



## 중등 예비과학교사의 STEAM 수업 시연에 대한 사례 연구

최숙영, 이재원, 노태희\*  
서울대학교

### A Case Study of Preservice Secondary Science Teachers' Demonstration of STEAM Lessons

Sookyong Choi, Jaewon Lee, Taehee Noh\*  
Seoul National University

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 14 July 2015  
Received in revised form  
30 July 2015  
6 August 2015  
Accepted 10 August 2015

##### Keywords:

STEAM,  
preservice teacher,  
PCK, pedagogical design  
capacity

#### ABSTRACT

In this case study, we analyzed the processes of STEAM lessons conducted by preservice secondary science teachers. Three preservice science teachers at a college of education in Seoul participated in this study. After the workshop for STEAM education, they planned and practiced STEAM lessons. All of the teaching-learning materials were collected before lessons, and their lessons were observed and videotaped. Semi-structured interviews were also conducted before and after their lessons. The processes of STEAM lessons were analyzed while focusing on PCK and PDC. Their difficulties, needs, and views on STEAM education were also studied. It was found that they have taken much efforts to reflect the objectives and characteristics of STEAM education, and prepared teaching-learning materials by searching on the internet and arranging creative contents. Their great difficulty was to determine topics for STEAM lessons. While one preservice teacher satisfied with her lesson perceived STEAM education positively, the others perceived that it would be very difficult to practice STEAM lessons in school. For their STEAM lessons to be successful, the workshop needs to include some specific information on grades, proper topics for each grade, ways of making materials, and tips for effective STEAM lessons. In addition, it will be effective if the workshop is carried out after their study on constructivist learning theory and if they experience successful STEAM lessons.

## 1. 서론

STEAM 교육은 학생들의 과학에 대한 흥미와 창의적 문제해결력을 높이기 위해 과학과 기술, 공학, 예술, 수학 등의 다양한 교과목을 융합하여 접근함으로써 사회적, 과학적 문제들을 능동적이고 창의적으로 해결할 수 있는 융합형 인재를 양성하는 데 목적을 두고 있다. 원하는 정보를 쉽게 찾을 수 있는 시대적 상황을 고려할 때 단순히 과학 지식을 습득하는 것이 아니라 다양한 방식의 학문 간 융합을 통해 기존 지식을 자연스럽게 활용하는 STEAM 교육은 학교 현장에서 중요한 교육패러다임이 될 수 있다(Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity [KOFAC], 2012). 이에 2009 개정 교육과정과 2015 문이과 통합형 교육과정 개정안에서도 통합형, 융합형 교육을 강조하고 있고(KOFAC, 2015; Ministry of Education, Science and Technology [MEST], 2011), STEAM 교육의 학교 현장 정착을 위해 STEAM 리더스쿨 및 교사연구회의 운영이나, 교사 연수 실시, 수업 프로그램 개발 등의 다양한 정책 사업이 진행되고 있다.

STEAM 수업을 실시해 본 교사들은 STEAM 수업이 학생들의 관련 교과목에 대한 흥미를 높일 수 있고, 창의적 사고력의 발달에 도움을 주며 문제해결능력을 향상시킬 수 있다는 인식을 갖고 있었다(Lee, Park, & Kim, 2013). STEAM 교육의 긍정적인 효과도 보고되고 있다.

중학생을 대상으로 STEAM 교육 프로그램을 실시한 결과, 과학, 수학, 기술 및 공학에 대한 흥미와 자기효능감이 향상되었고 이 분야의 직업에 대한 관심과 흥미가 증가되었다(Lee & Lee, 2014). 초등학생의 경우에도 STEAM 교육 프로그램을 적용했을 때 창의성과 과학 교과에 대한 흥미도가 유의미하게 향상되었고(Kim *et al.*, 2014), STEAM을 적용한 과학 수업이 과학 학습 동기와 과학 학업 성취도 향상에 유의미한 효과를 주는 것으로 나타났다(Bae, Yun, & Kim, 2013). 이와 같이 STEAM 교육에 대한 교사들의 인식이 긍정적이고 STEAM 교육의 긍정적 효과도 보고되고 있으므로 STEAM 교육을 보다 적극적으로 활용할 필요가 있다.

학교 현장에서 STEAM 교육이 실행될 가능성을 높이고 효과적으로 구현되기 위해서는 무엇보다 교사의 역할이 중요하며 STEAM 교육에 대한 교사의 올바른 인식과 이해가 선행되어야 한다(Geum & Bae, 2012). 그러나 STEAM 수업에 대해 긍정적 인식을 가진 교사들도 실제 수업에 적용하기 위해 수업 자료를 개발하거나 적절한 교수-학습 방법을 선정하는 일에 많은 부담과 어려움을 느꼈고(Lee, Park, & Kim, 2013; Lee & Shin, 2014; Lim & Oh, 2015; Noh, 2014), STEAM 수업의 필요성과 효과에 대해 공감하더라도 실제 수업 진행이 가능하다고 응답한 교사는 24.8%에 불과하였다(Shin & Han, 2011). 특히, 수업 경험이 적은 초임교사의 경우에는 STEAM 교육의

\* 교신저자 : 노태희 (noth@snu.ac.kr)

\*\* 이 논문은 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2013R1A1A2008435).  
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2015.35.4.0665>

적용이 더욱 어려울 수 있다. 초임교사들은 일반 과학 수업에서도 교과 내용 조직이나 수업 자료 준비에 어려움을 느끼고(Koo & Park, 2011), STEAM 교육에 있어서는 연수를 받은 직후에도 수업에 바로 적용하는 것을 어려워하였다(Lee, Park, & Kim, 2013). 따라서 교사들이 STEAM 교육에 대해 느끼는 부담감을 줄여 수업에 보다 많이 적용할 수 있으려면, 예비교사 교육에서부터 STEAM 교육에 대해 이해하고 관련 경험을 쌓아 STEAM 수업에 대한 실질적인 전문성을 갖추 수 있도록 하는 예비교사 교육 프로그램이 필요하다.

Shin *et al.* (2012)은 사범대학 교수 및 현장교사, 예비교사를 대상으로 STEAM 교육에 대한 요구를 조사하여 중등 예비교사를 대상으로 하는 융합형 교사교육 프로그램을 개발하였고, KOFAC은 각각 현행 사범대학과 교육대학 교육과정에서 STEAM 교육의 요소를 분석하고 교사들의 인식을 조사한 후, STEAM 교육을 위한 사범대학과 교육대학의 교육과정 예시를 개발하기도 하였다(Paik *et al.*, 2012; Shin *et al.*, 2012). 그러나 개발된 STEAM 교육과정이 실질적으로 효과를 거두기 위해서는 대학에서 이러한 교과목을 신설해야 하는 것은 물론, 예비교사들이 이를 선택하여 한 학기 이상 수강해야 하는 등의 어려움이 따를 수 있다. 따라서 보다 많은 예비교사들이 STEAM 교육을 경험하여 전문성을 쌓기 위해서는 새로운 교과목의 개발도 중요하지만 기존 교육과정의 일부에 STEAM 교육에 대한 내용을 추가하는 방안도 모색할 필요가 있다.

한편, STEAM 교육에 대한 예비교사의 실질적인 전문성을 향상시키기 위해서는 예비교사가 실제 STEAM 수업을 준비하고 실행하는 전반의 과정을 체계적으로 분석할 필요가 있으며, 이를 통해 예비교사가 STEAM 수업을 적용할 때 도움을 줄 수 있는 구체적 정보들을 추출한다면 보다 효과적인 예비교사 교육을 위한 시사점을 얻을 수 있을 것이다. 과학교사의 수업 전문성은 교수에 대한 전문적 지식을 교수활동 전반에서 실제로 구현하는 기회를 바탕으로 향상될 수 있는 종합적이고 실천적인 성격을 지니고 있으므로(Gess-Newsome, 1999; Porter, Youngs, & Odden, 2001), 수업 전문성에 대한 연구는 주로 교사의 전문적 지식과 수행 능력의 두 가지 측면으로 논의되어 왔다(Lee *et al.*, 2009). 교사의 전문적 지식 측면으로는 교수학적 내용 지식(PCK)이 활발히 연구되고 있다. 그러나 교사가 수업의 전반적인 과정을 효과적으로 계획하고 실행하는 데 필요한 수행 능력 측면에서의 심층적인 접근은 부족한 실정이다. 특히 STEAM 교육에서는 서로 다른 교과목 간의 융합이 수업의 핵심적인 부분이므로, 교사가 관련 교육 과정을 그대로 구현하지 않고 비판적으로 선택하고 분석하여 응용하는 능동적 교수 설계 과정이 성공적인 수업 실행을 위해 중요하다고 할 수 있다. 이러한 맥락에서 교수 목표를 달성하기 위해 교육과정 자료(curriculum material)를 활용하여 교수를 설계하는 능력인 PDC(pedagogical design capacity; Brown, 2002)는 예비교사의 교수활동 분석에 유용한 도구로 활용될 수 있다. PDC는 교사가 수업을 계획하고 실행하여 평가하는 일련의 과정에서 교수 목표와 관련된 교육과정 자료의 강점과 약점을 비판적으로 분석하여 응용할 수 있는 능력이다. 이때 사용되는 교육과정 자료는 교과서와 교사용 지도서, 수업지도안, 활동지, 멀티미디어 자료, 실험도구 등으로써, 교사가 수업에 활용할 수 있도록 전문가나 타 교사에 의해 개발 및 제작된 일련의 자원을 뜻한다.

이에 이 연구에서는 사범대학의 교육과정 중 교수 모형과 교수 설계

를 다루는 필수 교과목에서 STEAM 교육을 경험할 수 있는 워크숍을 실시한 후, 예비교사가 STEAM 수업 시연을 준비하고 실행하는 과정을 전문적 지식인 PCK와 수행 능력인 PDC의 두 가지 관점에서 심층적으로 분석하였다. 이를 통해 예비교사 교육과정에서 다루어야 할 STEAM 교육의 내용과 방법에 대한 구체적 정보와 함께, 예비교사 교육에 활용할 수 있는 STEAM 워크숍이나 STEAM 교육 프로그램 개선을 위한 시사점을 얻고자 하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 참여자

본 연구에서는 서울특별시 소재 사범대학 화학교육과에서 개설되는 교수 모형과 교수 설계에 대한 내용을 다루는 강좌의 수강생 중 STEAM 수업에 관심이 있고 자발적으로 연구에 참여할 의사가 있는 3명을 모집하였다. 이 강좌의 모든 수강생은 강의 계획에 따라 한 가지의 교수 모형을 선택하고, 이를 적용할 수업을 계획하고 시연하는 과제를 부여받는다. 연구에 참여하여 STEAM 수업을 시연한 3명의 예비교사들은 모두 3학년이며 예비교사 A는 여학생, B와 C는 남학생이었다. 연구 참여 시점에서 A는 과학 교수 학습 이론 및 방법을 다루는 타 교육학 강좌에서 다른 수강생이 발표하는 STEAM 교육에 대한 소개와 이론적 설명을 들은 바 있으나, 해당 강좌에서 STEAM 수업 시연을 들은 경험은 없었다. C는 다른 전공 강좌에서 일반 과학교과의 실험 수업용 활동지를 제작해 본 적은 있으나 수업을 실행한 경험은 없었다. 모든 연구 참여자는 공통적으로 타 수강생의 STEAM 수업이나 통합형 과학 수업을 듣거나, STEAM 수업을 포함한 과학교과 수업의 교수 설계와 수업 실행을 해본 경험이 전혀 없었다.

### 2. STEAM 교육에 대한 워크숍 및 수업 시연

본 연구가 진행된 교수 모형과 교수 설계에 대한 강좌는 1주일에 3차시씩 총 45차시로 진행되는데, 교수 모형과 교육 사조, 우리나라의 과학과 교육과정에 대한 소개가 21차시, 이와 관련한 교수 학습 자료 개발 및 수업 시연이 18차시, 오리엔테이션과 기말고사가 6차시로 운영된다. 이 강좌에서 하나의 교수 모형이나 교육 사조에 대한 소개와 수업 시연이 각각 2-3차시로 이루어지므로, 본 연구에서도 STEAM 교육에 대한 워크숍을 2차시, 수업 시연을 2차시, 평가를 1차시로 진행하였다.

STEAM 교육에 대한 워크숍은, 연구 참여자를 선정한 후에 연구자 중 1인이 강좌의 전체 수강생을 대상으로 진행하였다. 워크숍의 주 자료는 KOFAC (2012)에서 제작한 STEAM 가이드북을 기반으로 하였다. 워크숍 1차시는 STEAM의 도입 배경과 필요성, 외국의 STEM 교육 사례, STEM으로부터 STEAM이 도입된 과정, STEAM 교육의 정의, 우리나라에서의 STEAM 교육 현장 적용 사례를 소개하는 등, STEAM의 본성과 특징, STEAM 교수 학습 방법을 안내하는 내용으로 실시되었다. 특히, STEAM 수업의 세 가지 유형(교과내, 교과연계형, 방과후)과 학습 준거 및 단계 요소(상황 제시, 창의적 설계, 감성적 체험)에 관한 내용이나, 5가지 과목 요소(과학, 기술, 공학, 예술, 수학)가 모두 포함되어야 하는 것은 아니라는 점과 같이 수업을 준비할

Table 1. Overview of preservice teachers' STEAM lessons

Category	Preservice teacher			
	A	B	C	
STEAM type	교과내	교과내	교과내	
Subject	화학 I	화학 II	화학 II	
Topic	산화와 환원	산염기 평형	산화환원 평형	
Main activity	실험	실험	실험	
Title of program	눈꽃 만들기	지시약 꽃 만들기	상큼한 레몬전지 만들기	
Subject elements	S	산화와 환원, 금속의 이온화 경향성	강산과 강염기, 약산과 약염기, 이온화도, 이온화 상수, 지시약, 르사틀리에의 원리	금속의 반응성차이, 자발적 산화-환원반응
	T/E	음극화 보호, 눈꽃 만들기	우리 주변의 산, 염기	화학전지 구성요소, 전지의 직렬연결과 전압의 관계
	A	표현하기, 작품제목 정하기	지시약 꽃 표현하기, 색 표현하기	레몬전지에 여러 가지 표정 그리기
	M	전자 이동의 양적 관계, 화학반응식 완성	화학 반응식을 이용한 이온화도, 평형 상수 계산	산화-환원 반응식 완성
Stage elements	상황 제시	배가 녹스는 이유는 무엇일까?, 배가 녹스는 것을 방지할 방법은 무엇일까?	우리 주변의 산, 염기는 무엇이 있을까?, 우리 주변의 산과 염기의 세기 순서는 어떠한 까?	침몰한 타이타닉호가 부식된 이유는 무엇일까?, 화학전지에서 자발적으로 전자 이동이 일어나는 원동력은 무엇일까?
	창의적 설계	다양한 눈꽃모양 만들어보기, 금속과 금속 염 수용액의 반응결과 예측하기, 미지 금속의 이온화 경향성 예측하기	이온화도와 이온화 상수의 개념을 이용하여 주어진 문제 상황을 해결하기	여러 개의 레몬전지를 사용해서 발광다이오드의 밝기를 변화시키기
	감성적 체험	구리 모양을 다양하게 조각해보기, 구리에 피어나는 은을 살펴보기	산과 염기, 지시약을 조합하여 다양한 종류의 꽃 만들기, 실험 과정과 결과를 친구들과 공유하기	레몬전지에 여러 가지 표정을 그려서 개성 있는 레몬전지 만들기

때 실질적으로 도움을 줄 수 있는 내용을 강조하였다.)

워크숍 2차시에서는 수업지도안 및 활동지 분석을 실시하였다. 화학 내용이 포함된 STEAM 수업 자료를 수강생들에게 예시 자료로 나누어 주고 어떤 면에서 STEAM 수업에 맞게 제작되었는지, 과목 요소와 단계 요소 등이 어떻게 반영되었는지, 주요 활동이 어떠한 방식으로 진행되었는지 등으로 분석을 하게 하였다. 또한, 수강생들에게 하나의 주제를 제시한 후 조별 활동을 통해 STEAM 수업의 아이디어를 내어 발표하게 하였다.

워크숍 후 연구 참여자에게 중등학교 과학 교과서 및 교사용 지도서와 함께 한국과학창의재단에서 개발한 STEAM 관련 보고서, 수업지도안 및 학생 활동지 예시와 관련 인터넷 사이트를 제공하였다. 또한 제공된 자료 이외에 연구 참여자가 수업에 활용하기 위해 추가한 자료의 출처와 용도를 적을 수 있는 양식도 제공하였다. 각 연구 참여자는 대상 학년, 수업의 주제 및 목표, 세부적인 수업 형태 등을 자유롭게 정하여, 2차시 분량의 STEAM 수업을 준비하고 시연하였다. 이들이 수업 시연을 위해 작성하여 제출한 STEAM 수업지도안의 개요는 Table 1과 같다.

### 3. 연구 절차

수업 시연 3일 전에 예비교사가 수업 준비 과정에서 사용한 자료의 목록과 직접 작성한 교수 학습 지도안 및 활동지, 수업용 PPT 등의 모든 교수 학습 자료를 수집하였다. 연구자는 예비교사의 교수 설계 과정을 파악하고 사전 면담 시나리오와 수업 관찰 체크리스트를 구성하기 위해 수집된 모든 자료를 두 가지 측면에서 공동으로 예비 분석하였다. 우선, 예비교사의 STEAM 교육에 대한 PCK를 조사하기 위하여

선행연구(Kim & Kim, 2013; Oh, 2012)에 나타난 STEAM 교육의 PCK의 구성 요소와 STEAM 가이드북(KOFAC, 2012)을 참고하여 STEAM 교육에 관한 PCK(STEAM-PCK)의 기초 분석틀을 제작하였다. 이를 토대로, 수집된 자료에서 예비교사의 PCK가 드러났다고 판단되는 내용을 추출하여 STEAM-PCK의 구성 요소에 따라 분류하였다. 또한, 예비교사의 PCK 측면에서 자료 활용과 내용 구성의 양상을 파악하기 위하여 각 예비교사가 주제 선정 과정, 수업 모형 선정, 주요 수업 단계(도입, 전개, 실험, 마무리)에서 자료를 어떻게 활용했는지 정리하였다. 그리고 교수 계획에서 나타나는 STEAM 수업의 과목 요소와 단계 요소, 특징적인 수업 전략, 내용 및 주요 활동을 정리하여 예비교사의 STEAM 수업의 준비 과정을 종합적으로 파악하였다.

수업 시연 하루 전에 각 예비교사의 교수 계획 과정을 심층 조사하기 위한 목적으로 반구조화된 사전 면담을 실시하였다. 우선, 예비 분석 결과 드러난 PCK에 관한 심층 정보와 예비교사가 제출한 교수 학습 자료에 충분히 드러나지 않았다고 판단된 부분들에 대해 질문하였다. 답변 과정에서 예비교사가 활용한 구체적 교수 학습 전략이 드러나는 경우, 예비 분석 결과를 토대로 미리 준비한 개별 면담 질문과 연계하여 각 전략의 도입 목적과 의도를 조사하였다. 또한 PCK 측면에서 각 예비교사가 제공 자료를 활용했는지의 여부와 그 이유, 제공 자료 외의 다른 자료를 추가로 도입한 목적을 조사하였고, 각 자료의 활용 측면에서 원본 자료를 그대로 사용했거나 응용 또는 수정이 나타난 경우에 대한 구체적인 이유를 알아보았다. 사전 면담은 각각 35~40분 정도 소요되었다.

수업 시연은 해당 강좌의 타 수강생을 세 집단으로 편성하여 예비교사 3인이 각자 다른 강의실에서 시연하는 방식으로 이루어졌다. 연구자는 한 명씩 예비교사를 전담하여 수업 전 작성한 체크리스트를 확인하며 교수 계획에서 자료를 응용·변형시킨 측면이 실제로 수행되는 정도, 활동 계획이 즉흥적으로 변화되거나 계획에 없던 활동이 나타나는 경우를 집중적으로 관찰하여 노트에 기록하였고, 이를 사후 면담의 자료로 활용하였다. 모든 수업 장면은 녹화하였다.

1) STEAM 수업의 정해진 틀은 없으나 처음 수업을 계획하고 실행해야 하는 예비 교사들을 위해 한국과학창의재단이 개발한 STEAM 프로그램의 필수 요소나 수업 지도안 양식(STEAM 교육 따라잡기, 과학이 좋아지는 STEAM 등)을 제공하였고, 본 연구에서는 이를 토대로 STEAM 수업을 계획하도록 권장하였다.

Table 2. Components of STEAM-PCK

Component	Related content
교육과정에 관한 지식	STEAM 수업에 적합한 주제 선정 후, 관련 교과와 교육과정 및 연계를 이해하고 편성·운영하는 능력
교수전략에 관한 지식	수업 참여 촉진 전략
	창의적 설계 전략
	상호작용 전략
평가에 관한 지식	STEAM 교육에 적합한 평가 항목과 방법에 대한 이해와 적용 및 평가 결과의 활용 능력
학생에 관한 지식	STEAM 교육을 받는 학생들의 선지식, 오개념 및 학습 곤란, 흥미와 관심에 관한 지식
내용에 관한 지식	STEAM 교육에서 다루는 과학(S) 내용 및 과학의 본성, 과학 탐구 과정 지식 등 과학 교과 전반에 관한 지식 및 융합되어 연계된 타 교과(T, E, A, M) 내용에 관한 지식

수업 관찰 결과를 바탕으로 교수 계획의 구현 정도, 수업 중에 교수 계획이 즉흥적으로 변경되거나 추가된 부분을 분석하여 사후 면담 시나리오를 구성한 다음, 수업 시연 5일 후 사후 면담을 진행하였다. 사후 면담에서는 PCK의 구성 요소 측면에서 수업 전·후 생각의 변화에 대해 구체적으로 알아보았고, PDC 측면에서 예비교사가 느끼는 교수 계획의 구현 정도와 교수 실행 과정에서 자료의 활용 측면을 조사하였다. 또한, 전반적으로 교수 계획 및 실행 과정에서 느꼈던 어려움과 교육요구도 조사하였다. 사후 면담은 각각 35-40분 정도 소요되었으며, 모든 면담 내용은 녹음 후 전사하여 분석하였다.

#### 4. 분석 방법

예비교사의 STEAM 수업에서 나타나는 PCK를 분석하기 위해, 사전 면담 시 활용했던 STEAM-PCK의 기초 분석틀을 기반으로, 예비 분석 결과와 함께 이후 수집된 모든 자료와 전사본을 반복하여 읽으면서 특징을 도출하여 지속적으로 분석틀의 범주를 수정하고 보완하였다(지속적 비교 방법; Charmaz, 2000). 즉, 2인의 분석자가 각 예비교사로부터 STEAM-PCK 구성 요소의 특징이 나타났다고 판단되는 수업 장면이나 의미 있는 사례를 일차적으로 추출하고 분류하였다. 그 후 STEAM-PCK 구성 요소 별로 사례의 특징을 재검토하며 필요한 경우 분석자들이 협의하여 분석틀을 수정하고 보완하는 과정을 거쳐 STEAM-PCK 구성 요소의 구체적인 정의를 도출하였다(Table 2). 예비교사의 STEAM-PCK 특징이 교수·학습 자료, 사전·사후 면담, 수업 영상에 일관되게 나타나는지 비교하는 삼각측정(triangulation)을 거친 후 각 예비교사의 STEAM-PCK 수준을 구성 요소 별로 분석하였다.

예비교사의 STEAM 수업에서 나타나는 PDC는, 선행연구(Sherin & Drake, 2009; Yang, Bae, & Noh, 2013)에서 읽기, 평가, 응용의 세 단계에 따라 제시한 교육과정 자료 활용의 유형을 수정하고 보완하여 분석하였다. 선행연구에서는 연구 참여자가 교과용 도서를 주 자료로 활용하였다. 그러나 현 교육과정에 STEAM 교육이 아직 충분히 반영되어 있지 않으므로 이번 연구에서는 교과용 도서뿐 아니라 연구자의 제공 자료 및 기타 다양한 자료들을 어떻게 읽고, 평가하고, 응용하여 수업 자료를 구성하는지를 중점적으로 분석하였다. 읽기는 제공된 자료들을 어떤 순서로 보았는지, 전체적인 흐름을 확인했는지 또는 각 자료들의 세부 내용도 자세히 살펴보았는지, 어떤 측면을 중점적으로 보았는지, 또한 제공되지 않은 자료들을 찾을 때 가장 중점을 둔 부분은 무엇인지 등에 대한 면담 내용을 분석하였다. 이때 예비교사가 수업의 주제를 스스로 정했으므로 주제를 선정하기 전과 후의 양상이 다르게 나타날 수 있어 이를 구분하여 분석하였다. 평가는 수업에 활용

할 자료들을 평가할 때 교사가 자신의 이해 정도나 활용 능력 등을 기준으로 삼는지, 학생들의 이해 정도나 수행 능력 등을 기준으로 삼는지에 따라 ‘교사’와 ‘학생’으로 분류하였는데, 이 외에도 면담 결과 STEAM 수업에 필요한 과목 요소나 단계 요소의 내용이 포함되었는지를 기준으로 삼는 경우가 있어 이러한 유형을 ‘STEAM’으로 추가하였고, 세 유형에 모두 포함되지 않는 경우를 ‘기타’로 분류하였다. 응용에서는 자료를 수업에 활용할 때 자료의 일부 요소를 삭제하면 ‘제거’, 수정하면 ‘변형’으로, 또한 원 자료에 없는 요소를 검색이나 창작을 통해 새로운 내용으로 포함시키는 경우를 ‘추가’로 분류하였다. 분석은 2인의 분석자가 수집한 모든 자료를 공동으로 분석하고 지속적으로 논의하여 합의된 결론을 도출하는 과정으로 이루어졌는데, 각 자료의 내용을 읽기, 평가, 응용의 세부 유형에 맞게 분류한 후, 예비교사의 STEAM 수업을 위한 자료 활용 방식에서 공통적으로 나타나는 특징과 예비교사별로 다르게 나타나는 부분을 귀납적으로 도출하였다. 또한 사후 면담을 통해 조사한 시연 과정 중 어려웠던 점, STEAM 워크숍에 대한 평가와 교육요구, STEAM 교육에 대한 견해를 예비교사별로 정리하였고, 각각의 특징과 공통점 및 차이점을 분석하였다.

예비교사의 STEAM 수업에서 나타나는 PCK와 PDC, 어려움과 교육요구, STEAM 교육에 대한 견해에 대한 분석과 해석 과정은 과학교육 전문가와 STEAM 교육의 경험이 풍부한 현직 교사, 박사급 과학교육 전공 대학원생 등으로 구성된 집단 세미나를 통하여 수차례 점검받았다.

### III. 연구 결과

#### 1. 예비교사의 STEAM 수업에서 나타나는 PCK

##### 가. STEAM 수업의 교육과정에 관한 지식

STEAM 교육의 목표는 학생의 통합적, 창의적 사고 능력을 신장시키는 데 있으므로, 교사는 융합을 통해 연계되는 다른 교과와 교육과정 및 내용을 고려하고 적절한 수준으로 융합하여 수업을 구성할 필요가 있다(MEST, 2011). A는 실생활 연관성을 고려하여 수업 주제를 정하고 교과서에서 해당 주제의 학습 목표를 참조한 뒤, 수업 내용은 자신의 생각에 따라 구성하였다. B와 C는 교과서를 보며 STEAM 수업의 요소를 도입하기 적절한 실험의 유무와 같은 단원별 특성을 고려하였다. 이후 B는 교과서와 지도서의 내용이나 지침을 고려하면서 동시에 STEAM의 5가지 요소를 추가하며 수업을 구성하였고, C는 교과서의 학습목표 및 흐름과 순서를 충실히 반영하여 전체적인 내용을 먼저

구성한 후, 필요한 STEAM 요소를 추가하거나 의미를 부여하는 방식으로 수업을 구성하였다. 이와 같이 예비교사들은 공통적으로 과학 교과 내용의 교육과정 및 학습 목표를 고려하고 반영하였다. 그러나 연계되는 교과의 교육과정은 거의 참조하지 않았고, 주로 인터넷 검색을 통하여 필요한 자료만 수집하는 정도였다. 예를 들어, A와 B는 기술 요소로서 각각 생활 속의 산과 염기, 음극화 보호법을 포함시켰는데 이를 실생활 사례로 간단히 다루었고, C는 기술과 공학 요소로서 물리 교과의 내용인 전지의 직렬연결과 전압에 대한 내용을 포함시켰지만, 실험 활동의 일부로만 판단하여 관련 교과의 교육과정에 대한 고려는 하지 않았다.

또한 예비교사들의 STEAM 수업 요소의 융합 및 배치 양상도 다양하게 나타났다. A는 연계되는 내용들을 사진이나 동영상 자료 등의 방법으로 제공하였으며, 다양한 자료를 도입이나 개념 설명 단계, 실험 활동 등의 수업 곳곳에 적절히 배치하였다. 반면 B와 C는 요소가 수업 전반에 반영되도록 구성하는 데 상대적으로 미흡하였는데, 상황 제시의 내용을 수업 도입부에만 집중적으로 배치하여 이후의 수업은 실험 활동과 개념 설명의 일반적인 수업 형태로 진행되었다.

#### 나. STEAM 수업의 교수전략에 관한 지식

교수전략 측면의 PCK는 수업 참여 촉진 전략에 관한 지식과 창의적 설계 전략에 관한 지식, 상호작용 전략에 관한 지식, 학습자 중심 전략에 관한 지식으로 나누어 분석하였다(Kim & Kim, 2013; KOFAC, 2012; Lee, 2015).

수업 참여 촉진 전략은 학생의 흥미를 높이고 학생이 적극적으로 수업에 참여할 수 있도록 유도하는 전략을 의미한다. 사전 면담에서 모든 예비교사는 이 전략을 STEAM 수업에 있어서 가장 중요한 부분으로 인식하고 있었고, 도입부에서 기술이나 공학 요소와 관련된 다양한 실생활 사례를 제시한 목적이 학생의 흥미를 유발시켜 수업에 적극적으로 참여하도록 하기 위한 것이라 응답하였다.

이런 영화(타이타닉)가 있다는 소개를 해주면서 침몰된 배에서 발견된 게 이건데 어떻게 생각하느냐. …(중략)… 영화 얘기를 하고 배 실제 사진을 보여주고, 영화 실제 포스터를 보여주고, 또 정말 거기 안에서 발견된 이런 물건들을 보여주면 애들이 조금은 적극적으로 하지 않을까? 제 생각이 그래서.  
(예비교사 C의 '사전 면담' 내용 중에서)

A는 도입부에서 다양한 선박들의 사진을 제시하며 부식으로부터 선박을 지키라는 목표를 설정하였다. B는 순환학습 모형을 적용하여 탐색 단계에서 생활 속의 산과 염기를 찾아보는 활동이 이루어질 수 있도록 하였고, C는 POE 모형을 적용하여 예측 단계에서 실생활 예시를 제시하였다. 즉, STEAM 수업의 단계 요소인 상황 제시를 수업 참여 촉진 전략의 일환으로 사용하였다. 또한, A와 B는 조별 활동에서 스티커 판을 통해 점수를 부여한 후 보상을 줌으로써 학생들 간의 긍정적 경쟁을 유도하기도 하였다. 이와 같이 모든 예비교사는 수업 참여 촉진 전략을 적극적으로 고려하여 실행하였다.

창의적 설계 전략은 학생 스스로 문제 해결 방법을 탐구할 수 있도록 학생 활동에 개방성을 부여한 비구조화된 활동을 계획하고 실행하는 전략으로서, 실험 등의 수업 중 활동에서 다양한 결과가 나오게

하거나 결론을 도출하기 위해 다양한 방법을 사용할 수 있도록 하는 것을 의미한다(Park, 2004). 예비교사들은 STEAM 수업의 단계 요소인 창의적 설계를 반영하기 위해 실험 과정에 예술 요소와 연계한 활동을 넣었다고 응답하였다. 예를 들어, A는 눈꽃 만들기에서 꽃의 다양한 모양을 학생들이 직접 디자인하는 과정을 넣었고, B도 다양한 모양의 지시약 꽃을 만들게 하였으며, C도 레몬전지에 다양한 표정을 그려 넣는 활동을 계획하였다. 그러나 이는 예술적 다양성과 관련된 활동일 뿐, 학생들은 안내된 실험 절차를 그대로 따라 진행하고 공통된 결과를 얻었으므로 창의적 설계 전략이라 볼 수 없으나, 예비교사들은 이를 창의적 설계 전략이라 잘못 인식하고 있었다.

지시약 꽃을 만들되 혹시 다른 아이디어가 있는 사람은 다르게 해봐도 좋고 …(중략)… 학생 스스로 좀 더 창의적으로 자기가 하고 싶은 걸 표현해볼 수 있는 시간이 됐으면 좋겠어서 이렇게 만든 것 같아요. …(중략)… 그 창의적 체험 활동에, 창의력 신장 쪽에서 그런 면이 좀 도입되었으면 좋겠다고 좀 생각을 해서 넣었던 것 같아요.

(예비교사 B의 '사후 면담' 내용 중에서)

또한 A의 경우, 실험의 결과를 토대로 선박의 부식을 막을 수 있는 방법을 논의하여 발표하게 하였는데, 선체에 페인트를 칠하는 것 외에도 선체의 재료로써 금이나 백금을 사용한다거나 도금, 합금, 희생금속법 등의 다양한 방법이 학생들로부터 제안되었다. 그러나 A는 이 활동이 창의적 설계 전략과 관련된 것임을 인식하지 못하고 있었다. 즉, 예비교사들의 창의적 설계 전략에 대한 이해도가 전반적으로 낮음을 알 수 있다.

상호작용 전략은 교사-학생 간 또는 학생 간 상호작용의 정도를 준거로 삼을 수 있는데, 예비교사들은 STEAM 수업을 계획할 때 상호작용 전략을 고려하지 않았고 수업 진행 중에도 대부분의 활동을 교사 주도로 진행하여 활발한 상호작용은 거의 보이지 않았다. 즉, 예비교사들의 상호작용 전략에 대한 이해 수준은 낮다고 볼 수 있다. 그러나 수업 과정에서 학생들의 선지식과 관련된 발문을 하거나 발표를 유도하는 등의 교사-학생 간 상호작용은 일부 나타났다.

학습자 중심 전략은 전반적인 수업 구성과 진행이 학생 중심으로 이루어질 수 있도록 하는 전략으로서, 효과적인 학습자 중심 전략을 통하여 학생의 아이디어가 발현되고 산출물을 내기 위한 학생들의 직간접적 체험 활동 등이 이루어질 수 있다. 예비교사들은 간단한 활동을 통해 학생의 참여를 유발하거나 구성주의 교수 모형을 도입하는 등의 방법을 통해 학습자가 중심이 되는 수업을 구성하고자 하는 노력을 보였다. A는 '철을 주어로 하는 문장 만들기' 활동을 계획하였는데, 학생들이 자신이 직접 선박 부식 문제를 해결해야 한다는 생각을 갖고 참여하게 하도록 의도한 학습자 중심 전략이었다. A는 이 활동을 성공적으로 실행하였으며, 사후 면담에서 학생 중심의 개방적인 수업의 장점을 느끼고 더욱 수업을 개방하여 교사가 최소한으로 개입하는 것이 바람직하다고 하였다.

실생활 생각을 한 건데, 목표는 우리가 철에 관심을 뒤야 되잖아요. 배를 지금 지키기 위해서 하는 활동이니까. 그러니까 지금 산화원도 보는 게 방관자 입장이 아니라 진짜 철이 산화되었다는 개념을 확실히 인식시키고 싶어서. 거기에 주어진 예시는 다른 금속일지 몰라도 주어를 철로 하면 지금

이제 문제 해결 방향에서 방향을 좀 잡아주고 싶어서 다시 한 번 철로 소리 내서 얘기해보자 라는 게 제 의도였어요.

(예비교사 A의 '사전 면담' 내용 중에서)

다음에 스팀수업을 한다면 지식적인 측면에서는 적극적인 지원자로 나가겠지만 창의적 설계 이런 부분에서는 조금 더 단순 지원자가 될 수 있도록 면발치에서 그냥 볼 수 있도록 실험이나 이런 것들을 그렇게 구성, 학생들이 하는 요소가 훨씬 많게 짜도록 하는 게 좋을 거 같다고 생각했어요.

(예비교사 A의 '사후 면담' 내용 중에서)

B는 순환학습 모형을 도입하고 수업 지도안에 학생의 아이디어를 격려한다는 내용을 통하여 학생 중심 활동이 원활히 이루어지도록 계획하였다. 스티커 판 또한 학생의 참여를 유도하여 결과적으로 자신의 생각을 자유롭게 이야기할 수 있는 환경을 조성할 의도였다. 실제 시연에서 실험 활동 후 이론을 설명하는 시간이 길어지면서 의도만큼 학생 중심 활동을 실행하지는 못했으나, 학생들이 자유롭게 이야기할 수 있는 환경은 여전히 필요하다고 하였다. C는 POE 모형을 적용하여 학생들이 자유롭게 의견을 발표할 수 있는 환경을 조성하고자 노력하였다.

(POE 수업 모형의) 예측하기에서 같은 실험에 대한 게 아니라 유사한 상황에서 예측해보게 하는데, 그런 유사한 상황을 일상생활에서 가져온 예라든지 다른 상황에서 가져온 것으로 해서 물어봐도 좀 애들이 덜 딱딱하게 느끼고 좀 더 자유롭게 얘기를 해볼 수 있을 거라고 생각해서요.

(예비교사 C의 '사전 면담' 내용 중에서)

그러나 전반적으로 실험 전이나 후에 개념을 설명할 때는 PPT나 판서를 통해 교사가 일방적으로 설명하는 방식이 주가 되었다. 즉, 개념 이해에 있어서 학습자 중심 전략의 필요성에 대한 인식은 부족하다고 볼 수 있다.

#### 다. STEAM 수업의 평가에 관한 지식

STEAM 수업은 보다 학습자가 중심이 되는 활동을 강조하는 특징을 지닌다. 그러므로 평가 방법에서도 개별 성취도의 측정이 중심인 전통적인 평가 관점보다는 평가 과정과 결과의 활용에서 교사-학생 간 상호작용과 피드백이 보다 중요시되는 구성주의적 평가 관점이 필요하다(Jonassen, 1991). A는 STEAM 수업에서 점수화된 평가가 실시되면 학생들의 활동을 제한할 수 있으므로 평가를 고려하지 않았다고 응답하였다.

점수를 매길 때부터 아이들이 심미적 가치를 느끼는 게 아니라 험뜯기 비쁘고 그러잖아요. 점수에 민감할 텐데. 스팀이 과학수업을 즐겁게 만들려고 하는 거 같은데, 점수를 넣으면 다시 또 하나의 평가를 위한 수업의 도구밖에 안 되는 거 같아서.

(예비교사 A의 '사전 면담' 내용 중에서)

B는 수업 내용과 관련된 평가나 태도 측면의 수행 평가는 가능할 수 있다는 생각을 갖고 있으나, 이번 수업에서는 고려하지 않았다. C는 수업의 도입부에서 학생들에게 수행 평가 항목별 배점을 자세히

안내하는 등 학생들의 참여를 이끌어내기 위한 점수화된 평가를 매우 자세하게 계획하였다. 즉, 면담 내용이나 수업 자료의 분석에서는 예비교사들의 구성주의적 관점의 평가에 대한 고려는 전혀 나타나지 않았다. 그러나 연구자가 예비교사의 수업을 관찰한 결과, 모든 예비교사가 학생들의 실험 과정을 지켜보며 적절한 조연이나 질의 및 응답을 하였고, 필요한 경우 추가 설명을 하거나 수업 시간을 조절하는 등의 다양한 구성주의 관점의 평가를 실시하였다. 그러나 이러한 활동을 평가로 인지하지 못하고 있었으므로, 예비교사들은 STEAM 수업에서 전통적인 평가 관점을 견지하고 있다고 볼 수 있다.

#### 라. STEAM 수업에서 학생에 관한 지식

사전 면담에서 예비교사들은 학생의 선개념을 고려하였다고 응답하였다. A는 수업 계획에서 학생들이 갖기 쉬운 오개념을 따로 언급하며 조심해야 한다는 내용을 수업용 PPT에 삽입하였다. B도 학생들이 산과 염기에 대한 선개념을 얼마나 갖고 있는지, 오개념은 무엇인지 확인하기 위한 질문을 준비하였으며, C도 평가 문항을 통해 학생들의 선개념을 확인하고자 하였다. 수업 시연 시, A는 학생들이 오개념을 갖고 있지는 않았으나 PPT를 통해 학생들이 갖기 쉬운 오개념을 보여 주며 설명하였고, B는 학생들의 대답에 따라 정리를 해줄 계획이었으나 모두 옳은 대답을 하여 추가 설명은 하지 않았다. 수업 후 사후 면담에서 B는 학생의 수준에 맞는 기술과 공학 요소의 추가 및 학생 오개념에 대한 철저한 사전 준비가 필요하다고 하였다. C도 실험 결과와 관련된 학생들의 오개념에 대한 사전 준비가 미흡하여 다음 수업을 한다면 이를 보완해야 한다고 하였다. 이와 같이 학생들의 선개념에 대한 고려와 이를 실제 수업에 반영하는 수준이 다양하게 나타났다.

실험 활동에서 학생들이 어떤 오개념을 갖고 있는지 아직 와 닿지 않아서. 학생들이 이 활동을 통해서 생길 수 있는 오개념이라든지, 아니면 산염기에 대해 갖고 있는 오개념 같은 것들을 잘 알고 있지 못한 상황인 게 가장 크게 걸리더라고요.

(예비교사 B의 '사후 면담' 내용 중에서)

또한 수업 참여 촉진 전략의 분석에서도 나타난 바와 같이, 학생의 흥미 유발을 위해 관심을 끌 수 있는 내용을 도입하는 등, 학생들의 정의적 영역과 관련한 부분도 많이 반영하기 위해 노력하였다.

#### 마. STEAM 교과 내용에 관한 지식

예비교사들은 사전 면담에서 필요한 실험 절차와 내용을 교과서와 인터넷을 통해 찾아보고 예비 실험을 했기 때문에 내용 측면에서 큰 문제는 없다고 응답하였으나, 수업 실행 중에 예기치 못한 학생의 질문이나 예상치 못한 실험 결과를 접할 때 주로 어려움을 느꼈다. 즉, 예비교사들은 산염기 평형과 산화환원 평형과 같은 화학 교과 지식에서는 큰 어려움을 느끼지 않았으나 실험 중의 과학 탐구 과정 지식, 타 교과 내용 및 기술, 공학 등 연계 분야의 내용 적용 등에서 어려움을 느꼈다. 예를 들어, A는 눈꽃 만들기 활동에서 공학적 요소를 의도하여 삽입하였으나 수업을 진행하면서 부족함을 느꼈으며, B는 지시약 꽃 만들기의 실험 재료가 물을 흡수한 후 모양을 유지하지 못하는 상황에

당황하였다. C는 납판을 이용한 산화·환원 실험에서 이론과 다르게 납판이 변색되는 것을 발견하였고, 직렬연결에서 전지의 수와 전압이 비례하는 이유에 대한 학생의 질문을 받아 당황하기도 하였다. 이와 같이 STEAM 수업에서 예비교사들의 타 교과 내용 지식이나 실험 관련 지식이 부족함을 알 수 있다. 한편, B는 과학, 수학 분야는 자신 있지만 기술, 공학, 예술 분야는 미흡하기 때문에 전공 교사의 도움을 받을 필요가 있다고 하였고, 어려운 내용의 기술, 공학 분야를 어느 정도로 도입해야 하는지 고민하였다.

테크놀로지나 엔지니어링 얘기를 계속 하게 되는데, 그거에 대한 자료를 찾는 게 마땅치 않다고 생각을 해요. 과학 분야에 일단 테크놀로지나 엔지니어링 수업으로 들어가게 되면 너무 어려워지는 감이 없지 않아 있어서 …(중략)… 나머지 기술적인 부분까지 들어가면 너무 이해하기 힘들고 소개하기도 힘든 내용들이 좀 많이 있어서. 이런 것들은 실제적으로는 테크놀로지, 엔지니어링 이라고 얘기는 하지만 좀 다른 방법으로 활용을 해야 되지 않을까.

(예비교사 B의 '사후 면담' 내용 중에서)

## 2. 예비교사의 STEAM 수업에서 나타나는 교수 설계 능력(PDC): 교육과정 자료의 활용 방식 측면에서

예비교사들은 STEAM 수업을 준비할 때 교과용 도서뿐 아니라 개발된 다른 STEAM 수업 자료나 실험 수업 자료 등을 활용하였고, 그 외에도 다양한 사진, 동영상, 게임, 예술 작품, 첨단 기술 등을 추가하여 수업 자료를 전면 재구성하였다.

### 가. 읽기

우선 3명의 예비교사는 STEAM 수업의 주제를 선정하기 위해 교과서와 연구자가 제공한 수업지도안과 활동지 등을 전반적으로 훑어보았고, 인터넷 검색을 통해 관련 자료를 찾아 읽어보기도 하였다. 예비교사 스스로가 학년, 단원, 수업 주제를 모두 결정해야 하므로 여러 자료의 내용을 자세히 읽기보다는 각 자료의 주제와 주요 활동이 무엇 인지를 파악하는 정도였다. 또한 학창시절 경험이나 동아리 활동, 이전에 수강했던 강좌와 같이 자신의 이전 경험에 의존하는 경향이 있었다.

A는 고등학교 시절 경험했던 실험 주제 중 실생활과 관련이 깊고 시각적 효과가 커 학생의 흥미 유발과 예술적 감성의 극대화에 적합하다고 판단한 산화환원 평형을 수업의 주제로 결정하였다. A는 수업을 계획할 때 이전 경험과 지식을 바탕으로 수업 내용을 창의적으로 구성하려 노력하였는데, 교과서는 개념과 학습 목표의 확인을 위해서만 살펴보는 정도였고 지도서는 보지 않았으며, 워크숍에서 분석해 보았던 STEAM 수업의 수업지도안에서 수업 구성 형식만을 참고하였다. B는 주제 선정을 위해 교과서를 가장 먼저 보았으나, 결국 대학 동아리 활동에서 주로 참고하였던 인터넷 사이트의 실험 자료를 검색하여 이중 '산염기 지시약을 이용한 꽃 만들기' 실험이 융합 수업에 적합하다고 판단하였다. 이 실험을 수업의 주 활동으로 정한 후에는 교과서의 산염기 평형 단원과 제공 자료 중 같은 주제의 수업지도안을 다시 한 번 자세히 읽으면서 수업의 흐름과 반영할 개념 등을 결정하였다. C의 경우에는 워크숍에서 '금속채갈피 만들기'라는 수업지도안을 분석하던 중, 어릴 적 잡지에서 읽은 적이 있고 이전 강좌에서 과제로도

발표했던 레몬전지 실험을 떠올렸고 이를 주 활동으로 결정하였다. 이후 C는 수업의 전체 흐름을 구성하기 위해 교과서의 산화환원평형 단원을 찾아 자세히 살펴보았다.

주제를 결정한 후에는 각각 다른 특징이 나타났다. A는 떠오르는 생각들을 구현하기 위해 관련 키워드로 자료를 검색하여 읽었고, B는 선정한 주제와 관련된 내용을 제공 자료와 교과서에서 찾아 종합적으로 참고하였으며, C는 제공 자료를 다시 훑어보면서 주제 관련 요소를 찾고 교과서의 해당 단원을 자세히 읽으면서 수업의 흐름을 정하고 필요한 자료를 수집하였다.

제가 이미 알고 있던 걸 인터넷에 쳐서 금속 부식 방지법을 쳐서 …(중략)… 실제 쓰이는 거랑 연관시키기 좋은 게 산화환원이 떠올라서 그런 부분도 있었고. 제가 고등학교 때 실험동아리를 만들어서 실험했었는데, …(중략)… 과학에 흥미 없던 애들도 그런 시각적인 효과를 하니깐 문과 친구도 굉장히 많이 했거든요. 그래서 그게 기억이 나가지고.

(예비교사 A의 '사전 면담' 내용 중에서)

교과서도 제일 먼저 찾아봤어요. …(중략)… 중학교 고등학교 애들한테 소개하거나 해본 정도의 실험 동아리 활동을 잠깐 한 적이 있어요. 거기서 찾아봤던 실험이 여러 가지 있었는데 …(중략)… 블로그 들어가서 찾아봤는데 지시약 꽃 만들기가 스팀 수업에 적합하지 않을까 생각을 해서 …(중략)… 보내주신 자료들을 열어봤는데 거기에 마침 이거(지시약 꽃)가 켜 있는 스팀 자료가 있더라고요.

(예비교사 B의 '사전 면담' 내용 중에서)

스팀자료에 뭐가 있을까 했는데 보니까 책갈피 만드는 게 있더라고요. 반응성으로. 근데 제가 산화환원 레몬전지를 했었으니까 여기에 같이 다뤄보면 어떨까 …(중략)… 교과서에 또 리튬 그게 있더라고요.

(예비교사 C의 '사전 면담' 내용 중에서)

### 나. 평가

예비교사들은 자료를 평가할 때 공통적으로 학생의 입장을 주로 고려하였고, 여러 분야가 융합된 수업으로 구성할 수 있는지를 중요한 기준으로 생각하였다.

A는 학생의 흥미와 창의적 문제해결력을 유발하는 데 중점을 두었을 뿐만 아니라 학생 수준에서 이해 가능한 내용인지도 고려하였다. 또한 워크숍에서 다루었던 STEAM 수업의 단계 요소인 상황 제시, 창의적 설계, 감성적 체험의 각 단계에 맞는 내용인지, 여러 분야 중 예술을 융합한 과학 수업을 구성하기 위해 예술적 요소가 적절히 융합될 수 있는지를 중요한 평가 기준으로 삼았다.

예술하고 과학의 교차 지점에서 정말 많은 걸 창출할 수 있다는 걸 알려주고 싶어서 찾았고. 과학과 기술 쪽은 산화환원에서 실제로 쓰이는 게 부식방지 …(중략)… 흥미 유발과 더불어 그 문제를 주어져야 창의적으로 학생들이 어 진짜 배가 녹스네 이걸 어떻게 해결하지라는 스스로 창의적으로 생각할 수 있도록 …(중략)… 은이 피어내는 게 시각적으로 바로 보이잖아요. 흥미를 느끼고 진짜 아름답다고 느낄 수 있다고 생각을 해서.

(예비교사 A의 '사전 면담' 내용 중에서)

B도 A와 마찬가지로 학습자의 적극적인 참여를 유도할 수 있는가를 기준으로 정하여 학생의 입장을 고려하였고, 예술 분야와의 융합을 중시하였으나 예술뿐만 아니라 나머지 과목 요소들이 모두 융합되어 있는 수업을 구성하는 것에도 중점을 두었다. 즉, 관련 자료의 선택 기준으로 5가지 과목의 융합을 중요하게 생각하였다. B는 기타 평가 기준으로 수업을 했을 때 소요되는 시간이 적당하지 등의 수업 시간 배분을 고려하는 특징을 보였다.

다 들어가는 요소를 최대한 찾아보자 해서. …(중략)… 이 수업이 이만큼의 양이 도대체 어느 정도의 시간을 잡아먹을까 하는 게.. 이라서 시간이 너무 짧거나 늘어난다면 어떡하나 이런 게 가장 큰 문제고.

(예비교사 B의 '사전 면담' 내용 중에서)

C의 경우에도 학습자의 흥미 유발과 수업에의 적극적 참여 유도를 고려하는 등 학생의 입장을 매우 중요하게 생각하였으나, 융합되는 다른 교과에 대한 고려는 A와 B에 비해 상대적으로 부족하였다.

어떤 식으로 아이들의 흥미를 유발할까. 스팀 수업은 재미있어야 될 것 같은데, …(중략)… 일상생활에서 가져온 예나 다른 상황에서 가져온 것으로 해서 물어봐도 좀 애들이 덜 딱딱하게 느끼고 좀 더 자유롭게 얘기를 해볼 수 있을 거라고 생각해서.

(예비교사 C의 '사전 면담' 내용 중에서)

#### 다. 응용

평가에서 학생의 입장이나 STEAM 수업의 특성에 맞추기 위한 기준이 주로 고려된 것과 맥락을 같이하여, 응용에서도 이 기준에 따른 자료의 수정이 나타났는데, 공통적으로 '추가'가 활발하게 이루어졌다. A는 검색을 통해 실생활과 연계되는 내용을 찾아 도입 활동으로 하였고, 예술과의 융합과 평가 요소를 위해 자신이 생각한 내용을 실험 활동에 추가하였다. B도 산염기 지시약의 원리를 이용하여 여러 요소를 융합하여 다룰 수 있는 실험과 함께, 그 실험 내에 융합 요소와 평가 요소를 창작하여 추가하였다. C도 마찬가지로 학습자의 흥미를 증진하기 위해 실험의 과정 일부를 변형하고 세부 활동과 형성 평가 요소, 동기 유발을 위한 도입 활동을 추가하였다.

한편, 평가에서 고려된 기준과는 다른 기준의 응용도 일어났는데, A는 교사 입장에서 정확히 설명하기 애매하여 학생들이 이해하기 어렵다고 판단되는 내용을 제거하였고, C는 위험하다고 판단되거나 구하기 어려운 실험 재료를 변경하여 실험 활동을 변형하였고 실험 시의 안전 수칙에 대한 내용을 추가하는 등 실험 수업에서 학생들의 안전을 중요하게 고려하는 모습을 보였다.

이유가 없는데 내는 건 학생들을 헛갈리게 할 것 같아서... 학생들이 '왜 넣어요?' 그러면 화학적으로 그걸 넣는 이유를 설명할 수 없고 그런데 선생님은 그냥 현상이 이라서 …(중략)… 설명을 잘 못하니까. 그래서 안 될 것 같아서 뺐어요.

(예비교사 A의 '사전 면담' 내용 중에서)

시험관 9개와 철판을 사용한 것 같은데, 그 금속 용액이랑. 근데 그 유리가 위험할 것 같아서 그런데 플라스틱으로 해도 무방할 것 같아서 흠판으로 비웠고, 또 철판은 구하기가 힘든데 제가 일반화학실험 수업을 들을 때 납판이 있었거든요. 그래서 비웠어요.

(예비교사 C의 '사전 면담' 내용 중에서)

A의 경우 수업을 계획하는 단계에서뿐만 아니라 수업을 진행하고 있는 중에도 자료를 추가하였다. 즉 실험 활동이 계획보다 일찍 끝나게 되자 예전에 검색해 보았던 기억을 되살려 수업 중에 재빨리 과학과 예술의 접목과 관련된 동영상은 인터넷에서 즉시 검색하여 학생들에게 보여주며 설명해 주는 활동을 추가하였다.

또한 사후 면담을 통해, 다음 수업을 위한 자료의 응용 여부에 대하여도 조사하였다. 3명 모두 공통적으로 자신의 수업을 개선하고자 하는 의미에서 변형과 추가를 고려하였는데, 학생들을 수업에 더욱 적극적으로 참여하도록 하고 융합 요소 간의 연계나 활동 간의 연계를 이해하기 위한 부분을 보완하려는 방안을 제시하였다. A는 교사가 적극적으로 개입하는 부분은 제거하고 학생 주도적 실험 활동으로 변형해야 한다는 의견을 제시하여 학습자 중심 수업으로의 방향을 더욱 확실히 하였고, 융합 요소 중 공학 요소가 부족했으므로 관련 활동을 더 추가해야 하며 수업 중에 추가한 과학과 예술 접목 동영상에서도 그 원리를 이해하는 활동을 추가할 필요가 있다고 하였다. B의 경우에도 자신의 수업 중 개념을 설명하는 부분이 교사 위주로 진행되어 이를 학생의 흥미 유발을 위한 내용으로 변형할 필요가 있고, 학생들의 오개념과 관련된 활동이 더 추가되어야 한다는 의견을 제시하는 등 학생의 입장을 고려하는 활동을 더욱 필요로 하였다. C의 경우에도 학생의 입장을 고려한 응용을 제시하였는데, 이번 수업에서 POE 모형을 적용하여 구성하였으나 순환학습 모형을 적용하면 더욱 학생의 참여를 유도할 수 있을 것이라 생각하여 자료를 변형시키고자 하였다. 한편 B와 C는 학생의 개념 이해를 중시하였는데, B는 실험 결과와 과학 개념을 연계해 줄 수 있는 요소를 추가할 필요가 있다고 하였고, C는 실험 결과에 대해 교사가 직접 설명하는 부분을 더욱 늘려야 한다는 의견을 제시하였다.

### 3. 예비교사의 STEAM 수업 시연 과정에서의 어려움과 교육요구, STEAM 교육에 대한 견해

#### 가. 시연 과정 중 어려웠던 점

예비교사가 STEAM 수업을 계획하는 단계에서 겪은 어려운 점 중 가장 큰 부분은 STEAM 수업에 맞는 주제를 결정하고 그에 따른 요소들을 찾아 구성하는 것이었다. A는 STEAM 수업을 구성할 수 있는 수업의 주제가 한정되어 있어 그에 맞는 주제를 결정하는 것이 매우 어려웠으나, 주제를 정한 이후에는 큰 어려움 없이 수업을 계획하였고 응답하였다. 반면 B와 C는 주제 선정 이후에도 어려움을 겪었는데, B의 경우에는 수업 시간의 배분에 있어 특별히 힘든 점을 느꼈고, 5가지 과목 요소가 모두 포함될 필요가 없음을 인지하고 있음에도 불구하고 이를 모두 다룰 수 있는 수업을 구성하기 위해 노력하였다. C는 수업지도안을 작성하는 것을 어려워하였고, STEAM 수업에서 여러 요소를 고려한 활동을 다채롭게 구성해야하고 학생의 흥미 유발



을 위해 상황 제시의 소재를 찾아야 한다는 면에서 어려움을 느꼈다. 특히 C는 “실험을 하면서 교사가 시간이 남잖아요. 그때 뭘 해야 할지 모르겠어요”라고 응답하면서 학생 활동이 중심이 되는 수업에 대한 불안함을 드러내기도 하였다.

#### 나. STEAM 워크숍에 대한 평가와 교육요구

예비교사들은 수업 준비 전에 강좌를 통해 진행된 STEAM 워크숍에 대해 대체적으로 만족하였으나, 이미 개발된 수업지도안과 학생 활동지를 분석할 때 다양한 주제의 자료를 제공해 주고 STEAM 수업에서의 과목 요소나 단계 요소에 대한 더 자세한 분석이 필요하다는 의견을 제시하였다. 그 외에 A는 모든 수강생들이 STEAM 수업을 경험할 수 있도록 워크숍 시간 간단하게 수업을 계획하고 교사와 학생의 입장이 되어 일부 수업을 조별로 진행하고 서로 의견을 주고받는 활동을 제안하였다. 또한 융합되는 여러 분야와 관련된 자료들을 보유한 데이터베이스의 필요성에 대해서도 언급하였다. C는 수업을 계획할 때 전문가에게 중간 과정을 점검받고 수정 및 보완할 수 있는 멘토링 과정이 있다면 더욱 효과적일 것이라고 언급하였다.

#### 다. STEAM 교육에 대한 견해

사후 면담에서 예비교사가 생각하는 STEAM 교육의 정의 및 필요성, STEAM 교육에서 가장 중요하다고 생각하는 점, 현장 정착 여부 등 예비교사의 STEAM 교육에 대한 견해에 대해 질문하였다. A는 STEAM 교육에 대해 매우 긍정적인 생각을 갖고 있었다. STEAM 수업은 학생들의 흥미를 증진시키고 과학의 필요성을 일깨워주기 위해 매우 바람직한 수업이라 생각하였고, 입시에 직면한 고등학교 2, 3학년에서도 수능 기출 문제를 바탕으로 하여 기술이나 공학이 접목된 내용으로 구성한다면 충분히 STEAM 수업을 진행할 수 있을 것이라 제안하기도 하였다. 반면 B와 C는 STEAM 수업의 장점에 대해서는 공감하고 있으나, 실제로 진행할 때 많은 어려움이 있어 정착하기에 어려울 것이라는 생각을 갖고 있었다. B는 중학교에서는 가능할 수 있으나 고등학교에서의 정착은 어려울 것이며, 기술과 공학 요소의 접목으로 내용이 너무 어려워질 수 있어 이 부분을 주의하여 수업을 구성해야 한다고 하였다. C는 교과서를 거의 그대로 따라 진행하는 일반 수업에 비해 STEAM 수업은 자유로운 재구성성이 가능하고 학생들의 경험의 폭을 넓혀 주는 활동이 많아 매우 유익하다고 생각하였다. 그러나 수업 준비를 위해 교사의 노력이 많이 필요하고 기존 교육과정에 맞추어 진행되어야 하므로 실제로 진행하기에는 어려움이 따르며, 특히 고등학교 3학년에서의 적용은 매우 어렵다고 하였다.

## IV. 논의

예비교사의 사전, 사후 면담과 수업 관찰을 통해 분석한 STEAM-PCK와 PDC, 그리고 사후 면담에서 조사한 어려움과 교육요구, STEAM 수업에 대한 견해의 전체적인 연구 결과를 바탕으로, STEAM 교육에 시사점을 주는 4가지 논의점을 추출하였다.

### 1. STEAM 수업의 요소에 대한 이해 부족

STEAM 수업 시연 전 워크숍에서 STEAM 수업의 5가지 과목 요소와 3가지 단계 요소, 수업 계획 시 주의점 등을 특히 강조하였다. 그러나 예비교사들은 여전히 5개의 과목 요소가 수업에 모두 포함되어야 한다는 생각을 갖고 있었고 이 때문에 많은 어려움을 겪었다. STEAM 수업에서는 주제의 특성이나 교사의 의도에 따라 일부 과목만을 포함할 수 있으며, 연계되는 과목 간의 자연스러운 융합과 이를 통한 융합적 소양을 갖추도록 하는 데 더 중점을 두어야 한다(KOFAC, 2012). 따라서 STEAM 수업의 예시 자료에서 각 요소에 해당하는 내용이 무엇이며 어떻게 구현되었는지 설명하는 것 외에도 그 수업이 각 요소의 융합을 통해 어떠한 목표를 달성하고자 하는지를 생각해 보는 활동도 필요할 것이다.

또한 예비교사들은 STEAM 수업에서 강조하는 상황 제시를 도입부의 동기 유발 요소로 생각하였다. 이는 예비과학교사들이 과학과 예술 STEAM 수업 시연에서 도입 부분에서만 동기유발용으로 영화를 활용하고 이를 수업의 전체 맥락과 접목하지 못한 선행연구(Son, 2012)의 결과와 유사하다. 실생활과 연계된 상황을 도입부에서만 제시하는 데 그침으로써 잠깐 동안 흥미를 이끄는 수준에 머무를 수 있으므로, 도입부에서 제시하는 상황이 수업 내용 전체를 끌어가는 동기 요소가 될 수 있도록 수업을 구성하려고 노력해야 한다.

예비교사들은 창의적 설계에 있어서도 생각의 다양성 정도로 축소시켜 수업을 구성하였다. 즉, 재료와 절차가 모두 안내된 실험을 진행하였으므로 창의적 설계 전략을 고려하지 않았다고 볼 수 있으나, 실험의 결과물에 예술적 다양성을 표현하는 활동을 창의적 설계 전략이라 강조하고 있었다. 반면 A의 경우에는 실생활 문제 해결을 위한 논의와 발표에서 학생들의 창의성 발현을 고려한 활동이 있었음에도 불구하고, 이를 창의적 설계와 관련짓지 못하고 있었다. 즉, 예비교사들은 창의적 설계의 중요성을 고려하나 이에 대한 이해 수준은 낮다고 볼 수 있으므로, 워크숍에서 창의적 설계의 정확한 의미를 설명하고 이 요소가 반영된 예시 자료에 대한 분석 활동을 보다 강화할 필요가 있다.

### 2. 구성주의적 접근의 미흡

모든 예비교사가 PCK의 교수 전략 측면이나 PDC의 평가 단계에서 학생의 흥미와 동기 유발을 고려하는 등 학생을 중심으로 수업을 구성하고자 하는 노력을 보였으나, 수업 모형의 적용이나 개념 설명, 상호작용, 평가 등에 있어서의 구성주의적 접근은 매우 미흡한 것으로 나타났다. 이는 예비교사들이 STEAM 수업이 학습자가 중심이 되는 수업으로 구성되어야 함을 인식하고는 있으나 이를 도입이나 실험 활동에만 적용하고, 개념 설명 부분이나 평가에 있어서는 구성주의적으로 접근해야 함을 인식하지 못하고 있음을 보여준다. 2명의 예비교사는 이전 강의에서 배운 POE나 순환학습 모형의 구성주의 교수법을 적용하였으나, 이 역시 POE의 설명 단계나 순환학습의 개념 도입 단계에서 PPT를 보여주거나 판서하며 설명하는 등의 교사의 일방적 설명으로 일관하여 학습자가 중심이 되지 못하였다. 이는 예비과학교사가 과학 수업 모형을 적용한 수업을 시연할 때 수업 모형의 전반적 이론은 잘 파악하고 있으나 각 단계의 특성과 적용 방법에 대해 잘 이해하지

못했던 선행연구(Yang *et al.*, 2012)의 결과와 같은 맥락이다. 즉, 예비교사가 구성주의 교수 모형을 적용하려 노력하더라도 제대로 구현하는 것은 매우 어렵다. 심지어 나머지 한 명의 예비교사는 구성주의 교수법 적용의 필요성을 전혀 느끼지 못하였으며, STEAM을 하나의 수업 모형으로 인식하고 있었다. 따라서 과학 수업 모형을 다루는 강좌에서 수업 모형의 의미와 전반적 내용은 물론, 각 단계에 대한 자세한 설명과 적용 예시 등을 다루는 활동이 진행될 필요가 있고, 예비교사에게 구성주의 학습 이론이 반영된 STEAM 수업을 예로 들어 설명해 준다면 STEAM 교육이 지향하는 학습자 중심의 수업이 더욱 효과적으로 구성될 수 있을 것이다.

또한 교사의 다양한 질문을 통해 학생들이 자신의 생각을 표현하거나 서로의 생각을 갖고 토의하는 기회를 제공하는 등의 교사-학생 또는 학생 간 상호작용은 모든 예비교사의 수업에서 고려되지 않았으나, 수업 관찰 결과, 교사의 발문을 통한 교사-학생 간 상호작용은 비교적 잘 이루어졌다. 예비교사들이 STEAM 수업이 학생이 흥미를 느끼고 참여할 수 있도록 진행되어야 함을 중요하게 인식하고 있었기 때문에, 상호작용 전략에 대한 사전 고려 없이도 실제 수업에서 유사한 부분이 나타났다고 볼 수 있다. 그러나 학생 간 상호작용은 거의 나타나지 않았다. STEAM 수업에서도 동료와의 협력학습이 이루어질 수 있는 창의적 설계 활동이 중요시되고(KOFAC, 2012), 상호작용을 통해 학습자가 스스로 개념을 이해하는 기회를 가질 수 있으므로, 수업을 계획할 때 학생 간의 상호작용이 활발히 진행될 수 있는 활동이나 상호작용을 촉진할 수 있는 전략을 충분히 고려하여 반영해야 함을 예비교사들에게 안내할 필요가 있다.

한편, 예비교사들은 전통적인 평가 관점을 견지하고 있음을 알 수 있었다. 구성주의 관점의 평가는 학생 간 경쟁에 기반을 두는 전통적 관점의 평가보다 바람직하며, 비구조화되고 학생 중심 활동을 중시하는 STEAM 교육에서 더욱 효과적으로 발휘될 수 있다. 특히, 예비교사의 평가 영역 PCK는 쉽게 바뀌지 않으므로(Noh *et al.*, 2012), 예비교사 교육 시 구성주의 평가관에 대한 이해와 실행을 강조하여 예비교사들이 이를 STEAM 수업에 적극적으로 반영할 수 있도록 해야 한다.

### 3. 수업에 포함되는 다양한 교과에 대한 내용 지식의 부족

STEAM 수업은 과학 지식뿐만 아니라 융합되는 다른 교과 영역에 대한 지식을 포함하고 있으므로, 교사는 STEAM 수업을 할 때 내용 지식과 관련한 어려움을 겪을 가능성이 높다(Noh & Paik, 2014; Shin & Han, 2011). 이번 연구에서 화학이 전공인 예비교사들은 수업 중에 화학 외의 다른 분야에 대한 질문에 대해 잘못된 개념을 답하기도 하였고, 주제와 관련된 기술과 공학 분야의 내용을 어느 정도 수준까지 설명해야 하는지에 대해 고민하였다. 따라서 수업 준비 과정에서 융합되는 요소의 내용 지식이나 수준, 해당 과목의 교육과정에 관해서도 미리 고려하도록 해야 한다. 특히, 선행연구(Noh & Paik, 2014)에서 STEAM 수업 경험이 있는 현장 교사들이 학생들의 사고 확장을 위해 기술과 공학 분야를 도입하는 것이 중요하다고 인식하였으므로, 기술과 공학에 대한 어려운 내용을 다루거나 수업에서 배제하기보다는 탐구 과정에 자연스럽게 녹아들 수 있는 수업을 구성하는 방법을 안내할 필요가 있다. 기술, 공학 분야의 융합은 주로 과학 이론이 적용된 제품이나 기술에 대한 실생활 사례가 주로 제시되었으나, 금속판 자르기

등 기술, 공학과 관련성이 낮은 요소를 기술, 공학 요소로 생각한 경우도 있었으므로, 학년별로 적절한 기준안과 예시를 제공할 필요성이 있다. 이때, 타 과목에 대한 접근성을 고려하여 STEAM 수업에 자주 활용되는 단원을 중심으로 교사에게 도움이 되는 데이터베이스를 구축하거나, 관련 교과의 온라인 교사 모임 등을 통해서 교과 내용과 과학 탐구 과정 지식에 관한 노하우가 공유되도록 할 필요가 있다.

### 4. 예비교사의 교수학습 및 STEAM 교육에 대한 견해의 변화

이번 연구에서 예비교사의 교수학습관을 직접 조사하지는 않았으나, C의 경우 교사가 수업을 이끌어야 하고 수업의 장악력이나 학생 태도에 대한 통제의 입장을 고수하는 것으로 보아 비교적 전통적 교수학습관을 지니고 있음을 알 수 있다. 그러나 C는 시연 과정에서 STEAM 수업임을 고려하여 학생의 흥미 유발과 수업에의 적극적 참여에 중요성을 두고 이를 위해 노력하였다. 예비교사들의 교수학습관은 오랜 기간 동안 학교 교육을 받아오면서 교사들의 수업을 지켜보며 나름대로 정립된 것이어서(Kagan, 1992) 쉽게 변화되지 않는다고 보고되고 있으나(Pajares, 1992), C의 사례는 STEAM 수업의 준비 및 실행이 예비교사의 교수학습관 변화에 미미하더라도 긍정적 효과를 줄 가능성을 시사한다.

한편, 수업 후에 B는 학생들이 실험 활동에서는 많이 흥미로워했으나 개념 설명 시간에 매우 지루해하여 실험 활동과 과학적 내용에 대한 설명 부분이 분리된 것을 아쉬워하였으며, C도 수업을 진행하면서 학생들의 실험 활동 시간 동안 교사가 무엇을 해야 하는지 몰라 어려움을 느꼈고 수업 전에 예비 실험을 했음에도 불구하고 실제 수업에서 예상치 못한 실험 결과가 나와 대처하기가 어려웠다고 응답하는 등, 자신의 수업에 대해 만족하지 못하였다. 또한 사후 면담에서 B와 C는 STEAM 수업이 고등학교에서는 적용되기 어렵고 STEAM 교육으로 인한 교사의 업무 증가를 염려하며 STEAM 수업이라 하더라도 수업의 본래 틀에서 벗어나서는 안 된다고 응답하였다. 이를 통해 B와 C가 수업 후에 STEAM 교육에 대해 다소 부정적인 견해를 갖게 되었고, 전통적 교수학습관에서 벗어나지 못하였다는 것을 알 수 있다. 반면 A는 자신의 STEAM 수업에 대해 대체로 만족하면서, STEAM 교육에 대해 매우 긍정적인 생각을 갖고 있는 것으로 나타났다. 이는 STEAM 수업을 실행해 본 교사들은 학생들이 즐거움을 느끼는 것을 경험함으로써 STEAM 수업에 대해 강한 실행 의지를 가진다는 선행연구(Noh & Paik, 2014)의 결과와 유사하다. 즉, STEAM 교육에 대해 긍정적으로 인식하고 학교 현장에서 보다 적극적으로 STEAM 수업을 적용하기 위해서는 예비교사 단계에서부터 STEAM 수업에 대한 성공적인 경험이 필요하다. 따라서 수업 경험이 거의 없는 예비교사에게 멘토링 또는 코칭 등의 교육 프로그램을 통하여 STEAM 수업 준비에 대한 직접적인 도움을 제공함으로써 예비교사의 두려움을 감소시키고 수업을 받는 학생들의 긍정적 반응을 이끌어 내어 수업 시연을 성공적으로 실행할 기회를 줄 필요가 있다.

### V. 결론 및 제언

이 연구에서는 예비교사의 STEAM 교육에 대한 전문성을 향상시키기 위해, 3명의 예비과학교사가 STEAM 교육에 대한 2시간의 워크

습을 받은 후 STEAM 수업을 계획하고 시연하는 과정 전반에서 나타나는 특징을 PCK와 PDC 측면에서 분석하고, 어려움과 교육요구, STEAM 교육에 대한 견해를 조사하였다.

연구 결과, 예비교사들은 STEAM 수업이 학생의 흥미를 유발하고 생활과 연계되어야 하며 학생 중심의 활동으로 진행되어야 한다는 생각을 바탕으로 수업을 계획하였고, STEAM 수업의 단계 요소를 충분히 반영하려고 노력하는 것으로 나타났다. 또한 교과서나 기존 개발된 STEAM 수업 자료 등을 그대로 또는 변형하여 사용하기 보다는 자신의 이전 경험을 바탕으로 인터넷 검색 자료나 창의적인 내용을 배치하여 수업 자료를 구성하였고, 이때 학생의 흥미와 인지적 수준, STEAM 과목 요소의 포함 여부 등을 고려하였다. 예비교사들이 가장 어려웠던 점으로 꼽은 것은 STEAM 수업에 맞는 주제를 선정하고 그에 따른 과목 요소를 찾는 것이었으며, 일부 예비교사는 수업 중 교사의 역할이 거의 없어서 불안함을 느끼기도 하였다. 자신의 수업에 비교적 만족하였다고 평가한 한 명의 예비교사는 STEAM 수업이 학교 현장에서 잘 적용될 수 있을 것이라는 긍정적 생각을 갖고 있는 반면, 만족하지 못한 2명의 예비교사는 STEAM 수업의 여러 장점에 대해서는 공감하나 학교 현장에서 실제로 진행할 때 많은 어려움이 따를 것이라는 생각을 갖고 있는 것으로 나타났다.

예비과학교사가 향후 학교 현장에서 STEAM 수업을 잘 적용하기 위해서는 사범대학 교육과정에서부터 STEAM 교육이 다루어져야 하며, 예비과학교사를 위한 STEAM 교육 워크숍의 효과적인 운영을 위해 연구 결과를 바탕으로 다음과 같이 제안할 수 있다.

첫째, 워크숍에서 STEAM 수업을 효과적으로 진행할 수 있는 대상 학년과 주제에 대한 구체적 정보를 주어야 한다. 이번 연구에서 예비교사들이 산화환원 평형과 산염기 평형이 STEAM 수업에 적합한 단위이라 판단하여 수업의 주제로 선택했으나, 시연이 아닌 학교 현장이었다면 고등학교 2, 3학년에 해당되는 내용이라 STEAM 수업으로 진행하기 어려웠을 것이라는 부정적 생각을 갖고 있었다. 따라서 현실적으로 STEAM 수업이 활발히 진행될 수 있는 중학생이나 고등학교 1학년을 대상으로 하는 수업 주제 목록과 이미 개발되어 있는 각 학년별 자료들을 안내하고 자세히 분석하는 활동을 진행할 필요가 있다.

둘째, STEAM 수업 자료를 제작하는 방법과 수업 실행 시 주의할 점을 자세히 안내해야 한다. STEAM 수업의 자료를 제작할 때 STEAM 수업의 주제와 관련된 여러 내용들을 검색하고 발췌하여 전체 수업 자료를 새롭게 제작할 수도 있고, 또는 이미 개발되어 있는 수업지도안이나 활동지 등의 자료를 찾아 그대로 활용하거나 재구성할 수도 있으므로, 이러한 방법을 구체적으로 제시해 준다면 STEAM 수업은 준비하기 어려운 수업이라는 인식을 줄일 수 있을 것이다. 또한 연구 결과, STEAM 수업에서 제시하는 과목 요소와 단계 요소에 대한 이해가 부족한 것으로 나타났으므로, 워크숍에서 이를 더욱 구체적으로 설명하고 예시 자료에 반영된 요소를 자세히 분석하는 과정을 추가할 필요가 있다. 특히 창의적 설계나 개념 이해에 있어서의 구성주의적 접근에 대해 더 강조하고 이 부분이 잘 반영된 예시 자료를 분석하는 활동을 진행할 필요가 있다.

셋째, 워크숍은 예비교사들이 구성주의 학습 이론을 접한 후에 진행하고, 워크숍에서 구성주의 교수 모형을 적용한 STEAM 교육에 대해 다루는 것이 효과적일 것이다. STEAM 수업을 시연하기 전의 강좌에서 구성주의 학습 이론이 다루어졌음에도 불구하고, STEAM 수업에

서 예비교사들의 구성주의 학습 전략 및 평가의 구체적 구현은 다소 미흡한 것으로 나타났다. 그러나 STEAM 수업을 계획하고 준비하는 과정에서 가능한 학습자를 중심으로 생각하고 POE나 순환학습 등의 수업 모형을 적용하려 시도하는 등 비교적 구성주의 수업을 구성하기 위해 노력하였다. 만일 구성주의 학습 이론을 학습하기 이전에 STEAM 수업을 계획했다면 이를 반영하기 위한 시도조차 없었을 것이다. 따라서 예비교사들이 구성주의 학습 이론을 접한 후에 STEAM 교육에 대한 워크숍에 참여하여 구성주의 학습 이론을 다양하게 반영하는 기회를 갖는 것이 중요하다. 또한 STEAM 수업에 구성주의 교수 모형을 효과적으로 적용할 수 있도록, 워크숍에서 모형이 적용된 STEAM 수업을 예로 들어 설명해 줄 필요가 있다. 이를 통해 예비교사들이 STEAM 수업도 결국 구성주의 수업이라는 인식을 가지고 STEAM 교육의 목적에 보다 가까운 수업을 진행할 수 있을 것이다.

넷째, 시연 수업에 대한 만족도가 STEAM 교육에 대한 인식에 영향을 미칠 수 있으므로, 예비교사가 성공적인 STEAM 수업을 경험할 수 있도록 해야 한다. 이를 위해 STEAM 수업의 준비 과정에서 전문가가 지속적으로 피드백을 주는 멘토링이나, 두 예비교사들이 수업에 함께 참여하여 수업에 대한 부담감을 완화하고 수업에 대한 자신감을 키울 수 있는 코칭(Han, Yoon, & Noh, 2008) 등이 운영될 필요가 있다. 또한, 다양한 교과를 포함하는 STEAM 수업의 특성상, 사범대학의 여러 학과가 연계된 형태의 STEAM 교육 워크숍이나 강좌가 운영된다면, 전공이 다양한 예비교사들이 함께 수업을 준비하고 시연하는 활동을 통해 STEAM 교육에 대한 긍정적 인식이 확산되고 보다 질 높은 수업을 준비하는 역량을 키울 수 있을 것이다. 한편, 예비교사가 학교 현장에서 수업을 관찰함과 동시에 사범대학 교육과정에서 배운 이론들을 적용하여 직접 가르치는 경험을 하는 것이 예비교사에게 더 많은 영향을 줄 수 있으므로(Kwak, 2002), 교육 실습 시에도 실습 학교와 지도교사, 동료 실습교사들의 협조를 통해 실제 학교 현장에서도 STEAM 수업을 직접 경험할 기회를 줄 필요가 있다.

## 국문요약

이 연구에서는 중등 예비과학교사의 STEAM 수업 시연 과정에서 나타나는 특징을 사례 연구를 통해 분석하였다. 서울 소재 사범대학의 예비과학교사 3명이 연구에 참여하였고, 이들은 STEAM 교육에 대한 워크숍을 받은 후 STEAM 수업을 계획하고 실행하였다. 수업 실행 전에 예비교사들이 제작한 모든 교수 학습 자료를 수집하였고, 수업을 관찰하면서 모든 수업 장면을 녹화하였으며, 수업 전후에 반구조화된 면담을 실시하고 녹음하였다. 예비교사의 STEAM 수업 시연 과정에서 나타나는 특징은 PCK와 PDC의 측면에서 중점적으로 분석하였고, 어려움과 교육요구, STEAM 교육에 대한 견해도 조사하였다. 연구 결과, 예비교사들은 STEAM 교육의 목표와 특징을 수업에 충분히 반영하려고 노력하였고, 인터넷으로 검색되는 교수 학습 자료나 창의적인 내용을 배치하여 수업 자료를 구성하는 것으로 나타났다. 예비교사들이 가장 어렵다고 느낀 것은 STEAM 수업의 주제를 선정하는 것이었다. 또한 자신의 수업에 만족한 1명의 예비교사는 STEAM 교육에 대해 긍정적 생각을 갖고 있는 반면, 나머지 2명의 예비교사는 학교 현장에서 STEAM 수업이 적용되기 어려울 것이라는 생각을 갖고 있는 것으로 나타났다. 학교 현장에서 STEAM 수업이 성공적으로 실행

되기 위해서는, 예비교사를 위한 워크숍에서 수업을 효과적으로 진행할 수 있는 대상 학년과 그에 맞는 주제, 수업 자료 제작 방법, 수업 실행 시 주의할 점 등에 대한 구체적 정보를 안내할 필요가 있다. 또한 워크숍은 예비교사가 구성주의 학습 이론을 접한 후에 진행하고, 워크숍에서 예비교사가 성공적인 STEAM 수업을 경험하도록 하는 것이 효과적일 것이다.

**주제어:** 융합인재교육(STEAM), 예비교사, 교수학적 내용 지식(PCK), 교수 설계 능력

## References

- 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.
- Brown, M. (2002). *Teaching by design: Understanding the intersection between teacher practice and the design of curricular innovations*. (Doctoral dissertation). Northwestern University.
- Charmaz, K. (2000). Grounded theory: Objectivist and constructivist methods. In N. K. Denzin, & Y. S. Lincoln (Eds.), *Handbook of qualitative research* (2nd ed., pp. 509-535). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical content knowledge: An introduction and orientation. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge*. MA: Kluwer Academic Publishers.
- Geum, Y., & Bae, S. (2012). The recognition and needs of elementary school teachers about STEAM education. *Journal of Korean Institute of Industrial Education*, 37(2), 57-75.
- Han, J., Yoon, J., & Noh, T. (2008). The usefulness of coteaching as pre-service teachers education strategy. *The Journal of Korean Teacher Education*, 25(1), 117-136.
- Jonassen, D. H. (1991). Evaluating constructivistic learning. *Educational Technology*, 31(9), 28-33.
- Kagan, D. M. (1992). Professional growth among preservice and beginning teachers. *Review of Educational Research*, 62(2), 129-169.
- Kim, B., & Kim, J. (2013). Development of analysis framework for exploring PCK type in STEAM education. *Journal of Korean Technology Education Association*, 13(2), 63-85.
- Kim, D., Ko, D., Han, M., & Hong, S. (2014). The effects of science lessons applying STEAM education program on the creativity and interest levels of elementary students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(1), 43-54.
- Koo, E., & Park, Y. (2011). An analysis of the difficulties faced by new science teachers in secondary schools. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 31(2), 153-163.
- Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity (2012). *STEAM education that can be taken in hand (STEAM guidebook)*.
- Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity (2015). *Development direction of science curriculum*.
- Kwak, Y. (2002). Impacts and tasks of teacher education programs revealed by preservice teachers/students' intact beliefs. *Journal of Korean Earth Science Society*, 23(4), 309-324.
- Lee, J. (2015). *Development and application of PEIPE model for STEAM-based education*. (Doctoral dissertation). Kongju National University.
- Lee, J., Park, H., & Kim, J. (2013). Primary teachers' perception analysis on development and application of STEAM education program. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 32(1), 47-59.
- Lee, J., & Shin, Y. (2014). An analysis of elementary school teachers' difficulties in the STEAM class. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 33(3), 588-596.
- Lee, S., Oh, P., Kim, H., Lee, G., Kim, C., & Kim, H. (2009). A review of research perspectives on science teachers' pedagogical content knowledge and practical knowledge. *The Journal of Korean Teacher Education*, 26(1), 27-57.
- Lee, Y., & Lee, H. (2014). The effects of engineering design and scientific inquiry based STEAM education programs on the interest, self-efficacy and career choices of middle school students. *Journal of Research in Curriculum Instruction*, 18(3), 513-540.
- Lim, C.-H., & Oh, B.-J. (2015). Elementary pre-service teachers and in-service teachers' perceptions and demands on STEAM education. *Journal of Korean Society of Earth Science Education*, 8(1), 1-11.
- Ministry of Education, Science and Technology (2011). *Science curriculum*. No. 2011-361.
- Noh, H., & Paik, S. (2014). STEAM experienced teachers' perception of STEAM in secondary education. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 14(10), 375-402.
- Noh, S.-G. (2014). *The perception on STEAM program of the teachers who participated in the development of the program for gifted classes in primary schools*. *The Journal of Education*, 34(3), 45-63.
- Noh, T., Yang, C., Kim, Y., & Kang, H. (2012). A case study on the changes of beginning science-gifted education teachers' teaching professionalism through coteaching. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(4), 655-670.
- Oh, H. (2012). *An analysis of changes on the science teachers' stages of concern on STEM education and STEM-PCK*. (Doctoral dissertation). Kyungpook National University.
- Paik, S., Kim, J., Choi, S., Lee, Y., Choi, J., Yang, K., Jeong, K., Choi, J., Lee, S., Jeon, M., & Kim, K. (2012). *The development of curriculum for pre-service teachers of secondary school for STEAM education*. Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity. Report No. 2012-27.
- Pajares, M. F. (1992). Teachers beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, 62(3), 307-332.
- Park, J. (2004). A suggestion of cognitive model of scientific creativity (CMSC). *Journal of the Korean Association for Science Education*, 24(2), 375-386.
- Porter, A. C., Youngs, P., & Odden, A. (2001). Advances in teacher assessments and their uses. In V. Richardson (Ed.), *Handbook of research on teaching* (4th ed.). New York: Longman.
- Sherin, M. G., & Drake, C. (2009). Curriculum strategy framework: Investigating patterns in teachers' use of a reform-based elementary mathematics curriculum. *Journal of Curriculum Studies*, 41(4), 467-500.
- Shin, D., Kim, J., Kim, R., Lee, J., Lee, H., & Lee, J. (2012). Development of interdisciplinary teacher education programs. *Journal of Research in Curriculum Instruction*, 16(1), 371-398.
- Shin, Y., & Han, S., (2011). A study of the elementary school teachers' perception in STEAM education. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 30(4), 514-523.
- Shin, Y.-J., Han, S., Kim, H., & Ohn, J. (2012). *Development of curriculum in national university of education for STEAM education*. Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity. Report No. 2012-28.
- Son, Y. (2012). *Pre-service science teachers' perception of STEAM education and analysis of science and art STEAM class by pre-service science teachers*. *Biology Education*, 40(4), 475-493.
- Yang, C., Bae, Y., & Noh, T. (2013). Analysis of pre-service secondary science teachers' uses of curriculum materials in curriculum design. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(7), 1312-1328.
- Yang, M., Min, B., Son, Y., & Kim, D. (2012). Analyzing the difficulty that pre-service science teacher experiences in the middle school science class: Centered on the application of science class models and inquiry process elements. *Korean Journal of Teacher Education*, 28(2), 143-164.