

RESEARCH ARTICLE

The Effect of Science–Environment Integrated Project-Based Instruction on Elementary School Students' Environmental Competency

Jungmin Suh¹, Jaesun Kim², Sungman Lim^{3*}¹Daegunamsong Elementary school²Gwangmyeongseo Elementary school³Korea National University of Education

과학·환경 프로젝트 기반 수업이 초등학생의 환경역량에 미치는 영향

서정민¹, 김재선², 임성만^{3*}¹대구남송초등학교, ²광명서초등학교, ³한국교육대학교*Corresponding Author: elektee@knue.ac.kr

ABSTRACT

This study aimed to develop and implement a Scientific Environmental Project on the scarcity of water resources and to examine its impact on the environmental competency of elementary school students. The participants were 60 fourth-grade elementary school students, and pre- and post-tests were conducted. The collected data were analyzed using a paired samples t-test. The results indicated that elementary school students who participated in the Scientific Environmental Project showed significant differences in all sub-domains of environmental competency. Specifically, there were statistically significant differences in reflection and insight ($p < .05$), environmental information utilization ($p < .001$), creative problem solving ($p < .05$), environmental sensitivity ($p < .05$), communication and conflict resolution ($p < .01$), and environmental community competency ($p < .001$). These findings suggest that the Scientific Environmental Project could be an effective instructional strategy for enhancing elementary school students' comprehensive environmental competency. Furthermore, this study highlights the educational implication that environmental education in elementary schools may benefit from being and implemented in an interdisciplinary manner, particularly by integrating science education, in order to provide a meaningful contribution to sustainable education practices.

Keywords: Elementary school students, Science-environment integrated project, Environmental competency



OPEN ACCESS

Brain, Digital, & Learning
2026, Vol. 16, No. 1, 63–76<https://doi.org/10.31216/BDL.2026.16.1.5>**Received:** March 24, 2026**Revised:** March 31, 2026**Accepted:** March 31, 2026© 2026 Institute of Brain based Education,
Korea National University of Education

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Introduction

오늘날 인류가 직면한 가장 심각한 문제는 환경문제이다. 기후 변화, 자원 고갈, 생태계 파괴와 같은 문제는 인류와 지구의 지속 가능한 미래를 위협하고 있으며, 이를 해결하기 위해서는 교육을 통한 사회·환경 변화가 필수적이다(Reid et al., 2021). 특히 환경 교육은 단순한 지식 전달을 넘어 학생들의 태도, 가치, 역량을 변화시켜 미래 사회의 지속가능성을 실현하는 데 핵심적인 역할을 담당한다(Michel & Zwickle, 2021). 그러나 현재 우리나라의 학교 현장에서 이루어지는 환경 교육은 여전히 제한적이고 단편적이며, 특히 초등학교에서는 독립적인 환경 교과가 존재하지 않아 교과 간 분산적 접근으로 교육이 이루어지고 있다(Jeon & Kang 2022; Choi & Oh, 2024). 이러한 현실은 환경과 그 복잡성에 대한 총체적 이해를 강조하는 현대 환경 교육의 흐름 속에서 체계적이고 융합적인 환경 교육의 필요성을 부각시키고 있다(Kim et al., 2023).

환경 교육의 연구는 학생이 환경에 대한 태도와 인식을 바탕으로 환경 실천에 참여할 수 있도록 다양한 교수학습 방법을 적용할 필요성을 강조하고 있다(Lee et al., 2020). 이러한 흐름 속에서 환경 소양 및 역량 강화를 위한 문제중심학습, 탐구학습, 프로젝트 기반 수업, 플립러닝 등 다양한 교수학습 전략이 연구되었다(Kim & Lee, 2019; Lee & Bae, 2020; Jeong & Lee, 2022). 특히 환경 교육이 학습자의 인식 변화를 넘어 실제적인 실천과 행동으로 이어지도록 교육적 효과를 강조하는 연구(Gough, 2002; Hudson, 2004)가 지속적으로 진행되고 있다.

이러한 다양한 전략 중에서도 프로젝트 기반 수업은 학생이 흥미 있는 주제를 중심으로 능동적이고 자기 주도적으로 탐구할 수 있도록 함으로써(Kilpatrick, 1925) 환경 역량을 효과적으로 기르는 방법으로 제안되었다(Kim & Lee, 2019). 이러한 프로젝트 기반 수업은 개별 교과 간의 유기적 관련성을 파악하게 할 뿐만 아니라, 학습 내용을 실제 삶의 맥락과 연결하여 지식의 의미를 내면화하는 데 유용하다. 또한 학습자의 관심사를 반영한 주제 중심의 구성을 통해 학습 선택권을 확대함으로써, 학습자가 탐구 과정에 적극적으로 참여하고 학습 결과에 대해 스스로 책임감을 갖게 한다는 강점을 지닌다(Kim et al., 2016). 그러나 기존 연구는 주로 환경 소양이나 태도를 중심으로 연구가 진행되어(Kim & Lee, 2019; Gwak & So, 2022; Jeong & Park, 2024) 과학적 원리 이해와 환경 역량 강화를 유기적으로 연계한 프로젝트 기반 수업이 실제 학습자의 환경 역량에 어떤 구체적인 영향을 미치는지에 대한 실증적 연구가 필요한 시점이다.

환경문제는 학습자의 실생활과 밀접하게 연관되어 있어 단일 교과적 접근보다는 융합적인 접근이 필요하다(Lee, 2012). 특히 초등학교 단계는 환경에 대한 기본 개념과 태도가 형성되는 시기로, 이 시기에 이루어지는 환경 교육은 학생의 장기적인 가치관과 행동 변화를 이끌어 낼 수 있다(Lee et al., 2004). 하지만 현재 초등학교 교과서의 환경 관련 내용은 주로 지식 전달 중심이며, 학생들이 실천과 참여를 요구하는 내용은 부족하다(Jeon & Kang 2022). 또한 물 부족 문제와 같은 구체적인 시급한 환경 현안이 교육 현장에서 충분히 다루어지지 않고 있다는 점도 문제로 지적된다. 우리나라는 물 스트레스 국가로 분류될 만큼 물 자원의 취약성이 심각하지만(Kim & Lee, 2019), 학교 환경 교육은 여전히 소극적인 수준에 머물러 있다. 그렇기에 과학적 개념 학습과 환경 실천을 동시에 다루는 과학·환경 프로젝트 기반 수업의 실증적 적용이 진행되어야 한다.

이러한 맥락에서 이 연구는 물 자원의 희소성과 관련된 주제로 과학·환경 프로젝트 기반 수업을 설계 및 실행하고 그 효과를 실증적으로 검증하는 것을 목적으로 한다. 특히 과학과 환경을 연계한 프로젝트 기반 수업이 초등학생의 환경 역량에 어떤 영향을 미치는지를 분석하여, 향후 학교 현장에서 환경 교육 강화 방안을 모색하고자 한다. 이 연구는 기존 연구에서 충분히 다루어지지 않은 환경 역량 중심의 프로젝트 수업 효과를 구체적으로 탐색함으로써, 향후 교과 융합적 환경 교육의 방향을 제시하는 데 기여할 수 있을 것이다.

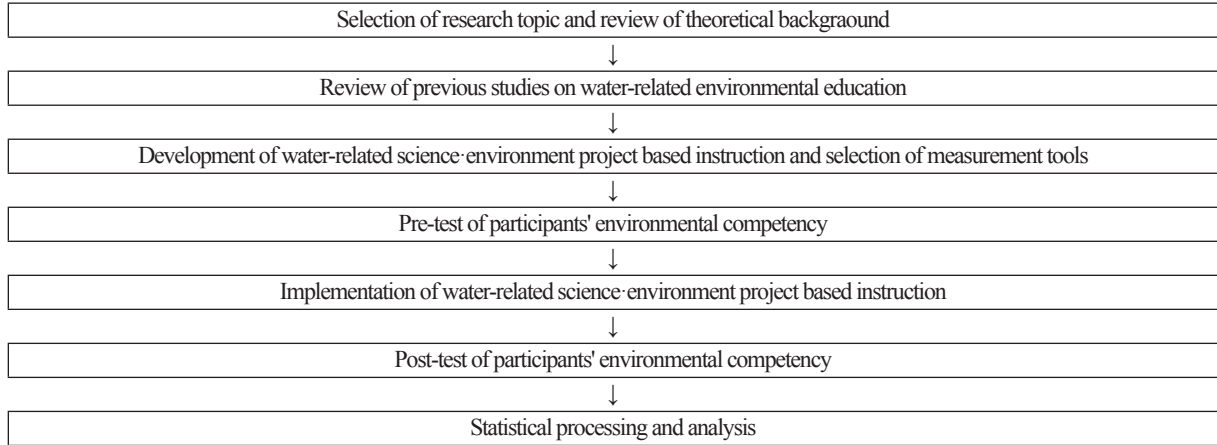
Methods

Procedure

이 연구는 물을 주제로 과학, 사회, 국어, 수학을 재구성한 과학·환경 프로젝트 기반 수업으로 이 환경 교육 프로그램이 초등학생의 환경 역량에 미치는 영향을 알아보기 위한 것이다. 이를 위해 과학 프로젝트 기반 수업, 환경 역량에 대한 이론적 배경을 검토하고, 물을 주제로 한 환경 교육 프로그램 수업과 관련된 선행연구를 고찰하였다. 그 후 과학, 사회, 국어, 수학, 미술 교육과정을 재구성하여 20차시 분량의 과학·환경 프로젝트 기반 수업을 개발하고 연구 대상과 환경 역량 검사 도구를 선정하였다.

20차시 분량의 과학·환경 프로젝트 기반 수업 적용 이전에 연구 집단을 대상으로 사전 검사를 실시하고 개발한 과학·환경 프로젝트 기반 수업을 10주에 걸쳐 적용한 후 사후 검사를 실시하여 환경 역량의 변화 정도를 분석하였다. 연구의 절차를 도식화하면 Table 1.과 같다.

Table 1. Research procedure



Participants

이 연구는 D광역시 D구 소재의 초등학교 4학년 3개 학급 총 60명을 대상으로 수행하였으며 연구 수행 전 참여학생과 학부모에게 연구의 목적 및 절차, 수집된 자료의 학술적 활용과 익명성 보장에 대해 상세히 안내하고 동의를 받았다. 구체적인 구성은 Table 2.와 같다.

Table 2. Participants

Group	Classification		
	Male	Female	Total
Experimental group	29	31	60

Design

이 연구에서는 물 관련 과학·환경 프로젝트 기반 수업이 초등학생의 환경 역량에 미치는 영향을 알아보기 위해 Table 3.과 같이 연구를 설계하였다. 과학·환경 프로젝트 기반 수업을 적용하기 전에 환경 역량에 대한 사전 검사를 실시한 후 과학·환경 프로젝트 기반 수업을 10주 동안 적용하였다. 이 과정에서 프로그램의 현

장 적용도를 높이고 3개 학급 간 교육활동의 동질성을 확보하기 위해 연구에 참여하는 담임 교사 3인의 ‘교육 과정 협의회’를 구성하고 교육과정 운영의 협의 시간을 가지면서 프로젝트의 기획 취지, 프로젝트 접근 핵심, 차시별 활동 내용에 대해 깊이 있게 논의하며 프로젝트에 대한 이해를 공유하여 운영하였다. 과학·환경 프로젝트 기반 수업이 마무리된 이후에는 환경 역량 사후 검사를 실시하여 결과를 분석하였다.

Table 3. Research design

G_1	O_1	X_1	O_2
G_1 : Experimental group O_1 : Pre-test of environmental competency X_1 : Application of water-related science-environment project based instruction O_2 : Post-test of environmental competency			

Development

이 연구에서는 선행연구를 바탕으로 초등학교 4학년 수준에 적합한 ‘물’ 주제의 과학·환경 프로젝트 기반 프로그램을 개발하였다. 프로그램 구성 시 단순히 지식 전달에 그치지 않고, 지구를 삶의 터전으로 인식하며 삶의 질 개선을 위한 실천 역량을 함양하는 데 역점을 두었다(Jung & Lee, 2019). 이를 위해 이 연구의 과학·환경 프로젝트 기반 프로그램은 선행연구의 프로젝트 프로그램 개발 원리인 교과 연계성(cross-curricular connection), 학습자 주도성(student agency), 실제성(authenticity), 실천 지향성(action-oriented)을 주요 개발 원리로 설정(Jeong & Park, 2024)하여 6가지의 환경 역량을 종합적으로 이끌어내도록 설계되었다.

- 교과 연계성: 과학, 수학, 국어, 미술 등 다양한 교과를 연계하여 프로젝트가 설계되었다. 막대그래프를 활용해 물 소비량을 비교하고 교과를 연계하여 물의 상태 변화를 학습하여 데이터를 다루는 과정은 학생들의 환경 정보활용 역량을 신장시킬 수 있도록 설계되었다.

- 학습자 주도성: 학생 스스로 탐구 주제를 선정하고 산출물을 기획하는 활동에 반영되었다. 프로젝트 초기에 계획을 수립하고 학생이 주도적으로 장치를 설계하는 과정은 학생이 스스로 문제 상황을 인식하고 아이디어를 발전시키도록 하여 창의적 문제 해결 역량 및 성찰·통합 역량을 증진시킬 수 있도록 설계되었다.

- 실제성: 학생들의 삶과 직결된 현실의 환경문제를 다루면서 프로젝트의 실제성을 확보하였다. 물 발자국의 의미를 탐색하고 실제 물 부족 국가의 지도를 제작하면서 불평등한 자원 공유 사례를 조사하는 활동은 학생이 환경 문제에 깊이 공감하고 민감하게 반응하는 환경 감성과 자신의 삶의 되돌아보는 성찰·통찰 역량을 촉진하도록 설계되었다.

- 실천 지향성: 학생이 학습한 내용을 바탕으로 실제적인 행동 변화와 사회적 참여를 이끌어내는 활동으로 구성되었다. 물 자원의 평등한 공유의 중요성을 주장하는 글을 쓰고 Water Creator 특별 설명회를 개최하여 타인을 설득하는 과정은 학생들의 의사소통 및 갈등 해결 역량과 지역사회 구성원으로서 책임감을 함양하는 환경 공동체 역량을 발현하도록 설계되었다.

이와 같은 원리에 따라 1차로 선정된 프로젝트 내용은 과학 교육 전문가 1인과 과학 교육 전공 박사과정 1인의 검토를 거쳐 활동의 적절성과 연계성을 확보하였으며, 최종적으로 총 20차시 분량의 과학·환경 프로젝트 기반 프로그램으로 확정하였다. 차시별 구체적인 프로젝트 기반 수업 내용은 Table 4.와 같다.

1~2차시는 과학·환경 프로젝트를 여는 활동으로 프로젝트 주제인 물과 관련된 그림책을 읽으며 질문을 만들고, 탐구할 내용과 주제와 관련해 스스로 조사하고 싶은 내용을 모아 프로젝트 내용을 주체적으로 구상하

는 시간으로 구성하였다.

3~4차시는 사회와 수학과를 연계하여 자원의 희소성을 탐구하는 내용으로 구성하였다. 우리나라와 세계의 물 소비량을 막대그래프로 표현하고 자원의 희소성의 관점에서 자원이 부족한 이유를 주도적으로 탐구하도록 하였다.

5차시에는 3~4차시의 심화 활동으로 워터 발자국의 의미를 알고 나의 워터 발자국의 양을 조사하고 워터 발자국을 줄이는 실천 방법을 토의하도록 구성하였다.

6~9차시는 과학과 사회과를 연계하여 자원의 중요성을 탐구할 수 있도록 구성하였다. 자원이 불평등하게 제공되거나 물이 부족한 지역을 조사하여 물 부족 지도를 만들고 자원의 희소성을 일어난 선택의 문제를 탐구할 수 있도록 하였다.

10~13차시는 물의 상태별 기능을 기초 탐구 기능을 활용하여 탐구할 수 있도록 구성하였다. 이를 통해 물의 세 가지 상태변화를 이해하여 다음 차시의 워터 메이커에 원리를 응용할 수 있도록 하였다. 즉, 물이 얼 때와 얼음이 녹을 때의 변화와 물이 증발할 때와 끓을 때의 변화, 수증기가 응결할 때의 변화를 탐구하면서 생활 속에서 자주 접하는 현상에 대해 학생 간 과학적으로 의사소통을 할 수 있는 기회를 제공하였다.

14~18차시에는 물 부족 문제를 해결하기 위해 과학기술을 활용하는 방안을 탐구하고 과학적 원리를 활용하여 창의적인 워터 메이커 장치를 설계하는 차시로 구성하였다.

마지막으로 19~20차시는 지금까지 진행된 과학·환경 프로젝트를 통해 자원의 평등한 공유의 중요성을 주장하는 글을 쓰고 이를 인포그래픽으로 제작하여 가시적으로 표현한 뒤, 과학·환경 프로젝트를 진행하면서 나온 산출물(워터 메이커 설계, 인포그래픽 등)을 Water Creator가 되어 물 부족을 해결할 수 있는 특별 설명회를 개최하여 배움을 나누는 시간으로 구성하였다.

Table 4. Instructional activities of the science-environment project based program on water resource scarcity

Session	Subject	Sub-topic	Learning activities
1~2	-	Opening the project	· Read the book 'Gurgle Stop! Our Country is Also in Danger. Precious Water' and generate topic-related questions. · Planning the project by gathering topics to explore
3~4	Social Studies Math	Exploring resource scarcity	· Comparing water consumption in Korea and the world using bar graphs · Exploring reasons for resource scarcity by comparing production and consumption
5			· Understanding the meaning of Water Footprint · Exploring practical ways to reduce Water Footprint
6~7	Social Studies	Exploring the importance of resources	· Investigate cases of unequal resource sharing. · Investigate water-shortage regions and create a water scarcity map.
8~9			· Explore the importance of irreplaceable resources. · Explore the problem of choice caused by resource scarcity.
10	Science	Exploring functions by state of water	· Observe the changes in the three states of water. · Explore and communicate about state change phenomena of water found in our surroundings.
11			· Observe and predict changes in weight and volume when water freezes or melts. · Measure changes in weight and volume when water freezes or melts.
12			· Observe the phenomena that occur when water evaporates and boils. · Explore and communicate about everyday phenomena related to the evaporation and boiling of water.
13			· Observe the outer surface of a beaker containing ice and make inferences. · Explore and communicate about everyday phenomena related to the condensation of water vapor.

Table 4. Instructional activities of the science-environment project based program on water resource scarcity(continued)

Session	Subject	Sub-topic	Learning activities
14~15	Science Social Studies	Sharing resources and science technology	· Investigating methods to solve water shortage · Exploring how scientific technology exchange helps solve water shortages
16	Science Korean	Designing the Water Maker device	· Explore the conditions required for state changes to occur. · Discuss ways to collect water again using state changes.
17~18			· Organize the explored contents to create a central idea. · Design a Water Maker device to solve the water shortage problem.
19	Science Korean	Holding the Water Maker presentation	· Write a persuasive text on why the equal sharing of resources is important. · Create an infographic to show the importance of resources.
20	Art		· Hold a special 'Water Creator' presentation on solving the water shortage. · Reflect on the science-environment project and evaluate growth.

Tool

물 자원의 희소성 관련 과학·환경 프로젝트 기반 수업이 환경 역량에 미치는 영향을 알아보기 위해 Jeong et al.(2020)가 개발한 초등학생 환경 역량 검사 도구를 그대로 활용하였다. Jeong et al.(2020)가 개발한 초등학생 환경 역량 검사 도구는 환경 역량을 성찰·통찰 역량, 환경 정보 활용 역량, 창의적 문제해결 역량, 환경 감성 역량, 의사소통 및 갈등해결 역량, 환경 공동체 역량과 같이 6가지 영역으로 나누어서 검사 도구를 개발하였다. 각각의 영역은 5문항으로 구성되어 총 30문항으로 구성되어 있으며 구체적인 영역 문항 구성은 Table 5와 같다. 각 문항은 리커트식 5점 평정척도로 구성하여 문항에 대한 부정적인 반응(1점)부터 긍정적인 반응(5점)에서까지 채점하였다. 이 검사의 신뢰도 Cronbach α 는 사전 .796, 사후 .744로 나타났다.

Table 5. Items of the environmental competency measurement tool for elementary school students

Category	No.	Items
Reflection and insight	1-1	I have an environmental problem I want to solve in the future.
	1-2	I know how my usual habits affect the environment.
	1-3	I know what I need to do to protect the environment.
	1-4	I can make my own plans to practice environmental protection.
	1-5	I believe I also have a responsibility to protect the environment.
Environmental information utilization	2-1	I can change my mind when I learn new environmental information.
	2-2	I can collect climate change information and represent it in tables or graphs.
	2-3	If I have questions about the environment, I look for the necessary information myself.
	2-4	I can choose the more important option among various solutions to environmental problems.
	2-5	I get information about the environment through various methods such as books, the internet, and people.
Creative problem solving	3-1	I try to think of many ways to solve environmental problems.
	3-2	I tend to suggest practical ideas to solve environmental problems.
	3-3	I can find various ways to solve the problem of climate change.
	3-4	I can adapt ideas for solving environmental problems to fit new situations.
	3-5	I can change the environmental protection behaviors that people know into better ideas.
Environmental sensitivity	4-1	I like participating in nature ecological experience activities.
	4-2	Videos about the environment stay in my memory for a long time.
	4-3	I get worried when I hear news that fine dust is severe.
	4-4	I am interested in how nature changes according to the seasons.
	4-5	I can express my feelings about the environment through songs or drawings.

Table 5. Items of the environmental competency measurement tool for elementary school students(continued)

Category	No.	Items
Communication and conflict resolution	5-1	I can verbally communicate my thoughts on environmental issues.
	5-2	I can explain energy-saving methods to my friends in easy-to-understand terms.
	5-3	I can persuade a friend who has a different opinion on environmental issues.
	5-4	I can make decisions to solve environmental problems by gathering the opinions of several people.
	5-5	I can grasp the important points after listening to my friends' explanations about environmental issues.
Environmental community competency	6-1	I try to practice environmental protection behaviors together with my friends.
	6-2	I know what the rules for environmental protection are at school.
	6-3	I am also interested in the environmental problems of countries on the other side of the world.
	6-4	I try to participate in environmental protection volunteer activities at school or in my community.
	6-5	I consider myself an important member in solving the environmental problems of my community.

Data Analysis

이 연구는 JAMOV 2.6.24 프로그램을 이용하여 초등학생의 환경 역량의 변화를 분석하였으며, 연구 집단의 사전 검사·사후 검사 결과를 활용하여 대응 표본 t-test를 실시하였다. 통계상의 숫자는 소수 셋째 자리에서 반올림하여 소수 둘째 자리까지 나타내었고, 유의도는 소수 셋째 자리까지 나타내었다.

Limitation

이 연구의 결과를 해석하고 일반화하는 경우 다음과 같은 제한점이 존재한다. 첫째, 이 연구의 수업은 20차시 프로젝트로 구성되어 장기간에 걸쳐 나타나는 교육 효과를 검증하는 데에는 한계가 있을 수 있다. 둘째, 이 연구는 D광역시 D구 소재의 4학년 초등학교 60명을 연구 집단으로 선정하였기 때문에 연구 결과를 4학년 전체 초등학교에게 일반화하는 데에는 한계가 존재한다. 따라서 일반화된 결론을 얻기 위해서는 다수의 지역, 다수의 학생을 대상으로 학교 현장에 적용하는 후속 연구가 필요하다. 셋째, 이 연구는 동일 집단 사전·사후 검사 설계 방식에 의해 수행되어 연구 대상에 프로젝트 적용 효과 이외에 시험 효과나 성숙 효과 등(Sung & Si, 2020)이 작용할 수 있어 해석에 유의가 필요하며, 대조군이 설정되지 않은 단일 집단 연구라는 한계를 지니므로 향후 연구에서는 본 연구의 단일 집단 설계가 가지는 한계를 보완하기 위해 대조군을 포함한 준실험 설계(Quasi-experimental design)를 도입하여 프로그램의 효과를 정밀하게 검증할 필요가 있다.

Results

이 연구에서는 물 자원의 희소성 관련 과학·환경 프로젝트 기반 수업이 초등학생의 환경 역량에 미치는 효과를 검증하기 위해 사전·사후 검사의 정량적 분석을 실시하였고, 이를 전체적으로 정리하면 Table 6.과 같다.

Table 6. Pre- and post-test results on environmental competency

Category	test	N	M	SD	t	p
Reflection and insight	Pre-test	60	2.67	.83	-2.557	0.013*
	Post-test	60	3.12	1.04		
Environmental information utilization	Pre-test	60	2.63	.70	-3.568	0.000***
	Post-test	60	3.18	1.06		
Creative problem solving	Pre-test	60	2.61	.94	-2.068	0.043*
	Post-test	60	3.03	1.11		
Environmental sensitivity	Pre-test	60	2.69	1.11	-2.265	0.027*
	Post-test	60	3.10	1.04		
Communication and conflict resolution	Pre-test	60	2.62	1.14	-2.852	0.006**
	Post-test	60	3.10	.65		
Environmental community competency	Pre-test	60	2.62	.76	-3.754	0.000***
	Post-test	60	3.20	1.14		

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

The effect on reflection and insight competency

환경 역량의 영역 중 성찰·통합 역량의 사전·사후 검사의 평균을 비교하면 물의 자원의 희소성 관련 과학·환경 프로젝트 기반 수업 전의 검사 결과의 평균이 2.67점, 수업 후의 검사 결과 평균은 3.12점으로 0.45점 향상되었다. 대응 표본 t-test 결과 $t = -2.557$, $p = 0.013$ 으로 나타나 유의수준 .05에서 통계적으로 유의미한 차이가 있었다.

즉, 물 자원의 희소성 관련 과학·환경 프로젝트 기반 수업이 초등학생의 환경 역량 중 성찰·통합 역량 향상에 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 가능성을 확인하였다. 환경 역량 중 성찰·통합 역량은 나의 평소 습관이 환경에 미치는 영향을 이해하고 환경을 보호하기 위한 할 일을 알고 계획을 세울 수 있는 역량으로 Kim et al.(2023)의 연구에 따르면 저학년에서부터 함양되어야 하는 중요한 요소로 자기 이해를 바탕으로 타인과 환경에 대한 인식을 확장하는 데 중요하다. 이 역량이 과학·환경 프로젝트 기반 수업을 통해 향상될 수 있었던 것은 자신의 워터 발자국을 기록하고 성찰하는 과정에서 워터 발자국을 줄이는 실천 방법을 탐구하고 실천했던 실천 중심 교육에서 영향을 많이 받은 것으로 해석된다.

The effect on Environmental information utilization

환경 역량의 영역 중 환경 정보활용 역량의 사전·사후 검사의 평균을 비교하면 물의 자원의 희소성 관련 과학·환경 프로젝트 기반 수업 전의 검사 결과의 평균이 2.63점, 수업 후의 검사 결과 평균은 3.18점으로 0.55점 향상되었다. 대응 표본 t-test 결과 $t = -3.568$, $p = 0.000$ 으로 나타나 유의수준 .001에서 통계적으로 유의미한 차이가 있었다.

즉, 물 자원의 희소성 관련 과학·환경 프로젝트 기반 수업이 초등학생의 환경 역량 중 환경 정보활용 역량 향상에 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 가능성을 확인하였다. 환경 역량 중 환경 정보활용 역량은 다양한 방법을 통해 새로운 환경 정보를 스스로 찾아보고 자료를 표나 그래프로 나타낼 수 있는 역량으로 이 역량이 이 연구의 과학·환경프로젝트 기반 수업을 통해 향상되었다는 것은 환경 관련 책으로 프로젝트를 시작하면서 학생들에게 다양한 매체를 통해 새로운 환경 정보를 얻을 수 있다는 점을 인지하게 하고, 우리나라와 세계의 물 소비량을 비교하고 그래프로 나타내는 교육에서 영향을 많이 받은 것으로 해석된다.

The effect on Creative problem solving

환경 역량의 영역 중 창의적 문제해결 역량의 사전·사후 검사의 평균을 비교하면 물의 자원의 희소성 관련 과학·환경 프로젝트 기반 수업 전의 검사 결과의 평균이 2.61점, 수업 후의 검사 결과 평균은 3.03점으로 0.42점 향상되었다. 대응 표본 t-test 결과 $t=-2.068, p=0.043$ 으로 나타나 유의수준 .05에서 통계적으로 유의미한 차이가 있었다.

즉, 물 자원의 희소성 관련 과학·환경 프로젝트 기반 수업이 초등학생의 환경 역량 중 창의적 문제해결 역량 향상에 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 가능성을 확인하였다. 환경 역량 중 창의적 문제해결 역량은 환경문제를 해결하기 위한 방법을 알고 이를 아이디어를 제시하는 역량으로 이 역량이 이 연구의 과학·환경프로젝트 기반 수업을 통해 향상되었다는 것은 물의 상태변화의 원리를 탐구한 후 이 원리를 활용하여 창의적인 워터 메이커를 설계하고 이를 발표하는 기회를 제공하는 교육에서 영향을 많이 받은 것으로 해석된다.

The effect on Environmental sensitivity

환경 역량의 영역 중 환경 감성 역량의 사전·사후 검사의 평균을 비교하면 물 자원의 희소성 관련 과학·환경 프로젝트 기반 수업 전의 검사 결과의 평균이 2.69점, 수업 후의 검사 결과 평균은 3.10점으로 0.41점 향상되었다. 대응 표본 t-test 결과 $t=-2.265, p=0.027$ 으로 나타나 유의수준 .05에서 통계적으로 유의미한 차이가 있었다.

즉, 물 자원의 희소성 관련 과학·환경 프로젝트 기반 수업이 초등학생의 환경 역량 중 환경 감성 역량 향상에 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 가능성을 확인하였다. 환경 역량 중 환경 감성 역량은 자연생태 체험활동을 좋아하고 계절에 따라 자연이 달라지는 모습에 관심을 가지며 환경에 대한 느낌을 노래나 그림으로 표현하는 역량으로 이 연구의 과학·환경 프로젝트 기반 수업으로 환경 감성 역량이 향상되었다는 것은 물 자원의 중요성을 인포그래픽으로 표현하는 수업을 통해 향상되었을 것으로 해석될 수 있다. 이때, 환경 감성 역량 함양을 위해 야외 활동이나 현장 조사와 같은 실천적인 교수 방법을 제안하고 있으므로(Saito et al., 2019) 계절의 다양한 모습을 체험할 수 있는 자연생태 체험활동을 과학·환경 프로젝트에 포함하여 구성한다면 환경 감성 역량에 대한 더 높은 향상을 기대할 수 있을 것이며 이는 후속 연구에서 검증되어야 하는 부분이다.

The effect on Communication and conflict resolution

환경 역량의 영역 중 의사소통 및 갈등해결 역량의 사전·사후 검사의 평균을 비교하면 물 자원의 희소성 관련 과학·환경 프로젝트 기반 수업 전의 검사 결과의 평균이 2.62점, 수업 후의 검사 결과 평균은 3.10점으로 0.48점 향상되었다. 대응 표본 t-test 결과 $t=-2.852, p=0.006$ 으로 나타나 유의수준 .01에서 통계적으로 유의미한 차이가 있었다.

즉, 물 자원의 희소성 관련 과학·환경 프로젝트 기반 수업이 초등학생의 환경 역량 중 의사소통 및 갈등해결 역량 향상에 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 가능성을 확인하였다. 환경 역량 중 의사소통 및 갈등해결 역량은 환경문제와 관련된 자신의 생각을 말로 전달하거나 자신과 다른 의견을 가진 친구들을 설득하고 여러 사람의 의견을 모아서 환경문제를 해결하기 위한 결정을 하는 역량이다. 이 역량이 이 연구의 과학·환경 프로젝트 기반 수업을 통해 향상되었다는 것은 물 부족 문제를 해결하기 위한 방법을 조사하고 상태변화를 활용해 물을 모으는 장치를 설계하면서 토의하는 과정과 프로젝트 마무리 단계에서 자신의 생각을 정리해 주장하는 글을 쓰는 교육에서 영향을 받은 것으로 해석할 수 있다.

The effect on Environmental community competency

환경 역량의 영역 중 환경 공동체 역량의 사전·사후 검사의 평균을 비교하면 물의 자원의 희소성 관련 과학·환경 프로젝트 기반 수업 전의 검사 결과의 평균이 2.62점, 수업 후의 검사 결과 평균은 3.20점으로 0.58점 향상되었다. 대응 표본 t-test 결과 $t=-3.754, p=0.000$ 으로 나타나 유의수준 .001에서 통계적으로 유의미한 차이가 있었다.

즉, 물 자원의 희소성 관련 과학·환경 프로젝트 기반 수업이 초등학생의 환경 역량 중 환경 공동체 역량 향상에 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 가능성을 확인하였다. 환경 역량 중 환경 공동체 역량은 우리나라를 비롯하여 다른 나라의 환경문제에 관심을 가지고 환경보호를 위한 봉사활동이나 행동을 실천하고자 하는 역량으로 이번 연구의 과학·환경 프로젝트 기반 수업을 통해 이 역량이 향상되었다는 것은 프로젝트 전반에서 자원이 불평등하게 공유되고 있음을 탐구하며 우리나라와 다른 나라의 물 소비량을 비교하고 물이 부족한 지역을 조사해 물 부족 지도를 그리는 활동 및 과학기술의 교류가 물 부족 해결할 수 있는 방법임을 알고 이를 위한 창의적인 워터 메이커를 설계하는 경험을 통해 형성되었을 것으로 해석할 수 있다.

Discussion

연구 결과를 통해 물 자원의 희소성 관련 과학·환경 프로젝트 기반 수업은 초등학생의 환경 역량 전 영역에서 사전·사후 간 유의미한 향상을 이끌어냄을 실증적으로 확인하였다. 이는 과학 교과가 단순한 지식 전달을 넘어 삶과 연계된 자발적 참여를 이끌어내는 활동이 의사소통 능력, 창의적 문제해결력과 같은 환경 역량 함양에 효과적이라는 선행연구(Choi & Oh, 2023; Ahn & Kim, 2024)의 맥락과도 일치한다. 특히 이 연구의 과학·환경 프로젝트 기반 수업 설계는 생활과 밀접한 환경문제를 학생 스스로 발견하고 해결 방안을 모색할 수 있도록 구성하였다. 이는 단순한 지식 주입이 아니라, 학생이 주체적으로 문제를 인식하고 대응하는 과정을 강조한 것으로, 생활세계와 연계된 학습을 통한 환경 교육의 실천적 접근(Coo & Lee, 2019)을 적용한 것이며 나아가 과학뿐 아니라 사회, 수학, 국어 등 타 교과와의 융합적 접근(Kim & Lee, 2021; Yoon & Rye, 2025)을 통해 환경 역량 제고에 기여한 것으로 볼 수 있다.

또한 과학·환경 프로젝트 기반 수업에는 그림책 읽기 활동과 메이커 활동이 포함되어 있었다. 그림책 읽기는 학생들이 단순히 인지적 차원에서 환경을 이해하는 것을 넘어 자연과 생태에 대한 건전한 가치관과 지식을 확장하는 데 도움을 주므로(Lee & Lee, 2015) 그림책 활용이 환경 역량 중 환경 정보활용 역량을 향상시키는 데 도움이 되었다. 그리고 과학·환경 프로젝트의 워터 메이커 활동은 학생이 새로운 재료를 활용하여 구체적인 결과물을 설계해 보는 과정을 통해 문제해결력을 기르고 자기 주도적인 학습 태도를 경험하게 하여 창의적 문제해결 역량을 향상시킨 중요한 요인으로 해석된다. 이는 초등학교 시기에 자기관리 역량이나 자기주도적 과학 탐구 능력을 신장시키기 위해 학습자의 흥미를 유발하는 과학 주제를 바탕으로 체계적인 학습 경험을 제공할 필요가 있다는 논의(Chung & Chung, 2022)와 맥락이 일치한다. 또한 환경 교육에서 창의적 문제해결은 주변의 다양한 환경문제를 탐구하고 창의적으로 문제를 해결하는 경험을 통해 창의적 문제해결력을 촉진한다는 선행연구(Lee & Son, 2016; Lintang Sari et al., 2023)를 실증적으로 뒷받침한다.

초등학생의 환경 역량이 강화되었다는 이 연구 결과는 과학·환경 프로젝트 수업의 특성에서 기인한다. 프로젝트 수업은 학생이 수동적인 수용자가 아니라, 교사와 동료, 주변 환경과의 협력을 통해 흥미 있는 주제

를 심층 탐구하는 주체가 되도록 돕는다(You & Sung, 2007). 따라서 물 자원과 같이 학생 생활과 밀접한 주제를 프로젝트로 다루는 것은 초등학교의 주도성과 실천성을 강화하는 데 효과적이다(Kim & Lee, 2019). 특히 초등학교 시기의 풍부한 감수성을 고려할 때, 환경문제의 원인과 결과를 이해하고 태도의 변화를 이끌어 내는 교육은 반드시 필요하다(Shim & Lee, 2010). 이 연구에서 나타난 환경 역량 전 영역의 역량 향상은 이러한 교육적 필요성을 충족한 결과로 해석할 수 있다.

그러나 본 연구에서 사용한 환경 역량 검사 도구(Jeong et al., 2020)는 2015 개정 교육과정을 기반으로 개발된 것으로, 성찰·통찰, 환경 정보활용, 창의적 문제해결, 환경 감성, 의사소통 및 갈등해결, 환경 공동체 역량으로 구성되어 있다(교육부, 2015). 반면 2022 개정 교육과정에서는 환경 역량을 시스템 사고, 환경 정보활용, 창의적 문제해결, 환경 감수성, 의사소통 및 갈등해결, 협력과 공동체 역량으로 재구조화 되었다(교육부, 2022). 이 과정에서 기존의 '성찰·통찰 역량'은 '시스템 사고 역량'으로 '환경 공동체 역량'은 '협력과 공동체 역량'으로 변경되었다. 명칭은 달라졌으나, 성찰·통찰 능력과 시스템 사고는 환경 현상을 복합적이고 통합적으로 이해한다는 점에서 유사성을 가지며, 환경 공동체 역량과 협력과 공동체 역량 역시 환경적 가치와 태도의 실천을 강조한다는 점에서 연결된다. 그러나 양자의 의미가 완전히 동일하지 않으므로 향후 2022 개정 교육과정의 역량 체계를 반영한 새로운 환경 역량 검사 도구가 개발되어야 한다. 즉, 2022 개정 교육과정의 강조점인 생태 환경 변화에 따른 불확실성에 능동적으로 대응하는 주도성을 바탕으로 이에 대한 해결 방안을 모색하는 시스템 사고 역량과 지역사회 연대 중심의 협력과 공동체 역량을 구체적인 역량 지표로 구성하여 포함할 필요가 있다. 나아가 이러한 도구를 활용하여 다양한 환경 교육 맥락에서 효과성을 검증하는 후속 연구가 이루어질 필요가 있다.

Conclusion Implications

이 연구는 초등학교를 대상으로 물 자원의 희소성 관련 과학·환경 프로젝트 기반 수업을 설계한 후 실행하여 그 적용 가능성을 탐색하였다. 이 연구에서 개발한 프로젝트 기반 수업은 단순히 지식 전달에 머무르지 않고 실생활의 환경문제를 탐구 주제로 삼아 초등학교가 과학적 개념을 적용하면서 문제해결 방안을 모색하도록 구성되었다. 특히 프로젝트 기반 수업의 핵심 요소인 자기 주도적 탐구, 협력적 활동, 산출물 제작을 포함하여(Kim & Lee, 2019) 초등학교가 학습 과정 전반에 능동적으로 참여할 수 있는 기회를 제공하였다. 이러한 수업 설계와 운영은 초등학교 환경 교육이 교간 간 융합적 접근을 통해 심화될 수 있음을 보여주는 중요한 연구이다.

구체적으로 과학·환경 프로젝트 기반 수업 운영 후 실시된 환경 역량 검사에서 성찰·통찰, 환경 정보활용, 창의적 문제해결, 환경 감성, 의사소통 및 갈등해결, 환경 공동체 역량의 여섯 가지 하위 영역 모두에서 유의미한 향상이 확인되었다. 이는 과학과 환경을 연계한 프로젝트 기반 수업이 학생의 환경 역량을 종합적으로 향상시킬 수 있는 가능성을 시사하는 의미있는 결과이다. 특히 성찰·통합 영역은 학생들이 워터 발자국을 기록하는 경험을 통해 자신의 평소 습관을 성찰하고 워터발자국을 줄이기 위한 방법을 탐구하는 과정에서 향상이 나타났으며, 환경 정보활용 역량은 수업 과정에서 다양한 매체에서 환경 정보를 얻고 자료를 그래프로 변환하고 비교하는 과정을 경험하면서 발전이 나타났다. 창의적 문제해결 역량은 물의 상태변화 원리를 탐구하여 창의적인 워터 메이커를 설계하는 과정에서 향상되었으며, 환경 감성 역량은 물 자원의 중요성을 다양하게 표현하는 경험을 통해 긍정적인 변화를 보였다. 또한 의사소통 및 갈등해결 역량은 세계의 물 부족 문

제를 해결하기 위한 방법을 조사하고 토의하는 과정과 자신의 생각을 정리해 주장하는 글을 쓰는 경험을 통해 향상되었으며, 환경 공동체 역량은 과학기술 교류를 통해 자원의 불평등한 공유 문제를 해결할 수 있음을 탐구하는 과정에서 신장되었다. 이러한 결과는 과학·환경 프로젝트 기반 수업이 초등학생의 환경 역량을 균형 있게 향상시키는 효과적인 교수·학습접근 방법임을 시사한다.

초등 정규교과 중 과학은 자원과 에너지, 생물다양성 및 생태계를 핵심 요소로 다루고 있어 환경 교육을 적용하기에 매우 적합한 교과이다(Choi & Oh, 2024). 따라서 환경 교육을 특정 교과에 제한하기보다는 과학과 융합하여 운영할 때 그 효과가 더욱 높아질 수 있다. 또한 프로젝트 학습은 학생의 관심과 흥미를 바탕으로 한 자발적 참여와 능동적 탐구를 가능하게 한다는 점에서 환경 교육과 높은 적합성을 보인다. 이번 연구에서 초등학생이 물 자원의 희소성이라는 교과 연계 생활 밀착형 주제를 다룸으로써 학습의 맥락적 타당성이 강화되었으며, 동시에 실제적 문제해결 과정을 통해 창의적인 문제해결력까지 함양할 수 있는 가능성을 보여주었다. 이는 환경 교육이 교과 간 연계를 통해 이루어질 때 학생의 환경 역량을 이끌어 낼 수 있음을 시사한다.

마지막으로 본 연구는 다음과 같은 후속 연구 과제를 제안하고자 한다. 첫째, 다양한 지역을 대상으로 한 연구를 통해 본 과학·환경 프로젝트 기반 수업의 일반화 가능성을 검증할 필요가 있다. 둘째, 환경 행동의 변화는 단기간에 확인하기 어려우므로(Lee, 2017) 장기적인 관점에서 지속적인 프로그램 운영을 통해 효과를 추적할 필요가 있다. 셋째, 교사의 역량과 자율성은 환경 교육의 성패를 좌우할 수 있으므로(Pooley & O'Connor, 2000; Baek & Kim, 2019) 교사 전문성 신장을 위한 지원 체계가 마련되어야 한다. 이러한 후속 연구와 노력이 병행될 때 과학·환경 프로젝트 기반 수업은 학교 현장에서 환경 역량을 강화하고 지속 가능한 미래를 위한 교육적 기반을 다지는 데 기여할 수 있을 것이다.

Conflicts of Interest

The author(s) declared no conflicts of interest.

References

- Ahn, H. J., & Kim, H. J. (2024). Developing and Applying a Science Inquiry Program Utilizing Data Science. *Brain, Digital, & Learning*, 14(3), 475-487.
- Baek, J. S., & Kim, C. K. (2019). Elementary School Teachers' Learning Experiences and Environmental Education Practices. *The Environmental Education*, 32(2), 160-173.
- Choi, K. L., & Oh, Y. J. (2023). A Study on Research Trends of Elementary Environmental Education Using Text Mining. *The Environmental Education*, 36(3), 191-206.
- Choi, K. L., & Oh, Y. J. (2024). Exploring an On-Tact Environmental Education Model Linked to the Elementary Science Curriculum. *The Environmental Education*, 37(4), 492-510.
- Chung, S. Y., & Chung, J. I. (2022). Exploring the Perception of Elementary School Students in the Rural Areas on Self-Directed Scientific Study Using Online Content. *Journal of Studies on Schools and Teaching*, 7(2), 91-109.
- Coo, H. J., & Lee, S. W. (2019). Effects of Inquiry Based Water Environmental Education on Elementary Students' Environmental Literacy. *The Journal of Education*, 39(2), 49-72.

- Gough, A. (2002). Mutualism: A different agenda for environmental and science education. *International Journal of Science Education*, 24(11), 1201-1215.
- Gwak, S. H., & So, K. H. (2022). The Effects of Environmental Education Program Focused on Discussion and Debate Using Movies on Environmental Susceptibility and Environmental Conservation Knowledge of Elementary Students. *Biology Education*, 50(3), 368-381.
- Hudson, P. (2004). Mentoring in Environmental Education. *Teaching Science: The Journal of the Australian Science Teachers Association*, 50(3).
- Jeon, H. J., & Kang, S. J. (2022). Analyses on the Environmental Education Contents in Elementary School Science, Social Studies, Practical Arts, and Ethics Textbooks Developed Under the 2015 Revised Curriculum . *Journal of Research in Curriculum & Instruction*, 26(1), 29-41.
- Jeong, H. J., & Lee, S. H. (2022). Effects of Environmental Education Program using Problem-Based Learning on Environmental Attitudes and Cooperative Ability of Students in an Elementary Inclusive Classroom. *Journal of Special Education*, 38(3), 63-91.
- Jeong, H. R., Choi, J. S., & Baek, S. H. (2020). The Development of Environmental Competency Inventory for Elementary School Students. *The Environmental Education*, 33(4), 364-376.
- Jeong, J. W., & Park, Y. K. (2024). Development and Implementation of an Environmental Education Program Linked to Elementary School Subjects Using Project-based Learning. *Journal of Studies on Schools and Teaching*, 9(1), 237-261.
- Jung, H. S., & Lee, S. W. (2019). The Effects of Environmental Education Program Using Ecosystem Disturbance Organisms on the Environmental Attitude of Elementary School Students. *The Journal of Korea Elementary Education*, 30(2), 17-35.
- Kilpatrick, W. H. (1925). *Foundations of method: Informal talks on teaching*. Macmillan.
- Kim, J. Y., & Lee, S. W. (2021). The Development and Application of Maker Environmental Education Program on Creative Problem Solving Abilities of Elementary School Students. *The Journal of Korea Elementary Education*, 32(2), 67-84.
- Kim, M. C., & Lee, S. W. (2019). Effects of the Water Environmental Project-Based Learning on Elementary School Students' Environmental Awareness and Attitudes. *Journal of Korean Practical Arts Education*, 32(1), 1-23.
- Kim, M. H., Kwon, H. S., Kim, N. G., & Shim, S. H. (2016). A Implementation of Project Learning to Enhance Teaching Abilities of Curriculum Integration Class of Preservice Teachers in Elementary School. *Journal of Studies on Schools and Teaching*, 1(1), 75-99.
- Kim, S. M., Moon, Y. S., & Hwang, E. J. (2023). Exploration of Core Competencies from Delphi Survey and Design of Their Measurement Tools and Teaching & Learning Programs for Environmental Education in Elementary Schools. *Brain, Digital, & Learning*, 13(4), 453-481.
- Lee, J. E., & Lee, S. W. (2015). A Study on the Utilization of Good Environmental Children's Books for Environmental Education of Lower Grades of Elementary School. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 15(7), 299-325.
- Lee, J. H., Kang, H. J., Rye, J. I., Jeong, J. S., Kwon, Y. J., & Park, K. T. (2004). Effects of Elementary Third Graders' Reading Activities Related to the Environment on Their Attitude toward the Environment. *The Environmental Education*, 17(1), 57-66.
- Lee, S. K., Kim, N. S., Ju, H. S., Kwak, Y. S., Park, Y. K., Park, H. B., & Jeon, P. R. (2020). Strategies for Strengthening Environmental Education in the Next National Curriculum: A Preliminary Study on the Development of a Framework for Content Analysis of Environmental Education . *The Environmental Education*, 33(3), 247-261.

- Lee, S. G. (2017). Effects of Eco-STEAM Program on Elementary School Students' Environmental Literacy and STEAM Attitude. *Journal of Korean Society of Earth Science Education*, 10(1), 62-75.
- Lee, S. H. (2012). Effects of STEAM-based Environmental Program for Elementary School Students' Environmental Literacy. *The Environmental Education*, 25(1), 66-76.
- Lee, S. Y., & Bae, J. H. (2020). The Effect of the New and Renewable Energy Learning Program Applying Flipped Learning on the Elementary School Students' Environmental Literacy and Energy Saving Attitudes. *Journal of Energy and Climate Change Education*, 10(2), 157-168.
- Lee, Y. K., & Son, J. H. (2016). Effects of 'PAE-STEAM-Environment' Program in Environmental Literacy and Creative Problem Solving of elementary students. *Journal of Korean Practical Arts Education Research*, 22(2), 15-31.
- Lintangsari, A. P., Perdhani, W. C., & Swardhani, N. W. (2023, April). Environmental Issues: An Analysis on Students' Arguments. In *Proceedings of the 2022 Brawijaya International Conference (BIC 2022)* (p. 440). Springer Nature.
- Michel, J. O., & Zwickle, A. (2021). The effect of information source on higher education students' sustainability knowledge. *Environmental Education Research*, 27(7), 1080-1098.
- Ministry of Education. (2015). 2022 Revised Science Curriculum (Ministry of Education Notice No. 2015-74).
- Ministry of Education. (2022). 2022 Revised Science Curriculum (Ministry of Education Notice No. 2022-33).
- Pooley, J. A., & o'Connor, M. (2000). Environmental education and attitudes: Emotions and beliefs are what is needed. *Environment and behavior*, 32(5), 711-723.
- Reid, A., Dillon, J., Ardoin, N., & Ferreira, J. A. (2021). Scientists' warnings and the need to reimagine, recreate, and restore environmental education. *Environmental Education Research*, 27(6), 783-795.
- Saito, M., Sato, H., Chang, T., & Kim, C. (2019). Comparative study on the environmental education acts in Japan, Taiwan, and Korea. *Japanese Journal of Environmental Education*, 28(4), 44-51.
- Shim, S. M., & Lee, S. W. (2010). Effects of An Integrated Atmosphere Environmental Education Program on Pro-Environmental Attitudes of Elementary Students. *The Environmental Education*, 23(2), 16-31.
- Sung, T. J., & Si, G. J. (2020). Research methodology. Hakjisa.
- Yoon, S. H., & Rye, K. S. (2025). Development and Application of STEAM Integrated Teaching Materials Using Night Safety Equipment Making in High School Science Classes. *Brain, Digital, & Learning*, 15(3), 441-467.
- You, S. H., & Sung, Y. G. (2007). The project approach. Yangseowon.