

# ‘참여와 실천’ 차원을 강조한 비형식 초등 과학교육 프로그램의 개발 및 적용

김형욱 · 신채연<sup>†</sup> · 박지원 · 송진웅

## Development and Application of an Informal Elementary Science Education Program Emphasizing ‘Participation and Action’

Kim, Hyunguk · Shin, Chaeyon<sup>†</sup> · Park, Jiwon · Song, Jinwoong

### 국문 초록

본 연구는 참여와 실천의 차원을 위한 창의적 설계 기반 비형식 과학교육 프로그램을 개발하고 그 타당성과 효과성에 대하여 알아보는 데 목적이 있다. 프로그램의 개발은 참여와 실천의 지역화와 맥락화에 초점을 맞추어 주제를 선정하였고 연구 개발진의 반복적인 논의와 수정을 통해 최종적으로 ‘마션, 화성에서 살아남기’, ‘선정릉이 있어 다행이다’, ‘햇빛 레스토랑 설계하기’의 세 가지 프로젝트로 하였다. 프로그램은 총 42차시로 프로젝트 수행 이외에도 학습을 수행하면서 알게 된 내용을 자료로 정리하고 발표하는 발표회를 포함하여 개인적인 맥락화가 가능하도록 구성하였다. 개발된 프로그램의 적용은 5~6학년 학생 15명을 대상으로 하였으며, 효과성을 검증하기 위하여 참여와 실천 차원, 과학공정경험은 전체 프로그램의 시작과 끝에 사전·사후 검사를 수행하였다. 또한 검사 문항 말미에 학생들의 소감이나 느낌을 자유롭게 적을 수 있는 자율 서술식 문항을 추가하여 학생들의 생각을 알아보았다. 효과성에 대한 적용 결과, 참여와 실천 차원의 안전 사회 기여에서 가장 높은 상승 폭을 보였으며 그 외의 다른 하위 구인도 상승한 것을 알 수 있었다. 과학공정경험과 관련해서는 과학 관련 자아개념이 가장 높은 상승 폭을 보였고 다른 하위 구인도 참여와 실천 차원과 동일하게 모두 소폭 상승하였다.

**주제어:** 참여와 실천, 창의적 설계, 초등학생, 비형식 과학프로그램, 과학공정경험

### ABSTRACT

This study develops an informal science education program based on a creative design for the promotion of participation and action and explores the validity and effectiveness of the program. The program consists of three mini-projects, namely, The Martian: Surviving from the Mars, So Good to Have Seonjeongneung, and Designing a Sunshine Restaurant, with distinct topics focusing on the localization and contextualization of the region in which the program was implemented to encourage students' participation and action. The researchers selected three topics for each mini-project through discussions and revisions. The program is designed for 42 lessons across the three mini-projects and offers a presentation session in which students present their learnings from the program, constructed to facilitate personal contextualization. Participants included 15 elementary school students from Grades 5 and 6 who took surveys before and after the program. The pre-post surveys comprised two dimensions, ‘Participation and Action’ and ‘Positive Experience about Science,’ to examine the effectiveness of the program. At the end of the survey, we added a self-descriptive question that allows students to freely write down their feelings and thoughts. We checked the students' thoughts. The effectiveness of the program was illustrated by the largest increase in the “safe society” category, whereas there was little increase in other categories under the ‘participation and Action’ dimension in the Korean Science Education Standards. ‘Science-related Self-concept’ exhibited the largest increase, whereas the other categories displayed little increase from the ‘Positive Experience about Science’ dimension category.

**Key words:** participation and action, creative design, project-based program, informal science education program, elementary school student, positive experiences about science

## I. 서 론

미래 사회는 풍부한 지식을 넘어 창의성, 문제해결력, 협력과 소통, 포용력과 인성 등 다양한 역량을 갖춘 인재를 기대한다(UNESCO & UNICEF, 2013; World Economic Forum, 2016). 이들은 협력과 소통을 바탕으로 과학적 소양(scientific literacy)에 기반한 역량을 발휘하여 책임 있는 시민으로서 삶과 사회의 문제를 해결할 수 있어야 한다(송진웅 외, 2019). 첨단 과학기술에 기반한 융복합 영역이 창출되는 미래 사회는 전문가 집단과 과학적 소양을 갖춘 시민에 의해 함께 견인되는 사회가 될 것이므로 미래 인재를 키우는 과학교육 또한 이에 대응할 필요가 있다.

과학적 소양은 1990년대 이후 세계 여러 국가에서 과학교육 목표로 제시됐으며, 그 의미가 점차 확장되어 왔다(박종원, 2016; 이명계, 2009). 2019년 발표된 미래세대과학교육표준(Korean Science Education Standards: KSES)은 과학적 소양을 ‘과학 관련 역량과 지식을 지니고 개인과 사회의 문제해결에 민주시민으로 참여하고 실천하는 태도와 능력’으로 정의하면서 전 사회적인 참여와 실천을 강조했다(KOFAC, 2019). 이는 과학적 소양과 관련하여 ‘참여와 실천’이 중요한 요소로 강조되고 있음을 보여준다. 이와 관련하여 Roth & Barton(2004)은 개인 내적 차원에서의 소양을 넘어 개인을 둘러싼 외적인 차원, 즉 일상생활이나 사회 전반에서 나타나는 문제들에 대해 실천적으로 대응하는 것이 진정한 과학 학습이라고 역설하였다. 또한 Hagop(2018)은 과학적 소양인은 과학 관련 사회적 이슈들에 관한 의사결정에 민주적으로 참여할 수 있어야 한다고 보고 과학 지식을 넘어 일상 속의 과학으로, 아는 것을 넘어 참여와 실천으로 과학적 소양의 범위가 확대되어야 함을 강조하였다.

앞서 언급했던 KSES는 초연결, 평생학습, 고령화 등 급격한 사회적 변화에 대응하는 과학교육의 혁신 요구를 반영하고 미래 과학교육의 질을 높이기 위하여 2014년부터 2019년까지 이루어진 연구 결과의 집약체이다(김효준과 송진웅, 2019). KSES와 관련하여 본 연구가 주목한 것은 ‘참여와 실천’ 차원을 명시했

다는 점이다. 과학공동체 활동(scientific community activities), 과학리더십 발휘(scientific leadership), 안전 사회 기여(contribution to safe society), 과학문화 향유(enjoying scientific culture), 지속가능사회 기여(contribution to sustainable society) 등 5개 하위 영역으로 구성된 ‘참여와 실천’ 차원에 대해 송진웅 외(2019)는 한국 학생들이 적극적으로 탐구활동에 참여하거나 실생활에 적용할 기회가 부족했던 것을 개선하기 위한 시도로, KSES의 가장 도전적인 과제라 하였다. 이는 학교 과학교육과 같이 형식교육 체계에서 ‘참여와 실천’ 차원을 실행하는 것이 쉽지 않은 현실을 반영한 것이다. 과학적 참여와 실천 활동의 확산과 교육에 있어서 피교육자와 대중들의 자발성은 필수적인 요소인데(장진아 외, 2021), 학교 과학교육은 비형식 과학교육보다 피교육자의 자발성을 기대하기 어려운 점이 있기 때문이다. 따라서 ‘참여와 실천’ 중심의 과학교육은 이에 보다 적합한 비형식 교육 맥락에서 접근하는 것이 필요하며, 본 연구에서는 초등학생을 대상으로 한 비형식 과학교육 프로그램 개발과 적용을 통해 ‘참여와 실천’ 차원의 실행 효과를 알아보고자 하였다.

또한 과학 관련 긍정경험이 과학 수업의 성과를 효과적으로 측정할 수 있다는 선행연구 결과(곽영순 외, 2019; 신영준 외, 2017)를 바탕으로 개발된 과학교육 프로그램에 참여한 초등학생들의 과학긍정경험을 함께 살펴봄으로써 ‘참여와 실천’ 차원을 강조한 비형식 과학교육 프로그램의 정의적 영역에서의 효과도 함께 탐색하고자 하였다. 2015 개정 교육과정에서 제시한 다섯 가지 교과 핵심역량 중 ‘과학적 참여와 평생학습 능력’을 함양하기 위해 대부분의 단원 소개에서 호기심과 흥미를 서두에 진술하며 이를 기반으로 과학 학습 참여를 촉진하고 과학과 역량을 키워 삶에서 실천하는 과학적인 태도를 강조하는 것과 마찬가지로, ‘참여와 실천’ 차원이 교육과정에서 강조한 정의적 영역 즉, 태도의 차원을 구체화한 것으로 볼 수 있기 때문이다(이중혁 외, 2021).

이에 본 연구에서는 초등학생을 위한 비형식 과학교육의 활성화를 위해 지방자치단체의 지원을 받아

‘참여와 실천’ 차원을 반영한 ‘강남스타일로 과학 공부하기’ 프로그램을 개발하였다. 이 프로그램은 과학을 학생들의 일상생활과 관련짓는 지역화(localizing), 맥락화(contextualising)를 강조한 비형식 과학교육 프로그램으로 학생이 과학에 대해 개인적 관련성과 의미를 찾을 수 있도록 구성하였다. 이를 위해 학생이 생활하는 지역인 G구와 직접적으로 학습하는 미래교육센터 공간에서 과학적 문제를 찾아 해결하는 과정을 경험하도록 하였으며 특히 학생들이 프로그램을 구성하는 세 가지 독립적인 프로젝트를 수행하고 산출하는 최종 결과물은 ‘창의적 설계’ 과정이 포함되도록 하였다. 이는 기존의 융합인재교육(STEAM)이 추구하는 바와 유사하지만 다양한 분야와의 접목을 기반으로 예술적인 감성 체험과 성찰을 교육 준거로 설정한 STEAM 교육과 달리 과학교육의 목표이자 지향점인 ‘참여와 실천’이 교실을 넘어 학생 자신과 생활하는 지역으로 확장, 적용될 수 있도록 하기 위함이다.

그동안 ‘참여와 실천’이 이루어지는 교육적 상황에 관한 연구는 ‘상호작용 양상’이나 ‘참여구조’ 등의 맥락에서 수행되었으며, 이들에 대한 탐색은 탐구나 토론 활동에서의 언어적 상호작용을 강조하였으나 언어적 상호작용은 학생들의 직접적, 총체적인 참여

와 실천을 보여주기엔 한계가 있다(이종혁 외, 2021). 설계(Design)는 문제를 해결하거나 원하는 결과를 얻기 위해 새로운 무언인가를 만들어 내는 과정이며 과학적 지식과 기술적 수단을 적용하는 것으로, 현실의 문제를 해결하는 데 의의가 있다. 따라서 ‘창의적 설계’ 과정의 경험은 지역화, 맥락화된 문제를 해결하는 최종 단계로써 상황 맥락적인 활동에 더 큰 의미를 부여할 수 있을 것으로 생각된다.

## II. ‘참여와 실천’ 차원을 강조한 비형식 초등 과학프로그램 개발 및 적용

### 1. 비형식 과학프로그램 개발 방향 및 절차

프로그램 개발은 학생들이 학습할 때 활용하는 학생용 교재와 교사들이 수업에서 참고하고 활용할 수 있는 교사용 자료, 두 종류로 진행되었으며 Fig. 1의 절차로 개발되었다.

Fig. 1에서는 프로그램 개발을 위한 각 단계가 순차적으로 나열되어 있으나, 실제로 전문가 자문과 연구 개발진의 프로그램 수정, 보완을 위한 논의 과정은 순환적으로 여러 차례 반복하여 시행되었다. 프로젝트 내 실험활동의 경우 사전실험을 통해 과정의 오

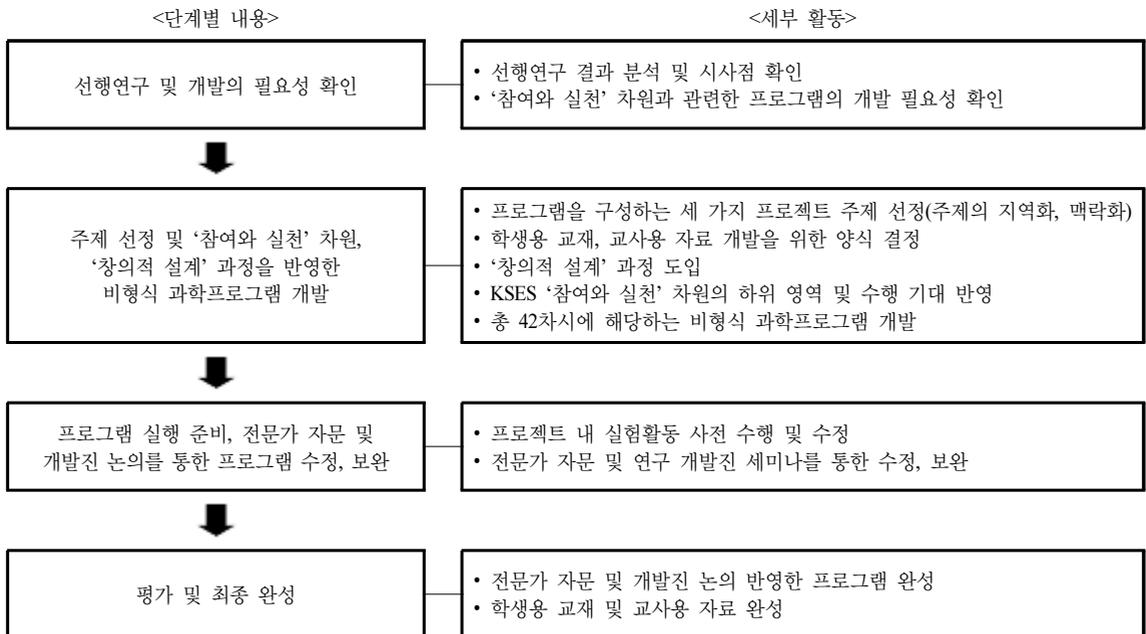


Fig. 1. 초등 비형식 과학프로그램 개발 절차

류, 예상치 못한 결과의 도출 여부 등을 점검하여 실험 방법이나 과정을 수정, 보완함으로써 프로그램의 완성도를 높이고자 노력하였다.

## 2. 비형식 과학프로그램 개발의 실제

### 1) ‘참여와 실천’ 차원의 반영을 위한 프로그램의 지역화·맥락화

‘참여와 실천’ 차원의 ‘실천’은 미국의 차세대과학 교육표준(Next Generation Science Standards)에서 이야기하는 ‘실행’(practice)을 포함하여 개인의 사회 속 삶 전반에 걸쳐 민주시민으로서 과학적이고 인간적인 삶을 영위하는 과정에서 벌어지는 실천을 의미하는 좀 더 폭넓고 종합적인 개념이다(송진웅 외, 2019). 따라서 ‘참여와 실천’ 차원의 실행을 위한 프로그램은 학생들이 교육받는 공간, 학생의 일상생활에서 접할 수 있는 주제로 구성되어야 할 것이다. 이는 학습 주제를 학생을 위해 지역화, 맥락화하는 것

으로, 본 프로그램은 과학 학습 주제를 선정하고 세부 내용을 구성하면서 이에 중점을 두었다.

본 프로그램을 구성하는 세 가지 프로젝트의 미션과 지역화, 맥락화의 주요 내용은 Table 1과 같다.

첫 번째 프로젝트인 ‘마션, 화성에서 살아남기’는 교육 공간의 특성에서 비롯하였다. 미래교육센터는 관내 학생들을 대상으로 미래기술을 이해하고 체험할 수 있는 다양한 교육을 무료로 받을 수 있는 곳으로 Fig. 2(GFEC, 2022)와 같이 우주선 및 우주기지, 화성 테라포밍을 체험할 수 있는 공간이 마련되어 있다. 따라서 학생들은 자연스럽게 공간이 갖는 특성을 접하고 이에 관심을 두게 된다. 이와 더불어 중심상업 및 업무지역이 있어 많은 기업이 입주해 있는 첨단산업의 중심지인 G구의 지역적 특성은 미래산업, 첨단 과학기술과 관련한 화성 개발 주제를 학생들이 지역적 측면에서 맥락화하여 생각해 볼 수 있게 한다. 이에 학생들이 참여하는 비형식 과학교육 프로그램이 실행되는 공간의 특성과 학생이 사는 지역의 특

Table 1. 프로젝트별 미션과 지역화, 맥락화 내용

프로젝트명	미션	지역화, 맥락화 내용
마션, 화성에서 살아남기	화성의 특성에 기반한, 화성 테라포밍을 위한 과학적 문제해결	<ul style="list-style-type: none"> <li>공간: 프로그램의 실행 공간인 우주기지, 화성 테라포밍 체험존</li> <li>지역: 많은 기업의 입주, 첨단산업의 상징인 G구</li> <li>맥락: 가장 발달한 도시인 G구의 학생들을 미래 사회변화에 대응할 수 있는 창의 융합형 인재로 양성하겠다는 비전</li> </ul>
선정릉이 있어 다행이다	지역의 문화유산인 조선왕릉과 미래 도시와의 공존을 위한 과학적 문제해결	<ul style="list-style-type: none"> <li>지역: 세계문화유산인 조선왕릉이 위치한 G구</li> <li>맥락: 도시의 발달과 문화유산의 보존을 위해 강남구의 시민인 학생들이 생각해 봐야 할 왕릉과 도시가 공존하는 미래 모습</li> </ul>
햇빛 레스토랑 설계하기	에너지 소비가 많은 도시의 에너지에 대한 과학적 문제해결	<ul style="list-style-type: none"> <li>지역: 첨단산업지구, 교육지구, 문화예술지구가 공존하여 서울에서도 에너지를 많이 소비하는 곳 중 한 곳인 G구</li> <li>맥락: 미래 대체에너지 중 하나로 손꼽히는 태양열에 관한 관심 및 이를 이용한 에너지 생산의 과학적 원리 이해를 통해 지속가능한 미래 사회를 생각</li> </ul>



Fig. 2. 우주선 및 우주기지 체험 공간(GFEC, 2022)

징을 반영할 수 있는 '화성' 관련 주제로 결정하고 프로젝트를 개발하였다.

두 번째 프로젝트인 '선정릉이 있어 다행이다'는 G구에 있는 세계문화유산 선정릉을 소재로 하였다. 첨단산업, 문화예술의 중심인 G구의 도시적이고 현대적인 것들과 대비되며 도심 속 숨겨져 보존되고 있는 선정릉이 변화하고 발전하는 도시와 어떻게 공존할 수 있는지에 대해서 학생들이 생각해 볼 수 있도록, 지역의 문화유산을 과학 학습의 소재로 결정하였다. 과학교육에서 지역화는 지역의 자원과 쟁점을 활용하여 학생들이 자신의 삶과 연관성 있는 탐구에 참여하도록 하는 것을 목표로 하므로(천주영 외, 2021) 학생들이 거주하는 지역에 위치해 학생들이 쉽게 찾아가 볼 수 있는 선정릉이라는 소재는 프로젝트의 지역화를 가능하게 하고 '참여와 실천' 차원의 과학공동체 활동, 과학문화 향유 영역을 반영할 수 있게 한다. 또한 자연과 어우러진 도시의 모습을 통해 과학-기술-사회의 관계를 생각해 보게 하였다.

세 번째 '햇빛 레스토랑 설계하기'는 G구의 에너지 문제와 관련한 프로젝트이다. 높은 건물들이 밀집한 G구는 에너지 소비가 많고 에너지 자립도가 낮은 지역이다. 에너지는 과학과 공학의 모든 분야에서 중심적인 개념이며, 정보에 근거하여 생각하고 판단하는 시민성(citizenship)을 기르기 위해서는 에너지에 대한 기본적인 이해가 필수적이다(Lacy et al., 2022). 또한 초등학생 때부터 지식, 태도, 행동을 개발하는 것은 사람들이 환경을 보호하는 일상적인 행동에 참여하도록 유도하는 중요한 첫 단계로 여겨지기도 한다(Lee et al., 2013). 하지만 단순히 교육이 문제(issue)에 대한 지식을 교사에서 학생으로, 또는 인지에서 생활양식으로 전달할 것이라 기대하는 것보다 학생들의 폭넓은 지식, 책임 있는 행동과 태도의 함양을 위해 그들이 실생활 맥락에 참여하여 문제를 해결할 수 있도록 학습 경험이 설계되어야 한다(Rickinson, 2001). 따라서 '햇빛 레스토랑 설계하기'에서는 학생들이 살고 있는 지역의 에너지 문제 탐구를 통해 '참여와 실천' 차원의 과학공동체의 사회적 역할을 알도록 하였고, 지속가능사회에 기여하는 에너지 생산과 사용의 방안으로 학생들이 접근할 수 있는 태양열 조리기를 적용하여 생활 속의 문제를 해결하도록 하였다.

## 2) '참여와 실천' 차원의 반영을 위한 '창의적 설계' 과정의 도입

본 프로그램은 '참여와 실천'이 교실을 넘어 학생 자신과 생활하는 지역으로 확장, 적용될 수 있도록 학습 주제와 내용을 지역화, 맥락화하는 것과 더불어 학생들이 각 프로젝트의 산출물을 새로운 아이디어를 바탕으로 창의적으로 설계하는 과정을 통해 완성하도록 구성하였다. '창의적 설계' 과정은 창의력과 공학적 설계 능력을 요구하는 과정으로 학생들이 '창의적 설계' 과정에 참여함으로써 자신을 둘러싼 공간과 지역의 문제를 과학 및 공학으로 연결할 수 있도록 한다. 이와 더불어 '창의적 설계' 과정은 학습자가 개인의 삶에서 필요와 가치를 찾고 창의적으로 생각해 낸 아이디어를 활동에 반영하는 것으로 문제를 스스로 정의하여 해결하는 경험을 제공해 주므로 삶 속에서 벌어지는 사회와 일상의 문제해결에 참여하고 실천하는 기회를 준다.

프로젝트별 '창의적 설계' 과정과 관련된 내용은 Table 2와 같다.

'마션, 화성에서 살아남기' 프로젝트에서는 학생들이 영화 '마션'의 주인공이 되어 화성에서 생존하기 위한 문제를 '창의적 설계'를 통해 해결하도록 하였다. 특히 물을 구하기 위한 간이 증류장치와 지구와는 다른 화성의 특징을 고려하여 화성에 정착하기 위한 기지를 스파게티면을 이용하여 설계, 제작하는 활동으로 구성하였다. 이때 되도록 적은 수의 스파게티면을 이용하여 바람과 무거운 물체를 견딜 수 있는 기지를 설계, 제작하도록 하였다.

'선정릉이 있어 다행이다' 프로젝트에서는 선정릉과 관련된 역사적 사실을 학습하고 도시와 문화재를 밝히는 전기회로를 창의적으로 설계하는 활동을 도입하였다. 종이 위에 각종 전기 부품을 구리 테이프를 연결하여 자유로운 형태의 전기회로를 설계하여 선정릉과 어우러지는 첨단 도시의 모습을 제작하도록 하였다.

'햇빛 레스토랑 설계하기'에서는 최종 산출물인 태양열 조리기로 초콜릿을 녹이는 미션을 수행하기 위해서 태양열 조리기를 설계, 제작하는 과정을 단계적으로 학습하도록 구성하였다. 태양열 조리기에 적합한 재료와 모양을 실험하여 탐색하고 이를 적용하여 태양열 조리기를 제작하고 초콜릿을 녹이는 활동을 수행한 후 수정, 보완하는 일련의 '창의적 설계'

Table 2. 프로젝트별 ‘창의적 설계’ 내용

프로젝트명	세부 주제	창의적 설계
마션, 화성에서 살아남기	화성에서 물을 구하라	물의 증발과 응결 현상을 이해하고 효율적인 증류장치 설계, 제작하기
	화성에 정착할 기지를 만들자	화성 정착을 위한 기지를 화성의 특징과 주어진 재료를 고려하여 설계, 제작하기
선정릉이 있어 다행이다	도시를 밝히는 빛: 전기와 전기회로	다양한 전기 부품을 사용하여 전구에 불이 들어오는 전기회로 설계, 제작하기
	선정릉과 공존하는 도시	선정릉과 공존하는 G구의 모습을 페이퍼 서킷으로 설계하고 제작하기
햇빛 레스토랑 설계하기	콩닥콩닥, 태양열 조리기 설계하기	공학적 설계 이해하고 공학적 문제 확인하기
	태양열 조리기 속의 과학(1) 열의 이동	열의 이동, 재료에 따른 열전도율 알아보고 태양열 조리기에 사용될 재료 선택하여 설계하기
	태양열 조리기 속의 과학(2) 빛의 성질	빛이 성질과 재료에 따른 빛 반사율, 프레넬 렌즈 알아보고 태양열 조리기의 모양 설계하기
	태양열 조리기 제작, 수정하기	태양열 조리기를 제작하고 성능 실험하기, 태양열 조리기를 보완하여 다시 설계하기

과정을 모두 경험할 수 있도록 하였다.

### 3) KSES ‘참여와 실천’ 차원의 반영

프로그램의 지역화, 맥락화, ‘창의적 설계’ 과정의 도입에 이어 초등학생의 적극적인 탐구활동과 생활 적용을 촉진하는 비형식 과학프로그램의 개발을 위해 KSES에서 명시한 ‘참여와 실천’ 차원의 하위 영역을 반영하여 프로젝트를 구성하고자 하였다(Fig. 3). 이에 KSES의 ‘참여와 실천’ 차원을 구성하는 5개의 영역을 분석하고 프로젝트 주제와 세부 내용에 맞도록 ‘참여와 실천’ 차원의 하위 영역에 따른 수행기대를 반영하였다. ‘참여와 실천’ 차원의 수행기대와 프로젝트 내용이 적합한지에 대한 검토는 과학교육 전문가 1인, 과학교육 박사과정 학생 2인, 연구 개발진이 교차 검증하였으며 상호 의견이 일치할 때까지 반복하였다.

Table 3은 프로젝트별 세부 주제에 반영된 KSES ‘참여와 실천’ 차원의 하위 영역과 수행기대를 나타낸 것이다.

### 4) ‘참여와 실천’ 차원을 강조한 초등 비형식 과학 프로그램 개발 및 적용

앞서 서술한 대로 학습 주제와 내용의 지역화, 맥락화, ‘창의적 설계’ 과정의 도입, KSES의 ‘참여와 실천’ 차원 수행기대 반영을 통해 ‘참여와 실천’ 차원을 강조한 초등 비형식 과학프로그램을 개발하였다. 개발된 프로그램은 2022년 9월부터 12월까지 14주간 매주 토요일, 미래교육센터에서 실시되었다. 참여 학생은 G구에 거주하는 초등학교 5~6학년 15명으로, 자발적으로 프로그램 참여를 희망한 학생 중 무작위 추첨을 통해서 선발된 13명과 사회적 배려계층 모집 전형을 통해 모집한 2명의 학생이었다.

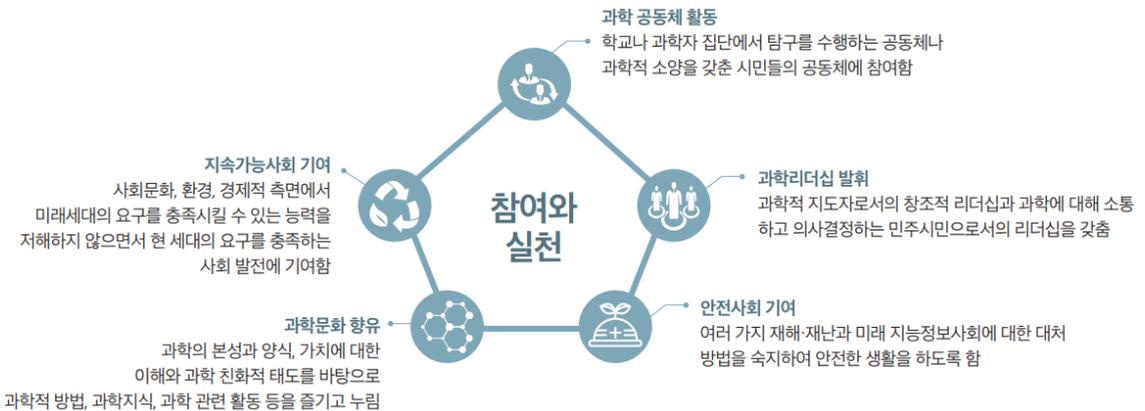


Fig. 3. 미래세대 과학교육표준(KSES)에서 ‘참여와 실천’ 차원을 구성하는 5개 영역(송진웅 외, 2019)

**Table 3.** 프로젝트별 KSES '참여와 실천' 차원의 수행기대 반영 내용

프로젝트명	세부 주제	'참여와 실천' 차원의 하위 영역	'참여와 실천' 차원의 수행기대
마션, 화성에서 살아남기	화성에서 물을 구하라	과학공동체 활동 [PA-SC]	<ul style="list-style-type: none"> <li>과학탐구공동체 활동 참여 [PA-SC.1]</li> <li>- Stage 4: 과학탐구공동체에 소속되어 과학탐구에서 특정 역할을 수행한다.</li> </ul>
		과학문화의 향유 [PA-ES]	<ul style="list-style-type: none"> <li>자연현상과 과학에 대한 감수성 제고 [PA-ES.1]</li> <li>- Stage 4: 생활 문제를 탐구로 해결하려는 태도를 지닌다.</li> <li>과학적 탐구의 실천과 향유 [PA-ES.2]</li> <li>- Stage 4~5: 과학적 탐구와 기술 및 공학적 활동을 통한 생활 문제해결 활동을 즐긴다.</li> </ul>
	화성에서 지구와 통신하기	과학리더십 발휘 [PA-SL]	<ul style="list-style-type: none"> <li>분산적 리더십 [PA-SL.2]</li> <li>- Stage 3: 공동체 구성원과 정보 공유, 의사결정 등에 협력에 적극적으로 참여한다.</li> </ul>
		과학문화의 향유 [PA-ES]	<ul style="list-style-type: none"> <li>과학지식의 활용과 향유 [PA-ES.3]</li> <li>- Stage 3: 과학지식을 활용한 문제해결 활동의 즐거움을 체험한다.</li> </ul>
화성에 정착할 기지 만들기	안전사회 기여 [PA-SS]	<ul style="list-style-type: none"> <li>안전교육 참여 [PA-SS.1]</li> <li>- Stage 3~4: 일상생활, 탐구활동, 재해재난, 미래 지능정보사회 관련 위험의 과학적 원인 및 대처방안 관련 교육에 참여한다.</li> </ul>	
	과학문화의 향유 [PA-ES]	<ul style="list-style-type: none"> <li>과학지식의 활용과 향유 [PA-ES.3]</li> <li>- Stage 3: 과학지식을 활용한 문제해결 활동의 즐거움을 체험한다.</li> </ul>	
		과학리더십 발휘 [PA-SL]	<ul style="list-style-type: none"> <li>배려와 공감의 리더십 [PA-SL.3]</li> <li>- Stage 3: 공동체 활동에서 배려, 정직, 성실의 필요성을 인식하고, 실천 하면서 의지를 기른다.</li> </ul>
선정릉이 있어 다행이다	조선왕릉에 숨겨진 과학적 비밀	과학문화의 향유 [PA-ES]	<ul style="list-style-type: none"> <li>과학지식의 활용과 향유 [PA-ES.3]</li> <li>- Stage 3: 과학지식을 활용한 문제해결 활동의 즐거움을 체험한다.</li> </ul>
		과학리더십 발휘 [PA-SL]	<ul style="list-style-type: none"> <li>진취적 성취와 가치 창출 [PA-SL.1]</li> <li>- Stage 2~3: 자율성을 바탕으로 과학 활동에 도전하고 인내하는 태도를 지닌다.</li> </ul>
	도시를 밝히는 빛: 전기와 전기회로 선정릉과 공존하는 도시	과학리더십 발휘 [PA-SL]	<ul style="list-style-type: none"> <li>진취적 성취와 가치 창출 [PA-SL.1]</li> <li>- Stage 2~3: 자율성을 바탕으로 과학 활동에 도전하고 인내하는 태도를 지닌다.</li> </ul>
햇빛 레스토랑 설계하기	콩닥콩닥, 태양열 조리기 설계하기	과학공동체 활동 [PA-SC]	<ul style="list-style-type: none"> <li>과학 모니터링 공동체 활동 [PA-SC.2]</li> <li>- Stage 3: 과학공동체의 사회적 역할을 인식한다.</li> </ul>
		과학문화의 향유 [PA-ES]	<ul style="list-style-type: none"> <li>자연현상과 과학에 대한 감수성 제고 [PA-ES.1]</li> <li>- Stage 2~3: 자연현상과 생활 문제를 인식한다.</li> </ul>
		지속가능사회 기여 [PA-SU]	<ul style="list-style-type: none"> <li>환경적 측면에 기여 [PA-SU.2]</li> <li>- Stage 3~4: 에너지 보전의 중요성과 과학기술의 역할을 인식하고 실천한다.</li> </ul>
햇빛 레스토랑 설계하기	태양열 조리기 속의 과학(1) 열의 이동 태양열 조리기 속의 과학(2) 빛의 성질	과학공동체 활동 [PA-SC]	<ul style="list-style-type: none"> <li>과학탐구공동체 활동 참여 [PA-SC.1]</li> <li>- Stage 4: 과학탐구공동체에 소속되어 과학탐구에서 특정 역할을 수행한다.</li> </ul>
		과학문화의 향유 [PA-ES]	<ul style="list-style-type: none"> <li>과학적 탐구의 실천과 향유 [PA-ES.2]</li> <li>- Stage 4~5: 과학적 탐구와 기술 및 공학적 활동을 통한 생활 문제해결 활동을 즐긴다.</li> <li>과학지식의 활용과 향유 [PA-ES.3]</li> <li>- Stage 3: 과학지식을 활용한 문제해결 활동의 즐거움을 체험한다.</li> </ul>

Table 4는 프로그램을 구성하는 세 가지 프로젝트의 운영 일정을 세부 주제 및 내용과 함께 나타낸 것이다. 본 프로그램의 특징은 세 가지 프로젝트 외에 학생들이 각 프로젝트를 수행하면서 학습한 내용과

결과를 발표할 수 있는 발표회가 있다는 점이다. 발표회는 학생들의 보호자, 구청 관계자, 외부 위원, 지도 강사, 프로그램에 참여한 모든 학생이 모여 프로그램 수행 결과를 발표하는 자리이다. 학생들은 세

Table 4. 프로젝트별 세부 주제와 내용

주차	프로젝트명	세부 주제	내용
1	오리엔테이션		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 프로그램 소개 및 기초 강연                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 프로그램의 기초 및 특징</li> <li>- KSES의 과학적 소양 나무 모형 소개</li> <li>- KSES의 ‘참여와 실천’ 차원에 대한 이해</li> </ul> </li> <li>• 아이스 브레이킹, 안전교육, 스마트기기 활용 교육</li> <li>• 사전 설문조사 실시</li> </ul>
2-4	마션, 화성에서 살아남기	화성에서 물을 구하라	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 물의 증발과 응결 현상 이해</li> <li>• 증류장치 설계하기                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 화성의 간수를 증류시키는 장치 구상하고 설계하기</li> </ul> </li> <li>• 증류장치 만들기                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주어진 재료로 증류장치 제작하기</li> </ul> </li> </ul>
		화성에서 지구와 통신하자	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 화성 코드 만들기                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 화성에서 지구로 보낼 메시지 작성하기</li> <li>- 패스파인더 작동 원리 탐구하기</li> </ul> </li> <li>• 지구와 교신 방법 찾기                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지구와의 효과적인 의사소통 방법으로써 코드 이해하기</li> <li>- 패스파인더를 활용한 코드 전송 과정 탐구하기</li> <li>- 아두이노를 활용한 패스파인더 설계하기</li> </ul> </li> <li>• 지구와 메시지 주고 받기                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 엔트리와 아두이노를 활용한 패스파인더 제작하기</li> <li>- 패스파인더로 메시지 주고 받기</li> </ul> </li> </ul>
		화성에 정착할 기지를 만들자	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 화성의 특징을 조사하고 기지 구상하기                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 화성 지표면의 특징과 기상 상황 조사하기</li> <li>- 화성 기지 건설을 위해 고려할 점 토의하기</li> <li>- 화성에 남겨진 지구인의 거지 기지 설계하기</li> </ul> </li> <li>• 화성 기지 제작 및 지속가능성 알아보기                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 트러스 구조 탐구하기</li> <li>- 스파게티 면을 활용한 화성 기지 제작하기</li> <li>- 제작한 화성 기지의 효율성 및 지속가능성 탐구하기</li> </ul> </li> </ul>
5-7	선정릉이 있어 다행이다	조선왕릉에 숨겨진 과학적 비밀	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 왕의 장례식과 왕릉의 구조                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 왕의 장례인 국장의 절차 알아보기</li> <li>- 왕의 장례식에 숨겨진 과학 찾기</li> <li>- 왕릉의 구조 알아보기</li> </ul> </li> <li>• 선정릉 알기                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 선정릉의 주인과 구조 알아보기</li> <li>- 선정릉 도굴 사건과 도굴을 막기 위한 조선왕릉의 과학적 원리</li> </ul> </li> <li>• 조선왕릉 조성에 사용된 회곽 구조 알아보기                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 삼물과 누름나무 삶은 물을 이용하여 회 벽돌 만들기</li> <li>- 조선 후기에 조성된 조선왕릉이 도굴되지 못한 이유를 과학적으로 설명하기</li> </ul> </li> </ul>
		도시를 밝히는 빛: 전기와 전기회로	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전기와 전기회로                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전기의 정의</li> <li>- 전기회로의 기본 구조</li> </ul> </li> <li>• 종이 위에 만드는 전기회로                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 구리 테이프와 전기 부품으로 전기회로 만들기</li> </ul> </li> <li>• 선정릉과 공존하는 G구의 모습 설계하기                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 페이퍼 서킷과 페이퍼 시티로 만드는 G구</li> </ul> </li> </ul>
		선정릉과 공존하는 도시	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선정릉을 중심으로 한 도시의 모습 제작하기                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전기회로 그리기</li> <li>- 전기회로 제작하기</li> <li>- 페이퍼 시티 제작하기</li> </ul> </li> </ul>
8-11	햇빛 레스토랑 설계하기	콩닥콩닥, 태양열 조리기 설계하기	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공학적 설계 과정 학습하기                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공학자의 문제해결 방법(공학적 설계) 이해하기</li> <li>- 공학적 설계의 각 단계 비유하기</li> <li>- 공학적 설계의 특징 설명하기</li> </ul> </li> </ul>

		태양열 조리기 속의 과학(1) 열의 이동	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 열전도를 탐구하기</li> <li>- 태양열 조리기 제작에 사용되는 재료들의 열전도를 탐구</li> <li>- 변인 통제하며 탐구 과정 설계하고 실험하기</li> <li>- 실험 결과를 바탕으로 태양열 조리기 제작에 사용할 재료 선택하기</li> </ul>
		태양열 조리기 속의 과학(2) 빛의 성질	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 빛의 성질 이해하기</li> <li>- 빛의 직진, 굴절, 반사 이해하기</li> <li>- 빛의 성질을 확인할 수 있는 현상 찾기</li> <li>• 빛의 반사 실험하기</li> <li>- 재료에 따른 빛의 반사율 측정하기</li> <li>- 반사가 잘 되는 재료와 아닌 재료를 찾아 의사 결정하기</li> <li>- 빛의 경로를 예상하고 태양열 조리기 구조 설계하기</li> <li>• 빛의 굴절 실험하기</li> <li>- 볼록렌즈, 오목렌즈, 프레넬 렌즈 탐색하기</li> <li>- 프레넬 렌즈의 장점과 태양열 조리기 연결 짓기</li> </ul>
		태양열 조리기 제작, 수정하기	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 태양열 조리기 스케치하기</li> <li>- 공학적 설계 조건을 고려한 조리기 구상하기</li> <li>- 열과 빛의 탐구 결과를 바탕으로 재료 선정하고 구조 결정하기</li> <li>• 태양열 조리기 제작하기</li> <li>- 태양열 조리기의 성능 시험하기(초콜릿 녹이기)</li> <li>- 수정, 보완할 점을 논의하여 재설계하기</li> </ul>
12	발표회 준비 1	발표회 주제 선정 및 발표 자료 제작	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 발표회 목적 소개</li> <li>• 발표할 프로젝트 선정</li> <li>- 세 가지 프로젝트 중 발표할 한 가지 프로젝트 선정</li> <li>• 발표 자료 제작 및 피드백</li> <li>- 발표 자료 내용 안내: 프로젝트 선정의 이유, 탐구 과정, 결과, 소감, 참여와 실천</li> <li>- 구글 프레젠테이션을 이용하여 발표 자료 제작</li> </ul>
13	발표회 준비 2	모의 발표 및 피드백	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 발표 자료를 바탕으로 발표하기</li> <li>- 조별로 발표 자료를 바탕으로 프로젝트의 과정, 결과, 소감 등을 발표</li> <li>- 친구들과 강사의 피드백</li> <li>• 발표 자료 수정 및 발표 연습</li> <li>- 피드백을 바탕으로 발표 자료 수정</li> <li>- 발표 연습</li> </ul>
14	발표회	탐구 프로젝트 발표회	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 발표회</li> <li>- 프로젝트 산출물 전시</li> <li>- 학생의 보호자, 지도 강사, 외부 위원, 참가 학생 모두를 대상으로 프로젝트 과정, 결과 정리하여 발표하기</li> <li>- 프로젝트 결과</li> </ul>

가지 프로젝트 중 한 가지를 조별로 선정하고 프로젝트 수행 내용을 배경지식, 과정과 결과, 소감, 학생이 생각하는 참여와 실천 등으로 정리하여 발표하게 된다. 또한 ‘창의적 설계’ 과정을 거쳐 제작한 산출물이 함께 전시된다.

개발된 프로그램은 과학교육 전문가, 융합교육 전문가, 교육 관련 연구기관 연구원, 현직 교사 등 6인의 검토와 자문을 받았다. 전문가 자문을 통해 내용과 분량의 적절성, 국가 수준 교육과정과의 연계성, 지역과의 연계성, ‘창의적 설계’ 과정의 적절성 등 다양한 측면을 검토받았으며 이를 반영하여 프로그램을 수정하였다. 또한 프로젝트가 끝날 때마다 회의를 통해 프로그램 적용과 운영의 다양한 측면들-예를 들

면 학생 특징, 교육 환경 구성, 실험활동 운영, ‘창의적 설계’ 과정 지도 등-을 논의하였다.

프로그램 적용 과정에서는 Fig. 4에 나타난 대로 학생들이 본 프로그램을 통해 과학적 ‘참여와 실천’이 이루어질 수 있도록 하였다. 예를 들면 매주 토요일 교육센터에서 공간과 지역을 바탕으로 한 과학적 문제를 탐구하는 과학공동체 활동이 진행된다거나 지역의 인문사회 환경을 과학과 융합하여 과학문화를 향유할 수 있도록 하는 등의 실천이 이루어졌다. 즉, 학생들의 직접적이고 능동적인 ‘참여와 실천’이 이루어질 수 있도록 ‘구체적인 경험과 맥락’을 제공하고자 하였다.



Fig. 4. 개발된 초등 비형식 과학프로그램 적용 모습

### III ‘참여와 실천’ 차원을 강조한 초등 비형식 과학프로그램의 효과

#### 1. 연구 방법

##### 1) 연구 설계 및 대상

개발된 비형식 과학프로그램이 초등학생의 ‘참여와 실천’ 차원과 과학긍정경험에서 효과가 있었는지 확인하기 위하여 Fig. 5와 같이 효과성 분석을 위한 실험을 설계하였다. 본 연구에서 개발한 프로그램은 지방자치단체의 지원으로 이루어진 비형식 과학교육의 한 형태로써 효과를 비교할 수 있는 통제집단 설정이 어려워 참여한 학생을 단일집단으로 한 준실험 설계를 사용하였다. 사전 검사는 1주차 활동인 오리엔테이션 과정에서 수행하였으며, 사후 검사는 마지막 발표회가 끝난 후 수행하였다.

연구 대상은 프로그램에 참여한 초등학교 5~6학년 학생 15명이었으며, 연구 기간은 2022년 9월부터 12월까지 3개월간(1주에 3차시 수업, 14주 42차시)이었다. 프로그램 적용 과정에서 학년별로 고른 배치가 이루어지도록 모둠을 구성하였고 1주차에 구성된 모둠은 바뀌지 않고 마지막 발표회까지 이어졌다.

##### 2) 검사도구 및 자료분석

송진웅 외(2019)는 KSES의 목표가 과학교육 현장에서 실제적으로 구현되기 위해서는 달성 정도를 주기적으로 진단·점검할 수 있는 지표의 개발 필요성을

G	O1, O2	X	O1', O2'
---	--------	---	----------

G: 실험집단  
 X: ‘참여와 실천’ 차원을 강조한 초등 비형식 과학프로그램  
 O1: ‘참여와 실천’ 차원 효과성 검사  
 O2: 과학긍정경험 차원 효과성 검사

Fig. 5. 연구 설계

제시하였고 그리하여 역량과 참여와 실천 차원, 교육 환경에 대한 지표 체계를 개발하였다. 각 지표 체계에는 해당 학년의 학생, 해당 학년 및 학교의 과학 교사, 그리고 학교에서 자료를 수집하는 데 사용될 학생용 지표, 교사용 지표 및 학교용 지표가 각각 포함되어 있다. 본 연구에서는 ‘참여와 실천’ 차원의 ‘학생용’ 지표를 재구성하여 5단계 리커트 척도로 적용하였다. 과학교육 전문가 1인, 과학교육 박사과정 학생 1인, 그리고 연구 개발진은 ‘학생용’ 지표의 문항을 검토한 후, 비슷한 내용의 문항을 묶어 그룹화하였으며 학생들이 이해하기 쉬운 문장으로 바꾸어 검사도구를 제작하였다. 타당도 확보를 위해 2회에 걸친 세미나를 통해 최종 문항을 확정하였다. ‘참여와 실천’ 차원의 효과를 알아보는 문항은 Table 5과 같다.

프로그램 참여를 통해 학생들이 경험한 과학긍정경험을 알아보는 도구는 신영준 외(2017)가 개발한 과학긍정경험 지표 검사(Test for Indicators of Positive Experiences about Science)를 활용하였다. 이 도구는 우리나라 학생들의 과학긍정경험을 측정하기 위한 목적으로 개발된 것으로 과학 학습 정서(6문항), 과학 학습 동기(10문항), 과학 관련 자아 개념(6문항), 과학 관련 진로 포부(5문항), 과학 관련 태도(8문항) 영역 관련 총 35문항의 4단계 리커트 척도로 구성되어 있다. 본 연구에서는 연구 대상이 초등학생인 점을 고려하여 전체의 절반 수준으로 문항을 줄이고(총 18 문항) 5단계 리커트 척도로 변환하여 적용하였다. 검사도구의 타당도 확보를 위하여 마찬가지로 과학교육 전문가 1인, 과학교육 박사과정 학생 1인, 그리고 연구 개발진의 반복적인 검토와 논의를 통해 문항을 확정하였다. 학생들의 정의적 성취인 과학긍정경험을 알아보는 문항은 Table 6과 같다.

마지막으로 검사도구 말미에 프로그램 참여 학생들이 전반적인 경험과 소감을 알아보기 위한 자유서술 문항을 추가하여 학생들의 의견을 확인하였다.

**Table 5.** '참여와 실천' 차원의 효과성 검사 문항

영역	문항
과학 공동체 활동	나는 학교에서 친구들과 협력하는 탐구 활동을 한다.
	나는 학교에서 과학 관련 동아리 활동에 참여한다.
	나는 학교 밖에서 과학 관련 동아리 활동에 참여한다.
과학 리더십 발휘	나는 자연현상이나 일상생활에서 과학과 관련된 문제를 스스로 발견하려고 한다.
	나는 과학과 관련된 문제해결에 도전한다.
안전사회 기여	나는 과학관 관련된 문제를 해결하기 위해 주도적으로 친구들과 협력한다.
	나는 일상생활과 관련된 위험에 대처하는 방법을 알고, 이를 실천한다.
	나는 재해·재난과 관련된 위험에 대처하는 방법을 알고, 이를 실천한다.
과학문화 향유	나는 과학 실험실 활동과 관련된 위험에 대처하는 방법을 알고 이를 실천한다.
	나는 생활 속에서 궁금하거나 탐구할만한 문제를 찾는다.
지속가능 사회 기여	나는 과학 탐구 활동을 즐긴다.
	나는 과학기술 관련 놀이 활동을 한다(과학 장난감, 과학 퀴즈 맞추기 등)
	나는 사회적으로 약한 사람을 위해 과학 기술이 쓰인다는 것을 알고 있다.
	나는 환경보전을 위해 과학기술이 쓰인다는 것을 알고 있다.

**Table 6.** 과학공정경험 효과성 검사 문항

영역	문항
과학 학습 정서	나는 과학 수업이 즐거웠다.
	나는 과학 수업이 만족스러웠다.
	나는 과학 수업이 재미있었다.
과학 학습 동기	나는 과학 수업 시간에 최선을 다하려고 노력한다.
	나는 과학 수업 시간에 적극적으로 참여한다.
	나에게는 과학 수업 시간에 배운 내용을 제대로 이해하는 것이 중요하다.
과학 관련 자아개념	나에게는 과학 수업 시간에 주어진 과제나 활동을 성공적으로 마치는 것이 중요하다.
	과학은 내가 잘하는 과목 중 하나이다.
	나는 과학 수업 시간에 선생님과 친구들로부터 인정받고 있다.
과학 관련 진로 포부	과학 수업을 통해 나는 스스로를 필요한 사람이라고 느낀다.
	과학 수업은 내가 스스로에게 만족할 수 있게 해준다.
	과학 관련 진로 및 직업은 내가 스스로 더 배우고 발전할 수 있는 기회를 준다.
과학 관련 태도	과학 관련 진로 및 직업에 흥미를 가지게 되었다.
	미래에 과학과 관련된 직업을 가지고 싶다.
	과학은 공부할 만한 가치가 있다.
	과학은 학교를 졸업한 후에도 쓸모가 있다.
	과학의 발전은 환경, 기술 및 사회의 발전에 영향을 주고받는다.
	나는 과학에 대하여 더 알고 싶다.

검사도구 문항에 대한 응답은 구글 설문조사를 활용하여 수집하였으며, 응답 결과는 엑셀 프로그램으로 분석하였다. 본 연구는 특정 지역에 한정된 작은 수의 표본이라는 특성을 반영하여 리커트 척도의 평균을 기준으로 한 기술통계를 중심으로 분석하였다.

## 2. 연구 결과

'참여와 실천' 차원의 하위 영역별 사전·사후 평균의 변화는 Fig. 6과 같다. '참여와 실천' 차원은 전 영역에서 프로그램 참여 후가 프로그램 참여 전보다 향상된 것으로 나타났다. 구체적으로 과학공동체 활동

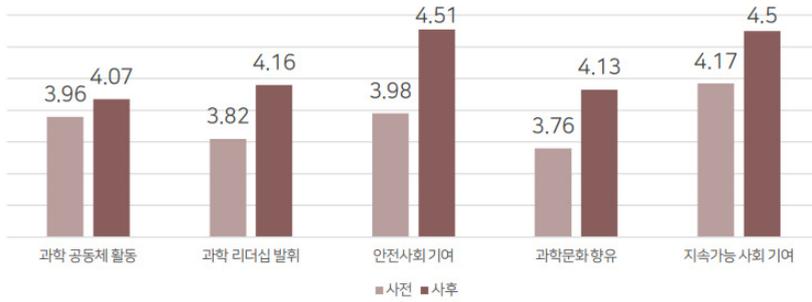


Fig. 6. ‘참여와 실천’ 차원의 하위 영역별 사전, 사후 변화

영역은 0.11, 과학 리더십 발휘 영역은 0.34, 안전 사회 기여 영역은 0.53, 과학문화 향유 영역은 0.37, 지속가능 사회 기여 영역은 0.33점이 사전보다 증가하였다. 이처럼 본 연구에서 개발한 비형식 과학프로그램이 ‘참여와 실천’ 차원에서 초등학생에게 긍정적인 영향을 미친 것으로 나타났다.

특히 안전 사회 기여 영역에서 가장 큰 폭의 상승을 보였다. 해당 영역은 ‘여러 가지 재해·재난과 미래 지능 정보사회에 대한 대처 방법을 숙지하여 안전한 생활을 하도록 함’과 관련이 있는데 즉, ‘대처 방법의 숙지’와 ‘안전한 생활을 하도록 함’이 연결된 것이다. 본 프로그램에서 이루어진 안전에 대한 반복적인 강조와 교육, 그리고 활동에 활용할 수 있는 안전 도구들(안전 장갑, 고글, 실험복, 데스크 매트 등)을 키트처럼 매번 제공한 것과 프로젝트를 진행하는 주 강사 외에 보조강사, 대학생 멘토가 상주하며 프로젝트 수행을 도운 것이 영향을 미친 것으로 보인다. 이는 반복적인 안전교육과 안전을 위한 도구 활용, 활동 도움이 전반적인 학생들의 안전의식에 긍정적인 영향을 준다는 선행연구 결과와도 일치한다(손오근과 임성민, 2016).

두 번째로 높은 상승은 과학문화 향유 영역에서 나타났다. 이 영역은 사전검사에서 낮은 평균값을 보였는데, 그 이유는 ‘과학기술 관련 놀이 활동을 한다’라는 문항의 평균값이 낮았기 때문이다. 이는 초등학생 수준에서 수행할 수 있는 과학 관련 놀이가 많이 개발되었으나 컴퓨터로 하는 게임이나 기능성 역할 놀이에 치우쳐 있다는 선행 연구의 결과(유은주와 소금현, 2016)를 참고할 때 학생들이 평소 ‘과학기술 관련 놀이’나 ‘취미생활 향유’를 많이 하지 못하고 있다는 것을 보여준다. 본 프로그램에서는 학생들이 해결해야 할 문제 상황을 하나의 과학놀이와 게임처럼

느낄 수 있도록 하고자 하였다. 예를 들면 ‘마션, 화성에서 살아남기’ 프로젝트에서는 스파게티 면을 이용하여 강한 선풍기 바람에도 날아가지 않고, 추를 올려도 무너지지 않는 화성 기지를 제작하도록 요구하여 학생들이 마치 과학을 놀이와 게임으로 즐기며 참여할 수 있도록 하였다. 과학문화 향유 영역은 ‘과학적 방법, 과학지식, 과학 관련 활동을 즐기고 누리는 것’을 의미하는 영역으로 본 프로그램 참여를 통해서 해당 영역이 상승하였다는 것은 본 프로그램이 과학 지식을 활용한 문제해결의 유용성과 기쁨, 탐구를 통한 문제해결 활동의 즐거움 체험, 과학 관련 놀이나 취미생활 향유에 긍정적인 영향을 미쳤다는 것을 보여준다.

반면 과학공동체 활동 영역에서의 점수 향상이 가장 작은 것을 볼 수 있다. 과학공동체 활동은 ‘학교나 과학자 집단에서 탐구를 수행하는 공동체나 과학적 소양을 갖춘 시민들의 공동체에 참가함’과 관련이 있는데, 이는 학교 교육의 과정에서 탐구를 수행하는 협의의 과학공동체 활동에 학생들이 이미 많은 경험을 가지고 있는 것과 마찬가지로 비슷한 또래(5~6학년)의 친구들과 탐구활동을 수행하는 본 프로그램의 형식이 ‘과학적 소양을 갖춘 시민 공동체’라는 광의의 공동체를 경험하기에 부족한 점이 있었다는 것을 시사한다.

과학긍정경험의 하위 영역별 사전·사후 평균 점수의 변화는 Fig. 7과 같다. 과학긍정경험 역시 전 영역의 점수가 프로그램 참가 전보다 참가 후 향상된 것으로 나타났다. 과학 학습 정서 영역은 0.38, 과학 학습 동기 영역은 0.18, 과학 관련 자아개념 영역은 0.51, 과학 관련 진로 포부 영역은 0.38, 과학 관련 태도 영역은 0.30이 각각 증가하였다. 이처럼 모든 하위 영역에서 사전 검사보다 사후 검사 평균값이 증가하여

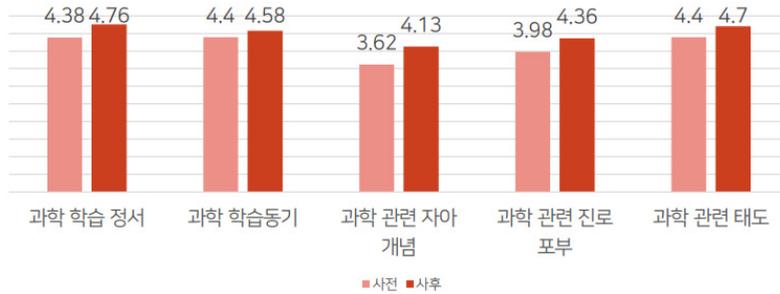


Fig. 7. 과학공정경험의 하위 영역별 사전, 사후 변화

본 프로그램이 참여 학생들의 과학공정경험에 긍정적인 영향을 미친 것으로 보인다.

과학 관련 자아개념 영역은 가장 높은 증가 폭을 보였는데, 이와 같은 결과는 과학 관련 자아개념에 성취 수준뿐만 아니라 타인의 평가와 조언이 많은 영향을 준다는 선행연구 결과(성승민과 여상인, 2021; 심완익과 김효남, 2013)와 다음과 같은 학생들의 프로그램 참여 소감을 종합하여 생각해 볼 필요가 있다.

새로운 주제와 배우는 내용이 어려웠지만 선생님의 조언과 조원들의 협동이 큰 힘이 되었습니다. (연구 참여 학생의 응답 사례 1)

처음에 이해가 안 될 때가 많았지만 새로운 활동을 하면서 친구들과 토론한 것이 도움이 되었습니다. (연구 참여 학생의 응답 사례 2)

과학 관련 자아개념에 속하는 자기존중감과 자기효능감은 다른 사람의 피드백과 그에 따른 협동과 인정이 수반될 때 향상된다고 하였다(신영준 외, 2017). 본 연구에서 개발한 프로그램에서 학생들은 '창의적 설계' 과정을 통해 산출물을 제작하면서 지속적으로 강사의 피드백을 받았으며, 조원들과의 토의, 토론을 통해 산출물을 설계하고 제작하는 기회를 얻었다. 이러한 과정과 경험이 학생들의 과학 관련 자아 개념에 긍정적인 영향을 미쳤다고 생각된다. 또한 다른 사람과의 협동과 인정이 수반될 때 향상되는 과학 관련 자아개념은 '참여와 실천' 차원의 하위 영역인 '과학 리더십 발휘'와도 맞닿아 있다. 미래 사회로 갈수록 서로 다른 분야들의 융합이 중요해짐에 따라 책임자가 거대집단 연구(거대과학)를 조정하고 추진할 수 있는 리더십이 필요하다(송진웅 외, 2019). 배려와 존중의 마음을 갖추고 여러 분야의 사람들과 충분한 소통

으로 성취와 가치 창출을 이끌어 낼 수 있는 과학리더십은 과학과 관련하여 자기 자신에 대하여 가지고 있는 자신감을 기반으로 형성될 것이다. 이에 본 프로그램에서 학생들이 경험한 긍정적인 과학 관련 자아개념은 과학적 '참여와 실천'을 위한 밑거름이 될 수 있을 것이다.

두 번째로 높은 상승을 보인 영역은 과학 학습 정서 영역과 과학 관련 진로 포부 영역이었다. 과학 학습 정서는 과학을 배울 때 느끼는 학생의 감정과 관련된 것으로 본 프로그램에서 실시한 과학 학습 참여를 통해 학생들이 즐거움, 만족스러움, 재미있음을 느꼈다는 것을 보여준다. 앞서 서론에서 언급한 것처럼 과학적 '참여와 실천'은 학생의 호기심과 흥미 등의 정의적 영역을 포괄하는 '과학적 태도'와 깊은 관련이 있다. 학생은 과학에 대한 흥미와 호기심 등 정의적 영역은 과학학습을 촉진하고 과학을 삶에 적용하고 실천하는 과학적 태도를 길러줄 수 있다. 학습 주제를 지역화, 맥락화하고, '창의적 설계' 과정을 도입하여 개발한 본 프로그램은 학생들에게 매우 흥미로운 과학학습 경험을 제공해 주었다는 것을 알 수 있다. 과학 관련 진로 포부는 과학 관련 진로 희망과 관련된 영역이다. 이는 미래에 과학 관련 진로와 직업을 갖는 것에 학생들이 얼마나 흥미를 갖게 되었는가를 나타낸다. 과학 지식과 탐구는 과학자 공동체에 의해 구성되어 잠정적이고 변화 가능성을 지니는 사회적 특징을 갖는다(송진웅 외, 2019). 비록 본 프로그램이 '과학적 소양을 갖춘 시민 공동체'라는 광의의 공동체를 경험하기에는 부족한 점이 있었으나 학교 밖에서 지역과 관련된 문제를 해결하는 탐구활동을 체험하게 함으로써 공동체 활동의 주체인 이공계 직업 종사자에 대한 긍정적인 동기와 의지를 키워주었다는 것을 알 수 있다.

마지막으로 본 프로그램과 관련하여 학생들이 자유롭게 작성한 전반적인 경험과 소감을 통해 프로그램이 ‘참여와 실천’ 차원, 그리고 과학긍정경험에 어떤 영향을 미쳤는지를 확인할 수 있었다. 무엇보다 학생들은 학교나 다른 교육기관에서는 접하지 못한 주제의 수업 내용에 대해서 큰 만족감을 보였다.

여러 도구들이 철저히 준비되어 있었고, 수업의 내용이 독특하고 재미있어서 좋았다. (연구 참여 학생의 응답 사례 3)  
이 프로젝트로 많은 것을 배웠다는 생각이 들고, 학교에서는 배울 수 없는 것들을 여기에서 많이 배울 수 있게 되어서 좋았습니다. 그리고 성취감이 많이 느껴지는 수업이었습니다. (연구 참여 학생의 응답 사례 4)

선생님들과 함께 학교에서는 실험하기 힘든 것도 할 수 있어서 좋았다. (연구 참여 학생의 응답 사례 5)

학생들이 참여한 프로그램은 주제와 내용을 학생들이 학습하는 공간과 살고 있는 지역에 초점을 맞춰 새롭게 개발한 것이다. 이처럼 과학학습 내용을 지역화한다는 것은 과학을 학생들의 일상생활과 관련되게 만들어 개인적으로 그리고 공동체 구성원으로 자신의 관심, 태도, 경험과 과학이 어떻게 관련될 수 있는지를 알게 한다(Nag Chowdhuri *et al.*, 2021). 또한 새로운 과학학습 경험은 과학에 대한 호기심과 흥미를 증진시킬 수 있으므로 이는 곧 과학적 ‘참여와 실천’과 연결될 가능성을 갖는다고 할 수 있을 것이다.

한편, 어떤 학생들은 ‘창의적 설계’ 과정과 관련된 긍정 경험을 밝히기도 하였다.

다른 곳에서는 배우지 않는 내용을 다루고 직접 모든 것을 설계하고 만든다는 점이 좋았습니다. (연구 참여 학생의 응답 사례 6)

우리는 선정릉의 미래를 상상, 설계, 제작해 보았습니다. (연구 참여 학생의 응답 사례 7)

원래 선정릉에 대해 관심이 없었던 저를 과학적으로 선정릉에 다가가게 해서 좋았고, 같이 미래 도시도 만들어서 재미있고 좋습니다. (연구 참여 학생의 응답 사례 8)

태양열 조리기에 대한 구조와 태양빛 에너지를 모으는 방법을 알아보고 직접 만들어 봐서 재미있었다. (연구 참여 학생의 응답 사례 9)

태양열 조리기를 개선해서 끝내 초콜릿을 녹인 저희의 성취감은 그야말로 말로 설명할 수 없을 정도로 높고, 기분이 날아갈 듯이 좋았습니다. (연구 참여 학생 응답 사례 10)

태양열 조리기를 배우면서 초콜릿 풍등을 만들었는데 성공적으로 완성되어서 좋았다. 다음에도 기회가 된다면 더 공부해 보고 싶다. (연구 참여 학생 응답 사례 11)

‘창의적 설계’ 과정을 통한 학생들의 경험은 연구 개발진이 의도했던 것처럼 새로운 무엇인가를 만들어 내는 과정을 통해 과학적 지식과 기술적 수단을 적용하여 현실의 문제를 해결하는 즐거움과 기쁨을 느끼게 했다는 것을 알 수 있었다. ‘창의적 설계’ 과정을 통한 문제해결은 상황 맥락적인 활동에 더 큰 의미를 부여하여 지역을 둘러싼 과학적 ‘참여와 실천’에 큰 관심을 갖게 하는 것으로 나타났다.

## IV. 요약 및 제언

본 연구는 ‘참여와 실천’ 차원을 강조한 비형식 과학프로그램을 개발하고 이를 적용하여 그 효과성을 분석하였다. 이에 연구팀은 ‘선행연구 분석, 주제 선정 및 ‘참여와 실천’ 차원, ‘창의적 설계’ 과정 반영, 전문가 자문 및 개발진 논의, 평가 및 최종 완성’의 순환적 과정을 통해 ‘참여와 실천’을 강조한 초등 비형식 과학프로그램을 개발하였으며, 프로그램을 적용하고 그 효과를 알아보았다. 이에 연구 결과를 바탕으로 한 결론은 다음과 같다.

첫째, 미래세대 과학교육표준의 ‘참여와 실천’ 차원의 구현을 위해서는 과학 내용의 지역화, 맥락화가 필요하다. ‘참여와 실천’ 차원은 학생의 삶 속 실천과 함께 지역 사회의 구성원에게도 적극적인 과학 학습 활동을 강조한다. 이는 곧 학생과 친숙하고 학생의 삶과 관련이 있는 지역화, 맥락화된 과학학습 주제가 필요하며, 이를 반영한 과학 학습 활동의 수행으로 ‘참여와 실천’의 효과를 기대할 수 있을 것이다.

둘째, ‘창의적 설계’ 과정을 포함하는 과학프로그램은 학생들의 ‘참여와 실천’에 영향을 준다. 언어적 활동이 주를 이루는 탐구나 토론은 학생들이 직접적이고 총체적인 ‘참여와 실천’을 경험하기에 한계를 갖는다. ‘창의적 설계’ 과정은 전통적인 ‘손으로 하는(hands-on)’ 참여이면서 과학과 공학을 연결하여 과학지식을 좀 더 의미 있게 만들어 주는 활동이며 과

학 및 공학적 실행이 학생들의 세계관에 깊숙이 자리 잡게 만드는 역할을 한다(이종혁 외, 2021). '창의적 설계' 과정을 통해서 학생들은 과학지식과 탐구를 통한 문제해결의 즐거움을 체험할 수 있었다.

셋째, '참여와 실천' 차원은 학생의 과학긍정경험과 같은 정의적 영역을 기반으로 구현될 수 있다. 본 연구에서 개발한 프로그램의 효과는 '참여와 실천' 차원의 하위 영역, 과학긍정경험의 하위 영역, 학생들의 참여 소감을 통해 확인할 수 있었다. 프로그램 참여를 통해 학생들은 '안전 사회 기여', '과학문화 향유', '과학리더십 발휘' 영역 등에서 긍정적인 향상을 보였으며 '과학 관련 자아 개념', '과학학습 정서', '과학 관련 진로 포부' 영역에서 향상을 보였다. 학생들의 프로그램 참여 소감에서도 '재미가 성취와 관심으로' 연결되는 것을 확인할 수 있었다. 결국 '참여와 실천' 차원의 구현은 초등학생들이 과학학습을 통해 긍정적 경험을 하게 하는 것을 기반으로 해야 할 것이다.

본 연구는 우리나라 학생들에게 특별히 부족했던 '참여와 실천' 차원을 어떻게 구현할 수 있을 것인가에 대한 고민의 일환으로 과학학습 주제와 내용의 지역화, 맥락화, '창의적 설계' 과정의 도입 등을 통한 초등 비형식 과학프로그램을 개발하고 적용하여 그 효과성을 분석하였다는 점에서 의의가 있다. 위와 같은 연구 결과를 바탕으로 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

첫째, 지역의 인문사회예술 환경이 과학의 소재가 될 수 있도록 학생들의 관심사를 주기적으로 분석하여 과학학습에 반영할 필요가 있다. 지역과 관련된 과학기술 경향, 학생들의 흥미, 지역에서의 여러 가지 쟁점 등을 주기적으로 분석하고 수업 내용에 반영한다면 보다 학생 친화적이고 '참여와 실천' 차원의 구현도 촉진하는 양질의 과학교육이 가능할 것이다. 특히 프로그램 초기 개발 단계에서 학생들의 요구분석을 철저하게 하면서 문제 인식에서 주제 선정까지 적극적으로 참여하게 한다면 더 넓고 보편적인 의미에서 '참여와 실천'이 이루어질 수 있을 것이다.

둘째, 본 연구의 제한점이라 할 수 있는 적은 인원수의 적용에서 벗어나 보다 많은 학생이 프로그램에 참여할 수 있도록 기회를 확대해야 할 것이다. 또한 기회의 적용에 있어서 이동이 불편하거나 갖추고 있는 시설이 열악하여 정상적인 과학 학습의 기회를 누리지 못하는 소외계층에 대한 공평한 기회 재분배가

필요할 것이다. KSES에서 제시한 '참여와 실천'을 위한 기본 철학은 지역 사회 모든 구성원의 적극적인 과학 학습 활동 참여이다. 이에 그동안 과학 학습 활동에서 소외당하였던 계층에 대한 지원을 강화하여 폭넓게 철학을 실천하는 것이 필요할 것이다. 물론 이를 위하여 지역화의 한 축을 담당하는 지방자치단체의 협력이 필요할 것인데 관련 기관과 상호 공감대 형성과 연구 지원이 뒤따른다면 분명 효과를 거둘 수 있을 것이다.

마지막으로 '참여와 실천' 차원은 개념 형성과 교육 현장에서의 실제적 구현이 형성되고 진행 중인 도전적인 과제이다. 과학교육 전문가와 현장 교사들의 면밀한 검토와 구현이 필요하며 이를 통한 실현 방안 에 대한 논의나 효과성 분석도 이어져야 할 것이다. 또한 '참여와 실천' 차원이 학교와 같은 형식 교육 안에서 어떻게 구현될 수 있을 것인가에 대한 추가적인 연구가 계속되어야 하며 교육과정과 성취기준과의 연계성을 토대로 본 연구에서의 정의적 영역과 관련된 분석 이외에 인지적 영역과의 연계성도 검토해야 할 것이다.

## 참고문헌

- 곽영순, 신영준, 강훈식, 이수영, 이성희(2019). 학생들의 과학긍정경험에 영향을 주는 과학중점학교의 특성에 대한 질적탐구. 한국과학교육학회지, 39(4), 525-534.
- 김효준, 송진웅(2019). 미국 차세대과학교육표준(NGSS)과 한국 미래세대과학교육표준(KSES)의 종합적 비교와 TIMSS Science Framework 준거를 통한 수행기대의 물리 내용 요소 분석. 새물리, 69(9), 916-931.
- 박종원(2016). 과학적 소양에 대한 세 가지 논의-통합적 이해, 교육과정의 정착, 시민교육을 중심으로-. 한국과학교육학회지, 36(3), 413-422.
- 성승민, 여상인(2021). 과학 탐구 키움 프로그램이 초등학생의 과학학습정서, 학습동기, 과학 관련 자아개념, 진로포부, 태도에 미치는 영향. 한국초등교육, 32(3), 99-115.
- 손오근, 임성민(2016). 안전교육과 과학교육을 통합한 프로그램이 특수교육 대상 중학생의 안전의식에 미치는 영향. 특수교육저널, 17(1), 143-166.
- 송진웅, 강석진, 곽영순, 김동건, 김수환, 나지연, 도종훈, 민병근, 박성춘, 배성문, 손연아, 손정우, 오필석, 이준기, 이현정, 임혁, 정대홍, 정중훈, 김진희, 정용재(2019). 미래세대를 위한 '과학교육표준'의 주요 내용과 특징.

- 한국과학교육학회지, 39(3), 465-478.
- 신영준, 박영순, 김희경, 이수영, 이성희, 강훈식(2017). 과학극정경험 지표 검사를 위한 도구 개발 연구. 한국과학교육학회지, 37(2), 335-346.
- 심완익, 김효남(2013). 초등학교 과학에서 인지적, 정의적 학업성취와 자아개념과의 관계. 한국초등교육, 24(1), 43-61.
- 유은주, 소금현(2016). 게임을 활용한 과학수업이 초등학생의 과학 학습 동기 및 학업성취도에 미치는 영향. 과학교육연구지, 40(2), 103-115.
- 이명계(2009). 과학적 소양의 정의를 향하여. 초등과학교육, 28(4), 487-494.
- 이종혁, 유금복, 이선경(2021). 과학교육에서 ‘참여와 실천’을 추구하는 융복합 활동으로서 SSI(과학기술관련 사회쟁점)의 교육적 접근. 문화와 융합, 43(10), 765-788.
- 장진아, 임인숙, 박준형(2021). 일반 시민의 과학적 참여와 실천 사례 연구: 미세먼지 문제 대응 활동을 중심으로. 과학교육연구지, 45(2), 201-218.
- 천주영, 이경건, 홍훈기(2021). 과학과 교육과정 지역화 정책에 대한 전문가 인식 탐색-교육과정 편성·운영 지침 및 성취기준 개정을 중심으로. 한국과학교육학회지, 41(6), 483-499.
- Gangnam Future Education Center(GFEX). (2022). 우주선 및 우주기지 체험공간[사진]. 강남미래교육센터, 서울. <https://gangnam.future-edu.kr/>
- Hagop, A. Y. (2018). Scientific literacy for democratic decision-making. *International Journal of Science Education*, 40(3), 308-327.
- Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity [KOFAC]. (2019). Scientific literacy for all Koreans: Korean Science Education Standards for the Next Generation. Seoul: KOFAC.
- Lacy, S. J., Tobin, R. G., Crissman, S., DeWater, L., Gray, K. E., Haddad, N., Hammerman, J. K. L., & Seeley, L. (2022). Telling the energy story: Design and results of a new curriculum for energy in upper elementary school. *Science Education*, 106(1), 27-56.
- Lee, L. S., Lin, K. Y., Guu, Y. H., Chang, L. T., & Lai, C. C. (2013). The effect of hands-on ‘energy-saving house’ learning activities on elementary school students’ knowledge, attitudes, and behavior regarding energy saving and carbon-emissions reduction. *Environmental Education Research*, 19(5), 620-638.
- Nag Chowdhuri, M., King, H., & Archer, L. (2021). *The Primary Science Capital Teaching Approach: Teacher Handbook*. London: UCL Institute of Education.
- Rickinson, M. (2001). Learners and learning in environmental education: A critical review of the evidence. *Environmental education research*, 7(3), 207-320.
- Roth, W. M., & Barton, A. C. (2004). *Rethinking Scientific Literacy*. New York, NY: Routledge.
- UNESCO & UNICEF. (2013). *Envisioning Education in the Post-2015 Development Agenda*. Executive Summary. Global Thematic Consultation on Education in the Post-2015 Development Agenda. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000223025?posInSet=10&queryId=b70c668f-fd72-48d8-81e2-1f110a011438>
- World Economic Forum. (2016). *The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum, Geneva, Switzerland.

김형욱, 하주초등학교 교사(Hyunguk Kim; Teacher, Haju Elementary School)

† 신채연, 서울잡일초등학교 교사(Chaeyeon Shin; Teacher, Seoul Jamil Elementary School)

박지원, 서울대학교 대학원 학생(Jiwon Park; Graduate Student, Seoul National University)

송진웅, 서울대학교 교육융합연구원 연구원(Jinwoong Song; Researcher, Seoul National University Center for Educational Research)