술 경쟁력 향상에 크게 기여할 수 있다.

천문학은 국민의 우주에 대한 과학적 호기심을 키워주며, 우리나라의 과학문화 창달에 중요한 역할을 담당하고 있다. 천체투영실과 천문대를 갖춘 과학관의 건립, 천문학을 주제로 하는 대중 강연, 별 축제 등과 같은 천문 관련 행사는 국민의 지대한 관심과 호응을 받고 있다. 국내 천문학자가 새로운 천체를 발견하거나 우리나라가 세계적 천문 관측시설을 건립하는 것과 같은 천문학의 발전은 국민의 자긍심을 고취하며 국가의 위상을 높인다.

요약

- 천문학은 우주에 관한 인간의 근원적 호기심에 답하기 위하여 우주를 관측하고 그 특성 및 생성과 진화를 규명하는 자연과학 분야이다.
- 천문학은 우주 안에서 지구의 환경을 이해하여 인류의 생활에 중대한 정보를 제공하고, 인공위성 및 우주개발과 같은 국가 전략적 분야에 핵심적 지식을 제공한다.
- 천문학 교육은 과학적 사고력과 창의성을 키워주고 젊은 세대가 과학과 공학에 흥미를 가지도록 유도한다.
- 천문학의 수준은 그 나라의 과학 수준을 보여주는 중요한 척도가 되는 것이므로 천문학의 발전은 국민의 자긍심과 국가의 위상을 높이게 한다.

제2장



21세기 천문학의 현황과 전망

한국 천문학의 새로운 도약: 2016-2026 발전 계획 | Rev2017-08-31-v2

양자역학과 상대성이론에 의해 촉발된 20세기 천체물리학의 발전과 천문관측 기기 및 기술의 발달로 말미암아 우주에 대한 우리의 이해는 폭발적으로 증가하였다. 불과 100 여년 전만 하더라도 천문학의 주요 관심사는 태양계 천체의 운행과 주변 별들에 관한 것이었으나 이제 우리는 우주가 언제 어떻게 태어났고 천체는 어떻게 만들어지며 밤하늘에 반짝이는 수많은 별이 어떤 생애를 겪어 왔는지에 대한 상당한 지식을 축적하였다. 우리의 지식이 증가함에 따라 천문학의 주요 연구 분야도 빠른 속도로 발전하고 있다. 이 장에서는 최근 천문학의 주요 성과는 무엇이고 앞으로 어떤 문제가 남아 있는지를 살펴보고자 한다.

2-1 우주론 및 우주거대구조

(1) 분야개관

우주론 분야는 지난 30년간 천문학에서 가장 많은 투자와 학문적 발전을 이룬 분야 중의 하나이다. 관측과 이론 분야 모두에 많은 연구 인력이 투입되고 있고, 우주론에 관련된 여러 상수들의 정밀한 측정, 우주공간의 가속팽창 발견 등 핵심 연구 성과들이 이루어지면서 비약적으로 발전하고 있다. 우리나라에서는 다른 분야보다 비교적 늦은 1990년대 초부터 본격적으로 연구가 시작되었으나, 현재 관측자료 분석연구와 천체 생성 시뮬레이션 분야는 세계적인 수준에 도달해 있다.

우주론은 시공간과 물질의 기원, 물질요동의 기원을 규명하고, 초기 우주에서 현재까지 우주 천체의 진화와 천체의 생성을 설명하고자 하는 학문이다. 또 외부은하 천문학은 은하와 은하단과 같은 천체들의 성질과 공간 분포에 대한 연구 분야로서 천체의 생성과 진화의 초기 조건과 공간적, 물질적 배경과 관련해서 우주론과 밀접히 관련되어 있다. 우주공간의 구조와 팽창의 역사, 천체의 기원과 진화 과정, 우주론적 현상을 통한 새로운 물리법칙 규명 등이 우주론과 외부은하 천문학의 주요 연구 주제이다. 이들 중에서도 향후 연구가 집중되리라 예상되는 주제들은 다음과 같다.

가. 초기 물질요동

현재의 천체들이 태어날 수 있었던 것은 우주 초기에 물질 분포에 미세한 요동이 발생했기 때문이다. 이 초기 물질요동의 성질을 이해할 수 있다면 우주의 기원과 천체의 기원을 동시에 규명할 실마리를 발견할 수 있을 것이다. 과거 1980년대에는 초기 우주에서의 물질요동의 발생기작 자체가 주목을 받았지만, 현재는 그 물질요동의 성질을 보다 정확히 측정하여 기존의 이론을 검증하고, 보다 적합한 새로운 이론을 찾는 연구의 집중하고 있다.

나. 우주 팽창의 역사

우주공간의 팽창은 우주의 구성 성분과 양, 중력 등에 의해 결정된다. 우주팽창의 역사를 통해 우주의 공간팽창과 관련된 물리법칙들을 연구할 수 있게 된다. 현재 천체물리학의 가장 큰 쟁점인 암흑에너지의 성질 규명은 우주의 가속팽창을 정밀히 측정함으로써 이루어질 전망이다. 또한 일 반상대론을 수정하는 중력이론의 검증도 주요 연구 주제로 떠오르고 있다.

다. 천체 생성의 역사

천체의 존재와 성질은 초기 물질요동과 우주팽창, 요동의 중력붕괴, 천체의 진화 등 복합적 과정들에 의해 결정된다. 특히 은하의 형태, 은하 내의 물질 함량과 분포, 별 생성, 중심 블랙홀 등은 은하의 비선형적 진화의 결과로서 풍부한 연구 주제를 제공한다. 한편 천체들의 공간적 분포는 규모에 따라서 이 과정들의 개입도가 다르기 때문에 초기 우주의 진화 과정이 미친 다양한 영향들을 조사할 수 있는 중요한 자료를 제공해 준다.

이러한 현상들을 측정하고 연구하기 위해서는 특정 천체들을 관측해야 할 것이다. 각 현상을 측정할 수 있게 하는 천체들은 다양하게 존재하는데 그 중 몇 가지를 들면 다음과 같다.

우주배경복사 요동

우주배경복사의 요동은 물질밀도 요동이 비선형적 중력 진화를 겪기 이전의 상태를 알려준다. 우리가 관측할 수 있는 것은 온도요동과 편광요동이 있는데 작은 각도 규모에서 요동이 향후 우주 배경복사 관측의 목표가 될 전망이다. 우주배경복사 관측으로부터 얻을 수 있는 물리적 지식으로는 초기우주에서의 물질요동의 성질을 통한 초기우주 모형 검증과 개선이 대표적이고, 현재 연구의 초점이 여기에 집중되고 있다.

암흑시대, 재이온화시기와 초기 천체

재결합 이후 탄생한 천체로부터 나오는 고에너지 복사에 의해 재이온화할 때까지의 기간을 '암흑시대'라 한다. 적색이동(redshift, z 로 표시)된 21cm 중성수소선을 관측하면 암흑시대와 재이온화시기에 우주를 채우고 있던 중성수소의 분포를 탐사할 수 있다. 암흑시대의 물질분포는 아직 비

선형적 중력 진화를 많이 겪지 않았기 때문에 초기 우주의 물질요동 연구에 유용하지만 거대한 전파 관측장비가 필요하다. 재이온화시기의 중성수소 분포는 초기 물질요동의 성질에 민감하고, 초기 천체의 등장과 그 영향에 대한 정보를 제공한다.

우주거대구조

우주거대구조는 은하의 생성 환경과 초기 우주의 정보를 간직하고 있는 매우 중요한 관측 대상이다. 특히 우주거대구조는 앞서 거론한 우주론적 현상들 모두에 대한 정보를 제공한다. 큰 규모에서 우주거대구조는 초기 물질요동의 성질 측정에 이용되고, 준선형 규모 이상에서는 우주 공간팽창 측정에 활용되고 있다. 작은 규모에서는 비선형적 중력 진화 효과와 복사 유체역학적 효과가 나타나는데, 중력이론의 검증, 은하단과 같은 고질량 천체의 생성역사, 주변 환경과의 상호작용을 통한 은하생성 연구 등에 우주거대구조 관측 자료가 이용되고 있다. 현재 투자가 이루어지거나 계획되고 있는 각종 대형 관측장비는 향후 수십 년간 우주거대구조를 탐사하여 방대한 관측 자료를 생산함으로써 우주와 천체에 대한 지식의 확장에 기여할 것이다.

(2) 분야현황

우주 시공간과 물질의 성질, 물질요동의 기원과 진화를 이해하고자 하는 우주론은 30년 전만 해도 여러 문제에 있어서 이론적인 접근만이 가능했다고 할 수 있다. 그러나 1980년대부터 시작된 대규모 은하분포 탐사와 우주배경복사 관측을 시작으로 우주론은 관측천문학의 가장 큰 연구 주제 중의 하나가 되었다. 특히 2000년대에 들어서 우주의 각종 물리량들이 수 퍼센트의 정확도로 측정되면서 우주론은 정밀과학의 시대에 돌입하였다. 앞으로도 우주론은 천문학과 물리학의 핵심 도전 분야가 될 것으로 전망된다.

우주론 분야에서는 지난 수천 년 동안 풀지 못했던 우주에 대한 궁극적 의문들이 이론적 모형과 관측적 검증을 통해 본격적으로 어우러지면서 지금에서야 하나씩 풀려 나가고 있다. 우주론을 통해 인류 지식의 확장을 이룰 수 있는 높은 가능성 때문에 세계 각국은 앞 다투어 이 분야에 대규모 투자를 하고 있는 것이다.

현재 진행 또는 계획되고 있는 여러 우주탐사 사업들이 공통적으로 내걸고 있는 목표 중의 하나는 암흑에너지의 정체 규명이다. 암흑에너지의 정체를 규명하기 위해 측광 및 분광 탐사가 계획되고 있다. 먼 우주의 천체를 탐사하기 위해서 적외선 파장에서의 관측이 요구되기 때문에 이 분야에 대한 기술 개발과 지상 및 우주망원경 건설이 이루어질 것이다. 따라서 대규모 자료 처리를 위한 연구 인력과 함께 적외선 분야의 기술 인력 양성이 필요하다.

우주론 분야는 지금까지 여러 대형 망원경을 건설하여 대규모 우주 탐사사업을 수행해 온 미국과 유럽, 일본에 의해 주도적으로 발전해 왔다. 미국에서 수학하고 연구 경력을 쌓았던 한국의 연구자들이 1980년 후반부터 귀국하여 주로 미국과의 공동 연구를 수행하면서 한국의 우주론 연구

의 수준은 세계적인 선도 그룹의 수준으로 높아지게 되었다. 그러나 우주 논문만을 조금하게 요구 받는 현실에서 지난 20년간 망원경과 검출기 등 관측 장비에 대한 투자와 인력 양성에는 소홀할 수밖에 없었다. 따라서 한국의 연구 수준 향상은 거의 전적으로 외국의 대형 관측 장비의 자료를 활용한 것이다. 반면 중국, 대만, 인도 등은 국가의 정책적인 지원 아래 천문 관측기기를 자체 개발하고, 미국과 유럽의 망원경 건설과 관측기기 개발 사업에 다수 참여함으로써 핵심기술을 전수 익혀왔다. 그 결과 2010년대부터는 중국이나 대만에 견주어 한국의 천문학은 상대적으로 낙후될 수 있는 위기에 놓여있다. 한국의 우주론 분야도 그러한 추세를 피할 수 없을 것이다. 원하는 과학적 목표를 설정한 뒤 망원경과 검출기를 직접 제작하여 대형 관측연구사업을 수행하는 역량 확보가 시급한 상황이다.

이러한 상황을 타개하기 위해서는 관측기기 개발에 대한 지원 강화, 기기 개발자의 안정된 직장 보장과 업적 평가 방식의 차별화 등이 시급히 시행되어야 한다. 또한 대형 우주 탐사를 목적으로 하는 국제사업에의 참여를 장려하고, 국내의 기술 개발로 이어지도록 지원해야 할 것이다. 현재 한국의 연구자들은 미국, 일본, 유럽의 연구자들과 공동연구를 통해 긴밀한 관계를 맺고 있으며, 뛰어난 연구 역량을 지니고 있다. 이러한 연구자 개개인의 높은 역량은 국제 공동사업에 참여하는 데 매우 유리한 요소이다. 비록 한국이 지금껏 기기 개발을 등한시 하여 미래의 발전이 비관적으로 되었지만, 뛰어난 역량의 이론과 분석 분야의 연구자들이 지금이라도 국제공동 우주탐사사업에 참여하면서 기술을 전수받고, 독자적인 탐사사업들을 기획한다면 한국 천문학계가 미래의 우주론 연구를 선도할 수 있다고 판단된다.

2-2 외부은하 천문학

최근 반세기 동안 은하에 대한 이해에 큰 진전이 이루어졌으며, 우리나라에서도 활발하게 세계적 수준의 관측 및 이론 연구가 이루어지고 있다. 2-Degree-Field Survey (2dF)나 Sloan Digital Sky Survey (SDSS)와 같은 전천탐사를 통해 획기적인 관측 자료를 얻었고, 이론적으로 차가운 암흑물질 모형에 입각한 중력불안정 이론으로써 은하형성을 설명할 수 있는 바탕이 마련되었기 때문이다.

(1) 은하형성이론

현재 널리 받아들여지고 있는 은하형성 이론의 초석은 암흑물질이 차가운 성질을 가진다는 여러 가지 정황으로부터 출발한다. 마지막 산란 이후 바리온(Baryon) 입자들은 암흑물질이 이미 만들기 시작한 고밀도 지역 내에 모여들기 시작하는데, 차가운 암흑물질이 지배하는 우주에서 암흑물질의 중력적 밀집은 작은 규모에서 먼저 일어나게 된다. 관측되는 은하는 결국 전체 물질의 일부에 지나지 않는 바리온이 내는 빛에 의한 것이지만 눈에 보이지 않는 암흑물질이 어떻게 우주 구조를 결정해 나가는지에 대한 이해가 이루어져야 한다.

1970년대 후반에 제시된 일명 2단계 은하형성 이론에 의하면, 먼저 암흑물질로 이루어진 헤일로를 형성하고 그 후 바리온이 모이면서 은하가 형성된다는 것이다. 이것이 오늘날 은하형성에 관한 가장 기본적인 출발점이다. 사실, 암흑물질의 정확한 정체와 성질을 알지 못한 채로 암흑헤일로로의 발달을 이해하는 것은 불가능하다. 현재 '차가운 암흑물질'이 널리 받아들여지고 있다.

암흑물질은 뉴턴 역학과 일반상대론을 바탕으로 하는 중력체계에서 관측 사실들을 설명하기 위해 도입된 개념이지만, 나선은하의 편평한 회전곡선을 설명하기 위해 도입된 수정 뉴턴 역학(Modified Newtonian Dynamics, MOND) 이론은 차가운 암흑물질에 집중된 이론에 대하여 새로운 가능성을 제공하고 있다. 차가운 암흑물질 이론과 MOND 이론 둘 다 대략 같은 시점에 태어났지만, 차가운 암흑물질 이론이 훨씬 더 많은 관심을 받아 많은 연구가 수행되었다. MOND에 바탕을 둔 새로운 연구가 은하형성에 대해서도 조심스럽게 시작되고 있는데, 암흑헤일로라는 개념자체를 부정하는 MOND 이론 체계 안에서 은하형성의 양상이 어떻게 진행될지가 초미의 관심사이다.

여러 이유로 현재 각광을 받고 있는 차가운 암흑물질 패러다임 내에서 암흑헤일로는 수많은 헤일로 간 충돌과 상호작용을 통해 발달한다. 이렇게 암흑헤일로가 성장해가는 모습이 마치 나무의 모습과 같다고 하여 주로 헤일로 합병나무(halo merger tree)라고 부른다. 컴퓨터의 연산 능력이 충분치 않았던 20세기에는 주로 몬테카를로 방법에 기반을 둔 통계적인 방법을 이용하여 오늘날의 헤일로가 과거에 어떤 크기를 가졌는지 유추해서 합병나무를 만들었다.

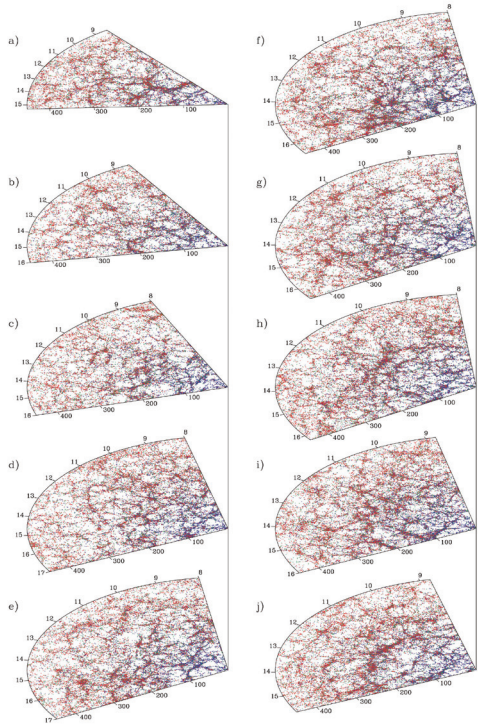


그림 21 SDSS 탐사에서 드러난 북반구 하늘의 우주거대구조 (Choi et al. 2010, *Astrophysical Journal Supplement Series*, 190, 180-202, ©American Astronomical Society). 각 판에서 적위의 각두께는 6도이고, 직경은 대략 (8-17)h 범위를 가지며, 반지름은 450h-1Mpc이다. a)가 맨 위, j)가 맨 아래 판이다. j)판에 Sloan Great Wall이 보인다. 은하의 색깔에 따라 각 점의 색을 달리 하였다.

21세기 들어와서 컴퓨터가 빨라지면서, 다체(N-body) 암흑물질 수치모의실험을 직접 수행하여 암흑헤일로 합병나무를 만드는 것이 더 각광을 받고 있다. 통계적 이론은 대략적인 헤일로 진화를 비교적 잘 설명하고 있지만, 역학적 운동이 실제로 비선형적이 되는 작은 규모로 내려가면 부정확해지게 된다. 다체실험에서는 통계적 방법에 의한 것에 비해 암흑헤일로의 개수가 현저히 적은데, 결과적으로 헤일로 사이의 충돌 합병이 덜 빈번하므로 은하의 진화가 상대적으로 단순화된다. 은하진화를 2단계 과정이라고 볼 때, 그 절반을 차지하는 제1단계가 이렇게 불확실하다면 은하형성을 정확히 계산하기가 어렵게 된다.

합병나무에 대한 다체실험에서 경계문제를 염려하지 않을 정도로 매우 큰 공간에 대하여 수치모의실험을 수행해야 하는데, 시뮬레이션 공간의 부피와 분해능을 동시에 만족시키는 계산을 수행하기란 어려운 일이다. 또한 다체실험을 수행하는 코드에 따라 결과가 조금씩 다르게 나타나기도 한다. 그러므로 다체모의실험의 결과로부터 실제 은하형성에 필요한 기본정보를 추출해 내는 방법에 대한 더 많은 연구가 필요하다. 반면 통계적 방법은 단 수 분의 컴퓨터 계산으로 합병나무를 만들 수 있어서, 큰 그림의 연구에 여전히 유효하다.

별 생성에 직접 기여하는 바리온을 포함하는 수치 모의 실험은 더 복잡하다. 암흑 헤일로가 형성될 때 바리온은 높은 온도로 가열되므로 냉각이 일어나는 과정을 정확히 기술해야 하고, 냉각된 가스 가운데 일부만이 별로 만들어진다. 질량이 큰 별들이 우주의 화학적 진화에 지대한 영향을 미치고, 우주의 중원소 함량이 별생성률에 큰 영향을 미치는 것을 고려할 때, 기체의 냉각과 별생성에 관해 정확히 이해하는 것은 은하형성 이론에 매우 중요하지만 별생성에 대한 물리적 이해가 부족하고, 큰 별들의 화학적 기여 또한 잘 알려져 있지 않은 상황이다.

질량이 큰 별들은 주계열에 있는 동안 막대한 복사에너지를 방출하고 초신성폭발을 통해 열적 그리고 비열적 에너지를 은하에 환원한다. 은하형성 이론에서는, 이를 통틀어 초신성 피드백이라고 부르는데, 그 효과의 방향부터 크기까지 아직 모르는 것이 많다.

은하형성 이론이 예측하는 은하의 질량분포는 관측되는 것에 비해 극히 작은 질량과 극히 큰 질량 영역에서 너무 많은 은하를 예측한다는 문제점이 있는데, 이를 은하 광도함수 문제라고 부른다. 작은 은하가 너무 많이 예측되는 것은 아마도 초신성 피드백으로 일부 설명할 수 있으리라는 기대가 있고 큰 은하의 경우엔 블랙홀 활동에 의한 활동성은하핵(AGN)의 피드백이 해결의 실마리를 제공할 것이라는 것이 중론이다. 그러나 아직 이러한 피드백에 대한 정확한 물리적 이해는 없는 상황이다.

이렇게 다양한 문제가 있음에도 불구하고 은하 형성이론은 꾸준히 발전하여 왔다. 초기 이론이 관측사실과 극심하게 대치되는 결과를 제시한 것과는 달리, 오늘날 이론들은 꽤 그럴싸한 결과를 제시한다. 일반적인 은하형성 이론은 기본적인 몇 가지 관측사실을 먼저 재현하기 위해 노력한다. 아직 은하형성 이론이 추구하는 모든 검증을 만족시키지는 못하지만, 20년 전의 이론과 비교할 때 괄목할 만한 발전을 해온 것이 사실이다. 앞으로 거대마젤란 망원경 등 대형망원경 프로젝트들을

통해 우주 초기의 은하형성을 직접 관측하게 되면, 직접 은하형성을 밝힐 수 있는 기회가 올 것이다. 이론적인 측면에서는 별 생성, 피드백, 은하간 충돌, 환경효과 등 아직 모호한 현상들이 속제로 남아 있다.

(2) 은하 관측 연구 동향

최근 은하 관측 연구의 동향을 살펴보면 볼로미터(bolometer) 개발 및 수신기 성능 향상으로 서브밀리미터와 밀리미터 파장대 관측이 용이하게 되면서 서브밀리미터 파장대에서 매우 밝은 빛을 방출하는 은하들이 새로운 종족으로 대두되었다. 이러한 은하들은 서브밀리미터 은하로 분류되며, 최근에 천문학 및 천체물리학계에서 가장 주목 받는 연구 주제 중의 하나이다. 서브밀리미터 은하들은 복사광도가 매우 높으며, 초광도 적외선 은하(Ultra-luminous Infrared Galaxies)와 물리적 특성이 유사한 것으로 알려져 있다.

이제까지 연구된 결과들을 종합해 보면, 이들 은하들은 적색이동이 주로 2와 5사이에 분포하며, 초기 우주에 존재하는 은하들에 비하여 상대적으로 가까운 은하들로서 높은 별생성률을 가지는 것으로 보인다. 복사광도가 매우 높은 서브밀리미터(또는 밀리미터) 은하들은 막대한 에너지를 적외선 영역에서 방출하는데, 이 에너지가 초거대질량블랙홀에 의한 것인지 아니면 폭발적 별생성에 의한 것인지 변별하는 데에 관한 논의가 활발히 이루어지고 있다. 오늘날 큰 규모의 타원은하들이 여러 은하들의 합병에 의해서 형성되며 이 과정에서 별생성이 촉진되는 것으로 생각한다면, 매우 활발한 별생성 활동을 보여 주고 있는 서브밀리미터 은하들의 경우 바로 이러한 타원은하들의 초기 모습일 것으로 받아들여지고 있다. 또한, 서브밀리미터 은하들은 비슷한 밝기의 국부은하들에 비해 약 천 배 정도 밀집되어 있어 우주의 전반적인 별생성 역사와 은하의 진화과정을 이해하는데 필수적인 요소로 여겨지고 있다.

최근 미국, 유럽, 일본, 대만, 칠레 등은 약 3조 원이 넘는 막대한 예산과 인력을 투입하여 밀리미터파/서브밀리미터파장대 안테나 간섭계 ALMA(Atacama Large Millimeter Telescope)를 칠레 아타카마 고원에 건설하였다. 최첨단 망원경인 ALMA를 사용하여 서브밀리미터/밀리미터 은하들의 보다 정확한 개수밀도 측정 및 다양한 주파수대 관측을 통하여 은하들이 위치한 우주 내 환경의 물리, 화학적 특성 연구가 가능하게 되었다.

은하단 및 은하군에 관한 지식은 주로 적색이동 $z < 0.5$ 은하단의 관측을 통하여 축적되어 왔다. 은하에서 형성된 중원소가 은하단 내 물질로 방출되고 순환되는 원인과 과정 등에 대한 관측 연구 등이 이루어져 왔는데, 주된 원인으로는 활동성은하핵으로부터 발생하는 충격파와 은하-은하 충돌로 이해되어져 왔다. 은하풍(galactic wind) 및 중원소 함량이 높아진 은하들의 압력분해(ram pressure stripping) 현상도 은하간 또는 은하단간 내 물질의 중원소 함량을 높이는 기작으로 이해되고 있다.

앞으로 25 미터 지름의 거대마젤란망원경(Giant Magellan Telescope, GMT)과 같은 대형 망원

경 사용이 가능해지면, 은하단 매질에서 총 바리온 물질 중 차가운 바리온 물질들이 차지하는 비율 등을 좀 더 정확하게 측정할 수 있을 것으로 본다. 차세대 우주 망원경인 James Webb Space Telescope(JWST) 사업이 지연됨에 따라 향후 거대마젤란망원경의 역할 및 중요성이 부각되고 있다. 적응광학계(Adaptive Optics)를 보유한 거대마젤란망원경과 같은 초대형 망원경을 포함한 차세대 관측기기의 사용은 은하 및 은하단 형성에 미치는 암흑에너지 영향을 정량화하는데도 일조할 것이다.

지난 15년간 외부은하 연구에서의 중요한 발견 중 하나는 은하 중심부에 질량이 태양질량의 천만배 이상인 초거대질량블랙홀(Super Massive Black Hole, SMBH)이 존재하며, 블랙홀 질량과 모은하 내 팽대부 별들의 속도분산 사이에 강한 상관관계가 있다는 사실이다. 은하중심부의 블랙홀이 초거대질량블랙홀로 성장하는 과정과 모은하의 역학적인 구조 및 진화에 미치는 영향 등에 관한 연구가 지속적으로 이루어져 왔다.

(3) 근접은하 관측 연구

우리은하에 가까운 은하들은 특성 및 진화를 연구하는 데 좋은 환경을 제공한다. 예를 들어, 우리은하의 두 동반 은하인 마젤란은하는 조석력으로 우리은하의 역학적인 구조에 영향을 미치고 있으며, 이들은 점점 우리은하에 가까워지고 있어서 먼 미래의 생태계에 큰 영향을 미칠 수 있다. 마젤란은하는 우리은하로부터 약 50-60 kpc의 가까운 거리에 위치해 있어서 그동안 전자기파의 모든 영역에 걸친 연구들이 진행되어져 왔다.

마젤란은하를 이루고 있는 대마젤란/소마젤란은하들은 우리은하와는 달리 중원소 함량이 낮아서 우주 초기에 형성되는 은하들의 형성 및 진화과정을 이해하는 데도 중요한 지표로 쓰일 수 있다. 대마젤란은하의 경우 은하원반이 얇고 성간먼지에 의한 소광계수가 작으며 은하면이 약 22-33도 기울어져 있어, 질량이 큰 개개별에 관한 연구도 가능하다. 질량이 큰 별들은 성간물질의 구조 및 진화를 결정하는 데에 중요한 역할을 한다. 따라서 마젤란은하는 성간물질과 항성들 간의 상호작용 및 성간복사장 등을 관측하고 연구하기에 매우 적합하다. ALMA 및 초대형 망원경을 이용한 관측연구는 이제까지 알려지지 않은 은하들의 새로운 모습 및 은하를 이루고 있는 성간물질 및 항성계의 물리화학적 특성들을 밝힐 것으로 기대한다.

2-3 성간물질과 별 생성, 항성과 항성계, 그리고 외계행성

(1) 별 생성

가. 질량이 작은 별

인류는 오랜 역사기간 동안 지구와 태양계의 형성에 대해 많은 관심을 가져왔다. 칸트는 태양계가 회전하는 성운에서 만들어졌다고 주장하였고, 1796년 라플라스는 원심력을 도입하여 태양계

형성과정을 설명하였다. 별생성 초기에 원반이 형성된다는 이론적인 연구는 이미 1970년대에 완성되어 있었지만, 그것을 뒷받침할 해상도 높은 관측적인 자료가 부족하여 오랫동안 간과되어왔다.

1990년대에 허블우주망원경은 오리온성운에서 원시 행성계 원반을 여러 발견하였고, 최근 Spitzer 우주망원경은 태양인근에 있는 많은 별 생성 영역과 젊은 산개성단을 관측하였다. 이를 통해 질량이 작은 별의 경우 생성 과정에서 원반이 일반적으로 자연스럽게 형성된다는 사실을 확신하게 되었다. 질량이 작은 별의 경우 생성 초기에는 약 80%가 원반을 형성하지만, 약 5백 만년 후에는 5% 이하로 줄어든다. 이는 원시별에 아주 가까운 원반의 수명은 5백만 년 정도임을 나타내며, 이 시기 전후로 원시 행성체들이 형성되기 시작할 것이다.

1990년대 유럽우주기구(ESA)에서 발사한 적외선 우주망원경 ISO와 2000년대 미국 NASA에서 발사한 Spitzer 적외선 우주망원경의 분광관측을 통해 원시별 및 전주계열성 주변의 분자 및 먼지에 대한 많은 연구가 이루어졌다. 특히 질량이 작은 원시별의 분광관측에서 물 분자를 검출하여, 물 분자가 다량으로 존재함을 알게 되었다.

다가올 거대망원경 시대에는 원시원반에서 어떤 과정을 거쳐 먼지들이 성장하고, 행성을 형성하는지를 관측과 이론에서 보다 구체적으로 연구하게 될 것이다.

나. 질량이 큰 별

질량이 큰 별의 형성과정에 대해서는 아직 알려진 것이 많지 않다. 질량이 큰 별도 질량이 작은 별이 태어나는 것과 동일한 과정인 원반을 통한 정적인 물질 유입을 통해 만들어지는 것인지, 아니면 전혀 다른 과정을 통해 만들어지는지조차 알지 못하고 있는 실정이다.

지난 30년간 가장 질량이 큰 별의 질량은 태양질량의 150배 이하로 생각되어 왔으나 최근에는 새로운 대기모형과 항성진화모형을 바탕으로, 태양질량의 200~320배를 갖는 별의 모형을 제시하기도 하였다.

질량이 큰 별의 경우 밀도가 매우 높은 성간구름의 핵에서 만들어 진다고 생각되기 때문에 중적외선 또는 원적외선, 서브밀리미터파 영역에서 각분해능이 매우 높은 관측이 이루어져야 할 것이다. 이를 위해서 질량이 큰 별이 많이 태어나고 있다고 알려져 있는 산개성단이나 적외선 암흑성운들에 대한 체계적이며, 정밀한 관측을 수행할 필요가 있다.

(2) 항성진화

가. 원시별과 전주계열성

에너지 분포 맞추기 (SED fitting)

망원경이 대형화되면서 분광관측이 일반화 되었지만, 많은 천체의 특성을 한 번의 관측으로 연구할 수 있는 측광관측이 여전히 선호되고 있다. 그러나 별과 강착원반, 물질분출 현상이 함께

존재하는 3차원 천체인 원시별 및 전주계열성의 특성을 측광관측만으로 규정하는 것은 매우 어렵다. 다양한 물리적 상태에 있는 천체를, 다양한 각도에서 관측할 때 나타날 수 있는 파장에 따른 에너지 분포를 이론적으로 계산하고, 이를 관측과 비교하여 천체의 물리적 상태를 추정하는 방법이 에너지 분포 맞추기이다. 이 방법은 매우 제한된 측광정보만으로 많은 물리량을 추정하기 때문에, 도출되는 결과의 신뢰도에는 한계가 있다.

따라서 보다 현실성이 있는 에너지 분포 모형의 개발과 모형인자를 보다 잘 제약할 수 있는 측광, 분광 및 높은 해상도의 영상 관측 등이 이루어져야 할 것이다.

관측과 전주계열 진화모형

젊은 산개성단에 있는 전주계열성의 나이와 질량의 관계를 보면, 질량이 작은 별보다 Kelvin-Helmholtz 수축단계에 있는 중간 질량의 전주계열성의 나이가 많은 것으로 나타나는데, 이를 전주계열 진화모형의 문제로 추정하였다. 최근 적외선 관측을 통해 갈색왜성에 대한 연구가 많이 수행되고 있으나, 이들의 질량추정에서 전주계열 진화모형들이 서로 잘 일치하지 않는다. 이는 질량이 작고 온도가 낮은 별과 갈색왜성의 대기에 대한 정보가 극히 미약하기 때문이다.

각운동량과 자기장

질량이 작은 별의 경우에는 원반 형성을 통한 각운동량의 재분배가 초과 각운동량을 전달하는 가장 효율적인 방법으로 생각되며, 이는 질량이 작은 별의 대부분이 별 생성의 초기에 원반을 형성한다는 사실로 확인할 수 있다. 질량이 큰 별의 경우에는 자전 운동이나 쌍성계 형성을 통한 각운동량 재분배가 보다 일반적인 과정으로 생각된다. 그러나 별의 자전속도에 대한 체계적인 연구는 아직 미미한 수준에 있다. 그리고 자전 각운동량 및 쌍성계의 공전 각운동량이 별 생성 과정과 어떤 관계가 있는지 거의 알려져 있지 않다. 따라서 고분산 분광관측을 통해 각운동량의 재분배와 별 생성 과정과의 연관성을 체계적으로 조사할 필요가 있다.

성간물질에 존재하는 자기장도 별 생성 과정에 밀접하게 관여한다고 알려져 있지만, 젊은 별의 자기장에 대한 체계적인 연구는 미미한 실정이다. 최근에는 고분산 분광·편광기를 사용하여 많은 별들의 자기장을 검출하고 있다. 보현산천문대의 고분산분광기도 편광관측을 할 수 있으므로, 비교적 밝은 별의 자기장 연구를 수행할 수 있을 것으로 생각된다.

나. 항성진화모형

천문학에서 비교적 오랜 역사를 가지고 있는 항성 진화 이론은 꾸준한 발전을 이어가고 있으며 2000년 이후부터는 자전의 효과를 고려하기 시작하였다. 자전을 포함하는 것은 별의 생성 과정에 관여했던 각운동량의 재분배를 고려하는 것이므로, 별 생성 과정이 주계열 이후의 별의 진화에 영향을 주는 모형이라고 할 수 있다. 그러나 자전이 별의 진화에 영향을 줄 수 있는 경우는 자전의 속

도가 매우 빠른, 질량이 큰 별에 국한된다. 질량이 작은 별의 경우 자전속도와 자기장이 밀접히 관련이 되어 있고, 별의 활동성에 영향을 준다. 그러나 자전과 자기장이 별의 진화에 어떻게 영향을 주는지 아직 잘 알지 못하고 있다.

대부분의 항성진화 모형은 단일별의 진화 모형이다. 그러나 대부분의 항성들은 쌍성계 또는 다중성계를 이루고 있다. 질량비와 거리 등의 초기 조건에 따라 쌍성계가 어떻게 진화하는지에 대한 구체적이고, 적용 가능한 진화 모형이 만들어져야 할 시점이다. 더구나 최근 들어 블랙홀 쌍성의 합병에 의한 중력파가 발견됨으로서 질량이 큰 별로 이루어진 쌍성계의 진화 역시 중요한 연구 대상이 되고 있다.

(3) 별의 종말

가. Ia형 초신성

Ia형 초신성은 천문학에서 가장 중요한 표준광원으로서 우주론적 거리의 결정에서 가장 중요한 천체이며, 모든 종류의 은하에서 관측된다. 그러나 어떤 천체가 Ia형 초신성이 되는지를 아직 잘 알지 못하고 있는 실정이다.

지금까지 우주론적 거리의 결정 방법에는 Ia형 초신성의 최대밝기는 거의 일정하다는 가정이 들어있다. 그러나 중원소함량이 다른 은하에서 폭발하는 Ia형 초신성이 동일한 최대 밝기를 가질 것인가에 대해서 완벽하게 증명되지 못한 상태이다. 이 의문에 답을 얻기 위해서는 초신성 폭발이 있기 전의 천체를 확인할 수 있어야 할 것이다. 그러나 초신성 폭발 이전의 천체가 백색왜성과 보통 별의 쌍성계이라면, 태양 부근에서 폭발하는 경우를 제외하고는 확인하기가 매우 어려울 것이다. 또는 중원소함량의 차이에 상대적으로 둔감한 적외선 영역에서 광도곡선, 최대밝기 등을 체계적으로 조사하는 것도 필요할 것이다.

나. 질량이 큰 별의 종말

질량이 큰 별은 비록 수는 매우 적지만, Ib, Ic, II형 초신성 폭발을 통해 성간물질의 중원소함량을 높일 뿐만 아니라 매우 큰 운동에너지를 전달함으로써 성간물질의 물리적 특성을 바꿀 수 있다. 또 중성자별이나 블랙홀과 같은 밀집성을 잔해로 남긴다. 그러나 다양한 광도곡선을 갖는 초신성 폭발이 별의 초기질량, 자기장, 자전속도, 특히 핵의 자전속도와 어떻게 관련되는지 등에 대한 구체적인 연구가 필요하다. 그리고 쌍성계의 경우와 초신성의 형태와의 관련성도 연구하여야 할 주제이다.

최근 허블우주망원경 관측영상 등의 조사를 통해 초신성의 전단계 천체를 찾고 이를 통해 항성진화모형의 예측과 비교하는 일들이 일부 수행이 되어, II형 초신성은 주계열 단계의 초기질량이 인 별들로 확인되었다. 이 질량은 항성진화이론에서 예측하는 질량보다 약간 작은 값이다. 광시야

전천탐사관측이 계획 또는 진행되고 있으므로, 비교적 가까운 은하단에 대한 깊고, 체계적인 관측으로부터 초신성 전단계 천체를 확인하는 연구가 필요하다.

다. 백색왜성과 행성상 성운

항성의 대부분은 질량이 작아 행성상 성운과 백색왜성의 형태로 종말을 맞는다. 백색왜성이 되는 별의 초기질량에 대한 연구는 산개성단에 있는 백색왜성의 동정과 물리적 상태의 연구를 통해 상당히 진행되었다.

백색왜성의 전단계인 행성상 성운은 매우 다양한 형태를 보인다. 이 다양한 형태가 전단계 별의 질량, 자전속도, 자기장, 쌍성계 여부, 쌍성계인 경우 물질 이동량 등과 어떻게 관련되는지를 구체적인 항성진화모형과 결부시켜야 할 것이다. 특히 쌍성계의 경우 반복신성, 공생별 등의 현상과도 연관된다.

(4) 초기질량함수

1955년 초기질량함수라는 개념이 도입된 이래, 천문학의 거의 모든 분야에서 초기질량 함수가 사용되고 있다. 산개성단은 하나의 성간구름에서 태어난 별의 집단으로, 산개성단을 구성하는 별들은 거의 동일한 나이, 동일한 화학조성, 동일한 운동학적 특성을 갖는다. 따라서 산개성단은 항성진화 이론을 관측적으로 검증할 수 있는 가장 중요한 실험실이며, 젊은 산개성단은 넓은 질량 범위의 초기질량 함수를 얻을 수 있는 이상적인 천체이다.

가. 질량이 작은 별

1990년대 이후 대규모 탐사관측이 적외선에서 이루어졌고, 태양 인근의 여러 별 생성 영역과 산개성단들에 대한 다양한 관측을 통해 별 생성 영역과 젊은 산개성단들의 구성원 선정을 정확히 할 수 있게 되었다. 또 질량이 작은 전주계열성의 진화 모형에서도 많은 발전이 이루어져, 각 별 탄생 영역의 초기질량 함수를 얻었다. 각 연구자의 선호에 따라 초기질량함수의 보편성 또는 다양성에 대한 결론을 내리고 있지만, 통계적 변동을 고려한다면, 적어도 질량이 작은 별들의 경우 초기질량함수의 형태가 유사하다고 결론을 내릴 수 있다.

나. 질량이 큰 별

질량이 큰 별의 초기질량함수는 우리은하의 초기 진화를 연구하는 데에 매우 중요할 뿐만 아니라, 먼 은하에서의 별 생성과 진화를 연구하는 데에도 매우 중요하다. 1990년대 우리은하와 대·소마젤란은하에 있는 여러 젊은 산개성단 및 OB 성협을 체계적으로 관측하여 질량이 큰 부분의 초기질량함수를 얻었다. 세 은하가 중원소함량에서 큰 차이가 있음에도 불구하고 초기질량함수의 기울기는 크게 다르지 않다는 결론을 얻었다.

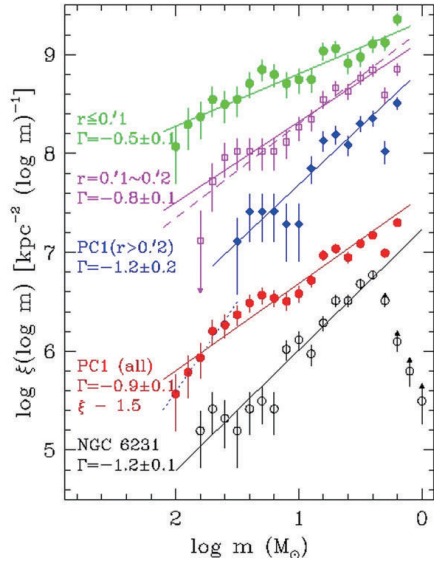
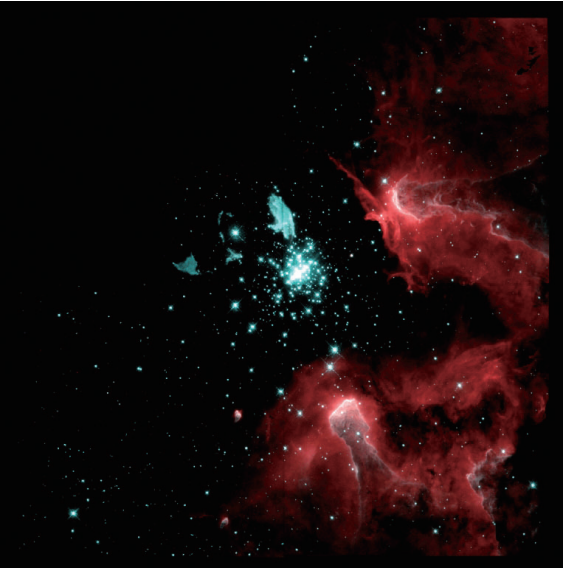


그림 2.2 NGC 3603의 허블 우주망원경 영상으로 얻은 영상과 초기질량함수 (Sung & Bessell 2004, *Astrophysical Journal*, 127, pp.1014-1028. ©American Astronomical Society).

최근에는 질량이 큰 별들이 폭발적으로 태어나는 성단의 초기질량함수에 관한 연구가 매우 활발하다. 이 부류에 속하는 젊은 산개성단 NGC 3603은 성단의 중심부에는 질량이 매우 큰 별이 집중되어 있으며, 초기질량 함수의 기울기도 매우 완만하다(그림 2.2).

지금까지의 연구 결과를 종합하면 질량이 큰 별들의 경우 초기질량함수가 다양한 것으로 추정되지만 통계적으로 확신을 가질 수 있을 정도의 표본이 확보되지 않았다. 최근 별의 자전을 고려한 진화모형들이 발표되고 있으며, 질량이 큰 별의 질량한계에 대한 새로운 모형들이 제시되고 있기 때문에, 젊은 산개성단과 OB 성협의 초기질량함수에 대한 체계적인 연구가 가까운 장래에 이루어질 것으로 예상된다.

다. 쌍성의 효과

한편 촉광자료만으로는 쌍성/다중성 여부를 판별하기 어렵기 때문에, 촉광으로부터 얻는 것은 주성의 초기질량함수이다. 반성은 주성보다 질량이 작은 별이므로, 질량이 작은 별의 수를 과소평가할 수 있다. 현재까지 알려진 질량에 따른 쌍성의 빈도와 질량비 분포가 옳다면, 촉광학적으로

얻는 주성의 초기질량함수와 쌍성계를 고려한 초기질량함수는 큰 차이가 없다. 그러나 질량이 작은 별의 쌍성비율이 약간만 높아지더라도, 또 질량이 큰 별의 쌍성계 비율과 질량비 분포함수가 달라진다면, 촉광학적으로 얻는 초기질량함수는 실제보다 질량이 큰 부분으로 치우쳐질 수도 있다. 최근 다천체 고분산 분광기가 관측에 사용되고 있으며, 적응광학을 이용한 높은 각분해능을 갖는 관측도 이루어지고 있으므로, 성단 구성원들의 쌍성비율, 질량비 분포 등에 대한 체계적인 연구도 시도할 수 있는 시점이다.

라. 초기질량함수의 기원과 구름 핵의 질량함수

별의 모체가 되는 성간 구름 핵의 질량함수는 별의 초기질량함수 형태와 매우 유사하다. 그러나 별 생성의 과정에서 각각의 구름 핵들이 몇 개의 별들로 쪼개질 것이므로, 구름 핵의 질량함수가 별의 초기질량함수로 바로 변환되지는 않을 것을 것으로 예상되는데도 서로 밀접히 관련이 되어 있음을 보인다. 이와 같은 분자구름의 핵이 어떤 과정을 거쳐 별 생성으로 이어지는지에 관하여 관측 및 이론적 연구가 수행되어야 할 것이다.

(5) 구상성단과 은하형성

100년 전부터 구상성단은 은하의 크기와 구조를 연구하는 데 중요한 관측 대상이었다. 항성진화이론의 발전에 따라, 1970년대에는 구상성단 연구를 통해 우리은하 형성을 연구하기 시작하였다. 색-등급도의 형태로 대변되는 촉광학적 연구에서 구상성단의 다양성을 발견하기 시작하였으며, 촉광학적 연구를 통해 일부 구상성단은 외부은하로부터 포획되었을 가능성이 제기되었다.

한국천문학계에서도 구상성단 연구를 통해 국제 천문학계에 많은 기여를 했다. 1970-80년대에는 촉광학적 연구가 이루어졌고, 1990년대에는 항성진화모형에 바탕을 둔 이론적 연구와 촉광학적 연구가 동시에 이루어지면서 큰 발전을 이룩하였다. 특히 최근에는 구상성단의 상당수에서 초신성에 의한 중원소함량의 증가를 발견하였다.

앞으로 구상성단 연구를 통해 해결하여야 할 문제는 구상성단, 특히 질량이 큰 구상성단 내에서 어느 정도의 시간차이를 두고 2차적인 별 생성이 가능할 것인가 아니면 왜소은하 규모의 훨씬 더 큰 천체 정도가 되어야 2차 또는 그 이상의 별 생성이 이루어질 수 있는가에 답하는 것이다. 또한 관측적으로 2개로 분리되는 적색거성열의 별들이 2차적 별 생성에 기인한 것인가 아니면 “서로 다른 중원소함량을 갖는 구상성단의 합병에 의한 현상인가 또는 “성단내 별들의 나이분산 효과에 의해, 형성과정에 있는 원시별의 대기를 질량이 큰 별의 초신성 폭발 잔해가 오염을 시켜 만드는 것인가에 대한 보다 구체적인 연구가 필요하다. 이를 위해서는 대규모 분광탐사관측이 필요할 것이다.

(6) 외계행성

외계행성의 관측자료를 수집하고 있는 The Extrasolar Planets Encyclopaedia (<http://www.exoplanet.eu/>)에 따르면 2015년 5월 6일 현재 1919개의 외계행성이 발견되어 있다. 이들 중에서 시선속도 또는 위치의 변화로 검출된 외계행성은 504개이며, 294개는 행성횡단에 의한 식현상이 관측되었다. 그리고 미시중력렌즈 현상으로 18개의 행성이 알려졌으며, 영상관측을 통해서 30개의 행성이, 펄사의 신호변화로 15개 행성의 존재가 검출되었다.

현재 외계행성의 탐사에서 가장 중요한 부분은 암색으로 된 지구형 행성을, 그것도 생명체가 살 수 있는 위치에 존재하는 지구형 행성을 검출하는 것이다. 이 분야의 탐사는 매우 경쟁적으로 진행이 되고 있기 때문에 가까운 장래에 지구형 행성이 발견될 수 있을 것으로 생각된다. 특히 지름 1.6m 광시야 망원경 3기로 구성되는 한국천문연구원의 외계행성탐색시스템(Korea Microlensing Telescope Network, KMTNet)은 질량이나 반지름이 작거나 멀리 있는 행성을 찾기 어려운 기존의 시선속도 관측이나 식현상 관측에 비해 지구형 행성 찾기 경쟁에서 좋은 결과를 보여줄 것으로 기대되고 있다.

한편 별의 위치 변화를 이용한 외계행성 탐사도 중요해질 것으로 예상된다. 측성위성인 Gaia가 백만분의 1초의 각도 측정 정밀도로 외계행성을 탐사하는 경우, 그동안 시선속도의 관측에서 행성이 검출되지 않았던 별에서 행성들이 발견될 가능성이 높다. 측성학적 방법에 의해 발견된 행성들

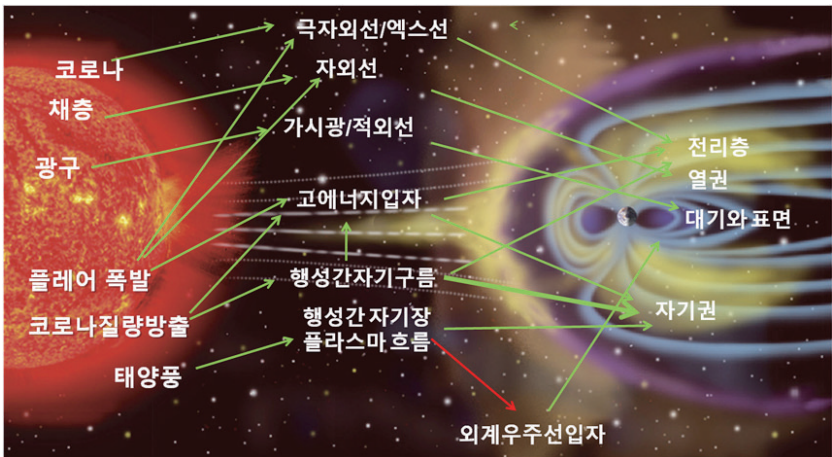


그림 23 태양과 지구의 상호 작용

이 포함될 경우, 외계행성의 특성에 편향되지 않은 자료를 확보할 수 있게 될 것이며, 따라서 행성의 특성에 관한 연구에서 큰 발전이 이루어질 것이다. 또한 우주 및 지상의 망원경을 이용한 측광학적 방법으로 더욱 많은 행성들이 발견이 될 것이다. 차세대 거대 망원경을 이용하여 외계행성, 특히 지구형 행성의 특성-대기의 존재 유·무, 대기의 화학조성 등-에 대한 연구가 수행될 것이다. 또 현재의 고분산 분광기보다 파장 분해능이 훨씬 좋은 분광관측이 가시광 및 적외선에서 이루어질 것이며, 각분해능이 높은 영상관측도 함께 이루어질 수 있을 것이므로, 지금까지 외계행성 탐사에서 기피되었던 질량이 큰 별 주위의 행성에 대한 탐사도 수행될 것이다.

2-4 지구 상층 우주 환경: 태양-지구 관계

“별과 함께 살기(Living with a Star: LWS).” 이는 태양-지구 관계를 밝히려고 미국 나사가 추진하는 21세기 프로그램의 이름이다. 이 LWS 프로그램은 이제 미국은 물론이고 수많은 나라들이 참여하는 전 세계적 거대 프로젝트로 발전하고 있으며, 천문 지식이 경우에 따라 현대 인간 생활에 매우 실제적일 수 있음을 보여주는 예이다.

별과 함께 살기 위해서는 태양이라는 별이 지구에 어떻게 영향을 미치는지 잘 알아야 한다. 전통적인 천문학 지식에 따르면 태양에서 지구로 오는 것은 첫째, 태양 전체가 지구에 작용하는 중력, 둘째, 광구에서 나온 빛이 있다. 태양 중력은 지구의 위치와 운동을 결정하고, 빛은 지구의 대기 와 표면을 가열함으로 지구에 영향을 미친다.

현대 천문학은 이들과는 다른 요소들도 지구에 중요한 영향을 미친다는 사실을 알려주고 있다 (그림 2.3). 태양 채층에서 나오는 자외선과 코로나에서 나오는 극자외선/엑스선은 지구의 상층대기, 곧 열권과 전리층의 환경을 지배한다. 태양에서 플레어 폭발이 일어나면 자외선, 극자외선, 엑스선의 복사량이 갑자기 크게 늘어난다. 또한 플레어 폭발에서 가속된 고에너지입자는 행성간 공간, 지구의 자기권, 전리층에 침투한다. 태양 코로나에서 출발한 태양풍은 자기력선과 플라즈마를 행성간 공간으로 실어 나르면서, 지구의 자기권을 압박한다. 코로나질량방출은 행성간 자기구름으로 발전하여 지구를 덮치고 지자기 폭풍을 일으킨다. 플레어 폭발뿐만 아니라 코로나질량방출이나 행성간 자기구름에서도 고에너지입자의 가속이 일어나는 환경이 조성된다. 이런 고에너지입자가 태양 기원 우주선 입자이다.

한편 태양계 밖에서 오는 외계 우주선 입자는 태양계를 감싸는 자기장에 의해 일부분이 차단되어 양이 오히려 줄어든다. 자외선, 극자외선, 엑스선, 태양풍 플라즈마, 행성간 자기장, 자기구름, 태양기원 우주선 입자, 외계 우주선 입자 등등과 같은 요소들을 잘 이해하는 것이 인류가 별과 함께 살기 위해 꼭 풀어야 할 21세기 천문학의 숙제가 되었다.

태양-지구 관계 연구는 태양 측면과 지구 측면으로 나누어 생각할 수 있다. 태양 측면에는 위에서 나열한 요소들의 원인을 규명하는 태양 자기 활동 연구가 있고, 지구 측면에는 이 요소들의 단기간 귀결을 밝히는 우주환경 연구, 장기간 귀결을 살피는 지구기후 연구가 있다.

태양이 지구에 영향을 미치는 요소들은 대부분 태양 자기 활동의 소산이다. 태양 자기 활동 연구로 풀어야 할 중요한 문제들은 매우 다양하다.

태양 요소들이 지구에 미치는 영향은 그리 단순하지 않다. 지구의 고층대기와 자기권으로 구성되는 지구 근접 우주 공간은 자체 플라스마와 자기장이 있는 독자적인 플라스마-자기장계이다. 태양 요소들은 이 계의 입력 인자이며, 이 인자들에 대한 반응은 복잡한 내부 물리 과정(플라스마 물리 현상 또는 자기 유체역학적 현상)의 결과이다. 이런 지구근접 우주 공간의 내부 물리 과정을 연구하는 것이 좁은 의미의 우주과학이다. 천문학의 관측이 항상 망원경을 이용한 원격탐사인 반면, 우주과학에서는 인공위성, 우주선, 미사일 등을 이용한 현장 측정이 가능한 경우도 있다. 우주과학의 주요 관심사는 근접 우주 공간에서 일어나는 물리 과정들이 인공위성이나 항공기 등에 미치는 영향, 즉 우주 환경과 그 영향에 관한 연구이지만, 우주 플라스마 현상 자체가 또한 우주과학의 흥미로운 연구 주제이기도 하다.

장기간에 걸쳐 태양 자기 활동이 지구에 미치는 영향은 기후의 변화이다. 태양 활동의 변화가 지구 기후에 영향을 미친다는 증거는 많다. 널리 알려진 예는 흑점이 거의 없던 시기가 역사적으로 가장 추운 시기였다는 것이다. 또한 극소기와 극소기 사이의 간격인 태양 활동 주기 길이가 지구 기후의 한 가지 척도인 평균 해수면 온도와 상관관계가 높다는 연구도 있다. 태양 자기 활동이 지구의 기후 변화에 어떠한 영향을 주는지를 기존 지식으로 이해하기는 매우 어렵다. 왜냐하면 태양 활동에 따른 태양 총 복사량의 변화가 매우 작기 때문이다. 아직은 검증되지 않았으나 개연성이 있는 시나리오는 다음과 같다.

태양 활동에 따라 행성간 공간, 즉 태양권의 자기장 세기가 달라진다. 태양권 자기장은 태양계 밖에서 오는 외부 우주선 입자의 방패가 된다. 그런데 에너지가 높은 일부 외부 우주선 입자는 태양권 자기장을 통과하여 태양계 안쪽으로 진입하여 지구 고층대기를 뚫고 대류권까지 와서 대기 분자들을 해리시켜 대전 입자를 만들어낸다. 대전 입자는 씨가 되어 구름 생성을 촉진한다. 구름의 양은 지구의 반사도, 곧 알베도를 높여 지구에 입사되는 태양 복사의 양을 줄인다. 따라서 지구의 평균 온도는 떨어진다.

이런 시나리오는 태양 활동이 활발할 때, 지구 평균 온도가 높고, 태양 활동이 저조할 때, 지구가 추워지는 것을 설명해 준다. 그러나 각 단계마다 충분한 과학적 검증이 필요하다. 태양 활동과 지구 기후 변화는 21세기에 꼭 풀어야 할 과학적 숙제이다. 외계 효과(태양활동 효과)와 인간 효과(이산화탄소 배출에 의한 온실효과)를 모두 고려한 지구 기후 변화 연구가 필요하다.

2-5 고에너지 천문학

(1) 분야개관

고에너지 천문학은 극자외선(EUV), 엑스선, 감마선 등 고에너지 복사를 방출하는 천체를 관측하고 연구하는 분야이다. 태양 플레어, 초신성 잔해, 펄사풍 성운(pulsar wind nebula), 엑스선/감마선 쌍성계, 우리은하의 중심영역, 활동성은하핵(AGN), 감마선폭발체(GB), 은하단 등 다양한 천체가 그 연구 대상이다. 이러한 천체들은 대부분 중성자별이나 블랙홀과 같은 밀집성 또는 초거대 질량블랙홀을 포함하는데, 강착원반, 상대론적 제트, 충격파와 같은 고에너지 현상에 의하여 고온의 가스와 상대론적 입자(우주선, 중성미자 등을 생성한다. 이러한 천체들이 어떻게 형성되고 진화하는지, 우주선 입자는 어떻게 가속되는지, 그 입자들이 주변의 자기장, 복사, 물질과 상호작용하여 어떠한 비열적 복사를 방출하게 되는지, 우주선 입자는 어떻게 우주공간을 전파하여 지구에 도달하는지 등이 고에너지 천문학의 이론적 연구의 핵심 문제들이다. 또한 암흑물질의 붕괴와 상호작용에 의하여 만들어지는 고에너지 복사를 검출하는 실험, 은하 밖에서 오는 초고에너지 우주선과 중성미자를 검출하는 실험(그림 2.4)과 그 천문학적 기원을 연구하는 분야는 물리학과 천체물리학이 융합되어 만들어진 천체입자물리학(astroparticle physics)의 한 영역이다.

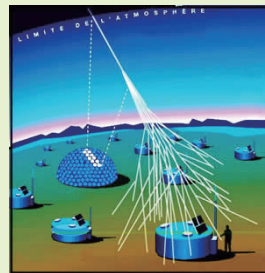
(2) 분야현황



Chandra 엑스선 망원경.



Fermi 감마선 망원경.



Auger 우주선 관측소

그림 2.4 고에너지 천문학 분야의 관측 방법

21세기 들어 다양한 지상 및 우주 망원경에 의한 관측에 힘입어 고에너지 천문학은 비약적인 발전을 해왔는데, 여기서는 대표적인 망원경만을 소개하고자 한다. 현재 Chandra 위성망원경(1999년 발사), XMM Newton(1999년 발사), Suzaku(2005년 발사), NuSTAR (2012년 발사) 등이 엑스선 천문학의 관측 연구를 주도하고 있다. 현재 계획 중인 차세대 엑스선 우주망원경은 IXO(2021년 예정)가 있다.

현재 가동되고 있는 주요 감마선 우주망원경은 INTEGRAL(2002년 발사)과 Fermi(2008년 발사)가 있다. 2004년에 발사된 Swift 우주망원경은 감마선폭발체를 자외선, 엑스선, 감마선의 다파장밴드에서 관측하도록 설계되었는데, 장주기 GRB가 외부우하에서 폭발하는 핵붕괴 극초신성(hypernova)이라는 것을 밝혀냈다. 지상에 건설된 감마선 망원경은 에어샤워(Airshower)의 체렌코프복사를 검출하는 ACT (Atmospheric Cherenkov Technique) 방식을 채택하는데, HESS(2004년), VERITAS (2007년), MAGIC(2004년과 2009년), HAWC(High Altitude Water Cherenkov, 2015년) 등이 있다. 계획 중인 차세대 ACT 망원경에는 AGIS(Advanced Gamma-ray Imaging System), CTA(Cherenkov Telescope Array) 등이 있다.

고에너지 우주선은 초신성잔해, AGN 제트, GRB, 은하단 충격파 등의 천체에서 가속될 수 있다고 알려져 있다. 21세기에 들어와서 극단적으로 높은 에너지의 우주선을 검출하기 위하여 Auger 관측소(남반구에 위치)와 Telescope Array(북반구에 위치)와 같은 거대 국제협력 실험들이 수행되고 있다. 이러한 실험을 통하여 초고에너지 우주선과 우주배경복사의 상호작용에 의한 에너지 스펙트럼의 차단을 확인하였다. 지금까지 축적된 Auger의 관측 자료는 초고에너지 우주선은 양성자보다 무거운 핵으로 구성되어 있으며, 가속천체는 우주거대구조와 상관되어 있다는 것을 암시하고 있는 것처럼 보인다. 그러나 Telescope Array의 관측 자료는 반대로 극단적으로 높은 에너지의 우주선은 주로 양성자이며 우주거대구조와의 상관관계가 없다는 것을 암시한다고 한다. 그러므로 초고에너지 우주선 입자가 양성자인지 무거운 핵인지, 구체적으로 어떤 천체에서 가속되었는지 등은 여전히 풀어야할 숙제로 남아있다.

초신성, AGN, GRB와 같은 고에너지 천체가 방출하거나 암흑물질이나 위상학적 결함(topological defect)에서 생성된 고에너지 중성미자를 검출하는 대표적인 실험은 남극에 설치된 AMANDA와 IceCube 관측소가 있다. 2015년까지 IceCube 관측소에서 검출된 고에너지 중성미자의 개수는 40개 정도이지만, 그 근원 천체는 아직까지 알려지지 않았다.

국내 여건에서 엑스선/감마선/우주선과 같은 고에너지 관측천문학 분야를 연구하기는 어려우나, 블랙홀, 상대론적 제트, 초신성잔해, 우주선의 충격파가속 등의 이론적 연구는 어느 정도 이루어지고 있다. 초고에너지 우주선과 중성미자의 기원, 암흑물질, 암흑에너지와 같은 천체입자물리학 분야는 빠르게 발전하고 있으며, 앞으로 국내 학자들이 적극적인 참여가 기대되고 있다.

요약

천문학은 21세기에 들어와 새로운 비약적인 발전을 거듭하고 있으며 국내의 연구 수준도 점차 세계적인 수준에 접근하고 있다. 국내에서도 해외 관측시설을 활용한 관측연구를 비롯하여 수치모의실험, 이론 연구, 자료처리 등의 분야에서 세계적인 수준과 견주어 질적으로 손색이 없는 연구가 활발히 이루어지고 있다. 하지만, 뛰어난 연구 성과를 내고 있는 분야가 있는가 하면, 국내에서는 거의 연구가 이루어지지 않는 분야도 있다. 특히 대규모 관측 및 실험 시설의 개발에서 뒤처져 있어 세계를 선도하는 우리나라 주도의 창의적 연구분야를 개척하는 데 어려움을 겪고 있다. 이 장에서 살펴본 천문학 각 분야의 향후 전망에 근거하고, 한국 천문학계의 주 관심사와 경쟁력을 고려하여 주요 연구 분야에 많은 인력과 자원을 투자하여 미래의 발전을 도모해야 한다. 특히 그간 미미했던 천문 관측 기기 분야의 비약적 발전을 추진함으로써 한국천문학계 스스로 새로운 연구를 개척하고 연구사업을 이끌어 나갈 수 있는 역량을 키워야 할 것이다.

우리는 어디에 있는가?

한국 천문학의 새로운 도약: 2016-2026 발전 계획 | Rev2017-08-31-v2



우리의 천문학 전통은 조선의 몰락과 함께 단절되다시피 하였고, 서양 학문은 일제 강점기와 전쟁을 겪으면서 뿌리를 내리기조차 어려운 형편이었다. 이렇게 어려운 환경에서 1974년 국립 천문대가 발족되었다. 국립천문대의 주 임무는 국가의 천문 연구를 체계적으로 수행하고, 시설을 확충하며, 국가 표준을 정하는 것이었다. 국립천문대 출범 그리고 이어진 한국 천문연구원으로의 위상 변경과 함께 한국 천문학계는 지난 수십 년 동안 비약적인 발전을 거듭해 왔다. 소백산 천체 관측소는 1978년 9월에 준공되었다. 곧이어 대덕 전파천문대, 보현산 천문대, KVN 등 한국 천문학계를 위한 대형 연구시설의 확충이 중단 없이 이어져 왔다. 현재 한국 천문학계는 숙원 사업 중 하나인 대형 광학망원경 확보를 위해 GMT 사업에 참여하고 있으며, 이제 세계적 수준의 연구를 할 수 있는 바탕이 마련되고 있다.

1980년대 초반만 하더라도 일본을 제외한 동아시아 지역 국가들의 천문학 연구수준은 보잘 것이 없었다. 그러나 경제수준의 향상에 힘입어 한국, 중국, 대만 등의 기초과학 연구가 활성화되고 천문학 역시 비약적인 발전을 거듭해 오고 있다. 최근에는 태국, 인도네시아 등을 중심으로 동남아시아 국가의 천문학에 대한 관심이 급격히 증가하고 있다. 전통적으로 기초과학 기반이 확고한 인도 역시 연구인력, 시설, 그리고 연구 분야의 확충에 적극 나서고 있다. 이제 우리나라도 이러한 주변국가와 협력 또는 경쟁을 하면서 세계 속에서 그 존재감을 드러낼 때가 왔다고 본다. 이 장에서는 우리나라의 천문학 관련 시설, 인적자원, 연구수준 등을 되돌아보고 우리의 연구 활동이 어떤 방향으로 향해야 할 것인가를 진단해 보고자 한다.

3-1 국제 동향

유구한 역사와 전통을 가지고 있는 동아시아 국가들은 서양의 과학혁명과 식민지 팽창 정책에 놀려 지난 수세기 동안 침체를 겪어 왔다. 그러나 수 천 년을 이어온 학문적 전통과 이들 나라의 식지 않는 교육열 등은 21세기를 이끌어가는 새로운 동력원이 되고 있다. 특히 중국, 인도, 한국, 대만

은 일본과 함께 연구에 대한 투자액 증가율이 전 세계에서 가장 높은 나라들이다.

일본은 서양문물을 가장 먼저 받아들여 경제뿐만 아니라 현대 학문분야에서도 괄목할 만한 성과를 내고 있다. 최근 들어서는 일본인이 노벨상 수상자에 거의 매년 포함될 정도로 국제적 위상이 다른 주변 국가들과는 사뭇 다르다. 이러한 국력과 연구력의 차이는 일본이 아시아 국가보다는 서양 국가들을 주로 상대하게 만드는 요인이 되어 왔다.

그러나 중국과 한국의 빠른 성장은 일본에게도 중요한 자극제가 되고 있으며, 지역 내 국제협력을 가장 적극적으로 표방하게 만들고 있다. 기초과학분야에서 일본과 우리나라의 격차가 아직도 크지만 천문학을 비롯한 많은 분야에서 상호협력이 이루어지고 있는 것도 사실이다. 실제로 현재 이루어지고 있는 국제협력 가운데 일본과의 협력 프로젝트가 가장 많다고 볼 수 있다. 일본이 우리나라와 협력하고 있는 사업들의 몇 가지 예를 들면 다음과 같다.

(1) AKARI 우주망원경

AKARI는 적외선 우주망원경으로, 중적외선과 원적외선에서 전천탐사를 수행함은 물론이고, 근적외선에서부터 원적외선에 이르기까지 광범위한 파장 영역에서 지향 관측을 할 수 있다. AKARI 프로젝트를 수행한 JAXA에서는 1999년 말경 자료처리를 위한 소프트웨어 개발과 과학연구 분야에서 한국 천문학계의 협력을 요청하였고, 2000년 초 MOU를 체결한 이래 지금까지 공동 연구를 수행하고 있다. 여러 해의 공동 준비를 거쳐 2006년 2월에 발사된 AKARI는 약 550일 동안 냉각 상태에서 관측을 수행하였다. 이 프로젝트에 직접 참여한 한국측 천문학자들은 관측 자료에 대한 접근이 가능했으며, 대형 프로젝트에 연구책임자 또는 연구원으로 참여하였다. 또 한국 천문학자들에게는 일본 학자들과 동일하게 개방된 관측시간을 신청할 수 있는 권한이 주어져 관측시간을 비교적 쉽게 배정 받을 수 있었다.

(2) VLBI 분야의 협력

일본의 VERA는 한국의 KVN과 긴밀한 협력을 하고 있다. VLBI의 성능은 망원경 수와 기선 길이에 의해 좌우되며 남북으로 긴 영토 때문에 길쭉한 기선을 가지고 있는 일본의 VERA와 한국의 KVN을 결합시켜 VLBI 관측을 함으로서 기대되는 상호 이익은 매우 큰 것이다. 이런 이유로 VERA와 KVN은 긴밀한 협력 관계를 유지하고 있다.

(3) 과학기술위성 3호 주탑재체 MIRIS

MIRIS(Multi-purpose InfraRed Imaging System)는 과학기술위성 3호의 주 탑재체로서 한국 천문연구원이 개발하여 2013년에 발사하였다. MIRIS는 근적외선용 소형 우주망원경으로 광대역 필터인 I와 H 밴드를 채택하였고 광시야 관측을 실시하여 커다란 공간 규모에서 근적외선 배경복사 요동을 측정하고자 하는 목적을 가지고 있다. 또 다른 목적으로는 철과 수소의 브라켓 감마 방출선으로 우리 은하면에 대한 탐사 관측을 실시하여 중간 온도를 갖는 성간 구름의 공간적 분포를 구하려는 것이다. 이 두 가지 목적 중 근적외선 배경복사는 일본의 우주과학본부(JAXA)에서 오랫동안 추진해온 연구내용과 상호 보완적인 것이기 때문에 개발 초기 단계부터 참여하였다. JAXA는 지난 수십 년 간의 적외선 연구 경험을 바탕으로 MIRIS의 냉각, 광학계, 필터 시스템 및 필터 구동 부분 등 여러 분야에서 기술적 지원을 해 주었다.

3-2 주변 국가와의 비교



그림 3.1 중국의 LAMOST 망원경.



그림 3.2 인도가 보유하고 있는 장파장 전파망원경인 GMRT(사진출처: <http://www.gmrt.ncra.tifr.res.in/>). 비교적 적은 비용으로 선진국에서 큰 관심을 두기 않고 있던 분야에 투자함으로써 세계적 수준의 시설을 만든 좋은 예이다.

동아시아 지역 국가들은 인구나 경제력 등에서 상당한 편차를 가지고 있다. 일본은 최근까지 세계 2위의 경제 대국이면서 남한의 3배 가까이 되는 인구를 가지고 있어 연구에 대한 투자 규모가 우리와 비교할 수 없을 정도로 컸었다. 그러나 최근 들어 중국의 경제력이 일본을 추월하기 시작했고 거기에 걸맞는 기초연구에 대한 투자가 이루어지고 있다. 오랫동안 사회주의 체제에 있었기 때문에 기존 시설은 매우 낙후되어 있지만 최근에 완공된 다천체 분광 전파 망원경 LAMOST (<http://www.lamost.org/website/en>, 그림 3.1)나 세계 최대의 전파망원경이 될 지름 500 m의 FAST (Five hundred meter Aperture Spherical Telescope) 프로젝트는 세계 최고 수준을 겨냥하고 있다. 또 중국은 유인 우주선을 발사할 수 있는 능력을 가지고 있어 우주망원경 분야에서도 충분한 경쟁력을 가지고 있다고 볼 수 있다.

대만은 전 세계에서 활동하는 중국 출신 학자들을 활용하여 단시간 내에 학문적 수준을 끌어 올린 나라이다. Academia Sinica라는 중앙연구원 산하에 분야별 국립 연구소를 보유하고 있으며, 천문학 관련 기관으로는 Academia Sinica Institute of Astronomy and Astrophysics (ASIAA)가 우리나라의 천문연구원에 해당한다. 이 연구소는 대형 연구시설의 건설과 유지 뿐 아니라 천문학 기

반 연구를 수행하고 있다. ASIAA는 주로 독자적인 프로젝트보다는 국제협력에 중점을 두고 있다. 이러한 예로 Submillimeter Array(SMA, 미국 Smithsonian Astrophysical Observatory와 공동), Yuan-Tseh Lee Array for Microwave Background Anisotropy(AMiBA, 호주 전파 천문대, 미국 국립 전파 천문대 등과 공동), Optical and Infrared Astronomy (OIR, CFHT와 공동) 등을 들 수 있다. 특히 ASIAA는 대학과 긴밀한 협조관계를 유지함으로써 연구역량의 극대화를 꾀하고 있다.

인도는 풍부한 인적자원과 오랜 동안의 영국식 교육에 힘입어 세계적으로 유명한 학자를 많이 배출한 나라이다. 그러나 경제여건이 좋지 않아 대규모 시설을 건설하기 보다는 이론연구에 치중해 왔다. 인도가 보유하고 있는 독특한 관측 시설로는 장파장 전파관측을 수행할 수 있는 GMRT(Giant Meter Radio Telescope, <http://www.gmrt.ncra.tifr.res.in/>, 그림 3.2)가 단연 돋보인다. 전파천문학은 21 cm 방출선 관측을 시작으로 다른 분자선 관측과 21 cm 보다 파장이 짧은 연속선 관측이 주류를 이루었다. 그러나 인도는 파장이 매우 긴 전파를 관측하는 시설인 GMRT를 건설함으로써 천문학 연구에 중요한 기여를 하고 있다. 최근 인도는 천문학 시설 확충에 박차를 가하면서 2015년에는 인도 최초의 우주망원경인 Astrosat를 성공적으로 발사하였고 2016년 초에는 대형 중력파 검출기인 LIGO-India의 건설에 착수한다는 발표를 하였다.

3-3 연구 인력

최근 조사에 의하면 대학에서 교원으로 근무하는 국내 천문학자의 수는 82명(2016년 3월 현재)이고 천문연구원에는 박사후 연구원 포함 133명(2016년 상반기 1/4분기 정기공시 보고서)의 연구원이 근무하는 것으로 나타나 있다. 천문연구원의 정규직 연구원 133명과 대학의 교원 82명에는 박사후 연구원이 포함되어 있지 않아 실제 우리나라 박사급 천문연구 인력은 250명 이상 될 것으로 추정된다. 현재 우리나라 인구 100만명 당 박사급 천문학자 수는 약 5명이다. 최근 데이터는 얻기 어려우나 1970년대에 출판된 자료를 보면 유럽은 평균 6.5명, 미국은 5.9명이며 특히 학문적 전통이 매우 강한 영국은 12.9명이다(P. B. Bryne, 1978, *Irish Astronomical Journal*, 13, 250). 전 세계적으로 경제가 급속하게 팽창하던 1970년대 미국의 천문학자 수는 매년 4~7% 정도의 증가율을 기록하였고 이러한 추세가 상당기간 지속되었기 때문에 현재 선진국 천문학자의 수는 70년대의 3배 이상에 이를 것으로 추정된다. 따라서 우리나라가 선진국에 이르기 위해서는 천문학자의 수가 현재의 3배 이상 되어야 한다는 사실을 알 수 있다.

현재 우리나라 대학들이 배출하는 박사학위는 1년에 20명이 채 되지 않는다. 이러한 비율로 천문학자의 수가 계속 늘어난다 하더라도 현재 선진국 수준에 도달하려면 20년 이상이 걸릴 것으로 예상된다. 특히 현재 우리나라에서 새로 시작되는 천문관련 프로젝트가 급격히 증가하는 것을 감

안한다면 앞으로도 상당기간 천문학 관련 연구 인력의 부족 현상은 지속될 것이다.

그러나 현재 박사후 연구원으로 재직하고 있거나 학위를 받으려고 하는 학문후속세대들이 느끼는 바는 크게 다를 것이다. 박사학위 취득 후 정규직을 구할 때까지 걸리는 시간은 점점 길어지고 있으며 새로 만들어지는 직장의 수는 크게 늘어나지 않고 있기 때문이다. 우리나라에서는 아직도 새로운 재원이 만들어지면 시설을 먼저 건설하는데 급급해 하고 인력에 대한 투자를 뒤로 미루거나 제한적으로 하는 경향이 있는 것이 큰 문제라 할 수 있다.

3-4 연구 분야 및 동향

국내 천문학자들의 연구 분야를 완전하게 조사하는 것은 쉬운 일이 아니다. 천문연구원에서는 국내 학자들에 대한 설문 조사를 통해 2009년과 2010년에 발행한 세계 천문우주연구 동향 및 벤치마킹 보고서를 발행하였다. 응답자 수는 전체가 82명으로 한국천문연구원(KASI)에서 58명 그리고 외부에서 24명이 응답하였다. 이 시기에 국내 연구인력 분포는 KASI와 대학 전체를 합친 것이 거의 같은 수였다. 따라서 많은 결과가 KASI 연구원들의 분포에 많이 좌우됨을 유의해야 할 것이다.

(1) 전공 분포도

응답자는 자신의 전공을 광학 25%, 전파 22%, 우주과학 13%, 적외선 13%, 태양 10%, 우주론 7%라고 답하였다. 결국 광학 및 적외선과 전파에 60%의 인력이 몰려있음을 의미한다. 그러나 이 전공 분류는 파장별 분류와 연구 대상별 분류가 혼합되어 있기 때문에 전공별 분포에 대해 엄밀한 결론을 내리거나 큰 의미를 부여하기는 사실상 어려울 것이다.

(2) 연구 주제별 분포도

설문조사 결과 천문기기 및 관련 기술을 연구한다고 응답한 사람이 가장 많았고 그 다음은 성간 물질과 은하 및 외부은하라고 답하였다. 이러한 결과가 도출된 것은 천문연구원에서 많은 기기 프로젝트가 진행되고 있기 때문이라 짐작된다.

(3) 향후 집중 분야

앞으로 10년간 한국 천문·우주학계가 집중해야 할 분야를 묻는 질문에 대해서는 은하와 외부 은하가 가장 많았고 그 다음이 천문기기 및 기술개발이었다. 연구방향과 우리가 보완해야 할 부분이 동시에 지적된 결과라고 보인다.

(4) 한국 천문학의 연구 수준

우리나라 천문학 연구 수준을 정량적으로 정의하기는 쉽지 않다. 최근 과학기술평가원(KISTEP)의 보고서에 따르면 KISTEP은 National Science Indicator 분류체계에 따라 학술지를 나누고 그 질적 수준을 평가하였다. 그 결과에 따르면 실제 우리나라 천문학(Astrophysics)의 논문 수준은 세계 2위인 것으로 나타나 있다(그림 3.3, KISTEP Issue Paper 2011-06의 그림 2).¹⁾

KISTEP 보고서에서 우리나라 천문학 논문의 수준이 세계적으로 높은 이유는 많은 연구가 국제 협력을 통해 이루어지고 있음을 지적하였다. 천문학에서 국제협력은 매우 자연스러운 일이기 때문에 앞으로도 더욱 권장해야 할 일이라고 볼 수 있다. 반면 국내의 자체적인 프로젝트가 많아지면 오히려 질적 수준은 하락할 수 있다는 사실도 염두에 두어야 할 것이다. 어떤 이유에서건 세계 2위의 질적 수준을 가지고 있다는 것은 매우 고무적인 일이지만 향후 국내 천문학 연구의 양적 팽창에 따라 오히려 질적 지표의 하락이 일어날 수 있다는 점에서 조심스럽게 접근해야 할 일이라고 본다.

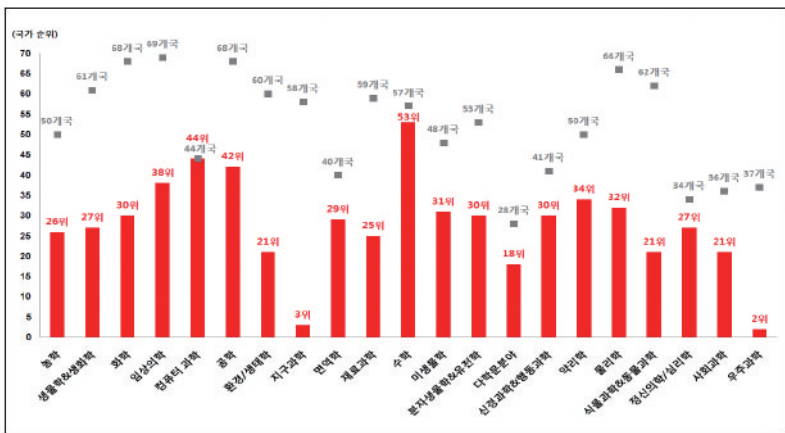


그림 3.3 학문 분야별 연구의 질적 수준 비교. 천체물리학을 우주과학으로 표현한 것은 보고서 작성자의 오류이다. 천체물리학이 세계 2위를 차지하여 가장 수준이 높음을 알 수 있다. 세계 1위인 미국과는 거의 비슷한 수준이다.

1) 그러나 이 보고서에서는 기초과학 분야의 Standard Field 내에 있는 천문학(Astrophysics)을 분류체계상 이 Field 보다 하위 범위에 해당하는 Deluxe Field 내 'Space Science'로 잘못 분류 하였고 우리말로로는 '우주과학'이라고 표현하였다. 이러한 오류를 시정하고자 한국 천문학회 학회장 명의의 공식 서한을 KISTEP에 보낸 바 있다.

요약

우리나라의 천문학에 대한 국제위상은 최근 들어 급격히 높아지고 있으며 그 결과가 다양한 분야에서의 학술 교류, 국제협력 사업의 증대, 논문의 질적 향상 등으로 나타나고 있다. 국내 학자들의 연구 분야도 점차 다양해지고 있으며 그동안 국내에서 이루어진 시설 투자가 미약했던 사실 때문에 소외되어 왔던 기기개발 분야의 발전에 대한 요구가 점차 증가하고 있다. 이는 독자적인 시설의 개발과 투자에 대한 연구자들의 반응이라고 볼 수 있으며 국내 연구수준의 향상을 위해 반드시 통과해야 할 과정일 것이다. 국내 연구진들이 발표하는 논문은 세계 최고 수준을 자랑하고 있으나 아직 연구 분야가 비교적 제한되어 있고 세계적인 대규모 프로젝트에 참여하여 나오는 논문의 수가 많기 때문이라는 분석에 유의해야 할 것이다. 앞으로 국내 자체적인 프로젝트가 점차 많아질 때에도 현재와 같은 수준을 유지하기 위해서는 각별한 노력이 뒤따라야 할 것이다.

한국 천문학의 과학적 도전 과제

한국 천문학의 새로운 도약: 2016-2026 발전 계획 | Rev2017-08-31-v2

천체에 대한 연구를 수행하는 천문학은 국가별로 주제를 달리해야 할 이유는 없다. 그러나 여러 가지 이유로 각 나라별 주요 연구 분야는 약간씩 차이를 가질 수 있다. 여기에서는 한국 천문학회 의 역량, 관심도, 및 과제의 중요성과 국제적 환경 등을 반영하여 우리가 앞으로 중점적으로 연구 과제를 다음과 같이 분류하여 기술한다.

- 암흑 에너지와 암흑 물질 규명
- 은하와 거대 블랙홀의 기원과 진화
- 외계행성
- 우주 자기장의 기원
- 태양활동과 우주환경
- 성간물질과 별 생성
- 밀집성과 중력파
- 태양계의 기원

4-1 암흑에너지와 암흑물질 규명

우주론은 인간의 근본적인 지적 호기심을 만족시켜주는 학문이다. 최근 들어 현대 우주론은 비약적인 성과를 이루었다. 우주의 나이를 정밀히 결정하였고, 우주의 구성 성분도 정확히 밝혀내었다. 하지만 해결된 문제보다 더 많은 미해결의 문제가 생겨났다. 현대 우주론이 규명해야 할 주요 문제를 나열하면 다음과 같다.

(1) 암흑에너지의 정체

암흑에너지는 우주의 팽창을 가속시킨다. 우주가 가속 팽창한다는 사실은 Ia형 초신성의 적색이동-거리 관계를 연구하는 중에 예상치 못하게 발견되었다. 아인슈타인이 도입했던 우주상수도 우

주의 팽창을 가속시키는 역할을 하며, 암흑에너지의 후보 중의 하나이다. 암흑에너지를 실험적으로 검출하기는 불가능할 것으로 보인다. 하지만 편광된 우주배경복사의 B모드 스펙트럼 관측, 적색이동된 중성수소 21cm 파의 스펙트럼 관측, 광시야 광학/적외선 탐사 등을 통해 암흑에너지의 정체를 밝히려는 노력이 계속되고 있다. 광시야 광학/적외선 탐사는 암흑에너지 자체의 균질성과 등방성을 테스트 할 수 있을 것이다.

(2) 암흑 물질의 정체

암흑물질을 뜨거운 암흑물질, 따뜻한 암흑물질, 차가운 암흑물질 등으로 분류하기도 하는데, 현재 관측적, 이론적 결과를 종합하면 차가운 암흑물질이 가장 가능성이 높다. 하지만 차가운 암흑물질이라는 사실 외에 다른 사실은 알려진 것이 없다. 현재 세계 여러 곳에서 실험적으로 암흑물질을 검출하려는 시도가 진행되고 있다.

(3) 우주론의 기반

현대 우주론은 등방성과 균일성, 우주의 팽창, 일반상대론 등에 기반을 두고 있으므로 이들의 타당성도 엄밀히 검증할 필요가 있다. 예를 들어, 우주의 가속은 암흑에너지가 아닌 새로운 중력이론으로도 설명이 가능하다.

이러한 여러 가지 우주론이 당면하고 있는 문제들은 한꺼번에 해결되지는 않을 것이며 전세계적으로도 많은 학자들이 이의 해결을 위해 도전하고 있다. 우리는 이들 문제를 직접 접근하는데 필요한 대형 연구시설을 가지고 있지 못한 실정이다. 이러한 상황에서 우리는 국내 학자들이 가지고 있는 자료 분석에 대한 강점을 활용해 대규모 국제 협력 과제에 참여하는 방법으로 접근하되 자체적인 기기 제작 능력을 키워 국내 주도의 연구로 확장하는 것을 제안한다.

제안 : 관측을 통한 한국의 기여 가능성

광시야(wide field) 탐사 망원경은 1세대는 CFHTLS, SDSS II, 2세대는 DES, SDSS III 등으로 분류할 수 있다. 광시야 탐사의 마지막 세대라고 할 수 있는 최신 3세대 망원경(LSST 등)들이 지금부터 5년에서 15년 사이에 관측을 시작할 것으로 예상된다. 이러한 관측 장비들을 통해서 우리는 우주, 그리고 과학 전반에 걸친 새로운 비전을 갖게 될 것이다. 여러 가지 광시야 탐사 관측 장비들 중에서, 특히 분광 기술에 근거한 것이 우리에게 더 적합하다고 판단된다. 관측이 시작되면 우주 가속이 암흑에너지 때문인지 아니면 새로운 중력현상 때문인지 판별이 날것으로 기대된다. 이러한 외국의 최신 관측계획에 참가하거나 혹은 우리의 기술로 2.5세대에서 시작하여 3세대 장비로 진화하는 것을 고려할 수 있다. 자체적인 탐사 프로젝트의 개발이 더 바람직하지만 개발에 필요한 시간과 비용 등을 충분히 고려해야 할 것이다.

4-2 은하와 거대 블랙홀의 기원과 진화

은하의 형성과 진화는 천문학의 고전적 문제 중의 하나이다. 이 분야의 핵심 연구주제를 은하의 형태학, 초거대 질량 블랙홀, 은하와 주변 환경, 및 이론분야로 나누어 살펴본다.

(1) 은하의 형태학

은하는 크게 나선은하, 타원은하, 불규칙 은하로 나눌 수 있다. 나선은하에서는 원반의 안정성/불안정성, 막대의 불안정성, 별 형성, 초신성 폭발의 빈도 및 되먹임 등이 중요한 현안이다. 한편 타원은하는 상대적으로 별 형성율이 낮다. 타원은하가 어떤 진화과정을 겪었으며, 별 형성율은 왜 낮은지도 중요한 문제이다. 은하들끼리 충돌하는 경우도 드물지 않다. 이 경우 충돌의 빈도, 충돌의 방식 등이 중요하다. 또한 은하들의 형태변화도 중요한 문제이다.

(2) 초거대질량 블랙홀

초거대질량 블랙홀은 다양한 형태로 주변에 영향을 미치므로 중요한 연구 대상이다. 은하의 블랙홀은 모 은하와 밀접한 상호작용을 한다. 은하단에 소속된 은하의 초거대 블랙홀은 제트 등의 형태로 은하단 물질에 가스와 자기장을 제공하고 은하단 물질에 에너지를 공급하기도 한다.

(3) 초거대질량 블랙홀과 냉각류 문제

대부분의 은하단 물질의 중심부는 밀도가 높기 때문에 자유-자유 천이에 의한 복사냉각효율이 크다. 따라서 은하단의 중심부는 냉각속도가 빨라서 온도와 압력이 주위보다 낮고, 그 결과 은하단 중심부로 흘러드는 냉각류(cooling flow)가 존재할 것으로 기대되었다. 하지만 최근의 관측에 의하면 냉각류가 잘 관측되지 않았다. 이를 냉각류 문제라 한다. 냉각류 문제를 해결할 수 있는 유력한 방법 중 하나가 초거대 블랙홀에 의한 에너지 공급이다. 즉 블랙홀이 제트 등의 형태로 은하단 물질에 에너지를 공급하여 은하단 중심부를 가열시키면 냉각류의 발생을 막을 수 있다.

(4) 초거대질량 블랙홀과 모 은하의 상호 작용

은하와 은하 중심의 초거대 블랙홀은 함께 진화를 하는 것으로 믿어진다. 모 은하 팽대부 별들의 속도분산과 중심 블랙홀의 질량 사이의 강한 상관관계는 모 은하와 블랙홀의 밀접한 상호 작용의 결과로 볼 수 있다. 더욱 상세한 연구가 필요한 분야이다.

(5) 은하와 주변 환경

주변 환경, 예를 들어 주변 은하의 개수 밀도, 은하단 소속여부 등은 은하의 형태에 영향을 준다. Hubble Ultra-Deep Field (HUDF)를 보면 먼 옛날 은하들이 주변 환경과 어떻게 상호작용을 했는지 잘 알 수 있다. HUDF 은하들은 작은 헤일로로 가지고 있으며, 합병 중이거나 교란된 은하들이 많다.

(6) 이론 분야

은하의 형성과 진화를 시간 순으로 정리하면 대략적으로 다음과 같다. 은하가 생성되기 위해서는 암흑물질이 필요한데, 차가운 암흑물질이 은하형성에 적합하다고 믿어진다. 초기의 고밀도 영역에서 최초의 별(first star)이 탄생하였다. 최초의 별에서 생성된 중원소 덕분에 (생각효율이 향상되어) 이후의 별 형성이 더 쉬워졌다. 초기의 (원반)은하가 고밀도 영역에서 탄생하였다. 초기의 은하합병은 대규모로 격렬하게 진행되었으며, 그 결과 폭발적으로 별이 형성되었고, 운동학적인 타원은하가 만들어 졌으며, 블랙홀이 성장하였다. 원반은하는 계속 생겨났다. 나중의 은하합병은 소규모로 진행되었고 은하의 형태변화는 상대적으로 적었다. 그 후로는 일종의 "피동적" 진화가 이어졌다. 이러한 대략적인 모델링은 쉽지만 구체적이고 자세한 모델링은 매우 어렵다.

외부 은하는 가장 많은 연구자들이 몰려 있는 분야이다. 외부 은하를 연구하기 위해서도 대형 망원경이 요구되지만 우주론 분야와 달리 개개의 천체를 대상으로 할 수 있기 때문에 탐사 관측보다는 개별적인 과제로 수행되는 관측을 통해서도 연구가 가능하다. 국내 학자들의 다양한 연구 주제를 모두 포함할 수는 없지만 비교적 소형 망원경이라도 장기간 사용함으로써 경쟁력 있는 연구도 가능한 분야이다. 아래 제안에는 이러한 종류의 연구 주제를 예시적으로 보여준다. 다른 연구 주제에 대해서는 제 5장에서 자세히 소개하는 중대형 연구 시설에서 다룰 것이다.

제안

관측시설의 효율적 활용을 통한 블랙홀과 은하의 진화 연구

대부분의 은하 중심부에 거의 예외없이 존재한다고 믿어지는 초거대질량 블랙홀과 관련된 연구는 현대 천문학에서 가장 뜨거운 연구주제 중 하나이다. 우리나라에서도 최근 새로운 연구진이 유입되면서 이에 대한 연구가 활성화되고 있다. 따라서 세계적인 연구팀과 협력하면서 우리가 보유하고 있는 시설을 보조적으로 사용한다면 좋은 성과를 낼 수 있을 것이다. 특히 중소형망원경을 창의적으로 사용하는 변광 연구, 본격적인 관측이 이루어질 KVN을 이용한 고분해능 전파 관측, 그리고 AKARI에서 관측한 근적외선 분광 관측 자료 등을 활용함으로써 시너지 효과를 기대할 수 있다.

4-3 외계행성

외계행성계의 관측은 외계문명의 존재와 관련되어 있기 때문에 대중의 호기심을 과학으로 유도할 수 있는 가장 좋은 주제 중 하나이며 실제로 외국에서도 연구비 지원이 비교적 많은 분야이다. 1992년 펄사에 딸린 행성의 존재가 처음 관측되었고, 1995년에는 보통 별 주위의 행성이 처음 탐지되었다. 외계행성은 시선속도, 앞가림(transit) 현상, 중력렌즈 현상, 펄사 타이밍(pulsar timing) 등의 방법을 이용하여 탐지한다.

(1) 시선속도 관측

항성과 행성은 공통의 질량 중심 주위를 돈다. 항성의 시선속도를 관측하여 행성의 궤도반경, 질량 등을 추정한다. 국내 연구진은 보현산 천문대 1.8m 망원경에 부착한 고분산 분광기를 이용해 태양과 다른 질량이나 주계열로부터 벗어난 진화 과정에 있는 별 주변에서의 행성 탐사가 이루어지고 있어 국제적인 경쟁력을 가졌다고 볼 수 있다.

(2) 앞가림 관측

행성이 항성 앞을 지날 때 항성의 일부가 가려지므로 항성의 밝기가 어두워진다. 이런 현상을 측정하여 행성의 크기 등을 얻는다. 앞가림 관측은 정밀한 측광을 요구하지만 비교적 작은 망원경으로도 수행할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 국내에 산재하는 소형 망원경을 활용한다면 이미 알려진 행성계에 대한 물리량을 정확히 측정하는데 활용할 수 있을 것이다.

(3) 중력렌즈 관측

눈에 보이지 않는 어떤 천체가 지구와 어떤 배경의 별 사이를 지나갈 때, 중력렌즈 효과에 의해 배경의 별이 밝아졌다가 그 천체가 지나가고 나면 다시 어두워진다. 중력렌즈 현상을 일으키는 천체가 행성계일 경우 배경의 별은 독특한 밝기 변화를 보인다. 이 방법은 질량이 작은 행성을 찾는 데 유리하기 때문에 다른 방법과 상호 보완적인 요소를 가지고 있다. 우리나라에서 현재 건설하여 운용이 시작된 KMT-Net(Korean Microlensing Telescope Network)은 (제 5장 참조) 이 분야에서 세계적인 성과를 내게 될 것이다.

(4) 관련 현안들

지금까지 발견된 외계행성들은 모두 지구보다 질량이 수 배 이상 크다. 따라서 지구와 비슷한 질량을 가지는 지구형 행성을 발견하는 것이 이 분야의 가장 큰 이슈 중의 하나이다. 또한 현재까

지 발견된 외계행성들의 궤도, 질량, 이심률 등의 분포는 기존의 행성계 형성이론과는 부합하지 않는 면이 많다. 하지만 지금까지 관측된 외계행성계가 전형적인 행성계들인지, 아니면 선택효과에 의해 특이한 행성계가 주로 관측이 되어 왔는지 하는 문제는 보다 정밀하고 많은 관측이 이루어지면 명확해질 것이다. 결론적으로 보다 정밀하고 효율적인 관측이 필요하다.

제안 : 외계행성 탐사 연구에 대한 관심 제고

외계행성 연구는 현대 천문학에서 가장 급속하게 발전하고 있는 분야중 하나이지만 우리나라에서는 아직도 외계행성에 대한 연구가 충분히 활성화되지 않고 있다. 다행히 한국천문연구원에서 막대한 재원을 투자해 미시중력렌즈 효과를 효율적으로 관측하고 이로부터 행성을 찾기 위한 KMTNet을 건설 운용하고 있기 때문에 조만간 세계적인 수준의 연구를 수행할 수 있을 것이다. 다만 아직은 외계행성 연구 인력이 미약하기 때문에 더 많은 관심과 인력 투입이 이루어져야 할 것으로 보인다. 특히 앞가림 현상의 관측이나 시선속도 측정을 통한 새로운 행성의 발견 등은 국내의 시설로도 경쟁력 있는 연구가 가능한 분야로서 신진 연구 인력을 투입해 집중적인 육성을 할 필요가 있다고 본다.

4-4 우주 자기장의 기원

천문학적 유체에서 자기장은 동력학적으로 중요할 뿐만 아니라, 우주선의 가속과 진행, 전파의 방출, 강착물질원반에서 각운동량의 제거 등 많은 천체물리현상에 영향을 미친다. 따라서 자기장의 기원과 증폭에 관한 연구는 우주론, 은하단, 은하천문학, 성간물질, 항성천문학, 태양 천문학, 플라즈마 물리학 등 천문학의 다른 분야들과 밀접한 관련이 있으며, 이러한 분야들과 긴밀한 협조가 필요하다.

우주 자기장의 기원은 여전히 미해결 문제로 남아 있다. 자기장 문제는 크게 씨앗 자기장의 생성문제와 씨앗 자기장의 증폭문제 두 가지로 나누어 생각해 볼 수 있다.

(1) 우주초기의 씨앗 자기장

우주 탄생 직후 거의 무한대에 가까웠던 온도가 차츰 떨어지면서 핵자에 작용하는 힘들이 분리될 때 자기장이 생겼을 가능성을 무시할 수 없다. 이러한 자기장의 효과는 우주배경복사에 영향을 줄 수 있으나 우주배경복사 관측에 의하면 이러한 자기장의 흔적이 관측되지 않고 있다. 이는 우주 초기의 자기장이 매우 약했음을 의미한다.

(2) 천체물리학적 씨앗 자기장의 생성

우주가 점차 진화하면서 원시 은하단과 같은 거대 구조를 만들 때 가스가 고온으로 가열된 플라즈마 상태가 된다. 이러한 플라즈마에서 다양한 과정을 통해 자기장이 생성될 수 있다. 플라즈마 상태의 가스가 중력적으로 수축할 때 나타나는 충격파에서 만들어질 수도 있고 은하나 최초의 별 내에서 자기장이 생성된 후, 제트, 항성풍/은하풍, 혹은 초신성 폭발 등의 형태로 은하간 공간으로 방출 될 수가 있다.

(3) 씨앗 자기장의 증폭

일단 씨앗 자기장이 생성되면 난류에 의해 자기장이 매우 빠르게 증폭될 수 있다. 특히 대부분의 천체물리학적 난류에서는 씨앗 자기장의 세기에 무관하게 빠른 증폭이 가능하다.

(4) 미해결 문제들

난류에 의한 빠른 자기장 증폭은 그나마 잘 이해되고 있는 분야이다. 하지만, 은하단이나 필라멘트 구조에서는 유체의 성질이 일반적인 플라즈마와 아주 다를 수가 있다. 실제로 은하단 내의 환경에서의 난류에 의한 증폭 과정은 아직 충분히 연구되어 있지 않다. 한편 씨앗 자기장의 기원에 대한 이론은 많아도 어떤 이론이 가장 가능성이 높은 지조차 불분명하다. 특히 항성과 은하의 자기장의 기원은 아직 잘 규명되어 있지 않다. 관측에 의하면 우주의 나이는 지금의 1/3에 불과했던 시기에도 우리은하와 비슷한 강한 자기장이 존재한다. 어떻게 짧은 시간 내에 이렇게 강한 자기장을 생성할 수 있는 앞으로 해결해야 할 문제이다.

전 세계의 전파천문학자들이 야심적으로 추진하고 있는 SKA (제 5장 참조)는 자기장의 기원을 본격적으로 연구할 수 있는 기회를 제공해 준다. 따라서 다음과 같이 이론적인 접근과 관측적인 접근을 병행하는 연구를 추천한다.

제안 : 대형 프로젝트의 참여를 통한 우주 자기장의 기원 연구

현재는 우주자기장의 기원에 대한 제한적인 관측 데이터만 존재한다. 결국 우주자기장의 기원에 대한 연구는 새로운 관측 데이터가 나와야 큰 탄력을 받을 수 있을 것으로 기대된다. 국내에는 자기장과 난류와 관련한 수치모의 실험 분야에는 국제적으로 경쟁력 있는 연구진들이 있다. 그러나 수치모의실험만으로는 새로운 현상을 규명하고 이해하는데명백한 한계가 있다. 자기장의 기원에 대한 규명은 국제적 대형 관측 프로젝트들(예, SKA)의 주된 과학임무 중 하나이다. 따라서 대형 국제 프로젝트에 한국이 참여하면 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

4-5 태양활동과 우주환경

태양은 지구에 가장 큰 영향을 미치는 천체이다. 태양물리학은 우주기상, 난류, 플라스마 물리학, 중성미자 물리학, 항성진화, 태양계 및 외계행성계의 기원, 우주선, 및 성간물질 등과 밀접한 관련이 있는 학문이다.

(1) 태양 연구

태양에 관한 연구는 다양한 관측에 힘입어 많은 진전이 이루어지고 있다. 태양의 구조에 대해서는 소위 표준태양모델이라는 믿음만한 모델이 확립되어 있다. 천문학자들은 진동 현상을 관측하고 분석하는 태양지진학을 이용해 구한 구조가 표준태양모델과 대략 0.2% 오차 내에서 일치하는 놀라운 결과를 얻기도 하였다. 또한 관측 기술이 비약적으로 발전하여 태양 활동영역의 자기장 구조를 측정할 수 있게 되었고 우주망원경을 활용한 태양 코로나의 상시 관측도 가능해 졌다. 하지만 코로나 물질방출의 기작은 여전히 미해결 문제로 남아있다. 태양의 활동이 지구에 미치는 영향도 우주기상 예보라는 관점에서 활발히 연구되고 있다.

(2) 국내의 태양 관측 설비

한국천문연구원(보현산 천문대)에는 태양흑점망원경과 태양영상분광기, 태양플레어 망원경이 있다. 또한 태양의 전파폭발을 관측하는 E-CALLISTO 전파수신기 등이 있으며 우주환경 모니터링 시스템이 있어서 우주환경예보가 가능하다. 기타 관측 장비로 국내에서 개발해 미국 캘리포니아에 있는 세계 최대 태양망원경에 부착해 활용하고 있는 고속 영상 분광기가 있다.

(3) 위성을 활용한 태양 관측

미국 NASA의 우주 기상 위성인 SDO(Solar Dynamics Observatory)와 STEREO(Solar Terrestrial Relations Observatory)의 동아시아 데이터 센터를 구축하였다.

(4) 우주환경(space environments)

우주환경 분야는 태양표면, 태양풍, 자기권, 전리층/고층대기, 행성의 자기권/고층대기/전리권 등을 연구 대상으로 한다. 우주환경에서 다루는 대상들은 플라스마 물리학 및 천체물리학의 새로운 실험실이 되고 있으며, 이들에 대한 연구는 우주기상연구의 밑거름이 된다는 점에서 중요하다.

(5) 우주플라스마의 특성

우주 플라스마를 연구할 때는 연구 목적에 따라 개별입자의 운동을 분리해서 연구하기도 하며, 운동학적으로 다루기도 하며, 자기유체역학적 방법을 사용하기도 한다. 우주 플라스마에서는 다양한 현상이 복합적으로 발생할 수가 있으므로 학문적 융합 연구가 필요하다.

(6) 국내의 우주환경 관측 설비

우주환경 관측 설비로는 보현산에 자기권 모니터링을 위한 자기탐지기와 이온층/고층대기/오로라 등을 연구하기 위한 카메라가 있다. 대전에는 열권/이온권 모니터링과 이온층 연구를 위한 장비들이 있다. 한국천문연구원은 우주기상 모니터링을 위한 장비를 보유하고 있다.

(7) 우주환경 관련 성과

그 동안 우주환경연구 및 예보에 관한 기초연구 및 기반연구가 실시되었고, 최근 우주전파환경 예보서비스 기반강화연구가 이루어졌다. 2002년에는 한-일 간에 우주전파환경을 포함한 전파기술이 체결되었으며, 2009년에는 한-미 우주전파환경 협력각서가 체결되었다.

(8) 우주기상

우주기상은 위성, 통신, 측지, 항공, 전력, 보건 등 다양한 분야에 영향을 미친다. 최근 들어, 지질 연구소 등의 연구기관에서 우주기상 관련 관측을 부분적으로 수행하고 있다. 또한 한국천문연구원, 행정자치부, 국토지리정보원등 여러 기관이 연합으로 국내 전리층관측 네트워크를 구성하고 있다.

(9) 위성과 우주환경 관측

과학위성 1호는 오로라를 관측하였다. 그 밖에도 국내에서 개발한 관측 장비들이 우리별 3호, 아리랑위성 3호 등에 탑재된 바 있다. 경희대에서는 WCU 프로그램을 통해 태양활동과 태양풍, 지구자기권, 달 등을 연구하기 위해 위성탐재체인 TRIO-CINEMA를 개발하여 2013년 상반기에 발사하였다.

우주환경은 산업화된 사회에서 인간의 활동에 큰 영향을 줄 수 있어 과학적인 측면의 연구와 더불어 실용적인 측면을 가지고 있다. 천문학이 대체로 먼 천체에 대한 연구에 집중하고 있지만 가장 가까운 천체인 태양과 행성 물질, 그리고 지구 상층 대기에서 일어나는 현상이 복합적으로 작용하는 우주환경 역시 천문학의 중요한 분야이다. 국내의 연구 인력이나 장비는 제한적일 수 밖에 없지

만 선택과 집중을 통해 중요한 연구 성과를 창출할 수 있을 것이다.

제안

: 지구-달 우주환경 탐사를 위한 과학 위성 연구

우주환경 관련 연구는 한국에서는 약 30년이 채 되지 않는 짧은 역사를 갖고 있으나 활발한 국제협력 연구활동과 더불어 실생활에 미치는 우주기상효과와 중요성 때문에 국내에서 연구인력과 수준이 급성장하고 있는 분야이다. 급변하는 태양활동에 따른 지구 주변의 물리적 성질은 해외 다수의 위성 탐사에도 불구하고 이해 수준은 여전히 과학적 측면뿐만 아니라 실용적 수요에도 크게 미치지 못하고 있다. 달탐사를 포함한 우주환경 연구분야는 전체적으로는 1. 우주물리이론 및 모델링, 2. 위성관측자료 분석, 3. 우주관측 위성탐사체 개발로 구성되며 체계적이며 유기적인 연관관계를 가지고 연구가 진행되고 있다. 이러한 연구체계는 첨단 우주탐사연구에 필요한 핵심적 구성 요소로서 교육을 통한 인력양성과 더불어 과학 및 공학 분야의 융합이 필수적인 구성요소라고 할 수 있다.

최근 달탐사를 중장기 우주개발의 목표로 하고 있는 국내 우주 개발계획을 고려할 때 달궤도를 포함하고 있는 이 분야의 연구 개발 중요성이 더욱 강조된다. 세계 수준의 연구활동을 목표로 할 경우 국내에서 첨단 연구 성과가 가능한 분야는 재정 지원규모에 따라 일부 제한될 수 있지만, 현재 선택과 집중을 통하여 국내에서 추진하고 있는 연구 들은 해외 우주 선진국들에 비해 저렴한 비용으로 세계 수준의 성과를 배출할 수 있다는 것이 지배적인 의견이다. 특히 달탐사 우주환경연구를 위한 첨단 탐사체들이 국내에서도 개발되었고 현재 초소형 위성들에 장착되어 2013년 여름에 발사된 바 있다. 이러한 최첨단 검출기를 장착한 소형 위성실험은 향후 우주환경 분야에서 가장 중요시되는 다중위성 편대 실험을 가능하게 할 수 있는 유일한 방법으로 기대되며 기타 과학위성 실험들과 더불어 국내 과학위성개발의 수준을 도약시키는 기회가 될 것이다.

4-6 성간물질과 별 생성

성간 공간은 가스, 먼지, 우주선, 자기장 등으로 채워져 있다. 이러한 성간물질에서 별이 생성하며 성간물질은 대부분의 천체 관측에 영향을 미친다. 성간물질과 별은 끊임없이 상호작용을 하고 있다. 별이 생성되는 과정에서 성간물질의 일부가 별로 전환되며, 별의 내부에서 재처리된 물질과 표면물질의 일부는 항성풍 및 초신성 폭발을 통해 성간 공간으로 되돌아간다. 한편 이러한 과정에 서 손실되는 성간물질은 은하 바깥에서 계속 보충이 되고 있다.

성간물질과 관련된 현안들은 다음과 같다. 첫째, 성간물질의 기원이 규명되어야 한다. 성간 가스의 기원, 고에너지 우주선의 기원, 성간 먼지의 기원과 성장 등은 아직 완전히 해결된 문제가 아니다. 둘째, 성간물질에서 일어나는 물리적 과정도 규명하여야 한다. 은하의 나선 구조와 성간물질의

동역학, 성간운의 상, 초신성 폭발의 기작 및 초신성 폭발이 성간물질에 미치는 영향, 별 생성 과정 등도 미해결 문제로 남아 있다.

(1) 우주선 입자의 기원

우주선은 매우 넓은 범위의 에너지를 가지고 있다. 비교적 적은 에너지를 가지는 우주선의 기원과 관련해서는, 초신성 폭발 시 발생하는 충격파에서 하전 입자가 가속된다는 이론이 가장 널리 받아들여지고 있다. 그러나 아직도 관측적으로 잘 규명되어 있지는 않다.

(2) 성간먼지의 기원

성간먼지가 별의 대기에서 생성되는지 아니면 성간공간에서 생성되는지도 미해결 문제이다. 결정 규산염 먼지의 기원도 규명이 되지 않은 문제이다. 대부분의 성간먼지는 비결정질임을 고려하면 성간공간으로 전달될 때 비결정화가 일어나는지, 일어난다면 어떻게 일어나는 지에 대한 규명이 필요하다.

(3) 은하의 나선구조와 성간 가스의 동역학

은하에서 흔히 보이는 나선 팔은 매우 복잡한 내부구조를 가진다. 또한 성간난류의 에너지원이 되기도 한다. 나선 팔이 성간가스와 어떻게 상호작용을 하며, 어떻게 나선팔의 내부구조를 만들어 내는지는 미해결 문제이다. 또한 은하의 막대구조가 어떻게 유지가 되고, 어떻게 별 형성에 영향을 끼치며, 가스의 흐름에 관여하는지도 해결해야 할 문제이다.

(4) 은하의 헤일로 구름의 기원

은하를 둘러싸고 있는 헤일로에는 태양질량의 수십~수백 배 되는 중성수소 구름이 많이 관측된다. 2002년 처음 발견된 이들은 은하면으로부터 멀리 떨어져 있으며 그 기원은 아직 불명확하다.

(5) 성간구름의 종류와 구조

우리 은하에는 중성 수소로 구성된 차가운 성간 구름(약 영하 170도)과 따뜻한(온도는 약 7000~10,000도) 성간 구름이 서로 평형을 이루고 있으며 여기에 더해 초신성 폭발로 생겨난 고온(약 100만도)의 이온화된 가스가 하나 더 존재한다는 알려져 있다. 최근의 관측에 의하면, 이들과는 별도로, 온도는 약 7000~10,000K 정도이며 이온화된 수소로 이루어진 구름 역시 존재한다고 믿어진다. 하지만 이러한 구름들의 공간점유율, 이온화된 따뜻한 매질의 기원 등은 밝혀지지 않고 있다.

(6) 별 형성

별 형성은 점점 더 활발히 연구가 되어 지고 있는 분야이다. 그러나 별이 만들어지는 성간 구름의 중심핵이 어떻게 형성되는 지가 불분명하다. 한편 최근 발견된 매우 낮은 광도 천체의 정체 역시 전혀 알려지지 않다. 별 생성 때 일어난다고 생각되는 행성 생성 과정, 별의 질량분포인 초기 질량함수를 결정하는 요인이나 물리적 과정 역시 규명되어야 할 문제이다.

(7) 무거운 별의 형성

질량이 큰 별의 형성은 더욱 불확실하다. 무거운 별 생성의 초기 조건은 무엇인 지 불명확하며, 태양의 수십 배 이상 되는 별이 어떻게 만들어 지는 지 아직 이론적으로 이해를 하지 못하고 있다. 또한 무거운 별이 주위의 환경에 미치는 영향도 중요한 연구 과제이다.

(8) 은하에서의 별 형성률

가까운 은하들을 관측한 결과에 의하면 별 형성율은 가스의 밀도에 아주 강하게 의존한다. 왜 이러한 의존성이 존재하는 지도 중요한 연구 과제이다.

성간물질과 별 생성은 국내에서도 매우 오래된 연구 주제이다. 특히 국내에는 가까운 성간물질을 연구할 수 있는 장비가 다수 있다. 최근에는 외부 은하에서의 별 생성 활동도 중요한 연구 주제로 떠오르고 있다. 국내 연구시설의 적극적인 활용, 외부 은하 연구자들과의 활발한 연구 교류 등이 필요한 분야이다.

제안 : 별 생성 연구에 대한 효율적인 협력 연구 체제 수립

국내에서는 1970년대부터 성간물질의 연구가 시작되었으며, 현재 국내 대부분의 천문학 관련 학과에 성간물질과 관련된 전공교수가 있으며, 한국천문연구원에는 여러 명의 성간물질 전공 연구자들이 있다. 별 생성에 관한 연구는 오랜 역사에도 불구하고 아직도 많은 미해결의 문제를 가지고 있다. 외국에서는 여러 연구자들이 협력 체계를 구축하여 연구 역량을 높이고 다양한 관측 장비의 활용, 수치모의실험, 이론 등을 결합한 연구를 수행하고 있다. 우리나라도 대덕 14m 전파 망원경, 서울대 6m 전파 망원경, 그리고 KVN 등 다양한 연구시설을 가지고 있으며 비교적 풍부한 인적 자원을 가지고 있다. 특히 최근 들어 외부 은하에서의 별 생성에 관심을 가지는 학자가 늘어나고 있어 효율적인 협력 체계를 구축하는 것이 필요한 시점이라고 판단된다. 최근 동아시아 천문대로 편입된 하와이의 JCMT와 이 망원경에 부착되어 있는 SCUBA-2 관측 기기는 우리 은하내 성간 구름에서 일어나는 다양한 현상을 관측하는데 적합하다. 또한 대형 국제 관측 기기인 ALMA는 매우 높은 분해능을 가지고 있어 성간 구름의 미세 구조를 연구하는데 매우 유용하다. 이들 기기에 대한 경쟁률이 매우 높기 때문에 효과적인 활용을 위해서는 여러 연구자들이 협력하여 높은 수준의 연구 과제를 구성하는 것이 필요하다. 이들 기기 활용을 위한 워크샵 등이 연구력 향상에 도움이 될 것이다.

4-7 밀집성과 중력파

밀집성은 중력이론의 실험실로 볼 수 있다. 중력파 연구는 최근에야 기술수준이 검출을 할 만한 단계에 도달하여 활기를 띠기 시작한 분야이다. 국내에서는 한국중력파연구협력단이 결성되어 외국 연구진들과의 협력 연구를 활발히 진행하고 있다. 중력파가 LIGO를 통해 직접 발견되는 등 새로운 국면을 맞고 있다. 국내에서도 새롭게 시작되는 중력파 천문학 시대를 대비하여 연구자들의 역량을 키워 나가야 할 시점이다.

(1) 밀집성 연구

밀집성 연구는 특히 상대론적 효과를 확인하고 검증할 수 있다는 점에서 의의가 크다. 최근 들어 아인슈타인의 중력장 방정식을 수치적으로 푸는 수치상대론이 가능해지면서 연구에 탄력을 받고 있다. 국내 연구진의 경우, 밀집성 쌍성(블랙홀-블랙홀, 블랙홀-중성자별, 중성자별-중성자별)의 합병, 무거운 별의 중력 붕괴 및 강한 중력장에서 일어나는 현상에 관심을 가지고 연구를 진행하고 있다.

밀집성은 중력파의 주된 원천이 된다. 예를 들어, 밀집성 쌍성계의 합병, 초신성 폭발 등이 일어날 때 강한 중력파가 발생한다고 믿어진다. 수치상대론을 활용하면 이러한 현상에서 발생하는 중력파의 파형, 에너지 등에 대한 정보를 얻을 수 있고 이렇게 얻은 정보는 중력파 검출에 활용될 수 있다. 국내에서도 수치 상대론 분야의 연구 인력을 확충하여 경쟁력 있는 연구를 시작해야 할 것이다.

(2) 중력파 연구

현재 진행 중인 직접적인 중력파 검출 프로젝트는 LIGO(The Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory), Virgo, GEO, TAMA, AIGO 등이 있다. LIGO는 2015년부터 advanced LIGO로 업그레이드한 후 2015년 9월 12일부터 2016년 1월 17일까지 수행한 1차 관측 가동에서 두 개의 블랙홀 합병을 관측한 바 있다. 앞으로 더 높은 감도로 진행될 2차 이상의 관측 가동으로부터 수많은 중력파 방출 현상을 관측하게 될 것으로 보인다.

중성자별이나 블랙홀과 같이 매우 중력이 강한 천체가 합병하면서 나오는 중력파의 관측을 통해 얻을 수 있는 천체물리학적 정보는 매우 다양하다. 앞으로 발견될 중성자별의 충돌 현상으로부터는 고밀도 물질의 상태방정식을 보다 정확히 추정할 수 있고 이런 천체들의 공간적 분포를 통해 별의 진화나 항성 역학 등에 관한 새로운 정보를 얻을 수 있다. 새롭게 건설될 저주파 중력파 검출기는 초거대질량 블랙홀의 생성 과정을 직접적으로 연구할 수 있을 것이다. 이러한 다양한 연구를 대비하기 위한 준비가 필요한 시점이다.

제안 : 중력파 실험 연구와 수치 상대론 연구 활성화

국내에서 중력파에 대한 연구는 최근 한국중력파연구단(KGWG)이 LIGO Scientific Collaboration에 가입함으로써 본격적으로 시작되었다. 그러나 아직 국내 연구진이 참여하고 있는 분야는 자료 처리와 이론 연구에 국한되어 있다. 비록 막대한 자원과 인력이 필요한 분야이고 아직 국내에 관련 실험의 전공자가 거의 없는 실정이지만 초정밀 실험의 결정체라는 점에서 국가적으로도 지원이 필요한 분야이다. 물리학과 천문학이 결합되어야 그 효과를 발휘할 수 있는 연구 분야의 대표적인 예로서 학제적 협력 연구 체제가 갖추어져야 한다. 또 국내에는 막대한 연산 능력을 가진 컴퓨터를 많이 보유하고 있지만 이런 능력이 요구되는 수치 상대론의 전문가가 거의 없는 실정이다. 앞으로 실험 분야와 수치 상대론 분야에 대한 관심과 투자가 이루어져야 할 것이다. 실험은 국제적인 프로젝트인 LIGO, 일본의 KAGRA, 인도의 LIGO-India 등과 협력하면서 자체적인 능력 배양을 위한 소형 검출기 제작 등을 병행해야 할 것이다. 수치모의실험에서는 공개된 소프트웨어를 사용한 경험을 축적함과 동시에 자체적인 소프트웨어 개발이 이루어져야 한다.

4-8 태양계의 기원

태양계의 기원에 대한 연구는 인류의 기원과 관련된 근본적인 연구과제의 하나이다. 또한 외계 행성계의 탐색과 마찬가지로 대중의 호기심을 유도할 수 있는 좋은 주제 중 하나이다.

(1) 태양계 기원 모형

일반적으로 행성계는 원시행성이 만들어지는 과정에서 형성되는 강착원반에서 만들어진다고 믿어진다. 핵 강착모형에 의하면 행성계의 형성은 다음과 같은 과정을 밟는다고 믿어진다. 첫째, 원반내의 가스가 응결하여 고체입자(금속이나 얼음)를 형성한다. 둘째, 고체입자들이 충돌하며 성장한다. 이 과정에서 중력은 중요하지 않다. 성장의 결과 수 km 크기의 천체가 만들어지는데 이를 미행성이라 한다. 미행성은 중력이 중요해지는 최소 크기의 천체로 볼 수 있다. 셋째, 미행성은 자기들끼리 충돌하여 성장한다. 미행성은 약 100km정도가 될 때까지 폭발성장을 보인다고 믿어진다. 크기가 100km 이상이 되면 주위의 가스와 작은 미행성들에 의한 동력학적 마찰이 중요해진다. 그 결과로 100km 이상 되는 미행성의 궤도는 원 궤도에 가까워진다. 한편 미행성의 성장률은 둔화되고 주위의 작은 미행성들을 끌어모아 느린 성장 단계에 접어들고 미행성이 모두 소진되면

더 이상 성장을 하지 못한다. 이 때를 원시행성이라 한다. 이 후 원시행성들끼리의 충돌 등의 과정을 거쳐 지구형 행성이 된다. 넷째, 원시행성의 질량이 지구의 4~10배 이상이 되면 주위의 가스를 중력적으로 흡인하여 목성형 행성이 된다. 한편 거대 행성(목성형 행성)의 경우 강착원반의 중력 불안정에 의해 중심핵강착 과정 없이 바로 생성되는 이론도 있다.

(2) 이론의 문제점

앞 단락에서 행성계 및 태양계의 형성과 관련한 이론을 간략히 설명하였지만 아직 이 분야의 이론적 성과는 걸음마 단계에 불과하다고 볼 수 있다. 실제로 최근의 외계행성계 관측 결과는 기존의 중심핵 강착 이론이 완성 단계와는 거리가 멀다는 것이 알려져 있다. 우선 앞의 이론에 의하면 대부분의 행성은 원 궤도를 따라 공전해야 하지만 관측에 의하면 원 궤도를 가지는 외계행성은 약 1/3에 지나지 않는다. 둘째, 행성들은 같은 원반 내에서 만들어지므로 같은 평면 내에서 같은 방향으로 공전할 것으로 예상된다. 하지만 외계행성의 약 1/3 정도는 기울어진 궤도를 가지며 또 적지 않은 몇몇 행성은 역 방향으로 공전한다. 셋째, 거대행성의 기원이 불명확하다. 우선 지금까지의 관측에 의하면 목성보다 15배 이상 되는 행성은 거의 없다. 또한 중심핵 강착 모형에 의하면 목성형 행성이 원반의 수명이 다하기 전에 어떻게 행성으로 성장할 수 있는 지가 불분명하다. 넷째, 거대 행성의 질량분포도 문제가 된다. 거대 행성은 온도가 낮은 곳(따라서 중심별에서 먼 곳)에서 만들어져 가스와 작은 미행성에 의한 저항 때문에 중심별 쪽으로 이주했다고 생각한다. 지구보다 가벼운 행성은 이주속도가 늦어 큰 문제가 되지 않지만, 질량이 지구의 수배에서 수십 배 사이에 있는 행성은 이주속도가 커서 중심별로 빨려 들어갈 것으로 예상된다. 반면 질량이 목성과 비슷하거나 큰 행성은 주위의 가스를 모두 흡인해 버리기 때문에 이주가 중요하지 않을 것으로 예상된다. 결론적으로 질량이 목성보다 작은 거대 행성은 매우 드물어야 한다. 하지만 관측에 의하면 지구보다 수십 배 무거운 외계행성들이 사실은 가장 흔하다. 또한 외계행성계는 태양계와 달리 매우 다양한 분포를 보이고 있다. 따라서 무엇이 이러한 다양성을 야기하는지를 이해하여야 한다. 태양계의 형성에 대한 연구에는 최소질량 태양운이라 불리는 원반 모델이 자주 사용된다. 실제로 이 모델을 사용한 매개변수 연구는 다양한 형태의 행성계가 형성될 수 있음을 암시한다. 하지만 무엇이 행성의 개수를 결정하는지? 무엇이 행성의 배치를 결정하는 지 등 미해결의 문제는 많다. 따라서 완성된 이론은 아직 요원하다고 볼 수 있다. 국내에는 이 분야의 연구자들이 적지만, 최근 외계행성의 발견 속도가 빨라지면서 이들 관측을 이해하려는 노력이 활발히 진행되고 있다. 국내에서도 학제간 연구를 활성화하여 태양계 기원 연구의 기틀을 마련해야 할 것이다.

제안

: 학제간 연구를 통한 태양계 기원 연구

태양계의 기원에 관한 연구는 최근 들어 외계행성계의 발견이 되기 시작하면서 급속한 진전이 이루어지고 있다. 태양계 천체의 연구를 위해서는 천문학 이외에도 지질학, 기상학, 생물학 등 다양한 분야와의 협력이 절대적으로 필요하다. 아직까지 국내에서의 학제간 연구가 활발한 편은 아니지만 우리 태양계나 외계행성계에 관심을 가진 학자들이 많이 있을 것으로 추정한다. 태양계의 기원에 관한 연구는 생명 현상의 규명과도 밀접한 관계를 가지고 있다. 보다 적극적인 학제간 연구를 통해 세계적인 수준의 태양계 기원 연구가 이루어지도록 해야 할 것이다.

도전 실현을 위한 중대형 프로젝트

한국 천문학의 새로운 도약: 2016-2026 발전 계획 | Rev2017-08-31-v2

지금까지 우리는 최근 이루어지고 있는 천문학 연구의 동향, 국내외 상황, 그리고 국내 연구진이 참여하거나 주도하는 도전 과제에 대하여 알아보았다. 이러한 도전 과제 중에는 이론이나 수치 모의 실험을 통해 해결해야 할 것들도 있지만 대부분은 첨단 관측 시설을 필요로 한다. 그 동안 한국의 관측 시설에 대한 투자는 많은 연구자들의 욕구를 동시에 해결해 줄 수 있는 범용장비에 집중되었다. 특정 문제의 해결을 위한 장비이라기보다는 천문학계에서 여러 사람이 공동으로 활용할 수 있는 장비의 확충이 더 급했고, 또 새로운 연구 주제의 개발 역량도 충분치 않았기 때문이다. 그러나 이제는 국내 학자들 대부분이 세계적 수준의 연구에 매진하고 있으며, 경쟁력을 높이기 위한 새로운 아이디어의 창출이 활발히 이루어지고 있다. 이렇게 특정 문제의 해결을 위해 제안되었거나 추진 중인 중대형 시설에 대해 알아보고 이들을 효율적으로 활용하기 위한 방안을 제시하고자 한다.

천문학에서 관측연구는 매우 중요한 역할을 하고 있다. 또한 관측연구의 성패를 결정함에 있어서 관측시설이 차지하는 비중은 매우 크다. 지난 10년 동안 우리 천문학계는 괄목할 만한 성장을 했는데, 이는 관측장비의 현대화와 밀접한 관계가 있다고 할 수 있다(표5.1: 2001년과 2011년, 2015년의 관측시설 현황 비교). 2001년 당시 주력망원경은 보현산천문대 1.8m 망원경이었으나, 2011년에 이르러서는 해외의 2m급 망원경 사용이 보편화되었고, 2015년에는 6.5 ~ 8m급 망원경을 사용한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 2001년에는 우리나라의 우주망원경 프로젝트가 전무하였으나, 2000년대 초반부터 FIMS, GALEX, AKARI 우주망원경을 이용한 연구를 본격적으로 시작하면서 좋은 연구 성과를 많이 이루었다. 전파천문학도 KVN의 본격적 가동과 함께 새로운 도약을 기대하고 있다.

지금까지 우리나라의 우주망원경 사업들은 주로 국제공동연구 파트너로 중·소형 우주망원경 프로젝트에 참여하는 수준에 머무르고 있어, 외국의 대형 우주망원경 프로젝트들에 비해서 영향력이 떨어진다. 앞으로 우리가 수행하고자 하는 도전적 천문학 연구를 위해서는 대형관측시설이 절대적으로 필요하다. 따라서 장기발전위원회에서는 학계의 여러 의견을 모아 현재 진행 중인 프로젝트를 포함, 우리가 필요로 하는 미래관측시설을 정리해보았다. 아울러 최우선적으로 추진되어야 할 시설들에 대한 장기발전위원회의 의견을 제시하고자 한다.

표 5.1 우리나라 관측시설(2001년과 2011년, 2015년의 비교)

구분	2001	2011	2015
지상 광학망원경	<p>국내 0.4-1.0m급 망원경 10여 대, 1.8m(BOAO)</p> <p>해외 3.6m(CFHT)</p>	<p>국내 0.4-1.0m급 망원경 약 20 대, 1.8m(BOAO)</p> <p>해외 1m(LOAO, SMARTS), 1.5m(Maidanak, Kuiper, Big Bear), 2.1m, 2.7m(McDonald), 2.5m(Las Campanas), 3.6m(CFHT), 3.9m(AAT), 4m(CTIO), 4m(UKIRT)</p>	<p>국내 0.4-1.0m급 망원경 약 20 대, 1.8m(BOAO)</p> <p>해외 1m(LOAO, SMARTS), 1.5m(Maidanak, BigBear), 1.6m3(KMTNet), 2.1m, 2.7m(McDonald), 2.5m(Las Campanas), 6.5m(MMT), 8m(Gemini)</p>
전파망원경	14m(대덕), 6m(서울대)	14m(대덕), 6m(서울대), 3x21m(KVN)	14m(대덕), 6m(서울대), 3x21m(KVN), JCMT, ALMA
우주망원경	-	FIMS, GALEX, AKARI, CIBER	GALEX, MIRIS

5-1 국내 주도 지상 시설

장기발전 연구회가 활동을 하였던 2011년도에 진행 중이었던 한국주도의 지상관측시설인 외계행성 탐색시스템 KMTNet과 한국우주전파관측망 사업인 KVN은 완공이 되어 관측에 투입이 되었고, 2015년 현재 건설이 진행되고 있는 한국 주도의 지상관측시설은 없다. 이 절에서는 앞으로 추진의 필요성이 있는 프로젝트를 언급하고자 한다.

(1) E-KVN

KVN은 한국천문연구원이 운영하는 서울(연세대), 울산(울산대), 제주도(탐라대)에 위치한 21m 전파망원경 3기로 구성된 한국 최초의 초장기선 간섭계(Very Long Baseline Interferometry, VLBI)이다. KVN은 기선의 길이가 305, 359, 478km로, 현재 운영되고 있는 다른 VLBI 관측망에 비해 매우 작은 규모이다. 한국천문연구원에서는 기선의 길이가 짧은 KVN의 단점을 극복하기 위해 일본과 중국의 VLBI 관측망과 공동관측을 통해 동아시아 VLBI 관측망(East Asian VLBI Network, EAVN, 그림 5.1)을 구성하여 긴 기선을 포함하는 더 많은 기선을 확보할 계획이다. EAVN은 22GHz에서는 최대 19기, 43GHz에서는 최대 8기의 전파망원경으로 구성될 것으로 예상되며, 최장기선은 약 5000km이다. 모의실험에 의하면 EAVN는 감도, 분해능, 천체영상확보능력이 유럽과 미국의 대형 간섭계와 맞먹는다.

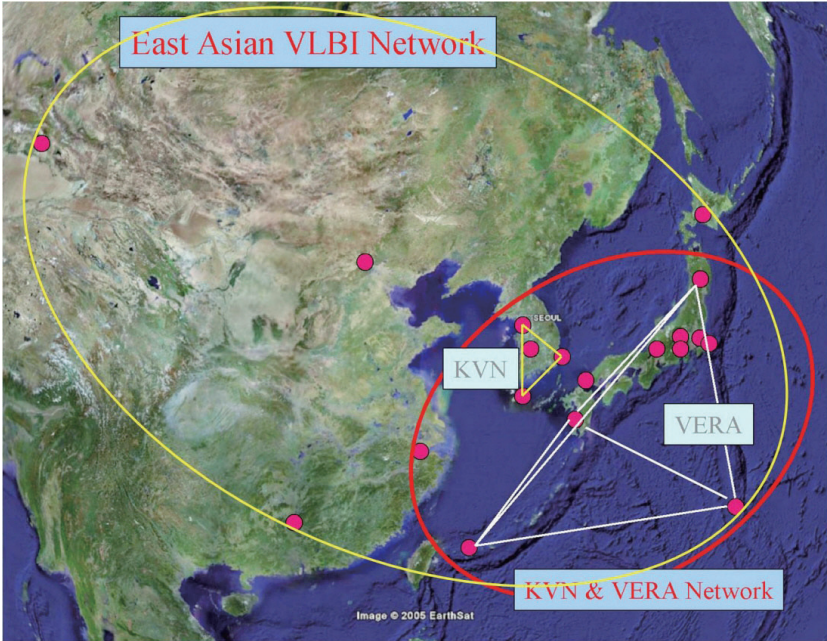


그림 5.1 동아시아 VLBI 관측망(EAVN). EAVN은 KVN과 일본과 중국의 VLBI 관측망이 공동관측하여 구성되는데 그 성능이 유럽이나 미국의 대형 간섭계와 필적할 것으로 기대된다.

앞에서 언급한 바와 같이 낮은 주파수 대역(22/43GHz)에서는 일본과 중국의 VLBI 관측망과 함께 EAVN을 구성하여 기선의 수를 더하고 긴 기선을 확보할 계획이다. 하지만 높은 주파수 대역(86/129GHz)의 경우 동아시아 지역에서 KVN과 함께 VLBI 관측을 할 수 있는 전파망원경은 대덕전파천문대 14m, 일본 노베야마 천문대 45m, 중국 자금산천문대 델링하 14m 전파망원경이 전부인 상황이다. 더구나 이들 전파망원경은 밀리미터파 VLBI 관측의 필수장비라 할 수 있는 다주파수 동시관측 수신기가 설치되어 있지 않기 때문에 KVN과 공동관측을 하는데 한계가 있어 KVN 전파망원경과 동일하거나 업그레이드된 전파망원경을 더 건설할 필요가 있다.

KVN 확장에 대한 논의가 아직 구체화되지 않았지만 남북관계의 불안정성과 긴 기선의 필요성을 고려하면 KVN 건설 초기에 검토하였던 북한보다는 중국에 KVN 전파천문대를 건설하는 것이 유리할 것이다. 만약 중국의 협력으로 중국 연변(과학기술대)과 상하이 지역(상해천문대)에 KVN 전파망원경을 설치하고 대덕전파천문대와 중국 자금산천문대 델링하 14m 전파망원경이 KVN 연세, 울산, 탐라 전파망원경과 공동관측을 할 수 있다면 최장기선(연변-델링하)이 약

3000km로 분해능이 매우 높어져 세계적 경쟁력을 갖춘 밀리미터파 VLBI 관측망이 될 것이다. 그림 5.1은 E-KVN(Expanded KVN)의 전파망원경의 위치를 보여준다.

(2) 대학 공동 중형 망원경

가. 교육·연구용 중형망원경의 필요성

국내 대학의 천문학 박사학위 배출

1970년대까지는 천문학에서도 국제수준의 천문학 연구를 위해서는 외국유학이 필수적인 과정으로 여겨졌다. 1977년 연세대학교 천문기상학과에서 박사과정이 개설되었고, 이어 1980년도에는 서울대학교 천문학과에도 박사과정이 개설이 되면서, 국내에서 박사학위 과정을 밟는 사람들이 나타나기 시작하였다. 초기에는 박사학위가 없던 국내 대학의 교수들이 주로 박사과정에 진학을 하였으나, 1980년대 후반부터는 유학을 가지 않고 국내에서 박사학위를 취득하려는 사람들의 수가 급격히 증가하기 시작하였다. (표 5.2)

이 시기에 천문학을 교육하는 학과들도 집중적으로 설치되었다. 1985년 경희대학교 우주과학과를 시작으로, 1988년에는 경북대학교 천문대기과학과, 충남대학교 천문우주과학과, 충북대학교 천문우주학과가 설치되었고, 2003년도에는 세종대학교에 천문우주학과가 설치되었다. 뿐만 아니라 천문학 연구 인력을 배출하기 위해 석·박사 과정을 경쟁적으로 개설하였다.

박사과정 대학원생은 교육의 대상이기도 하지만 연구의 주체이기도 하다. 국내 대학에서 배출되는 박사학위가 국제 경쟁력을 갖추기 위해서는 외국에서 수행된 연구를 답습하는 수준을 넘어 독창성과 고유성이 있는 연구를 수행하여야 한다. 독창적인 연구를 수행하기 위해서는

표 5.2 국내 천문학 관련 학과와 인력배출 현황(2015. 10 현재)*

대학	서울대	연세대	경희대	경북대	충남대	충북대	세종대
학과개설	1958	1968	1985	1988	1988	1988	2003
박사과정 개설	1980	1977	1997	1991	1998	1998	2003
전임교원 수	12	11	14	4	8	6	8
첫 박사학위 배출	1988	1984	2003	1996	2004	2005	2013
박사학위 배출현황	78	49	27	8	17	5	3
광학망원경 지름	0.6m	0.6m	0.75m	0.4m	0.4m	1.0m	0.75m

* 사범대학에 근무하는 천문학 전공 전임 교원은 다음과 같다: 공주대 및 부산대 각 2명, 강원대, 경북대, 교원대, 서울대, 이화여대, 전북대, 전남대, 조선대, 및 충북대 각 1명. 인력 양성에 있어서도 부산대 대학원 지구과학과(천문전공)에서 6명, 교원대 학교 대학원 지구과학과에서 3명의 천문학 전공 박사가 배출되었다. 물리학과에서 배출한 박사 인력은 조사하지 못하였다.

연구에 필요한 연구시설을 갖추는 것이 필수적이다. 천문학에서 가장 중요한 연구시설은 망원경이다. 그러나 현재 각 대학의 천문관련 학과뿐만 아니라 한국천문연구원이 보유하고 있는 망원경의 크기는 경쟁력을 갖춘 연구를 수행하기에는 매우 미흡하였다. 따라서 대학이 교육뿐만 아니라 연구에서 국제 경쟁력을 갖추고, 또 독자적인 연구를 수행하기 위해서는 m 급 중·대형 광학망원경의 확보가 절실하다.

한국의 GMT 사업 참여

획기적인 천문학적 발견과 망원경은 불가분의 관계가 있다. 즉, 천체관측의 지평을 계속 넓혀나가기 위해서는 망원경 지름의 거대화, 해상도의 향상, 새로운 파장 및 관측기법의 도입 등 기술적으로 혁신적인 연구 장비가 필요하다.

한국천문연구원은 보현산천문대 1.8m 망원경 건설을 완료하면서, 4m 또는 그 이상의 중·대형 광학망원경을 건설을 준비를 시작하였다. 중·대형 망원경을 사용한 연구역량을 키우기 위한 Deep Sky 21 프로젝트를 수행하는 과정에서 2000년부터 5년간 하와이의 마우나케아에 있는 CFHT 3.6m 망원경을 사용하여 중·대형 망원경을 사용한 관측연구의 경험을 축적하였다. 이를 발판으로 2004년도에는 멕시코와 합작으로 Magellan 6.5m 망원경을 복제한 6.5m 망원경 2기를 멕시코에 건설하기 위한 준비를 진행하였으나 성공하지 못하였다.

한국천문연구원은 미국 카네기연구소가 추진하고 있는 거대망원경인 Giant Magellan Telescope (GMT) 건설사업에 참여하기로 방향을 바꾸었고, 다행히 이 프로젝트는 2008년 정부의 승인을 얻게 되었다. GMT 사업은 세계 천문학계에서 추진하고 있는 차세대 거대망원경 사업들 중 하나로, 지름 25m 망원경(8.4m 주거울 7개로 이루어진 망원경으로, 유효지름은

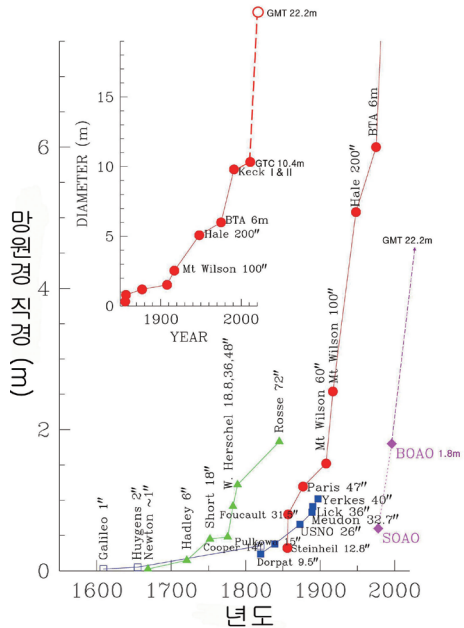


그림 5.2 연도에 따른 세계 최대 광학 망원경의 지름 변화. 망원경의 종류에 따른 각 시기의 최대 지름을 갖는 망원경을 나타낸 것이다. 빈 사각형은 색수차를 보정하지 않은 굴절 망원경이며, 닫힌 사각형은 색수차가 보정된 굴절망원경을 나타내고, 삼각형은 금속거울 반사망원경이며, 원은 유리거울 반사망원경을 나타낸다. 그리고 오른쪽에 마름모로 표시한 것이 한국의 최대 망원경을 나타낸다.

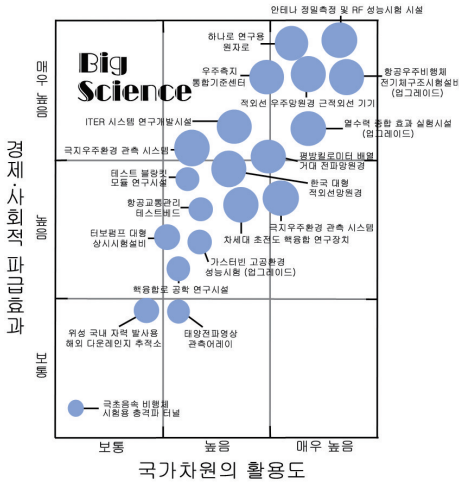


그림 5.3 국가 대형 연구시설 구축지도에서 각종 시설의 위치를 나타낸 그림. 적외선 우주망원경 근적외선 카메라와 한국 대형 적외선 망원경이 국가 차원의 활용도나 경제 사회적 파급 효과가 비교적 높은 것으로 나타나 있다.(2011년 7월 국가과학기술위원회에서 편찬한 '국가대형연구시설 구축지도 제 59쪽 그림수정)

연구는 매우 제한적이며, 대형 광학망원경을 사용한 연구의 경험이 매우 빈약한 실정이다. 결과적으로 광학관측을 바탕으로 한 박사논문의 수도 매우 적다.

한국의 경우 보현산천문대 1.8m 망원경에서 집광력이 150배가 넘는 GMT로 비약적 도약을 준비하여야 한다. 이러한 충격을 완화하고, 25m급 거대망원경으로 연구할 관측대상과 관측프로그램 개발, 창의적인 관측프로그램을 수행할 수 있는 관측천문학 연구인력 양성, 그리고 천문기기개발 및 대형시설의 운영 경험 축적 등 우리나라 고유의 대형망원경 시설의 확보에 대한 필요성은 다양하고도 절실하다. 한국 대형 적외선 망원경이 국가 대형연구시설 구축지도에 포함된 것은(그림 5.3) 국가적으로도 중·대형 망원경 확보의 중요성을 인식한 것이라 할 수 있다. 2020년대의 GMT를 대비하기 위해서는 매우 시급하게 중·대형 망원경을 확보하고, 또 이를 사용한 연구를 적극적으로 추진하여야 한다.

한국의 광학관측 시설

표 5.2에서 볼 수 있듯이 국내 대학에 있는 광학망원경은 모두 1m 이하의 지름을 갖는 소형 망원경으로, 학생들의 교육에 일부 사용이 되고 있으며 국내 대학의 경우 시설을 유지·보수할 수

22.2m)을 칠레 라스카파나스에 건설하는 국제공동 프로젝트로, 예상 건설비용만 1조 원 정도이다. 한국천문연구원은 10% 지분으로 참여하며, 소요 예산은 약 1,000억 원(대형 광학망원경을 사용한 천문학 연구역량 강화사업 예산 포함)이다.

그러나 그림 5.2에서 볼 수 있듯이 한국의 최대 망원경인 보현산천문대의 1.8m 망원경은 100년 전 미국 최대 망원경의 지름보다도 작다. 거대 광학망원경 사업을 추진하고 있는 OECD 국가들은 대부분 수십 년 전부터 지름이 4m 또는 그 이상의 광학망원경을 사용하여 천문학 연구를 수행하였고, 또 현재에는 8m급 망원경을 사용한 연구를 수행하고 있다. 그러나 한국의 경우 4m 또는 그 이상의 지름을 갖는 광학망원경이

있는 기술인력의 지원이 전혀 없기 때문에 시설의 유지에도 허덕이고 있는 실정이다.

한편 천문연구원에는 한국최초의 연구용 광학망원경인 소백산천문대 0.6m 망원경, 미국 애리조나 주의 레몬산에 설치되어 있는 1m 자동망원경, 그리고 보현산천문대의 1.8m 망원경이 있다. 소백산의 0.6m 망원경과 레몬산 망원경은 측광전용으로 사용되고 있으며, 보현산 1.8m 망원경은 분광과 측광에 이용되고 있다. 대학의 망원경과는 달리 천문연구원에는 지원인력이 있으므로, 광학망원경들이 비교적 잘 유지·관리가 이루어지고 있다. 보현산천문대의 1.8m 망원경은 매우 좋은 성능의 고분산 에셀분광기를 갖추어 연구자들이 연구에 활용을 하고 있다. 그러나 망원경의 지름이 작아 매우 밝은 별만 관측할 수 있다는 한계를 가지고 있다.

결국 국내 광학망원경은 지름이 매우 작으며, 우리나라는 청명일수가 매우 적고 시상이 나쁜 편이기 때문에 국내시설만을 가지고 국제 경쟁력을 갖춘 연구를 하는 것이 매우 어려운 실정이다. 따라서 천문관측여건이 우수한 해외 망원경을 적극 활용하는 것이 필요하다.

외국의 망원경 관측시간 확보

국내에 있는 천문학자들이 개인 또는 국제공동으로 외국의 중·대형 망원경을 사용한 경우는 다수 있으나, 여기에서는 국내의 대학 또는 기관에서 외국 망원경의 관측시간을 확보하여 사용한 경우만 언급하고자 한다. 대형 광학망원경의 건설을 계획하고 있던 2000년대 초 한국천문연구원의 Deep Sky 21 과제에서 대형 광학망원경을 사용한 연구역량을 강화하기 위해 하와이에 있는 CFHT 3.6m 망원경을 사용하였다. 한국천문연구원은 CFHT의 광시야 적외선 영상기기인 WIRCam 개발에 필요한 소요경비를 제공하고, 이에 상응하는 망원경 시간을 사용하였다. 한국천문연구원은 5년 동안 연간 13.5일씩의 관측시간을 사용하였다.

연세대학교 자외선 우주망원경 연구단은 CTIO 4m 망원경의 관측시간을 확보하여, 한국천문연구원과 공동으로 사용하였고, 서울대학교 천문학 전공과 세종대학교의 우주구조와 진화 연구센터는 우즈베키스탄 Maidanak 천문대의 AZT-22 1.5m 망원경을 사용한 관측을 수행하였다. 또 세종대학교의 우주구조와 진화 연구센터는 아르헨티나의 CASLEO 천문대 2.1m 망원경, SMART 컨소시움에서 운영하는 CTIO의 소형 망원경의 관측시간을 확보하여, 관측연구에 사용하였다.

최근 서울대학교의 초기우주천체연구단에서는 하와이에 설치되어 있는 영국의 근적외선 3.8m 전용망원경의 관측시간을 확보하여 적색이동이 큰 천체의 탐사에 사용하고 있으며, 연세대학교의 은하진화 연구센터는 케네디 연구소에서 운영하는 듀퐁 2.5m 망원경의 시간을 확보하여 연구에 사용하고 있다. 서울대학교 초기우주천체연구단은 경희대학교와 공동으로 광학/적외선 카메라 CQUEAN을 개발하여, 이를 텍사스 주립대학교의 맥도날드 천문대 2.1m 망원경에 설치해 활용하고 있다. 또한 한국천문연구원은 2015년부터 Gemini 및 MMT의 관측시간을 확보하여 한국천문학자들이 사용할 수 있도록 하고 있다.

나. 국내 천문학과의 인력변화

천문학 분야 교수 수

그림 5.4는 연도별 천문학 교수 수의 변화를 나타낸 것이다. 1980년대에는 천문학에 재직하고 있던 교수의 수와 지구과학 또는 과학교육과에 재직하고 있던 교수의 수가 거의 비슷하였지만, 1988년 이후 경북대학교 및 충남대학교, 충북대학교에 천문학 관련 학과가 개설이 되면서, 천문학 관련 학과에 재직하는 교수의 수가 증가하기 시작하였고, 그 격차는 점점 증가되는 상황이다. 2002년 세종대학교에 천문우주학과가 개설이 되는 시점에서 세종대학교 천문우주학과 및 기존 대학에 있는 천문학 관련 학과의 교수가 꾸준히 충원되어 급격한 증가를 이루었다. 또 2008년에 경희대학교 우주과학과가 세계수준 대학육성(WCU)사업을 유치하며 다시 교수 수의 급격한 증가가 이루어졌다. 반면 사범대학에 재직하는 천문학 전공 교수의 수는 지난 30년간 큰 변화가 없었다.

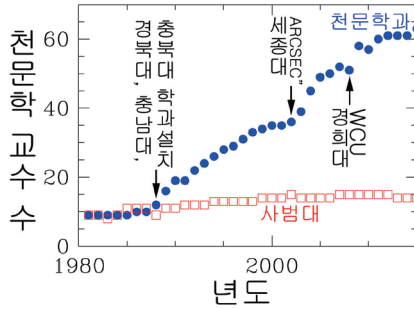


그림 5.4 천문학 교수 수의 변화(물리학과에 재직하고 있는 천문학 관련 교수는 제외). 점은 천문학 관련 학과의 교수 수를 나타내며, 빈 사각형은 사범대학에 재직중인 천문학 전공 교수 수의 변화를 나타낸다.

박사학위 배출 현황

1980년대 중반부터 국내에서 천문학 박사학위를 배출하기 시작하였고, 2015년 10월 현재까지 총 187명이 박사학위를 받았다(표 5.2 참조). 그 외에도 여러 사범대학에서도 천문학 관련 전공으로 교육학 박사학위를 배출하였으나, 정확한 수의 파악이 쉽지 않고 또 천문학 전공으로 분류가 되지 않기 때문에 제외하였다.

그림 5.5는 연도별 천문학 박사학위 배출 현황을 보여준다. 1990년대 초반까지는 배출 실적이 매우 저조하고 일정하지 않지만, 1990년대 중반부터 박사학위자의 수가 급격히 증가하고 있다. 초기에 배출된 박사학위는 주로 광학관측을 전공하였지만, 1990년대 중반 이후의 박사학위들 중에서 광학관측을 전공한 천문학 박사의 수는 거의 증가하지 않는다.

다. 적절한 망원경의 크기

연구에 필요한 망원경의 크기를 추정하는 기준은 여러 가지가 있을 수 있다. 그 요인으로는 천문학자들의 연구역량과 경제력, 기술력, 그리고 천문학을 통한 국민의 자긍심 고취와 같은

사회·문화적 요인 등을 들 수 있다. 이제 국가의 경제력과 천문학자의 수를 바탕으로 한국 천문학계에 필요한 망원경의 크기를 추정해 본다.

국내 총생산 대비 망원경의 크기

각국의 국내 총생산(GDP)에 대한 자료는 인터넷을 통해 쉽게 얻을 수가 있다. 여기에서는 2014년도에 국제통화기금(IMF)에서 발표한 GDP 자료를 사용한다. 그리고 망원경의 경우 지름 3.5m 이상의 망원경의 집광력과 각국이 공식적으로 확보하고 있는 망원경의 시간 확보 비율을 사용하였다. 그러나 유럽 남천문대(ESO)의 경우 매우 많은 국가들이 참여를 하고 있으며, 각국의 관측시간에 대한 지분이 확실하지 않기 때문에 ESO 운영 예산의 기여도를 기준으로 배분하였고, 따라서 어느 정도의 불확실성을 포함하고 있다. 또 칠레와 하와이(미국)는 그 곳에 설치되어 있는 모든 망원경 관측시간의 10%를 확보한 것으로 계산을 하였다.

한국의 2014년도 GDP는 약 1.4조 달러로, 세계 13위에 해당한다. 5위인 영국은 한국의 2배를 약간 상회하며, 17위인 스위스는 한국의 반 정도이다. 그러나 인구가 적은 네덜란드나 스위스는 변화가 크지 않겠지만 러시아, 캐나다, 호주, 한국, 스페인, 멕시코의 순위는 경제상황에 따라 쉽게 변화할 수 있을 것으로 생각이 된다.

그림 5.6은 각국이 확보하고 있는 망원경의 집광력과 국가의 국내 총생산의 관계를 본 것이다. 미국과 독일, 스페인, 영국, 그리고 남아프리카 공화국이 직선 위에 위치하고 있으며, 중국과 인도, 브라질 등이 평균선 아래에 위치하고 있다. 그러나 한국의 경우 공식적으로 운영에 참여하는 망원경이 없기 때문에 위의 그림에 표시할 수는 없었다. 다만 GMT 시대를 대비한 과학역량

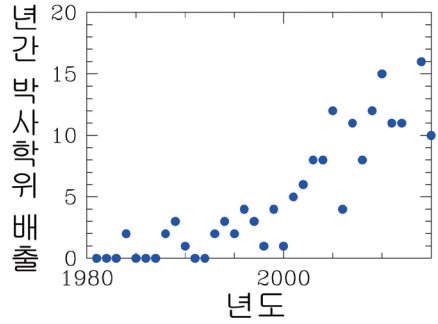


그림 5.5 천문학 박사학위 배출 현황. 우주과학을 포함한 천문학 전 분야의 박사학위를 나타낸다.

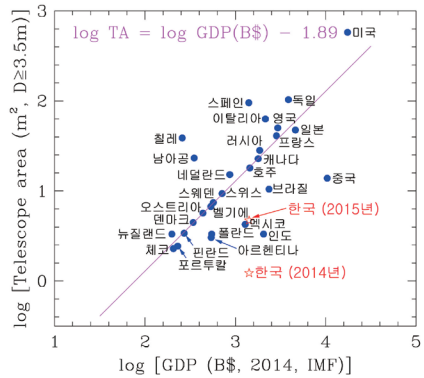


그림 5.6 국가별 국내 총생산(GDP)과 망원경의 집광력 관계

향상을 위해 천문연구원과 대학 및 연구소에서 2014년과 2015년 확보하여 사용한 망원경 시간을 붉은 색으로 표시하였다. 2010년에는 그림에도 표시할 수 없을 정도로 적었으며, 2014년에는 국내 총생산 대비 최하위이지만 그림에는 표시할 수 있을 정도로 증가하였고, 2015년에는 덴마크와 멕시코를 상회하는 수준으로 발전하였다. 그렇지만 한국의 경제규모에 비하면 매우 적은 값이다. 한국의 국내총생산이 약 1.4조 달러이므로, 그 경제력에 상응하는 망원경의 지름은 4.8m이며, 이는 8m 망원경의 35% 지분에 해당한다.

천문학자의 수와 망원경의 크기

그림 5.7은 국제 천문연맹에 등록된 국가별 천문학자의 수와 3.5m 이상의 망원경 집광력의 관계이다. 2014년 현재 국제 천문연맹에 등록된 한국의 천문학자 수는 136명이며, 가장 많은 미국은 2568명이다.

그림 5.6에 있는 분홍색 실선은 3.5m 이상의 지름을 갖는 망원경의 집광력과 국제 천문연맹에 등록된 천문학자의 수를 단순 직선회귀를 한 것이다.

이 그림에서도 독일, 스페인, 남아프리카 공화국 등이 직선보다 위에 위치하며, 2014년도의 한국은 최하위를 면하지 못하였으나, 2015년에는 상당히

향상되었다. 천문학자의 수를 바탕으로 추정할 수 있는 한국 천문학계에 필요한 망원경 지름은 3.2m로, 지름 4m 망원경인 경우 64%의 지분, 또는 8m 망원경의 16% 지분이다.

현실적 입장

앞에서 본 바와 같이 한국의 경제력이나 천문학자의 수에 비추어 볼 때, 한국 천문학계에 필요한 망원경의 크기는 4m급 망원경의 전용 또는 60% 이상의 지분이 필요하다. 그러나 한국 천문학계의 인적 분포를 보면, 컴퓨터를 이용하는 이론 천문학자와 전파 천문학자의 수가 비교적 많고, 광학관측을 바탕으로 하는 천문학자의 수가 적기 때문에, 현재 상황에서 한국 천문학계에 필요한 망원경은 4m급 망원경의 30~50% 지분 (또는 8m 망원경의 10~20% 지분) 정도로 추정할 수 있다.

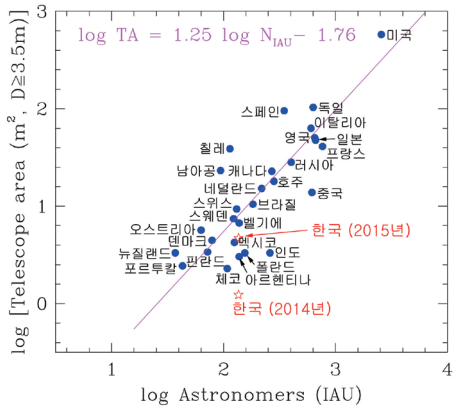


그림 5.7 국제 천문연맹에 등록된 천문학자의 수와 망원경의 집광력

라. 중형 망원경으로 할 수 있는 연구

지름 4m급 관측시설이 있을 경우 다음과 같은 여러 가지 장점을 생각해볼 수 있다.

영향력이 매우 높은 탐사관측

탐사관측은 여러 주제의 연구를 한꺼번에 할 수 있어 다양한 세부전공들의 수요를 충족시키는 것이 가능함은 물론, 흥미로운 천체나 현상이 발견할 경우 더 큰 망원경을 이용하여 보다 나은 연구를 할 수 있는 든든한 디딤돌을 제공해준다. 우리가 앞으로 수행해야 할 도전과제의 상당부분을 4m급 망원경을 통하여 소화할 수 있을 것이다.

위험도가 높은 관측프로그램들의 수행

천문학은 기본적으로 발견의 성격이 강한 학문이므로, 풍부한 관측시간을 바탕으로 위험도가 높지만 획기적인 결과를 줄 수 있는 관측을 수행할 필요가 있다. 해외천문대의 공개관측시간을 확보하기 위해 제안서를 제출하는 경우, 이런 연구를 하는 것이 매우 어렵다.

좋은 연구와 교육을 동시 수행

풍부한 관측시간이 있기 때문에 일부시간을 박사과정 대학원 학생들의 연구프로젝트에 할애하는 것이 가능할 뿐만 아니라, 대형망원경이기 때문에 경쟁력이 있는 연구 또한 가능하다.

관측기기의 개발과 독자적인 과학적 임무 수행

우리나라 망원경이며 또한 관측시간이 풍부하기 때문에 다른 나라 눈치를 볼 필요 없이 우리가 개발한 관측기기를 장착하여 기기성능시험이나 본격적인 관측프로그램에 사용할 수 있다. 4m급 망원경용 관측기기 개발 경험을 토대로 더 큰 망원경의 관측기기 개발을 위한 기술축적이 가능하다.

마. 대학 공동 망원경

망원경의 확보 방안과 소요예산

앞에서 살펴본 바와 같이 현재 한국 천문학계가 국제 경쟁력을 갖춘 연구를 수행하기 위해 필요한 광학 망원경의 크기는 4m급이며, 사용지분은 30~50% 정도로 생각된다. 그러나 4m급 망원경을 갖춘 천문대를 건설하려면, 재원의 확보와 부지선정, 건설, 그리고 이 과정에서 발생하는 여러 문제점의 해결하는데 약 10년의 시간이 소요될 것이다. 그러나 한국천문연구원이 참여하고 있는 거대 망원경 GMT는 2020년대에 완성될 것이므로, 천문대의 건설을 통한 망원경의 확보, 또 이를 통한 인력양성은 불가능하다. 따라서 재원의 확보와 함께 시작할 수 있는 현실적

방법을 모색하여야 할 것이다. 결국, 현실적 방안은 재원이 확보된다면 현재 잘 운영이 되고 있는 중·대형 망원경의 운영에 참여하는 방법일 것이다.

관측시간 확보 또는 운영참여가 가능한 4m급 망원경

① Discovery Channel Telescope(DCT)

Lowell천문대와 Discovery Channel이 건설한 4.3m망원경으로, 2012년 완공하였다. 미국의 몇 대학이 추가로 참여하였다. 이 망원경은 기기개발 또는 운영비 일부를 부담하는 조건으로 망원경 지분을 가질 수 있을 것으로 생각되며(하루 약 15,000 달러), 광시야 영상관측장비가 있고, 근적외선 고분산분광기를 개발중이다. 마우나케아보다 관측여건이 다소 못한 곳에 망원경이 위치한 것이 약점이다.

② Canada-France-Hawaii Telescope(CFHT)

여러 나라가 공동으로 컨소시엄에 가입하여 일부시간을 사용하는 방안을 생각할 수 있다. 하루 약 25,000 달러의 비용이 예상되며, 가시광선의 광시야 영상관측, 고분산 분광편광관측 등을 할 수 있다.

③ ARC 3.5m Telescope

미국 여러 대학이 공동운영하고 있으며, 일부 관측시간을 팔 의향이 있다. 지분참여도 가능하다. 지름이 다소 작고, 기상조건이 그다지 좋지 않다는 점이 약점이다. 현재 있는 기기들의 특색이 없다는 점도 단점이다.

④ Anglo-Australian Telescope(AAT)

호주 사이딩 스프링 천문대에 영국과 호주가 건설한 3.9m 망원경으로, 영국이 유럽 남천문대에 참여를 하게 됨에 따라, 호주가 단독으로 운영하는 망원경이다. 다천체 분광에 많은 경험을 확보하고 있으며, 우주의 거대구조 연구에 획기적인 업적을 남겼다. 남반구에 있기 때문에, 연구대상이 GMT의 연구와 바로 연결이 될 수 있는 장점은 있으나 기상여건(청명일수와 시상)이 좋지 않기 때문에 매력적이지 못하다. 관측시간을 구입하는 경우 하루 밤에 약 13,000 달러가 예상된다.

예산의 확보와 추진 방향

1990년대 이전에는 대학의 교육 및 연구에 필요한 시설의 확충은 IBRD와 IMF 등의 차관에 의존하였다. 한국이 중진국에서 선진국 문턱으로 들어가던 1990년대부터는 위와 같은 차관사업이 종료되었다. 따라서 현재 한국의 대학에서는 교육 및 연구용 고가 기자재를 확충할 수 있는 재원이 전무한 실정이다. 그리고 이와 같이 교육 및 연구용으로 한국 천문학회 전체가 사용할 수 있는 중·대형 망원경의 확보는 특정 연구주제가 될 수 없으므로, 한국연구재단을 통해 지원이

되는 우수연구센터 사업(연간예산 약 10억 원)이나 창의연구사업(연간예산 약 5억 원 정도)으로 추진하는 것은 불가능하다.

따라서 이와 다른 방법으로 예산을 확보하기 위해서는 ① 천문연구원에서 새로운 사업을 만드는 방안, ② 대학연합 천문대를 구성하여 예산을 총당하는 방안, ③ 기초과학연구원 등의 대형 사업을 활용하는 방안 등을 생각해볼 수 있다. 이들을 간단히 비교하면 다음과 같다.

① 천문연구원의 기관 고유사업으로 진행하는 경우

현재 천문연구원 광학천문본부에는 보현산천문대 1.8m 망원경과 레몬산 천문대 1m 망원경, 소백산천문대 0.6m 망원경을 관측연구에 사용할 수 있도록 유지·관리하며, 미시중력렌즈현상의 관측에 특화된 망원경인 KMTNet의 운영에 집중하고 있다. 이런 상황에서 또 다른 망원경 건설 또는 관측시간 확보 사업을 추진하는 것은 현실적으로 쉽지 않은 상황으로 판단이 된다.

거대 망원경 사업인 GMT 건설과 관련하여 함께 추진 중인 과학역량 강화를 위한 중□대형 망원경을 사용한 연구의 일환으로 추진하는 방법을 생각할 수 있다.

② 대학연합 천문대

(가칭) “대학연합 천문대”와 같은 연합체를 구성하고, 이를 통해 중·대형 망원경의 관측시간을 확보하여, 국내 대학의 박사과정 학생들과 교수들이 천문학 연구용으로 사용하는 방안이다. 이것이 단순히 대학원생의 인건비 및 연구관련 경비의 지원에 치중하였던 BK21 사업보다도, 중·대형 연구시설의 확보가 국제 경쟁력을 갖춘 유능한 연구인력을 양성할 수 있는 매우 중요한 방향임을 제시하고, 교육부와 국민들을 설득하여 추진하여야 할 것이라 생각된다. 현실적으로 이를 추진하는 주체의 대표성이 문제가 될 여지가 있다. 또 정부에서는 연구자 협동조합을 통해 유사한 지원을 할 수 있다고 하나, 연구자 협동조합을 통해 연간 수십억 원의 예산을 확보할 수 있을 가능성은 매우 낮아 보인다.

③ 기초과학연구원에 포함하는 방안

기초과학연구원의 역할 중에서 일부는 고가의 연구시설을 확보하는 부분이 포함되어 있으므로, 천문학 분야의 연구단을 준비할 때, 광학망원경과 기타 관측시설의 확보를 포함하는 방안을 고려할 수 있다.

어떤 방안이 되던, 망원경의 시간확보 또는 지분참여인 경우에는 초기 3~5년 동안에는 4m 급 망원경의 30~50% 관측시간을 확보하여 중형 망원경을 사용한 연구에 경험을 쌓고, 이후에는 8m 급 망원경의 관측시간을 확보하여 연구경험을 쌓아가는 것이 한국천문학계에 큰 부담을 주지 않는 현실적이며 유리한 방향이 될 것이다. 이를 통해 2020년대에 완성이 될 GMT 25m 망원경을 사용한 경쟁력을 갖춘 연구를 준비할 수 있을 것이다.

(3) 다천체 분광 전용 탐사 망원경

가. 필요성

국제 천문학계에 한국이 영향력 있는 공헌을 하는 효과적 방법 중의 하나는 넓은 영역에서의 천체탐사라고 할 수 있다. 대상천체에 대한 균일한 탐사자료는 여러 연구 분야에 활용될 수 있으며 흔히 새로운 발견을 가져다준다.

향후 10~20년 내에 여러 광시야 망원경이 제공하는 방대한 측광자료를 접하게 될 것이다. 그러나 전 세계적으로도 분광탐사 계획은 상대적으로 많지 않고, 그나마 관측 대상이 특정 천체들로 제한되어 있다. 따라서 넓은 지역에서 많은 천체를 균일하게 분광 관측하는 탐사 사업의 경쟁력이 어느 때보다도 높은 시기이다. 이러한 상황인식에 따라 한국천문학계는 2000년대 후반에 멕시코에 6.5m 분광전용 탐사망원경을 건설하려 하였으나 이루지지 못했다. 그러나 3m~6.5m 규모의 망원경을 사용한 대규모 분광 탐사는 여전히 우리 학계가 시급히 추진해 나가야 할 주요 사업이라고 할 수 있다.

특히 공간적으로 분해된 분광관측이 미래 천문관측기술의 중요방법이 될 것으로 예상된다. 현재 이미 집적분광장치(IFU)를 장착하여 분광관측을 하는 기술이 개발되어 있으며, 앞으로 이 집적분광장치의 규모가 점점 더 커질 것으로 생각된다. 이러한 인식에 따라 집적분광장치를 사용한 다천체 분광 전용탐사 망원경은 향후 한국 천문학계의 경쟁력을 크게 향상시켜줄 장비가 될 것이다.

나. 망원경의 제원

천체관측을 위해서 망원경의 크기는 클수록 좋기 때문에 상한은 정할 수 없지만 관측 목적과 대상에 따라 하한을 정할 수는 있다. 2000년대 후반에 완성된 SDSS 탐사는 2.5m APO 망원경을 사용하여 북반구 별과 은하의 밝기제한탐사를 하였다. 따라서 우리의 분광탐사의 차별성을 확보하기 위해서는 2.5m보다 더 큰 망원경을 사용하거나, 분광 관측의 방법을 달리 해야 할 것이다. 현재 우리나라가 GMT 프로젝트에 참여하고 있음을 감안하면 GMT 시대에 한국이 새로 확보해야 할 망원경은 6.5m 이상의 지름을 가진 것이 적합하다고 생각된다.

다. 다천체 분광 시스템

대규모 은하 분광 탐사가 이루어졌던 SDSS 탐사에서는 각 은하에서 중심점 한 점에서만 분광관측을 하였다. 따라서 각 은하의 역학적 구조나 화학적 조성 분포에 대해서는 전혀 정보를 얻을 수 없었다. 또한 고밀도 지역 또는 근접 은하들의 상당수가 관측 대상에서 제외되어 은하 진화 연구에 결정적인 단점을 가지고 있다. 새로운 은하 분광 탐사가 각 은하마다 여러 점에서 분광관측을 하고, 근접은하들을 모두 관측한다면 새로운 분야의 연구를 할 수 있는 매우 가치

있는 자료를 만들 수 있을 것이다. 이를 위해 최적의 다천체 분광시스템을 개발해야 할 것이다. 탐사전용 망원경은 가시광을 주 관측 파장대로 하고 은하의 적색이동을 감안하여 근적외선 일부를 포함하는 것이 바람직할 것이다.

5-2 국내 주도 위성 프로젝트

(1) MIRIS

MIRIS는 과학기술위성 3의 주탑재체로서 2007년에 한국천문연구원에서 개발이 시작하였다. 한국 최초의 적외선 우주망원경이며, 2013년 러시아 발사체로 발사되어 1년 정도의 관측을 수행하였다. MIRIS는 두개의 근적외선 광역필터와 적외선 분광선 관측을 위한 하나의 협대역 필터, 암잡음 보정을 위한 알루미늄 필터를 가지고 있다. 카메라의 주경이 8cm로 작기 때문에, 광시야 관측에 초점을 두어 관측이 이루어지고 있다. MIRIS의 주요한 과학임무는 적외선 우주배경복사 연구를 위한 황도북극영역의 광역필터 관측과 우리 은하면의 수소원자 방출선 탐사가 있다.

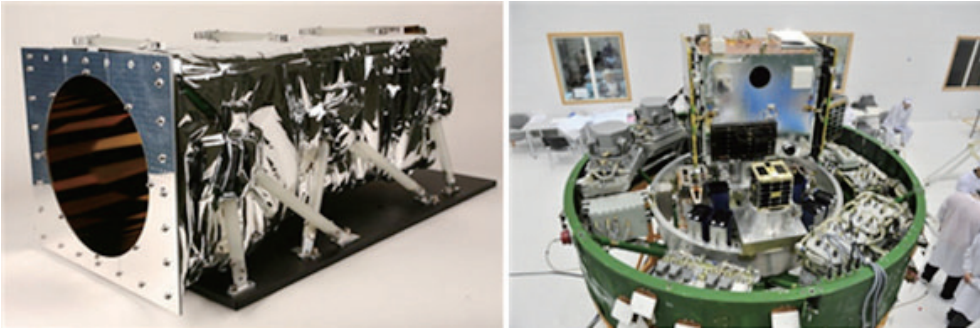


그림 5.8 MIRIS 비행모델(좌)와 위성체에 탑재되어 발사체에 조립된 모습(우)

근적외선 우주배경복사는 초기 우주에서부터 오는 미약한 적외선 신호이며, 초기의 무거운 별이라고 생각되는 별로부터 기인할 수 있다고 알려져 있다. 적외선 배경원이 비교적 적은 황도북극영역의 넓은 범위를 관측하여, 이전 연구에서 얻지 못한 근적외선 영역에서 우주배경복사의 거대 규모 요동을 관측할 계획이다. 아울러, 황북극과 황남극을 매일 감시함으로써 정확한 절대값 보정이 이루어질 것이며, 이 자료는 적외선 우주배경복사를 검출하기 위해서는 반드시 제거되어야 하는 황도광의 모형에도 쓰일 예정이다.

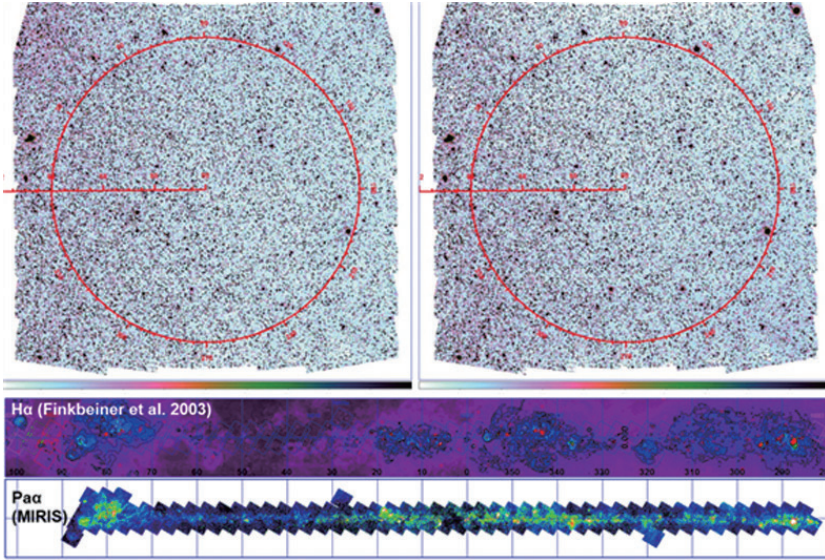


그림 5.9 MIRIS로부터 얻은 주요 근적외선 영상인 NEP 지역(위)과 은하면에 대한 Pa 탐사 지도(아래)

우리은하의 약 20% 공간을 차지하는 이온화된 기체는 무겁고 뜨거운 별들이 방출한 자외선 광자를 붉은 색의 발머선 광자로 변환시킨다고 알려져 왔다. 그러나 최근 연구에서는 이 발머선을 전자나 먼지입자들에 의한 산란으로 설명하기도 한다. 반면 근적외선 영역의 파센 방출선은 발머선에 비하여 먼지에 의한 소광이나 산란의 영향을 덜 받기 때문에, 이온화된 기체의 산란효과를 이해하는데 큰 도움이 될 것이다. 이를 위해 은하면을 파센 방출선으로 전면 탐사관측하여 이온화된 기체를 관측하고 발머선 관측자료와 비교하여 이온화된 기체의 기원을 밝힐 예정이다.

MIRIS는 2013년 11월에 발사 되어 1.5년 정도의 운영을 거쳐, 주요 자료를 획득하였고 현재는 관측된 자료들을 바탕으로 과학연구를 진행 중에 있다. MIRIS 개발을 통해 적외선 우주망원경 관련 다양한 기술을 얻을 수 있었다.

(2) Near-Infrared Imaging Spectrometer for Star formation history (NISS)

적외선 영상카메라인 MIRIS 후속으로 차세대 소형위성 1호 탑재체로 근적외선 영상분광기 NISS를 개발 중에 있으며, 저분산이지만 광시야 비축광학계를 가진 망원경으로 적외선 영상분광 기술을 확보할 예정이다. 이는 우주개발 중장기 계획에서 소형 우주망원경에 해당하는 것으로,

중·대형 우주망원경에 필요한 우주핵심 기술들을 개발하고 이를 통해 우주과학 연구를 하는 것을 목적으로 하고 있다.

NISS는 2012년 말부터 한국천문연구원에서 개발을 시작하였다. MIRIS에 이어 국내에서 두 번째로 시도되는 적외선 우주망원경으로, 근적외선 영역에서 영상과 분광을 동시에 획득하는 영상분광기로 제안되었다. 파장범위는 근적외선 대부분을 포함하고 시야는 4평방도를 관측할 수 있다. 주경은 15cm이고, 비축 광학계 설계로 부경을 통한 광손실을 최소화하여 최대한의 감도를 확보하려고 노력하였다. 또한, 저분산 분광을 구현하기 위해 선형분광필터를 적용하였다. 기존 MIRIS에 비해 주경의 크기가 커지고 저잡음 센서를 사용하기 때문에, 영상·분광 관측을 수행함에도 불구하고 NISS는 MIRIS의 광대역 필터 관측과 비슷한 감도를 보일 것으로 예측된다. 주요 과학임무는 먼 우주에서의 흔적인 근적외선 우주배경복사 연구와 가까운 우주에서의 별생성 활동 연구가 있다. NISS는 개념 설계 및 상세 설계를 완료하고 시험인증모형을 개발하였으며, 이를 보완하여 비행모형을 개발할 계획이다. NISS 비행모형은 차세대 소형 위성 1호에 조립된 후 최종 위성 시험을 마친 후 2017년에 발사될 예정이다

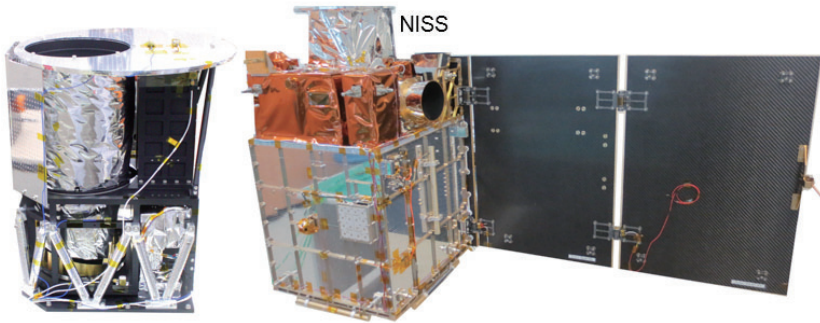


그림 5.10 NISS 시험인증모델(좌)과 차세대소형위성 1호에 조립된 모습(우)

(3) SIGMA

경희대에서는 2008년 12월부터 중성입자, 전자, 이온을 동시에 측정할 수 있는 초소형센서(STEIN: Supra-Thermal Electron, Ion and Neutral detector)를 개발하여 3kg, 3W급 초소형 위성(CINEMA)에 탑재 발사하는 WCU 사업을 수행하였다.

현재 경희대학교 우주과학과/우주탐사학과에서는 연구목적의 초소형 인공위성(큐브셋)을 개발하는 등 다년간의 연구 경험을 바탕으로 지속적인 연구개발을 진행하고 있다. 2016년 상반기에 발사예정인 SIGMA 큐브위성은 개발을 마치고 지상 시험운용을 진행 중이다.

SIGMA는 큐브위성 경연대회 및 BK21플러스 사업단의 지원과 한국천문연구원의 공동연구를 기반으로 개발한 위성으로, 근지구 우주공간 탐사 및 교육을 목적으로 한다. 이와 더불어 2018년 발사에 예정인 우주기상관측용 정지궤도위성에 탑재할 “우주기상 탑재체(KSEM)”를 개발하고 있다. 우주기상 탑재체는 ‘고에너지 입자센서’와 지구 주변의 자기장 변화를 감시해 지구자기 폭풍 발생정보를 실시간으로 제공하는 ‘자력계’, 위성 궤도 주변의 환경 변화에 따라 위성 내부 전류 변화를 감시하는 ‘위성대전감시기’ 등 세 가지 센서로 구성될 것이다. 이러한 탑재체 기술개발을 통해 향후 국가 달탐사 및 우주탐사에 필요한 관측기들을 국산화하여 지속적으로 활용할 예정이다.

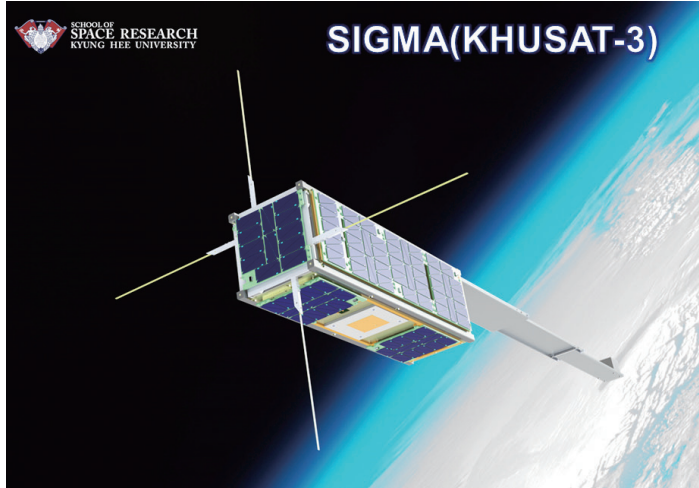


그림 5.11 경희대학교가 개발 중인 큐브위성 SIGMA

(4) 초고속 섬광 천문대(UFFO)

가. 배경

이화여대에서는 2006년 광시야, 확대, 추적 기능을 동시에 가지는 신개념 추적망원경을 제안하고, 2009년 이의 시제품인 최초의 초소형 멤스망원경 탑재체(MTEL: MEMS Telescope for Extreme Lightning, 5kg)를 러시아 소형 인공위성 타티아나-2에 탑재·발사하였다. 이어서 2014년에는 성균관대에서 MTEL-II를 Vernov 위성에 탑재 발사하였다. 이 경험을 바탕으로, 현재 감마선폭발의 초기광 관측을 위한 본격적인 우주실험 프로젝트 UFFO(Ultra-Fast Flash Observatory)를 진행하고 있다(<http://shb.skku.edu/astro/>, <http://uffo.skku.edu> 참조).

나. 과학임무

감마선폭발은 빅뱅이후 우주에서 일어나는 가장 강력한 폭발로, 태양이 수십억 년에 걸쳐 방출하는 에너지를 단지 수초에서 수분 동안에 분출해 버리는 우주 최대의 섬광 현상이다. 현재 감마선폭발의 우주관측 실험은 2004년에 발사된 NASA의 SWIFT가 주도하고 있다. SWIFT는

먼저 X-선 광자를 포착하여 감마선 폭발의 위치를 인식한 후, 그 방향으로 인공위성 자체를 회전시켜 자외선 및 가시광의 후광정밀 관측을 진행하는데, 위성 회전에 약 60초가 소요된다. 나아가 SWIFT는 이미 5년의 수명을 훨씬 초과하여 언제 중단될지 모르는 단계에 들어가 있으며, 이를 대체할 위성은 빨라도 2018년까지는 없을 것으로 예상된다. UFFO의 과학적 목표는 감마선폭발과 같은 극한 우주폭발 현상의 정밀 관측과 규명은 물론, SWIFT 위성으로도 관측할 수 없는 감마선폭발의 극초기 순간의 최초 포착, 그리고 근적외선 관측을 통한 심우주 감마선폭발의 연구에 있다. 이를 통해 지금까지 알지 못했던 감마선 폭발체의 정체를 알 수 있을 것으로 기대한다.

다. 프로젝트 개요 및 진행상황

UFFO (그림 5.12) 프로젝트는, 1차적으로 2016년 4월 러시아 인공위성을 이용해 지름 10cm인 기술 검증용 축소 위성을 발사하여였고 3년간 운용 경험을 바탕으로 지름 40cm인 본격 위성을 제작 발사하려고 한다. UFFO 우주실험의 핵심 관측 기술은 광경로를 고속으로 바꾸는 회전반사경이다. X-선에서 감마선폭발이 포착하면, UFFO의 회전반사경을 수 밀리초 이내에 광경로를 자외선/가시광선 망원경에 위치하도록 설계하였다.

라. 주체, 구성, 예산

성균관대가 주관기관인 UFFO는 본격적이며 진정한 한국주도의 국제공동연구로서, 한국, 미국, 러시아, 대만, 스페인, 덴마크, 노르웨이, 프랑스의 8개국 16기관이 참여하고 있다. 2020년에 발사 계획인 본격 UFFO에는 러시아 또는 한국의 위성을 활용, 근적외선, 분광기 등 더욱 다양한 탑재체가 추가될 것이다. UFFO 개발 예산은 위성체 및 발사를 포함 약 100억 원으로 추정되며, 각 참여기관들은 미래 UFFO 참여를 위해 각자 예산 확보를 추진하고 있다.

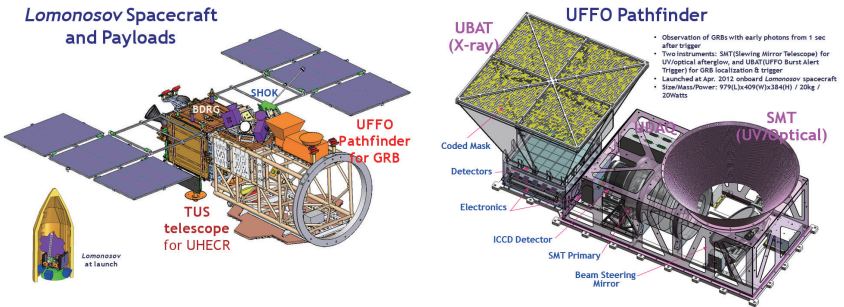


그림 5.12(왼쪽) Lomonosov 러시아 인공위성에 탑재된 UFFO 기술검증용 탑재체(주황색). 오른쪽은 이 탑재체의 자세한 구조를 보여준다.

5-3 국제 협력 지상 시설

(1) 거대 마젤란 망원경 (Giant Magellan Telescope: GMT)

가. 필요성

지금까지 우리나라는 대형 광학망원경의 부재로, 관측연구의 방법과 내용에 많은 제약이 있었다. 그러나 우리 천문학계가 한 단계 더 높은 도약을 하여 세계 천문학 연구를 선도하는 도전적 과제들을 제대로 수행하기 위해서는 세계 최고 수준의 광학망원경 시설을 확보하는 것이 절대적으로 필요하다. 최초의 별, 은하, 퀘이사의 생성과 진화나 외계행성의 연구를 위해서는 지금보다 더 멀리, 더 자세하게 볼 수 있는 관측 장비가 필요하며, 이는 망원경의 대형화를 통해서만 가능하다. 이러한 차세대 대형 망원경의 확보를 위하여 한국천문연구원은 천문학계의

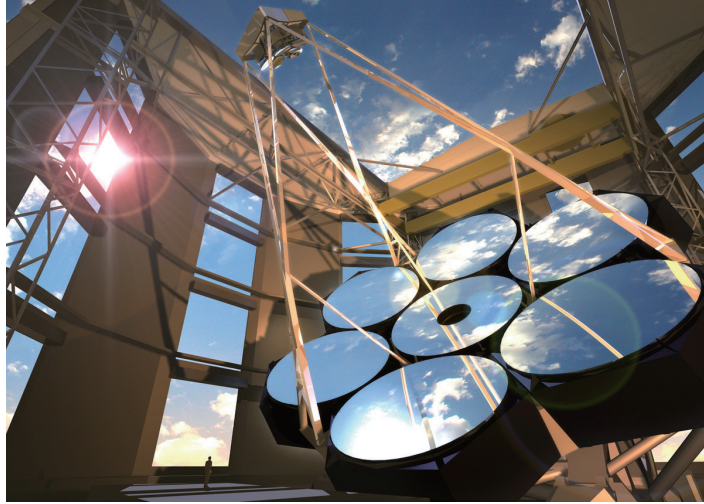


그림 5.13 차세대 거대망원경 GMT의 상상도. GMT가 가동되면 우리나라도 거대 지상망원경 보유국가가 된다(사진출처: GMTO 홈페이지, <http://www.gmto.org>)

전폭적인 지원을 바탕으로 대형광학망원경 건설사업(K-GMT)을 시작하였다. 이 사업은 2020년대 초반까지 세계 최대급 광학망원경을 해외기관들과 공동으로 건설하는 사업으로, 2009년도에 정부의 승인을 받아 진행하고 있다. 이 사업을 통해 주경의 지름이 25m인 세계최대급 망원경인 거대 마젤란망원경(GMT, 그림 5.13)의 관측시간 10%를 확보하여 국내 천문학자들이 사용할 수 있게 된다. 관측시간의 10%는 연간 약 30여 일에 해당하며, 국내천문학자들의 인력현황과 앞으로의 수급전망을 볼 때 적절하거나 다소 적은 수준이 될 것으로 전망한다. 이와 같은 세계 최고의 광학망원경을 갖출게 되면 다음과 같은 분야에서 국내연구진이 큰 활약을 할 수 있을 것으로 예상할 수 있다.

나. GMT 시대를 대비한 연구

우선 은하와 거대블랙홀의 진화연구에 많은 기여를 할 것이다. 현재 최고시설보다 10배 이상의

집광력으로, 현재 관측가능 영역보다 더 멀리, 또는 더 어두운 은하, 퀘이사, 성단들을 관측할 수 있을 것이다. 또 현재보다 약 3배로 향상된 영상해상도를 이용하면 가까운 은하의 거대블랙홀 질량측정, 성단의 진화과정 규명, 원시은하의 모양 및 특성연구 등에서도 획기적인 발견을 기대할 수 있다. 한편 GMT를 이용한 이들 연구 분야에 대한 사전 연구와 체계적인 연구역량개발 및 인력 양성을 위해 현재 운영 중인 8m급 대형 광학망원경 관측시간을 안정적으로 확보하여 운영할 필요가 있다. 특히 이미 개발이 완료되어 텍사스의 맥도날드 천문대 2.7m 망원경에 부착하여 연구 관측에 활용 중인 IGRINS의 경우 8m급 망원경에서 활용할 수 있게 된다면 GMT를 이용한 관련 분야 연구의 전단계 연구로서 매우 유용할 것이다. 이러한 관측장비 개발 및 활용을 위해서도 8m급 망원경 운영은 중요하다. 그 외에도 외계행성 연구, 원시행성원반의 관측, 별생성 영역의 연구 등 우리나라 인력이 이미 좋은 활약을 보이고 있는 분야에서 좋은 연구결과를 얻을 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

다. 한국의 GMT 관련 활동

국제공동 차세대 거대 광학망원경 건설사업에 참여하는 K-GMT 사업은 한국천문학회가 수행하는 가장 큰 규모의 건설사업으로 한국의 총 예산은 약 1천억 원(천문학 연구역량 강화사업 예산 포함)이다. 이 건설사업의 참여를 계기로 천문학의 학문적 발전뿐만 아니라 천문관측기기의 개발참여, 천문대 구조물 건설 참여, 부경개발 등을 통해 한국 천문학회 전반의 역량강화를 적극 추진하고 있다.

천문연구원은 텍사스대학교 공동으로 근적외선 고분산분광기인 IGRINS를 이미 개발을 완료하여, 관측에서 우수한 성능을 확인하였다. IGRINS 개발 경험을 바탕으로, 이보다 짧은 파장대까지 확장한 근적외선 고분산분광기인 GMTNIRS를 개발하고 있다. 이 기기는 원시별의 진화과정을 연구하는데 큰 기여를 할 것으로 기대가 되는 장비이다. 또한 가시광 고분산분광기인 G-CLEF의 개발에 적극 참여하게 되었다.

뿐만 아니라 7개의 1m 망원경으로 구성되는 GMT의 부경을 GMT 본부와 공동으로 개발하기로 하였으며, 최첨단 조선키술을 통해 확보한 거대 구조물 건설기술을 가진 국내 기업들이 GMT의 외부 구조물 건설에도 적극 참여할 수 있도록 가교역할을 활발하게 진행하고 있다.

(2) ALMA(Atacama Large Millimeter/submillimeter Array)

ALMA(그림 5.14과 5.15)는 세계 전파천문학계가 공동으로 건설하고 운영하는 밀리미터 및 서브밀리미터 파장대역의 전파간섭계다. 총 건설비용으로 약 14억 달러가 투입된 천문학 역사상 가장 큰 규모의 관측시스템이다. ALMA는 유럽, 북아메리카, 동아시아 컨소시엄과 칠레가 각각 33.75%, 33.75%, 22.5%, 10%의 지분(관측시간)을 가지고 참여하고 있으며, 칠레 안데스 산맥에 위치한 해발고도 5000m의 아타카마 사막 자흐난또르 평원에 있다. 직경 12m 안테나

54기와 7m 안테나 12기로 구성되며, 50기의 12m 전파망원경으로 구성된 주간섭계와 4기의 12m 전파망원경과 12기의 7m 전파망원경으로 구성된 밀집간섭계로 이루어진다. 밀집간섭계는 주간섭계가 특성상 보기 어려운 큰 크기의 구조를 관측하기 위한 것이며, 4기의 12m 안테나는 단일경 관측을 수행한다.

가. ALMA 사업개요

1990년대 후반, 미국, 유럽연합, 일본은 각각(서브)밀리미터 파장대역에서 운영되는 거대 전파간섭계 건설을 구상하고 있었다. 이러한 구상들이 건설 장소, 경제적인 이유 등으로 통합되면서 ALMA가 탄생하게 되었다. ALMA가 건설된 자흐난뜨르 평원은 현재 운영되고 있는 어느 천문대보다 관측조건이 좋은 곳이다.

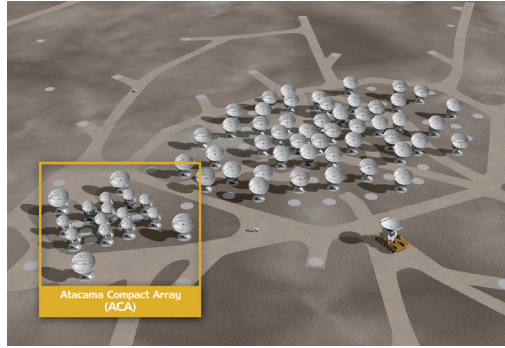


그림 5.14 ALMA 조감도. 노란색 상자는 밀집간섭계를 표시하고 있다 (그림 출처: <http://www.almaobservatory.org>).



그림 5.15 ALMA 사이트 사진(사진출처: <http://www.almaobservatory.org>)

나. ALMA를 활용한 연구

ALMA의 성능은 기존의 밀리미터/서브밀리미터 간섭계와 비교하기 힘들 정도로 월등하여 새로운 연구들이 가능하다. 예를 들면 원시성의 원반 연구 분야에서는 ALMA 이전에 확인할 수 없었던 원반 내의 미세구조를 보여주어 이들의 기원에 대한 연구가 진행되고 있다.

별과 행성의 생성 분야 이외에도 ALMA는 다양한 연구분야에서 혁신적인 발전을 이끌 것이다. 몇 가지 예를 들자면, 우주 최초로 생성된 별과 은하를 연구할 수 있는 기회를 제공할 것이다. 또한 별과 행성을 형성하는 분자구름에서 일어나는 복잡한 성간화학 현상을 연구하는 데 크게 기여할 것이다. 이 외에도 우리은하와 외부은하의 다양한 현상에 대한 이해의 지평을 크게 넓혀줄 것으로 기대된다.

라. 한국 천문학계의 ALMA 관련 활동

한국 천문학계는 2014년 한국천문연구원이 중심이 되어 동아시아 ALMA 컨소시엄에 공식적으로 참여하였다. 2015년 초에는 한국천문연구원에 동아시아 ALMA 센터의 한국측 창구인 ALMA 그룹이 구성되었으며, 국내 천문학자들의 ALMA 과제에 대한 지원을 한다. ALMA 그룹은 관측서 제안서 작성, 관측 스크립 제작, 관측 자료 처리까지 모든 영역에서 지원하고 있으며, 전파간섭계 경험이 없는 천문학자들도 쉽게 사용할 수 있도록 관측제안서 작성을 돕고, 연구에 바로 사용할 수 있는 관측 자료를 제공한다. 또 일상 업무뿐만 아니라 다양한 시험 관측에도 참여하고 있으며, 중점 연구과제를 개발하기 위해 노력하고 있다.

우리나라는 ALMA가 초기 계획했던 성능을 갖춘 뒤 늦게 합류하였으며, 관측 시간을 구입하는 대신, 기기 개발을 통하여 ALMA에 기여하기로 합의하였다. 우리나라 ALMA 그룹은 2030년경에 있을 ALMA 성능 향상에 맞추어 한꺼번에 넓은 영역을 관측할 수 있는 다중빔 수신기와 빠른 연산 능력을 가지고 있는 그래픽 카드인 GPU를 이용한 높은 대역폭 분광기와 같은 기기개발을 이끌고 있다.

ALMA 참여로 국내 천문학자들은 밀리미터/서브밀리미터 파장대에서 세계 최고의 관측자료를 얻을 수 있게 되었다. 효과적이고 생산적으로 ALMA를 활용하기 위해 국내 천문학자들의 적극적인 노력이 기대된다.

(3) 동아시아 천문대 (East Asian Observatory, EAO)

동아시아 천문대 EAO는 2014년 하와이 주 정부에 비영리 법인으로 등록함으로써 공식적으로 출범을 하였다. 현재 참여 기관은 중국의 국립천문대, 대만의 중앙 과학원 천문학 및 천체물리 연구소, 한국의 천문연구원 및 일본의 국립천문대이다. EAO는 유럽 남천문대를 롤 모델로 하고 있다. 참여 기관의 예산, 인력, 그리고 기술을 모아 국제적으로 경쟁력 있는 대규모 천문시설을 세우고 운영하는 것이 동아시아 천문대의 가장 중요한 설립목적이다. 동아시아 천문대는 2015년 3월부터 하와이 마우나 케아에 있는 James Clerk Maxwell Telescope(JCMT)를 운영하기 시작하였다. 한국천문연구원은 동아시아 천문대의 설립 멤버로서, 장기적으로 동아시아 천문대의 활동에 적극 참여할 것으로 예상된다.

가. JCMT 운영

동아시아 천문대에서 수행하는 첫 번째 사업이 JCMT 망원경의 운영이다. JCMT는 해발 4200m의 하와이 마우나케아 정상에 설치되어 있는 15 m 직경의 서브밀리미터 망원경이다(그림 5.16 참조). JCMT를 사용한 한 해 평균 논문 수는 약 100 편으로, 8 m 광학 망원경의 논문 생산성과 비슷한 수준이다.

동아시아 천문대가 JCMT의 운영을 시작한 이래로 여러차례 관측 제안서를 모집하였고, 관측제안서의 경쟁률은 3.5를

상회하였다. 특히, 중국, 한국, 대만의 경쟁률은 평균보다 높았다. 최근 앞으로 3년 동안 진행될 JCMT 대형 관측제안서의 모집과 심사가 완료되어 총 7개의 제안서가 채택되었으며, 총 관측 시간의 약 30%를 채택된 대형 관측제안서에 할당할 예정이다.

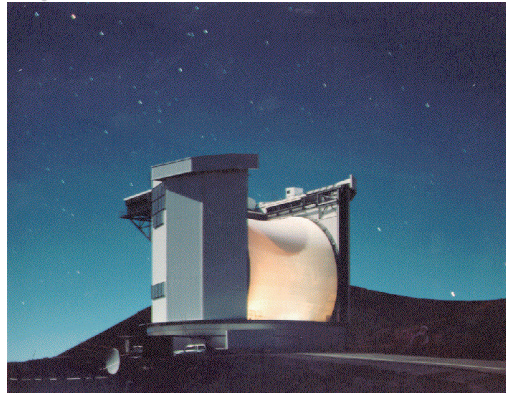


그림 5.16 하와이 마우나케아 정상에 위치한 JCMT 망원경의 모습. 동아시아 천문대는 2015년 3월부터 이 망원경의 운영을 시작하였다.

나. 미래 전망

동아시아 천문대의 장기발전계획은 아직 수립되지 않았다. 그러나 동아시아 천문대는 앞으로 여러 방향으로 확대 발전할 것으로 예상된다. 하와이 마우나케아 정상에 설치된 다른 망원경의 운영 또는 관측 시간을 더 확보하는 것이 한 가지 가능성이다. 한국천문연구원 동아시아 천문대를 통하여 JCMT를 운영하고 있고, 8m 제미니 망원경 시간을 확보하고 있다. 동아시아 천문대는 JCMT 망원경을 운영을 시작으로 향후에는 다른 광학, 적외선, 서브밀리미터 망원경 등을 운영할 가능성이 높다.

한편 동아시아 천문대의 본부 유치에 관한 논의가 시작되었다. 현재까지 제안된 유치 안은 다음과 같다. 한국의 경우 제주도나 인천 송도를 제안하였고, 중국의 경우 자금산천문대의 난징 캠퍼스 내에 본부를 두자는 안을 제시하였다. 동아시아 천문대 본부 장소 결정은 더 많은 논의를 거친 후에 결정될 예정이다.

앞에서 언급된, 하와이 마우나케아에 이미 건설되어 있는 망원경들의 공동 운영 계획 이외에, 앞으로 새로운 대형망원경의 공동 건설과 운영이 동아시아 천문대 장기발전계획에 포함될 전망이다. 이와 같은 중장기 계획은 동아시아 천문대에 참가하고 있는 천문대들 사이의 협의를

통해 수립될 것이다. 협의 과정이 간단하지는 않지만, 동아시아 지역이 협력해야 한다는 데에는 모든 사람들이 동의하고 있다. 동아시아 천문대의 원대한 장기 발전 계획의 출발점인 JCMT 망원경의 성공적인 공동 운영을 이루어내야 하는 시점이다.

(4) Large Synoptic Survey Telescope (LSST)

LSST 프로젝트는 미국의 국립과학재단과 에너지부의 주관으로 진행하고 있는 새로운 개념의 전천탐사 프로젝트이다. LSST는 주경의 지름 8.4 m 인 광시야 망원경으로 칠레 안데스 산맥의 세로파촌에 건설 중이며 2021년부터 본격적으로 관측을 시작할 예정이다. 현재 계획된 10년간의 탐사 관측을 통하여 LSST는 약 전 하늘의 약 75%에 있는 모든 천체에 대한 시계열 다색 측광자료를 생산할 것이며, 기존의 어떤 탐사 관측도 불가능하는 매우 방대한 자료가 될 것이다.



그림 5.17 Cerro Pachon에 건설될 LSST 상상도(사진 출처 : LSST 홈페이지 <http://www.lsst.org>)

이들 자료는 천문학을 총 망라하는 핵심 과제를 연구할 수 있게 해 줄 것이다. 특히 2020년대의 거대 광학망원경을 이용한 연구와 밀접한 연관이 있어서 GMT와 같은 거대 광학망원경이 제 성능을 발휘하기 위해서는 반드시 LSST의 관측 결과를 활용하여야만 한다. LSST의 자료의 공개의 대상은 미국과 칠레의 천문학자로 한정하되어 있고 그 외에 이 자료를 공유하고자 하는 다른 국가의 천문학자들은 운영비를 분담하여야 하는데 2013년 화폐 가치를 기준으로 1인당 20만 불을 분담하여야 한다. LSST의 운영비를 분담하는 천문학자들은 LSST 연구그룹에 합류하여 실제 관측 연구가 시작될 때를 대비한 사전 연구를 수행할 수 있다. 2020년대에 GMT를 활용한 세계 수준의 연구를 꿈꾸고 있는 우리나라 천문학자들에게 LSST 관측 자료는 반드시 필요하므로 LSST 운영 참여를 서둘러야 할 것이다.

(5) SKA (Square Kilometer Array)

SKA는 세계 전파천문학계가 공동으로 건설하려고 계획 중인 초거대 전파간섭계이다. 총 건설비용이 15억 유로로 추정되므로 천문학 역사상 가장 큰 프로젝트가 될 것이다. SKA의 관측 주파수대역은 ALMA의 주파수대역 보다 매우 낮다. SKA는 큰 크기의 구조를 볼 수 있도록 안테나가 촘촘히 배치되는 중심부와 작은 크기의 구조를 볼 수 있도록 약 300km 영역에 나선팔 형태로 안테나를 배치하는 주변부, 그리고 약 높은 분해능을 확보하기 위해 수천 킬로미터의 넓은 영역에 안테나를 배치하는 외곽부로 구성된다(그림 5.18). 중심부는 그림 5.19과 같이 세 종류의 안테나로 구성되며 주변부와 외곽부에는 이들 중 접시형 안테나만으로 구성될 예정이다.

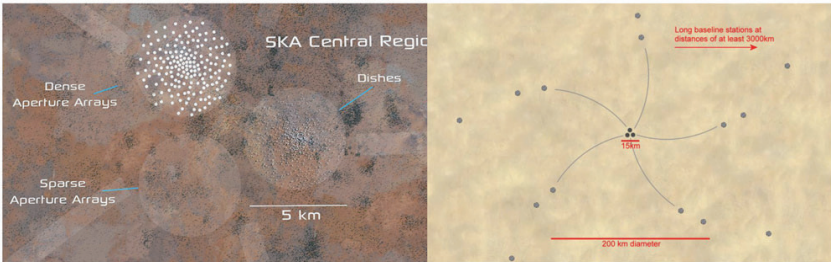


그림 5.18 SKA 중심부와 주변부(그림 출처: SKA 웹사이트, <http://www.skatelescope.org>)



그림 5.19 SKA 안테나. 중심부에는 세 종류의 안테나 모두가 설치될 예정이고 주변부와 외곽부에는 접시형 안테나가 설치될 예정이다.(그림출처: SKA 웹사이트, <http://www.skatelescope.org>)

SKA는 감도와 천체영상확보능력 면에서 현재 운영되는 어느 전파망원경이나 간섭계보다 월등할 것으로 예상된다. SKA는 안테나의 총 유효면적이 이름과 같이 1평방킬로미터로 현재 가장 감도가 가장 좋은 관측시스템에 비해 50배 정도 감도가 좋을 것이며, 천체영상확보능력은 안테나 수가 3000기 이상으로 많고 시야가 넓기 때문에 다른 전파간섭계들과는 비교가 되지 않을 정도로 뛰어날 것이다. 각 분해능 역시 최장기선이 3000km 이상으로 기존 초장거리 간섭계들과 비교해

뒤지지 않을 것이다. SKA의 또 다른 특징은 다른 전파 망원경이나 간섭계가 하늘의 한 영역만 관측하는데 반해 다수의 다른 영역을 동시에 관측할 수 있다는 것이다.

가. SKA 건설 일정

SKA를 유치하기 위해서 호주와 남아프리카공화국이 경쟁한 결과 양쪽에 모두 안테나를 설치하기로 결정하였다. 2012년부터 2015년 사이의 건설 준비단계를 걸쳐, 두 단계로 SKA 건설을 진행할 계획이다. 1단계는 2016년부터 2019년 사이에 같은 저주파수용 안테나(그림 5.18 맨 왼쪽)와 접시형 안테나(그림 5.18에 맨 오른쪽)를 약 100km 이내의 영역에 설치하는 것이다. 2단계는 2018년부터 2023년 사이에 그림 5.18에 보인 세 가지 종류의 안테나 모두를 약 3000km 영역에 설치하여 SKA를 완공하는 것이다. 예정대로 건설이 진행된다면 낮은 주파수대역에서는 2020년부터, 높은 주파수대역에서는 2024년부터 정상운영이 시작될 것으로 기대된다.

나. SKA를 활용한 연구 과제

현재 세계 천문학계에서는 SKA를 활용해서 수행할 연구과제를 도출하기 위한 논의를 활발히 진행하고 있다. 이들 중 다섯 가지 핵심연구주제를 선정하였는데, (1) 우주의 암흑시기 및 재결합시기 탐사, (2) 은하의 진화, 우주론, 암흑에너지 연구, (3) 우주 자기장의 기원과 진화 연구, (4) 펄서와 블랙홀을 이용한 중력이론 검증, (5) 생명의 기원 연구 등 이다. SKA의 성능이 같은 관측 주파수대역에서 운영되는 기존의 전파망원경 및 간섭계와는 비교할 수 없으리만큼 월등하므로 위의 연구에 더해서 새로운 종류의 천체나 현상이 발견될 가능성이 매우 높다.

다. 한국 천문학계의 SKA 관련 활동

한국 천문학계에서는 아직 초기단계이긴 하지만 SKA 건설과 과학 연구활동에 참여하려는 노력을 하고 있다. 한국천문연구원은 2009년부터 SKA 과학기술위원회 멤버로 참여하고 있지만, 아직 SKA 건설 이사회에는 정식회원으로 참여하지 못하고 있다.

SKA 국내 활동을 조직적으로 수행하기 위해 SKA 과학, 산업 워킹 그룹이 구성되었다. 2010년 5월 연세대학교에서 첫 산업 워킹 그룹 회의가 있었는데 SKA 전력 문제, 접시형 안테나 제작 등에 대해 관련 산업계 인사들과 천문학자들 간의 논의가 이루어졌다. 한국천문연구원에서는 SKA로 수행할 연구 과제를 논의하기 위해 2010년 8월에 “한국 SKA 과학 워크숍”을 개최하였으며 동아시아 국가간 SKA 관련 협력방안을 논의하기 위해 2011년 11월에 “동아시아 SKA 워크숍”을 개최하였다. 한국 SKA 관련 활동 중 한 가지 고무적인 점은 주로 젊은 천문학자들이 중심이 되어 SKA 사업 초창기부터 참여하고 있다는 점이다. 앞으로 이들은 지속적으로 SKA 연구개발 활동과 연구비 확보 노력을 할 것으로 판단된다.

5-4 국제 협력 위성

(1) WFIRST

WFIRST 프로젝트는 미국 과학재단의 ‘향후 10년간의 거대 연구 프로젝트 우선순위 보고서’에서 최우선 순위에 있는 적외선 우주망원경 계획이다. WFIRST는 기존 허블 우주망원경의 성능으로 광활한 영역을 탐사할 수 있다. 주요 관측기기로는 행성의 특성 관측을 위한 코로나그래프와 광역 영상기기(WFI)가 있다. 이들을 이용해 우주의 가속팽창을 이끄는 암흑에너지의 성질을 결정하고, 또 행성계의 통계적인 조사를 수행할 계획이다.

WFIRST는 최우선 대형 과제로 올라있는 프로젝트이므로, 이미 정부의 승인을 통해 매년 예산을 받아 선행 연구들을 수행하고 있다. 최근 대형 연구과제의 특성상 많은 예산(전체 예산규모: 약 1조원)과 인력이 투입되어야하기 때문에, 미국의 독자적인 개발이 아닌 국제 협력을 통해 기기 개발과 과학 관측 프로그램을 운영하고자 계획하고 있다. 이에 따라, 유럽 국가들과

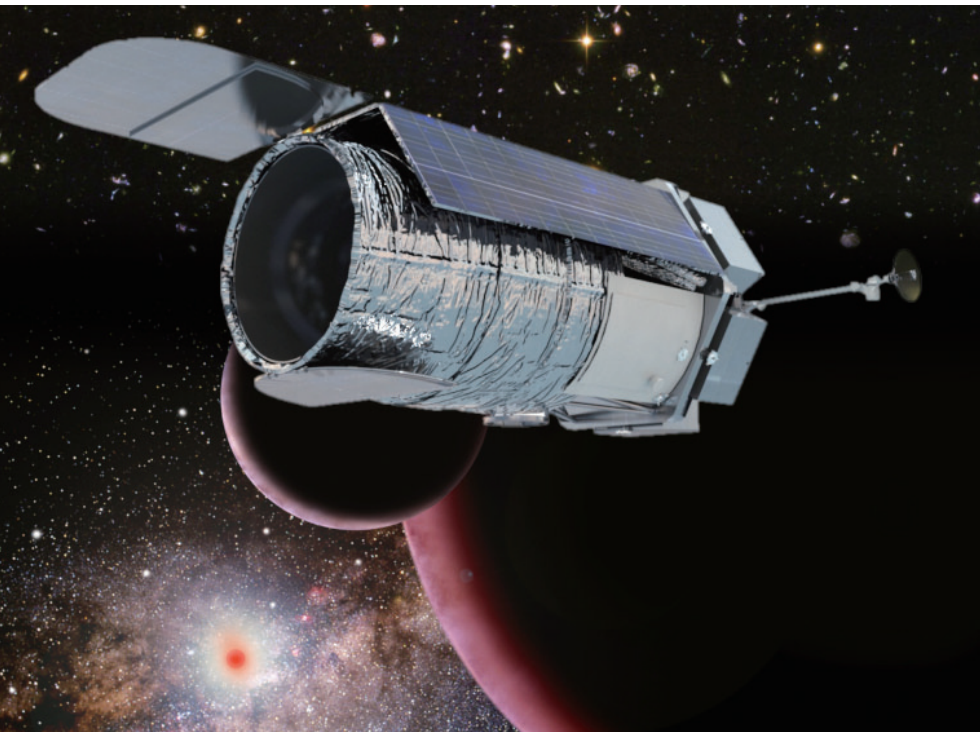


그림 5.20 WFIRST 우주망원경의 상상도

캐나다, 일본, 한국 등과의 협력 방안에 대해 논의 중이다. 천문연구원은 2014년 말부터 WFIRST의 과학관측 프로그램뿐만 아니라 기기에 대한 국제 공동개발을 위한 선행연구를 수행하고 있으며, NASA로부터 Phase-A가 승인되면 이 프로젝트에 참여할 수 있다는 공식적인 서한을 전달받았다. 천문연구원은 우주관측용 적외선 카메라 개발 경험을 바탕으로 광역 영상기기인 WFI의 국제 공동개발을 추진하고 있으며, 대학과 연구소 등의 연구팀들과 함께 외계행성 탐사, 외부은하의 형성과 진화, 암흑에너지 연구 등 다양한 과학연구 프로그램에도 참여하고자 한다.

(2) HiZ-GUNDAM

HiZ-GUNDAM은 일본 ISAS/JAXA의 프로젝트로, X선 파장에서의 감마선폭발 검출과 근적외선 파장의 후속 관측을 주요 임무로 한다. 근적외선 망원경의 크기는 30cm이다.

감마선 폭발체의 광도곡선을 고려하였을 때 15분 이내의 빠른 시간 내에 관측을 수행할 수 있다면 지상 대형 망원경이나 우주망원경 등으로 후속 관측이 가능하리라 예측된다. 이를 토대로 빠른 후속 관측을 위한 근적외선 우주망원경을 설계하였다. 이 프로젝트는 아직 최종 선정되지는 않은 상태이지만 당초 발사계획은 2020년대 초로 잡혀있었다. HiZ-GUNDAM의 근적외선 망원경은 현재 천문연구원에서 개발이 진행 중인 NISS와 유사한 광학적 구조를 가지고 있기 때문에, 프로젝트에 참여할 경우에는 근적외선 망원경 개발 전체를 도맡아 진행할 가능성도 있다. NISS 개발을 통해 근적외선 망원경의 비축 광학계에 대한 경험을 가지고 있기 때문에, 비축 광학계에 대한 설계, 주·부경의 정렬 등 기술적으로 어려운 부분들을 구현할 수 있을 것으로 예상된다. 이 프로젝트의 주 임무는 감마선폭발의 검출 및 관측이지만 예상되는 연간 검출 개수는 십여 개 정도이기 때문에 임무 기간의 상당 부분은 근적외선 우주망원경을 활용한 일반적인 천문관측에 할애할 수 있을 것이다.

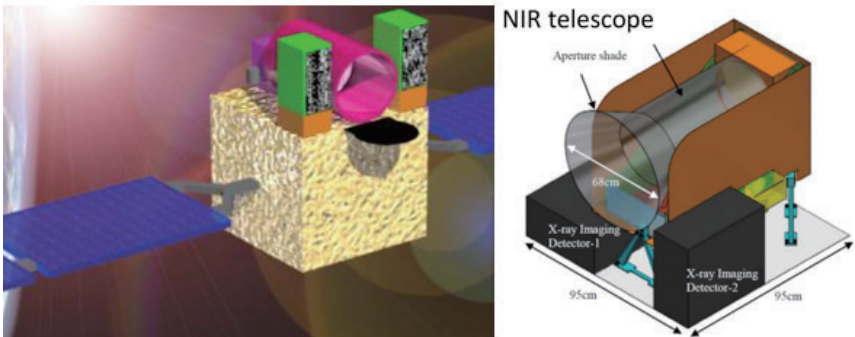


그림 5.21 HiZ-GUNDAM 프로젝트 우주망원경 상상도(좌)와 근적외선망원경 모습(우)

요약

이번에 조사된 미래의 관측시설들과 장기발전위원회가 택한 최우선 시설들은 다음과 같다. 최우선적으로 추진해야할 시설들을 선정하면서 고려된 사항들은 다음과 같다. (1) 많은 사용자들이 이용 가능한 시설; (2) 도전적 과학임무를 수행할 수 있는 시설; (3) 실현가능성(예산 및 기술적인 부분); (4) 프로젝트의 시의 적절성.

현재 개발 중인 시설

현재 개발 중인 시설들은 표5.4에 요약되어 있다. 이미 개발이 시작된 상태가 가까운 장래에 이 시설들을 갖추게 될 것이다. 이 시설들의 개발이 순조롭게 이루어져서 다양한 연구를 수행할 수 있도록 장기발전계획 보고서에 이들을 포함하였다.

표 5.4 개발이 진행 중인 관측시설에 대한 요약

구분	시설명	개요	과학임무	일정	국내예산(원)	사업주체	비고
지상 망원경	GMT	25m 거대 광학 망원경	최첨단 천문연구 수행	건설: 2009-2021 가동: 2021-	총 740억 (건설기간)	KASI/ 국제 Consortium	10% 지분 부경, 관측 기기개발 참여 등
우주 관측 위성	NISS	소형위성 1호 탑재체 근적외선 우주망원경	First Stars 별 생성	개발: 2012- 가동: 2017-	?	KASI+	한국주도
	UFFO-pathfinder	초고속 감마선/ 근적외선 망원경	감마선 폭발천체	개발: -2016 가동: 2016-	?	성균관대/ Berkely+ 국제 프로젝트	한국주도
	SIGMA	초소형 입자검출기 자력계	우주환경 및 지자기	개발: -2016 가동: 2016-	?	경희대	
촉지 시설	ARGO	Laser ranging 측기시설 (망원경 포함)	우주/ 지구정밀 측지	건설: 2009-2014	\$230억	KASI/ 국제 네트워크의 일부	

미래의 관측시설

표 5.5와 같이 우리가 앞으로 갖추어야 할 미래의 관측시설들에 대한 다양한 제안이 이루어졌다. 시급성과 실현 가능성, 그리고 사용자가 얼마나 많을지에 따라 이들 중 다음 시설들을 최우선 목표로 추천한다.

표 5.5 미래의 관측시설 제안 요약

구분	시설명	개요	과학임무	일정	예산(원)	사업주체	비고
지상 관측 시설	대학공동 대형 망원경	4-m급광학/ 적외선 망원경	다목적 근적외선 전천탐사 및 개별 프로젝트	2015~	건설:0 운영:20억/년	IBS/ KASI/ 대학연합	UKIRT (250일/년) CFHT (70일/년)
	대형 망원경	8-10m급 광학망원경	다양한 최첨단 관측연구	N/A	~25억/년	IBS/KASI/ 대학연합	Gemini, MMT 등
	다천체분광 전용망원경	4-8급 다천체 분광전용 망원경	대규모 분광 탐사, 관측우주론	가동: 2010년대 후반?	건설:>수백억	IBS/KASI/ 대학연합	
	ALMA		고해상도 submm천문학	가동:2011~	건설:\$15M 운영:\$1.5M/년	KASI	25%의 5% 지분?
	SKA		고해상도 저주파수 연구	건설: 2023 가동: 2024~	건설:\$100M 운영:	KASI	5%지분 50년 수명
	KVN확장		21m망원경 3대추가			KASI	
우주 관측 시설	WFIRST	적외선 대형 우주망원경	암흑에너지의 성질 결정 행성계 특성			NASA 주도 국제 공동	Phase-A 진행 중, WFI 개발참여
	HiZ- GUNDAM	근적외선 우주망원경	GRB 검출/ 근적외선 후광 관측	발사예정: 2020년		ISAS/JAXA 주도/KASI 참여	근적외선 망원경 개발 희망
	UFFO-100	감마선 및 광학/적외선 우주망원경	감마선 폭발 천체 연구	발사:2015	100억	성균관대	한국주도

진행중인 시설에 대한 추천사항

1. Giant Magellan Telescope(GMT): 그 동안 우리 천문학계의 염원이었던 세계최대급 광학망원경이다. 2020년대에 있을 다양한 최신 천문연구를 뒷받침하는 데 필요 불가결한 시설이라고 할 수 있기 때문에 천문학회 전체가 지원하는 국가적 프로젝트이다. 천문연구원 예산을 받아 진행하고 있으나 학계와 긴밀한 협조를 통해 추진해야 할 것이다.
2. KMTNet: 외계행성과 변광성 연구에 많은 임팩트를 줄 수 있는 시설이다. 망원경운영과 대량의 자료 분석 기술도 익힐 수 있다. 현재 1기가 이미 건설되고 있으며 연차적으로 2, 3기가 건설될 것이다. KMTNet은 외계행성을 찾는다는 자체적인 목표 이외에도 변광 천체를 매우 효율적으로 탐사할 수 있는 기능을 가지고 있다. 최대한의 과학적인 결과를 얻기 위해 역시 학계의 다양한 의견을 수용할 수 있는 체계를 갖추어야 할 것이다. 미리 관측 계획을 세워 놓고 이를 차질없이 수행하는 것도 중요하지만 남반구 하늘을 24시간 연속적으로 관측할 수 있다는 장점을 살려 뜻하지 않게 발견되는 천체에 대한 적극적인 관측 협조에 대한 전략도 필요할 것이다.
3. MIRIS: 우주관측기술을 꾸준히 발전시키면서, 도전적 천문연구를 할 수 있는 좋은 연구시설이다. 이미 발사 준비가 다 되어 있으므로 향후 관측이 이루어지면 최대한 좋은 연구가 이루어질 수 있도록 지혜를 모아야 할 것이다.
4. IGRINS: 대형 관측기기의 개발능력을 기르면서 흥미로운 천문관측연구를 많이 수행할 수 있는 좋은 기획이다. 향후 대형 망원경 GMT를 위한 고분산 분광기 제작의 기반이 될 수 있을 것이다.
5. CINEMA: 경희대의 WCU 프로그램과 미국의 NASA 및 UC Berkeley가 공동으로 추진하는 우주과학용 프로젝트로서 한국의 우주과학을 세계 수준으로 끌어 올릴 수 있는 중요한 역할을 할 것으로 보인다. 국내 우주과학계의 보다 적극적인 참여를 통해 그 효과를 극대화할 수 있는 방향으로 진행하는 것이 바람직할 것이다.
6. SDO: 태양 및 우주관측 연구에 필수적인 시설로 판단할 수 있다.
7. ARGO: 우주측지시설을 세계적 수준으로 유지하기 위하여 필수적인 시설이다.



미래 시설에 대한 추천 사항

1. 대형망원경(4m/8m): 25m급 망원경 시대에 경쟁력이 있는 과학연구를 하기 위해 필수적인 시설이다. 자체 건설은 현실적으로 매우 어렵기 때문에 기존 망원경의 운영에 참여하거나 임대하는 방안을 모색해야 한다. 현재 천문연구원에서 천문학계에 Gemini 및 MMT 관측시간을 제공하는 것이 좋은 예이며 이러한 노력이 지속적으로 이루어져야 할 것이다. 4~6m급 망원경의 경우 추후에 다천체 분광탐사망원경으로 개조할 수도 있을 것이다.
2. ALMA: ALMA는 전파천문학 분야에서 미국, 유럽, 일본이 각각 1/3씩 투자하는 전세계적 프로젝트이다. 불행히도 우리나라는 이 프로젝트에 참여할 기회를 갖지 못했지만 지금이라도 국제 협력을 통해 관측과 과학 연구를 추진해야 할 것이다. 고해상도 서브밀리미터 관측을 통해 만기형 항성, 별 생성 영역, 외부 은하 등 다양한 첨단 연구가 가능하며 향후 SKA의 시금석이 될 수 있기 때문이다.
3. SKA: ALMA에 이어 더 많은 국가가 참여하는 초대형 전파 망원경 프로젝트로서 초기 은하에서부터 펄사에 이르기까지 다양한 연구를 가능하게 해 주는 첨단 프로젝트이다. ALMA에 참여하지 못했던 것을 교훈삼아 SKA에는 초기 단계부터 적극적으로 참여해야 할 것이다.
4. 다천체분광 탐사망원경: 우주론 연구와 은하진화연구에 필수적이며, LSST등의 광시야 영상탐사를 후속관측할 수 있는 시설이다. 많은 비용이 문제가 되지만, 국제공동 프로젝트에 참여하는 방안을 생각할 수 있다.
5. UFFO-100: 2010년대 감마선 폭발천체연구를 선도할 수 있는 흥미로운 관측시설이다. 패스파인더 프로그램으로 시작하여 점차 본격적인 망원경으로 진행해 가는 바람직한 발전 전략을 가지고 있다. 국내 천문학, 천체물리학과와의 협력을 통해 활용도를 극대화하는 방향으로 추진해야 할 것이다.

연구력 향상을 위한 방안

한국 천문학의 새로운 도약: 2016-2026 발전 계획 | Rev2017-08-31-v2

국내 천문학 연구의 두 축은 유일한 천문 관련 출연연구소인 천문연구원과 전국에 산재되어 있는 대학이다 (제 7장 참조). 천문학계는 지난 반세기동안 연구소와 대학이 상호 협력하면서 성장해 왔다. 학계의 규모가 작을 때에는 인간적인 신뢰를 바탕으로 협력해 왔으나 구성원의 숫자가 늘어나고 대규모 프로젝트가 수행되면서 보다 체계적인 협력 체제를 갖추는 것이 필요해지고 있다.

학계의 발전은 연구력의 향상을 의미한다. 새로운 분야를 창출하고 학문의 새로운 동향을 이끌어갈 정도의 연구력을 키우기 위해서는 천문학계를 지탱하고 있는 두 개의 축인 대학과 연구소의 역할 정립이 중요하다. 또 중대형 연구 장비의 구축과 인력 확보 등도 필요하지만 연구 장비를 개발하고 운용하며, 창의적인 프로젝트를 생성해 내는 능력이 반드시 따라주어야 한다. 이 장에서는 국내 연구력 향상을 위한 여러 가지 방안에 대해 기술한다. 우리나라 연구 개발 체계를 검토하고, 대학에서의 연구 인력 양성에서의 개선 방안, 우리나라에서 비교적 활동이 저조한 기기 개발을 위한 방안 등에 대해 기술한다.

6-1 연구 기관별 역할과 위상

현재 우리나라에서 천문학에 대한 연구를 수행하는 기관으로는 전국의 대학, 고등과학원, 그리고 천문연구원을 들 수 있다. 고등과학원에서는 2003년에 박창범 교수를 영입하여 천체물리 그룹을 이끌기 시작해 2016년 현재 10여명의 박사 학위자를 포함하는 규모로 성장하였다. 고등과학원의 천체물리/우주론 연구그룹은 신진인력을 주로 담당하고 있는 대학과 국가 연구기관인 천문연구원의 중간에 위치하면서 국내 연구 역량을 키우고 국제 협력 사업을 추진하는 등 전문 연구기관으로의 역할을 충실히 수행하고 있다. 특히 수준 높은 국제 학회를 매년 개최하고 국내 연구자들에게 방문 연구의 기회를 제공해 주는 방문자 프로그램 운영 등 학술 활동의 활성화에 크게 기여하고 있다. 더 많은 교수를 확보하고 현재와 같은 지원이 지속적으로 이루어지면 프린스턴의 고등연구소와 같은 수준의 연구소로 성장할 수 있을 것이다.

국립천문대를 전신으로 천문우주과학연구소를 거쳐 현재에 이르고 있는 천문연구원(KASI)은 대규모 연구시설의 개발과 유지, 그리고 첨단 연구 수행하고 있다. 천문 연구원은 우리나라

천문학 연구 인력의 절반 정도를 보유하고 있어 실질적으로 국내 천문학을 이끌어가는 대규모 기관이다. 천문연구원의 연간 예산은 2015년을 기준으로 약 650억원이 넘고, 인건비와 경상비를 제외한 사업비도 450억원을 초과한다. 대학 교원의 1인당 평균 연구비가 1억원에도 훨씬 미치지 못하는 상황과 비교하면 천문연구원의 역할과 국내 학계에서의 위상을 짐작할 수 있다.

천문연구원은 대학과 공동 연구 및 교류를 위해 학연 협력사업 위탁과제를 선정 지원하고 있다. 그러나 대학의 연구 인력을 활용하여 천문연구원의 사업을 보다 효율적으로 수행할 수 있는 더 적극적인 방법도 고려해 보아야 할 것이다. 즉 천문연구원이 수행하는 대형 개발 사업에 대학 교원을 자문위원이나 평가 위원으로 위촉하는 것을 뛰어 넘어 실질적인 협력 파트너로 활용할 수 있는 방안이 모색되어야 할 것이다. 대규모 프로젝트를 수립하는 과정에서부터 대학의 인력을 활용하는 것을 염두에 두고 추진 체계를 수립하고 일부 단위 과제들을 경쟁력 있는 대학의 실험실에 위탁함으로써 신진 인력 양성고 해당 프로젝트의 효율적인 수행이 동시에 이루어질 수 있도록 할 수 있다고 본다.

현재 천문연구원은 전파, 적외선, 광학, 그리고 자외선까지 매우 넓은 파장 영역의 장비를 개발하거나 유지, 관리하고 있으며 지상 시설 뿐 아니라 우주망원경 분야도 모두 천문연구원이 관장하고 있다. 국가에 따라 한 기관이 모든 분야를 관장하는 경우가 있는가하면 (예, 일본의 국립천문대) 두 개 이상의 기관으로 나누어 담당하는 경우도 있다 (예, 미국의 광학천문대와 전파천문대, 중국의 지역별 천문대). 한 기관이 집중적으로 담당할 경우 강력한 추진력을 가질 수 있다는 장점이 있으나 분야별로 발전 속도가 다를 때 상호 견제가 심해질 수 있다는 단점도 있다.

국내에서 활동하는 천문학자의 숫자나 규모로 보아 순수 연구를 담당하는 제 2, 또는 제 3의 연구소가 출현할 필요는 충분하다고 본다. 기존의 천문대 기능은 천문연구원에서 유지하되, 국내에서 아직 개척되지 않은 분야 (예, 엑스선이나 감마선과 같은 고에너지 천문학, 물리학 분야와의 학제간 연구가 중요한 중력파, 순수 이론 천문학)의 연구를 담당하는 연구소 설립을 고려할 수 있을 것이다. 새로운 연구소는 기초과학연구원(IBS), 또는 개인이나 공익 재단의 기부를 통해 설립하는 가능성을 모색해야 할 것이다. 광학 천문대라는 점에서 천문연구원의 기능과 중복될 수 있으나 제 5장에서 제안된 대학 공동 중형 망원경의 건립도 대학간 연합체의 성격을 띤 새로운 연구소를 태동시킬 수 있는 중요한 계기가 될 수 있을 것이다. 또 고등과학원이 천체물리 그룹을 확대한다면 소규모 연구소 설립과 같은 효과를 거둘 수 있을 것이다.

6-2 대학 교육의 문제점과 개선 방안

천문연구원과 대학의 영구 연구 인력 규모는 비슷하다. 대학은 많은 수의 대학원생과 박사후 연구원을 보유하고 있을 뿐 아니라 연구 주제를 비교적 자유롭게 선택할 수 있기 때문에 유연하게 새로운 연구 동향에 맞추어 나갈 수 있다는 장점을 가지고 있다. 반면 대학에서의 연구는 개인이나

소규모 집단에 의한 이루어지기 때문에 국가적 사업을 추진하기에는 부적합하다.

대학은 신진 인력을 양성하고 연구소는 이들 인력을 가장 많이 흡수해 활용하고 있다. 따라서 대학에서의 교육은 높은 질적 수준을 유지하면서 국내 학계가 필요로 하는 분야의 전문가를 적절히 공급할 수 있어야 한다. 과거에는 국내의 교육 수준이 낮아 외국에 유학을 가는 비율이 높았지만 지금은 국내에서 학위를 취득하는 비율이 매우 높다. 따라서 대학은 연구 동향을 면밀히 검토하고 시의 적절한 인력을 양성하도록 노력해야 할 것이다. 학회에서는 주기적인 연구 동향의 진단과 인력 수급 전망을 제시함으로써 대학에서의 인력 공급을 도와줄 수 있다. 대학에서는 현재까지의 교육 내용을 되돌아보고 더 발전적인 개선 방안을 강구할 필요가 있다. 연구력 향상의 관점에서 우리 대학 교육의 문제점과 개선 방안을 몇 가지 짚어본다.

(1) 기기 및 실험 교육의 강화

국내 학생들이 선도적인 연구 과제를 더 많이 수행하게 되면서 우리나라에서도 기기 개발의 중요성은 점차 증가하고 있다. 그러나 국내 대학에서의 실험이나 기기에 대한 교육은 상대적으로 적게 이루어지고 있다. 물리학을 전공하는 학생들의 경우 실험 과목의 숫자가 많지만 천문학 교육 과정에서는 거의 없다고 보아도 과언이 아니다. 새로운 기기의 개발을 위해서는 실험 교육이 필요하지만 대학에 기기를 전공한 인력이 거의 없기 때문에 앞으로도 실험 교육이 더 강조되기는 어려울 것으로 판단된다.

이러한 문제를 해결하기 위해 천문연구원은 기기대학이 공동으로 방학 기간을 이용해 가칭 기기 여름학교 또는 겨울학교를 개설하는 것도 한 가지 방법일 수 있다. 이미 천문연구원이 '천문관측기기 워크숍'을 2007년부터 매년 개최하여 기기 개발 관련 현황에 대한 논의를 해 오고 있으므로 이 프로그램을 좀 더 확대함으로써 교육 및 실습 기능을 부여한다면 대학이 가진 한계를 극복할 수 있을 것이다.

천문연구원은 또 대학원생들을 과제 연구원으로 채용하여 기기 개발에 활용을 하면서 교육 효과도 얻고 있다. 이러한 프로그램들을 보다 체계화하여 대학과 공동으로 인력을 관리한다면 더 좋은 효과를 거둘 수 있을 것이다. 마지막으로 기기를 전공하는 학생들이 겪을 수 있는 불이익을 최소화하는 방법도 강구해야 할 것이다. 박사후 연구원이나 프로젝트 연구원으로 채용할 때 이론이나 관측을 하는 학생에 비해 출판할 수 있는 논문이 적을 수 있다는 점을 고려해 주어야 할 한다. 궁극적으로 국내에서의 기기개발 활동이 활발해지고 관련 프로젝트가 늘어나면 해결될 수 있는 문제라고 생각된다.

(2) 학생의 연구 활동

우리나라 대학은 비교적 역사가 짧고 최근 들어 급속한 발전과 변화를 겪고 있다. 과거 우리나라

대학의 중요한 역할은 지식의 전수가 가장 중요한 비중을 차지했고 연구 활동은 부수적인 것으로 여겨졌다. 그러나 최근 들어 교원의 임용, 재임용, 그리고 승진 심사에서 연구 실적의 비중이 높아지고, 각 교원들의 연구에 대한 관심이 높아지면서 교육보다 연구는 더 이상 대학에서 부차적인 관심사는 아니다.

그러나 여전히 대학원생 교육에서 강의와 지식 전수 비중이 높은 것도 사실이다. 외국에 비해 훨씬 경직된 교과과정 운영 규정에 따라 대학원생들이 입학 직후 몇 년간은 강의를 소화하는데 대부분의 시간을 보내야 하기 때문에 연구 활동은 뒷전에 밀리는 경우가 많다. 대학에서 배출되는 신진 학자들이 취업 시 외국 출신 인력과 경쟁해야 하는 상황에서 연구 업적의 부족 때문에 불이익을 당할 수 있다. 따라서 각 대학에서는 실정에 맞도록 연구와 교육의 비중에 대한 재분배를 심각하게 고려해야 할 시점이라고 판단되며 새로 배출되는 박사가 국제적인 경쟁력을 갖추고 연구에 바로 투입될 수 있도록 노력해야 한다.

학부 학생들의 경우에는 연구에 대한 투자가 더욱 더 미미하다. 물론 학생들에게 대한 주요 교육 목표는 천문학자의 양성이라기보다는 과학자가 될 수 있는 자질을 키우는데 맞추어져 있다. 그러나 학생들이 스스로 프로젝트를 수행하면서 얻을 수 있는 자신감이나 문제 해결 능력 등은 강의실에서의 교육만으로 성취할 수 있는 것은 아니다. 특히 우수한 학생들이 향후 학문의 길을 갈 수 있도록 동기 부여를 제공한다는 점에서도 매우 중요하다. 이런 이유 때문에 외국에서는 오래전부터 학부 학생들을 계절 인턴으로 채용해 연구의 경험을 축적하게 하는 프로그램을 운영하고 있다. 특히 미국의 NSF에서는 학부생 국제 연구 경험(International Research Experience for Undergraduate, IREU) 프로그램을 대규모로 운영하여 국제적인 경험까지 축적할 수 있도록 지원하고 있다.

국내에서는 아직 체계적인 학부생 연구 프로그램은 매우 드물다. 서울대학교 자연과학 대학에서는 학부생 연구 인턴십이라는 프로그램을 통해 학부생들 중 일부를 방학 기간 동안 연구 활동을 할 수 있도록 지원해 준다. 이렇게 대학 단위에서의 지원도 필요하지만 대학간 교류, 대학과 연구소의 교류 등을 통한 학부생 연구 지원이 더 활성화된다면 우수 인력의 대학원 입학과 이들의 연구력 향상에 크게 도움이 될 것이다.

6-3 기기 개발 프로젝트의 중요성과 효율적 연구개발 체제

(1) 기기 개발의 중요성

한국 천문학의 발전 단계를 대략 살펴보면 첫째는 천문학 교과서를 가르치고 배우는 단계이고, 둘째는 컴퓨터를 써서 이론적인 연구를 하는 단계이고, 셋째는 대형 망원경을 이용한 관측을 수행하고 자료를 분석하는 단계이며, 마지막으로 새로운 관측 기기를 개발하여 자체적으로 자료를 생산하는 단계이다. 교육, 이론, 관측 및 자료 분석, 기기 개발 중 역시 세계적 수준과 비교해

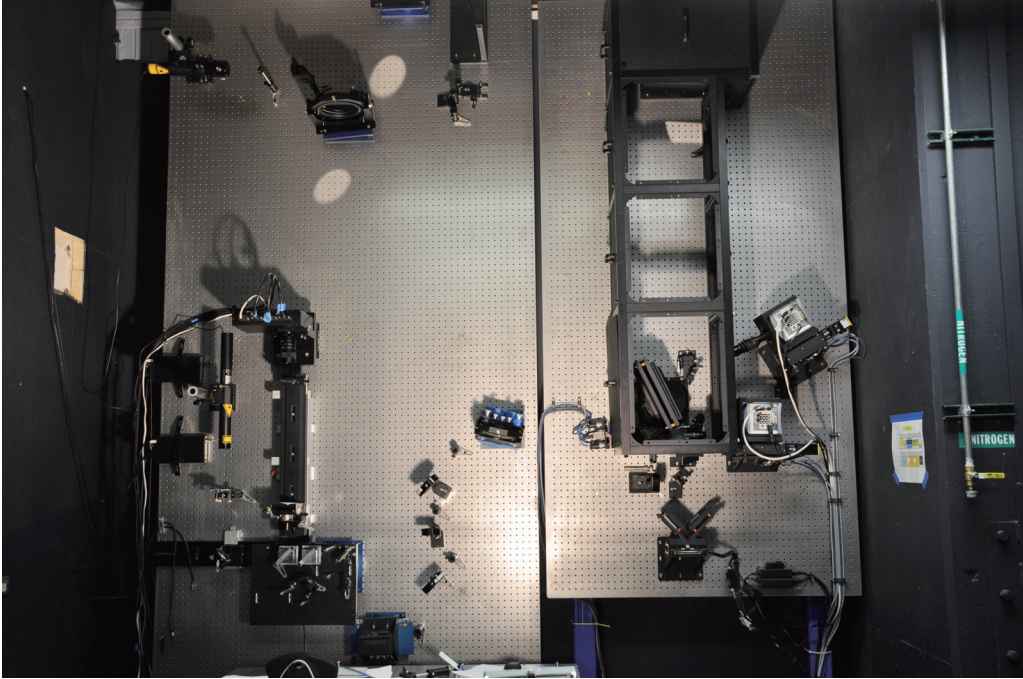


그림 6.1 서울대학교와 천문연구원이 공동 개발해 미국 빅베어 천문대 1.6m 태양망원경에 장착한 고속영상태양분광기(FISS)의 모습. 사진 제공: 채종철 회원

볼 때 우리가 가장 취약한 분야는 기기 개발이다. 이 분야를 효과적으로 발전시키는 방법은 소규모 기기 개발 프로젝트를 많이 수행하는 것이다. 또 이를 통해 기기 개발을 할 수 있는 기기 과학자를 길러 내어 중대형 프로젝트를 수행케 하는 것이다.

그러나 현대 천문 연구를 선도하는 것은 말할 나위도 없이 대형지상망원경과 정교한 우주망원경이다. 이런 대규모 프로젝트는 첨단 기술과 막대한 자원, 수많은 인력이 필요하기 때문에, 한국 천문학회 자체적으로 이런 대규모 프로젝트를 추진하는 것은 지금까지 불가능했으며, 앞으로도 당분간은 쉽지 않을 것으로 보인다. 그러나 KVN과 같은 국내 주도형의 대형 프로젝트 추진, GMT의 참여, 중대형 망원경의 수요 증가, 대형 외국 프로젝트에의 참여 등 대규모 기기 프로젝트가 점차 많아지고 있다. 다만 아직도 한국 천문학계가 수행하는 개발 프로젝트 가운데 주도하는 것이 아닌 참여 프로젝트가 많은 것도 사실이다. 이왕 참여하는 방식으로 대규모 프로젝트를 추진하기로 한다면 나름대로 중요하고 실질적인 기여를 할 수 있어야 할 것이다.

창의적인 과학 목표를 설정하고, 이를 위해 가장 적절한 독창적 관측 기기를 구상하고 제작하는 방식으로 적극 참여하는 것이 바람직하겠다.

한국 천문학계가 장기적으로 발전하기 위해서는 다수의 소형 프로젝트, 적당한 수의 중형 프로젝트, 소수의 대형 프로젝트와 같은 피라미드형 프로젝트 구조가 유리하다.

소규모 프로젝트는 여러 가지 면에서 중요하다. 첫째, 중대규모 프로젝트에 꼭 필요한 창의적인 과학과 독창적인 관측 기기 구상은 새로운 것을 시도하고 실패도 두려워하지 않는 실험 정신을 실현하는 데는 소규모 프로젝트가 유용하다. 자원과 인력이 적게 들기 때문에, 실패에 대한 부담이 적어 적극적으로 새로운 것을 시도해 볼 수 있다. 둘째, 소규모 프로젝트의 성공적 결과는 중대규모 프로젝트를 추진하는 실질적 기반이 될 수 있다. 셋째, 소규모 프로젝트는 대학에서 한 두 교수 주도로 수행하기에 적합하며, 관련 인력을 양성하는데 매우 유용하다. 프로젝트가 작기 때문에 학생은 프로젝트 전체를 보는 시야를 갖게 된다. 마지막으로, 대규모 프로젝트에서는 어려운 차별화된 연구가 가능하다. 소규모 프로젝트는 차별화된 연구 목적에 따라 특별한 방식으로 제작할 수 있고, 여기에서 나온 자료는 제한된 그룹의 사람들에게만 허용되기 때문에 남들과는 구별되는 연구를 할 수 있다.

(2) 소규모 기기 개발

우리나라의 기기개발 실적이 뛰어난 것은 아니지만 대학이나 연구소에서 할 수 있는 중소규모 기기를 성공적으로 개발한 예로 1980년대에 국립천문대가 개발한 광전 측광 시스템, 대덕전파 천문대의 리시버 시스템 개발, 서울대학교 전파 천문대에서 230GHz 리시버 시스템 개발 등을 들 수 있다. 이러한 노력의 연장으로 최근 들어와서는 다음에 기술하는 바와 같이 규모는 작지만 국제적인 경쟁력을 갖춘 기기 개발도 이루어지고 있다.

서울대학교 태양연구팀은 한국천문연구원 태양 우주환경 그룹과 협력하여 미국 빅베어 태양천문대 1.6미터 망원경의 관측기기중 하나인 고속영상태양 분광기(Fast Imaging Solar Spectrograph: FISS, 그림 6.1)를 개발하였다. 또한 서울대학교 초기우주탐사연구단은 경희대학교와 공동으로 근적외선 CCD 카메라(Camera for QUsar for EArly uNiverse, CQUEAN, 그림 6.2)를 개발하여 미국 맥도날드 천문대 2.1미터 망원경에 설치하였다. 이 카메라를 텍사스 주립대학 연구원이 사용하는 조건으로 한국팀은 연 두 달의 관측시간을 확보하여 관측 연구를 수행 중이다. 이러한 분광기와 카메라 개발의 의미는 과학 임무 설정, 기기 디자인과 제작, 운용, 초기 관측과 자료 분석을 모두 한국 천문학자들이 했고 국제적 경쟁력 있는 연구가 가능하다는 점에 있다.

우리보다 천문학 연구가 앞선 일본에서는 소규모 프로젝트가 많이 이루어지고 있으며, 대학과 연구소가 협력하는 경우가 많다. 가령 히로시마 대학이 운영하는 히가시-히로시마 천문대의 1.5m



그림 6.2 서울대학교와 경희대학교가 공동 개발해 미국 맥도널드 천문대 2.1m 망원경에 장착한 근적외선 카메라 CQUEEN의 모습. 사진제공: 박수중 회원

망원경의 관측기기인 HOWPol(Hiroshima One-Shot Wide-field Polarimeter)은 영상, 분광, 편광 관측을 동시에 할 수 있는 기기로서 히로시마 대학 교수들과 대학원생, 나고야 대학 교수, 일본국립 천문대 연구원들의 협력 프로젝트이다. 또한 동경대는 칠레에 독자적으로 6.5m 대형 적외선 망원경(TAO, Tokyo Atacama Observatory)을 건설할 계획인데, 이에 앞서 1m 망원경(mini-TAO)을 같은 지역에 설치하여 운영해 보는 소규모 프로젝트를 운영하였다. 이 mini-TAO 망원경에 파센 알파 복사를 검출할 수 있는 근적외선 카메라(ANIR)와 중적외선 카메라(MAXC38)가 자체 개발되었다. 일본에서는 또 대학의 천문학자와 시민천문대가 협력하여 수행한 소규모 프로젝트도 있다. 현재 서울대학교에 근무중인 이시구로 마사테루 교수를 포함한 3명의 천문학자들이 일본 최초의 시민 천문대인 니시하리마 천문대에 사용할 근적외선 카메라(NIC)를 개발한 것이 그 예이다.

소규모 기기 개발 프로젝트가 성공적으로 진행되기 위해서는 다음과 같은 조건들이 만족되어야 한다. 첫째, 고유한 과학 목표가 있어야 하며, 그에 가장 알맞은 기기를 구상해야 한다. 둘째, 프로젝트를 뒷받침하는 체제가 갖추어져야 한다. 적절한 규모의 연구비와 공작실, 기술자, 그리고 협력 관계 등이 그 예이다. 대학 단독으로 소규모 기기 개발할 때의 가장 큰 어려움은 공작실이 갖추어지지 않고, 함께 일할 기술자가 없다는 점이다. 현 시점에서는 대학과 연구소 간의 협력이 가장 실질적인 방안이나, 궁극적으로는 소규모 기기 개발 정도는 대학 단독으로도 할 수 있어야 할 것이다. 셋째, 개발된 소규모 기기를 설치할 망원경이 관측 여건이 좋은 지역에 있어야 한다. 넷째, 기기 개발에는 시간이 걸리며, 여러 가지 이유로 계획된 일정보다 늦어지기가 쉽기 때문에 인내심이 필요하다. FISS 같은 소규모 기기도 최초의 구상에서 연구에 쓸 만한 자료를 얻기까지 7년이라는 세월이 필요했다. 가능한 한 미래를 내다보면서 미리 구상하는 게 필요하다.

(3) 효율적인 기기 개발 체계

우리나라에서 천문학이 발달하는 과정에서 기기 개발이 전혀 무시된 것은 아니다. 앞에서 기술한 것과 같이 1970년대에는 주로 광전 측광 장치가 제작되었고, 1980년대에 들어와 대덕 전파 천문대의 건설과 함께 전파 수신기 개발이 시작되었다. 보현산 1.8m 망원경이 완성된 1990년대에는 CCD 카메라의 제작이 이루어졌고 2000년대에 들어오면서 과학기술위성 1호를 위한 원적외선 분광기 개발되었으며 점차 다양한 분야로 확대되었다. 그러나 많은 기기 개발 프로젝트가 천문연구원에 의해 주도되었고 대학에서의 기기 개발은 산발적으로만 이루어졌다. 연구 인력의 분포와 국내에서 수행되는 대형 프로젝트의 증가세를 고려한다면 보다 효율적인 개발 체계를 구축하는 것이 필요하다고 판단된다.

외국의 우수한 대학에서는 국가 기관 못지않은 대형 기기 개발을 수행하는 경우가 많다. 미국의 칼텍에서는 5m 헤일 망원경을 비롯한 첨단 관측 장비를 건설하였고, 일본의 동경대학에서는 현재 6.5m 적외선 망원경을 포함하는 Tokyo Atcama Observatory (TAO)를 건설 중에 있다. 반면 우리나라에서는 대학이 대규모 프로젝트를 수행하기에는 인력이나 보유 장비가 충분치 않은 것이 현실이다. 또한 국내에서 대학으로 지원하는 연구비는 기본적으로 개인 연구 또는 집단 연구를 위한 것이고 시설 개발을 위한 투자는 천문연구원을 통해서만 이루어지고 있다. 앞으로 대학도 스스로 시설 투자를 결정하고 개발할 수 있어야 할 것이다.

우리나라에서는 대학에 대한 기자재 투자가 매우 적었고, 대학의 교원 평가 시스템이 논문 위주로 되어 있으며 실험 교육이 부실했기 때문에 기기 개발 능력이 부족한 것이 사실이다. 그러나 대학은 많은 수의 연구원과 대학원생을 보유하고 있고, 차세대 인재를 교육해야 하는 기능을 가지고 있으므로 기기 개발에 대해 적극적으로 나서야 할 때이다. 연구소가 추진하는 대형 프로젝트에서 중요하면서 고급 인력을 필요로 하는 부분을 과감히 대학에 위탁함으로써 대학의 인적 자원도 활용하고 차세대 연구 인력을 확보할 수 있도록 해야 할 것이다.

요약 및
추천사항

1. 대학에서는 국내외 연구 동향을 파악하여 적절한 인력 수급을 위해 노력해야 한다.
2. 그동안 교육과정에서 소홀했던 기기 관련 교육을 강화해 향후 기기 개발 수요에 대비해야 한다.
3. 학생들이 조기에 연구 경험을 쌓을 수 있는 기회를 제공하여 연구에 대한 강한 동기 부여와 국제적인 수준의 연구 능력을 갖춘 신진 인력을 양성해야 한다.
4. 대학에서는 기기 개발의 중요성을 인식하고 과감하게 관련 분야에 투자를 해야 하며, 비용이 적게 들지만 창의적인 과제 개발에 노력해야 한다.
5. 대형 프로젝트를 추진하는 연구소에서는 대학의 연구실을 활용함으로써 효율적인 개발 체제를 갖출 수 있다.

7-1 중등 교육

현재 중등교육과정에는 독립된 교과목으로서 '천문학'이 없다. 현 교육과정에서 천문학은 지구과학의 일부로서 존재하기 때문에 정상적인 학교교육에서 제대로 된 기초천문교육이 이루어지기 어렵다. 장기적으로 21세기에 가장 유망한 과학 분야인 천문학이 중등교육과정에서 독립된 과학 분야로 자리 잡을 수 있도록 제도개선에 노력해야 할 것이다. 국제천문올림피아드 등에 대비하기 위해서는 별도의 공교육이 필수적으로 이루어져야 한다. 그렇지 않을 경우 학생과 학부모들은 사교육에 매달리게 될 것이다. 이를 위한 구체적인 방법은 다음과 같다.

- 가. 현행 올림피아드 위원회에서 시행하는 인터넷교육, 여름, 겨울의 출석교육 강화
- 나. 대학부설 과학영재학교에서 '천문교육'의 강화
- 다. 과학고, 영재학교의 연구 프로젝트 수행을 통한 '천문교육'의 강화
- 라. 과학특성화 중등학교의 교육에서 '천문교육'의 강화

이와 더불어 공개강연 등을 통해 학부모를 포함한 일반인들에 대한 '천문교육'도 체계적으로 이루어져야 할 것이다.

7-2 영재 교육 및 올림피아드

(1) 영재교육의 필요성 및 추진 전략

창의적 기술 혁신이 가능한 과학기술인력의 육성 및 확보, 그리고 과학기술 분야의 차세대 지도자 양성을 통한 국가경쟁력 강화를 위해 영재를 육성할 필요성이 있다. 영재교육 추진을 위해서는 아래와 같은 전략을 사용할 수 있다.

- 과학영재 발굴 육성 시스템 구축
- 과학영재 교육기관의 특성화
- 효율적인 과학영재 교육 지원 프로그램 개발

(2) 과학영재 교육대상 범위 및 단계별 교육

과학영재는 수학과 과학에 대한 관심이 높고, 학습 속도가 현저히 빨라서 일반학교 교육과정 이외의 별도의 교육과정이 필요한 자로 정의한다. 따라서 영재성의 수준에 따라 다음과 같이 단계별 교육 프로그램을 제공할 수 있다.

초등학교 및 중학교: 기초프로그램(상위 1.3%)

- 교육담당: 전국 교육청 산하 과학영재교육원 및 대학부설 과학영재교육원
- 초등학교: 과학영재 교육의 저변 확대 주력
- 중학교: 수학/과학 분야의 창의적 문제해결력 계발
- 고등학교: 수학/과학 분야의 핵심리더로 성장시키기 위한 체계적 특별 교육
- 심화 프로그램(상위 0.3%): 과학, 수학 특별교육 제공 (전국 19개 과학고등학교)
- 도전/창의 프로그램(상위 0.1%): 창의적 잠재역량 계발 (4개 과학영재학교)
- 대학교: 도전적/창의적 프로그램 개발 지원

(3) 영재의 발굴 및 육성의 창구: 천문올림피아드

가. 국내 과학올림피아드 개요

국내에서는 1989년 전국 고등학생 대상 수학·과학 경시대회가 열리면서 중·고등학생의 수학·과학 경시대회인 과학올림피아드가 시작되었다. 1992년 정부는 과학영재의 조기 발굴과 육성을 위해 한국과학재단 내에 '한국국제과학올림피아드위원회'를 설치하고, 본격적으로 수학, 물리, 화학, 정보 올림피아드를 지원하게 되었다. 현재 정부가 지원하는 과학올림피아드는 수학, 물리, 화학, 생물, 정보과학, 천문, 중학생과학, 지구과학의 8개 분야이다.

나. 천문올림피아드의 역사와 현황

한국천문올림피아드(KAO)는 한국천문학회의 자체 재원으로 2001년 첫 국내대회를 개최했고, 2002년에는 제 7회 국제천문올림피아드(IAO)에 3명의 고등학생을 처음으로 참가시켰다. 2003년부터 정부의 지원을 받기 시작하면서, 다른 올림피아드와 마찬가지로 입시와 관련하여 인센티브가 주어졌으며, 2004~2007년에는 획기적으로 양적인 성장을 하였다. 이와 더불어 국제천문올림피아드(IAO)에 참가하여 2005년 이래로 상위 5위 이내를 유지하였고, 2012년까지 종합 1위를 5번이나 차지하는 등 괄목할만한 성과를 이루었다. 그러나 2010년부터 국내올림피아드 선발 방식이 개편되어 참가자 수가 대폭 감소하고 있어 참가자 수준의 질적 저하가 우려되는 상황이다.

다. 앞으로의 한국천문올림피아드(KAO)의 전망 및 과제

천문학에 대한 진정한 관심을 가진 영재의 발굴

2010년 KAO 심층면접지원자 120명을 상대로 한 설문조사에서 참가자의 과반수가 천문학에 관심이 있거나 더 많이 알고 싶어서 천문올림피아드에 참가한다는 고무적인 결과를 보여주었다. 이는 입시와 관련한 혜택이 없어도 천문올림피아드를 통한 과학영재의 발굴과 육성이 가능함을 보여준다고 할 수 있다.

미래 천문학계의 인력 공급원 역할 증대 및 실천 전략

2011년에 KAO 1차 지원자 160여 명의 학교생활기록부의 장래 희망을 조사한 결과 천문학·물리학을 미래 진로로 희망하거나 선택한 경우가 38%이었으며, 역대 국제대회 참가 대표학생 84명 중에서 대학 이상 재학 중인 59명 학생의 전공을 조사한 결과, 천문학·물리학을 현재 전공으로 선택한 경우가 36%이었다. 과학·공학으로 그 범주를 확장하면 70%를 넘는다. 이 결과는 선발 방식의 개편에도 불구하고 천문올림피아드가 미래 한국의 천문학계 및 과학계의 인력 공급에 중요한 역할을 해줄 수 있음을 시사한다.

천문올림피아드 유지 및 강화를 위한 대책

- 사교육 의존을 감소시키기 위한 천문올림피아드 자체 교육 강화
- 기존 천문올림피아드 지원자 구성의 다변화 필요
- 천문학에 대한 청소년의 관심을 유도할 수 있는 대중행사의 활용
- 천문올림피아드 참가자에 대한 지속적 관리 및 진로지도

라. 천문올림피아드 국제대회

천문올림피아드 국제대회 개요 및 전망

천문올림피아드 국제대회는 1996년 러시아에서 처음 열린 국제천문올림피아드 (International Astronomy Olympiad, 이하 IAO)가 시발점이다. 2005년에는 아시아-태평양 천문올림피아드 (Asia-Pacific Astronomy Olympiad, 이하 APAO)가 창설되었고, IAO 참가국 수는 20개국 이상 점진적으로 증가하였다. 그러나 2007년에는 동남아시아 국가들을 중심으로 국제 천문 및 천체물리 올림피아드 (International Olympiad on Astronomy and Astrophysics, 이하 IOAA)가 창설되면서 천문올림피아드 국제대회의 환경은 견제와 분열의 혼돈스런 양상으로 들어섰다. 현재 정부는 각 분야별로 단 1개의 국제대회만을 지원하기 때문에 천문올림피아드는 아직까지는 IAO를 공식적 국제대회로 규정하고 있다. 그러나 앞으로의 변화 추이에 따라 IOAA로 방향을 바꿀 가능성도 없지는 않다.



그림 7.1 2012년 10월 광주에서 개최된 제 17회 국제천문올림피아드 (IAO) 개막식. 사진제공: 이형목 회원

천문올림피아드 국제대회의 한국 개최 현황 및 전망

2009년 우리나라가 전남 담양에서 개최한 제 5회 아시아-태평양 천문올림피아드 (APAO)에는 9개국 11개 팀의 학생 60명 포함 총 88명이 참가했다. 그리고 2012년 10월 16~24일에는 광주광역시에서 제17회 국제천문올림피아드(IAO)를 개최하였다 (그림 7.1). 개최 규모는 23개국 총 250명(학생 90명 포함)이며 예산 규모는 약 10억 원(자체조달 2억 원 포함)이다. 이 행사는 정부가 지원하는 8개 국제과학올림피아드의 한국 개최 시리즈 (2000년 수학, 2002년 정보, 2004년 물리, 2006년 화학, 2008년 중학생과학, 2010년 생물)의 일환이다.

국제협력 및 천문학 인력 공급창구로서의 천문올림피아드 국제대회

천문올림피아드 국제대회에 참가하는 국가들은 선진국이나 저개발 국가보다는 개발도상국 (동남아시아, 동유럽 등)들이 많다. 이들 국가들은 국가의 경제성장 동력으로서 교육, 특히 과학교육에 많은 관심과 투자를 하고 있다는 공통점이 있다. 따라서 천문올림피아드에 참가하는

국가의 청소년들은 과학영재일 뿐만 아니라 이공계 진학률이 매우 높다. 이들 학생들이 국내 대학의 천문학과로 유학 오게 되면 우수한 국제 천문학 인력의 공급이라는 부수적 가치를 더해줄 수 있다. 이밖에 각국의 천문올림피아드 관련자들과의 교류나 IAU commission 46을 통한 해외 천문학 교육 및 과학영재교육 전문가들과의 국제협력을 통해 한국의 과학(천문학) 영재교육의 도약을 모색할 수 있다.

7-3 대학교육과 학부 졸업생의 진로

(1) 대학의 위상 변화

오랜 동안 대학은 최고의 교육과 연구를 수행하는 기관으로 자리를 유지하여 왔다. 특히 순수 자연과학인 천문학을 교육하는 천문학과와의 경우, 유능한 천문학자를 양성하는 것이 대학의 임무로 생각되었다. 그러나 2000년대에 접어들면서 대학의 사회적 역할에 대한 인식에 큰 변화가 생기고 있다. 대학의 수적 증가에 따라 고등학교를 졸업하는 졸업생의 80% 이상이 대학을 진학하는 상황에 이르렀고, 또 1994년부터 시작된 중앙일보의 대학평가에서 대학의 기본 임무인 교육과 연구뿐만 아니라 국제화와 대학의 평판·사회진출도가 평가의 중요한 지표로 등장하였다. 또한 일부 사립대학에서는 기초과학 관련학과를 폐지나 통합하거나 응용과학 관련학과로 바꾸려 하고 있다. 이러한 시대적 변화에 따라 대학에서 교육을 하는 천문학자들에게도 졸업생의 취업이라는 문제가 유·무형의 압력으로 작용하고 있다. 따라서 천문학 관련학과와 생존과 유능한 인력의 양성을 위해 관련학과와의 공동 노력이 필요한 시점이다.

(2) 학부졸업생의 진로현황

현재 천문학 관련 학부과정이 개설되어 있는 대학은 서울대(1958년), 연세대(1968년), 경희대(1985년), 경북대(1988년), 충남대(1988년), 충북대(1988년), 그리고 세종대(2003년) 등 8개 대학이며, 학부과정에 등록된 학생의 총 수는 900명 정도가 되는 것으로 추정된다. 유능한 인력의 양성도 매우 중요하지만 천문학 연구 인력의 수효는 급격히 늘지 않을 것이기 때문에, 대부분의 학부 졸업생들은 사회로 진출을 하게 될 것이다. 따라서 졸업생들의 진로에 대해 보다 심도 있게 고민을 하여야할 시점이라 생각이 된다.

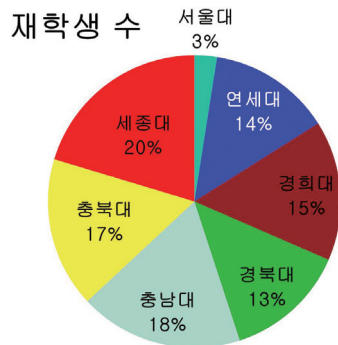


그림 7.2 학부 재학생의 비율 (2011년)

현재 재학생의 수는 가장 최근에 학과가 설치된 세종대 천문우주학과가 가장 많은 180명이며, 서울대 천문전공은 22명으로 가장 적었다(그림 7.2). 입학정원은 경희대 우주과학과가 40명으로 가장 많고, 서울대 천문학 전공이 5명(전공예약제 선발인원)으로 가장 적다. 최근 2년간의 졸업생 수는 259명(조사가 되지 않은 경북대 제외)이며, 졸업생의 진로는 그림 7.3에 나타났다. 졸업생들 중 37%인 96명이 대학원으로 진학을 하였으며, 30%인 79명이 취업을 하였다. 그리고 취업여부가 확인이 되지 않거나 취업준비, 군복무 등의 상태에 있는 졸업생의 수는 84명으로 졸업생의 32%에 해당한다.

대학원에 진학한 졸업생의 86%가 천문학 및 우주과학 분야로 진학을 하였으며, 14%는 타 분야로 진학하였다. 대학원 진학률이 가장 높은 학교는 경희대 우주과학과로 71%이며, 이는 WCU 사업을 유지한 결과로 생각된다. 충남대 천문우주과학과는 대학원 진학률이 18%로 가장 낮았다. 세종대 천문우주학과와의 경우 대학원으로 진학한 졸업생 9명 중 3명이 타 학문분야로 진학하였다. 졸업생의 취업률은 충북대와 세종대가 40% 이상을 보여, 대학 졸업자의 평균 취업률과 비슷하지만, 타 대학은 비교적 낮은 취업률을 보였다. 천문관련 업계로 취업한 졸업생의 수는 25명이며, 컴퓨터 관련업계로 진출한 졸업생은 2명으로 매우 저조하였다.

(3) 졸업생의 진로방향

가. 천문학 관련 기관

국가의 경제성장에 힘입어 국립과학관과 지방 자치단체, 그리고 개인이 운영하는 천문대가 속속 건설되고 있어, 전국적으로 약 60여 곳에 이른다(그림 7.4). 이들 천문대는 소형 망원경과 천체투영관을 운영하고 있으며, 초·중·고등학교에서 체험할 수 없는 우주에 대한 호기심을 채워 주고 있다. 이들 천문대는 단순히 별을 보여주는 곳이 아니라 과학에 대한 호기심을 자극하고, 이를 통해 미래의 과학자, 우주를 이해하는 작가와 예술가, 과학을 이해할 수 있는 국민으로 성장할 수 있도록 인도하는 과학 전도사의 역할을 하여야 할 것이다. 이러한 역할을 수행하는 인력은 천문학에 대한 지식과 열정, 과학사 및 과학철학에 관한 안목, 그리고 교육에 대한 생각을 가진 사람이어야 한다.

졸업생 진로

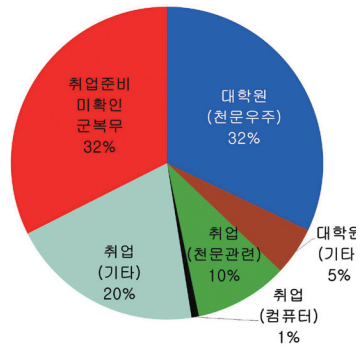


그림 7.3 최근 2년(2010/2~2011/8)간 졸업생의 진로

그러나 이들 천문대의 운영인력은 정규 천문학 교육을 받지 않은 아마추어 천문가들이 대부분이며, 정규직이 아닌 임시직 또는 계약직 신분이다. 이들 지방 자치단체의 천문대 및 시설 천문대에 천문학 전공자가 취업하기 위해서는 먼저 해결하여야 할 점들이 있다. 운영인력의 정규직화가 선행이 되어야 할 것이며, 정규 천문학 교육을 이수한 인력의 채용이 명시될 필요가 있다.

또 대학교육에서도 변화가 있어야 할 것이다. 천문학 관련학과의 졸업생 중에서 천문학 연구인력이 되는 비율은 매우 낮을 것이기 때문에, 위와 같은 일들이 “아마추어 천문가”가 하는 일이라고 무관심하게 대하기보다는 적극적으로 대처할 필요가 있다. 학부 교과과정에 1~2개의 정규교과목으로 이와 관련된 과목을 편성하여, 소형망원경을 이용한 관측을 익히고 또 천문학사와 같은 과목을 통해 과학의 발전을 이해하게 하며, 학과 내 소규모 천문관측동아리를 운영하는 것도 한 가지 방안이라 할 수 있다. 그리고 현재 대부분의 천문학 관련학과에서 개최하고 있는 공개관측회를 더욱 활성화 하고, 보다 체계적으로 추진하며, 이를 통해 학생들이 행사를 기획하고 진행하는 능력을 배양하는 것이 필요하다. 또 이와 같은 직종에 근무하고자 하는 학생들이 “천문학 지도사”와 같은 자격증을 취득할 수 있는 창구를 마련할 필요가 있다. 이와 같은 자격증이 인지도를 갖기 위해서는 천문학 관련학과의 “천문교육연합체”와 같은 기구를 만들 필요가 있다.



그림 7.4 전국의 국·공·사립 천문시설 현황 (포스터 제공: 한국천문연구원)

최근 충북대학교 대학원 천문우주학과 석·박사과정에 “대중천문과학 전공”을 개설한 것은 매우 고무적인 시도라고 할 수 있다.

나. 컴퓨터 관련 업체

컴퓨터 관련학과들이 설치되기 전에는 천문학과와 졸업생들이 컴퓨터 관련 연구소나 회사에서 능력을 발휘하였다. 그러나 컴퓨터 관련학과들이 늘어나고 많은 졸업생들이 배출되기 시작하면서 컴퓨터 관련 연구소나 회사에서 천문학과 졸업생의 비중이 매우 낮아졌다. 또 삼성전자와 같은 기업이 컴퓨터 기억소자와 휴대전화 등의 부분에서 세계적 기업으로 성장을 하면서, 컴퓨터를 사용하는 S/W 부문보다는 H/W 부문에서 급성장을 이룩하였다.

그러나 최근 인터넷 검색엔진 회사인 구글이 통신기기회사인 모토로라를 인수함에 따라 하드웨어에만 치중하였던 국내 컴퓨터 업계에 큰 위기가 닥쳐왔다. 따라서 그 동안 도외시 되어왔던 소프트웨어 개발에 본격적으로 투자를 할 것으로 기대가 된다. 컴퓨터 프로그램 개발에 많은 경험이 있는 천문학과 교수들이 이 방향으로 학부생을 교육한다면, 천문학과 졸업생들의 취업에 많은 기여를 할 수 있을 것으로 기대가 된다. 이를 위해서 천문학 관련학과의 학부생 교과과정에 컴퓨터 프로그래밍과 영상처리 등에 관련된 교과목을 개설할 필요가 있다.

7-4 대학원 교육과 인력 수급 전망

현 시점에서 한국 천문학계가 국제 천문학계에서 차지하는 역량을 다른 학문 분야와 비교해서 한 마디로 말한다면 “양은 작지만 질은 높다”일 것이다. 개인적 연구 수준이 세계와 비교해서 뒤떨어지지는 않지만, 아직은 몸집이 작아 한국 천문학계가 집단적으로 국제 사회에 주도적으로 기여하기가 쉽지 않다는 말이다. 꾸준한 질적 성장과 더불어 좀 더 획기적인 양적 성장을 하는 것이 한국천문학계의 중요한 과제라고 여겨진다.

한국 천문학계가 양적으로 성장하는 데는 많은 일자리의 확충과 좋은 인력의 확보라는 두 날개가 필요하다. 일자리와 인력은 동전의 양면처럼 서로 긴밀하게 연결되어 있다. 일자리를 제공하는 쪽과 일자리를 구하는 쪽을 모두 만족시키기 위해서는 배출되는 인력이 수가 많을 뿐만 아니라 질적으로도 우수해야 한다.

현 시점에서 박사급 인력의 일자리가 얼마나 되며, 앞으로 얼마나 필요한 지를 알아보자. 2016년 현재 대학의 관련 학과에 임용된 (정년보장) 교수의 수는 약 81명 (서울대 13, 연세대 11, 경희대 18, 충남대 8, 충북대 8, 경북대 5, 세종대 7, 부산대 2, 공주대 2, 고등과학원, 교원대, 강원대, 이화여대, 전북대, 전남대, 조선대 각 1명)이다. 1993년 대학에 있던 연구 인력이 약 40명인 것과 비교하면 18년 동안 대략 2배로 증가했다. 연구소로 가장 많은 인력을 보유하고 있는 곳은 한국천문연구원으로서 현재 연구직은 130여명이다. 1993년에 15명 정도의 연구직이 있었으니 그

동안 8배 이상 증가했다. 이밖에도 고등과학원, 항공우주연구원, 극지연구소, 전파연구소, 기상청, 전자통신연구원 등의 관련 연구기관이나 국·공립 과학관 등에도 한두 명 정도씩 천문관련 연구/기술/관리직이 있으므로, 이를 합치면 10여 명 정도로 추정된다. 또한, SELab과 같은 관련 분야 기업에도 5명의 박사 인력이 진출해 있다. 이를 종합해 보면 현재 천문학 박사급 일자리는 220 개 정도로 추정된다.

다른 나라와 경제 규모를 비교해 볼 때, 이상적으로는 우리나라의 박사급 천문학 관련 일자리는 500개 정도는 되어야 할 것으로 생각된다(3.3절, 5.1.3절 참조). 현실적인 여건을 고려해 이보다 낮추어 잡으면 약 450개 정도가 될 것이다. 즉, 머지않은 장래에 지금보다 230개 정도의 일자리가 더 생길 것으로 기대할 수 있다. 한국천문연구원 장기 발전계획에 의하면 2018년에 정규 인력이 400명 정도일 것으로 기대하고 있으며, 인력 구성비가 지금과 같다면 연구직 인력은 240명이 되므로, 현재와 비교해서 110명이 늘어나는 셈이다. 다른 연구소도 인력을 앞으로 10년 안에 20명 정도의 박사급 인력을 흡수할 것이다. 대학에서 20명, 민간 기업에서 10명을 더 필요로 한다면, 5년 안에 160명도 정도의 새로운 인력이 필요하다. 이와 더불어 현 인력 중 은퇴하는 사람의 자리를 채울 인력이 필요하다. 단순히 계산하면 현재 박사급 인력 220개 자리를 일하는 기간 30년으로 나누면, 1년에 7명 정도는 은퇴하는 것으로 볼 수 있고, 이를 5년간 합하면 모두 35명 정도의 인력이 추가로 필요하다.

따라서 앞으로 5년 간 필요한 인력은 160명과 35명을 합한 195명 정도가 될 것이다. 절대적으로 필요한 최소 인력은 50명이다. 천문연구원의 장기발전이 이런 저런 이유로 계획대로 되지 않을 수 있음을 고려하여 현재에 비해 늘어나는 일자리를 장기발전계획의 절반인 80명으로 잡으면 최소한의 수요가 될 것이다. 또 어렵잡아 다른 연구기관이나 민간 기업이 신규로 필요한 인력도 반으로 줄이면 25명이다. 이 경우 필요한 인력은 10년간 155명 (유지 50명 + 천문연구원 신규 80 + 기타신규 25)이다. 요약하자면 앞으로 10년간 필요한 박사급 인력은 최소 155명에서 최대 250 정도일 것으로 보인다. 참고로 이런 추정에서 박사후 연구원과 같은 일시적 자리는 고려하지 않았다.

2021년까지 필요한 박사급 인력 155명에서 250명은 어떻게 충당될지를 추정해보자. 우선 이미 박사학위를 받고 연수 과정에 있는 사람들이 가장 중요하고 확실한 미래 인력일 것이다. 이에 대한 구체적인 자료는 없지만 대략 20명 정도일 것으로 추산된다. 그리고 외국에서 학위 받고 귀국하는 사람들을 1년에 3명 정도로 잡으면 30명이 된다. 그러면 나머지 105명에서 170명은 앞으로 10년 동안 국내 대학원에서 박사과 배출해야 할 인력이다. 즉, 1년에 11명에서 17명까지 배출하는 것이 적절하다고 할 수 있다. 그렇지만 경쟁도 필요하고 중간에 자연적인 인력 손실이 있을 수 있으니, 적게는 15명, 많게는 20명 정도가 적절한 수로 추정된다.

2012년 현재 국내 대학원 개설 현황을 살펴보면 대학원생 수는 박사 과정 기준으로 총 150 명 (현 재학생 기준, 경북대 4명, 경희대 37명, 서울대 35, 연세대 30, 충남대 10, 충북대 10, 세종대

4) 정도이다. 이를 6년으로 잡은 박사 재학기간으로 나누면, 약 25명이다. 현재와 같은 교육이 정상적으로 (모두 졸업한다는 뜻) 이루어진다면 국내에서 배출되는 박사는 연간 25명, 10년 동안은 250명이 된다. 이는 위에서 안전하게 추정한 필요 인력보다는 많고, 이상적으로 추정한 필요 인력에 가까운 값이다. 이 분석에 따르면 한국 천문학회 전체로 볼 때 각 대학 대학원 과정의 교육은 대학원생 수를 단순히 늘리기 보다는 질을 높이면서 현재의 대학원생 수를 유지하는데 더 힘써야 할 것으로 보인다.

추천 사항

1. 현재 대학원생들의 수는 향후 10년 동안 예상되는 최소 박사급 인력을 제공할 수 있는 것으로 보이므로 각 대학들은 대학원생 수를 많이 늘리기보다는 연구 수준과 능력을 높이는데 집중하여야 한다.
2. 지방자치 단체 및 사설 천문대는 계속 늘어나고 이들 천문대는 천문학 및 과학대중화의 첨병이 되어야 하므로, 대학에서는 천문대와 관련 프로그램을 잘 운영할 수 있는 인력을 양성하여야 하며 이를 위해 현 학부 및 대학원 교육과정을 적절하게 조정할 필요가 있다. 또 학회 및 관련기관들은 천문대 운영에 관련된 정부 행정 직제를 만들고 운영인력들을 정규직화 하는데 많은 노력을 기울여야 한다.
3. 각 대학들은 천문학 분야 외에도 취업할 수 있는 다른 분야를 개척하고, 이에 맞는 교육을 하여야 한다.
4. 초중등학생 및 일반인들에 대해서는 대학과 천문연구원 등의 공개관측 및 강연을 통해 천문학에 대한 관심을 불러일으키고, 학회는 이를 조직화하여 많은 대중들이 참가할 수 있는 기회를 만들어야 한다.
5. 천문올림피아드 등의 프로그램을 통해 미래에 천문학자 및 과학자가 되는 데 필요한 특별 교육을 중등 영재 학생들에게 제공한다. 올림피아드 프로그램이 과학에 소질과 흥미를 가지고 있는 어린 학생들의 잠재력을 키우고, 학문 후속세대의 중심축을 이루는 인력의 조기 교육에 기여하도록 운영되어야 할 것이다.

제8장

천문학회 발전 방안

한국 천문학의 새로운 도약: 2016-2026 발전 계획 | Rev2017-08-31-v2

천문학회는 지난 50여 년간 천문학계와 더불어 질적, 양적 발전을 거듭해 왔다. 연구 또는 교육 기관과 달리 학회는 학계 전체의 발전을 위해 대외적으로는 천문학자들의 입장을 대변하고 대내적으로는 각종 학술 활동을 진작시키는 다양한 활동을 한다. 이제 한국 천문학회는 등록 회원의 숫자가 600명이 넘는 규모로 성장하였고, 2000년에는 사단법인으로 등록함으로써 공신력 있는 기구로 거듭났다. 이 장에서는 천문학회가 본연의 임무를 더 잘 수행할 수 있는 다양한 방안을 제시하고자 한다.

8-1 회원

(1) 회원 현황

2016년 8월 현재 학회의 전체 정회원 수는 684명이다. 2012년 정회원 수는 673명이었으며 그 중 회비를 납부한 회원 수는 279명이었다. 그림 8.1은 지난 10여 년간 전체 정회원 수 및 회비를 납부한 회원 수의 변화를 보여준다. 지난 5년간 평균 약 8% 정도 증가해왔다. 한편 회비를 납부한 회원의 수는 최근 2년 주기로 증가와 감소를 되풀이 하고 있지만 전체적으로는 꾸준히 증가하고 있다.

(2) 회원 증대 방안

지난 10년 사이 정회원 총수가 2배 이상 증가한 것을 기준으로 단순히 추정한다면 2021년 정회원 수는 1300명 내외가 될 것이지만 회비를 납부 하는 회원 수, 즉 학회 활동에 열성적으로 참여하는 회원 수는 약 450명 정도가 될 것으로



그림 8.1 천문학회 회원 수와 회비를 납부한 회원의 수

예상된다. 하지만 회원의 수는 천문학 및 우주과학 관련학과 정원, 천문학 전공 관련 연구소나 기관의 양적 팽창, 우주공학 관련된 국가의 정책 등 여러 여건에 따라 변동될 것이다. 이런 자연적인 증가 외에 학회가 능동적으로 회원 수를 늘이는 노력도 기울여야 할 것이다. 이를 위해 다음과 같은 방안을 제시한다.

- ① 공동회원제 - 한국우주과학회, 한국물리학회 (천체물리분과), 한국지구과학회 등 유관 학회들과 상호 회원들을 인정해주는 공동 회원제를 운영한다.
- ② 준회원 활성화 - 학부생들이 참여할 수 있는 프로그램과 기회들을 만들고 준회원 (학생회원)으로 참여할 수 있게 해 준다.
- ③ 명예회원제 - 적절한 조건을 갖춘 일반인들에게 명예회원으로 가입할 기회를 제공함으로써 학회의 외연을 확대한다.

8-3 타 학회와의 관계

현재 천문학회와 연관된 학회로는 한국우주과학회, 한국지구과학회, 한국물리학회를 들 수 있다. 이중 한국우주과학회와는 적지 않은 회원이 겹치고 있으며 연구의 주제도 겹치는 부분이 많다. 또한 최근의 천체물리학적 발전에 힘입어 물리학회의 천체물리분과와도 연구의 주제가 겹치는 부분이 늘어나고 있다. 이들 타 학회들은 상호협력을 하여야 하면서도 경우에 따라서는 경쟁해야 할 대상이다. 각 학회와의 상호 협력 방안을 학회별로 정리하면 다음과 같다.

(1) 한국우주과학회

가장 많은 회원들이 겹치는 한국우주과학회와는 학술대회 공동개최, 정부정책에 대한 연대 대응 등 상호협력 한 전례가 많다. 그러나 현재 국내 천문학계의 인적 규모를 감안하면 회원들이 두 학회의 활동에 모두 참여하고, 두 학회가 출간하는 세 학술지에 논문을 투고 하는 것은 쉽지 않은 일이며, 이는 학회의 운영 및 적정 규모를 유지해야 하는 학술지 출판에 큰 부담으로 작용하고 있다. 하지만 한국우주과학회의 경우, 예전에 비해 천문학의 비중이 상대적으로 낮아지고 우주과학 등의 비중이 높아지고 있으므로, 천문학회와의 차별성이 자연스럽게 증가하고 있는 것으로 보인다. 국가적으로도 발사체 개발, 인공위성 개발 등 우주 분야 개발이 활발해짐에 따라 이런 경향은 심화될 것으로 예상되므로, 두 학회는 전략적으로 협력하고 학술적으로는 상호 보완하는 관계를 구축하는 것이 가능할 것으로 기대된다.

(2) 한국지구과학회

중등교육체계에서 천문학은 지구과학의 한 학문분야로 오랫동안 인정되어 왔다. 그러나

천문학의 발전에 따라 대학에서의 교육이나 연구는 이전과 좀 다른 경향을 보이고 있다. 현실적으로는 여전히 초·중·고등·학교에서 천문학은 지구과학에 포함되어 있고, 학생들도 지구과학의 한 분야로서 천문학을 배우고 있으므로, 초·중·고등교육과 관련된 부분에서는 한국지구과학회와의 협력 및 역할 분담이 매우 중요하다고 할 수 있다. 예전에는 적지 않은 한국천문학회 회원들이 한국지구과학회 회원으로 활동하면서 활발한 교류가 있었지만 최근에는 지구과학회에서 활동하는 천문학회 회원의 활동이 매우 미약하다. 따라서 초·중·고등교육과 관련하여 한국지구과학회와 어떻게 교류하고 협력할 것인지에 대해 심각하게 고민할 필요가 있다.

(3) 한국물리학회

한국물리학회의 천체물리분과는 전통적으로 중력물리학, 물리학적 우주론 등이 중요한 연구주제였으나 최근 우주론, 고에너지 천체물리학 분야의 발전에 따라 이들 연구 분야가 천문학회 회원들의 연구 분야와 많이 겹쳐지고 있다. 주로 천체현상에 대한 이론적 연구를 하던 물리학자들은 최신 천문 관측에 대해 알고자 하고, 천문학자들은 이와 연관된 물리적 이론을 알고자 한다. 또한 초기 우주론, 중력파 천문학 등 전통적인 물리학과 천문학 양쪽에 걸친 새로운 분야의 연구가 활성화되고 있어, 그 어느 때보다 물리학회 또는 물리학회 회원들과의 연구 교류가 필요해지고 있다. 한편으로는 정부 연구개발 지원에서 물리학적 천체물리학과 천문학을 굳이 구별하지 않은 경우가 많아짐에 따라, 정책 설정 등에 대해 연합하여 대응해야 할 경우가 많아지고 있어서 물리학회와의 협력이 갈수록 중요해지고 있다.

천문학은 교과과정 측면에서 지구과학의 한 분야로 시작하여 연구적 측면에서는 물리학과 가까워지고 있는 동시에 독립적인 중요 학문분야로도 점차 인정받고 있다. 그러나 국가 교육이나 연구 지원 정책적 측면에서 천문학과 밀접한 학문 분야를 경우에 따라 다르게 인지하고 있으므로 이에 대한 대응에 어려움이 예상된다. 따라서 향후 천문학을 물리학 및 지구과학과는 완전히 독립된 분야로 인정을 받으면서 발전을 계획할지 아니면 물리학 또는 지구과학 등의 분야와 발전을 도모하여야 할지 중장기적인 비전을 가지고 준비할 필요가 있을 것으로 판단된다.

8-4 외국학회와의 교류

현재 한국천문학회는 이집트 천문학회와 논문 게재료 면제에 관한 합의서 이외에는 국외의 어떤 학회와도 MOU 등을 통한 일대일 형태의 공식적인 교류나 협력관계를 유지하고 있지 않다. 국제천문연맹 (International Astronomical Union, IAU) 회원국으로서 IAU 기구나 학술대회, IAU 지역기구나 지역학술대회에 참가할 뿐이다. 다만 2010년 한·일 천문학회장의 학술교류에 대한 협력이 있었다.

갈수록 늘어나는 미국, 일본이나 중국 학계와의 학술적 교류를 감안하면, 이들 국가들의 천문학회와 밀접한 협력관계를 구축할 필요가 있다. 한국기상학회의 경우 한·중·일 기상학회 국제학술대회를 정기적으로 개최하여 학술 교류를 정례화하고 있는 점은 우리에게 시사하는 바가 크다. 천문학 연구에서도 갈수록 대형화 되는 관측기기 개발과 유지를 위해 활발하게 국제협력이 이루어지고 있으므로, 학회 차원에서 관련된 외국학회들과 공식적인 협력관계를 구축하고 정례적인 공동학술대회나 공동학술지를 운영하는 등의 실질적인 학술 교류의 장을 만들어 나갈 필요가 있다. 2011년 가을학술대회에는 태양 및 우주환경 분야에 대해 한·일 공동 세션이 개최되었다. 앞으로 더 많은 분야로 이런 노력들을 확산시키고 정례화하여, 학술교류에 대한 MOU를 교환하는 등 협력관계를 공식화하고 또 구체화하여야 할 것이다. 학회의 국제 활동에 대해서는 제 10장에서 다시 언급한다.

8-5 홍보 강화

천문학은 다른 학문과는 달리 취미로 우주를 관찰하고 공부하는 아마추어 천문가들이 있고, 전 연령층의 일반인들이 관심을 갖고 있는 우주를 연구하는 학문이다. 따라서 다른 어떤 학문분야보다 일반인들에게 다가가기 쉽다고 할 수 있다.

이러한 이유로 천문학과가 있는 각 대학들은 정기적으로 일반인들을 위한 공개관측회와 강연 등을 개최하고 있으며, 많은 학생들과 일반인들이 참여하고 있다. 특히 2009년에는 세계천문의 해를 맞아 많은 강연과 관측 행사들을 개최하여 일반인들에게 천문학을 알리는 계기가 되었다.

그러나 일반인을 위한 회원들의 행사가 적지 않음에도 불구하고 학회차원에서 이를 체계적으로 홍보하는 노력은 부족하였다. 매분기마다 천문학 관련 기관이나 회원들이 개최하는 모든 강연이나 관측 행사들을 수합하여 천문학회 홈페이지에 게재하고 언론 매체 등에 행사일정 및 내용을 제공한다면 회원들의 노력에 대한 홍보와 일반인의 참여를 극대화할 수 있을 것이다. 또한 회원들의 활동 중 일반인이나 언론에 관심을 불러일으킬만한 사항에 대해서는 관련된 상세정보를 제공하고 보도자료를 제시할 필요가 있다. 나아가 학회(교육 및 홍보위원회)가 주도하여 학술대회 때마다 관련 기관과 협력하여 일반인들을 위한 공개관측과 강연 등의 천문학 프로그램을 진행함으로써 천문학을 보다 적극적으로 홍보할 필요가 있다.

더불어 천문학에 대한 일반인들의 인식을 바꿀 필요도 있다. 미국과 같은 선진국의 경우, 천문학 또는 천체물리학은 지적 도전 정도가 매우 큰 학문으로 인식하는 반면, 국내에서는 아직도 소형 망원경으로 별을 보는 정도의 낭만적 학문으로만 인식하고 있다. 따라서 강연이나 학술활동, 언론 노출 등 여러 경로를 통해 현대 천문학은 첨단기기와 슈퍼컴퓨터를 활용하고 가장 정교한 이론을 적용하여 연구하는 도전적인 학문임을 정확하게 알리는 노력을 하여야 할 것이다.

현재 학회 내 학술활동 및 취업 등에 대한 정보는 “천문학회 대표메일”을 통해 회원들에게 잘

제공하고 있다. 그러나 학회 회원들의 저서나 역서 출간 등과 같은 활동은 제공하지 않고 있다. 따라서 회원들에게 도움이 될 수 있는 학술 및 저술활동에 대한 정보도 체계적으로 수집하여 회원들에게 제공할 필요가 있다.

8-6 대정부 활동 강화

천문학회는 소규모 학회로 인식되어 있기 때문에, 대부분의 주요 과학정책의 결정에서 소외되어 왔다. 천문학이 인간의 지적호기심을 추구하는 순수 자연과학이지만, 이를 추구하기 위해 첨단기술이 개발되고 적용되는 학문임을 정책 담당자들에게 인식시킬 필요가 있다. 그러나 인적자원이 제한된 천문학회의 경우, 현직 임원과 회원들만으로는 이 부분의 역할까지 담당할 여력이 매우 부족하다.

따라서 원로 회원 및 전임 임원으로 구성된 (가칭) “자문위원회”와 같은 산하기구를 만들고 원로 회원들이 천문학계의 미래를 위해 기여할 수 있는 기회를 제공하는 것도 필요할 것이다.

8-7 학문 후속세대 활동 지원

천문학 및 우주과학을 전공하는 대학원생의 모임(Young Astronomers Meeting, YAM)은 한·일간 대학원생의 학술적 교류를 위해 1991년도에 처음 시작이 되었다가 참여 인원의 감소로 2000년도 겨울부터 활동을 중단하였다. 2005년 봄 천문학회에서 YAM의 복구가 논의된 이후 현재까지 활동이 이어지고 있다. YAM의 인적구성은 천문학 및 우주과학을 전공하는 대학원생과 박사후연구원이자.

YAM의 국내활동으로는 연 1~2회의 정기모임과 천문학회가 개최되는 기간 동안의 모임, MT와 같은 비정기 활동이 있으며, 국제활동으로는 한국, 일본, 중국, 대만이 참가하는 EAYAM과 한국과 일본의 천문학도들이 모이는 KJYAM (일본에서 개최되는 경우 JKYAM)이 있다. EAYAM은 참가하는 4개국 이 번갈아가며 개최하고, 3년에 한번 모임을 갖는다. KJYAM은 한국과 일본이 번갈아 가며 연 1회 개최를 하지만 EAYAM이 개최되는 해에는 개최하지 않을 수도 있다.

현재 YAM의 주요 활동은 국내 천문학도들의 학술적 교류보다는 KJYAM과 EAYAM과 같은 국제 활동이 주를 이루고 있다. 현재 대학원생들이 이들 국제행사에 참가하거나 또는 국내에서 이들 행사를 개최하는 경우, 그 경비를 조달할 수 있는 방법이 거의 없다. 이 행사가 연구와 직접적으로 관련된 것이 아니기 때문에 지도교수의 연구비에서 경비를 충당하는 것이 쉽지 않은 일이며, 이러한 이유로 한국천문연구원의 지원을 통해 행사에 참가하거나 행사를 개최하였다. 그러나 YAM은 실체가 명확하지 않은 “임의단체”였으나 현재는 천문학회의 조직에 흡수하였기 때문에 천문학회가 YAM의 활동에 필요한 경비를 천문연구원으로부터 지원받고, 이를 YAM의 활동에 지원하는 창구의 역할을 할 수 있게 되었다. 이를 통해 학문 후속세대인 천문학도들이 학술활동을

보다 적극적할 수 있도록 교류의 장을 마련을 해주는 것이 바람직할 것이다.

이를 위한 방안으로는

1. 학술대회 기간 중 YAM을 위한 Session의 정례화
2. YAM을 학회 분과로 격상
3. YAM의 정례 학술대회 지원

을 고려해 볼 만하다.

추천 사항

1. 공동회원제, 준회원 활성화, 명예회원제 등의 다양한 방법으로 회원 수를 늘린다.
2. 관련 국내 · 외 학회들과 상호 협력, 보완한다.
3. 일반인들에 대해 천문학을 알리는 노력을 강화한다.
4. (가칭) 자문위원회를 구성하여 과학정책 결정 등에 참여한다.
5. YAM 등의 학문후속세대를 지원하는 제도를 갖춘다.

한국천문학회회는 영문 전용 학술지인 『Journal of the Korean Astronomical Society』(JKAS, 한국천문학회지)와 국·영문 혼용 학술지인 『천문학논총』(Publications of the Korean Astronomical Society, PKAS)을 발간하고 있다. JKAS는 1968년에 제1권을 출판한 것을 시작으로 현재까지 45년의 역사를 지니고 있다. 1986년부터 학술지의 국제화를 위하여 영문 전용 학술지로 변모하였으며, 현재 년 6회 출판을 하고 있다. PKAS는 1984년에 제1권을 출판하기 시작하여 현재 28년의 역사를 갖고 있다. PKAS의 경우 투고논문 편수의 제약으로 인해 년 1~2회에 머물던 출판 횟수가 최근 들어 년 6회를 꾸준히 유지하고 있다.

JKAS는 한국의 대표 천문학 학술지로서 빠른 출판을 통해 연구자들의 성과를 신속히 학계에 보고하는 역할을 담당하고 있으며, 논문의 가독력 향상과 국내외 논문 검색 및 다운로드 서비스 강화를 통해서 천문학 연구성과의 확산에 크게 기여하고 있다. 그러나 천문학 분야 국내 연구진의 규모가 작고, 연구자에 대한 평가가 국의 학술지 논문 위주로 되어 있으며, 일부 분야가 중복되는 우주과학회지, 지구과학회지, 물리학회지 등의 관련 학술지가 존재하고 있어 논문 투고가 충분히 이루어지고 있지 못하고 있다는 어려움이 있다. 이러한 상황에서도 학회는 PKAS와 JKAS 두 학술지 모두를 질적으로나 양적으로 우수한 학술지로 키워야 한다는 인식 아래 산하 '편집위원회'를 2010년 1월부터 'JKAS 편집위원회'와 'PKAS 편집위원회' 체제로 개편하였다. 현재 JKAS와 PKAS는 2011년 9월에 창립한 (사) 한국과학학술지편집인협의회(Korean Council of Science Editors, KCSE, 줄여서 '과편협')에 단체회원으로 가입하여 학술지의 수준 향상을 꾀하고 있다.

외국의 우수한 저널들과 경쟁해야 하는 JKAS를 인근 국가들과 통합된 지역 학술지로 탈바꿈하려는 노력이 진행되었으나 동아시아 지역의 특수성 때문에 실현 불가능한 것으로 판단되어 독자적인 발전을 모색하고 있다. 최근에는 SCIE에 등재됨으로서 국내 학자들이 연구 평가에서 어느 정도 활용할 수 있는 길이 열렸고 외국에서도 논문이 투고되기 시작하였다. Impact Factor도 지속적으로 상승하고 있다.

PKAS는 국문으로 된 천문학 연구 논문이 실린다는 점에서 차별성이 있으며, 보다 다양한 분야의 논문출판을 담당하고 있다. 특히, 기기개발이나 교육관련 보고서로서의 역할을 충실히 수행하고 있으며, 대학원생을 위한 해설논문의 게재를 통해 가치 있는 학술지로 거듭나려는 노력을 계속하고

있다. 또한 서지 정보측면에서 많은 개선이 이루어졌고, open access online 출판 요구에 부응하기 위해 논문의 전문을 '한국과학기술정보연구원(KISTI)'의 무료 데이터베이스인 KoreaScience(<http://www.koreascience.or.kr>)에 탑재시키고 있다. 그러나 논문투고가 충분치 않아 PKAS의 년 4회 발간이 여전히 힘든 실정이다. PKAS의 당면한 과제 중 하나는 앞으로 강화될 것으로 예측되는 출판윤리와 연구윤리에 대비하는 일이 될 것이다.

여기에서는 주로 국제적인 경쟁력을 키워야 하는 JKAS 위주로 발전 방향을 살펴보고자 한다.

9-1 JKAS 현황

JKAS는 천문학 전체를 다루는 저널로서 출판된 논문들의 분야 역시 이러한 현상을 반영하고 있다. 실제로 2007년부터 2012년까지 5년 동안 발간된 논문 120 편의 분야별 분포를 대표적인 국제 저널중 하나인 Astrophysical Journal (Apj)의 761호(2012년 12월)에 실린 185편의 논문 분포와 비교하여 보았다. 분야는 태양 및 태양계, 항성과 항성계, 성간물질 및 우리은하, 외부은하와 우주론, 기타 (기기, 순수 이론, 수치모의실험 등)로 나누어 분포를 그림 9.1에 그 결과를 보여주고 있다. Astrophysical Journal에 비해 국내 저널은 항성과 항성계의 비중이 높은 반면 외부 은하 및 우주론은 상대적으로 논문 수가 적음을 볼 수 있다. 이러한 차이는 JKAS에 투고하는 국내 연구자들의 연구 분야를 대변하기도 하지만, 외국인 연구자들의 JKAS 투고 논문도 기여를 하는 것으로 판단된다.

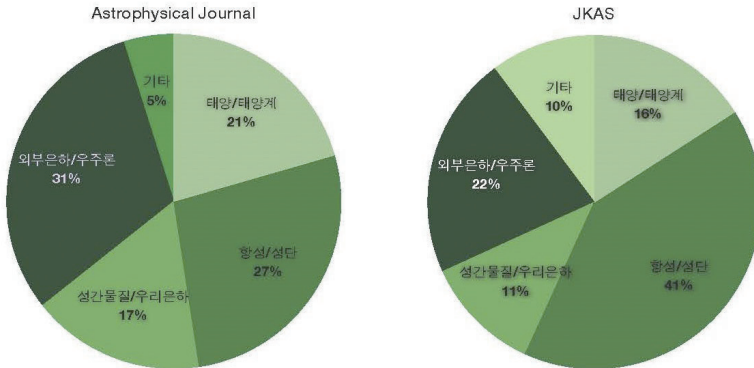


그림 9.1 대표적인 국제 학술지인 Astrophysical Journal과 국내에서 발간하는 영문 학술지인 JKAS에 게재된 논문의 분야별 분포 JKAS의 경우에는 2008년-2012년 사이에 실린 120편을 대상으로, Astrophysical Journal의 경우에는 2012년 12월의 제 761권에 실린 185편을 대상으로 조사하였다.

9-2 JKAS 발전 목표

(1) 최종 목표 - SCI 학술지 등재

JKAS는 2009년부터 SCIE에 등재되어 있으며 2010년 최초의 영향력 지수가 발표되었고(0.292), 2011년(0.474)과 2012년(0.615), 2013년(0.727), 2014년 (0.837), 2015년 (0.655) 로 미세하나마 증가세가 유지되고 있다. 국내의 논문 평가가 SCI와 SCIE를 구분하고 있어 JKAS에 논문을 게재하면 국외 학술지에 게재하는 것에 비해 불이익을 당하고 있다. 이러한 불이익을 해소하기 위해서는 SCI 등재와 영향력 지수의 향상이 필요하다. 특히 영향력 지수의 향상은 SCI의 전제 조건이기 때문에 반드시 높여야 할 것이다.

(2) 구체적 단기 (3년) 목표

연간 투고 논문 수: 현재 30편/년 → 50편/년
 투고 논문의 국내-국외 비율: 4-1 (외국 소재자의 논문 20% 이상)
 Impact factor: 1.2

(3) 개선 방안

가. 자신의 논문을 투고하고 싶은 학회지로 만들기 위한 방안

저자들에게 투고된 논문을 엄격히 거르는 면만을 강조하는 대신, 출판 승인된 논문의 가독성을 향상시키고 게재된 논문을 적극적으로 홍보해 주는 면을 강조한다.

- 1) 빠른 출간 기간
 - 심사 기간 (3주/초고, 2주/재고 이상), 편집기간 (2주)
- 2) 논문 기고 방법과 학회지 관련 통계 변화에 대한 홍보 강화
 - 학회지 역사와 상황을 보여주는 통계.
 - 논문 투고 방법 매번 알림.
- 3) 게재 승인된 논문의 영어 교정
 - 원어민 천문학자에 의한 논문 영어 교정 서비스.
- 4) 편집위원(Scientific Editor)단의 강화
 - 각 분야에서 가장 활발한 연구자가 편집위원으로 활동
- 5) 페이지가 짧은 Letter 또는 Research Note 논문 수용.
- 6) 외국 학술지에 실리기 어려운 종합적 해석 논문, 관측 및 수치실험 자료 설명 논문, 코드 사용 설명 논문, 특정 분야 연구 기법 설명 논문 등을 유치²⁾

2) 학회의 발전계획, SRC, 창의과제, 기초과학연구소 등 대형 사업의 과학 제안서, 학회 관련 기관의 역사논문 등도 가능하나 impact factor를 감안하여 보류.

- 7) 우주과학, 천문기기 논문 투고 장려³⁾
- 8) 독립적 학회지를 갖지 못하는 국가의 천문학자 논문 투고 장려
- 9) 임용, 재임용, 승진, 연구비 신청 시의 업적 평가에서 천문학회지 게재 논문의 인정 비율을 높이도록 천문연구원과 각 대학교 및 정부기관 등에 요구.
- 10) 박사학위 취득 요건에 학회지 논문 인정 요구
- 11) 특별호(special issue): 학술회의 프로시딩 논문도 개별 심사 통과 후 게재.
- 12) 기타
 - 국내 천문분야 대표 영문 학술지로서 분야 확대 - 천문학논총과의 관계 설정 필요
 - 천문학회지 게재 논문들의 분야 파악하여 취약분야 보강

나. 읽고 싶은 학회지로 만들기 위한 방안

독자들이 연구를 수행하는 데에 참조할 수밖에 없는 우수 논문, 또 주요 연구사업과 학회의 발전계획을 담은 보고서 논문들을 유지한다.

- 1) 우수 논문 유치
 - 최근 국내 학회에서 초청 강연을 한 국내 또는 외국의 중견학자의 리뷰 논문 유치
 - 재외 한국 천문학자들에 논문 투고 요청
- 2) 학회지 논문에 대한 홍보 강화
 - 회원에게 매 호의 논문 목록 email 발송. 각종 검색엔진 등록
 - 일본, 중국, 인도, 호주 등 국가의 천문학회지 편집위원 공유
 - SCI 학회지를 갖고 있는 나라의 외국인 심사자 확대
- 3) 학회지 논문에 대한 포상 강화 - 젊은 천문학자 상 등
- 4) 학회지 가독성 향상: 표지, 지질, 편집구도의 개선 (중기적으로)
- 5) 지금까지 출간된 모든 논문을 포함하는 Index 제작.

다. 논문 출판의 수월성 향상

- 1) JKAS 홈페이지 내용 갱신
 - JKAS 역사 갱신. 상세한 논문투고 규정 게시
- 2) Web address [jkas.kas.org] 확보 및 온라인 투고시스템과 링크
- 3) 영문 온라인 투고시스템의 내용 개선: KISTI system 폐기 및 신규 투고시스템 구축

3) 이집트, 태국, 인도네시아, 베트남 등에 논문게재료 감면에 관한 MOU를 맺거나 그 나라 학자 가운데 편집위원을 배정하는 등 적극적 조치 필요

- 4) 편집위원회 활동 강화
 - 편집위원: 국내 10인, 국외 6인. 인원 확대가 바람직.
 - 편집부 직원 고용: 교신의 일부와 논문교정 전반을 관장.
 - 영문 교정자 고용
- 5) 논문게재료 인상을 통한 자원 확보 필요. 반면에 투고자 확대를 위해 게재료 면제 폭도 확대.

추천
사항

1. 장기적으로 JKAS를 SCI 학술지로 등재한다.
2. 단기적으로 JKAS에 대해 투고 논문 수 증가, 투고 논문의 국제화를 이루고, 빠른 출간 기간, 영어 교정, 짧은 논문 수용 등을 통해 투고하고 싶은 학회지, 우수 논문 유지, 논문에 대한 포상 등을 통해 읽고 싶은 학회지로 만든다.
3. PKAS는 기기개발, 교육관련 보고서, 해설논문 등의 논문 게재를 통해 가치 있는 학술지로 만든다.



국제 활동

한국 천문학의 새로운 도약: 2016-2026 발전 계획 | Rev2017-08-31-v2

우리나라의 천문학계는 그 규모와 수준으로 볼 때 호주나 네덜란드와 비교할 만하고 국제적으로 결코 미미하지 않음에도 불구하고 국제학회나 학술활동 등에서 그 수준만큼 인정받지 못하고 있는 것이 사실이다. 한국천문학이 발달하고 있는 것이 해외 학자들에게 오히려 전달되고 있지 않기 때문이기도 하고 우리 연구가 21세기 천문학의 동향으로 비춰볼 때 아직도 너무 독립적이고 폐쇄적이기 때문이기도 하다. 거대마젤란망원경 프로젝트나 우주망원경 프로젝트 등 대규모 협력연구 여러 분야에서 꾸준히 국제협력이 이루어지고 있지만, 개인연구자의 단계에서는 더 활발한 교류가 바람직하다.

10-1 학문 후속세대 교류

구체적인 국제교류 방안으로는, 학문 후속세대(학생, 박사후연구원)를 대상으로 한 중장기 인적 교류와 국제학술대회 유치를 우선 꼽을 수 있다. BK21, 연구재단 등의 채널을 통해 후속세대를 해외 우수 연구기관으로 연수를 보내거나 해외 연구 인력을 초청하는 것이 가장 쉬운 방법이다. 해외 후속세대 연구자들을 유치할 때, 특히, 박사후연구원의 경우, 선택과 집중 정책을 고려할 필요가 있다. 능력이 뛰어난 연구자들을 상대적으로 덜 알려진 한국으로 유치하기 위해서는 뚜렷한 메리트가 있어야 한다. 가장 강력한 조건으로, 외국보다 더 높은 연봉(대략 미화 5만불 이상)을 제공하는 것은 한국의 현실을 고려할 때 실현가능성이 매우 희박하다. 대안으로, 그들이 한국의 연구 환경을 매력적이라고 생각하도록 만들어 주는 방법이 있다. 여기에 선택과 집중 정책이 중요해진다. 예를 들어, 한 연구기관이 5명의 박사후연구원을 동시에 채용할 수 있는 연구비가 있다고 가정하자. 요즘 들어, 이와 같은 상황은 한국 내에서도 여러 기관에서 충분히 가능하다. 이 경우, 각 전공부서마다 한 명씩 연구원을 초청하기보다, 다섯 명을 모두 적절히 관련된 분야로 뽑으면, 외국에서 들어오길 고려하는 대상자들의 경우에는 시너지를 기대하고 또 숫자에 대해 더 안심하고 결정을 할 수 있다. 이러한 정책은 물론, 각 기관 내에서 대응적인 차원의 양보와 신뢰를 통해 가능해진다.

외국인 대학원생을 유치하여 교육하는 것도 매우 중요한 일이다. 그동안 우리나라는 주로

외국으로 유학생을 보내는 편이었다. 그러나 국내 교육 수준이 높아지면서 해외 유학생의 비율은 상당히 줄어들었다. 반면 외국인 학생을 국내에서 교육하는 것은 아직도 흔치 않다. 여기에는 아직 국내 대학이 국제적으로 잘 알려져 있지 않을뿐더러 외국인 학생을 체계적으로 교육하고 지원할 수 있는 기반을 갖춘 대학이 많지 않기 때문이다. 우선 외국인이 있을 경우 한국어에 능통할 가능성이 적기 때문에 영어로 강의를 해야 하고, 안정된 재정 지원이 뒤따라야 한다. 그럼에도 인적 네트워크를 통해 외국인 학생들을 유지하여 석사 학위를 취득하게 한 경우가 여러 건 있었다. 그러나 아직 외국인에게 박사 학위를 수여한 일은 없는 것으로 알고 있다. 앞으로 보다 적극적인 학생 유치 활동을 통해 다양한 국가의 학생들을 대학원 석·박사 과정에서 교육시키면 향후 이들의 출신 국가와 인적 교류가 더 활발해질 것이다. 여유가 있는 대학에서는 외국인을 위한 특별 펠로우십을 제정하여 주기적으로 유능한 학생을 받을 수 있는 길을 열어주는 것도 한 가지 방법이다.

10-2 국제학술대회 유치

최근 들어, 우리나라도 국제학술대회를 다양한 규모로 유치하고 있다. 현실적으로 영향력이 큰 워크숍으로부터 국제적인 인지도가 높은 국제천문연맹(International Astronomical Union, IAU)이 후원하는 프로그램 등 그 형태나 규모가 다양하다. 실제로 국제학술대회를 개최하는 것은 많은 인력과 재정을 필요로 하여 일부 학자들의 경우 학회개최에 대해 부정적인 시각을 가질 수 있다. 이런 점에서 과도한 재정 지출보다는 학문적 효과가 큰 국제 학술회를 개최하도록 노력해야 한다. 구체적으로 다음과 같은 학술회의를 고려할 수 있다.

(1) IAU 심포지움 혹은 유사한 규모의 학술대회

IAU에서는 매년 9개 정도의 심포지움을 지원한다. 이들 학술회의는 IAU 회원이 주제를 선정하고 과학조직위원회(Scientific Organizing Committee, SOC)를 구성하여 연명으로 IAU에 신청하면 선정위원회에서 지원 여부를 결정한다. IAU는 심포지움당 최대 20,000 유로를 조직위원회에 지원하여 참가자들의 여비로 사용할 수 있도록 해 주기 때문에 재정적으로도 비교적 안정된 학술회의 개최가 가능하다. 우리나라에서는 1999년 서귀포에서 제 197차 IAU 심포지움을 개최한 것이 유일하다. 이는 우리나라 천문학계의 규모나 연구 역량으로 볼 때 매우 저조한 것이다. 이런 학술회의를 개최하기 위해서는 IAU 내에서 활발한 활동을 하는 회원이 더 많아져야 한다. 우리나라 천문학자들의 IAU 내에서의 활동은 그다지 활발한 편이 아니다. 따라서 연구가 비교적 활발한 분야(예: 은하, 태양, 성단, 등)를 중심으로 IAU 심포지움을 가까운 장래에 개최하는 노력이 필요하다. 앞으로 10년 동안 약 3~4개 정도의 IAU 심포지움 개최를 목표로 삼을 수 있다. IAU 심포지움은 국제천문연맹의 재정적 후원 이외에도 홍보 지원을 받을 수 있기 때문에 다른

학술회의에 비해 우수한 연사 확보가 쉽고 다양한 국가로부터의 참여가 가능해진다.

(2) IAU Regional meetings

한국은 2014년 한국천문연구원 출범 40주년을 기념해 Asian-Pacific Regional IAU Meeting (APRIM)을 개최하기로 결정하였다. 지난 1996년 제 7차 APRIM이 부산대학교에서 열린지 18년만이다. APRIM은 횡수를 거듭하면서 규모가 점점 커지고 있다. 1996년 부산 개최 25개 국가에서 약 200명이 참가였으나 가장 최근에 있었던 2011년 태국의 치앙마이에서의 11차 APRIM에는 39개 국가에서 500명 이상이 참석하였다. 아시아-태평양 지역 주요 국가들의 개최 기록을 보면 인도네시아 2회, 일본 2회, 중국 2회 등이어서 매우 자연스러운 선택이라고 판단되며, 한국 천문학의 발달과 위상을 대외적으로 알릴 수 있는 좋은 기회가 될 것이다. 규모의 확장과 함께 과학 프로그램의 내실을 기하는 방향으로 APRIM이 개최되어야 하며 실질적인 지역 내 협력이 이루어질 수 있는 논의에 더 힘써야 할 시기이다. APRIM 내에서 여러 차례 지역을 통합하는 국제 저널의 창설이 논의된 바 있지만 아직도 실현되지 않고 있는 것이 그 예중 하나이다. 앞으로는 APRIM을 통해 인적 교류, 공동 연구의 수행, 그리고 지역 내 협력 체제가 더 잘 이루어질 수 있도록 노력하는 것이 필요하다.

(3) IAU General assembly

IAU General Assembly (IAGA)는 3년마다 개최되는 천문학적 최대의 행사로서 주로 유럽과 아메리카 대륙을 오가며 진행해 오다가 최근 들어 아시아/태평양 국가가 포함돼 한 대륙에서 유치할 수 있는 주기는 대략 9년 정도이다. 그동안 아시아/태평양 지역에서 IAGA를 개최한 기록을 보면 오스트레일리아 2회 (1973, 2003), 인도 1회 (1985), 일본 1회 (1997), 중국 1회 (2012)로 지금까지 개최된 28차례 중 6회를 차지하고 있다. 한국은 2021년 IAGA를 부산에서 개최하는데 성공하였다. IAGA는 전세계 학자들이 모인 자리에서 개최국이 이루어낸 학문적 성과를 보여줄 수 있는 좋은 기회이며 한국도 이제는 국제적으로 중요한 프로젝트를 많이 수행하고 있어 2021년에 한국에서 IAGA를 활용해 국내 연구 성과를 적극적으로 알릴 수 있는 기회라고 생각한다. 천문학회에서는 2021년 IAGA 기간 동안 개최되는 각종 심포지움, 콜로퀴움 등에서 보다 적극적인 역할을 할 수 있는 방안을 조기에 마련해야 할 것이다.

(4) 기타 워크숍 스케일의 중소 국제 학회

최근 한국천문연구원과 고등과학원을 중심으로 다양한 소규모 국제 워크숍이 개최되었다. 규모는 작지만 집중된 주제에 대해 권위 있는 학자들이 많이 참여하여 활발한 활동이 벌어지고

있다. 우리나라의 학문 후속세대에게 귀중한 연구 활동의 장으로서 다양한 연구 그룹이 중소 규모의 워크숍을 보다 자주 개최하여 학생이나 연구자가 최신 연구 동향을 보다 빨리 파악하고 활발한 공동 연구가 이루어질 수 있도록 해야 한다.

(5) 한국 천문학회 학술대회 게시판

제 2장에서 언급했듯이, 워크숍, 초청강연 등, 최근 들어 다양한 학술활동이 벌어지고 있다. 한 가지 아쉬운 것은, 이들 활동이 참여기회란 면에서 널리 알려지지 않고 있다는 것이다. 물론 개최기관의 입장에서 볼 때, 활동을 모두 개방할 수는 없겠으나, 가능한 것에 대해서는 충분한 시간을 두고 알려져 상대적으로 다양한 교육을 받을 기회가 적은 한국 학생들에게 도움을 줄 필요가 있다. 예를 들어, 천문학회나 천문연에서 “학술활동 게시판”을 열어서, 매년 열리는 학술대회에 대한 최신 정보를 공지하면 도움이 되겠다. 가장 좋은 예는 캐나다의 CADC website이다.

10-3 학회 차원의 국제 교류

각종 학술회의와 인접 교류의 대부분은 학회의 구성원들이 연구자의 입장에서 수행하는 경우가 많다. 이러한 국제 활동 이외에도 학회 차원의 체계적인 국제 교류도 고려할 필요가 있다. 해마다 열리는 연례 학술회의를 인접 국가와 공동 개최하는 것이 그 대표적인 예에 속한다. 미국천문학회(American Astronomical Society, AAS)는 1899년부터 정기적으로 학술회의를 해 오는 가운데 캐나다에서 10차례, 멕시코에서 2차례 회의를 가진 바 있다. 흥미로운 것은 과거에는 오히려 외국에서 개최하는 일이 자주 있었으나 1987년 캐나다 밴쿠버에서 제 170차 미국천문학회를 개최한 이후에는 한 차례도 외국에서 개최하지 않았다는 사실이다. 아마도 미국천문학회 자체의 규모가 너무 커져서 인접 국가라 하더라도 더 이상 외국에서 학술회의를 개최하는 것이 어려워졌기 때문이라고 짐작된다.

작은 규모의 국가들이 밀집해 있는 유럽에서는 국가 간 교류가 훨씬 더 활발하게 이루어지고 있다. 국가별로 발간되던 학술지를 통합해 1969년 1월부터 Astronomy and Astrophysics를 발간하기 시작하였다. 유럽에서 공동 학술지를 발간한 것을 모형으로 삼아 아시아 지역에서도 공동 국제 학술지를 창간하려는 노력이 여러 차례 있었지만 각 나라별로 천문학계의 규모나 연구력에서 너무 많은 차이가 있어서 아직도 결실을 보지 못하고 있다.

유럽에서의 공동 학회 개최가 공식화된 것은 1992년 Joint European and National Astronomical Society Meeting (JENAM)이 벨기에의 리에지에서 개최되면서부터이다. JENAM은 2009년부터 European Week of Astronomy and Space Science (EWASS)라는 이름으로 바뀌어 현재에 이르고 있다. 현재 EWASS는 유럽천문학회(European Astronomical Society, EAS)라는

독립적인 학회가 개최한다. EAS는 각 국가별 천문학회와는 독립된 조직이지만 국가별 천문학회가 모두 제휴 학회로 되어 있어 실질적으로 역내 학회간 연합체 역할을 하고 있는 것으로 보인다. 이러한 모형을 직접 아시아 지역에 적용하기는 어렵지만 참고삼아 역내 협력을 강화하도록 해야 할 것이다.

가장 가까운 나라인 일본과 공동 학회를 개최하려는 논의는 몇 차례 있었지만 아직까지 실현된 바는 없다. 그러나 한국천문학회는 일부 세션을 일본과 중국의 학자들과 공동으로 개최한 경험을 가지고 있다. 두 나라 이상의 정기 학술회의를 본격적으로 개최하는 것은 매우 복잡한 과정을 필요로 한다. 따라서 기존에 시도한 바 있는 세션의 공동 개최를 좀 더 확대해 개최하는 것을 좀 더 확대시키는 것이 바람직해 보인다.

10-3 기관별 국제 협력

유럽을 구성하는 개별 국가들은 미국이나 일본에 비해 인구가 매우 작기 때문에 경쟁력을 확보하기 위해 European Southern Observatory(ESO)라는 조직을 만들어 공동으로 천문대를 건설 운영하고 있다. 우주개발에서도 미국의 NASA에 해당하는 European Space Agency (ESA)를 활용해 대형 프로젝트를 수행하고 있다. 우리나라에서도 자체적인 경쟁력을 확보하려는 노력도 필요하지만 대형 프로젝트는 국제 협력을 통해서만 가능할 것이다. 이미 제 5장에서 우리나라가 참여하는 대형 국제 프로젝트에 대한 논의와 검토가 있었다. 특정한 프로젝트는 지역적인 한계를 고려할 필요가 없으나 경우에 따라서는 유럽에서의 노력과 비슷한 지역적 협력 관계를 구축하는 것도 필요하다.

현재 동아시아 지역에는 East Asian Meeting on Astronomy (EAMA)가 존재한다. EAMA는 1989년 일본의 국립천문대 대장이던 Norio Kaifu에 의해 창설되어 2010년까지 3년마다 주기적으로 회의를 개최해 왔다. 주요 회원국으로는 중국, 대만, 한국, 일본을 포함하고 있고 다른 나라에서의 참여는 그다지 많은 편은 아니다. 이렇게 4개국 위주로 협력 관계가 형성되는 것은 아무래도 연구 수준이 비교적 비슷하기 때문일 것이다. 그러나 장기적으로는 주변의 다른 나라들을 포함시킴으로써 더욱 더 강력한 경쟁력을 가진 기구로 성장시켜야 할 것이다.

EAMA 구성원들은 보다 항구적이고 실행력을 가질 수 있도록 2005년 위 4개국의 천문대 연합체인 East Asian Core Observatories Association (EACOA, <http://www.eacoa.net>)라는 새로운 조직을 탄생시켰다. 현재 EACOA 회원은 중국국립천문대(NAOC), 대만의 중앙과학원/천문학 및 천문물리 연구소(ASIAA), 한국의 천문연구원(KASI), 그리고 일본국립천문대(NAOJ) 등이고, EACOA가 시행하는 프로그램 중 하나는 EACOA Fellowship이다. 이 프로그램에는 국적이 상관없이 지원할 수 있으며 선정되면 3년~5년까지 지원을 받을 수 있고 4개의 회원 기관 중 2개 이상에서 근무해야 한다. 이 프로그램이 시작된 것은 2012년이므로 이제 첫걸음 단계에 있으나 앞으로 더욱

발전시킨다면 지역 내 연구 기관들 사이의 협력을 강화하는데 크게 기여할 것이다.

EAMA에서는 더욱 높은 수준의 협력 사업으로 공동 천문대를 건설하고자 하는 제안이 오래 전부터 있었으나 아직 결실을 맺지 못하고 있다. 동아시아 지역은 그동안 경제적 불균형, 전쟁, 외교적 마찰 등 여러 가지 문제 때문에 긴밀한 협력이 이루어지기 어려운 상황이었다. 그러나 최근 정치적 안정과 경제적 번영에 힘입어 협력에 대한 보다 활발한 논의가 이루어지고 있다. 유럽에서와 같은 긴밀한 협력 체계가 구축되기까지는 오랜 세월이 걸리겠지만 실현 가능한 여러 가지 사업들을 지속적으로 추진함으로써 차근차근 결실을 맺어가도록 노력해야 할 것이다. 현재 전파천문학자들 사이에 논의되고 있는 East-Asia VLBI Network (EAVN)도 이러한 노력중 하나이며, 지리적으로 중간에 위치한 한국이 보다 적극적인 역할을 하는 것이 필요하다고 판단된다.

추천 사항

1. 천문학은 활발한 국제 협력의 전통을 가지고 있다. 한국 천문학회도 국제 협력을 통해 더 큰 발전을 이룰 수 있다.
2. 동아시아 지역 내의 인적 교류 확대가 바람직하며 특히 학문 후속 세대의 교류를 더욱 활성화시킬 수 있도록 지원해야 한다.
3. 최근 들어 국내에서 개최되는 국제 학술회의가 점차 많아지고 있다. 그러나 보다 과학적 인지도가 높고 더 많은 나라의 학자들이 참여하는 IAU 심포지움을 더 적극적으로 개최할 필요가 있다.
4. 2021년 IAU 총회를 활용해 국내 연구 성과를 세계에 적극적으로 알려야 할 것이다.
5. 인접 국가와 학회 차원에서의 교류 사업을 추진할 것을 추천한다. 전면적인 공동 학회 보다는 일부 세션을 공동으로 추진하는 하는 것이 바람직하다고 판단된다.
6. 보다 긴밀한 국가간 협력 체제의 구축을 추천한다. 현재 진행되고 있는 EACOA 체제를 더 발전시켜 궁극적으로 공동 천문대 건설과 같은 내실 있고 지역 내 학자들에게 혜택이 돌아갈 수 있는 사업으로 발전시키기 위한 다양한 협력을 추진할 것을 추천한다.

한국 천문학의 새로운 도약 :
2017~2022 발전 계획



한국천문학회
THE KOREAN ASTRONOMICAL SOCIETY