피지컬 컴퓨팅 도구를 활용한 초등 과학 교육 프로그램 개발 연구*

김성훈¹·박수홍²

¹부산대학교 교육대학원 석사, ²부산대학교 교육학과 교수

A Study on the Application of Elementary School Physical Education Programs Using Physical Computing Tool

Kim, Sung-hoon¹ · Park, Su-Hong²

^{1,2}Pusan National University, Dept. of Education

〈Abstract〉

Purpose: The purpose of this study is to develop an effective learning program to stimulate students' interest and curiosity to enhance inquiry skills and to guide procedural knowledge. **Method:** The study was carried out according to the ADDIE model for the development of science education program using MBL II experiment device. First of all, we developed a program using the MBL II experimental system based on the literature analysis and case analysis. The developed educational program was applied to the 23 students of the first grade of elementary school in elementary school in Y city. After analyzing the observation logbook of the students at the field application, analyzing the characteristics of the observation results, and using the Focus Group Interview Method (FGI), the education program was finally revised and supplemented, and the completion of the science education program using the MBL II experiment device. **Results:** In order to maximize the advantages of MBL (Microcomputer based laboratory) education and to improve the applicability of the program field, we defined raspberry pie which has low cost and easy interface with other sensors and devices as MBL II, and developed a science education program using it. **Conclusion:** The program developed in this study will improve the data collection and analysis capacity of students in the 'scientific inquiry experiment' that has emerged due to the reorganization of science and curriculum in 2015.

Key words : Physical Computing, MBL II, science education program, scientific inquiry experiment

* 본 연구는 제1저자(2018)의 석사학위논문 '피지컬 컴퓨팅 도구를 활용한 과학 교육 프로그램 개발 연구'를 수정, 요약한 것임.

Corresponding Author: Park, Su-Hong. Pusan National University, Dept. of Education, Busandaehakro, Jangjeondong, Busan, Korea, e-mail: suhongpark@pusan.ac.kr

I. 서론

우리나라 학생들의 과학 학업성취도 수준은 TIMSS(Trends in International Mathematics and Science Study) 2015에서 초등학생은 15개국 중 수학 3위, 과학 2위, 중학생은 수학 2위, 과학 4위이고, PISA(Programme for International Student Assessment)에서도 높은 성취 수준을 유지하고 있다. 하지만, 과학에 대한 자신감, 과학 학습에 대한 흥미, 과학에 대한 가치인식 등은 최하위권에 머물고 있다(곽영순, 2017; 한국교육과정평가원, 2016). 이는 학년이 올라갈수록 시험에서 높은 비중을 차지하는 과목에 집중하고 시험문제 위주의 기계식 암기에 치우치면서 과학에 대한 흥미를 잃고, 점차 과학을 어렵고 재미없는 과목으로 인식하기 때문이다. 이와 같이 우리의 과학교육에서 학생들은 스스로 탐구활동의 주체가 되기보다는 과학적 지식의 암기자로 내버려지고 있는 환경 탓일 수 있다. 물론 우리의 과학교육이 암기 위주의 접근을 추구하는 것은 아니다. 우리나라의 과학 교육과정은 과학의 기본 개념을 이해하고 과학 탐구 능력과 과학 태도를 함양하여 창의적이고 합리적으로 문제를 해결하는데 필요한 과학적 소양을 기르는 것을 목표로 하는데, 2015 개정 과학과 교육과정에서 새로이 추가된 ‘과학탐구 실험’에서도 과학 수업을 함에 있어서 학습자 스스로 주도하는 탐구 실험과 과제 연구 등을 강조하고 있다(교육부, 2015).

여기에서 과학 탐구란 ‘학생들 스스로 탐구문제를 설정하고 문제 해결을 위한 탐구 방법을 계획하며 자료를 조사하고 그에 필요한 도구 및 재료를 준비하여 탐구를 수행하여 문제에 대하여 근거 있게 결론을 내는 활동’이다(이정원, 1999). 학생이 탐구를 주도하여 주제선정부터 변인 및 가설 설정, 탐구계획 세우기, 계획에 따라 실험하기, 실험결과 기록하기를 거쳐서 결론을 도출하기까지 탐구과정 전체를 학생 스스로가 연구를 거듭해가며 결론을 도출하도록 해야 한다(안희정, 2013). 그러나 교육현장에서는 실험 준비의 어려움과 교사의 부담 등을 이유로 실험 활동 중요성을 알면서도 실험을 하지 않거나, 시범 실험으로 수업이 이루어지는 경우도 많다(김동렬, 2014). 또한 현재 과학실에서 쓰이고 있는 실험 도구 실험 방법을 10년 전과 비교해보아도 여전히 비슷한 실험 도구와 방법으로 학습을 하고 있다. 학습자들도 최근 기기의 발달로 첨단 디지털 시대를 살아가고 있는데 학생들의 탐구 능력을 키워줘야 하는데 과학실에서조차 10년 전과 같은 실험 도구와 방법으로 학습을 하고 있는 실정이며, 과학 실험을 할 때에도 수업 시간의 많은 부분을 실험 기구의 기본적인 사용법을 익히거나 실험 과정에서 나오는 데이터를 모으는데 보내게 된다. 그래서 충분한 시간을 가지고 학생들이 자연 현상과 과학적 문제에 대해 깊이 있게 탐구하지 못하고 그저 과학 교과서에 나오는 개념과 단어를 확인하고 짚고 넘어가게 되는 경우가 많다.

탐구 중심 교육을 중시하는 초등 과학교육의 목표를 달성하기 위해서는 실제 현장에서 탐구 수행 시 겪게 되는 어려움을 사전에 파악하고, 이를 해결할 수 있는 대안책 마련이 필요가 있다(김동렬, 2014). 탐구 수행 시 겪는 많은 어려움의 하나는 탐구활동에서 데이터 수집의 문제이다.

과학실험에서 탐구의 중요한 요소인 데이터의 수집, 분석 및 해석은 학생들에게 지루하고 무의미한 실습으로 간주될 수 있기 때문에 치밀하게 계획하고 조정하여야 할 필요가 있다(Good & Berger, 1998; 노상엽, 2013 재인용). 이러한 점에서 MBL(Micro computer Based Laboratory)은 데이터 수집과 분석의 지루한 과정을 흥미로운 활동으로 받아들여 할 수 있는 방법으로서 관심을 가질 만하다.

MBL(Microcomputer based laboratory)은 ICT 기반의 과학 실험 교육으로 컴퓨터를 이용하여 수행하는 실험을 일컫는 용어로서 MBL은 센서를 통해 실시간으로 측정된 결과 값들을 인터페이스를 통해 컴퓨터로 전송하여 실험과 동시에 수집된 자료를 분석하고 그래프로 나타낼 수 있는 시스템을 의미한다(김미나, 2011). 자료수집과 분석의 도구로 컴퓨터와 각종 센서를 활용하는 MBL은 자료 수집이 어렵거나 실험 결과가 미세하여 사람의 오감으로 측정하기 힘든 실험, 실험 상 오차가 많은 실험, 시간이 많이 걸리는 실험 등에 유용한 실험 방법이다(최선미, 2010). 정확하고 객관적인 측정에 의해서 결론에 도달하는 과학과의 성격에 매우 적합한 과학 실험 도구라고 할 수 있다. 초등 과학 지도서 유의점에서 자주 강조하는 정성적인 방법을 보완하여 학생들의 과학 탐구 능력과 과학적 소양을 키우는데 MBL은 큰 효과를 발휘할 수 있는 것이다. 과학탐구 활동을 수행하는데 정량적 데이터를 수집하고 분석하여 이를 활용하여 자연 현상의 논리적 관계를 학생들이 주도적으로 설명할 수 있게 하는데 MBL(Microcomputer based laboratory)이 큰 역할 할 수 있을 것이라 생각한다.

MBL 실험은 기존 실험에 비해 자료를 정확하게 수집할 수 있고, 따라서 실험의 신뢰성을 높일 수 있고, 빠른 피드백을 제공하며, 자료수집이 빠르기 때문에 데이터 분석과 그래프 작성, 결과 도출에 걸리는 시간을 현저히 줄일 수 있으므로 충분한 실험 토의를 할 수 있다(박제왕 등, 2016). 또한 기계적인 실험 기구만으로 측정하기 어려운 실험들을 가능하게 하고, 컴퓨터를 사용하기 때문에 학생들의 높은 집중도와 수업 태도를 보이게 할 수 있다(정희연, 2010).

데이터의 수집, 분석 및 해석에 이르기까지 유용한 학습방법을 제공하는 MBL의 장점에도 불구하고 현재까지 개발된 MBL 장치는 컴퓨터가 있는 교실에서 실험 장치를 연결하고 연결된 컴퓨터에서만 실험 데이터들을 볼 수 있다는 한계가 있다. 예를 들어 실외의 온도 변화를 측정하거나 교실이 아닌 특정 위치에서 온도 등을 측정하도록 하는 실험은 장치를 실외의 실험 현장에 투입하는 것이 현실적으로 불가능하며, MBL 장치의 가격이 고가이기 때문에 모듈별, 그룹별로 장치를 모두 제공해 줄 수 없다. 실내에서 MBL 적용에서도 학생들은 MBL의 장점인 능동적인 수업 참여, 학업 성취도의 증대, 문제 해결력 신장의 대상이 아닌 수동적인 수업 참여에 머무를 수 있기 때문에 다른 방법의 과학교육과 마찬가지로 학업 성취도의 하락, 문제 해결력 부족이라는 결과가 나타날 수 있다(허명, 2005).

학생들이 실험과정에서 데이터를 구하고 이를 사용하여 결론을 구성하게 되는 과정은 과학을 배우는 학생들에게 과학자로서의 역량을 기르는 매우 중요한 활동이다. 이 과정에서 학생들의

자기주도적인 과학 탐구가 가능하려면 MBL의 장점을 극대화 시키고 단점을 보완할 수 있는 새로운 교수학습체제가 필요하다.

의미 없는 데이터 수집시간을 줄이고 실험과정에서 효율적으로 수집한 데이터를 근거로 과학적 토의와 토론에 집중할 수 있다면 학생들의 과학탐구능력을 기르는데 매우 효과적일 것이다. 그런 점에서 아두이노와 같은 피지컬 컴퓨팅 도구는 새로운 교수학습체제를 지원할 수 있는 매우 효과적인 수단이 될 수 있다고 생각한다. 초등 과학과의 목표인 과학적 탐구 능력과 과학적 소양을 향상시키기 위해서는 첨단 시대에 걸맞은 새로운 도구와 방법으로 탐구할 수 있는 기회가 주어져야 하며, 학생들도 과학자처럼 객관적으로 실험할 수 있는 경험을 할 수 있도록 새로운 교수학습 시스템을 갖추어야 한다. 이런 점에서 아두이노와 피지컬 컴퓨팅 도구는 학생들에게 새로운 방법의 탐구 경험과 과학자의 그것처럼 객관적이고 정확한 실험을 할 수 있는 기회를 줄 수 있는 대안이 될 것이다.

본 연구는 MBL의 장점을 효과적으로 적용하고 한계를 극복할 수 있는 대안으로서 기존의 아두이노와 라즈베리 파이라는 피지컬 컴퓨팅 도구의 도입을 제안하고 그를 활용한 프로그램을 개발하고자 한다. 아두이노는 오픈소스의 마이크로컨트롤러로서 다양한 측정값들을 받아들이기 위해서 LED, 온도센서 등과 같은 센서들과 결합하는 시스템으로서 가격이 저렴하고, 다양한 운영체제를 수용할 수 있으며, 센서들과 기판 자체가 작은 편으로 선행연구는 기존의 MBL을 대신 하여 아두이노를 사용했을 경우 저렴한 가격으로 실험 교육 환경 구축을 하면서도 그 성능은 유사하다(오동철, 2012). 학생들이 학습에 대한 흥미가 유발되어 스스로 탐구를 하려면 그에 걸맞는 학습 도구가 뒷받침되어야 한다. 여러 가지 장점을 가진 MBL이라는 훌륭한 과학 실험 도구가 있지만 비싼 가격 때문에 학생들이 정작 원하는 탐구를 실시하지 못하는 과학 교육의 한 단면을 피지컬 컴퓨팅 도구를 활용한다면 매우 효과적으로 보완할 수 있을 것이다. 학생들에게 있어서 MBL은 기계의 하나일 뿐 과학교육에서 MBL의 도입은 지속적이고 분석적인 데이터의 제공에 그 목적이 있기 때문에 아두이노 역시 Microcomputer based laboratory 즉, MBL의 일종으로 보아야 한다. 이에 본 연구는 기존의 MBL 장치를 MBL, 기존의 MBL를 대체할 수 있는 아두이노 기기를 MBL II로 정의하고, 아두이노와 라즈베리 파이 즉, 피지컬 컴퓨팅 도구를 활용한 MBL II 기반의 초등학교 과학교육 프로그램을 개발하고자 하였다. 이를 위해 연구과제를 1) 문헌연구와 사례연구를 통하여 MBL II 기반의 과학 교육 프로그램 초안 개발, 2) 초안 프로그램 적용에 대한 관찰평가 및 실험 참가자들의 초점집단면접을 통한 최종안 도출로 설정하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 절차

본 연구 과정은 ADDIE 모형에 근거하여 프로그램의 설계, 개발, 적용, 평가의 과정을 포함하는 개발연구 방법을 적용한 것이다. 먼저, 문헌연구와 사례연구를 실시하여 프로그램의 핵심가치를 도출하고, 핵심가치의 구현을 위한 핵심 활동 프로세스를 만들었다. 이렇게 도출된 핵심 가치와 활동 프로세스를 활용하여 원활한 교육이 이루어질 수 있도록 지원구조를 고안하였다. 프로그램의 핵심가치와 핵심활동 프로세스, 그리고 지원구조를 종합하여 피지컬 컴퓨팅 도구를 활용한 프로그램의 초안을 마련하였다. 이후 현장적용 평가를 거쳐 수업을 한 학생들을 대상으로 관찰평가와 초점집단면접(FGI)를 실시하여 도출된 개선점을 바탕으로 프로그램의 최종안을 마련하였다.

2. 단계별 연구 방법

첫째, 분석단계에서는 교육내용을 정의하고, 조직적으로 계획을 결정하는 단계이다. 본 연구에서는 연구 주제와 관련된 문헌 및 사례를 검토하여 기존 MBL의 특징과 한계, 피지컬 컴퓨팅을 활용한 MBL II의 장점을 조사하였다. 조사결과를 바탕으로 본 연구의 필요성과 목적, 연구과제, 효과적인 연구를 위한 방법 그리고 프로그램의 핵심가치를 도출하였다. 프로그램의 핵심가치란 프로그램을 통해 궁극적으로 도달하고자 하는 목표를 의미한다.

둘째, 설계(Design) 단계는 분석을 통해 파악된 문제점과 산출물을 창조적으로 종합 하여 효과적이고 효율적인 프로그램을 개발하기 위해 교육방법을 구체화하는 과정이다. 본 연구에서는 기존의 MBL 기반 교육프로그램과 생명교육 프로그램 구성을 분석한 결과를 바탕으로 MBL II 기반의 교육프로그램의 방향을 설정하고 분석단계에서 도출한 핵심 가치를 구현할 핵심활동 프로세스를 구축하였다.

셋째, 개발(Development) 단계 분석과 설계단계에서 만들어진 청사진에 따라, 교육자료를 실제 개발하고 제작한다. 본 연구에서는 도출한 핵심활동 프로세스를 원활하게 교육에 적용하기 위한 지원 구조를 밝혀 피지컬 컴퓨팅 도구를 활용한 과학 교육 프로그램 초안을 개발하였다. 프로그램 초안은 전문가 평가를 통해 개선점을 도출하여 이를 프로그램 초안에 반영하여 수정 및 보완하였다.

〈표 II-1〉 전문가 형성평가에 참여한 전문가

영역	성명	직위	소속	경력
교수설계전문가	박○○	교수	P대학교	18년
현장교육 전문가	홍○○	교사	Y초등학교	11년
현장교육 전문가	이○○	교사	B초등학교	13년
현장교육 전문가	최○○	교사	D중학교	35년

〈표 II-2〉 전문가 형성평가(FGI) 평가 영역과 주요 질문 문항

영역	주요 질문 문항
프로그램의 핵심 활동 프로세스	프로그램의 단계와 활동들은 학생들의 탐구능력 향상을 위해 적절한가? 프로그램에 제시된 단계와 순서는 적절한가? 프로그램에 제시된 단계별 활동내용은 적합한가? 프로그램에서 수정 또는 추가되어야 하는 부분은 어떤 것인가?
프로그램의 핵심 지원요소	학습을 위한 지원요소가 있는가? 과제 달성을 위해 필요한 학습도구는 적절한가?
현장 적용 가능성	개발한 프로그램을 수업에 적용할 수 있는가?

넷째, 실행(Implementation) 단계에서는 개발된 프로그램의 교육내용을 학습자에게 효과적이고 효율적으로 전달하는 것이다. 본 연구에서는 전문가 평가를 통해 수정 및 보완한 과학 교육 프로그램을 Y시 소재 B초등학교 4학년 1개 반 학생 23명을 대상으로 현장 적용하였다. 연구의 적용 기간은 2017년 5월 첫째 주부터 2017년 6월 넷째 주까지 8주에 걸쳐 과학수업 시간에 진행하였으며, 연구 진행 과정 전반에서 관찰되는 학생들의 변화 모습과 관찰 일지를 분석하였다.

〈표 II-3〉 주별 수업적용 절차

단계	활동 목표	활동 내용	활동 자료
1주차	피지컬 컴퓨팅의 기능에 대하여 이해한다.	· 피지컬 컴퓨팅 도구의 종류 기능 알고 제작 실습하기	노트북, 전자부품 학습지, 피지컬 컴퓨팅 도구, 다양한 센서
2주차	· MBL II로 씨앗이 싹 트는 조건을 안다.	· MBL II로 씨앗이 싹 트는 온도 조건 실험하기	피지컬 컴퓨팅 도구, 다양한 센서
3주차		· MBL II로 씨앗이 싹 트는 수분 조건 실험하기	피지컬 컴퓨팅 도구, 다양한 센서

(표 계속)

단계	활동 목표	활동 내용	활동 자료
4주차	MBL II로 식물이 잘 자랄 수 있는 조건을 안다.	· MBL II로 식물이 잘 자랄 수 있는 햇빛 조건 실험하기	피지컬 컴퓨팅 도구, 다양한 센서
5주차		· MBL II로 식물이 잘 자랄 수 있는 수분 조건 실험하기	피지컬 컴퓨팅 도구, 다양한 센서
6주차	MBL II 실험결과를 표와 그래프로 정리한다.	· 실험 과정과 결과를 표와 그래프로 정리하기	관찰일지
7주차	MBL II로 식물이 잘 자랄 수 있는 환경을 조절한다.	· MBL II로 자동 수분 공급 장치 만들어 실험하기	피지컬 컴퓨팅 도구, 다양한 센서
8주차	식물의 한 살이 과정을 안다.	· 실험 과정과 결과 정리하여 발표하기 · 식물의 한 살이 과정 정리하기	관찰일지

다섯째, 평가(Evaluation) 단계에서는 개발된 프로그램 설계과정의 효율성과 교육내용이 효과적으로 전달되었는지를 평가한다. 본 연구에서는 현장 적용 시 학생들의 관찰일지를 검토하고 관찰결과에 대한 토의에서 나타나는 특징을 분석하였다. 그리고 학습자 입장에서 사용성 평가를 위해 학생들에게 초점집단면접법(FGI)를 실시하여 교육 프로그램의 만족도와 효과성을 알아보고 개선점을 도출하여 이를 프로그램에 적용하여 최종 수정 및 보완한 후 프로그램의 최종안을 개발하였다.

〈표 II-4〉 초점집단면접 참여자 학생 명단

이름	나이	성별	학습 수준	MBL 수업 경험 여부
김○○	11세	남	상	×
전○○	11세	여	상	×
황○○	11세	여	하	×
박○○	11세	남	중	×
정○○	11세	여	중	×
조○○	11세	여	하	×

〈표 II-5〉 학생 초점집단면접 질문내용

구분	질문내용
시작 질문	이번 식물 한 살이 수업은 어떠하였니?
소개 질문	친구들은 이번 수업을 어떻게 생각하고 있었을까?
전환 질문	수시로 식물의 성장을 보는 것이 도움이 되었니? 실험하면서 가장 재미있었던 것을 이야기해 보자
핵심 질문	어려운 점은 무엇이었을까? 이 방법을 지금까지 배운 다른 수업에 사용했다면 어땠을까? 가장 적용하고 싶은 단원은?
종결 질문	어떻게 했으면 더 재미있는 수업이 되었을지 이야기해 보자

III. 연구결과

1차 개발된 프로그램의 현장 수업 적용을 통해 프로그램의 효과성을 알아보았으며, 수업적용 평가 결과를 1차 프로그램에 반영하여 프로그램의 최종안을 개발하였다.

1. 수업적용 평가 결과

1차 프로그램에 대한 수업 적용은 초등학교 4학년 과학과 ‘식물의 한 살이’ 단원을 중심으로 이루어졌으며, 평가 결과는 프로그램의 수정에 반영하여 수정·보완하였다. 평가 방법은 관찰방법과 FGI를 실시하여 프로그램이 적용된 수업을 받은 학생들을 대상으로 관찰일지를 검토하고, 인터뷰를 실시하여 질의 및 응답을 진행하였다.

1) 프로그램의 적용 효과

수업 적용을 통해 도출된 프로그램의 효과를 구체적으로 살펴보면 구체적으로 다음과 같다. 첫째, 피지컬 컴퓨팅 도구의 높은 휴대성으로 학습자가 원하는 장소와 시간에서 학습활동이 가능하였다.

이렇게 작은 센서와 아두이노로 강낭콩 싹이 잘 트는 곳의 온도를 측정해보았더니 온도계로 측정하는 것보다 시간이 단축되었습니다. (전○○)

아두이노와 연결된 LCD를 통해서 현재 강낭콩이 자라는 곳의 습도를 바로바로 알 수 있어서

편리했습니다. (김○○)

조도 측정 장치로 편리하게 조도를 측정해보니 햇빛 차단 장치 상자 안의 조도값이 실제로 0~2 lux로 나와 빛이 거의 없다는 사실을 알게 되었습니다. (김○○)

라즈베리 파이에 연결된 카메라로 교실 바깥에서도 쉬는 시간에 식물이 자라는 모습을 볼 수 있어서 내가 원하는 시간과 장소에서 실험을 할 수 있다는 점이 매우 인상 깊었습니다. (조○○)

둘째, 과학적 현상에 대한 흥미가 증가하였고, 생명 존중 의식도 함양할 수 있어 절차적 지식과 정의적 능력에 대한 배움이 일어날 수 있었다.

처음으로 아두이노와 센서를 접해보았는데 무척이나 재미있었고, 실험과정을 동영상으로 통해서가 아니라 직접 실험 장치를 꾸미고 실험을 진행하며 온도와 습도 값을 측정하여 재미있었습니다. (김○○)

내가 꾸민 장치가 이렇게 작동되어서 빛의 양을 측정하는 모습을 보니 무척 뿌듯하였고 자신감이 생겨서 다른 실험에도 사용해보고 싶었습니다. (황○○)

강낭콩 씨앗이 싹트는 순간을 직접 동영상으로 확인할 수 있어서 생명의 신비로움을 느꼈고, 앞으로도 식물을 더 잘 키우고 사랑해야겠다고 생각했습니다. (박○○)

토양습도 측정 장치 덕분에 물이 부족할 경우 LED에 빨간 불이 들어와서 물을 보충해 줄 수 있었습니다. (김○○)

실험을 하면서 조립하고 만지는 활동을 좋아하는데 아두이노를 사용하니 많이 조립하고 만질 수 있어서 좋았습니다. (조○○)

셋째, 과학 탐구 능력을 향상시킬 수 있었고, 식물의 한 살이 과정에 대한 이해도를 높일 수 있었다.

강낭콩 씨앗을 뿌려 점점 자라는 과정을 사진과 동영상으로 확인할 수 있어서 식물의 한살이 과정을 더 잘 이해할 수 있었습니다. (정○○)

물을 준 씨앗과 물을 주지 않는 씨앗의 수분의 양을 직접 눈으로 확인하면서 식물이 잘 자랄 수 있는 조건을 확실하게 알게 되었습니다. (박○○)

식물도 사람처럼 단계를 거쳐 자라는 것을 보니 신기하고 강낭콩이 꽃이 핀다는 것도 처음 알게 되었습니다. (황○○)

강낭콩이 잘 자랄 수 있는 알맞은 온도와 습도 그리고 햇빛의 양이 있다는 것을 알게 되었습니다. (김○○)

넷째, 실험결과를 정확하게 측정하여 객관적으로 분석할 수 있었다.

암막상자 속에는 빛이 없기 때문에 조도 값이 0이 나와야 하는데 아두이노에 연결된 조도 센

서 값이 정말 0으로 나와서 정확하게 측정할 수 있었습니다. (김○○)

조도 측정 장치로 조도를 재니 시간마다 조도가 달라진다는 것을 알게 되었습니다. (황○○)

온도가 씨앗이 싹 트는 데 끼치는 영향을 알아보는 실험에서 아이스 팩을 넣은 씨앗은 주변 온도가 점점 내려가는 것을 볼 수 있었고 아무런 조치를 하지 않은 일반적인 상황의 씨앗의 주변 온도가 거의 변하지 않아 온도 변화 값을 빠르게 측정할 수 있었습니다. (정○○)

얼음팩이 있는 곳의 강낭콩 주변 온도를 재니 실제로 3~4도로 나왔습니다. (박○○)

다섯째, 학생들의 과학적 상상력과 호기심, 그리고 논리적 사고력을 높일 수 있었다.

아두이노와 다른 센서를 결합하여 움직이는 로봇을 만들어 보고 싶습니다. 저는 RC 카를 좋아하는데 아두이노와 라즈베리 파이를 이용해서 RC카를 만들어 경주를 하면 정말 신날 것 같습니다. (황○○)

누나 책을 보니 5학년 때 실과라는 과목을 배우던데 거기에 나오는 전기 부품들을 내가 공부한 센서들을 이용해서 만들어 보면 좋겠다고 생각했습니다. (김○○)

여섯째, 틀에 박힌 과학 수업 방법을 바꿀 수 있었다.

온도를 잴 때 온도계만 사용할 수 있다고 생각했었는데 이렇게 작게 생긴 센서로도 온도와 습도까지 측정할 수 있어서 정말 새롭고 흥미로운 실험 방법이었습니다. (박○○)

선생님께서 아두이노를 손 안의 작은 컴퓨터라고 설명해주셨는데 아두이노와 센서를 연결해서 실험을 해보니 정말 컴퓨터처럼 정확하고 편리하게 측정해주었습니다. 이때 까지 사용했던 과학실의 실험기구와는 차원이 다른 느낌이었습니다. (조○○)

단순하게 교과서로만 수업을 하는게 아니라 직접 만져볼 수 있어서 이론적으로만 알고 있던 것을 실감나게 공부할 수 있어 기억에 더 오래 남을 것 같습니다. (황○○)

일곱째, 실험측정하는 시간을 줄여 토론과 토의 그리고 자료 해석하는 시간을 늘릴 수 있었다.

식물의 씨앗이 싹 터서 자라는 모습을 사진으로 찍었다가 한번에 컴퓨터로 열어볼 수 있어 시간도 아끼고 식물의 한 살이 단계에 대해서 친구들과 더 많이 이야기를 나눌 수 있었습니다. (김○○)

식물이 잘 자라는 환경의 조도를 엑셀 프로그램으로 저장시켰다가 나중에 한눈에 쉽게 확인할 수 있어서 식물이 좋아하는 조도와 싫어하는 조도에 관해서 쉽게 이해할 수 있었고 조도값의 변화를 그래프로 나타낼 수 있는 시간적 여유도 있었습니다. (박○○)

보통 다른 실험을 할 때는 실험 결과가 제대로 안 나올 때고 있고, 시간이 오래 걸려 친구랑 잡담을 하거나 서로 실험을 하려고 다툼 때도 있었는데 피지컬 컴퓨팅 도구로 수업을 하니 실험 측정 시간도 빠르고 정리도 잘 되어 관찰 일지에 실험 결과를 잘 정리할 수 있었습니다. (황○○)

2) 프로그램의 개선점

프로그램 수업 적용 평가 결과를 통해 ‘~했으면 좋을 것 같습니다.’, ‘있으면 좋겠습니다.’, ‘될 것 같습니다.’ 등과 같이 개선이나 보충을 요구하는 내용을 중심으로 분석한 결과 개선점을 도출할 수 있었다. 수업적용 평가를 통해 도출한 프로그램의 개선점을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 피지컬 컴퓨팅 도구에 대한 어색함과 실험 장치를 만드는데 어려움이 있었던 것으로 보인다.

“선생님 설명을 들을 때에는 이해가 되었는데 직접 실험장치를 꾸미려고 하니 처음에는 어렵게 느껴졌습니다. 그래서 미리 숙제처럼 실험장치 꾸미는 것을 보고 온다면 학교 수업 시간에 좀 더 잘 집중해서 실험에만 열중할 수 있을 것 같습니다.”(조○○)

“처음 접해보는 아두이노와 센서들이 신기하긴 했지만 실험장치를 꾸미는 데 다소 어려움이 느껴졌습니다.”(박○○)

“실험과정을 더 잘 알 수 있도록 미리 영상으로 볼 수 있으면 좋겠습니다. 수업하기 전에 미리 집에서 보고 오면 수업 시간에 더 잘 아두이노와 센서를 이용하여 측정하는데 집중할 수 있을 것 같습니다.”(정○○)

둘째, 실험 과정과 결과에 대해 다른 학습자들과 공유하고 협업할 수 있기를 원했다.

저는 아두이노와 모터를 이용하여 선풍기를 만들고 싶은데 어떻게 하면 좋을지 선생님께서 인터넷에 올려 알려주시면 큰 도움이 될 것 같습니다. (김○○)

실험결과와 과정을 다른 모둠과 비교해보고 싶습니다. 앞으로 실험하는데 참고할 수 있고 만약 우리 모둠도 실험장치를 꾸미고 결과를 얻는데 다른 모둠처럼 성공했다면 앞으로도 더 잘 할 수 있겠다는 자신감도 얻을 수 있을 것 같습니다. (황○○)

자동으로 물을 주는 화분 장치를 꾸며 집에서 다른 식물을 키워보고 싶습니다. (박○○)

셋째, 컴퓨팅 사고력을 요구하는 코딩에 대해 궁금증을 느끼고 있는 것으로 보였다.

실험에 맞게 선생님께서 코딩을 미리 작성해주셨지만 어떻게 코딩이 이런 장치에 들어가서 움직이게 되는지 궁금하였습니다. (정○○)

코딩에 대해서 좀 더 알고 싶은데 쉽게 배울 수 있는 방법을 알려주시면 좋겠습니다. (김○○)

넷째, 실험의 안전성이 보장되어야 한다.

친구가 저항 부품으로 장난을 치다가 손에 찔려서 다쳤습니다. 겉보기에 작아서 위험하게 보

이지 않아도 항상 안전하게 사용해야 할 것 같습니다. (박○○)

부주의하게 실험도구를 사용하다가 실험도구를 떨어뜨리면 강낭콩의 줄기가 상할 수 있다고 생각합니다. 식물도 생명이니까 무엇보다 안전한 실험이 제일 중요하다고 생각합니다. (김○○)

다섯째, 재미있게 피지컬 컴퓨팅의 기초를 배울 수 있도록 해야 하는 것으로 보였다.

순서에 따라 차례대로 입력하면 올바른 결과가 나온다고 하는데 이게 알고리즘과 프로그래밍과 무슨 상관인지 이해가 안됩니다. (황○○)

아두이노로 새롭게 실험하는 것은 재밌지만 명령문을 넣고 컴퓨터가 이해할 수 있는 언어를 입력한다는게 낯섭니다. (김○○)

3) 프로그램의 수정·보완 사항

프로그램의 수업적용을 한 후 학생 FGI를 통해서 <표 III-1>과 같이 개선점들을 도출하여 프로그램 초안 수정·보완하였다. 수정·보완 사항은 최종안에 색깔로 표시하였다.

<표 III-1> 프로그램 초안 수정·보완점

학생 FGI 결과	수정·보완 사항
· 실험 장치 구성의 어려움	- 사전학습 단계에 '과학실험 미리 맛보기' 추가 - 실험 방법 동영상 제작하여 학급 홈페이지 게시
· 다른 친구들과 실험 과정과 결과 정리 및 공유가 되지 않음	- 사후학습 단계에 '협업' 추가 - 학급 홈페이지에서 실험 과정과 결과를 공유하고 학습 - 웹상에서 공유를 통한 배움중심의 공간 창출
· 프로그래밍에 대한 거부감	- 사전학습 단계에 '인플러그드 컴퓨팅' 추가 - 컴퓨터를 전혀 사용하지 않고도 알고리즘과 컴퓨터의 동작 원리 학습 가능하며 구체적인 조작 형태의 놀이 학습 자료로 재미있게 학습 가능 - 사전학습에 '프로그래밍' 추가 - 스크래치 프로그램을 활용하여 간단한 코딩 연습
· 프로그램 진행하는 교사 발문의 모호함	- 지원요소를 발문(Big Questions), 학습 도구(Tools), 학습활동 가이드(Just In Time Guide) 세 가지로 보다 구체화시킴 - 학습하는 동안 실험 과정과 센서의 원리를 더 잘 이해할 수 있도록 도움
· 실험 과정의 위험성	- 실험 설계 마지막 활동으로 각 부품에 대한 설명과 주의 사항을 포함시킴 - 안전에 대한 민감성 높임
· 피지컬 컴퓨팅 도구와 센서를 활용한 교과서 이외의 심화 프로젝트 수행	- 사후학습 단계에 '더 나아가기' 추가 - 학습자 스스로 피지컬 컴퓨팅 도구를 실생활에서 보다 다양하게 활용할 수 있도록 심화용 프로젝트 활동 방법 및 관련 센서와 코딩을 학급 홈페이지에 게시

2. 프로그램의 최종안 개발

프로그램 수업 적용 평가를 1차 프로그램에 반영한 결과 다음 <표 III-2>과 같이 피지컬 컴퓨팅 도구를 활용한 과학 교육 프로그램의 최종안을 개발하였다. 프로그램 개선 점을 적용하여 새로 추가된 단계는 색깔로 표시하였다.

<표 III-2> 피지컬 컴퓨팅 도구를 활용한 과학 교육 프로그램 최종안

단 원		식물의 한 살이						
전체 학습 목표		씨가 싹 트는 조건과 식물이 잘 자라는데 필요한 조건을 실험을 통하여 확인할 수 있다. 식물의 한 살이 관찰 계획을 세우고, 그에 따라 식물을 기르며 관찰할 수 있다. 씨를 심어 식물을 기르면서 식물의 소중함을 알고 가꾸는 태도를 가진다.						
활동 단계		학습 목표	학습 활동			지원요소		
단계	활동		시간	교사	학생	발문 (Big Questions)	학습교구 (Tools)	학습활동 가이드 (Just In Time Guide)
사전 학습	언플러그드 컴퓨팅	1차시 (40분)	언플러그드 컴퓨팅으로 피지컬 컴퓨팅의 기초를 익힌다.	· 언플러그드 SW 놀이 활동 안내 하기	· 엔트리 보드게임하기 · 알고리즘 게임하기	· 컴퓨터와 의사소통하려면 어떻게 해야할까?	· 알고리즘 게임판, · 엔트리 보드게임	· 컴퓨터가 이해할 수 있는 언어를 놀이를 통해 배워 봅시다.
	프로그래밍	2차시 (40분)	스크래치 프로그램으로 코딩을 한다.	· 프로그래밍 안내하기	· 스크래치 프로그램 익히기 · 간단한 코딩 작성해보기	· 컴퓨터가 이해할 수 있는 언어를 입력하려면 어떻게 해야할까?	· 스크래치 프로그램 · 교사용 PC · 학생용 노트북	· 컴퓨터가 이해할 수 있게 프로그래밍 해봅시다.
	피지컬 컴퓨팅 이해하기	3차시 (15분) 3차시 (25분)	피지컬 컴퓨팅 도구와 사용하는 부품들의 종류와 기능에 대하여 안다.	· 피지컬 컴퓨팅 도구에 대해 설명하기 · 피지컬 컴퓨팅 도구와 자주 사용하는 전자부품의 종류와 기능 설명하기	· 아두이노와 라즈베리 파이에 관한 설명 듣기 · 피지컬 컴퓨팅 도구와 자주 사용한 전자 부품의 종류와 기능 설명 듣기	· 피지컬 컴퓨팅 도구란 무엇일까요? · 피지컬 컴퓨팅 도구를 어떻게 활용할 수 있을까?	· 교사용 PC · 피지컬 컴퓨팅 PPT자료 · 전자부품 활동지	· 아두이노와 라즈베리 파이에 대하여 알아봅시다. · 피지컬 컴퓨팅 도구와 연결할 수 있는 부품을 알아봅시다.

(표 계속)

활동 단계		학습 목표	학습 활동			지원요소			
단계	활동		시간	교사	학생	발문 (Big Questions)	학습교구 (Tools)	학습활동 가이드 (Just In Time Guide)	
사전학습	피지컬 컴퓨팅 도구 만들기	4차시 (40분)	피지컬 컴퓨팅 도구와 센서를 연결한다.	· 피지컬 컴퓨팅 도구와 센서 연결방법 안내 하기	· 아두이노 코딩 방법 안내하기	· 아두이노와 LED 센서 연결하여 스위치로 LED 켜기 · 라즈베리 파이와 라즈베리 파이 전용 카메라 연결하여 사진찍기	· 피지컬 컴퓨팅으로 무엇을 할 수 있을까?	· 학생용 노트북 · 아두이노, 라즈베리 파이 · LED 센서, 저항, 점퍼선, 브레드보드 · 회로도, 브레드보드 레이아웃 · 실습 소스 코드	· 아두이노와 LED 센서를 연결하여 불을 켜 봅시다. · 라즈베리 파이 카메라로 사진을 찍어봅시다.
	과학 실험 미리 맛보기	5차시 가정 학습	실험 동영상 보고 실험방법과 실험 시 주의사항을 안다.	· 실험 방법과 실험 주의사항을 동영상으로 찍어 학급 홈페이지에 올리기	· 실험 동영상 미리 보고 실험 방법과 과정 익히기 · 실험 시 주의사항 알기	· 아두이노와 센서를 어떻게 연결할까? · 안전하게 실험하려면 무엇을 주의해야 할까?	· 실험 방법 및 실험 주의사항 안내 동영상 자료	· 실험 동영상을 보며 실험 방법을 알아봅시다. · 실험 시 주의사항을 알아봅시다.	
	생명 생태 조건 알기	6차시 (40분)	생명이 탄생할 수 있는 조건을 안다.	· 생명이 탄생하여 잘 자랄 수 있는 조건 안내하기	· 생명이 탄생하고 잘 자랄 수 있는 조건 이해하기	· 생명이 탄생할 수 있는 조건은 무엇일까?	· 생명 탄생 조건 안내 PPT	· 생명이 태어나고 자라는데 필요한 피지컬 컴퓨팅 MBL을 통해 알아봅시다.	
본학습 1-1	문제 인식	7차시 (5분)	문제상황을 파악한다.	· 문제 상황 제시	· 문제 상황 파악하기 · 결과 예상하기	· 씨앗의 싹을 틔우려면 어떻게 해야할까?	· 관찰일지 · 문제상황 PPT 자료	· 문제상황의 원인을 알아보고 결과를 예상해봅시다.	
		7차시 (15분)	MBL II 실험 설계를 한다.	· 실험에 피지컬 컴퓨팅 도구 활용 방법 질문하기 · 실험 설계 안내하기	· 피지컬 컴퓨팅 도구를 실험에 활용하는 방법 찾기 · 같게 할 조건, 다르게 할 조건 찾아보기	· 어떤 센서를 활용하여 MBL 실험 장치를 만들 수 있을까? · 온도의 영향을 알아보기 위해 같게 해야 할 조건과 다르게 해야 할 조건은 무엇인가?	· 센서 안내 PPT · 실험 설계 안내 PPT	· 온도가 미치는 영향을 알기 위해서는 온도센서를 활용하면 됩니다. · 온도를 다르게 하고, 공기, 물 등의 조건을 같게 합니다.	

(표 계속)

활동 단계		학습 목표	학습 활동			지원요소		
단계	활동		시간	교사	학생	발문 (Big Questions)	학습교구 (Tools)	학습활동 가이드 (Just In Time Guide)
온도와 씨앗의 싹틔움	MBL II 실험 설계	7차시 (15분)	씨앗에서 싹이 트는 온도조건을 알 수 있는 MBL II 실험 장치를 만든다	<ul style="list-style-type: none"> • MBL II 온도 측정 실험 장치 만들게 하기 	<ul style="list-style-type: none"> - MBL II 실험 장치 만들기 - 아두이노와 온도 센서 연결하기 - 아두이노와 노트북 연결하여 코딩하기 - 주변 온도에 따라 LED 불 각각 다르게 켜지게 만들기 	<ul style="list-style-type: none"> - MBL II 실험 장치로 어떻게 구성하면 좋을까? 	<ul style="list-style-type: none"> • 학생용 노트북 • 아두이노 • 온도센서, 저항, 점퍼선, 브레드보드, LED • 회로도, 브레드보드 레이아웃 • 실습 소스코드 • 페트리 접시, 얼음팩, 강낭콩 씨, 탈지면, 스티로폼 상자 	<ul style="list-style-type: none"> - 아두이노와 온도센서, 노트북을 연결하고 온도를 노트북 화면으로 볼 수 있는 MBL 장치를 만들어봅시다. - 아두이노와 노트북을 연결한 후 실습 코드를 다운받아 코딩해 봅시다.
				<ul style="list-style-type: none"> • MBL II 각 부분에 대한 설명과 사용할 때 주의 사항 안내 	<ul style="list-style-type: none"> - 실험 주의사항 숙지하여 안전하게 실험하기 	<ul style="list-style-type: none"> - 안전한 실험을 위해서 어떻게 해야 할까? 	<ul style="list-style-type: none"> • MBL II 부분 설명 및 주의 사항 안내 PPT 	<ul style="list-style-type: none"> - 뾰족한 물건을 조심해서 다룹니다. 물과 전기 장치를 가까이 두지 않습니다.
본 학습 1-1 온도와 씨앗의 싹틔움	MBL II 실험 하기	8차시 (10분)	MBL II 실험 장치로 씨앗에서 싹이 트는 온도조건을 알아보는 실험을 한다.	<ul style="list-style-type: none"> • MBL II 온도 측정 실험 장치로 실온과 얼음팩을 넣은 곳의 온도를 확인하게 하기 	<ul style="list-style-type: none"> - 아두이노와 온도센서를 활용하여 얼음팩이 들어있는 스티로폼 상자와 그렇지 않은 상자의 온도를 측정하기 - 측정 결과를 관찰일지에 기록하기 	<ul style="list-style-type: none"> - MBL II 실험 장치로 직접 온도를 측정해보면 어떤 차이가 있을까? 	<ul style="list-style-type: none"> • 학생용 노트북 • 아두이노 • MBL II 온도 측정 실험 장치 • 실습 소스코드 • 페트리 접시, 얼음팩, 강낭콩 씨, 탈지면, 스티로폼 상자 	<ul style="list-style-type: none"> - 얼음팩이 들어있는 스티로폼 상자와 그렇지 않은 곳의 온도를 측정해봅시다.
				<ul style="list-style-type: none"> • 관찰내용과 실험결과를 표나 그래프로 정리하게 하기 	<ul style="list-style-type: none"> - 관찰하고 실험을 수행하는 동안 수집한 데이터를 표, 그래프로 정리하기 - 관찰한 내용을 중심으로 모듈원과 토의하기 	<ul style="list-style-type: none"> - 관찰 내용과 결과를 어떻게 정리하면 좋을까? 	<ul style="list-style-type: none"> • 페트리 접시, 얼음팩, 강낭콩 씨, 탈지면, 스티로폼 상자 	<ul style="list-style-type: none"> - 관찰 내용과 실험 결과를 관찰 일지에 기록합니다. - 관찰 내용과 실험 결과를 표나 그래프로 정리해봅시다.

(표 계속)

활동 단계		학습 목표	학습 활동			지원요소		
단계	활동		시간	교사	학생	발문 (Big Questions)	학습교구 (Tools)	학습활동 가이드 (Just In Time Guide)
본 학습 1-2 물과 씨앗의 싹 틔움				· 예상한 내용 확인하게 하기	문제제시 단계에서 했던 예상과 비교하기	씨앗이 싹트는 데 온도는 어떤 영향을 미칠까?	· 관찰일지	예상한 내용과 비교해보며 씨앗이 싹트는 데 필요한 조건을 확인해봅시다.
	문제 인식	9차시 (5분)	문제 상황을 파악한다.	· 문제 상황 제시	문제 상황 파악하기 결과 예상하기	씨앗의 싹을 틔우려면 어떻게 해야 할까?	· 관찰일지 · 문제상황 PPT 자료	문제상황의 원인을 알아보고 결과를 예상해봅시다.
	MBL II 실험 설계	9차시 (15분)	MBL II 실험 설계를 한다.	· 실험에 피지컬 컴퓨팅 도구 활용 방법 질문하기 · 실험 설계 안내하기	피지컬 컴퓨팅 도구를 실험에 활용하는 방법 찾기 갈게 할 조건, 다르게 할 조건 찾아보기	어떤 센서를 활용하여 MBL 실험 장치를 만들 수 있을까? 물의 영향을 알아보기 위해 갈게 해야 할 조건과 다르게 해야 할 조건은 무엇인가?	· 센서 안내 PPT · 실험 설계 안내 PPT	온도가 미치는 영향을 알기 위해서는 온도센서를 활용하면 됩니다. 온도를 다르게 하고, 공기, 물 등의 조건을 갈게 합니다.
본 학습 1-2 물과 씨앗의 싹 틔움	MBL II 실험 설계	9차시 (15분)	씨앗에서 싹이 트는 물 조건을 알 수 있는 MBL II 실험 장치를 만든다	· MBL II 토양 수분 측정 실험 장치 만들게 하기	· MBL II 실험 장치 만들기 아두이노와 토양 수분 측정 센서 연결하기 아두이노와 노트북 연결하여 코딩하기	· MBL II 실험 장치를 구성하면 좋을까?	· 학생용 노트북 · 아두이노 · 토양 수분 측정 센서, 저항, 점퍼선, 브레드 보드, LED · 회로도, 브레드보드 레이아웃 · 실습 소스 코드 · 페트리 접시, 얼음팩, 강낭콩 씨, 탈지면, 스티로폼 상자	아두이노와 온도센서, 노트북을 연결하고 온도를 노트북 화면으로 볼 수 있는 MBL 장치를 만들어봅시다. 아두이노와 노트북을 연결한 후 실습 코드를 다운 받아 코딩해 봅시다.
		9차시 (5분)		· MBL II 각 부분에 대한 설명과 사용할 때 주의 사항 안내	· 실험 주의사항 숙지하여 안전하게 실험하기	· 안전한 실험을 위해서 어떻게 해야 할까?	· MBL II 부분 설명 및 주의 사항 안내 PPT	· 뽕족한 물건을 조심해서 다룹니다. · 물과 전기 장치를 가까이 두지 않습니다.

(표 계속)

활동 단계			학습 목표	학습 활동			지원요소	
단계	활동	시간		교사	학생	발문 (Big Questions)	학습교구 (Tools)	학습활동 가이드 (Just In Time Guide)
	MBL II 실험하기	10차시 (10분)	<ul style="list-style-type: none"> MBL II 토양 수분 측정 실험 장치로 물을 준 화분과 주지 않은 화분의 토양 수분 측정하게 하기 	<ul style="list-style-type: none"> 아두이노와 토양 습도 측정 센서를 활용하여 물을 준 화분과 주지 않은 화분의 토양 수분을 측정하기 	<ul style="list-style-type: none"> MBL II 실험장치로 직접 토양 수분을 측정해보면 어떤 차이가 있을까? 	<ul style="list-style-type: none"> 학생용 노트북 아두이노 MBL II 토양 수분 측정 실험 장치 실습 소스 코드 페트리 접시, 강낭콩 씨, 탈지면, 스티로폼 상자 	<ul style="list-style-type: none"> 물을 준 강낭콩과 물을 주지 않은 강낭콩의 흙 수분을 측정해봅시다. 	
본 학습 1-2 물과 씨앗의 싹들	자료 해석 및 결과 정리	10차시 (30분)	씨앗이 싹 트는 조건을 안다.	<ul style="list-style-type: none"> 관찰내용과 실험결과를 표나 그래프로 정리하게 하기 	<ul style="list-style-type: none"> 관찰하고 실험을 수행하는 동안 수집한 데이터를 표, 그래프로 정리하기 관찰한 내용을 중심으로 모듈원과 토의하기 	<ul style="list-style-type: none"> 관찰 내용과 결과를 어떻게 정리하면 좋을까? 	<ul style="list-style-type: none"> 관찰일지 	<ul style="list-style-type: none"> 예상한 내용과 비교해보며 씨앗이 싹 트는데 필요한 조건을 확인해봅시다.
				<ul style="list-style-type: none"> 자료 해석 및 예상 내용 확인하게 하기 	<ul style="list-style-type: none"> 문제제시 단계에서 했던 예상과 비교하기 	<ul style="list-style-type: none"> 씨앗이 싹 트는 데 물이 어떤 영향을 미칠까? 	<ul style="list-style-type: none"> 관찰일지 	<ul style="list-style-type: none"> 예상한 내용과 비교해보며 씨앗이 싹 트는데 필요한 조건을 확인해봅시다.
				<ul style="list-style-type: none"> 1차시 실험 결과 정리 및 공유 	<ul style="list-style-type: none"> 관찰 내용을 바탕으로 자료 해석, 실험 결과 정리하기 예상한 내용과 비교 및 확인하기 관찰 일지 발표하기 학습 홈페이지에 실험 과정과 결과를 올리기 	<ul style="list-style-type: none"> 씨앗이 싹 트는데 필요한 조건은 무엇일까? 	<ul style="list-style-type: none"> 관찰일지 교사용 PC 학생용 노트북 	<ul style="list-style-type: none"> 씨앗이 싹 트는 데 필요한 조건을 정리하고 관찰 일지를 발표해봅시다. 실험 과정에서 찍은 사진과 결과표나 그래프를 학습 홈페이지에 올리고 공유해봅시다.

(표 계속)

활동 단계		학습 목표	학습 활동			지원요소		
단계	활동		시간	교사	학생	발문 (Big Questions)	학습교구 (Tools)	학습활동 가이드 (Just In Time Guide)
본 학 습 2	문제 인식	11 차시 (10분)	문제상황을 파악한다.	· 문제상황 제시	-문제 상황 파악하기 -결과 예상하기	-식물이 잘 자라려면 어떻게 해야 할까?	· 관찰일지 · 문제상황 PPT 자료	-문제상황의 원인을 알아보고 결과를 예상해봅시다.
	햇 빛 · 물 과 식 물 의 자 람	11 차시 (15분)	문제황을 파악 하고 MBL II 실험 설계를 한 다.	· 실험에 피지컬 컴퓨 팅 도구 활용 방법 질문하기 · 실험 설계 안내하기	-피지컬 컴퓨팅 도구를 실험에 활용하는 방법 찾기 -갈게 할 조건, 다르게 할 조건 찾아보기	-어떤 센서를 활용하면 MBL 장치를 만들 수 있을까? -햇빛의 영향을 알아보기 위해 갈게 해야할 조건과 다르게 해야할 조건 은 무엇일까?	· 센서 안내 PPT · 실험 설계 안내 PPT	-햇빛이 미치는 영향을 알기 위해서는 조도센서를 활용하면 됩니다. -햇빛의 유무를 다르게 하고, 공기, 물, 온도 등의 조건을 갈게 합니다.
		MBL II 실험 설계	11 차시 (15분)	식물이 잘 자랄 수 있는 햇빛 조건을 알 수 있는 MBL II 실험 장치를 만든다.	· 식물이 잘 자랄 수 있는 햇빛 조건을 알 수 있는 MBL II 실험 장치 만들게 하기	-MBL II 실험 장치 만들기 -아두이노와 조도 측정 센서 연결하기 -아두이노와 노트북 연결하여 코딩하기 -조도 값을 LCD창으로 확인할 수 있게 만들기	-MBL II 실험 장치를 어떻게 구성하면 좋을까?	· 학생용 노트북 · 아두이노 · 조도 센서, 저항, 점퍼선, 브레드 보드, LCD · 회로도, 브레드보드 레이아웃 · 실습 소스 코드 · 햇빛 차단 장치, 강낭콩 모종, 물뿌리개
본 학 습 2	MBL II 실험 설계	12 차시 (10분)	식물이 잘 자랄 수 있는 물 조 건을 알 수 있 는 MBL II 실 험 장치를 만 든다	· 식물이 잘 자랄 수 있는 물 조건을 알 수 있는 MBL II 실험 장치 만들게 하기	-MBL II 실험 장치 만들기 -아두이노와 토양 수분 측정 센서 연결하기 -아두이노와 노트북 연결하여 코딩하기 -물이 부족하면 피에조 부저가 울리게 만들기	-MBL II 실험 장치를 어떻게 구성하면 좋을까?	· 학생용 노트북 · 아두이노 · 조도 센서, 저항, 점퍼선, 브레드보드, 피에조 부저 회로도, 브레드보드 레이아웃 실습 · 소스코드 · 강낭콩 모종, 물뿌리개	-아두이노와 토양 수분 측정 센서, 노트북을 연결하고 물이 부족하면 피에조 부저가 울리는 MBL II를 만들어봅시다. -아두이노와 노트북을 연결한 후 실습 코드를 다운 받아 코딩해봅시다.

(표 계속)

활동 단계		학습 목표	학습 활동			지원요소		
단계	활동		시간	교사	학생	발문 (Big Questions)	학습교구 (Tools)	학습활동 가이드 (Just In Time Guide)
식물의 자라	MBL II 실험 설계	12 차시 (5분)	식물이 잘 자랄 수 있는 물 조건을 알 수 있는 MBL II 실험 장치를 만든다.	· MBL II 각 부분에 대한 설명과 사용할 때 주의 사항 안내	· 실험 주의사항 숙지하여 안전하게 실험하기	· 안전한 실험을 위 해서 어떻게 해야 할까?	· MBL II 부분 설명 및 주의 사항 안내 PPT	· 뽀족한 물건을 조심해서 다룹니다. · 물과 전기 장치를 가까이 두지 않습니다.
	MBL II 실험 하기	12 차시 (15분)	식물이 잘 자랄 수 있는 햇빛 조건을 알 수 있는 MBL II 실험을 한다.	· MBL II 조도 측정 실험 장치로 햇빛을 받는 강낭콩과 받지 못하는 화분의 조도를 측정하게 하기	· 아두이노와 조도 센서를 활용하여 햇빛을 받은 화분과 받지 못한 화분의 조도를 측정하기 · 측정 결과를 관찰일지에 기록하기	· MBL II 조도 측정 실험 장치로 직접 조도를 측정해보면 어떤 차이가 있을까?	· 학생용 노트북 · MBL II 조도 측정 실험 장치 · 실습 소스 코드 · 강낭콩 모종, 물뿌리개 · 관찰일지	· 햇빛을 받는 강낭콩과 햇빛을 받지 못하는 강낭콩의 조도를 측정해봅시다.
본 학습 2	MBL II 실험 하기	12 차시 (10분)	식물이 잘 자랄 수 있는 물 조건을 알 수 있는 MBL II 실험을 한다.	· MBL II 토양 수분 측정 장치로 물을 준 강낭콩과 받지 못하는 화분의 토양 수분을 측정하게 하기	· 아두이노와 토양 습도 측정 센서를 활용하여 물을 준 강낭콩과 받지 못한 화분의 토양 수분을 측정하기 · 측정 결과를 관찰일지에 기록하기	· MBL II 토양 수분 측정 장치로 직접 화분 흙의 수분을 측정해보면 어떤 차이가 있을까?	· 학생용 노트북 · MBL II 토양 수분 측정 장치 · 실습 소스 코드 · 강낭콩 모종, 물뿌리개 · 관찰일지	· 물을 준 강낭콩과 햇빛을 받지 못하는 강낭콩 화분 흙의 수분을 측정해봅시다.
	햇빛 · 물과 식물의 자라	13 차시 (20분)	식물이 잘 자라는 조건을 안다.	· 자료 해석 및 예상 내용 확인하게 하기	· 문제제시 단계에서 했던 예상과 비교하기	· 식물이 잘 자라는 데 햇빛과 물이 어떤 영향을 미칠까?	· 관찰일지	· 예상한 내용과 비교해보며 식물이 잘 자라는데 필요한 조건을 확인해봅시다.
자료 해석 및 결과 정리	13 차시 (20분)	식물이 잘 자라는 조건을 안다.	· 2차시 실험결과 정리 및 공유	· 관찰 내용을 바탕으로 자료 해석, 실험 결과 정리하기 · 예상한 내용과 비교 및 확인하기 · 관찰 일지 발표하기 · 학급 홈페이지에 실험 과정과 결과를 올리기	· 씨앗이 싹 트는데 필요한 조건은 무엇일까?	· 관찰일지 · 교사용 PC · 학생용 노트북	· 식물이 잘 자라는데 필요한 조건을 정리하고 관찰 일지를 발표해 봅시다. · 실험 과정에서 찍은 사진과 결과표나 그래프를 학급 홈페이지에 올리고 공유해 봅시다.	

(표 계속)

활동 단계		학습 목표	학습 활동			지원요소		
단계	활동		시간	교사	학생	발문 (Big Questions)	학습교구 (Tools)	학습활동 가이드 (Just In Time Guide)
본 학습 3.	문제 인식	14 차시 (5분)	문제 상황을 파악한다.	· 실생활 문제 제시	-실생활 문제 상황 파악하기 -문제 해결 방법 찾기	-사람이 없을 때도 식물이 더 잘 자라게 할 수 있을까?	· 관찰일지 · 문제상황 PPT 자료	문제상황의 원인을 알아보고 해결방법을 찾아봅시다.
	식물 의 자 라 고 와 환 경 조 절	14 차시 (5분)	MBL II 실험 설계를 한다.	· 실험에 피지컬 컴퓨팅 도구 활용 방법 질문하기 · 실험 설계 안내하기	-피지컬 컴퓨팅 도구를 실험에 활용하는 방법 찾기 -식물에게 물을 자동으로 주는 MBL II 실험 장치 구성 생각하기	-어떤 센서를 활용하면 MBL 장치를 만들 수 있을까? -건조해지면 식물에게 자동으로 물을 줄 수 있을까?	· 센서 안내 PPT · 실험 설계 안내 PPT	식물에게 물을 자동으로 주려면 필요한 센서를 생각해봅시다. 물이 부족할 경우 알릴 수 있는 방법을 생각해봅시다.
		14 차시 (15분)	물을 자동으로 공급해주는 MBL II 실험장 치를 만든다.	· 건조해지면 물을 자동으로 공급해주는 MBL II 실험 장치 만들게 하기	-MBL II 실험 장치 만들기 -아두이노를 이용한 디지털 운습도계 만들기 -LCD 모듈에 온습도 센서값 표시하기 -아두이노와 펌프 모터를 연결하여 물 자동 공급장치 만들기 -아두이노와 노트북 연결하여 코딩하기 -물이 부족하면 자동으로 물 공급하게 만들기 -물이 부족하면 빨간색 LED가 켜져 수동으로 물 주기	-MBL II 실험 장치를 어떻게 구성하면 좋을까?	· 학생용 노트북 · 아두이노 · 토양 수분 측정 센서, 저항, 펌프 모터, 점퍼선, 브레드보드, LED 센서, LCD 모듈 · 회로도 · 브레드 보드 레이아웃 · 실습 소스 코드 · 강낭콩 모종, 화분, 수조, 물뿌리개	-아두이노와 토양 수분 측정 센서, 물 펌프 모 터, LED 센서 그리고 노트북을 연결하여 자동 수분 공급 MBL II를 만들어 봅시다. -아두이노와 노트북을 연결한 후 실습 코드를 다운 받아 코딩해 봅시다.
본 학습 3.	14 차시 (5분)	물을 자동으로 공급해 주는 MBL II 실험장 치를 만든다.	· MBL II 각 부분에 대한 설명과 사용할 때 주의 사항 안내	-실험 주의사항 숙지하여 안전하게 실험하기	-안전한 실험을 위해서 어떻게 해야 할까?	· MBL II 부분 설명 및 주의 사항 안내 PPT	· 부족한 물건을 조심해서 다룹니다. · 물과 전기 장치를 가까이 두지 않습니다.	

(표 계속)

활동 단계			학습 목표	학습 활동			지원요소	
단계	활동	시간		교사	학생	발문 (Big Questions)	학습교구 (Tools)	학습활동 가이드 (Just In Time Guide)
식물의 자라 고 환 경 조 절	MBL II 실험 하기	14 차시 (10분)	<ul style="list-style-type: none"> MBL II 실험 장치로 식물이 잘 자랄 수 있도록 환경을 조절한다. 	<ul style="list-style-type: none"> MBL II 수분 자동 공급 장치 실험하게 하기 	화분의 흙이 건조하면 자동으로 물을 주는 장치를 작동시키기 화분의 흙이 건조해서 LED에 불이 켜지면 직접 물 주기 주변의 온도와 습도 그리고 화분의 흙 건조도 관찰일지에 기록하기 지속적으로 식물의 상태 관찰 및 기록하기	식물을 더 잘 자라게 하기 위해서 환경을 어떻게 조절할 수 있을까?	<ul style="list-style-type: none"> 학생용 노트북 MBL II 수분 자동 공급장치 실습 소스 코드 강낭콩 모종, 화분, 수조, 물뿌리개 관찰일지 	식물에게 자동으로 수분이 공급될 때 온도와 수분을 측정해봅시다. 식물이 잘 자라도 록 계속 관심을 가지도록 합시다.
	정리 하기 및 협업	15 차시 (20분)	식물의 한 살이 과정과 식물이 잘 자랄 수 있는 환경조건을 알고, 식물을 아끼고 소중히 여기는 태도를 가진다.	<ul style="list-style-type: none"> 실험 과정과 결과 정리 하게 하기 식물의 한 살이 결과 발표하기 실험 과정과 결과 홈페이지에 올리게 하기 	관찰일지에 정리하고 포트폴리오 만들기 실험 과정과 결과 총정리하여 발표하기 다른 친구가 올린 자료 공유하기	식물의 한 살이 과정은 어떻게 되나요? 식물을 더 아끼고 잘 키우려면 어떻게 해야 할까?	<ul style="list-style-type: none"> 관찰일지 학생용 노트북 	식물의 한 살이 과정을 비교해봅시다. 다른 친구의 자료에 댓글을 달아봅시다.
	더 나 아 가 기	15 차시 (20분)	MBL II 프로젝트 학습 주제를 정한다.	<ul style="list-style-type: none"> 더 알고 싶거나 하고 싶은 탐구 주제 생각해 하게 하기 	아두이노나 라즈베리 파이와 다양한 센서를 활용하여 만들고 싶은 주제 정하기 자유 탐구 활동 보고서 작성하기	피지컬 컴퓨팅 도구를 실생활에 활용할 수 있는 방법에는 어떤 것이 있을까요?	<ul style="list-style-type: none"> 관찰일지 학생용 노트북 	미세농도 측정 센서를 이용하여 대기의 질을 측정할 수 있습니다. 모터를 이용하여 움직이는 로봇을 만들 수 있습니다.

IV. 결론 및 제언

본 연구를 통해 개발한 피지컬 컴퓨팅 도구를 활용한 과학 교육 프로그램을 초등학교 과학과에 적용한 결과를 바탕으로 다음과 같은 결론을 제시한다.

첫째, 피지컬 컴퓨팅 도구를 활용한 과학 교육 프로그램을 통해 학생들은 더욱 호기심을 갖고 공부할 수 있는 동기를 가지고 자기 주도적으로 실험을 설계하고 수행하였다.

궁금한 점은 학생들끼리 서로 의논을 교환하거나 교사에게 먼저 묻는 모습을 보이기도 하여 이를 통해 학생 스스로 탐구 활동을 주도하는 배움 중심의 모습이 수업 시간 속에서 점차 확산되는 것을 볼 수 있었다. 본 과학 교육 프로그램을 개발하고 연구하는 과정을 통해 제작된 실험 장치들은 학생들의 과학실험에 대한 흥미를 증진시키고 창의적으로 실험을 설계하도록 하는데 동기를 제공한다는 점에서 수업의 자극제가 될 것이라 생각한다.

둘째, 손 안의 작은 PC라고 할 수 있는 라즈베리파이를 활용하여 데스크탑 이동 불편함을 상당히 해결하였으며 아두이노와 라즈베리 파이와 같은 피지컬 컴퓨팅 도구와 다양한 센서의 높은 휴대성으로 인해 교실뿐만 아니라 야외에서의 수업 진행이 가능하도록 하였다. 과학단원에서는 다양한 실험들이 나오는데 실험을 시행하면서 나타나는 데이터들은 현재 학생들이 직접 측정하여 그 정확성이 떨어지는 경우가 있다. 하지만 아두이노와 센서를 활용한 데이터 측정은 실험데이터의 정확성을 바탕으로 실험결과를 빠르고 객관적으로 분석할 수 있다. 오차가 많은 과학 실험은 자칫 오개념을 생성시킬 수 있지만 정확한 데이터를 바탕으로 과학 실험을 할 수 있기 때문에 학생들이 올바른 과학적 사고를 할 수 있고, 학습 목표 도달을 유도할 수 있다.

셋째, 올바르게 형성된 과학적 개념을 바탕으로 생명 존중과 같은 과학적 가치관 및 과학적 태도를 형성하는데 도움을 주어 학교에서 학생들이 배우기 힘들었던 정의적 능력의 배움에 기여한다.

넷째, 아두이노와 라즈베리 파이를 다양한 센서에 연결하여 과학 실험 수업을 진행하여 아두이노에 관심이 많이 생긴 학생들에게 값비싼 MBL장비를 대신하여 아두이노와 센서를 통해 유사한 효과를 거둘 수 있는 경험을 제공하였다. 또한 센서와 코딩에 대한 체계적이고 자세한 설명을 통해 학생들이 자신만의 프로젝트를 계획하고 실행할 수 있는 토대를 마련해주었다.

다섯째, 컴퓨터만을 활용한 소프트웨어 수업이 아닌 직접적인 조작 활동과 제어 활동을 통해 학생들이 과학 및 소프트웨어 교육에 흥미를 가질 수 있도록 하기 위해 체험, 조작 중심의 수업 모델을 제시하였다.

이상의 결과를 토대로 후속적인 연구를 위하여 다음과 같이 제언하고자 한다.

첫째, 아두이노와 센서를 활용한 과학 교육 프로그램은 온도와 습도, 속력과 같이 측정 가능한 센서와 연관된 교과 전체에 나오는 실험을 모두 구현할 수 있다. 하지만 다른 과목과 연계된 다양한 과학 참여 활동을 진행하는 것에 한계가 있다. 따라서 타교과 교사들과 전문적 학습 공동체를 만들어 서로 협의하여 관련 있는 교과와 함께 자료를 공유한다면 범교과적인 과학 실험

프로그램을 개발하고 운영하여 한계점을 극복할 수 있다.

둘째, 강의식 수업의 비중이 많은 현재의 교육 현장에서는 아두이노와 센서를 활용한 과학 실험 자료를 진행하는데 처음 교사들의 거부감이 있을 것이다. 따라서 보다 다양한 과학 실험을 적극적으로 수업에 도입하여 다양한 자료를 공유할 수 있는 학습 자료 보급 및 활용시스템이 마련된다면 일선 학교에서 보다 과학 실험 수업에 대한 거부감 없이 효율적으로 과학 수업을 진행할 수 있을 것이다.

셋째, 학생들이 교과서에 나온 실험이 아닌 자신들만의 실험을 직접 설계하고, 아두이노와 각종 부품을 연결하며 코딩하는 과정을 통해 과학적 요소, 기술적 요소를 두루 체험할 수 있다. 더 나아가 피지컬 컴퓨팅을 활용한 과학 교육 프로그램을 조금만 수정하면 실제 생활에 필요한 실용적인 코딩교육을 통해 학생들의 SW교육에 대한 교육으로 확장할 수도 있다. 따라서 피지컬 컴퓨팅과 관련된 교사 연수를 늘리고 교육박람회와 같은 기회를 활용하여 학생들에게 체험의 기회를 늘려간다면 피지컬 컴퓨팅 도구를 활용한 학습의 저변이 확산될 수 있을 것이다.

넷째, 본 연구는 전문가 형성 평가(FGI)를 거쳐 프로그램 초안을 개발하였으며, 개발된 초안을 실제 현장 수업에 적용하여 도출된 개선점을 바탕으로 초안을 수정 및 보완하여 최종안을 만들었다. 실제 수업을 적용받은 학생들을 대상으로 초점집단 면담법(FGI)를 거쳐서 미약하나마 프로그램의 교육적 효과성과 현장 적용 가능성을 검증해보고자 하였으나 실제로 수업을 담당할 교수자에게는 검증을 거치지 않아 프로그램의 효과성을 검증하는데는 한계가 있다. 그러므로 보다 다양한 수업 적용 사례를 바탕으로 수업을 담당할 교수자들에게도 초점집단 면담법(FGI)를 실시하여 프로그램의 효과성과 현장 적용 가능성을 검증하는 게 타당하다고 생각된다.

다섯째, 본 연구에서 사용한 피지컬 컴퓨팅 도구는 전통적 과학 수업 방식의 단점을 보완하고자 아두이노와 라즈베리 파이를 기반으로 한 장치를 도구로서 활용하였다. 즉, 이런 첨단 학습 교구가 과학 교육과정의 목표에 효율적으로 도달하기 위한 수단일 뿐이지 그 자체가 학습활동의 목적이 되어서는 안 된다.

여섯째, 본 연구의 목적은 피지컬 컴퓨팅 도구를 사용하여 학생들의 과학적 탐구 능력을 길러주는 것이다. 따라서 허용적이고 자유스러운 분위기 속에서 학생들 스스로 사용법을 익히고 활용하여 다양한 실험 활동을 수행하도록 해야 한다. 즉, 교사는 코딩과 프로그래밍과 같은 학생들 수준에서 다소 어려운 부분을 도와주는 역할에 충실하고 학생들이 교실을 비롯한 다양한 장소에서 흥미를 느끼며 스스로 반복 실험을 하며 측정값의 오차를 수정해가며 탐구하는 경험을 하게 해야 한다.

시대적 변화에 발맞추어 이제 초등학교 교과에도 코딩교육이 2015 개정 교육과정부터 5~6학년 정규 과목으로 들어오기 시작하였다. 과학 교과도 더이상 교사의 시범수업이나 동영상으로 실험을 보여주는 것에서 벗어나 아두이노와 라즈베리 파이와 같은 피지컬 컴퓨팅 도구를 활용하여 수업을 한다면 학생들이 스스로 실험을 주도하며 탐구력을 키워나갈 수 있는 변화의 시점이 되지 않을까 생각한다.

참고문헌

- 박영순 (2017). 우리나라 중학교 2학년 학생들의 과학에 대한 정의적 태도 특성 탐색. *한국과학교육학회지*, 37(1), 135-142. DOI: 10.14697/jkase.2017.37.1.0135
- 교육부 (2015). *소프트웨어 교육 운영 지침*. 교육부(교육과정정책과).
- 구자옥, 김성숙, 이혜원, 조성민, 박혜영 (2016). OECD 국제 학업성취도 평가 연구: PISA 2015 결과 보고서. 한국교육과정평가원 연구보고 RRE, 2-2.
- 김동렬 (2014). 초등 예비교사들이 “배추흰나비 한살이” 탐구 수행과정에서 겪는 어려움. *초등과학교육*, 33(2), 306-321. DOI : 10.15267/keses.2014.33.2.306
- 김미나 (2011). 실험 수업 유형 개발과 실험 수업이 고등학생의 과학에 관련된 태도, 과학탐구능력, 학업성취도에 미치는 영향. 연세대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 노상엽 (2013). 동영상 운동 분석 프로그램을 이용한 탐구학습이 고등학생의 물리 학업 성취도와 정의적 특성에 미치는 영향. 한국교원대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 박제왕, 배승환, 김채훈, 최중희, 장명호, 김희주, 유현창 (2016). MBL 대체를 위한 피지컬 컴퓨팅 기반 과학 교육 실험. *한국컴퓨터교육학회 학술발표대회논문집*, 20(1), 129-132.
- 안희정 (2013). 자유탐구 활동이 중학생의 과학 학습 동기 및 과학에 대한 태도에 미치는 영향. 부산대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 오동철 (2012). 다양한 센서를 적용할 수 있는 스마트폰 기반의 MBL 환경 구축. 한국과학창의재단 과학고 연구과제(R&E) 결과보고서.
- 이정원 (1999). 영릉 과학 탐방을 통한 중학생들의 문화재에 대한 개방적 탐구 활동 분석. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- 정희연 (2010). 컴퓨터 기반 과학 실험 수업의 효과. 대구교육대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 최선미 (2010). 초등 과학 수업에서 MBL 수업의 효과와 언어적 상호작용 양상. 경인교육대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 허명 (2005). MBL을 위한 웹 연동 무선 온도 측정 시스템의 설계 및 구현. 서울교육대학교 교육대학원 석사학위논문.
- Good, R., & Berger, C. (1998). The computer as powerful tool for understanding science. In J. J. Mintzes, J.H. Wandersee and J. D. Novak (Eds.), *Teaching science for understanding: a human constructivistic view* (pp. 213-227), San Diego, CA: Academic Press.
- Richey, R. C., & Klein, J. D. (2007). *Design and development research*. Mahwah, NJ.

국문초록

피지컬 컴퓨팅 도구를 활용한 초등 과학 교육 프로그램 개발 연구

김성훈¹·박수홍²

¹부산대학교 교육대학원 석사, ²부산대학교 교육학과 교수

연구목적: 본 연구는 학생들의 흥미와 호기심을 유발하여 탐구능력을 높이고, 절차적 지식을 지도하기에 효율적인 학습프로그램을 개발하기 위한 연구이다. **연구방법:** MBL II 실험 장치를 이용한 과학 교육 프로그램 개발을 위하여 ADDIE 모형에 따라 연구를 수행하였다. 우선 문헌분석과 사례분석을 통하여 설계하고자 하는 프로그램의 핵심을 도출하였고, 이를 바탕으로 MBL II 실험 장치를 이용한 프로그램 초안을 작성하였다. 초안 교육 프로그램을 Y시 소재 B초등학교 4학년 1개 반 학생 23명을 대상으로 현장 적용하였다. 현장 적용 시 학생들의 관찰일지를 검토하고 관찰결과에 대한 토의에서 나타나는 특징을 분석 및 초점집단 면접법(FGI)를 활용하여 교육 프로그램을 최종 수정 보완한 후 MBL II 실험 장치를 이용한 과학 교육프로그램 완성안을 개발하였다. **연구결과:** MBL(Microcomputer based laboratory)교육의 장점을 극대화시키고 프로그램 현장 적용성 및 보급성을 높이고자 가격이 저렴하며, 다른 센서나 기기와 연결이 쉬워 인터페이스 확장이 좋고 휴대성이 높은 아두이노와 라즈베리 파이를 MBL II라고 정의하고 이를 이용한 과학 교육 프로그램을 개발하였다. **결론 및 제언:** 본 연구에서 개발된 프로그램은 2015년 과학과 교육과정의 개편으로 인해 대두된 ‘과학탐구 실험’에 있어 학생들의 데이터 수집 분석 역량을 향상시키고 이를 활용한 논리 관계 설명을 가능하게 함으로서 증거기반의 과학적 역량을 강화시킬 수 있을 것이다.

주제어 : 피지컬 컴퓨팅, MBL II, 과학 교육 프로그램, 과학탐구 실험

투고일 : 2020. 06. 02. / 심사일 : 2020. 06. 05. / 게재확정일 : 2020. 06. 25.