

Development and Application of Science and Technology Convergence General Education Program based on PBL for Pre-service Teacher

Nam-In Hong¹⁾ · Kyung-Taek Lee²⁾ · Hyukjoon Choi^{*2)}

¹⁾Jeonnam Foreign Language High School · ²⁾Korea National University of Education

예비교사를 위한 PBL 기반 과학·기술 융합 프로그램 개발 및 적용

홍남인¹⁾ · 이경택²⁾ · 최혁준^{*2)}

¹⁾전남외국어고등학교 · ²⁾한국교원대학교

<ABSTRACT>

This study is to develop and apply science and technology convergence cultural programs and derive implications for fostering pre-service teachers with the ability to raising teachers practice training for creative fusion talents in the school field, which aims to achieve educational innovation with the advent of the fourth industrial revolution. Being based on a project-based learning (PBL). The program was organized that proved to be effective in problem-solving, self-directed learning, and collaborative learning. And, in the course of problem solving, it was organized so that it could utilize the an Arduino board, 3D printer, laser processing machine, and 3D modeling program properly. In addition, heuristic science writing was presented to promote communication and cooperation with others and to provide a guide for the course of exploratory activities. The developed program was applied to 24 pre-service teachers for 15 weeks in a liberal arts. In addition, a pre- and post-survey was conducted to identify changes in the perception of convergence education, and post-survey also check the effectiveness and improvement of the program. As a result of the application of the program, it was revealed that pre-service teachers were able to develop their ability to understand and utilize the latest technology, and the program was effective in making them aware of the understanding and necessity of convergence education which was actively underway at school sites.

key words : Convergence general education program, PBL, pre-service teacher

※ 이 논문은 홍남인의 2020학년도 석사학위 논문의 일부를 수정·보완한 것임.

* Corresponding Author : Hyukjoon Choi, hjchoi@knue.ac.kr

Received November 18, 2020; Reviewed December 1, 2020 Corrected December 11, 2020; Accepted December 13, 2020

© 2020. Institute of Brain based Education, Korea National University of Education

I. Introduction

2015 개정 교육과정에서는 미래 사회를 살아가는데 필요한 역량을 갖춘 능동적이고 창조적인 인재 육성이 강조되었다(MOE, 2015). 융합학습이란 의문이 드는 문제를 과학적 탐구과정을 통해 접근하고 창의적 설계 과정을 통해 문제를 해결하는 것을 의미하며(Choi & Kwon, 2015), 과학기술에 대한 학생들의 흥미와 이해를 높이고 과학기술 기반의 융합적 사고력과 실생활 문제해결력을 배양하기 위해 STEAM 교육이 추진되었다(KOFAC, n.d.).

STEAM 교육의 핵심은 실생활 문제 해결력 향상으로, 실생활 문제는 어느 한 과목의 지식만 가지고서는 풀 수 없는 경우가 대부분이기 때문에 다양한 영역의 지식이 자연스럽게 융합되는 교육 방법이 강조되고 있다. STEAM 프로그램의 학습은 예비교사들의 과학 자기효능감에 긍정적 영향을 미친 것으로 나타났다(Lee & Jeon, 2018).

2015 개정 과학과 교육과정에서도 창의융합형 미래 인재를 양성을 위해 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생 학습 능력 등의 핵심역량을 설정하고 학생들에게 이러한 역량을 함양시키기는 것을 강조하고 있다(MOE, 2015).

그러나 이러한 교육현장의 변화를 성공적으로 이끌기 위해서는 미래인재교육을 실천하기 위해 필요한 역량을 교사가 함양하는 것이 전제되어야 하며(Kwak, 2012), 미래인재교육을 위한 역량을 함양할 수 있는 교사연수와 예비교사 교육이 적극적으로 이루어져야 한다.

Paek, Cho & Song (2015), Moon, Shin & Park (2016), Han (2016), Hong et al. (2019) 등은 교원 핵심역량에 대한 연구를 실시하였으며, 교사의 핵심역량 향상을 위한 교사연수도 활발히 실시하고 있다. 그러나 Jeong et al. (2015)가 실시한 연구에 의하면 예비교사를 대상으로 한 융합교육 프로그램이 매우 미흡하게 편성·운영되고 있을 뿐 예비교사 교육을 위한 변화가 부족한 실정이다. 변화된 교육현장에서 미래의 인재를 육성하기 위해 힘쓰게 될 예비교사들은 정작 변화된 교육을 접한 적이 없으며,

미래 인재 육성을 위한 교육을 어떻게 실천해야 하는지를 예비교사 교육을 통해 학습하지 못하고 있는 것이 실정이다.

2011년부터 2014년까지 발행된 융합인재교육에 관한 논문 중 절반 이상의 논문이 프로그램 개발 연구에 관한 것으로 융합 프로그램 개발을 위한 연구가 매우 활발히 이뤄지고 있다(Kwak, 2015). 하지만 교사를 대상으로 한 논문은 22편이며, 이중 예비교사를 대상으로 한 연구는 2편으로 예비교사는 연구대상에서도 소외되고 있다. 이에 대해 Choi (2015)는 융합교육 실천을 위해 교사 교육단계에서 다양한 학교급과 전공을 위한 프로그램 개발 연구가 필요함을 강조하며, 아울러 프로그램을 검증, 평가하는 체제가 구축되어야 하는 등 적합한 프로그램 개발과 이를 평가하는 체계적인 과정이 필요하다는 것을 강조하였다.

이에 본 연구는 예비교사가 과학과 기술에 대한 이해를 바탕으로 실질적인 문제를 해결해 나가는 과정을 통해 미래 인재 육성 교육의 핵심인 융합교육을 올바르게 이해하고, 이를 교육현장에서 실천하기 위해 필요한 역량을 함양할 수 있도록 예비교사를 대상으로 하는 과학기술 융합 교양 프로그램을 개발 및 적용해 보는 것을 목적으로 한다. 이러한 연구 목적을 달성하기 위해 다음과 같이 두 가지 연구 문제를 설정하였다.

첫째, 예비교사를 대상으로 하는 PBL 기반 ‘과학·기술 융합 교양 프로그램’을 개발한다.

둘째, 개발한 프로그램의 적용 효과 및 프로그램에 참여한 예비교사의 평가를 바탕으로 개선점 및 시사점을 도출한다.

II. Materials and Methods

1. Research Procedure

본 연구에서는 프로젝트 기반 수업(Project Based Learning, PBL) 모형을 적용하여 학생 활동 중심의 과학·기술 융합 교양 프로그램을 개발하였다. PBL 수업은 주어진 과제를 해결하기 위해 학습자가 실세계의 경험을 통해 능동적이고 협동적으로 학습과

정에 참여하여 최종 산출물을 만들어내는 과정에서 교육과정 또는 교과서에서 얻을 수 없는 열정, 발랄함, 추진력, 창조력 등을 키워가는 수업이다(Lim & Kim, 2018). 최근 미국의 벅 교육협회(Buck Institute for Education)에서 새롭게 제시하고 있는 PBL 수업의 표준화된 형태인 GSPBL(Gold Standard PBL) 수업 구상을 위한 절차 및 필수 요소 등을 적용하여 프로그램을 개발하였으며(Larmer, Mergendoller & Boss, 2015/2017) 세부 프로그램은 기초 과학이론 및 첨단 교육장비 활용 기술을 포함하여 과학과 기술을 통해 실질적인 문제해결 과정을 경험하도록 구성하였다. 프로젝트 설계를 위해 아이디어 구상을 위한 논의를 하였고, 과학과 기술을 통해 문제해결 과정을 직접 경험할 수 있도록 프로젝트 주제를 ‘배 만들기’로 선정하였다. 프로그램 적용은 2019학년도 1학기에 융합 교양프로그램으로 편성하여 15주차에 걸쳐 적용하였다. 연구 문제 해결을 위해 프로그램 적용 전과 후에 사전, 사후설문을 실시하였으며, 설문 결과와 활동을 통해 수집된 자료 등을 함께 분석하여 연구 결과를 도출하였다.

2. Participants

연구 참여자의 구성은 <Table 1>과 같다. 개발된 프로그램은 2019학년도 1학기 융합 교양 프로그램을 수강하는 24명의 초·중등 예비교사를 대상으로 적용하였다.

<Table 1> Participants

		Number	Percentage
Gender	Female	16	66.7
	Male	8	33.3
Convergence Education	In experience	14	58.3
	No experience	10	41.7
Major	Natural Science	14	58.3
	Humanity	10	41.7
Total		24	100

24명의 연구 참여자 중 여성은 16명, 남성은 8명이었으며, 인문계열 전공자는 10명, 자연계열 전공

자는 14명이었다. 본 프로그램 참여 전에 융합교육을 경험한 예비교사는 14명, 경험해 보지 못한 예비교사는 10명이었다.

3. Data Analysis

프로그램 적용 후 예비교사의 융합교육에 대한 인식 변화를 알아보기 위해 1주차 오리엔테이션 시 24명을 대상으로 사전설문을 실시하였다. 프로그램 적용 후 교사의 핵심역량 변화 및 세부 프로그램 내용에 대한 평가를 위해 사후설문을 하였다. 설문을 통해 얻은 자료는 SPSS 통계프로그램을 활용하여 분석하였다. 또한, 탐구적 과학글쓰기 기반으로 제작한 활동지를 총 4회에 걸쳐 작성하게 하여 프로그램에 대한 예비교사 참여도, 이해도, 논의의 활발한 정도 등을 정성적으로 분석하였다.

1) Perception of convergence education,

Lee et al. (2012)이 통합교육에 대한 중등교사 인식을 조사하기 위해 작성한 설문 내용을 바탕으로 융합교육에 대한 예비교사의 인식 설문지를 작성하였다. 설문지의 구성은 <Table 2>와 같다.

<Table 2> Questionnaire on the perception of pre-service teachers about convergence education

Question	Type
1. Are you familiar with convergence education?	Likert scale
2*. Do you have any experience taking convergence classes?	Optional
3*. If you have experience, when?	Optional
4. Do you think you need convergence education as a pre-service teacher?	Likert scale
5. What effect do you think can be achieved through convergence education?	Optional
6. When you become a teacher, do you want to do convergence education in the school field?	Likert scale
7. If you do not want to do convergence education, why?	Optional
8. Do you think that lessons on convergence education are necessary in the teacher training process?	Likert scale

* Use only for pre-survey

설문지는 모두 8문항으로 구성되었으며, 각 문항의 내용은 융합교육 이해에 대한 인식, 융합 수업 수강 경험, 융합교육의 필요성, 융합교육의 효과, 융합교육의 실행 의지, 융합교육을 하고 싶지 않은 이유, 교사교육에서 융합교육의 필요성 등이다. 각 문항은 선택형이거나 5단계 리커트 척도를 사용한다. 융합 수업 수강 경험에 대한 2개 문항은 사전설문에서만 사용하였다.

2) Perception on the effectiveness of the program

이 연구에서 개발한 프로그램을 통해 핵심역량을 기를 수 있는지에 대한 예비교사의 인식을 조사하는 검사지는 중등교사가 갖추어야 할 핵심역량이 무엇인지를 조사한 Han (2016)의 연구 결과를 바탕으로 제작하였다.

이 연구에서는 중등교사가 갖추어야 할 핵심역량으로 지식 및 전문성 역량, 태도 및 소양 역량, 정보화 역량의 3개 영역을 제시하였으며, ‘지식 및 전문성’ 역량의 하위요소로 ‘교육에 대한 전문지식과 실천능력’, ‘학습자의 학습과 발달에 대한 이해 능력’, ‘문제해결 능력’ 등 3개를, ‘태도 및 소양’ 역량의 하위요소로 ‘교사로서의 사명감’, ‘공감’, ‘헌신과 봉사’, ‘전문성 향상을 위한 노력’ 등 4개를, ‘정보화 역량’의 하위요소로 ‘새로운 정보화 기술에 대한 관심’, ‘정보화 기술 이해’ 등 2개를 도출하였다.

이와 같이 9개의 하위요소로 도출된 교사의 핵심역량에 대해 본 연구에서 개발한 융합 프로그램에 따른 수업이 어느 정도 효과가 있는지를 5단계 리커트 척도로 응답하게 하였다.

3) Program improvements and satisfaction

세부 프로그램별의 만족도, 개선점 등을 파악하고자 아두이노, 3D프린터, 레이저 가공기, 탐구적 과학글쓰기에 대해서 각각 흥미도, 난이도, 적절성 등으로 구분하여 5단계 리커트 척도로 답변하게 하였으며, 각 항목별로 프로그램에 대한 평가를 자유롭게 기술할 수 있도록 설문지를 구성하였다. 또한 탐구적 과학글쓰기를 기반으로 한 예비교사 활동지를 추가로 살펴봄으로써 프로그램의 개선점 및 시사점

등을 분석하였다.

III. Results

1. Program Development

본 연구에서 개발한 융합 교양 프로그램은 PBL 수업 모델을 기반으로 하였으며, 프로그램 구성은 기초 과학이론 및 첨단 교육장비 활용 기술을 익힌 후 이를 바탕으로 탐구활동 및 모둠별 논의를 통해 문제해결 하는 과정을 경험하게 하였다.

이를 통해 과학과 기술에 대한 기본적인 이해와 융합수업에 대한 긍정적 인식 변화 및 융합수업을 실천할 수 있는 예비교사의 핵심역량을 기르는 데 목적이 있다. 구체적인 개발 준거는 다음과 같다.

첫째, 매 수업을 예비교사 활동 중심으로 구성한다.

둘째, 프로젝트 기반으로 구성한다.

셋째, 교양 프로그램이므로 예비교사 수준을 고려하여 난이도는 쉽게 구성한다.

넷째, 모둠별 활동 및 논의를 활성화시키도록 구성한다.

다섯째, 아두이노, 3D프린터, 레이저 가공기 등 새롭게 주목받고 있는 교육 장비의 활용 능력을 배양할 수 있도록 구성한다.

여섯째, 발표할 결과물은 학습한 과학이론 및 기술을 활용할 수 있는 것으로 구성한다.

프로그램은 [Figure 1]과 같이 프로젝트 주제인 ‘배 만들기’를 해결하기 위해 크게 ‘과학(물리학)’과 ‘기술’ 파트로 수업이 구성되어 진행하였다.



[Figure 1] Program construction

기술 파트는 레이저 가공기, 3D프린터의 이해 및 활용 등 새로운 기술 운영에 중점을 두어 수업을 구성하였으며, 모든 수업을 개개인이 직접 체험하고 실습할 수 있도록 구성하였다.

‘과학(물리학)’ 파트는 ‘과학이론 학습’과 ‘과학이론 경험’으로 나누어져 있는데, ‘과학이론 학습’에서는 학습자의 흥미 및 동기유발을 위하여 과학사를 도입자료로 활용하여 제시하고, 프로젝트를 해결하는데 필요한 기초 과학이론을 학습할 수 있도록 내용을 구성하였다. 또한, ‘과학이론 학습’은 ‘배 만들기’라는 최종 프로젝트를 완수하기 위해 사용될 기초 과학이론을 선정하기 위해 과학사의 주요 사건을 활용하여 학습주제를 추출하였다. 추출된 과학사 주요 사건과 관련된 영상자료를 매 수업 도입부에 동기유발 자료로 활용함으로써 매회 수업의 주제 간 연계성을 높이고, 학습자의 흥미를 고취하는 데 도움이 되도록 수업을 구성하였다. 강의식 수업을 통해 최소한의 기초 과학이론만을 학습하게 구성하였으며, 수업내용은 교양 수업임을 고려하여 수업의 난이도를 쉽게 하려고 수식을 사용하지 않고 쉽게 구성하였다.

‘과학이론 경험’에서는 ‘과학이론 학습’을 통해 학습한 기초 과학이론을 탐구활동을 통해 확인하고, 추가로 제시된 질문을 해결하기 위한 논의 및 탐구

활동으로 구성하였다. 특히, 탐구활동에 필요한 예비교사 활동지를 ‘탐구적 과학글쓰기’를 기반으로 구성하였는데, 이를 통해 탐구활동간 논의를 활성화하고, 논의 및 탐구활동에 필요한 가이드를 제공할 수 있도록 하였다. 또한, 새로운 기술 활용을 통한 실질적 문제해결 능력을 향상시키고자 아두이노를 활용하여 탐구활동을 구성하였으며, 과학이론에 관한 확인을 위한 활동 및 작품제작 시 문제 상황 해결에 실질적인 실마리가 될 수 있는 활동으로 구성하였다.

수업내용 설계는 GSPBL에서 제시하고 있는 PBL 수업의 필수 요소 7가지를 바탕으로 구성하였다. <Table 3>은 GSPBL의 조건과 대응되는 실제 개발된 프로그램 내용을 정리한 것이다.

GSPBL의 ‘핵심지식과 이해’에 해당하는 이 프로그램의 궁극적인 목표는 배 만들기 프로젝트 수행을 위해 필요한 ‘기초 과학이론 이해하기’와 ‘첨단 교육 장비 사용 기술 익히기’로 설정하였다. 또한 ‘핵심 성공역량’은 프로젝트를 통해 키울 수 있는 역량을 의미하는 것으로 참고 서적에서는 21세기 핵심역량인 4C(의사소통 능력, 창의력, 비판적 사고력, 협업능력)를 제시(Larmer, Mergendoller & Boss, 2015/2017)하고 있으나 본 프로그램은 예비교사를 대상으로 진행되는 융합 교양 수업으로서 예비교사의 핵심역량

<Table 3> Program contents developed according to the conditions of GSPBL

Requirements of GSPBL		Contents of the developed program
Essential elements of project design	Core knowledge and understanding & Core Success Competency	-Understanding the basic scientific theory necessary to carry out the shipbuilding project, and learning the skills of using advanced educational equipment. -Key competencies of teachers(Han, 2016)
	Difficult problem or question	-Ship building
	Continuous inquiry	-Pre-service teacher activity sheet composition using inquiry science writing: Problem presentation, experiment design, observation
	Reality	-Improving the ability to use information technology by experiencing the problem-solving process using advanced educational equipment such as Arduino, 3D printer, and laser processing machine
	Student will and options	-Provides minimal guides and easy-to-read materials in the problem solving process
	Reflection	-Pre-service teacher activity sheet composition using inquiry science writing: Claim and evidence, reading and reflection process
	Criticism and improvement	
	Results to be released	-Production of works from 11th to 13th week

항상에 그 목적이 있으므로, 교사의 핵심역량(Han, 2016)인 ‘지식 및 전문성 역량’, ‘태도 및 소양 역량’, ‘정보화 역량’을 학습 목표로 삼아 수업을 구성하고자 하였다.

이러한 목표를 실현하기 위하여 프로젝트 설계의 필수 요소에 해당하는 7가지 요소 중 ‘어려운 문제 또는 질문’에 해당하는 프로젝트 주제를 ‘배 만들기’로 선정하였다. 이는 이 프로그램의 궁극적인 목표인 ‘융합 수업에 대한 긍정적인 인식을 하는 것’과 ‘실질적인 문제해결 과정을 통해 융합 수업에 필요한 교사 역량 함양’을 실현하는 데 가장 적합한 주제라고 판단하였기 때문이다. 실제로 주어진 조건에 맞는 ‘배’를 제작하기 위해서는 다양한 과학이론과 기술이 필요하며, 이 과정에서 교과간의 융합수업에 대한 필요성 및 효과성 등을 인식하는 가운데 자연스럽게 융합수업에 대한 긍정적인 인식이 자리 잡을 것으로 생각하였다. 탐구활동 내용 구성을 위해서는 ‘아두이노’와 ‘탐구적 과학글쓰기’를 도입하여 구성하였다.

‘아두이노’는 융합적 활용 요소와 실질적 문제해결에 적합한 교육도구로 현재 창의융합교육을 위한 다양한 프로그램 개발에서 아두이노를 활용한 수업 및 발명교육, 영재교육, 과학실험 수업에 적용하는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 본 프로그램에서도 ‘아두이노 이해하기’, ‘LED 켜기’, ‘모터 구동 및 제어하기’, ‘블루투스 모듈을 활용한 무선통신하기’ 등의 비교적 간단한 회로와 소스코드가 사용되는 활동들을 과학이론과 융합하여 탐구실험을 구성함으로써 실질적인 문제해결 과정을 경험할 수 있도록 하였다. 또한, ‘탐구적 과학글쓰기’는 ‘학습에서 논의와 글쓰기를 통해 학생들의 개념 이해와 과학적 탐구를 돕고 메타인지를 촉진하는 학습 전략(Keys et al., 1999)’으로 ‘의문 만들기’, ‘주장’, ‘증거’, ‘반성’의 글쓰기로 이루어져 있다. 이는 ‘지속적인 탐구’, ‘학생의 의사와 선택권’, ‘성찰’과 ‘비평가 개선’과 같은 GSPBL의 필수 요소를 잘 반영할 수 있는 교수·학습방법으로, 탐구활동이 낯선 비전공 예비교사에게 탐구활동 간에 가이드를 제공하고, 모듈별 논의를 활성화하는 데 적합하다고 판단되어 탐구적 과학글쓰기를 활용한 활동지를 제작하여 예비교사들에게 제공하였다.

프로젝트의 최종 목표인 ‘공개할 결과물’을 제작하기 위해 새로운 문제 상황을 제시하였으며, 이를 수행하기 위해 11~13주차에 모듈별 작품 제작 시간을, 14주차에 작품발표 시간을 가졌다. 문제를 해결해 나가는 과정에서 앞서 학습한 과학이론과 기술의 다양한 활용 및 모듈별 활발한 논의를 유도하기 위해 활동지를 구성하였다. 또한, 프로젝트에 몰두하기 위해 실제성을 주고자 역사적 사건을 기반으로 하여 문제 상황을 제시하고, 요구 조건을 통해 작품의 완성도 및 난이도를 조절하였다.

<Table 4>는 개발된 PBL 기반 과학·기술 융합 교양 프로그램 전체 주제를 나타낸 것이다.

논의를 통해 과학사와 물리학 수업은 2, 6, 7, 10주에 걸쳐 편성하였고, 주차별 주제 선정 및 배치는 과학사의 흐름에 맞춰 고대에서부터 근대에 걸쳐 프로젝트 주제와 연결할 수 있는 주요 과학이론을 추출하여 구성하였다. <Table 5>는 과학사와 물리학 수업 중 ‘과학이론 경험’과 관련된 탐구활동 주제이다.

<Table 5> Each week activity subject for experiencing scientific theory

week	Scientific theory' experiencing subject	Remark
2	-Designing a structure to increase the stability of the ship	
6	Arduino understanding activity -Create white light using given materials	Arduino utilization class (Light signal)
7	-Using Arduino to control DC motor -Manufacture of wind power generator using geared motor (technology and class)	Arduino utilization class (Ship drive control)
10	-Constructing motor control circuit and source code using Bluetooth module -Finding out substances that block electromagnetic waves	Arduino utilization class (Ship radio control)

프로젝트 주제인 ‘배 만들기’를 해결하기 위해 크게 ‘과학(물리학)’과 ‘기술’ 파트로 나누어 수업이 진행되었다.

<Table 4> Contents for each week in the developed PBL-based science and technology convergence program

we ek	Topic	Contents	Remark
1	Orientation	Orientation	common
2	Science History and Physics: Ancient and Medieval Science History and Buoyancy	-Ancient History of Science: Archimedes -Scientific Theory: Archimedes' Principle, Buoyancy and Ship Stability -(Exploration activity) Structural design and manufacturing to increase the stability of the ship	Science
3	Interesting science and technology: understanding and using laser processing machines	-Understanding the operating principle of laser processing machine and explaining how to operate it -Laser processing machine output practice	Technolo gy
4	Interesting Science and Technology:	-3D modeling practice using TINKERCAD -3D printer understanding and 3D printing practice	Technolo gy
5	Understanding and Using 3D Printers	-TINKERCAD modeling practice: Individual work -Understanding CAM and how to use Cura, print individual works	Technolo gy
6	Science History and Physics: Modern Science History and Light	-Modern History of Science: Newton's Study of Light -Scientific theory: the synthesis of the process of seeing and light -(Exploration Activity) Synthesizing Light Using Arduino	Science
7	Science History and Physics: Modern Science History and Energy	-Modern History of Science: The invention of the steam engine and the industrial revolution -Scientific Theory: Generation and use of electric energy -(Exploration activity) Controlling motors using Arduino	Science
8	Interesting science and technology: electric energy production	-Generator type and principle -Manufacture wind power generator using geared motor	Technolo gy
9	Interesting Science and Technology: Understanding Engines	-Type and principle of engine -Making an electric motor	Technolo gy
10	Science History and Physics: Modern Science History and Electromagnetic Waves	-Modern History of Science: War and technological revolution (crypto, wireless communication) -Scientific theory: Generation and utilization of electromagnetic waves -(Exploration activity) Wireless communication using Arduino (Bluetooth communication)	Science
11	Creative activities: production of work by group	-Present problem situation -(Individual activity) Circuit composition and source code for ship driving	common
12		-(Individual Activity) Designing the appearance of the ship -Optimize design through discussions (group activities)	common
13		-(Individual activity) work production	common
14	Presentation of work, writing of testimony	-Presentation of work and writing of class impressions	common

2주차는 ‘과학이론 학습’에서 학습한 무게중심과 부력중심에 대한 내용을 ‘과학이론 경험’에서 활용해서 배의 안정성을 높이기 위한 구조를 직접 설계하도록 하였다. 6주차는 ‘과학이론 학습’에서 빛의 특성과 합성에 대해 학습하고, 이를 활용하여 ‘과학이론 경험’에서는 아두이노를 가지고 백색광을 합성

해 보는 탐구활동으로 구성하고, 7주차 역시 전기에너지의 생성과 활용을 주제로 모터와 발전기에 대해 학습하고, 이를 활용하여 풍력발전기 제작 및 아두이노를 활용한 DC 모터를 제어에 대한 활동으로 구성하였다. 10주차는 전자기파와 무선통신에 대해 학습하고, 아두이노와 블루투스 모듈을 활용하여 무

선통신을 경험하도록 하였다.

이렇게 학습한 과학이론 및 기술은 11~13주차 작품제작 활동에서 제시되는 문제 상황을 해결하는데 활용할 수 있도록 [Figure 3]과 같이 문제 상황 및 요구 조건을 제시하였다.

▶ 문제 상황 (동영상 시청)

매리디스 빅토리호에는 현재 14000명이 탑승하고 있고, 전쟁물자를 모두 버린 탓에 식량이 턱없이 부족해 홍남항에서 거제도 장승포항까지 1) 빠르고, 안전하게 이동해야 한다. 또한, 통신장비의 고장으로 장승포항 도착 시 피아식별을 위해 2) 무선통신장비를 대체할 방안이 마련되어야 하는 상황이다. 아래의 요구조건을 만족하는 매리디스 빅토리호를 제작하세요. (매리디스 빅토리호: 1950.12.23. 홍남항에서 거제도 장승포항까지 위험한 3일을 운행하여 14,005명을 안전하게 이주시켜준 배의 실제 이야기로, 빅토리호는 60명 정원에 25만톤 전쟁물자를 운송하는 배였음.)

▶ 요구 조건:

1. 좌우 회전이 되어야 한다.
2. 심하게 기울어지거나 뒤집히지 않아야 한다.
3. 속도가 높을수록 좋다.
4. 지금까지 익힌 것을 최대한 많이 이용해야 한다.

(선택사항) 배와 관련된 창의적인 스토리나 외형, 구조 설계 등을 가지고, 위의 조건(1~4)을 만족한 경우에는 추가 점수를 부여한다.

[Figure 3] Problems and requirements presented during work production activities in Weeks 11-13

2. Evaluation for Application of Program

프로그램 적용에 따른 예비교사의 융합교육에 대한 인식 변화를 알아보기 위해 ‘융합교육 이해에 대한 인식’, ‘융합교육 경험 여부’, ‘융합교육의 필요성’, ‘융합교육의 실행 및 어려운 점’에 대하여 사전·사후설문을 실시하였다.

‘융합교육 이해에 대한 인식’ 및 ‘융합교육의 필요성’에 대한 설문결과는 <Table 6>과 같다.

‘융합교육 이해에 대한 인식’, ‘융합교육의 필요성’에 관한 문항에 대해서는 평균값이 상승하였고 ‘융합교육 현장 적용 의지’와 ‘예비교사 대상 융합교육의 필요성’에 대해서는 감소한 것을 확인할 수 있

었으나 이러한 값이 통계적으로 유의미하다는 결과는 얻지 못하였다.

<Table 6> Changes in pre-service teachers' understanding of the need and understanding of convergence education

	Inspection	N	Avg.	t	p
Understanding of	Before	24	3.04	1.772	.090
Convergence Education	After	24	3.33		
Necessity of	Before	24	4.42	1.000	.328
Convergence Education	After	24	4.58		
Willingness to apply	Before	24	4.25	-0.526	.604
convergence education	After	24	4.17		
to schools	Before	24	4.42	-0.440	.664
Necessity of	After	24	4.33		
Convergence Education	Before	24	4.42	-0.440	.664
for Pre-service	After	24	4.33		
Teachers					

<Table 7>은 ‘융합교육의 실행 및 어려운 점’ 영역 중 ‘융합교육을 하고 싶지 않다면 그 이유는 무엇인가?’라는 문항에 대한 결과이다.

<Table 7> Questionnaire result on the reason for not wanting to do convergence education

	Before	After
No response	6	9
No response → Response		4
Response → No response		1
① Lack of understanding of relevance between subjects	1	1
② Lack of expertise in convergence education	1	6
③ Time burden for preparing for convergence education	2	4
Detailed response ④ Because of not to feel the need for convergence education	0	0
⑤ Because the composition of the curriculum is inappropriate for convergence education	2	2
⑥ Lack of teaching and learning materials for convergence education	0	2

융합교육을 하고 싶지 않은 이유에 대한 답변 결과를 살펴보면, 이 문항에 대해 답변한 예비교사의 수가 사전설문에는 6명에서, 사후설문에는 9명으로

증가하였다. 사전설문에서는 ‘③융합교육 준비에 대한 시간적 부담’, ‘⑤교육과정의 구성이 융합교육에 부적절하기 때문’에 각각 2명이 답변하였고, ‘①교과 간 관련성에 대한 이해 부족’, ‘②융합교육에 대한 전문성 부족’에는 각각 1명만이 답변하였다.

그러나 사후설문에서는 ‘②융합교육에 대한 전문성 부족’에 6명의 예비교사가 응답하여 가장 높은 응답률을 보였고, ‘③융합교육 준비에 대한 시간적 부담’이 4명으로 뒤를 이었다. ‘④융합교육의 필요성을 느끼지 못하기 때문’이라는 응답은 사전, 사후설문 모두 0명으로, 프로그램에 참여한 예비교사 모두가 이미 융합교육의 필요성은 인식하고 있다는 것을 알 수 있다. 그럼에도 불구하고 융합 교양 프로그램의 적용이 오히려 예비교사들로 하여금 융합수업을 실천하기 위해서는 높은 전문성이 있어야 하며, 많은 준비와 노력이 필요한 부담스러운 수업이라는 인상을 주었다는 것이다.

실제로 사전설문 응답자 6명 중 1명을 제외한 예비교사가 본 프로그램 참여 전 모두 융합 수업의 경험이 있다고 응답한 것은 융합 수업 실천을 유도하기 위해 간과해서는 안 되는 결과라 하겠다. 사전설문 시 ①이라 응답한 예비교사 1명은 ②와 ③으로 생각을 바꾸었고, ⑤라고 응답한 2명 중 1명의 예비교사도 ②, ③, ⑥으로 생각을 바꾸었다.

<Table 8>은 ‘융합교육의 효과성’에 대한 세부 응답 결과이다.

전체 답변 수가 프로그램 적용 전 74개에 비하여 적용 후 87개로 13개 증가하였다. 예비교사들의 응

답 빈도를 세부적으로 살펴보면, ‘④창의적 사고력 발달’에 사전·사후설문 모두 가장 많은 예비교사가 체크하였는데, 이를 통해 예비교사들도 융합교육이 창의적 사고력 발달에 유의미하다는 보편적인 인식을 하고 있음을 확인할 수 있다.

<Table 8> Pre-service teacher survey results on the effectiveness of convergence education

	Before	After
① Improve academic achievement	5	4
② Easy transfer of concepts or functions	9	16
③ Improve problem solving skills	11	13
④ Development of creative thinking skills	19	22
⑤ Improving application in real life	13	13
⑥ Holistic growth	7	8
⑦ Self-directed participation in class	9	7
⑧ Developing major literacy	1	4
total	74	87

그러나 특이하게도 사전·사후설문의 증가량만을 비교해 보았을 때는, ‘②개념이나 기능의 용이한 전이’에 대한 답변의 수가 가장 많이 증가하였다. 이는 본 프로그램이 예비교사에게 일반적인 강의식 수업보다 학습한 이론을 문제 상황에 직접 적용하고 해결해 보는 것이 학습에 더욱 효과적이라고 인식하게 하는 데 영향을 주었음을 확인할 수 있었다.

프로그램 적용을 통해 핵심역량 향상에 대한 계열별 인식의 차이는 <Table 9>와 같다. ‘지식 및 전문성 역량’ 중 ‘문제해결능력’인 E3와 ‘정보·기술

<Table 9> Survey results of preliminary teachers on the improvement of core competencies of pre-service teachers by divisions of liberal arts and science

Domain	Question	Field	Avg.	t	p
Knowledge and expertise competency	E1. It was helpful in improving professional knowledge and practical ability for education.	N/S	4.00	1.069	.296
		H	3.70		
	E2. It was helpful in improving the learner's ability to understand learning and development.	N/S	4.00	1.287	.212
		H	3.60		
Information and technology capabilities	E3. It helped to improve problem-solving skills.	N/S	4.21	2.719	.013
		H	3.50		
	E8. It helped to increase interest in new information and technology.	N/S	4.50	.822	.420
		H	4.30		
	E9. It was helpful in understanding information and technology.	N/S	4.43	2.994	.007
		H	3.60		
	E10. It helped to develop the ability to integrate existing and new knowledge.	N/S	4.36	1.919	.068
		H	3.80		

* N/S: natural science, H: humanity

역량' 중 '정보·기술에 대한 이해'인 E9에서 유의미한 결과가 나타났으며, 두 항목에 모두 자연계열 전공의 예비교사들이 인문계열 전공의 예비교사들에 비해 더 높은 점수를 부여하였다. E3에서는 자연계열 예비교사들은 평균 4.21로 문제해결능력 향상에 '도움이 되었다'고 답변하였고, 인문계열 예비교사들은 평균 3.50으로 '도움이 되었다'라고 답변하기는 하였으나 평균점수가 자연계열과 다소 차이를 보였다. E9에서도 역시 자연계열 예비교사들은 평균 4.43으로 본 프로그램이 정보·기술에 대한 이해에 '도움이 되었다'고 답변한 것에 반해, 인문계열 예비교사 예비교사들은 평균 3.60으로 차이를 보였다. 이는 본 프로그램이 과학·기술을 주제로 국한되어 구성되어, 과학·기술에 대한 지식이 상대적으로 부족한 인문계열 예비교사들이 자연계열 예비교사들에 비해 학습 성취도가 낮았기 때문이다.

세부 프로그램에 대하여 흥미도 및 난이도, 융합 교양 프로그램으로서의 적절성 등에 대한 결과를 계열별로 비교하면 <Table 10>과 같다.

'수업 전반'에 대한 난이도 및 적절성에 대해 유의미한 결과가 나타났는데, 난이도의 경우는 자연계열 예비교사가 평균 2.93으로 대부분이 '보통이다'라고 답변한 데 비해 인문계열 예비교사는 평균 3.7로 '어렵다'라고 답변하였다. 또한 총 4회 탐구적 과학 글쓰기를 기반으로 제작한 활동지를 작성하게 하여 예비교사들의 문제해결 과정이나 수업에 대한 이해도, 모듈활동에 대한 참여도 및 적극성 등을 살펴보는 자료로 활용하였다.

수업 전반에 대한 융합 교양 프로그램으로서의

적절성에 대한 평가에서도 자연계열 예비교사의 경우는 평균 4.36으로 '매우 적절하다' 또는 '적절한 편이다'라는 응답이 많았고, 인문계열 예비교사의 경우는 평균 3.70으로 '보통이다' 또는 '적절한 편이다'라는 응답이 많아 계열별 난이도와 적절성에 다소 차이를 보인다는 것을 확인할 수 있다.

본 수업에 참여한 예비교사가 융합 교육에 대한 경험이 없거나 적고, 문·이과 분리가 명확한 교육과정을 이수하였음을 고려하였을 때, 이와 같은 특성을 갖는 예비교사를 위한 융합 교양 프로그램 설계 시에는 기초, 심화 과정 등의 위계성이 있는 프로그램 개설이 필요함을 인식할 수 있다.

IV. Conclusions and Implications

융합교육에 대한 필요성은 모두가 공감하는 바이고, 융합교육의 요구에 맞추어 다양한 융합 프로그램이 개발·적용되고 있다. 그러나 여전히 많은 예비교사가 융합교육을 경험하지 못하고 있으며, 이들을 위한 융합 프로그램 개발에 대한 노력 또한 미흡한 실정이다. 이에 본 연구는 현장에서 창의융합형 인재 교육에 앞장설 수 있는 교사역량을 함양할 수 있는 'PBL 기반 과학·기술 융합 교양 프로그램'을 개발하고자 하였다. 프로그램 개발을 위해 개발 준거를 설정하여, PBL 모형을 기반으로 프로젝트 기반 수업을 구성하였으며, '배 만들기'를 주제로 하여 15주차 45차시의 융합 교양 수업을 개발하였다.

개발된 프로그램의 특성을 요약하면 다음과 같다.

<Table 10> Interest, difficulty, and relevance by divisions of liberal arts and science for detailed programs

	Object	Overall class		Arduino		Laser cutting machine		3D printer		CAD	
Interest	Field	N/S	H	N/S	H	N/S	H	N/S	H	N/S	H
	Avg.	3.86	3.60	3.79	2.90	4.43	4.40	4.43	4.50	4.14	4.40
	t	0.619		1.740		0.061		-0.159		-0.549	
	p	.542		.096		.952		.875		.588	
Difficulty	Field	N/S	H	N/S	H	N/S	H	N/S	H	N/S	H
	Mean	2.93	3.70	3.50	4.20	2.29	2.90	2.29	2.80	2.64	2.90
	t	-2.254		-1.918		-1.492		-1.288		-0.514	
	p	.034		.068		.150		.211		.612	
Relevance	Field	N/S	H	N/S	H	N/S	H	N/S	H	N/S	H
	Mean	4.36	3.70	4.29	3.10	4.50	4.00	4.50	4.20	4.43	4.10
	t	2.213		3.621		2.068		1.020		1.060	
	p	.038		.002		.051		.319		.301	

* N/S: natural science, H: humanity

첫째, 3D프린터, 레이저 가공기, 아두이노 등 새롭게 주목받는 교육장비의 활용능력을 향상시켜 새로운 문제에 활용할 수 있도록 구성하였다. 둘째, 과학사에서 추출한 주제를 중심으로 과학이론을 선정하고 그에 따른 탐구활동을 적절히 구성함으로써, 수업 간의 연계성과 흥미를 높였다. 셋째, 전 수업을 활동 중심으로 구성함으로써 학습자의 흥미와 참여도 및 교육 효과 등을 높이도록 구성하였다. 넷째, 모듈별 활동 및 논의를 활성화시키도록 탐구적 과학글쓰기를 활용한 예비교사 활동지를 제공하여 탐구활동 및 모듈별 논의 활성화를 위한 도구로 활용하였다. 다섯째, 예비교사에게 쉬운 난이도의 읽기 자료를 제공함으로써 주어진 문제를 해결하고 논의를 진행하는 데 필요한 비계를 제시하였다.

개발된 프로그램은 2019학년 1학기 교양 강좌로 편성하여 예비교사 24명에게 적용하였으며, 적용 효과 및 예비교사의 평가를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 본 프로그램을 통해 융합교육에 대한 이해 및 필요성을 인식하는 데 효과가 있었으며, 특히, 예비교사 활동 중심으로 이뤄진 융합수업이 ‘개념이나 기능의 전이’에 매우 쉬울 수 있음을 깨닫게 하였다. 둘째, 새로운 과학·기술을 활용하여 체험 중심으로 운영된 수업에 대한 만족도가 매우 높았으며, 융합수업에 대한 다양한 시도와 노력의 필요성 및 자신감을 향상시켜 주는 의미 있는 교양 프로그램이 되었다. 셋째, 예비교사의 핵심역량이 프로그램 참여를 통해, ‘지식 및 전문성 역량’, ‘태도 및 소양 역량’, ‘정보·기술 역량’ 등 전 역량에 걸쳐 향상에 도움이 되었다고 평가하였다. 넷째, 세부 프로그램에 대한 흥미도, 난이도, 적절성에 대한 예비교사의 평가도 융합 교양 프로그램으로서 매우 흥미롭고, 적절한 내용과 난이도의 수업이라고 보았다.

프로그램 운영 및 평가를 통해 융합 교양 프로그램 개발에 대하여 얻을 수 있는 시사점은 다음과 같다. 예비교사들이 학교 현장에서 융합교육을 실천하고, 융합교육을 위해 서로 적극적으로 협력하도록 하기 위해서는, 전공에 구애되지 않고 예비교사 개개인의 다양한 능력을 충분히 발휘하고 협력하여 문제를 해결하는 경험을 제공할 수 있는 프로그램이 무엇보다 필요하다. 이를 위해 융합 프로그램 개발 시 다양한 학문 영역 전문가의 참여를 통해 다

양한 영역의 지식과 기술이 필요한 주제를 개발하는 것이 필요하겠다. ‘특정 영역의 전문성으로 문제를 해결해 나가는 것이 아닌 다양한 영역의 전문성이 합쳐져 문제를 해결해 나가는 과정을 경험하게 하는 것(Hong et al., 2012)’이라는 융합 교육의 지향점에 깊이 공감하는 바이며, ‘협력’과 ‘소통’이 예비교사가 융합교육을 실천하기 위한 필수 역량이라 한다. 두 번째로는, 공동으로 문제를 해결해 내는 것에 가치를 두고, 개인의 기능적 성장에 초점을 맞추기보다는 협력을 통한 성장과 발전에 초점을 두어야 하겠다. 실제로 개발된 융합 프로그램을 적용하는 과정에서 예비교사 개개인의 기술적 소양 함양을 위해 개인별 작품을 제작하도록 한 결과, 모듈별 활동과 논의가 잘 이뤄지지 않는 경우가 있었다. 또한, 기초, 심화 과정 등 위계를 갖는 융합 교양 프로그램의 개발이 필요하다. 이를 통해 융합 수업이 일회성이 아닌 지속성 있는 교육이 되도록 할 필요가 있다. 마지막으로 과학·기술 융합수업과 같이 전문적인 성격이 강한 교과 융합수업의 경우는 비전공자들이 잘 따라올 수 있도록 모듈별로 멘토를 지정하거나 보조교사를 추가로 배치 등, 즉각적인 피드백이 이뤄지는 방안을 마련해서 수업의 효과를 높일 필요가 있다. 융합교육이 높은 전문성 및 시간과 노력을 많이 요구되는 힘든 수업이라는 부정적 인식 없이 모든 예비교사가 성취감을 맛볼 수 있도록 세밀한 수업설계가 필요하겠다.

References

- Choi, J. Y. (2015). A study of the values and limitations of convergence education in pre-service teachers education. *Convergence Education Review*, 1(1), 39-52.
- Choi, Y. H., & Kwon, Y. J. (2015). A discussion on the meaning and effect of the convergence learning in science education. *Brain, Digital, & Learning*, 5(3), 11-18.
- Han, S. W. (2016). *Analysis of Teacher's Key Competencies*. Korea Research Foundation Research Report.

- Hong, S., Jung, Y., An, Y., Lee, D., Moon, S., An, T., Choi, Y., & Lee, M. (2019). *Development of Training Programs to Enhance the Competency of Intelligent Information Society Teachers (I): Teaching and Learning Competency Modeling*. KICE Research Report PIM 2019-4.
- Hong, S. W., Park, S. W., Park, H. W., Byeon, H. M., & Lim, J. T. (2012). *What is Convergence?*. Paju: Science Books.
- Jeong, M. K., Kang, G. S., Park, S. W., & Lee, M. H. (2015). *A Study on the Teacher Education Improvement for Convergence Education*. Korean Educational Development Institute, Research Report.
- Keys, C. W., Hand, B., Prain, V., & Collins, S. (1999). Using the science writing heuristic as a tool for learning from laboratory Investigation in secondary science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(10), 1065-1084.
- Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity [KOFAC] (n.d.). *What is Convergence Talent Education?*. Retrieved August 3, 2019, from http://steam.kofac.re.kr/?page_id=30
- Kwak, Y. S. (2012). Research on ways to improve science teaching methods to develop students' key competencies. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(2), 162-169.
- Kwak, H. J. (2015). *Analysis of research trends in steam education*. Unpublished master's Thesis, Kyungin National University of Education, Incheon, The Republic of Korea.
- Larmer, J., Mergendoller, J., & Boss, S. (2017). *Setting the standard for project based learning: A proven approach to rigorous classroom instruction* (S. Choi, B. Jang, & B. Kim, Trans.). Seoul, Korea: Jisikframe. (Original work published 2015)
- Lee, H., Son, D., Kwon, H., Park, K., Han, I., Jung, H., Lee, S., Oh, H., S., Nam, J., Oh, Y., Phang, S. H., & Seo, B. (2012). Secondary teachers' perceptions and needs analysis on integrative STEM education. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(1), 30-45.
- Lee, H. N. & Jeon, J. D. (2018). The effects of STEAM program on pre-service teachers' science self-efficacy and STEAM literacy. *Brain, Digital, & Learning*, 8(2), 69-77.
- Lim, G., & Kim, Y. (2018). A study of the project-based learning methods for reinventing ideas of mathematician via the strategy of Polya's problem solving. *Brain, Digital, & Learning*, 8(3), 117-135.
- Ministry of Education [MOE] (2015). *Overview of elementary and secondary school curriculum*. Seoul, Korea: Ministry of Education.
- Moon, E. K., Shin, W. S., & Park, I. W. (2016). An analysis of pre-service teachers' perception on the core competence of teachers. *The Korea Educational Review*, 22(1), 183-209.
- Paek, J. Y., Cho, H. J., & Song, M. Y. (2015). Developing competency model for secondary school teachers. *Journal of Skills and Qualification*, 4(2), 85-110.

[저자의 소속과 직위]

홍남인 : 전남외국어고등학교, 교사, 제1저자

이경택 : 한국교원대학교, 교수, 공동저자

최혁준 : 한국교원대학교, 부교수, 교신저자