creative commons
COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[UCI]I804:24011-200000499318

2021년 8월

교육학석사(생물교육)학위논문

아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램의 효과성 탐색

조선대학교 교육대학원

생물교육전공

윤 세 현

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램의 효과성 탐색

Exploring Effectiveness of ECO-STEAM Program Using Arduino

2021년 8월

조선대학교 교육대학원

생물교육전공

윤 세 현

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램의 효과성 탐색

지도교수 김 선 영

이 논문을 교육학석사(생물교육)학위 청구논문으로 제출함.

2021년 4월

조선대학교 교육대학원

생물교육전공

윤 세 현

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

윤세현의 교육학 석사학위 논문을 인준함.

심사위원장 조선대학교 교수 조 은 희 인

심사위원 조선대학교 교수 조 정 훈 인

심사위원 조선대학교 교수 김 선 영 인

2021년 6월

조선대학교 교육대학원

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

목 차

표 목 차 ····· iv
그림목차 ····· vi
ABSTRACT ····· vii

Ⅰ. 서론 ····· 1
1. 연구의 필요성 ····· 1
2. 연구문제 ····· 5
3. 연구의 제한점 ····· 5

Ⅱ. 이론적 배경 ····· 6
1. 환경교육 ····· 6
가. 환경교육의 필요성 ····· 6
나. 우리나라에서의 중등 환경 교육과정 ····· 6
다. 환경교육을 위한 교수-학습 전략 ····· 9
2. ECO-STEAM 교육 ····· 12
가. STEAM 교육의 개념 ····· 12
나. ECO-STEAM 교육 ····· 17
3. 아두이노(Arduino) ····· 18

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

4. 선행연구 고찰 ····· 23
가. 환경교육 프로그램 개발 관련 선행연구 ····· 23
나. ECO-STEAM 교육 관련 선행연구 ····· 29
다. 아두이노(Arduino)를 활용한 환경교육 선행연구 ····· 34

Ⅲ. 연구 방법 ····· 38
1. 연구 절차 ····· 38
2. 연구 대상 ····· 39
3. 수업 처치 ····· 39
가. 상황제시 단계 ····· 42
나. 창의적 설계단계 ····· 43
다. 감성적 체험단계 ····· 46
라. 평가 및 새로운 문제 도전단계 ····· 49
4. 검사 도구 및 분석 방법 ····· 50
가. 환경 책무성 행동 검사 도구 ····· 51
나. 학생 심층 면담 ····· 53
다. 질적자료 연구 방법 ····· 56

Ⅳ. 연구 결과 ····· 59
1. 환경 책무성 행동에 미치는 영향 ····· 59
가. 환경 쟁점에 대한 기능 ····· 60

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

나. 환경에 대한 가치 ····· 80
다. 통제의 위치 ····· 90
라. 예비생물교사의 환경 책무성 행동의 변화 ····· 99
2. 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램에 대한 예비생물교사의 인식 ····· 103
가. ECO-STEAM 교육의 필요성 및 효과성 ····· 105
나. ECO-STEAM 교육의 어려움 및 부담감 ····· 108

Ⅴ. 논의 ····· 111
Ⅵ. 결론 및 제언 ····· 118
1. 결론 ····· 118
2. 제언 ····· 121

참고문헌 ····· 123
부 록 ····· 132
부록 1. 환경책무성행동 검사지 ····· 133
부록 2. 교수학습 과정안 ····· 135

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 목차

<표 Ⅱ-1> 환경교육의 성격과 목표 ····· 8
<표 Ⅱ-2> 2015 개정 과학과 교육과정의 환경 관련 단원 ····· 11
<표 Ⅱ-3> STEAM 수업 설계 준거 틀 ····· 15
<표 Ⅱ-4> STEAM 교육 교수-학습 단계 ····· 16
<표 Ⅱ-5> 피지컬 컴퓨팅 형태에 따른 분류 ····· 20
<표 Ⅱ-6> 컴퓨팅 시스템 내용 체계 ····· 22
<표 Ⅱ-7> 환경교육 프로그램 개발 관련 선행연구 ····· 27
<표 Ⅱ-8> ECO-STEAM 교육 관련 선행연구 ····· 32
<표 Ⅱ-9> 아두이노를 활용한 환경교육 선행연구 ····· 36
<표 Ⅲ-1> ECO-STEAM 활동 수업 처치 ····· 40
<표 Ⅲ-2> 상황제시 단계 교수·학습 활동 ····· 43
<표 Ⅲ-3> 창의적 설계단계 교수·학습 활동 ····· 44
<표 Ⅲ-4> 감성적 체험단계 교수·학습 활동 ····· 47
<표 Ⅲ-5> 평가 및 새로운 문제 도전단계 교수·학습 활동 ····· 50
<표 Ⅲ-6> 환경 책무성 행동 검사 도구 측정 변인 ····· 52
<표 Ⅲ-7> 환경 책무성 행동 검사 도구 신뢰도(Cronbach's α) ····· 53
<표 Ⅲ-8> 환경 책무성 행동의 변화에 대한 심층 면담 주요 내용 ····· 55
<표 Ⅲ-9> ECO-STEAM 프로그램의 인식에 대한 심층 면담 주요 내용 ····· 55
<표 Ⅲ-10> 심층 면담 결과 일치도 ····· 58
<표 Ⅳ-1> 환경 책무성 행동 *t*-test 검사 결과 ····· 60
<표 Ⅳ-2> 환경 쟁점에 대한 기능과 관련된 범주 ····· 60
<표 Ⅳ-3> 환경 쟁점에 대한 기능 심층 면담 결과 ····· 63
<표 Ⅳ-4> 환경에 대한 가치와 관련된 범주 ····· 80
<표 Ⅳ-5> 환경에 대한 가치 심층 면담 결과 ····· 83
<표 Ⅳ-6> 통제의 위치와 관련된 범주 ····· 91

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

<표 Ⅳ-7> 통제의 위치 심층 면담 결과 ····· 93
<표 Ⅳ-8> 예비생물교사의 환경 책무성 행동의 변화 심층 면담 결과 ····· 100
<표 Ⅳ-9> ECO-STEAM 프로그램의 중등학교 현장 적용 가능성과 관련된 범주 ····· 104
<표 Ⅳ-10> ECO-STEAM 프로그램의 중등학교 현장 적용 가능성 심층 면담 결과 ····· 104

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그림 목차

[그림 Ⅱ-1] 김진수의 STEAM 큐빅모형 ····· 14
[그림 Ⅲ-1] 연구 절차 ····· 39

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

ABSTRACT

Exploring Effectiveness of ECO-STEAM Program Using Arduino

Yun Se Hyun
Advisor : Prof. Sun Young Kim Ph. D.
Major in Biology Education
Graduate School of Education, Chosun University

This study was designed to examine the effects of the ECO-STEAM program using Arduino on the preservice biology teachers' the responsible environmental behavior.

The Eco-STEAM program using Arduino, based on the framework of STEAM education, consists of four stages: (a) presentation of context; (b) creative design; (c) sensitive experience; (d) evaluation and meeting new challenges. First, at presentation of context level, the activities regarding fine dust which is a serious environmental problem and needs to be resolved were conducted. Second, at creative design level, the activities including the atmosphere condition analysis and the efforts to resolve fine dust problems by not only South Korea but also the nations all around the world. Third, at sensitive experience level the eco-city that had been planned individually was designed and produced creatively and the designing of a fine dust meter using Arduino and measuring were done. Lastly, at evaluation and meeting new challenges level the eco-city posters made individually by the teams were presented and the self examination and evaluation was conducted creating the flow chart of these activities.

As a result of the research, after the execution of the Eco-STEAM

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

program using Arduino the preservice biology teacher showed an improvement that was statistically significant in the functional category of environmental problems(p<.05), whereas they failed to do so in the value and control category of environmental problems(p>.05). In addition, in the behavioral category they showed aspects such as developing awareness and interests in environmental problems which lead to 'showing new forms of interests' or 'showing new forms of practice' or just 'showing general forms of practice' without specific behavioral change.

Therefore, the execution of Eco-STEAM program using Arduino can expect the students' changes in perception of environmental problems, motivation for them to participate in learning, opportunities for experiences that can develop new values, improvements on the students' intellectual capacity by various associative learning with various academic disciplines on environmental problems, and improvements on the possibilities of applications of the acquired knowledge in real life situations.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅰ. 서론

1. 연구의 필요성

전 세계적으로 산업화, 도시화가 급속도로 이루어지면서 미래 환경을 위한 계획과 판단 없이 도시 주변의 자연과 녹지를 파괴하는 등 자연환경을 훼손하는 개발이 이루어졌다. 이러한 분별없는 개발로 인해, 환경오염, 지구 온난화, 기후변화 등 다양하고 영역의 제한이 없는 환경문제가 야기되었으며, 이는 전 세계 인류의 해결과제로 제기되고 있다(정현희, 서우석, 2008; 최돈형 등, 1992). 이에 1987년 환경과 개발에 관한 세계위원회(The World Commission on Environment and Devlopment; WCED)에서는 지속 가능한 미래를 위해 세상 모든 만물에 대한 연결성, 인류의 삶의 질의 중요성, 경제적 발전의 근본이 인류와 환경의 발전이 바탕이 되어야 한다는 지속가능발전의 정의를 구체화하면서, 환경문제의 해결 방안에 대한 논의와 방향은 현세대의 요구를 충족시키면서 동시에 후세대의 필요의 요구까지 충족시킬 수 있어야 한다는 지속 가능한 발전의 의미를 강조하였다(UNESCO, 2014; WCED, 1987; 최돈형, 2005; 박혜영 등, 2009). 환경을 보전하기 위해 책임 의식을 갖고 실천으로 이루어지지 않는 실태에 대한 비판에 따라 UNESCO(2014)에서는 미래를 대비하기 위해 학교에서의 환경교육을 통해 지속가능한 발전을 이루자는 목표를 제시하고 있다(UNESCO, 2004; UNESCO, 2014: 신지연, 2017).

환경에 대한 시민의 무관심한 태도를 개선하기 위해서는 자연을 보호하고자 행하는 태도를 도출하는 차원에서 그치는 것이 아니라, 지속적이고 체계적인 환경교육을 통해 우리 주변을 둘러싸고 있는 자연환경의 의미를 인지하고, 환경과 환경문제 관련 지식을 습득하며, 환경문제를 해결하기 위한 기능 및 기술을 숙지하는 환경 소양을 겸비한 시민을 양성해야 한다. 이를 위해서는 올바른 환경 소양을 겸비하여 책임 의식을 갖고 환경을 보전하기 위한 태도를 통해 환경에 대한 개인과 사회의 관심 및 실천이 적극적으로 이루어질 수 있도록 하는 환경교육의 중요성이

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

강조된다(윤오섭, 1998; 최돈형 등, 1992; 최돈형, 2005).

이에 우리나라 환경부(2015)에서는 제2차 환경교육 종합계획을 통해 새로운 교육환경에 맞추어 계획을 수립하고, 환경보존과 개발이라는 양립하는 사회적인 안건에 대한 갈등 해소방안과 환경문제로 인한 사고를 미연의 방지하기 위한 기능으로서의 역할을 제시하면서 전 국민을 대상으로 하는 교육의 기반을 확대하고자 하였다. 그러나 기존 학교 현장에서의 환경교육은 환경 관련 이론 및 개념을 효과적으로 전달하기 위한 강의식 수업 형태로 진행되고 있어 학습자의 환경에 대한 책임 행동으로 표출 및 연계될 수 없다는 한계점이 있다.

환경교육의 강화 및 활성화를 목적으로 융합적이고 통합적인 교육과정의 확산과 지속가능발전교육의 중요성에 대한 인식의 변화에 맞추어 환경교육 콘텐츠 개발이 요구된다. 환경부(2015)에서는 STEAM(융합인재교육), 창의성을 함양할 수 있는 체험학습, 환경, 사회, 경제, 문화의 영역을 아우르는 지속가능발전교육(Education for Sustainable Development) 등 새로운 교육 방식과의 접목과 다양한 주제와 연계 필요성을 제시하였다(환경부, 2015). 환경요소와 관련하여 직접적인 경험의 기회를 제공할 수 있는 교수-학습 방식으로 학습자가 학습의 주체가 되어 체험할 수 있는 교수-학습 활동을 통해 환경에 대한 가치와 인식을 제고 및 감성을 자극할 수 있으며, 나아가 행동으로 실천하는 환경 책무성 행동을 겸비한 인재를 양성할 수 있다(박진희, 장남기, 1994; 유지산, 나규환, 1999; 이성수, 서우석, 2009; 임형백, 2002; 환경부, 2015).

과학(S), 기술(T), 공학(E), 예술(A), 수학(M)과 같은 다양한 학문의 영역을 접목하여 교수-학습 주제에 대해 융합적 접근을 제시하는 STEAM 교육은 창의적이고 융합적인 사고 능력을 함양한 인재 양성을 목적으로 한다(교육과학기술부, 2010). 학습자는 STEAM 교육의 교수학습 단계에 따라 제시되는 문제 상황을 인식할 수 있는 활동, 창의적으로 설계해보는 활동, 설계를 바탕으로 직접 제작해보는 감성적인 체험을 경험할 수 있는 활동, 자신의 활동을 성찰해보고 평가해보며 나아가 다른 문제 상황에 적용해보는 활동을 통해 동료 학습자와 협력하여 결과물을 도출하면서 문제를 해결하고자 하는 의지와 자기 효능감이 생겨 새로운 문제로 도전 및 도전의식이 생길 수 있다(박현주 등, 2012; 백윤수 등, 2011).

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

STEAM 교육의 교수-학습 목표 및 특징은 환경교육이 추구하는 방향성과 상응하다. 다양한 학문 및 분야를 융·통합적으로 아우르는 STEAM 교육과 환경문제 해결을 위해 다양한 학문적 접근을 시도하는 환경교육의 교육적 특성이 같으며(이성희, 2012), 실생활과 밀접한 환경문제를 탐색하고, 다양한 학문 및 분야의 지식을 활용하여 창의적이고 효율적인 해결방안을 구상할 수 있도록 하는 것이다. 이러한 특징을 바탕으로 앞으로는 환경 주제를 중심으로 하는 STEAM 프로그램의 개발되어 학교 현장 적용이 활발히 이루어질 필요가 있다(강민정, 2013; 이성희, 2012).

ECO-STEAM 교육은 환경 쟁점을 주제로 선정하여 이론 중심의 과학, 수학과 기술, 공학, 예술 등 다양한 학문 및 분야를 연계하여 교수-학습 활동이 이루어진다. ECO-STEAM 교수-학습 단계는 문제 상황을 스스로 인식하고 문제해결의 필요성을 느낄 수 있는 상황제시단계, 문제 상황을 창의적 효율적으로 해결해 나가기 위해 계획하며 설계하는 창의적 설계 단계, 문제해결을 위한 산출물을 도출하는 과정에서 문제 상황에 대한 직접적인 체험을 할 수 있는 감성적 체험단계로 구성된다. STEAM 교육의 주요 단계에서 환경에 대한 가치, 태도, 기능과 같은 환경 교육의 필수 요소가 적절히 조화될 수 있다(강민정, 2013; 이상균, 2017). 따라서, 학습자는 환경문제에 대한 직접적인 체험을 통해 환경의 관심 및 감수성을 자극할 수 있으며, 미래 사회에서 직면할 수 있는 문제를 탐색하는 과정에서 효율적 및 창의적으로 문제해결 방안을 구상하기 위해 기능하며, 환경에 대한 가치, 태도 변화를 기대할 수 있다(김지훈, 홍승호, 2015; 양정순, 홍승호, 2013).

이상균(2017)은 생태의 '멸종위기종 황새'를 주제로 선정하여 생태교육 기반 ECO-STEAM 프로그램을 개발하였으며, 심성희(2016)는 기후변화를 주제로 ECO-STEAM 프로그램의 예술 요소를 강조하여 개발하였다. 이처럼, 환경 주제를 기반으로 ECO-STEAM 교육 프로그램을 개발하는 연구 외에도 생태환경교육을 위한 STEAM 프로그램 (김선일 등, 2019; 이성희, 2013), 에너지 교육을 위한 STEAM 프로그램(김영롱 등, 2016; 김혜란, 최선영, 2016), 스마트 미디어를 활용한 환경복원 STEAM 프로그램(최영미 등, 2016) 등 환경 교육과 STEAM 활동을 접목한 다양한 연구가 진행되었다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

최근 들어 미세먼지(Particulate Matter; PM)는 환경 분야의 대표적인 관심사이다. 환경부(2016)에서 제시한 자료에 따르면 포괄적으로 대기 중에 떠다니는 입자상 물질을 먼지라고 일컫는데, 먼지 입자의 직경이라는 기준에 따라 미세먼지(입자의 지름이 10㎛ 이하인 먼지, PM2.5), 초미세먼지(입자의 지름이 2.5㎛ 이하인 먼지, PM2.5)로 분류할 수 있다. 이러한 미세먼지는 1987년 세계보건기구(WHO)에 의해 대기 질 기준이 제시되었으며, WHO 산하의 국제 암연구소(International Agency for Research on Cancer; IARC)에 의해 1군 발암물질을 범주화하는 Group 1로 지정되었다(김신도, 2004; 김형욱 등, 2018; 최종일, 이영수, 2015; 환경부, 2016). 이에 본 연구에서는 환경문제 중 쟁점이 되는 최대 관심사인 미세먼지를 ECO-STEAM 교육 주제로 선정하였다.

2015 개정 정보과 교육과정에서 제시하고 있는 피지컬 컴퓨팅(Physical Computing)을 활용한 소프트웨어 교육을 연계(교육부, 2015)하여 학습자가 직접 환경 주제를 측정하는 장치인 미세먼지 측정기를 설계하고 제작하는 활동이 효과적이라는 연구 보고가 있다(김형욱 등, 2018; 권우진, 2015). 실체적인 주변 현상을 측정하여 물리적 장치를 통해 결과를 출력할 수 있는 피지컬 컴퓨팅 가운데 마이크로컨트롤러를 포함한 전자 보드 형태의 아두이노는 코드를 공유하는 오픈소스 기반으로 아날로그와 디지털 핀을 제어할 수 있어 두 종류의 신호를 입력 및 출력할 수 있고, 물리적·전자적인 지식을 활용하여 회로를 자유자재로 구성할 수 있으며, 학습자가 다양한 센서와 도구를 활용할 수 있다는 장점이 있다(김재휘, 김동호, 2016; 배중연 등, 2014, 심규헌, 이상욱, 서태원, 2014). 이러한 아두이노의 특징을 활용하여 본 프로그램에서는 ECO-STEAM 교수-학습 활동의 감성적 체험단계에서 학습자는 직접 아두이노를 활용하여 미세먼지 측정기를 제작하고 다양한 센서 및 모듈을 사용하여 측정하고 측정한 데이터를 출력하여 환경문제에 대한 직접적인 체험의 기회를 제공하고자 하였다.

이에, 본 연구에서는 예비생물교사를 대상으로 환경 쟁점인 '미세먼지'를 주제로 아두이노를 활용한 STEAM 활동 프로그램을 설계하고, 이를 적용하여 예비생물교사의 환경 책무성 행동에 미치는 효과성을 알아보고자 한다. 더불어 ECO-STEAM 교육의 중등학교 현장 적용 가능성에 대한 예비생물교사의 인식을

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

탐색해보고자 한다.

2. 연구문제

본 연구는 사범대학에 재학 중인 예비생물교사를 대상으로 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램의 효과성을 탐색하기 위해 환경 책무성 행동 척도를 기준으로 환경문제에 대해 어떻게 기능하는지, 환경에 대한 가치의 중점이 무엇인지, 환경과 문제해결의 영향력은 어디에서 시작한다고 생각하는지에 대해 알아보고자 하였으며, 나아가 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램의 중등학교 현장 적용 가능성을 탐색하기 위해 연구문제를 다음과 같이 설정하였다.

첫째, 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램이 예비생물교사의 환경 책무성 행동에 미치는 영향은 어떠한가?

둘째, 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램에 대한 예비생물교사의 인식은 어떠한가?

3. 연구의 제한점

본 연구는 광역시에 소재하는 사범대학 예비생물교사 24명을 연구 대상으로 선정하였기 때문에, 본 연구의 결과를 우리나라 예비생물교사들의 공통된 특성으로 일반화하기에는 다소 무리가 있다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅱ. 이론적 배경

1. 환경교육

가. 환경교육의 필요성

과학기술의 발달로 다양한 문화와 환경 영역에서 경험할 수 없었던 문제들이 나타나고 있다(배덕현, 김방희, 김진수, 2014; 전재형, 2016; 조보람, 이정민, 2014). 대표적인 해결과제로 환경 오염, 지구 온난화와 같은 환경문제들이 제기되면서(민희, 2016) 사람들은 전 세계적으로 문제가 되는 환경을 보존하고 개선의 필요성을 인지하게 되었다. 그러나 환경을 위한 실천이 이루어지지 않는 것이 현실이다. 이를 해결하기 위해서는 지속적이고 체계적인 환경교육을 통해 환경의 중요성을 인식하고 더불어 환경 소양을 함양하여 환경에 대한 개인과 사회의 관심 및 실천이 적극적으로 이루어질 수 있도록 해야 한다(윤오섭, 1998; 최돈형, 2005; 형근영, 2008).

학교 현장에서도 학습자들이 환경에 대한 올바른 지식을 습득하는 것과 더불어 생물이 자연에 적응하며 자연을 활용하여 생존 및 번식하는 과정에서의 생태의 원리를 이해하며, 생태계를 구성하는 자연과 자연에서 살아가는 생물과 미생물의 상호적 관계에서의 환경에 대한 올바른 가치를 인식할 수 있는 체계적인 환경교육의 필요성이 강조되고 있다(김치경, 2000: 윤오섭, 1998).

나. 우리나라에서의 중등 환경 교육과정

학교 교육에서의 체계적인 환경교육 실행을 위해 국가 교육과정에서 명시하고 있는 환경교육의 '환경'이라는 과목의 성격 및 목표는 <표 Ⅱ-1>과 같다. 제7차 중학교 교육과정에서 제시하고 있는 환경교육은 인간과 환경에 대한 인식과 친환

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

경적인 참여를 유도할 수 있는 활동을 목표한다(김정호 외, 1998). 환경 교육과정에서 환경문제 인식 단계를 통해 환경 관련된 사실 및 개념을 파악하고, 환경 현상 설명 단계를 통해 환경과 환경 관련된 문제에 대해 원인과 결과를 분석하고 의미를 해석할 수 있으며 나아가 환경보전 실천 단계를 통해 환경문제를 해결하고 환경을 보전하고자 자발적, 적극적으로 참여할 수 있는 활동을 경험할 수 있어야 한다(김정호 외, 1998).

교육부(2011)에서 제시한 2009 개정 교육과정에서는 선택 교과 교육과정을 통해 '환경과 녹색 성장'이라는 환경교육을 위한 과목을 제시하였는데, 이 과목은 환경에 대한 다양한 경험을 통해 실천을 끌어낼 수 있어야 하는 과목의 방향성에 의해 타 교과의 내용과 연관성을 바탕으로 통합적으로 접근하며 창의적인 활동을 체험할 수 있는 형태의 교수-학습 방법 적용을 제안하였다. 이를 통해 학습자는 '기후변화', '환경', '환경보전', '지구환경', '지속가능한발전' 등의 환경에서 핵심이 되는 내용을 학습하고, 나아가 환경에 대해 친화적인 태도, 올바른 가치관 등을 함양할 수 있다(교육부, 2011).

교육부(2015)에서 제시한 2015 개정 교육과정은 교육부 고시 제2011-361호(교육부, 2011)와 같이 중학교 교육과정에서 선택 교과로 제시하면서 과목 명칭을 '환경'으로 변경하였다. 환경교육을 위해 교과 내용의 범주를 '환경과 인간의 관계', '환경에서의 체계', '지역과 지구에 속하는 환경', '지속가능 발전을 위한 사회'로 설정하여, 학습자가 환경과 환경문제를 해결하기 위해 참여하는 과정에서 성찰하고 지속가능한 사회를 구축하는데 적극적인 실천을 유도하는 환경교육이 추구하는 방향성을 드러내고 있다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

<표 Ⅱ-1> 환경교육의 성격과 목표(교육부, 2011; 교육부, 2015; 김정호, 최석진, 이동엽, 1998; 최석진 등; 1999)

해당 교육과정	성격	목표
제7차 교육과정	생태계에 대한 이해를 바탕으로 환경보전에 참여할 수 있도록 가치 탐구와 태도 변화에 비중을 두는 과목(p.21)	• 환경과 인간의 관계와 환경문제를 올바르게 인식할 수 있다. • 환경에 대한 감수성과 환경문제 해결에 필요한 기초적인 기능을 할 수 있다. • 환경에 보존에 대한 올바른 가치관과 환경친화적인 태도를 겸비할 수 있다. • 환경 보전 활동에 적극 참여할 수 있다. (p.22)
2009 개정 교육과정	기후변화 및 에너지 자원 고갈 등 환경문제의 해결과 지속가능한 발전을 위한 녹색 성장의 필요성에 따른 과목(p.17)	• 인간과 환경의 상호작용에 대한 통합적 이해를 통해 환경의 의미를 바르게 인식한다. • 환경 및 환경문제에 대한 탐구력과 창의적 문제 해결 능력을 길러 창의성을 함양한다. • 지역 환경에 대한 체험을 통해 환경 감수성을 기르고 환경 친화적인 가치관을 함양한다. • 개인 · 사회적 실천과 협력을 통해 지속가능한 녹색사회를 구현하는데 적극적으로 참여한다. (p.18)
2015 개정 교육과정	다른 사람들과 더불어 지구 생태계 내에서 조화로운 삶을 살아가는데 요구되는 의지와 역량을 갖추어 기후변화와 생물다양성 감소 등 인류가 직면한 문제를 해결하고 지속가능한 사회를 만드는데 기여하는 과목(p.1)	• 인간과 환경의 상호작용 및 지속가능한사회와 삶의 양식에 대한 이해를 증진한다. • 환경에 대한 다양한 경험을 통해 환경 감수성과 환경 친화적 태도를 기른다. • 환경을 탐구하고 환경문제의 통합적 해결책을 찾는데 필요한 창의적 문제해결력과 의사소통 및 의사결정 능력을 함양한다. • 우리와 미래 세대를 위한 건강하고 쾌적한 환경을 보존하는 활동에 참여할 의지와 역량을 기른다. (p.2)

평생학습의 성격을 지닌 환경교육을 통해 환경과 그와 관련된 다양한 문제 상황을 창의적으로 해결하기 위해 탐색하며, 공동체 의식을 통해 소통을 통해 협력하며 문제를 해결해 나가고, 나아가 환경에 대한 올바른 가치와 감수성을 갖고 적극적으로 참여하며 행동을 표출하는 인재를 양성하고자 하는 것이 환경교육 과정의 핵심이 되는 성취기준이다(최석진 등, 1999).

국가 교육과정에서의 환경교육은 '지속가능한발전', '생태계', '기후변화', '환경

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

오염' 등 핵심 지식 및 내용 학습을 통해 환경에 대한 총체적인 이해를 도와야 한다고 명시되어 있다. 이는 국가수준 환경교육 기준에 따라 영역별 중점 지도 분야를 유치원, 초등학교, 중학교, 고등학교라는 학년에 따라 중요하게 다루어져야 하는 환경교육 부분을 제시하였는데, 중등학교에서는 환경문제 영역과 환경 감수성·배려 영역의 환경 감수성 기르기, 환경에 대한 배려와 환경보전 실천 영역의 절약하기, 참여하기를 중점을 두어 교육해야 한다고 명시하였다(최석진 등, 2014).

다. 환경교육을 위한 교수-학습 전략

지속적인 환경교육의 토대를 마련하기 위한 새로운 교수-학습 전략 필요의 요구에 따라(정철, 권난주, 2011) 학습자가 주도적으로 학습하며 체험하기 위해 '체험학습', '학교 밖 연계 학습', '통합교육' 등 다양한 교수-학습 방식을 제안하고 있다(교육부, 2011; 교육부, 2015; 환경부, 2015). 환경부(2015)에서 환경교육 일상화를 통해 전 국민을 대상으로 환경 가치에 대한 인식을 제고, 다양하고 체계적인 환경교육의 기회 확대를 목표로 학교, 사회, 전문인력 및 교육을 위한 기반 구축을 4대 분야로 채택하고 분야에 따른 15개의 추진 과제를 선정하여 제2차 환경교육종합계획을 발표하였다. 유아, 청소년 및 대학교육에서의 환경교육의 강화 및 활성화의 필요성 강조하면서 교육과정 및 교육 흐름의 변화에 맞추어 환경교육 콘텐츠, 프로그램 체험 등 다양한 환경교육 프로그램을 지원하고 자유학기제에 활용될 교재 등 다양한 학습 자료를 개발하는 방안을 제시하였다. 다양하고 체계적인 환경교육을 통해 학습자는 환경문제가 발생하는 원인을 파악하고 피해 사례를 분석하는 과정을 몸소 경험함으로써 비판적으로 생각하는 사고 능력을 함양할 수 있으며, 환경문제를 해결할 수 있는 현재 제시되고 있는 방안을 분석하고 더 나아가 해결방안을 수립하는 단계를 통해 문제를 해결할 수 있는 능력을 함양할 수 있다(UNESCO, 1980).

또한, 환경문제해결에 대한 과학적 접근성(김치경, 2000)이 제시되었는데, 이는 현존하는 환경문제들은 과학·기술의 발달로 인해 초래된 결과이기 때문에 환경문제의 발생 원인과 해결방안을 분석하고 탐색하는 과정에 과학·기술을 활용하는

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

등 환경문제에 대해 과학적인 접근이 이루어질 수 있도록 교육이 이루어져야 한다는 것이다(김치경, 2000; 최영미, 양지혜, 홍승호, 2016). 주변 환경에서 나타나는 자연 현상과 문제에 대한 과학적 접근의 필요성은 교육부(2015)의 2015 개정 과학과 교육과정 해설집에서도 언급되어 있는데, 이는 '과학'이라는 학문의 성격을 통해 학습자가 실생활과 밀접한 관련이 있는 문제 상황 및 현상에 대해 과학적으로 탐구 및 접근하는 태도를 겸비하여 관련 지식을 이해하고 학습하며, 직면한 문제를 과학적, 창의적으로 해결하는 능력을 기를 수 있다는 것이다.

2015 개정 과학과 교육과정에서 과학 교과와 환경 관련 단원의 연계성은 과학 교과에서의 환경 관련 영역에 대한 핵심 개념, 일반화된 지식, 학년에 따른 내용 요소로 구성된 교육과정에 따른 내용 체계를 제시하였다<표Ⅱ-2>. 첫 번째, 공통 교육과정 과학의 내용 체계에 따르면 초등학교 5~6학년을 대상으로 '환경과 생태계'라는 영역은 생태계의 구성 요소, 요소에 따른 상호작용, 물질의 순환, 에너지의 흐름 등에 대한 핵심 지식 및 내용으로 구성되어 있다. 두 번째, 선택 중심 교육과정 통합과학의 내용 체계에 따르면 고등학교 1학년을 대상으로 '환경과 에너지'라는 영역은 생태계의 구성 요소와 환경, 평형 나아가 지구 온난화와 지구 환경 변화 내용과 환경문제를 해결하기 위한 에너지 전환과 보존, 열효율 등에 대한 핵심 지식 및 내용으로 구성되어 있다. 과학탐구실험 과목에서는 환경 관련 영역이 별도로 구성되지 않았지만 '생활 속의 탐구'라는 영역에서 탐구 활동으로 관측자료를 활용하여 한반도의 기후변화 경향성을 파악하는 활동을 예시로 제시하였으며, 통합과학의 '생태계와 환경' 단원과의 연관성을 명시하였다. 세 번째, 선택 중심 교육과정 생명과학Ⅰ의 내용 체계에 따르면 '환경과 생태계'라는 영역은 우리 주변을 둘러싸고 있는 생태계에서 발생하는 현상에 대해 학습자의 관심을 유도할 수 있도록 생태계의 구성과 군집 및 개체군의 특성을 이해하고 이를 통해 생계를 이루는 구성 요소의 상호작용에 대해 종합하여 학습할 수 있으며, 생태계 평형, 에너지 흐름, 물질의 순환이라는 내용 학습을 통해 생태계라는 영역에서 '물질은 순환하고 에너지는 흐른다.'라는 일반화된 지식을 종합적으로 이해할 수 있다. 이러한 이해를 바탕으로 생물 다양성과 생태계 평형의 중요성을 인식하고 생물 다양성 및 생태계를 보전하기 위한 방안을 이해하며 구상할 수 있는 핵심 지식 및 내용으로 구성되어

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

있다.

<표 Ⅱ-2> 2015 개정 과학과 교육과정의 환경 관련 단원(교육부, 2015a, p.10)

교육과정	학년	영역	핵심개념	일반화된 지식	내용 요소
과학	초등학교 5~6학년	환경과 생태계	생태계와 상호작용	생태계의 구성 요소는 서로 밀접한 관계를 맺고 있으며 서로 영향을 주고 받는다.	• 생물 요소와 비생물 요소 • 환경 요인이 생물에 미치는 영향
				생태계 내에서 물질은 순환하고, 에너지는 흐른다.	• 생태계의 구조와 기능 • 환경 오염이 생물에 미치는 영향 • 생태계 보전을 위한 노력 • 먹이 사슬과 먹이 그물 • 생태계 평형
통합과학	고등학교 1학년	환경과 에너지	생태계와 환경	생태계의 구성 요소는 서로 밀접한 관계를 맺고 있으며, 지구환경 변화는 인간 생활에 다양한 영향을 미친다.	• 생태계의 구성요소와 환경 • 생태계 평형 • 지구온난화와 지구 환경 변화
				환경문제를 해결하기 위해 에너지의 효율적 활용이 필요하다.	• 에너지 전환과 보존 • 열효율
			발전과 신재생 에너지	발전기를 이용하여 생산된 전기 에너지가 가정에 공급된다.	• 발전기 • 전기 에너지 • 전력 수송
				화석 연료를 대체하기 위하여 다양한 신재생 에너지를 개발하고 있다.	• 태양 에너지 • 핵발전 • 태양광 발전 • 신재생 에너지
생명과학 I	고등학교 2학년	환경과 생태계	생태계와 상호 작용	생태계의 구성 요소는 서로 밀접한 관계를 맺고 있으며 서로 영향을 주고받는다.	• 생태계의 구성 • 군집의 특성 • 개체군의 특성 • 군집 조사 방법 • 천이
				생태계 내에서 물질은 순환하고, 에너지는 흐른다.	• 생태계 평형 • 에너지 흐름 • 물질 순환

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

과학과 교육과정에 포함되는 환경 단원을 통해 '생명 현상', '자연 현상', '일상생활의 문제'에 대한 학습자의 호기심과 흥미를 유발하고, 이에 대한 과학적인 접근을 통해 탐구하고 핵심 개념을 이해하고 나아가 문제를 해결하려는 태도를 함양하는 민주 시민을 양성하고자 한다.

앞서 살펴본 바와 같이 학교 교육에서의 체계적이고 장기적인 환경교육의 시행 방안과 관련된 정책을 수립하기 위해 환경교육이 적용되고 있는 현황을 조사하는 이성희와 조성화(2019)의 선행연구는 2018년 환경교육의 중요성이 다시 재기됨에 따라 2016년 국가환경교육 센터에서 진행된 현황조사를 바탕으로 환경교육 현황을 조사하였으며, 2016년 환경교육 현황조사 결과와 비교 분석하여 환경교육의 변화를 파악하였다. 연구결과를 통해 환경 교육과정과 과학 교육과정과 같은 다양한 학문의 국가 교육과정을 통해 초·중등 학교 현장에서는 다양한 접근이 이루어지고 있지만, 대학교 교육과정에서의 환경교육은 시행이 되지 않고 있는 실정을 파악할 수 있다. 정철(2008)은 대학 교육과정에서 환경교육 개설 및 적용을 통해 사회로 나아갈 인재와 미래의 학교 현장에서 환경교육을 시행하게 될 예비교사의 환경교육 강좌를 수강한 경험의 여부에 따라 환경의 인식 차이에 영향을 미칠 수 있다는 연구를 통해 대학생, 예비교사를 대상으로 하는 환경교육의 필요성을 제시하였다.

2. ECO-STEAM 교육

가. STEAM 교육의 개념

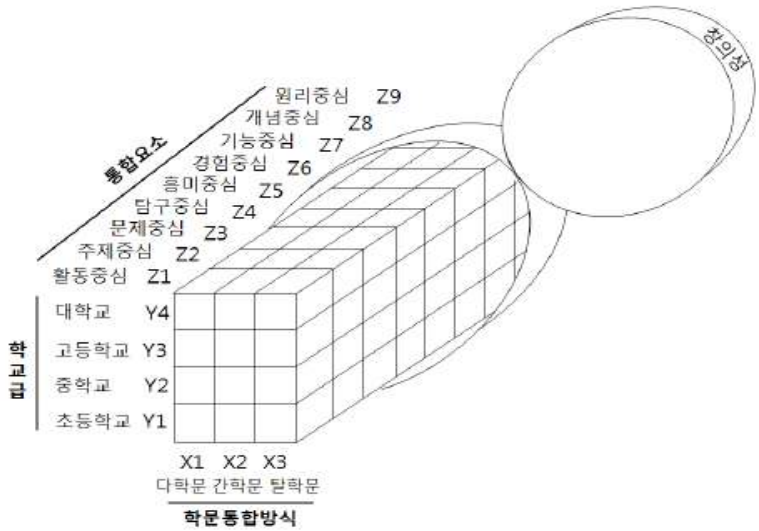
우리나라의 STEAM 교육은 미국에서의 Science(과학), Technology(기술), Engineering(공학), Mathematics(수학)를 통합하는 STEM 교육에 Arts(예술)를 포함한 약자로 융합인재교육이라 일컫는다(교육과학기술부, 2011: 김진수, 2011). 이러한 교육 정책은 과학-기술이 발전하는 사회에 발맞추어 학교 현장에서 융합적으로 생각할 수 있는 사고 능력과 문제를 파악하고 이를 해결할 수 있는 능력을 겸

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

비한 과학-기술 시대에 맞는 인재 양성을 목적으로 한다(교육과학기술부, 2010). 교육과학기술부(2010)는 융합인재교육 정책의 목표를 달성하기 위해 “초등, 중등 과정에서의 STEAM 교육을 강화”한다고 발표하였다. 학교 교육과정에서의 융합인재 교육 실현을 위해 수학·과학 등 다양한 교과 과목의 통합, 체험활동 강화, 기술 공학과 예술 교육을 수학, 과학교육 과정의 연계 접목하는 등 다양한 방법을 제시하였다(교육과학기술부, 2010; 교육과학기술부, 2011).

김진수(2011)는 초·중등학교 교육과정 그리고 대학교육에서도 활용될 수 있는 창의적 STEAM 교육모형을 개발하기 위해 교육에서의 통합의 의미와 유형, STEM·STEAM 교육의 이론 및 우리나라 교육과정의 창의성 의미를 검토하였고 학교 교육과정에서의 STEAM 교육 프로그램 개발의 토대가 될 큐빅 모형을 다음과 같이 제시하였다[그림Ⅱ-1]. 김진수의 모형은 X축은 학문통합방식의 요소, Y축은 학교급의 요소, Z축은 통합요소로 구성되어 큐브 모형으로 생겼으며, 창의성을 의미하는 캡슐이 큐브 모형을 감싸고 있는 형태이다. 더불어 창의적 STEAM 교육 프로그램을 운영하기 위해서 교수자는 첫 번째, STEAM 교육에서 제시되는 과학, 기술, 공학, 예술 및 수학을 어떻게 통합할 것인지, 두 번째, STEAM 프로그램을 적용하고자 하는 대상의 학교의 급이 무엇인지, 세 번째, 적용 대상과 학문의 특징을 고려하여 STEAM 프로그램의 주축이 될 요소를 고려하여 프로그램을 계획 및 개발해야 한다는 주안점을 제시하고 있다(김진수, 2011).

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



[그림 Ⅱ-1] 김진수의 STEAM 큐빅모형 (김진수, 2011, p.133)

백윤수 등(2011)은 기존의 STEAM 교육을 통한 과학기술 교육의 문제를 파악하고 우리나라의 교육 정서와 사회가 추구하는 교육의 본질에 맞도록 수정 및 보완한 한국형 STEAM 교육의 유형으로 융합적 지식 및 개념(Convergence), 창의성(Creativity), 소통(Communication), 배려(Caring)를 핵심 역량으로 추구하는 4C-STEAM을 제안하였다.

백윤수 4C-STEAM이 추구하는 목표를 기반으로 학교 교육 현장에서 STEAM 교육을 실현하는 교수자의 이해와 STEAM 교육의 효과성이 증진될 수 있는 교수-학습 자료 개발을 돕기 위해 STEAM 교육 요소의 개념을 구체화하고 그에 따른 교수-학습 단계를 정립하는 연구들이 진행되었다(박현주 등, 2012; 백윤수 등, 2011; 윤마병, 홍재영, 2012; 조향숙, 2012) 박현주 등(2012)은 STEAM 교육의 창의적으로 설계하는 요소, 감성적으로 체험하는 요소 및 내용 융·통합적인 요소는 학습자가 창의적으로 사고하고 문제를 해결하기 위한 설계 과정을 거쳐 동료 학습자와 협력하여 결과물을 도출해내는 STEAM 활동에서 조화롭게 작용하는 특징을 제시하였다. <표 Ⅱ-3>과 같이 수업 목표, 학습 개념, 교육 활동의 준거, 보상 등 개념에 따른 하위요소를 분류하여 교수자가 수업을 설계 및 평가하는데 지표가 되

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

어줄 수 있는 준거 틀을 개발하였다.

<표 Ⅱ-3> STEAM 수업 설계 준거 틀(박현주 등, 2012, p.553)

구분		요소	세부 설명
목표		융합인재 양성	• 핵심역량(4C)을 향상시키도록 구성되어 있는가?
개념		학생흥미 증진	• 학생의 과학기술에 대한 흥미를 높이도록 설계되었는가?
		실생활 연계	• 실생활 속의 과학기술과 연관된 주제인가?
		융합적사고 배양	• 학생의 융합적 사고력을 함양하도록 기획되었는가?
교육활동준거	상황	상황 제시	• 전체 프로그램을 아우르는 상황이 제시되어 있는가?
		자기 문제화	• 학습 주제를 스스로 문제로 인식하도록 수업이 구성되었는가?
	내용 융·통합	내용 융·통합	• 과학, 수학, 기술, 공학, 예술 등의 내용이 자연스럽게 융합되도록 설계되었는가?
	창의적 설계	자기주도 학습	• 학생 스스로가 주도적으로 참여하는 프로그램인가?
		문제발견, 정의	• 문제를 발견하고 정의할 수 있는 기회가 제공되었는가?
		아이디어 발현	• 학생의 아이디어가 적극적으로 반영되도록 기획되었는가?
		학습 방법	• 개념을 교사가 직접 설명하지 않고 활동을 통해 학생이 스스로 깨우치도록 설계되었는가?
		과정, 활동 중심	• 결과보다 과정이, 지식보다는 활동이 강조되었는가?
		다양한 산출물	• 프로그램의 결과물이 다양하게 산출되도록 설계되었는가?
		협력 학습	• 다양한 의사소통을 통해 협력 학습이 이루어질 수 있도록 설계되었는가?
	감성적 체험	몰입	• 학습자가 학습에 대하여 몰입하도록 흥미롭게 구성하고 있는가?
		구체적 활동 (Hands-on)	• 직접적인 체험(hands-on)을 통하여 열정을 가지고 참여할 수 있도록 하는가?
		배려	• 타인을 이해하고 존중하도록 구성되어 있는가?
보상		내재적/외재적 보상	• 학습에 대한 다양한 보상을 계획하고 제공하였는가?
		성취의 경험	• 학습자가 성취를 경험하여 선순환 구조로 연결되도록 구성되어 있는가?
		자기 평가	• 학습자가 스스로 활동을 평가할 수 있는 기회를 제공하였는가?

더 나아가 STEAM 교육을 적용한 실험-실습 프로그램을 개발(윤마병과 홍재영, 2012)하기 위해 4C-STEAM을 기반으로 상황제시, 창의적 설계, 감성적 체험

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

및 새로운 문제 도전의 단계에 맞추어 STEAM 교수-학습 과정을 다음과 같이 제시하였다<표 Ⅱ-4>. 첫 번째 상황제시 단계에서는 학습자의 동기를 유발함과 동시에 문제해결의 필요성을 인식하고 학습 내용과 조화로운 융합이 일어날 수 있도록 상황을 제시할 필요가 있다. 두 번째 창의적 설계 단계에서는 학습자가 문제를 책임감으로 자기 문제화하여 해결방안을 탐색하고, 동료 학습자와 상호작용을 통해 다양한 아이디어와 산출물을 도출할 수 있어야 한다. 감성적 체험 단계에서는 학생들이 재미와 몰입, 성공의 기쁨을 통해 자기 효능감이 증진되어 기존의 문제 상황이 아닌 새로운 문제에 대한 도전 의식이 생성될 수 있다.

<표 Ⅱ-4> STEAM 교육 교수-학습 단계 (박현주 등, 2012; 백윤수 등, 2011; 윤마병, 홍재영, 2012; 전재형, 2016)

수업 단계	교사	학생
상황제시	• 학생이 문제해결의 필요성을 인식할 수 있도록 구체적인 상황제시	• 동기유발 • 문제해결 의욕 • 융합적 접근
창의적 설계	• 학생 스스로 문제를 해결하도록 함 • 협력 학습을 통해 다양한 사고와 아이디어를 도출하게 함 • 학습결과와 더불어 과정과 활동의 중요성 강조	• 자기 문제화 • 학생 스스로 문제해결 방안 탐색 • STEAM 활동 결과물 디자인과 설계
감성적 체험	• 과학 소양과 더불어 예술적 감성도 체험할 수 있도록 지도 • 성공을 경험하고 감동을 유발할 수 있는 활동 중심의 적시 교육이 이루어질 수 있도록 지도 • 작은 성공 경험을 토대로 큰 성공의 계기가 될 수 있도록 유도	• 과학 원리가 예술적 감성과 기법으로 활용될 수 있음을 인식 • 과학-예술의 인지 사고를 습득 • 성공을 경험하여 자기효능감과 자신감을 갖도록 함
새로운 문제 도전	• 융합적 사고와 문제해결력의 전이 효과를 유발 • 함께 배려하고 소통하는 사회 강조 • 새로운 문제 도전 정신	• 공유와 협력, 나눔과 배려 • 과학적 소양을 더불어 예술적 감성을 내면화 함 • 새로운 문제에 도전하려는 자신감과 경험을 갖도록 함

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

나. ECO-STEAM 교육

환경교육을 통해 학습자는 환경 지식을 올바르게 습득하고, 환경에 대한 가치와 책임감을 느끼며, 이를 실천하는 환경 책무성 행동을 지닌 학생을 양성하고자 한다. 환경교육의 목표를 달성하기 위해서는 교육이 이루어지고 있는 교수-학습 형태를 개선할 필요성이 제기되고 있다(임형백, 2002). 기존의 교육과정에서 시행되고 있는 환경교육은 환경 관련 이론 및 개념을 효과적으로 전달하기 위해 강의식 수업의 형태로 이루어졌다. 이는 학습자의 환경 인식, 지식 환경문제에 대한 사고를 유발할 수 있는 긍정적인 측면은 있으나, 기존의 교수-학습 방식으로는 학습자의 환경을 보호하고자 하는 실천 및 태도로 연결될 수 없다는 한계가 있다. 즉, 환경교육을 통해 환경문제에 대한 학습자의 인지적, 정의적 측면을 강화하는 것과 더불어 환경문제를 해결하기 위해 참여하며 책임 있는 행동이 연계될 수 있도록 경험의 기회를 제공할 수 있는 환경교육 방법으로 개선해야 한다(심성희, 2016; 유지산, 1999). 이에 환경부(2015)는 환경교육을 현 교육과정의 변화에 맞추어 사회의 다양한 분야와 연관되어있는 특징을 기반으로 다양한 학문과 통합적으로 접근할 수 있는 STEAM(융합인재교육), 창의성을 함양할 수 있는 체험학습, 환경, 사회, 경제, 문화의 영역을 아우르는 Education for Sustainable Development(지속가능발전교육) 등 새로운 교육 방식을 제시하였다(공수경, 2019). 이성희(2012)는 초등 교육과정에서의 환경교육은 융합 교육의 형태로 에너지, 기후의 변화 및 물 부족과 같은 핵심어를 중심으로 하는 환경 주제 중심 STEAM 활동 프로그램과 교수-학습 자료 개발을 제안하였다.

ECO-STEAM 교육은 융합적, 통합적으로 변화하는 교육과정에 새로운 교육 방식인 STEAM 교육과 환경교육이 결합한 교육을 의미한다. STEAM 활동을 통해 환경문제를 인식하고 해결을 위한 참여 과정에서 학습자는 감성적인 체험 및 실험을 통해 환경문제의 기본적 지식과 책임감을 함양할 수 있다. ECO-STEAM 교육을 계획할 때 주의해야 할 사항은 학습자가 환경문제를 인식하고 해결 과정을 거쳐 환경에 대한 실천 의지 및 행동을 유발하기 위해서는 STEAM 교육의 문제 해결 능력이 학습자의 환경에 대한 감수성이 토대가 되어야 한다. 또한, 환경과 인간

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

의 관계를 이해시킬 수 있도록 교수-학습 단계를 설계해야 학습자의 인지적 요인인 지식과 더불어 환경에 대한 관점, 의식, 감성의 정의적 요인이 적절하게 작용하여 ECO-STEAM 교육의 목표에 도달할 수 있을 것이다(강민정, 2013). 즉, ECO-STEAM 교육은 환경문제의 심각성을 인식하고 환경에 대한 가치와 감수성을 지닌 친환경적 인재를 양성하기 위해 필수적이다(강민정, 2013; 심성희, 2016).

ECO-STEAM 교육을 위한 프로그램을 개발하여 효과성을 입증하기 위해 꾸준히 연구되고 있다. 권진희 외(2017)는 전통적 생태 지식을 활용하여 STEAM 환경교육 프로그램을 개발하였고, 프로그램 적용 결과 환경에 대한 정서, 환경에 대한 기능 그리고 환경의 쟁점에 관심을 보이고 실천하고자 하는 행동인 환경 소양을 함양할 수 있다고 판단하였다. 이성희(2012)는 환경 주제를 중심으로 STEAM 프로그램을 개발하여 적용한 결과, STEAM 활동을 통해 환경문제를 해결하는 과정에서 지식과 해결 방법을 학습하고 책임감 있는 환경 행동을 도출할 수 있도록 유도한다. 자연 인공 환경, 환경 오염, 자원 재활용 및 환경보전과 대책을 환경교육 주제로 선정하여 미술 교육 프로그램을 개발하고 적용한 결과, 자원과 환경인지에 대한 환경 수용, 전체 주제에 대한 기대감 그리고 자연·인공 환경에 대한 거부감인 환경 감수성 함양에 효과성을 입증하였다(민희, 2016). 즉, ECO-STEAM 교육은 학습자의 문제해결력과 창의적 사고력과 환경 지식 및 환경 소양을 함양시킬 수 있으며, 환경문제를 인식하고 이를 해결하고자 하는 행동 실천 습관 형성에 긍정적인 영향을 미친다(양정순, 홍승호, 2013).

3. 아두이노(Arduino)

가. 아두이노(Arduino)

현대 사회에서는 컴퓨터의 세계와 실체적·물리적인 환경의 상호작용을 통해 기술과 경제·사회를 위한 기반이 세워지고 있다. 이는 인간의 삶의 질을 향상, 예측할 수 없는 사고로부터 안전을 보장하며, 경제 및 사회에서 요구되는 작업의 능

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

률을 높일 수 있는 특징이 있다. 피지컬 컴퓨팅(Physical Computing)은 “컴퓨터를 활용하여 체계화된 영역”으로 “물리적 및 실체적 세계와 가상적인 컴퓨터의 세계가 서로 의사소통이 가능할 수 있도록 해주는 기술 및 장치”를 일컫는다(O'Sullivan & Igoe, 2004; John A Stankovic et al., 2005). 이러한 피지컬 컴퓨팅의 특징을 실생활에 적용하고 실체적인 인간 세계의 다양한 현상을 측정하기 위해 활용되고 있다. 실례로 사회적 복지 기술의 하나인 심장박동을 기록하고, 심장박동의 규칙적이지 못한 구조를 감지하며, 이 정보를 전송하여 알림 및 경보를 감지할 수 있도록 하는 화면 장치를 제시할 수 있다(John A Stankovic et al., 2005).

피지컬 컴퓨팅을 활용한 교육을 통해, 학습자가 실체적 세계와 가상의 컴퓨터 세계의 영역을 연계하여 실생활에서 발생하는 다양한 현상 및 문제를 주제로 측정 센서 및 모듈을 선정하여 측정하고, 측정된 값을 전송하여 물리적인 도구인 actuator의 동작을 조절 및 출력(김재휘 외. 2016)하는 과정을 경험한다면, 학습자는 직면한 문제를 해결하는 과정에서 절차를 수립하면서 논리적으로 생각하며, 더 나아가 효율적인 해결을 위해 추상적으로 사고할 수 있다. 즉, 학습자는 정보화시대에서 추구하는 문제해결력, 컴퓨팅 사고력(Computational Thinking)과 더불어 컴퓨팅 소양을 함양할 수 있다(김영욱, 홍기칠, 2016; 조은주, 문미경, 2017).

이러한 피지컬 컴퓨팅은 로봇·모듈·보드 형태로 <표 Ⅱ-5>와 같이 분류할 수 있다(김재휘 외, 2016; 이용호, 문외식, 2018).

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

<표 Ⅱ-5> 피지컬 컴퓨팅 형태에 따른 분류(김재휘, 김동호 2016, p.72)

형태	장점	단점
로봇형	• 물리적 신호 출력 장치 강화 • 로봇의 동작 확인 • 다양한 센서 결합 가능	• 완성된 제품으로 활용의 한계 • 비경제적
모듈형	• 입력/출력 장치와 마이크로 컨트롤러 연결 • 교육용 프로그래밍 언어 제어 가능 • 다양한 재료 활용 가능	• 비경제적 • 제품 호환의 한계
보드형	• 마이크로 컨트롤러를 포함한 전자 보드 • 아날로그·디지털 핀 제어 가능 • 다양한 센서와 actuator의 활용 가능	• 물리 지식 필요로 하여 초등교육 한계

첫 번째, 피지컬 컴퓨팅 로봇형은 '뚜루뚜루', '햄스터' 및 알버트를 예시로 제시할 수 있는데, 이는 엔트리, 스크래치와 같은 프로그래밍 언어로 통제를 할 수 있다. 이와 같은 로봇형은 줄을 인식하여 진행하거나, 진로를 방해하는 물건이 있으면 피하는 동작 등을 수행할 수 있다(김재휘, 김동호, 2016). 두 번째, 모듈형은 블록 조립, 종이 또는 철사 등 다양한 재료를 활용하여 제작할 수 있는 특징을 지니고 있다(김재휘 외. 2016). 모듈형의 예시로 Lego Wedo와 BitBrick 등 다양한 종류가 있다. 이러한 특징을 갖는 피지컬 컴퓨팅을 교육에 활용하는 연구가 이루어지고 있는데, 그 가운데 블록 코딩을 기반으로 하는 카미봇(KamiBot)을 활용하는 연구(조은주, 문미경, 2017), 카드를 활용하여 코딩하는 터틀 로봇을 활용하는 연구(이용호, 문외식, 2018), 블록 코딩의 스크래치를 기반으로 하는 코코넛을 활용하는 연구(성보옥 외, 2018) 등 로봇형, 모듈형의 피지컬 컴퓨팅을 활용한 연구가 진행되고 있다. 마지막으로, 마이크로컨트롤러를 내장하고 있는 보드 형태는 아날로그 신호와 디지털 신호를 주고 받을 수 있는 핀이 구조적으로 포함하고 있어 신호를 제어할 수 있으며, 다양한 센서를 활용하여 동작 및 결과를 확인할 수 있다는 장점이 있다(김재휘, 김동호, 2016).

피지컬 컴퓨팅 가운데 마이크로컨트롤러를 포함하고 있는 대표적인 도구인 '아

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

두이노'는 디자인 계열 학생들의 학습을 위해 개발된 도구로 컴퓨터, 컴퓨팅 시스템으로 이루어진 장치를 능숙하게 다루지 못하는 학생들이 편하게 다룰 수 있도록 만들어진 도구이다(차재관, 2017). 아두이노는 다른 피지컬 컴퓨팅 도구에 비해 저렴하고, 다양한 모듈을 동작시킬 수 있는 코드의 예시인 소스가 제공되며, 엔트리, 스크래치 등 다양한 언어를 활용하거나 텍스트 기반의 컴퓨터 언어를 활용하여 통합개발환경 프로그램에 동작을 위한 프로그래밍을 할 수 있는 특징이 있다(원은진, 서진하, 목련화, 2018; 조성배, 2009; 차재관, 2017).

아두이노를 활용하여 교수-학습 활동에 적용해볼 때, 아두이노를 동작시키기 위한 프로그래밍 언어의 기본적인 지식과 회로 구성을 위한 물리적 지식이 학습자에게 요구된다. 이러한 특징으로 인해, 초등학생을 대상으로 하는 교육과정에서 교구로 활용 및 제시하기에는 한계점이 있다(김재휘 외. 2016). 그럼에도 불구하고 텍스트 작성을 기반으로 Open source의 장점이 있는 아두이노를 활용한 연구가 활발히 진행되고 있으며(김형욱 외, 2018; 배중연 외, 2014; 서정현, 김영식, 2012; 심규헌, 이상욱, 서태원, 2014; 이동규, 김성원, 이영준, 2017; 원은진 외, 2018; 유종훈 외, 2015), 블록 코딩의 엔트리를 기반으로 아두이노를 활용하는(이민주 외, 2019) 프로그램이 개발되어 적용하는 등 아두이노를 활용한 연구가 활발히 진행되고 있다.

아두이노를 활용한 교수-학습 프로그램을 개발할 때, 교수자는 교수-학습 과정을 계획하는 단계에서 교육과정의 학습 목표 및 내용, 학습자의 학습 수준에 맞추어 교수-학습 과정을 구성할 필요가 있다. 이에 아두이노(Arduino)의 교육적 활용 방안을 살펴보기 위해 피지컬 컴퓨팅에 대한 정보과 교육과정을 살펴보고자 한다. 정보과 교육과정의 '컴퓨팅 시스템' 영역에서 피지컬 컴퓨팅에 대한 핵심 개념, 일반화된 지식, 내용의 요소 및 기능에 대해 <표 Ⅱ-6>과 같이 제시하였다(교육부, 2015). 다양한 센서 및 모듈을 활용하여 피지컬 컴퓨팅을 구성하고, 이를 동작시키기 위한 알고리즘을 구성하여 동작 제어 및 관찰할 수 있다. 또한, 피지컬 컴퓨팅 학습영역이 추구하는 성취 기준은 센서를 이용하여 측정한 결과를 조건에 따라 달리하여 작동장치 또는 센서로 출력할 수 있는 프로그래밍을 이행할 수 있어야 한다(교육부, 2015).

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

<표 Ⅱ-6> 컴퓨팅 시스템 내용 체계(교육부 2015, p.98)

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소	기능
컴퓨팅 시스템	컴퓨팅 시스템의 동작 원리	다양한 하드웨어와 소프트웨어가 유기적으로 결합되어 있는 컴퓨팅 시스템은 외부로부터 자료를 입력받아 효율적으로 처리하여 출력한다.	컴퓨팅 기기의 구성과 동작 원리	분석하기 설계하기 프로그래밍 구현하기 협력하기
	피지컬 컴퓨팅	마이크로컨트롤러와 다양한 입·출력 장치로 피지컬 컴퓨팅 시스템을 구성하고 프로그래밍을 통해 제어한다.	센서 기반 프로그램 구현	

2015 개정 과학과 교육과정(교육부, 2015)에서 명시하는 '과학' 교과는 학생들이 개념을 해석하여 받아들이고 개인 그리고 사회에서의 문제를 과학적 더 나아가 생산적으로 해결할 수 있도록 과학적인 소양을 함양할 수 있도록 하는 성격을 지닌다. 2015 개정 과학과 교육과정에서는 자연적으로 나타나는 상황 그리고 실생활에서의 문제를 탐구하는 능력을 기르도록 하는 것을 하나의 목표로 제시하고 있다(교육부, 2015, p.3). 이러한 목표를 성취하기 위해서 과학교육 전문가들은 여러 가지 형태의 교수·학습 방법 및 모형 제작을 위해 많은 힘을 쏟았다(김미영, 2018).

과학 교과에서 교수·학습의 방향은 "학생의 이해를 돕고 흥미를 유발하며 구체적 조작 경험과 활동을 제공하기 위해 컴퓨터, 스마트 기기, 인터넷 등의 최신 정보통신을 접목한 기술, 도구 등을 과학 실험과 탐구에 적절히 활용한다."라고 제시하고 있다(교육부, 2015, 85p). 교육 방법에 따라 컴퓨터와 과학을 기반으로 한 여러 분야의 학문과 실생활 문제를 연계하여 문제를 인식하고 해결할 수 있는 능력을 신장할 수 있는 특징을 지닌(교육부, 2015) 피지컬 컴퓨팅을 활용하여 피지컬 컴퓨팅을 활용한 기술을 교육에서 활용하였을 때, 교육적 효과를 알아보기 위한 연구로 심규현 외(2014)는 융합인재교육에서 아두이노를 활용하여 물리 교과의 '파동'을 주제로 교육 방법을 제시하고 있다. 정보영재들을 대상으로 아두이노를 활용

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

한 프로그래밍 교육을 통하여 성취 정도와 흥미 유발에 대한 효과성을 입증하고자 하였고, 이를 통해 컴퓨터 과목에 대한 관심도와 프로그램을 작성하는 일에 대한 흥미도가 향상된 것으로 판단하였다.

4. 선행연구 고찰

가. 환경교육 프로그램 개발 관련 선행연구

남상덕과 손연아(2016)는 환경부에서 실시하는 환경교육 프로그램이 학습자의 환경 태도에 미치는 영향을 알아보기 위해 환경부에서 시행하는 환경교육 사업인 '푸름이 이동환경교실', '환경교육시범학교', '자연환경연수원', '방과후 환경학교', '학교-민간 연계 환경교육'에 지속적으로 참여한 초등학교 4학년부터 고등학교 2학년을 대상으로 선정하여 언어, 행동, 정서 영역을 측정할 수 있는 36문항과 기후변화 6문항, 신재생 에너지 6문항을 포함하여 총 48 문항을 검사지로 활용하여 설문조사를 실시하였다. 연구 결과, 첫 번째, '푸름이 이동환경교실'을 통해 학습자의 환경 태도 변화는 통계적으로 유의미한 값을 나타냈다(p<.01). 이는 초등학생 수준에 맞춰 내용이 구성되어 있으며, 시청각교육을 활용하여 이루어지기 때문에 학습자의 환경교육에 대한 흥미와 관심을 유도할 수 있었던 것으로 판단하였다. 두 번째, '환경교육시범학교'를 통해 학습자의 환경태도 변화는 통계적으로 유의미한 값을 나타냈다(p<.01). 이는 학습자 중심의 체험형으로 지역 특성에 맞추어 교육프로그램이 체계적으로 구성되어 있어 학습자의 환경태도 변화에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단하였다. 세 번째, '자연환경연수원'을 통해 학습자의 환경태도 변화는 통계적으로 유의미한 값을 나타냈다(p<.01). 이에 남상덕과 손연아(2016)는 연수원을 통한 교육 이후 학습 내용을 적용하며 나아가 심화할 수 있는 교육과정이 개발되어야 할 것이라 제안하고 있다. 네 번째, '방과후 환경학교'을 통해 학습자의 환경 태도 변화는 통계적으로 유의미한 값을 나타냈다(p<.01). 이는 학습자가 직접 만들고 실험하며 체험형식으로 프로그램이 구성되어 있으며 교과 내용과 연계된

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

범교과적인 환경 교육 프로그램의 특징이 있어 학습자의 환경태도 변화에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단하였다. 마지막으로 '학교-민간 연계 환경교육'사업을 통해 학습자의 환경 태도 변화는 통계적으로 유의미한 값을 나타냈다(p<.01). 이는 민간단체가 추진하는 사업으로 학습자가 속한 지역사회의 문제해결에 경험할 수 있는 기회를 제공한다는 특징이 있어 학습자의 환경태도 변화에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단하였다.

김가형과 이현주(2017)는 지역 사회와 연계하여 미세먼지를 주제로 하는 과학 교육 프로그램을 '도전! 미세먼지 ZERO'라는 명칭으로 프로그램을 개발하였다. 자유학기제에 적용하였을 때 학습자의 미세먼지에 대한 이해도, 미래 시민으로서의 인성 및 가치관 함양에 어떠한 영향을 미치는지에 대해 알아보고자 중학생을 대상으로 선정하여 적용하였다. 이 프로그램은 과학기술관련 쟁점인 미세먼지를 주제로 인식, 학습, 공유, 실천 단계를 거쳐 지역사회의 이슈에 대해 현황을 조사하고, 미세먼지 관련 정보를 기관을 방문하거나 전문가 인터뷰를 통해 습득하며, 나아가 지역 주민을 대상으로 설문 조사와 지역 나눔 활동을 진행한다. 마지막으로 미세먼지를 대응하기 위한 국가적 노력을 조사하고 방안을 구상해보는 단계와 경로당, 아파트 단지에 나아가 미세먼지 대처방안을 홍보하는 활동으로 구성되어있다. 연구 결과, 첫 번째, 학습자의 미세먼지에 대한 이해도 변화는 통계적으로 유의미한 값을 나타냈다(p<.01). 이는 미세먼지의 주요 특성, 미세먼지의 크기, 미세먼지와 황사 차이 등을 묻는 문항의 정답률을 통해 이해의 향상을 확인할 수 있었다. 두 번째, 인성적 태도와 가치관 변화는 통계적으로 유의미한 향상을 보였다(p<.01). 인성적 태도와 가치관 영역의 하위 사회·도덕적 공감과 과학관련 사회쟁점에 대한 책무성 영역에서는 통계적으로 유의미한 향상이 있었으나, 생태적 세계관 하위 영역에서는 유의미한 향상을 보이지 않았다. 생태적 세계관에 대한 인식은 사전에도 다른 하위 영역보다 높았던 결과에 비추어보았을 때 프로그램의 효과를 파악하기 어려운 것으로 판단하였다.

나원미(2014)는 환경 쟁점과 행동에 대한 조사 및 평가 프로그램인 IEEIA 교수-학습 모형을 기반으로 생명과학의 환경 관련 단원에서 학습자가 인지하고 있는 주제를 선정하여 영상자료를 활용한 프로그램을 개발하였다. 실험집단의 활동 내용

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

은 1~2차시를 예시로 1. 생태계의 구성과 기능의 소단원에서 인간이 숲에게 미치는 영향, 개체내의 상호작용에 대한 내용으로 1단계에서 영상자료를 시청, 2단계에서 문제, 가치에 대해 생각 3단계에서 읽기 자료를 바탕으로 숲을 보존하기 위한 방안 작성, 4단계에서 참고자료 바탕으로 환경 조사 진행, 5단계에서 토를 통해 개인 및 제도적 해결방안 제시, 6단계에서 참고자료를 토대로 환경 조사실시 할 수 있는 단계에 따른 활동으로 구성하였다. 연구 결과, 실험집단과 통제집단의 환경책무성행동에 통계적으로 유의미한 차이가 있음을 나타냈다(p<.01).

형근영(2008)은 온라인과 오프라인 수업 환경을 활용하는 Blended-Learning 수업 방식을 기반으로 환경 수업이 고등학생의 환경소양에 미치는 영향을 알아보기 위해 과학교육에서 edu4d 모듈을 활용하여 수업에 적용하였다. 제 7차 과학과 교육과정에 포함되는 '생물 농축', '산성비', '온실효과', '소음'과 같은 환경단원의 주제를 선정하여 10차시 교수-학습 과정을 개발하여 적용하였다. 연구 결과, 강의식 수업을 통한 수업형식 보다 온라인과 오프라인 등 다양한 형태의 수업을 활용하는 환경교육이 학습자의 환경 소양인 환경책무성 행동에 유의미한 영향을 미친 것으로 판단하였다(p<.05).

박부영(2017)은 중학교 자유학기제에 적용할 수 있는 물 환경의 역사를 주제로 하는 환경교육 프로그램을 개발하고자 연구를 진행하였다. 중학교 교육과정에 적합한 환경 교육 프로그램을 개발하기 위해 교과별(국어, 도덕, 사회, 과학, 기술가정)에서 다루어지는 환경교육 주제와 환경 내용 요소를 분석하였다. 또한, 국가수준 환경교육 기준을 적용하여 분석한 결과에 따라 물환경을 주제로 환경의 역사를 기반으로 하는 물 환경교육 프로그램을 개발하였다.

장경준(2006)은 지역사회속의 하천인 청계천을 중심으로 하는 체험환경교육을 위해 청계천의 생태환경에 대해 사전 조사를 바탕으로 교육 프로그램을 개발하였다. 본 프로그램은 '청계천에 대해 알아보자'를 주제로 환경 기초 이론에 대해 학습하고 청계천이라는 교육 주제 및 장소에 대해 친근감을 유발하기 위해 삼행시 짓기 활동을 진행하였다. 그 이후 모둠별로 각기 다른 활동주제에 대해 활동을 진행하였고 이때는 청계천이라는 환경에서 유속 측정 및 플랑크톤 관찰, 청계천에 서식하는 어종 관찰, 생태적 공간 관찰, 식물을 이용해 자연의 모습 표현하기 등 체험

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

활동을 진행하고 활동에 대한 평가를 진행하였다.

조국연(2012)은 중학생들을 대상으로 비교과 시간에 적용할 수 있는 환경교육 프로그램으로 대전이라는 지역사회의 자연 하천인 갑천을 중심으로 현장체험활동과 토론활동을 연계하여 진행하는 지역 환경교육 프로그램을 개발하였다. 본 프로그램은 대전의 환경, 하천의 구조, 현장체험학습, 시뮬레이션 게임학습이라는 소주제로 5차시에 걸쳐 진행되었다.

이재붕(2004) 물환경 분야를 중심으로 탐구학습을 기반으로 하는 환경교육 프로그램을 개발하여 중학생을 대상으로 환경 감수성에 어떠한 영향을 미치는지에 대해 연구하였다. 연구를 통해 탐구형 물 환경 프로그램을 개발하고 환경 감수성을 평가하기 위한 평가도구를 개발하여 측정하였다. 연구 결과, 탐구형 물 환경 프로그램을 적용한 환경반과 적용하지 않은 비환경반의 환경감수성은 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다.

최미영(2001)은 하천 체험환경교육 프로그램의 효과성을 분석하기 위해 중학교 환경탐구반 학생들을 대상으로 환경교과에 대한 희망 정도, 환경에 대한 성향, 행동, 지식에 대한 설문조사를 실시하였다. 연구 결과, 첫 번째, 환경에 대한 '성향'은 유의미한 통계의 차이를 보이지 않았으나, 하천 관련된 설문 문항의 결과로 보아 하천 관련되지 않은 문항보다 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. 이는 하천 관련 체험환경교육 프로그램의 긍정적인 영향을 하천이라는 환경에 대한 성향이 변화하고 있는 것으로 판단하였다. 두 번째, 환경에 대한 '행동'은 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. 이는 환경에 대해 친환경적인 태도로 변화하고 있음을 나타낸다. 세 번째, 환경에 대한 '지식'은 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. 학습자는 하천 관련 환경교육프로그램을 통해 하천 관련 문제와 더불어 다른 환경문제에 대해 이해한 것으로 판단할 수 있다.

대학 교육과정에서의 환경교육의 중요성과 필요성을 제기한 연구에 따라(정철, 2008) 환경과 환경문제에 대한 인식을 연구한 선행연구 중 대학생을 대상으로 한 선행연구(김윤지, 2018; 정철, 김윤지, 2021), 중등학교 교사를 대상으로 한 연구(박재문, 이수진, 문성배, 2014) 활발히 진행되고 있으나 중등학교 예비교사를 대상으로 환경에 대한 인식을 알아보는 연구(홍준의, 2017)는 미흡한 실정이다. 이에

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

본 연구에서는 학교 현장에서 교육을 시행하게 될 예비교사에 대한 환경교육의 기회 제공의 필요성에 따라(이성희, 조성화, 2019) 예비생물교사를 연구대상으로 설정하였다.

<표 Ⅱ-7> 환경교육 프로그램 개발 관련 선행연구

저자	대상	독립변인	종속 변인	결과
남상덕과 손연아 (2016)	초등학교 4학년~고등학교 2학년	환경부 환경교육 프로그램	환경 태도 (언어영역, 행동영역, 정서영역)	환경부에서 운영하는 환경교육 프로그램(푸름이 이동환경교실, 환경교육 시범학교, 자연환경연수원, 방과후 환경학교, 학교-민간 연계 환경교육)을 통해 학습자의 환경 태도에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단하였다.
김가형과 이현주 (2017)	중학생	지역사회연계 미세먼지 교육 프로그램	미세먼지에 대한 이해도, 시민으로서의 인성적 태도와 가치관	지역사회와 연계하여 과학기술 쟁점인 미세먼지를 주제로 하는 자유학기제 프로그램을 통해 학습자의 미세먼지에 대한 이해도, 인성적 태도 및 가치관에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단하였다.
나원미 (2014)	고등학생	IEEIA프로그램을 활용한 수업	환경책무성행동 (환경 행동의 인지적, 정의적, 개성 변인)	IEEIA 프로그램을 활용한 수업이 실험집단과 통제집단의 환경책무성행동 변화에 통계적으로 유의미한 차이가 있었다.
형근영 (2008)	고등학생	Blended-Learning을 적용한 환경수업	환경소양 (생태적지식, 환경쟁점 지식, 환경 태도, 환경감수성 등)	Blended Learning 수업 방식을 활용한 환경 수업이 실험집단과 통제집단의 환경소양에 통계적으로 유의미한 차이가 있었다.
박부영 (2017)	-	물환경 주제중심프로그램 개발	-	중학교에 적용하기 위한 물환경 주제중심프로그램을 환경사에 기반하여 개발하였다. 이에 현직 교사는 중학생을 대상으로 교육 적용에 있어 환경의 역사는 무거운 주제이므로 환경에 관한 이슈 등으로 변경하고 차시를 변경하여 진행할 필요성에 대한 평가를 받았다.
장경준 (2007)	중학생	하천 체험환경교육 프로그램 개발	-	지역사회에 속한 청계천이라는 하천을 활용한 체험환경교육을 통해 학습자의 수준에 맞게 프로그램을 개발 및 적용

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

		및 운영방안 : 청계천을 중심으로		할 수 있는 장점이 있고, 이를 통해 학습자에게 지역사회의 환경에 대한 관심과 경험을 제공할 수 있도록 하천 체험 환경교육 프로그램을 개발하였다.
김민지 (2007)	중학생	물 환경교육용 교재 개발 및 적용 효과	수질오염에 대한 학업 성취도, 수질오염에 대한 인식 및 태도	중학교 환경 교과서 [깨끗하고 풍부한 물] 단원의 '물 오염'을 중심으로 탐구 학습이 이루어질 수 있는 3차시 수업을 개발하여 적용하였다. 연구결과, 학습자의 성취도에는 유의미한 변화가 없었지만, 인식과 태도에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단하였다.
조국연 (2012)	중학생	지역 환경교육 프로그램의 개발	-	창의적 체험활동으로 환경 관련 동아리에 활용할 수 있는 대전의 하천인 갑천을 중심으로 지역 환경교육 프로그램을 개발하였다.
이재붕 (2004)	중학생	탐구학습 모형에 기초한 물환경교육 프로그램 개발과 적용 및 환경감수성 측정에 관한 연구	환경감수성	탐구학습 모형에 기초한 물 환경교육 프로그램의 탐구 학습 내용 및 요소는 실험실, 갯벌, 하천의 물환경에 대해 탐구하는 것으로 학습자의 환경 감수성을 함양시키기 위한 프로그램을 개발 및 적용하였다. 연구결과, 환경감수성에 대한 통계 결과 유의미한 차이가 없었다.
최미영 (2001)	중학교	하천 체험환경교육 프로그램	환경에 대한 성향(환경 감수성, 태도, 가치, 개인적 책임감), 행동(환경 책임성 행동), 지식(환경쟁점에 대한 지식, 해결책 및 활동 전략에 대한 지식)	하천 체험환경교육 프로그램을 통해 환경에 대한 성향은 통계적으로 유의미한 변화가 없었으나, 환경에 대한 행동, 지식은 통계적으로 유의미한 차이를 나타냈다. 나아가 학습자는 쓰레기에 대한 태도 및 실천행동에 대해

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

나. ECO-STEAM 교육 관련 선행연구

환경교육과 STEAM 교육이 융합된 형태로 진행되는 ECO-STEAM 교육의 체계화와 활성화를 위해 ECO-STEAM 교육의 필요성(강민정, 2013)을 제시하고, 탐구 중심 환경교육에 STEAM 교육을 접목하기 위해 '융합적 물 환경 탐구 모형(STEAM-IBEE)'을 제안(정옥영, 이두곤, 2015)하는 등 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한, ECO-STEAM 교육의 효과성 탐색을 위한 연구도 이루어졌는데, 그중 환경요소를 주제로 선정하여 STEAM 프로그램을 개발하여 적용한 연구는 환경의 '기후변화'를 주제로 STEAM 요소 기반 프로그램 개발(이성희, 2012), 멸종 위기종 '황새'를 주제로 생태 교육 기반 프로그램 개발(이상균, 2017), 학습자의 체험(오감, 관찰, 체험의 형태)을 중심으로 하는 생태환경 프로그램(김선일, 신영준, 2019), '기후변화', '산성비', '태양광 정수기'를 주제로 환경 복원 프로그램 개발(최영미, 양지혜, 홍승호, 2016) 등 다양한 ECO-STEAM 프로그램 개발되었다.

이성희(2012)는 환경에 대한 쟁점으로 '기후변화'를 주제로 선정하여 STEAM 교육 프로그램을 개발하여 초등학교 학생을 대상으로 적용했다. 환경 주제 중심 STEAM 교육 프로그램을 통해 학습자의 환경 소양의 하위 영역으로 생태적 지식, 환경 쟁점 지식, 환경행위전략지식, 환경적 태도 환경 감수성, 환경기능, 환경 가치, 조절점, 환경 행동에 대해 살펴보았다. 그 결과, 환경 태도를 제외한 모든 영역에서 유의미한 통계 결과가 나왔다. 이는 학생들이 자기 주도적으로 탐색하고, 협력하여 결과물을 도출하기 위해 창의적으로 설계하는 활동을 통해 향상된 것으로 판단하였다. 환경 인식과 지식은 단기간으로 변화를 보이고 판단할 수 있지만, 반면에 환경에 대한 태도는 오랜 시간에 걸쳐 변화된다는 특징이 있어 단기간에 적용된 프로그램의 영향으로 판단하였다.

이상균(2017)은 환경 주제 중심 STEAM 활동이 학습자의 환경 소양(지식, 정서, 기능, 행동)과 STEAM 태도(과학 흥미, 배려와 소통, 자기 주도적 학습, 이공계 진로) 및 수업만족도에 어떠한 영향을 미치는지 연구하였다. 이에 본 연구는 생태계의 멸종위기 동물인 황새를 주제로 선정하여 환경 교육과 융합적 교육 방식

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

STEAM 교육을 접목한 ECO-STEAM 프로그램을 개발하였다. ECO-STEAM 프로그램은 학생들이 멸종위기인 황새에 대한 기본적인 지식과 멸종의 원인 및 황새 복원의 필요성을 인식하기 위해 자료를 분석하고 탐색해보는 상황제시 단계, 탐구 및 설계 활동을 통해 문제 상황에 대한 해결책을 고안하고 생태 마을을 제작하기 위해 계획하는 창의적 설계 단계, 마지막으로 창의적으로 생태 마을을 재활용품을 활용하여 ECO-STEAM 결과물인 생태 마을을 제작하고 프로젝트 발표를 통해 성공을 경험하며 자기 성찰을 해볼 수 있는 단계인 감성적 체험 단계로 구성되어있다. 이러한 ECO-STEAM 프로그램을 적용한 결과, 첫 번째 환경 소양의 환경에 대한 지식영역과 환경에 대한 자신의 관점인 정서 영역 그리고 정보를 탐색하고 분석하는 과정을 통해 인식하는 환경에 대한 기능 영역에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단하였다. 두 번째 STEAM 태도에서는 과학에 대한 흥미 영역, 동료 학습자를 배려하고 소통하는 영역, 학습자 스스로 계획하고 수행해나가는 자기 주도적 학습영역에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단하였다. 마지막으로 수업에 대한 만족도, 흥미의 정도, 내용의 수준에 대한 의견 및 STEAM 수업에 대한 참여 여부를 확인할 수 있는 계속적 참여에 대한 검사결과 만족도가 증가하였다. 이러한 결과는 환경을 주제로 하는 ECO-STEAM 활동에서 신문 기사를 읽고 환경에 대한 문제점을 인식하고 황새와 공존할 수 있는 생태 마을을 제작하기 위해 협동하는 활동의 영향으로 판단하였다.

김선일과 신영준(2019)은 실생활에서 빈번하게 마주칠 수 있는 나무, 풀, 돌 등 다양한 자연물을 관찰하고 느낄 수 있는 체험중심 생태환경 STEAM 교육을 위한 프로그램을 통해 학습자의 생태적 감수성(자연에 대한 관심, 자연에서의 심미적 체험, 정서 안정, 자연에 대한 동정 연민)에 미치는 영향을 연구하고자 하였다. 이에 본 연구는 체험중심 생태환경 융합 교육 프로그램을 개발하기 위해 창의적 설계단계를 관찰, 오감 및 체험 활동의 형태로 설계하였다. 이러한 환경 융합교육 프로그램 적용 결과, 생태적 감수성 하위 영역인 자연에 대한 관심, 자연에서의 심미적 체험, 정서 안정, 자연에 대한 동정 연민으로 모든 영역에서 유의미한 통계 차이가 있는 것으로 확인할 수 있었다. 이는 자연을 직접적으로 체험하고 환경에 대한 자신의 감정을 다른 학생들에게 표현하는 활동을 통해 자연에 대한 동정 및 관

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

심 유도하여 생태적 감수성에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단하였다.

최영미 외(2016)는 2009 개정 과학과 교육과정에서 제시되는 '생물과 환경' 단원에서 다뤄지는 핵심 지식을 기반으로 '기후변화', '산성비', '수질오염'을 주제로 환경 복원 STEAM 프로그램을 개발하여 초등학교 학생을 대상으로 프로그램을 적용했다. 이를 통해 학습자의 환경소양, 창의적 문제해결력, 정의적 영역에 미치는 영향을 연구하고자 하였다. 그 결과, 환경 소양의 하위 영역 지식, 정서, 기능, 행동과 창의적 문제해결력의 하위 영역 특정 영역의 지식·사고·기능·기술의 이해 및 숙달 여부와 확산적 사고에 유의미한 통계 차이가 있었다. 또한, 학습자의 정의적 영역인 배려와 소통, 자기주도적 학습 요소에서도 유의미한 통계 차이가 있었다. 결론적으로 학습자가 환경문제에 대해 정서를 확립하고 관심을 보이며 행동으로 표출하는 과정에서 학습자의 환경 소양, 환경에 대한 기능하는 과정에서 창의적 문제해결력, 창의적 설계, 감성적 체험단계를 통해 정의적 영역에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단하였다.

김지훈과 홍승호(2015)는 과학과 교육과정에 포함된 '생태계와 환경' 단원을 토대로 국어, 실과, 미술 등 다양한 학문에서 중요하게 다루어지는 학습 내용을 구성하기 위해 환경 관련 교육과정을 분석하였다. 이를 기반으로 스마트 기기를 활용한 환경복원 프로젝트를 진행하기 위한 STEAM 프로그램을 개발하여 초등학교 학생을 대상으로 적용했다. 그 결과, 조별로 진행되는 환경 복원 프로젝트 활동에서 스마트 기기를 활용하여 환경에 대한 자료를 탐색하고 분석하는 작용을 통해 환경 지식, 기능 영역에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단하였다. 또한, 학습자가 직접 캠페인 활동을 진행하고 프로젝트 발표 단계를 거쳐 친환경적인 행동 습관을 형성에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단하였다. 반면 실험집단과 비교집단의 학업성취도, 과학흥미도에서는 유의미한 차이를 보이지 않았다.

권진희 외(2017)는 전통적 생태 지식을 주제로 선정하여 STEAM을 기반으로 하는 환경 교육 프로그램을 개발하여 초등학교 학생을 대상으로 적용했다. 6학년 교육과정 분석을 통해 생활환경과 관련된 의, 식, 주거, 여가 생활을 분류하고 실생활에서 경험할 수 있었던 환경문제 인식하고 전통적으로 활용했던 생태 지식을 적용하여 문제를 해결할 수 있도록 활동을 제시하였다. 그 결과, 환경 쟁점이 되는

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

문제에 대한 정보를 수집하기 위해 스마트 기기를 활용하는 활동과 창의적 설계 단계에서 STEAM 결과물을 도출하기 위해 설계 및 디자인하는 활동이 환경에 대한 정서, 환경기능, 환경에 대한 행동에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단하였다.

민희(2016)는 미술과 중심의 환경 STEAM 프로그램의 감성적 체험을 통해 환경에 대한 감수성을 함양할 수 있도록 하고 나아가 미술을 가르치기 위한 새로운 교수-학습 형태를 제안하고자 하였다. 이에 STEAM 교육의 감성적 체험 단계를 체험과 실천으로 분류하여 '문제상황제시' - '감성적체험' - '창의적설계' - '감성적 실천' - '평가' 단계로 구성하였다. 적용 결과, 미술과 중심의 환경 STEAM 프로그램은 학습자의 환경 수용, 기대감, 거부감인 환경 감수성에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단하였다.

<표 Ⅱ-8> ECO-STEAM 교육 관련 선행연구

저자	대상	독립변인	종속 변인	결과
이상균 (2017)	초등학생	과학과 ECO-STEAM 수업	환경 소양, STEAM 태도와 수업 만족도	환경 주제 중심 ECO-STEAM 과학 수업이 학습자의 환경 소양(지식, 정서 및 기능), STEAM 태도(과학흥미, 배려와 소통, 자기 주도적 학습)와 수업 만족도에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단하였다.
이성희 (2012)	초등학생	STEAM 기반 환경 교육 프로그램	환경 소양 (지식, 감수성, 기능)	STEAM 교육을 기반으로 하는 환경 교육 프로그램의 '기후변화' 주제 중심 활동을 통해 학습자의 생태, 쟁점, 행위 전략에 대한 지식과 감수성, 기능, 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단하였다.
권진희 외 (2017)	초등학생	전통생태지식을 활용한 초등 STEAM 프로그램	환경 소양 (정서, 기능, 행동)	전통생태지식을 활용한 STEAM 프로그램에서 전통생태지식을 적용하여 문제를 해결하며 창의적 설계 및 디자인하는 활동을 통해 정서(환경 감수성, 인지력 환경태도), 기능(환경기능) 및 행동(절약행위, 재활용 행위, 참여)에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단하였다.
최영미 외(2016)	초등학생	환경복원 주제 STEAM 프로그램	환경소양, 창의적 문제해결력,	'기후변화', '산성비', '수질오염' 등 환경 주제를 중심으로 환경복

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

			정의적 영역	원 STEAM 프로그램은 학습자의 환경소양, 창의적 문제해결력, 정의적 영역에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단하였다.
김지훈과 홍승호 (2015)	초등학생	스마트기기를 활용한 STEAM 프로그램	학업성취도, 환경 생활습관 형성, 과학 흥미도	스마트기기를 활용한 STEAM 프로그램이 학습자의 친환경 생활습관 형성에는 긍정적인 영향을 미쳤으나, 과학 흥미도와 학업성취도는 유의미한 차이가 없었다.
민희 (2016)	초등학생	미술과 중심의 환경 STEAM 프로그램의 개발	환경 감수성 (환경 수용, 기대감, 거부감)	미술과 중심의 환경 STEAM 프로그램은 학습자의 환경 감수성(환경 수용, 기대감, 거부감)에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단하였다.
김선일과 신영준 (2019)	초등학생	체험중심 생태환경 프로그램	생태적 감수성 (자연에 대한 관심과 동정 연민, 심미적 체험, 정서 안정)	체험을 중심으로 하는 생태 환경 교육을 통해 학습자의 생태적 감수성에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단하였다.

앞서 살펴본 선행연구들은 주로 초등학생을 대상으로 탐구, 체험중심의 ECO-STEAM 프로그램을 적용하였고, 그에 대한 '학업성취도', '친환경 생활 습관 형성' 및 '과학 흥미도', '환경 소양(지식, 정서, 기능, 행동)과 'STEAM 태도(과학 흥미도, 배려·소통, 자기주도적 학습, 이공계 진로 선택)', '생태적 감수성(자연에 대한 관심, 자연에서의 심미적 체험, 정서 안정, 자연에 대한 동정 연민)', '창의적 문제해결력(지식·사고기능·기술의 이해 및 숙달여부, 확산적 사고, 비판적·논리적 사고, 동기적 사고)', '환경 행동등에 대한 효과성을 탐색하였다. 즉, 앞으로 중등학교 현장에서 ECO-STEAM 교육을 적용할 예비생물교사를 대상으로 한 환경 책무성 행동 효과성 연구는 미흡한 실정이다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

다. 아두이노(Arduino)를 활용한 환경교육 관련 선행연구

아두이노를 활용한 교육의 활성화와 효과성을 입증하기 위해 아두이노를 활용한 STEAM 교육 과정을 설계하고 프로그램을 개발 및 적용(심규헌, 이상욱, 서태원, 2014), 실생활에서 밀접하게 관련 있는 문제를 해결하기 위해 피지컬 컴퓨팅을 활용하고 프로그래밍의 경험을 제공하고자 프로그램을 개발 및 적용(이학용, 우호성, 김자미, 2017) 등 아두이노를 활용한 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다.

아두이노를 활용하여 환경교육 프로그램이 개발된 사례로는 피지컬 컴퓨팅의 종류 중 오프소스를 기반으로 하는 보드의 형태인 특징을 장점으로 교수-학습 상황에 적절히 적용할 수 있는 아두이노를 활용한 '미세먼지 및 실내 환경 개선'을 주제로 프로그램 개발(김형욱 등, 2018), '실내 공기 오염'을 주제로 코딩교육을 활용한 프로그램 개발(원은진, 서진하, 목련화, 2018), '미세먼지 측정기'를 주제로 프로그램 개발(장미화 등, 2019), '대기(온도·습도, 미세먼지) 및 수질(온도, PH, 탁도, DO)'을 주제로 시스템 개발(조운석 등, 2020) 등 환경을 주제로 아두이노를 활용한 교육 프로그램과 환경교육을 위한 아두이노와 어플리케이션을 연동할 수 있는 시스템이 개발 등 아두이노를 활용한 환경교육이 활발히 이루어지고 있다.

원은진 외(2018)는 실내환경의 공기 질을 측정하는 코딩환경 교육프로그램을 통해 미래 사회에서 직면할 수 있는 환경문제를 해결하는 능력과 적극적으로 문제에 대한 관심을 유도하고자 아두이노를 활용하여 사물인터넷의 블루투스 기능을 통해 측정된 값을 태블릿으로 즉시 확인할 수 있도록 프로그램의 콘텐츠를 구성하였다. 본 프로그램은 미세먼지 등 다양한 실내공기질을 주제로 다양한 센서인 온습도 센서, 토양수분측정 센서, 가스 측정 센서 등을 포함하여 친환경 주택을 제작하였다. 친환경 주택에 포함되어있는 각각의 센서를 아두이노와 연결하여 측정한 후 측정 값을 태블릿으로 확인할 수 있도록 활동을 총 4차시로 구성하였다. 이 활동을 통해 대기, 공기라는 한가지 환경 주제로 환경문제에 대해 가치를 생각해보고 코딩을 활용한 활동을 통해 문제해결 능력과 환경문제에 대한 관심을 유도하고자 하였다.

김형욱 외(2018)는 아두이노를 활용하여 미세먼지 측정기를 제작하여 미세먼

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

지를 측정하고 미세먼지라는 환경문제를 해결하기 위한 스마트 화분을 제작하는 환경교육 프로그램을 개발하여 초등학생을 대상으로 적용하였을 때 창의적으로 문제를 해결하는 역량과 환경에 대한 지식, 기능 정서에 해당하는 소양에 미치는 영향을 연구하고자 하였다. 아두이노를 활용한 환경교육 프로그램은 미세먼지 및 실내 환경 개선을 주제로 창의적 체험 활동 시간을 통해 적용하였다. 연구 결과, 아두이노를 활용한 환경교육 프로그램은 학습자의 환경 소양인 지식, 정서, 기능, 행동영역에서 통계적으로 유의미한 결과를 나타냈다. 이는 미세먼지 측정기를 제작하고 측정하는 활동을 통해 수업에 대한 관심이 생겼으며 환경문제에 대한 심각성을 인식할 수 있었던 것으로 판단하였다. 또한, 아두이노를 활용한 환경교육 프로그램을 통해 학습자의 창의적 문제해결력은 통계적으로 유의미한 향상을 나타냈다. 이는 구체적 조작물인 아두이노를 활용하여 환경교육을 진행하였을 때 학습자는 코드를 작성하는 과정에서 변수를 조작하거나 코드를 변형하는 등 다양한 조작을 통하여 문제를 해결하고자 하였으며 나아가 아두이노를 응용하여 미세먼지 농도의 정확성과 스마트 화분을 제작하는 과정에서 문제를 해결하기 위해 행동하는 모습을 확인할 수 있었다.

장미화 외(2019)는 '미세먼지'라는 환경 주제를 중심으로 아두이노를 활용하여 미세먼지 측정기를 제작하는 체험 중심 환경교육 프로그램을 개발하여 프로그램의 효과성을 알아보기 위해 프로그램에 참가한 고등학생에게 도구의 접근성, 효과성, 프로그램의 만족도에 대한 설문 조사를 실시하였다. 본 프로그램은 총 10차시에 걸쳐 미세먼지 측정기를 제작하는 하나의 활동을 집중적으로 진행하였으며, 초반에 환경 주제로 미세먼지를 제시하며 미세먼지의 종류, 발생원인에 대해 학습하는 과정을 거쳐 기본적인 환경문제의 지식을 습득하고 이해할 수 있도록 하였다. 또한, 아두이노를 설치하는 방법, 아두이노를 사용하기 위한 방법을 습득할 수 있도록 하였다. 2차시~9차시까지 본격적으로 미세먼지 측정기를 제작하기 위한 LED, 빛 온도, 습도, 미세먼지 센서를 활용하여 회로를 구성하고 측정해보며 환경 요소들에 대한 학습을 진행하였다. 마지막 10차시에서는 미세먼지 측정기를 최종적으로 제작하고 미세먼지를 측정 미세먼지와 환경에 대해 자신의 생각을 표현할 수 있도록 활동을 진행하였다. 연구 결과, 아두이노를 활용하여 미세먼지 측정기를 제작하는

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

활동에 대해 다양한 경험, 코딩하는 방법 습득, 성공했을 때 성취감, 자극에 반응하는 기기 제작 등 다양한 의견으로 보아 프로그램을 통해 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단하였다. 또한, 아두이노를 활용하여 드론, 자판기, 등 다양한 작품을 만들고 싶다는 의견과 환경 주제 관련하여 수온측정기, 온습도 제어, 공기 청정기, 화재경보기 등을 제작해보고 싶다는 생각을 확인할 수 있었다. 마지막으로 프로그램에 대한 만족도 설문 결과 매우 그렇다(84%), 그렇다(11%) 등으로 답하였으며, 향후 아두이노를 활용한 다른 수업 참가 여부에 매우 그렇다(84%), 그렇다(16%)가 응답하였다. 결론적으로 아두이노를 활용하여 미세먼지 측정기를 제작하는 환경교육 프로그램을 통해 학습자는 환경문제, 환경에 대한 관심이 증가한 것으로 판단하였다.

조운석 외(2020)는 기존의 생태적 감수성 중심으로 이루어지고 있는 환경교육은 환경문제에 대한 심각성만 자극할 수 있다는 한계점을 제시하면서 환경교육의 핵심역량을 함양하기 위해서는 환경 정보를 활용하는 능력이 기반이 되어야 한다는 점을 강조하였다. 학습자가 환경문제와 관련된 현상을 측정하고 모니터할 수 있는 교육프로그램을 위해 아두이노 메가를 기반으로 대기, 수질을 측정할 수 있는 환경 측정 시스템을 개발하고자 연구를 진행하였다. 환경 측정 시스템은 대기, 수질을 측정할 수 있는 환경 측정 센서, 아두이노, 스마트폰 어플리케이션으로 구성되어 있으며 무선통신을 통하여 아두이노를 활용하여 센서를 동작시켜 측정하고 측정값을 스마트폰으로 확인할 수 있다.

<표 Ⅱ-9> 아두이노를 활용한 환경교육 선행연구

저자	대상	독립변인	종속 변인	결과
김형욱 외 (2018)	초등학생	아두이노를 활용한 환경교육 프로그램	환경소양(지식, 기능, 정서, 행동)과 창의적 문제해결력	아두이노를 활용한 환경교육 프로그램 개발 및 적용 결과 학습자의 환경 소양 및 창의적 문제해결력은 통계적으로 유의미한 향상을 나타냈다.
조운석 외 (2020)	-	-	-	환경교육을 위한 아두이노 메가를 기반으로 환경 측정기기와 어플리케이션을 개발하여 환경 측정 및 모니터링 가능한 환경 측정시스템을 개발하였다.
원은진	초등학생	-	-	아두이노를 활용하여 실내환경(미세먼지 센서,

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

외 (2018)				온습도 센서, 토양수분측정 센서 등)을 측정할 수 있는 코딩 환경교육 프로그램을 개발하였다.
장미화 외 (2019)	고등학생	아두이노를 활용한 환경교육 프로그램	도구의 접근성, 프로그램의 효과성, 프로그램의 만족도	아두이노를 활용한 환경교육 프로그램 결과 프로그램의 효과성 및 프로그램의 만족도가 증가한 것으로 판단하였다.

앞서 살펴본 연구와 같이 환경을 주제로 아두이노를 활용한 교육 프로그램과 환경교육을 위한 아두이노와 어플리케이션을 연동할 수 있는 시스템이 개발되고 있지만, 교수-학습 모형에 기반하여 교수-학습 과정이 절차적으로 구성되어 있지 않으며 프로그램 적용 효과성을 객관적인 검사도구를 활용하여 결과값을 제시한 연구가 미비하다. 또한, 아두이노를 활용하여 환경 주제를 중심으로 STEAM 활동으로 구성되어 있는 ECO-STEAM 교육프로그램을 개발하는 연구는 체계적으로 진행되고 있지 않다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅲ. 연구 방법

1. 연구 절차

본 연구는 환경적으로 쟁점이 되는 '미세먼지'를 주제로 한 ECO-STEAM 프로그램이 예비생물교사의 환경 책무성 행동에 미치는 효과를 알아보기 위하여 STEAM 교육, 환경 교육, 아두이노와 관련된 선행연구를 탐색 및 고찰하였고, 임형백(2002)의 환경 책무성 행동 검사 도구를 선정하였다. 선행연구 고찰을 통해 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램을 개발하였으며 STEAM 단계에 준거하여 교수·학습과정안과 활동지를 제작하였다. ECO-STEAM 프로그램을 적용하기 전 예비생물교사들의 환경 책무성 행동에 대한 검사 도구를 투입하여 사전 검사를 진행하였다. '미세먼지'를 주제로 하는 ECO-STEAM 프로그램 수업을 적용한 후, 사전 검사와 동일한 환경 책무성 행동 검사 도구를 투입하여 사후 검사를 진행하였고 검사결과를 통계 및 분석하였다. 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램의 환경 책무성 행동의 변화와 예비생물교사로서 수업에 대한 중등학교 현장의 적용 가능성과 효과성을 탐색하기 위해 인터뷰를 통해 자료를 수집하고 녹음 내용을 전사하여 분석하였다. 본 연구의 절차는 [그림 Ⅲ-1]과 같다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[그림 Ⅲ-1] 연구 절차

2. 연구 대상

본 연구는 광역시 소재 사범대학 생물교육과에 재학하는 총 24명(남 13명, 여 11명)을 대상으로 하였다. 연구에 참여한 참여자들은 과학탐구교육을 수강하는 전 학년(1학년 1명, 2학년 20명, 3학년 2명, 4학년 1명)으로 구성되었다.

3. 수업 처치

본 연구는 예비생물교사를 대상으로 하는 과학탐구교육 수업을 통해, 총 26차시에 걸쳐 진행되었다. 예비생물교사들은 4차시에 걸쳐 STEAM 교육(융합인재교육)의 정의와 목표 그리고 교수-학습 모형을 학습한 후, ECO-STEAM 프로그램

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

활동을 진행하였다. Arduino를 활용한 ECO-STEAM 프로그램은 환경 쟁점으로 제시되는 '미세먼지'를 주제로 이를 대처하기 위해 창의적으로 친환경 지역 사회를 설계하고 Arduino를 활용하여 미세먼지 측정기를 제작하여 측정해보는 STEAM 교육(융합 인재 교육) 활동으로 ECO-STEAM 교수-학습 단계에 따른 성취 기준을 <표 Ⅲ-1>과 같이 제시하였다.

<표 Ⅲ-1> ECO-STEAM 활동 수업처치

교수-학습 단계		성취 기준
STEAM (4차시)		• STEAM 교육(융합인재교육)의 정의를 학습한다. • STEAM 교육의 교수-학습 모형에 대해 이해한다.
상황제시 (2차시)		• 미세먼지 기사 분석 활동 - 미세먼지 핵심어 관련 기사 및 연구 자료를 분석하는 활동을 통해 미세먼지의 정의, 발생원인 및 과정에 대해 이해한다.
창의적 설계 (6차시)		• 대기 현황 분석 활동 - 지역 사회를 선정하여 대기 현황을 분석하는 활동을 통해 지역 사회 차원에서의 창의적인 미세먼지 대처방안 구상한다.
		• 대한민국 지역 사회와 세계 각 국가의 우수 대처사례 분석 활동 - 국내 지역 사회와 국외에서 현재 시행되고 있는 미세먼지 대처방안 및 정책 자료를 탐색하고 분석하는 활동을 통해 창의적인 미세먼지 대처방안을 구상한다.
		• 생태 도시 정의 및 사례 분석 활동 - 생태 도시의 사례 분석을 통해 생태 도시의 정의를 파악하여 친환경 지역 사회를 설계를 위한 요소를 참고하여 설계한다.
		• 친환경 지역 사회 설계(개별 활동) - 학생 개별로 친환경 지역 사회를 설계하고 지역 사회에서 제시할 수 있는 대안 및 정책을 구상하며 1차 설계한 지역 사회의 SWOT 분석을 통해 타당성과 객관성을 입증한다.
감성적 체험 (12차	아두이노 응용 활동 (8차시)	• Arduino 배경과 정의를 학습한다. • Arduino 우노 보드 · 브레드보드의 기본 구조와 기능 - 아두이노 우노 보드와 브레드보드의 기본 구조를 탐색해보고 기능을 학습한다. • 통합개발환경 기본 구조와 기능 - 아두이노를 동작시킬 코드를 작성하는 통합개발환경 프로그램의 구조를 탐색해보고 기능을 학습한다.
		• 프로그래밍의 정의를 학습한다. • Arduino의 언어에 대해 이해한다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

시)		• 통합개발환경 예제활동 - 아두이노 보드에 내장되어있는 LED 또는 LED 부품을 활용하여 회로를 구성해보고 코드를 작성하여 동작을 확인한다.
		• 미세먼지 측정기 응용 활동 ① - LCD 디스플레이 모듈을 활용하여 자신만의 코드 구상 후 출력할 수 있다. RGB LED 모듈을 활용하여 가설 설정 후 출력 동작 결과 분석한다. • 미세먼지 측정기 응용 활동 ② - 미세먼지 측정 센서를 활용하여 센서의 범위를 설정하고 미세먼지 측정값을 분석할 수 있다. 온·습도(DHT) 센서를 활용하여 시리얼 모니터를 통해 수치를 확인하고 시리얼 플로터를 통해 그래프를 출력하고 관찰한다.
		• 아두이노 미세먼지 측정기를 활용한 측정 활동 - 아두이노 미세먼지 측정기를 제작하고 조별로 교내 장소를 선정하여 1차 ·2차 측정 활동을 진행하고 미세먼지 측정 결과의 수치를 분석하고 결론을 도출한다.
	친환경 지역사회 설계 활동 (4차시)	• 친환경 지역사회 설계 및 포스터 제작(조별 활동) - 개별적으로 수립해온 프로젝트 활동 계획을 조원들과 논의하여 최종 프로젝트 계획을 수립하고 토의 및 토론을 통해 최종 친환경 지역사회를 설계하며 SWOT 분석을 통해 지역사회에서 제시할 수 있는 대안 및 정책 구상한다. • 지역사회의 창의적인 미세먼지 대처방안 및 정책을 제시할 수 있는 홍보자료를 포스터로 제작한다.
평가 및 새로운 문제 도전 (2차시)		• 친환경 지역사회 설계 프로젝트 결과물 발표(조별 활동) - 최종으로 설계한 지역 사회를 홍보할 수 있는 프로젝트 결과물인 포스터를 아이디어 발표회를 통해 발표하고 평가를 진행한다. • ECO-STEAM 활동 과정 순서도 및 설문 활동 - 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 활동을 순서도로 작성해보는 활동을 통해 문제해결과정에 대해 성찰 및 평가한다.

ECO-STEAM 프로그램은 온라인 수업 환경을 활용하는 상황제시, 창의적 설계단계와 오프라인 수업환경을 활용하는 감성적 체험, 평가 및 새로운 문제 도전의 총 4단계로 구성되어 있다. STEAM 준거 틀에 따라 ECO-STEAM 활동의 첫 번째, 상황제시단계에서는 신문 기사, 관련 연구 자료를 분석하고 '미세먼지' 문제 상황에 대한 정의, 원인 및 피해 현황 자료를 제시하여 문제 해결의 필요성을 인식할 수 있도록 하였다. 두 번째, 창의적 설계단계에서는 대기 현황을 분석하는 활동과 대한민국 지역 사회와 세계 각국의 우수 미세먼지 대처사례를 분석하는 활동을 통

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

해 지역·사회 차원에서의 창의적인 미세먼지 대처방안을 구상할 수 있도록 하였다. 더 나아가 국가적 우수대처사례, 생태 도시의 정의 및 사례 분석 활동을 통해 고안한 미세먼지 대처방안을 적용하여 친환경 지역 사회를 설계 및 제작하기 위한 계획을 수립할 수 있도록 하였다. 세 번째, 감성적 체험단계에서는 개별로 설계해온 친환경 지역 사회의 SWOT(Strength, Weakness, Opportunity, Threat) 분석 보고서를 조원들과 토론 및 토의를 거쳐 효과적이고 창의적인 친환경 지역 사회를 설계하기 위한 프로젝트 계획을 구체화하고 이를 통해 창의적으로 고안한 미세먼지 대처방안과 '친환경 지역 사회'를 소개할 수 있는 포스터를 제작할 수 있도록 하였다. Arduino를 활용하여 미세먼지 측정기를 제작하기 위해 프로그래밍의 개념과 아두이노 정의 및 프로그래밍 언어에 대해 학습하고, 미세먼지 및 온·습도 수치를 확인하기 위한 디스플레이, 미세먼지 수치의 정도를 빛의 밝기로 표시해 줄 RGB LED, 온·습도를 측정해줄 센서와 미세먼지 측정기 센서를 활용하여 회로를 구성하고, 통합개발환경 프로그램에 코드를 작성해보는 응용 활동을 진행하였다. 또한, Arduino를 활용하여 미세먼지 측정기를 제작하고 교내 장소를 선정하여 측정해보는 활동을 통해 미세먼지 측정 결과 수치 및 그래프를 분석하고 결론을 도출할 수 있도록 하였다. 마지막으로 평가 및 새로운 문제 도전단계에서는 조별 프로젝트 활동으로 제시된 친환경 지역 사회를 홍보하기 위한 포스터 발표회를 통해 교사 및 동료평가를 진행하였다. 전반적으로 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램의 순서도를 작성해보고 활동에 대한 평가 및 성찰할 수 있도록 하였다.

가. 상황제시 단계

상황제시 단계는 2차시에 걸쳐 온라인 수업을 통해 진행되었으며 학생들이 환경적으로 쟁점이 되는 미세먼지라는 문제점을 파악하고 문제의 심각성과 해결의 필요성을 느낄 수 있도록 하는 단계이다. 이를 위해 첫 번째 활동으로 미세먼지를 주제로 한 기사를 스크랩한 시각자료를 제시하고 학생들이 자료를 읽고 주제어에 대한 자신의 선 개념을 마인드맵으로 작성하는 활동을 진행하였다. 두 번째 활동으로 미세먼지를 주제로 법학적, 생물학적, 사회적 및 환경적 내용을 다룬 기사자료

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

를 육하원칙으로 분석하는 활동을 통해 비판적으로 문제 상황을 수용할 수 있도록 하였다. 마지막으로 미세먼지의 정의와 현황 설명을 통해 학생들은 미세먼지의 단위, 개념, 성분, 발생원인·과정, 미세먼지와 기상 및 계절의 관계 그리고 미세먼지와 황사의 차이를 학습하였다. 상황제시 단계의 세부적인 교수·학습 활동 내용과 활동에 따른 교수·학습 활동 자료 및 산출물은 <표 Ⅲ-2>와 같다.

<표 Ⅲ-2> 상황제시 단계 교수·학습 활동

차시	교수 · 학습 활동
1주차 (2차시)	▶ 전시 학습을 확인하고 앞으로 활동하게 될 ECO - STEAM의 정의를 설명한다. • 전 차시에 학습했던 교수-학습 모형과 그 정의를 한 문장으로 정의해봅시다. • 이번 시간부터 환경을 주제로 하는 STEAM 활동을 해보도록 합시다.
	▶ 환경적으로 쟁점이 되는 '미세먼지'를 인식할 수 있는 마인드맵 활동을 제시하여 동기를 유발한다. • PPT에 기사 및 뉴스 제목 및 내용을 제공하여 주제어 파악을 위한 활동을 제시한다. • 마인드맵 활동을 통해 주제어에 대한 학생의 선 개념을 파악한다.
	▶ 미세먼지 관련 기사를 육하원칙으로 분석하는 활동을 제시한다. • 미세먼지에 대한 현황 및 심각성을 학생에게 제시한다. - 조별로 '미세먼지'를 주제로 법학적, 생물학적, 사회적 및 환경적 내용의 기사 및 칼럼 자료를 시각자료로 제시한다.
	[문제 상황의 분석] ▶ 미세먼지의 정의와 현황을 시각자료를 활용하여 설명한다. • 미세먼지의 정의 • 미세먼지 발생원인 • 미세먼지 생성과정 • 미세먼지 계절과의 관계

나. 창의적 설계단계

창의적 설계단계는 6차시에 걸쳐 온라인 수업을 통해 진행되었으며 지역 사회에서 미세먼지를 해결할 수 있는 창의적인 대처방안 및 정책과 친환경 지역 사회인 생태 도시를 설계하기 위해 학생들이 자기 주도적으로 다양한 지식과 정보를 탐색하고 분석하는 과정을 통해 새로운 아이디어와 생각을 도출해낼 수 있는 단계

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

이다. 이를 위해 첫 번째 활동으로 학생이 지역 사회를 선정하고 실시간 대기오염 정보를 공개해주는 사이트인 'airkorea'와 모바일 애플리케이션을 통해 자신이 선정한 지역 사회의 미세먼지 농도 및 대기 현황을 조사하고 수치 및 통계 자료인 데이터를 분석하여 특징을 파악한 후 특이적인 지역 사회 한 곳을 선정하는 활동을 진행하였다. 두 번째 활동으로 대기 현황이 특징적인 지역 사회를 최종 선정하고 선정한 지역 사회에서 제시하고 있는 미세먼지 대처방안과 정책을 시청 홈페이지 및 웹사이트 검색을 통해 조사하고 그 지역 사회에서 미세먼지를 대처할 수 있는 최선의 해결 방안 및 정책을 구상해보는 활동을 진행하였다. 세 번째 활동으로 미세먼지를 대처하기 위해 대한민국에서 현재 시행되고 있는 다양한 대처사례를 조사하고 분석하는 활동을 통해 미세먼지 시즌제, 녹색 교통 지역, 환경조성 등을 학습하였다. 마지막 활동으로 국가적으로 제시되고 있는 미세먼지 관련 기사를 탐색하고 읽어보는 활동을 통해 대기 오염물질 관련 협약·협력, 국외 미세먼지 환경기준, 세계 주요 국가의 오염도 등을 학습하고 미세먼지를 대처하기 위한 국가적으로 우수한 대처사례, 생태 도시의 정의와 생태 도시 사례를 조사하고 미세먼지를 대처하기 위한 다양한 기술을 탐색하는 과정을 통해 친환경 지역 사회를 설계하기 위한 요소와 정보를 습득하였다. 이러한 창의적 설계단계를 통해 학생들이 1차 친환경 지역 사회를 그림으로 도식화하거나 ICT 기술을 활용하여 설계도를 PPT로 제작하여 설계안을 제시하였다. 그리고 학생들은 설계안 및 정책을 구상한 후 설계한 지역 사회의 SWOT(강점, 약점, 기회 및 위협) 요인을 분석하였다. 창의적 설계단계를 통해 친환경 지역 사회와 정책을 창의적으로 설계하고 제안하는 학습 과정에 있어 스스로 계획하고 관련 자료를 탐색하고 정리해보는 자기 주도적인 학습 단계를 경험하였다. 창의적 설계단계의 세부적인 교수·학습 활동 내용과 활동에 따른 교수·학습 활동 자료 및 산출물은 <표 Ⅲ-3>과 같다.

<표 Ⅲ-3> 창의적 설계단계 교수·학습 활동

차시	교수 · 학습 활동
2주차 (2차시)	[문제 상황의 원인 발견] ▶ 지역 대기 환경 현황을 조사 및 분석하는 활동에 앞서 신뢰할 수 있는 대기 환경 정보를

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

	제공하는 홈페이지를 소개한다. - 현재의 대기 환경 정보를 확인할 수 있는 '에어코리아' 사이트를 제시한다. ▶ 대기 환경 현황 조사 및 분석하는 활동을 제시한다. • 조별로 지역 두 곳을 선정하여 그 도시의 대기 현황(미세먼지 수치)을 조사하는 활동을 제시한다. • 조사한 지역의 대기 현황(미세먼지 수치) 특징을 분석하는 활동을 제시한다.
	[문제 상황의 대처방안 탐색] ▶ 지역별로 시행 중인 미세먼지 대처방안을 분석하고 창의적으로 최선의 해결 방안을 구성할 수 있는 활동을 제시한다. • 최종 선정한 지역에서 시행 중인 '미세먼지'에 대처하는 방안을 조사한다. • 자료 검색을 통하여 새로운 해결방안을 구상할 수 있는 활동을 제시한다. - 온라인 수업환경을 활용하여 조사가 원활하게 이루어질 수 있도록 한다.
3주차 (2차시)	[최적의 해결 방안 탐색] ▶ 대한민국의 우수한 대처사례를 통해 미세먼지에 대한 최선의 해결책을 구상할 수 있는 활동을 제시한다. • 최종 선정한 지역 사회에서 현재 제시하는 미세먼지 대책 조사 및 분석해봅시다. • 자신이 선정한 지역 사회의 대책을 창의적으로 구성하여 제시해봅시다. • 대한민국 지역의 우수한 미세먼지 대처사례를 조사 및 분석하여 작성해봅시다.
4주차 (2차시)	▶ 국가적으로 우수한 대처사례를 통해 미세먼지에 대한 최선의 해결책을 구상할 수 있는 활동을 제시한다. • 비판적으로 기사 읽기 활동을 통해 국가적으로 우수한 대처사례를 파악한다. • 세계 각국의 우수한 미세먼지 대처사례를 조사 및 분석한 후 한 곳을 선정하여 작성해봅시다. • 세계 각국의 우수한 대처사례를 살펴보고 지역 사회의 창의적인 대처방안 구상하여 제시해봅시다. • 생태 도시와 사례를 분석하는 활동을 통해 친환경 지역사회 설계의 아이디어를 수집할 수 있다.
	[프로젝트 안내 및 과제 제시] ▶ 창의적인 '미세먼지' 대처방안을 제시할 수 있는 홍보자료를 제작하는 프로젝트를 안내한다. • 새로운 대처방안을 홍보할 수 있는 홍보자료를 제작할 예정입니다. 홍보자료에서의 결과물은 아래와 같습니다. ① 창의적인 대처방안 및 정책 ② '친환경 지역사회' 설계 및 제작 • 개별로 친환경 지역사회 설계안을 1차로 제시해주시길 바랍니다.
	▶ 개별로 지역사회를 설계한 후 자신이 설계한 지역사회의 대처방안 및 정책을 SWOT 분석을 통해 객관성 및 타당성을 입증할 수 있는 보고서, 포스터 등 다양한 형태의 자료로 제시해주시길 바랍니다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

다. 감성적 체험단계

감성적 체험단계는 총 12차시에 걸쳐 오프라인 수업을 통해 진행되었으며 이 단계는 조별로 토의 및 토론을 통해 최종 친환경 지역 사회를 설계하고 홍보자료를 제작하는 4차시 동안 이루어진 ECO-STEAM 활동과 아두이노를 활용하여 미세먼지 측정기를 제작하고 교내 장소를 선정하여 측정한 후 측정 결과인 온·습도, 미세먼지의 수치 및 그래프를 분석하여 결론을 도출하는 Arduino를 활용하여 8차시 동안 이루어진 ECO-STEAM 활동으로 구분할 수 있다. 첫 번째 친환경 지역 사회 설계 및 제작 활동은 학생들이 창의적 설계단계에서 개별로 조사해온 친환경 지역 사회를 설계하기 위한 미세먼지 대처방안, 정책 및 기술을 공유하며 조별로 현실적인 지역 사회에서 제시할 수 있는 제약에서 최선의 해결책 창의적이고 효율적인 안건을 도출하기 위해 논의를 거쳐 문제를 해결해 나가는 과정을 경험하였으며, 조별로 프로젝트를 수행해나갈 계획을 수립하고 다양한 의견을 수용하는 과정을 통해 구체적인 조별 목표와 평가 기준을 모색할 수 있다. 더 나아가 홍보자료인 포스터를 제작하는 협력 과정에서 계획에 따라 역할 분담을 하고 조원의 상황을 고려하여 의사소통하고 상호작용하는 경험을 할 수 있으며 결과물을 제작하는 직접적인 체험을 통해 흥미를 유발하면서 책임감 및 효능감을 함양할 수 있다. 두 번째 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 활동은 첫째, 소프트웨어 교육의 정의와 소프트웨어 교육을 통해 함양할 수 있는 핵심 역량인 컴퓨팅 사고력의 정의 설명을 통해 함축적인 성취기준을 제시한다. 아두이노를 활용한 프로젝트 활동에 앞서 프로그래밍의 정의와 언어에 대한 한국 교육 학술정보원에서 제공하는 영상자료를 통해 흥미와 동기를 유발한다. 아두이노에 대한 배경과 정의를 학습하고 학생들이 조작하게 될 우노 보드와 브레드보드 및 아두이노를 동작하기 위해 코드를 작성하는 통합개발환경 프로그램을 탐색하는 과정을 통해 기본 구조와 기능을 학습하였다. 둘째, 프로그래밍의 기초에 대해 아두이노의 하드웨어와 소프트웨어를 구분하고 소프트웨어의 소스 코드인 프로그래밍에 대한 기본적인 지식을 설명하였다. 학생들은 프로그래밍 언어 이론 설명을 통해 프로그래밍의 주요 구성형태, 프로그래밍 문법의 함수·변수·기호 상수를 학습하고, 예제활동으로 ‘LED 깜박이기’ 활동을 진행하

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

였다. 셋째, 실생활에서 접할 수 있는 대기 환경정보를 알려주는 신호등을 예시 사진으로 제시하며 미세먼지 측정기를 제작하고 측정해보는 경험의 필요성을 인식할 수 있다. 측정기 제작에 앞서 미세먼지 측정원리를 학습하고 아두이노 미세먼지 측정 센서 구조를 관찰하여 측정원리를 예측해보는 활동을 제시하였다. 미세먼지 측정기를 제작하기 위해 사용될 LCD 디스플레이 모듈, RGB LED 모듈, 미세먼지 측정 센서 및 온·습도 센서를 응용한 활동으로 회로를 구성하고 코드를 작성해보는 활동을 진행하였다. 마지막으로 조별로 아두이노 미세먼지 측정기를 제작하고 이를 활용하여 교내 장소를 1차, 2차를 나누어 측정해보고 미세먼지 측정 결과를 분석하고 결론을 도출해보는 활동을 수행하였다. 감성적 체험단계의 세부적인 교수·학습 활동 내용과 활동에 따른 교수·학습 활동 자료 및 산출물은 <표 Ⅲ-4>와 같다.

<표 Ⅲ-4> 감성적 체험단계 교수·학습 활동

주차	교수 · 학습 활동
5주차 (2차시)	▶ SW교육의 정의와 SW교육을 통해 함양할 수 있는 핵심 역량인 컴퓨팅사고력의 정의 설명을 통해 함축적인 성취기준을 제시한다. ▶ 아두이노를 활용한 프로젝트 활동에 앞서 프로그래밍의 정의와 언어에 대한 영상자료를 통해 동기를 유발한다. ▶ 아두이노 ‘미세먼지 측정기’ 제작을 위한 아두이노의 개념과 구조 및 기능을 설명한다. ▶ 미세먼지 측정기에서 필요한 센서를 연결할 수 있는 브레드보드의 구조와 기능을 설명한다. ▶ 아두이노와 소통하기 위한 통합개발환경의 구성과 각 부분의 기능을 설명한다. ▶ 아두이노 보드를 활용한 예제활동을 제시한다. • 아두이노를 동작하기 위한 과정을 시각자료로 제시한다. • 아두이노 보드를 활용한 LED 깜박이기 활동을 제시한다.
6주차 (2차시)	▶ 프로그래밍 언어의 이론 설명을 통해 아두이노 작품을 동작하기 위한 코드의 의미 파악과 프로그래밍 문법의 이해를 돕는다. • 프로그래밍 구성형태 • 변수 및 자료형 • 기호 상수 • 주석 • 문자열 ▶ 정보를 시각적으로 확인할 수 있는 출력 장치를 동작시키는 예제활동을 진행한다. • LCD(12C) 제어 디스플레이 모듈 활동을 제시한다. ① 결선표와 회로도를 참고하여 아두이노 보드에 연결한다. ② 통합개발환경에 명령어(코드)를 작성하여 컴파일한 후 업로드한다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

	③ 모듈의 동작을 확인한다. ④ 조별만의 문자를 구상하여 출력한다.
7주차 (2차시)	▶ 미세먼지의 농도에 따라 색의 변화를 확인할 수 있는 출력 장치를 동작시키는 예제활동을 진행한다. • RGB LED 모듈 활동을 제시한다. ① 결선표와 회로도를 참고하여 아두이노 보드에 연결한다. ② 통합개발환경에 명령어(코드)를 작성하여 컴파일한 후 업로드한다. ③ 모듈의 동작을 확인한다. ④ RGB LED 모듈의 동작을 변화시키기 위한 조별만의 코드를 구상하여 출력한다.
8주차 (2차시)	▶ 대기 환경 정보 알림 예시를 사진으로 제시한다. • 실생활에서 접할 수 있었던 미세먼지 관련 정보는 어떻게 확인할 수 있는지 질문한다.
	▶ 아두이노 미세먼지 측정기 제작에 앞서 미세먼지 측정원리를 이해할 수 있는 활동을 진행한다. • 아두이노 미세먼지 센서의 구조를 관찰하여 원리를 예측할 수 있는 활동을 진행한다.
	▶ 대기 중의 미세먼지의 농도를 측정할 수 있는 센서를 동작시키는 예제활동을 진행한다. • 미세먼지 측정 센서 활동을 제시한다. ① 결선표와 회로도를 참고하여 아두이노 보드에 연결한다. ② 통합개발환경에 명령어(코드)를 작성하여 컴파일한 후 업로드한다. ③ 모듈의 동작을 확인한다. ④ 미세먼지 측정 농도에 따라 시리얼 모니터의 표시되는 값의 특징을 표나 그래프로 정리해봅시다.
	▶ 대기의 온도와 습도를 측정하는 센서 예제활동을 진행한다. • 온·습도(DHT) 센서 활동을 제시한다. ① 결선표와 회로도를 참고하여 아두이노 보드에 연결한다. ② 통합개발환경에 명령어(코드)를 작성하여 컴파일한 후 업로드한다. ③ 모듈의 동작을 확인한다. ④ 시리얼 모니터와 시리얼 플로터를 이용하여 교실 내부의 온도와 습도 변화를 관찰해봅시다.
9주차 (2차시)	▶ 아두이노 미세먼지 측정기를 완성하기 위한 시각자료를 제시하며 주의 사항을 제시한다. • 아두이노 우노 보드에 연결하는 배터리 핀을 결선표를 참고하여 (+),(-)극을 확인시켜준다. • 아두이노 코드 업로드를 위한 과정을 통합개발환경에서 직접 보여준다. • 아두이노 센서 예습 활동을 도식화한다.
	▶ 작품에 반영되는 효과에 대한 회로를 구성하고 회로를 구현하기 위한 명령어를 입력한다. 그리고 완성된 아두이노 미세먼지 센서의 동작을 확인한다. ▶ 미세먼지 측정기 센서의 값이 LCD1602(12C)와 RGB LED 모듈에 출력되는지 확인한다. • LCD(12C) 제어 디스플레이 모듈 • RGB LED 모듈 • 온·습도(DHT) 센서 • 미세먼지 측정 센서
	▶ 제작한 아두이노 미세먼지 측정기를 사용하여 선정한 장소를 측정할 수 있는 활동을 제시한다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

	• 아두이노 미세먼지 측정기를 활용하여 대기 환경을 측정하는 활동을 제시한다. • 광주광역시 동구의 대기 환경 정보를 제공하는 홈페이지(http://www.airkorea.or.kr/)를 통해 정보를 수집한다. • 아두이노를 활용한 1,2차 측정 결과와 광주광역시 동구의 대기 환경정보를 비교 및 분석해봅시다. • 아두이노를 활용한 측정 결과와 광주광역시 동구의 대기환경정보를 해석하여 결론을 도출해봅시다.
10주차 (2차시)	▶ 개별적으로 수립해온 프로젝트 활동 계획을 조원들과 논의하여 최선의 프로젝트 활동을 계획하고 홍보자료를 제작하는 활동을 진행한다. • 창의적인 대처방안 및 정책 • 친환경 지역 사회' 설계 및 제작 - 프로젝트 활동에 대한 구체적인 계획을 수립할 수 있도록 지도한다.

라. 평가 및 새로운 문제 도전단계

평가 및 새로운 문제 도전단계는 총 2차시에 걸쳐 오프라인 수업을 통해 진행되었으며 감성적 체험단계에서 친환경 지역 사회의 미세먼지 대처방안 및 정책을 창의적으로 구상하고 설계하여 제작한 홍보자료를 아이디어 발표회를 통해 조별로 프로젝트 수행과정과 결과물에 대한 발표와 동료 및 교수 평가를 진행하였다. 이 과정에서 친환경 지역 사회의 대처방안 및 정책을 창의적으로 제안하고 설계해보는 활동을 통해 참여의식과 학생 간의 피드백 및 상호작용을 통해 평가를 수용하고 수정 및 보완해보는 행동을 통해 자신감을 획득할 수 있으며, 더 나아가 다른 실생활에 상황에 적용해볼 수 있다는 도전의식을 함양할 수 있다. 그리고 학생들은 ECO-STEAM 활동을 상기해보고 순서도로 작성한 결과, 순서도는 활동을 기준으로 아두이노를 활용하여 미세먼지 측정기 제작 및 측정 활동과 친환경 지역 사회를 설계하는 활동에서 학생이 의미와 뜻깊은 활동을 도식화한 것으로 2가지 유형으로 구분되었다. 이러한 과정을 통해 학생들은 프로젝트를 수행하는 문제 해결 과정에 개별·협동적으로 참여하는 능력을 성찰 및 평가하였다. 평가 및 새로운 문제 도전단계의 세부적인 교수·학습 활동 내용과 활동에 따른 교수·학습 활동 자료 및 산출물은 <표 Ⅲ-5>와 같다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

<표 Ⅲ-5> 평가 및 새로운 문제 도전단계 교수·학습 활동

차시	교수 · 학습 활동
11주차 (2차시)	▶ 아이디어 발표회를 통해 프로젝트 결과물을 발표한다. • 최선의 프로젝트 계획을 수립한 후 창의적으로 설계한 친환경 지역 사회 및 정책을 4절지에 작성 후 발표해봅시다. ▶ 조별로 제작한 결과물을 발표 및 평가를 진행한다.
	▶ 기호를 이용한 순서도 표현을 위한 알고리즘 개념을 설명한다. • 알고리즘 • 알고리즘 기술 방법_기호 이용법
	▶ 창의적인 미세먼지 대처방안을 수립하는 과정과 아두이노를 활용하여 미세먼지 측정기를 제작 및 측정하는 활동을 순서도로 도식화할 수 있다. • 창의적인 미세먼지 대처방안을 구상하여 적용하는 과정을 순서도로 표현해보는 활동을 제시한다. ▶ Arduino를 활용한 ECO-STEAM 수업의 흐름을 상기시키면서 평가 및 고찰한다.

4. 검사 도구 및 분석 방법

본 연구에서는 환경 쟁점을 주제로 하는 ECO-STEAM 활동에서 문제를 해결하기 위한 과정에 참여하는 예비생물교사의 환경 책무성 행동 변화를 측정하기 위해 임형백(2002)의 환경 책무성 행동 검사 도구의 하위 영역인 인지적 변인의 환경에 대한 기능, 정의적 변인의 환경에 대한 가치, 퍼스널리티 변인의 통제 위치를 선정하여 검사 도구를 구성하였다. 각 항목은 5단계의 리커트 척도로 매우 그렇다 = 5점, 그렇다=4점, 보통이다=3점, 그렇지 않다 =2점, 전혀 그렇지 않다=1점을 부여하여 측정하였다. 검사 결과인 양적 자료를 보완하고자 질적자료를 수집하기 위해 인터뷰 질문을 구성 및 제작하고 인터뷰를 진행한 후 환경 책무성 행동 척도를 기준을 활용하여 질적 자료의 범주를 설정하고 분석하였다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

가. 환경 책무성 행동 검사 도구

환경 책무성 행동(Responsible Environmental Behavior)은 환경 교육을 통해 인지적 영역인 환경과 환경문제에 대한 지식(Knowledge)을 습득하여 환경의 상호 연관적인 관련성에 대한 포괄적인 이해를 유도하고 환경에 대한 감수성을 자극하여 가치와 정의적 영역인 태도(Attitude)가 변화되어 환경과 환경문제를 해결하기 위한 책임감 있는 행동(Behavior)이 함양될 수 있도록 하는 환경 교육의 궁극적인 목표이다(임형백, 2002; Peyton & Miller, 1980). 임형백(2002)은 청소년을 대상으로 환경 책무성 행동의 수준과 변인을 연구하고자 하위 변인을 인지적, 정의적, 퍼스널리티와 같이 구분하였다. 환경 책무성 행동의 인지적 영역으로 환경 쟁점에 대한 지식(7문항), 환경 쟁점에 대한 기능(10문항) 2가지 변인, 정의적 영역으로 환경에 대한 감수성(12문항), 환경에 대한 태도(12문항), 환경에 대한 가치(14문항), 환경에 대한 신념(12문항) 4가지 변인, 퍼스널리티 영역으로 통제의 위치(14문항), 환경책무성행동(15문항) 2가지 변인을 설정하여 총 7가지 하위 변인으로 환경 책무성 행동을 측정하기 위한 96개의 문항을 개발하였다.

본 연구에서는 임형백(2002)이 개발한 환경 책무성 행동을 측정 검사 도구를 활용하여 예비생물교사들이 ECO-STEAM 프로그램의 활동을 진행하는 과정에서 환경 쟁점에 대해 어떻게 기능하고, 환경에 대한 가치를 어떻게 생각하며, 나아가 문제를 해결하기 위한 통제 위치는 어떻게 느끼고 있는지 평가하기 위해 ECO-STEAM 활동 검사 도구를 <표 Ⅲ-6>과 같이 설정하였다. 환경 쟁점에 대한 기능을 측정하기 위한 검사 문항 10문항, 환경에 대한 가치를 측정하기 위한 검사 문항 14문항, 통제의 위치를 검사하기 위한 14문항으로 총 38문항을 구성하였다(나원미, 2014; 임형백, 2002).

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

<표 Ⅲ-6> 환경 책무성 행동 검사 도구 측정 변인

범주	측정 변인	내용	문항 수	문항 번호
인지적 변인	환경 쟁점에 대한 기능	의사소통 기능, 수리기능, 학습기능, 문제해결기능과 의사결정 기능, 개인 · 사회적 기능	10	1-10
정의적 변인	환경에 대한 가치	성장의 한계, 자연의 가치, 새로운 정치, 오염에 대한 관심, 자연에 대한 연민, 환경계획, 새로운 사회	14	11-24
퍼스널리티 변인	통제의 위치	내부조절점/권력자/우연(IPC), 개인과 집단조절점, 상황의존 조절점, 행동의존 조절점	14	25-38

첫 번째, 환경 쟁점에 대한 기능은 환경적으로 쟁점이 되는 문제를 해결하기 위해 수단 및 방법(박진희, 1994; 임형백, 2002)으로 상대방과 의견을 교환하는 의사소통 기능, 자료를 해석 및 분석하는 수리기능, 환경에 대한 다양한 정보를 해석하고 과제를 조직 및 계획하는 학습기능, 환경문제의 원인을 파악하고 결과를 추론하는 문제해결기능과 의사결정기능, 환경과 환경문제에 대해 개인적 또는 협동적으로 참여하는 개인·사회적으로 기능하는 것을 의미한다. 두 번째, 환경에 대한 가치는 환경과 관련된 문제점을 이해하고 판단하는데 의미와 해석의 중점인 가치를 판단(Sheppard, 1995; 나원미, 2014; 임형백, 2002)하는 것으로 인구 성장과 자원 개발을 제한할 필요성을 드러내는 성장의 한계, 환경보호를 우선시 생각하는 자연의 가치, 환경보호를 위해 정부와 소통의 필요성을 드러내는 새로운 정치, 환경오염은 과학기술의 피해라 생각을 드러내는 오염에 대한 관심, 자연 질서 파괴에 대한 걱정을 드러내는 자연에 대한 연민, 더 이상의 환경오염을 막기 위한 계획의 필요성을 언급하는 환경계획, 경제성장에 대한 부정적인 측면의 의견을 드러내는 새로운 사회 요소로 구성되어있다. 마지막으로 통제의 위치는 환경에 대해 환경문제 해결의 영향력과 자신의 행동을 조절하는 중점(Marcinkowski, 1995; Marcinkowski, 1998; 나원미, 2014; 임형백, 2002)을 파악하는 것으로 조절 중심

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

의 내부와 외부 기준으로 구분하는 내부 조절점, 권력자, 우연과 다른 사람과 협동을 통해 문제 해결에 영향을 미칠 수 있다 생각을 드러내는 개인과 집단, 자신이 속한 지역사회 및 국가에 영향을 미칠 수 있다는 생각을 표출하는 상황의존, 소비자, 자연보호, 정치적 등 특정 행동을 통해 환경문제 해결에 영향을 미칠 수 있다는 생각을 드러내는 행동 의존 요소로 구성되어 있다.

즉, 아두이노를 활용하여 환경 쟁점을 주제로 하는 ECO-STEAM 프로그램을 경험한 예비생물교사들의 환경에 대한 기능, 환경에 대한 가치 및 통제의 위치 변화를 측정하기 위해 사전, 사후 2차례에 걸쳐 환경 책무성 행동 검사를 진행하고, 양적 검사 결과를 확인하기 위해 *t*-test를 실시하였다. 환경 책무성 행동 검사 도구의 신뢰도(Cronbach's α)는 <표 Ⅲ-7>과 같이 나타났다.

<표 Ⅲ-7> 환경 책무성 행동 검사 도구 신뢰도(Cronbach's *α*)

범주	측정 변인	사전 신뢰도	사후 신뢰도
인지적 변인	환경 쟁점에 대한 기능	0.797	0.795
정의적 변인	환경에 대한 가치	0.872	0.804
퍼스널리티 변인	통제의 위치	0.842	0.885
환경 책무성 행동		0.901	0.901

나. 학생 심층 면담

본 연구에서는 Corbin과 Strauss(1990)의 질적 연구 기준과 절차에 근거하여 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램을 경험한 예비생물교사들의 환경 책무성 행동의 변화와 예비생물교사로서 ECO-STEAM 프로그램에 대한 중등학교 현장의 적용 가능성을 살펴보기 위해 심층 면담을 걸쳐 자료를 수집하였다.

본 연구의 질적자료를 수집하기 위해 인터뷰 질문과 내용을 계획하고, 자료를

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

수집 및 분석하는 과정은 다음과 같다. 첫 번째, 심층 면담에서 활용될 질문 문항을 구성하고 제작하는 과정으로 환경 책무성 행동의 하위 범주인 환경 쟁점에 대한 기능, 가치 및 통제의 위치 변화를 살펴보기 위해 임형백(2002)의 환경 책무성 행동 검사 문항을 기준으로 인터뷰 질문 8문항을 <표 Ⅲ-8>과 같이 재구성하였다. 환경 책무성 행동에 대한 인터뷰 질문의 주요 내용으로 환경 쟁점에 기능은 ECO-STEAM 활동에서 환경문제를 해결하기 위해 어떻게 기능하는지 답변을 들을 수 있는 질문, 환경에 대한 가치는 ECO-STEAM 수업 이후 환경 쟁점 관련 자료를 보았을 때 어떻게 생각하며 환경오염의 원인을 규명하고 왜 환경오염을 해결하고 보전을 위해 노력해야 하는지 답변을 들을 수 있는 질문, 통제의 위치는 ECO-STEAM 활동 이외에 환경문제를 해결하기 위해 참여의 의사와 어떻게 참여할 것인지 그리고 환경문제에 대한 영향력에 대해 답변을 들을 수 있는 질문으로 구성하였다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

<표 Ⅲ-8> 환경 책무성 행동의 변화에 대한 인터뷰 주요 내용

구분	질문 내용
환경 쟁점에 대한 기능	• 환경 쟁점인 '미세먼지'를 다룬 ECO-STEAM 프로그램을 통하여 환경 쟁점에 대한 이해와 환경을 보전의 필요성을 인지하는 과정에 도움이 되었습니까? 그렇다면 어떤 활동을 통해 느낄 수 있었습니까? • 미세먼지의 정의와 원인 및 피해 현황에 대한 객관적인 자료를 탐색하고 정리하는 과정에 어떻게 참여하였습니까? • ECO-STEAM 프로그램의 감성적 체험단계에서 아두이노를 활용하여 미세먼지 측정기를 제작하고 측정하는 활동을 통해 경험할 수 있었던 점은 무엇입니까?
환경에 대한 가치	• 환경을 주제로 하는 ECO-STEAM 수업 이후에 환경 쟁점 관련 뉴스, 기사 및 관련 서적을 보면 어떤 생각이 들었습니까? • 환경오염의 원인은 무엇이라고 생각하십니까? 그 원인은 어디서부터 시작된 것이라 생각합니까? • 왜 환경오염을 해결하고 환경 보전을 위해 노력해야 합니까?
통제의 위치	• ECO-STEAM 활동 이외에도 환경문제를 해결하고 환경 보전을 위해 참여할 것인가? 그렇다면 어떻게 참여할 것입니까? • 환경문제에 대한 책임과 환경 보전에 영향력은 개인, 사회, 국가 중 누구의 역할이 크다고 생각하십니까? 이 환경문제에 대한 해결을 위해 개인, 사회, 국가는 어떠한 노력이 필요합니까?

또한, 본 연구에서는 예비생물교사로서 ECO-STEAM 프로그램에 대한 중등학교 현장의 적용 가능성·효과성 및 ECO-STEAM 수업에 대한 제안 사항을 살펴보기 위해 인터뷰 질문의 주요 내용은 <표 Ⅲ-9>와 같이 2문항으로 구성하였다.

<표 Ⅲ-9> ECO-STEAM 프로그램의 인식에 대한 인터뷰 주요 내용

구분	질문 내용
중등학교 현장 적용 가능성	• 예비생물교사로서 환경 교육과 과학교육 및 다양한 학문의 통합이 이루어진 ECO-STEAM 수업을 진행할 의향이 있습니까? 그렇다면, 긍정적인 측면의 이유는 무엇입니까? 그렇지 않다면, 부정적인 측면의 이유는 무엇입니까?

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

이에 본 연구는 심층면담을 통해 예비생물교사의 환경책무성행동의 변화와 ECO-STEAM 프로그램에 대한 예비생물교사로서의 중등학교 현장 적용 가능성을 알아보기 위해 심층 면담을 진행하기에 앞서 근거이론 연구의 이론적 표본을 추출하는 방법(Strauss & Corbin, 1998)을 토대로 이론에 적합한 인터뷰 대상을 선정하여 질적 자료를 얻기 위해 전체 연구 참여자 중 환경교육과 융합인재교육에 관심을 보이며, 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램 활동에 적극적으로 참여한 예비생물교사 7명을 선정하여 심층 면담을 진행하였다. 심층 면담은 학기가 종료된 후 총 2주에 걸쳐 연구 참여자의 거주 지역과 상황을 고려하여 직접 대면할 수 있으면 오프라인, 대면할 수 없으면 실시간 화상 회의 플랫폼인 ZOOM을 활용하여 온라인 환경을 통해 최소 50분에서 최대 1시간 30분 사이로 진행되었다.

다. 질적자료 연구 방법

질적자료를 활용하여 연구하는 질적 연구는 연구 대상이 어떤 현상에 대해 가치와 가정을 무엇에 두고 있는지, 자신의 경험을 어떻게 해석하고 있는지, 연구자가 참여자의 입장이 되어 경험의 의미를 해석하는 연구 방법으로 연구를 통해 얻은 연구 참여자의 인터뷰, 설문조사, 문서 등에 해당하는 언어의 형태를 띤 질적자료를 분석하여 자료에 내재되어 있는 연구 참여자의 현상에 대한 생각, 가치, 의미를 해석하고자 접근하는 연구 방법을 의미한다(유기웅, 2012). 질적자료를 수집하기 위해 보편적으로 사용되는 인터뷰는 일반적인 대화의 체계로 이루어지는 연구의 목적과 연구에 대한 경험 등에 대한 자료를 얻기 위한 연구자의 의도적인 의사소통의 과정이라 할 수 있다(유기웅, 2012).

본 연구는 Corbin과 Strauss(1990)의 근거이론 분석 기준을 토대로 근거이론 분석 코딩 절차(Strauss & Corbin, 1998)인 개방코딩(open coding), 축코딩(axial coding), 선택코딩(selective coding) 단계에 따라 심층 면담을 통해 얻은 자료를 분석하였다. 첫째, 개방코딩(open cording) 단계에 따라 심층 면담을 통해 얻은 자료를 분석하였다. 개방 코딩(Open Coding)은 자료에 반영되어있는 현상에 대한 참

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

여자의 사고, 경험, 가치에 대해 해석하고 분석하여 개념을 명명하고 개념을 도출하는 과정이다(유기웅 외, 2012). 이를 위해 연구자는 심층 면담을 통해 얻어진 자료에서 연구 참여자의 생각과 의미를 파악한 후 간단한 개념으로 명명하였다. 그리고 연구 참여자들의 초기 개념을 비교하고 분류하는 작업을 통해 하위 범주를 생성하였다. 이 개념들을 유사점과 차이점에 따라 비교 분석하여 개념끼리 그룹화하여 하위 범주를 생성하고 하위범주를 포함하는 범주를 도출하였다. 예를 들어, ECO-STEAM 수업의 중등학교 현장 적용 가능성에 대한 심층 면담 자료에서 ECO-STEAM 교육의 효과를 언급하는 관련 개념으로 '환경문제에 대한 관심', '환경에 대한 심각성 인식', '일반 수업 대비 학생의 참여도 높일 수 있음', '학생들의 이목 집중', '하나의 주제로 여러 가지(분야) 연계학습 가능', 이라는 초기 개념들이 생성되었다.

둘째, 축코딩(axial codin) 단계에 따라 범주와 하위 범주를 연결시키기 위해 개념, 하위 범주, 범주의 자료들을 비교 분석하여 범주 사이의 관계를 명료화하였다(유기웅 외, 2012). 생성된 초기 개념들을 포함할 수 있는 '환경(문제)에 대한 인식 변화', '학생의 수업 참여 유도와 경험의 기회 제공', '다양한 학문과의 연계학습'이라는 3개의 하위 범주와 하위 범주를 묶을 수 있는 'ECO-STEAM 교육의 필요성 및 효과성'이라는 범주를 도출하였다.

셋째, 선택코딩(selective coding) 단계에 따라 핵심 범주를 선정하여 다른 범주와 연관지어 이론을 정교화하였다(유기웅 외, 2012). 예를 들어, ECO-STEAM 프로그램을 통해 환경(문제)에 대한 인식 변화를 유도할 수 있고, 일반적인 강의식 수업에 대비하여 학생의 수업에 대한 흥미, 참여를 유도할 수 있으며 환경에 대해 학습할 수 있는 경험의 기회를 제공할 수 있다는 하위 범주를 통해 ECO-STEAM 교육이 중등학교에 적용되었을 때, 기대할 수 있는 효과를 파악할 수 있으며 ECO-STEAM 교육의 필요성에 대한 예비생물교사의 인식을 확인할 수 있었다.

본 연구는 심층 면담을 통해 녹음된 데이터를 전사하면서 연구 문제인 임형백(2002)의 환경 책무성 행동(환경 쟁점에 대한 기능, 환경에 대한 가치, 통제의 위치)과 환경교육에 대한 인식의 변화에 중점을 두어 답변의 특징을 파악하는 과정으로 사전 분석단계를 진행하였다. 심층 면담 내용을 전사하여 얻어진 자료를 5번 이

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

상 반복하여 읽고 해석하는 과정을 통해 예비생물교사의 답변에서 잠재적으로 드러나는 개념을 지표로 설정하여 개념화하고 다른 예비생물교사의 답변과 반복하여 비교해보면서 유사한 답변을 범주로 묶어 분류하는 범주화하는 작업을 진행하였다. 범주의 명칭과 하위 요인을 개념화한 후 예비생물교사의 답변을 범주에 맞추어 분류하였다(Strauss&Corbin, 1998). 분석 결과, 환경 책무성 행동에 대한 71개의 개념과 25개의 하위 범주, 15개의 범주를 도출하였고, 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램의 중등학교 현장 적용 가능성에 대한 13개의 개념과 5개의 하위 범주, 2개의 범주를 도출하였다.

또한, 연구자가 분석한 연구 결과에 대한 객관성을 확보하고 연구의 목적과 해석한 연구 결과의 연관성이 타당한지 검증하기(유기웅 등, 2012) 위해 연구 주제와 관련 분야에 대한 전문성을 확보한 동료 과학교육 박사 1인과 석사 1인의 도움을 받아 검토받는 동료검토법(peer examination)을 활용하였다.

본 연구에 참여한 예비생물교사들의 환경 책무성 행동에 미치는 영향과 ECO-STEAM 프로그램에 대한 인식을 알아보기 위해 심층면담 자료를 과학교육 박사 1인, 석사 1인과 함께 분석한 결과 환경 책무성 행동 질적자료에서는 전체 71개의 범주 가운데 66개의 범주 일치, 5개의 범주 불일치로 일치도는 93%로 확인되었으며, ECO-STEAM 프로그램에 대한 인식을 파악할 수 있는 질적자료에서는 전체 18개 범주 가운데 14개의 범주 일치, 4개의 범주 불일치로 일치도는 78%로 측정되었다<표 Ⅲ-10>.

<표 Ⅲ-10> 심층면담 결과 일치도

심층면담	범주	일치도
환경 책무성 행동에 미치는 영향	환경 쟁점에 대한 기능	93%
	환경에 대한 가치	
	통제의 위치	
	예비생물교사의 환경 책무성 행동의 변화	
ECO-STEAM 프로그램에 대한 인식	중등학교 현장 적용 가능성	78%

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅳ. 연구 결과

1. 환경 책무성 행동에 미치는 영향

아두이노를 활용하여 환경 쟁점을 주제로 하는 ECO-STEAM 프로그램을 경험한 예비생물교사들의 환경에 대한 기능, 환경에 대한 가치 및 통제의 위치 변화를 측정하기 위해 환경 책무성 행동의 *t*-test를 실시하였다. 그 결과, ECO-STEAM 프로그램을 경험한 예비생물교사들의 환경 책무성 행동에는 통계적으로 유의미한 차이가 없었다(p>.05). 예비생물교사들은 '미세먼지'를 쟁점으로 문제를 해결하기 위해 자신만의 과제를 계획하고 수행하는 과정에서 환경문제 자료를 수집 및 분석하며, 창의적으로 친환경 지역사회를 설계하고, 그 지역사회에서 제시할 수 있는 정책을 제안해보는 활동과 감성적 체험단계에서 아두이노를 활용하여 미세먼지 측정기를 제작하여 미세먼지를 직접 측정해보고 자신이 속한 지역의 대기 현황과 직접 측정한 교실 내부의 미세먼지 농도를 비교 및 분석하여 결론을 도출해보는 활동을 경험하였다. ECO-STEAM 활동은 환경문제를 해결하기 위한 참여적인 행동을 도출해낼 수 있는 과정이다. 이 과정에서 예비생물교사들은 의사소통 기능, 학습기능, 수리 기능, 문제해결과 의사결정, 개인·사회적 기능을 효과적으로 수행한 것으로 '환경에 대한 기능' 영역에서 통계적으로 유의미한 향상을 나타냈다(p<.05). 반면에, 환경에 대한 가치의 중점을 파악하는 영역과 환경에서 제시되는 문제점과 이를 해결함에 있어 영향력의 중추와 조절의 중점을 판단하는 통제 위치 영역에서는 유의미한 향상을 나타내지 않았다<표 Ⅳ-1>.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

<표 Ⅳ-1> 환경 책무성 행동 *t*-test 검사 결과

환경 책무성 행동	사전검사		사후검사		*t*	*df*	*p*
	평균	표준편차	평균	표준편차			
환경 쟁점에 대한 기능	37.50	3.53	39.79	3.67	-2.234	23	.036*
환경에 대한 가치	54.38	6.66	54.92	5.72	-0.414	23	.683
통제의 위치	46.75	5.62	48.08	7.21	0.255	23	.801
총점	232.17	12.39	237.50	13.22	-0.831	23	.414

*p<.05 ; **p<.01

가. 환경 쟁점에 대한 기능

환경 책무성 행동의 하위 범주 중 환경 쟁점에 대한 기능은 환경적으로 쟁점이 되는 문제를 해결하기 위한 수단 및 방법을 의미한다(박진희, 1994; 임형백, 2002). 환경 쟁점에 대한 기능과 관련된 범주는 상대방과 의견을 교환하는 의사소통 기능, 자료를 해석 및 분석하는 수리기능, 환경에 대한 다양한 정보를 해석하고 과제를 조직 및 계획하는 학습기능, 환경문제의 원인과 결과를 파악하는 문제해결 기능과 의사결정기능 및 환경과 환경문제에 대해 개인적 또는 협동적으로 참여하는 개인·사회적 기능으로 총 5개 영역으로 분류하였다(박진희, 1994; 임형백, 2002). 본 연구에서 예비생물교사들의 환경 쟁점에 대한 기능과 관련된 인터뷰 분석 결과, 각 범주에 대한 설명과 학생 인터뷰 내용의 예시를 <표 Ⅳ-2>에 제시하였다.

<표 Ⅳ-2> 환경 쟁점에 대한 기능과 관련된 범주

범주	범주 설명	예시
의사소통 기능	다양한 자료를 활용하여 환경 문제에 대한 자신의 의견 및 주장을 제시하며 조원과 토의 및 토론을 시행하였다는 사례와 단순한 정보를 공유하는 사례도	우선은 포스터를 만들 때 그림은 다 같이 그리고 자기가 맡은 부분은 본인이 포스터 발표, 설명해서 예를 들어 제가 학교를 설계했는데 학교는 이렇게 되어있고 옥상에 나무를 심는

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

	포함한다.	다. 던지 이런 것들을 통해서 환경문제를 감소시킬 수 있다. 이런 식으로 각자 맡은 부분은 제일 잘 설명할 수 있으니까 각자 설명을 했던 것 같습니다. (B예비생물교사)
수리기능	환경 자료 수집하고 분류 및 분석하는 사례를 포함한다.	미세먼지에 대해서 처음 자료를 찾아봤을 때 가장 크지 않았을까 생각을 해 봅니다. 그때 미세먼지라는 것에 대해서 더 자세히 알게 되고 또한 이 미세먼지를 통해 일어나는 사태를 바로 인터넷 검색을 통한 자료와 책을 찾아보면서 또한 친구들과 상의 하게 되면서 이에 대한 심각성을 느낄 수 있기 때문에 이때가 가장 크게 느낄 수 있지 않았나 생각해 봅니다. (G예비생물교사)
	환경 자료에서 제시되는 수치 및 통계 결과 해석과 아두이노를 활용하여 미세먼지를 측정하는 활동에서 수치를 해석하는 사례를 포함한다.	직접 해보는 경험을 통해 학교에 있는 다양한 장소에 있는 미세먼지를 측정해보면서 예상과는 다르게 미세먼지가 생각과는 다른 수치를 나올 수 있구나 하는 것을 알 수 있었고, 교수님께서 청소기를 돌리시는 환경에서 더 미세먼지가 높아졌는데 그 전에 생각했을 때는 청소기를 돌렸으니까 더 깨끗할 것이다고 생각했는데 예상과는 달라서 왜 다를지 생각해볼 수 있는 계기였던 것 같습니다. (M예비생물교사)
학습기능	환경문제와 관련된 다양한 현상의 관계를 이해하는 사례를 포함한다.	다양한 자료를 통해 자동차가 가장 큰 영향, 중국에서 날아오는 황사 이런 것들이 가장 큰 문제였다고 뉴스 기사나 전체적으로 말하고 있었습니다. (B예비생물교사)
	본인의 과제 또는 조별의 과제를 재조직하고 학습 과정을 계획하는 사례를 포함한다.	자료를 탐색했을 때 각자 생각하고 선정한 지역사회가 다르기때문에 그것을 하나로 합치기 위해서는 한 지역사회를 선택하고 그 지역사회

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

		의 적합한 방안이 무엇인지를 가장 먼저 생각했던 것 같습니다. (J예비생물교사)
문제해결기능과 의사결정기능	환경 자료 탐색을 통한 환경 문제의 원인과 결과를 파악 및 추론하는 사례를 포함한다.	일단 미세먼지라는 개념 자체가 저는 그냥 인간이 만들어낸 그런 오염 물질에 의한 거라고만 생각을 했는데 그게 아니라 꽃가루도 미세먼지의 일종이고 그런 것도 그러면 계절에 따라서 이게 다르다는 거잖아요. (F예비생물교사)
개인 · 사회적 기능	환경문제해결을 위해 개인적으로 행동하는 사례를 포함한다.	자료를 찾아서 온라인 수업할 때 지역사회를 설계했죠. 순천 시청 홈페이지라던지 이런 곳을 둘러보면서 찾을 수 있었습니다. 저는 온누리 자전거라는 순천에서 시행되고 있는 정책이 있을 겁니다. 그런 정책들을 활용해서 어떻게 하면 조금 더 발전시킬 수 있을지에 대한 방향성을 생각해보고 했습니다. (B예비생물교사)
	환경문제해결을 위해 협력적으로 행동하는 사례를 포함한다,	직접 도시 설계도 하면서 이런 대안들로 우리가 조금 더 노력해갔다면 환경이 더 나아질 수 있겠다는 생각이 들었어요. 저희 조가 도시를 같이 설계할 때 하나의 큰 주제를 잡고 해보자. 라고 생각해서 저희 조는 순둑기 좋은 마을이라는 하나의 문장을 정하고 그거에 맞게 저희의 의견들이 많을 거잖아요. 그 많은 의견에서 우리가 정한 마을 콘셉트는 이러한 내용이 잘 맞겠다. 라고 생각하는 것들은 뽑아가지고 설계를 했거든요. 남들이 발표하는 걸 들으면서 저 의견이 또 우리가 생각하는 마을에도 잘 맞겠구나.라는 생각도 들고 그런 부분들을 하면서 이제 진행했던 것 같아요. (G예비생물교사)

환경 쟁점을 주제로 하는 ECO-STEAM 수업에서 전반적으로 환경 쟁점에 대

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

한 자신의 의견을 조사해온 자료를 근거로 제시하며 조원들과 의사소통하는 기능, 환경 관련 자료를 수집하고 분류 및 분석하는 수리기능, 학습과제를 재조직하고 학습 과정에 목표를 수립하는 등 개인 또는 조의 계획을 수립하는 학습기능, 온라인 수업을 통해 개별적으로 환경 쟁점인 '미세먼지'와 관련된 정의 및 다양한 정책 자료를 살펴보고 SWOT 분석을 통해 1차 친환경 지역사회 설계보고서를 작성하는 개인적 기능과 오프라인 수업 환경에서 조원들과 최종 친환경 지역사회를 설계하는 프로젝트 활동에서 조별 대안 및 정책을 수립하기 위해 토의 및 토론 과정을 거치며 협동을 통해 포스터를 제작하는 사회적 기능을 수행한 것으로 확인할 수 있다<표 Ⅳ-3>.

<표 Ⅳ-3> 환경 쟁점에 대한 기능 심층 면담 결과

범주	하위 범주		응답수
의사소통 기능	자신의 의견 및 주장 제시		13.16%
수리 기능	자료 수집 및 분석		18.42%
	수치 및 통계 결과 해석		2.63%
학습 기능	다양한 현상 관계의 이해		2.63%
	학습과제 조직 및 계획		15.79%
문제해결기능과 의사결정기능	인과관계 인식(원인 및 결과 추론)		10.53%
개인 · 사회적 기능	개별 활동 진행	개별 진행	13.16%
		동료와 상호작용	5.26%
	협동활동 진행		18.42%

(1) 의사소통 기능

의사소통 기능은 환경문제를 해결하기 위해 활동에 참여할 때, 상대방과 의견을 교환하는 의사소통 수단을 활용하는 것을 의미한다(박진희, 1994; 임형백, 2002). 즉, 환경문제를 해결하기 위해 참여하는 과정에서 타인과 의사소통을 통해

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

의견 및 정보를 교환하며, 다양한 자료를 활용하여 환경문제에 대한 자신의 의견 및 주장을 간단명료하게 제시하는 것 예비생물교사들을 범주화하였다. ECO-STEAM 활동의 상황제시 단계에서 온라인 수업을 통하여 환경 쟁점인 '미세먼지'에 대한 정의, 원인 및 피해 현황을 학습하고, 학생 개별로 지역사회를 선정하며, 그 지역사회에서 제시하고 있는 대처방안을 탐색해보는 과정에서 예비생물교사 A와 C는 메신저를 활용하여 친구들과 '미세먼지'에 대한 자료 및 의견 교환이 이루어진 것을 확인할 수 있다. 더 나아가 C예비생물교사는 의사소통 과정을 통해 '미세먼지'에 대한 심각성을 인지할 수 있었다고 언급하였다.

집에서 친구들이랑 소통할 수 있는 방법이 카카오톡이나 메신저를 통해서 할 수 있는게 최선이었기 때문에 그것을 통해서 미세먼지에 대한 자료나 이야기를 나누었고

(A예비생물교사)

미세먼지를 통해 일어나는 사태를 바로 인터넷 검색을 통한 자료와 책을 찾아보면서 친구들과 상의 하게 되면서 이에 대한 심각성을 느낄 수 있기 때문에 이때가 가장 크게 느낄 수 있지 않았나 생각해 봅니다.

(C예비생물교사)

E예비생물교사는 창의적 설계단계의 '미세먼지'를 대처하기 위한 국가 및 지역사회에서 제시하는 정책을 조사 및 수집하고, 이를 바탕으로 조별로 설계한 지역사회에 적합한 정책을 선정하는 과정에서 조원의 아이디어에 대해 비판적인 평가를 통해 창의성이라는 방향을 설정하여 친환경 도시를 설계하고 정책을 기획하는 것을 확인할 수 있다.

일단 각자가 준비해 왔던 그런 방안들을 서로 얘기를 해보면서 이거는 좋은 것 같다 이거는 안 좋은 것 같다. 이런 식으로 어떤 대처방안을 우리 포스터에다가 적을까? 이런 것들을 서로 토의를 했던 것 같고, 그렇게 해서 결국은 한 지역

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

에서 했던 것보다는 여러 지역에서 나왔던 대처방안들을 적어보고 또 각자가 생각해왔던 방안도 있었잖아요. 그래서 어떤 지역에서 시행되고 있는 것보다는 우리가 새롭게 설계했었던 것 같습니다. 기존의 지역을 변화시키는 게 아니라 새로운 창의적인 대처방안을 수립하기 위해 기존의 대처방안들을 다 모아서 창의적으로 분석을 해서 그 구체적인 요인들을 가지고 하나의 친환경 도시를 설계한 거고요.

(B예비생물교사)

C예비생물교사는 미세먼지를 감소시킬 수 있다는 문제에 대한 정의를 내리고 협의 과정을 통해 팀원의 공원을 포함한 생태 도시를 제작하자는 의견을 수용하여 친환경 지역사회를 선정하여 제작한 것을 알 수 있다.

목표는 앞서 말했듯이 미세먼지를 줄일 수 있는 지역사회를 보여주는 게 저희의 목표였고요. 그 과정에서 어떠한 요소들이 필요할까? 라고 생각했을 때 팀원의견 중 호수를 포함한 공원이 있는 생태 도시인 지역사회를 만들어보자는 의견이 나와서 적극 반영을 해서 저희 조원이 다 같이 그 주변 공원을 중심으로 한 지역사회를 만들었던 것으로 기억하고 있습니다.

(B예비생물교사)

B예비생물교사는 다양한 자료를 수집하여 제시하고 조원들과 논의를 거쳐 자신이 제시한 아이디어를 성찰, 수정 및 보완할 수 있는 경험을 한 것을 확인할 수 있다. 또한, 평가 및 새로운 문제 도전단계에서 친환경 지역사회 포스터 발표를 위해 결과물에 옥상을 정원화 하는 학교의 구조를 도식화하고, 구조의 특성을 통해 미세먼지를 해소할 수 있다는 자신의 의견을 명료화하여 제시하는 것을 확인할 수 있다.

자료를 모아놓고 개별적으로 조사했던 정책들을 얘들한테 발표, 설명하면서 이것은 조금 부족한 것 같아. 이것은 좀 잘된 것 같아. 이야기하면서 부족했던 부분은 내가 부족했구나. 느끼면서 수정 및 제외하고 또 다른 사람한테 그것은 조금 부족한 것 같아 이야기함으로써 그 사람도 아~ 그렇구나. 그러면 제외하고 하자.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

해서 진행했던 것 같습니다. (중략) 우선은 포스터를 만들 때 그림은 다 같이 그리고 자기가 맡은 부분은 본인이 포스터 발표, 설명해서 예를 들어 제가 학교를 설계했는데 학교는 이렇게 되어있고 옥상에 나무를 심는다.던지 이런 것들을 통해서 환경문제를 감소시킬 수 있다. 이런 식으로 각자 맡은 부분은 제일 잘 설명할 수 있으니까 각자 설명을 했던 것 같습니다.

(B예비생물교사)

E예비생물교사는 '버스 노선 변경'이라는 아이디어의 장점과 현실에 적용하였을 때의 긍정적인 결과를 추론하여 제시함으로써 자신의 아이디어에 대한 조원의 이해를 높여 분석 및 평가받을 수 있도록 의사소통을 효율적으로 주도하는 것을 확인할 수 있다.

제가 했던 걸 예시로 들면 저는 버스 노선을 변경해보자 이런 얘기를 했었거든요. 그래서 일단 장점을 먼저 얘기를 해서 버스 노선을 변경하면 자가용을 사용하는 사람이 많이 없게 될 거니까. 미세먼지 저감에 도움이 될 것이다. 이런 얘기를 하면서 확실하게. 그거의 단점으로서는 버스회사들의 노선을 변경하게 됐을 때 비용 문제 이런 것들 얘기하면서 그러면 제가 제시한 의견을 바탕으로 우리 조원들이 저울질해서 뭐가 좋을까 나쁠까 이런 걸 분석할 수 있도록 제가 생각했던 것들을 얘기해 준 것 같아요.

(E예비생물교사)

아두이노를 활용하여 미세먼지 측정기를 제작하고, 교내 장소를 측정해보는 감성적 체험단계에서 D예비생물교사는 미세먼지 측정기를 동작시키기 위한 코드 작성을 수행하는 중 오류가 발생했을 때, 직면한 문제를 분석하고 어떻게 해결할 것인지 해결안을 도출해보는 의사 결정 과정을 경험할 수 있다고 언급하였다.

키트를 제작하는 부분에 있어 하드웨 구성, 프로그래밍했을 때 주황색으로 오류를 표출했을 때가 있어서 이러한 부분에 대해서는 왜? 이러한 문제가 생겼지?

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

한번 책을 찾아보기도 하고, 서로 왜 이렇게 되었을까? 우리가 어떠한 문제가 있었을까? 이야기도 많이 해봤던 것 같아요. (중략) 키트로 측정을 해야하는데 어느 곳에 가서 측정을 할 것인지 또 다른 곳은 어떤 곳으로 선정해야 조금 더 비교할 수 있을까? 이런 부분에 대해서 이야기를 통해 서로 의견을 제시하고 제시한 부분에 대해서 적극적으로 수용하면서 내 생각도 이야기하고 서로 토의 과정을 거쳐 두 곳을 선정해서 폐쇄된 공간과 환기를 시킨 두 곳을 선정했고요.

(D예비생물교사)

예비생물교사들은 환경적으로 쟁점이 되는 문제를 해결하기 위해 정보를 수집하여 의견을 교환하는 단계에서 주도적으로 의사소통하는 모습을 확인할 수 있다. 이 의사소통 과정에서 타인의 생각과 의견을 존중하고 더 나아가 타인의 이해를 돕기 위하여 자신이 창의적으로 구상한 해결안을 적용하였을 때의 결과를 제시하는 등 자신의 의견을 명료화하여 제시하는 것으로 확인할 수 있다. 또한, 아두이노를 활용하여 미세먼지 측정기를 제작하는 활동에서 직면한 문제를 해결하기 위해 타인에게 궁금증을 직접적인 질문으로 표출하면서 해결 방안을 도출해보는 경험한 것으로 판단된다.

(2) 수리기능

수리기능은 환경문제를 해결하기 위해 활동에 참여할 때, 환경 관련 자료를 수집하여 해석 및 분석하는 수단을 활용하는 것을 의미한다(박진희, 1994; 임형백, 2002). 즉, 환경문제를 파악하고 인식하기 위해 자료를 탐색하는 단계에서 관련 자료를 수집하고 분류 및 분석하는 기능과 수집된 환경 자료에서 제시되는 수치 및 통계 결과를 해석하는 예비생물교사를 범주화하였다. 상황제시 단계와 창의적 설계 단계를 걸쳐 환경문제 미세먼지에 대한 기본 정보와 다양한 지역사회의 정책 및 대처 활동들의 자료를 탐색하고 수집하는 과정에서 예비생물교사들은 A예비생물교사 같이 연구 자료인 논문, 관련 서적을 활용하거나, 예비생물교사 D와 E같이 정보통신기술을 활용하는 것을 확인할 수 있다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

집에서 혼자 할 수 있는 선에서는 처대한 기사를 찾아보거나 연구자료(논문)을 찾아보는 식으로 했고...

(A예비생물교사)

미세먼지의 정의 이런 부분 같은 경우에는 위키피디아 이런 여러 가지 검색을 했을 때 나오는 백과사전 사이트 이런 것들을 참고했었고요.

(B예비생물교사)

제가 경험했던 활동인 에코 스탬을 얘기하자면 먼저 문제를 파악하기 위해서 네이버 기사를 분석했고요. (중략) 이런 활동을 통해 먼저 문제를 파악하고, 문제에 대한 대처방안을 생각하는 것도 인터넷 매체를 활용해서 제주특별자치도에서 운영하는 블로그나 네이버 기사, 제주특별자치도 홈페이지에 있는 정책 같 이런 것들을 활용해서 지금 우리 사회에서 시행하고 있는 정책이나 활동 등을 파악하고 참고해서 제가 조금 더 발전시키거나 수정해서 지역사회를 설계했던 것 같아요.

(D예비생물교사)

D예비생물교사는 미세먼지와 관련된 정보를 탐색하는 과정에서 제주특별자치도 홈페이지를 통해 지역사회에서 시행하고 있는 정책과 활동들에 대한 정보를 수집할 수 있었고, 도에서 운영하는 블로그를 통해 자료를 수집하는 과정에서 정보를 효율적으로 파악 및 분석할 수 있는 접근성, 가독성과 같은 특성을 느낄 수 있다고 언급하였다.

미세먼지에 대한 문제성을 인지하고 이에 대한 대처방안을 찾아가던 도중에 제주특별자치도 홈페이지에 가면 정책을 볼 수 있는 칸이 있더라고요. 그쪽에 들어가서 제주특별자치도에서 시행하고 있는 미세먼지에 대한 정책이나 활동에 대해서는 어떤 한 것이 있는지 알아봤던 것 같습니다, 뿐만아니라 제주특별자치도에서 운영하는 네이버 블로그 같은데 이런 블로그에 가면 이게 실제로 홈페이지에 가는 것보다 조금 더 접근성이 쉽고, 그리고 블로그다 보니까 사진같은 것도 많이 활용

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

하면서 가독성도 더 높일 수 있잖아요. 이런 블로그를 통해서도 아 이러한 정책이 이렇게 시행되고 있구나. 알았던 것 같습니다.

(D예비생물교사)

예비생물교사 C와 E는 '미세먼지'로 인한 피해 현황, 자신이 선정한 지역사회의 '미세먼지' 수치 그리고 이를 대처하기 위해 시행하고 있는 정책 자료를 수집하여 분석하는 방법을 통해 환경문제에 대한 심각성과 친환경 지역사회 설계를 위한 정보를 파악한 것으로 확인할 수 있다.

미세먼지에 대해서 처음 자료를 찾아봤을 때 가장 크지 않았을까 생각을 해봅니다. 그때 미세먼지라는 것에 대해서 더 자세히 알게 되고 또한 이 미세먼지를 통해 일어나는 사태를 바로 인터넷 검색을 통한 자료와 책을 찾아보면서 또한 친구들과 상의 하게 되면서 이에 대한 심각성을 느낄 수 있기 때문에 이때가 가장 크게 느낄 수 있지 않았나 생각해 봅니다.

(E예비생물교사)

온라인으로 직접 찾아봤을 때 지역별 사례분석을 한다거나 아니면 수치를 분석한다거나 이런 걸 통해서 확실히 미세먼지가 참 심각한 문제구나. 많이 적감해야겠구나. 이런 걸 느꼈고요.

(E예비생물교사)

G예비생물교사는 에어코리아 사이트를 방문하여 실시간 대기 정보를 확인하는 활동에서 자신이 선정한 부산과 광주 지역의 미세먼지 수치와 직접 경험한 대기 상태를 비교 및 분석해본 결과, 미세먼지의 심각성과 지역의 대기 차이를 인식한 것을 확인할 수 있다.

그 홈페이지를 보면서는 일단은 확실히 되게 많은 자료가 그 홈페이지 안에 있었기 때문에 저는 뭐 봐야 하지? 라는 생각이 처음에 딱 들었고 확실히 지역별

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

를 볼 수 있다 보니까 제가 지금 학교 다니는 광주라던가 제집이 있는 부산이라든가 이제 그쪽 미세먼지 수치를 먼저 본 것 같아요. 그쪽 수치를 먼저 보면서. 좀 신각성을 맨 처음에 먼저 깨닫았던 것 같았고, 확실히 이제 광주 같은 경우에는 딱 입학해서 봄에 미세먼지가 너무 심해서 깜짝 놀랐거든요. 확실히 부산이랑 광주를 비교해보니까 미세먼지 수치가 조금 더 높더라고요.

(B예비생물교사)

A예비생물교사는 아두이노를 활용하여 '미세먼지 측정기'를 제작 및 측정해보고 수치를 분석하는 활동을 통해 예상하지 못했던 측정 결과에 대한 이유에 대해 생각해볼 수 있는 경험을 할 수 있었다고 언급하였다.

직접 해보는 경험을 통해 학교에 있는 다양한 장소에 있는 미세먼지를 측정해보면서 예상과는 다르게 미세먼지가 생각과는 다른 수치로 나올 수 있구나 하는 것을 알 수 있었고, 교수님께서 청소기를 돌리시는 환경에서 더 미세먼지가 높아졌는데 그 전에 생각했을 때는 청소기를 돌렸으니까 더 깨끗할 것이다고 생각했는데 예상과는 달라서 왜 다를지 생각해볼 수 있는 계기였던 것 같습니다.

(A예비생물교사)

예비생물교사 B와 F는 개별적으로 문제해결에 필요한 자료를 수집하고 분석하는 과정에서 정보통신기술을 활용하였을 때, 자료에 대한 객관성과 신뢰도를 확인하고 평가하며 임하는 자세를 확인할 수 있다.

저는 공신 사이트를 찾고 싶어서 여러 가지 시청을 많이 뒤져본 것 같아요. 서울은 어떻게 하는지, 제 지역인 순천은 어떻게 하고 있는지 그리고 다른 대도시들은 어떤 정책이 시행되고 있는지 그런데 보통 이런 것들이 나와 있는 사이트가 있고 나와 있지 않은 곳도 있더라고요. 그렇게 찾아보았고 또 여러 가지 기술로 최근에 환경문제를 해결하기 위한 기술들도 기술 관련 홈페이지가 있어 예를 들어 버스정류장 관련 회사에서 만들어진 것들이구나 찾아보게 되었고 기상청이나 우리나라의 공신 웹사이트를 돌아다니면서 자료를 얻었습니다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

(B예비생물교사)

제가 정읍을 선정했던 건 뭔가 특징이 있는 미세먼지 원인이 특징 있는 곳을 찾고 싶어서 그래서 접목했는데 그때 비산, 비료공장. 그 특징이 있어서 그래서 거기에 선정했던 것 같습니다. 여기 지역이 미세먼지가 농도가 높은 이유 그래서 이제 찾아보니까 비료 이런 거 그런 거였고 거기에 관련된 정책이 뭐가 있는지 그렇게 조사했던 것 같습니다. 맨 처음에는 기사를 통해서 찾았었고 그다음에 그 기사를 확인하기 위해서 일단 시청 홈페이지 정읍 홈페이지라든지 그다음에 진짜 그곳에 먼지가 안 좋은 것인지 수치가 높은 지역인가 보기 위해서 에어코리아에 들어가서 한번 확인해보고 활동했었습니다.

(F예비생물교사)

예비생물교사들은 환경적으로 쟁점이 되는 문제를 해결하기 위해 환경 관련 정보를 수집하고 분석하는 단계를 거쳤으며, 환경 관련 수치 및 통계 자료를 해석하는 과정을 수행한 것을 확인할 수 있다. 또한, 아두이노를 활용한 미세먼지 측정기 활동에서 측정한 결과와 환경 관련 자료를 통해 수집한 데이터를 비교 및 분석하여 결론을 도출하는 모습을 보였다.

(3) 학습기능

학습기능은 환경문제를 해결하기 위해 활동에 참여할 때, 다양한 환경에 대한 정보를 습득하기 위해 학습 과정을 및 과제를 조직하고 계획하는 수단을 활용하는 것을 의미한다(박진희, 1994; 임형백, 2002). 즉, 환경문제와 관련된 다양한 현상의 관계를 이해하는 기능으로 학습자가 본인의 과제 또는 조별의 과제를 재조직하고 학습해나가는 과정을 계획하는 예비생물교사를 범주화하였다. 감성적 체험단계에서 조별로 친환경 지역사회를 설계하기 위해 한 지역사회를 선정하고, 그 지역사회에 해결 방안을 구성하는 과정에서 A예비생물교사는 설계한 지역사회와 아이디어의 적합성, B예비생물교사는 정책의 효과성, C예비생물교사는 미적인 요소와 같은 객관적 기준에 맞추어 프로젝트 목표와 계획을 수립하여 문제를 해결해나가는

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

것을 확인할 수 있다.

자료를 탐색했을 때 각자 생각하고 선정한 지역사회가 달랐기 때문에 그것을 하나로 합치기 위해서는 한 지역사회를 선택하고 그 지역사회의 적합한 방안이 무엇인지를 가장 먼저 생각했던 것 같습니다.

(A예비생물교사)

여러 학생이 여러 가지 정책을 생각해오고 그런 정책들을 한곳에 모아 비교해보는 활동을 통해 이것이 효과적일 것 같다. 이렇게 의견을 나눠보기도 하고 이거는 아닌 것 같은데 라고 분류해보는 활동을 통해서 저 혼자 생각을 했다고 해서 모든 사람이 이게 옳은 방법이야. 라고 생각하지 않을 수도 있다는 것을 알게 되었고 또한 여러 사람이 생각을 모아봄으로써 효과적인 정책이 수립될 수 있다고 생각합니다.

(B예비생물교사)

저희 같은 경우는 각자 1개씩 가져와서 이제 총 4가지 대안으로 줄여졌습니다. 저희가 먼저 조사한 후 토의하는 과정에서 공원이 들어가면 좋겠다는 의견이 나왔기 때문에 이제 공원을 포함하게 되었습니다. 아이디어 조사했을 때 다른 사람의 의견도 있었지만, 미적으로 봤을 때 공원을 하는 것이 그래도 좋지 않겠냐. 라는 의견이 나와서 그 의견에 찬성해서 진행되었습니다. 미세먼지 줄이는 것으로 처우선 삼았고요. 부가적인 것으로는 저희 조원들의 의견이 모두 들어갈 수 있는 지역사회 또한 미세먼지를 저감을 하면서 미세먼지 저감 사업을 통해 지역사회가 활발해질 수 있는 것도 한번 생각을 해봤습니다.

(C예비생물교사)

D예비생물교사는 협력적으로 해결안을 도출하기 위해 객관적 기준인 강점, 약점, 기회 및 위협 요인을 분석하는 과정을 통해 아이디어 적용의 우선순위를 고려하여 선정하는 것을 확인할 수 있다.

저는 조원을 만나서 제가 기존에 설계한 친환경 지역사회와 SWOT 분석이라고

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

강점, 약점, 기회, 위협 요인을 분석했고 이러한 분석 결과 보고서를 조원에게 발표하고, 이를 통해 중복적인 부분은 하나로 통일시키고, 그리고 각자 토론과 토의 과정을 거쳐서 서로의 대안에 대한 우선순위를 정해서 우선순위를 바탕으로 포스터를 제작했던 것 같습니다.

(D예비생물교사)

B예비생물교사는 조에서 포스터를 제작하기 위해 미세먼지라는 문제해결에 있어 가장 중점적인 핵심을 파악하고, G예비생물교사는 포스터 주제를 '숨쉬기 좋은 마을'로 정의하는 것을 확인할 수 있다.

저희가 바라보는 목적이 미세먼지 감축, 환경 보전, ECO SYSTEM 사회 설계하는 방향이었기 때문에 그 방향에 맞추어 필요 없는 정책은 버리고 필요 있는 정책들은 다 같이 이야기해서 이것은 필요하겠다. 라고 생각되면 포함하고 해서 표지를 만들었다고 생각합니다.

(B예비생물교사)

저희 조가 도시를 같이 설계할 때 하나의 큰 주제를 잡고 해보자. 라고 생각해서 저희 조는 숨쉬기 좋은 마을이라는 하나의 문장을 정하고 그거에 맞게 저희의 의견들이 많을 거잖아요.

(G예비생물교사)

C예비생물교사는 아두이노를 활용하여 미세먼지 측정기를 제작하는 과정에서 조원이 흥미롭게 참여할 수 있도록 목표를 수립하고 주도적으로 활동을 이끌어나가는 태도를 확인할 수 있다. 또한, 포스터를 제작하는 과정에서 조원 각각의 아이디어를 반영하여 지역사회를 도식화하고 역할을 분담하여 작업에 임하면서 맡은 임무가 정리되면 주위 상황을 살펴 활동한 것을 확인할 수 있다.

아두이노를 제대로 쓰는 것이 가장 중요했기 때문에 회로 보고 정확하게 구성하고 프로그램을 작동하는데 1차적인 목표를 두었고 그 과정에서 다른 친구와 수

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

업을 이해하고 있던 다른 친구와 제가 주도적으로 일단 아두이노를 구성했고 그 미세먼지 측정기로 일단 먼저 제작을 하고 다른 조원들에게는 이러 이러한 과정을 통해서 이렇게 미세먼지 측정기를 만들었다. (중략) 자기 아이디어는 자기가 제일 잘 알기 때문에 저희가 또 그림으로 그려보는 작업을 했었기 때문에 이제 그 부분은 자기의 감정을 살려서 자기가 마무리하는 식으로 진행을 했고, 이제 부족한 부분 남은 공원의 부분들은 서로 돌아가면서 그림을 그리고 참여하면서 진행했던 것으로 기억하고 있습니다.

(G예비생물교사)

G예비생물교사는 미세먼지 측정기를 제작하는 과정에서 회로를 구성하는 역할과 통합개발환경에 코드를 작성하는 역할을 분담하여 진행하고 서로의 역할이 진행하고 있는 현황에 대해 질문하고 확인하는 형식으로 상호작용하는 것을 확인할 수 있다.

처음에는 이제 회로 구성은 두 명 정도 하고 치는 사람(코딩)도 두 명 정도 이렇게 하고 했었는데 그렇게 하면 그 두 개의 내용을 연결하기가 어려울 거라고 생각을 해서 예를 들어. 제가 회로를 영애랑 같이 꽂고 있었으면 그걸 좀 꽂으면서 물어봤어요. 재우한테 그거 지금 적고 있는 게 무슨 내용이냐 그러면 이렇게 설명을 해 주고. 그러면 이제 재우나 경운이 오빠가 이걸 보면서 이거 어떻게 하냐? 이러면 이게 플러스고 마이너스니까 여기 꽂는 거다. 이렇게 서로 조금씩 파트를 나눠서 했는데 두 개가 연결이 안 되면 이 수업 자체에 약간 집중하지 못하고 그런 것 같아서 서로 물어봤던 것 같아요. 그러면 예를 들어, 이 영어가 이 문장이 여기 들어가기 때문에. 이게 우리가 이렇게 하는 거다 그래서 마지막에는 다 같이 컴퓨터 연결하고 할 때는 다 같이 했던 것 같아요. 다 같이 참여해서 왜 이렇게 작성해? 이렇게 된거? 하면서도 저희끼리 생각을 해보고 해봅고 그걸 치는 건 따로 했지만 꽂아서 다 같이 보고 결과가 나오는 건 다 같이 했던 거죠.

(G예비생물교사)

A예비생물교사는 평가 및 새로운 문제 도전단계에서 포스터 발표를 위해 도시의 요소 및 구역을 분배하여 팀원과 합의를 통해 역할을 배분하는 것을 확인할 수

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

있다.

저희는 팀원이 4명이었는데, 팀원별로 너는 공원의 설명을 맡아라. 너는 친환경 중점지역 이 부분에 대한 설명을 맡아라 등 하나의 포스터에 여러 구획을 나누어 그에 따른 역할을 배분하여 발표를 진행했던 것 같습니다.

(A예비생물교사)

B예비생물교사는 환경 자료를 탐색하고 분석하는 과정에서 뉴스 자료를 통해 중국의 황사와 같은 현상과 미세먼지의 관계를 파악한 것을 확인할 수 있었다.

다양한 자료를 통해 자동차가 가장 큰 영향, 중국에서 날아오는 황사 이런 것들이 가장 큰 문제였다고 뉴스 기사나 전체적으로 말하고 있었습니다.

(B예비생물교사)

예비생물교사들은 환경적으로 쟁점이 되는 문제를 해결하기 위해 상황제시와 창의적 설계단계에서 자료를 수집하는 과정을 계획하고, 감성적 체험단계에서 조별로 객관적인 기준을 선정하여 협의안을 도출하며 의사를 결정하는 행동을 확인할 수 있다. 또한, 예비생물교사들은 실생활을 둘러싼 다양한 현상과 환경문제의 관련성을 이해하며 문제해결 과정을 수행한 것으로 판단된다.

(4) 문제해결기능과 의사결정기능

문제해결기능과 의사결정기능은 환경문제를 해결하기 위해 활동에 참여할 때, 환경문제의 원인과 결과를 파악하기 위한 수단을 활용하는 것을 의미한다(박진희, 1994; 임형백, 2002). 즉, 환경문제에 대한 자료를 탐색하고 분석하는 과정에서 환경문제의 원인을 파악하며, 결과를 추론하는 예비생물교사를 범주화하였다. 예비생물교사 B와 F는 환경문제에 대한 다양한 자료 탐색을 통해 '미세먼지'가 오염 물질 이외에 꽃가루와 계절 및 황사에 영향을 받을 수 있다는 새로운 원인을 파악할

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

수 있었음을 확인할 수 있었다고 언급하였다.

다양한 자료를 통해 자동차가 가장 큰 영향, 중국에서 날아오는 황사 이런 것들이 가장 큰 문제였다고 뉴스 기사나 전체적으로 말하고 있었습니다.

(B예비생물교사)

(다양한 자료 탐색을 통해) 일단 미세먼지라는 개념 자체가 저는 그냥 인간이 만들어낸 그런 오염 물질에 의한 거라고만 생각을 했는데 그게 아니라 꽃가루도 미세먼지의 일종이고 그런 것도 그러면 계절에 따라서 이게 다르다는 거잖아요.

(F예비생물교사)

예비생물교사 D와 E는 환경문제 관련 자료 탐색 및 분석을 통해 미세먼지로 인한 결과로 인체의 영향과 질환에 대해 학습할 수 있었다고 언급하였다.

제가 직접 네이버 기사를 통해 그 여러 문제를 찾아보면서 좀 더 저한테 와닿았다고 해야 하나? 예를 들어 미세먼지가 기사를 통해 뜨더니 우리 사회에서 심각한 문제이구나. 미세먼지를 통해서 단순히 대기오염이 아니라 인간이 공기를 마시면 몸에도 해롭고 이러한 문제에 대한 심각성을_조금 더 인지할 수 있어서 저에게는 더 와닿았고, 이렇기 때문에 환경을 보전해야겠구나. 필요성을 인지하는 계기가 되었던 것 같아요.

(D예비생물교사)

미세먼지의 원인이나 대처방안 이런 부분의 경우에는 거의 기사를 통해서 접했던 것 같아요. 한 가지 기사만 본 건 아니었고요. 여러 가지 기사를 통해서 조망이라든가 아니면. 호흡기 질환이라든가 뭐 우리가 일단 직접 체감할 수 있는 그런 것들을 많이 봤던 것 같아요. 기사를 통해서 좀 더 자세하게 볼 수 있었던 것 같아요.

(E예비생물교사)

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

예비생물교사들은 상황제시단계에서 환경 쟁점을 다룬 다양한 환경 자료를 수집하고 분석하는 과정을 통해 자연 발생의 원인으로 '꽃가루' '중국의 황사', 인위적인 발생 원인으로 '자동차' 등 다양한 원인과 인체에 대한 영향과 같은 환경문제로 인한 심각성을 인식할 수 있고, 계절과의 연관성을 학습한 것으로 확인할 수 있다.

(5) 개인·사회적 기능

개인·사회적 기능은 환경문제를 해결하기 위해 활동에 개인적, 사회적으로 참여하는 것을 의미한다(박진희, 1994; 임형백, 2002). 즉, 환경문제해결을 위해 개인적으로 행동하고 더 나아가 동료와 협동적으로 상호작용하는 예비생물교사를 범주화하였다. G예비생물교사는 아두이노를 활용하여 미세먼지를 측정해보는 활동에서 개별로 조사하였던 기사의 내용과 비교하면서 환경 오염의 심각성을 느낄 수 있었다고 언급하였다.

아두이노 수업을 하면서 오늘 직접 미세먼지를 측정할 수 있었기 때문에 확실히 이제 조금 더 와닿는. 뭔가 기사로만 접했을 때는 그냥 저 기자가 저렇게 썼을 수만 있겠다는 생각이 들었다면 직접 측정을 해보면 진짜 우리가 사는 이 환경이 이렇게 나빠져 있구나를 직접 깨달을 수 있었고 직접 도시 설계도 하면서 이런 대안들로 우리가 조금 더 노력해간다면 환경이 더 나아질 수 있겠다는 생각이 들었어요.

(G예비생물교사)

반면에, 예비생물교사 A와 C는 개별적으로 활동하는 단계에서도 다른 학생과 상호작용하면서 자료를 탐색하고 정보를 공유하는 것을 확인할 수 있었다.

집에서 친구들이랑 소통할 수 있는 방법이 카카오톡이나 메신저를 통해서 할 수 있는게 최선이었기 때문에 그것을 통해서 미세먼지에 대한 자료나 이야기를 나

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

누었고

(A예비생물교사)

미세먼지를 통해 일어나는 사태를 바로 인터넷 검색을 통한 자료와 책을 찾아보면서 친구들과 상의 하게 되면서 이에 대한 심각성을 느낄 수 있기 때문에, 이 때가 가장 크게 느낄 수 있지 않았나 생각해 봅니다.

(B예비생물교사)

B예비생물교사는 환경문제를 학습하고 친환경 지역사회를 설계하여 포스터를 제작하는 프로젝트 수행을 위해 지역사회에 포함될 요소를 선정하고 조원들이 조사해온 다양한 정책 자료를 분석하고 변형하여 효과적인 정책으로 수립하고 이를 기반으로 하나의 지역사회를 설계하는 것을 확인할 수 있다.

친환경 사회를 설계해보아라. 나는 과제였는데 저희는 각자 잘된 정책과 약간 부족한 정책이 있을 것이란 말이에요. 각자 설계한 지역사회 중에서 그런 것을 종합해서 예를 들어 한 명은 아파트 단지를 설계하던지 또 한 명은 학교를 설계하던지 다른 한 명은 도로나 길의 가로수를 꾸며서 설계하던지 이러한 다양한 자료들과 잘된 자료들 정책적으로 힌이 있을 자료들을 모아서 크게 하나의 도시를 설계했다고 말씀드리고 싶네요.

(B예비생물교사)

G예비생물교사는 아두이노를 활용하여 미세먼지 측정기를 제작해보고 교내 장소를 선정하여 측정해보는 활동에서 조원들과 논의를 거쳐 교내 장소를 선정하고 측정할 때 변인을 설정하고 측정한 결과를 수치 및 그래프로 확인하고 통계 결과를 해석하는 기능을 활용한 것을 확인할 수 있다.

측정을 직접 하면서는 저희가 장소도 직접 정하고 시간의 경과도 직접 정하고 다 조별로 직접 정하면서 저희 조는 4609 교실에서 진행했었는데 거기서 한 이유

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

는 저희가 수업을 제일 많이 듣는 공간이라서 저희랑 가까운 공간이라서 측정을 해 봤고 그 차이는 무엇으로 보았냐면 창문을 안 열었을 때 미세먼지와 창문을 열고 환기를 한 10분 시켰을 때 미세먼지 농도 비교를 했었거든요. (중략) 수치도 확인해보고 하면서 확실히 환기를 시키는 게 좋구나.라고 조원들과 대화하고 평상시에 막연하게 생각만 했던 것을 직접 눈으로 수치를 확인하고 할 수 있어서 좋았던 것 같아요.

(B예비생물교사)

예비생물교사 A와 B는 코드 문제를 해결하는 과정에서 어려움을 겪었을 때, 동료와의 상호작용을 통해 해결할 수 있었다고 언급하면서 문제해결 과정에 대해 성찰해보고 평가하는 것을 확인할 수 있다.

조원들이 같이 언어를 입력하는 과정을 통해 불빛 나오게 하는 LED 등인가요? 색을 입력할 때 그런판 안에 들어가서 색깔의 숫자까지 찾아서 하는 활동도 했었는데 그게 혼자서 했었으면 그렇게까지 하려고 생각 못 했을 것 같은데, 다 같이 하니까 그 부분도 재미도 있었고 같이 하는 게 더 좋았던 것 같아요. 그래서 그런 부분도 기억에 남는 것 같아요. 혼자서 할 수 없는 결과를 도출해 낼 수 있는데 도움이 되었다.

(A예비생물교사)

저희 조는 협력을 가장 중요시해서 한 명이 연결해보면 다음 연결은 내가 해볼게.라고 먼저 나서서 참여하고 내가 잘 모르는 부분에 대해 이거 어떻게 하지? 물어보면 설명해주면서 도와주려고 노력하고 이렇게 참여했습니다. 회로 구성도 하고 모니터 노트북을 통해서 프로그래밍하고 그 과정에 저는 아두이노를 처음 접해보는 학생이라서 설명을 들어도 어떻게 하는지 잘 몰라서 이미 1학년 때 아두이노를 경험해본 덕한 학생이 도와줘서 수행했습니다. 회로 구성할 때는 어려움이 없었는데, 프로그래밍할 때는 좀 어려웠습니다.

(B예비생물교사)

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

예비생물교사들은 ECO-STEAM 활동 중 온라인 수업환경을 통해 이루어지는 상황제시 단계와 창의적 설계단계에서 학생들은 전반적으로 환경문제를 학습하고, 1차 친환경 지역사회를 설계하기 위해 환경문제에 대한 자료를 조사하고 분석하는 환경문제 해결 과정에 개별적으로 참여하는 것을 확인할 수 있다. 또한, 오프라인 수업환경에서 이루어진 감성적 체험단계에서 토의 및 토론을 통해 조원들과 상호작용하면서 지역사회를 설계하고 포스터를 제작하는 활동을 통해 '미세먼지'라는 환경문제를 해결하기 위해 사회적으로 협동하는 모습을 확인할 수 있다.

나. 환경에 대한 가치

환경 책무성 행동의 하위 범주 중 환경에 대한 가치는 환경 그리고 환경과 관련된 문제점을 이해하고 판단하는데 중점을 무엇에 두고 해석하며 받아들이는지를 의미한다. 환경에 대한 가치와 관련된 하위 범주는 인구 성장과 자원 개발을 제한해야 한다는 성장의 한계(Limits to growth), 자연의 가치(Valuation of nature), 새로운 정치(New politics), 오염에 대한 관심(Concern for pollution), 자연에 대한 연민(Compassion), 위험을 피하기 위한 환경 계획(Planning vs. risk), 새로운 사회(New society)로 총 7개 영역으로 분류하였다(Sheppard, 1995; 나원미, 2014; 임형백, 2002). 본 연구에서 예비생물교사들의 환경에 대한 가치와 관련된 인터뷰 분석 결과, 각 범주에 대한 설명과 학생 인터뷰 내용의 예시를 <표 Ⅳ-4>에 제시하였다.

<표 Ⅳ-4> 환경에 대한 가치와 관련된 범주

범주	범주 설명	예시
성장의 한계	지구는 유한하므로 자원 관리의 중요성을 언급한 사례를 포함한다.	현재 저희가 살고 있을 수 있는 환경이 지구밖에 없기 때문에 완전히 파괴될 경우 되돌릴 수 없잖아요. 예를 들어서 멸종 동물이 아예 멸종해버리면 그 개체를 다시 되돌릴 수 없듯이 그렇기 때문에 저희가 살 수 있는 행성이 하나밖에 없는 상황에서 되돌이지 못할 정도로 파괴를 해버리게 되면 저희 개체가 사라지지

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

		않을까? 라는 생각을 해서 환경보호가 필요하다고 생각을 했니다. (B예비생물교사)
자연의 가치	지속적인 시민의 경각심 제고의 필요성을 언급한 사례를 포함한다.	정부에서 나오는 환경 오염에 대처하자 이런 공익광고나 이런 것들도 상당히 많고 또 단체에서 나오는 것들도 많이 있는데 그런 면에서 있어서는 충분히 행해지고 있지만, 시민들이 관심이 많이 없는 것 같아서 (B예비생물교사)
새로운 정치	국가와 시민의 소통을 위한 통로의 필요성을 언급한 사례를 포함한다.	서로 시민들도 어떻게 행동을 하고 있다고 정부한테 말을 해 주고 정부도 이렇게 해줬으면 좋겠어라고 하는 그런 대한의 장이 아직은 미흡하다고 생각하는 거죠. (B예비생물교사)
자연(오염)에 대한 연민 및 관심	환경 오염은 기술의 발달로 인한 결과임을 언급한 사례를 포함한다.	기술의 발전인 것 같아요. 사람들은 더 많은 것을 원하니까 그렇게 발전을 하고 환경을 잃어가는 것 같아요. (A예비생물교사)
	현 경제와 사회체제로는 환경 오염 해결이 어려울 것이라 언급한 사례를 포함한다.	지금 정책적으로나 사회적으로 아직 준비되어있지 않은 단계인 것 같습니다. (B예비생물교사)
	환경 오염은 자연 질서를 파괴하여 큰 재앙을 초래할 것을 의미하며 '생태계 파괴'를 언급한 사례를 포함한다.	저희가 사는 터전을 저희가 공격한다고 생각을 하는데 그렇게 되면 저희의 삶에도 큰 타격을 미친다고 생각을 하거든요. (중략) 그리고 생태 부분으로도 생태계 파괴가 이루어지면 큰 영향이 생기고 안 좋아지잖아요. 확실히 다양하고 많고 이런 생물들이 사는 게 중요한데 저희가 환경 오염을 하면 예를 들어 멸종위기종이라든가 그런 동물들이나 식물들이 멸종한다고 그렇게 되면 다양성이 안 좋아지기 때문에 인간의 삶 악영향을 미칠 수 있기 때문에 저희

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

		가 저희를 위해서라도 환경보전에 노력해야 한다고 생각을 해요. (8예비생물교사)
환경 계획	학생과 시민을 대상으로 하는 환경교육의 필요성을 언급한 사례를 포함한다.	환경이 보전되어야 한다는 것은 맞다 생각하기 때문에 누구 한 명만 할 수 있는 것도 아니고 그 학생이 한 명이 되고 여러 명이 전체가 된다고 생각을 합니다. 그래서 학생이 교육을 통해서 환경을 인식해야지 개인이 지역사회에 영향을 미치고 지역사회가 국가에 영향을 미칠 수 있다. (4예비생물교사)

예비생물교사들은 환경 오염의 원인을 규명하는 질문에 대해 자연(오염)에 대한 연민과 관심으로 인간의 욕심에 의한 기술성장의 피해라고 원인을 규명하였고, 이로 인해 자연 질서인 생태계가 파괴되고 인간을 포함한 다양한 생명체에 악영향을 미치게 될 것이라 추론하고 있다. 그러므로 성장의 한계로 인간의 성장을 제한하고 유한적인 자원을 관리해야 할 필요성을 언급함으로써 환경에 대한 가치를 확인할 수 있다. 더 나아가 현 경제·사회 체제를 비판하는 자연(오염)에 대한 연민 및 관심을 드러내면서 환경문제에 대한 해결 방안을 제안해보는 질문에 대해 시민이 환경에 대한 심각성을 인지할 수 있도록 사회가 방안을 마련하여 제시할 필요성, 자신의 경험을 근거로 하여 환경문제에 대해 시민과 국가가 소통할 수 있는 통로 개선, 학생과 시민을 대상으로 환경교육을 시행해야 한다는 환경계획을 제시하는 것을 확인할 수 있다<표 Ⅳ-5>.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

<표 Ⅳ-5> 환경에 대한 가치 심층 면담 결과

범주	하위 범주	응답수
성장의 한계	자원 관리의 중요성	7.14%
자연의 가치	시민 경각심 제고	17.86%
새로운 정치	소통을 위한 통로의 필요성	14.29%
자연(오염)에 대한 연민 및 관심	기술의 피해	21.43%
	현 경제 사회 체제 비판	14.29%
	자연 질서 파괴로 인한 큰 재앙 초래	10.71%
환경 계획	환경교육의 필요성	14.29%

(1) 성장의 한계

성장의 한계는 환경 보존의 필요성에 대해, 인구 성장과 자원 개발을 제한하는 것으로 자원 관리의 중요성을 의미한다(나원미, 2014; 임형백, 2002). 즉, 지구는 유한하므로 한정된 자원의 관리 및 보존의 필요성을 언급한 사례를 범주화하였다. C예비생물교사는 환경 오염으로 인해 지구가 파괴되었을 때, 삶의 터전을 잃어버릴 수 있으며 더 나아가 인간이 멸종할 수 있다는 견해를 드러내고 있다.

현재 저희가 살고 있을 수 있는 환경이 지구밖에 없기 때문에, 완전히 파괴된 경우 되돌릴 수 없잖아요. 예를 들어서, 멸종 동물이 아예 멸종해버리면 그 개체를 다시 되돌릴 수 없듯이. 그렇기 때문에 저희가 살 수 있는 행성이 하나밖에 없는 상황에서 되돌리지 못할 정도로 파괴를 해버리게 되면 저희 개체가 사라지지 않을까? 라는 생각을 해서 환경보호가 필요하다고 생각을 합니다.

(C예비생물교사)

예비생물교사들은 지구는 인간이 생존할 수 있는 유일한 환경으로 지구의 환경을 파괴하였을 경우 되돌릴 수 없는 결과를 초래할 수 있다는 견해를 제시하면

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

서 환경 및 자연에 대한 가치를 드러내고 있다.

(2) 자연의 가치

자연의 가치는 환경 보존의 필요성에 대해, 경제성장을 위한 개발보다는 자연이라는 자체의 목적을 파악하여 가치를 인식하는 것을 의미한다(나원미, 2014; 임형백, 2002). 즉, 사회가 지속적으로 환경 오염에 대한 시민의 경각심을 제고시켜야 한다는 필요성을 언급한 사례를 범주화하였다. G예비생물교사는 자신의 경험을 근거로 제시하며, 환경에 대한 심각성을 전달할 수 있는 최적의 방법으로 환경교육의 효과성을 언급하였다.

제가 초등학교 4학년 때 제 학교가 해양환경 교육 지원학교로 선정이 돼서 학동들을 많이 했었어요. 초등학교 때 바다를 지키려면 어떻게 해야 하는지 초등학생들 발표대회 같은 것도 했었고 그런 수업들이 많아서 교육이라는 게 사람들이 어떤 인식성을 인지하는 데 중요한 역할을 한다고 생각을 해서 그런 거 보면서 저희도 바다의 쓰레기들이 많이 버려지면 동물들한테 안 좋구나. 바다 환경이 안 좋구나. 라는 것을 깨닫고 그런 부분들이 중요하다고 생각을 해요.

(G예비생물교사)

예비생물교사들은 환경 및 자연에 대한 가치를 변화시키기 위해 사회가 지속적으로 환경문제에 대한 경각심을 인식할 수 있도록 시민과 학생을 대상으로 환경교육을 시행하는 방안을 제시하고 있다.

(3) 새로운 정치

새로운 정치는 환경 보존의 필요성에 대해, 환경 피해를 유발하는 결정은 보류되어야 하며, 정부와 시민의 의사소통 중요성을 의미한다(나원미, 2014; 임형백,

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2002). 즉, 환경문제에 대한 시민의 인식과 심각성을 제고시킬 수 있도록 국가와 시민의 소통을 위한 통로의 필요성을 언급한 사례를 범주화하였다. G예비생물교사는 환경문제의 심각성 및 환경보전의 필요성을 인식할 수 있는 SNS 게시물과 온라인을 통해 접했던 자신의 경험을 제시하면서, 환경 관련 정보에 무관심한 시민들까지도 아우를 수 있는 국가와 시민의 소통을 위한 통로를 재정비하고 개선의 필요성을 언급하였다.

그렇게 잘 되고 있다고는 생각을 안 해요. SNS로 알리는 거라든가 인터넷 기사 같은 게 많기는 한데 그런 걸 애써서 안 한다거나 잘 안 보시는 분들은 접할 기회가 없었던 것 같아서 많은 사람이 그런 걸 볼 수 있게 만들기는 했지만 조금 부족한 것 같아요. 서로 시민들도 어떻게 행동을 하고 있다고 정부한테 말을 해주고, 정부도 이렇게 해줬으면 좋겠어라고 하는 그런 대화의 장이 아직은 미흡하다고 생각하는 거죠.

(G예비생물교사)

예비생물교사들은 시민들의 환경과 환경문제의 관심과 심각성을 제고시키기 위해 정부와 시민의 원활한 소통을 위한 통로의 필요성에 대한 견해를 드러내고 있다.

(4) 자연(오염)에 대한 연민 및 관심

자연(오염)에 대한 연민 및 관심은 환경문제에 대한 원인과 결과를 도출하고, 현 체제를 비판하는 것으로 환경오염에 대한 걱정을 드러내고 관심을 표출하는 것을 의미한다(나원미, 2014; 임형백, 2002). 즉, 환경오염의 원인을 규명하고, 오염의 결과로 큰 재앙에 직면할 것이라 예상하면서, 현 경제·사회 체제로는 환경문제 해결의 어려움을 언급한 사례를 범주화하였다. 첫 번째, 자연(오염)에 대한 연민 및 관심의 하위 범주 '기술의 피해'는 환경오염의 원인을 인간을 위한 기술 발달로 인한 결과라 규명한 사례를 범주화하였다. 예비생물교사 D와 F는 환경 오염의 근간

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

을 인간의 편리한 삶을 위한 기술의 발달이라 규명하였고, 인간의 욕심으로 인해 현재 환경 오염과 같은 재난을 경험하는 것이라 언급하였다.

제 생각에는 여러 가지 원인이 복합적으로 작용해서 오염이 나타난 것이겠지만, 대표적으로 인간이라 생각하거든요. (중략) 산업혁명 이후에 대량 생산이 가능해지면서 인간의 욕심은 끝이 없다고 하잖아요. 이런 대량 생산으로 인해 엄청나게 많은 양의 물량의 공급이 이루어지면서 수요보다 공급이 많아지면서 잉여분이 남게 되잖아요? 그러면 이 잉여분을 처리하는 과정에서 쓰레기가 발생하고, 그래서 환경 오염이 생기는 것 같아요.

(D예비생물교사)

인간을 위한 기술의 성장이라고 생각을 하거든요. (중략) 결국에는 인간이 자신들을 위한 성장시킨 기술 때문에 환경이 이렇게 망가졌다는 생각이 들었어요. 결국에는 저희한테 돌아오는 거라고 생각을 하거든요. 저희가 사는 곳이기 때문에. 왜냐하면, 저희가 언제부터 이렇게 미세먼지를 휴대전화로 매일매일 확인하고 그런지가 엊마 안 됐잖아요. 사실 그런 게 다 결국에는 저희한테 돌아오는 것들이기 때문에 그래서 좀 더 환경에 신경을 써야 한다고 생각합니다.

(F예비생물교사)

두 번째, 자연(오염)에 대한 연민 및 관심의 하위 범주 '자연 질서 파괴로 인한 큰 재앙'은 환경 오염으로 인해 자연 질서가 파괴되어 큰 재앙을 초래할 것이라 결과를 도출한 사례를 범주화하였다. 예비생물교사 E와 G는 환경 오염에 대해 기술의 발전으로 인한 피해의 결과로 자연 질서인 생태계를 파괴하여 인간의 삶에 '이상 기후', '생물 다양성의 파괴', '멸종위기', '대기오염', '수질 오염', '인체의 악영향' 등 치명적인 영향을 미칠 수 있을 것이라는 의견을 제시하는 것으로 확인할 수 있다.

단순하게 생각해서 현재 환경이 계속 오염이 되면, 이상 기후가 발생한다든가

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

아니면은. 대기의 질이 문제가 된다든가 수질 오염을 통해서 먹이사슬에 따라서 중금속이 축적돼서 결국 사람한테 돌아온다고. 이런 것들도 많이 있잖아요. 그렇게 따졌을 때 당장 이제 사람들이 사는 데 위협이 되는 거잖아요. 그래서 더 나은 삶을 위해서 환경문제에 귀를 기울여야 한다 이렇게 생각을 합니다.

(E예비생물교사)

저희가 사는 터전을 저희가 공격한다고 생각을 하는데 그렇게 되면 저희의 삶에도 큰 타격을 미친다고 생각을 하거든요. (중략) 그리고 생태 부분으로도 생태계 파괴가 이루어지면 큰 영향이 생기고 안 좋아지잖아요. 확실히 다양하고 많고 이런 생물들이 사는 게 중요한데 저희가 환경 오염을 하면 예를 들어 멸종위기종이라든가 그런 동물들이나 식물들이 멸종한다고 그렇게 되면 다양성이 안 좋아지기 때문에 인간의 삶 악영향을 미칠 수 있기 때문에 저희가 저희를 위해서라도 환경보전에 노력해야 한다고 생각을 해요.

(E예비생물교사)

세 번째, 자연(오염)에 대한 연민 및 관심의 하위 범주 '현 경제·사회 체제 비판'은 환경 오염을 해결하기 위해 현 사회에서 제시하고 있는 정책 및 체제를 비판하는 사례를 포함한다. 예비생물교사 E와 F는 현 경제·사회 체제에 대한 개선의 필요성을 제시하면서, 사회가 환경에 대한 시민의 경각심을 제고시키기 위해 '세금'과 같은 정책 마련의 방안을 제안하였다. 또한, 시민과 국가가 환경에 대한 정보를 소통할 수 있는 통로를 마련할 필요성에 대해 언급하였다.

제 생각에는 충분히 이루어지고 있다고 생각을 하는데 상당히 자신들이 느끼는 것은 아니었으니까. 라고 생각을 하거든요. 왜냐하면, 정부에서 나오는 환경 오염에 대처하자 이런 공익광고나 이런 것들도 상당히 많고 또 단체에서 나오는 것들도 많이 있는데 그런 면에서 있어서는 충분히 행해지고 있지만, 시민들이 관심이 많이 없는 것 같아서 제 생각에는 조금 극단적인 수도 있지만 에너지를 많이 낭비한다. 하면 누진세 관련해서 조금 더 무겁게 세금을 매긴다거나 그런 방식이

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

필요할 것 같다고 생각해요. 당장에 지금 홍보자료를 나눠주거나 그런 프로그램을 제작하거나 이런 것들은 지금도 상당히 많이 있는데 상당히 그런 걸 보는 것에 무관심이 한 것 같거든요.

(B예비생물교사)

많이 부족한 것 같은 생각이 들어요. 왜냐하면, 한 가지 언청 다른 예로 재활용에 대한 것으로 최사이클 운새 학교 후문에서도 그거 홍보 많이 하더라고요. 재활용은 이렇게 하는 겁니다. 이런 거 있잖아요. 그런데 그게 과연 지나가면서도 저도 그냥 휙 지나가게 되는데 그게 많이 와닿을까? (중략) 일단 이렇게 홍보나 이런 광고나 캠페인 같은 것도 있지만 그거는 되게 어떻게 보면 그냥 자율성이 강한 조금 약한 부분이라고 생각을 하거든요. 그래서 캠페인에서 예를 들어서 조금 더 보상을 주는 포인트 제도 아니면 최근에 보니까 최사이클 이런 자판기, 조금 더 강한 측면에서는 제재나 벌금 이런 쪽의 측면이라든지 그런 부분이 있어야 결국에는 우리도 관심을 갖게 되잖아요. 그런 게 필요하지 않을까 생각해봅니다.

(F예비생물교사)

예비생물교사 B와 C는 경험을 바탕으로 현 경제·사회 체제에 대해 비판하면서 환경 오염에 관심이 없는 시민들에 대해 사회가 환경에 대한 보존의 필요성을 인식할 수 있도록 국가와 시민 환경 정보에 대해 소통할 수 있는 통로의 개선 필요성을 제시하였다. B예비생물교사는 환경을 보존하기 위한 정책의 한 예로 학교 교육과정에서의 환경교육을 제안하였고, C예비생물교사는 시민을 대상으로 하는 환경교육을 언급한 것을 확인할 수 있다.

(현재 시행되고 있는 미세먼지 정책으로 환경문제를 해결할 수 있다고 생각하는지) 저는 안될 것 같다고 생각합니다. 그 이유는 아무리 정책을 시행한다고 해도 외국에서 날아오는 미세먼지도 있을 것이고 또한 정책을 수립한다고 해도 이를 알릴 수 있어야 하는 방법이 마련되어야 한다고 생각합니다. 솔직히 제가 이번에 자료를 조사하면서도 이런 정책이 있었구나. 나는 몰랐네. 하는 것이 있었기 때문

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

에 그렇게 생각합니다. (중략) 정책이라는 것은 아마 가정, 어린 학생들을 대상으로 교육해주는 것이 효과적이라고 생각하거든요. 왜냐하면, 학교에서 이런 것을 배운으로써 가정에 가서도 영향력을 끼칠 수 있고 허사에도 할 수 있겠지만 학교가 가장 정책을 시행하기 좋다고 생각합니다. 즉 정책이 내려와 학교 교육이나 시민이 접할 수 있는 교육이 이루어져 영향을 받아 학생과 시민이 실천할 수 있도록 유도해야 합니다.

(B예비생물교사)

직접 저희가 찾아보거나 주의 관심을 갖지 않는 이상 이 일을 제대로 이해하고 파악하는 것은 관계자들만 좋은 생각을 할 것 같지 학생들이나 일반인이 봤을 때 그리고 미흡하지 않나? 라는 생각을 해보고요. 이번 코로나 같은 경우도 그에 대한 경각심이 지금 이 정도의 사례가 있음에도 불구하고 사람들이 있는 것을 보면 그리고 어렵다. 지금 현 정부에서 제공하고 있는 정보는 조금 그런 경각심을 갖게 하기는 어렵지 않나 생각을 해 봅니다. 저는 개인적으로 일단 교육을 통해서 바뀌어야 한다고 진술을 하고요. 우선적으로 이를 초등학생 때부터 슬기로운 생활이라는 과목이 있습니다. 거기서 이제 환경 관련된 거라든지 그런 것을 배우기 때문에 여기서 그치지 않고 표준 고등학교 12년 교육과정을 그래서 조금 조금씩 환경에 대해 이렇게 알려주게 된 다음에 자연스럽게 그것을 행동으로 바꿀 수 있지 않을까? 라고 생각을 해 봅니다.

(C예비생물교사)

예비생물교사들은 환경문제의 원인을 비판적인 자세로 파악하고, 환경문제 해결을 위한 방안을 자신의 경험에 비추어 환경교육, 세금 및 벌금과 같은 규제를 통한 제도 및 정책 마련의 필요성을 제시하였다. 즉, 환경에 대해 연민과 관심을 느끼면서 환경에 대한 가치를 구체화한 것으로 판단된다.

(5) 환경 계획

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

환경 계획은 환경 오염과 같은 위험에 대응하기 위해 계획하는 것을 의미한다(나원미, 2014; 임형백, 2002). 즉, 학생과 시민을 대상으로 하는 환경교육의 필요성을 언급한 사례를 범주화하였다. A예비생물교사는 학생 스스로 환경과 관련 문제에 대해 심각성과 경각심을 인식할 수 있도록 환경교육의 필요성을 제시하였다.

환경이 보전되어야 한다는 것은 맞다 생각하기 때문에 누구 한 명만 할 수 있는 것도 아니고 그 학생이 한 명이 되고 여러 명이 전체가 된다고 생각을 합니다. 그래서 학생이 교육을 통해서 환경을 인식해야지 개인이 지역사회에 영향을 미치고 지역사회가 국가에 영향을 미칠 수 있다.

(A예비생물교사)

예비생물교사들은 교육자적인 행동을 통하여 학생이 환경문제에 대한 심각성을 인식하였을 때, 직면한 환경문제 해결에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다는 견해를 드러내고 있다.

다. 통제의 위치(locus of control)

환경 책무성 행동의 하위 범주 중 통제의 위치(locus of control)는 환경에 대해 가치관을 갖고 행동으로 실천할 때 느끼는 책임감과 환경문제 해결의 영향력이 자신의 내부에서 확립되어 시작되는 것인지 외부에 의해 시작되는 것인지 인식하고 있는 것으로 행동 조절의 중점을 의미한다(나원미, 2014: 임형백, 2002). 통제의 위치와 관련된 하위 범주는 조절 중심의 내부와 외부 기준으로 구분하는 내부 조절점(General Internal), 권력자(Powerful Others), 우연(Chance)과 개인과 집단(General Individual and Group), 상황의존(Context Specific) 및 행동 의존(Action Specific)으로 조절의 중심을 총 4개 영역으로 분류하였다(Marcinkowski, 1998, 1995; 나원미, 2014; 임형백, 2002). 본 연구에서 예비생물교사들의 통제 위치와 관련된 인터뷰 분석 결과의 각 범주에 대한 설명과 학생 인터뷰 내용의 예시를 <표 Ⅳ-6>에 제시하였다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

<표 Ⅳ-6> 통제의 위치와 관련된 범주

범주	범주 설명	예시
내부 조절점 / 권력자	환경문제 해결의 영향력은 개인으로부터 사회와 국가에 영향을 줄 수 있다고 언급한 사례를 포함한다.	저는 앞서 말씀드린 것과 같이 개인이 가장 크다고 생각을 합니다. 국가 차원에서도 의견을 제시할 때 여러 사람의 의견을 모아서 제시하기 때문에 한 사람, 한 사람 개인이 어느 정도 환경에 대한 의식을 가지고 있게 되면 그에 해당한 정책이 나올 거고 그로 인해서 환경 보전이 이루어질 거라고 저는 생각하기 때문에 우선적으로 개인의 의식 차원에서 환경 보존이 중요하다는 것을 인지하고 있으면 인지하고 있는 게 가장 크다고 생각해요. (B예비생물교사))
	환경문제 해결의 영향력은 권력자(국가 · 사회 · 연예인)로부터 개인에 영향을 줄 수 있다고 언급한 사례를 포함한다.	일단 모든 사람 사람들에게 그 심각성을 인지시키고 활동을 하라고 말하기에는 국가가 말하는 게 제일 큰 것 같아요. (중략) 단기적으로는 국가의 부분이 제일 중요하다고 생각을 하는데 장기적으로 봤을 때는 사회 분위기라든가 이런 것들도 중요한 것 같아요. (중략) 장기적인 부분으로 봤을 때는 사회가 변하고 그런 이미지라든가 환경에 대한 이미지라든가 우리의 생각 같은 것들이 인식이 바뀌는 게 중요한 것 같아요. 단기적으로 확실히 국가가 하는 게 결과 좋겠지만요. (B예비생물교사)
개인과 집단 조절점	환경문제를 해결하기 위해서 타인과 협동의 필요성을 언급한 사례를 포함한다.	기본적으로 쓰레기 분리수거, 대중교통 이용하기, 걸어 다니기 및 주변 사람들의 환경에 대한 안 좋은 행동에 그렇게 하면 안 된다고 이야기할 수 있고 그다음에 모르는 사람들한테 환경문제의 심각성을 모르는 사람들에게는 교육을 통해 알려줄 수 있고 설득을 할 수 있는 것 같아요. (J예비생물교사)
상황의존 조절점	지역사회 및 국가의 환경문제 해결에 영향을 미칠 수 있다고 언급한 사례를 포함한다.	포스터를 제작하는 것이 그 지역사회를 많을 때 다른 지역사회에서 실천하고 있는 방안들을 가져와서 적용할 수 있는 방식으로 바꿔보았기 때문에, 그렇게 제작한 것을 (지역사회에) 제안해볼 수 있다고 생각합니다. (J예비생물교사)

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

행동의존 조절점	정책 및 법적인 행동을 통하여 환경문제 해결에 영향을 미칠 수 있다고 언급한 사례를 포함한다.	개인이 위치하는 자리에서 어느 정도 환경에 대해 경각심을 갖게 되면 그에 따른 행동은 자연스럽게 나오지 않을까? 라고 하는 게 제 생각이고요. (중략) 지역사회에서 어느 정도 기허가 있으신 분들은 이를 자신의 위치와 사람들과의 상황을 통해서 정책을 내놓는 상황과 아니면 지역사회 발전을 이룰 수 있으면서 환경문제를 해결할 수 있는 정책이라든가 이런 걸 내지 않을까? 라고 생각해봤습니다. (B예비생물교사)
	환경보호(자연보호) 행동 및 활동을 통하여 환경문제 해결에 영향을 미칠 수 있을 것이며 '환경 캠페인'을 언급한 사례를 포함한다.	두 번째는 유명인들이나 캠페인이나 아니면 그런 걸 하는 게 영향을 많이 미칠 거라고 생각을 해요. (B예비생물교사)
	소비적인 행동을 통하여 환경문제 해결에 영향을 미칠 수 있다고 언급한 사례를 포함한다.	길거리에 쓰레기 버리지 않기, 그다음에 마트에 갔을 때 에코백 활용하기 카페에 갔을 때 텀블러 활용하기 등 개인적으로 할 수 있는 자그마한 실천들이 있잖아요. 이러한 실천을 하는 것으로도 저는 큰 도움이 된다고 생각하고요. (D예비생물교사)

예비생물교사들은 환경문제에 대한 책임과 환경보전에 가장 크게 영향을 미칠 수 있는 역할 및 분야를 물어보는 질문의 답변으로 개인의 책임과 영향을 나타내는 내부 조절점과 영향력 있는 영역인 지역사회 및 국가 그리고 유명인으로부터 개인에 영향을 미쳐 환경문제 해결에 영향을 줄 수 있다고 생각하는 범주인 권력자로 구분되었다. 그리고 개인적으로 타인과 협동하여 환경문제를 해결해야 한다는 필요성과 구체적인 행동의 예시로 정책·법안을 발의하는 행동, 캠페인과 같은 환경보호 활동, 교육자적인 행동, 소비자적인 행동을 통해 직면한 문제를 해결할 수 있다는 시사점을 제시하고 있다. 예비생물교사들은 개인적으로 환경을 보호하고자 하는 가치와 실천을 통해 지역사회 및 국가의 구성원으로서 긍정적인 영향을 미칠 수 있다고 생각하는 것을 확인할 수 있다<표 Ⅳ-7>.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

<표 Ⅳ-7> 통제의 위치 심층 면담 결과

범주	하위 범주	응답수
내부 조절점/ 권력자	개인이 사회, 국가에 영향	16.67%
	권력자가 개인에 영향	16.67%
개인과 집단 조절점	협동의 필요성	11.11%
상황의존 조절점	지역사회 및 국가에 영향	22.22%
행동의존 조절점	정책 및 법적 행동	16.67%
	환경보호 활동	16.67%

(1) 내부 조절점 / 권력자

통제 위치의 하위 범주 중 내부 조절점과 권력자는 환경문제를 해결하기 위한 조절의 중심을 내부와 외부를 기준으로 구분하는 것을 의미한다(나원미, 2014; 임형백, 2002). 즉, 통제의 위치가 내부에 존재한다는 '내부 권력자'와 통제의 위치가 외부에 존재한다는 '권력자'로 구분하여 범주화하였다. 첫 번째, '내부 조절점'은 통제의 위치가 개인이 내부에 존재하여 환경문제 해결의 영향력은 개인으로부터 시작되어 사회, 국가에 영향을 줄 수 있다고 언급한 사례를 범주화하였다. 예비생물교사 C는 국가를 구성하는 것은 개인이므로 개인이 환경에 대한 심각성을 인식하고 있으면, 그에 맞는 정책이 구성되고 국가적으로 영향을 미칠 수 있을 것이라 언급하였다. 또한, 예비생물교사 A와 D는 개인이 책임감을 느끼고 노력함으로써 사회와 더 나아가 국가에 영향을 미칠 수 있다는 견해를 드러내고 있다.

저는 앞서 말씀드린 것과 같이 개인이 가장 크다고 생각을 합니다. 국가 차원에서도 의견을 제시할 때 여러 사람의 의견을 모아서 지시하기 때문에 한 사람, 한 사람 개인이 어느 정도 환경에 대한 의식을 가지고 있게 되면 그에 합당한 정책이 나올 거고 그로 인해서 환경 보전이 이루어질 거라고 저는 생각하기 때문에 우선적으로 개인의 의식 차원에서 환경 보존이 중요하다는 것을 인지하고 있으면 인지하고 있는 게 가장 크다고 생각해요.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

(G예비생물교사)

모두의 책임이라고 생각을 하는데, 크기로는 국가가 책임이 크다고 생각을 할 수 있는데 개인이 노력해야 사회가 되고 국가가 될 수 있는 것이기 때문에 개인적으로 노력하기 위한 마음이 가장 중요하다고 생각합니다.

(A예비생물교사)

개인의 책임이 사회의 책임이고 곧 국가의 책임이기 때문에 모두가 노력해야 한다고 생각을 해요. 그 속에서 이런 문제에 대해 해결하기 위해 개인은 책임을 돌리기보다 누군가 해주겠지? 보다 나 스스로 내가 먼저 해보자 이런 마음가짐으로...

(D예비생물교사)

두 번째, '권력자'는 통제의 위치가 외부에 존재하여 권력자(연예인, 국가, 사회)로부터 개인에 영향을 줄 수 있다고 언급한 사례를 범주화하였다. 통제력과 영향력이 있는 사람, 집단, 체제로 예비생물교사 F와 G는 '사회'와 '국가', E예비생물교사는 '연예인'으로 인해 개인이 자극을 받아 환경문제와 이슈 해결에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다는 기대를 드러내고 있다.

일단 모든 사람 사람들에게 그 심각성을 인지시키고 활동을 하라고 말하기에는 국가가 말하는 게 제일 큰 것 같아요. (중략) 단기적으로는 국가의 부분이 제일 중요하다고 생각을 하는데 장기적으로 봤을 때는 사회 분위기라든가 이런 것들도 중요한 것 같아요. (중략) 장기적인 부분으로 봤을 때는 사회가 변하고 그런 이미지라든가 환경에 대한 이미지라든가 우리의 생각 같은 것들이 인식이 바뀌는 게 중요한 것 같아요. 단기적으로 확실히 국가가 하는 게 결과 좋겠지만요.

(E예비생물교사)

저는 맨 처음에는 개인의 노력이 가장 중요하다고 생각을 했었어요. 그런데 개인의 인식 변화에 있어서 그건 너무 자율성이 높아서 이게 효율성이 과연 있을까? 라는 생각이 들더라고요. 그래서 든 생각이 저는 국가가 가장 중요하다고 생

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

각을 하거든요. (중략) 그래서 어쨌든 우리의 인식 변화가 있기 위해서는 그런 국가의 제재나 제도가 있어야지 그게 좀 더 관심이 있고 변화가 되지 않을까? 라는 생각이 들었습니다.

(F예비생물교사)

저는 국가의 역할이 크다고 생각을 해요. 아무래도 국가가 전부 다 통제를 한다. 이런 것은 잘못된 것이지만 지금 그래도 국가적인 차원에서 개인에게 조금 더 캠페인이나 그런 아까 말씀드렸던 규제를 통해서 환경문제를 해결할 수 있도록 노력하는 것이 필요하다고 생각하고 무엇보다도 태평양의 쓰레기 섬 문제나 아니면 타 국가에서 오는 미세먼지에 관련된 문제나 이런 것들은 사실 지금 많이 발전을 지금 당장 급속도로 하고 있거나 혹은 많이 발전을 이전에 했었기 때문에 그러니까 그런 환경문제에 대해 쌓아놓은 게 많은 국가가 있잖아요. 그래서 범국적인 차원에서 그런 걸 해결할 수 있도록 노력해야 한다고 생각을 하거든요.

(E예비생물교사)

예비생물교사들은 환경문제에 대한 책임과 해결의 영향력에 대해 개인이 수행할 수 있는 역할과 개인이 속한 지역사회와 국가가 이행할 수 있는 제재와 제도에 대해 구체적인 예를 제시하며 자신의 견해를 드러내고 있다.

(2) 개인과 집단 조절점

통제 위치의 하위 범주 중 개인과 집단 조절점은 환경문제를 해결하기 위해 개인이 집단과 협력하여 영향을 미칠 수 있다는 것을 의미한다(나원미, 2014; 임형백, 2002). 즉, 타인과 협력하여 환경문제 해결에 참여해야 한다는 필요성을 언급한 사례를 범주화하였다. A예비생물교사는 환경을 보호하기 위한 행동을 통해 개인적으로 영향을 미칠 수 있다는 생각과 더불어 환경을 오염시키는 타인의 행동을 제재하고 교육을 통해 다른 사람을 설득하여 환경문제 해결에 영향을 미칠 수 있다고 언급하였다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

기본적으로 쓰레기 분리수거, 대중교통 이용하기, 걷어 다니기 및 주변 사람들의 환경에 대한 안 좋은 행동에 그렇게 하면 안 된다고 이야기할 수 있고 그다음에 모르는 사람들한테 환경문제의 심각성을 모르는 사람들에게는 교육을 통해 알려줄 수 있고 설득을 할 수 있는 것 같아요.

(A예비생물교사)

D예비생물교사는 사회가 개인이 환경보호를 위해 실천할 수 있도록 하는 캠페인과 같은 활동을 주최함으로써 타인과 협력하여 환경문제를 해결할 수 있다고 언급하였다.

사회는 개인의 실천을 바탕으로 쓰레기 줍기 캠페인, 일회용품 덜 사용하기 캠페인, 덜 버려 사용 권장 캠페인 등 지역사회 자체에서 할 수 있는 캠페인들이 되게 많거든요. 이러한 캠페인들을 활용해서 많은 사람을 독려할 수 있다고 생각을 하고요.

(D예비생물교사)

예비생물교사들은 타인과 협업을 통해 환경문제를 해결하는 과정에 참여할 것이며, 이는 긍정적인 영향을 미칠 수 있을 것이라 견해를 드러내고 있다. 또한, 사회에서 제시하는 다양한 환경 보존 활동을 통해 개인이 환경문제에 관심을 보이고, 환경을 보존하고자 하는 행동으로 유도될 수 있음을 기대하고 있다.

(3) 상황의존 조절점

통제 위치의 하위 범주 중 상황의존 조절점은 개인이 속해있는 지역사회인 군, 도, 국가가 직면한 환경문제 해결에 영향을 미칠 수 있다는 것을 의미한다(나원미, 2014; 임형백, 2002). 즉, 개인적인 행동 및 활동으로 자신이 속한 지역사회 및 국가의 환경문제 해결에 영향을 미칠 수 있다고 언급한 학생을 범주화하였다. 전반적으로 학생들은 '교육', 환경보호 활동' 등을 통해 지역사회나 국가가 처한 환경문제 해결에 영향을 미칠 수 있다고 언급하였다. A예비생물교사는 환경 쟁점인 미세먼

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

지를 주제로 하는 ECO-STEAM 활동을 통해 얻어낸 결과물을 자신이 속한 지역사회에 제안해볼 수 있다는 가능성을 드러낸 것으로 확인할 수 있다.

포스터를 제작하는 것이 그 지역사회를 만들 때 다른 지역사회에서 실천하고 있는 방안들을 가져와서 적용할 수 있는 방식으로 바꿔보았기 때문에, 그렇게 제작한 것을 (지역사회에) 제안해볼 수 있다고 생각합니다.

(A예비생물교사)

예비생물교사들은 자신이 속한 지역사회가 직면한 환경문제를 해결하기 위해 의무적인 행동을 이행할 것이며, 이는 환경문제 해결에 긍정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 기대감을 드러내고 있다.

(4) 행동의존 조절점

통제 위치의 하위 범주 중 행동의존 조절점은 개인이 속한 지역사회가 직면한 환경문제를 해결하기 위해 특정 행동을 활용하는 것을 의미한다(나원미, 2014; 임형백, 2002). 즉, 환경문제 해결을 위해서는 소비자적인 행동, 자연보호 활동, 정치·법적 행동을 통해 영향을 미칠 수 있다고 언급한 사례를 범주화하였다. C예비생물교사는 환경문제 해결 방안으로 지역사회의 영향력 있는 위치의 구성원이 정책을 발의하는 것을 예시로 제시하였다.

개인이 위치하는 자리에서 어느 정도 환경에 대해 경각심을 갖게 되면 그에 따른 행동은 자연스럽게 나오지 않을까? 라고 하는 게 제 생각이고요. 약간 예시를 들어보게 되면 학생들 같은 경우 할 수 있는 게 별로 없기 때문에 제가 말했던 머그컵 사용이라든가 그런 경우를 할 수 있겠지만 좀 더 나아가서 지역사회에서 어느 정도 기허가 있으신 분들은 이를 자신의 위치와 사람들과의 상황을 통해서 정책을 내놓는 상황과 아니면 지역사회 발전을 이룰 수 있으면서 환경문제를 해결할 수 있는 정책이라든가 이런 걸 내지 않을까? 라고 생각해봤습니다.

(C예비생물교사)

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

D예비생물교사는 자신이 속한 지역사회에서 시행하고 있는 정책을 예로 사회와 국가에서 시민이 환경에 대한 경각심을 인식하고 실천으로 옮길 수 있도록 개인이 이행할 수 없는 사항들을 고려하여 캠페인, 정책 및 법안을 마련해주어야 한다는 의견을 제시하고 있다. 또한, 개인은 '쓰레기 버리지 않기'와 같은 환경보호 행동, '에코백 활용하기', '텀블러 활용하기'와 같은 소비자 행동을 실천하여 지역사회 및 국가에 영향을 미칠 수 있다고 언급하였다.

사회는 개인의 실천을 바탕으로 쓰레기 줍기 캠페인, 일회용품 덜 사용하기 캠페인, 텀블러 사용 권장 캠페인 등 지역사회 자체에서 할 수 있는 캠페인들이 더 많거든요. 이러한 캠페인들을 활용해서 많은 사람을 독려할 수 있다고 생각을 하고요. 그다음 국가적 차원에서는 개인이나 사회가 해결하지 못하는 문제들이 있잖아요? 예를 들어 길에서 쓰레기 분리수거 통을 일정한 간격으로 배치해주는 것이나, 제주도 같은 경우는 물론 도 차원이기는 하지만 재활용품 일일제를 실시하고 있어요. 이제 이러한 부분은 개인이나 사회가 하지 못하는 것 이잖아요. 이러한 것처럼 관련 법안들을 발의해서 많은 사람이 이러한 문제에 관심을 갖고, 좀 더 많은 사람을 독려할 수 있도록 해주어야 한다고 생각합니다. (중략) 길거리에 쓰레기 버리지 않기, 그다음에 마트에 갔을 때 에코백 활용하기 카페에 갔을 때 텀블러 활용하기 등 개인적으로 할 수 있는 자그마한 실천들이 있잖아요. 이러한 실천을 하는 것으로도 저는 큰 도움이 된다고 생각하고요.

(D예비생물교사)

G예비생물교사는 환경문제를 효과적으로 해결하기 위해서는 학교 교육과정을 통한 교육적인 행동과 유명인이 기획하는 챌린지와 캠페인과 같은 환경보호를 위한 행동 및 활동을 예시로 제시하였다.

사람들이 많이 실천하기 위해서는 두 분야가 생각이 나는데 하나는 교육자들이 하는 게 중요하다고 생각을 해요. 왜냐하면, 어린아이들이나 아니면 저희같이 성인들도 있겠지만 교육을 통해서 사람들이 인식하는 게 크고 어린애들은 학교에서 배워온 것으로 자기 지식이 이렇게 척척 쌓여갈 텐데. 그런 배움을 함으로써

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

인식과 나의 행동이 달라질 거라고 생각을 하고 또 어린애들이 배우면 집에 와서 부모님께도 말하고 가족에게도 학교에서 이렇게 하는 게 좋대. 우리 다 같이 해보자. 라고 하면 부모님 세대까지도 영향이 갈 거라고 생각을 해서 그 부분에서도 좋다고 영향을 많이 미친다고 생각을 하고 두 번째는 유명인들이나 캠페인이나 아니면 그런 걸 하는 게 영향을 많이 미칠 거라고 생각을 해요. 예를 들어 옛날에 아이스버킷챌린지 같은 것도 연예인들이 많이 하면서 기부도 많이 하고 사람들에게 그 명을 많이 알리는 그런 계기가 되었기 때문에, 연예인들이나 유명하신 분들이 이제 하나 캠페인 같은 걸 정해서 예를 들어 엄마 전이었나. 이제 턱톡에 거기서 쓰레기를 줍는 영상 같은 걸 올리는 걸 유행을 했다는 걸로 알고 있어요. 그런 연예인들이 하면서 일반인들도 따라하고 그런것들이 큰 영향을 많이 미칠 수 있다고 생각을 하기 때문에 유명인들이 영향을 많이 미친다고 생각을 합니다.

(9예비생물교사)

라. 예비생물교사의 환경 책무성 행동의 변화

ECO-STEAM 프로그램을 통한 예비생물교사의 환경에 대한 책무성 행동 변화를 알아보기 위해 인터뷰 질문은 '환경 쟁점인 미세먼지를 주제로 하는 ECO-STEAM 수업 이후에 환경 쟁점 관련 뉴스, 기사 및 관련 서적을 보면 어떤 생각이 들었는가?', 'ECO-STEAM 활동 이외에도 환경문제를 해결하고 환경 보전을 위해 참여할 것인가?'와 같은 포괄적인 질문과 '그렇다면, 어떻게 참여할 것인가?'와 같은 세부 질문으로 구성하여 인터뷰를 진행하였다. 그 결과, 예비생물교사는 환경문제에 대한 인식과 관심의 변화가 생겨 '새로운 형태의 관심을 표출'하거나 '새로운 형태의 행동을 실천'한 것을 확인할 수 있다. 반면에, '보편적인 행동을 실천'하는 것으로 ECO-STEAM 프로그램에서 환경문제를 해결하기 위한 활동을 경험한 후 특이적인 행동의 변화가 없었던 것으로 판단할 수 있다<표 Ⅳ-8>.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

<표 Ⅳ-8> 예비생물교사의 환경 책무성 행동의 변화 심층 면담 결과

범주	하위 범주	응답수
ECO-STEAM 수업 이후 개별 행동 실천	보편적인 행동 실천	28.57%
	새로운 관심 표출	57.14%
	새로운 형태 행동 실천	14.29%

(1) 보편적인 행동 실천

'보편적인 행동 실천'은 환경 쟁점을 주제로 하는 ECO-STEAM 수업을 듣고 난 후, 새로운 형태로의 실천으로 미치지 못하고 환경보호를 위한 보편적인 행동을 실천하는 것을 의미한다. 예비생물교사 A와 E는 환경문제에 대한 인식이 변화하였지만, '쓰레기 분리수거', '대중교통 이용', '걸을 수 있는 거리는 걷기' 같은 보편적인 행동을 통해 환경문제를 해결하고 환경보호를 위해 실천하는 것을 확인할 수 있다.

단순해 보일 수도 있는데, 쓰레기 분리수거는 당연하게 하고 있고요. 대중교통을 주로 이용하거나 걸을 수 있는 거리는 최대한 걸어서 다니고 있습니다. 그리고 주변에서 환경에 안 좋은 행동을 하고 있으면은 안 된다고 말(친구가 바닥에 쓰레기를 버리는 상황에서 쉽게 말을 못 꺼내는 경우가 있는데 저는 환경을 위한 것이니까 안된다고 이야기)을 할 수도 있습니다.

(A예비생물교사)

제가 개인적인 측면에서 하고있는 걸로 따지면 분리수거를 철저하게 한다든가 사용하지 않는 전기 이런 가스 이런 것들은 그냥 꺼놓고 잠가놓고 이렇게 한다든가 하고 있었고 그 외에 어디 단체에서 활동한다든가 이런 것은 지금 당장은 저의 입장에서는 좀 힘들다고 생각을 하고

(E예비생물교사)

(2) 새로운 형태 관심 표출

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

'새로운 형태 관심 표출'은 환경 쟁점을 주제로 하는 ECO-STEAM 수업을 듣고 난 후, 환경 오염과 관련된 새로운 방안을 구상해보거나, 다양한 현상과의 관계에 관심을 보이는 것을 의미한다. B예비생물교사는 ECO-STEAM 수업을 통해 미세먼지의 원인과 결과를 학습한 후, 매체를 통해 관련 기사를 접하였을 때, 기사에서 제시하는 미세먼지를 대처하는 정책을 새롭게 고안해보려고 시도하는 모습을 확인할 수 있다.

저는 수업 전에는 미세먼지가 많구나. 그러면 마스크를 잘 써야겠다. 이런 생각만 하게 되었는데 수업 이후에는 미세먼지가 어떤 것인지 알게 되었고 몸에 어떠한 반응을 일으키는지 알게 되었고 얼마나 위험한지 대해서도 알게 되었으니까. 조금 더 새로운 정책(도로에 물을 뿌리는 정책도 있었고 예를 들면 버스 정류장이나 도로의 미세먼지를 막을 수 있는 ECO-버스 관련된 정책)등이나 이러한 뉴스들이 나올 때마다 관심이 가게 되고 다양한 방법으로 이 문제를 해결해 볼 수 있지 않을까? 생각을 깊게 할 수 있었던 것 같습니다.

(B예비생물교사)

예비생물교사 C와 F는 '지속 가능 환경 보전' 주제를 갖는 기사를 접한 이후 폐물품을 리사이클링하여 재사용하는 방안에 관심을 보이고 환경 보존의 적용 가능성을 느낀 것을 파악할 수 있다.

ECO-STEAM 활동을 하고 아두이노라는 기술을 통해 배운 것이 역시 환경 교육이기 때문에 당연히 그때 기억이 상기되는 기억과 감정이 상비되는 것은 당연한 것 같고요. 그럴 때 볼 때마다 이제 약간의 자극이라고 해야 할까요. 생각이 바뀌게 되면서 어떻게 해야 되겠다. 라는 생각이 들었던 것 같습니다. (중략) 지속 가능한 환경 보존 이렇게 해서 폐물품 관련된 건 이제 리사이클링 해서 물품을 만든다든지 아니면 약간 그런 쪽에 기사를 통해서 이런 식으로도 환경을 보존할 수 있구나라는 걸 느꼈던 것 같습니다.

(C예비생물교사))

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

뉴스나 다큐멘터리에서 미세먼지, 미세플라스틱에 대한 것이라든지 요새는 에코 제품 같은 거 있잖아요. 리사이클 제품 그런 것을 많이 찾아본 것 같아요.

(F예비생물교사)

F예비생물교사는 관련 서적, 뉴스 자료를 접했을 때, 상대방에게 ECO-STEAM 수업에서 학습한 미세먼지와 관련된 개념 및 정의를 설명하고, 아두이노를 활용하여 미세먼지를 측정해본 경험을 소개하는 것으로 새로운 형태의 관심을 표출하는 것을 확인할 수 있다.

미세먼지라는 이 작은 주제를 가지고 오랜 시간 동안 계속 이걸 가지고 이야기를 하다 보니까 어떤 그 관련된 서적이나 뉴스를 보거나 서점에 가서도 잡지 같은 걸 봐도 제가 이걸 약간 경험처럼 말하게 되더라고요. 이거 미세먼지 이거는 이런 거고 이거 가지고 내가 측정기로 만들어봤었어. 그렇게 하면서 이 수업 자체가 그렇게 경험으로 작용을 하니까 그런 환경문제나 관련된 걸 봤을 때 조금 더 눈이 가게 되고 새로운 방법이 있나? 왜냐하면, 미세먼지에 대한 많은 제도가 있다는 것도 그때 그 조사를 통해서 알았었거든요. 그래서 조금 그런 거에 대해서 제가 막 찾아보는 정도까지는 아니더라도 이게 노출이 되면 확실히 눈이 가는 건 사실인 것 같아요.

(F예비생물교사)

D예비생물교사는 환경 쟁점인 미세먼지 관련 기사를 접했을 때, 환경오염에서 파생되어 '오존', '대기오염' 같은 개념에 대해 관심을 보이는 것을 확인할 수 있으며, 이로 인해 다양한 환경오염의 심각성과 경각심을 느낄 수 있었다고 하였다.

좀 더 기사에 대해 자세히 보게 되고 아는 것을 보게 되니까. 흥미도 생겨서 이런 부분은 내가 알지 못했던 부분인데? 한번 찾아볼까? 해서 알아보고 싶은 것을 찾아보게 되고 이렇게 되어서 신각하구나, 경각심을 또 느끼고 미세먼지라는 것에서 파생해서 오존이나 대기오염까지 더 넓은 부분에 대해 알려고 했던 것 같

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

습니다.

(D예비생물교사)

(3) 새로운 형태 행동 실천

'새로운 형태 행동 실천'은 환경 쟁점을 주제로 하는 ECO-STEAM 수업을 듣고 난 후, 환경문제의 해결 과정에 참여하기 위해 개인적으로 새로운 형태의 행동을 실천하는 것을 의미한다. G예비생물교사는 자신이 속한 지역사회에서 개최하는 환경보호 챌린지 및 캠페인과 같은 '플로깅'에 참여하는 새로운 형태의 행동을 실천하였다. 또한, 환경보호를 위해 새로운 형태의 행동을 실천하는 과정에서 타인에게 환경보호 활동을 소개하고 추천하는 행동을 통해 협력적으로 환경문제 해결 과정에 참여한 것으로 파악할 수 있다.

제가 수업 끝나고 여름방학에 부산에 왔었는데 이제 플로깅이라고 쓰레기를 주우면서 러닝같은 것을 결합시킨 활동에 참여하기 위해 친구들이랑 신청해서 갔었어요. (중략) 그 수업이 딱 끝나고 그 공지가 큰 게 얼마 안 돼서 한 달도 채 되지 않았었단 말이에요. 그래서 원래라면 그냥 광고처럼 뜨면 보고 넘겼을 텐데 보고 이제 그래도 환경 이런 건데. 해볼까. 그리고 돈이 드는 것도 아니고 내가 그냥 쓰레기 친구들한테 이거 같이할래? 이렇게 해서 갔단 말이에요. 원래라면 그냥 광고 이러고 넘기는데 한 번 더 보게 된 그런 거는 있는 것 같아요.

(G예비생물교사)

2. 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램에 대한 예비생물교사의 인식

아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램의 중등학교 현장 적용 가능성을 알아보기 위해 인터뷰 질문은 '예비과학(생물)교사로서 환경교육과 과학교육 및 다양한 학문의 통합이 이루어진 ECO-STEAM 수업을 진행할 의향이 있는가?'와 같

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

이 포괄적인 질문과 ‘그렇다면 긍정적인 측면과 부정적인 측면의 이유는 무엇인가?’와 같은 세부 질문을 구성하여 예비생물교사의 인식을 알아보았다.

본 연구에 참여한 예비과학교사들의 심층 면담 자료를 범주를 설정하고 분류하였다. 예비과학교사들을 그룹화하기 위해 ECO-STEAM 프로그램의 중등학교 현장 적용 가능성의 총 5개의 범주를 ‘ECO-STEAM 교육의 필요성 및 효과성’에 해당하는 3개의 범주와 ‘ECO-STEAM 교육의 어려움 및 부담감’에 해당하는 2개의 범주로 분류하였으며, <표 Ⅳ-9>에 예비과학교사의 심층 면담 분석 결과를 제시하였다.

<표 Ⅳ-9> ECO-STEAM 프로그램의 중등학교 현장 적용 가능성과 관련된 범주

구분	범주	하위 범주
ECO-STEAM 프로그램의 중등학교 현장 적용 가능성	ECO-STEAM 교육의 필요성 및 효과성	• 환경(문제)에 대한 인식 변화 • 학생의 수업 참여 유도와 경험의 기회 제공 • 다양한 학문과의 연계 학습
	ECO-STEAM 교육의 어려움 및 부담감	• 학습자의 환경교육에 대한 인식 문제 • 학습량 및 학습 시간에 대한 부담감

ECO-STEAM 프로그램의 중등학교 현장 적용 가능성에 대한 예비생물교사의 인식은 <표 Ⅳ-10>과 같이 ‘ECO-STEAM 교육의 필요성 및 효과성’, ‘ECO-STEAM 교육의 어려움 및 부담감’에 따른 응답수를 확인할 수 있었다.

<표 Ⅳ-10> ECO-STEAM프로그램의 중등학교 현장 적용 가능성 심층 면담 결과

범주	하위 범주	응답수
ECO-STEAM 교육의 필요성 및 효과성	환경(문제)에 대한 인식 변화	18%
	학생의 수업 참여 유도와 경험의 기회 제공	36%
	다양한 학문과의 연계 학습	27%
ECO-STEAM 교육의 어려움 및 부담감	학습자의 환경교육에 대한 인식 문제	9%
	학습량 및 학습 시간에 대한 부담감	9%

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

가. ECO-STEAM 교육의 필요성 및 효과성

예비생물교사들은 중등학교 현장에 ECO-STEAM 교육을 적용하였을 때, 환경교육과 STEAM 교육에서 추구하는 목표를 통합적으로 함양할 수 있는 특징을 언급하면서 교육의 필요성 및 효과성을 교육의 긍정적인 측면으로 제시하고 있다. 첫 번째, '환경(문제)에 대한 인식 변화' 범주는 학습자가 환경(문제)에 대해 긍정적인 인식과 가치가 새롭게 생성되어 나아가 환경을 보존하고자 하는 태도로 변화 가능성을 의미한다. B예비생물교사는 환경, 환경문제를 주제로 하는 STEAM 활동을 통해 환경 보전에 대한 학습자의 관심을 끌어낼 수 있으며, 이를 통해 환경 보전의 발판을 형성할 수 있다는 ECO-STEAM 교육의 긍정적인 영향에 대한 자신의 견해를 드러내고 있다.

저는 꼭 필요하다고 생각합니다. 왜냐하면, 학생들이 이 활동해봄으로써 환경문제에 관심을 가지게 되고, 그런 관심이 모여 환경을 보전할 수 있는 발판이 되지 않을까? 라고 생각을 하고...

(B예비생물교사)

또한, G 예비생물교사는 학생이 환경에 대한 심각성을 인식하고, 환경 보존을 위해 실천할 수 있는 것은 이행해야 한다는 책임감 함양의 필요성을 강조하는 것을 확인할 수 있다.

환경 교육은 특히 요즘같이 옛날보다 더 환경 오염이 심해지고 있어서 더 중요해지고 있다고 생각을 합니다. 환경에 대한 것들을 가르치는 것 자체가 학교나 교사들이 학생들에게 해야 할 거라고 생각을 해서 간단한 것부터라도 환경의 심각성을 깨닫고 우리가 할 수 있는 것들이라면 해야 한다고 생각을 해요.

(G예비생물교사)

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

두 번째, '학생의 수업 참여 유도와 경험의 기회제공' 범주는 기존의 강의식 수업을 통해 이루어지는 환경교육과 대비되는 ECO-STEAM 교육을 통해 학생의 참여와 관심을 유도할 수 있으며 나아가 환경(문제)에 대한 경험의 기회를 제공할 수 있는 특징을 의미한다. A예비생물교사는 ECO-STEAM 수업을 통해 환경에 대한 가치를 깨달으며 환경문제의 심각성을 인식할 수 있었다는 자신의 경험을 제시하면서 ECO-STEAM을 중등학교 현장에 적용하였을 시 환경문제의 심각성과 환경보전의 필요성을 인식할 수 있는 인식의 변화와 경험을 제공할 수 있는 ECO-STEAM 교육의 특징을 설명하였다.

왜냐하면, 저 같은 경우만 봐도 이 수업을 진행하기 전에는 환경에 대해서 크게 중요하게 생각을 하지 않고 환경문제를 봤을 때 나상은 멀리있다. 라고만 생각을 하고 넘겼었는데 이 수업을 통해서 학생들에게 환경문제의 심각성을 알려줄 수 있고 환경 보전을 왜 해야 되는지? 그런 부분을 조금 더 와닿을 수 있게 교육할 수 있는 수업인 것 같아서 ECO-STEAM 수업을 진행할 의향이 있습니다.

(A예비생물교사)

B예비생물교사는 일반적인 강의식 수업에 대비하여 ECO-STEAM 프로그램을 수업에 적용하였을 시 학습자의 참여도를 높일 수 있을 것이라 언급하였다.

저는 꼭 필요하다고 생각합니다. (중략) 일반 수업보다는 학생의 참여도를 높일 수 있을 것이며, 또한 아무래도 제가 이러한 수업을 받을 기회가 없었으니까.

(B예비생물교사)

D예비생물교사는 사회적으로 이슈인 환경 쟁점을 수업 주제로 제시할 경우, 학생들의 흥미를 유발하고 참여도와 관심을 유도할 수 있을 것이라 예상하는 것을 확인할 수 있다.

요즘 대두가 되고 있는 것이 환경문제잖아요. 그리고 앞으로 살아가는데 있어

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

더 많이 부각이 될 문제도 환경문제고 그렇기때문에 이런 환경문제를 가지고 수업을 한다면 우선 학생들에게 이목을 끌 수 있을 것 같아요. 이러한 환경문제를 학생의 수업을 진행하고 있을 때 당면한 환경문제로 운즌에는 머세먼지 이러한 환경문제를 갖고 수업한다면 학생의 참여도와 관심을 높일 수 있을 것 같고...

(D예비생물교사)

또한, E예비생물교사는 환경 관련 프로그램을 통해 교과 내용 중심 수업 형식에서 벗어나 학생의 관심을 유도할 수 있고, 더 나아가 환경 주제의 전문적인 개념 및 지식을 학습할 수 있다는 기대감을 드러내고 있다.

학교에서 환경에 대해 언급한 것이라고 했을 때 원자력이나 아니면 생물 다양성이나 이상 기후나 이런 것들 얘기를 하기는 하지만 학교 수업에서 그런 부분들이 언급되는 단어를 자세하게 하고 가진 않는 편이잖아요. 그래서 그런 교과적인 교과 내용적인 그런 부분에서 좀 벗어나서 프로그램을 통해서 학생들이 환경에 조금 더 관심을 갖게 하고 그런 방식으로 한다면 좋은 것 같아요.

(E예비생물교사)

세 번째, '다양한 학문과의 연계 학습' 범주는 ECO-STEAM 교육이 추구하는 목표인 다양한 학문과의 융합적인 학습에 대한 예비생물교사들의 인식을 의미한다. C예비생물교사는 다양한 학문과 융합적인 활동을 통해 학습자의 지적 능력 향상의 효과성을 ECO-STEAM 교육의 긍정적인 영향으로 제시하였다.

과학적 측면뿐 아니라 여러 가지 과목들이 합쳐서 진행되기 때문에 학생들의 지적 발달 성장에도 조금 더 도움이 되지 않을까 많은 생각을 하고 있기 때문에, ECO-STEAM 수업을 진행하기에 주제 찾기가 어렵겠지만 한번 기회가 된다고 해보고 싶습니다.

(C예비생물교사)

D예비생물교사는 환경과 과학, 기술, 예술적인 요소와의 연관성을 제시하면서,

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

ECO-STEAM 수업을 통해 학습자가 환경교육과 다양한 학문을 연계하여 학습할 수 있다는 장점을 언급하였다.

환경적인 면도 굉장히 중요하고 이러한 환경에 있어서 과학적인 면 기구나 만드는 것에 대해 수학적인 면 그러한 기구를 사람들에게 특색있게 사용할 수 있는 예술적인 면 이런 면들이 다 복합적으로 연결되어 있다고 생각을 하거든요. 그리고 우리는 한 가지를 잘하기보다 여러 가지를 잘해야 한다고 생각을 하잖아요. 그렇기때문에 저는 ECO-STEAM 수업이 되게 좋다고 생각합니다. (중략) STEAM 수업을 통해 수학적인 면, 기술적인 면, 예술적인 면, 과학적인 면 등의 이러한 부분에서 같이 얻을 수 있다면 하나의 주제로 여러 가지를 학습할 수 있는 것이기 때문에 연계한 만큼 더 좋은 것 같습니다.

(D예비생물교사)

F예비생물교사는 다양한 학문 간의 경계가 허물어진 통합 교육의 특징을 제시하면서, 이러한 통합 교육을 통해 습득한 지식 및 개념을 실생활에 적용할 수 있도록 하는 학습 형태가 ECO-STEAM 교육이라 제시하고 있다.

우리는 학문과 학문 간에 경계가 많이 허물어졌다고 하잖아요. (중략) 우리가 배운 지식이 학문 쪽에서 약간 멈추는 게 아니라 그 사회에 나갔을 때도 실생활에서도 계속 이끌어갈 수 있는 쓸 수 있는 그런 배움이 되어야 진짜 그렇게 되어야 하는 것 같아요. 그랬을 때 이렇게 ECO-STEAM 교육이 제일 적합하다고 느꼈거든요.

(F예비생물교사)

나. ECO-STEAM 교육의 어려움 및 부담감

예비생물교사들은 중등학교 현장에 ECO-STEAM 교육을 적용하였을 때, 학습자가 겪을 수 있는 '환경 교육에 대한 인식 문제'와 '학습량 및 학습 시간에 대한 부담감'과 같은 범주로 ECO-STEAM 프로그램 실행 및 적용단계에서의 어려움과

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

부담감을 교육의 부정적인 측면으로 제시하였다. 첫 번째, '학습자의 환경 교육에 대한 인식 문제' 범주는 ECO-STEAM 프로그램을 실행 및 적용하는 단계에서 학습자가 겪을 수 있는 어려움 및 부담감으로 환경교육과 과학교육의 연관성, 환경과 환경문제에 대한 인식에서 비롯되는 학습 요소의 이질적인 감정 및 가치를 의미한다. 이에 A예비생물교사는 ECO-STEAM 교육의 환경과 과학, 기술, 미술 등 다양한 학문과의 융합에 있어 STEAM 교육 요소가 적절하게 조화를 이룰 수 있도록 계획 및 구성하여야 한다는 교사 역할의 중요성을 언급하였다.

과학교육에서 ECO-STEAM을 진행한다고 하면 환경이랑 무슨 연관이 있을까? 라고 생각을 하는 학생들이 있을 것 같아요. 왜냐하면, 환경 자체를 과학으로 보지 않으니까. 그런데 ECO-STEAM은 환경과 과학 그 이외에 기술, 수학적인 부분이나 미술적인 부분, 예술적인 부분 이런 것이 다 합쳐진 것이기 때문에 터무니없게 생각하는 학생들이 있을 것 같아요. 그래서 그런 부분을 잘 연결해 주면 좋을 것 같아요.

(A예비생물교사)

두 번째, '학습량 및 학습 시간에 대한 부담감' 범주는 ECO-STEAM 프로그램을 교수-학습 상황에 적용하는 과정에서 겪을 수 있는 학습자의 부담감으로 '학습량에 대한 학습자의 부담감'과 '시간 제약에 대한 학습자의 부담감'으로 이루어져 있다. 즉, ECO-STEAM 교육이 환경 쟁점을 주제로 다양한 학문의 지식 및 요소를 활용하여 학습 및 활동을 진행하기 때문에, 학생이 학습에 대한 부담감을 느낄 수 있는 특징을 의미한다. 이에 D예비생물교사는 방대한 학습량에 대한 학습자의 부담감을 해소하기 위해 실생활에서 밀접하게 관련된 주제를 선정하는 것을 해결 방안으로 제시하고 있으며, 시간 제약에 대한 학습자의 부담감을 해소하기 위해 오프라인과 온라인을 혼합하여 수업을 진행하는 블랜디드 러닝과 같은 수업 방식을 활용하여 학습자의 학습 시간을 조절해줄 수 있어야 한다는 해결책을 제시하였다.

다방면의 지식을 습득하는 것이기 때문에 어려운 것이고 학생이 선입견을 갖

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

을 수 있다고 생각을 합니다. 분명 수업을 진행하는데 더 많은 것을 학습해야 하기때문에 부담될 수 있겠죠? (중략) 학생들의 부담감을 덜어주기 위해 조금 더 일상생활에서 접할 수 있는 내용 우선으로 진행을 해서 부담감을 낮춰주고 (중략) 수업을 진행하는데 있어 시간적인 제약도 있는 것도 문제일 것 같습니다. (중략) 시간적인 제약에 있어서 블랜디드 러닝 같은 수업을 활용해서 부족한 부분은 따로 학습할 수 있도록 해줘야 한다고 생각합니다.

(D예비생물교사)

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅴ. 논의

본 연구에서의 목적은 ECO-STEAM 활동이 예비생물교사들의 환경책무성행동에 미치는 영향을 알아보고자 하는 것이다. 예비생물교사들을 대상으로 ECO-STEAM 활동의 효과에 대한 선행연구와 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램을 개발한 연구는 활발히 이루어지지 않고 있다. 이에 아두이노를 활용한 환경교육, ECO-STEAM 프로그램을 개발하여 적용한 선행연구, 이론적 배경에 근거하여 본 연구 결과에 대해 다음과 같이 논의하였다.

첫째, ECO-STEAM 프로그램은 환경 쟁점인 '미세먼지'를 주제로 아두이노를 활용하여 직접적인 조작을 통해 환경문제를 감성적으로 체험할 수 있도록 구성하였다. '미세먼지'라는 환경문제의 심각성을 인식하고 해결의 필요성을 느낄 수 있도록 문제 상황을 제시하였다. '미세먼지'를 대처하기 위한 '창의적인 친환경 지역사회 설계'라는 프로젝트 주제에 따라 해결방안을 탐색하고 지역사회를 설계하도록 하였다. 조별로 창의적 미세먼지 대처방안 구상 및 친환경 지역사회 홍보자료를 제작하며, '미세먼지'를 직접적으로 체험하기 위해 아두이노를 활용하여 미세먼지 측정기 제작 및 측정 활동을 진행하였다. 환경 쟁점인 '미세먼지'라는 하나의 주제를 중심으로 STEAM 활동을 진행하는 것을 통해 교수-학습 흐름의 연계성을 강조하였으며, 나아가 조별 프로젝트 형식으로 ECO-STEAM 활동이 제시되어 환경문제 해결을 위해 개별 또는 상호적으로 기능, 환경에 대한 올바른 가치를 수립하며, 나아가 환경문제를 해결할 수 있다는 자기효능감을 함양하여 환경 책무성 행동을 도출할 수 있도록 하였다.

둘째, 환경 쟁점에 대한 기능은 환경적으로 쟁점이 되는 문제를 해결하기 위한 수단 및 방법을 활용 및 터득하는 것을 말한다(박진희, 장남기, 1994; 박진희, 장남기, 1998; 임형백, 2002). 본 연구에서 개발된 ECO-STEAM 프로그램은 예비생물교사들의 환경 쟁점에 대한 기능 영역에 긍정적인 영향을 미친 것을 확인할 수 있었다(p<.05). 본 연구에서 나타난 환경 쟁점에 대한 기능 변화는 환경 복원을 주

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제로 STEAM 교육을 기반으로 한 환경교육 프로그램을 통해 학습자가 환경 정보를 수집하고, 분석하며 나아가 환경정보에 대해 종합적인 이해와 해석을 이행하는 환경기능에 긍정적인 영향을 주었다는 선행연구 결과(최영미, 양지혜, 홍승호, 2016), 스마트 기기를 활용하여 환경 주제를 기반으로 STEAM 프로그램을 개발 및 적용하여 환경 기능에 대해 긍정적인 영향을 주어 친환경 생활 습관을 형성할 수 있었다는 선행연구 결과(김지훈, 홍승호, 2015)와 일치한다. 또한, 멸종 위기종 '황새'를 주제로 생태 교육 기반 STEAM 프로그램을 개발하여 적용한 선행연구 결과(이상균, 2017)와도 일치한다. 즉, 환경교육을 기반으로 하는 STEAM 교육을 통해 학습자가 환경문제에 대해 심각성을 인식하고, 자기주도적으로 문제를 해결하기 위해 환경문제 관련한 자료를 수집 및 탐색하며 환경 쟁점에 대한 기능을 효과적으로 수행하면서 환경교육의 목표와 더불어 과학교과에서 제시하는 환경교육 목표인 자연환경과 환경문제의 과학적 탐구능력을 함양할 수 있었던 것으로 생각된다(최석진 등, 1999).

세 번째, 환경에 대한 가치는 자연 환경과 환경문제에 대해 이해하고 해석하는 중점을 의미하는 것을 말한다(Sheppard, 1995; 임형백, 2002). 본 연구에서 개발된 ECO-STEAM 프로그램은 예비생물교사의 환경에 대한 가치 영역에 긍정적인 영향을 미치지 못한 것을 확인할 수 있었다(p>.05). 이 결과는 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 교육을 받은 예비생물교사들의 심층면담을 통해 환경에 대한 가치를 느끼지 못하고 있다는 것이 아니라 한정된 자원에 대해 관리의 중요성을 생각하고 자연에 대한 연민과 관심을 갖고, 새로운 정치, 새로운 사회로의 변화의 필요성을 느끼며 자연에 대한 가치를 내재하고 있음을 의미하는 바일 수도 있다.

과학과 교육과정의 환경교육은 '환경을 위한 교육', '환경 안에서의 교육'이 이루어지며, 환경요소로 중요하게 다루어지는 생태학적 지식에 대한 기초를 마련해주고 자연환경의 원리 생태계의 구성 요소, 상호작용에 대해 학습함으로써 환경 및 자연에 대한 가치 및 감수성을 함양할 수 있을 것이라는 학교에서 이루어지는 환경교육에 대한 접근 방향성(최석진 등, 1999)을 기반으로 창의적 설계단계의 생태도시 정의 및 사례분석 활동을 미세먼지의 정의, 발생원인 및 과정을 탐색하기 위한 활동으로 이루어진 상황제시 단계를 통해 제시함으로써 환경 및 문제에 대한

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

호기심을 자극시키고 자연과 인간이 공존할 수 있는 가치, 자연에 대한 감수성을 함양할 수 있을 것으로 생각된다.

지역사회의 하천인 청계천을 교육 장소로 활용하여 체험중심의 환경교육을 실시하여 학습자에게 지역 사회에 대한 관심을 유발할 수 있는 경험을 제공하였다는 선행연구(장경준, 2007)처럼 지역사회에 속한 환경 안에서 현장 체험, 생태 탐사 등 다양한 활동을 통해 환경에 대한 감수성을 자극하고 나아가 환경문제를 자신의 문제로 받아들이고 환경문제에 대한 경험을 바탕으로 스스로 해결하려는 태도를 함양해야 한다(남상준 등, 1999; 이문로, 2000) 또한, 생태환경에 대한 오감, 관찰, 체험 중심의 융합교육 프로그램을 통해 학습자의 생태, 환경에 대한 가치인 자연에 대한 관심, 자연에 대한 동정 연민을 효과적으로 자극시킬 수 있다는 선행연구(김선일, 신영준, 2019)에 따라 환경 주제를 기반으로 학습자가 주도적으로 환경문제에 대해 탐색하고 문제를 해결하기 위해 방안을 모색하는 과정에 직접적인 환경에 대한 체험 활동을 진행할 수 있도록 활동을 보완해야 할 것이다.

앞서 살펴본 선행연구를 뒷받침하는 것으로 환경 책무성 행동에 정의적 변인(환경에 대한 가치, 환경에 대한 감수성)이 가장 큰 영향을 미치며 정의적 변인이 향상되기 위해서는 학습자가 환경에 대해 체험할 수 있으며, 자연환경에서 학습이 이루어질 수 있도록 체험학습과 현장학습이 이루어져야 한다는 환경교육 교수-학습 방법의 제안(임형백, 2002)에 따라 본 ECO-STEAM 프로그램에서 지역사회의 미세먼지 대처방안을 탐색하는 과정, 창의적 설계 단계, 감성적 체험단계를 통해 친환경 지역사회 설계하는 활동에서 자신이 속한 지역사회의 환경 관련 공공기관, 지역 구청, 학교 등을 방문하여 미세먼지에 어떻게 대처하고 있는지 방안을 모색하고 설계할 수 있도록 활동을 보완해야 할 것으로 생각된다.

그러나 학습자가 주체가 되어 탐구하며 체험하는 활동 등에 대한 부담감이 정의적 요인인 환경 감수성에 역효과를 줄 수 있다는 선행연구 결과(이재붕, 2004)에 따라 ECO-STEAM 활동에서 체험, 현장 중심의 활동은 환경문제를 인식하고 가치를 자극하기 위한 친환경 지역사회 설계라는 활동의 부수적인 학습 활동으로서 주 활동과 부수 활동의 균형을 적절히 조율해야 할 것이다.

네 번째, 통제의 위치는 환경에 대한 가치관에서 비롯되어 친환경적 행동을 실

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

철할 때 느끼는 책임감과 환경문제 해결의 영향력이 내부에서 확립되어 표출하는 것인지 외부에 의해 시작되는 것인지 행동의 조절점을 인식하는 것을 의미한다(임형백, 2002). 본 연구에서 개발된 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램은 예비생물교사들의 통제 위치 영역에 긍정적인 영향을 미치지 못한 것을 확인할 수 있었다(p>.05). 이 결과는 예비생물교사가 통제의 위치를 인식하지 못하고 있음을 뜻하는 것이 아니라, ECO-STEAM 프로그램을 통해 교육을 받기 전에도 환경과 환경문제 해결의 영향력에 미치는 조절점에 대해 내적, 외적 통제의 위치인지 자신이 속한 지역사회, 국가 등에 영향을 미칠 수 있다고 생각하며 나아가 환경보전을 위해 특정적인 행동을 표출할 수 있다는 가능성을 내재하고 있음을 의미하는 바일 수도 있다.

환경 책무성 행동을 도출할 수 있는 학습자의 내적 통제 위치는 학습자가 환경과 환경문제에 대한 지식을 습득하고 학습한 지식을 활용하면서 환경문제를 스스로 해결하려는 적극적인 참여 행동을 통해 환경문제 해결의 성취를 경험할 수 있도록 기회를 제공해야 할 필요성을 언급한 선행연구 결과(임형백, 2002)에 따라 본 프로그램은 상황제시 단계에서 미세먼지 기사 분석 활동을 통해 미세먼지에 대해 학습자 스스로 심각성을 인식하고 나아가 환경문제 관련 정보를 습득할 수 있도록 하였다. 창의적 설계 단계와 감성적 체험 단계에서 자신이 속한 지역사회에서 환경문제에 대해 대처할 수 있는 정책을 구상하고 현 시행되고 있는 관련 정책을 분석함으로써 객관성과 타당성에 입각한 창의적인 미세먼지 대처 방안과 친환경 지역사회를 설계하기 위해 적극적으로 프로젝트 결과물을 도출해내는 활동을 구성하였다. 또한, 과학과 환경 관련 STEAM 프로그램의 활동을 통해 환경문제 해결에 대한 자신의 영향력을 인식하며 나아가 환경 복원 프로젝트 발표회를 통해 UCC, 역할극, 뉴스 등 홍보자료를 제작하여 캠페인 활동을 진행하는 과정에서 실천에 대한 강한 의지를 내면화하는 것을 확인할 수 있었다는 선행연구 결과(김지훈, 홍승호, 2015)과 하천 체험환경교육프로그램의 환경 탐구 활동에서 학습자가 하천의 쓰레기의 심각성을 인식하고 쓰레기 수거 활동을 진행하여 태도 및 실천 행동의 의지에 효과성을 확인한 선행연구 결과에(최미영, 2001) 따라 본 프로그램에서 환경 포스터를 제작하여 발표회에 그치는 것이 아니라 캠페인, 사회 참여 등을 통해

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

내적 통제의 위치 향상과 더불어 자신의 지역사회, 국가에 영향을 미칠 수 있다는 조절점에 대한 향상을 유도할 수 있을 것이다. 즉, 환경 주제를 기반으로 STEAM 활동을 진행하는 ECO-STEAM 프로그램(이성희, 2012)을 통해 학습자에게 환경문제를 제시하고 활동을 진행하는 과정에서 학습자 스스로 환경문제에 대한 자신의 가치, 기능, 태도를 성찰해보고 나아가 환경문제 해결의 조절점이 변화되는 긍정적인 효과로부터 친환경적 책무성 행동을 유도할 수 있을 것으로 생각된다.

다섯 번째, ECO-STEAM 프로그램의 감성적 체험 단계를 통해 미세먼지 측정기를 제작하고, 교내 장소를 측정해보는 활동을 통해 환경 쟁점에 대한 기능을 수행할 수 있었던 것을 확인할 수 있었다. 이는 아두이노를 활용하여 미세먼지와 실내 환경 개선을 주제로 환경교육 프로그램을 개발하여 적용한 선행연구 결과(김형욱 등, 2018)와 일치한다. 본 프로그램에서는 감성적 체험 단계에서 아두이노에 대해 학습하고 간단한 예제활동을 통해 코드 작성, 아두이노 동작 확인 조작 과정을 습득할 수 있었으며 미세먼지 측정기에 포함되는 LCD, 미세먼지 측정 센서, 온습도 측정센서를 활용하여 물리적이고 전자적인 회로 구성, 코드 작성 등 응용활동을 진행하였다. 최종으로 학교 내부의 장소를 조별로 선정하고 측정한 후 결과 분석 활동을 통해 미세먼지 심각성에 대해 인식하고 환경 쟁점에 대한 기능을 수행할 수 있도록 하였다. 이 과정에서 예비생물교사는 미세먼지 측정기를 동작시키기 위한 과정에서 오류가 발생했을 때 직면한 문제를 분석하고 어떻게 해결할 것인지 도출해보는 의사 결정 과정을 경험, 미세먼지를 측정해보고 그 결과에 대한 논의 조원이 흥미롭게 참여할 수 있도록 목표를 수립하고 주도적으로 활동을 이끌어나가는 태도 확인, 회로 구성 및 코드 작성 역할 분담, 환경문제에 대한 심각성 인식, 동료와의 상호작용을 통해 문제 해결 과정을 수행하였다. 즉, 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램을 통해 학습자의 환경 소양인 환경 쟁점에 대한 기능과 환경문제의 심각성 인식에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다.

또한, 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램을 통해 일반적인 강의식 수업에서는 느낄 수 없었던 성취감을 경험할 수 있어서 ECO-STEAM 프로그램에 대한 만족감을 드러냈다. 이는 아두이노를 활용하여 미세먼지 프로그램에 대한 만족도가 증가하고 환경 주제를 접목하여 아두이노를 제작해보고 싶다는 학생 설문

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

결과(장미화, 이미형, 이선미, 조윤수, 조경숙, 2019)에 비추어 볼 때, 아두이노 보드를 활용하였을 때 주변의 환경문제 관련 현상을 센서를 활용하여 측정하고 결과를 확인할 수 있는 컴퓨팅 시스템을 구축이 용이한 특징에 따라 앞으로의 다양한 환경교육 프로그램에 아두이노를 활용하면 학습자의 환경문제에 대한 관심을 끌어낼 수 있을 것이다.

아두이노를 활용하여 실내환경 공기의 질을 측정해보는 환경교육 프로그램을 개발할 때 유의사항으로 환경과 교육 내용에 중점을 두고 교수-학습 단계를 이끌어나가며 코딩과 프로그래밍은 학습자의 환경과 환경문제에 대해 문제 해결능력과 관심을 유도하기 위한 부수적인 도구로 활용해야 한다는 필요성 제안(원은진 등, 2018)에 따라 본 프로그램에서는 아두이노를 교구로 코딩교육을 활용하는 ECO-STEAM 프로그램을 개발할 때 교수자와 학습자를 고려하여 환경교육과 코딩교육의 균형있는 프로그램으로 보완해야 할 것이다.

여섯 번째, 본 연구를 통해 개발된 ECO-STEAM 프로그램을 중등학교 현장에 적용하였을 때, 예비생물교사는 환경(문제)에 대한 인식 변화를 유도할 수 있고, 강의식 수업 대비 학생의 수업 참여와 경험의 기회를 제공할 수 있으며, 다양한 학문과의 연계 학습이 이루어질 수 있는 특징을 제시하면서 ECO-STEAM 프로그램에 대한 긍정적인 인식을 드러냈다. ECO-STEAM 프로그램을 현장에 적용하였을 때, 우려되는 부정적인 측면으로는 학습자가 과학교육과 환경교육의 이질감을 느껴, 환경교육에 대한 필요성을 인식하지 못할 수 있으며, 학습량 및 학습시간에 대한 학부담을 느낄 수 있을 것이라 언급하였다. 이에 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 수업에 대해 ECO-STEAM 활동의 전반에 협동활동을 제안, 창의적 설계 및 감성적 체험단계 활동 시간 증대, 활동 선정 시 학습자 집중도 고려, 협동 활동의 조 구성인원 조절을 제안하였다.

이러한 본 연구의 결과는 학습자의 환경적 행동의 하위 변인인 인지적 요소, 정의적 요소, 개성 요소 등 다양한 변인의 영향으로 환경에 대한 행동이 변화하기 때문에 환경에 대한 행동이 짧은 기간에 걸쳐 변화되기 어렵다는 선행연구(이성희, 2012; 최돈형, 2005)와 환경교육에서 환경 쟁점에 대해 기능하는 인지적 영역보다 더욱 중요시되어야 하는 환경에 대한 가치 및 감수성의 정의적 영역을 끌어낼 수

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

있는 교육의 필요성을 제기하는 선행연구(임형백, 2002) 결과에 비추어 환경에 대한 행동의 변화를 살펴보기 위해서는 장기간에 걸친 체험 활동과 자연환경을 경험할 수 있는 현장 활동을 적용한 ECO-STEAM 프로그램의 개발이 이루어져야 할 것으로 보인다. 이러한 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램을 통해 환경 쟁점에 대해 소통, 학습, 수리, 의사결정 등 다양한 기능을 터득하여 학교, 지역사회 등이 직면한 환경문제를 인식하고 이를 해결하는 과정에 참여의 기회를 제공할 필요가 있다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅵ. 결론 및 제언

본 연구에서는 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램을 예비생물교사들에게 적용하여 환경책무성행동의 하위 영역인 환경 쟁점에 대한 기능, 환경에 대한 가치, 통제 위치의 변화에 대해 살펴보았고, 사후 인터뷰를 통해 한 학기에 걸쳐 경험하였던 ECO-STEAM 프로그램에 대한 학교 현장 적용 가능성과 수업에 대한 제안 사항 등을 파악하였다. 임형백(2002)의 검사척도를 기준으로 얻은 정량적 검사 결과와 사후 인터뷰를 통해 얻은 정성적 연구 결과를 바탕으로 결론을 도출하고 나아가 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램의 교육적 활용하는 방안에 관해 결론을 요약하면 다음과 같다.

1. 결론

첫 번째, 환경 책무성 행동의 변화를 알아보기 위한 ECO-STEAM 프로그램은 환경 쟁점인 '미세먼지'를 주제로 STEAM 교육의 교수-학습 모형에 맞춰 교수-학습과정안과 탐구 활동지를 개발하였다. ECO-STEAM 프로그램은 총 4단계로 상황 제시, 창의적 설계, 감성적 체험, 평가 및 새로운 문제 도전 단계로 구성되어 있으며, '미세먼지'를 대응하기 위한 창의적인 친환경 지역사회를 설계해보는 활동과 아두이노를 활용하여 미세먼지 측정기를 제작해보는 활동을 통해 환경 책무성 행동의 변화에 긍정적인 영향을 미칠 수 있도록 개발하였다. 이 프로그램을 통하여 예비생물교사들이 환경문제에 대해 관심을 갖고 환경보전을 위한 새로운 방안을 계속해서 고민하고 있으며, 나아가 새로운 형태의 실천하는 것을 확인하였다. 또한, 아두이노를 활용하여 미세먼지 측정기를 직접 설계하여 제작하고 미세먼지 측정 활동을 통해 미세먼지의 심각성을 인식할 수 있었던 효과를 확인할 수 있었다. 이는 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램을 통하여 예비생물교사들이 환경 주제를 기반으로 학습자가 주도적으로 활동하며 환경문제에 대해 탐색하며 아두이

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

노를 활용하여 기능할 수 있는 ECO-STEAM의 융합적인 활동이 가능함을 확인하였다.

두 번째, ECO-STEAM 프로그램 경험 후 예비생물교사들은 환경 쟁점인 '미세먼지'를 주제로 하는 ECO-STEAM 수업에서 전반적으로 환경 쟁점에 대한 자신의 의견을 조사해온 자료를 근거로 제시하며 조원들과 소통하며 더불어 효율적인 의사소통을 위해 자신의 의견을 시각 자료를 제시하거나 명료화하여 전달하는 전략을 활용하는 것을 확인할 수 있다. 환경 관련 자료를 수집하고 분류 및 분석하며, 학습과제를 재조직하고 학습 과정에 목표를 수립하고 개인의 과제와 조별의 과제를 계획하고, 전반적인 활동에 자기 주도적으로 참여하는 개인적 기능과 오프라인 수업환경에서 조원들과 최종 친환경 지역사회를 설계하는 프로젝트 활동에서 조별 대안 및 정책을 수립하기 위해 토의 및 토론 과정을 거치며 협동을 통해 포스터를 제작하는 사회적 기능을 수행한 것으로 확인할 수 있다. 또한, 감성적 체험 단계에서 아두이노를 활용하여 미세먼지 측정기를 동작시키는 활동에서 코드를 작성하는 중 오류가 발생하는 문제상황에 직면했을 때, 조원들과 의사소통을 통해 문제를 분석하고 해결방안을 구상하여 도출해보는 의사 결정 과정을 경험의 기회를 제공할 수 있으며, 나아가 아두이노를 활용하는 단계에서 동료 학습자의 흥미를 자극하기 위해 주도적으로 교수-학습 상황을 이끌어나가는 태도를 유도하여 환경 쟁점에 대한 기능을 수행할 수 있음을 시사한다.

세 번째, ECO-STEAM 프로그램 경험 후 예비생물교사들의 환경에 대한 가치 영역에는 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. 그러나 예비생물교사의 심층면담을 통해 얻은 인터뷰 자료에서는 환경 오염의 원인은 기술의 피해임을 규명하고, 이로 인해 생태계 파괴를 초래하여 기존에 경험하였던 문제보다 더 큰 재앙을 초래할 것이라 환경에 대한 걱정을 드러내고 있는 것으로 보아 예비생물교사들은 환경 쟁점인 미세먼지를 주제로 다룬 기사 및 연구 자료를 분석하는 활동을 통해 환경에 대한 관심과 가치를 확립할 수 있었던 것으로 생각되어진다. 나아가 예비생물교사들은 앞으로 심해질 환경오염을 막기 위해 한정적인 자원을 관리해야 할 필요성, 자연의 가치를 깨닫기 위해 사회가 지속적으로 시민의 경각심을 자극할 방안, 환경문제를 쟁점으로 시민과 정부의 소통이 이루어지기 위한 통로의 필요성을 제기하

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

는 것을 확인할 수 있다. 또한, ECO-STEAM 프로그램을 통해 활동을 진행하기 전과 후에 대한 환경에 대한 심각성 및 관심의 변화를 제시하면서 환경교육의 필요성을 강조하는 예비생물교사의 태도로 보아 환경에 대한 올바른 가치를 함양할 수 있음을 시사한다.

네 번째, ECO-STEAM 프로그램 경험 후 예비생물교사들의 통제의 위치 영역에는 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. 그러나 예비생물교사의 심층면담을 통해 얻은 인터뷰 자료에서는 환경문제에 대한 책임과 환경보전에 가장 크게 영향은 개인의 책임과 영향이 크다고 생각하는 내부 조절점과 외부 조절점으로 영향력을 갖춘 타인, 사회, 국가에 영향을 받는다고 생각하는 권력자로 구분되었다. 또한, 개인적으로 타인과 협동하여 환경문제를 해결해야 한다는 필요성과 구체적인 행동의 예시로 정책·법안을 발의하는 행동, 캠페인과 같은 환경보호 활동, 교육자적인 행동, 소비자적인 행동을 통해 직면한 문제를 해결할 수 있다는 통제의 위치에 대한 시사점을 제시하고 있다. 또한, 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램의 친환경 지역사회를 설계하여 홍보자료를 제작한 포스터를 자신이 속한 지역사회에 제안해볼 수 있다는 예비생물교사의 태도로 보아 환경에 대한 영향력의 내적 조절점을 자극할 수 있음을 시사한다.

다섯 번째, 예비생물교사들은 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램 특징으로 환경 쟁점에 대해 탐색하는 과정을 통해 학습자 중심의 자기 주도적인 학습이 이루어질 수 있고, ECO-STEAM 활동을 통해 과학과 핵심역량인 탐구력, 사고력, 문제 해결력과 의사소통 능력 등을 함양할 수 있음을 제시하고 있다. 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 수업을 통해 교수-학습 방법의 다양함과 감성적 체험 단계에서 아두이노를 동작시키기 위해 물리적, 전자적인 지식을 활용하여 회로를 구성하고 접해보지 못했던 프로그래밍 언어를 학습하는 것에 대한 어려움이 있었지만, ECO-STEAM 활동 흐름에 맞춰 학습을 진행하고 결과물을 완성하여 작동시켰을 때 성취감, 성공에 대한 기쁨을 경험할 수 있었음을 시사한다. 학생들은 환경 주제를 기반으로 STEAM 활동에서 아두이노를 활용해봄으로써 환경문제 관련 데이터를 수집하고 분석하는 과정을 통해 환경 쟁점에 대한 직접적인 경험을 수행할 수 있으며, 이 과정에서 환경 쟁점에 대한 기능과 환경문제에 대한 심각성을 통해

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

환경에 대한 가치 등 환경 소양을 함양할 수 있음을 시사한다.

마지막으로 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램을 통해 학습자의 환경 문제에 대한 인식 변화, 학생의 수업 참여 유도와 새로운 가치를 함양할 수 있는 경험의 기회 제공, 환경 주제를 기반으로 다양한 학문과의 연계학습을 통해 학습자의 지적 능력 향상되며 ECO-STEAM 교육을 통해 습득한 지식을 실생활에 적용할 수 있을 것이라는 ECO-STEAM 프로그램 활용에 대해 긍정적인 태도를 나타냈다. 이는 환경교육과 STEAM 교육 접목을 통해 환경 주제를 기반으로 STEAM 활동을 제시하는 ECO-STEAM 프로그램은 환경 내용 및 환경교육에 대해 학생들의 흥미를 유발할 수 있으며, 실생활에서 겪을 수 있는 환경문제에 대해 다양한 학문을 연계하여 융합적으로 사고하며 창의적 설계, 감성적 체험단계에서 이루어지는 다양한 활동을 통해 환경 소양을 함양하여 친환경적 행동을 실천하게 한다. 나아가 ECO-STEAM 프로그램의 감성적 체험단계에서 환경문제에 대한 동기를 유발하기 위해 학습자가 직접 조작할 수 있으며, 환경문제를 측정할 수 있는 구체적 조작물인 아두이노를 활용하여 미세먼지 측정기를 제작하고 측정해보는 활동을 통해 문제 해결과정에서 환경 쟁점에 대해 기능하고, 교내 장소를 선정하여 측정해보며 주변 환경의 미세먼지 심각성을 인식하여 환경에 대한 가치의 변화가 생겨 교내 장소에서 미세먼지를 대처하는 방안을 구상하며, 미세먼지 단위, 미세먼지 측정원리, 미세먼지 농도에 따른 시각적인 신호 출력 활동 등 아두이노를 활용하여 미세먼지 측정기를 제작하는 활동을 통해 환경문제에 대한 관심, 인식의 변화를 유도하여 환경과 환경문제 탐색 및 해결해 나가는 과정에서 자신이 실천할 수 있는 영향력, 나아가 자기효능감을 함양할 수 있음을 시사하고 있다.

2. 제언

본 연구의 결과를 바탕으로 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

첫째, 환경과 환경문제에 대한 실제를 경험하여 지식을 알고, 가치를 깨달으며, 올바른 뜻을 생각하는 인재를 양성하고자 추구하는 환경교육의 목표를 달성하기 위해 학교라는 한정된 장소에서 벗어나 자연환경 속에서 학습한 환경 지식을 응용

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

하여 행동으로 실천할 수 있는 경험을 제공하기 위해 지역 공동체, 지역사회를 연계하는 체험, 현장 활동을 포함한 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램을 개발한다면 학습자의 환경 책무성 행동, 환경 소양에 긍정적인 영향을 미칠 수 있을 것이라 기대한다.

둘째, 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램의 방향성에 대한 예비생물교사의 제안 사항으로 창의적 설계 단계와 감성적 체험 단계의 활동 시간 부족과 아두이노를 활용한 활동에 대해 부담감을 나타냈다. 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램을 중등학교 현장에 적용할 때, 아두이노의 이론과 통합개발 환경에 대해 학습하는 과정을 상황제시 단계에서 진행하고, 아두이노를 활용한 예제활동과 응용 활동을 창의적 설계단계에서 진행하며, 감성적 체험단계에서 미세먼지 측정기를 최종적으로 제작해서 평가 및 새로운 문제 도전단계를 통해 미세먼지 측정기를 활용하여 측정하고 대기 현황을 분석하는 활동을 진행할 수 있도록 아두이노를 활용한 ECO-STEAM 프로그램의 교수학습 단계에 따른 활동을 조정한다면 학습자의 어려움과 부담감을 줄이고 긍정적인 반응을 유도할 수 있을 것이라 기대한다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

참고문헌

강민정 (2013). 환경교육을 기반으로 한 Eco-STEAM 교육의 필요성. 한국환경교육학회 학술대회 자료집, 75-79.

교육과학기술부 (2010). 창의인재와 선진과학기술로 여는 미래 대한민국. 2011년 업무보고. 교육과학기술부.

교육과학기술부 (2011). STEAM 2011년 성과 발표 보도자료. 교육과학기술부.

교육부 (1997). 제 7차 중학교 교육과정. 총론 및 각 교과. 대한교과서주식회사.

교육부 (2015). 2015 과학과 교육과정. 교육부 고시 제2015-74호 [별책 9].

교육부 (2015). 2015 정보과 교육과정. 교육부 고시 제2015-74호 [별책 10], 93-126.

교육부 (2015). 중학교 선택 교과 교육과정. 교육부 고시 제2015-74호 [별책 18], 1-13.

공수경 (2019). PBL을 활용한 지속가능발전교육을 통한 디자인 수업이 환경보전의식에 미치는 영향 : 고등학교 1학년 중심으로. 이화여자대학교 교육대학원 석사학위 논문.

권우진, 김영재, 변정호 (2015). 중등학교에서 사용 가능한 미세먼지 포집 장치 제작을 통한 대기 중 중금속 및 미생물 분석. 한국지구과학회지, 36(1), 125-135.

권진희, 이성희, 이상원 (2017). 전통생태지식을 활용한 초등 STEAM 환경교육 프로그램 개발 및 적용. 학습자중심교과교육연구, 17(21), 99-119.

김가형, 이현주 (2017). 지역사회연계 미세먼지 교육프로그램이 중학생들의 이슈에 대한 이해와 시민으로서의 인성과 가치관 함양에 미치는 효과. 37(6), 911-920.

김동정, 김석희, 유헌창 (2013). 피지컬 컴퓨팅 기반 STEAM 교육 아웃리치 프로그램. 한국컴퓨터교육학회 학술발표대회논문집, 17(2), 279-283.

김미영 (2018). 피지컬컴퓨팅기반 과학적 문제해결과정에서 나타나는 고등학생의

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

물리 개념의 변화와 컴퓨팅사고의 특성. 이화여자대학교 박사학위 논문.

김선일, 신영준 (2019). 체험중심 생태환경 STEAM 프로그램이 초등학생들의 생태적 감수성에 미치는 영향. 초등과학교육, 38(4), 465-474.

김성준 (2019). 피지컬 컴퓨팅 기반 소프트웨어 교육이 초등학생의 컴퓨팅 사고력에 미치는 영향. 경인교육대학교 교육전문대학원 석사학위 논문.

김신도 (2004). 우리나라 미세먼지 현황 및 문제점. 한국대기환경학회 학술대회논문집, 41-56.

김영롱, 양승원, 소금현 (2016). STEAM을 적용한 신재생에너지학습 프로그램이 초등학생의 환경소양 및 과학 관련 태도에 미치는 영향. 환경교육, 29(1), 66-78.

김영욱, 홍기칠 (2016). 아두이노를 활용한 피지컬 컴퓨팅 기반 소프트웨어 수업용 어플리케이션이 초등학생의 논리적 사고력에 미치는 효과. 사고개발, 12(2), 47-72.

김윤지 (2018). 지구 환경에 대한 비과학 전공 대학생들의 정신 모형. 교양교육연구, 12(4), 225-243.

김재휘, 김동호 (2016). 컴퓨팅 사고력 향상을 위한 초등 피지컬 컴퓨팅 교육과정 개발. 한국정보교육학회 논문지, 20(1), 69-28.

김정호, 최석진, 이동엽 (1998). 열린교육을 통한 환경교육 발전방향—중학교 환경교육을 중심으로-. 환경교육, 11(2), 54-68.

김지훈, 홍승호 (2015). 스마트기기를 활용한 환경 관련 STEAM 프로그램 개발 및 효과. 환경교육, 28(3), 178-192.

김진수 (2011). STEAM 교육을 위한 큐빅 모형. 한국기술교육학회지, 11(2), 124-139.

김치경 (2000). 환경문제의 출발점은 정신교육으로부터 비롯: 의식의 전환 없이 환경문제 해결은 불가능. 환경기술인, 163, 10-15.

김학성, 변광태, 정용승, 최현정, 김민정 (2012). 2011년 동아시아에서 기류의 이동 경로에 따른 청원에서 측정한 에어로졸 질량 농도 및 원소 성분 분석. 한국환경과학회지, 21(7), 855-863.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

김형욱, 정소진, 정소리, 문성윤 (2018). 아두이노를 활용한 초등학생 대상 환경교육 프로그램의 개발 및 적용. 환경교육, 31(2), 167-179.

김혜란, 최선영 (2016). 초등학교 환경과 에너지 교육을 위한 STEAM 프로그램의 개발과 적용 – 3학년을 중심으로. 생물교육, 44(3), 514-522.

남상준, 김대성, 김두련, 이상복, 한세일 (1999). 환경교육의 원리와 실제. 원미사.

민희 (2016). 미술과 중심의 환경STEAM 프로그램의 개발. 서울교육대학교 교육전문대학원 석사학위 논문.

박부영 (2017). 중학교 자유학기제 물환경 주제중심프로그램 개발. 이화여자대학교 교육대학원 석사학위 논문.

박성식 (2007). 환경교육활동에 의한 중학교 학생의 환경의식 비교에 관한 연구. 경기대학교 교육대학원 석사학위 논문.

박재문, 이수진, 문성배 (2014). 환경문제에 대한 중학교 교사들의 인식. 대한화학회지, 58(6), 590-599.

박진희, 장남기 (1994). 정의적 영역 중심의 고등학교 환경 교재 개발. 환경교육, 6, 63-99.

박진희, 장남기 (1998). 환경소양의 정의와 관련연구에 관한 분석. 환경교육, 11(2), 83-101.

박현주, 김영민, 노석구, 이주연, 정진수, 최유현, 한혜숙, 백윤수 (2012). STEAM 교육의 구성 요소와 수업 설계를 위한 준거 틀의 개발. 학습자중심교과교육연구, 12(4), 533-557.

박혜영, 김희경, 이유리, 최승연 (2009). '지속가능발전을 고려한 환경교육'의 관점에서 본 환경교육정책 분석. 한국환경교육학회 학술대회 자료집, 175-179.

배덕현, 김방희, 김진수 (2014). 스마트교육 기반의 교량모형만들기 STEAM 프로그램이 흥미도와 융합인재소양에 미치는 효과. 한국기술교육학회지, 14(1), 158-176.

배중연, 전현석, 고은미, 김가혁, 박현준 (2014). 아두이노를 활용한 STEAM 수업 아두이노를 활용한 저비용 MBL 실험. 현장과학교육, 8(2), 178-198.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

백윤수, 박현주, 김영민, 노석구, 박종윤, 이주연, 정진수, 최유현, 한혜숙 (2011). 우리나라 STEAM 교육의 방향. 학습자중심교과교육연구, 11(4), 149-171.

서정현, 김영식 (2012). 아두이노(Arduino)를 이용한 피지컬 컴퓨팅의 교육적 활용 방안 연구. 한국컴퓨터교육학회 학술발표대회논문집, 16(2), 103-107.

성보옥, 김종석, 이형옥 (2018). 코코넛에서 스크래치를 활용한 피지컬컴퓨팅 교육용 콘텐츠 개발. 예술인문사회 융합 멀티미디어 논문지, 8(10), 231-239.

신지연 (2017). 초등학교 지속가능발전교육 STEAM 프로그램의 개발과 적용 효과. 환경교육, 30(2), 199-222.

심규헌, 이상욱, 서태원 (2014). 아두이노를 활용한 STEAM 커리큘럼 설계, 적용 및 효과 분석. 한국컴퓨터교육학회논문지, 17(4), 23-32.

심재권, 김현철, 이원규 (2016). 2015 개정 정보 교육과정에 따른 피지컬컴퓨팅을 활용한 정보교육에서 성별에 따른 태도와 성취도 차이분석. 컴퓨터교육학회 논문지, 19(4), 1-9.

심성희 (2016). Eco-steAm 프로그램이 중학생의 환경행동에 미치는 효과. 한국교원대학교 대학원 석사학위 논문.

안득하, 홍지연, 송명섭, 전형기, 김영식 (2018). 피지컬 컴퓨팅 학습 환경에 대한 교사들의 인식 연구. 한국컴퓨터교육학회 학술발표대회논문집, 22(1), 147-150.

양정순, 홍승호 (2013). 친환경 미생물(EM)을 주제로 한 STEAM 기반 환경교육프로그램이 환경소양 및 EM 관련 환경지식에 미치는 영향. 환경교육, 26(4), 423-440.

원은진, 서진하, 목련화 (2018). 코딩을 활용한 실내환경 측정 환경교육콘텐츠 개발. 환경교육학회 학술대회 자료집, 192-202.

유기웅, 정종원, 김영석, 김한별 (2015). 질적 연구방법의 이해. 서울 박영사.

유종훈, 김용환, 양창은, 장명호, 김희주, 명노영, 김동정, 유헌창 (2015). 아두이노 기반 피지컬컴퓨팅을 활용한 SW개발 교육. 한국컴퓨터교육학회 학술발표대회논문집, 19(1), 61-64.

유지산, 나규환 (1999). 중학생의 환경의식과 환경실천간의 비교연구. 환경교육,

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

12(1), 264-275.

윤마병, 홍재영 (2012). 고등학교 융합과학(STEAM) 실험-실습 프로그램 개발과 과학 캠프 적용. 과학교육연구지, 36(2), 263-278.

윤오섭 (1998). 실제 환경교육. 동화기술.

이동규, 김성원, 이영준 (2017). 고등학생 피지컬 컴퓨팅 능력 향상을 위한 교육 프로그램의 개발 및 적용. 한국컴퓨터교육학회 학술발표대회논문집, 21(1), 135-138.

이문로 (2000). 지역 환경교육 자료의 개발과 현장학습 적용. 한국교원대학교 교육대학원 석사학위 논문.

이민주, 장예숙, 이선미, 조윤수, 조경숙 (2019). 피지컬컴퓨팅을 이용한 스마트 재활용 교육프로그램 개발 및 적용. 한국환경교육학회 학술대회자료집, 243-247.

이상균 (2017). 과학과 Eco-STEAM 수업이 초등학생들의 환경소양과 STEAM 태도에 미치는 효과. 대한지구과학교육학회지, 10(1), 62-75.

이성수, 서우석 (2009). 환경교육 e-Learning 콘텐츠가 초등학생의 환경소양에 미치는 효과. 실과교육연구, 15(4), 391-408.

이성희 (2012). STEAM 기반 환경교육 프로그램이 초등학생의 환경 소양에 미치는 영향. 환경교육, 25(1), 66-76.

이성희 (2013). 스마트러닝 기반의 생태 STEAM 교육 프로그램의 개발. 초등과학교육, 32(3), 250-259.

이성희, 조성화 (2019). 한국 학교환경교육 현황 조사 연구. 환경교육, 32(2), 205-221.

이재붕 (2004). 탐구학습 모형에 기초한 물 환경교육 프로그램 개발과 적용 및 환경감수성 측정에 관한 연구. 한국교원대학교 대학원 석사학위 논문.

이춘자 (2017). 유아음악교육에서 STEAM 교육 활용이 예비유아교사의 음악지식, 음악교수 효능감, 음악태도 및 창의성에 미치는 영향.

이학용, 우호성, 김자미 (2017). 생활 속 문제해결을 위한 프로그래밍과 피지컬 컴퓨팅 경험 사례. 한국컴퓨터교육학회 학술발표대회논문집, 21(1), 15-18.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

임형백 (2002). 청소년의 환경 책무성 행동 연구. 청소년학연구, 9(1), 45-63.

임형백 (2002). 청소년의 환경 책무성 행동과 관련 변인 연구. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.

장경준 (2007). 중학교 하천 체험환경교육 프로그램 개발 및 운영방안 : 청계천을 중심으로. 연세대학교 교육대학원 석사학위 논문.

장미화, 이미형, 이선미, 조윤수, 조경숙 (2019). 아두이노를 활용한 고등학생 대상 환경교육 프로그램의 개발 및 적용:미세먼지측정기 만들기를 중심으로. 환경교육학회 학술대회 자료집, 224-228.

전재형 (2016). STEAM 프로그램이 예비생물교사의 의사소통능력 및 문제해결능력에 미치는 영향. 조선대학교 교육대학원 석사학위 논문.

정옥영, 이두곤 (2015). 탐구중심 환경교육과 STEAM 교육의 융합적 교육 모형 제안. 환경교육, 28(1), 24-42.

정철 (2003). 지구 환경에 대한 예비 중등 교사의 환경 인식. 한국지구과학회, 24(4), 273-280.

정철, 김윤지 (2021). 미래의 지구 환경에 대한 비과학 전공 대학생들의 인식. 대한지구과학교육학회, 14(1), 21-32.

정철, 권난주 (2010). 새 개정 교육과정에서 창의적 체험활동을 통한 학교 환경교육 방안. 한국환경교육학회 학술대회 자료집, 249-254.

정철, 권난주 (2011). 2009 개정 교육과정에서 창의적 체험활동을 통한 학교 환경교육 방안. 에너지기후변화교육, 1(1), 33-41.

정현희, 서우석 (2008). 초등학생 환경 소양 측정 도구의 개발. 환경교육, 21(4), 79-93.

조국연 (2012). 지역 환경교육 프로그램의 개발 -대전의 갑천을 중심으로-. 공주대학교 교육대학원 석사학위 논문.

조보람, 이정민 (2014). 융합인재교육(STEAM)이 초등학생의 창의성과 학습 몰입에 미치는 효과. 학습자중심교과교육연구, 14(9), 87-105.

조운석, 노대일, 조성호, 윤진아, 오승유, 천퀸, 남윤경 (2020). 환경교육을 위한 아두이노 기반 스마트 환경 측정 시스템 개발. 한국컴퓨터교육학회

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

학술발표대회 논문집, 24(1), 97-100.

조은주, 문미경 (2017). 오픈소스 Blockly를 이용한 모바일용 피지컬 컴퓨팅 개발 환경 구축. 한국차세대컴퓨팅학회 논문지, 13(6), 21-30.

최돈형, 한용술, 남상준, 김영란 (1991). 제 6차 교육과정 개정에 대비한 학교환경교육 강화 방안 연구. 환경처.

최돈형, 남상준, 김영란, 김도희 (1992). 학교 환경교육의 내실화를 위한 교사연수와 양성. 환경교육, 3, 33-46.

최돈형 (2005). 환경교육입문. 원미사.

최돈형 (2005). 지속 가능한 미래와 학교환경교육. 한국환경교육학회 학술대회 자료집, 24-42.

최미영 (2001). 도시 하천 체험환경교육프로그램 개발 및 운영과 그 효과에 관한 연구 - 수원천을 중심으로-. 연세대학교 교육대학원 석사학위 논문.

최석진, 김용근, 김윤태, 김종권, 김태경, 윤석희, 정은우, 김혜영, 전현숙 (2014). 국가 수준 환경교육 기준 개발 연구. 환경부 환경협력과.

최석진, 신동희, 이선경, 이동엽 (1999). 학교 환경 교육의 체계적 접근 방안. 환경교육, 12(1), 19-39.

최영미, 양지혜, 홍승호 (2016). 환경 복원 STEAM 수업이 초등학생의 환경소양, 창의적 문제해결력, 정의적 영역에 미치는 영향. 환경교육, 29(2), 187-204.

최종일, 이영수 (2015). 초미세먼지(PM2.5) 배출량이 호흡기계 질환에 미치는 영향 연구. 환경정책, 23(4), 155-172.

형근영 (2008). Blended-Learning을 적용한 환경수업이 환경소양에 미치는 효과. 한국교원대학교 교육대학원 석사학위 논문.

홍준의 (2017). 전공에 따른 예비교사의 환경 인식과 기후 변화 및 생물 다양성에 대한 인식 비교. 에너지기후변화교육, 7(1), 39-55.

환경부 (1998). 환경백서. 환경부

환경부 (2016). 바로 알면 보인다. 미세먼지 도대체 뭘까?. 행정간행물 등록번호 11-1480000-001435-01.

환경부 (2015). 제 2차 환경교육종합계획(2016-2020).

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Corbin, J., & Strauss, A. (1990). Grounded Theory Research: Procedures, Cannons, and Evaluative Criteria. Qualitative Sociology, 13(1), 3-21.

Gigliotti, Larry M. (1990). "Environmental Education: What went wrong? What can be done?." Journal of Environmental Education, 22(1), 9-12.

Gigliotti, Larry M. (1994). "Environmental Issues: Cornell Students' Willingness to Take Action." Journal of Environmental Education, 26(1), 34-42.

Marcinkowiski, T. J., Volk, T. L. & Hungerford, H. R. (1990). An Environmental Education Approach to the Training of Middle Level Teachers: A Teacher Education Programme Specialization. Paris: Unesco/UNEP.

O'Sullivan, D., & Igoe, T. (2004). Physical computing: sensing and controlling the physical world with computers. NY: Course Technology Press.

Peyton, R., and B. Miller. (1980). "Developing an International Locus of Control as a Prerequisite to Environmental Action Taking." In A. Sacks et al.(Eds.), Current Issue VI: The Yearbook of Environmental Education and Environmental Studies. Columbus, Ohio: ERIC/SMEAC.

Sheppard, Judi Anne Caron. (1995). "The Black-White Environmental Concern Gap: An Examination of Environmental Paradigms." Journal of Environmental Education, 26(2), 24-35.

Stankovic, John. A., Lee, I. S., Mok, A., & Rajkumar, R. (2005). Opportunities IEEE Computer Society, 38(11), 23-31.

Strauss, A., & Corbin, J. (1998). Basics of qualitative research: technique and procedures for developing grounded theory. New York: SAGE Publications, Inc.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO] (1980). Strategies for Developing an Environmental Education

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Curriculum. A Discussion Guide for UNESCO Training Workshops on Environmental Education. Unesco-UNEP International Environmental Education Programme Division of Science, Technical and Vocational Education.

UNESCO (2004). United Nations Decade of Education for Sustainable Development 2005-2014, Draft International Implementation Scheme. Paris: UNESCO.

UNESCO (2014). Shaping the future we want: UN Decade of Education for Sustainable Development (2005-2014) Final report.

World Commission on Environment and Development(1987). 우리 공동의 미래, 조형준·홍성태 역. 새물결

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

부 록

부록 1. 환경책무성행동 검사지

부록 2. 교수학습과정안

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

부록 1. 환경책무성행동 검사지

	매우 그렇다	그렇다	보통이다	그렇지 않다	전혀 그렇지 않다
1. 환경문제에 대해 자신의 주장을 상대방에게 명백하고 간단하게 표현할 수 있다.					
2. 환경에 대한 나의 주장을 말, 글, 그림 등을 통해 다수에게 전달할 수 있다.					
3. 환경과 관련되어 조사된 자료를 수집, 분류, 분석할 수 있다.					
4. 환경과 관련된 자료에 대한 통계 결과를 해석할 수 있다.					
5. 환경과 관련된 여러 가지 현상들의 관계를 이해할 수 있다.					
6. 환경관련 학습과제를 조직하고 계획할 수 있다.					
7. 환경적으로 논쟁이 되고 있는 문제의 원인을 스스로 알아낼 수 있다.					
8. 환경문제에 관하여 원인과 결과를 추론할 수 있다.					
9. 환경문제 해결을 위하여 개인적으로 행동할 수 있다.					
10. 환경문제 해결을 위하여 다른 사람들과 협동할 수 있다.					
11. 지구는 유한하므로 인구 성장은 억제되어야 하고, 자원은 관리되어야 한다.					
12. 사회는 지속적으로 환경파괴에 대한 경각심을 일깨워야 한다.					
13. 경제성장이나 개발보다는 환경보호가 우선되어야 한다.					
14. 개인은 환경보호를 위해 자신의 욕구를 자제해야 한다.					
15. 자연은 그 자체의 목적을 위하여 보전되어야 한다.					
16. 환경보호를 위하여 시민들의 의사가 정부에 전달될 통로가 만들어져야 한다.					
17. 환경에 피해를 가져올 수 있는 결정은 보류되어야 한다.					
18. 과학기술은 환경문제에 대하여 이로움보다는 피해가 많다.					
19. 현 경제 · 사회체제로는 환경위기를 극복할 수 없다.					
20. 과학기술의 발달만으로는 환경문제를 해결할 수 없다.					
21. 인간이 자연질서를 파괴하는 것은 큰 재앙을 초래할 것이다.					
22. 자라는 세대에게 과학기술을 가르치는 만큼 자연에 대하여 가르쳐야 한다.					
23. 인류가 생존하기 위해서는 자연과 조화롭게 살아야만 한다.					
24. 급속한 경제성장은 이로움보다는 피해를 더 낳는다.					
25. 나는 환경문제와 이슈해결에 영향을 미칠 수 있다.					
26. 나는 영향력있는 사람들이 환경문제와 이슈해결에 영향을 미칠 수 있다고 생각					

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

한다.					
27. 나는 환경문제와 이슈가 우연히 해결될 수 없다고 생각한다.					
28. 나는 내가 개인적으로 환경문제 해결에 영향을 미칠 수 있다고 생각한다.					
29. 나는 내가 개인적으로 다른 사람들과 함께 환경문제 해결에 영향을 미칠 수 있다고 생각한다.					
30. 나는 나의 마을의 환경문제 해결에 영향을 미칠 수 있다.					
31. 나는 내가 살고 있는 군의 환경문제 해결에 영향을 미칠 수 있다.					
32. 나는 내가 살고 있는 도의 환경문제 해결에 영향을 미칠 수 있다.					
33. 나는 내가 살고 있는 국가의 환경문제 해결에 영향을 미칠 수 있다.					
34. 나는 남을 설득함으로써 내가 살고 있는 마을의 환경문제 해결에 영향을 미칠 수 있다.					
35. 나는 소비자행동을 통하여 내가 살고 있는 마을의 환경문제 해결에 영향을 미칠 수 있다.					
36. 나는 자연보호활동 등을 통하여 내가 살고 있는 마을의 환경문제 해결에 영향을 미칠 수 있다.					
37. 나는 정치적 행동을 통하여 내가 살고 있는 마을의 환경문제 해결에 영향을 미칠 수 있다.					
38. 나는 법적 행동을 통하여 내가 살고 있는 마을의 환경문제 해결에 영향을 미칠 수 있다.					

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

부록 2. 교수-학습 과정안 및 탐구활동지

<table>
<tr><td>주제</td><td colspan="2">미세먼지</td><td>차시</td><td>11차시</td><td>교수-학습 모형</td><td>STEAM</td></tr>
<tr><td rowspan="5">연계
영역</td><td>통합
과학</td><td>환경과 에너지
- 생태계와 환경</td><td rowspan="5">STEAM
요소</td><td colspan="2">과학(Science)</td><td>미세먼지 발생 원리</td></tr>
<tr><td rowspan="2">생명
과학</td><td rowspan="2">환경과 생태계
- 생태계의
상호작용</td><td colspan="2">기술(Technology)</td><td>미세먼지 측정기</td></tr>
<tr><td colspan="2">공학(Engineering)</td><td>미세먼지 측정기 제작</td></tr>
<tr><td colspan="2">예술(Arts)</td><td>친환경 지역사회 설계</td></tr>
<tr><td colspan="2">수학(Mathmatics)</td><td>미세먼지 표준 값, 측정 값</td></tr>
<tr><td>학습
목표</td><td colspan="6">• 미세먼지의 정의, 발생원인 및 과정을 이해하고 설명할 수 있다.
• 미세먼지 조별 프로젝트 활동을 진행하여 지역 사회의 창의적인 대처방안을 제안할 수 있다.
• 미세먼지 측정기 원리를 학습하여 아두이노 미세먼지 측정기 원리를 추론할 수 있다.
• 아두이노를 활용하여 미세먼지 측정기를 제작하여 선정한 환경의 미세먼지를 측정할 수 있다.</td></tr>
<tr><td>학습
단계</td><td colspan="6">ECO – STEAM 교수-학습 과정</td></tr>
<tr><td rowspan="3">상황
제시</td><td rowspan="3">문제
상황
인식
①
(1주
차)</td><td colspan="3">[전시학습확인]
▶ 전시 학습을 확인하고 앞으로 활동하게 될 ECO – STEAM의 정의를 설명한다.
• 전 차시에 학습했던 교수-학습 모형과 그 정의를 한 문장으로 정의해봅시다.
• 환경을 주제로 하는 STEAM 활동을 해보도록 합시다.</td><td colspan="2">▶ 전시 학습 상황을 상기시켜 질문에 답하고 ECO-STEAM 교육의 정의를 인식한다.</td></tr>
<tr><td colspan="3">▶ 환경적으로 쟁점이 되는 '미세먼지'를 인식할 수 있는 마인드맵 활동을 제시하여 동기를 유발한다.
(개별 활동)
• PPT에 기사 및 뉴스 제목 및 내용을 제공하여 주제어를 파악할 수 있는 활동을 제시한다.
• 마인드맵 활동을 통해 주제어에 대한 학생의 선 개념을 파악한다.</td><td colspan="2">▶ 주제어 '미세먼지'를 인식하고 주제어에 대한 자신의 선 개념을 마인드맵으로 정리해본다.</td></tr>
<tr><td colspan="3">[문제 상황의 수용]
▶ '미세먼지' 기사를 육하원칙으로 분석하는 활동을 제시한다.
(협동 활동)
• '미세먼지'에 대한 현황 및 심각성을 학생에게 제시한다.
- 조별로 '미세먼지'를 주제로 법학적, 생물학적, 사회적 및 환경적 내용의 기사 및 칼럼 자료를 4부씩 제공한다.
[자료1] KAERI (2018). 몸 속 미세먼지 한 톨까지 잡아내는 분자영상 기술. 한국원자력연구원 보도자료.
[자료2] 연합뉴스 김길원 (2020). "한국 내 '입자 큰 PM10 미세먼지' 19%는 중국발 영향".</td><td colspan="2">▶ 기사 자료의 전문을 읽고 기사의 제목 및 내용을 육하원칙으로 정리해본다.
- 흥미로운 제목의 기사를 1부씩 선정하여 자료를 분석한다.</td></tr>
</table>

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

		[자료3] 뉴시스 박주성 (2020). 15일 미세먼지 '기승;.. 수도권·충남·세종 '비상저감조치' 발령. [자료4] 연합뉴스 신선미 (2020) "기상관측부터 대기감시까지"..천리안 2A, 2B '쌍둥이' 활약 기대.	
		[문제 상황의 분석] ▶ '미세먼지'의 정의와 현황을 시각자료를 활용하여 설명한다. • 미세먼지의 정의 • 미세먼지 발생원인 • 미세먼지 생성과정	▶ '미세먼지'의 정의와 발생 원인 및 과정을 인식하며 활동지 • 미세먼지의 정의 • 미세먼지 발생원인 • 미세먼지 생성과정
창의적 설계	토의 및 토론 ① (2주차)	[문제 상황의 원인 발견] ▶ 지역 대기 환경 현황을 조사 및 분석하는 활동에 앞서 신뢰할 수 있는 대기 환경 정보를 제공하는 홈페이지를 소개한다. - 현재의 대기 환경 정보를 확인할 수 있는 에어코리아 사이트(http://www.airkorea.or.kr/)를 보여준다. ▶ 대기 환경 현황 조사 및 분석하는 활동을 제시한다. (협동 활동) • 조별로 지역 두 곳을 선정하여 그 도시의 대기 현황(미세먼지 수치)을 조사하는 활동을 제시한다. • 조사한 지역의 대기 현황(미세먼지 수치) 특징을 분석하는 활동을 제시한다.	▶ 대기 환경 정보(미세먼지 수치)를 조사 및 분석한다. • A1. 2월 25일 오후 7시 57분 광주광역시의 미세먼지 수치는 16㎍/㎥입니다. - 특정 지역을 선정하여 대기 환경 정보를 파악한다. • A2. 광주광역시의 미세먼지 수치의 원인은... - 미세먼지 수치에 차이점을 의견을 서술해보고 자신의 의견을 뒷받침할 자료를 들어 논리적으로 발표한다.
		[문제 상황의 대처 방안 탐색] ▶ 지역별로 시행 중인 미세먼지 대처 방안을 분석하고 창의적으로 최선의 해결 방안을 구성할 수 있는 활동을 제시한다. (협동 활동) • 최종 선정한 지역에서 시행 중인 '미세먼지'에 대처하는 방안을 조사한다. • 자료 검색을 통하여 조원들이 새로운 해결 방안을 구상할 수 있는 활동을 제시한다. - 조별로 노트북 한 대를 배분하여 조사가 원활하게 이루어질 수 있도록 한다. [자료1] 광주시 보건환경연구원장 서계원 (2019). 전남매일 기고문 '미세먼지를 줄이기 위한 노력'	▶ 지역별로 미세먼지를 대처하기 위한 방안을 조사하여 분석하는 협동적 활동을 제시한다. • 조원 의견을 정리하여 발표한다. - 선정 지역에서 기존에 시행되고 있는 대책을 조사하는 것과 더불어 다른 지역의 대책을 조사하여 최선의 대처방안을 제시한다.
	토의 및 토론 ② (3주차)	[최적의 해결 방안 탐색] ▶ 대한민국의 우수한 대처사례를 통해 미세먼지에 대한 최선의 해결책을 구상할 수 있는 활동을 제시한다. (협동 활동) • 최종 선정한 지역사회에서 현재 제시하는 미세먼지 대책을 조사 및 분석해봅시다. • 자신이 선정한 지역 사회의 대책을 창의적으로	▶ 조별로 미세먼지에 대한 기존의 해결책을 조사하여 새로운 대처 방안을 구상해본다. • A1. 광주광역시에서 시행하고 있는 미세먼지 대처 정책은... • A2. 대한민국에서 우수한 대처사례는...

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

		구성하여 제시해봅시다. • 대한민국에 속한 지역의 우수한 미세먼지 대처사례를 조사 및 분석하여 작성해봅시다. [자료1] 환경부, (2016) 미세먼지 도대체 뭘까	
	토의 및 토론 ③ (4주차)	[최적의 해결 방안 탐색] ▶ 국가적으로 우수한 대처사례를 통해 미세먼지에 대한 최선의 해결책을 구상할 수 있는 활동을 제시한다. (협동 활동) • 비판적으로 기사 읽기 활동을 통해 우수한 대처사례를 파악한다. • 세계 각국의 우수한 미세먼지 대처사례를 조사 및 분석한 후 한 곳을 선정하여 작성해봅시다. • 세계 각국의 우수한 대처사례를 살펴보고 지역사회의 창의적인 대처방안을 구상하여 제시해봅시다. • 생태도시의 특징과 사례를 분석하는 활동을 통해 친환경 지역사회 설계의 아이디어를 수집할 수 있다. [자료1] 환경부, (2016) 미세먼지 도대체 뭘까	▶ 조별로 미세먼지에 대한 기존의 해결책을 조사하여 새로운 대처 방안을 구상해본다. • A1. 일본, 영국에서 시행하고 있는 미세먼지 대처정책은... • A2. 국가적으로 우수한 대처사례는...
		[프로젝트 안내 및 과제 제시] ▶ 창의적인 '미세먼지' 대처방안을 구상하고 홍보자료를 제작하기 위한 프로젝트에 대해 설명한다. • 새로운 대처 방안을 홍보할 수 있는 홍보자료를 제작할 예정입니다. 홍보자료에서의 결과물은 아래와 같습니다. ① 창의적인 대처방안 및 정책 ② '친환경 지역사회' 설계 및 제작 ▶ 개별로 지역사회를 설계한 후 자신이 설계한 지역사회의 대처방안 및 정책을 SWOT 분석의 요소에 따라 분석한 후 보고서, 포스터 등 다양한 형태의 자료로 제작하여 제출해주시길 바랍니다.	▶ 토의 및 토론 활동을 바탕으로 창의적이고 효율적인 '미세먼지' 대처방안을 제시할 수 있는 프로젝트 활동 계획을 수립한다.
감성적 체험	문제 상황 제시 ① (5주차)	▶ SW교육의 정의와 SW교육을 통해 함양할 수 있는 핵심 역량인 컴퓨팅 사고력의 정의를 설명하며 성취기준을 제시한다. ▶ 아두이노를 활용한 프로젝트 활동에 앞서 프로그래밍의 정의와 언어에 대한 영상자료를 통해 동기를 유발한다. [영상자료1] 한국교육학술정보원 에듀넷 티-클리어, (주소 : https://edunet.net/nedu/main/mainForm.do)	▶ 프로그래밍 의미를 이해하고 프로그래밍 언어의 종류의 다양성을 인식한다. ▶ 디지털과 아날로그의 차이점을 인식한다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

		 ▶ 디지털과 아날로그의 차이점을 설명한다.	
		▶ 아두이노 '미세먼지 측정기' 제작을 위한 아두이노의 개념과 구조 및 기능을 설명한다. • 아두이노 보드의 구조와 특징을 도식화 해봅시다. ▶ '미세먼지 측정기'에서 필요한 센서를 연결할 수 있는 브레드보드의 구조와 기능을 설명한다. • 브레드보드의 구조와 특징을 도식화 해봅시다. ▶ 아두이노와 소통하기 위한 통합개발환경의 구성과 각 부분의 기능을 설명한다. • 통합개발환경(IDE)의 구조와 특징을 [활동지5-2]에 도식화 해봅시다. ▶ 아두이노 보드를 활용한 예제 활동을 제시한다. • 아두이노를 동작하기 위한 과정을 시각자료로 제시한다. • 아두이노 보드를 활용한 LED 깜박이기 활동을 제시한다.	▶ 아두이노 보드와 브레드보드의 구조를 파악하고 기능 및 특징을 도식화하며 이해한다. ▶ 통합개발환경의 구조와 특징을 이해하고 아두이노와 소통하기 위한 과정을 구조화한다. ▶ 아두이노를 동작하기 위한 과정을 구조화한다. ▶ LED깜박이기 활동을 진행한다. • 통합개발환경 실행 • 아두이노 보드 연결 • LED 깜박이기 위한 명령어 코딩 • LED 동작 확인
	작품 설계 (6주차)	▶ 프로그래밍 언어의 이론 설명을 통해 아두이노 작품을 동작하기 위한 코드의 의미 파악의 이해를 돕는다. • 아두이노를 다루기 위한 최소한의 프로그래밍 문법을 설명한다. • 프로그래밍 주요 구성 형태 • 함수 • 변수 • 기호상수 • 문자열	▶ 아두이노 프로그래밍 언어를 이해한다.
		▶ 아두이노 '미세먼지 측정기' 구성에서 정보를 시각적으로 확인할 수 있는 출력 장치를 동작시키는 예제활동을 진행한다. • LCD(12C) 제어 디스플레이 모듈 활동을 제시한다.	▶ 작품에 반영되는 효과에 대한 회로를 구성하고 회로를 구현하기 위한 명령어를 입력한다. 그리고 각각의 센서 및 모듈을 연결할 때 활동지에 제시되어있는 활동을 진행한다. • 결선표와 회로도를 참고하여 아두이노 보드에 연결한다. • 통합개발환경에 명령어(코드)를 작성하여 컴파일한 후 업로드한다. • 모듈의 동작을 확인한다. • 조별만의 문자를 구상하여 출력한다.
	작품	▶ 아두이노 '미세먼지 측정기' 구성에서 미세먼지의 농도에	▶ 작품에 반영되는 효과에 대한 회로를 구성하고 회로를

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

	설계 (7주차)	따라 색의 변화를 확인할 수 있는 출력 장치를 동작시키는 예제활동을 진행한다. • LCD(12C) 제어 디스플레이 모듈 활동을 제시한다.	구현하기 위한 명령어를 입력한다. 그리고 각각의 센서 및 모듈을 연결할 때 활동지에 제시되어있는 활동을 진행한다. • 결선표와 회로도를 참고하여 아두이노 보드에 연결한다. • 통합개발환경에 명령어(코드)를 작성하여 컴파일한 후 업로드한다. • 모듈의 동작을 확인한다. • RGB LED 모듈의 동작을 변화시키기 위한 조별만의 코드를 구성하여 출력한다.
	작품 설계 (8주차)	▶ 대기 환경 정보 알림 예시를 사진으로 보여준다. 	▶ 실생활에서 미세먼지 수치를 확인할 수 있었던 경험을 회상하며 미세먼지 측정의 필요성을 인식한다.
		▶ 아두이노 '미세먼지 측정기' 제작에 앞서 미세먼지 측정 원리를 이해할 수 있는 활동을 제시한다. • 아두이노 미세먼지 센서의 구조를 관찰하여 원리를 예측할 수 있는 활동을 제시한다. ▶ 미세먼지 측정 원리를 시각자료를 활용하여 설명한다.	▶ 실생활에서 사용되어지는 미세먼지 측정 원리와 아두이노 미세먼지 측정 원리를 이해한다.
		▶ 대기 중의 미세먼지 농도를 측정할 수 있는 센서를 동작시키는 예제활동을 진행한다. • 미세먼지 측정 센서 활동을 제시한다.	▶ 작품에 반영되는 효과에 대한 회로를 구성하고 회로를 구현하기 위한 명령어를 입력한다. 그리고 각각의 센서 및 모듈을 연결할 때 활동지에 제시되어있는 활동을 진행한다. • 결선표와 회로도를 참고하여 아두이노 보드에 연결한다. • 통합개발환경에 명령어(코드)를 작성하여 컴파일한 후 업로드한다. • 미세먼지 측정 농도에 따라 시리얼 모니터에 표시되는 값의 특징을 표나 그래프로 정리한다.
		▶ 대기의 온도와 습도를 측정하는 센서 예제활동을 진행한다. • 온·습도(DHT) 센서 활동을 제시한다.	▶ 작품에 반영되는 효과에 대한 회로를 구성하고 회로를 구현하기 위한 명령어를 입력한다. 그리고 각각의 센서 및 모듈을 연결할 때 활동지에 제시되어있는 활동을 진행한다. • 결선표와 회로도를 참고하여 아두이노 보드에 연결한다. • 통합개발환경에 명령어(코드)를 작성하여 컴파일한 후 업로드한다. • 시리얼 모니터와 시리얼 플로터를 이용하여 교실 내부의 온도와 습도 변화를 관찰한다.
	회로 구성 및코	▶ 아두이노 미세먼지 측정기를 완성하기 위한 시각자료를 제시하며 주의 사항을 제시한다. • 아두이노 우노 보드에 연결하는 배터리 핀을 결선	▶ 작품에 반영되는 효과에 대한 회로를 구성하고 회로를 구현하기 위한 명령어를 입력한다. 그리고 완성된 아두이노 미세먼지 센서의 동작을 확인한다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

	딩 (9 주 차)	표를 참고하여 (+),(-) 극을 확인시켜준다. • 아두이노 코드를 업로드하기 위한 과정을 통합개발 환경에서 직접 보여준다. • 아두이노 센서 예습 활동을 도식화하여 나타낸다.	• LCD(12C) 제어 디스플레이 모듈 • RGB LED 모듈 • 온·습도(DHT) 센서 • 미세먼지 측정 센서 • 미세먼지 측정기 센서의 값이 LCD1602(12C)와 RGB LED 모듈에 출력되는지 확인한다.
		▶ 제작한 아두이노 '미세먼지 측정기'를 사용하여 선정한 장소를 측정할 수 있는 활동을 제시한다. • 장소를 선정하여 아두이노 '미세먼지 측정기로 측정하는 활동을 제시한다. • 아두이노를 활용한 1.2차 측정 결과와 광주광역시 동구의 대기 환경정보를 비교 및 분석해보고 결론을 도출해봅시다. - 에어코리아 사이트(http://www.airkorea.or.kr/) 홈페이지 정보를 제공한다.	▶ 제작한 아두이노 '미세먼지 측정기'로 미세먼지를 측정하고 싶은 장소를 선정하여 측정한다. • 장소에 따른 미세먼지 측정값, 미세먼지 측정값에 따른 LED 센서의 색 변화를 관찰하여 작성한다. • 광주광역시 동구, 이외의 지역 한 곳을 선정하여 대기 환경 정보를 조사한다.
	친환경 지역사회 설계 활동 (10주차)	▶ 개별적으로 수립해온 프로젝트 활동 계획을 조원들과 논의하여 최선의 프로젝트 활동 계획을 재정비한다. • 조원 의견을 조합하여 최선의 프로젝트 계획을 수립한 후 4절지에 작성 후 발표해봅시다. ① 지역사회에서 제시할 수 있는 창의적인 대처 방안 ② 지역사회의 '친환경 지역사회' 조성 후 설계 및 제작 - 프로젝트 활동에 대한 구체적인 계획을 수립할 수 있도록 지도한다. ▶ 지역사회의 창의적인 '미세먼지' 대처 방안을 제시할 수 있는 홍보자료를 제작하는 프로젝트 활동을 진행한다.	▶ '미세먼지'를 대처하는 새로운 방안을 제안하기 위한 홍보자료 제작 프로젝트 계획을 작성한다. • A1. 프로젝트 목표는... - 4인 1조로 구성하여 프로젝트 활동 계획을 수립하고 4절지에 작성하여 발표한다. ▶ 지역사회에서의 창의적이고 효율적인 '미세먼지' 대처 방안을 제시할 수 있는 홍보자료를 제작한다.
평가 및 새로운 문제 도전	ECO-STEAM 활동 평가 (11주차)	▶ 아이디어 발표회를 통해 프로젝트 결과물을 설명하고 평가할 수 있도록 활동을 제시한다. • 창의적으로 설계한 친환경 지역사회 및 정책을 발표해봅시다.	▶ 조별로 제작한 결과물에 대해 질문하고 평가한다.
		▶ 기호를 이용한 순서도 표현을 위한 알고리즘 개념을 설명한다. • 알고리즘 • 알고리즘 기술 방법_기호 이용법	▶ 알고리즘 개념과 순서도 작성방법을 인지한다.
		▶ 창의적인 미세먼지 대처방안을 수립하는 과정을 순서도로 작성하는 활동을 진행한다. • 창의적인 미세먼지 대처방안을 구상하여 적용하는 과정을 순서도로 표현해보는 활동을 제시한다.	▶ 창의적인 미세먼지 대처방안을 수립하여 적용하는 과정을 순서도로 표현해본다. ▶ Arduino를 활용한 ECO-STEAM 수업의 흐름을 상기시키면서 고찰해본다.