

# 아두이노를 활용한 STEAM 프로그램이 예비 과학교사의 융합인재 핵심역량에 미치는 영향

김선영\* · 윤세현

조선대학교

## The Effect of STEAM Program using Arduino on Preservice Science Teachers' STEAM Core Competencies

Sun Young Kim\* · Yun Se Hyun

Chosun University

**Abstract** : This study explores the effects of STEAM program using Arduino on preservice science teachers toward their STEAM core competencies. The STEAM program using Arduino consists of four stages: presentation of situation, creative design, emotional touch, and evaluation. The preservice science teachers learned the theoretical backgrounds of STEAM and Arduino. Then, they were given the chance to think about an environmental issue, which is fine dust. The preservice teachers designed an air cleaner and a fine dust measuring instrument using Arduino. The preservice science teachers also produced the air cleaner and the measuring instrument using Arduino. They measured the level of fine dust in the classroom before and after the use of the air cleaner. That is, the preservice teachers experienced each stage of STEAM: seriousness of fine dust, design and production of the measuring instrument of fine dust and air cleaner, and evaluation of the effectiveness of air cleaner. Further, they reflected on their experiences of STEAM program using Arduino. The results indicate that these preservice science teachers statistically improved communication competency, problem-solving competency, gathering information competency, logical analytical thinking competency, and creativity competency. However, there were no statistical improvements on teamwork competency and self-development competency. This study suggests that experiencing STEAM program using Arduino is valuable for the preservice science teachers to develop STEAM core competencies and further implement STEAM program their science classes in the future.

**keywords** : Arduino, preservice science teacher, STEAM, STEAM core competencies

### I. 서론

21세기 지식정보화 사회는 과학기술 및 IT 기술의 발달과 함께 점차 다양화되고 있다. 현대사회는 지구 온난화, 환경문제, 자원 부족, 생명윤리 문제 등 여러 가지 사회문제에 당면해 있으며, 이러한 문제를 해결하고 미래사회에 대비하기 위해서는 지식과 정보를 다루고 창출하는 능력뿐만 아니라 다양한 학문 분야의 지식을 융·복합하여 적용할 수 있는 능력을 함양할 필요가 있다. 따라서 학교 과학교육에서 과학기술과 관련된 다양한 분야의 융·복합적 지식을 학습하고 그

과정을 경험하도록 함으로써 창의적·종합적 문제해결력을 갖춘 융합인재의 양성이 필요한 시점이다(Baek *et al.*, 2011).

2015 개정 과학과 교육과정(MOEST, 2015)에서는 학생들의 과학적 창의성 계발과 더불어 인성 및 감성 함양을 위하여 기술, 공학, 예술, 수학 등 다른 교과와 통합하여 지도하도록 명시하고 있다. 융합인재교육(STEAM)은 과학(Science), 기술(Technology), 공학(Engineering), 예술(Art), 수학(Mathematics) 등의 다양한 분야의 지식을 활용하여 문제를 해결할 수 있을 뿐 아니라 새로운 가치를 창출함과 동시에 타인과 더불어 살아가는 인재를 양성하는 교육이다(Baek *et*

\* 교신저자: 김선영 (sykim519@chosun.ac.kr)

\*\* 이 논문은 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음(2018학년도).

\*\*\* 2020년 6월 10일 접수, 2020년 8월 18일 수정원고 접수, 2020년 8월 27일 채택

<http://dx.doi.org/10.21796/jse.2020.44.2.183>

al., 2011). 융합적 소양은 주제에 대해 다각적으로 사고할 수 있으며, 여러 분야의 사람들과 지식을 공유하고, 서로 소통할 수 있는 것을 의미한다(Shin et al., 2014). 융합인재교육(STEAM)의 목표는 다양한 분야의 융합적 지식과 개념을 이해하고, 융합적 사고를 기반으로 새로운 가치를 창출하여 문제해결력을 갖춘 인재를 양성하는 것이다. 또한, 과학, 기술, 공학, 예술 등에 대한 흥미를 기르고 창의적 사고력을 함양하여, 타인에 대한 배려, 협력과 소통, 개방성, 다양성 등과 같은 인성과 사회적 감성을 함양으로써 창의·인성, 지성·감성의 균형 있는 발달을 이루는 것이다(Baek et al., 2011).

STEAM 교육은 창의적 설계(Creative Design)와 감성적 체험(Emotional Touch)을 통해 과학, 기술, 공학, 예술, 수학 등에 대해 호기심을 유발하고, 배려와 협동, 의사소통 능력, 개방성과 다양성 등의 사회적 감성과 인성을 기르는 교육이다(Baek et al., 2011). Baek et al. (2011)는 STEAM 교육의 핵심역량을 강조하여 4C-STEAM을 제안하였다. 4C-STEAM의 첫 번째 요소는 타인을 위한 배려, 타인 존중, 자기에, 자아정체감, 자아효능감, 다문화 이해 등을 의미하는 '배려'(Caring)이다. 두 번째 요소는 창의력, 문제해결력, 의사결정능력, 정보수집 및 분석 능력, 평가능력 등의 요소를 의미하는 '창의(Creativity)'이다. 세 번째는 '소통'(Communication)은 언어적·시청각적 소통, 소통하는 태도, 협력하는 요소 등을 포함한다. 마지막 요소인 '융합'(Convergence)은 STEAM 융합 지식 이해 및 설계 능력, STEAM 융합 지식 응용 능력 등의 이해를 의미한다. 이러한 타인을 위한 배려, 타인 존중, 창의력, 문제해결력, 정보수집 및 분석 능력, 의사결정 능력, 소통 및 협력 태도 등은 융합인재역량을 나타낸다고 할 수 있다(Baek et al., 2011).

한편, 소프트웨어 교육은 기존의 ICT 활용 수업을 확장하여 컴퓨팅 사고력을 바탕으로 문제해결역량을 향상시키는 데 그 목적이 있다. SW 교육을 통해 4차 산업혁명 시대 소프트웨어 기반 사회에서 정보 논리적 사고력과 창의적 사고력을 기를 수 있으며, 정보문화 소양뿐만 아니라 창의적 문제해결력을 기를 수 있다(Park, 2018). 본 연구에서는 STEAM 프로그램에 아두이노를 접목하여 예비 과학교사들이 알고리즘과 프로그래밍을 경험하도록 하여 실생활 문제를 해결하는데 활용할 수 있도록 하였다. 아두이노는 피지컬 컴퓨팅 플랫폼으로 오픈 소스를 기반으로 프로그램을 작성할 수 있는 통합개발환경(IDE)을 제공하여 비전문가도 프로그래밍을 경험할 수 있어 학교 현장에서 다양하게 활용될 수 있다. 아두이노는 다양한 스위치와 센서로부터 값을 받아 LED나 모터 등을 통제함으로써

상호작용이 가능하며, 플래시, 프로세싱과 같은 소프트웨어를 연동할 수 있고 마이크로컨트롤러를 쉽게 동작시킬 수 있다는 장점이 있다(Shim et al., 2014).

최근에 오픈소스 소프트웨어(Kang et al., 2012), 센서 기반 스크래치 프로그래밍(Kim et al., 2014; Moon, 2014), 스마트 교육 기반(Bae et al., 2014), 스크래치 프로그래밍 (Moon, 2014), 스토리텔링(Tae, 2013), 포트폴리오 (Kang et al., 2013) 등과 같은 다양한 교수방법을 활용한 STEAM 연구가 이루어져 왔다. 특히, SW와 접목한 STEAM 교육의 연구들은 주로 기술 및 정보 교과를 중심으로 이루어져 왔다(예, Bae et al., 2014; Kim, 2015; Kim et al., 2014). 예를 들어, Shim et al. (2014)는 초등학교 4-6학년에 재학 중인 정보 영재 학생들을 대상으로 아두이노를 활용한 STEAM 커리큘럼을 설계하고 적용하여 그 효과성을 분석하여 컴퓨터에 대한 관심도와 프로그래밍에 대한 흥미도가 증가하였음을 보고한 바 있다. 또한, Shim et al. (2016)는 중학생을 대상으로 아두이노 활용 STEAM 교육 프로그램을 개발하여 적용한 결과, 기술적 문제해결능력 함양에 긍정적인 영향을 미쳤다고 보고한 바 있다. Kim(2015)은 기술 교육에서 아두이노를 활용한 STEAM 교육 방안을 제안한 바 있다. 이처럼 Shim et al. (2014)는 초등 정보 영재 학생을 대상으로 아두이노를 활용한 STEAM 커리큘럼을 제시하고 적용하였으며, Shim et al. (2016)과 Kim (2015)은 기술교과에서 아두이노를 활용한 STEAM 교육 방안을 제시한 바 있으나 과학 교육에서의 적용은 드물다.

본 연구에서는 예비 과학교사를 대상으로 소프트웨어 교육의 일환인 피지컬 컴퓨팅의 아두이노를 활용한 STEAM 프로그램을 적용하여 융합인재 핵심역량에 미치는 효과를 살펴보고자 한다. 연구문제는 다음과 같다.

첫째, 아두이노를 활용한 STEAM 프로그램 후 예비 과학교사들의 융합인재 핵심역량에 어떠한 변화가 있는가?

둘째, 예비 과학교사들은 아두이노를 활용한 STEAM 프로그램에 대해 어떠한 생각을 가지고 있는가?

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구에 참여한 예비 과학교사들은 총 16명(남학생 7명, 여학생 9명)으로 광역시 소재 사범대학에 재학 중이다. 연구참여자들은 과학교육방법론 과목을 한 학기

동안 수강하는 학생들로 구성되었으며, 2, 3학년에 재학 중인 예비 과학교사들이다. 교과목은 STEAM 교육 프로그램을 중심으로 운영되었으며, 예비 과학교사들은 STEAM 및 아두이노에 대해 처음으로 학습하였다.

## 2. 수업처치

한 학기 동안의 과학교육방법론 과목을 통해 예비 과학교사들은 아두이노를 활용한 STEAM 프로그램을 경험하였다. 총 4개의 팀을 구성하여 STEAM 프로그램에 참여하도록 하였다. 4개 팀은 남학생과 여학생, 그리고 학년별 분포를 고려하여 구성되었다. 아두이노를 활용한 STEAM 프로그램은 총 5단계로 구성되었다 (Table 1). 첫 번째 단계는 STEAM과 아두이노에 관한 이론적 배경을 학습하는 단계로 STEAM 교육의 정의와 교수학습방법, 아두이노 및 프로그래밍에 대한 개념을 학습하였다. 두 번째 단계는 상황제시 단계로 환경적 쟁점인 미세먼지에 대한 문제 상황을 제시하고, 미세

먼지가 발생하는 원인, 피해사례, 대처 방안 등에 대해 광범위하게 학습하였다. 또한, 이 단계에서 미세먼지 측정기 제작을 위해 아두이노의 기본 구성 및 센서의 기능과 원리를 탐색할 수 있도록 하였다. 세 번째 단계인 창의적 설계 단계에서는 공기청정기의 구조와 원리에 대한 자료 조사를 통해 공기청정기를 제작하기 위한 설계도를 고안하였으며, 아두이노 미세먼지 측정기 제작 과정을 도식화할 수 있도록 하였다. 이때 C언어에 대해 학습하여 아두이노 프로그래밍의 원리를 탐색하고, 통합개발환경에 코드를 작성하여 예제 활동을 수행하였다. 세 번째 단계인 감성적 체험 단계에서는 공기청정기를 직접 제작하였으며, 아두이노 미세먼지 측정기 센서 회로를 구성하였다. 마지막 단계인 평가 및 새로운 문제의 도전 단계에서는 모듈별로 제작한 공기청정기의 특징 및 실생활 가능성에 대해 발표를 하였으며, 미세먼지 측정기를 활용하여 공기청정기의 기능을 평가하였다.

Table 1. Instructional intervention: STEAM program using Arduino

교수-학습 과정	교수학습활동	
이론적 배경 (1~6차시)	<ul style="list-style-type: none"> <li>STEAM 교육의 정의와 교수학습방법에 대한 학습</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>아두이노 및 프로그래밍에 대한 개념 학습</li> </ul>
상황제시 (7~10차시)	<ul style="list-style-type: none"> <li>사회적·환경적 쟁점 ‘미세먼지’ 문제 상황제시</li> <li>‘미세먼지’ 문제 상황에 대한 자료 조사 및 토론                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 미세먼지의 정의</li> <li>- 미세먼지가 발생하는 원인</li> <li>- 미세먼지에 의한 피해사례</li> <li>- 미세먼지에 대처하는 방안</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>미세먼지 측정기의 원리 탐색</li> <li>아두이노 ‘미세먼지 측정기’ 제작을 위한 아두이노 기본 구성 및 센서의 기능과 원리 학습                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 아두이노, 브레드보드, usb 케이블</li> <li>- ‘미세먼지 측정’을 위한 센서에 대한 학습 : 디스플레이 모듈, RGB LED 모듈, 온·습도 센서</li> </ul> </li> </ul>
창의적 설계 (11~14차시)	<ul style="list-style-type: none"> <li>‘공기청정기’를 제작하기 위한 구상 및 설계도 고안                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자료 조사를 바탕으로 효과적·창의적인 공기청정기 설계를 위한 토의</li> <li>- ‘공기청정기’를 제작하기 위한 자료 조사 및 분석</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>‘미세먼지 측정기’ 제작을 위한 방안 구상                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 아두이노 프로그래밍 원리 학습</li> <li>- 통합개발환경에 코드 작성 후 예제 활동</li> <li>- 아두이노 미세먼지 측정기 제작 과정 도식화</li> </ul> </li> </ul>
감성적 체험 (15~18차시)	<ul style="list-style-type: none"> <li>효과적·창의적인 휴대용 ‘공기청정기’ 제작                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제작 과정에서 설계 요소 변경 사항과 그 이유 제시</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>아두이노 ‘미세먼지 측정기’ 센서 회로 구성                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- IDE(통합개발환경) 코드(명령어) 작성 후 응용 활동 진행</li> </ul> </li> </ul>
평가 및 새로운 문제 도전 (19~22차시)	<ul style="list-style-type: none"> <li>모듈별로 제작한 공기청정기 구조물의 특징 및 실생활 활용 가능성에 대한 발표                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 동료 피드백 및 자기 평가</li> </ul> </li> <li>모듈별로 제작한 공기청정기와 아두이노 미세먼지 측정기 시연                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공기청정기를 작동하여 미세먼지 측정기로 측정 및 평가</li> <li>- 효과적으로 공기를 정화한 제작물의 특징에 대한 토론</li> </ul> </li> <li>제작 과정 및 결과 평가                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공기청정기, 미세먼지 측정기 제작 과정 평가</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>아두이노 미세먼지 측정기 제작 및 측정                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 미세먼지 측정 및 기록</li> </ul> </li> </ul>

### 3. 검사도구 및 분석방법

본 연구는 단일집단 사전-사후 검사설계(one group pretest-posttest design)로 질적 자료를 통해 양적 자료를 보완하고자 혼합연구방법(mixed methods)을 활용하였다.

#### 1) 융합인재 핵심역량 검사도구

본 연구는 프로그램 전후 예비 과학교사들의 융합인재 핵심역량을 살펴보기 위해 Yang (2015)이 개발한 검사도구를 활용하였다. Yang (2015)의 검사도구는 총 143문항으로 의사소통 역량군(17문항), 팀워크 역량군(15문항), 문제해결 역량군(21문항), 정보수집 역량군(18문항), 논리분석적사고 역량군(20문항), 창의적 역량군(20문항), 자기개발 역량군(18문항), 책임감 및 윤리의식 역량군(14문항)으로 구성되어 있다(Table 2). 본 연구에서는 책임감 및 윤리의식 역량군을 제외한 총 129문항을 활용하였다. 검사도구는 5단계 리커트 척도를 사용하였으며, 본 연구에서의 검사도구 신뢰도(Cronbach's  $\alpha$ )는 0.894이다. 프로그램 전후 사전검사 및 사후검사를 실시하였으며, Shapiro-Wilk test에서

정규성을 만족하는 것으로 나타나( $p > .05$ ) 융합인재 핵심역량의 각 하위 영역별로  $t$ -test를 실시하였다.

#### 2) 아두이노를 활용한 STEAM 프로그램에 대한 성찰보고서

아두이노를 활용한 STEAM 프로그램을 경험한 후, 예비 과학교사들은 자신의 경험에 대해 성찰하였다. 성찰보고서를 통해 예비교사들이 융합인재 핵심역량에 대해 어떠한 경험과 성찰을 하였는지 면밀히 살펴 보았다. 자료 분석은 과학교육 전문가 1명과 과학교육 전공 석사 1명이 공동으로 분석하였다. 수업전사 자료를 통해 예비교사들의 아두이노를 활용한 STEAM 프로그램 경험에 대해 개념화하였다. 코딩 범주로 융합인재 핵심역량의 각 하위영역(Table 2)을 설정하여 자료를 분석하였다. 이를 위해 융합인재 핵심역량의 영역에 관해 토론한 후 코딩을 실시하였다. 성찰보고서를 반복적으로 읽고 의미를 추출하였으며, 코딩한 후 자료를 범주화하였다. 의견이 일치하지 않는 부분에 대해서는 토론 과정을 통해 합의점을 도출하였다(Miles & Huberman, 1994).

Table 2. Instrument of STEAM core competencies (Yang, 2015)

핵심역량	정의	하위요소	문항 수
의사소통 역량군	· 성과를 목표로 하는 행동에 중점을 두고 있는 측면을 나타내는 역량군 · 어떤 상황, 과제, 문제점, 의견, 기회 또는 지식을 전달하는 과정에서 발휘되는 역량	- 의견수렴/경청	6
		- 효과적 전달 및 판단	9
		- 정보탐색	2
팀워크 역량군	· 목표달성을 위해 집단생활을 하는 과정에서 필요한 역량군 · 팀의 일원으로 함께 일하려고 노력하는 전체의 과정으로 타인에게 전달되는 영향력까지 포함되는 역량	- 수용	6
		- 갈등해결	5
		- 관계형성	4
문제해결 역량군	· 탐구해가는 과정에서 나타나는 역량군 · 어떤 상황, 과제, 문제점에 당면했을 때 그것을 효과적으로 처리해가는 과정에서 발휘되는 역량	- 효과적 추론	9
		- 판단력	7
		- 논리적 분석	5
정보수집 역량군	· 탐구해가는 과정에서 나타나는 역량군 · 어떤 상황, 과제, 문제점에 당면했을 때 유용한 정보를 제공하는 원천을 찾아 그것을 효과적으로 처리해가는 과정에서 발휘되는 역량	- 정보습득력	6
		- 자원관리	7
		- 심층적 해석	5
논리분석적 사고 역량군	· 탐구해가는 과정에서 나타나는 인지적 역량군 · 어떤 상황, 과제, 문제점에 당면했을 때 그것을 논리적으로 처리해가는 과정에서 발휘되는 역량이다.	- 결과예측	7
		- 개념화	7
		- 구조화	6
창의적 역량군	· 관련성이 적은 개념들 속에서 새롭고 독창적인 연계성을 파악하여 아이디어를 창출하여 숨겨진 가치를 발휘하는 역량	- 독창성	11
		- 개선/혁신	4
		- 유연성	5
자기개발 역량군	· 발전을 위한 다양한 기회를 찾아다니는 과정에서 다양한 경험을 통해서 자신의 전문성을 늘리고자 항상 적극적으로 노력하는 역량	- 학습의지	9
		- 탐색 및 설계	5
		- 성취지향	4

### Ⅲ. 연구 결과 및 논의

#### 1. 융합인재 핵심역량

##### 1) 의사소통 역량군

예비 과학교사들은 아두이노를 활용한 STEAM 프로그램 후 의사소통역량이 통계적으로 유의미하게 향상되었다( $p < .05$ ). 의사소통능력은 의견수렴 및 경청, 효과전달 및 판단, 정보탐색의 총 3개의 하위영역으로 구성되어 있다. 하위영역별 검사결과를 살펴보면, 예비 과학교사들은 의견수렴 및 경청, 효과전달 및 판단에서 통계적으로 유의미한 향상을 나타냈다( $p < .05$ ). 즉, 능동적으로 타인의 의견에 주목하고 적극적으로 대응하려고 노력하는 ‘의견수렴 및 경청’, 자신의 의견을 명확하고 효과적으로 전달하며 문제 상황에서 따른 효과적인 해결법을 구안해내는 ‘효과적 전달 및 판단’ 영역에서 유의미한 차이를 나타냈다( $p < .05$ ). 반면에 ‘정보탐색’ 영역에는 통계적으로 유의미한 차이를 나타내지 않았다( $p > .05$ ). 이는 예비 과학교사들이 문제에 대한 해답을 찾기 위해 다양한 정보를 찾아보려는 태도, 견해차를 확인하고 이해하기 위한 탐색 질문을 하는 능력은 변화가 없었음을 의미한다(Table 3).

예비교사들의 반성적 일지를 살펴보면, J예비교사는 자신의 의견을 주장 하고 타인의 의견을 경청하기도 하는 과정에서 대화와 설득을 통해 의견차이를 조절해 나갔다고 하였다. H예비교사는 의견 충돌이 있었으나 논리적으로 의사결정을 하였다고 하여 효과적 전달과 판단이 이루어졌음을 알 수 있었다.

뿐만 아니라 미니공기청정기를 만들기 전, 어떠한 방식, 도구를 이용할까 많은 고민을 하는 과정에서 의견을 주장하기도 하고 타인의 생각도 경청한 뒤 이해하며 의견 차이가 있는 부분은 대화와 설득을 통해 더 나은 제품을 만들기 위해 힘썼다. (J예비교사)

우리 조끼리 공기청정기에 대한 정보를 공유한 후 각자 만들고자 하는 공기청정기에 대해 이야기 하였다. 서로 아이디어를 이야기하며 어떤 기능이 필요한지, 또 어떤 기능은 빼야 하고 어떤 재료를 써야 할지 열심히 토론했다. 재료를 정하는 과정에서 약간 의견충돌이 있었지만 각 재료의 장, 단점들을 논리적으로 얘기하여 정하였다. (H예비교사)

이러한 결과는 초등생을 대상으로 STEAM 프로그램을 적용 후 과학적 의사소통역량이 향상되었다는 연구(Pak & Kim, 2014)와 예비교사를 대상으로 STEAM 적용 후 의사소통역량이 강화되었다는 연구결과(Kim & Jeon, 2019)를 뒷받침한다. 다만, 본 연구에서 예비교사들은 정보탐색 하위영역에서는 통계적으로 유의미한 향상을 나타내지 않아 STEAM 프로그램 전반에 걸쳐 스스로 정보를 찾고 이해하려는 기회를 다양하게 제공할 필요가 있음을 시사한다.

##### 2) 팀워크 역량군

예비 과학교사들은 아두이노를 활용한 STEAM 프로그램 후 팀워크 역량은 통계적으로 유의미한 차이가 없었다( $p > .05$ ). 팀워크 역량은 수용, 갈등 해결, 관계형성의 총 3개의 하위영역으로 구성되어 있다. 하위영역별 검사결과를 살펴보면, 예비 과학교사들은 변화와 요구를 받아들이고 적극적으로 대처하는 능력인 ‘수용’ 능력에 향상은 나타냈으나( $p < .05$ ), ‘갈등해결’이나 ‘관계형성’에는 통계적으로 유의미한 차이가 없었다( $p > .05$ )(Table 4). 이는 예비 과학교사들이 의견 대립이나 의견 충돌이 발생했을 때 개방적, 협력적 방식으로 해결하려는 역량이나 목표달성을 위해 관계를 형성하려는 노력에는 프로그램 전후 차이가 없었음을 의미한다(Table 4).

예비교사들의 반성적 일지를 살펴보면, P예비교사는 장치가 제대로 작동하지 않는 상황에서 팀원들이 함께

Table 3. The *t*-test results of preservice science teachers' capability of communication

의사소통 역량군	사전검사		사후검사		<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
	평균	표준편차	평균	표준편차			
의견수렴 및 경청	21.00	3.25	22.60	2.82	-2.423	14	.030*
효과적 전달 및 판단	32.93	5.04	36.80	5.57	-2.860	14	.013*
정보탐색	7.00	1.81	8.00	1.69	-1.685	14	.114
총점	60.93	9.15	67.40	8.74	-2.901	14	.012*

\*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$

**Table 4.** The *t*-test results of preservice science teachers' capability of teamwork

팀워크 역량군	사전검사		사후검사		<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
	평균	표준편차	평균	표준편차			
수용	24.40	4.52	26.80	3.10	-2.882	14	.012*
갈등해결	20.47	2.85	20.80	2.65	-.344	14	.736
관계형성	14.87	2.83	16.73	2.28	-2.076	14	.057
총점	59.73	9.77	64.33	6.11	-1.964	14	.070

\*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$

문제를 인식하고 원리를 파악하여 해결하였으며, K예비교사는 역할을 분담하여 수행해 나가는 과정에 참여하였다고 하였다. 특히, B예비교사는 문제점에 봉착하여 자신의 의견을 제시하였고 조원들의 수용과 동의로 문제를 극복하였던 경험을 언급하였다. 이들 예비교사들은 주로 타인으로부터의 정보 및 의견, 해결방안에 대한 아이디어를 수렴하여 문제 상황에 대처하였음을 알 수 있었다.

아두이노 연결 시에 실수로 인해 장치가 작동하지 않았는데 이때 팀원들이 함께 제시된 구조도를 다시 분석해 연결할 수 있었다. 발생한 문제를 인식하고 원리를 파악해 해결하였다.  
(P예비교사)

이번 수업을 통해서 배운 과학적 지식과 그걸 사용하여 타인과 논리적으로 대화하고 의논하는 과정, 그리고 그 조원들과 각자 역할을 분담하고 수행하는 능력을 배웠다. 또한 지속적으로 유지하여 지금 배운 것뿐만 아니라 더 발전하여 미래에 도움이 되는 지식을 배웠다.  
(K예비교사).

공기청정기를 제작하던 중, 에어컨 필터가 우리가 만든 구조물에 크기와 맞지 않아 세우면

필터가 휘게 되는 문제점에 봉착하게 되었다. 그때 필터를 크기에 맞게 오려내어 십자가 모양을 내어 바람이 잘 통과되게 매달자는 의견을 제시하였고, 조원들 모두 동의를 해주어서 문제를 극복하고 공기청정기를 만들 수 있었다.  
(B예비교사)

Hong & You (2016)의 GI-STEAM 모형 적용 후 초등영재들의 팀워크 역량이 향상되었다고 보고한 바 있다. 본 연구에서 예비교사들은 창의적 설계 단계와 감성적 체험 단계를 통해 공기청정기를 제작하고 설계하는 공동의 목표를 가지고 참여하였으며, 이 과정에서 타인의 아이디어를 수용하는 태도가 향상되었음을 의미한다.

### 3) 문제해결 역량군

예비 과학교사들은 아두이노를 활용한 STEAM 프로그램 후 문제해결역량이 통계적으로 유의미하게 향상되었다( $p < .05$ )(Table 5). 문제해결역량은 ‘효과적 추론’, ‘판단력’, ‘논리적 분석’의 총 3개의 하위영역으로 구성되어 있다. 하위영역별 검사결과를 살펴보면, 문제를 해결하기 위해 다양한 정보를 수렴하여 해결책을 도출하는 ‘효과적 추론’ 영역과 체계적, 논리적

**Table 5.** The *t*-test results of preservice science teachers' capability of problem solving

문제해결 역량군	사전검사		사후검사		<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
	평균	표준편차	평균	표준편차			
효과적 추론	32.07	6.78	37.80	4.44	-2.669	14	.018*
판단력	25.93	4.85	29.40	3.70	-2.864	14	.013*
논리적 분석	18.93	4.15	20.13	2.83	-1.572	14	.138
총점	76.93	15.10	87.33	8.21	-2.752	14	.016*

\*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$

근거에 따라 다양한 결론을 내리는 ‘판단력’ 영역에서 통계적으로 유의미한 향상을 나타냈다( $p < .05$ ). 반면에 ‘논리적 분석’ 영역에는 통계적으로 유의미한 차이를 나타내지 않았다( $p > .05$ ). 이는 예비 과학교사들이 목표달성과 관계된 다양한 정보를 빠르게 흡수하고 이를 반영하는 능력에는 프로그램 전후 차이가 없었음을 의미한다(Table 5).

예비교사들의 반성적 일지를 살펴보면, N예비교사는 아두이노 활동을 통해 문제해결력이 향상되었다고 하였으며, J예비교사와 H예비교사는 공기청정기 제작 과정에서 합리적 해결방안을 찾아갔으며 이를 통해 과학적 문제해결방법을 제시할 수 있었다고 하였다.

아두이노 코딩 내용이 어렵게 느껴졌는데 조원들과 같이 아두이노 연결 활동을 해보고 코드 작성도 하고 스캐치대로 동작하는지 확인하는 과정에서 아두이노 활동이 더욱 흥미있고 친숙하게 느껴졌다. 그렇게 아두이노 관련 수업도 듣고, 조원들과 활동도 해보니 나 스스로도 예제코드를 입력하고 아두이노 보드에 업로드할 수 있을 정도로 문제해결력이 향상되었다.

(N예비교사)

공기청정기 구상을 하며 내가 불편하다고 느끼거나 조금 더 보완되었으면 했던 점을 공기청정기의 기본원리에 더하도록 노력하였다. 그리고 공기청정기 제작하며 계획과는 다른 부분이 생기면 순간순간 계획을 수정하여 더 합리적인 방법으로 바꾸기도 하였으며 해결 방안을 서로서로 제시하여 과학적 문제해결 방법을 제시하였다.

(J예비교사)

이번 STEAM 수업을 통해 그저 몸에 해롭다는 미세먼지에 대해 자세히 알게 되었고 직접 그 미세먼지를 걸러주는 공기청정기를 설계하고 제작함으로써 문제해결의지와 능력을 기를 수

있었다. 이를 통해 우리 생활에서 발생하는 과학적 현상이나 사회적 현상들을 직접 분석하고 관찰하여 스스로 문제해결방안을 찾아볼 수 있는 계기가 된 수업이다. (H예비교사)

Shim *et al.* (2016)은 중학생을 대상으로 ‘안전한 학교를 만들어요’라는 주제로 아두이노를 활용한 STEAM 프로그램을 적용하여 기술적 문제해결능력이 향상되었음을 보고한 바 있다. 또한 Hong & Jo (2015)는 초등학생들을 대상으로 STEAM 수업을 적용한 수업에서 학생들의 창의적 문제 해결력이 향상되었다고 보고한 바 있다. Shim *et al.* (2014)은 아두이노의 다양한 부품과 센서를 활용함으로써 프로그래밍에 대한 흥미를 유발하고, 문제해결의 절차와 방법에 대해 학습할 수 있다고 하였다. 본 연구에서 예비교사들은 아두이노 예제코드를 작성하고 회로도를 구성하여 연결해 봄으로써 문제해결과정을 경험할 수 있었던 것으로 생각된다. 또한 공기청정기의 원리를 학습하고, 원리를 적용하여 공기청정기를 제작해 봄으로써 과학적 해결방법에 체계적으로 접근할 수 있었던 것으로 생각된다.

#### 4) 정보수집 역량군

예비 과학교사들은 아두이노를 활용한 STEAM 프로그램 후 정보수집역량이 통계적으로 유의미하게 향상되었다( $p < .01$ )(Table 6). 정보수집역량은 ‘정보습득력’, ‘자원관리’, ‘심층적 해석’의 총 3개의 하위영역으로 구성되어 있으며, 모든 하위영역에서 통계적으로 유의미한 향상을 나타냈다( $p < .05$ ). 이는 다양한 정보를 받아들이고, 관심을 가지는 ‘정보습득력’ 영역, 목표에 도달하기 위해 여러 자원을 조사하고 평가 및 관리하는 ‘자원관리’ 영역, 그리고 수집된 자원 분석을 바탕으로 가치를 판단하는 ‘심층적 해석’ 능력이 향상되었음을 의미한다(Table 6).

예비교사들은 공기청정기의 원리, 필터의 종류 등을

Table 6. The *t*-test results of preservice science teachers’ capability of gathering information

정보수집 역량군	사전검사		사후검사		<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
	평균	표준편차	평균	표준편차			
정보습득력	19.93	4.43	24.20	3.71	-4.597	14	.000**
자원관리	24.80	4.09	29.20	4.63	-3.709	14	.002**
심층적 해석	17.73	3.75	20.27	3.43	-3.041	14	.009**
총점	62.47	11.39	73.67	11.08	-4.072	14	.001**

\*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$

조사하였으며, 조사한 자료들을 분석하고 활용하는 과정에 참여하였다. B예비교사는 조사한 자료를 표와 시각적 자료를 활용하여 공유하여 조원들이 이해할 수 있도록 하겠다고 언급하였다. 또한 K예비교사는 다양한 매체를 활용하여 새로운 정보를 습득하였으며, 정보의 타당성에 대한 근거를 찾고자 하겠다고 언급하였다. L예비교사 역시 자료를 조사하고 평가하여 의미있는 자료를 선별하였다고 하였다. 이들 예비교사들은 매체를 활용하여 자료를 조사하고 이들 자료의 타당성과 유용성을 평가하였으며, 이 때 정보의 유용성에 대한 근거를 찾고 활용하는 과정을 경험하였음을 의미한다.

공기청정기 필터의 종류를 조사하면서 기계식 필터, 필터식 필터 등을 조사하였고 조원들과 의견을 모으고 토론하는 과정에서 이해하는데 어려움이 있었다. 이 내용들을 이해를 돕고자 표로 정리하였다. 거창하고 훌륭한 표는 아니지만 글을 통하여, 시각적 자료를 이용하여 조원들의 이해를 도울 수 있었으며 '전기 집진식'에 대하여 성공적으로 발표할 수 있었다. (B예비교사)

아두이노를 통해 컴퓨터 활용 능력과 과제를 통한 조사 중 다양한 매체를 통하여 새로운 정보들을 알 수 있다. 그 정보들로 논증을 위한 근거를 마련하여 논증 활동을 하였다. 말, 기호, 글 등의 표현법도 배웠다. (K예비교사)

미세먼지 문제를 해결하기 위해서 먼저 조원들과 자료를 조사해보고 토의하는 과정을 거쳤습니다. 수업받는 학생들과 자료를 모아서 해석하고 자료를 평가하여 의미 있는 자료를 선별했습니다. 여러 과정을 통해 과학적 탐구능력을 키워나갔습니다. (L예비교사)

본 연구에서 예비교사들은 공기청정기 설계 및 제작을 위해 자료를 조사하고 분석하는 활동에 적극적으로 참여하였다. 또한, 유용한 정보를 찾아 이를 해석하고 활용해 봄으로써 정보습득력, 자원관리, 그리고 심층적 해석 능력이 향상된 것으로 보인다.

5) 논리분석적 사고 역량군

예비 과학교사들은 아두이노를 활용한 STEAM 프로그램 후 논리분석적 사고 역량이 통계적으로 유의미하게 향상되었다( $p < .01$ )(Table 7). 논리분석적 사고 역량은 결과예측, 개념화, 구조화의 총 3개의 하위영역으로 구성되어 있으며, '결과 예측' 및 '구조화' 영역 통계적으로 유의미한 향상을 나타냈다( $p < .05$ ). 즉, 문제 상황을 해결하는 방법을 선택함에 있어서 결과를 다각도로 분석하여 해결책을 선택하고, 자료를 논리적이며 체계적으로 관리하는 영역에서 향상을 나타냈다. 반면, 겉으로 드러나지 않는 상황 간의 관련성을 찾아내거나 문제나 상황 이면에 있는 근본 원인을 파악하는데는 차이가 없었다(Table 7).

반성적 일지에서 O예비교사는 비판적으로 고찰하는 능력과 독창적인 아이디어를 산출하는 방법에 대해 학습할 수 있었다고 하였다. 또한 J예비교사는 과학 지식을 직접적으로 활용해 봄으로써 과학적 사고력을 기를 수 있었다고 언급하였다. H예비교사는 공기청정기를 제작하는 과정에서 주장에는 항상 논리가 필요하였다고 언급하였다.

과학적 세계관 및 자연관이 어느 한 곳에 국한되어 있지 않다는 걸 경험했고 과학적인 증거를 바탕으로 논리적으로 추론하는 능력을 STEAM 활동에서 사전지식으로 이론적 원리를 알아보면서 향상시킬 수 있었다. 다른 조원들과 피드백으로 인해 비판적으로 고찰하는 능력을 증진시키고 다양하고 독창적인 아이디어를 산출해내는 방법에 대해 알게 되었다. (O예비교사)

Table 7. The *t*-test results of preservice science teachers' capability of logical analytical thinking

논리분석적 사고 역량군	사전검사		사후검사		<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
	평균	표준편차	평균	표준편차			
결과예측	24.87	4.16	29.47	3.70	-4.186	14	.001**
개념화	26.00	4.63	28.20	3.99	-1.810	14	.092
구조화	19.40	3.56	23.93	3.08	-4.984	14	.000**
총점	70.27	11.30	81.60	9.19	-4.107	14	.001**

\*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$



아두이노를 통해 '미세먼지 측정키트, RGB-LED모듈, LCD1602, 미세먼지 측정 센서'를 만드는 다양한 활동을 하였습니다. 이를 통해 새로운 과학 지식을 얻었고, 이 지식을 활용해 적용해보는 시간을 가짐으로써 과학적 사고력의 기초과정이 되었습니다 (J예비교사)

공기청정기를 제작하는 과정에서 굉장히 많은 대화를 주고 받았다. 주장에는 항상 논리가 필요했고 이를 근거로 가장 이상적인 공기청정기를 만들 수 있었다. 조원들의 의견이 모두 일치하지는 않았지만 목표는 같았기 때문에 그림을 그려 시각화했고 수월하게 접근할 수 있었다. (H예비교사)

프로그래밍을 통하여 문제를 해결하기 위해서는 자료를 논리적이고 체계적으로 관리할 필요가 있다. 프로그래밍이 절차적이고 논리적으로 문제를 해결하는 과정이므로 논리적 사고가 요구된다(Shim *et al.*, 2014). 본 연구에서 예비교사들은 아두이노를 통해 과학적 사고력을 향상시킬 수 있었을 뿐만 아니라 과학적 증거와 이론의 중요성 및 논리적으로 추론하는 능력을 학습할 수 있었다고 하였다.

6) 창의적 역량군

예비 과학교사들은 아두이노를 활용한 STEAM 프로그램 후 창의적 역량이 통계적으로 유의미하게 향상되었다( $p < .01$ )(Table 8). 창의적 역량은 독창성, 개선/혁신, 유연성의 총 3개의 하위영역으로 구성되어 있으며, 모든 하위영역에서 통계적으로 유의미한 향상을 나타냈다( $p < .05$ ). 즉, 예비교사들은 프로그램 경험 후 도전적인 과제를 선택하여 끊임없이 새로운 해결책을 모색하고, 새롭고 개선된 방식의 필요성을 인식하고 변화를 받아들일 뿐만 아니라 다양한 상황에 자신을 적응시키고 이들과 함께 효율적으로 일을 처리해 나가도록 하는 역량에 향상을 보였다(Table 8).

반성적 일지에서 O예비교사는 과학적 문제 해결 과정에서 새로운 과학 지식을 얻고 이에 대한 의미를 구성할 수 있었을 뿐만 아니라, 관련 지식과 기능을 통합하여 아두이노와 접목해 봄으로써 창의적 접근을 하였다고 언급하였다. 특히 N예비교사는 공기청정기에 대한 구조, 원리를 탐색하여 '나만의 공기청정기'를 창의적으로 설계할 수 있었다고 하였다. K예비교사는 토의를 통해 다른 조원의 아이디어를 듣고 직접 제작하는 활동을 통해 독창성을 경험할 수 있었다고 하였다.

과학적 문제 해결을 위해 자료를 수집하고 조원과 토론하며 피드백을 받음으로써 새로운 과학 지식을 얻거나 의미를 구성할 수 있는 과학적 탐구능력이 향상되었다. 과학적 탐구능력이 향상되면서 과학탐구기능과 지식을 통합하여 적용하고 활용하며 아두이노와 접목하여 더욱 창의적으로 접근할 수 있게 되었다. (O예비교사)

공기청정기를 제작하기 전, 공기청정기의 구조와 원리 그리고 종류에 대하여 알게 되었는데 기계식 공기청정기의 원리 중에서 여과와 흡착 과정 중에서 물을 이용하여 분진 및 유해가스를 제거하는 습식은 가습기 역할을 한다고 추리할 수 있었고, 흡착 필터식 같은 경우에는 숲이 유해가스를 흡착하겠다는 아이디어를 산출할 수 있었다. 또한 이론들과 사례들을 바탕으로 과학적인 사고를 하여 나만의 공기청정기를 창의적으로 설계해보는 경험도 하였다. (N예비교사)

어떠한 사고와 사회적 이슈에 있어서 해결방안을 주변에서 찾고, 근거와 논리 즉 과학적인 증거와 이론을 정립하여 추리 과정과 논증에 대해 조원들과 토의해보았다. 또한 다른 조원의 아이디어를 들을 수 있었다. 그로 인해 다양한 아이디어를 듣고 직접 만들어 보는 활동을 통해 독창성과 참신함을 배울 수 있었다. (K예비교사)

Table 8. The *t*-test results of preservice science teachers' capability of creativity

창의적 역량군	사전검사		사후검사		<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
	평균	표준편차	평균	표준편차			
독창성	38.27	8.30	43.47	7.50	-3.291	14	.005**
개선/혁신	13.67	2.66	16.33	2.26	-4.452	14	.001**
유연성	18.20	2.96	20.67	1.88	-4.343	14	.001**
총점	70.13	12.14	80.47	10.59	-4.588	14	.000**

\*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$

Hong & Jo (2015)는 초등학생들을 대상으로 STEAM 수업을 적용한 수업이 학생들의 창의성 및 창의적 문제 해결력에 긍정적인 영향을 미친다는 선행연구 결과를 보고한 바 있다. 또한, Koh (2016)은 STEAM 교육을 기반으로 아두이노를 활용하여 회로도를 설계하고 프로그래밍을 체험하며, 해결 방안에 대한 아이디어를 공유함으로써 창의적 사고력을 함양할 수 있다고 하였다. 본 연구에서 예비 과학교사들은 실생활 문제 해결 방안을 고안해 봄으로써 융합적, 창의적 사고를 활용할 수 있었던 것으로 생각된다. 예비교사들은 ‘과학탐구기능과 지식을 통합하여 적용하고 활용하며 아두이노와 접목하여 더욱 창의적으로 접근’할 수 있었으며, 이론을 바탕으로 아이디어를 산출하여 ‘나만의 공기청정기를 창의적’으로 설계할 수 있었다고 하였다. 무엇보다도 아이디어를 공유하고 직접 만들어 보는 과정을 통해 ‘독창성과 참신함’을 배울 수 있었다고 하였다.

7) 자기개발 역량군

예비 과학교사들은 아두이노를 활용한 STEAM 프로그램 후 자기개발 역량에는 통계적으로 유의미한 차이가 없었다( $p < .01$ )(Table 9). 자기개발 역량은 학습 의지, 탐색 및 설계, 성취지향의 총 3개의 하위영역으로 구성되어 있으며, ‘학습의지’ 영역에서 통계적으로 유의미한 향상을 나타냈다( $p < .01$ ). 즉, 예비교사들은 프로그램 경험 후 외부로부터의 배움에 대한 적극적인 태도를 가지고 현재 상태를 개선하기 위해 노력하였음을 의미한다.

반성적 일지에서 K예비교사는 문제해결의 도전정신이 생겼으며, 아두이노 회로완성을 통해 성취감을 느꼈으며 문제해결 방법을 고안하고 싶다고 언급하여 학습의지를 드러냈다. P예비교사 역시 아두이노를 활용해 보면서 새로운 분야에의 적용 의지를 나타냈다.

STEAM 교육의 감성적 체험단계에서는 문제 해결을 통한 새로운 문제해결의 도전정신이 생긴다는 것을 배웠다. 아두이노가 처음 배웠을 때는 어려웠지만 회로완성을 통해 성취감을 느꼈고 새로운 문제에 대한 STEAM 문제해결을 고안하고 싶다는 생각을 가지게 되었다.

(K예비교사)

아두이노는 교육뿐만 아니라 다양한 분야에서 활용되고 있는 장비이다. 미세먼지 측정 키트를 만들면서 관심이 생겼고 다른 분야에 적용해 보고 싶었다. 혹은 주방 등에서 사용할 수 있는 기기를 개발할 수도 있을 것 같다.

(P예비교사)

Bae *et al.* (2013)은 초등학생을 대상으로 한 STEAM 과학 수업이 과학 학습 동기 향상에 긍정적인 영향을 미쳤을 뿐만 아니라 ‘자기 효능감’, ‘과학 학습에 대한 태도’, ‘과학 학습의 가치’, 그리고 ‘성적 및 성취 목표’에 긍정적 영향을 나타냈다고 보고한 바 있다. 본 연구에서 예비교사들은 창의적 설계와 감성적 체험 단계를 통해서 수동적 학습 태도에서 벗어나 보다 적극적으로 문제 해결 과정에 참여함으로써 ‘학습 의지’가 향상되었다고 보여진다.

2. 아두이노를 활용한 STEAM 수업을 통해 과학 예비교사로서 학교현장에서의 활용 가능성

예비교사들은 아두이노를 활용한 STEAM 수업을 통해 과학적 탐구능력 함양(28%), 협동심과 소통능력 향상(22%), 및 문제해결력과 창의적 사고력 활용(22%)을 언급하였다. 그리고 약 28%의 예비교사들이 아두이노 접목을 통한 STEAM 수업의 장점을 언급하였다.

Table 9. The *t*-test results of preservice science teachers’ capability of self-development

자기개발 역량군	사전검사		사후검사		<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
	평균	표준편차	평균	표준편차			
학습의지	31.80	4.83	35.47	4.27	-3.041	14	.009**
탐색 및 설계	19.20	3.55	20.27	3.63	-1.372	14	.192
성취지향	15.60	3.11	15.60	2.47	0.000	14	1.000
총점	66.60	10.21	71.33	9.35	-2.149	14	.050

\*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$

1) 과학적 탐구능력 함양

예비교사들은 아두이노를 활용한 STEAM 프로그램을 통해 과학적 해결방법을 활용함으로써 과학 탐구능력 향상에 도움이 된다고 하였다. 예를 들어, L예비교사는 흥미와 동기 부여를 통해 창의적 인재를 양성할 수 있을 뿐만 아니라 과학적 해결 방법을 활용할 수 있다고 언급하였다. 또한, O예비교사는 일상생활의 문제점을 해결하는데 STEAM과 더불어 아두이노를 활용함으로써 과학적 탐구능력에 도움이 될 것이라고 하였다.

학생들에게 일상생활의 문제점을 과학적 해결 방법으로 해결할 수 있도록 할 수 있고...창의적 과학기술인력을 양성할 수 있다. 학생들에게 흥미와 동기 부여도 과학기술 분야로의 진출을 유도할 수 있고 대중의 과학화를 이룰 수 있다.  
(L예비교사)

STEAM 수업만으로도 실제 학교현장에서 충분히 학생들에게 과학적 탐구능력 향상에 큰 도움이 될 것이라 생각하는데 여기에 아두이노를 접목시켜 난이도는 조금 더 높아질 수 있으나 높아진 난이도에 비해 얻어갈 수 있는 장점이 아주 많아서 굉장히 활용하기 좋다고 할 수 있다. 다른 수업들과는 다르게 정해진 범위가 없고 학생의 참여를 유도한다는 점에서도 앞으로 학교현장에서의 수업형식에 많이 활용될 것으로 생각한다. 아두이노를 활용한 STEAM 수업은 학생과 교사 모두에게 과학적인 안목을 넓게 하고 우리나라에서 꼭 필요한 수업이라고 생각한다.  
(O예비교사)

2) 협동심과 소통능력 향상

약 22%의 예비교사들은 STEAM 프로그램에 접목된 아두이노를 활용 시에 회로 연결을 한다든가 문제를 해결하는 과정에서 협동심과 소통 능력을 함양할 수 있다고 하였다. 예를 들어, K예비교사는 조원들과 아두이노 회로를 탐색하고 구성하는 과정에서 협동심과 소통의 가치를 느낄 수 있었다고 하였으며, N예비교사 역시 학생들이 타인의 생각을 이해하고 공감하는 기회를 통해 협동심과 소통 능력을 함양할 수 있다고 하였다.

처음에 아두이노를 접했을 때 용어들이 낯설어서 나는 알 수 없다고만 생각하고 회로연결에

시도조차도 못했다. 다른 이론 수업처럼 혼자만 배웠다면 그냥 조금만 수업 듣다가 끝났을 학기였을 것 같은데 조원들과 함께 회로도를 천천히 살펴보고 물어보니 조금씩 이해할 수 있게 되었고 흥미도 가지게 되었다. STEAM 수업 목표인 협동심과 소통을 느낄 수 있는 경험이였기에 수업시간 활용가치가 높다고 생각한다.  
(K예비교사)

내가 활용가능성 중 좋게 생각한 부분은 인성 교육 측면인데 조별로 모여 활동하는 과정에서 학생들은 타인의 생각을 이해하고 공감하며 조정하게 되고, 그 과정에서 협동심과 소통의 능력을 함양하게 된다.  
(N예비교사)

3) 문제해결력과 창의적 사고력 활용

약 22%의 예비교사들은 아두이노를 접목하여 STEAM 수업을 통해 문제해결력과 창의적 사고력을 함양할 수 있을 것이라고 하였다. 예를 들어, N예비교사는 학생들이 주체가 되어 토론을 하고 산출문을 만드는 과정을 통해 문제해결능력이 향상된다고 하였다.

학교현장에서의 STEAM 수업은 아주 획기적이고 효과적일 것 같다. 일단 교과목 분리와 경계가 허물어지기 때문에 교과 영역을 횡단하여 학습내용과 경험을 선정하고 조직할 수 있고, 교과 간의 중복을 피하기 때문에 학생들의 부담도 덜어지게 된다. 또한 일반적인 강의식 수업이 아니라 직접 학생들이 주체가 되어 토론을 하고, 무언가를 만들고 하기 때문에 학습 경험의 전이효과가 클 뿐 아니라 과정들이 내면화가 되고 문제해결능력도 향상되게 된다.  
(N예비교사)

4) 아두이노 접목을 통한 STEAM 수업의 장점

약 28%의 예비교사들은 아두이노를 접목한 STEAM 수업의 장점에 대해 언급하였다. 예를 들어, J예비교사는 아두이노를 활용한 STEAM 수업을 통해 과학기술적 지식, 창의성 및 예술적 감성과 더불어 소프트웨어적 지식과 능력을 함양할 수 있다고 하였다. 또한, P예비교사는 아두이노가 학생들이 처음 접하기에는 경계심이 있지만 참여와 체험을 통해서 학교현장에서 유용하게 활용할 수 있다고 하였다. 마지막으로 K예비교사는 STEAM 수업에서 아두이노를 기술 영역에 접목하여 여러 문제 상황에서의 활용이 가능하다고 하였다.

소프트웨어적 지식과 능력을 함양할 수 있는 아두이노와 과학 기술적 지식뿐만 아니라 창의성, 예술적 감성을 얻을 수 있는 STEAM 교육은 학교현장에서 아이들에게 매우 유용한 수업이 될 것이라 생각한다. (J예비교사)

STEAM 수업의 장점은 학생의 참여를 통하여 더 적극적이고 수업이 될 수 있도록 만든다. 아두이노가 학생들이 처음 접하기에는 딱딱할 수 있고 경계심을 가질 것 같다. 단순한 강의를 통해 주입시키기 보다는 아두이노를 통해 참여를 유도하고 직접 체험해보면 학교현장에서 활용하기에 좋은 주제가 될 것 같다. (P예비교사)

아두이노로 기술, 기계를 잡아 과학, 예술(미술), 수학과 관련된 여러 문제나 상황, 물품을 이용해 수업을 한다면 엄청난 활용 가능성을 보인다. (K예비교사)

#### IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 예비 과학교사를 대상으로 아두이노를 활용한 STEAM 프로그램이 예비 과학교사의 융합인재 핵심역량에 미치는 영향을 살펴보았다. 예비 과학교사들은 상황제시, 창의적 설계, 감성적 체험 및 평가로 이루어진 STEAM 프로그램을 경험하였다. 특히, 창의적 설계 단계에서는 아두이노를 활용한 미세면지 측정기와 공기청정기를 고안, 설계하였다. 또한 감성적 체험 단계에서는 설계를 바탕으로 아두이노를 활용한 미세면지 측정기 및 공기청정기를 제작하였다. 연구결과를 토대로 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 아두이노를 활용한 STEAM 프로그램 경험 후 예비 과학교사들은 의사소통역량, 문제해결역량, 정보수집역량, 논리분석적 사고 역량, 창의적 역량에서 통계적으로 유의미한 향상을 나타냈다. 반면, 팀워크역량과 자기개발역량에는 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. 팀워크 역량은 수용, 갈등해결, 관계형성의 세가지 하위영역으로 구성되어 있으며, '수용' 영역에서 통계적으로 유의미한 향상을 나타냈으나, '갈등해결' 및 '관계형성' 영역에서는 프로그램 전후 차이를 나타내지 않았다. 자기개발 역량 역시 '학습의지' 영역에서만 향상을 나타냈으며, '탐색 및 설계'와 '성취지향'에서의 차이는 없었다. 그러나 예비교사들의 반성적 일지에서는 아두이노 회로완성을 통해 성취감을 느꼈을 뿐만 아니라 새로운 분야에의 적용에 대한 언급이 제시되어

있었다. 아두이노를 활용하는 것이 자칫 생소하고 어렵게 느껴질 수 있지만, STEAM 프로그램을 활용함으로써 학생들이 흥미를 느끼고 쉽게 다가갈 수 있을 것이다. 특히 아두이노 회로를 구성하고 완성해 봄으로써 문제해결의 도전정신과 성취감을 느낄 수 있음을 시사한다.

둘째, 아두이노를 활용한 STEAM 프로그램을 통해 정보수집 역량과 창의적 역량이 향상되었다. 정보수집 역량에서의 '정보습득력', '자원관리', 그리고 '심층적 해석' 능력이 향상되었다. 또한 창의적 역량의 '독창성', '개선·혁신', '유연성' 영역에서의 점수가 향상되어, 새로운 지식을 얻어 의미를 구성할 수 있게 되었을 뿐만 아니라 아이디어를 고안할 수 있는 기회가 되었음을 시사한다. 또한, 아두이노를 활용한 STEAM 프로그램을 통해서 학습에서의 흥미도, 학습 욕구를 증가시킬 수 있을 뿐만 아니라 정보 논리적 사고력을 효과적으로 향상할 수 있음을 시사한다.

셋째, 일상생활에서 쉽게 접할 수 있는 문제인 '미세면지'를 다루고, 아두이노를 활용하여 미세면지 측정기를 고안, 제작해 보는 과정을 통해 학생들이 문제를 해결하는 과정에 적극적으로 참여할 기회가 되었을 뿐만 아니라, 문제해결과정에서 활발한 의사소통이 이루어질 수 있었다. STEAM 프로그램에서 아두이노를 활용해 봄으로써 예비 과학교사들은 실생활 문제를 다양한 맥락에서 해결할 수 있을 뿐만 아니라 여러 분야의 지식을 융합하여 적용해 보는 기회를 가지게 될 것이다. 학생들은 STEAM 맥락에서 실생활과 연관된 문제를 프로그래밍을 통하여 접근하고, 해결할 수 있도록 함으로써 논리적 사고와 더불어 문제해결 역량이 향상될 수 있음을 시사한다.

마지막으로 예비교사들은 아두이노를 활용한 STEAM 수업의 학교현장에서의 활용 가능성에 대해 과학적 탐구능력 함양, 협동심과 소통능력 향상, 문제해결력과 창의적 사고력 활용을 언급하였다. 뿐만 아니라 STEAM 프로그램에 아두이노를 접목하여 활용함으로써 소프트웨어적 지식과 능력을 기를 수 있다고 하여 학교현장에서의 활용 가능성에 대해 긍정적 태도를 나타냈다. SW교육과 STEAM 교육을 접목한다면 과학교육에서 어렵게 느껴질 수 있는 SW교육에 보다 흥미롭게 접근이 가능할 것이다. 또한, 아두이노뿐만 아니라 다양한 프로그래밍을 활용하여 STEAM 교육을 한다면 논리분석적 사고 역량, 창의적 역량, 문제해결역량 등의 융합인재 핵심역량을 함양하는데 기여할 수 있을 것이다. 앞으로 학교현장에서 융합인재교육을 담당할 예비교사들이 SW를 활용한 STEAM 교육을 직접 경험하고 이해하도록 함으로써 예비교사 스스로 융합인재 핵심역량을 기를 수 있을 것이다. 나아가 SW교육역량

과 융합교수역량을 갖추도록 함으로써 과학교육에서 이를 실천할 수 있을 것이다. 특히, 사범대학의 예비교사 양성과정에서 아두이노 활용과 STEAM 프로그램을 경험하도록 함으로써 예비 과학교사들이 과학교육 현장에서 이를 활용할 수 있는 자질을 갖추 수 있을 것이다.

## 국 문 요 약

본 연구는 예비 과학교사들을 대상으로 아두이노를 활용한 STEAM 프로그램을 적용하여 융합인재 핵심역량에 어떠한 변화가 있는지 살펴보았다. 아두이노를 활용한 STEAM 프로그램은 STEAM과 아두이노, 그리고 SW 교육에 대한 이론적 배경의 학습, 상황 제시, 창의적 설계, 감성적 체험, 그리고 평가 단계로 구성되며, 각 단계에서 아두이노를 활용할 수 있도록 구성하였다. 예비 과학교사들은 '미세먼지'를 주제로 아두이노를 활용한 STEAM 프로그램을 경험하였다. 예비교사들은 상황제시 단계에서 미세먼지란 무엇인지, 그리고 미세먼지의 심각성에 대해 학습한 후 미세먼지 측정기의 원리에 대해 살펴보았다. 창의적 설계 단계에서는 공기청정기를 제작하기 위해 설계도를 고안하였으며, 이때 아두이노를 활용하여 미세먼지 측정기 제작을 위한 방안을 구상할 수 있도록 하였다. 다음으로 감성적 체험 단계에서는 공기청정기를 제작하고, 아두이노를 활용하여 미세먼지 측정기를 제작하도록 하였다. 마지막 평가 단계에서는 제작한 공기청정기를 작동하여 미세먼지 측정기를 활용하여 미세먼지 농도를 측정하여 평가할 수 있도록 하였다. 예비교사들은 아두이노를 활용한 STEAM 프로그램 경험 후 의사소통 역량, 문제해결 역량, 정보수집 역량, 논리분석적 사고 역량, 창의적 역량이 향상되었다. 또한, 예비교사들은 프로그램 경험 후 예비교사들은 아두이노를 활용한 STEAM 수업의 학교 현장에서의 활용 가능성에 대해 과학적 탐구능력 함양, 협동심과 소통능력 향상, 문제해결력과 창의적 사고력 활용을 언급하였다. 또한 이들은 STEAM 프로그램에 아두이노를 접목하여 활용함으로써 소프트웨어적 지식과 능력을 기를 수 있을 것이라고 하였다.

**주제어:** 아두이노, 예비과학교사, 융합인재교육, 융합인재핵심역량

## References

- Bae, D., Kim, B., & Kim, J. (2014). The effect of making bridge model STEAM program based SMART education on interest and STEAM literacy. *The Korean Journal of Technology Education*, 14(1), 158-176.
- Bae, J., Yun, B., & Kim, J. (2013). The effects of science lesson applying STEAM education on science learning motivation and science academic achievement of elementary school students. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 32(4), 557-566.
- Baek, Y. S., Park, H., Kim, Y., Noh, S. G., Park, J., Lee, J., Jeong, J., Choi, Y., & Han, H. (2011). STEAM education in Korea. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 11(4), 149-171.
- Hong, J., & You, M. (2016). The effect of program for the gifted based on GI-STEAM model on leadership, creative personality, and learning flow of elementary gifted students. *Journal of Gifted/Talented Education*, 26(1), 77-99.
- Hong, K., & Jo, J. (2015). A learning effect of the STEAM education in terms of an upper grade students of elementary school students scientific attitude and creative problem solving. *Korean Education Inquiry*, 33(1), 77-99.
- Kang, I., Kim, H., & Kim, D. (2012). A case study on the learning effects of the STEAM education using open-source softwares in terms of students' interest in and attitudes toward science. *Secondary Education Research*, 60(4), 1105-1134.
- Kang, J. & Ju, E. J., & Jang, S. (2013). The effect of science-based STEAM program using a portfolio on elementary students' formation of science concepts. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 32(4), 593-606.
- Kim, J. (2015). Study on SW education and STEAM education using Arduino for technology subject. *The Korean Journal of*

- Technology Education*, 15(1), 22-48.
- Kim, S. Y., & Jeon, J. H. (2019). The effects of STEAM program on preservice science teachers' communication competency: Their experiences and reflection on STEAM education. *Journal of Science Education*, 43(1), 136-156.
- Kim, T., Kim, B., & Kim, J. (2014). Development and application of the STEAM education program focused on the sensor-based Scratch programming. *Journal of The Korean Association of Information Education*, 18(1), 65-74.
- Koh, B. O. (2016). A study on the STEAM education based Arduino. *The Journal of Education Studies*, 53, 1-18.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. Los Angeles, CA: Sage Publications.
- Ministry of Education, Science and Technology [MOEST]. (2015). *2015 Revised Science Curriculum*. Seoul, Republic of Korea: Author.
- Moon, W. (2014). Development and application of STEAM education model using Scratch programming and sensor board in class of elementary school students. *Journal of the Korean Association of information Education*, 18(20), 213-224.
- Pak, A., & Kim, Y. K. (2014). The effects of STEAM program on the scientific communication skills and the learning flow of elementary gifted students. *The Korean Society of Elementary Science Education*, 33(3), 514-523.
- Park, T. J. (2018). Developing and applying design principles for a physical computing program based on creative problem solving methodology. *Journal of Educational Technology*, 34(3), 817-847.
- Shim, K., Lee, S., & Suh, T. (2014). Development and evaluation of a STEAM curriculum utilizing Arduino. *The Journal of Korean Association of Computer Education*, 17(4), 23-32.
- Shim, S., Kim, J., & Kim, J. (2016). Development of STEAM learning program using Arduino to improve technological problem-solving ability for middle school students. *The Korean Journal of Technology Education*, 16(1), 77-100.
- Shin, S., Ha, M., Lee, J., Park, H., Chung, D., & Lim, J. (2014). The development and validation of instrument for measuring high school students' attitude toward convergence. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(2), 123-134.
- Tae, J. (2013). The effect verification of STEAM education based on storytelling according to scientific attitude level group. *The Journal of the Korean Society for the Gifted and Talented*, 12(1), 5-28.
- Yang, H. S. (2015). *Development of a competency model required to gifted students based on the competence of convergence talent* (Master's thesis). Korean National University of Education.

## 저 자 정 보

김 선 영 (조선대학교 부교수)

윤 세 현 (조선대학교 학생)