

참탐구를 위한 천체 관측 교육 프로그램 설계 원리 개발

최동열^{1,2} · 안유민^{2,*}

¹대전과학고등학교 지구과학연구실, 34142, 대전광역시 유성구 과학로 46

²공주대학교 지구과학교육과, 32588, 충청남도 공주시 공주대학로 56

Development of Design Principles for Astronomical Observing Education Program Based on Authentic Inquiry

Dong-Yeol Choi^{1,2} and Yumin Ahn^{2,*}

¹Laboratory of Earth Science, Daejeon Science High School, Daejeon 34142, Korea

²Department of Earth Science Education, Kongju National University, Chungcheongnam-do 32588, Korea

Abstract: Although astronomical observation has various educational effects and values, studies conducted in the context of earth science education have been relatively insufficient compared with other fields. In addition, few studies have been conducted on systematic design principles development guiding teachers in the application of practical astronomical observation education. In this study, we attempted to develop design principles for astronomical observation education programs for K-12 students and applied the program to the classes. The initial design principles were derived through literature research and revised through validation processes by eight experts. The final principles were confirmed based on the usability evaluation of two high school teachers, and they included 11 design principles and 27 detailed guidelines. In addition, an astronomical observation education program consisting of eight lessons was designed by applying the final design principle. This program was applied to after-school classes in high school, the responses of participating students were investigated. We anticipate our design principles can be used as a criterion for systematic design of various types of observation activities, including outdoor observations.

Keywords: astronomical observation, design principles, authentic inquiry

요약: 천체 관측은 다양한 교육적 효과와 가치를 갖고 있음에도 불구하고 그동안 지구과학 교육의 맥락에서 수행되었던 연구는 다른 분야에 비해 상대적으로 부족하였다. 또한 실제적인 천체 관측 교육의 현장 적용을 위해 교사들을 안내할 체계적인 설계 원리 개발에 관한 연구는 거의 수행되지 않았다. 이 연구에서는 초·중등 학생들의 천체 관측 교육 프로그램을 위한 설계 원리를 개발하고, 이를 바탕으로 한 프로그램을 현장에 적용하고자 하였다. 이를 위해 문헌 연구를 통해 초기 설계 원리를 도출하고, 2차례에 걸쳐 전문가 8인의 검토와 타당화 과정을 거친 후, 고등학교 교사 2명의 사용성 평가를 바탕으로 천체 관측 단계별 11개의 설계 원리와 27개의 세부 지침을 최종 개발하였다. 또한 최종 설계 원리를 적용하여 8차시로 구성된 천체 관측 교육 프로그램을 설계하고, 이를 고등학교 방과 후 수업에 적용하여 참여 학생들의 반응을 평가하였다. 이 연구 결과 개발된 천체 관측 교육 프로그램 설계 원리는 야외 관측을 비롯한 다양한 유형의 관측 활동을 포함하는 프로그램의 체계적 설계가 가능하도록 하는 준거로 활용될 수 있으리라 기대한다.

주요어: 천체 관측, 설계 원리, 참탐구

서론

*Corresponding author: i177117@kongju.ac.kr
Tel: +82-41-850-8291

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

낮과 밤, 달의 위상, 별의 출몰, 계절 등과 같은 천문학적 변화는 우리의 삶과 밀접하게 관련되어 있기 때문에 이러한 기초적인 천문 현상에 대한 이해는 일상생활에 필요한 과학적 소양 중 하나로 손꼽힌다 (Subramaniam and Padalkar, 2009; Tarnig et al.,

2018). 또한 천체와 우주에서 발생하는 다양한 천문학적 현상에 대한 과학적 연구를 수행하는 천문학은 이를 학습하는 학생들로 하여금 과학에 대한 관심과 흥미를 유발할 뿐만 아니라 올바른 우주관과 비전을 키울 수 있는 중요한 영역으로 여겨진다(Lightman et al., 1987). 이에 우리나라를 비롯하여 세계 각국의 학교 교육과정에서는 기초 천문 현상 및 관련 개념에 대한 이해를 필수적인 요소로 다루고 있다(Lelliott and Rollnick, 2010; Ministry of Education (이하 MOE), 2015; NGSS Lead States, 2013). 그럼에도 불구하고 달의 위상 변화나 낮과 밤의 원인과 같은 기초적인 천문 현상을 과학적으로 설명하는데 있어 어려움을 겪는 학생들이 여전히 다수 존재하며, 천문학적 현상의 영향 아래 놓인 일상을 영위하는 성인뿐만 아니라 관련 내용을 지도해야 하는 교사들조차도 일부 천문 개념의 이해에 어려움을 겪는 것으로 알려져 있다(Atwood and Atwood, 1995; Baxter, 1989; Vosniadou and Brewer, 1992). 이와 같은 문제에 대한 근본적인 원인 중 하나는 학교 현장에서 육안 관측을 비롯한 실질적인 천체 관측 기회가 부족하였음을 지적하는 연구 결과와 무관하지 않다(Choi and Yoon, 2019; Shin and Ahn, 2020).

그렇다면 천문학 교육에서 천체 관측이 가지는 의미는 무엇일까? 그 중요성은 다음과 같이 네 가지 측면에서 고찰해 볼 수 있다. 첫째, 천문학을 배우는 학생들에게 있어 천체 관측은 관련 개념 이해에 매우 큰 도움을 준다. 일례로 Kim and Park (2008)은 천문 현상을 효율적으로 교육과정에 연결시킬 수 있는 천체 관측 교육의 필요성에 주목하였다. 학생들은 천체 현상의 변화를 직접 관찰하여 천체 사이의 상대적인 운동과 상호 작용에 대해 생각하고 과학적 방법을 사용하여 문제를 해결함으로써 천문 현상의 이해와 함께 비판적 사고와 문제 해결 능력을 향상시킬 수 있다(Tamg et al., 2018). 즉 천체 관측 활동은 외면부에 존재하는 천문 지식이 사고의 내면화를 거쳐 학습자의 지식으로 자리매김하도록 하는 매개체인 동시에 수단이 되는 것이다(Kim and Park, 2008). 둘째, 천체 관측 활동을 통해 진정한 과학 탐구를 실현할 수 있다. Crawford (2012)에 따르면 진정한 과학 탐구는 과학자들이 생각하고 일하는 방식의 활동에 학생들이 직접 참여함으로써 과학의 본질을 이해하도록 돕는 방법으로 제공된다. 현직 과학자들은 많은 양의 데이터를 다루는 방법이 현대 사회의 모든

일상생활과 직업에서 방대하게 사용되고 있고, 과학자들이 지식을 습득하는 과정의 중요한 부분이기 때문에 학생들에게 데이터 세트를 분석하는 기술을 명시적으로 가르칠 필요가 있음을 주장하고 있다(Etkina and Matilsky, 2003; Schwartz and Burrows, 2021). 또한 대규모 데이터 세트를 처리하는 것은 과학, 수학, 공학 및 기술 분야 어디에나 존재하지만 Science, Technology, Engineering, and Mathematics (이하 STEM) 교육의 모든 수준에서 데이터 세트를 다루는 것에 대한 공식적인 교육은 거의 또는 전혀 없음을 지적하고 있다(Schwartz and Burrows, 2021). 천문학에서 특히 천체 관측은 기초 과학과 응용과학에서 지식의 많은 영역이 교차하는 지점에 자리하는 까닭에 학생들에게 관측의 계획 및 수행, 천체 사진 촬영을 통한 데이터 수집, 수집한 데이터의 분석 및 처리, 해석의 과정을 거치면서 대규모의 데이터를 처리하는 기술을 습득할 수 있는 동시에 과학자(천문학자)의 활동을 일정 부분 따라해 볼 수 있는 기회를 제공한다(Boer et al., 2001; Choi and Yoon, 2019). 셋째, 과학과 기술에 대한 의미 있고 강력하며 실제적인 경험을 학생들을 노출시키는 것은 과학에 대한 관심을 키우고 과학에 대한 건강한 태도를 개발하는 가장 효과적인 방법 중 하나이다(Fadavi et al., 2006). 천체 관측은 망원경과 카메라 등을 이용하여 실제적인 경험을 제공하는 대표적인 활동으로 다양한 천체를 관측해 보고 토의하는 과정에서 천문 우주에 대한 관심과 흥미가 충족되며, STEM 교육에서도 강조하는 감성적 체험이 가능한 활동이기도 하다(Choi and Yoon, 2019; Han and Choi, 2005). 넷째, 학생들에게 있어 천체 관측 경험은 천문학자로서의 진로를 선택하거나 아마추어 천문학자의 삶에 관심을 갖게 하는데 결정적인 영향을 끼칠 수 있다(Jones et al. 2017). 실질적인 관측 활동을 경험한 이후 비로소 과학 및 천문학과 관련된 진로를 생각하고 구체화할 수 있게 되는 것이다.

이상에서 살펴본 바와 같이 천체 관측은 다양한 교육적 효과와 가치를 갖고 있다. 그럼에도 불구하고 그동안 과학교육 맥락에서 수행되었던 천체 관측 관련 연구는 다른 분야에 비해 상대적으로 매우 부족하였다. 그간 보고되었던 천체 관측 교육 관련 국내외의 연구는 다음과 같다. 먼저 천문학 개념 이해를 돕기 위한 효과적인 천체 관측 교육 프로그램 개발 및 그 효과성에 관한 연구들이 있다. 측망 프로그램 개발 및 적용(Choi and Yoon, 2019; Han and Choi,

2005), 표준화 계수 결정 프로그램 개발(Kim et al., 2008), 소형 망원경을 이용한 분광 시스템 개발(Yang and Kim, 2014), 달 위상 변화 개념 이해를 위한 비 전통적 탐구 지도 방법 개발(Trundle et al., 2010) 등이 이에 해당하는 것으로 볼 수 있다. 또한 천체 가상 학습 자료 개발에 관한 연구도 다수 발표되었는데 인터넷을 이용한 다중 천체 관측 방법의 개발(Kim and Park, 2008), 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 달의 위상과 일식 학습 방법(Kiroglu et al., 2021), 플라네타리움을 활용한 천체 학습 프로그램 개발(Bell and Trundle, 2008; Plummer, 2009), 스마트폰과 증강 현실(Augmented Reality, 이하 AR) 및 가상 현실(Virtual Reality, 이하 VR) 콘텐츠를 활용한 천체 학습 프로그램 개발 연구(Tamg et al., 2018; Tian et al., 2014; Zhang et al., 2014) 등이 있다. 다음으로 학생이 직접 천체 관측 데이터 획득과 분석 과정을 강조한 연구에는 디지털 카메라(Digital Single Lens Reflex, 이하 DSLR)를 이용한 태양 흑점 관찰 및 차등 자전 주기 측정(Boo et al., 2013), 소형 망원경을 이용한 목성의 자전 주기 측정(Eom and Shim, 2019), 소행성의 겉보기 운동 관측(Kim et al., 2009) 등이 있다. 보다 최근에는 학생들에 의한 직접적인 데이터 획득 및 처리 과정이 포함됨은 물론 천문학자의 연구 과정을 심도 있게 체험해 보는 과정에 초점을 맞추고 이의 효과성을 분석한 연구도 다수 수행되었다. 천체물리학자가 다루는 수준의 X선 연구 데이터 분석을 경험한 영재 고등학생들의 과학 학습에 대한 이해도와 태도 변화(Etkina et al., 2003), 천체 관측 데이터를 포함한 STEM 데이터 세트를 활용한 학생들의 탐탐구 경험 연구(Schwartz and Burrows, 2021) 등이 대표적이다. 또한 어린 시절 천체 관측을 접한 학생들의 진로와 직업 선택과의 관련성에 관한 연구(Jones et al., 2017), 우주과학기술 습득 및 우주 임무와 관련된 전체 프로세스 학습에 관한 연구(Sato et al., 2019) 등도 수행되었다. 이와 같이 다양한 측면에서 천체 관측 교육을 탐색한 수많은 연구들이 수행되었으나, 교육적 의미를 강조한 천체 관측 프로그램 개발에 앞서 프로그램을 설계 단계에서 고려해야 할 요소가 무엇인지에 대해 체계적인 시각과 실제적인 지침을 제공하는 연구는 찾아보기 어려웠다. 설계·개발 연구는 새로운 지식을 생성할 뿐만 아니라 기존 교수 설계의 이론적 기반을 실증적으로 확대할 수 있는 수단이며(Han and

Lim, 2019), 교사들이 어떻게 체계적으로 수업 준비 및 진행을 할 것인지에 대한 실제적인 안내를 제시할 수 있다(Park, 2018). 즉 천체 관측이 가지고 있는 교육적 어포던스(affordance)를 활용하고자 할 때 이를 극대화할 수 있는 프로그램 설계 원리와 구체적인 전략이 제공될 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 문헌 연구 및 관련 분야 전문가들과의 협의와 타당화 과정을 거쳐 탐탐구를 위한 천체 관측의 바람직한 교육적 활용을 지원하는 천체 관측 교육 프로그램 설계 원리와 세부 지침을 개발하는 것을 목적으로 한다. 또한 이를 수업 현장에 적용함으로써 그 유용성과 실제성을 검증하고자 하였으며, 설계 원리에 기반한 체계적 천체 관측 프로그램 개발 및 적용 과정에서 도출되는 학습자 특성 및 관측 프로그램의 유형에 따른 시사점을 탐색하였다.

연구 방법

이 연구는 천체 관측 교육 프로그램 설계 원리를 개발하고, 이를 바탕으로 구안한 프로그램을 초·중등 과학교육 현장에 적용하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 Fig. 1과 같이 선행 문헌 및 교육 과정 분석을 통한 연구 목적 설정, 프로그램 초기 설계 원리 개발, 전문가 검토 및 사용성 평가를 통한 설계 원리 개선, 설계 원리를 반영하여 4차 8차시로 구성된 천체 관측 교육 프로그램을 설계한 다음, 고등학교 방과 후 천체 동아리 수업에 적용하는 과정으로 진행하였다.

문헌 연구 및 설계 원리 초안 도출

문헌 연구를 통한 천체 관측 교육 프로그램 설계 원리 도출에 앞서 이 연구에서 설정하는 천체 관측 교육의 범주를 분명히 정의하고자 2015 개정 과학과 교육과정(MOE, 2015) 및 이에 따른 관련 과목의 교과서를 분석하여 교육과정에서 구현되는 천체 관측의 유형을 파악하였다. 또한 관련 선행 연구와 교과서 분석 결과 등을 바탕으로 교육과정 상에서 구현될 수 있는 천체 관측 종류와 세부 관측 내용 및 특징 등을 정리하였다.

다음으로 천체 관측 교육 프로그램의 설계 원리를 도출하고자 국내외 학술지 논문, 학술대회 발표 자료, 학위논문, 보고서 등의 문헌을 체계적으로 검색하여 분석 대상 문헌을 선정하였다. 해외 문헌의 경우 구

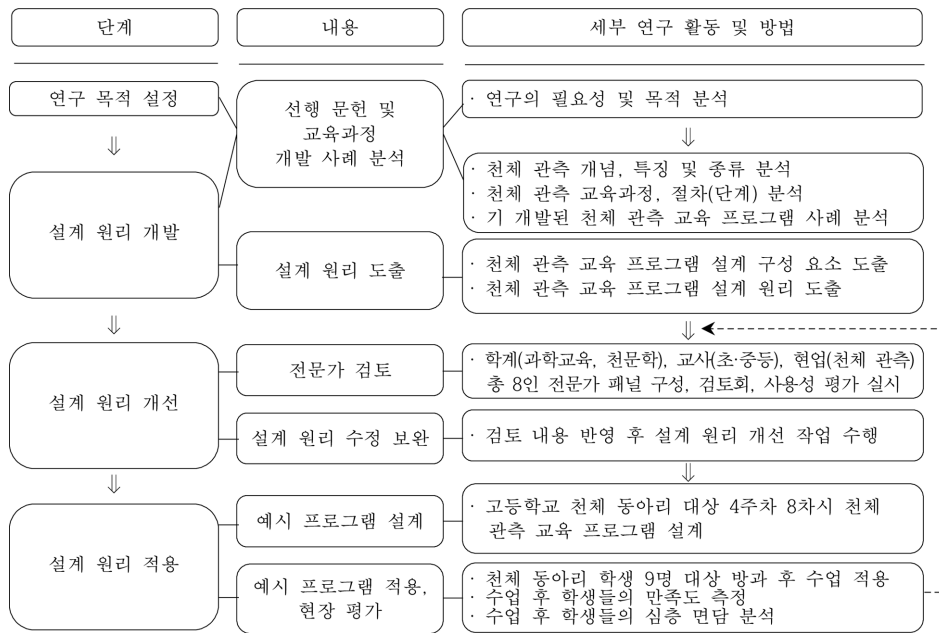


Fig. 1. The research process.

글 스칼라(<http://scholar.google.com>)와 국립 대학교 중 1개교의 도서관에서 제공하는 국외 DB 사이트에서 키워드로 ‘astronomical observation’, ‘education’, ‘school’을 반드시 포함되도록 하고, ‘STEM’, ‘science’, ‘attitude’, ‘program’을 적어도 하나가 포함되도록 하여 2960개(2021년 8월 12일 검색), 국내 문헌의 경우 RISS, DBPIA, KISS에서 ‘천체 관측’을 키워드로 검색하여 1200개(2021년 8월 12일 검색)를 최초 수집하였다. 이후 초록 내용 등을 통해 대략적인 논문의 내용을 파악하여 천체 관측 교육 프로그램 설계와 밀접한 관련성이 있다고 판단되는 해외 문헌 16편과 국내 문헌 23편을 분석 대상 문헌으로 선정하였다. 총 39편에 대한 문헌 연구를 토대로 연구자끼리 논의를 거쳐 천체 관측 교육 프로그램 설계를 위

한 주요 구성 요소를 추출하고, 각 구성 요소별로 설계 원리를 유목화하고 구조화하는 방식으로 초기 설계 원리와 세부 지침을 도출하였다.

전문가 검토 및 타당도 검증

도출된 천체 관측 교육 프로그램 설계 원리 초안의 타당도를 검증하기 위하여 총 8인의 전문가에게 검토를 의뢰하였으며, 이 과정에 참여한 전문가의 프로파일은 Table 1과 같다. 이때 연구의 맥락과 각 설계 원리 세부 지침에 대한 설명 자료(설계 원리 개발의 필요성, 설계 원리 도출 배경 등)를 같이 제시하여 이를 참고하도록 하였으며, 연구자들이 도출한 설계 원리 및 세부 지침 초안에 대한 내용 타당도를 5점 척도로 평가하고 제반 항목에 대한 수정 및 보완

Table 1. Profiles of experts involved in design principle validation

구분	전문 분야/학교급	교육 및 연구 경력	학력	
교수	A	천문학	9년	박사(외부은하)
	B	지구과학교육	10년	박사(지구과학교육)
현업	C	천체 관측 관련 연구원	20년	박사(천체화학)
	D	아마추어 천문학자	25년	석사(지구과학교육)
교사	E	초등학교 교사(영재교육)	20년	석사(초등과학교육)
	F	중학교 지구과학 교사	7년	박사 과정(지구과학교육)
	G	과학고 지구과학 교사	5년	박사 과정(지구과학교육)
	H	영재고 지구과학 교사	12년	박사(천체화학)

Table 2. Construction of the questionnaire to validate design principles

구분	평가 문항
선택형 문항 (5점 척도)	- 전반: 타당성, 이해성, 설명력, 유용성, 보편성 - 개별: 각각의 설계 원리에 대한 타당도
개방형 문항	- 수정 및 보완 의견 - 추가 개선 사항

의견을 개방형 문항에 응답하도록 안내하였다.

일련의 타당도 검증에 활용한 질문지의 주요 내용은 Table 2에 제시하였다. 이를 바탕으로 내용 타당도 지수(Content Validity Index, 이하 CVI)를 산출하였고(Fehring, 1987; Grant and Davis, 1997), 개방형 문항의 응답 결과는 Creswell (2005)이 제시한 코딩하기, 분류하기, 제시하기의 세 단계를 거쳐 분석하였다. 이상의 전문가 검토를 통해 수집 및 분석된 양적, 질적 자료를 토대로 연구자들이 초기 설계 원리를 수정·보완 하였다. 1차 CVI가 매우 높은 값으로 산출되어 2차 타당도 검증은 다음과 같은 절차로 같음하였다. 즉 1차 평가자들이 제시한 의견들을 반영하여 연구자들이 설계 원리를 수정하고, 이를 학계 전문가로 구분된 교수 2명에게만 다시 보내어 재검토한 내용을 개방형 문항에 응답하도록 하였다. 그리고 2차 개방형 문항의 응답 결과를 반영하여 설계 원리 및 상세 지침 수정안을 구성하였다.

사용성 평가 및 예시 프로그램 개발

수정된 설계 원리를 반영한 예시 프로그램을 개발하는 과정에는 연구자 중 1명이 고등학교에 근무하는 지구과학 교사 2명과 함께 천체 관측 교육 프로그램의 교수 설계자로서 참여하였다. 개발된 예시 프로그램은 매주 2시간씩 4주간 총 8차시로 구성된 ‘산개 성단의 거리와 나이 구하기’이며, 이 과정의 초반에 설계 원리의 사용성 평가가 이루어졌다. 현장에서 활용하기 용이한 컴퓨터 시뮬레이션 모델 및 성도 소프트웨어의 예시를 추가하는 일부 수정을 거쳐 설계 원리의 최종안이 확정되었다. 그리고 연구자 중 1명이 개발된 예시 프로그램을 대도시에 위치한 영재학교의 천체 관측 동아리를 대상으로 2021년 2학기 초에 방과 후 수업의 형태로 적용하였다. 이때 교수 설계자로 참여한 지구과학 교사 2명은 전체 수업을 참관한 후 관찰 일지를 작성하도록 하였고, 수업이 종료된 후 관찰 일지를 수합하여 천체 관측 교육 프로그램의 개선에 반영하였다. 참여 학생 수는 총 9명

(1학년 5명, 2학년 4명)이었다. 학생들은 계절별 별자리, 망원경 사용법과 천체 사진 촬영법을 학습한 후 학교 옥상에 올라가 망원경과 DSLR을 이용해 산개성단 M29 (백조자리)를 직접 촬영하였다. 이후 측광된 데이터를 이용해 천문 소프트웨어(Maxim DL)로 구경 측광을 수행하였다. 등급 변환 과정과 Webda의 데이터베이스(<https://webda.physics.muni.cz>)를 이용해 표준화 과정을 거쳐 영연령주계열(ZAMS)과 등연령곡선(Isochrone)을 다운로드 받아 성단의 거리와 나이를 결정하였다.

모든 활동은 3개의 모듈로 나누어 진행하였는데 구성원 간에 자유로운 토의 및 토론 과정을 독려하고, 측광 데이터 분석 과정에서는 기존에 경험이 있는 2명의 학생이 다른 학생들을 도와주며 진행하도록 하는 등 프로그램 운영 전반에서 협동 학습이 실현될 수 있도록 노력하였다.

프로그램이 종료된 이후 참가한 학생들의 반응을 조사하고자 5점 리커트 척도 문항과 개방형 문항을 활용한 만족도 조사를 실시하였다. 또한 프로그램에 특히 적극적으로 참여한 것으로 지목된 3명의 학생을 대상으로 프로그램 종료 후 심층 면담을 실시하여 설계 원리의 적용 및 프로그램 전반에 대한 질적 자료를 수집하여 분석하였다.

연구 결과

문헌 연구를 통한 초기 설계 원리 도출

천체 관측 교육 프로그램 설계 원리 개발에 앞서 교육과정에서 구현되는 천체 관측의 여러 유형들을 알아보하고자 2015 개정 교육과정에서 천체 관측과 관련된 성취기준과 탐구 활동을 분석한 결과는 Table 3과 같다.

교육과정에서의 성취기준 및 탐구 활동을 분석한 주요 결과는 다음과 같다. 첫째, 초등학교 교육과정에서는 육안으로 별자리 등을 관측하는 것만 다루고 있으며, 망원경을 활용한 관측은 포함시키지 않고 있

Table 3. Achievement standards and inquiry activities related to astronomical observation in 2015 national science curriculum

학교급	성취기준	탐구 활동
초등학교	[6과02-02] 별의 의미를 알고 대표적인 별자리를 조사할 수 있다.	• 행성과 별의 관측상의 차이점 찾아보기
	[6과02-03] 북쪽 하늘의 별자리를 이용하여 북극성을 찾을 수 있다.	• 별자리를 이용한 방향 찾아보기
	[6과09-02] 계절에 따라 별자리가 달라진다는 것을 지구의 공전으로 설명할 수 있다.	• 계절별 대표적인 별자리 찾아보기
중학교	[9과10-02] 지구 자전에 의한 천체의 겉보기 운동과 지구 공전에 의한 별자리 변화를 설명할 수 있다.	• 야간에 별이나 행성의 움직임 관찰하기
	[9과10-03] 달의 위상 변화와 일식과 월식을 설명할 수 있다.	• 망원경을 이용하여 태양 흑점, 달, 행성 관측하기
	[9과23-01] 별의 거리를 구하는 방법을 알고, 별의 표면 온도를 색으로 비교할 수 있다.	• 시차 측정하기, 별의 색과 표면 온도의 관계 알아보기
고등학교	[10과탐02-08] 탐구 수행으로 얻은 정성적 혹은 정량적 데이터를 분석하고 그 결과를 다양하게 표상하고 소통할 수 있다.	• 관측 자료 분석하여 경향성 판단하기
	[12지과H05-01] 별의 스펙트럼과 광도로부터 별의 온도와 크기를 결정하는 방법을 설명할 수 있다.	• 태양 주변의 항성 자료를 이용하여 H-R도 작성하기
	[12지과H05-02] H-R도상에서의 위치에 따른 별의 특징을 물리량과 관련지어 설명할 수 있다.	• 태양 주변의 항성 자료를 이용하여 H-R도 작성하기
	[12지과H06-01] 천체의 위치 변화를 지평 좌표와 적도 좌표를 이용하여 나타낼 수 있다.	• 성도에 천체의 이동 표시하기
	[12지과H06-04] 회합 주기를 이용하여 공전 주기를 구하는 원리를 이해하고, 겉보기 운동 자료로부터 행성의 궤도 반경을 구할 수 있다.	• 지구의 공전 주기, 화성의 회합 주기로부터 화성의 타원 궤도 찾기
	[12지과H07-01] 성단의 색등급도(C-M도)를 이용한 주계열 맞추기 및 세페이드 변광성의 주기-광도 관계를 이용하여 천체의 거리를 구할 수 있다.	• 산개 성단과 구상 성단의 C-M도를 이용하여 성단의 거리 및 나이 추정하기
[12지과H07-02] 우리은하의 구성원인 산개 성단과 구상 성단의 특징을 알고 이들의 공간 분포를 통해 우리은하의 구조를 설명할 수 있다.	• 우리은하 내의 산개 성단과 구상 성단의 분포 알아보기	

다. 둘째, 중학교에서는 2학년에 이르러 ‘태양계’ 단원을 통해 망원경으로 태양 흑점, 달, 행성 등을 관측하는 활동을 제시하고 있으며, 망원경을 다루는 조작적 기능을 평가할 수 있도록 하고 있다. 셋째, 고등학교에서는 천체 관측이나 탐구 활동의 수행으로 얻은 정성적, 정량적 데이터를 분석하여 그 결과를 다양한 방식으로 표현하고 결론을 도출해 소통할 수 있도록 하고 있다.

2015 개정 과학과 교육과정(MOE, 2015) 및 이에 따른 과학, 통합과학, 과학탐구실험, 지구과학I, 지구과학II 교과서에 제시된 천체 관측 관련 탐구 활동과 천체 관측에 관한 선행 연구 자료(Boo et al., 2013; Chae, 2000; Choi and Yoon, 2019; Eom and Shim, 2019; Han and Choi, 2005; Han et al., 2012; Jeong and Sohn, 2016; Kim et al., 2009; Yang and Kim, 2014)를 토대로 각 학교급에서 실시해 볼 수 있는 천체 관측 종류와 세부 관측 내용을 Table 4에 정리하였다. 분광 관측은 교육과정에 포함되지 않아 제외하였으며, 플라네타리움 또는 가상의 시뮬레이션 등을 이용한 관측이나 원격 천체 관측은 최근에 들어 활

용 가치가 더욱 증가하고 있지만 서론에서 언급한 바와 같이 이 연구의 필요에 기인한 야외에서의 실질적인 관측이라고 보기 어려워 제외하였다. Table 4에서 육안 관측은 맨눈이나 망원경으로만 관측하는 것을 말하며, 사진 관측 1과 사진 관측 2는 각각 관측 데이터 획득 과정이 필요하지 않는 관측과 관측 데이터 획득 과정이 반드시 필요한 관측을 지칭한다.

또한 이 연구에서 천체 관측 교육 프로그램의 설계 원리는 학교 교육의 맥락에서 이루어지는 지구과학 교수·학습 활동임과 동시에 천문학 연구 과정의 일환인 관측 활동에 초점을 맞춘 일련의 경험을 전제로 하고 있다는 관점을 견지하고 분석 대상인 문헌으로부터 설계 원리 및 세부 지침을 추출하고 구조화하였다. 이를테면 Tamg et al. (2018)의 연구로부터 야외 관측 활동의 중요성, Boo et al. (2013)에서는 간단한 장비를 활용하여 관측 자료를 획득할 수 있는 적절한 천체 선정 등을 분석하여 이를 ‘관측 프로그램 수행의 원리’로 유목화하고 관련 세부 지침을 정리하는 방식으로 초안을 마련하였다. 설계 원리의 초안은 Table 5와 같으며, 천체 관측 교육 프로그램의 설계

Table 4. Types and contents of astronomical observation based on 2015 national science curriculum

종류	프로 그램	세부 내용	준비물
육안 관측	별자리 관측	북두칠성, 카시오페이아자리를 이용한 북극성 찾기 계절별 대표적인 별자리 3-4개 관측하기 지구의 자전에 따른 일주 운동 관측하기 지구의 공전에 따른 연주 운동 관측하기 행성과 주요 별자리 스케치하기	별자리판, 성도(AR 별자리 앱), 붉은 랜턴, 시계, 관측용지, 필기도구
	유성 관측	관측한 유성을 성도에 표시하기 유성이 많이 보이는 시기 기록하기	성도(AR 별자리 앱), 시계, 관측용지, 필기도구
태양 관측	태양 관측	태양의 크기 측정하기 태양의 표면 현상, 흑점 관측 및 스케치하기 태양의 시간에 따른 고도, 방위각의 변화 측정하기 태양 사진 촬영하기 태양 차등 자전 측정하기	망원경, 투영판(또는 태양필터), 태양크기측정기, 나침반, 스톤리허스트판, DSLR, 타이머릴리즈, 어댑터, T링, 포토샵(자전 주기 측정), 관측용지, 필기도구
	달 관측	달의 표면 관측 및 스케치하기 달의 시간에 따른 고도, 방위각의 변화 기록하기 달의 사진 촬영하기	망원경, 쌍안경, DSLR, 타이머릴리즈, 어댑터, T링, 관측용지, 필기도구
육안 관측 + 사진 관측1	태양계 행성 관측	태양계 행성의 표면, 위성 관측 및 스케치하기 태양계 행성의 시간에 따른 고도, 방위각의 변화 기록하기 태양계 행성의 사진 촬영하기 태양계 행성의 자전 주기 측정하기	성도(AR 별자리 앱), 붉은 랜턴, 망원경, DSLR (또는 행성관측용 웹캠), 타이머릴리즈, 어댑터, T링, 관측용지, 필기도구
	별, 별자리 관측	별의 표면 관측하기 쌍성, 이중성 관측하기 점상 촬영을 통한 별자리 관측하기 일주 촬영을 통한 별의 일주 운동 관측하기 피지백 촬영을 통한 별자리 관측하기	성도(AR 별자리 앱), 붉은 랜턴, 망원경, DSLR, 타이머릴리즈, 어댑터, T링, 모터, 배터리, 볼헤드, 삼각대, 관측용지, 필기도구
성운, 성단, 은하 관측	성운, 성단, 은하 관측	성운, 성단, 은하의 모양 관측 및 스케치하기 피지백 촬영을 통한 별자리 및 성운, 성단, 은하의 위치 관측하기 직조점 촬영을 통한 성운, 성단, 은하의 모습 관측하기	성도(AR 별자리 앱), 붉은 랜턴, 망원경, DSLR, 타이머릴리즈, 어댑터, T링, 모터, 배터리, 관측용지, 필기도구
	유성 관측	유성의 월별 개수 측정하기 유성의 궤도 분석하기 유성의 월별 개수 측정하기 유성의 궤도 분석하기	(DSLR 이용시) 성도(AR 별자리 앱), DSLR, 삼각대, 타이머릴리즈, 붉은 랜턴, UFOCapture (유성 궤도 분석용) (비디오카메라 이용시) 비디오카메라, 피어(고정용), RMS시스템(Raspberry Pi Meteor System), 붉은 랜턴, UFOCapture (유성 궤도 분석용)
사진 관측2	소행성 관측	소행성들의 날짜별 위치 변화 기록하기 소행성들의 거리 측정하기 소행성들의 이동 속도 측정하기 소행성들의 지심 시차 측정하기	소행성 목록, 망원경, 모터, 배터리, 가이드 망원경과 가이드 CCD (정밀 관측시), DSLR (또는 CCD), 어댑터, T링, 타이머릴리즈, 붉은 랜턴, 필터(CCD 이용시), Astrometrica (소행성 확인용)
	성단 관측	직조점 촬영을 통한 성단의 관측 데이터 획득하기 성단의 관측 데이터 이용 측광하기 성단의 H-R도 그리기 성단의 거리, 나이 계산하기	성도(AR 별자리 앱), 붉은 랜턴, 망원경, DSLR (또는 CCD), 어댑터, T링, 타이머릴리즈, 모터, 배터리, 가이드 망원경과 가이드 CCD (정밀 관측시), 필터(CCD 이용시), Maxim DL (측광용), 웹사이트(ZAMS, Isochrone 다운)

시 주요 단계에서 준거로 활용할 수 있는 11개의 설계 원리와 33개의 세부 지침으로 구성되었다.

타당도 검증 및 전문가 검토를 통한 설계 원리 수정·보완

문헌 연구 및 관측 프로그램 개발 사례 분석 등을 통해 도출된 초기 설계 원리는 8인으로 구성된 전문

가 패널의 타당도 검증과 검토를 거쳤다. 전체 관측 교육 프로그램을 위한 교수 설계 원리 전반에 대한 타당도 분석 결과는 Table 6과 같이 모두 4.0 이상으로 나타나 이 과정에 참여한 전문가들은 설계 원리 초안의 타당성부터 보편성 전반에 이르기까지 적절하다 내지 매우 적절한 것으로 평가하였음을 알 수 있다. Table 7은 설계 원리에 따른 개별 세부 지침에

Table 5. Draft of design principles and detailed guidelines for astronomical observation education program

단계	설계 원리	세부 지침	관련 선행 연구
사전 분석 및 준비	1. 관측 환경 분석의 원리	1.1. 학교 내외의 관측 환경적 조건을 분석하여 운영 가능한 관측 프로그램의 범위를 설정한다.	Kim & Park, 2008; Kim et al., 2008; Boo et al., 2013; Eom & Shim, 2019; Choi & Yoon, 2019; Lee & Baek, 2015; Zhang et al., 2014
		1.2. 관측 장애 발생 시의 대체 프로그램을 마련한다.	
	2. 관측 활동 사전 준비의 원리	2.1. 천체의 천구상 위치와 운동을 이해할 수 있도록 컴퓨터 시뮬레이션 모델 (Stellarium, Celestia, Starry Night 등)을 활용해 보도록 한다.	Kim & Park, 2008; Song & So, 2018; Shin & Lee, 2012; Yang et al., 2013; Yang & Kim, 2014; Choi & Yoon, 2019; Choi et al., 2019; Kiroglu & Erdogan, 2021; Sato et al., 2019; Zhang et al., 2014
		2.2. 관측 장비 및 소프트웨어 활용에 대한 사전 학습 내용을 구성하고 제시한 사전 학습 자료를 협력적으로 실습할 수 있는 충분한 시간을 제공한다.	
3. 교수 학습 분석의 원리	2.3. 관측 장비 및 소프트웨어 활용의 중요 부분에 대해 교사의 시연을 제공한다.	Kim et al., 2008; Kim et al., 2009; Shin & Lee, 2011; Lee & Baek, 2015; Chae, 2000; Choi et al., 2019; Targ et al., 2018	
	2.4. 관측 장비 조작 및 소프트웨어를 활용한 자료 처리 방법 등 관측 실행에 필요한 교사의 전문성을 확보한다.		
	3.1. 교육과정과 교과서의 천문 관련 내용 및 탐구 활동을 분석하여 학교급과 성취기준에 따른 학습 요소와 기능을 고려한 학습 목표를 설정한다.		
4. 관측 프로그램 수행의 원리	3.2. 학생들의 요구와 특성을 파악하여 천문 관련 관심과 흥미를 고취할 수 있는 학습 활동을 구성한다.	Kim et al., 2008; Kim et al., 2009; Boo et al., 2013; Yang & Kim, 2014; Eom & Shim, 2019; Jeong & Sohn, 2016; Chae, 2000; Choi & Yoon, 2019; Han et al., 2012; Han & Choi, 2005; Boer et al., 2001; Etkina et al., 2003; Fadavi et al., 2006; plummer, 2009; Randy et al., 2008; Targ et al., 2018; Tian et al., 2014; Zhang et al., 2014	
	3.3. 관측 프로그램을 통해 학생들의 인지적 영역 및 천문학적 사고 등이 향상될 수 있는 요소를 포함한다.		
	4.1. 반드시 야외 관측 활동 단계를 포함하여 운영한다.		
	4.2. 구비된 관측 장비로 쉽게 관측, 촬영이 가능한 대상을 목적으로 선정하여 안내한다.		
	4.3. 실질적인 관측(대상 찾기, 육안 관측, 사진 관측 등)을 직접 경험할 수 있는 기회를 제공한다.		
	4.4. 관측 관련 소프트웨어(성도 프로그램 등)가 설치된 모바일 기기의 활용을 장려하는 분위기를 조성한다.		
5. 관측 데이터 획득 및 분석의 원리	4.5. 천문학자가 수행하는 일련의 연구 과정을 체험할 수 있는 기회를 제공한다.	Boo et al., 2013, Choi & Yoon, 2019; Schwartz & Burrows, 2021; Boer et al., 2001; Jones et al., 2021; Barab et al., 2000; Trundle et al., 2010	
	4.6. 안전을 위하여 망원경을 활용한 천체 관측시의 유의점을 안내한다.		
	5.1. 관측 자체뿐만 아니라 직접 관측 데이터를 획득할 수 있는 기회를 제공한다.		
6. 창의적 융합 활동의 원리	5.2. 데이터 분석 과정은 최대한 간소화하여 제시한다.	Kim, 2012; Choi & Yoon, 2019; Azevedo, 2018; Boer et al., 2001; Trundle et al., 2010	
	5.3. 데이터 분석 과정에서 소프트웨어 활용 기능이 향상될 수 있도록 한다.		
	6.1. 관측 활동에 적극적으로 흥미와 호기심을 갖고 참여할 수 있도록 감성적 체험의 과정을 반영한다.		
7. 상호작용 촉진의 원리	6.2. 물리, 수학, 정보, 기술, 미술, 인문사회과학 등 교과간 협력 및 연계가 강화될 수 있는 요소를 강조한다.	Choi & Yoon, 2019; Choi et al., 2019; Boer et al., 2001; Trundle et al., 2010; Zhang et al., 2014	
	6.3. 관측 프로그램을 통해 향상된 과학적 이해와 기존의 교실 수업에서 학습한 내용을 비판적으로 비교할 수 있는 기회를 제공한다.		
8. 단계적 학습 지원의 원리	7.1. 관측 및 데이터 분석 과정에서 언어적, 비언어적 상호작용이 활발해질 수 있도록 분위기를 조성한다.	Lee & Baek, 2015; Choi & Yoon, 2019; Choi et al., 2019; Barab et al., 2000	
	7.2. 관측 및 데이터 분석 과정에서 모둠별 협동 학습이 활발하게 이루어질 수 있도록 독려한다.		
	8.1. 관측 활동 및 데이터 분석의 난이도가 쉬운 것부터 어려운 것으로 진행될 수 있도록 안내한다.		
		8.2. 관측 및 데이터 분석 과정에서 개별 및 모둠별 학습 상황을 파악하여 적절한 피드백을 적시에 제공한다.	
		8.3. 학교급과 학생의 수준에 따라 천체 동아리, 지구과학 영재반 등 더 높은 수준의 천체 관측 탐구 활동으로 확장되어 이용될 수 있도록 학습 내용을 편성한다.	

Table 5. Continued

단계	설계 원리	세부 지침	관련 선행 연구
정리, 평가 및 성찰	9. 체계적 피드백의 원리	9.1. 관측 프로그램 수행 과정 및 최종 결과(천체 사진 산출물, 분석 결과 등)를 공유하고 서로에게 피드백을 제공할 수 있는 기회를 제공한다.	Choi & Yoon, 2019
		9.2. 관측 프로그램 수행 결과를 고려하여 학생마다 적절한 도전 과제를 제공한다.	
	10. 성취도 평가의 원리	10.1. 관측 프로그램을 통한 인지적 성취의 도달 정도를 평가할 수 있는 도구를 마련하고 평가한다. 10.2. 관측 프로그램에서 수행한 관측적 기능을 평가할 수 있는 도구를 마련하고 평가한다. 10.3. 관측 프로그램의 과정에서 드러나는 태도 및 참여도를 지속적으로 평가할 수 있는 척도를 마련하고 평가한다.	Lee & Baek, 2015; Tarnq et al., 2018
11. 진로·직업 연계의 원리	11.1. 관측 프로그램을 마친 후 지구과학 및 천문학에 대한 학생들의 적성을 알아보고 관련 직업을 탐색할 수 있는 기회를 제공한다.	Shin & Lee, 2011; Choi & Yoon, 2019; Boer et al., 2001; Etkina et al., 2003; Fadavi et al., 2006; Jones et al., 2017; Jones et al., 2021; Barab et al., 2000	
	11.2. 천문학 관련 진로에 관심을 갖고 있는 학생들을 위해 관측 및 데이터 분석과 관련된 심화 학습(천체 연구 등) 방법을 안내한다.		

Table 6. Validity analysis results for the overall design principles

영역	전문가 평가								M	SD
	A	B	C	D	E	F	G	H		
타당성	4	4	5	5	5	5	4	5	4.63	0.52
이해도	5	3	5	4	5	5	5	5	4.63	0.74
설명력	5	3	5	4	4	4	4	4	4.13	0.64
유용성	4	4	5	4	5	4	4	5	4.38	0.52
보편성	5	4	5	5	4	5	4	4	4.50	0.53

대한 CVI 값을 산출하여 함께 나타난 결과이다. 타당도를 확보하기 위한 CVI 최솟값의 기준은 학자에 따라 다소 차이가 있는데, Tiden et al. (1990)은 0.70 이상을, Davis (1992)는 0.8을 제시하였다. 이 연구에서는 더욱 엄격한 기준인 0.8 이상이면 타당한 것으로 해석하였다. Table 7에서 0.8 미만에 해당하는 세부 지침은 3.3., 5.3., 6.3.의 세 항목으로 CVI는 각각 0.78, 0.75, 0.78로 나타났다. 해당 항목에 대해서는 이후의 수정·보완 과정에서 평가자간 협의 과정을 추가로 진행하였다.

타당도 제고를 위한 수정·보완은 개방형 질문의 응답에서 수렴된 검토 의견을 토대로 이루어졌으며, 주요 내용은 Table 8과 같다.

전문가 검토 의견을 바탕으로 설계 원리의 수정 및 보완에 반영된 주요 내용을 살펴보면 다음과 같다. 설계 원리 전반에 대해서는, 개수가 너무 많아서 프로그램 설계의 문턱을 높인다는 지적이 있었다. 이에 유사한 내용의 지침이라고 판단되는 지침을 하나로 통합(7.1., 7.2.를 7.1.로 통합, 10.1., 10.2., 10.3.을 10.1.로

통합)하였고, 이전 단계의 지침과 다소 중복된다고 판단되는 지침들은 삭제(9.2.를 삭제)하였다. 특히 Table 7에서 CVI가 0.8 이하인 지침 중에서 성취도 평가의 원리에서 다루는 지침과 중복된다는 의견에 따라 삭제된 3.3. 이외에 5.3.과 6.3.에 대해서는 추가의 평가자간 협의 과정으로부터 다음과 같이 수정·보완되었다. 세부 지침 5.3.은 천체 관측의 궁극적 목표로 보기 어렵다는 의견이 많아 설계 원리에서 삭제하기로 결정하였고, 반면에 6.3.은 천체 데이터를 분석하고 해석하는 과정에서 결과와 기존의 과학 지식과 배치되는 상황이 될 경우 비판적으로 두 가지를 비교해 보는 과정이야말로 진정한 과학 탐구를 위한 필수 요소라고 판단되어 그대로 유지하도록 결정하였다.

설계 원리의 사용성 평가 결과 및 최종 설계 원리

예시 프로그램 개발에 교수 설계자로 참여한 지구과학 교사 2인에 의해 수정된 설계 원리에 대한 사용성 평가가 이루어졌으며, 이 과정에서 수렴된 의견은 두 차례에 걸친 전문가 타당화와 함께 최종 설계

Table 7. Validity analysis results for each detailed guidelines

단계	설계 원리	세부 지침	전문가 평가								M	SD	CVI
			A	B	C	D	E	F	G	H			
사전분석 및 준비	1. 관측 환경 분석의 원리	1.1.	5	5	3	5	5	4	4	3	4.25	0.89	0.81
		1.2.	5	4	2	5	5	4	4	5	4.25	1.04	0.81
	2. 관측 활동 사전 준비의 원리	2.1.	3	5	4	5	4	5	5	5	4.50	0.76	0.88
		2.2.	5	5	4	5	5	4	4	5	4.63	0.52	0.91
		2.3.	5	3	4	5	5	5	5	5	4.63	0.74	0.91
		2.4.	5	4	3	5	5	5	5	5	4.63	0.74	0.91
	3. 교수학습 분석의 원리	3.1.	5	5	5	5	5	4	4	5	4.75	0.46	0.94
		3.2.	5	5	4	5	5	5	5	5	4.88	0.35	0.97
		3.3.	4	3	4	4	5	4	4	5	4.13	0.64	0.78
관측 수행 및 분석	4. 관측 프로그램 수행의 원리	4.1.	5	3	5	5	5	5	5	5	4.75	0.71	0.94
		4.2.	5	5	3	5	5	3	3	5	4.25	1.04	0.81
		4.3.	5	5	5	5	5	5	5	5	5.00	0.00	1.00
		4.4.	5	5	5	5	5	5	5	4	4.88	0.35	0.97
		4.5.	5	5	5	5	5	4	4	4	4.63	0.52	0.91
		4.6.	5	5	5	5	5	4	4	5	4.75	0.46	0.94
	5. 관측 데이터 획득 및 분석의 원리	5.1.	5	5	5	5	5	5	5	5	5.00	0.00	1.00
		5.2.	4	3	5	5	5	4	4	5	4.38	0.74	0.84
		5.3.	3	4	3	5	4	4	4	5	4.00	0.76	0.75
6. 창의적 융합 활동의 원리	6.1.	5	4	4	5	5	4	4	5	4.50	0.53	0.88	
	6.2.	4	4	4	4	5	4	4	5	4.25	0.46	0.81	
	6.3.	5	4	2	5	5	4	4	4	4.13	0.99	0.78	
7. 상호작용 촉진의 원리	7.1.	4	4	5	5	5	4	4	5	4.50	0.53	0.88	
	7.2.	5	4	5	5	5	5	5	5	4.88	0.35	0.97	
8. 단계적 학습 지원의 원리	8.1.	5	4	5	5	5	5	5	5	4.88	0.35	0.97	
	8.2.	5	4	5	5	5	4	4	4	4.50	0.53	0.88	
	8.3.	5	4	4	5	5	5	5	5	4.75	0.46	0.94	
9. 체계적 피드백의 원리	9.1.	5	5	5	5	5	5	5	5	5.00	0.00	1.00	
	9.2.	5	4	4	5	5	4	4	5	4.50	0.53	0.88	
정리, 평가 및 성찰	10. 성취도 평가의 원리	10.1.	5	4	2	5	5	4	4	5	4.25	1.04	0.81
		10.2.	5	4	5	5	0	4	4	5	4.00	1.69	0.91
		10.3.	5	4	5	5	5	5	5	5	4.88	0.35	0.97
	11. 진로·직업 연계의 원리	11.1.	5	5	5	5	5	5	4	5	4.88	0.35	0.97
11.2.		5	4	5	5	5	5	5	5	4.88	0.35	0.97	

원리에 반영되었다. 사용성 평가에 참여한 교사들은 연구자로부터 연구의 맥락과 개발된 설계 원리에 대해 자세한 설명을 듣고, 추가의 질의응답을 통해 궁금한 점을 해결하였다. 이후 연구자를 비롯하여 이들 교사가 직접 ‘산개 성단의 거리와 나이 구하기’를 주제로 천체 관측 교육 프로그램을 개발하기로 하고, 설계 원리를 반영하여 교수·학습 과정안을 작성하였다. 예시 프로그램을 ‘산개 성단의 거리와 나이 구하

기’로 선정한 것은 해당 주제가 2015 개정 과학과 고등학교 교육과정에서 성단의 H-R도를 이용한 거리 및 나이 추정하기 과정을 중요한 탐구 활동으로 제시하고 있을 뿐만 아니라 소형 망원경과 DSLR을 이용해 획득한 천체 데이터를 처리하고 분석하기에 적합한 주제라는 점에 대해 개발진들의 의견이 일치하였기 때문이다. 그리고 이 과정에서 느낀 점을 바탕으로 연구자에게 설계 원리 및 세부 지침에 대한 강

Table 8. Modifications and supplements to the draft design principles

구분	주요 검토 의견에 따른 수정·보완 사항
전반	<ul style="list-style-type: none"> • 전체적으로 설계 원리에 따른 세부 지침의 개수가 많아 프로그램 설계의 문턱을 높이는 것으로 받아들여질 여지가 있으므로 유사한 지침은 통합하기로 함.
단계 및 설계 원리	<ul style="list-style-type: none"> • 설계 원리에서 반복적으로 등장하는 ‘원리’라는 용어를 삭제함.
세부 지침	<ul style="list-style-type: none"> • 교사의 준비가 우선이므로 2.3.을 2.4. 앞에 둠. • 3.3.은 ‘성취도 평가’에서 제시하고 있어 중복되므로 삭제함. • 4.1.은 최근 원격 망원경 관측 등이 이루어지고, AR-VR 등이 발전하고 있으므로 ‘반드시’를 삭제함. • 5.2.의 ‘간소화’라는 용어가 해석상 오해의 소지가 있어 ‘핵심 부분 위주로 간단하고 명료하게’로 수정함. • 5.3.은 CVI가 0.8 이하이며, 소프트웨어 활용 능력 향상이 천체 관측의 궁극적 목표로 보기 어렵고, 소프트웨어 활용이 꼭 필수가 될 필요는 없으므로 삭제함. • 6.3.은 CVI가 0.8 이하이나, 진정한 과학 탐구를 위한 필수 요소라고 판단되어 유지함. • 7.1., 7.2.의 의미가 비슷하므로 하나로 통합함. • 10.1., 10.2., 10.3.은 하나의 평가(인지, 기능, 태도)로 묶음이 가능하므로 통합함. • 9.2.는 8.2.와 중복의 여지가 있으므로 삭제함.

점과 약점, 개선 사항을 제시하였으며 주요 내용은 다음과 같다. 사용성 평가에 참여한 교사들은 우선 이 연구에서 개발된 설계 원리가 천체 관측 교육 프로그램을 설계하고 운영하기에 매우 적합한 준거로서 기능하는 것으로 평가하였다. 특히 설계 원리가 단계별로 제시되어 있어 대부분 ‘사전 준비-관측 수행-데이터 분석-정리 및 평가’라는 일련의 흐름으로 전개되는 천체 관측 교육 프로그램의 실제성을 고려한 효과적인 설계 원리임을 강점으로 꼽았다. 한편 설계 원리 및 세부 지침이 자세하고 꼼꼼하나 개수가 다소 많아 모두 반영하여 수업을 설계하는 것은 어려움이 있을 것이라는 의견을 개진하였다. 이는 해당 설계 원리의 모든 세부 지침을 반영하고자 하는 노력에서 비롯된 의견으로 이해할 수 있다. 따라서 이 설계 원리는 육안 관측부터 사진 관측에 이르기까지 다양한 유형의 천체 관측 교육 프로그램 설계에 고려할 수 있는 사항을 포괄하는 것으로 개발하고자 하는 프로그램의 목적과 특징에 따라 선택적으로 반영할 수 있으며, 설계 과정 전반에서 실질적으로 참조할 수 있는 준거가 됨을 설명함으로써 해결하였다. 그밖에 컴퓨터 시뮬레이션 모델에 ‘The Sky’와 모바일용 성도 소프트웨어에 ‘Sky Safari’를 추가하는 것이 더욱 좋겠다는 의견 등을 제시하였다.

이상과 같이 설계 원리에 대한 현장의 사용성 평가와 2차례에 걸친 전문가 타당화의 결과를 반영하여 확정된 천체 관측 교육 프로그램의 설계 원리는 Table 9와 같이 최종 3개의 단계에 걸쳐 11개의 설계 원리와 27개의 세부 지침으로 구성되었으며, 이를 통해 실질적이며 효과적인 천체 관측을 위한 교육 프로그램의 설계가 가능하다.

예시 프로그램의 개발 및 적용 결과

상술하였듯이 사용성 평가와 맞물려 ‘산개 성단의 거리와 나이 구하기’를 주제로 교수-학습 과정안을 작성하고, 이를 토대로 동아리 학생 9명을 대상으로 매주 2시간씩 야간에 총 8차시로 해당 프로그램을 운영하였다. 천체를 관측하고 관측을 통해 얻은 자료를 처리하고 분석하는 과정은 실제 천문학자들의 탐구 방법이므로 학생들이 직접 그 과정을 경험할 수 있다면 큰 교육적 효과를 가질 수 있다. 산개 성단은 이러한 과정을 적용해 볼 수 있는 대표적인 천체이며 매우 정교한 과정을 거치지 않고도 소형 망원경과 DSLR만으로 쉽게 사진을 촬영할 수 있어서 관측 자료를 얻는 과정을 교육하는데 매우 적합한 천체이다. 관측한 자료를 정확하게 처리하는 과정 또한 매우 중요하다. 천체 관측을 통해 얻게 된 원본 자료로부터 우리가 원하는 물리량을 도출하기 위해서는 기본적으로 포함하고 있는 오차들을 제거하는 수차례의 보정 작업과 분류, 측정, 계산 등 여러 단계의 처리 과정을 거쳐야 한다. 이러한 모든 과정을 실제 수업에서 학생들이 수행하게 하는 것은 무리가 있으므로 과정을 최대한 간단하고 명료하게 제시할 필요가 있다. 이 연구에서 사용한 자료 처리 방법은 Maxim DL을 이용해 기준성과의 비교를 통해 별의 등급을 구하는 것으로 학생들이 쉽게 익혀서 직접 실습해 볼 수 있다.

Table 10은 이 연구에서 제시한 설계 원리를 적용하고 통상의 절차를 준용하여 개발한 8차시 분량의 프로그램의 대략적인 내용을 제시한 것이다. 사전 준비를 제외한 야외 관측 활동의 주요 과정은 ‘천체 관측-산개 성단 촬영(DSLR 이용)-데이터 분석 및 처리-정리 및 발표’ 순으로 진행하였다.

Table 9. Final design principles and detailed guidelines for astronomical observation education program

단계	설계 원리	세부 지침
사전 분석 및 준비	1. 관측 환경 분석	1.1. 학교 내외의 관측 환경적 조건을 분석하여 운영 가능한 관측 프로그램의 범위를 설정한다. 1.2. 관측 장애 발생 시의 대체 프로그램을 마련한다.
	2. 관측 활동 사전 준비	2.1. 천체의 천구상 위치와 운동을 이해할 수 있도록 컴퓨터 시뮬레이션 모델(Stellarium, Celestia, Stary Night, The Sky, Sky Safari 등)을 활용해 보도록 한다. 2.2. 관측 장비 및 소프트웨어 활용에 대한 사전 학습 내용을 구성하고 제시한 사전 학습 자료를 협력적으로 실습할 수 있는 충분한 시간을 제공한다. 2.3. 관측 장비 조작 및 소프트웨어를 활용한 자료 처리 방법 등 관측 실행에 필요한 교사의 전문성을 확보한다. 2.4. 관측 장비 및 소프트웨어 활용의 중요 부분에 대해 교사의 시연을 제공한다.
	3. 교수-학습 분석	3.1. 교육과정의 천문 관련 활동을 분석하여 학교급과 성취기준에 따른 학습 요소와 기능을 고려한 학습 목표를 설정한다. 3.2. 학생들의 요구와 특성을 파악하여 천문 관련 관심과 흥미를 고취할 수 있는 학습 활동을 구성한다.
관측 수행 및 분석	4. 관측 프로그램 수행	4.1. 최대한 야외 관측 활동 단계를 포함하여 운영한다. 4.2. 구비된 관측 장비로 쉽게 관측, 촬영이 가능한 대상을 목적성으로 선정하여 안내한다. 4.3. 실질적인 관측(대상 찾기, 육안 관측, 사진 관측 등)을 직접 경험할 수 있는 기회를 제공한다. 4.4. 관측 관련 소프트웨어(Sky Safari 등)가 설치된 모바일 기기의 활용을 장려하는 분위기를 조성한다. 4.5. 천문학자가 수행하는 일련의 연구 과정을 체험할 수 있는 기회를 제공한다. 4.6. 안전을 위하여 망원경을 활용한 천체 관측시의 유의점을 안내한다.
	5. 관측 데이터 획득 및 분석	5.1. 관측 자체뿐만 아니라 직접 관측 데이터를 획득할 수 있는 기회를 제공한다. 5.2. 데이터 분석 과정은 핵심 부분 위주로 간단하고 명료하게 제시한다.
	6. 창의적 융합 활동	6.1. 관측 활동에 적극적으로 흥미와 호기심을 갖고 참여할 수 있도록 감성적 체험의 과정을 반영한다. 6.2. 물리, 수학, 정보, 기술, 미술, 인문사회과학 등 교과간 협력 및 연계가 강화될 수 있는 요소를 강조한다. 6.3. 관측 프로그램을 통해 향상된 과학적 이해와 기존의 교실 수업에서 학습한 내용을 비판적으로 비교할 수 있는 기회를 제공한다.
정리, 평가 및 성찰	7. 상호작용 촉진	7.1. 관측 및 데이터 분석 과정에서 모듈별 협동 학습이 활발하게 이루어질 수 있도록 분위기를 조성한다. 8.1. 관측 활동 및 데이터 분석의 난이도가 쉬운 것부터 어려운 것으로 진행될 수 있도록 안내한다.
	8. 단계적 학습 지원	8.2. 관측 및 데이터 분석 과정에서 개별 및 모듈별 학습 상황을 파악하여 적절한 피드백을 적시에 제공한다. 8.3. 학교급과 학생의 수준에 따라 천체 동아리, 지구과학 영재반 등 더 높은 수준의 천체 관측 탐구 활동으로 확장되어 이용될 수 있도록 학습 내용을 편성한다.
	9. 체계적 피드백	9.1. 관측 프로그램 수행 과정 및 최종 결과(천체 사진 산출물, 분석 결과 등)를 공유하고 서로에게 피드백을 제공할 수 있는 기회를 제공한다.
	10. 성취도 평가	10.1. 관측 프로그램을 통한 인지 영역, 관측 기능 영역, 태도를 평가할 수 있는 도구를 마련하고 평가한다.
	11. 진로-직업 연계	11.1. 관측 프로그램을 마친 후 지구과학 및 천문학에 대한 학생들의 적성을 알아보고 관련 직업을 탐색할 수 있는 기회를 제공한다. 11.2. 천문학 관련 진로에 관심을 갖고 있는 학생들을 위해 관측 및 데이터 분석과 관련된 심화 학습(천체 연구 등) 방법을 안내한다.

프로그램에 참여했던 학습자들을 대상으로 각 문항에 대한 만족도 인식을 조사한 결과는 Table 11과 같다. 천체 문항에 대하여 리커트 5점 척도 평균은 4.23이었다. 프로그램의 유용성과 흥미도, 참신한 학습 내용, 천체 관측 수업 적합성, 천문학자의 일에 대한 이해도, 협동 학습 가능 정도 등에서 대체로 만족하였음을 알 수 있다. 특히 천체 관측을 직접 경험할 수 있어 좋았다는 의견(4.78)과 수업 내용이 참신

하고 새로웠다는 의견(4.67)이 매우 높게 나타났다. 또한, 천체 관련 진로나 천문학자가 하는 일에 대한 관심 증가 의견(4.11)과 천문학자의 연구 과정을 이해하는데 도움을 받았다는 의견(4.44)도 높게 나타났다. 이는 천체 관측 및 데이터 처리와 관련된 예시 프로그램의 내용이 학생들의 천체 관련 진로와 천문학자의 일에 대한 이해에 많은 도움을 줄 수 있음을 보여준다. 반면에 천체 관측 데이터 분석 과정 및 수

Table 10. Example of an astronomical observation program with design principles applied

단계	차시	교수·학습 활동	자료 및 유의점	적용 원리
사전 준비	-	1. 학교의 쌍(Seeing), 망원경과 DSLR의 종류, 관측 가능한 메시에의 목록 확인 2. 관측이 어려울 경우 대체적으로 운영할 프로그램을 마련 3. 수업 1주 전에 관측일의 별자리와 Messier 목록의 위치 등을 Stellarium으로 확인하도록 안내 4. 과학실에 망원경과 DSLR을 준비해 놓고 활동 전 모듈별로 조립 및 장비 다루기 실습(학생들이 요구시 시연) 5. 관측 장비 및 소프트웨어의 활용 방법 점검 후 전문성 확보 6. 교육과정 분석 후 학습 요소와 기능을 고려해 학습 목표를 설정	- 활동 전 모듈을 나누고 모듈별 협동 학습을 통해 사전 학습 활동이 진행되도록 안내	1.1., 1.2., 2.1., 2.2., 2.3., 2.4., 3.1.
	1/8	1. 별자리 그리기, 성도 프로그램 등을 활용해 별자리 학습 2. 별자리 내 밝은 Messier 목록의 정확한 위치 확인 3. 야외에서 별자리와 Messier 목록을 육안 관측, 모듈별로 신화와 관련된 이야기를 나누며 감성적 체험의 시간 부여	- 야외로 나가 관측시 암순응의 중요성 강조	
1단계 관측 수행	2/8	1. 망원경 사용법을 익힌 후 조립 및 세팅 실습 2. 망원경 사용시 최대한 정숙하고, 안전에 유의하도록 안내 3. 망원경으로 직접 촬영할 Messier (산개 성단) 찾기 실습 4. 찾은 대상과 교과서의 사진과의 차이점 모듈별로 비교, 토의	- 목적성을 관측시 파인더 정렬의 중요성을 강조	4.1., 4.2., 4.3., 4.6., 5.1., 6.3., 7.1.
	3/8	1. DSLR의 사용법을 익힌 후 정확한 초점을 맞추고, 적정 노출로 촬영 실습 2. 망원경과 DSLR 연결법 익히고, 직조점으로 천체 촬영 실습	- 초점 조정시 Live View 기능의 활용 안내 - 직조점 촬영시 릴리즈의 적절한 사용법 추가 설명	
	4/8	1. 직조점 방식으로 초점과 노출을 확인하며 목적성(산개 성단)을 5장 정도 촬영 2. 촬영이 모두 끝난 후 다크를 촬영하고, 이후 초저녁 동쪽 하늘을 이용해 플랫 촬영	- 목적성 촬영 매수는 관측 환경 고려 - DSLR이기 때문에 바이어스는 촬영할 수 없음을 안내하고, 다크와 플랫은 5장 정도 촬영	
	5/8	1. Maxim DL을 이용해 천체 데이터의 전처리 과정 실습 2. Maxim DL을 이용해 성단의 구경 측광 과정 실습 3. 전처리와 구경 측광 과정 전반에 걸쳐 모듈 구성원간 협력적 활동이 되도록 안내	- 전처리시 다크와 플랫만을 보정(촬영을 못했을 경우 생략) - 구경 측광 위한 기준성은 웹다(Webda) 사이트 이용	
2단계 데이터 처리 및 분석	6/8	1. 직접 촬영한 성단의 데이터 이용 전처리 2. 전처리 영상 이용 구경 측광하기	- 전처리시 마스터 영상을 만들어야 함을 안내 - 측광을 위해 Webda 이용시 적절한 화각 조정 필요	5.2., 8.1., 8.2.
	7/8	1. 등급 변환과 표준화 과정을 거쳐 H-R도를 작성 2. H-R도를 ZAMS, Isochrone 이용하여 성단의 거리와 나이 측정	- 등급 변환과 표준화 과정을 설명하고 필요한 이유도 제시 - ZAMS와 Isochrone을 다운받는 사이트 안내	
3단계 발표 및 토의	8/8	1. 모듈별 성단의 거리와 나이 발표를 통한 결과 공유 2. 촬영 과정에서 느끼고 배운 점 모듈별 토의 3. 활동 전반의 내용이 천문학자의 하는 일과 밀접하게 관련됨을 안내하고 천문학과 관련된 구체적 진로·직업 소개 후 토의 3. 활동 전반에 대한 교사 및 동료평가	- 성단의 거리와 나이를 선행 연구 자료와 비교 - 모듈별 토의 시간에는 자유스럽고 편안한 분위기 조성	9.1., 9.2., 10.1., 1.1.

업 시간 관련한 내용에 대해서는 각각 3.22와 3.78로 다소 낮게 나타났다. 이는 관측-데이터 처리-발표까지의 과정을 8차시에 걸쳐 구성한 까닭에 실습 시간을 넉넉하게 확보되지 않았으며, 천문학자의 실질적인 연구 과정을 따라 데이터 분석을 하다 보니 학생들이 이해하기 다소 어려웠던 과정이 있었던 것으로 판단된다. 따라서 프로그램의 구성을 10차시 정도로 늘리고, 데이터 분석 과정은 좀 더 핵심적인 영역 위주로 재구성할 필요성이 대두된다.

해당 프로그램에 적극적으로 참여한 3명의 학생들과 심층 인터뷰를 진행함으로써 프로그램에 대해 학생들에게 내재되어 있는 생각들을 파악하고자 하였다. 그 결과를 Table 12에 나타냈으며, 이를 분석해 보면 다음과 같다. 먼저 천체 관측 측면에서는 교실을 벗어나 야외에 나가 동아리 구성원들과 함께 별자리를 보고 천체 사진을 촬영하는 과정에 매우 재미를 느꼈으며, 관측 경험을 바탕으로 망원경과 DSLR의 사용에 자신감을 갖게 된 것으로 나타났다. 또한 관측 할

Table 11. Results of the satisfaction survey on students participating in the program

설문 문항	M	SD
• 프로그램 내용이 전반적으로 유익했다.	4.56	0.53
• 수업 내용이 참신하고 새로웠다	4.67	0.50
• 선생님의 충분한 설명과 지도로 수업을 진행함(수업 만족도)	4.33	0.50
• 성단의 거리와 나이를 구하는 과정을 이해하게 되었다.	4.33	0.50
• 천체 관측 장비(망원경, DSLR)와 소프트웨어 활용 능력이 향상되었다.	4.11	0.78
• 활동 시간이 충분하였다.	3.78	0.83
• 모둠원들과 협력적인 활동이 가능하였다.	4.44	0.53
• 천문 관련 관심과 흥미가 증가하였다.	4.11	0.78
• 실질적인 천체 관측을 직접 경험할 수 있어 좋았다.	4.78	0.44
• 천체 관련 진로나 천문학자가 하는 일에 관심이 증가하였다.	4.11	0.78
• 천문학자의 연구과정을 이해하는데 도움이 되었다	4.44	0.53
• 천체 관측 데이터 분석 과정은 비교적 간단하고 명료하여 이해하기 쉬웠다.	3.22	0.97
• 천체 관측과 관련된 새로운 도전 과제에 도전하고 싶은 마음이 생겼다.	4.17	0.86
Mean	4.23	-

Table 12. Key comments on in-depth interviews

구분	심층 면담의 주요 내용 발췌
천체 관측	<ul style="list-style-type: none"> • 야외에서 별자리와 천체 사진을 촬영하며 우주의 신비를 느낄 수 있었다. • 밤늦게 동아리원과 모여 별자리를 관찰하고 맞춰보는 것이 재미있었다. • 망원경과 DSLR을 이용해 천체를 촬영해 보는 경험을 할 수 있어 좋았고 재미있었다. • 활동 이후 DSLR과 망원경 사용법에 자신감이 붙었다. • 관측을 하면서 지구과학이 따분하고 재미없는 과목이라는 편견이 사라졌다.
데이터 분석	<ul style="list-style-type: none"> • 전문적인 천체 연구 과정을 실제로 해볼 수 있어 좋았다. • 거리와 나이를 구하는 과정을 통해 천문학자의 활동을 경험할 수 있었다 • 데이터를 분석하여 직접 등급과 색지수를 구해 책에서만 배운 H-R도를 그려보는 경험이 새롭고 흥미로웠다. • 천체 데이터 분석 과정을 스스로 할 수 있다는 것이 신기했다. • 분석 과정을 마친 후 산개 성단이 아닌, 새로운 도전 과제(구상 성단이나 은하들)에 대해서도 시도해 보고 싶다는 마음이 생겼다. • 데이터 분석 과정에서 필터별로 등급을 구하는 과정을 모둠원과 협력하여 선생님이 제시해 준 방법보다 더 간단히 수행 가능한 방법을 알아낸 것이 인상 깊었다. • Maxim이라는 프로그램(천체 분석 소프트웨어)의 사용법을 익힐 수 있어 좋았다. • 사진이 작아 데이터 분석할 때 처리하기가 어려웠다. • 여러 프로그램을 다루고 사이트를 오가는 과정이 어려웠다. • 데이터 분석 과정을 설명한 자료가 명료하고 간단했으면 좋겠다. • 데이터 분석 과정을 혼자서 여러 번 해보는 과정이 있어야 자신감이 생길 것 같다. • 데이터를 분석할 수 있는 시간이 다소 부족했다. • 관측은 쉬웠지만, 분석은 어려웠다. • 데이터 분석할 때 별을 너무 많이 클릭해야 해서 힘들었다. • 사진을 보정하는 과정이 너무 오래 걸렸다.
협동 학습	<ul style="list-style-type: none"> • 많이 알고 있는 선배들이 직접 가르쳐주어 더 기억에 남았고, 명확하게 이해할 수 있었다. • 밥에만 활동이 가능해 모둠원들과 시간을 맞추어 같이 관측하기가 어려웠다.
진로 관련	<ul style="list-style-type: none"> • 실제 천문학자들의 연구 방법을 배우면서 다양한 분야의 연구 방법에 관심이 생겼다. • 천문학과와 천체 연구에 대한 관심이 증가했다.

등을 통해 지구과학 교과 전반에 대해 흥미도도 높아진 것으로 조사되었다. 한편 데이터 분석 과정은 전반적으로 어려움을 느끼는 것으로 나타났는데, 이는 천문학자의 연구 과정을 준용한 데이터 분석을 처음 접함에 따라 생소하게 느껴졌던 점과 Maxim이라는

천문 소프트웨어의 활용을 충분히 익힐 수 있는 시간이 부족했던 점 등이 반영된 결과로 해석된다. 하지만 데이터 분석 과정을 통해 천문학자의 연구 과정을 따라해 보고, 천문학자의 일을 알게 되었다는 점을 매우 의미 있게 생각하였다. 협동 학습 관련해서는

관측에 대한 경험이 풍부한 2명의 학생으로 하여금 상대적으로 관측 경험이 부족한 학생들을 돕도록 했던 부분에서 자연스럽게 협동 학습의 긍정적인 효과가 나타난 것으로 보인다. 하지만 방과 후 야간 시간에 활동이 이루어지다보니 주어진 시간 이외에 모둠원들이 추가로 같이 모여 활동할 수 있는 시간의 확보가 다소 어렵다는 것이 제한점으로 드러났다. 진로와 관련해서는 천문학자의 연구 과정을 학생들이 스스로 직접 경험해 볼 수 있었던 부분에서 활동 이후 천문학이나 다른 과학 관련 진로로의 관심과 흥미가 증가한 것으로 조사되었다.

결론 및 제언

야외에서의 관측 활동을 포함하는 일련의 천체 관측 프로그램은 다양한 교육적 효과와 가치를 갖고 있다. 특히 이 연구에서 초점을 둔 천체 관측 교육 프로그램은 과학자나 천문학자의 연구 과정을 체험해 볼 수 있는 중요한 교육적 요소를 포함하고 있으며 참담구를 실현하는데 긍정적으로 작용할 것으로 기대한다. 하지만 일선 학교의 교사들은 천체 관측 활동에 매우 큰 부담을 느끼고 있으며, 특히 야외에서의 천체 관측 활동을 지도하는 것을 어려워하고 있다. 이는 교육 프로그램으로서 천체 관측을 구성할 수 있도록 안내해 줄 설계 원리의 부재와 무관하지 않다. 이에 본 연구에서는 바람직한 천체 관측 교육 실현을 위한 천체 관측 교육 프로그램 설계 원리를 개발하였다. 2015 초·중등 개정 교육과정과 국내외 선행 연구 분석을 바탕으로 천체 관측 단계를 3단계(사전 분석 및 준비, 관측 수행 및 분석, 정리·평가 및 성찰)로 나누었고, 각 단계별로 초기의 설계 원리와 세부 지침을 도출하였다. 이후 2회에 걸친 학계, 현업 전문가, 교사 패널을 대상으로 한 타당성 검토를 통해 초기 설계 원리를 수정·보완하였고, 고등학교 지구과학 교사 2인을 대상으로 수정된 설계 원리에 대한 사용성 평가를 통해 설계 원리를 지속적으로 개선하였다. 이렇게 하여 최종적으로 3개의 단계별 11개 설계 원리 및 27개의 세부 지침이 개발되었다. 실제적인 천체 관측 교육의 설계를 위한 사전 분석 및 준비 단계는 관측 환경 분석, 관측 활동 사전 준비, 교수·학습 분석의 원리로, 관측 수행 및 분석 단계는 관측 프로그램 수행, 관측 데이터 획득 및 분석, 창의적 융합 활동, 상호작용 촉진, 단계적 학습 지원

의 원리로, 마지막으로 정리·평가 및 성찰 단계는 체계적 피드백, 성취도 평가, 진로·직업 연계의 원리로 구성된다.

이러한 설계 원리를 적용하여 예시 프로그램을 개발하고 고등학교 천체 동아리 학생들을 대상으로 4주차 8차시 수업에 적용한 결과, 참여 학습자는 해당 교육 프로그램에 대해 천체 관측과 천문학자의 연구 과정을 직접 체험할 수 있었던 부분에서 매우 긍정적인 변화를 보였으며 데이터 분석 과정에서는 다소의 어려움을 나타냈다.

이상의 연구 결과를 바탕으로 이 연구의 의의를 다음과 같은 측면에서 정리할 수 있다.

첫째, 천체 관측 교육 프로그램 설계 원리는 2015 개정 과학과 교육과정 및 국내외 선행 문헌을 고찰하고 기 개발된 관측 프로그램들을 심층적으로 분석한 후 전문가 검토, 사용성 평가, 예시 프로그램 개발, 고교 동아리를 대상으로 한 관측 수업에의 적용 등 지속적인 개선 과정을 거쳐 개발되었기에 천체 관측 교육 프로그램 설계를 위한 이론적 틀인 동시에 실제적인 설계 가이드라인으로 기능할 수 있을 것이다. 8명의 전문가 패널에 의한 타당도 검증에서 5점 리커트 척도를 기준으로 하여 모든 항목에서 4.0 이상으로 평가되었으며, 고등학교 교사 2명을 대상으로 한 사용성 평가에서도 개발된 설계 원리가 천체 관측 교육 프로그램을 설계하고 운영하기에 매우 적합한 준거라는 평가에 기반한다. 여기서 준거로 활용할 수 있으며 가이드라인으로 기능할 수 있다는 것의 의미는 이 연구에서 개발한 모든 설계 원리와 상세 지침이 하나의 프로그램에 모두 반영되어야 한다는 것을 뜻하지는 않는다. 오히려 천체 관측 교육 프로그램을 설계함에 있어 고려해 볼만한 다양한 요소를 연구에 기반하여 체계적으로 도출하였으며, 적용의 실재를 고려하여 확정하였기에 유용성이 높다는 점을 특징으로 한다.

둘째, 설계 원리 및 세부 지침을 반영하여 구성된 천체 관측 활동을 통해 STEM 교육에서도 강조되고 있는 참담구가 포괄하는 다양한 양상이 구현될 수 있는 여지가 높아질 것으로 예상할 수 있다. 단순한 천체 관측만으로는 진정한 과학 탐구가 실현될 수 없다. 현직 과학자들은 과학 수업을 통해 많은 양의 데이터를 다루는 방법을 경험할 수 있을 때, 과학자들이 일하는 방식에 학생들이 직접 참여할 때, 그리고 과학 지식에 대한 학생들의 이해를 제고하여 학문적 성취

를 향상시킬 수 있는 기회가 제공될 때 더욱 진정한 의미에서의 과학 탐구가 이루어진다고 조언한다 (Crawford, 2012; Etkina et al., 2003; Rivera Maulucci et al., 2014; Schwartz and Burrows, 2020).

이 연구에서 개발된 프로그램의 설계 원리는 천체 관측부터 데이터 분석을 거쳐 물리량을 결정하여 발표하는 과정까지를 망라하고 있어 천문학자의 연구 과정 전체를 모두 체험할 수 있는 프로그램 설계가 가능하다. 초등학교 수준에서는 천체의 데이터를 분석하는 과정이 다소 무리가 있을 수 있으나, 중·고등학교 단계에서는 충분히 적용할 수 있다. 이 연구에서 적용한 천체 관측 교육 프로그램에 참여한 학생들도 천문학자의 연구 과정을 직접 경험해 볼 수 있음에 신기해하고 흥미롭게 생각하였으며, 전문적인 연구 과정에 관련된 지식을 제공받은 것에 의미를 부여하였다는 점이 근거가 된다. 또한 일련의 활동이 종료된 이후 새로운 연구 과제에 도전하고 싶은 마음이 생겼고, 중요한 과학 개념의 도출 과정을 직접 실습해 봄으로써 관련 개념에 대한 이해도가 향상되었다는 인식을 드러내기도 하였다. 따라서 천체 관측 교육 프로그램을 운영할 때 데이터 세트의 분석과 연계된 설계 원리들을 반영하여 설계함으로써 진정한 과학 탐구의 실현 가능성이 높아질 것으로 기대한다.

셋째, 연구 결과로서 설계 원리와 세부 지침이 다양한 유형의 천체 관측 활동에 범용적으로 적용 가능할 뿐만 아니라 야외 천체 관측 활동의 중요성을 강조하여 개발되었다는 점에 초점을 맞출 필요가 있다. 학생들의 상황적 흥미는 새롭고 놀라운 경험과 같은 개인과 교육 환경과의 상호작용에 의해 촉발되며, 단순한 관심 또는 즐거움과는 질적으로 구분되는 것으로 학습 내용 및 맥락과 맞닿아 있는 활동에 기인하는 것이다(Azevedo, 2018; Bergin, 2016). 야외에서 망원경과 카메라를 이용해 육안으로 보이지 않는 천체를 촬영하는 것은 그 어떤 수업보다 새롭고 놀라운 경험을 제공할 수 있기 때문에(Choi and Yoon, 2019), 학생들의 상황적 흥미를 크게 증가시킬 수 있다. 또한 천체 관측의 실습 활동은 천문학 학습에 있어 학생들의 흥미와 관심을 유도하며, 과학과 기술에 대한 실제적인 경험이 포함될 경우에 학생들의 과학에 대한 관심 증진에 더욱 큰 효과가 있다(Eom and Shim, 2019; Fadavi et al., 2006). 이와 같은 필요성에 의해 개발된 본 설계 원리는 야외 활동을 포함한 천체 관측 교육 프로그램을 설계하고자 할 때 교사

를 위한 좋은 안내 자료가 될 수 있다. 개발된 천체 관측 프로그램의 참여 학생들을 대상으로 실시한 만족도 조사 결과를 보면, 실질적인 천체 관측을 경험할 수 있어 좋았다는 응답이 14개의 문항 중에서 가장 높았다는 점이 이를 입증한다.

넷째, 과학 관련 직업에 대한 학생들의 희망을 조사한 선행 연구들에 의하면 과학 관련 진로를 희망하는 학생의 비율은 계속 낮아지고 있다(Bong and Lee, 2012; Yoon, 2002). 이에 과학 기술에 대한 시대적 요구가 커지고 있는 상황에도 불구하고 과학 관련 진로에 대한 낮은 인식에 대해 우려가 제기된다(Lee and Lim, 2020). 이런 점에서 학생들의 과학 관련 진로에 영향을 줄 수 있는 실제적인 체험 중심 과학 교육은 중요하다고 할 수 있다. Jones et al. (2017)은 학생들에게 있어 천체 관측 경험이 천문학 자로서의 진로를 선택하거나 아마추어 천문학자의 삶에 관심을 갖게 하는데 결정적인 영향을 끼칠 수 있다고 보았다. 이 연구에서 개발한 천체 관측 교육 프로그램의 적용 후에 조사된 학생들의 만족도 조사와 심층 인터뷰를 분석한 결과에서도 학생들이 천문학자의 연구 과정과 일을 알게 되었으며, 수행 경험을 통해 비로소 관련 진로에 대해 호감과 관심을 갖게 되었다고 기술하고 있다.

천체 관측 교육은 학교 교육의 맥락과 과학과 교육과정의 토대에서 지구과학 또는 과학을 이수하는 일반 학생, 천체 관련 동아리, 그리고 천문학 관련 주제를 탐색하는 R&E 학생의 3개 수준으로 크게 나눌 수 있을 것이다. 이 연구에서는 천체 관측 교육 프로그램의 설계 원리를 토대로 예시 프로그램을 개발하여 고등학교 동아리 학생들을 대상으로 운영해 보았다. 앞으로 천체 관측 관련한 다양한 수준의 선행 경험과 인지적 이해를 드러내는 일반 학생들뿐만 아니라 R&E 학생들까지 대상으로 프로그램이 개발·적용되어 본 설계 원리의 효과성 및 확장성을 검증할 수 있는 연구가 이루어질 수 있기를 기대한다.

References

- Atwood, V.A. and Atwood, R.K., 1995, Preservice elementary teachers' conceptions of what causes night and day. *School Science and Mathematics*, 95, 290-294.
- Azevedo, F.S., 2018, An inquiry into the structure of situational interests. *Science Education*, 102(1), 108-127.
- Barab, S.A., Hay, K.E., Barnett, M., and Keating, T., 2000,

- Virtual solar system project: Building understanding through model building. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(7), 719-756.
- Baxter, J., 1989, Children's understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education*, 11, 502-513.
- Bell, R.L. and Trundle, K.C., 2008, The use of a computer simulation to promote scientific conceptions of moon phases. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(3), 346-372.
- Bergin, D.A., 2016, Social influences on interest. *Educational Psychologist*, 51(1), 7-22.
- Boer, M., Pack, H., Pennypacker, C., Melchior, A.L., Faye, S., and Ebisuzaki, T., 2001, Hands-on universe: A global program for education and public outreach in astronomy. *Astronomical Society of the Pacific*, 238, 103-106.
- Bong, S. and Lee, K., 2012, An analysis of factors of middle school student's science related career choice and science learning motivation. *Journal of Science Education Chonbuk National University*, 37, 99-111. (in Korean)
- Boo, K.W., Gil, Y.S., Sohn, J.J., and Kim, S.Y., 2013, Sunspots observation using DSLR and measuring the differential rotation period. *The Korean Society for School Science*, 7(3), 182-192. (in Korean)
- Chae, D.H., 2000, Influence of an astronomical observation program on preservice elementary teachers' astronomy achievement, astronomy teaching efficacy beliefs, and scientific attitude. *The Korean Society of Elementary Science Education*, 18(2), 79-101. (in Korean)
- Choi, D.Y. and Yoon, M.B., 2019, The development of an astronomical observing education program for high school science club activities-Inquiring distances of open clusters using small telescopes. *Journal of the Korean earth science society*, 40(3), 300-312. (in Korean)
- Crawford, B.A., 2012, Moving the essence of inquiry into the classroom: Engaging teachers and students in authentic science. In Kim, M., and Tan, C.D.K. (eds.), *Issues and challenges in science education research: moving forward*. Dordrecht, New York, USA, 25-42.
- Creswell, J.W., 2005, *Educational research: Planning, conducting and evaluating qualitative and quantitative research*. Upper Saddle River, New Jersey, USA, 623 p.
- Davis, L., 1992, Instrument review: Getting the most from a panel of experts, *Applied Nursing Research*, 5(4), 194-197.
- Eom, H.J. and Shim, H.J., 2019, Measurement of the rotation period of Jupiter using small aperture telescope. *The Korean Society for School Science*, 13(2), 119-132. (in Korean)
- Etkina, E., Matilsky, T., and Lawrence, M., 2003, Pushing to the edge: Rutgers astrophysics institute motivates talented high school students. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(10), 958-985.
- Fadavi, M., Verveer, A., Aymon, J., Merlin, D., Situ, K., Pennypacker, C., and Wetsch, J., 2006, Piloting a network of small telescopes. *Astronomische Nachrichten: Astronomical Notes*, 327(8), 811-813.
- Fehring, R., 1987, Methods to validate nursing diagnoses, *Heart and Lung*, 16(6), 625-629.
- Grant, J.S. and Davis, L.L., 1997, Selection and use of content experts for instrument development. *Research in Nursing and Health*, 20(3), 269-274.
- Han, J.J., Lim, S.M., Yang, I.H., and Chae, D.H., 2012, An analysis on astronomical observation experience of elementary students and teachers. *Journal of the Korean Society of Earth Science Education*, 5(2), 166-174. (in Korean)
- Han, J.Y. and Choi, S.U., 2005, Development of astronomical observation program using CCD. *Proceeding of the fall meeting of the Korean Earth Science Society 2005*, 188-195. (in Korean)
- Han, S.L. and Lim, C.I., 2019, Developmental study on augmented reality based instructional design principles. *Journal of Educational Technology*, 35, 455-489. (in Korean)
- Jeong, E.O. and Sohn, J.J., 2016, Geocentric parallax measurements of near-Earth asteroid using baselines with domestic small-size observatories. *Journal of the Korean earth science society*, 37(7), 398-407. (in Korean)
- Jones, M.G., Corin, E.N., Andre, T., Childers, G.M., and Stevens, V., 2017, Factors contributing to lifelong science learning: Amateur astronomers and birders. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(3), 412-33.
- Kanli, U., 2014, A study on identifying the misconceptions of pre-service and in-service teachers about basic astronomy concepts. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 10(5), 471-479.
- Kim, H.S., Yoon, M.B., Han, B.N., Lee, J.Y., Yu, B.R., Jang, J.W., Kang, I.K., and Kim, A.R., 2009, Asteroids apparent motion observation for asteroids. *Korean Science Education Society for the Gifted*, 1(2), 51-62. (in Korean)
- Kim, S.D. and Park, J.C., 2008, Development and application of astronomical observation program for field trip. *The Korean Society of Earth Science Education*, 1(1), 52-62. (in Korean)
- Kim, S.H., Lee, H.Y., Lee, H.D., and Jeong, J.H., 2008, Development and application of an after-school program for an astronomy observation club in a highschool: standardized coefficient decision program in consideration of the observation site's environment. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 29(6), 495-505. (in Korean)
- Kim, S.W., 2012, Developing experimental method of real-

- time data transfer and imaging using astronomical observations for scientific inquiry activities. *Journal of the Korean earth science society*, 33(2), 183-199. (in Korean)
- Kiroglu, K., Turk, C., and Erdogan, I., 2021, Which one is more effective in teaching the phases of the moon and eclipses: Hands-on or computer simulation?. *Research in Science Education*, 51(3), 733-760.
- Lee, H.L., Lim, H.J., 2020, Elementary students' and teachers' perception on science-related career and career education. *Research Institute for Science Education*, 44(1), 50-60. (in Korean)
- Lee, J.H. and Baek, S.H., 2015, Establishment and utilization of remote observatory for elementary school science gifted students, *The Korean Society for the Gifted*, 25(5), 697-709. (in Korean)
- Lelliott A. and Rollnick, M., 2010, Big ideas: A review of astronomy education research 1974-2008. *International Journal of astronomy concepts in the planetarium. Journal of Science Education*, 32(13), 1771-1779.
- Lightman, A.P., Miller, J.D., and Leadbeater, B.J., 1987, Contemporary cosmological beliefs, *Proceedings of the second international seminar: Misconceptions and educational strategies in science and mathematics*. Cornell University, NY, USA, 309-321.
- Ministry of Education, 2015, The national science curriculum. Sejong, Korea, 274 p. (in Korean)
- NGSS Lead States, 2013, Next generation science standards: For states, by states. The National Academies Press, Washington DC, USA, 532 p.
- Park, T.J., 2018, Developing and applying design principles for a physical computing program based on creative problem solving methodology. *Journal of Educational Technology*, 34(3), 817-847. (in Korean)
- Plummer, J.D., 2009, Early elementary students' development of astronomy concepts in the planetarium. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(2), 192-209.
- Rivera Maulucci, M.S., Brown, B.A., Grey, S T., and Sullivan, S., 2014, Urban middle school students' reflections on authentic science inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(9), 1119-1149.
- Sato, H., Kimura, S., Ueno, I., Suzuki, H., Tatsukawa, T., Fujii, K., and Mukai, C., 2019, Space educational program of the Tokyo university of science: A trial for space education. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology*, 17(1), 25-32.
- Schwartz, A.C., and Burrows, A.C., 2021, Authentic science experiences with STEM datasets: Post-secondary results and potential gender influences. *Research in Science and Technological Education*, 39(3), 347-367.
- Shin, M.R. and Lee, Y.S., 2012, The Effects of the astronomical observation class using thinking maps on science process skills and metacognition in the elementary scientific gifted. *The Korean Association for Educational Methodology Studies*, 24(1), 14-60. (in Korean)
- Shin, Y.J. and Ahn, Y.M., 2020, A analysis of elementary school pre-service teachers' explanation types and characteristics in description of observable lunar phases. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 41(2), 194-207. (in Korean)
- Song, Y.H. and So, K.H., 2018, The effect of science classes using astronomical observation software on scientific learning motivation and academic achievement of elementary students. *Journal of Science Education*, 42(2), 230-241. (in Korean)
- Subramaniam, K. and Padalkar, S., 2009, Visualization and reasoning in explaining the phases of the moon. *International Journal of Science Education*, 31(3), 395-417.
- Tamg, W., Ou, K.L., Lu, Y.C., Shih, Y.S., and Liou, H.H., 2018, A sun path observation system based on augment reality and mobile learning. *Mobile Information Systems*, 2018, 1-10.
- Tian, K., Endo, M., Urata, M., Mouri, K., and Yasuda, T., 2014, Multi-viewpoint smartphone AR-based learning system for astronomical observation. *International Journal of Computer Theory and Engineering*, 6(5), 396-400.
- Tilden, V.P., Nelson, C.A., and May, B.A., 1990, Use of qualitative methods to enhance content validity, *Nursing Research*, 39(3), 172-175.
- Trundle, K.C., Atwood, R.K., Christopher, J.E., and Sackes, M., 2010, The effect of guided inquiry-based instruction on middle school students' understanding of lunar concepts. *Research in Science Education*, 40(3), 451-478.
- Vosniadou, S. and Brewer, W.F., 1992, Mental models of the earth: a study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.
- Yang, J.W., Kim, H.M., and Kim, H.S., 2013, Development of internet-based automated telescope system. *The Korean Society for School Science*, 7(2), 77-84. (in Korean)
- Yang, J.W. and Kim, H.S., 2014, Development of the spectroscopic observation system using a small telescope. *The Korean Society for School Science*, 8(3), 222-233. (in Korean)
- Yoon, J., 2002, Factors of students' career choice related to science. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 22(4), 906-921. (in Korean)