

국내외 천문 교육 프로그램 관련 연구 동향 비교 분석 INTERNATIONAL COMPARISON OF RESEARCH TRENDS IN ASTRONOMY EDUCATION PROGRAMS

최하늘, 신동희
이화여자대학교 과학교육학과

HA-NEUL CHOI AND DONG-HEE SHIN
Ewha Womans University, Seoul 06130, Korea
E-mail: donghee@ewha.ac.kr

(Received September 17, 2020; Revised October 27, 2020; Accepted January 05, 2021)

ABSTRACT

Astronomy is one of the recurrent contemporary issues in the mass media where news related to comets, new exoplanets, satellites, space tests, etc., frequently appear. From this perspective, students at all levels are especially motivated to learn astronomy. Nevertheless, students' interest does not improve their astronomical knowledge, which leads students' difficulty in understanding astronomy in school science. In this context, we felt the need to review astronomy education research trends in domestic and other countries, especially focused on the education programs. The purpose of this study is to analyze and compare the program characteristics during last three decades. The total number of analyzed cases is 88(89 for double counting). As a result, we found different characteristics of program types and learning methods between Korea and other countries. Based on the results of this study, we suggested the direction to improve the astronomy education in Korea.

Key words: Astronomy education, Education program, Research trend

1. 서론

천문학은 거대한 시공간적 규모를 바탕으로 접근과 통제가 불가능한 대상을 탐구하는 학문이다. 여러 가지 천체, 우주 현상 등을 탐구 대상으로 하는 천문학은 실험실과 같은 상황에서 완벽히 통제할 수 없는 머나먼 천체를 상대하기 때문에 본질적으로 수동적인 학문이다(Stephen & Michel, 2019). 또한 시간과 공간에 대해 동시적으로 접근하면서 여러 가지 천체의 상호작용을 다루기 때문에 그 내용이 상당히 복잡할 수 있다. 천문학 탐구의 목적은 크게 역사적(historical) 탐구와 인과적(causal) 탐구로 구분할 수 있다(Laudan, 1987). 역사적 탐구는 우주가 어떠한 과정을 거쳐 지금의 모습에 이르게 되었는지를 밝히는 것이며, 인과적 탐구는 우주에서 과거에 발생했거나 현재에도 계속해서 일어나고 있는 자연 현상을 이해하고 그 원인을 알아내는 것이다(Laudan, 1987; Oh & Kim, 2005).

천문학은 2015년 개정 교육과정에 초등학교와 중학교의 '과학', 고등학교의 '통합과학', '물리학II', '지구과학 I', '지구과학II' 등의 과목에 내용이 포함되어 있다(Ministry of Education(교육부), 2017). 천체의 종류와

특성, 운동 및 상호작용으로 인한 여러 가지 우주 현상까지 다루는 천문학을 학습하기 위해 학생들에게는 추상적 추론 능력, 공간적 사고 능력, 종합적 사고 능력 등 높은 수준의 사고 능력이 필요하다(Lee, 2002; Oh & Lee, 2018; Choi et al., 2019; Ian et al., 2003). 따라서 내용뿐만 아니라 방법적 측면에서도 학교급과 학년이 증가할수록 천문학 탐구 방법도 점점 심화된다(Kim et al., 2008). 초등학교에서는 관찰, 의사소통, 조작, 예상, 측정과 같은 기초 탐구 활동이 주로 이루어지지만 중학교에서는 기초 탐구 활동과 더불어 조작, 시공간 관계의 사용, 그래프 작성, 데이터 해석 활동이 점차 증가하며 고등학교에서는 모델 설정의 방법이 천문학 탐구에 추가된다. 학교에서의 천문학 탐구는 조작, 시공간 관계 등을 활용하면서 망원경, 쌍안경 등의 도구를 다루어 별들의 공간적 위치를 나타내는 활동, 직접 관찰할 수 없는 우주를 구체적 모델로 설정하고 관찰, 해석하는 탐구가 이루어진다(Kim et al., 2008). 이는 천문학 탐구 대상의 특성에 기인한 것으로, 직접 접근하거나 통제할 수 없는 대상의 성격 때문이다.

초·중등학교 학생들은 천문학 학습에서 어려움을 경

험하다는 연구 결과들이 보고되고 있다(Ian et al., 2003; Oh & Lee, 2018). 학생들이 천문학을 학습하는데 겪는 대표적 어려움으로, 초등학생 때부터 배우는 달의 위상, 태양 고도의 일변화 등과 같이 지구 기반 관점과 우주 기반 관점 사이의 사고를 전환하는 것에 대한 어려움을 들 수 있다(Oh & Lee, 2018). 인간은 지구에서 살면서 다양한 천문 현상을 경험하기 때문에, 우주 기반 관점보다 지구 기반 관점을 더 익숙하게 느낀다. 이와 달리, 교과서의 천문 개념은 지구를 벗어나 우주에서 태양계를 바라보는 입장에서 설명이 되는 것이 대부분이다. 지구에서 관측하는 여러 천문 현상을 지구 기반 관점과 우주 기반 관점으로 자유롭게 전환하여 사고하는 것은 높은 수준의 형식적 사고¹가 필요한 일이다. 따라서 많은 학생들은 위와 같이 개념을 학습하는데 요구되는 특수한 상황과 사고 능력으로 인해 천문학 학습에서의 어려움을 경험하게 된다.

또한 2차원 평면과 3차원 공간에서의 전환 문제가 있다(Choi et al., 2018). 이는 천체의 위치와 방향을 파악하는 수준을 넘어, 2차원 평면의 하늘에서 관측 가능한 천문 현상을 3차원 우주 공간에서의 운동으로 확장하는 것이다. 이 어려움에 대한 이유로 교실이라는 제한된 공간에서 천문 현상에 대한 직접 관찰과 체험 활동이 힘들기 때문임이 지적되었다(Oh & Lee, 2018; Choi et al., 2019). 학생들이 어려워하는 천문 개념의 예로는 일식과 월식, 행성의 겉보기 운동 등을 포함하는 태양계 구성원들의 운동 등이 있다.

이외에도 시간과 공간의 동시적 판단, 천체들의 상호 작용 이해 등 천문학 학습에서의 어려움이 많이 보고되고 있다. 과학 교과서의 내용 중 가장 높은 난이도로 여겨지는 천문학은 중등학생들의 과학 학업 성취를 결정하는 단원으로 인정되고 있으며(Lee, 2002), 다수의 학생들이 학습을 기피하는 내용 요소로 분류되기도 한다. 고학년이 될수록 천문학이 어려워 이를 기피하는 것을 근본적인 차원에서 해결하고, 학생들이 천문학을 과학의 한 영역으로서 더욱 즐겁고 재밌게 배울 수 있도록 돕기 위해서는 천문 교육에 대한 교수학습 내용, 방법, 자료, 학습자 및 교사의 특성 등의 다양한 연구가 다수로 진행되어야 할 것이다. 특히 천문 교육 프로그램을 개발하여 적용하는 연구는 효과적인 교수학습 방안을 제안하는 수준에 머물지 않고, 나아가 효과적 천문 교

Table 1. Criteria for selecting papers to be analyzed

Criteria	Explanations
Papers to be analyzed	· A researcher program researchers have originally developed.
	· The purpose of the research includes the development and application of the educational program.
	· Educational target includes K-12, the public, and teachers.
	· The publication year of the papers are the last 30 years(1988-2018).

육의 구체적 모습을 밝힌다. 즉, 실증적 연구로서 학교 교육 현장에서 학생들이 겪는 천문학 학습의 어려움을 가장 가까이에서 해소시킬 수 있게 한다는 점에서 의의가 크다. 그러나, 프로그램 개발 연구는 우리나라 천문 교육 연구에서 쉽게 찾아볼 수 없다. 천문 교육 관련 연구는 주로 개념에 대한 것으로 실제적인 차원에서 바로 활용하기 힘든 연구가 주를 이루고 있다(Kwak et al., 2019). 천문학에 대한 학습자들의 특성과 요구가 매우 뚜렷함에도 불구하고 실천적 차원에서 우리나라의 천문 교육에 대한 연구는 양적으로 미진하고, 그 내용도 주로 개념 수준에 그치고 있었다는 것은 천문 교육 프로그램 관련 선행 연구들을 살펴볼 필요성으로 이어졌다.

이에 본 연구는 최근 30년 간 국내외 학술지에 게재된 천문 교육 프로그램 개발 논문을 교수학습 특징별로 분석하여 천문 교육 프로그램 개발 관련 학계의 연구 동향을 살펴보고자 한다. 이를 통해 그동안 국내외에서 천문 교육이 어떻게 이루어지고 있는지 또는 천문학 탐구가 실제적으로 어떤 방법으로 실행되고 있는지 등을 분석한다. 궁극적으로 우리나라 천문 교육자들에게 실천적 차원에서의 천문 교육 연구의 중요성을 제안하고, 우리나라의 교육 상황에 적절한 천문 탐구 활동에 대해 논의함으로써 국내 천문 교육이 나아가야 할 연구 방향을 제시할 것이다. 본 연구의 연구 문제를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 최근 30년 간 국내외 문헌에서 드러난 천문 교육 프로그램의 교수학습 특징을 분석한다.

둘째, 분석 결과를 토대로 국내 천문 교육에 대한 연구 방향을 제안한다.

2. 연구 방법

최근 30여년의 국내외 천문 교육 프로그램 개발 관련 연구 동향을 살펴봄으로써 우리나라 천문 교육의 새로운 연구 방향을 제시하기 위해 문헌 조사 및 내용 분석의 방법으로 연구를 수행했다.

¹ 형식적 사고란 추상적인 상황을 포함한 모든 상황에서의 논리적 사고를 의미하며 추상적 사고, 가설연역적 추리, 조합적 추리로 구성된다. 추상적 사고란 눈에 보이지 않는 추상적인 개념뿐 아니라, 추상적 관련성을 이해하는 것이며, 가설 연역적 추리란 현상에 대해 연역적이면서 체계적으로 여러 가설을 세우고, 이를 검증하는 자료를 수집하여 문제 해결에 도달하는 전략을 뜻한다. 조합적 추리는 문제 해결에 필요한 요인들을 골라내어 체계적으로 구성하는 전략이다(Piaget, 1952; Piaget, 1965).

Table 2. Astronomy Education Cases Analyzed in this Study

Database	Searching criteria			1st selection	2nd selection	Final selection
	Title	Keywords	etc.			
RISS	education	astronomy, universe, sun, solar	KCI or KCI	18	16	15*
	program	system, observation	candidate			
ERIC	program	astronomy (education),	-	255	93	75
	module			space science,		
ProQuest	activity	solar system	-	225	54	90
	lesson					
Total				560	109	90

*Double counting when multiple cases are found in one paper.

2.1. 분석 대상

본 연구에서는 천문 교육 관련 문헌 및 사례의 분석에 앞서, 분석의 대상이 될 논문의 선정 기준을 개발했다. 국내외 천문 교육의 동향과 실체를 파악하기 위해, 학생들의 직접적인 참여를 필요로 하는 천문 교육 프로그램의 개발 논문을 분석 대상 선정의 기초 기준으로 설정했다. 국외 천문 교육 프로그램 논문 중에는 과학 관련 기관 혹은 현직 교사에 의해 직접적으로 개발 및 실행된 프로그램을 연구자가 소개하는 논문이 다수 있었는데, 이러한 경우 연구자가 직접 프로그램을 개발하지 않은 것으로 판단하여 대상 논문에서 제외했다. 천문학은 학생들의 높은 호감도와 흥미에도 불구하고 초등 및 중등 교육을 거치면서 시공간 개념이 등장함과 함께 천문학에 대한 흥미를 상실하거나 학습에 큰 어려움을 겪게 되는 경우가 많다. 따라서 초등 및 중등학교에서 행해지는 천문 교육은 이를 고려하여 교수학습 전략 방법과 같은 수업 설계의 측면에서 더욱 신중히 접근해야 할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 학령기 이전의 아동과 천문학 관련 전공생을 교육 대상으로 한 논문을 제외하고 초등학생, 중학생, 고등학생 그리고 교사와 같은 기타 교육 대상을 논문 선정 기준에 포함했다. 1988년 이전의 학술 동향은 관련 논문 게재 편수가 매우 적기 때문에 1988년 1월부터 2018년 12월까지의 논문을 분석 대상 논문으로 선정했다. 분석 대상 논문의 선정 기준은 Table 1과 같다.

위와 같은 선정 기준을 토대로 국내외 학술지에 게재된 논문 중 천문 교육 프로그램을 개발하거나 개발 후 적용한 논문을 검토 및 분석했다. 국내 연구는 RISS 사이트에서 검색한 논문 중 논문 제목에 ‘교육’ 혹은 ‘프로그램’이 있고, 키워드로 ‘천문’, ‘천체’, ‘우주’, ‘태양(계)’, ‘관측’ 중 한 개 이상을 포함하는 KCI(Korean Citation Index) 등재 논문 또는 KCI 등재 후보 논문을 1차 검토 대상으로 했다. 1차 검토 대상으로 선정된 논문은 18편이며, 2차 검토 대상으로 선정된 논문은 16편이었다. 내용 분석 및 분류 작업은 주관적 판단을 최소

화하고자 공동 연구자 1인과 함께 지속적 의견 교환 및 협의의 과정을 거쳤으며, 최종 14편의 국내 논문이 분석 대상으로 선정되었다.

국외 연구는 ERIC(Education Resources Information Center) ProQuest에서 논문 제목에 ‘program’, ‘module’, ‘activity’, ‘lesson’ 중 한 개 이상을 포함하고, 키워드 또한 ‘astronomy(education)’, ‘space science’, ‘solar system’ 중 한 개 이상을 포함하는 논문을 1차로 선별했다. 1차 검토 대상의 논문은 제목에 포함된 단어에 따라 각각 255편, 8편, 225편, 54편이었으며, 2차 검토를 통해 총 93편의 논문이 선정되었다. 국내 분석 대상 논문 선정과 마찬가지로, 연구자간의 협의를 통해 75편의 논문이 최종 선정되었다. 검색 및 선정된 국내외 연구 논문은 과학 교육 학계에 등록된 논문을 중심으로 검색되었으나, 내용과 목적에 따라 해당 논문이 천문 교육 프로그램으로 부합하다고 판단된 경우, 타 교과 학계에 게재된 논문도 분석 대상에 포함했다(Table 2). 분석 대상 논문을 교육 대상, 효과 검증 여부, 효과 검증 방법 등의 측면에서 살펴보면 Table 3과 같다.

2.2. 분석 기준

본 연구는 국내외 천문 교육 프로그램을 개발한 논문을 분석하여 동향을 파악함으로써 우리나라 천문 교육의 실천적 개선 방안을 제시함과 동시에, 향후 연구에 대한 시사점을 얻고자 했다. 이에 국내외 연도별 논문 출판의 흐름을 살펴봄으로써 천문 교육 연구의 실태를 파악했다. 다음으로 프로그램 유형, 교육 장소, 교수학습 내용, 교수학습 방법을 분석 기준으로 설정하여 프로그램이 실제로 학습자의 특징과 요구, 교육 환경, 교육 목표 등을 적절히 담아내고 있는지 확인했다. 범주별 분석 기준의 세부 내용은 Table 4와 같다.

2.3. 분석 방법

본 연구에서 개발한 분석 기준을 토대로 총 여섯 가지

Table 3. Characteristics of analyzed samples number of cases (%)

Categories	Journal groups	Domestic	Foreign	Total
Educational level	Elementary school	7 (41.2)	34 (27.6)	41
	Middle school	4 (23.5)	42 (34.1)	46
	High school	5 (29.4)	42 (34.1)	47
	etc.	1 (5.9)	5 (4.1)	6
	Total	17	123	140
Educational effectiveness	Verified	9 (60.0)	21 (28.0)	30
	Not verified	6 (40.0)	54 (72.0)	60
	Total	15	75	90
Perspectives of effectiveness	Cognitive	8(53.3)	14(53.8)	22
	Affective	7(46.7)	11(42.3)	18
	Psychomotor	0	1(3.8)	1
	Total	15	26	41
Type of data collection	Quantitative	5(55.6)	7(33.3)	15
	Qualitative	2(22.2)	10(47.6)	9
	Integrated	2(22.2)	4(19.0)	6
	Total	9	21	30

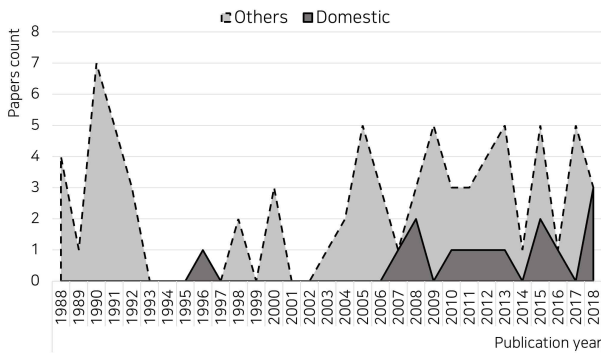


Fig 1. Research papers of astronomy education programs.

의 범주에서 90개의 천문 교육 프로그램 사례를 분석했다. 각 사례를 국내와 국외의 학술지군으로 나누어 최근 30년 동안의 각각의 출판 빈도를 먼저 조사했다. 교육 장소와 교수학습 내용 및 방법은 학술지군과 출판 연도를 기준으로 경향성을 파악했다. 또한 각각의 분석 기준에 의해 분석할 때 한 프로그램에 두 개 이상의 세부 범주가 포함된 경우가 있었는데, 이러한 경우 중복으로 인정하여 집계했다. 분석 기준에 따른 분석 결과의 신뢰성 확보를 위해 공동 연구자 1인과 논의하고 합의하는 과정을 거쳤다. 예를 들면, 프로그램을 교수학습 방법의 기준으로 분류할 때 여러 가지의 방법이 혼합되어 특정한 교수학습 방법으로 분류하기 어려운 경우가 있었는데, 이러한 경우 공동 연구자와 함께 프로그램의 전체적인 맥락과 목표, 내용 등을 고려하여 하나로 또는 중복 처리하였다.

3. 분석결과

90개의 천문 교육 프로그램 사례를 출판 연도, 프로그램 유형, 교육 장소, 교수학습 내용, 교수학습 방법을 기준으로 분석하였으며, 각각의 결과는 다음과 같다.

3.1. 연도별 연구 추이

1988년부터 2018까지의 천문 교육 프로그램 개발 논문 편수는 국외 75편, 국내 14편으로 나타났다(Fig. 1). 국내 연구는 1990년대 중반에 한 편의 프로그램 개발 연구가 보고되었지만, 그 이후로 2006년 이전까지는 개발 연구가 보고되지 않았다. 2007년에 들어서야 연평균 1.1편 정도의 연구 논문이 출판되었다. 국외 연구는 1988년부터 연구가 진행, 보고되었다. 2000년도를 기점으로 이전에는 연평균 1.8편의 연구 논문이 출판되다가 그 이후에는 연평균 2.8편으로 해마다 한 편의 연구가 추가로 진행되는 추세다. 천문학에 대한 학생들의 어려움을 고려할 때 천문 교육 프로그램에 대한 국내 연구가 더 활발히 이루어져야 할 필요성이 있다.

3.2. 프로그램 유형

국내외 교육 프로그램은 프로그램의 유형 측면에서 차이를 보였다(Fig. 2). 국내 교육 프로그램들은 정규 수업, 영재 수업, 창의적 체험 활동 전반에서 활용 가능한 프로그램을 골고루 개발했는데, 각각 5개(30%)로 동일했다. 기타 유형은 2개(12%)이며 과학관과 같은 비형식 과학 교육 기관에서 활용 가능한 수업이다. 이와 달리 일반 학생을 주요 교육 대상으로 선정한 국외 프로그램

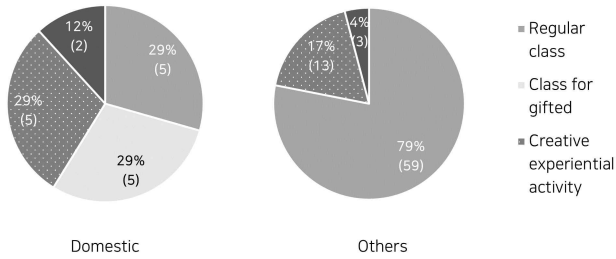


Fig 2. Program types in astronomy education programs.

들은 59개(79%)의 정규 수업, 13개(17%)의 창의적 체험 활동, 3개(4%)의 기타 유형으로 구성되어 있었으며, 프로그램의 절반 이상이 학교 정규 수업에서 실행 가능한 것으로 나타났다.

국내에서 개발된 천문 교육 프로그램 중 영재를 위한 프로그램이 많다는 것은 주목할 만하다. 과학 영재들은 일반 학생들과 달리 학습속도가 빠르고 독립적인 성격이 강하며, 창의적인 사고를 할 수 있는 것으로 여겨진다(Kim, 2010). 따라서 높은 난이도의 교수학습 내용으로 인정되는 천문학은 교육 프로그램이 영재 학생 대상으로 개발되는 것에 적지 않은 영향을 미쳤을 것이다. 이는 중등 교육 기간을 거치면서 천문 개념 이해에 어려움을 겪고 과학 교과에 점차 흥미를 잃어가는 일반 학생들을 위해 더 많은 프로그램이 필요할 것임을 시사한다. 또한, 개발한 프로그램을 영재 학생들에게 적용하였고, 성공적인 결과를 얻었다면 일반 학생들을 대상으로 프로그램을 제공할 필요가 있다.

3.3. 교육 장소

국내외의 교육 프로그램이 실행되는 교육 장소를 연도 별로 분석한 결과, 국내 프로그램의 교육 장소는 학교의 교실 혹은 실험실과 같은 실내 11건(65%), 학교의 운동장과 같은 실외 4건(24%), 외부 기관 1건(6%), 기타 1건(6%)으로 나타났고, 국외 프로그램의 교육 장소는 실내 62건(71%), 실외 19건(22%), 기타 6건(7%)으로 구성되어 있었다(Fig. 3). 국내는 전체 프로그램 중 65%가 학교 안에서의 실내 활동으로 이루어져 있었지만, 국외는 국내보다 약 6% 더 높은 비율로 실내 장소를 선택하고 있었다. 국내외 모두 실외보다 실내 교육에서의 수업이 더 증가하고 있는데, 이는 천문 교육용 소프트웨어의 개발과 보급이 늘어나면서 교실에서도 천체를 쉽게 관측할 수 있는 스마트 교육이 가능해졌기 때문이다.

3.4. 교수학습 내용

국내외의 경우 태양계의 구성과 운동 50건(57%), 별의 특

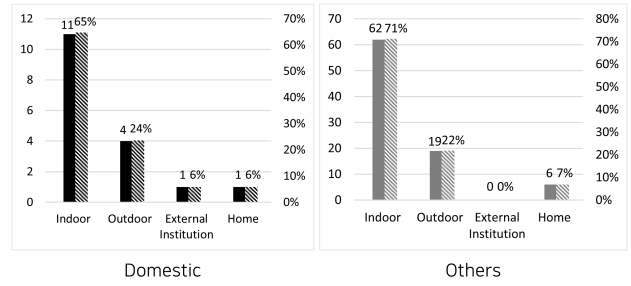


Fig 3. Learning places of astronomy education programs.

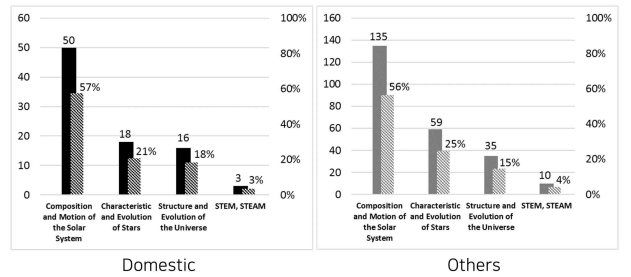


Fig 4. Learning contents of astronomy education programs.

성과 진화 18건(21%), 우주의 구조와 진화 16건(18%), 융합 3건(3%)으로 별의 특성 및 행성의 역행 등 시스템적 사고가 주로 요구되어 많은 학생들이 어려워하는 태양계의 구성과 운동이 가장 높은 비율을 차지했으며, 항성 천문학인 별의 특성과 진화, 우주론인 우주의 구조와 진화가 그 뒤를 이었다. 국외에서 개발된 프로그램은 태양계의 구성과 운동 135건(56%), 별의 특성과 진화 59건(25%), 우주의 구조와 진화 35건(15%), 융합 10건(4%)으로 교수학습 내용이 구성되어 있었다. 국내와 비교했을 때 각 범주별로 약 5% 이내의 차이를 보였지만, 태양계의 구성과 운동, 별의 특성과 진화, 우주의 구조와 진화, 융합의 순서대로 학습 내용을 이루고 있는 것은 동일했다(Fig. 4).

국내외의 프로그램의 교수학습 내용에서 모두 높은 비율을 차지했던 태양계의 구성과 운동을 내용 요소별로 세분화하여 살펴보면, 지구의 자전과 공전, 달의 위상 변화, 일식과 월식, 태양 고도의 일변화, 좌표계 등이 국내외 구분 없이 공통적으로 가장 많이 등장했다. 이는 대부분의 학생들이 시공간적 차원에서의 시스템적 사고가 쉽지 않아 태양계의 구성 및 운동과 관련된 내용을 학습하는데 어려움을 겪기에 더 많은 교육 프로그램이 개발되었을 것으로 추측된다. 학생들은 그들의 선경험에서 기인한 지구 기반 관점에서의 사고와 교과서에서 제시하는 우주 기반 관점 사이의 사고 전환에 어려움을 겪고, 타 교과에서는 등장하지 않았던 거대한 시공간적 규모의 개념들을 추상적으로 느끼는 경

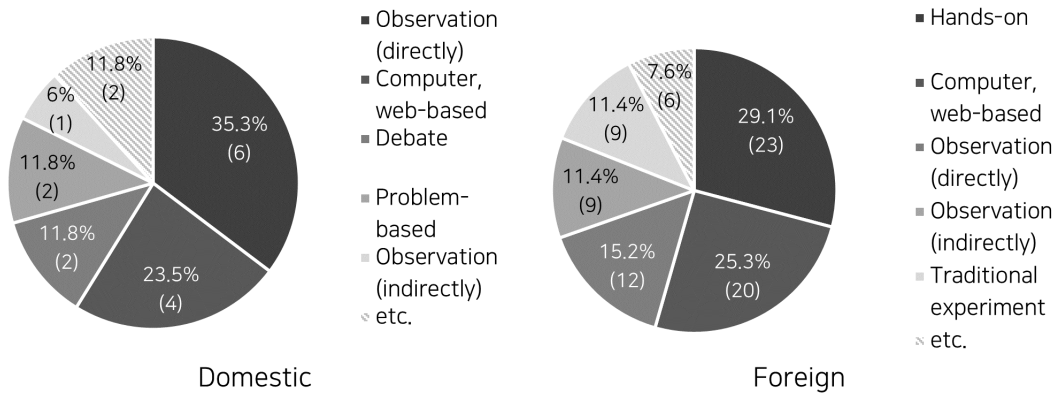


Fig 5. Learning methods of astronomy education programs.

우가 많다. 또한 천체들 간의 움직임뿐만 아니라 각도와 빛 등의 다중 개념들을 함께 고려해야 하기 때문에 개념에 대한 직접적인 이해도 쉽지 않다. 따라서 이러한 학습자의 특성과 요구에 맞추어 태양계의 구성 및 운동에 대한 이해를 돕는 교육 프로그램이 많이 개발되었을 것이다.

3.5. 교수학습 방법

교육 프로그램에서 활용한 교수학습 방법을 분석한 결과, 국내와 국외의 교수학습 방법 경향의 차이가 뚜렷했다. 국내에서 개발된 프로그램의 교수학습 방법은 총 17건으로 직접 관측 6건(35.3%), 컴퓨터 및 인터넷 기반 활동 4건(23.5%), 소집단 토론 2건(11.8%), 문제 해결 2건(11.8%), 간접 관측 1건(5.9%), 기타 2건(11.8%)으로 나타났다. 국외에서 개발된 프로그램의 교수학습 방법은 총 79건이 확인되었으며, 그 내용으로는 핸드온 활동 23건(29.1%), 컴퓨터 및 인터넷 기반 활동 20건(25.3%), 직접 관측 12건(15.2%), 전통 실험 9건(11.4%), 간접 관측 9건(11.4%), 기타 6건(7.6%) 등이 있다(Fig. 5). 국내외 프로그램에서 두 가지 이상의 교수학습 방법을 포함하는 사례가 있어 중복 집계되었다.

국내 프로그램은 망원경 또는 육안 관측과 같은 직접 관측을 교수학습 방법으로 가장 많이 활용했으며, 그 다음으로 원격 천문대와 같은 컴퓨터 및 인터넷 기반 활동을 통해 프로그램을 구성했다. 국외의 경우 교실 안에서 손으로 사물을 직접 조작하여 스스로 체험해보는 핸드온 활동이 29.1%로 가장 높은 비율을 차지했으며, 컴퓨터 및 인터넷 기반 활동이 23.5%로 그 뒤를 이었다. 기술의 발전에 따라 교육에서의 스마트 기기 및 소프트웨어 활용이 늘어나면서 국내와 국외 모두 컴퓨터 및 인터넷 기반 활동이 프로그램의 교수학습 방법

으로 활발히 쓰이고 있다는 공통점을 확인했다. 국내에서는 한 건도 없던 핸드온 활동이 국외에서는 가장 많이 확인되었다는 점에서 국내와 국외의 천문 교육에 대한 인식에서 근본적 차이가 있음을 추측할 수 있다.

천문학은 여러 관점에서 천체의 움직임과 모양 등을 추론해야하기 때문에 고차원의 형식적 사고가 필요하다. 따라서 학생들은 천문학 학습에 일반적으로 어려움을 겪게 되고, 천문 교육자들은 이를 해소하기 위해 직접적 혹은 간접적으로 천체를 관측하는 활동을 교육 프로그램에 추가함으로써 학생들의 개념 이해를 돕고자 노력해왔다. 그러나 이러한 방법은 망원경, 천문대, 천체 투영관, 스마트 기기 등과 같은 특수한 장소 및 장비를 요구하며, 다른 교수학습 방법에 비해 추가 시간과 비용이 더 발생한다. 이미 이전의 여러 연구들은 학생들의 과학적 개념 이해 및 사고력의 증진에 관측 활동이 유의미함을 밝혔다(Chae, 2000; Lyu, 2012; Choi, 2002; Monica, 2001; Kim, 2017; Plummer, 2009; Plummer & Krajcik, 2010; Slater & Tatge, 2017; Türk & Kalkan, 2015; Ministry of Education and Science Technology, 2007). 그러나 우리나라의 과학 교육과정과 교육 문화 및 환경 등을 고려할 때 관측 활동이 단순한 흥미 위주의 일회성 교육 활동으로만 이어질 가능성이 크다. 시간과 비용 측면에서 효율적인 천문 교육을 위해 학생들의 개념 이해를 돕는 핸드온 활동 연구 개발이 필요할 것이다.

4. 논의

국내외 개발 연구에서 제시하는 천문 교육 프로그램들은 내용적 측면에서 ‘태양계의 구성과 운동’이 압도적으로 많았다. 국내는 전체 프로그램의 57%, 국외는 56% 정도를 차지한 이 학습 내용은 공간적 사고와 시

시스템 사고로 구성된 천문학적 사고가 필수적으로 요구되는 내용 요소다. 천문학적 사고는 천체의 운동과 구조를 효과적으로 학습하기 위한 학생들의 과학 탐구 실행 능력을 길러주자는 취지에서 도입된 개념으로, 과학 내용 지식으로서 천체의 운동과 구조를 다룬다. 천문학적 사고에서 공간적 사고는 천체의 위치 변화와 지리적 방향을 판단하는 능력, 2차원의 평면 자료를 3차원의 공간적 자료로 또는 그 반대로 서로 전환하는 능력, 지구에서 보는 관점에서 파악한 천문 현상을 우주에서 보는 관점에서 재구성하고 이것을 천체의 상대적 운동으로 파악하는 능력 등을 포함한다(Maeng et al., 2014). 이러한 공간적 사고는 천체의 시간에 따른 변화를 나타낸 공간, 위치, 변화, 공간 추리 등을 모두 포함함으로써 천문 현상에 대한 이해뿐 아니라, 천문학과 관련된 과학 참여를 확장시킬 수 있는 토대다(Plummer, 2014). 또한 학습자의 공간적 사고 능력과 천체의 운동에 대한 개념 이해는 서로 높은 상관성이 있으며, 더 나아가 천문 단원에 대한 학생들의 학업 성취도와도 높은 관련이 있는 것으로 밝혀졌다(Lee, 2002; Koo, 2000).

시스템 사고는 전체 시스템을 구성하는 어느 한 부분의 작동이나 변화 또는 특정한 기능이 어떻게 시스템에 영향을 주어 전체 시스템이 작동하게 되었는지 이해하는 능력이란 일반적 의미를 지닌다(National Research Council, 2012). 이 사고는 지구과학을 포함한 여러 학문 분야의 필수 학습 요소로서 인정받고 있으며(Kwak et al., 2019). 천문학 학습에서도 마찬가지로 핵심 사고 능력으로 인정되고 있다. 천문학 학습에서의 시스템 사고는 천문 시스템 내에서 천문 현상의 규칙성을 이해하고, 시스템 구성 요소들 간의 상호 관계를 이해하며, 각 구성 요소들의 부분 정보를 전체적으로 종합하여 시스템의 규모와 비율 및 변화를 이해하고 설명할 수 있는 모델을 구성하는 과정이다(Maeng et al., 2014). 공간적 사고와 시스템 사고는 천체의 운동과 구조의 학습을 효과적으로 이끌어주는 필수 요소이며, 국내외 천문 교육 프로그램 사례에서 내용적으로 가장 높은 비율을 차지했던 ‘태양계의 구성과 운동’에서도 학생들의 개념 이해 및 적용에 결정적인 역할을 한다.

그러나 천문학 학습에 있어 필수적이며 핵심적인 두 사고의 중요성과는 달리, 대다수 학생들은 지구의 자전과 공전, 달의 위상 변화, 일식과 월식, 태양 고도의 일 변화, 좌표계와 같이 태양계 구성과 운동에 대한 학습 개념을 이해하는데 천문학 사고를 제대로 발휘하지 못하여 학습에 많은 어려움을 겪고 있다. 즉, 실제 천문학 학습 상황에서 학생들은 공간적 사고와 시스템 사고를 적절히 사용하지 못하고 있으며, 그 결과로 천문학에 대한 흥미가 전보다 현저히 떨어지거나 천문학 학습에서의 낮은 성취를 보이고 있는 것이다. 천문학 사고와

관련지어 학생들이 천문학 학습 중 겪는 구체적인 어려움은 지구 기반 관점과 우주 기반 관점 사이의 사고 전환, 2차원 평면에서의 천체 운동을 3차원으로 변환, 시공간적으로 광범위한 규모와 실시간 정보의 동시적 상황 판단 등으로 잘 알려져 있다(Oh & Lee, 2018; Choi et al., 2018). 많은 연구자들은 이와 같은 어려움의 원인으로 교실이라는 제한된 공간에서의 직접 관찰 및 체험 활동, 개념 위주의 지식 중심 교육, 분절적 지식을 전달하는 교과서 및 평가 과정 등을 지적했다(Oh & Lee, 2018; Choi et al., 2019). 이에 대해 우리나라 천문 교육에서는 이를 해결하기 위한 일환으로 탐구 중심의 천문 교육으로 변화시키고자 했으며, 직접 및 간접 관측 활동을 개발하여 다양한 방법과 수단을 통해 활동을 보급하는 식으로 노력했다.

이러한 배경에서 천문학 탐구 활동의 핵심이며, 공간적 및 시스템 사고와 직접적으로 연관된 ‘관측’ 교육 프로그램과 교수학습 방법이 국내외 구분 없이 다수 등장했고, 특히 국내의 전체 프로그램 대비 관측 프로그램의 개수는 국외보다 더 지배적이었다. 본 연구의 분석 결과에서도 국내의 경우 직접 및 간접 관측 프로그램이 전체 프로그램 대비 41.2%로 26.9%인 국외보다 더 큰 비율을 차지했다. 개발된 관측 프로그램은 기초 육안 관측, 망원경 관측부터 시작하여 오늘날의 천체투영관(또는 플라네타리움)에 이르기까지 넓은 범위에 걸쳐 발전해왔다(Kim & Shim, 2018). 국내 프로그램들은 망원경을 통해 천체를 직접 관측하거나, 천체투영관을 통한 시뮬레이션으로 천체를 간접적으로 관측한 것이 지배적이었다. 즉, 비형식 교육기관의 방문과 같이 학교 밖에서 이루어지는 활동 많았다.

이러한 직·간접적 관측 활동은 교육 효과 측면에서 학교급과 상관없이 모두에게 긍정적인 것으로 밝혀져 왔다. 천체 관측 수업은 학생들의 천문 성취도, 천문 개념에 대한 사고의 다양성, 흥미와 호기심 등의 과학적 태도에 유의미한 차이를 이끌며, 특히 천체의 운동에 관한 교수 효과를 높인다. 따라서 학생들에게 직접 관찰의 기회를 적극 권장해야 된다는 연구가 있다(Chae, 2000; Lyu, 2012; Ministry of Education and Science Technology, 2007). 또한 관측 활동은 순수 천문학의 호기심을 실증하는 적절한 도구로서 잠재성이 매우 풍부하며(Choi, 2002), 외면부에 존재하는 천문 지식을 내면화시킴으로써 학습자의 지식 형성 과정을 매개하는 것으로 알려졌다(Monica, 2001). 육안 관측과 망원경을 활용한 관측 수업 외에도, 천체투영관을 활용한 간접 관측 활동 또한 교실에서만 이루어지는 수업에 비해 천문 개념에 대한 이해와 관심을 효과적으로 높인다고 알려져 있다(Kim, 2017; Plummer & Krajcik, 2010; Slater & Tatge, 2017). 특히 여건상 야간에 관측하기 어렵거나

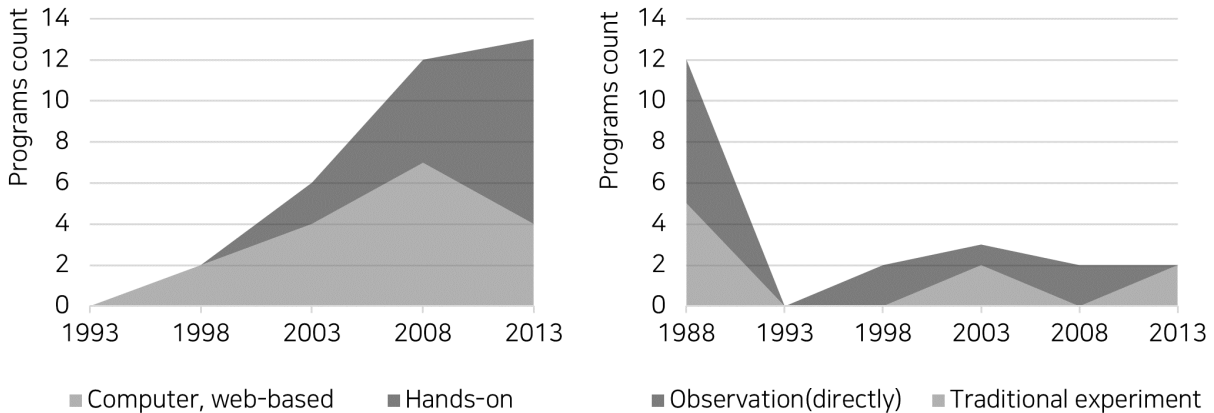


Fig. 6. Trend of learning methods in foreign programs.

불가능한 상황이 발생했을 때 이를 대체할 수 있는 효율적 수단이 되는 천체투영관 활동은 시간의 변화에 따른 3차원 운동과 천체의 실제 겉보기 운동을 이해하는데 효과적이다(Plummer, 2009; Türk & Kalkan, 2015).

한편, 관측 활동의 교육적 효과와 실제 교육 현장에서의 적용 가능성에 대한 문제 또한 다양하게 제기되었다. 야간 관측 활동은 직접 망원경을 조작하고 천체를 촬영하는 고등학생에게는 인지적 측면에서의 긍정적 효과를 보이지만, 이미 조작된 망원경을 이용하여 관측하는 초·중학생은 다소 수동적으로 활동에 참여하게 되므로 교육적 효과가 떨어진다는 결과가 있다(Kim & Shim, 2018). 또한 교육청 산하 과학교육원이나 사설 과학 교육 기관에서 천체 관측 활동의 기회를 다양하게 제공하지만 대부분 일회성 체험 행사에 그치고 있으며, 심야 활동에 대한 학생 인솔 및 안전 사고 우려와 고층 건물 및 인공 조명으로 인한 관측 장소의 적절성 문제 등으로 학교 현장에서 일반화되기 힘들다는 지적도 있다(Lee & Baek, 2015). 천체투영관 활동도 규모가 큰 곳의 투영관 조작 학생들을 대상으로 한 천문 교육 활용보다 일반 관람객 대상의 흥미 유발 영상물을 상영하는 것 위주로 운영되고 있는 실정이다(Kim & Shim, 2017). 이러한 맥락과 더불어 국외의 천문 교육 프로그램은 2000년대를 기점으로 교수학습 방법으로서 ‘관측’을 선택하는 비율이 확연히 감소되었다(Fig. 6). 1990년대 초 중반까지 가장 높은 비율을 차지했던 관측 프로그램이 2000년대에 들어 연평균 0.2건의 낮은 수준으로 개발 연구된 것은 관심을 가질 필요가 있는 부분이다. 따라서 탐구 활동으로서의 관측에 대한 지금까지의 고찰을 토대로, 학생들의 천문학적 사고의 증진과 과학적 태도의 함양을 적절히 이끌면서 우리 교육과정 및 교육 문화와 실제 학교 현장 여건 등을 고려한 천문 탐구 활동

을 다양한 측면으로 고민해야 할 것이다.

국의 프로그램에서 가장 많이 활용된 교수학습 방법은 헨즈온 활동이다. 헨즈온 활동은 수업 주제에 대한 인식 및 탐색 단계를 거쳐 탐구 과정에서 관찰, 연구, 조립, 만들기 등을 포함하는 확장된 의미의 스스로 체험해 보는 활동이다. 천문 학습에서의 헨즈온 활동은 앞서 언급한 관측 활동의 물리적 한계는 물론, 상대적으로 저렴한 비용과 간단한 조작으로도 천문학적 사고력을 기를 수 있도록 돕는다. 또한 협동 학습과 같은 구성주의 학습 방법을 쉽게 적용하여 학생·배움 중심의 수업을 가능하게 하며 정의 및 심동적 역량의 증진에도 기여할 수 있다. 이와 같은 교수학습 방법은 관측 이외의 천문 탐구 활동의 하나로서 일반 정규 수업 중에 적절히 활용될 수 있다는 큰 장점이 있다. 다음 제시될 예들은 관측 이외의 탐구 활동으로 실천적인 차원에서 참고할 만하다.

“Physics Education”에서 2009년에 소개한 「A Low-Cost Celestial Globe for Hands-on Astronomy」 연구에서 개발한 프로그램은 중·고등학생을 대상으로 하며, 좌표계, 태양의 운동, 남중고도, 천체의 운동 등의 개념을 내용 요소로 선정했다(Ruangsuwan & Arayathanitkul, 2009). 프로그램에서는 각도기, 플라스틱 뚜껑, 성도표 등을 활용하여 천구를 제작하고, 그림자를 통해 태양의 움직임을 직접 뚜껑 위에 기록하는 등의 단계로 활동이 진행된다. 면담 및 관찰 등의 질적 방법으로 천체의 위치와 움직임에 대한 이해 증가를 직접 확인했으며, 낮은 비용과 간단한 절차로 진행됨에도 불구하고 학생들이 가장 어려워하는 천문학적 사고를 향상시킬 수 있다는 장점이 있다. 프로그램의 활동 준비물과 학습 과정, 실제 활동 모습은 Fig. 7과 같다.

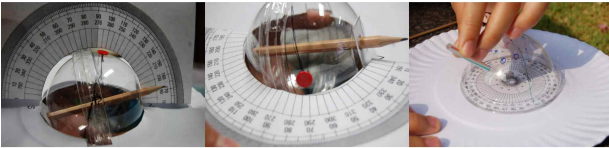


Fig 7. Hands-on activity for understanding the solar system motion

“The Physics Teacher”에 2015년에 게재된 「Modern Gravitational Lens Cosmology for Introductory Physics and Astronomy Students」도 핸즈온 활동을 적용한 프로그램이다(Huwe & Field, 2015). 중력렌즈 효과, 블랙홀, 암흑 물질 등과 같이 난이도가 높은 천문 개념을 내용 요소로 선정한 이 프로그램은 높은 수준의 사고력이 요구되는 고등학생을 교육 대상으로 한다. 활동을 위해 필요한 준비물은 와인잔 손잡이, 모눈종이, 필기구이며 매우 간단한 도구임에도 불구하고 학생들이 어려워하는 중력렌즈 현상을 쉽게 학습할 수 있다. 이 프로그램은 앞서 설명한 사례와 같이 활동 시간이 20분 이내로, 고등학교의 일반 정규 수업에서도 손쉽게 활용할 수 있으면서 학생들의 개념 이해와 흥미 등을 도울 수 있다. 프로그램 준비물과 활동 모습은 Fig. 8과 같다.

핸즈온 활동에서는 목표하는 대상을 주도적으로 설계, 제작, 조작하는 과정이 있으며 중요한데, 이때 학생들은 모둠으로 함께 활동할 수 있다. 이는 학생들의 개념 학습뿐만 아니라 과학에 대한 태도, 사회적 기술 등과 같은 정의적인 측면에서의 학습을 가능하게 할 것이다. 비용을 절감하고, 무엇보다 시공간 제약을 뛰어넘어 모두 동시에 탐구할 수 있는 것은 과학 탐구의 다양성과 가능성을 더욱 확장하는 것이다.

국내외 프로그램 모두에서 두 번째로 많이 활용된 교수학습 방법임과 동시에, 최근 들어 그 활용이 증가하고 있는 컴퓨터 및 인터넷 기반 활동 사례를 살펴보고자 한다. 컴퓨터 및 인터넷 기반 활동은 관측 활동의 대표적인 한계로 제시되었던 기상 조건, 야간 야외 환경의 위험 등의 물리적 한계를 극복할 수 있게 하는 교수학습 방법이다. 또한, 현대 과학자의 활동을 경험하게 함으로써 과학의 본성과 더불어 확장적 의미로서의 탐구를 체험할 수 있게 한다는 점에서 의미 있는 교수학습 방법으로 여겨지고 있다. 이런 점에서 컴퓨터 및 인터넷 기반 활동을 중심으로 한 국내외 프로그램 개발 사례가 증가하고 있다. 다만, 국내외 컴퓨터 활용 천문 프로그램의 교수학습 내용과 기기 활용의 맥락은 다소 차이가 있다. 국내에서 개발, 적용된 「초등과학영재를 위한 스마트 교수·학습 프로그램 개발 및 적용」 연구는 공간적 및 시스템 사고력이 필수인 ‘지구와 달의 운동’을 내용 요소로 담고 있으며, 컴퓨터 및 인터넷 기반 활동으로 교내에서 진행된다(Kwon & Sohn, 2015). 총 8

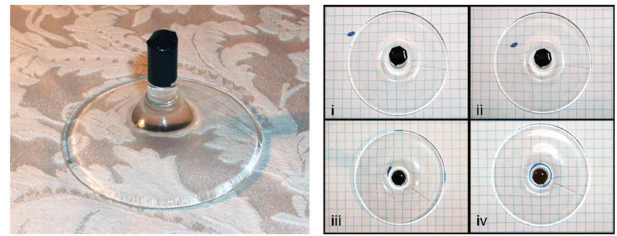


Fig 8. Preparing material (left) and A lensed oval "galaxy" (right). Four possible lensing situations are viewable in this experiment. No lensing (i), Weak lensing (ii), Strong lensing (iii) Strong lensing (iv): with direct alignment, an Einstein ring is formed.

차시의 수업으로 구성된 이 프로그램은 N-스크린 앱, GPS 프로그램, SNS(클래스팅) 등과 같은 다양한 콘텐츠를 활용했으며, 천문 현상에 대한 이해와 태도에 긍정적인 효과를 미치는 것으로 검증되었다.

두 번째 예는 국외 학술지 “Physics Education”에 2017년에 게재된 「A Teaching Module about Stellar Structure and Evolution」 연구로 중등학생을 대상으로 총 4차시로 구성되었다(Colantonio et al., 2017). 이 프로그램은 Goldwave, Spectralab, Logger Pro, Tracker 등의 다양한 소프트웨어를 활용하여 항성의 특징에 관한 그래프를 제작 및 분석하게 함으로써 학생들로 하여금 천문학자의 활동을 직접 경험하게 하는 동시에, 항성에 대한 이해를 높이고 있다. 또한 교내에서 진행되기 때문에 소프트웨어 설치 이외의 물리적 한계를 최소화했으며, 양적 분석을 통해 인지적 측면에서의 긍정적 효과를 확인했다.

두 사례는 동일한 교수학습 방법을 적용하였지만 교수학습 내용과 컴퓨터 및 웹의 종류와 활용 맥락, 교육 대상에서 차이를 보였다. 먼저 교수학습 내용 측면에서 국내 사례들은 ‘태양계의 구성과 운동’을 활동의 주 내용으로 삼고 있었으나, 국외 사례들은 태양계에 대한 내용은 물론 ‘별의 특성과 진화’와 같이 항성의 물리적인 특징을 학습할 수 있는 내용도 다양하게 포함하고 있었다. 위의 대표 사례에서도 확인할 수 있듯이, 국내 프로그램은 달의 모양, 하룻밤 동안 달의 움직임, 달과 지구의 상호운동과 같은 내용을 프로그램의 교수학습 내용으로 주로 선정했다. 반면, 국외 프로그램은 별의 구조, 기능, 진화(stellar structure, functioning and evolution) 등과 같이 태양계의 구성과 운동 이외의 다양한 천문 개념도 교수학습 내용으로 선정하고 있었다. 특히 대상 천체의 실제 데이터를 다룰 수 있도록 여러 종류의 소프트웨어 프로그램을 활용한 것이 주목할 만하다.

교수학습 내용의 차이는 프로그램에서 활용하는 스마트 기기 종류의 차이로 이어졌다. 국내 프로그램들은 주로 ‘관측’ 활동과 관련된 내용을 주제로 하기 때문에,

이를 돕기 위한 장치로서 컴퓨터와 인터넷이 활용되었다. 위의 사례에서도 지구와 달의 운동을 이해하기 위해 별자리표, Google Sky Map, 나침반, 경위의와 같은 어플리케이션이 사용되었다. 이외의 소프트웨어로는 클래스팅, Web of Cam 등이 사용되었으나 이는 모두 소셜 네트워크 어플로 교사와 학생 또는 학생들 간 의사소통을 돕기 위한 부가 장치로서 사용된 것이었다. 국외 프로그램들은 관측을 위한 것이라기보다 천체에 대한 실제 데이터를 얻을 수 있거나, 이를 2D 또는 3D 그래프로 전환하게 하는 소프트웨어가 주로 활용되었다. 국외 사례에서는 Goldwave, Spectralab, Logger Pro, Tracker가 사용되었으며, 이는 모두 실제 항성의 물리적인 특성을 파악할 수 있게 하는 장치였다. 이 밖에도 Astromatica, Maxim DL, Geometry, Algebra 등과 같은 데이터 편집 소프트웨어도 활용되었다. 정리하면, 국내 프로그램들은 관측 활동을 위한 수단으로 컴퓨터와 웹등을 사용했으며 이는 상대적으로 접근성이 높은 특징이 있다. 그러나 국외 프로그램들은 실제 데이터를 다룰 수 있게 하는 다양한 소프트웨어를 활용했다. 이는 국내의 경우와 달리 접근성이 다소 낮지만, 실제 자료의 분석과 활용을 가능하게 함으로써 과학자의 활동을 경험할 수 있는 기회를 제공한다는 특징이 있다.

교수학습 내용의 차이는 스마트 기기의 차이와 더불어 교육 대상에서의 차이도 불러 일으켰다. 태양계의 구성과 운동에 관한 주제로 관측 활동 중심의 수업이 진행되었던 국내 사례들은 주로 초등학생과 중학생 수준의 정도에 머물렀다. 그러나 실제 데이터를 활용하게 함으로써 더욱 심도 있는 내용을 다루었던 국외 사례들은 상대적으로 높은 난이도로 인해 중학생과 고등학생을 대상으로 하고 있었다.

상당수의 국내 프로그램들은 컴퓨터 및 웹 기반 활동을 교수학습 방법으로 활용했다. 그러나 이들은 모두 관측 활동을 위한 수단으로 활용되었다는 점, 지구와 달의 운동, 별자리 관측 등과 같은 교수학습 내용에 국한되어 스마트 기기를 활용해 천문학 탐구가 제한된 점, 단순한 어플리케이션을 사용하여 천문학 탐구로서의 역할을 하기에 부족한 점 등은 개선할 여지가 있다.

5. 결론 및 제언

본 연구에서는 1988년부터 2018년까지 국내와 국외에서 연구된 천문 교육 프로그램 개발 논문을 선정하여 30여 년간의 연도별 논문 출판 개수, 교육 대상, 효과 검증 여부, 내용, 방법 등을 사전 분석했다. 이어서 프로그램 유형, 교육 장소, 교수학습 내용 및 방법을 세부적으로 파악한 후, 그 결과를 바탕으로 국내 천문 교육의 교수학습 방법에 대한 개선 방향을 제시하고, 향후 연구에 대한 시사점을 얻고자 했다. 최종 선정된 89편의 논문

과 90건의 프로그램 사례에 대하여 분석한 결과, 교육 장소와 교수학습 내용은 국내외 모두 비슷한 경향을 보였으나 프로그램 유형, 교수학습 방법에서는 뚜렷한 차이를 드러냈다. 특히 교수학습 방법에 대한 분석 결과는 국내 천문 교육이 교육 현실을 고려하여 앞으로 나아가야 할 방향에 대해 다시 고찰해야 할 필요성을 제시했다. 본 연구의 결론과 제언은 다음과 같다.

첫째, 국내 천문 교육에 더욱 관심을 가져야 하며 더 많은 연구가 필요하다. 국내 과학 교육에서 천문학은 지구과학의 내용 요소로 분류되어 학생들에게 교육되고 있다. 초등 과학 및 중등 과학에서 등장하는 지구과학 혹은 선택 과목으로서 지구과학을 학습하는 대부분의 학생들은 지구과학의 내용 요소 중 천문 개념의 이해를 가장 어려워하며, 그 이해 정도에 따라 지구과학에서의 학업 성취가 결정된다. 그럼에도 불구하고 국내 지구과학 교육에 관한 연구 중 천문학을 내용으로 연구한 사례는 지질학과 같은 타 영역에 비해 상대적으로 적은 것으로 밝혀졌다. 특히 실천적 노력의 한 방법인 천문 교육 프로그램 개발 연구는 1988년부터 2018년까지 총 14편밖에 출간되지 않았으며, 그 중 5건은 영재 학생만을 위한 프로그램이었다. 천문 내용 자체가 형식적 사고를 많이 요구하며 다차원적인 개념을 다수 포함하고 있어 많은 학생들이 어려워하고(Ian et al., 2003; Oh & Lee, 2018), 이러한 이유로 높은 지적 수준을 갖는 영재만을 위한 프로그램을 개발하는 것은 과학적 소양을 기반으로 "모두를 위한 과학(Science for ALL)"을 실천하고자 하는 과학 교육의 목표와는 상반된다. 더불어 영재 학생을 대상으로 한 프로그램의 효과가 성공적이었던다면, 이를 일반 학급에 과급하여 그 효과를 공유할 필요가 있다.

둘째, 천문 탐구 활동을 관측 활동에만 제한하지 말고, 다양한 방법의 탐구 활동을 개발하여 천문 탐구의 가능성을 더욱 확장해야 한다. 국내외 천문 교육 프로그램의 가장 큰 차이로 드러난 교수학습 방법에서 국내 천문 교육 프로그램은 국외 경우와는 다르게 최근까지도 관측 활동에 지나치게 집중되어 있는 것이 확인되었다. 천문 탐구로서 관측 활동은 천문학에 대한 호기심뿐 아니라, 천문 지식을 내면화시키고 사고의 다양성을 촉진하는 등의 뛰어난 교육적 효과를 지니고 있으며 지금까지 수많은 연구들을 통해 그 효과가 실제로 검증되어 왔다. 큰 교육적 잠재력이 확인된 관측 활동을 학교 교육 현장에서 천문 탐구 활동의 한 방법으로 적절히 사용함으로써 얻게 되는 장점은 두말할 필요도 없다. 그러나 관측 활동은 우리나라 학교 교육 현장에서 적절히 활용되기가 여전히 용이하지 않고, 특히 높은 수준의 천문 개념 이해가 요구되는 고등학교에서는 활동이 더욱 어렵다. 앞서 언급한 실제 학교 현장의 여러 제약

들로 인해 우리나라의 관측 프로그램은 인지적 측면에서 뛰어난 효과를 이끌어낼 수 있는 방향으로 적용되는 것보다, 단순한 흥미 및 호기심 위주의 일회성 행사로 활용되는 경우가 많았다. 따라서 천문 교육에서의 탐구 활동을 관측 위주로만 구성 및 개발하지 말고, 다양한 방법의 탐구 활동을 새롭게 고안하여 천문 교육의 가능성을 확장해야 할 것이다.

셋째, 앞의 내용에 이어서 우리나라의 교육 문화와 물리적 여건 등을 고려한 천문 탐구 활동을 새로이 고안해야 할 필요가 있다. 관측 활동은 망원경, 디지털카메라, 관측대 등 값비싼 장비 또는 시설이 필수적이며, 이는 학교가 처한 물리적 환경에 따라 활동의 기회가 결정된다는 단점이 있다. 또한, 심야 활동에 대한 학생 인솔 및 안전사고 우려와 교사의 부담은 물론, 무엇보다 심야에 활동할 수 있는 시간 자체를 마련하기 어려운 경우가 많다. 과학관과 같은 비형식 과학 교육기관에서 천체투영관, 천체 관측 관련 교육 프로그램을 다양하게 운영하고 있지만, 유아 및 일반 관람객 대상의 흥미 유발 정도로 활용되고 있는 것이 현실이다. 따라서 천문학 사고 유발과 어려운 개념의 이해를 돕는 교실 탐구 활동을 새롭게 고안할 필요가 있다. 컴퓨터 및 인터넷 기반 활동과 국외에서 이미 활발히 개발 및 적용되고 있는 헨즈온 활동은 이에 대한 실마리를 제공해 줄 것이다.

REFERENCES

Chae, D. H., 2000, Influence of an Astronomical Observation Program on Preservice Elementary Teachers Astronomy Achievement, Astronomy Teaching Efficacy Beliefs, and Scientific Attitude, *Journal of Korean Elementary Science Education*, 18, 79

Choi, J. T., Lee, K. Y., & Park, J. Y., 2018, Analysing Astronomical Thinking of Elementary, Middle, and High School Students using Ordered Multiple Choice Items, *Journal of Korean Society of Earth Science Education*, 11, 125

Choi, J. T., Lee, K. Y., & Park, J. Y., 2019, The Development and Application of an Astronomy Education Program Reflecting Astronomical Thinking: A Case of Planetarium Class at Science Museum, *Journal of the Korean Earth Science Society*, 40, 86

Choi, S. E., 2002, Understanding of Astronomy for Teachers, Seoul National University (Seoul), pp. 59-75

Colantonio, A. et al., 2017, A Teaching Module about Stellar Structure and Evolution, *Physics Education*, 52, 13

Huwe, P. & Field, S., 2015, Modern Gravitational Lens Cosmology for Introductory Physics and Astronomy

Students, *The Physics Teacher*, 53, 266

Ian, T., Miles, B., & Alister, J., 2003, Promoting Mental Model Building in Astronomy Education, *International Journal of Science Education*, 25, 1205

Kim, K. M., Park, Y. S., & Choe, S. U., 2008, Analysis of Scientific Inquiry Activities in the Astronomy Section of School Science Textbooks, *Journal of the Korean Earth Science Society*, 29, 204

Kim, S. S., 2010, The Effect of the Classes Exploring Science Focusing Problems Discovery on the Gifted Students, *KGT*, 9, 37

Kim, W. S. & Shim, H. J., 2017, The Role of Planetarium in Astronomy Education, *BKAS*, 42, 48

Kim, W. S. & Shim, H. J., 2018, Effects of the Planetarium Lesson on Students' Understanding of Astronomical Concepts, *Journal of Science Education*, 42, 49

Kim, W. S., 2017, Effects of the Astronomy Education Program using Planetarium. Master thesis, Kyungpook National University (Daegu)

Koo, J. H., 2000, The Correlation between Conception of Celestial Motion and Spatial Ability in High school. Master thesis, Korea National University of Education (Chungbuk)

Kwak, M. H., Shin, Y. J., & Lee, J. H., 2019, J. Research trend in Earth Science Education: based on an application of data mining, *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 19, 1311

Kwon, Y. I. & Sohn, J. J., 2015, The Development and Application of SMART Teaching-Learning Program about 'Movement of Earth and Moon' for Scientifically Gifted Elementary Students, *Journal of School Science*, 9, 1

Laudan. R., 1987, From mineralogy to geology: The foundations of a science 2nd ed, Chicago Press (Chicago), pp. 417-430

Lee, J. H. & Baek, S. H., 2015, Development and Application of Remote Observatory System for Elementary School Gifted Students in Science, *Journal of Gifted/Talented Education*, 25, 697

Lee, S. J., 2002, The Effects of Learning Spatial Abilities on Achievement in Astronomy. Master thesis, Seoul National University (Seoul)

Lyu, B. Y., 2012, The Effects of Science Field Trip in Astronomy on Conceptual Change of Elementary Students. Master thesis, Korea National University of Education (Seoul)

Maeng, S. H., Lee, K. Y., Park, Y. S., Lee, J. A., & Oh,

- H. S., 2014, Development and Validation of a Learning Progression for Astronomical systems using Ordered Multiple-choice Items, *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34, 703
- Ministry of Education (교육부), 2017, the Korean Science Curriculum for 1-12 grades (과학과 교육과정), Ministry of Education Press (Sejong), pp. 198-224
- Ministry of Education and Science Technology, 2007, Elementary School Teacher's Guidebook for 5-6 grades Vol. 1, Kumsung press (Seoul), pp.287-320
- Monica G., 2001, *Astrobiology*, Smithsonian Institution Press (Washington, D.C.), pp. 20-31
- National Research Council, 2012, *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Cross cutting concepts, and Core ideas*, National Academies Press (Washington, D.C.), pp. 169-200
- Oh, H. S. & Lee, K. Y., 2018, Exploring 6th graders Learning Progression for Lunar Phase Change: Focusing on astronomical systems thinking, *Journal of the Korean Earth Science Society*, 39, 103
- Oh, P. S. & Kim, C. J., 2005, A Theoretical Study on Abduction as a Inquiry Method in Earth Science, *Journal of the Korean Association for in Science Education*. 25, 610
- Piaget, J., 1952, *The language and thought of the child* 3rd ed. Routledge & Kegan-Paul (London), pp. 172-288
- Piaget, J., 1965, *The moral judgement of the child*, The Free Press (New York), pp. 358-416
- Plummer, J. D. & Krajcik, J., 2010, Building a Learning Progression for Celestial Motion: Elementary levels from an Earth-based Perspective, *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 768
- Plummer, J. D., 2009, Early Elementary Students' Development of Astronomy Concepts in the Planetarium, *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 192
- Plummer, J. D., 2014, Spatial Thinking as the Dimension of Progress in an Astronomy Learning Progression, *Studies in Science Education*, 50, 1
- Ruangsawan, C. & Arayathanitkul, K., 2009, A Low-Cost Celestial Globe for Hands-on Astronomy, *Physics Education*, 44, 503
- Slater, T. F. & Tatge, C. B., 2017, *Research on Teaching Astronomy in the Planetarium*, Springer International Publishing (Switzerland AG), pp. 1-27
- Stephen, A. G. & Michel Z., 2019, *Introductory Astronomy and Astrophysics*, CENGAGE Learning Korea Ltd (Seoul). pp. 0
- Türk, C. & Kalkan, H., 2015, The Effect of Planetariums on Teaching Specific Astronomy Concepts, *Journal of Science Education and Technology*, 24, 1