

초·중·고등학교 교과서 분석을 통한 초등학생들을 위한 STEAM 기반 환경교육 프로그램 개발과 적용

박 종 호[†]
진주교육대학교(교수)[†]

Development and Application of a STEAM-Based Environmental Education Programs for Elementary School Students through Analysis of Elementary, Middle, and High School Textbooks

Jong-Ho PARK[†]

[†]Chinju National University of Education(professor)

Abstract

This study aims to develop a STEAM-Based environmental education program through the analysis of elementary, middle, and high school textbooks and to verify its effectiveness by applying it to elementary school settings. As the importance of climate change and carbon neutrality increases, the need for an integrated and convergent approach to environmental education is being emphasized. The research process consisted of three stages. First, environmental and energy-related content in elementary, middle, and high school textbooks was analyzed to examine the continuity across different grade levels. Second, based on the analysis results, an environmental education program incorporating STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) education was developed. Third, the developed program was applied to sixth-grade elementary school students, and its effectiveness was verified through pre- and post-surveys as well as individual interviews. The results of the study showed significant improvements in students' environmental awareness, attitudes, and behavioral changes. In particular, there was a substantial increase in students' participation and willingness to take action in solving environmental problems, along with an improved understanding of scientific concepts and social impacts. This study presents an integrated approach to effectively educating students on carbon neutrality and sustainable development within the elementary school curriculum and suggests the possibility of broader application in various educational settings in the future.

Key words : Carbon neutrality, Environmental education, Textbook, STEAM, Sustainability

I. 서 론

21세기 인류는 다양한 환경 문제에 직면해 있다. 환경 문제 중에서도 기후변화와 지구온난화와 밀접한 관계가 있는 탄소중립은 최근 전 세계

적으로 인류가 극복해야 할 중요한 환경 문제로 대두되고 있다(Chen et al., 2022). 기후변화, 지구 온난화, 탄소중립과 같은 환경 문제의 심각성이 증가함에 따라, 지구환경의 변화와 에너지 문제에 대한 인식이 그 어느 때보다 중요한 시대이

[†] Corresponding author : 055-740-1241, parkkdp@cue.ac.kr

* 이 논문은 2022학년도 진주교육대학교 교내연구비 지원을 받았음

다. 기후변화, 자원 고갈, 에너지 위기 등의 문제는 전 세계적으로 심각한 도전 과제로 대두되고 있으며, 현재 많은 국가와 기업들이 탄소중립 목표를 선언하고, 이를 달성하기 위한 다양한 정책과 기술을 도입하고 있다(Park, 2021).

탄소중립은 배출되는 탄소의 양과 흡수되는 탄소의 양을 동일하게 하여, 실질적으로 탄소 배출을 "제로"로 만드는 것을 의미한다(Chen et al., 2022; Park, 2021). 이는 기후변화의 속도를 늦추고, 지구환경을 보호하기 위한 중요한 전략 중 하나로 산업계, 경제계, 교육계, 정치계 전 영역에서 인식하고 있다. 탄소중립을 실현하기 위해서는 단순한 탄소 배출 감축을 넘어서, 사회 전반에 걸친 구조적 변화와 혁신이 요구된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 미래 세대의 지구환경, 에너지 문제에 대한 교육이 핵심적일 수 있다(Choi, 2023; Jeong, 2020).

환경 문제의 중요성이 대두됨에 따라 환경교육의 필요성도 점점 더 강조되고, 기존의 환경교육은 주로 단일 교과목 내에서 이루어지거나 실험 및 프로젝트 학습을 통해 진행되는 경우가 많았다(Park et al., 2019). 그러나 환경 문제는 다양한 학문 분야와 밀접하게 연관되어 있으며, 이를 효과적으로 이해하고 해결하기 위해서는 융합적 사고와 통합적 접근이 필요하다(Hungerford and Volk, 1990; Kang and Kim, 2019). 따라서 환경 문제에 대한 단순한 과학적 원리, 법칙을 가르치는 교육이 아닌 학년과 교과 간의 연계를 통한 지속적이고 통합·융합 교육이 지향되는 것이 좋다(Kim and Shin, 2019). 그리고 환경 문제는 해결이 중요하기 때문에 사회 전반에 미칠 영향과 인간이 환경과 자연을 보호, 보존해야 하는 필연성에 대한 공감, 생태 감수성 등이 지속적으로 미래의 세대에게 교육될 필요가 있다(Kim and Shin, 2019; Kang and Kim, 2019).

다수의 과학교육 연구자들은 환경교육 연구에 있어서 STEAM(S: Science, T: Technology, E: Engineering, A: Arts, M: Mathematics) 교육을 통

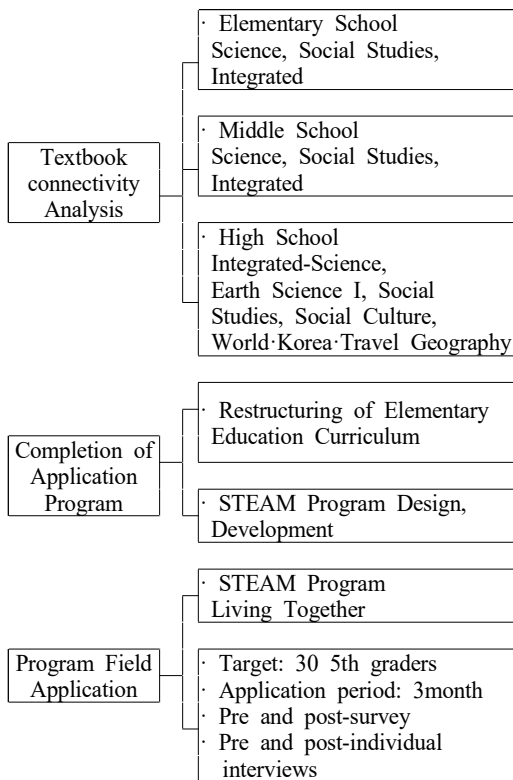
한 학생들의 교육적 효과에 관심을 가졌다(Lee, 2012; Kim et al., 2012; Lee, 2017; Kim and Shin, 2019; Kim et al., 2016). STEAM 교육은 학생들의 창의적 사고와 문제해결 능력을 향상시키는 교육 접근법으로 주목받고 있다. 또한, STEAM 교육을 기반으로 한 환경 교육 프로그램의 개발은 학생들이 환경 문제를 종합적으로 이해하고 실질적인 해결 방안을 모색할 수 있는 능력을 기르는 데 중요한 역할을 할 수 있다(Kim and Shin, 2019).

한편, 초등학교, 중학교, 고등학교 교육과정에서의 환경과 에너지에 대한 교육은 학생들이 환경 의식을 높이고, 인류의 지속 가능한 발전을 위한 올바른 가치관을 형성하는 데 중요한 역할을 한다(Lyu and Shin, 2014). 그러나 Kim and Shin(2019)은 생태환경 교육이 특정 교과에만 치우치지 않고 모든 교과에서 접근이 필요하며, 교과서 중심이 아닌 체험·프로젝트 중심 환경교육이 학생들의 생태 감수성을 향상시킨다고 보고하였다. Lee and Bae(2020)는 플립러닝 기반 신재생 에너지 학습이 초등학생의 환경 소양과 에너지 절약 태도에 효과적인 영향을 미쳤으며 과학과 에너지 영역에 대한 흥미와 호기심을 향상시킨다고 보고하였다. Kim(2021)은 ‘융합인재 교육형 프로젝트 기반 학습은 초등학생의 창의적 인성에 긍정적인 교수 학습 방법이다.’라고 주장하였다. Kim et al.(2016) 등은 ‘STEAM 기반 신재생에너지 학습 프로그램이 초등학생의 환경 소양과 과학에 대한 태도 향상에 효과적이다.’라고 보고 하였다. 성장하는 세대에게는 환경 문제에 대한 체계적이고 지속적인 교육이 필요하다.

따라서 초·중·고등학교의 교과서에서 다루어지는 환경과 에너지 관련 학습 내용을 통해 이러한 교육을 효과적으로 구현하는 것이 학생들의 환경-에너지 문제 인식 능력을 향상시키는데 유리하다(Yoon and Nam, 2020). 그리고 초·중·고등학교 교과목의 교과서에서 다루는 환경과 에너지 주제가 어떻게 학년·교과 간에 연계되어 있는지 파악하는 것은 지속적이고, 통합·융합적인 교육을 필

요로 하는 환경교육에 중요한 역할을 할 것이다. 본 연구에서는 초·중·고등학교 교과목의 교과서에서 다루는 환경과 에너지 관련 내용에 대해 학년·교과 간의 연계성 조사를 통해 상위 주제와 학습 내용들을 찾아 STEAM 기반 환경교육 프로그램을 개발하여, 초등학교 현장에 적용하여 프로그램의 효과성을 검토하였다.

II. 연구 방법



[Fig. 1] Research Procedure.

[Fig. 1]은 본 연구의 수행 절차를 나타낸 그림이다. 이 연구는 3 과정으로 나누어 수행하였다. 1 과정은 초·중·고등학교 교과서의 환경교육 내용 분석, 2 과정은 1 과정을 기반으로 초등학생을 대상으로 하는 STEAM 기반 환경교육 프로그램 개발, 그리고 3 과정은 프로그램 적용 및 효

과 분석이다. 과정별 구체적인 연구 방법의 내용은 다음과 같다.

1. 초·중·고등학교 교과서 내용 분석과 연계성

1 과정은 초·중·고등학교 교과서 분석으로서 학년·교과 간에 교과서 내용에서 다루어지는 환경과 에너지의 학습 내용과 주제를 찾아 연계성을 조사하는 것이다.

초·중·고등학교 교과서는 교육부의 검정·인정·국정 교과서 체제에 따라 다수의 출판사에서 발행되고 있다. 초등학교의 교과서는 대부분 국정 교과서이며, 교육부가 직접 제작·배포하고 일부 과목은 검정 교과서가 사용되고 있다. 중학교 교과서는 대부분 검정 교과서 체제이며, 일부 과목은 국정 교과서를 사용한다. 약 9개의 출판사에서 교과서를 발행하고 있다. 고등학교 교과서는 검정·인정 교과서가 주로 사용되고 국정 교과서는 없으며, 약 11개 출판사에서 발행된 교과서를 학교 현장에서 선택하여 사용하고 있다.

본 연구에서는 모든 교과서를 대상으로 교과서 내 내용이 환경과 에너지 개념이 기술되었거나 단순 기술이 아니라 교육적 목표에 부합하는 학습 내용과 활동이 포함되어 있는지와 출판사마다 예제나 설명 방식이 다를 수 있으므로 핵심 교육 목표와 개념이 일치하는 경우 동일한 범주로 간주하였다. 이를 기반으로 교육 전문가 3인의 교과서 평가를 통해 연구 대상 교과서를 선별되었다.

선별된 초등학교 교과서는 과학, 사회, 통합교과 3 교과, 중학교 교과서는 과학, 사회, 통합 3 교과, 고등학교 교과서는 통합과학, 지구과학 I, 사회, 사회와 문화, 세계지리, 한국지리, 여행지리 7 교과를 선택하였다.

2. STEAM 기반 환경교육 프로그램 개발

2 과정은 초등학생을 대상으로 한 STEAM 기

반 환경교육 프로그램 개발이다. 이 과정은 1 과정, 학년·교과 간 교과서 내용의 환경-에너지 연계 조사로부터 최종 학습 내용과 주제를 토대로 STEAM 기반 환경교육 프로그램을 개발한 것이다.

환경과 에너지 문제는 통합·융합적 프로그램이 학생들에게 적용되는 것이 무엇보다 교육적 효과를 기대할 수 있다고 보고하였다(Hungerford and Volk, 1990; Kang and Kim, 2019). 따라서 본연구에서는 STEAM 기반 환경교육 프로그램 (제목: 함께 살기)을 개발하였다. STEAM의 3단계 요소인 1단계 상황제시(2차시), 2단계 창의적 설계(5차시), 3단계 심미적 감성 적용(2차시) 분량을 개발하였다.

3. 프로그램 적용과 효과성 분석

3 과정은 STEAM 기반 환경교육 프로그램 적용과 효과성을 분석하는 것이다. 프로그램 적용 대상 학생은 J 지역의 초등학교 6학년 30명이었다. 프로그램 적용 수업은 6주 동안 9차시(1차시:45분) 진행했다. 프로그램 적용 전·후의 효과성을 알아보기 위하여 참여 학생들에게 환경과 에너지에 대한 사전·사후 설문조사와 개별 면담 조사를 하였다. 설문조사는 Kim and Shin(2019) 등이 사용한 생태계 감수성 설문조사 20개 문항으로부터 환경에 대한 인식, 태도, 행동을 평가할 수 있는 10개 문항을 선별하였다. 설문 문항의 평가는 5점 리커드 척도(1점: 전혀 동의하지 않음, 5점: 매우 동의함)이다. 개별 면담 조사의 질문은 5개의 문항으로 하였다. 설문 문항 10개와 면담 문항 5개는 교육 전문가 3인에 의해 선별되었다. 설문 문항 10개의 내적 일관성 검사를 위해 Cronbach's α 를 산출한 결과, .82로 신뢰할 수 있는 수준이었다. 또한 학생들의 설문 응답에 대한 분석은 사전·후의 평균 점수를 비교하기 위해 SPSS 26.0을 이용하여 사전과 사후에 대해 대응 표본 t-검정을 하였다. 면담 응답에 대한 분석은

면담 내용을 녹취하여 교육 전문가 3인에게 전사한 후, 논의를 통해 학생들의 면담 응답 내용을 요약하였다.

III. 연구 결과

1. 초·중·고등학교 교과서 내용 분석과 연계성

가. 초·중·고등학교 교과서 내용 분석

전반적으로 초등학교 교과목에서 다루는 내용은 학생들의 성장과 발달을 고려하여 균형 잡힌 교육을 제공하는 데 중점을 두고 있다. 초등학생들은 기초 학습 역량 강화를 위해 국어, 수학, 과학, 사회, 예술, 체육 등을 통해 다양한 학습을 한다. 학습은 교과목의 내용들을 통합적으로 연결하여, 다양한 활동과 프로젝트를 통해 창의적 문제해결 능력 향상에 중점을 둔다. 그리고 학생들이 실제 생활 속에서 학습할 수 있도록 교과목 내용을 구성하고 있다.

초등학교의 교과목 중에는 지구환경, 환경오염, 에너지 관련 내용을 다루는 과학, 사회, 통합(바른생활) 교과목이 있다. 이들 교과목의 교과서에 포함된 단위 중 환경, 에너지, 환경오염, 지속가능성, 신재생에너지와 관련된 내용은 탄소중립과 밀접하게 연계하고 있다. 이들 교과목에서 기후, 환경, 자원, 에너지, 온실효과, 온실가스와 같은 주제어와 내용을 포함하는 단원을 추출하여, 각 단원의 연계성과 상호 관계성을 조사하였다.

<Table 1>은 초등학교 과학, 사회, 통합 교과서에 환경-에너지 관련 내용을 포함하고 있는 교과서 단위와 단위에서 학생들이 학습하는 내용을 정리한 것이다. 초등학교의 과학 교과서에는 5~6학년에 다루고 있으며 5학년의 과학 교과서에서는 4개의 단위에서 태양과 별, 온도와 열, 날씨와 우리 생활, 생물 그리고 6학년에서는 1개 단위에서 에너지-생활을 다루고 있다. 태양계와 별, 날씨와 우리 생활의 단위에서는 환경-에너지를 핵

<Table 1> Analysis of environmental content in elementary school science, integrated and social studies textbooks.(Su: Subject, G: Grade, Sci.: Science, Soc.: Social studies, IS: Integrated Subject)

Su	G	Unit, Learning Elements, Contents
Sci	5	<ul style="list-style-type: none"> · Unit: Earth and Space(Solar system) · Learning Elements: Solar energy · Contents: The Earth's energy source is the sun, and the solar system is comprised of the sun and planets.
		<ul style="list-style-type: none"> · Unit: Kinetics and Energy(Temperature and heat) · Learning Elements: Temperature, Heat movement · Contents: Observe the convection phenomenon of liquids and gases, and the movement of heat occurs through convection.
		<ul style="list-style-type: none"> · Unit: Earth and Space(Weather and our lives) · Learning Elements: Temperature, Heat movement · Contents: The properties of seasonal weather can be related to the properties of the air that affect our country.
	6	<ul style="list-style-type: none"> · Unit: Life (Biology and environment) · Learning Elements: The impact of the environment and pollution on living things · Contents: You can recognize the need for ecosystem conservation and discuss what can be done to conserve the ecosystem.
		<ul style="list-style-type: none"> · Unit: Integrated(Energy and life). · Learning Element: Types of energy. · Contents: Learn about the transformation of energy forms through examples of natural phenomena or daily life, and discuss ways to use energy efficiently.
		<ul style="list-style-type: none"> · Unit: Right life(Summer Country) · Learning Element: Energy conservation · Content: Learn and make habits of energy conservation in summer
	4	<ul style="list-style-type: none"> · Unit: Human environment and life(Production and exchange of what is needed) · Learning Element: Wise consumption life · Contents: The scarcity of resources creates a problem of choice in economic activity. It explains economic activity of production and consumption centered on the market.
		<ul style="list-style-type: none"> · Unit: Natural environment and human life (Our Country's Natural environment) · Learning Elements: Climate and topography of our country · Contents: Explore the characteristics of our country's climate and topography.
		<ul style="list-style-type: none"> · Unit: Natural environment and human life (Various life in the world) · Learning Elements: Relationship between human life and environment · Contents: Learn about the distribution and characteristics of the world's climates and explore the relationship between climate environment and human life.
	6	<ul style="list-style-type: none"> · Unit: Sustainable world (Sustainable earth) · Learning Elements: Environmental problems of the earth, Sustainable future · Contents: Investigate the major environmental problems of the earth, explore solutions, and learn the attitude of a global citizen who cooperates in solving environmental problems.
Soc		<ul style="list-style-type: none"> · Unit: Sustainable world (Sustainable earth) · Learning Elements: Environmental problems of the earth, Sustainable future · Contents: We seek ways to actively participate as global citizens in the task of building a sustainable future for humanity.

직접적으로 다루지 않지만, 태양과 별의 특성과 간접적으로 태양에너지를 다루고 있다. 날씨와 열의 이동에서는 우리나라의 계절별 날씨의 특징과 날씨에 영향을 미치는 공기의 성질에 관한 내용이 있다. 환경과 지구온난화 등과 같이 직접적 관련성을 다루는 단원은 온도와 열, 생물과 환경, 에너지와 생활에서 다룬다. 온도에서는 물질의 차가운 정도와 에너지로서 열은 물질 간의 온도 차이로 인해 이동하는 것을 학습한다. 특히, 액체와 기체에서 발생하는 대류 현상에서 열의 이동을 다루고, 대류 현상은 우리의 일상에서도 쉽게 관찰할 수 있으며, 지구온난화와 기후변화와 밀접한 관련을 갖는다. 생태계 보전과 환경오염은 생물에게 직간접적으로 영향을 미치며, 생태계의 균형을 깨뜨릴 수 있다. 간접적으로 학생들은 환경오염을 줄이고 생태계를 보호하기 위해 다양한 노력과 생물들이 건강하게 살아갈 수 있는 환경이 무엇인지 학습한다.

그리고, 에너지 관련 교과서 내용은 다양한 형태의 에너지 등이 일상생활에서 쉽게 발견할 수 있다는 것을 다루고 있다. 예를 들어, 태양광 에너지는 전기 에너지로, 운동 에너지는 열에너지로 변환될 수 있다. 에너지의 형태 변환을 이해하고, 에너지를 효율적으로 사용하는 방법을 토의한다. 에너지 절약은 환경 보호와 인간의 삶의 질과 직결된다.

초등 과학 교과서에서 다루는 환경-에너지 내용은 주로 과학적 원리와 개념 중심이다. 따라서 학생들의 인지적 수준을 고려하여 5학년 6학년에 다루어지고 있다. 반면에 초등학교의 사회과 교과목은 과학적, 전문적 지식을 학습하기보다는 사회 전반의 영향과 인간과의 관계, 환경오염에 대한 습관을 기르는 것과 같은 내용들을 다루고 있어서 초등학교 전 학년에서 에너지와 환경 내용을 학습한다. 초등학교 1학년의 통합교과목에서 1개, 4학년 1개, 5학년 1개, 6학년 3개 단원에서 생활 중심으로 다룬다.

초등학교의 사회 교과서와 통합 교과서에서는

몇 가지의 특징으로 나누어 연계를 설명할 수 있다. 첫 번째, 에너지 절약과 현명한 소비생활 측면에서 여름철 에너지 절약 수칙과 자원의 희소성이 경제 활동과 직결된다는 내용과 여름철 에너지 절약 수칙을 통해 자원 절약의 중요성을 이해하고, 현명한 소비생활을 실천함으로써 지속 가능한 경제 활동을 지향할 수 있게 한다. 두 번째, 기후환경과 인간 생활의 관계를 다루고 있다. 세계 주요 기후의 분포와 특성과 우리나라의 기후적, 지형적 환경 특성을 학생들이 이해함으로써 기후가 인간 생활에 미치는 영향을 학습한다. 세 번째, 지속 가능한 지구촌과 환경 문제로 지속 가능한 미래를 건설하기 위한 과제와 지구촌의 주요 환경 문제를 해결하기 위해 방안을 탐색한다.

중학교 교과목의 구성은 학생들의 기초 학습 역량을 심화하고, 다양한 학문적 탐구와 자아 발전을 돕기 위함이다. 초등학교의 교과서에서 다루는 내용이 실생활 중심적이라면 중학교는 실생활 중심을 심화한다. 또한, 초등학교에서 배운 기초 개념을 심화시킨 내용을 통해 학생들은 학문적인 깊이를 더하고, 더욱 복잡한 문제해결 능력을 기른다. 폭넓은 학문적 탐구를 위해 국어, 수학, 과학, 사회, 예술, 체육, 기술가정, 외국어 등의 교과목으로 지식과 기술을 습득하고 탐구할 수 있다.

<Table 2>는 중학교 과학, 사회 교과서의 단원에서 환경-에너지, 탄소중립, 환경오염, 지속가능성과 같은 학습 내용을 정리한 것이다. 중학교 교과목의 교육과정은 학교마다 차이가 있어 <Table 2>의 학년을 1, 2, 3으로 표기했다. 중학교의 과학 교과서에는 5개의 단원에서 환경-에너지 내용들이 다루어지고 있으며, 생물의 다양성, 물, 재해·재난, 온실효과, 지구온난화 각각 1개 단원과 2개의 단원에서 과학기술과 인류 문명을 다루고 있다. 생물 다양성 보전 측면에서 생태계의 건강과 안정성을 유지하는 데 필수적이며, 생물 다양성이 보존되어야 환경과 인류가

<Table 2> Analysis of environmental content in middle school science and social studies textbooks
(Su: Subject, G: Grade, Sci.: Science, Soc.: Social studies)

Su	G	Unit, Learning Elements, Contents
Sci		· Unit: Ecology and Environment
	1,2,	· Learning Elements: Importance of biodiversity.
	3	· Contents: Understand the need for biodiversity conservation and research and present examples of activities to maintain biodiversity.
		· Unit: Earth's Water
	1,2,	· Learning Elements: The Value of Water
	3	· Contents: Investigate the distribution and use of seawater, freshwater, and glaciers in the water domain, and discuss the value of water as a resource.
		· Unit: Earth and Space
	1,2,	· Learning Elements: Disasters and Catastrophes
	3	· Contents: Investigate materials related to disasters and catastrophes and scientifically analyze their causes and damages.
		· Unit: *Earth and Space
	1,2,	· Learning Elements: Greenhouse Effect, Global Warming
	3	· Contents: Understand the layered structure of the atmosphere and explain the greenhouse effect and global warming from the perspective of radiative equilibrium.
Soc		· Unit: Application of Science and Technology
	1,2,	· Learning Elements: Science, Technology and Human Civilization
	3	· Contents: Understand the relationship between science, technology and human civilization and explain the usefulness of science.
		· Unit: Application of Science and Technology
	1,2,	· Learning Elements: Science, Technology, and Human Civilization
	3	· Contents: Design ways to make our lives more convenient by utilizing science and discuss their usefulness.
		· Unit: Environment and Humans
	1,2,	· Learning Elements: Natural Disasters
	3	· Contents: Investigate areas where natural disasters occur frequently and explain their causes.
		· Unit: Environment and Humans
	1,2,	· Learning Elements: Natural Disasters
	3	· Contents: Explore case studies of the impact of natural disasters on the lives of local residents.
Soc		· Unit: Globalization and Sustainable Society
	1,2,	· Learning Elements: Global Environmental Issues Environmental Awareness
	3	· Contents: Understand the variability of resource distribution and regional differences in resource consumption, and investigate competition and conflict between countries.
		· Unit: Sustainable Development
	1,2,	· Learning Elements: Climate Change
	3	· Contents: Investigate the causes of climate change occurring on Earth and the resulting regional changes, and evaluate regional and international efforts to address them.
		· Unit: Globalization and Sustainable Society
	1,2,	· Learning Elements: Global Environmental Issues
	3	· Contents: Compare various opinions surrounding environmental issues in daily life and discuss environmental issues.

지속 가능하게 발전할 수 있다. 물의 가치에서는 해수, 담수, 빙하는 지구의 수자원을 구성하는 중요한 요소들과 자원으로서 물의 가치를 이해하고 이를 효율적으로 관리하는 것에 중점을 두고 있다. 재해·재난의 원인과 피해를 과학적으로 분석함으로써 기후변화와 온실효과의 영향을 이해하고, 생물다양성과 자원 관리를 통해 재해 예방 및 대응 방안에 중점을 둔다. 기권의 층상 구조와 온실효과, 지구온난화를 복사 평형의 관점으로 설명함으로써 기후변화의 메커니즘을 이해하고, 이를 기반으로 재해·재난 대응에 관한 내용을 학습한다. 또한 2개 단원에서 과학기술의 유용성은 인류 문명의 발전과 밀접하게 관련되어 있으며, 재해 예방, 자원 관리, 환경 보전 등 다양한 분야에서 실용적인 해결책을 제공할 수 있다는 내용을 다루고 있다.

중학교 사회교과목의 교과서에서는 환경-에너지, 탄소중립, 환경오염, 지속가능 등과 같은 내용이 5개 단원에서 다루어지고 있다. 각각 2개 단원에서 자연재해, 지구환경 문제에 관한 내용과 1개 단원에서 기후변화를 다룬다. 중학교의 사회 교과서에서 다루는 환경-에너지에 관한 내용을 정리하면 다음과 같다.

첫 번째 자연재해는 지진, 홍수, 태풍, 가뭄 등 다양한 형태로 나타나며, 지리적 위치, 기후 조건, 지형 특성에 따라 발생 빈도와 강도가 다르며, 지역 주민들의 삶에 큰 영향을 미친다. 예를 들어 홍수에 의한 농작물 피해와 주거 환경파괴 등의 사례로부터 자연재해의 원인과 영향을 학습한다. 두 번째, 자원 분포의 불균등과 자원 소비량의 지역적 차이로 인한 경제적 갈등과 국가 간 갈등을 초래하는 석유와 천연가스와 같은 자원의 편재성으로 인한 국제적 갈등 등을 학습한다. 세 번째, 세계적으로 온실가스 배출 증가로 인한 지구온난화는 해수면 상승, 기후환경 변화가 이상 기상 현상을 초래한다는 것을 학습하고, 파리협정과 같은 국제 협약을 통한 기후변화에 대응하기 위한 전 세계적인 협력과 각 지역에서 탄소

배출을 줄이고, 재생 에너지를 활용하는 등의 노력이 필요함을 학습한다. 네 번째, 생활 속의 환경 이슈와 관련한 다양한 의견을 비교하고, 환경 이슈에 대한 자신의 의견을 제시하는 활동을 한다. 기후변화, 자원 고갈, 생물 다양성 감소 등과 같은 환경 이슈에 대해 사람들이 서로 다른 관점을 가지는 것을 다룬다. 결론적으로, 초등학교 교과서 내용은 원리와 개념 중심과 읽을거리로서 온실효과, 지구온난화 환경오염을 가볍게 다루지만, 중학교 교과서에서는 그 내용이 깊고, 상세히 다루어진다.

고등학교 교과목의 구성은 학생들이 심화된학문적 탐구와 자기주도 학습을 통해 대학 진학이나 사회 진출을 준비할 수 있도록 중학교에서 배운 내용을 더욱 세분화, 심화한다. 과학 교과목의 경우 생물, 물리, 화학, 지구과학, 사회교과목의 경우 정치, 경제, 지리 등으로 구성되어 각 교과목에서 다루는 내용은 전문적 수준으로 발전하며, 학생들은 특정 분야에 대한 깊이 있는 전문적 이해를 쌓게 된다. 또한, 선택 과목을 다양화하여 학생들의 흥미와 진로를 고려한다.

전체적으로 초등학교, 중학교, 고등학교 교과목의 연계 특징은 초등학교에서 다루는 교과목의 내용이 생활과 밀접한 관련성을 가지며, 중학교는 고등학교의 전문적 지식과 대학 진로와 직업 준비에 도움이 되는 과정의 중간 그리고 고등학교는 사회·직업인으로서 역량을 갖는 형태로 교과서가 구성되었다.

<Table 3>과 <Table 4>는 고등학교 통합과학, 지구과학 I, 통합사회, 한국지리, 세계지리, 여행지리 교과서에 환경-에너지, 탄소중립, 환경오염, 지속가능 등과 같은 내용이 포함된 단원을 정리한 것이다. 고등학교 교과목의 교육과정은 학교마다 차이가 있어 <Table 3>, <Table 4>의 학년을 1, 2, 3으로 표기했다. 고등학교 통합과학 교과서에는 5개 단원과 지구과학 I의 1개 단원에서 탄소중립과 관련한 내용들이 있다. 통합과학 교과서의 발전과 신재생에너지, 생태계와 환경이 각

각 2개 단원에서 다루어지고 있으며 1개의 단원에서 지구 시스템에 관한 내용이 있다.

지구과학 I에서는 대기와 해양 변화를 다루고 있다. 이 단원 내용은 발전과 신재생에너지 측면에서 핵발전, 태양광 발전, 풍력 발전과 발전 방식의 장단점을 다루며, 기후변화로 인한 지구 환경 문제 해결과 신재생에너지 기술 개발의 필요성과, 파력 발전, 조력 발전, 연료전지 등의 사례를 통해 과학적 원리와 개념을 이해한다. 지구

시스템 단원에서는 다양한 자연 현상이 지구 시스템 내부 물질의 순환과 에너지 흐름의 관계와 지구 시스템의 복잡한 상호작용을 학습한다. 생태계와 환경에서는 엘니뇨와 사막화 현상이 지구 환경과 인간 생활에 미치는 영향을 이해하고, 생태계에 심각한 영향을 주는 것을 학습한다. 통합 사회 교과목의 교과서에서는 2개 단원에서 자연 환경과 인간, 1개 단원에서 미래와 지속 가능한 삶을 다루고 있다.

<Table 3> Analysis of environmental content in high school integrated-science and earth science I textbooks.(Su: Subject, G: Grade, I-Sci.: Integrated-Science, ES: Earth Science I)

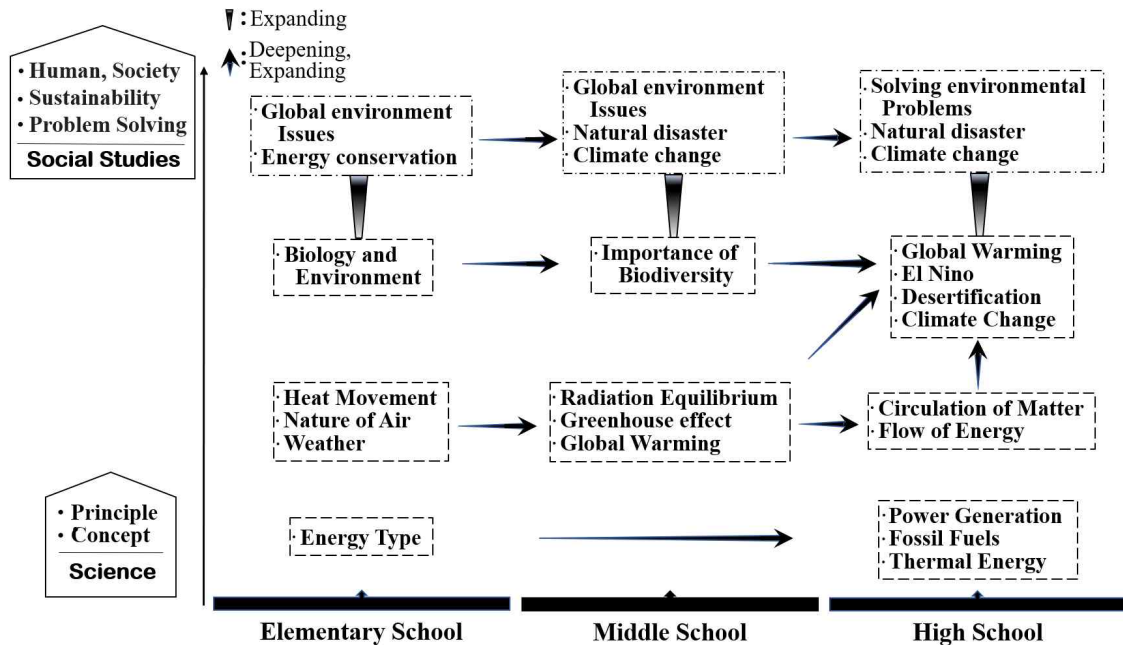
Su	G	Unit, Learning Elements, Content
		<ul style="list-style-type: none"> Unit: Power Generation and Renewable Energy Learning Elements: Solar energy, nuclear power, solar power, renewable energy, fuel cell, wave power, tidal power, wind power
	1,2,3	<ul style="list-style-type: none"> Contents: Pros and cons of nuclear power, solar power, and wind power. Discuss ways to improve each power generation from the perspective of solving global environmental problems caused by climate change.
		<ul style="list-style-type: none"> Unit: Power Generation and Renewable Energy. Learning Elements: Solar energy, nuclear power, solar power, renewable energy, fuel cell, wave power, tidal power, wind power.
	1,2,3	<ul style="list-style-type: none"> Contents: Understand the necessity of developing renewable energy technology for the sustainable development of human civilization, wave power, tidal power, fuel cell, etc., and learn about the efforts of modern science to solve energy problems
I-Sci		<ul style="list-style-type: none"> Unit: Earth System Learning Elements: Material Cycle
	1,2,3	<ul style="list-style-type: none"> Contents: Learn about the interaction between the atmosphere and the water sphere, using examples of how natural phenomena are the result of the circulation of materials and the flow of energy within the Earth system.
		<ul style="list-style-type: none"> Unit: Ecosystem and Environment Learning Elements: El Niño, Desertification, Global Warming.
	1,2,3	<ul style="list-style-type: none"> Contents: Analyze the impact of El Niño and desertification on the global environment and human life, and discuss various efforts to solve the problem.
		<ul style="list-style-type: none"> Unit: Ecosystem and Environment Learning Elements: Fossil Fuels, Heat, Energy
	1,2,3	<ul style="list-style-type: none"> Contents: Heat is generated during the process of using energy. Learn that energy efficiency is reduced due to the heat energy wasted during the process of using fossil fuels, and explain what social significance there is in increasing this efficiency.
ES		<ul style="list-style-type: none"> Unit: Changes in the Atmosphere and Ocean Learning Elements: Climate Change
	1,2,3	<ul style="list-style-type: none"> Contents: Explain the causes of climate change by dividing them into natural and anthropogenic factors, and discuss the environmental, social, and economic impacts of climate change caused by human activities and scientific methods for resolving climate change issues.

한국지리 교과서의 1개 단원에서 기후환경과 인간생활, 세계지리 교과서의 1개 단원에서 세계 기후 지역, 사회문화 교과서의 1개의 단원에서 현대의 사회변동, 여행지리 교과서의 1개의 단원에서 여행지와 여행지 주민이 모두 행복한 여행에서 다루어지고 있다. 통합사회 교과목에서는 자연환경이 과거와 현재의 인간 생활에 미친 영향을 분석하고, 안전하고 쾌적한 환경 속에서 살아가는 인간의 삶과 환경 문제 해결을 위한 정부, 시민사회, 기업 등의 노력을 조사하는 내용과, 개

인적으로 실천 방안을 모색하고 미래 지구촌의 모습을 다양한 측면에서 예측하고, 자신의 미래 삶의 방향을 토의하고 학습한다. 세계·한국·여행지리 교과서에서는 자연재해 및 기후변화의 현상과 원인, 초래되는 결과를 학습하고 인간과 자연환경 간의 지속 가능한 관계와 기후의 주요 특징을 학습한다. 사회문화 교과서는 세계적 문제들과 세계시민으로서 지속 가능한 사회를 위해 노력하는 방안을 학습한다.

<Table 4> Analysis of environmental content in high school social studies, Social Studies, World-Korea-Travel Geography, society and culture (Su: Subject, G: Grade, Soc.: Social Studies, WG: World Geography, KG: Korea Geography, TG: Travel Geography, SC: society and culture).

Su	G	Unit, Learning Elements, Content
Soc	1,2, 3	· Unit: Natural Environment and Humans
		· Learning Elements: Natural Environment
		· Contents: Investigate past and present cases of the impact of the natural environment on human life, and understand the rights of citizens to live in a safe and pleasant environment.
	1,2, 3	· Unit: Natural Environment and Humans
		· Learning Elements: Solving Environmental Problems
		· Contents: Investigate various efforts by governments, civil society, and businesses to solve environmental problems, and discuss practical measures at the individual level.
KG	1,2, 3	· Unit: Future and Sustainable Life
		· Learning Elements: Future Life
		· Contents: Predict the future appearance of the Earth from various perspectives and discuss the direction of your own future life
WG	1,2, 3	· Unit: Climate Environment and Human Life
		· Learning Elements: Climate Change
		· Contents: Investigate the phenomenon, causes, and consequences of natural disasters and climate change, and discuss sustainable relationships between humans and the natural environment..
TG	1,2, 3	· Unit: Climate Regions of the World
		· Learning Elements: Climate
		· Contents: Analyze the main features and factors of tropical climate based on a basic understanding of climate factors and climate elements.
SC	1,2, 3	· Unit: Travel that makes both the destination and the residents happy
		· Learning Elements: Fair Travel
		· Contents: Find and analyze cases that provide meaningful experiences for travelers and economic benefits, pride, and sustainable development for residents of the destination, and then apply them to the development of our local travel products.
SC	1,2, 3	· Unit: Contemporary Social Change
		· Learning Elements: Global Issues
		· Contents: Explore global issues and their solutions and have an attitude of working toward a sustainable society as a global citizen.



[Fig. 2] The relationship between energy and environmental topics in elementary, middle, and high school curricula.

나. 초·중·고등학교 교과서 내용의 연계성

[Fig. 2]는 초·중·고등학교 교과서의 환경-에너지, 탄소중립, 환경오염, 지속가능 등과 같은 내용이 포함된 교과목의 교과서 내용을 정리한 <Table 1>~<Table 4>를 토대로 초·중·고등학교별-교과목별 주요주제와 주제어 등을 관련지어서 연계성을 나타낸 것이다. [Fig. 2]에서 과학이라 표기된 것은 통합과학, 지구과학 I을 포함하여 과학이라 표기하였으며, 사회라고 표기한 것은 사회, 통합사회, 세계지리, 한국지리, 여행지리, 사회문화를 통칭하여 표기하였다. 전체적으로 초·중·고등학교 과학에서는 과학적 원리와 개념 중심의 내용을 담고 있으며 사회에서는 지구온난화, 재난·재해, 기후변화 등에 대한 사회 전반에 걸친 문제와 문제의 해결을 위한 방안 등을 다루고 있다.

교과목의 연계성과 학교급에 따른 연계성에서는 첫째, 에너지 유형과 원리의 이해 그리고 둘째, 생물과 환경 두 가지의 경로로 크게 나누어

진다. 이 두 가지의 경로는 최종적으로 환경과 탄소중립 등 인간의 지속가능성을 사회의 형태에 따라 학습하게 된다. 과학 교과목의 학년·학교 간 연계 경로는 에너지가 신재생에너지로 연결되고 날씨, 공기, 열 이동이 물질의 순환을 거쳐 지구 온난화로 가는 경로와 생물과 환경은 생물의 다양성이 지구온난화로 연결되는 부분으로 나누어진다. 같은 교과목 내에서는 확대 심화가 이루어진다. 즉, 교과목과 교과목의 연계성에서는 심화보다는 확대가 이루어진다.

학교급에 따른 심화 학습의 연계성, 교과 간 교과 내의 연계성은 학생들이 특정 주제에 대해 더 깊이 있게 학습할 기회를 학생들에게 제공하는 것으로 판단된다. [Fig. 2]와 같이 실제 생물에서 출발하여 지구온난화와 기후변화로 심화 되어 있다. 이는 학생들이 지구환경 분야에만 국한되지 않고, 지구온난화, 탄소중립, 기후변화 물질의 순환 등의 과학적 원리와 여러 분야의 지식을 통합하여 학습할 수 있게 구성되어 있다.

2. 초등학교 학생들을 위한 환경 프로그램 개발

가. STEAM을 고려한 초등학교 교과서 재구성

1) 초등학교 교과서 재구성

[Fig. 2]의 초·중·고등학교 과학, 사회 관련 교과목의 관계성을 살펴보면 과학 교과목에서는 최종 도달 학습이 지구환경에 대한 지구온난화, 엘니뇨, 사막화, 기후변화 내용들을 다루며, 사회교과목에서는 교과목과 확장 연계성을 가지고, 최종 도달 학습이 지구촌 환경 문제의 해결, 지속가능성 등을 사회적, 정치적, 경제적으로 해결하는 학습을 집중한다.

따라서 본 연구에서는 지구촌 환경 문제의 해결과 인류의 지속가능성을 다룰 수 있는 사회 해결에 초점을 맞추어서 “더불어 살기”라는 프로그램 주제 선정 후, 초등학교 학생들에게 맞는 교과서를 재구성하였다. 초·중·고등학교 교과서 전반에 걸쳐 다루어지는 환경-에너지는 인류의 지속가능성과 지구촌의 문제인 총체적 문제로 다루어지고 있으므로 지구촌의 의미를 확장하여 제목을 “더불어 살기”로 정했으며 더불어 살기에는 환경 문제 해결과 인류의 지속가능성을 실현 함

에 있어 사회적, 개인적 중요한 가치이며, 탄소중립, 에너지 절약에 대한 인식과 실천, 에너지의 이해는 이를 위해서는 필수적이다. 이러한 내용을 고려하여 STEAM 기반 환경교육 프로그램을 개발하고, 학생들에게 프로그램을 적용하기 위해서 교과서를 재구성하였다. 또한 학생들이 지구온난화의 심각성, 탄소중립, 환경오염으로 인해 나타난 생태계 문제와 위기가 우리와 먼 이야기가 아닌 아주 밀접한 관계임을 학생들에게 인식할 수 있는, 스스로 자연과 더불어 살아가기 위한 캠페인을 계획하고 실천할 수 있는 내용이 담길 수 있게 연관된 교과서들을 재구성하여 <Table 5>에 정리하였다.

초등학교 과학 교과목의 정규교육 과정에서는 에너지의 효율적 이용과 환경오염이 생태계에 미치는 영향을 두 단원 즉, “에너지와 생활”, “생물과 환경”에서 다루는데 교과서 내용의 재구성을 위해 이 내용을 지구온난화와 환경오염을 막을 수 있는 에너지 절약법 알기와 토의하기 그리고 환경오염과 생태계와의 관계 알아보기, 캠페인 활동으로 재구성하였다. 그리고 사회에서는 “지속가능한 사회” 단원을 지구촌에 나타나는 다양한

<Table 5> Restructuring the curriculum for an integrated survival together program (Su: Subject, Sci: Science, Soc.: Social Studies)

Su	Unit	Activity contents	Reconstruction contents
Sci	Energy and Life	· How can we use energy efficiently?	· Discuss energy saving methods to prevent global warming and pollution
	Biology and Environment	· How does environmental pollution affect living things? · Creating a campaign tool for ecosystem conservation	· Learn of the relationship between pollution and the ecosystem. · Make a campaign tool.
Soc	Sustainable Global	· Learn of the various environmental issues that are occurring globally.	· The current state of global warming and pollution. · The relationship between pollution and the ecosystem.
Art	Promotional Design	· Promote your love for friends	· Do a campaign to live together.
Math	Addition and Subtraction of Decimals	· Let's try adding and subtracting two-digit decimal numbers.	· Calculate your carbon footprint.

환경 문제 알아보기를 지구온난화와 환경오염 실태와 생태계의 관계로 확대하여 구성하였다. 미술에서는 “널리 알리는 디자인”의 친구 사랑 홍보하기와 더불어 살기에 맞게 환경 문제의 심각성 등을 홍보하는 더불어 살아가는 캠페인 디자인 도안, 제작하여 캠페인 활동으로 구성하였다. 수학에서는 “소수의 덧셈과 뺄셈” 단원의 소수 두 자리수 덧셈을 탄소중립과 관련하여 탄소발자국 계산하기로 구성하였다.

<Table 6> STEAM elements applied to the program.

STEAM	Contents
S	· Understanding global warming
	· Relationship between environmental pollution and ecosystem
	· Discussion of ways to prevent global warming and environmental pollution
T,E	· Making a plan and promotional tool to prevent global warming and environmental pollution
	· Drawing or designing campaign and promotional materials
A	· Calculate your carbon footprint

2) STEAM 요소와 교육단계

Kim et al.(2012)에 의하면, 과학은 탐구, 실험, 원리, 개념 중심이므로, 기술과 공학에서 강조하는 설계와 만들기 중심의 창의적 문제해결이 결합 되는 것이 STEAM 교육이라고 하였다. 과학과 기술, 공학을 융합하는 과정에서 예술적 감성과 디자인은 필수적인 것이며, 최종 산출물을 도출함으로써 학습자들이 과학, 수학에 대하여 흥미와 이해도를 높일 수 있고, 관련 내용인 기술, 공학, 예술적 요소까지도 배울 수 있는 것으로 본 것이다. 또한, Kim et al.(2012)은 STEAM 교육의 방법론적 관점에서 설계와 만들기 중심의 창의적 문제해결을 강조하였다.

본 연구에서는 Kim et al.(2012) 등이 주장하는 것을 고려하여, <Table 5>와 같이 재구성된 교과

서 내용을 STEAM 요소와 단계로 분류하여 <Table 6>에 비교·정리하였다. 과학과 관련 내용에서 재구성된 STEAM 요소는 지구온난화 현상, 환경오염과 생태계와의 관계 그리고 기술과 공학 영역에서는 지구온난화와 환경오염을 줄일 수 있는 기계 등을 설계하고 만들어 보고 토의하기이다. 예술과 관련해서는 홍보와 캠페인을 하기 위한 도안 디자인, 그리기, 캠페인 도구 만들기과 수학 교과에서는 탄소중립에 관한 탄소발자국 계산하기를 STEAM 요소와 결합하였다.

한편, Kim et al.(2012)은 STEAM 교육이 추구하는 교육의 이론적 근거를 정립하기 위해 융합인재 교육 실행 방향 정립을 위한 연구에서 상황 제시, 창의적 설계, 감성적 체험의 STEAM 교육 학습 준거를 제시하였다. 이에 따라 본 연구에서도 학습 준거를 도식화하여 <Table 7>에 나타내었다.

<Table 7> Activity contents of the integrated program based on the STEAM education learning standards framework(T: Time) .

STEP	T	Activity Contents
Presentation of the situation	2	· Learn of the seriousness of global warming and the message that informs us of the dangers to the Earth. · Learn about the relationship between environmental pollution and the ecosystem.
Creative design	5	· Discuss energy conservation methods to prevent global warming and environmental pollution · Calculate carbon footprints · Plan a campaign to live in harmony with nature
Expression and appreciation	2	· Conduct a campaign to live together at home, school, and in the community · Present what you felt and learned while conducting the project

학생들이 문제해결의 필요성을 느낄 수 있는 상황 제시에서는 “지구온난화의 심각성과 지구가 보내는 경고 알아보기”, “환경오염과 생태계의 관계 알아보기” 내용으로 구성하였다. 그리고 학생들이 스스로 문제해결 방법을 찾아가는 창의적 설계 영역에서는 “지구온난화와 환경오염을 막을 수 있는 에너지 절약법 토의하기”, “탄소발자국 계산하기”, “자연과 더불어 살아가기 위한 캠페인 계획하기” 마지막으로 학생이 문제를 해결하였다는 성공의 경험인 감성적 체험은 “가정, 학교, 지역에서 더불어 살아가기 캠페인 진행하기”, “프로젝트 진행하며 느낀 점, 배운 점 발표하기”로 구성하였다. 이 내용들을 구체화하면 다음과 같다.

첫째, 상황 제시에서는 학생들이 문제해결의 필요성을 구체적으로 느끼기 위한 장치이다. 이를 위해 주어진 상황의 문제는 학생들의 실생활 문제와 연계시키며, 이 단계를 통해, 문제 상황을

자기 문제로 인식한 학생들은 자기주도적 학습을 할 수 있을 것이다. 둘째, 창의적 설계는 학생이 어떤 상황에서 창의성, 효율성, 경제성, 심미성을 발현하여 최적의 방안을 찾아 지식, 제품, 작품을 산출하는 종합적인 과정이다. 창의적 설계의 과정은 학생들의 문제 정의 능력과 문제해결 능력을 배양한다. 또한, 설계 과정에서 여러 학문의 지식이 활용된다. 셋째, 감성적 체험은 STEAM 교육의 과정에서 학생들이 경험하는 인성적인 성장과 문제해결 및 학습에서의 성공적인 경험이다. 학생들은 학습에 대한 성공을 경험하면 지적 만족감 및 성취감을 느끼게 되고, 이는 새로운 문제에 대한 동기 유발과 도전에의 욕구 및 몰입의 의지를 부여할 수 있다.

나. STEAM을 고려한 초등학교 교과서 재구성 통한 환경 프로그램 수업안 개발

<Table 8> Lesson plan for presenting situations in environmental programs, LO:Learning objectives, LC: Learning contents, LS: Learning Step, SE: STEAM Elements

STEP	Present of the Situation	SE	S
LO	Learn for the seriousness of global warming, Learn for the relationship between environmental pollution and the ecosystem	Time	1~2
LS	Detailed Activities	Learning Strategies and Considerations	
Open	<ul style="list-style-type: none"> - Warning from the Earth ·Phenomena due to global warming ·Problems due to environmental pollution 	<ul style="list-style-type: none"> ·Present the problems caused by global warming and destruction of the ecosystem to students using visual educational materials. 	
LC Activities	<ul style="list-style-type: none"> - Learn about global warming ·Investigation of global warming. ·Investigation for the causes of global warming ·Imagine what will happen if global warming continues - Relationship between environmental pollution and ecosystem ·Understand the difference between weather and climate ·Understand the phenomenon caused by climate change ·Understand the impact of environmental pollution on the ecosystem ·Make an electric car that takes the environment into consideration 	<ul style="list-style-type: none"> ·Even if students have heard about global warming, teach them clearly what it is and what causes it. ·Teach students about climate change, which has recently become a global concern, and teach them about the causes of climate change and environmental pollution. 	
Organize	<ul style="list-style-type: none"> - Recognize the seriousness of global warming and climate change ·Recognize the need for countermeasures against global warming and climate change ·Anticipate and decide on project direction 	<ul style="list-style-type: none"> ·Ensure that the next learning period links activities to reduce carbon emissions and increase ecological awareness. 	

<Table 9> Lesson plan for Creative Design in environmental programs, LO: Learning objectives, LC: Learning contents, LS: Learning Step, SE: STEAM Elements

STEP	Creative Design		SE	S,T,E,A,M
LO	Discuss energy saving methods to prevent global warming and pollution, Calculate carbon footprint, Plan campaign activities		Time	3~7
	LS	Detailed activities	Learning Strategies and Considerations	
Open		- Attack of Carbon Dioxide	·Let's think about the causes of carbon dioxide emissions through video materials.	
		·Find out the cause of global warming		
LC	Activ ities	·Find out the cause of carbon dioxide generation	·In order to approach carbon footprint and carbon reduction activities, it is necessary to understand why carbon is a problem. ·Carbon Footprint ·The total amount of greenhouse gases, especially carbon dioxide, generated by an individual, company, country, or other group through the entire process of producing and consuming activities or products.	
		- How to Reduce Carbon Dioxide Emissions		
		·Find out how to save electricity to reduce carbon dioxide emissions		
		·Find out why reducing tap water usage reduces carbon emissions		
		- Calculate your carbon footprint		
		·Find out what a carbon footprint is		
		·Check your electricity bill and calculate your household carbon footprint		
		·Plan a campaign		
		·Organize ways to reduce carbon emissions		
		·Decide on a slogan and rules to use in your campaign		
	·Make an energy-saving advertisement			
Orga nize		- Share the campaign poster	·It makes you think about how to use the poster so that you can use it in an actual campaign.	
		·Talk about what you felt when you saw your friend's poster		
		·Think about how to use it in the campaign		

<Table 8>, <Table 9>, <Table 10>은 초등학교 6학년 수준을 고려하여 STEAM 기반 환경교육 프로그램 지도안이다. 과학, 기술, 공학, 예술, 수학 교과에서 추출한 요소를 STEAM 단계에 연계하여 상황 제시(<Table 8>), 창의적 설계(<Table 9>), 감성적 체험(<Table 10>)이 가능한 수업안을 작성하였다. 초등학생들의 경우 수업에 대한 몰입과 집중도가 떨어지기 때문에 학생들의 수업 집중도와 흥미를 높이기 위해 차시마다 블록 타임제를 적용하였다. 상황 제시 단계에서는 주변에서 흔히 접할 수 있는 지구 환경 문제의 심각성과 학생들의 흥미를 유발하기 위해 시청각 자료를 활용하여 수업할 수 있도록 구성하였다.

창의적 설계 단계 수업 중에는 주어진 문제 상황에 대하여 학생들이 스스로 해결 방법을 탐색하며, 탐색한 정보를 바탕으로 학생들 간 토론·토의를 통해 아이디어를 다양하게 산출하며, 그 아이디어를 구체화하는 설계도를 작성하여 산출

물을 만들도록 하였다. 한편, 학생들의 원활한 과제 해결을 위하여 약 4명의 소규모 집단을 구성하였으며 산출물 제작 과정에서 필요한 물품들은 학생들이 주변에서 쉽게 구할 수 있는 재활용품이나 물건들로 구성하도록 강조하여 산출물 제작 과정도 환경 내용이 이어지도록 수업을 계획하였다. 마지막에 문제 상황을 발견하거나 정보를 찾는 과정, 그리고 산출물을 찾는 과정에서 학생들의 생각을 수정·보완할 수 있는 기회를 제공하였고, 자신이 낸 아이디어를 친구들 앞에서 설명하거나 모둠별 토의할 수 있도록 하였다. 이 과정을 통하여 학생 스스로 차시에서 배운 내용을 스스로 정리할 수 있도록 기회를 부여하였고, 수업 내용에 대한 이해력을 높일 수 있도록 수업을 구성하였다. 그리고 창의적 설계 단계에서는 제작한 산출물을 다시 수정·보완하는 기회와 제작에 실패한 학생들에게는 재제작 기회를 부여하고, 산출물 제작에 성공한 학생들에게도 다른 학생들

<Table 10> Lesson plan for Aesthetic Sensibility in environmental programs, LO: Learning objectives, LC: Learning contents, LS: Learning Step, SE: STEAM Elements

ST EP	Aesthetic Sensibility		SE	S, A
LO	-Running a campaign to live together at home, school, and in the community -Looking back at the entire project		Time	8~9
LS	Detailed activities		Learning Strategies and Considerations	
Open	-Planning how to run a campaign -Select a campaign location -Decide on a route and message depending on the location		·Since students may feel embarrassed about campaign activities, teachers teach them that active participation is a meaningful activity.	
LC Activ ities	- Campaign activities at home -Inform your family about the need to save electricity -Make a commitment to practice at home - Campaign activities at school -Conduct campaign activities during lunch hours -Hold an energy-saving song contest - Campaign activities in your local area -Look at examples of environmental activists -Conduct campaign activities in your local community - Finishing the entire project		·Guide families and schools to connect by setting a practice promise for saving electricity at home. ·Look at the campaign activities of environmental activists in the news and learn that our campaign activities are no different from those of environmental activists.	
Orga nize	·Sharing what you learned while working on the project ·Strengthening the will to practice energy conservation in daily life		·Ensures that energy savings continue in everyday life.	

의 의견과 아이디어를 참고하여 산출물의 개선 기회를 부여하였다. 이 과정을 통하여 다른 학생들의 아이디어를 자기화하는 과정을 거쳐 수업의 흥미도와 산출물 완성도를 높일 수 있도록 구성하였다. 감성적 체험에서는 자신이 발명한 것을 캠페인 하는 실천과 환경오염에 대한 홍보활동을 할 수 있게 구성하였으며, 발표와 토론을 구성하여 서로 상호 의견을 존중하고 자신을 돌아보고 보완할 수 있는 시간을 가지게 하였다.

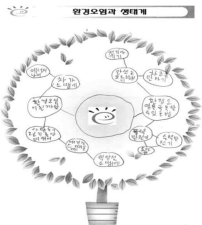

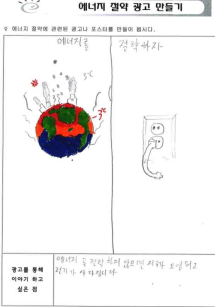
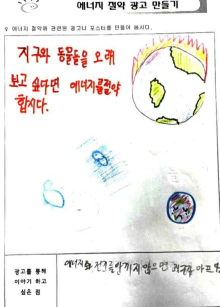
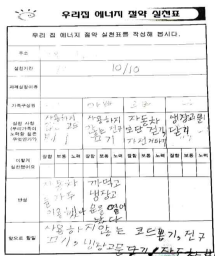
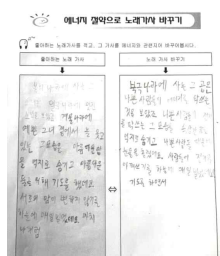
3. STEAM 기반 환경교육 프로그램 적용

<Table 11>은 각각의 PS(Present of the Situation, 상황제시), CD(Creative Design, 창의적 설계), AS(Aesthetic Sensibility, 미적 감성) 체험 단계에 대한 학생들의 결과물 중 두 명의 대표적 학생들의 산출물이다.

<Table 11>의 상황 제시에서는 학생들에게 중앙에 해맑은 얼굴이 있는 원, 화분 모양의 나무

로 표현되는 마인드맵 활동지를 지급하고 참여 학생들이 환경오염, 에너지, 생태계, 탄소중립 등에 대한 학생들의 생각을 작성하게 한 것이다. A 학생은 나뭇가지가 뻗어나가는 것 같은 여러 개의 말풍선에 “전기 안 끄기”, “안 쓰는 플러그 뽑기”, “화장실 쓸 때 불 끄기”, “쓰레기를 아무 데나 버릴 때”와 환경 보호를 위한 노력에는 자연 친화적 에너지인 “태양광 쓰기”, “풍력 발전기”, “수력 발전기”, “에너지 낭비 X”, “사람들이 전기 줄이면 되겠어!”라고 적었다. 전반적으로 A 학생은 에너지 절약과 청정에너지 사용(태양광, 풍력, 수력 발전)을 통해 환경오염을 줄이고 생태계를 보호하자는 것과 환경 문제를 고민하고, 실천할 방법들을 자연스럽게 표현하였다. B 학생은 A 학생과 같이 가지치기 형태로 뻗어나가는 여러 개의 말풍선에 환경오염과 관련한 내용으로 “전기 안 끄기”, “안 쓰는 플러그 뽑기”, “화장실 쓸 때 불 안 끄기”, “차를 많이 타기”와 에너지 절약을

<Table 11> Present of the Situation(PS), Creative Design(CD), and Aesthetic Sensibility (AS) student results

ST EP	Student Outcomes by Step	
	A Student	B Student
PS		
CD		
AS		

통한 환경오염 줄이기를 표현했으며 대체 에너지에 대한 “태양광 쓰기”, “풍력 발전기”, “수력 발전기”, “햇빛을 전기로 사용”,과 같은 에너지 낭비 줄이기를 제시하였다. 마인드맵 활동으로부터 참여 학생들이 환경 보호와 에너지 절약에 대해 얼마나 다양한 관점을 가지는지 알 수 있었다.

<Table 11>의 창의적 설계 단계의 수업에서는 대표적인 두 학생의 활동지 예를 보여주고 있다. A 학생은 환경과 에너지 문제를 해결하기 위해 “내가 꿈꾸는 환경 기기”라는 제목으로 탄소중립

에 대한 창의적으로 설계한 자신의 발명품을 설계했다. A 학생이 설계한 것을 보면 지구 위에 굴뚝에서 연기가 피어오르고, 여러 곳에서 이산화탄소가 배출되는 모습이 그려져 있으며, 이산화탄소가 대기 중에 많이 퍼져 있고, 이는 지구 온난화나 대기오염을 상징하는 것을 표현하였다. 그리고 “CO₂ 빨아들이는 기계”라는 문구가 있어, A 학생이 설계한 기계가 이산화탄소를 흡수하여 환경을 개선하는 발명품임을 알 수 있다. 이산화탄소를 흡수하는 기계의 형태가 간단한 스케치로 표현되어 있으며, 흡입구처럼 보이는 부분이 강조되어 있다. 아이디어의 핵심은 지구 주변의 공기 중 해로운 가스를 빨아들여 정화하는 장치를 설계한 것이다. 또한 이 기계를 공장 옆이나 도심에 설치하면 공기를 정화하고 지구온난화를 막는 데 도움이 된다는 내용이 담겨 있다. A 학생의 아이디어는 공기 정화 기술과 비슷한 개념을 담고 있으며, 어린이의 상상력과 환경 의식이 돋보인다.

B 학생은 내가 꿈꾸는 환경 기기로서 학생의 상상 속 발명품을 시각적으로 창의적 설계를 하였다. 상단 문구에 “지구를 깨끗이 오래 보존하려면 에너지를 절약해요.”라는 문구를 통해 환경을 보호하기 위해 에너지 절약의 중요성을 강조하고 있으며, 지구의 모습이 그려져 있으며, 푸른 바다와 초록의 육지가 깨끗하고 건강한 지구를 표현하고 있다. 또한 여러 개의 에어컨 실외기 그림이 있고, 에어컨에서 나오는 바람이 강조되어 있고, 에너지 절약과 연결된 모습이다. B 학생 그림의 하단에는 발명품을 설명하고 있다. 발명품은 전기 절약 에어컨이며, 친환경적 의미를 담고 있다. 그리고 에너지를 덜 쓰면서도 시원한 바람을 내보내는 기능을 갖춘 기계를 구상한 것이다. B 학생은 실생활에서 자주 사용하는 전자 기기(에어컨)를 주제로 선택함으로써 현실적인 환경 문제와 연결된 창의적 사고력을 보여주고 있다.

<Table 11>의 미적 감성 체험 단계의 수업에서

는 A 학생의 경우 지구환경과 에너지에 관한 캠페인 활동 계획을 수립하였다. 이 활동지에는 캠페인 내용, 장소, 일시, 그리고 실천할 일과 홍보 자료를 만들기 위한 도구와 준비물이 잘 표현되어 있다. A 학생의 활동지는 창의적 설계 단계 수업에서 발명 아이디어를 넘어서, 학생 스스로 실천 가능한 환경 보호 활동을 계획하고 주도했다는 점에서 의미가 있다.

B 학생 활동지에서는 환경과 관련된 “나의 생각 정리”라는 제목으로 활동을 시작하기 전 나의 생각, 활동을 마친 후 나의 생각으로 구성되어 있다. 활동을 시작하기 전 생각을 환경이 오염되고 있다는 사실을 알고 있지만, 내가 무엇을 해야 할지 몰랐던 상황을 표현하고 있으며, 지구를 위해 무엇을 할 수 있을까 고민하는 모습이 담겨 있다. 활동을 마친 후 환경과 에너지에 대해 더 많이 알게 되었고, 캠페인을 통해 실천할 수 있었다는 점을 밝히고 있다. 그리고 참여 학생들의 활동은 단순한 정보 습득이 아니라, 스스로 변화 과정을 기록하며 성찰하는 활동이었다. 참여 학생은 처음에는 막연했지만, 캠페인 경험을 통해 실천 가능한 방법들을 배우고 실행하게 되었다. 이러한 성찰 활동은 환경교육의 궁극적인 목표인 지속 가능한 삶의 실천력 향상에 큰 도움이 될 것이다.

4. 프로그램 적용 전·후의 학생들의 설문조사 및 면접조사 결과

가. 프로그램 전후의 설문조사 결과

<Table 12>는 STEAM 기반 환경교육 프로그램 적용 전·후 생태 감수성에 대한 설문조사 결과를 정리한 표이다. 전체적으로 STEAM 환경교육 프로그램을 적용하기 전·후로 학생들의 환경에 대한 정의적, 인지적, 행동적 영역에서 상당한 변화가 관찰되었다. 정의적 영역에서, 환경개선 참여 태도에 대한 사전 평균은 2.46에서 사후 평균 4.08로 상승했고, 환경 쟁점 선택 태도는 2.33에서 4.60으로 향상되었다. 환경윤리는 사전 사후

평균이 1.95에서 4.45로 증가했다. 정의적 영역 전체 사전 사후 평균도 2.25에서 4.38로 증가하여 학생들의 환경에 대한 감정적 태도가 크게 향상된 것을 볼 수 있으며 유의 확률 p 값이 모든 항목에서 0.000으로 사전 사후검사 결과의 비교는 통계적으로 유의미한 결과를 보였다.

인지적 영역에서도 정의적 영역의 설문조사 결과와 유사한 변화가 나타났다. 환경오염의 원인과 해결 방법에 대한 지식은 사전 사후 평균이 2.38에서 4.58로 생태계 보존의 필요성과 방법에 대한 이해는 2.08에서 4.54로 그리고 친환경에 대한 지식도 1.87에서 4.61로 증가하였다. 인지적 영역 전체 사전 사후 평균은 2.11에서 4.57로 상승하여 학생들의 환경 관련 지식이 크게 향상되었다. 인지적 영역에서 사전 사후의 차이는 통계적으로 유의미한 결과를 얻었다.

행동적 영역에서는 환경 문제 해결에 대한 실질적 참여가 사전검사 평균 1.91에서 사후검사 평균 4.61로, 환경관리에 대한 참여는 2.29에서 4.62로, 실천 강화를 위한 사람들에게 설득과 권유에 대한 태도는 2.06에서 사후검사 평균 4.52로 증가했으며, 환경 관련 쟁점 해결을 위한 의사결정은 2.08에서 3.79로 향상되었다. 행동적 영역 전체 사전 사후 평균도 2.09에서 4.39로 상승하였다. 이러한 사전 사후의 평균값 차는 유의미한 결과를 보였다. 정의적 영역에서는 환경개선 참여 태도와 환경윤리에 대한 인식이 크게 향상되었고, 인지적 영역에서는 환경오염의 원인과 해결 방법에 대한 이해가 강화되었다. 또한, 행동적 영역에서도 환경 문제 해결에 대한 실질적 참여가 눈에 띄게 증가하였다. 종합적으로 학생들은 STEAM 기반 환경교육 프로그램을 통해 정의적, 인지적, 행동적 영역에서 모두 큰 향상을 보였다. 가장 큰 변화를 보인 영역의 순서는 인지적 영역>행동적 영역>정의적 영역으로 나타났다. STEAM 기반 환경교육 프로그램이 학생들의 환경에 대한 태도에 미치는 영향을 분석한 연구 결과는 다양하다(Kim et al., 2016; Lee, 2017).

<Table 12> Pre- and post-program surveys on the cognitive, affective, and behavioral environments of students participating in the program

Domain	Survey Contents	Pre		Post		t	p
		M	SD	M	SD		
Affective	1. Attitude toward environmental improvement	2.46	.82	4.08	.75	11.6	.000
	2. Attitude toward environmental issues	2.33	.78	4.60	.62	17.34	.000
	3. Environmental ethics	1.95	.63	4.45	.71	20.49	.000
Total		2.25	.74	4.38	.69	16.26	.000
Cognitive	4. Causes and solutions to environmental pollution	2.38	.73	4.58	.70	16.79	.000
	5. Need for ecosystem conservation and methods	2.08	.53	4.54	.51	26.02	.000
	6. Knowledge of eco-friendly behavior	1.87	.70	4.61	.76	20.76	.000
Total		2.11	.65	4.57	.66	20.05	.000
Behavior	7. Participation in solving environmental problems	1.91	.74	4.61	.40	24.44	.000
	8. Environmental management	2.29	.69	4.62	.55	20.98	.000
	9. Persuasion and recommendation for practice	2.06	.63	4.52	.76	18.50	.000
	10. Decision making for resolving environmental issues	2.08	.60	3.79	.78	13.50	.000
Total		2.09	.66	4.39	.62	19.85	0.000

예를 들어, Kim et al.(2016)은 초등학교 고학년 학생들을 대상으로 기후변화 교육프로그램을 적용한 결과, 사전검사와 사후검사에서 환경에 대한 인식 및 태도와 행동이 유의미하게 향상된 것으로 나타났다. 이들의 연구 결과는 본 연구의 결과와 비슷하였다. Lee(2017)는 학교·사회 환경교육 연계프로그램이 학생들의 환경에 대한 지식, 인식과 태도, 행동에 미치는 영향을 분석하였다. 이 연구에서는 프로그램에 참여한 학생들이 환경에 대한 지식, 태도, 행동 수준이 모두 상승하였으며 이러한 연구 결과는 본 연구 결과와 일치하였다. 따라서 STEAM 기반 환경교육 프로그램은 학생들의 환경에 대한 태도와 행동에 긍정적인 영향을 미칠 수 있음을 시사한다.

<Table 13>은 STEAM 기반 환경교육 프로그램 적용 전·후의 에너지와 환경에 대한 학생들의 면담 내용을 정리한 것이다. 첫 번째 ‘에너지에 대해 알고 있는 것을 말하십시오.’에 대한 학생들의 프로그램 적용 전 응답은 “과학적 접근에 따른 에너지의 원리와 활용에 대한 기본 개념보다는 단지 에너지 절약이 중요하다.”라는 생각이 지배적이었다면 사후 면담에서 에너지가 인간의 삶의 질을 향상시키며, 에너지를 이용하여 기계, 물체 등을 움직여 일을 할 수 있다. 에너지의 과학적 원

리와 그 활용 가능성에 대해 이해했다. 예를 들면 한 학생은 사전에는 이 질문에 “전기요 음... 태양에너지인가?”라고 답했는데 사후에는 “에너지가 있으면 사람이 일을 쉽게 할 수 있습니다”라고 변화된 답을 했다.

두 번째, ‘에너지를 절약해야 하는 이유가 무엇인지 말해 봅시다.’에 대한 프로그램 적용 전 학생들의 이해 수준은 지구온난화의 원인에 대해 알고 있지만 전기 자체가 환경을 오염시키는 것으로 이해했으며 에너지 절약은 전기를 사용하지 않는 것으로 생각했으며, 전기의 사용이 환경에 오염을 준다고 생각했다. 사후 면담에서는 전기세와 같은 직접적인 경제적 영향을 인식하였다. 예를 들면, 어떤 학생은 사전에는 “모든 방의 전기불을 꺼야 해요, 아껴 써야 해요”라고 말했는데 사후에는 “전기세가 많이 들어요”, “돈이 많이 들어요”라고 말했다. 화석 연료를 사용하여 생산된 에너지가 환경을 오염시킨다는 점을 이해하고 에너지 절약이 경제적 부담을 줄이고 환경 보호에 기여한다고 인식하였다.

세 번째, ‘환경오염에 대해서 아는 대로 이야기해 봅시다.’에 대해 프로그램 적용 전의 학생들의 이해 수준은 환경오염에 대해 학습 경험이 있지만 그 이해는 단편적이었다. 또한 환경오염의

<Table 13> Comparison of pre- and post-interview results of students on energy and environment distribution according to number of participants

Question	Pre-interview student responses	Post-interview student responses
1. Tell me about the energy you know	·Students only think that they need to conserve energy without understanding the scientific principles of energy.	·Energy improves the quality of human life, and humans can use energy to move machines, objects, etc.
2. Tell me why we need to save energy	·Students know about the causes of global warming, but they believe that electricity itself pollutes the environment.	·Students know that energy has a direct economic impact on us, such as in electricity bills, and that energy produced by humans using fossil fuels pollutes the environment.
3. Tell me about the environmental pollution you know	·Although students had learning experiences and ecological experiential learning experiences regarding environmental pollution, they had only fragmentary knowledge about the causes of environmental pollution and pollutants.	·Students understand environmental pollution by dividing it into soil, air, and water quality, and they also know that these affect each other.
4. Tell me about the carbon you know	·Students had heard about carbon neutrality and carbon emissions through mass media, but they did not know how carbon affects the Earth.	·Students know that carbon contributes to global warming and that carbon emissions must be reduced to prevent global warming.
5. What would you like to know or do about carbon neutrality?	·Students had heard of the term carbon neutrality, but did not clearly know what it meant.	·Students are interested in carbon neutrality to prevent global warming and know active methods such as planting trees.

원인과 오염 물질에 대해 깊이 있는 이해보다는 지리산의 반달곰에 대한 예를 제시하면서 생태 학습 경험을 말하였다. 사후 면담에서는 환경오염을 토양, 대기, 수질 등으로 세분화하여 이해하였으며, 환경오염은 각 요소들이 서로 영향을 주는 복잡한 상호작용 현상이라는 것을 인식하였다. 예를 들면, 사전에 “자동차 가스는 공기를 오염시켜요”라고 말했는데 사후에는 “오염된 가스가 미세먼지를 만들고 음... 빗물과 섞여 땅으로 들어가 땅을 더럽혀요”라고 말했다. 이는 환경오염에 대해 보다 종합적이고 체계적으로 이해하고 있다는 것을 의미한다.

네 번째, ‘탄소에 대하여 아는 대로 말해 봅시다.’에 대한 프로그램 적용 전의 학생들의 이해 수준은 대중매체를 통해 탄소중립이나 탄소 배출량에 대해 들어본 적이 있었으나, 탄소의 역할이 무엇인지 구체적으로 이해하지 못하고 탄소를 단순히 “나쁜 물질”로 인식하였다. 사후 면담에서는

탄소가 지구온난화에 영향을 미친다는 점을 명확히 이해하고, 지구온난화를 예방하기 위해 탄소 발생을 줄여야 한다는 개념을 갖게 되었다. 예를 들면, 한 학생은 “물을 깨끗이 하는데 탄소가 발생하니까...”이라고 말했던 학생이 사후에는 “탄소는 지구온난화의 진짜 범인이니깐 탄소를 잡자”라고 답했다. 다섯 번째, ‘탄소중립을 알고 있는지 탄소중립을 위해 해보고 싶은 일은 있는가?’에 대한 사전 면담에서는 탄소중립이란 용어를 명확하게 이해하지 못했고 일부 학생들만 매체를 통해 탄소중립이란 용어를 들었다고 하였으며, 구체적인 의미나 중요성을 인식하지 못하였다. 사후 면담에서는 탄소가 배출된 만큼 다시 흡수한다는 개념을 정확히 알고 있었다. 지구환경과 온난화의 극복을 위해 탄소중립이 필요하며 탄소중립의 중요성을 알리기 위해서 동아리 같은 단체를 만들기를 원했다.

본 연구의 설문조사와 면담조사로부터 종합해

보면, STEAM 기반 환경교육 프로그램이 학생들의 환경에 대한 정의적, 인지적, 행동적 태도와 행동에 긍정적인 영향을 미친 것으로 분석된다. 프로그램 적용 후 학생들은 환경개선과 보존에 대해 더 긍정적인 태도를 가지게 되었고, 환경 문제에 대한 지식과 실천이 크게 향상되었다.

IV. 결 론

본 연구는 초·중·고등학교 교과목의 교과서에 환경 및 에너지 관련 내용을 분석하고, 이들 내용의 연계성을 찾아 상위의 개념, 주제어, 내용을 기초하여 초등학교 6학년 수준에 적합한 STEAM 기반 환경교육 프로그램을 개발 및 적용하여 그 효과를 검증하였다. 연구 결과를 종합하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 초·중·고 교과서의 환경 및 에너지 내용은 같은 교과목 내에서는 학교급에 따라 점진적, 체계적으로 심화되며, 교과 간에도 상호 연계되는 흐름이 존재하고 확대됨을 확인하였다. 초등학교는 주로 실생활과 관련된 기초 개념 중심(예: 에너지 절약, 재활용 등), 중학교는 과학적 원리 및 사회적 맥락 확대(예: 지구온난화, 온실효과, 생태계 다양성 등), 고등학교는 과학적 이론의 심화와 사회·정치적 해석(예: 탄소중립, 국제 협약, 지속가능발전 목표 등)에 초점을 두고 있다. 최종적으로 환경 문제 해결, 재난·재해 그리고 탄소중립과 관련된 기후변화, 지구온난화로 연결된다. 이러한 연계 구조는 환경교육을 단일 교과에서만 접근하기보다 융합적 사고를 기르기 위한 체계적 접근이 가능함을 시사한다.

둘째, 교과서 분석에서 기후변화, 지구온난화, 환경문제해결, 재난·재해 등의 최종 학습 내용을 도출하여 도출된 내용을 반영하여 STEAM 기반 환경교육 프로그램을 개발하였다. 특히 ‘함께 살기’를 주제로 구성된 STEAM 기반 환경교육 프로그램은 상황 제시-창의적 설계-감성적 체험의

세 단계로 운영되었으며, 학생들이 스스로 환경 문제의 심각성을 인식하고, 창의적인 해결 방안을 설계하며, 이를 실천 및 표현하는 전 과정을 경험할 수 있는 9차시 분량의 STEAM 기반 환경교육 프로그램 지도안을 개발하였고, 개발된 프로그램을 초등학교 6학년 30명에게 적용하였다.

셋째, STEAM 기반 환경교육 프로그램을 학생들에게 적용 전·후 설문조사 및 면담조사를 하였다. 설문조사 결과, 학생들의 정의적, 인지적, 행동적 영역 모두에서 유의미한 변화가 나타났다. 정의적 영역에서는 환경개선 참여 태도와 환경윤리에 대한 의식이 뚜렷하게 증가하였으며, 인지적 영역에서는 환경오염, 탄소중립, 에너지의 과학적 원리에 대한 이해도가 크게 향상되었고, 행동적 영역에서는 환경 보호를 위한 실천 의지와 타인에 대한 설득 및 캠페인 참여 등 적극적인 태도 변화가 나타났다. 이는 STEAM 교육이 단순 지식 전달을 넘어 학습자의 자기 주도성과 실천력, 공감 능력을 신장시키는 효과적인 접근 방식을 확인시켜 준다. 면담조사 결과, 학생들은 프로그램 이후에도 환경 관련 동아리 활동, 캠페인 참여, 가정 내 실천 등 다양한 후속 행동 의지를 보였다. 이는 환경교육이 단지 인지적 이해에 머물지 않고, 행동으로 연결될 수 있고, 지속가능한 학습이 될 수 있는 것을 실증적으로 보여준다. 따라서 본 연구는 단순한 환경 지식 전달을 넘어, 융합형 환경교육의 필요성과 실천 가능성을 확인하였으며, 초등학교 교육 현장에 적용가능한 STEAM 기반 환경교육 프로그램이 학생들의 생태 감수성과 환경 의식 함양에 효과적으로 도움이 될 것으로 기대한다.

References

- Chen L, Msigwa G, Yang M, Osman A, Fawzy, S, Rooney DW and Yap PS(2022). Strategies to achieve a carbon neutral society:a review. Environmental Chemistry Letters, 20, 2277~2310.

- <https://link.springer.com/article/10.1007/s10311-022-01435-8>
- Choi JH(2023). Study on Renewable Energy Deployment Policies for Achieving Carbon Neutrality by 2050. Korea University MD thesis. <https://www.riss.kr/link?id=T16827000>
- Hungerford HR and Volk TL(1990). Changing Learner Behavior Through Environmental Education. *The Journal of Environmental Education*, 21(3), 8~21. <https://doi.org/10.1080/00958964.1990.10753743>.
- Jeong SM, Na WB and Seo YC(2020). University Social Responsibility Through Marine Environmental Education Projects: A Case Study Based on Survey of Participating Students. *Journal of Fisheries and Marine Sciences Educatio*, 32(4), 951~966. <https://doi.org/10.13000/JFMSE.2020.8.32>.
- Kang J and Kim E(2019). A Study on the Nature Environmental Sensitivity and Careful Thinking of Young Children according to the Forest - Experiencing Activity Based on the Education of Sustainable Development. *Journal of Future Early Childhood Education*, 26(1), 231~255. <http://dx.doi.org/10.22155/JFECE.26.1.231.255>
- Kim JH(2021). Application of Project-Based Learning Methods in Elementary Schools for Fostering Creative and Convergence-Oriented Talents. *Journal of Creativity and Convergence*, 1(2), 91-102. <http://dx.doi.org/10.23021/JCC.2021.1.2.91>
- Kim SL and Shin YJ(2019). The Effect of the Experience-based Ecology-Environmental STEAM Program on Ecological Sensitivity of Elementary Students. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 38(4), 465~474. <https://doi.org/10.15267/keses.2019.38.4.465>
- Kim SW, Chung YL, Woo AJ and Lee H(2012). Development of a Theoretical Model for STEAM Education. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(2), 388~401. <https://doi.org/10.14697/jkase.2012.32.2.388>
- Kim YR, Yang SW and So KH(2016). Effects of New and Renewable Energy Learning Program applying STEAM on the Elementary Students' Environmental Literacy and Science-related Attitudes. *Korean Journal of Environmental Education*, 29(1), 66~78. <http://gx.doi.org/10.17965/kjee.2016.29.1.66>
- Lee SG(2017). Effects of Eco-STEAM Program on Elementary School Students' Environmental Literacy and STEAM Attitude. *Journal of the Korean Society of Earth Science Education*, 10(1), 62~75. <https://doi.org/10.15523/JKSESE.2017.10.1.62>
- Lee SH(2012). Effects of STEAM-based Environmental Program for Elementary School Students' Environmental Literacy. *Korean Journal of Environmental Education*, 25(1), 66~76. <https://www.riss.kr/link?id=A60081891>
- Lee SY and Bae J(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. *The Korean Society of Energy and Climate Change Education*, 10(2), 157~168. <https://www.riss.kr/link?id=A107025307>
- Lyu KH and Shin YJ(2014). The Effects of Out-of-Class Environmental Experience Learning on Elementary Students' Environmental Literacy. *Journal of Korean elementary science education*, 33(1), 69~81. <https://www.riss.kr/link?id=A99928117>
- Park HJ(2021). Is Carbon Neutral Policy Compatible with Sustainable Economic Growth?. *Environmental and Resource Economics Review*, 30(2), 347~364. <https://doi.org/10.15266/KEREA.2021.30.2.347>
- Park JJ, Lee DG and Kim KD(2019). Reviews on Experiments for Environmental Education through Analysis of Environmental Experiment. *Korean Journal of Environmental Education*, 32(2), 139~159. <http://doi.org/10.17965/kje.2019.32.2.139>
- Yoon JA and Nam Y(2020). Comparison of the Science Education Curriculum and the Environmental Education Curriculum for Promoting Environmental Education. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 41(2), 155~175. <https://doi.org/10.5467/JKESS.2020.41.2.155>

-
- Received : 14 April, 2025
 - Revised : 07 May, 2025
 - Accepted : 13 May, 2025