

중국 초등학생의 공학 창의적 문제해결력 향상을 위한 미세먼지 STEAM 프로그램 개발 사례 연구

권해연*·변문경**,†

*성균관대학교 아동청소년학과 박사과정

**성균관대학교 인공지능융합학과 박사과정

A Case Study on Development of Fine Dust STEAM Program for Enhancing Engineering Creative Problem Solving Ability of Chinese Elementary School Students

Quan, Hai Yan*·Byun, Moon Kyoung**†

*Ph.D. Student, Department of Child Psychology & Education, Sungkyunkwan University

**Ph.D. Student, Department of Applied Artificial Intelligence, Sungkyunkwan University

ABSTRACT

Based on the constructivist learning environments model and the learner-centered psychological principles, STEAM education program with the theme of eliminating smog was developed. Through the program, senior elementary school students will learn and apply the convergence knowledge of science, technology, engineering, arts and mathematics such as the human body's respiratory system (S), immune system (S), big data (M, T), computer programming(M), and aduino sensor utilization (E) directly to solve the problem. After expert validity testing, we found that developed program meet the standards of STEAM education program development and can develop creative thinking skills to find and solve problems in students' daily lives. In addition, this study is meaningful in providing a reference example for the development of STEAM education programs that enhance convergence knowledge in the future.

Keywords: Engineering education program, Constructivist learning environments model, Learner-centered psychological principles, Creativity, Engineering creative problem solving

1. 서 론

4차 산업 혁명 시대에 국가의 경쟁력 강화의 핵심은 창의성과 문제해결 능력을 갖춘 융합성 인재의 양성에 있다(김승환, 2016). 현재 세계 각국은 자국의 교육을 혁신하고, 교육시스템을 정비하며 발전시킬 뿐 아니라, 이를 하나의 선진 문화 콘텐츠로 해외에 수출하고 있다(조은미, 2018). 자국민의 교육혁신 결과물이 곧 국가의 경쟁력이며, 부가가치 창출이 가능한 하나의 상품이 된 셈이다.

핀란드는 교육 혁신을 하나의 콘텐츠로 세계에 보급하고 있고, 영국은 영어교육 콘텐츠를 특화하여 브랜딩하고 세계에서 막대한 로열티를 받고 있으며, 중국은 민간 주도로 만든 K-12

인공지능 교과서를 세계에 수출하고 있다. 한국에서도 베트남, 대만 등지에 국내에서 개발한 융합 교육 콘텐츠를 수출하며, 지역 교육청과 자매결연을 맺고, 교사 교육 지원등을 추진중이다. 특히 유사 문화권의 교육콘텐츠는 수입한 직후 교육현장에 바로 적용할 수 있다는 장점 때문에 최근 들어 인접 국가간의 교육콘텐츠 교류가 점점 늘어나고 있다(김일광, 박명섭, 2015).

최근 한국에서는 학령인구 감소로 국내 교육 콘텐츠 소비 시장의 위축이 예상되면서, 내수용 교육 프로그램 개발에서도 글로벌 수출을 염두에 두는 사례가 늘고 있다(조은미, 2018). 14세 이하 인구의 비중이 높은 인도나 세계에서 가장 인구가 많은 중국 시장은 아시아 문화권 안에서 교육 기업들이 지속적으로 관망해야 할 중요한 시장이다(김일광, 박명섭, 2015). 현재는 정치적인 문제로 교육 콘텐츠의 교류가 활발히 이루어지고 있지 않지만, 세계에서 가장 큰 시장으로 불리는 중국을 겨냥한 교육콘텐츠 개발은 교육콘텐츠 사업 분야에서 가장 미래지

Received January 22, 2020; Revised February 15, 2020

Accepted March 4, 2020

† Corresponding Author: curimoonlight@gmail.com

©2020 Korean Society for Engineering Education. All rights reserved.

향적인 투자가 될 수 있을 것이다(강범, 맹해양, 배기형, 2018). 특히 중국에서 가장 수요가 많은 선진교육 콘텐츠는 단연 STEAM 교육이다(Zhang etc., 2018). 중국은 미국 STEM 교육을 가장 선진적인 교육으로 인식하고 있고, 실제 4차산업혁명 분야를 교육에 적용한 STEAM 교육 콘텐츠에 대한 수요가 폭발적으로 증가하고 있다(Jiang, Zhang & Kong, 2017).

미국에서 시작된 STEAM 교육은 과학(Science), 기술(Technology), 공학(Engineering), 수학(Math), 인문, 예술(Arts)의 맨 앞 이니셜을 딴 것으로 융합형 교육과 동의어이다(Capraro & Slough, 2013). STEAM 교육은 다양한 학과의 지식을 습득한다는 의미가 아니다. 실생활의 문제 상황을 설정하고, 그 해결 방안을 다학제간 융합에서 찾아가는 다학제간 융합 문제 해결 교육으로 정의된다(Qin & Fu, 2017; Sousa & Pilecki, 2018). STEAM 교육은 다학제간 융합을 통해 학생의 창의력과 문제해결 경험을 강화하여 창의적인 사고력을 갖추고, 지속적인 일상생활의 문제를 해결하여 미래설계능력을 습득할 수 있게 한다.(Akgun, 2013; Gang, 2017; Zhang etc., 2016).

STEAM 교육은 학생들이 자신의 일상에서 발견한 흥미로운 문제에 대하여 개인 혹은 팀이 함께 해결방법을 고민하고 검토하는 방식으로 학생들의 지식체계를 구축한다(Capraro & Slough, 2013). 수업 중, 학생들은 함께 문제해결방법을 찾는 과정에 대해 충분히 고민하면서 자신의 융합적인 지식의 깊이를 더해갈 수 있다. 이에 STEAM 프로그램을 개발하고 발전시켜 더 많은 학생과 선생님들이 경험할 수 있게 하는 것은 국가가 필요로 하는 새로운 세대에 부합되는 융합형 인재의 양성에 기여할 수 있다.

2016년 중국 정부는 “교육정보화 135계획”중에서 조건이 확보된 지역은 정보기술력의 대중혁신공간, 융합성 교육(STEAM 교육) 및 메이커 교육에서의 응용을 적극 추진하라고 명시하였다(Ministry of Education of the People’s Republic of China, 2016). 이어서 2017년에 “의무교육 초등학교 과학과정 기준”에서 학교는 교육과정에서 융합적 교육방식을 추진해야 하고 교사들은 STEM 교육을 시도해야 한다고 공문을 발표하였다(Ministry of Education of the People’s Republic of China, 2017). 이는 모두 창의적 문제해결력을 지닌 인재양성에 대한 중국의 국가적 차원의 의지를 표명한 셈이다.

하지만 중국에 현존하는 STEAM 교육 프로그램의 일부는 단순히 외국 것을 번역하거나 일부를 수정하여 사용하고 있다. 이러한 프로그램은 중국 문화와 교육적 방침과 상이한 부분이 많아 원 프로그램의 가치를 발휘하기 어렵다(Dong, 2016). 그리고 일부는 국내교육기구에서 교사가 자신의 경험과 이해를 바탕으로 직관적으로 개발한 것에 불과하여, 체계적이지 못하

고 과학적이지 못하다는 평가를 받고 있다(Zhao, 2015). 2017년 Zheng Wei는 “중국 STEAM 교육발전보고”에서도 현재 중국학교의 STEAM 교육은 시작 단계에 불과하다고 진단하였다. 연구 인터뷰에 참가한 학교들 중 많은 학교가 STEAM 교육에 대해 들어본 적이 없다고 답하였다.

부분적으로 STEAM 교육을 진행하고 있는 학교에서조차, STEAM 교육을 단순한 정보기술과 통용기술에 대한 탐색이라 이해하고 적용하고 있는 실정이다(Zheng, 2019). 중국 교육환경에 적용할 수 있는 프로그램을 개발하기 위해 중국 STEAM 교육 관련 선행 연구를 분석한 결과, 중국 내 STEAM 교육의 도입과, 국민 정서에 적합한 프로그램의 개발에 대한 필요성은 강조되고 있지만(Fu & Liu, 2016; Jiang etc., 2017; Yang & Ren, 2015; Zhao & Lu, 2016), 체계적으로 설계된 STEAM 프로그램 개발 프로세스는 여전히 부재한 실정이다(LI & Huang, 2018; Zeng, Zhang & Wang, 2018; Zhong & Zhang, 2014).

반면 한국의 STEAM 교육 과정 운영 및 프로그램 개발은 10년간의 노하우와 경쟁력을 확보하고 있다(김기용, 이상원, 2019; 이진숙, 김은주, 2019). 2010년 한국과학기술정보통신부와 교육부의 지원으로 미국의 STEM 교육에 A(art)를 추가한 STEAM 교육과정을 정규교육에 포함하려는 연구를 시작하였다. 2012년 빠르게 정규교육과정에 포함된 STEAM 융합인재교육은 사회적 변화와 더불어 21세기에 필요한 인재를 양성할 수 있는 교육으로의 혁신을 가속화 하였다. 결과적으로 2010년부터 본격적인 STEAM이 도입된 이래 2012년 STEAM 교육 준거 틀이 빠르게 개발되었다(강지연, 2016; 신문승, 2018). 이후 이를 근거로 정규 교육과정에 STEAM 융합교육이 통합되었고, 별도로 개발된 융합인재교육 프로그램은 지속적으로 현실의 문제를 반영하여 교육 현장에 적용되고 있다(백윤수 외, 2012).

현재 한국처럼 다학제가 융합된 STEAM 프로그램의 개발 및 현장적용 프로세스를 정립한 나라는 미국이 유일하며, 미국은 A(art)의 통합을 배제한 STEM으로 방향을 잡고 교육시스템을 정립하였다. 결국 중국 교육부에서 지향하는 STEAM 교육의 체계를 보유한 나라는 한국이 유일하다. 이렇게 교육의 한 시스템을 정립하는 일은 교육연구자, 교사 등의 힘을 모아도 10년 가량의 시간을 필요로 한다(김대현, 2017; 손미현, 정대홍, 2019; 김은주 이진숙, 2018). 따라서 현재까지 중국의 STEAM 교육이 국가가 요구하는 미래 인재 육성 수준의 요구에 미치지 못하고 있는 것은 연구자들의 노력 부족이 아닌, 교사와 연구자들에게 익숙해지고 노하우를 습득할 시간이 필요하기 때문이다. 다시 말해, 중국이 STEAM 교육의 체계를

잡기 전까지는 한국의 발전된 STEAM 교육 콘텐츠와 시스템이 중국 및 중화권에 수출이 가능한 우수 콘텐츠라고 할 수 있다.

이에 본 연구의 목적은 중국 초등학생의 공학 창의적 문제해결력 향상을 위한 미세먼지 STEAM 프로그램 개발의 전 과정을 살펴보고, 중국 실정에 맞는 STEAM 프로그램의 지속적인 연구 개발 방안에 대한 시사점을 제공하는 것이다.

II. 이론적 배경

1. 구성주의 학습환경의 설계

학생의 능동적인 학습은 구성주의 학습환경을 요구한다. Jonassen(1999)은 구성주의 학습환경은 일상에 존재하는 비구조 문제를 학습자가 주도적으로 해결하는 과정을 통하여 학습자 스스로 의미 있는 지식을 만들 수 있도록 지원하는 학습환경이라고 하였다. 그는 자신의 구성주의 학습환경 설계 모델에서 실제적인 문제해결을 통해 의미 있는 학습의 진행을 강조하였다. 이 모형에는 문제, 관련 사례, 정보 지원, 인지 도구, 대화 및 협력 도구, 사회맥락적 지원 등 6가지 요소가 포함되어 있다. 우선, 문제는 학습환경 중에 제일 핵심적이고 중요한 것으로 실제적이고 현실적이어야 하고 관련 사례는 문제 이해를 지원하여야 한다. 본 프로그램은 미세먼지 제거라는 문제를 바탕으로 전개되며 이는 학습자들의 일상생활과 밀접히 관련된 문제인 동시에 사회적 빅이슈로서 실제적이고 현실적이다.

다음, 정보 자원은 학생의 문제 탐구를 지원하여야 하고 인지 도구는 학생의 문제 해석과 수행을 지원하여야 한다. 본 프로그램의 개발은 인터넷, 동영상, 교수자가 준비한 수업 자료 등을 통해 학습자에게 충분한 정보자원을 지원하고 있다. 마지막으로 대화 및 협력 도구는 학생들의 팀 활동 및 팀 학습을 지원하여야 하고 사회맥락적 지원은 학습분위기를 조성하여야 한다. 본 프로그램은 5명으로 이루어진 팀을 기반으로 수업을 진행함으로써 학생들에게 충분한 대화를 나눌 수 있는 장과 아두이노 센서제작, 실험, 발표 등 과정을 마련하여 학습자들의 충분한 협업 공간을 마련하였다. 프로그램의 모든 요소는 주요 문제를 중심으로 전개되어야 하므로 본 프로그램은 미세먼지 제거라는 주제를 바탕으로 모든 수업 차시를 설계하기로 한다.

2. 학습자 중심 이론

미국 APA는 1997년 'LEARNER-CENTERED PSYCHOLOGICAL

PRINCIPLES: A Framework for School Reform & Redesign'를 출판하여 이를 근간으로 STEM 교육을 개발, 교육과정에 적용하고 있다. 특히 STEM교육은 학습자 중심 교육을 지향하며 스스로 문제를 발견하고 해결하는 프로젝트 기반 학습으로 운영되고 있다(Krajcik & Mun, 2014). 미래의 사회는 학생이 스스로 지식을 구축하고 전문성을 발전하는 시대이고 또한 학생이 스스로 문제를 찾아내고 그에 대한 해결책을 만들어가야 하는 시대이기 때문이다. 전통적인 교육은 교사가 주도하고 교재가 중심이며 지식의 전수가 목표였다(Qin & Fu, 2017). 이러한 환경에서 학생은 자신의 능동성과 창의성으로 문제를 탐색하고 해결방법을 찾아가기 어렵다. 결국 선진 교육 방식은 학생이 능동적으로 자신의 지식체계를 구축할 수 있는 학습자 중심 교육방식을 선택하고 있다. 따라서, 본 프로그램도 학습자 중심 이론을 기반으로 설계되었다. 구체적인 설계원칙은 아래와 같다(Krajcik & Mun, 2014).

- 1) 학습자가 흥미를 느낄 수 있는 상황에서 충분한 정보를 얻을 수 있는 환경을 마련하여야 한다. 복잡한 과제의 학습은 정보와 경험에서 의미를 구축하는 의도된 과정일 때 가장 효과적이다.
- 2) 학생이 학습목표를 설정할 수 있게 인도하여야 한다. 성공적인 학습자는 지원과 지침을 통해 점점 의미 있고, 일관된 지식의 표상을 만들어낼 수 있게 된다.
- 3) 학생의 지식의 구성을 도와야 한다. 성공적인 학습자는 의미 있는 방법으로 현존하는 지식을 새로운 지식과 연결할 수 있다.
- 4) 학생의 전략적 사고를 배양하여야 한다. 성공적인 학습자는 복잡한 학습목표를 성취하기 위해 사고와 추론전략의 레파토리를 사용할 수 있다.
- 5) 학생들의 사고에 대한 사고를 촉진하여야 한다. 정신적 조작을 선택하고 모니터링하기 위한 고차원 전략은 창의적이고 비판적 사고를 촉진한다.
- 6) 학습맥락을 제공하여야 한다. 학습은 문화, 기술, 교육적 관행을 포함한 환경요인에 영향을 받는다.
- 7) 학생의 정서를 조절하고 동기를 자극하여야 한다. 무엇을 얼마나 배우는지는 동기에 영향을 받으며 학습동기는 개인의 정서적 상태, 믿음, 흥미, 목표와 사고의 습관에 영향을 받는다. 동기는 학생이 노력하여 복잡한 문제를 해결하는 중요한 요소이다.
- 8) 학생의 내적동기를 자극하여야 한다. 학습자의 창의성, 고차원적 사고, 자연스러운 호기심은 모두 학습동기에 기여하고 적절한 새로움과 난이도 등은 내적 동기에 영향을 미친다.

III. 연구 방법

1. 연구의 맥락

본 연구자는 중국 문화에 맞는 STEAM 교육 프로그램을 개발하기 위해서 먼저 중국 국내외적인 선행연구와 정책을 바탕으로 하였다. '2017년 중국 초등학교 의무교육 과학 커리큘럼 기준'을 바탕으로 새로 추가된 기술과 공학 교육을 강화하고 사회와 환경에 대한 책임 의식을 교육하여야 한다는 요구사항과 학습자 평가 방식의 다양성에 대한 요구사항을 정리하였다. 이후 한국과학창의재단의 STEAM 교육 준거 틀(박현주 외, 2012)에 맞춰 융합교육 프로그램을 개발하고, 미국 차세대 과학교육 표준 (NGSS)에서 제안한 루브릭을 적용하여 개발한 프로그램의 적합성을 분석해 보고자 하였다. 특히 본 프로그램은 중국 학생들이 가장 큰 환경문제로 여기는 미세먼지를 주제로 하였다. 프로그램의 적용 대상은 중국 초등학교 6학년 학생이며, 이들의 창의력과 문제해결 능력 개발이 본 프로그램의 목적일 것이다. 본 연구를 통해 개발된 프로그램은 과학, 공학적 지식 개발 이외에도 학습자들의 인접 국가에 대한 사회적인 책임과 세계 시민의식 함양도 함께 배양할 수 있을 것이다. 본 연구결과로 개발된 STEAM 프로그램은 학생들의 융합적 최적 경험을 강화하여 4차 산업 혁명 시대에 필요한 창의적인 문제해결능력을 강화하는 교육 혁신의 한 방법을 제시할 수 있을 것이다.

중국의 '초등학교 의무교육 과학커리큘럼 기준'에서는 수업 목표를 학생들이 창의적으로 일상생활에서의 문제를 해결할 수 있는 능력을 양성하는 것이라고 명시하고 있다. 동시에 학생들에게 실제적인 상황에서 학생 자신의 경험과 연결하여 문제를 해결할 수 있도록 수업을 구성하고, 감성적 체험의 기회를 높이는 것이 중요하다고 강조하고 있다. 또한 '기준'에서 교사는 학생들이 주도적으로 학습할 수 있는 환경을 구성하도록 하며, 교사가 아닌 학생들의 수업에서의 주체적인 지위를 확보할 것을 강조하였다. 이는 한국 과학창의재단에서 제시한 'STEAM 교수학습 준거'의 목표와 구성, 그리고 기준과 일맥상 통하는 내용이다. 결과적으로 한국의 'STEAM 교수학습 준거'는 이미 한국 교육현장에서 많이 사용되고 검증된 것인 동시에 중국 STEAM 교육 요구에도 부합된다. 따라서 본 프로그램 개발 준거로 'STEAM 교육 준거 틀'을 사용하여, 구성주의 학습 환경과 학습자중심이론을 바탕으로 프로그램을 개발하였다.

2. STEAM 프로그램 설계

본 프로그램은 초등학교 6학년 학생을 대상으로 5명을 한 팀으로 팀 프로젝트를 수행하는 방식에 맞게 완성되었다. 개발된

프로그램은 총 4차시이며, 1차시 당 2타임이 연결되는 블록제로 운영되는 것을 원칙으로 한다. 구체적인 내용은 다음과 같다(Table 1).

1차시 '콜록콜록 미세먼지, 도대체 무엇?'에서는 머리카락과 비교하여 마이크로 개념과, 배수의 개념을 도입하여 미세먼지의 크기를 학습한다. 미세먼지가 기침을 일으키는 과정을 통해 자연스럽게 인체의 비강, 기관지, 폐 및 혈관을 소개하며 학생들이 인체의 호흡기계통을 공부하도록 돕는다. 이 과정에서 콧물, 기침, 면역 세포 등이 작용하는 방식을 소개한다. 학생들은

Table 1 STEAM program

준거	주제	학습목표	내용
상황 제시 (1차시)	콜록콜록 미세먼지, 도대체 무엇?	미세먼지와 위험성에 대해 공부	M) 마이크로 개념, 배수의 개념을 도입 - 머리카락 굵기와 비교하여 미세먼지의 크기 이해 S) 동영상- 미세먼지가 인체의 호흡계통에 들어가면 면역계통을 공격하는 과정 S) 미세먼지가 호흡기계통에 들어가는 과정 모의실험 • 1m투명호스, 밀가루 • 밀가루를 호스의 가운데 위치시킨 뒤 각 팀의 대표가 호스 양쪽에서 입김으로 밀가루를 상대방 얼굴에 불면 승리 (기침의 작용 모의)
창의적 설계 (2차시)	미세먼지로 부터 나와 가족 지키기	• 아두이노 센서 제작 • 미세먼지 제거방법 습득 • 발표	A) 가정과 사회에 대한 책임감 배양 T/E/M) 아두이노 미세먼지 측정기 만들기 • 교사가 코드 제공 • 매 팀마다 측정기 한개 제작 A/T) 인터넷을 통해 미세먼지 제거법 찾아 PPT로 조별발표 T/M) 교실, 집 그리고 운동장의 미세먼지 농도를 측정하고 기록하여 발표 준비
창의적 설계 (3차시)	미세먼지의 천적 습기	• 일상생활에서의 빅데이터 이용 • 습도와 미세먼지의 관계 • 아두이노 습도센서 만들기(복습)	T/M) 빅데이터를 통해 알아본 습기의 위험 S/M) 파우더분말로 가득 찬 밀폐된 용기를 제공하고 물을 머금은 스펀지, 분무기, 식물, 등을 제공하고 어떤 것이 제일 효과적인지 실험 T/E/M) 아두이노 습도센서를 만들어 습도 체크
감성적 체험 (4차시)	결과발표회	학습한 지식에 대한 회고	S/M/A) 이하 주제를 바탕으로 PPT를 제작하고 발표를 진행 • 미세먼지에 대한 이해(미세먼지 크기, 호흡기계통, 면역계통) • 습도가 미세먼지에 대한 영향 • 컴퓨터 사용방법 • 습도 외에 미세먼지 농도를 낮춰 건강을 도울 수 있는 방법 • 환경보호에 대한 자신의 생각

* S: Science / T: Technology / M: Mathematics / E: Engineering / A: Arts의 약어임

교수자가 준비한 동영상과 인체호흡기계통의 교구 등의 인지 도구를 통해 위의 지식을 구조화한다. 그리고 1m의 호스와 밀가루로 ‘미세먼지가 호흡기에 들어가는 모의실험’을 진행하여 오감을 통해 추상적인 이미지를 실제적으로 구체화 시킨다. 이는 학생들의 이해를 돕는 동시에 지식의 구조화를 도우며 또한 학습 동기를 자극시킬 수 있도록 개발되었다.

2차시 ‘미세먼지로부터 나와 가족을 지키기’에서는 미세먼지와 나의 가족을 연결시킴으로서 미세먼지 제거의 동기를 한번 더 자극함과 동시에 학습자도 가족을 지키는 의무와 힘이 있음을 인지시켜준다. 미세먼지 농도 측정과정에서는 아두이노 미세먼지 센서를 이용해 학습자가 직접 미세먼지 측정기를 만들고 주위의 미세먼지 농도를 측정하는 과정을 통해 코딩기술, 공학과 같은 과학이 어렵고 신비하기만 한 것이 아니라 쉽고 우리 주위에 유용하게 쓰여지고 있음을 인지시킨다. 또한 학생들은 만든 측정기로 교실, 집 운동장 등 자신이 사용하는 공간에 대해 미세먼지를 측정하고 그 농도에 대해 비교를 진행한다.

이 과정은 학생들에게 미세먼지가 곳곳에 존재함을 일깨워줌으로서 학생들이 미세먼지 제거에 대한 경각성을 높여주어 다시 한번 미세먼지 제거 동기를 자극할 수 있다. 또한 수치를 비교하는 과정은 학생들의 수에 대한 민감성을 자극할 수도 있다. 미세먼지를 제거하는 방법 찾기 과정에서는 학생들이 스스로 인터넷 검색을 통해 찾아보도록 한다. 그리고 그 결과를 팀별로 PPT로 제작하여 간단하게 조별발표를 진행한다. 인터넷 시대에 필수인 온라인 서칭과 오피스 소프트웨어의 사용을 통해 학생들은 이 시대에 꼭 필요한 컴퓨터 사용법을 익힐 수 있다.

3차시 ‘미세먼지의 천적 습기’에서는 교수자가 이미 확정된 인터넷 사이트(<https://www.aqistudy.cn/>)를 통해 5월의 중국 광주시 빅데이터로 습기의 위력을 검증한다. 학습자는 광주시 습도와 PM 2.5의 관련성 도표를 통해 습도와 미세먼지 농도의 관련성을 살펴봄으로서 미세먼지 제거 방법을 공부하는 동시에 온라인 데이터의 다양한 용도를 파악할 수 있다. 또한 그래프에 대한 통찰은 학습자의 수의 개념의 발달에 도움이 될 것이다.

습도제조 과정에서 학습자들은 인체의 콧물을 모방한 물풀, 빗물을 모방한 분무기 그리고 식물을 습도 제공원으로 사용한다. 그리고 밀폐된 용기에 파우더를 채움으로 미세먼지를 모방하여 실험을 진행하여 습도가 미세먼지 제거에 효과적인지를 검증하고 또한 어떤 방법이 제일 효과적인지를 탐색한다. 이 과정에서는 습도 측정이 필요한데 이에 필요한 습도측정도구를 아두이노를 사용하여 학습자들이 직접 만들어 본다. 아두이노를 사용하여 습도센서를 만드는 과정은 앞에서 배웠던 코딩과 공학적 조립 방법을 복습할 수 있고 또한 수치화하여 습도와 미세

먼지 농도의 관계를 밝히는 과정은 빅데이터 제작의 과정을 모의하는 과정이기도 하다. 수치정리 과정은 초시계를 사용한다.

4차시 학생들은 ‘결과발표회’에 참여하게 된다. 최종발표회를 준비하면서 학생들은 미세먼지에 대한 이해, 미세먼지가 호흡기와 혈액에 들어가는 과정, 습도가 미세먼지 농도에 주는 영향, 습도 외의 미세먼지 제거법, 컴퓨터 사용법, 환경보호에 대한 생각 등을 포함한 최종보고서를 작성한다. 최종보고서를 토대로 파워포인트를 제작하여 조별 발표를 진행하고 서로 평가하는 동료평가 방식으로 상대팀과 자신의 장단점을 비교하면서 창의력과 사고력은 진일보 성장한다. 평가 기준은 Table 2와 같다.

최종보고서 제작과 발표 방식은 자유롭게 진행함으로써 학습자들이 충분히 예술적인 역량, 수적인 역량 등을 발휘할 수 있을 것이다. 지식을 정교화 시키고, 비판적 사고를 수행하여 오개념을 최소화 함과 동시에, 이후 후속 연구에 대한 아이디어를 얻는 시간도 될 것이다. 따라서 최종 발표회라는 장치는 다분히 교육적인 목적을 완성하는 프로그램에서 중요한 부분으로 작용한다.

Table 2 Evaluation Standard

점수	평가 상세				
5	최종보고서에 미세먼지 유관 내용 5개 반영	최종보고서에 아두이노센서 관련하여 5개 반영	최종보고서에 컴퓨터 사용방법에 대해 5개 반영	최종보고서에 습도 외 미세먼지 제거방법 5가지 반영	환경보호 방법에 대한 주관적 평가(아주 동의함)
4	최종보고서에 미세먼지 유관 내용 4개 반영	최종보고서에 아두이노센서 관련하여 4개 반영	최종보고서에 컴퓨터 사용방법에 대해 4개 반영	최종보고서에 습도 외 미세먼지 제거방법 4가지 반영	비교적 동의함
3	최종보고서에 미세먼지 유관 내용 3개 반영	최종보고서에 아두이노센서 관련하여 3개 반영	최종보고서에 컴퓨터 사용방법에 대해 3개 반영	최종보고서에 습도 외 미세먼지 제거방법 3가지 반영	일반적임
2	최종보고서에 미세먼지 유관 내용 2개 반영	최종보고서에 아두이노센서 관련하여 2개 반영	최종보고서에 컴퓨터 사용방법에 대해 2개 반영	최종보고서에 습도 외 미세먼지 제거방법 2가지 반영	비교적 동의하지 않음
1	최종보고서에 미세먼지 유관 내용 1개 반영	최종보고서에 아두이노센서 관련하여 1개 반영	최종보고서에 컴퓨터 사용방법에 대해 1개 반영	최종보고서에 습도 외 미세먼지 제거방법 1가지 반영	아주 동의하지 않음

IV. 프로그램 타당화 검증

개발된 본 프로그램이 STEAM 프로그램으로써 적합하게 개발 되었는가, 개발 목적에 부합하고 있는가를 확인하기 위해 전문가 타당화 검증을 시행하였다. 전문가 타당화 검증은 한 분야에 대해 교육 혹은 연구 경험이 풍부한 전문가 집단이 자신의 경험을 바탕으로 평가물에 대해 분석하고 의견을 제시하는 방식으로서 융합 교육의 교수내용 선정, 조직 및 평가에 사용될 수 있다(방답이, 윤희정, 2018).

본 프로그램에 대해 전문가 검정을 수행한 집단은 교육학 및 아동청소년학 박사과정생 6인, 그리고 석사과정생 7인을 대상으로 STEAM 프로그램 개발 과정을 수료한 공통점이 있으며, 박사과정생 중 2인은 프로그램 개발 경력이 10년 이상 된 전문가들이다. 프로그램의 타당화 검증을 위한 설문지는 총 22문항으로 STEAM 준거 틀 (한국과학창의재단, 2015)을 토대로 개발하였으며, 각 영역별 7점 리커트 척도로 구성하였다. 설문지는 프로그램에 대한 의견 (보완, 추가, 수정)을 제공할 수 있도록 개방형 질문을 추가하였고, Google 설문지 틀을 활용하여 온라인으로 제공하였다. 전문가들은 연구자가 전체적인 프로그램의 개발 목적, 근거, 내용, 기대효과 및 일부 차시에 대한 시연을 바탕으로 평가를 진행하였다. 타당화 검증을 위해서 참여한 전문가들의 기본 정보는 다음 Table 3과 같다.

Table 3 Expert Information

구분	전공	과정	관련 분야 경력
1	아동·청소년학과	박사과정	12
2	아동·청소년학과	박사과정	7
3	아동·청소년학과	박사과정	16
4	교육학과	박사과정	6
5	아동·청소년학과	석사과정	7
6	아동·청소년학과	석사과정	7
7	아동·청소년학과	석사과정	1
8	아동·청소년학과	석사과정	1
9	아동·청소년학과	석사과정	1
10	아동·청소년학과	석사과정	2
11	교육학과	석사과정	3
12	아동·청소년학과	석사과정	1.5
13	아동·청소년학과	석사과정	2

전문가 타당도 검사에서 도출된 데이터는 기술통계를 실시하여 각 설문 문항에 대한 응답치에 대한 평균값과 표준편차를 구하여 각 문항에 대한 전문가들의 평가 결과를 확인하였다. 그 결과(Table 4)는, 7점 리커트 척도를 적용했을 때 모든 문항의 평균은 6.51로 전체적으로는 STEAM 준거에 적합하게 개발되었음을 알 수 있었다. 그중, ‘전체 프로그램을 아우르는 문제상황을 제시 하였는가?’, ‘실생활 속 문제 발견과 해결이 가능하도록 설계 하였는가?’ 등 프로그램의 전체적인 구성부분과 실제상황과의 연결부분, ‘학습자가 학습 과제를 자기 문제로 인식하도록 수업이 구성되었는가?’, ‘학생의 영역 특수적 지식을 형성하고 흥미를 높이도록 설계되었는가?’, ‘학생들이 유의미한 경험을 통하여 열정을 가지고 참여할 수 있도록 하는가?’ 와 같이 학습자의 동기를 유발하는 부분 및 ‘과학, 수학, 기술, 공학, 인문예술 교과가 자연스럽게 융합되도록 설계되었는가?’와 같은 지식의 융합수준 부분에서 본 프로그램은 우수한 평가를 받았다. 그러나 프로그램 개

발의 엄밀성을 위해 평가 평점 중 하위 30%에 속한 문항을 분석하였다. 살펴본 결과는 아래와 같다.

우선, 점수가 제일 낮은 문항은 ‘개념을 교사가 직접 설명하지 않고 활동을 통해 학생이 깨우치도록 설계되었는가’(6.08)였다. 해당 내용은 학습자 중심의 학습이 이루어지고 있는지에 대한 평가문항이다. 본 프로그램의 적용 대상이 되는 초등학교 6학년 학생들은 사전에 호흡기계통이나 면역계통 그리고 아두이노 등 지식을 접할 수 있는 기회가 거의 없다.

Table 4 Expert validity test results

	문항	M(SD)	순위
1	창의 융합형 인재 양성 목적에 부합하는가?	6.54(.52)	중
2	학생의 영역 특수적 지식을 형성하고 흥미를 높이도록 설계되었는가?	6.77(.44)	상
3	실생활 속의 문제 발견과 해결이 가능하도록 설계되었는가?	6.69(.63)	상
4	학생의 창의 융합적 사고력을 배양하도록 프로그램이 설계되었는가?	6.54(.66)	중
5	전체 프로그램을 아우르는 문제상황을 제시 하였는가?	6.85(.38)	상
6	과학, 수학, 기술, 공학, 인문예술 교과가 자연스럽게 융합되도록 설계되었는가?	6.69(.48)	상
7	교사 중심이 아닌 학생이 주도적으로 참여하는 학생 중심으로 프로그램이 설계되었는가?	6.54(.52)	중
8	프로그램에 학생이 자신의 아이디어와 발상을 반영할 수 있도록 설계되었는가?	6.23(.60)	하
9	학습자가 학습 과제를 자기 문제로 인식하도록 수업이 구성되었는가?	6.69(.48)	상
10	개념을 교사가 직접 설명하지 않고 활동을 통해 학생이 깨우치도록 설계되었는가?	6.08(.76)	하
11	결과보다 과정이, 지식보다는 활동이 강조되었는가?	6.46(.66)	중
12	프로그램의 결과물에 개인별로 창의성을 발현할 수 있도록 설계되었는가?	6.15(.69)	하
13	동료, 테크놀로지를 포함한 도구와의 협력 학습이 이루어 질 수 있도록 설계되었는가?	6.62(.51)	중
14	학생들이 유의미한 경험을 통하여 열정을 가지고 참여할 수 있도록 하는가?	6.69(.48)	상
15	학습자가 성공을 통한 최적 경험하도록 설계되었는가?	6.46(.52)	중
16	학생들이 유의미한 경험을 통하여 열정을 가지고 참여할 수 있도록 하는가?	6.54(.66)	중
17	학습자가 자신의 산출물을 스스로 평가할 수 있는 기회를 제공하였는가?	6.15(.69)	하
18	개발된 프로그램은 창의 융합형 인재 양성을 위한 창의적 문제해결 과정에서 학습자가 최적 경험을 할 수 있도록 설계되었다.	6.46(.52)	중

처음부터 모든 것을 학생 스스로에게 맡기고 습득하게 하는 것은 어려움이 있다고 판단되고 자신의 학습능력을 벗어난 학습환경은 학생들의 학습동기를 저하시킨다(최인수, 2015). 이

는 “학습자중심” 원칙 7, 8에 어긋난다. 또한 평가 중 ‘교사 중심이 아닌 학생이 주도적으로 참여하는 학생 중심으로 프로그램이 설계되었는가’라는 문항에 대해 6.54라는 점수가 반영된 것을 감안해 교사의 설명 비중 증가가 학습자 중심의 원칙에서 벗어나지 않은 것으로 판단된다.

‘학습자가 자신의 산출물을 스스로 평가할 수 있는 기회를 제공하였는가’, ‘프로그램의 결과물에 개인별로 창의성을 발현할 수 있도록 설계되었는가?’, 두 문항의 점수가 6.15로 그 다음이었다. 학생들은 두 번의 발표시간에 PPT제작과 발표 과정에 자신의 부가적 아이디어를 보여줄 수 있는 기회가 주어졌다. 그리고 마지막 발표에서는 수업 중에 습득한 지식에 대해 회고하고 타인의 산출물을 평가하는 과정에서 자신을 재평가하는 시간이 주어진다. 이 과정은 학생의 비판적 사고를 양성할 수 있을 뿐만 아니라 자신의 결과물에 대해 평가하는 과정이다. 또한 학생들은 아두이노 측정기를 제작하여 직접 측정 활동을 진행함으로써 충분한 산출물 검증 기회가 주어졌다 판단된다. 그러나 프로그램은 전문가들의 의견을 반영하여 교사 가이드 라인을 제공하여 교사들이 수업을 이해하고 각 장치의 필요성을 인지하여 학습자들이 스스로 자신의 산출물을 평가하고, 창의성을 발휘하여 자신의 의견을 적극적으로 발표 시간에 제기하고 피드백을 받을 수 있도록 교수자의 배려를 요청하였다. 가이드 라인에서는 교사들에게 2차시와 3차시에 학생들이 아두이노 측정기를 제작한 뒤 충분히 미세면지와 습도에 대해 측정하면서 자신이 제작한 측정기가 잘 작동되고 있는지 확인할 수 있는 기회를 제공하고 잘 작동되지 않는다면 어떤 절차에서 오류가 발생한 것인지 스스로 고민하고 수정할 수 있는 시간을 줄 수 있도록 요구하였다. 그리고 자신이 속한 팀과 제작한 측정기에 자신의 소원을 담아 이름을 만들어 주는 장치를 추가하여 학생들이 창의적인 아이디어를 낼 수 있도록 배려하였다.

마지막으로 ‘프로그램에 학생이 자신의 아이디어와 발상을 반영할 수 있도록 설계되었는가’(6.23)이다. 프로그램은 발표 과제에서 ‘습도 외 미세면지 제거를 통한 건강보호법’, ‘환경보호에 대한 소견’을 포함시켰다. 학생들은 이 과제에서 자신의 아이디어와 발상을 충분히 이야기 할 기회가 주어진다. 또한 타인에 대한 평가에서도 자신의 소견을 이야기 할 수 있다. 프로그램은 역시 교사 가이드 라인에서 교사들에게 4차시에서 진행되는 발표시간에 학생들이 용감하게 자신의 생각을 이야기할 수 있도록 수업 전에 용기를 주고 수업 시간에 자유롭게 자신의 발상과 아이디어를 타인과 공유할 수 있게 장려하며 자신의 주장을 이야기 한 학생들은 충분히 보상해 주는 형식으로 수업분위기를 조성할 것을 강조하였다. 또한 타인에 대한 평가

부분에서도 평가 자체가 옳고 그름을 가리는 것이 최종 목표가 아니라 서로의 의견을 듣고, 이해하고, 자신의 생각을 반성할 수 있는 기회임을 강조하여 평가자, 피평가자 할 것 없이 자유로운 토론 시간이 될 수 있도록 요구하였다.

전문가들이 제시한 주관식 의견을 살펴보면 비교적 낮은 평가 점수를 준 평가자들 중 “아두이노는 학생들의 흥미를 끌 수 있는 좋은 매체이지만, 아두이노라는 매체 자체가(아두이노 코딩, 작동 등) 교육의 중심이 되어 본래 교육의 목적이 희미해질 수도 있다는 점도 고려해 주면 좋겠다” 라고 기재되어 있었다. 아두이노는 본 프로그램의 목적이 아닌, 프로그램의 목적을 달성하고자 사용된 인지 도구로, 하나의 교구이다. 하지만, 일부 학생들 중에는 아두이노라는 테크놀로지에 관심을 가지고 상황적인 흥미가 강화될 수 있고, 어쩌면 그 반대일 수도 있다. 하지만, 최근 STEAM 교육에서는 4차 산업 혁명 시대를 살아가기 위해 학생들의 기본적인 코딩 역량, 아두이노 및 센서의 적극적인 활용을 강조하는 추세이다(심규현, 이상욱, 서태원, 2014; 심주은, 고주영, 심재창, 2014; 최숙영, 김세민, 2016; Banzi, 2009; Pepler, 2013). 또한 기 개발된 중국 인공지능 교과서에도 이러한 교육부의 의도가 드러난 만큼 아두이노의 적극적인 사용을 권고하는 것은 타당하다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 중국 초등학교 학생들을 대상으로 미세면지에 대한 기본 지식과 개념과 창의성을 강화할 수 있는 STEAM 융합교육 프로그램을 개발하였다. 전문가 타당도 검사를 시행한 결과 본 프로그램은 일상적인 상황에서 문제를 발견하고 해결하는 유의미한 경험을 강화하고, 창의적 문제해결력을 강화하기에 적합한 것으로 확인되었다. 특히 미세면지라는 주제는 중국 뿐 아니라 세계적으로 많은 사람들이 문제의식을 가지고 흥미를 느끼는 주제일 뿐만 아니라 환경, 공학, 과학, 수학 등 융합적인 개념 요소도 자극 할 수 있는 장점을 가지고 있다.

또한 본 프로그램은 구성주의 학습 환경 안에서 설계되었고, 학습자중심학습의 원리에 부합하도록 개발되었다.

첫째, 우선 본 프로그램 중의 주제 미세면지는 학생들이 평소 소에 마스크를 쓰고 야외활동을 하고 마음껏 운동장에서 뛰어놀지 못하는 원인이다. 우선, “미세면지 제거”라는 맥락 하에 교사의 적절한 인도가 있으면 미세면지가 무엇이고 미세면지 농도가 높은 날에 무엇 때문에 마스크를 사용하고 야외활동을 줄여야 하는지에 대한 호기심 자극은 충분히 될 것이라 예상된다. 이는 1, 7, 8 원칙에 부합된다.

둘째, 인터넷 자료 검색을 통해 미세면지에 대해 공부하고

그 해결책을 찾아가는 과정은 학생들에게 충분한 정보를 제공하는 동시에 인터넷으로 자신이 원하는 지식을 습득할 수 있음을 깨우칠 수 있게 할 수 있어 학생들을 정확한 방향의 컴퓨터 사용자로 인도할 수 있다. “미세먼지로부터 나와 내 자신을 지키세요”라는 미션은 학생들이 학습목표를 설정할 수 있게 도와 줄 수 있는 동시에 가족을 지킬 수 있다는 책임감을 자극하여 학습 동기를 강화함으로써 의미 있는 학습을 진행할 수 있게 도울 수 있다. 이는 2, 6, 8 원칙에 부합된다.

셋째, 빅데이터와 아두이노 센서 제작을 통해 습도, 습도와 미세먼지 제거의 관련성을 공부하는 현존하는 지식과 새로운 지식의 연결이 가능하여 학생들의 능동적 지식구성을 도울 수 있다. 이는 3, 4 원칙에 부합된다. 마지막으로 발표하는 과정을 통해 학습자가 수업 중에서 학습한 모든 내용들을 되돌려 살펴 보고 회상하며 다시 정리하는 과정을 통해 해결책에 대해 다시 고민하고 새로운 방법에 대해 탐구함으로써 지식의 통합을 이룰 수 있을 뿐만 아니라 창의적 비판적 사고도 강화할 수 있다. 이는 5, 6 원칙에 부합된다.

본 프로그램은 STEAM 준거 틀에 근거하여 학습자가 흥미를 가질 수 있는 소재(Guo, 2012)를 기반으로 수학, 공학, 기술, 과학, 예술의 5가지 요소를 각 차시에 포함하였다. 결국 한 가지 문제를 해결함에 있어 학생들의 융합적인 지식을 배양하고, 재사용할 수 있게 하였다. 프로그램은 미세먼지의 크기를 측정하는 과정, 연관된 빅데이터를 살펴보는 과정, 도표를 통해 습도와 미세먼지 농도와의 상관관계를 분석하는 과정을 포함하였다. 또한 초시계와 아두이노센서를 사용하여 일상생활에서 테크놀로지를 활용할 수 있게 구성하였으며, 수치 비교를 하여 효과적인 미세먼지 제거 방법을 찾는 과정에서는 수학적 지식을 강화하고자 하였다. 그리고 발견한 지식을 알고리즘화하여 학생들이 미세먼지 제거 방법을 구현하고, 최종적으로 보고서를 완성하고, 이에 기반한 PPT를 제작하여 발표하도록 구성하였다. 프로그램의 전 과정에 참여한 학생들은 아두이노 코딩을 진행하는 과정에서 기술적 지식을, 아두이노를 조립하고 측정하는 과정에서 공학적 지식을, 미세먼지의 위험성을 알아가면서 인체의 호흡기계통, 면역계통을 공부한 과정에서 과학적 지식을, 그리고 최종발표 시 PPT를 제작하는 과정에서 도표를 만들고 창의적이게 제작하면서 예술적 지식을 적용하고 또 서로의 발표를 들으면서 자신의 지식을 강화할 수도 있다. 프로그램은 게임화 된 실험을 통해 추상적인 ‘기침’이라는 과정을 실제적으로 눈앞에 볼 수 있게 설계하여 학생들이 쉽게 이해할 수 있도록 배려하였다.

본 연구에서는 프로그램 전문가 타당도 검증을 실시하여 전문가들의 평가와 피드백을 받아 프로그램을 개선하고 발전시

켰다. 전문가 타당도 검증에 참여한 전문가들은, 요즘 가장 떠오르는 사회적 이슈를 실생활과 연결지어 학습자의 흥미를 유발하는 동시에 학생들에게 융합적 지식을 사용하여 문제해결을 시도하도록 한 점이 우수하다고 평가했다. 또한 본 프로그램이 사회적 문제해결에 참여하는 간접 경험을 학생들에게 제공하여, 한 사회의 구성원으로서 책임감까지 양성할 수 있다는 의견도 있었다. 결과적으로 본 연구를 통해 개발된 프로그램은 STEAM 교육 프로그램 준거에 맞게 개발 된 것으로 인정되었다. 그러나 실제 중국 초등학교 현장에서 학생들과 수업을 진행하면서 프로그램을 수정, 보완하는 단계를 거치지 못한 것이 본 프로그램의 제한점이다. 본 프로그램은 학습자 중심으로 구성된 것으로 학생들이 스스로 실험하고 조작하는 부분이 많이 설계되었다. 이러한 과정들은 교사가 수업 시간을 조절하는 데 어려움을 느낄 수 있고, 학생들의 개인차가 커서 개별학습 계획까지 포함해야 한다. 따라서 앞으로 현장에서 다양한 성향의 학생들과의 수업을 통해 수업 차이를 적절하게 조절하여 수업 효과를 향상시켜야 한다. 또한 구성주의 학습 환경에서 학습자 중심 교육을 구현하여 프로그램의 성패를 좌우하는 열쇠는 결국 교사 개인의 역량에 달려 있다. 따라서 교사들에게 최대한 구체적인 가이드라인을 제공할 수 있도록 교사용을 보완하며 본 프로그램 개발을 마무리 하였다.

중국은 개인적인 창의적 아이디어를 더욱 발휘할 수 있는 기회를 학생들에게 제공하기 위해 앞으로 더 다양한 주제의 STEAM 프로그램을 개발해야 하는 과제를 안고 있다. 교과간 개념적 지식은 연결하여 새로운 지식(창의적 지식)을 창출할 수 있을 때 창의성을 발휘할 수 있다(최인수, 2000). 본 프로그램은 중국 초등학생들의 지식수준과 중국 교육정책이 지향하는 주요 핵심 요소들을 포함하여 개발되었다. 이후 연구자들은 중국 학회 및 중국 교수자들과의 활발한 소통을 통해 본 프로그램의 중국에서의 활용을 적극 추진할 예정이다.

본 프로그램은 미세먼지라는 주제와 관련된 개념들을 연결한 후속 프로그램의 개발이 가능하다. 또한 상위개념을 연결하면 심화 과정으로 발전시킬 수 있을 것이다. 결국 기존 프로그램과 연계성 있는 개념을 분석하여 후속 프로그램 개발을 진행할 필요가 있다. 예를 들어 기후변화, 건강문제, 미세먼지 속 바이러스, 미세플라스틱 등 마이크로 개념 기반으로 프로그램이 개발된다면 학생들의 교과지식 형성, 사회적 책임감 강화, 일상생활중의 문제 발견 및 해결 역량 강화에도 도움이 될 것이다.

본 프로그램 개발 중 기존 중국에 적용되고 현장에서 활발하게 사용되고 있는 STEAM 교육 프로그램 사례가 적어 분석할 선행연구가 거의 없었다. 따라서 본 연구 결과로 개발된 프로그램을 중국어로 번역하여, 중국 교육 현장에 적용하는 것은

또 하나의 후속 연구가 될 수 있다. 4차 산업 시대에서는 단순한 지식은 의미가 없고, 창의적인 지식을 확장하는 인재가 필요하다. 따라서 K-12를 대상으로 사회적인 문제를 발견하고 해결할 수 있는 프로그램이 다양한 주제로 개발되어야 한다. 본 연구의 결과로 개발된 STEAM 프로그램이 중국 초등 학생들의 융합적 최적 경험을 강화하여 4차 산업 혁명 시대에 필요한 창의적인 문제해결능력을 강화하는 교육 혁신의 시초가 되기를 바란다.

참고문헌

- 강범·맹해양·배기형(2018). 중국 문화콘텐츠산업의 수출경쟁력 강화방안. In Proceedings of the Korea Contents Association Conference (pp. 181-182). The Korea Contents Association.
- 김기용·이상원(2019). 초등 실과 생명과학 영역에 기반한 STEAM 교육프로그램 개발 및 적용. *한국실과교육학회지*, 32(2), 1-24.
- 김대현(2017). *교육과정의 이해*. 서울: 학지사.
- 김승환(2016). 지능정보사회에 대비한 교육의 미래. *한국교원 교육학회 학술대회*, 11, 1-12.
- 김은주·이진숙(2018). 2014 개정 교육과정의 '안전한 생활'에 대한 초등학교 교사의 관심도와 실행 형태에 관한 연구. *교육학연구*, 56(1), 155-185.
- 김일광·박명섭(2015). 우리나라 교육서비스 수출 활성화 방안 에 대한 연구. *무역연구*, 11, 347-362.
- 강지연(2016). 융합인재교육의 효과성에 관한 메타분석 융합인재교육의 정책적 목표를 중심으로 건국대학교 대학원 박사학위 논문.
- 방답이·윤희정(2018). 포커스 그룹 인터뷰를 통한 융합 교육 평가들의 제안. *교과교육학연구*, 22, 386-399.
- 박현주 외(2012). STEAM 교육의 구성 요소와 수업 설계를 위한 준거 틀의 개발. *학습자중심교과교육연구*, 12(4), 533-557.
- 손미현·정대홍(2019). 융합 사례 분석을 통한 융합교육의 방향성 모색. *학습자중심교과교육연구*, 19(11), 889-916.
- 신문승(2018). 융합인재교육(STEAM) 프로그램의 효과에 관한 메타분석. *학습자중심교과교육연구*, 18(11), 345-363.
- 심규현·이상욱·서태원(2014). 아두이노를 활용한 STEAM 커리큘럼 설계, 적용 및 효과 분석. *컴퓨터교육학회논문지*, 17(4), 23-32.
- 심주은·고주영·심재창(2014). 창의성 향상을 위한 아두이노 활용 교육과정 개발과 분석. *한국멀티미디어학회논문지*, 17(4), 514-525.
- 이진숙·김은주(2019). 융합인재교육 실행의 문제점과 개선방안에 대한 초등교사의 인식. *초등교육연구*, 32(3), 327-355.
- 조은미(2018). 한류문화 콘텐츠 영향 및 한류콘텐츠 산업 마케팅 방안 연구. *경영교육저널*, 29(1), 27-53.
- 최숙영·김세민(2016). 앱 인벤터와 아두이노를 이용한 피지컬 컴퓨팅 교육이 공업계 고등학생의 창의·융합적 사고에 미치는 영향. *컴퓨터교육학회논문지*, 19(6), 45-54.
- 최인수(2000). 창의성을 이해하기 위한 체계모델. *생활과학*, 3, 441-464.
- 최인수(2015). *창의성의 발견*. 경기도, 쌤앤커스.
- 한국과학창의재단(2015). STEAM 교수학습 준거. https://steam.kofac.re.kr/?page_id=11267
- Akgun, O. E.(2013). *Technologyin STEM project-based learning*. In *STEM Project-Based Learning*. The Netherlands: Sense Publishers.
- Banzi, M.(2009). *GettingStarted with Arduino*. O'Reilly Media.
- Peppler, K.(2013). STEAM-Powered Computing Education: Using E-Textiles to Integrate the Arts and STEM. *Computer*, 46(9), 38-43.
- Capraro, R. M., & Slough, S. W.(2013). Why PBL? Why STEM? Why now? An introductionto STEM project-based learning. In *STEM Project-Based Learning* (pp. 1-5). Sense Publishers, Rotterdam.
- Dong Zehua(2016). On Dilemma and Solution of STEM Curriculum Implementation in China. *Global Education*, 12, 36-42+62.
- Fu Qian & Liu Pengfei(2016). From Verification to Creation—A Research on STEM Education Performance Models in Middle and Primary Schools. *China Educational Technology*, 4, 71-78 + 105.
- Guo Ge(2012). Reflections of Interest-based Teaching Principle. *Educational Research*, 3, 119-124.
- Jiang Jiafu, Zhang Jiamin & Kong Jing(2017). Research on STEM Education Ecosystem and the Development Path in Our Country—Based on the Experience of STEM Education in America. *Modern Educational Technology*, 12, 31-37.
- Jiang Zhihui et al.(2017). A Study on the Strategies of Cultivating Primary and Middle School Students' Learning Power in the Context of STEM Education. *China Educational Technology*, 2, 25-32 + 41.
- Krajcik, J. S., & Mun, K.(2014). *APA Work Group of theBoard of Educational Affairs(1997). Learner-centeredpsychological principles: A framework for school reform and redesign*. Washington, DC: American Psychological Association.
- Jonassen, D. H.(1999). Designing constructivist learning environments. Instructional design theoriesand models. *A new paradigm of instructional theory*, 2, 215-239.
- Li Huanhuan & Huang Jin(2018). An Analysis of the Ten-year Development Law of STEM Education in China(2009-2018).

- Journal of Schooling Studies*, 5, 63-79.
32. Ministry of Education of the People's Republic of China(2017). *Science curriculum standard of compulsory education in primary school*. Beijing: People's Publishing House.
 33. Ministry of Education of the People's Republic of China(2016). *Notice on Printing and Distributing the Outline of the 13th Five-Year Plan for Educational informatization*. Retrieved from http://www.moe.edu.cn/srcsite/A16/s3342/201702/t20170221_296857.html
 34. Qin Jinruo & Fu Gangshan(2017). STEM Education: a Interdisciplinary Education Based on the Real Problem Situation. *China Educational Technology*, 4, 67-73.
 35. Sousa, D. A., & Pilecki, T.(2018). *From STEM to STEAM: Using brain-compatible strategies to integrate the arts*. (2nded.). Corwin Press.
 36. Yang Xiaozhe & Ren Youqun(2015). STEM Education and Maker Education in the Digital Age. *Open Education Research*, 5, 35-40.
 37. Zhao Huichen & Lu Xiaoting(2016). Implementing STEAM Education and Improving the Students' Innovation Ability: An Interview with the STEAM Education Scholars Georgette Yakman in USA. *Open Education Research*, 5, 4-10.
 38. Zhao Xinglong & Xu Lin(2016). STEM Education: Five Major Controversies and Further Discussion. *China Educational Technology*, 10, 62-65.
 39. Zhang Wenlan et al.(2016). The Design and Practice of Project-based Learning Based on the Curriculum Reconstruction Concept in Network Environment. *e-Education Research*, 37(2), 38-45+ 53.
 40. Zhang Yi et al.(2018). The Impact of a Design-based Integrated STEM Teaching on Students' Interdisciplinary Attitude. *China Educational Technology*, 7, 81-89.
 41. Zeng Ning, Zhang Baohui & Wang Qunli(2018). A Comparative Analysis of STEM Education Research at Home and Abroad(2008-2017) Based on Content Analysis. *Modern Distance Education*, 5, 27-38.
 42. Zheng Wei(2019). *China STEAM Education Development Report*. Beijing: Science Press.
 43. Zhong Baichang & Zhang Lifang(2014). CTEq's Functions and Enlightenment to China in STEM Education. *China Educational Technology*, 4, 18-24+ 86.



권해연 (Quan, Hai Yan)

2019년: 성균관대학교 아동청소년학과 박사과정
 관심분야: 창의성교육, 영재성교육, STEM 교육
 E-mail: qcreativity@163.com



변문경 (Byun, Moon Kyoung)

2002년: 성균관대학교 화학, 국어국문학 전공
 2020년: 성균관대학교 인공지능융합학과 박사과정
 관심분야: STEM 교육, 인공지능 융합교육, 인공지능 콘텐츠 생성 API 개발, 테크놀로지 통합교육, 스토리텔링
 E-mail: curiomoonlight@gmail.com