



과학 개념 기반 메이커 교육 활동에 대한 탐색 연구 -대학생들을 대상으로-

여혜원¹, 윤지현^{2*}, 강성주^{3*}

¹부흥고등학교, ²단국대학교, ³한국교육원대학교

Exploratory Study on Maker Education Activity based on Scientific Concept: For University Students

Hye-Won Yeo¹, Jihyun Yoon^{2*}, Seong-Joo Kang^{3*}

¹Buhung High School, ²Dankook University, ³Korea National University of Education

ARTICLE INFO

Article history:

Received 28 June 2021

Received in revised form

5 August 2021

30 August 2021

6 September 2021

Accepted 8 November 2021

Keywords:

scientific concept, maker education, maker competency

ABSTRACT

This study aims to identify the characteristics of the program that integrates maker education with science subjects and to explore the maker's competency expressed in students. To this study, a maker activity program based on scientific concepts was developed and applied to 20 first-year students at H University in a general chemistry experiment course, and activity data were analyzed. The analysis results of maker activities based on scientific concepts are as follows. First, students performed activities through the process of 'presentation of ideas,' 'selection and planning of ideas,' and 'prototyping'. In particular, it was confirmed that prototyping was divided into stages of "partial prototyping" and "full prototyping". Second, as characteristics of the activity, 'use of scientific concepts as logic for coding in the process of maker activities', 'in-depth understanding of scientific concepts', and 'inducing high achievement and interest through transfer of initiative in learning' were confirmed. Third, collaboration competency and making performance competency were frequently expressed in the process of activities, but human-centered competency were rarely expressed.

1. 서론

프랑스의 철학자 베르그송(Bergson)은 도구를 사용하고 제작함으로써 끊임없이 발명과 혁신을 시도하는 인간의 본성에 대해 도구의 인간을 뜻하는 '호모 파베르(Homo Faber)'라는 이름을 붙였다(Bergson, 1946). 역사적으로 인간의 호모 파베르적 본성은 사회의 변화를 이끌어 왔으나, 대량 생산과 대량 소비의 산업혁명을 거치면서 자신에게 필요한 도구를 직접 만드는 것보다 필요한 제품을 선택함으로써 창조성의 정체를 맞게 된다(Jeong *et al.*, 2015). 그러나 최근 정보통신기술의 발달로 산업 구조가 변화함에 따라 프로슈머(Prosumer)라는 개념이 도입되게 되었다. 앨빈 토플러(Alvin Toffler)는 저서 「제3의 물결」에서 '생산자와 소비자 간의 엄격한 구분이 사라지며 소비자의 역할이 커지는 시대가 올 것이다'라고 말하였다(Toffler, 2006). 즉, 이제는 만들어진 상품을 구매하는 소비자(Consumer)에서 직접 생산하는 소비자인 프로슈머, 그리고 더 나아가 창조적인 소비자인 크리슈머(Cresumer)로 소비자의 역할이 변화하고 있다. 이러한 시대 변화의 흐름 속에서 인간의 본질적 창조성인 메이킹(Making)의 본능을 다시 깨워야 할 필요가 생기게 되었다(Jeong *et al.*, 2015). 이와 관련하여 「메이커스(Makers)」의 저자인 크리스 앤더슨(Chris Anderson)은 3D 프린터, 아두이노(Arduino)와 같은 디

지탈 제작 도구의 보급과 오픈소스 지식 정보를 바탕으로 개인적·사회적으로 의미 있는 제품을 설계 및 제작하고, 아이디어와 제작 과정을 온라인 커뮤니티에 공유하는 사회·문화적 현상을 메이커 운동(Maker Movement)으로 정의하고 있다(Anderson, 2012). 미국의 오바마 대통령은 2014년 백악관에서 열린 메이커 페어에서 '오늘의 DIY(Do It Yourself)가 내일의 메이드 인 아메리카가 된다'라는 연설을 통해 메이커 운동을 새로운 경제 혁신의 원동력으로 주목하였다.

이와 같은 메이커 운동은 피아제의 구성주의와 존 듀이의 교육 철학, 그리고 시모어 페퍼트의 구성주의를 바탕으로 ICT적 요소를 활용하여 다른 사람들과 함께 무언가를 스스로 만들면서 능동적으로 학습하는 메이커 교육으로 확장되고 있다(Martinez & Stager, 2013). 메이커 교육(Maker Education)이란 ICT를 기반으로 한 만들기 중심의 교육 방법을 의미한다(Anderson, 2012; Dougherty, 2012; Halverson & Sheridan, 2014; Kang & Kim 2017; Thomas, 2014). 즉, 전통적 관점의 만들기 교육에 ICT 요소를 접목시킨 교육을 의미하는데(Dougherty, 2012), 일상생활 속의 다양한 문제들을 발견하고, 이를 해결하기 위해 오픈소스 하드웨어 및 소프트웨어를 활용하여 무엇인가를 직접 만들어 보는 활동을 통해 학생들의 핵심 역량을 기를 수 있는 교수·학습 전략이다(Kang *et al.*, 2019; Yoon *et al.*, 2020).

최근 메이커 교육에 대한 연구가 활발해지면서 메이커 교육의 교육

* 교신저자 : 강성주 (sjkang@knue.ac.kr), 윤지현 (yoonji@dankook.ac.kr)

** 본 논문은 여혜원의 2019년도 석사 학위논문 데이터 활용하여 재구성하였음.

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2021.41.5.359>

적 가치는 맥락적 환경을 통한 자기 주도적 탐구 활동, 동료 학습자와의 소통 및 협업, 공유 문화, 실패를 두려워하지 않고 끊임없이 도전하는 태도 등의 메이커 정신으로 지칭되고 있다(Blikstein *et al.*, 2016; Dougherty, 2013; Peppler & Bender, 2013). 또한, Yoon *et al.* (2018)은 메이커 역량 모델 개발 연구를 통해 메이커 역량이 OECD에서 제안한 21세기 역량(Voogt & Roblin, 2012), 그리고 2015 개정 교육과정에서 제시하는 6가지 핵심 역량(Ministry of Education, 2015)과 많은 부분 일치함을 통해 메이커 교육의 필요성을 시사하기도 하였다. 최근 4차 산업 혁명 시대에서 요구되는 역량을 갖춘 인재를 양성하기 위해 지식 중심 교육과정에서 역량 중심 교육과정으로 패러다임이 변화하고 있는데(Ha *et al.*, 2018), 이러한 관점에서 메이커 교육의 가치와 본질은 미래 교육이 추구하는 방향과 상당 부분 일치한다고 볼 수 있다.

이와 같은 메이커 교육의 중요성과 필요성을 바탕으로 미국, 중국 등의 해외 주요 국가에서는 교육 현장에 메이커 교육을 도입하기 위한 시도가 이루어지고 있다. 미국은 2014년 6월에 ‘프로젝트 중심 메이커 교육’을 통해 초보자가 메이커로 성장(Zero to Maker)하도록 하는 교육 정책을 발표하였다(Ministry of Education, 2016). 중국은 창커(혁신창업자)를 1억 명 키우겠다고 선언하며, ‘Created in China’를 위한 메이커 교육을 국가적으로 지원하고 있다(Choi, 2014). 이와 같은 세계적 흐름에 따라 우리나라도 2016년 2월 과학교육종합계획을 발표하면서, 과학 교육을 통해서 미래 사회가 요구하는 핵심 역량을 함양하여 창의적 융합인재를 양성하기 위한 ‘과학 긍정경험 프로젝트’의 일환으로 학생들이 과학에 흥미를 가지고 아이디어를 구현할 수 있는 프로젝트 기반의 메이커 교육을 추진한다고 발표하였다(Ministry of Education, 2016).

이에 최근 메이커 교육은 교육적 가치와 그 중요성을 인정받으며 최신의 교육 동향으로 활발하게 연구가 이루어지고 있다. 특히 메이커 교육의 본질적 가치에 대한 탐색 연구가 활발하게 이루어지고 있으며(Bevan, 2017; Blikstein, 2013; Byun, 2018; Byun & Choe, 2018; Cohen *et al.*, 2017; Lee *et al.*, 2017; Yoon *et al.*, 2018) 이를 실제 교육 현장에서 적용하기 위한 메이커 교육 모형 및 수업 프로그램 개발 연구도 활발하게 이루어지고 있다(Lee *et al.*, 2018; Loertscher *et al.*, 2013; Yoon *et al.*, 2019, 2021). 그러나 메이커 교육을 실제로 학생들에게 적용한 사례 연구는 여전히 미흡한 실정이며, 주로 비교과 활동에서 적용된 연구가 대부분이었다(Lee & Jang, 2017; Yoon *et al.*, 2018). 특히 현장에서는 메이커 교육의 본질적 가치를 이해하지 못한 채, 코딩 교육, 기술 중심의 교육 등의 단편적인 수업만 이루어진다는 비판이 제기되고 있다(Yoon *et al.*, 2018). 즉, 메이커 교육에서 ‘코딩과 같은 소프트웨어를 활용한다.’는 표면적인 사실만으로, 메이커 교육을 ‘코딩 교육’, ‘프로그래밍 교육’, ‘소프트웨어 교육’으로만 보는 시각이 있고(Yoon *et al.*, 2018), 제작도구의 사용 방법 측면만을 부각하여 교육하는 등 메이커 교육에 대한 잘못된 이해를 바탕으로 교육이 이루어진 사례들이 보고되고 있다. 예를 들어, 메이커 교육이 코딩 교육이나 단순 만들기 교육으로 인식되어 학부모들이 메이커 교육을 또 하나의 스펙으로 인식하거나, 학교 교육의 비교과 과정에서 일회성 행사 활동 정도로만 메이커 교육이 활용되고 있는 상황이다. 그러나 메이커 교육은 오픈소스 하드웨어 및 소프트웨어를 활용하여 무엇인가를 직접 만들어 보는 활동을 통해 학생들의 다양한 메이커

역량 및 문제해결능력 개발에 그 본질이 있다. 즉, 메이커 교육은 기본적으로 소프트웨어 등과 같은 ICT 요소의 활용을 기반으로 하기 때문에, 메이커 교육 활동을 하기 위해서는 코딩이나 피지컬 컴퓨팅 및 제작 도구 등의 사용 방법에 대한 기초 교육이 필수적으로 요구된다. 이에 메이커 교육 현장에서 코딩이나 기술 관련 교육이 이루어지는 것 자체는 문제가 아니지만, 이 부분에만 치중한 교육은 ‘공유’, ‘의사소통’, ‘협업’, ‘문제해결능력’ 등의 역량 개발이라는 메이커 교육의 본질과 교육적 효과를 반영하지 못할 가능성이 있을 수 있다.

따라서 메이커 교육이 일회성 행사가 아닌, 학교 교육에 좀 더 효과적으로 자리 잡고, 메이커 교육의 본질적 목적을 살리기 위해서는 정규 교육과정에서 메이커 교육 활동이 이루어질 필요가 있으며(Kim, 2018; Yoon *et al.*, 2020), 이를 위해서는 각 교과에서 메이커 교육의 실천 방안을 모색할 필요가 있다. 그러나 메이커 교육이 교과 교육에서 도입된 사례는 초등학교 수업(Kang & Kim, 2017)과 초등 실과 수업(Kim, 2018), 유아과학교육 프로그램의 적용(Lee & Joe, 2016), 메이커 활동 기반 화학탐구 R&E 프로그램의 사례 연구(Lee & Hong, 2018), 지질학 수업(De León, 2014) 등 소수의 연구만 찾을 수 있었다. 이는 소프트웨어를 활용하는 메이커 교육이 각 교과(과학교과, 사회교과 등)의 특성과 부합되기 힘들다는 선입견 등이 초·중등 교육 현장에 형성되어 있기 때문으로 해석해 볼 수 있다(Yoon *et al.*, 2018). 따라서 메이커 교육을 비교과 활동에서만 가능한 특별한 개별 활동이나 교육이라는 관점에서 벗어나, 각 교과 교육의 목표를 구현해 줄 수 있는 새로운 교수·학습 전략으로서의 관점에서 바라본다면, 메이커 교육에 대한 고정관념 등에서 벗어나 메이커 교육의 활용 가능성과 저변을 좀 더 넓힐 수 있을 것으로 생각된다. 실제로, 메이커 교육은 각 교과 교육에서 이루어지고 있는 여러 가지 실습 활동들과 연계될 때 더욱 촉진될 수 있으며(Bevan, 2017), 이에 메이커 활동과 과학 교육에서의 과학 개념 및 실험 활동 간의 연계는 과학 교육에서 메이커 교육의 새로운 가능성을 찾을 수 있을 것으로 생각된다. 예를 들어, Kang *et al.* (2019)은 과학 개념을 코딩으로 알고리즘화 하여 개발된 아두이노 기반 이산화탄소 분수 실험 장치를 제시하면서, 메이커 교육이 지닌 다양한 가능성과 특징 등을 과학 교과 내용 및 실험 활동 등과 접목함으로써 메이커 교육의 외연을 넓히고 좀 더 효과적인 과학 교육 방안이 모색될 수 있음을 언급하였다.

따라서 이 연구에서는 과학 개념을 기반으로 한 실험 및 탐색 활동과 메이커 교육 간의 연계 방안을 모색해 보기 위한 가능성 탐색 연구를 실시해 보고자 한다. 즉, 메이커 역량 개발이라는 메이커 교육의 본질을 확보하면서, 동시에 과학 개념 습득과 이를 활용한 문제해결 능력 개발 방안으로 코딩의 로직(logic)으로서 과학 개념을 직접 접목한 메이커 교육 활동 관련 연구를 시도하고, 그 가능성을 탐색하고자 한다. 이를 위하여, ‘과학 개념에 기반한 메이커 활동’에 대한 정의를 다음과 같이 제시하고자 한다. 즉, 메이커 활동 과정에서 산출물이 작동하게끔 하기 위해서는 코딩을 위한 로직이나 알고리즘이 요구된다. 따라서 이 연구의 과학 개념을 적용한 메이커 활동은 과학 개념 자체를 로직이나 알고리즘으로 활용하여 메이커 활동을 유도하고, 이 과정에서 학생들의 역량과 함께 과학 개념에 대한 이해 및 문제해결능력 등을 키우기 위한 활동으로 정의하고자 한다. 따라서 과학 개념에 기반한 메이커 활동의 첫 번째 방안으로서, 과학 실험이 이루어질 때 압력이나 온도 등과 같은 다양한 물리량을 센서를 통해 측정

하고, 물리량 값을 컴퓨터로 전송할 수 있는 아두이노와 같은 마이크로컨트롤러를 통해 그 실행 결과를 다양한 형태의 메이킹 결과물로 만들기 활동이 이루어지도록 하는 방안이다. 특히 아두이노와 센서를 접목시킨 실험 장치는 손쉽게 프로그래밍 등이 가능하므로(Yoon *et al.*, 2021), 메이커 활동 상황에 적합한 소프트웨어적 환경을 원하는 방향으로 구현할 수 있다(Kang *et al.*, 2019). 그리고 이와 같은 유연한 메이커 과학 실험 환경은 학생들이 자신들의 과학적 개념에 기반한 아이디어를 메이킹 결과물로 만들어 볼 수 있는 다양한 기회를 제공해 줄 수 있을 것으로 생각된다.

두 번째 방안으로서, 과학 개념을 활용한 코드를 작성하고, 이에 기반한 실행 결과를 다양한 형태의 메이킹 결과물로 만들기 활동이 이루어지도록 하는 방안이다. 메이커 교육에서는 알고리즘에 기초한 코딩 활동이 이루어지는데, 알고리즘이란 문제해결에 대한 기본적인 생각과 방법이 절차적인 형태로 표현된 것을 의미한다. 즉, 알고리즘에는 문제를 해결하기 위한 창의적인 아이디어가 순차적·절차적으로 표현되어 있으며, 이와 같은 창의적인 아이디어는 곧 명제적 지식과 절차적 지식이 모두 포함된 것으로 볼 수 있다. 과학 교과에서는 명제적 지식과 절차적 지식이 교과 특성상 대부분을 차지하고 있으며, 이에 과학 교과의 내용 지식과 실험 관련 지식은 충분히 알고리즘으로 구현 가능하다(Kang *et al.*, 2019). 즉, 과학 개념과 실험 원리에 기반한 논리적인 ‘개념 설계’가 가능하며, 결국 이는 문제해결을 위한 스토리 구성이 가능하다는 것을 의미한다(Jeong *et al.*, 2018; Kang *et al.*, 2019). 따라서 과학 개념을 활용하여 여러 산출물을 만드는 메이커 활동이 가능할 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 이와 같은 방안에 기반하여 과학 개념에 기반한 메이커 활동 수업을 개발하고자 한다. 그런 다음, 새롭게 개발된 전략을 학생들에게 적용함으로써, 학생들이 과학 교과 내용을 바탕으로 한 메이커 활동을 어떤 과정으로 어떻게 경험하는지를 분석하고, 있는 그대로 기술하였다(연구 문제 1). 또한 본 연구에서 새롭게 모색한 전략은 기본적으로 ‘메이커 교육’에 기반하고 있기 때문에, 메이커 교육의 본질적 목적 중 하나인 ‘메이커 역량’ 측면도 탐색하였다(연구 문제 2). 이 때, 새로운 전략을 통한 메이커 역량의 발현 여부 자체에 초점을 두었으므로, 메이커 역량 개발 전략으로서 본 연구에서 제안한 새로운 전략의 가능성을 탐색하고자 하였다. 마지막으로, 본 연구는 과학 개념을 새롭게 접목한 메이커 교육의 활용 방안을 모색하였기 때문에, 학생들의 과학 개념 이해 모색이라는 측면에서 과학 개념 기반 메이커 교육의 새로운 가능성도 탐색하였다(연구 문제 3). 한편, 이 연구는 대학생들을 대상으로 적용하였다. 과학 개념을 접목한 메이커 교육 활동에서는 과학 개념에 대한 이해와 함께 오픈소스 하드웨어 및 소프트웨어, 그리고 전기 회로 등에 대한 지식을 필요로 하기 때문에 인지적 요구 수준이 비교적 높다. 이에 본 연구에서는 과학 개념 중 화학 개념을 활용한 메이커 교육 활동 프로그램을 개발하였고, 이에 사범대학에서 과학교육을 전공하는 학생 중 일반화학을 수강하는 대학생들에게 우선 적용하여, 과학 개념에 기반한 메이커 교육의 가능성을 탐색해 보고자 한다.

II. 연구 방법 및 절차

1. 연구 대상

본 연구는 충북에 위치한 H 대학교에서 일반화학실험을 수강하는 화학교육과 학생 20명(남 10명, 여 10명) 5개조를 대상으로 진행하였다. 일반화학실험 강의는 일반 화학의 원리와 내용을 실험을 통해 확인·습득하고 일상생활에서 일어나는 화학적 현상을 이해하는 것을 목표로 하는 강의이다. 따라서 이 연구에서는 대학생들이 이해할 수 있는 난이도의 화학 개념을 기반으로 탐구 중심의 메이커 활동을 적용하기 위해 일반화학실험 강의에서 메이커 수업을 적용하였다. 한편, 대부분의 학생들은 메이커 활동 경험이 없었기 때문에 무작위로 조를 구성하였고, 실제 메이커 활동을 적용하기 전 오리엔테이션 단계로서 메이커 활동을 위한 기초 수업을 제공하였다.

2. 연구 방법 및 절차

가. 과학 개념에 기반한 메이커 활동 내용의 방향

이 연구에서는 과학 개념에 기반한 메이커 활동 내용의 개발을 위하여, 프로그램의 기본적 방향을 도출하고자 하였다. 즉, 본 연구에서는 과학 개념을 논리적 설계 도구의 전략으로 활용하고자 하며, 이는 기본적으로 마이크로컨트롤러를 통해 이루어지므로, 일반적으로 가장 넓게 보급되어 사용되고 있는 마이크로컨트롤러 중 하나인 아두이노의 입력과 출력 형태에 따라 메이커 활동 내용의 개발 방향을 도출하였다. 즉, 아두이노는 입력 자료를 받아들이고, 입력된 자료를 처리하고, 처리된 자료를 출력하는 과정을 거치는데, 이와 같은 입·출력 방식에 따라 4가지 활동 방향을 도출해 볼 수 있다. 아두이노의 입·출력 과정 및 방식을 나타낸 내용은 다음과 같다(Figure 1).

입력(Input)은 ‘센서 감지를 통한 입력’과 ‘사용자(학습자)의 직접적인 입력’을 통해 이루어질 수 있다. 즉, 센서를 통한 입력 방식은 센서가 환경 변화를 감지하면, 감지된 값이 아두이노에 입력된다. 입력된 자료는 코딩 내용에 따라 실행되고, 실행 결과가 출력된다. 사용자가 입력하는 방식은 사용자의 생각을 자료로 입력하면, 입력된 자료는 코딩 내용에 따라 실행되고, 실행 결과가 출력된다. 출력(Output)은 ‘가시화(Display)’와 ‘동작실행(Actuator)’으로 구현된다. 가시화는 코딩 내용에 따라 실행된 출력 값이 그래프나 숫자 등의 형태로 표현되는 방식을 의미하고, 동작실행은 코딩 내용에 따라 실행된 결과가 빛, 소리, 움직임 등과 같은 동작 형태로 표현된 방식을 의미한다. 따라서 이 연구에서는 이와 같은 메이커 활동 방향에 기반하여, 과학

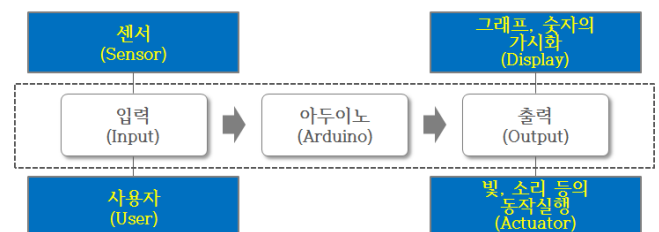


Figure 1. Microcontroller (Arduino) input/output process and method

개념을 적용한 메이커 수업 프로그램 활동으로서 학생들에게 다음과 같은 원리에 기반한 활동을 적용하였다(Figure 2).

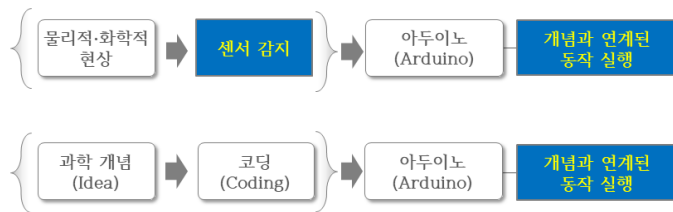


Figure 2. Contents of maker activity programs applying scientific concepts:

(Above) Strategy for maker activity by measuring physical quantities of chemical reactions using sensors

(Bottom) Strategy for maker activity by coding of scientific concepts

즉, 학생들은 물리적·화학적 현상의 물리량 값을 센서를 통해 측정하고, 측정된 값을 통해 실행될 결과를 빛·소리·움직임 등과 같은 구체적인 동작(동작 실행)으로 표현될 수 있는 산출물을 만들도록 하였다(Figure 2 (Above)). 또한, 학생들이 사용자로서 과학 개념과 관련된 사고를 하고, 사고의 결과를 코딩을 통해 아두이노에 입력하면, 아두이노는 입력 값을 실행하고, 실행된 결과를 빛·소리·움직임 등과 같은 구체적인 동작(동작 실행)으로 표현될 수 있는 산출물을 만들도록 하였다(Figure 2 (Bottom)).

나. 메이커 활동 주제 선정 및 절차

과학 개념에 기반한 메이커 활동을 위해서는 학생들이 자신이 이해한 과학 개념을 메이킹 과정에 적절히 적용해야 되는데, 적용되는 과학 개념의 난이도가 너무 높을 경우 과학적 개념을 적용한 메이킹 활동 자체가 어려워져 메이커 과정을 충분히 의미 있게 경험하지 못할 가능성이 있다. 따라서 과학 개념의 난이도를 고려하면서, 메이커 활동 개발 방향에 맞춰 다양한 센서를 접목할 수 있는 과학 실험 주제를 탐색하였다. 즉, 센서 등을 사용하여 물리량을 쉽게 측정하고, 동시에 과학 개념을 직접 활용한 코드 작성이 이루어질 수 있는 실험 주제들을 검토하였다. 따라서 이 연구에서는 연구진들 간의 논의 과정을 거쳐 뚜렷한 화학적 변화를 입·출력 값으로 이용할 수 있는 ‘시계 반응’을 메이커 활동 주제로 선정하였다. 또한, 메이커 활동을 수행할 수 있는 기본적인 장치는 가장 넓게 보급되어 사용되는 오픈 소스 하드웨어인 아두이노를 사용하였다(Yoon et al., 2021). 그리고 코딩 프로그램으로써 아두이노 IDE를 활용하였는데, 아두이노 IDE는 센서와 아두이노를 구동시키고 통제할 수 있는 코드를 쉽게 작성 및 수정·보완할 수 있기 때문이다(Yoon et al., 2021). 또한, 그 이외의 메이커 활동 장치나 센서 등은 학생들의 메이커 문제 해결 방향에 맞춰 필요로 하는 것들을 직접 선정할 수 있도록 하였다.

한편, 대부분의 학생들은 메이커 활동에 대한 경험이 없었으므로 실제 메이커 활동을 적용하기 전 메이커 기초 수업이 이루어졌다. 기초 수업은 아두이노 마이크로컨트롤러, 코딩, 회로에 대한 내용으로 구성되었으며, 학생들은 2주(4시간) 동안 직접 장치를 조작하고 실습해보면서 관련 내용을 익혔다. 기초 수업 후, 1주(2시간)의 아이디어 논의 활동, 2주(4시간) 동안 메이킹 활동을 수행하였다. 전체

수업은 자유롭고 개방적인 분위기를 조성하여 학생들이 스스로 메이커 활동을 이끌어 나가도록 하였고, 전체 활동이 끝난 후에는 활동에서 느낀 자신의 생각과 배울 수 있었던 점 등을 자유롭게 개별적으로 작성할 수 있는 활동 보고서를 제공하였다.

이와 같이 개발한 과학 개념 기반 메이커 활동 프로그램의 적합성과 타당성을 검증하기 위해서 과학교육 전문가 1인, 컴퓨터교육 전문가 1인, 과학교육 석사과정 3인, 박사과정 1인과 수차례 세미나를 통해 논의 및 수정·보완하여 최종적으로 메이커 활동 수업을 완성하였다.

3. 자료 수집 및 분석

이 연구에서는 학생들의 과학 개념 기반 메이커 활동 대화 녹음 자료, 활동 보고서, 연구자의 참여 관찰 자료 등을 수집하였다. 그런 다음, 대화 녹음 자료를 학생들의 메이커 활동 과정의 특징과 메이커 역량 발현 빈도를 살펴보기 위한 주된 분석 자료로 활용하였다. 즉, 대화 녹음 자료를 중심으로 과학 개념을 적용한 메이커 활동 단계와 특징을 규명하였다. 그리고 규명된 활동 단계에 따라 메이커 역량 모델(Yoon et al., 2018)을 분석틀로 하여 학생들의 메이커 역량 발현 빈도 및 경향 등을 분석함으로써, 과학 개념을 적용한 메이커 활동 수업의 특징을 확인하였다. 이때, 활동 보고서 및 연구자의 참여 관찰 자료는 학생들의 메이커 활동 과정에 대한 특징과 시사점 등을 얻기 위한 참고 자료로 활용하였다.

이를 위하여, 과학 개념 기반 메이커 활동이 끝난 후 학생들의 대화 녹음 자료를 모두 전사하였다. 그리고 전사된 자료를 바탕으로 선행 연구(Kang et al., 2019; Yoon et al., 2019, 2021)에서 제시된 메이커 교육의 활동 특징을 바탕으로 의미 있는 요소들을 개방 코딩 및 축 코딩으로 추출하여 범주화하였다. 또한, 선행 연구에는 제시되어 있지 않지만, 의미 있는 요소이자 새로운 특징이라고 생각되는 부분도 함께 추출하여 범주화하였다. 그런 다음, 조별로 범주화한 내용을 서로 비교 및 분석하여 공통된 요소를 찾아 각 활동 단계를 명명하였다. 이 과정에서 과학교육 전문가 2인과 과학교육 석사과정 1인, 박사과정 3인을 중심으로 분석의 전반적인 내용을 논의 및 검토하는 과정을 수차례 거침으로써 분석의 타당도 및 신뢰도를 확보하고자 하였다.

또한, 메이커 활동 단계에 따른 메이커 역량 발현 여부를 분석하기 위해 메이커 역량 모델(Yoon et al., 2018)을 분석 기준으로 하여 학생들의 대화 내용을 분석하였다. 이를 위하여, 학생들 간의 대화 내용에서 학생들이 언급한 ‘한 문장’을 분석 단위로 선정하였다. 그런 다음, 메이커 역량에 대한 정의와 행동 예시를 바탕으로(Yoon et al., 2018) 메이커 역량이 발현된 문장에서 드러나는 메이커 역량 특징을 분석 및 코딩하였다. 예를 들어, 메이커 역량에서 ‘분석적 사고’ 역량은 ‘주어진 문제를 보다 단순한 부분들로 구분하고, 이를 통해 문제에 내재된 부분들 사이의 관계를 확인함으로써 해답을 찾는 사고 역량’을 의미하는데(Yoon et al., 2018), 이 정의에 근거하여 Table 1에 제시되어 있는 예와 같이 3문장을 각각 ‘분석적 사고’로 코딩하였다. 이 때, 학생들의 대화가 이루어지는 맥락과 상황도 함께 고려하여 역량 분석을 실시하였는데, Table 1에 제시되어 있는 예와 같이 1B 학생은 “왜 하필 시계반응을 해 가지고!”란 조원의 부정적 응답 내용을 듣고 난 후, 해당 대화를 이어 나간 것이었다. 이에 1B 학생은 문제 상황을 분석하면서, 동시에 주도적으로 자신의 의견을 제시하며

Table 1. Examples of maker competency analysis

학생들 간 대화 내용 중 1B 학생의 대화 내용	분석 방법	
	내용 분석의 예	메이커 역량
“근데, 용액 내에서 일어나는 화학변화를 따지려면 우리가 메커니즘을 복잡한 과정에서 어렵지 않을까? ⇒ (분석) ‘시계 반응’이란 화학 개념을 적용하여 메이킹 활동을 해야 하는 주어진 문제 상황을 분석하고 있음	“근데, 용액 내에서 일어나는 화학변화를 따지려면 우리가 메커니즘을 복잡한 과정에서 어렵지 않을까. 어쨌든 아두이노의 목적 자체가 어떤 거를 눈으로 보이는 현상을 이용해서 다른 우리가 실생활에 필요한 거를 이끌어내야 하는 거잖아. 그치?” ⇒ (분석) 주어진 문제 상황을 보다 단순한 부분들로 구분함으로써, 해결해야 될 핵심적 목적을 찾고 있음	분석적 사고
	“어쨌든 아두이노의 목적 자체가 어떤 거를 눈으로 보이는 현상을 이용해서 다른 우리가 실생활에 필요한 거를 이끌어내야 하는 거잖아. 그치? 그럼 우리가 해야 될 것은 이 시계 반응을 통해서 우리가 감지할 걸 포커스를 맞추고 그것을 출력해 내야 될 것을 포커스를 맞추고 출력할 것을 생각해 하자.” ⇒ (분석) 메이킹 활동의 출력 내용을 고려하여, ‘시계반응’의 적용 방안을 모색해내고 있음	분석적 사고
	⇒ (분석) 해당 학생은 “왜 하필 시계반응을 해가지고!”란 조원의 말에 왼쪽과 같은 대화를 이어갔음. 이에 주도적으로 문제 상황을 극복해 나가는 모습이 나타남	주도성
	⇒ (분석) 조원들에게 자신의 의견을 적극적으로 제시하고 있음	의사소통

조원들을 이끌고 나간 것으로 볼 수 있고(Yoon *et al.*, 2018), 이에 ‘주도성’ 역량과 ‘의사소통’ 역량을 분석 및 코딩하였다.

이와 같은 방법에 따라 두 명의 연구자가 전자 자료를 임의로 선정하여 분석하였고, 분석자 간 일치도를 구하는 과정을 반복하였다. 분석자 간의 일치도가 95% 이상에 도달한 후 1인의 분석자가 모두 분석하였다. 그런 다음, 분석 결과 내용에서의 타당도 및 신뢰도를 확보하기 위하여, 과학교육 전문가 2인, 과학교육 석사과정 1인, 박사과정 3인을 중심으로 한 세미나를 통해 해석의 방향을 논의하였으며, 이를 바탕으로 메이커 역량 분석을 완료하였다. 한편, 본 연구에서는 분석 결과를 빈도 수로 표시하였는데, 이 때 메이커 역량 빈도 수는 새로운 전략의 적용에 따른 해당 역량의 발현 여부에 초점을 두어 해석할 필요가 있다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 메이커 활동 과정의 단계 별 특징

과학 개념을 적용한 학생들의 메이커 활동 과정은 ‘아이디어 제시’, ‘아이디어 선정 및 계획’, ‘프로토타이핑’ 단계의 흐름을 보였으며, 특히 ‘프로토타이핑’ 단계는 ‘부분 프로토타이핑’과 ‘전체 프로토타이핑’의 단계로 구분되어 이루어졌음을 확인할 수 있었다. 이에 대한 구체적인 내용은 다음과 같다.

가. 아이디어 제시 단계

아이디어 제시는 과학 개념에 기반한 메이커 활동의 첫 번째 단계로서, 이 단계에서는 일반적인 문제해결과정의 아이디어 제시 단계와 마찬가지로 학생들이 논의를 통해 문제를 명료화한 후 아이디어를 자유롭게 제시하면서 다양한 가능성을 탐색하는 발산적 사고 활동이 이루어졌다. 그런데 과학 개념에 기반한 메이커 활동에서 나타난 아이디어 제시 형태나 방향성은 시계 반응과 관련된 과학 개념을 어떻게 ‘특정 현상으로 가시화할 것인가?’ 또는 ‘동작으로 구현해 낼 것인가?’에 대한 ‘출력(output)’에 그 초점이 맞추어져 있음을 알 수 있었

(예 1) 1조 학생들의 대화 내용의 예

ID	색깔이 변하는 것, 이거 자체에 초점을 맞추면 되지 않나?
1A	시계반응을 하면 기본적으로 우리가 알 수 있는 건 시각적 효과밖에 없잖아. <중략> 그럼 우리가 해야 될 것은 이 시계반응을 통해서 우리가 감지할 수 있는 것에 포커스를 맞추고 그것을 어떻게 출력해내야 될 것인가에 대한 생각을... <중략> 그러면 시각, 청각, 후각, 미각, 촉각...
1C	<중략> 아, 그런데 그냥 스위치로 될 수도 있겠다.
1A	애가 색깔이 변하는 게 스위치 역할을 해서 소리가 난다거나, 눈으로 보인다는 게 앞에 있었잖아.

다. 예를 들어, 1조의 대화 내용을 살펴보면, ID 학생이 ‘화학 반응이 시간이 지남에 따라 색깔이 변화하는 것’에 초점을 맞추어 문제를 인식하고 문제해결을 위한 방향을 제시하였다. 이를 바탕으로, 1A 학생은 ‘시계 반응의 시각적 효과’의 특징을 고려하여 ‘출력(또는 구현) 방법’에 대한 아이디어 제시에 포커스를 맞추기’로 문제를 인식하였고, 이후 1조 학생들은 다양한 논의 과정을 거쳐 ‘시계반응의 색깔 변화를 이용한 스위치 효과’란 아이디어를 제시하였다(예 1).

이와 같이 과학 개념에 기반한 메이커 활동의 첫 번째 단계에서는 과학 개념이나 원리를 소프트웨어 등을 활용하여 구체적인 동작(동작 실행)으로 표현할 수 있는 방안 등을 이끌어내기 위한 모습들이 공통으로 나타났다.

나. 아이디어 선정 및 계획 단계

과학 개념에 기반한 메이커 활동의 두 번째 단계는 일반적인 문제 해결과정과 마찬가지로 아이디어 선정 및 계획 단계였다. 그런데 메이커 활동에서의 아이디어 선정 및 계획 단계에서는 아이디어 제시 단계에서 탐색된 다양한 아이디어 중 메이킹을 하는데 현실적으로 실현 가능한 것인가를 기준으로 삼고, 선정된 아이디어들의 타당성을 판단하여 최종 아이디어를 선정하는데 초점이 맞추어져 있었다. 이를 위하여 학생들은 과학 개념을 구현해 낼 수 있는 회로 및 소스 코드를 중심으로 전체적인 메이커 산출물의 구상도를 계획하고, 필요한 장치와 재료들을 탐색 및 선정하는 모습을 나타냈다. 예를 들어, 2조 학생들은 메이커 활동을 위한 구체적인 계획을 세워나갔는데, 이를 위하

(예 2) 2조 학생들의 대화 내용의 예

2A	아, 여기 회로도가 나오네? 여기 숫자를 쓰려면 1234567 필요하잖아, 다 연결하는데? 이런 머리를 굴려봐야겠네, 어찌지, 너무 많이 들어.
2B	최종 아이디어가 제일 중요하니...
2A	망했어. 이거 보니까 LCD로 바뀌야 될 것 같아. 저거 핀 8개 들어가.
2B	일단 해보고, 생각하자.
2A	20에 4, 16에 2... 잠깐만 각이 보인다. 될 것 같네. 이것으로 하자!

여 산출물 제작에 필요한 소프트웨어 관련 지식들을 스스로 탐색하는 모습을 보였다. 즉, 이들은 인터넷을 통해 소프트웨어 장치를 사용하는 방법이나 전기 회로 구성 관련 방법 등을 탐색하고, 수집한 자료나 정보들을 자신들의 조의 메이킹에 필요한 지식으로 재구성하는 모습을 보였다(예 2).

이와 같이 과학 개념에 기반한 메이커 활동의 아이디어 선정 및 계획 단계에서는 실질적인 메이킹의 가능성 탐색을 위하여 학생들이 아이디어 구현에 필요한 센서 등과 같은 소프트웨어를 살펴보고, 전기 회로 구성 및 소스 코드 작성 등에 대한 구체적인 계획을 바탕으로 메이킹을 위한 자신들의 아이디어를 더욱 공고화시켜 나가는 모습을 확인할 수 있었다.

다. 프로토타이핑 단계

과학 개념에 기반한 학생들의 메이커 활동의 세 번째 단계에서는 ‘프로토타입’이 이루어지는 과정과 모습들을 확인할 수 있었다. 프로토타입이란, 아이디어를 검증하기 위해 이를 시험, 제작, 분석하는 과정을 의미한다(Warfel, 2009). 즉, 프로토타입은 형식에 구애받지 않는 아이디어의 직접적인 시각화 활동으로서(Warfel, 2009), 아이디어 창출, 사용성 테스트 등의 과정에서 서로 간에 발생할 수 있는 다른 관점이나 의견 등을 시각화된 자료를 통해 이해하고, 확인된 문제점을 해결하기 위한 방안으로 활용되고 있다(Warfel, 2009).

이에 학생들의 프로토타이핑 활동 모습을 관찰 및 분석한 결과, 본 활동은 ‘부분 프로토타이핑’ 활동과 ‘전체 프로토타이핑’ 활동의 단계로 구분해 볼 수 있었다. 즉, 학생들은 전체를 구성하는 메이커 산출물의 부분들을 세분화시켜서 각각의 개별적인 프로토타입을 만든 후 이를 합쳐나가는 모습을 보였다. 그리고 한 개의 프로토타입을 만드는 프로토타이핑 과정은 (Figure 3)과 같이 「자료 탐색」→「만들기(회로 구성 및 코딩)」→「동작 테스트」→「문제 발생」→「원인 탐색」→「수정 및 보완」의 단계로 이루어졌으며, 프로토타입의 특성에 따라 각 단계

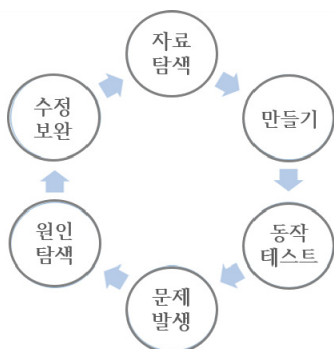


Figure 3. Prototyping process

가 생략되거나 순서에 관계없이 다른 단계로 이동하거나, 또는 이전 단계로 돌아가기도 하는 등의 반복·순환적 과정이 이루어졌다.

‘부분 프로토타이핑’ 과정의 사례를 살펴보면, 1조에서는 메이킹을 위하여 사용한 장치가 LED, 솔레노이드 밸브, 릴레이 모듈, 조도 센서였는데, 이때 1A 학생은 각 장치를 하나씩 사용하여 개별적으로 프로토타이핑을 해 볼 것을 제안하였다. 그리고 1조 학생들은 하나의 프로토타입을 완성한 후, 다른 장치를 사용한 개별 프로토타입 활동을 계속해서 진행해 나가는 모습들을 나타냈다(예 3).

그리고 ‘부분 프로토타이핑’ 단계를 완료한 학생들은 각각의 프로토타입 결과물을 합치고 전체적인 메이커 산출물을 완성하는 ‘전체 프로토타이핑’ 과정을 수행하였다. 그런데 이때, 잘 작동하던 ‘부분 프로토타이핑’ 결과물들이 서로 합쳐졌을 때, 예상과 달리 작동을 잘 하지 않는 경우가 많이 발생하여 학생들은 끊임없는 시행착오 상황을 경험하였다. ‘전체 프로토타이핑’을 만들고 구현시키기 위해서는 부분이 전체로 합쳐졌을 때의 관점에서 코딩의 알고리즘을 이해해야 하기 때문에 코딩의 방법이 달라지거나, 수준이 높아져서 많은 어려움을 겪은 것으로 나타났다. 이와 관련하여, 3조 학생들은 ‘부분 프로토타이핑’의 결과물들을 서로 합쳐서 ‘전체 프로토타이핑’을 만드는 과정에서 동작 테스트를 시도하였으나, 사용한 LCD에 문제 상황이 발생하였다. 3A 학생은 ‘부분 프로토타이핑’ 때 연결했던 것과 다르게 연결한 것을 깨닫고 그것을 하나의 원인이라고 생각하여 수정을 했지만 계속 작동이 되지 않는 상황이 발생하였고, 이 과정에서 LCD가 뜨거워지는 현상을 관찰하였다. 조원들은 장치의 기기적인 문제가 원인이 된 것으로 생각하여 아두이노 보드를 바꾸고 회로를 재구성하여 테스트를 시도했으나 동일한 문제 상황이 계속 발생함에 따라 회로를 재수정하고, 전압과 전류의 관계를 생각하며 다양한 원인을 탐색하였다. 이와 같이 학생들은 지속적으로 문제의 원인을 찾고 프로토타입을 관찰한 결과, 3A 학생이 ‘회로의 극을 잘못 연결한 것’을

(예 3) 1조 학생들의 대화 내용의 예

1A	일단 전구에 불 들어오는 것부터 하나씩 해보자. 그게 제일 간단한 거 아니야.
1B	해보지 뭐. 반대로도 해 보고. 요것도 해보고. 됐다! 됐다!
1A	전구에 빛을 냈어!
1B	대단해!
1A	그리고 이제 이거를 하는 거지. 애가 솔레노이드 밸브를 연결하는 거지.
1B	근데 우리 이거 연결하고 빛을 감지하는 조도 센서도 연결해야 돼.

(예 4) 3조 학생들의 대화 내용의 예

3B	연결이 왜 안 될까? 뭐가 문제일까?
3A	그 때(부분 프로토타이핑) 이쪽에 꽂았었는데, 이쪽으로 옮겨볼까? <중략>
3A	아, 안 돼. 왜 안 될까?
3B	그러게...
3A	근데 애(LCD) 뜨거워!
3C	선을 잘못 꽂은 거 아니야? <중략>
3A	이걸 포기해도 작동이 안 돼서 찾고 있어. 잘못 꽂았어.
3A	LCD 플러스, 마이너스 바뀌어져 있네. 다시 해 보자.

알아차리고 수정하여 프로토타입이 작동되는 모습을 최종적으로 테스트하는 모습을 보였다(예 4).

이와 같이 과학 개념에 기반한 메이커 활동의 마지막 프로토타입 단계에서는 개별적으로 만들어진 높은 완성도의 부분 프로토타입들을 서로 통합하여 전체적인 관점에서 문제 해결을 위한 검토와 수정이 이루어지는 전체 프로토타입 활동이 공통으로 이루어졌다.

2. 메이커 역량 발현 경향

메이커 역량 모델(Yoon et al., 2018)을 분석틀로 하여 과학 개념에 기반한 메이커 활동에서 학생들의 메이커 역량 발현 빈도를 분석한 결과는 Table 2와 같다. 단, 메이커 역량의 빈도 수는 해당 역량의 발현 여부 자체에 초점을 두어 해석할 필요가 있다.

가. 통합적 사고 역량군

‘통합적 사고’ 역량군은 주어진 정보를 분석하고 문제해결의 방향을 찾는 사고와 관련된 역량으로서(Yoon et al., 2018), 주어진 문제의 해결 방안을 찾는 아이디어 제시와 프로토타이핑 단계에서 주로 관찰되었다. 즉, 통합적 사고 역량군을 구성하는 ‘분석적 사고’, ‘직관적 사고’, ‘시각적 사고’, ‘경험적 사고’(Yoon et al., 2018)가 과학 개념 기반 메이커 교육 활동 단계에서 골고루 관찰되었는데, 학생들은 ‘분석적 사고’를 사용하여 주어진 문제를 명료화하고 해결 방향을 모색하였으며 ‘직관적 사고’를 통해 창의적인 아이디어를 제시하였다. 또한 제시된 아이디어는 일상생활의 경험에 기반한 ‘경험적 사고’를 통해 확장된 것으로 나타났다. 이와 관련하여 1조의 대화 내용을 살펴보면, 1A 학생이 시계 반응이라는 과학 개념을 특정 산출물로 구현해 내기 위한 아이디어의 방향을 설정하였고(분석적 사고), 이 과정에서 1C 학생이 시계 반응의 특징을 ‘스위치’, ‘신호등’으로 직관적으로 연결시켰으며(직관적 사고), 해당 내용은 1A 학생을 통해 ‘화재경보기’란

Table 2. Analysis result of maker competency expression frequency by stage of maker activity

메이커 역량군 및 역량	과학 개념 기반 메이커 활동 단계	빈도(%)			
		아이디어 제시	아이디어 선정 및 계획	프로토타이핑	합계
통합적 사고	분석적 사고	35(3.8)	9(1.0)	38(4.2)	82(9.0)
	직관적 사고	24(2.6)	6(0.7)	10(1.1)	40(4.4)
	시각적 사고	12(1.3)	2(0.2)	2(0.2)	16(1.7)
	경험적 사고	18(2.0)	6(0.7)	11(1.2)	35(3.8)
	소계	89(9.7)	23(2.6)	61(6.7)	173(18.9)
협업	공유	0(0.0)	0(0.0)	21(2.3)	21(2.3)
	의사소통	58(6.3)	16(1.7)	83(9.1)	157(17.2)
	갈등관리	0(0.0)	0(0.0)	3(0.2)	3(0.3)
	주도성	42(4.6)	13(1.4)	112(12.2)	167(17.5)
	소계	100(10.9)	29(3.1)	219(23.8)	348(37.3)
메이킹 마인드	다양한 영역에 대한 관심	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
	도전의식	1(0.1)	3(0.3)	9(1.0)	13(1.4)
	실패관리	0(0.0)	0(0.0)	71(7.8)	71(7.8)
	메이킹 과정의 즐거움	0(0.0)	0(0.0)	5(0.5)	5(0.5)
	소계	1(0.1)	3(0.3)	85(9.3)	89(9.7)
인간 중심	인류애	1(0.1)	0(0.0)	0(0.0)	1(0.1)
	사용자 지향	4(0.4)	0(0.0)	0(0.0)	4(0.4)
	소계	5(0.5)	0(0.0)	0(0.0)	5(0.5)
문제 발견	관찰	0(0.0)	3(0.3)	34(3.7)	37(4.0)
	일상 속 불편함의 인식	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
	소계	0(0.0)	3(0.3)	34(3.7)	37(4.0)
메이킹 수행	제작도구에 대한 이해	19(2.1)	13(1.4)	20(2.2)	52(5.7)
	전기에 대한 이해	1(0.1)	0(0.0)	35(3.8)	36(3.9)
	프로그래밍에 대한 이해	0(0.0)	3(0.3)	33(3.6)	36(3.9)
	계획 수립	39(4.3)	25(2.7)	1(0.1)	65(7.1)
	손 지식	0(0.0)	0(0.0)	1(0.1)	1(0.1)
	정보 탐색	14(1.5)	10(1.1)	27(3.0)	51(5.6)
	직접적인 실행	1(0.1)	0(0.0)	21(2.3)	22(2.4)
	소계	74(8.1)	51(5.6)	138(15.1)	263(28.7)
합계	269(29.3)	109(11.9)	537(58.6)	915(100.0)	

아이디어로 연계되어 확장된 것(경험적 사고)으로 나타났다(예 5).

또한 본 활동에서는 ‘시각적 사고’의 발현도 관찰되었는데, 학생들은 아이디어를 구체화시켜 나가는 과정에서 산출물의 디자인이나 개략적인 모식도, 작동 방법, 작동 내용 등을 스케치하여 설명하였다. 예를 들어, 2B 학생이 제시한 타임어택 게임의 아이디어를 2A 학생이 구체화시켜 나갔는데, 해당 학생은 종이에 전체적인 구상도를 그리거나 오픈소스 하드웨어나 실험 장치 등을 직접 보여주면서 설명을 하는 모습을 나타냈다(예 6). 따라서 본 과학 개념 기반 메이커 교육 활동 전략은 문제 해결 과정에서 학생들로부터 통합적 사고의 과정을 골고루 이끌어 낼 수 있는 전략으로 활용 가능성이 있음을 확인할 수 있었다(Yoon et al., 2019, 2021).

한편, 학생들이 과학 개념과 관련된 사고를 하고, 사고의 결과를 아두이노를 통해 어떤 방식으로 입·출력을 유도해 낼 것인가를 결정해야 하는 본 활동의 특징이 복잡한 상황을 세분화하여 이해하고, 숨어있는 문제 해결의 방향성을 찾는 분석적 사고나 직관적 사고 등의 발현을 이끌어냈던 것으로 해석해 볼 수 있다(Kang et al., 2019; Yoon et al., 2021). 또한 본 활동에서는 특정 산출물의 구동을 아두이노 기반으로 설계하고, 브레드보드(Breadboard)에서 전기 회로를 구성하여 아두이노와 구동 장치 및 센서 간의 전체적인 동작 실험이 이루어져야 한다. 즉, 전기 회로, 코딩, 센서 등과 같은 오픈소스 하드웨어 및 소프트웨어 간의 논리적인 연결과 구성이 요구되며, 이 활동 과정의 복잡성이 학생들로부터 시각적 사고를 유도했던 것으로 생각해 볼 수 있다(Kang et al., 2019; Yoon et al., 2019, 2021).

나. 협업 역량군

‘협업’ 역량군은 의사소통을 통해 협력적으로 문제를 해결해 나가는 역량으로서(Yoon et al., 2018), 해당 역량군(Yoon et al., 2018)은 본 활동 과정의 전반에서 고르게 관찰되었다. 즉, 학생들의 과학 개념

(예 5) 분석적·직관적·경험적 사고 역량과 관련된 학생들의 대화 내용의 예

1A	<분석적 사고> 어쨌든 우리 목적 자체가 어떤 거를(과학 개념을) 눈으로 보이는 현상을 이용해서 우리가 실생활에 필요한 거를 이끌어내야 하는 거잖아. 그렇지? 그럼 우리가 해야 될 것은 이 시계반응을 통해서 우리가 감지할 수 있는 것에 포커스를 맞추고 그것을 어떻게 출력해내야 될 것인가에 대한 생각을... <중략>
1C	<직관적 사고> 그냥 온·오프만 찾으면 되는 거니까. 아, 그런데 그냥 스위치로 될 수도 있겠다!
1A	<경험적 사고> 화재경보기 연기나면 막 물 뿌리잖아. 그것처럼 여기서 색깔이 변하면 비타민을 뿌리는 거지. 그래서 다시 무색으로 바꾸고 다시 색깔이 변하면 다시 비타민을 계속 뿌리고.

(예 6) 시각적 사고 역량과 관련된 학생들의 대화 내용의 예

2A	<시각적 사고> (그림을 그리면서) 타이머를 돌려서 led 4개, 조도센서 4개 사이에 비커 4개, 비커든 저 큐벳이든, 만들어놓고 조도센서를 이렇게 반으로 연결해놓고... <중략> 그러니까 입력 4개에다가 led 4개면은 출력 4개, 요거 각각 3개로 줄일 수 있을까. 이게 각각 1개당 얼마나 될지 모르겠지만...
----	--

기반 메이커 활동은 모든 조원들의 참여를 바탕으로 활발한 의사소통과 상호작용을 통해 진행되었으며, 이에 본 전략은 학생들에게 협력적 문제 해결의 가치와 태도를 이헤시키고, 기르는데 활용 가능성이 있음을 알 수 있었다(Anderson, 2013; Dixon & Martin, 2014; Yoon et al., 2019). 한편, 이와 같은 결과는 메이커 활동에 기반을 둔 과학 R&E 프로그램의 사례 연구에서 학생들에게 협업의 분위기가 나타났다는 Lee & Hong(2018)의 연구와 도서관 메이커 활동에서 학생들이 개별 메이커에서 협력적 메이커로서의 변화를 보였다는 Kang & Choi (2017)의 연구와 동일한 맥락에서 해석될 수 있다.

다. 메이킹 수행 역량군

‘메이킹 수행’ 역량군은 메이킹을 직접 실천하는데 요구되는 지식·기술 관련 역량으로서(Yoon et al., 2018), 본 활동에서는 ‘아이디어 제시’, ‘아이디어 선정 및 계획’ 단계에서 ‘계획 수립’ 역량(Yoon et al., 2018)이 주로 관찰되었다. 예를 들어, 학생들은 성공적인 산출물 제작을 위해 구체적인 시나리오를 계획하고, 필요한 제작 도구를 확인하는 등의 모습을 나타냈다(예 7).

일반적으로 전문 메이커들은 메이커 활동 전 구체적인 사전 계획 수립 활동을 수행하는데(Yoon et al., 2018), 본 연구에 참여한 학생들 역시 유사한 모습을 나타냈다. 한편, 본 활동에서는 과학 개념의 코딩(프로그래밍), 그리고 코딩한 내용의 구현을 위한 아두이노 기반 메인 컨트롤러(통합보드)의 설계 과정 등이 복합적으로 요구되며, 이와 같은 문제 상황이 학생들로부터 비교적 철저한 사전 계획 활동을 유도했던 것으로 해석해 볼 수 있다(Yoon et al., 2019, 2021).

라. 메이킹 마인드 역량군

‘메이킹 마인드’ 역량군은 메이커들이 지니고 있는 내적 동기와 관련된 정의적 속성으로서(Yoon et al., 2018), 본 과학 개념에 기반한 메이커 교육 활동에서는 프로토타이핑 단계에서 ‘도전 의식’ 역량(Yoon et al., 2018)과 ‘실패 관리’ 역량(Yoon et al., 2018)의 형태로 관찰되었다. 예를 들어, 2조의 대화 내용을 살펴보면, 학생들은 LCD에 화면이 뜨지 않는 문제 상황에서 실패의 원인을 탐색하고 다른 방안을 찾아보거나 구성한 전기 회로를 여러 차례 확인하는 등과 같이 문제 해결을 위한 적극적인 태도를 나타냈으며, 결국 학생들은 문제 상황을 극복해 냈음을 확인할 수 있었다(예 8).

이와 같이 학생들은 센서와 소스 코드를 통해 과학 개념을 접목한 여러 가지 형태의 실험 장치를 직접 설계하고 만들어 보는 과정에서

(예 7) 계획 수립 역량과 관련된 학생들의 대화 내용의 예

2A	1번 몇 초, 2번 몇 초, 3번 몇 초, 4번 몇 초...
2B	그 다음에 30초에 젤 가까운 데에 불이 딱 켜지는 거지!
2D	30초에 가장 가까운 거에 불이 켜진다고?
2B	응, 그쪽에만.
2D	led에?
2B	응!
2D	그럼 led가 2개가 있는 거야?
2B	어 그렇지, 조도센서에 빛을.

다양한 형태의 시행착오와 실패를 겪었고, 더 나아가 이를 극복해 내는 모습도 나타냈는데, 특정 형식에 구애받지 않고 아이디어를 시험해 보고, 실패하고, 다시 도전해 보는 학생들의 모습이 본 활동의 프로토타입 단계에서 주로 관찰된 것은 기존 메이커 교육의 목표와도 매우 일치한다(Yoon *et al.*, 2019, 2021).

마. 인간 중심 및 문제

‘인간 중심’ 역량군은 메이커들의 인간 존중 역량으로서(Yoon *et al.*, 2018) 사회적 책임과 인류애를 바탕으로 한 문제 해결 역량을 의미하는데, 본 활동에서는 해당 역량들이 거의 관찰되지 않았다. 다만, 시계반응을 활용한 메이커 산출물의 방향성 설정 과정에서 1조 학생들이 시각·청각 장애인의 입장과 상황을 고려하는 모습을 관찰할 수 있었다(예 9).

이와 같은 결과는 기존의 선행 연구 결과들과 유사하며(Yoon *et al.*, 2018, 2019), 이에 인간 중심 역량군은 학생들에게 단순히 메이커 활동 환경을 제공한다고 하여 발현될 수 있는 역량이 아닌 것으로 해석해 볼 수 있다. 즉, 교수자가 메이커 수업의 목표와 방향성을 어떻게 설정하고, 또한 학생들이 그것을 어떻게 인식하느냐에 따라 인간 중심 역량군의 발현 여부나 비율 정도가 달라질 것으로 생각된다(Yoon *et al.*, 2018, 2019).

바. 문제 발견 역량군

‘문제 발견’ 역량군은 주어진 문제를 새로운 관점에서 정의하거나 새로운 문제를 찾아내는 역량으로서(Yoon *et al.*, 2018), 본 활동에서 해당 역량들은 인간 중심 역량군과 마찬가지로 거의 관찰되지 않았다. 이는 과학 교과 내용과 연계시킨 본 메이커 활동은 교사의 의도적인 학습 목표와 방향성이 명확히 정해져 있었기 때문인 것으로 그 결과

(예 8) 도전 의식 및 실패 관리 역량과 관련된 학생들의 대화 내용의 예

2A	빛이 이렇게 가면 이게 이렇게 서있어. 그래서 그게 너무 불안해. 달랑달랑 거리니까. 그렇게 할 생각이야. 어떻게 생각하니. 같이 생각해보자.
2B	애를 꺾어서 이렇게 놔도 돼.
2A	아... 이렇게 실패인가. 아! 아니야. 떠. 뜨는데 애가 약해서 안 보이는 거야. 여기 헬로우 있어. 자세히 보면.

(예 9) 인간 중심 역량과 관련된 학생들의 대화 내용의 예

1C	그런데 솔직히 진짜, 왜냐면 시각·청각장애인은 어떡해? 후각으로 하자.
<중략>	
1C	사람들이 화장실에서 나갈 때 바닥에 스위치를 깔아놓는 거야. 그래서 딱 지나면 거기 스위치가 눌리면 비타민이 들어오는 거야. 들어오게 한 다음에 비타민이 들어오면 무색이 되잖아. 무색이 되면 불이 꺼지는 거야.
1A	그러면 감지, 촉각 압력감지센서를 달아서 압력이 되면 시계반응이 일어나서 색깔이 바뀌면...
1C	왜냐면 사람 나가자마자 불이 꺼지면 안 되니까 시간이 필요하니까.
1B	근데 안에 사람이 있을 수도 있잖아. 한명이 나간다고 불이 꺼지면 그 안에 있는 사람은?

(예 10) 문제 발견 역량과 관련된 학생들의 대화 내용의 예

2B	웰컴이 안 뜨는 거 아니야? 그러면 그냥 숫자 써 봐.
2A	뭐가 안 되는지 모르겠어. 그 SCL이 파란선 SDA가 회색선!
2C	빛이 이렇게 가면 이게 이렇게 서있어. 그래서 그게 너무 불안해. 달랑달랑 거리니까. 그렇게 할 생각이야. 어떻게 생각하니. 같이 생각해보자.
2A	브레드보드가 눌혀져 있으니까. 다시 해봐야지.
2C	2B야, 나 이거 모르겠어.
2A	그래서 다시 한 번 봤는데... <중략> 아 이렇게 실패인가. 아니다. 애가 약해서 안 보이는 거야. 여기 헬로우 있어. 자세히 보면.

를 해석해 볼 수 있다(Cohen *et al.*, 2017). 다만, 아이디어를 테스트하고 제작하는 활동이 이루어진 프로토타이핑 단계에서 학생들이 주로 특정 문제들을 발견해 내고, 이를 해결하기 위한 태도가 관찰되었다(예 10).

3. 과학 개념에 기반한 메이커 활동에서 나타나는 특징

가. 메이커 활동 과정에서 코딩을 위한 로직으로 과학적 개념의 사용

과학 개념에 기반한 메이커 활동에서 관찰된 중요한 특징으로서, 메이커 활동을 위한 코딩의 로직으로 과학적 개념의 사용을 들 수 있다. 즉, 학생들은 본 메이커 활동에서 자신들이 학습한 과학 개념 자체를 코딩을 위한 로직으로 사용하여 다양한 산출물을 만들기 위한 아이디어를 제시하고(예: 시계 반응으로 LED 신호등 만들기, 30초 타임어택 게임 만들기, 컬러센서로 화학 실험 제어하기, 온도에 따른 시계 반응 속도 실험, 시계 반응으로 노래 연주하기), 이를 다양한 소프트웨어 및 제작 도구를 활용한 만들기 활동으로 구체화시켜 나가는 모습을 나타냈다. 실제로, ‘시계 반응’을 주제로 한 조는 ‘화장실에 사람이 있을 때 불이 켜지게 하기’의 아이디어를 실제 만들기 상황에 맞게 구체적으로 제시하였는데, 시계 반응의 원리를 기반으로 ‘비타민이 뿌려지는 상황’, ‘불이 켜지는 상황’ 등을 제어하기 위한 계획을 나타냈다(예 11).

이와 같이 새로운 메이커 활동에서 학생들은 과학 개념을 코딩 로직으로 접목하여 자신들의 삶과 연계되어 있는 신호등이나 게임기 등을 스스로 만들었다. 이와 같은 결과는 과학 개념에 기반한 메이커

(예 11) 1조 학생들의 대화 내용의 예

1C	사람들이 화장실에서 나갈 때 바닥에 스위치를 깔아놓는거야. 나갈 때 여기서 여기 지날 때만, 그래서 딱 지나면 거기 스위치가 눌리면 비타민이 들어오는거야. 들어오게 한 다음에 비타민이 들어오면 무색이 되잖아. 무색이 되면 불이 꺼지는거야. 그래서 사람들이 나가면 자동으로 불이 꺼지게.
1B	무색이 되면 켜지고, 아니 무색이 되면 불이 켜지고 나가면 꺼지게?
1A	그러면 감지, 촉각 압력감지센서를 달아서 압력이 되면 시계반응이 일어나서 색깔이 바뀌면
1C	왜냐면 사람 나가자마자 불이 꺼지면 안되니까 시간이 필요하니까
<중략>	
1A	화장실에서 한정짓지 말고 한 칸으로 하자. 안에서 압력센서를 달아서 사람이 있을 때는 켜지다가 사람이 나가면 압력을 받아서 시계 반응이 일어나서

활동이 메이커 교육의 본질을 확보하면서 과학 교육의 목표인 학생들의 개념 이해 측면을 구현해 줄 수 있는 새로운 교수·학습 전략으로서의 가능성을 보여준 것으로 해석해 볼 수 있다.

나. 과학 개념에 대한 심화적인 이해

과학 개념에 기반한 메이커 활동의 특징으로서, 학생들의 과학 개념에 대한 심층적 이해를 들 수 있다. 즉, 학생들은 제시된 과학 개념을 메이킹 산출물에 반영시키기 위해 지속적인 논의를 진행하였다. 예를 들어, 1조는 시계 반응을 일으키는 시약인 비타민C의 분해와 역반응 등과 같이 화학 반응의 메커니즘에 대한 논의를 활발히 진행하였는데(1D: I₃가 이미 만들어지면 비타민 투여하면 다시 무색으로 돼요?, 1B; 그렇지 않아? A 용액 다 안 넣고 비타민C만 넣어도, 1D; I₂만 분해되는 것인가? I₃도 분해되는 것인가?), 이 과정에서 제시된 화학 반응에 대한 학생들의 심화적인 이해가 이루어짐을 확인할 수 있었다(예 12).

메이커 활동 과정에서 산출물이 작동하게끔 하기 위해서는 코딩을 위한 로직이나 알고리즘이 요구되는데(Jeong et al., 2018; Kang et al., 2019), 과학 개념을 적용한 메이커 활동에서는 과학 개념 자체가 로직이나 알고리즘으로 활용되었고, 이 과정에서 학생들의 과학 개념에 대한 심화적인 이해가 유도될 수 있었던 것으로 해석해 볼 수 있다. 본 활동에서의 알고리즘에서는 시계 반응과 관련된 과학 개념과 학생들이 구현해 내고자 하는 산출물의 특징이 동시에 고려되어 코딩 내용이 순차적·절차적으로 표현되어야 했기 때문이다. 즉, 과학 개념에 대한 명확한 이해를 바탕으로 논리적인 개념 설계가 제대로 이루어지지 않으면 산출물이 제대로 작동될 수 없다. 실제로, 학생들은 이 과정에서 여러 차례의 시행착오를 겪었고, 이를 해결해 나가는 과정에서 과학 개념에 대한 심화적인 이해가 이루어질 수 있었던 것으로 생각된다.

다. 학습의 주도성 이양을 통한 높은 성취감 및 흥미 유발

과학 개념에 기반한 메이커 활동의 또 다른 특징으로서, 학생들의 높은 성취감 및 흥미 유발을 들 수 있다. 즉, 메이커 활동 과정에서 학생들이 성공의 경험을 했을 때 감탄사를 크게 말하거나 박수치며 흥분하는 모습을 자주 관찰할 수 있었는데, 이에 대한 이유로서 학생들은 ‘스스로 생각해 볼 수 있는 활동’, ‘직접 구상한 것을 만들어

(예 12) 1조 학생들의 대화 내용의 예

1A	색을 인지를 하고 다시 넣어서 무색으로 만들면 그럼 또 다시 시간이 흐르면 반응이 일어날 거 아니야.
1D	그저 2번에서 I ₃ 가 이미 만들어지면 비타민 투여하면 다시 무색으로 돼요?
1B	그렇지 않아? A 용액 다 안 넣고 비타민C만 넣어도.
1D	I ₂ 만 분해되는 건가? I ₃ 도 분해되는 건가?
1D	어떤 일이 일어나면 비타민 투여를 계속 하고 있다가 푹푹 떨어 뜨리고 있다가 어떤 일이 일어나면 딱 멈춰.
1A	이게 비타민이 분해되는 거잖아. 비타민이 부족하다면 다시 비타민을 넣어주고
1C	그러면 비타민을 넣어주면 무색이 되는 거 아니야?

(예 13) 활동 보고서 분석 예

1A	조원들과 아이디어를 내고 구상을 하는 과정에서 실생활에 다양하게 아이디어를 이용한 작품을 생각해 볼 수 있었고, 브레드보드 회로 구성과 스케치 코딩 과정에서 어려움이 있었지만, 안 되는 이유를 직접 찾고 스스로 생각해보면서 완성된 회로를 만들어냈을 때 보람을 느낄 수 있었다.
2A	직접 구상한 것을 만들어본다는 즐거움이 있었고 부품의 가격이 생각보다 저렴해 놀랐다.
2C	일반화학실험은 그동안 매뉴얼을 주면 그걸 따라서 그냥 했는데 이번엔 우리가 아이디어를 내고 뭘 할지 직접 정하면서 내가 뭔가를 해냈다는 성취감이 들어 뿌듯했다.

본다는 것에 대한 즐거움’, ‘내가 무엇인가를 직접 해냈다는 성취감’ 등과 같이 자기 주도적이면서 주체적인 활동이 이루어졌기 때문임을 알 수 있었다(예 13).

즉, 기존의 과학 탐구 활동의 문제점으로서 지적받아 오던 요리책식 실험이나 탐구 활동 등과 달리 메이커 수업을 통한 주체적인 문제 해결 활동을 통해 학습의 주도성이 학습자로 이양되는 모습은 메이커 교육뿐만 아니라 과학 교육이 추구하는 교육적 가치와 일치한다고 볼 수 있다(Kang et al., 2017). 특히 우리나라 학생들의 과학 학습에 대한 자신감이나 과학에 대한 가치 인식 정도가 국제 수준에 비해 매우 낮은 것으로 보고되어 온 현 실정에서(Kim et al., 2010), 본 연구 결과에 기반한 메이커 활동 프로그램은 추후 학생들의 과학에 대한 자신감 및 가치 인식 정도를 개발하고, 높이는데 긍정적 기여를 할 가능성이 있다고 여겨진다.

IV. 결론 및 제언

4차 산업혁명 시대의 미래 사회를 준비하기 위한 교육의 패러다임이 지식 중심에서 역량 중심으로 변화하면서, 메이커 교육은 이에 부합하는 새로운 교육 방법론 중 하나로써 논의되고 있다. 즉, 정보통신 기술의 발달로 인해 메이커 운동은 새로운 제작 문화이자 경제 원동력으로 주목되었고, 최근 메이커 운동의 교육적 가치를 바탕으로 메이커 교육으로 확장되었다. 이에 본 연구에서는 장기적인 관점에서 메이커 교육이 정규 교육과정에서 모색되어야 할 필요성을 바탕으로, 과학 교육에 메이커 교육을 적용하여 그 가능성과 방향을 파악하고자 하였다. 이를 위하여, 본 연구에서는 대학생을 대상으로 한 과학 개념을 적용한 메이커 활동 내용의 방향성을 제시하였고, 이를 기반으로 관련 메이커 활동을 일반화학실험 강좌에 적용하였다. 그런 다음, 메이커 활동에 대한 학생들의 대화 내용을 통해 메이커 활동 과정과 특징을 분석하고, 메이커 역량 모델을 바탕으로 메이커 교육의 본질적 가치라고 볼 수 있는 학생들의 메이커 역량 발현 여부를 확인하였다. 또한, 과학 개념 이해 모색이라는 측면에서 과학 개념 기반 메이커 교육의 특징 및 가능성을 살펴보았다.

분석 결과, 과학 개념을 적용한 메이커 활동에서 학생들은 ‘아이디어 제시’, ‘아이디어 선정 및 계획’, ‘프로토타이핑’의 과정을 거쳐 활동을 수행하였고, 특히 프로토타이핑은 ‘부분 프로토타이핑’ 활동과 ‘전체 프로토타이핑’ 활동의 두 단계를 거쳐 관련 활동이 이루어졌음을 확인할 수 있었다. 이때, 프로토타이핑은 ‘자료 탐색 - 만들기 - 동작 테스트 - 문제 발생 - 원인 탐색 - 수정·보완’의 과정으로 반복·순환되어 이루어졌다. 또한, 학생들의 대화 내용을 메이커 역량 모델

을 바탕으로 분석한 결과, 과학 개념을 적용한 메이커 활동에서 학생들의 메이커 역량 발현 내용을 확인할 수 있었다. 또한, 과학 개념에 기반한 메이커 활동의 특징으로서, ‘메이커 활동 과정에서 코딩을 위한 로직으로 과학적 개념의 사용’, ‘과학 개념에 대한 심화적인 이해’, ‘학습의 주도성 이양을 통한 높은 성취감 및 흥미 유발’이 나타났다. 즉, 한 개의 과학 개념을 적용한 메이커 활동이었지만, 결과적으로 과학 개념을 코딩의 로직으로 적용한 다양한 산출물들이 학생들로부터 관찰되었다. 또한, 학생들은 모든 메이커 활동 과정에서 과학 개념에 대한 심층적 논의를 활발히 수행하였고, 학생들은 메이커 활동 과정에서 여러 차례의 시행착오를 겪었으나 주제적인 메이커 활동 과정을 통해 학습의 주도성이 학습자로 이양되면서 어려움을 스스로 극복해 나간 것으로 나타났다. 그리고 이는 궁극적으로 학생들의 높은 성취감으로 이어졌던 것으로 나타났다. 따라서 이와 같은 분석 결과를 바탕으로, 본 연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 메이커 활동은 학생 수준을 고려하여 과학 교과 수업에서 이루어질 가능성이 있다. 즉, ICT적 요소를 접목한 산출물 속에 과학 개념을 코딩의 로직 등으로 반영시킨 본 메이커 활동은 학생들의 과학 개념에 대한 심층적 이해를 모색하면서, 다양한 메이커 역량 개발을 유도해 낼 수 있는 전략으로 과학 교과(실험) 수업에서 그 활용 가능성을 고려해 볼 수 있다. 그러나 메이커 활동이 과학 교과 수업에서 원활히 이루어지기 위해서는 학생들이 기초적 수준에서 오픈소스 하드웨어 및 소프트웨어를 다룰 수 있는 역량을 갖추어야 하는데, 최근 소프트웨어 교육이 학교 교육과정으로 들어옴에 따라 학생들의 기초 역량과 관련된 어려움이나 문제 등은 어느 정도 해결될 수 있을 것으로 생각된다. 다만, 학생들과 마찬가지로 교사는 학생들의 메이커 활동 과정에 대한 적절한 스캐폴딩을 위해 학생 수준 이상의 메이커 능력을 갖추어야 하며(Yoon et al., 2020) 이를 위해서 교사들을 위한 다양한 메이커 교육 연수가 이루어져야 할 것이다.

둘째, 과학 개념에 기반한 메이커 활동은 과학 수업에서 과학 개념에 대한 학생들의 이해를 모색할 수 있을 뿐만 아니라, 협력적이고 도전적인 학습 역량을 기를 수 있는 방법이 될 수 있다. 예를 들어, 과학과 핵심 역량인 ‘과학적 의사소통 능력’은 메이커의 ‘협업’ 역량과 많은 부분 일치한다. 그런데 과학 개념에 기반한 메이커 활동에서도 ‘협업’ 역량군이 발현된 것을 볼 때, 본 메이커 활동에서 과학 개념에 대한 학생들 간의 활발한 의사소통이 이루어졌으며, 이는 협업을 통한 문제해결이 충실히 이루어졌음을 알 수 있었다. 또한, 본 연구에서는 ‘메이킹 마인드’ 역량군에서 ‘도전의식’, ‘실패관리’ 역량의 발현 모습도 확인할 수 있었는데, 이는 학생들이 실패를 두려워하지 않고 끊임없이 도전하는 긍정적인 학습 태도 및 문제해결역량을 기르는 데에도 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다.

셋째, 창의적인 과학 교육을 위한 방안으로 메이커 교육과 과학 교과 교육 간의 적극적인 접목을 고려해 볼 필요가 있다. 21세기에는 다양한 분야의 지식, 기술, 경험을 융합적으로 활용하여 새로운 것을 창출하는 창의적 사고 역량이 필요하며, 과학 교육은 과학적 탐구 능력과 지식을 바탕으로 창의적으로 사고하는 것을 목표로 두고 있다(Ministry of Education, 2015). 학생들은 메이커 산출물을 제작해 나가는 과정에서 과학 개념에 대해 지속적으로 논의하면서 과학 개념을 심층적으로 이해하였고, 이를 바탕으로 과학 개념이 반영된 창의적인 메이커 산출물을 만들어냈다. 이에 학생들에게 잠재력을 이끌어내어

무한한 아이디어를 구상하고 상상을 현실로 만들어 내는 메이커 수업은 창의적인 사고 역량의 개발과 함께 과학 교육에서 목표로 하는 과학 개념의 이해 및 탐구 능력의 개발 등에도 도움을 줄 수 있는 교수·학습 방법론으로서의 역할을 수행해 낼 가능성이 있는 것으로 생각된다.

넷째, 메이커 교육을 통해 즐거운 과학 교육이 이루어질 수 있다. 교육부는 ‘즐거고’, ‘누리고’, ‘나누는’ 과학교육을 비전으로, 학생들이 즐거운 과학 학습을 하기 위한 방법으로 메이커 교육을 제시하고 있다(Ministry of Education, 2016). 본 연구에서 학생들은 과학 개념 기반 메이커 활동을 통해 과학에 대한 흥미와 이해도가 높아졌음을 나타냈다. 따라서 새로운 과학 교육 방법으로써 메이커 교육을 적용한다면 학생들이 즐겁게 과학을 학습하는 과학 교육의 비전을 실현할 수 있을 것으로 기대된다.

마지막으로, 메이커 활동 과정이 이루어지는 학생들의 실제 활동 과정을 이해하고, 이를 과학 수업(또는 실험 활동)에 반영할 필요가 있다. 그런데 본 연구에서 밝힌 메이커 수업의 과정과 각 단계에서 발현되는 메이커 역량, 그리고 메이커 활동의 특징은 메이커 교육이 학교 교육에 도입되기 시작하는 현시점에서 메이커 활동을 처음 접하는 학생들에게 이루어져야 하는 안내 및 수업의 구성과 방법에 대한 자료가 될 수 있을 것으로 생각된다.

한편, 본 연구는 일부 대학생들만을 대상으로 이루어졌기 때문에, 연구 결과를 일반화하고 해석하는 데 한계가 있을 수 있다. 따라서 추후 연구 대상을 다양화하여 심층적인 양적·질적 연구가 이루어질 필요가 있으며, 더 나아가 초·중등 과학과 교육과정의 내용 체제와 성취 기준을 분석하여 메이커 교육에 적합한 학습 요소를 추출하고, 학교 현장의 현실적인 환경을 고려하여 다양한 과학 수업 메이커 프로그램의 개발 및 적용 연구도 필요할 것으로 생각된다. 즉, 초·중등 학생들을 대상으로 한 과학 개념 기반 메이커 활동 관련 연구를 적용해 보고, 과학 개념 형성을 중심으로 한 학생들의 메이커 활동 과정에 중점을 두어 관련 특징들을 심층적으로 살펴볼 필요가 있다.

국문요약

본 연구에서는 과학 교과에 메이커 교육을 융합한 프로그램의 특징을 파악하고 학생들에게 발현되는 메이커 역량을 탐색하고자 한다. 이를 위하여 과학 개념에 기반한 메이커 활동 프로그램을 개발하여 H 대학교 1학년 학생 20명을 대상으로 일반화학실험 강좌에서 적용하였고, 활동 자료를 분석하였다.

과학 개념에 기반한 메이커 활동의 분석 결과는 다음과 같다. 첫째, 학생들은 ‘아이디어 제시’, ‘아이디어 선정 및 계획’, ‘프로토타이핑’의 과정을 거쳐 활동을 수행하였고, 특히 프로토타이핑은 ‘부분 프로토타이핑’과 ‘전체 프로토타이핑’ 활동의 단계로 이루어졌음을 확인할 수 있었다. 둘째, 활동의 특징으로서, ‘메이커 활동 과정에서 코딩을 위한 로직으로 과학 개념의 사용’, ‘과학 개념에 대한 심층 이해’, ‘학습의 주도성 이양을 통한 높은 성취감 및 흥미 유발’이 나타났다. 셋째, 활동 과정에서 협업과 메이킹 수행 역량이 많이 발현되었으나, 인간 중심 역량군은 거의 발현되지 않았다.

주제어 : 과학 개념, 메이커 교육, 메이커 역량

References

- Anderson, C. (2012). *Makers*. New York: Crown Business.
- Bergson, H. L. (1946) *The creative mind*. New York: Philosophical Library.
- Bevan, B. (2017). The promise and the promises of making in science education. *Studies in Science Education*, 53(1), 75-103.
- Blikstein, P. (2013). Digital fabrication and 'making' in education: The democratization of invention. *FabLabs: Of machines, makers and inventors*, 1-21.
- Blikstein, P., Martinez, S. L., & Pang, H. A. (Eds.). (2016). *Meaningful making: Projects and inspirations for fab labs and makerspaces*. Constructing Modern Knowledge Press.
- Busan Metropolitan City Office of Education (2018). Basic plan for elementary and secondary science education.
- Byun, M. K. (2018). Analysis of perception about maker education by invention class students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 38(1), 1-9.
- Byun, M. K., & Choe, I. S. (2018). Exploring the direction of Korean maker education for activating maker's movement in the 4th industrial revolution. *Journal of Engineering Education Research*, 21(2), 39-50.
- Choi, J. G. (2014). Study on the domestic/foreign maker movement case and activation plan for domestic maker movement culture. Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity's Research Report.
- Cohen, J., Jones, W. M., Smith, S., & Calandra, B. (2017). Makification: Towards a framework for leveraging the maker movement in formal education. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 26(3), 217-229.
- De León, A. T., (2014) Project-based learning and use of the CDIO syllabus for geology course assessment, *Global J. of Engng. Educ*, Vol, 16, No. 3, pp. 116-122, 2014.
- Dixon, C., & Martin, L. (2014). Make to relate: Narratives of, and as, community practice. In Polman, J. L., Kyza, E. A., O'Neill, D. K., Tabak, I., Penuel, W. R., Jurov, A. S. O'Connor, K., Lee, T. & D'Amico, L. (Eds.), *Proceedings of the international conference of the learning sciences (ICLS) 2014* (pp. 1591-1592). University of Colorado, Boulder.
- Dougherty, D. (2012). The maker movement. *Innovations*, 7(3), 11-14.
- Dougherty, D. (2013). The maker mindset. In M. Honey & D. E. Kanter (Eds.), *Design, make, play: Growing the next generation of STEM innovators* (pp.7-11). New York, NY: Routledge.
- Ha, M., Park, H., Kim, Y. J., Kang, N. H., Oh, P. S., Kim, M. J., Min, J. S., Lee, Y., Han, H. J., Kim, M., Ko, S. W., & Son, M. H. (2018). Developing and applying the questionnaire to measure science core competencies based on the 2015 revised national science curriculum. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 38(4), 495-504.
- Halverson, E. R., & Sheridan, K. M. (2014). The maker movement in education. *Harvard Educational Review*, 84(4), 495-565.
- Jeong, H. J., Han, M. K., Hyun, J. M., Eom, S. Y., & Kim, Y. R. (2015). *Become a creative maker with 3D printers and STEAM*. Korea Productivity Center's Research Report.
- Jeong, J. W., Kim, S. H., Min, S. H., Lee, E. H., Jeong, D. H., & Kim, J. S. (2018). Research on guidelines for establishing a maker space learning environment. Korea Education and Research Information Service's Research Report(RR 2018-5).
- Kang, I. A., & Choi, S. K. (2017). Maker mindsets experienced through the maker activity in library: Focusing on social relationships among makers. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 17(19), 407-430.
- Kang, I., & Kim, H. (2017). Exploring the value of the maker mind set at maker education. *Journal of the Korea Contents Association*, 17(10), 250-267.
- Kang, I. A., & Kim, M. (2017). Exploring educational effects of maker activity in an elementary school class. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 17(14), 487-515.
- Kang, I. A., Kim, Y. S., & Yoon, H. J. (2017). Fostering entrepreneurship by maker education: A case study in an higher education. *Journal of the Korea Convergence Society*, 8(7), 253-264.
- Kang, S. J., Yeo, H. W., & Yoon, J. (2019). Applying chemistry knowledge to code, construct, and demonstrate an Arduino-carbon dioxide fountain. *Journal of Chemical Education*, 96(2), 313-316.
- Kim, Y. I. (2018). Exploring the applicability of maker education theory to practical arts education at elementary school. *The Journal of Practical Arts Education Research*, 24(2), 39-57.
- Lee, C. Y., & Hong, H. G. (2018). A case study of chemistry inquiry R&E program based on maker activity. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 18(18), 131-154.
- Lee, J., & Jang, J. (2017). Development of maker education program based on software coding for the science gifted. *Journal of Gifted/Talented Education*, 27(3), 331-348.
- Lee, S. B., Lee, S. C., & Kim, T. (2018). A study on the application of design thinking-based maker education in connection with creative experience activity in elementary school. *The Korean Association of Computer Education Conference Papers*, 22(1), 63-67.
- Lee, S. C., Jeon, Y. J., & Kim, T. (2017). Analysis of the oversea's cases of maker movement and suggestion of the introduction of domestic maker education. *The Korean Association of Computer Education Conference Papers*, 21(1), 41-43.
- Lee, Y. S., & Joe, G. M. (2016). A consideration on a meaning of maker education in early childhood science education. *Journal of Children's Media & Education*, 15(4), 217-241.
- Loertscher, D. V., Preddy, L., & Dery, B. (2013). Makerspaces in the school library learning commons and the uTEC maker model. *Teacher Librarian: The Journal for School Library Professionals*, 41(2), 48-51.
- Martinez, S. M., & Stager, G. S. (2013). *Invent to learn: Making, tinkering, and engineering in the classroom*<Translated by Ki-Bong Song, Sang-Gyun Kim>. Seoul: Hongreung Publishing Company.
- Ministry of Education (2015). Science Department Curriculum. Ministry of Education Notice No. 2015-74.
- Ministry of Education (2016). 2016 Science Education Comprehensive Plan.
- Peppler, K., & Bender, S. (2013). Maker movement spreads innovation one project at a time. *Phi Delta Kappan*, 95(3), 22-27.
- Seoul Metropolitan Office of Education (2017). *Maker Education[Future Workshop Education] Mid- to Long-Term [18~22] Development Plan*.
- Thomas, A. (2014). *Making makers: Kids, tools, and the future of innovation*. Maker Media, Inc.
- Toffler, A. (2006). *The Third Wave*<Translated by Chang-Yeop Won>. Seoul: Hongshin Munhwasa.
- Voogt, J., & Roblin, N. P. (2012). A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences: Implications for national curriculum policies. *Journal of Curriculum Studies*, 44(3), 299-321.
- Warfel, T. Z. (2009). *Prototyping: A practitioner's guide*. New York: Rosenfeld Media.
- Yoon, J., Cheon, J. H., & Kang, S. J. (2021). A study on the development of Arduino-electrochemical cell and the exploration of educational possibilities from the perspective of learning by making. *Journal of the Korean Chemical Society*, 65(3), 209-229.
- Yoon, J., Cho, S., Hwang, Y., Kim, J. S., Kim, T., & Kang, S. J. (2020). A basic exploration study on the status of maker education based on perception of elementary and secondary teachers. *Korean Journal of Teacher Education*, 36(3), 181-200.
- Yoon, J., Kim, K., & Kang, S. J. (2018). Developing maker competency model and exploring maker education plan in the field of elementary and secondary education. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 38(5), 649-665.
- Yoon, J., Kim, Y., Hwang, Y., & Kang, S. J. (2021). Developing a maker education-based experiment design program and exploring its effectiveness for cultivating the experiment design competency of pre-secondary science teachers. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 21(2), 1385-1416.
- Yoon, J., Kwon, J. H., & Kang, S. J. (2019). Verification of effectiveness of design thinking-based maker education program for middle school students. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 19(10), 561-584.

저자정보

여혜원(부흥고등학교 교사)

윤지현(단국대학교 교수)

강성주(한국교원대학교 교수)