

# 고등학교 융합과학(STEAM) 실험-실습 프로그램 개발과 과학 캠프 적용

윤마병\* · 홍재영  
전주대학교

## The Application of a Science Camp and the Development of Experiment and Practice Program Based on STEAM for High School Students

Mabyong Yoon\* · Jaeyoung Hong  
Jeonju University

**Abstract** : The purpose of this study was to introduce the development and application of STEAM education science camp program conducted in J university for high school students and to suggest the ideal class design method and procedures along with STEAM logics and viewpoints. The pre-service science teachers participated in the class developed teaching materials in accordance with STEAM education model and the teaching procedures and materials were modified and supplemented through the education specialist group's assessment and the actual class. The developed program was applied to the second-year students(N=45) of a science-focus school in Jeonju City and the first and second-year students(N=61) of 13 high schools in Jeonbuk province who participated in the 'STEAM experiment camp' during the summer vacation in 2012. After the class, the learners' average satisfaction level in the program content and activities was 4.02 point out of 5 point and the pre-service science teachers' average satisfaction level in the program and teaching-learning was 4.28 point. Therefore, the STEAM education program of this case study can be a model to the teachers who desire to plan the science-focus STEAM class and conduct it.

**keywords** : STEAM education, science camp program, pre-service science teacher, teaching materials

### I. 서론

최근 세계 경제의 패러다임은 지식 기반의 정보 경제를 넘어 디지털 경제, 창조 경제 시대로 탈바꿈하고 있다(Peters and Araya, 2010). 창조 경제 시대란 아이디어와 혁신, 창의성 등에 기반한 경제 체제를 의미한다. 즉, 개념과 과학, 기술 및 학문 간의 융합과 통섭을 통하여 서로 다른 이종 분야를 넘나들며 새롭고 유의미한 방법으로 문제를 해결하는 능력을 갖춘 인재 양성이 중요한 시대를

말한다(김왕동, 2011; HCCR, 2010). 앞으로의 시대는 복잡하고 다층적인 현안 이슈를 해결하는데 개별 지식만으로는 한계에 봉착하여 개념과 융합이 국가 발전의 핵심 원동력이며 새로운 경쟁력이 된다. 이에 불확실성과 융합의 미래 사회에 선제적으로 대응하기 위해서는 창의적 융합인재 양성이 필요하다는 것이다. 지난 10여년 동안 전 세계적 과학기술교육 개혁의 키워드에는 국가경쟁력을 위한 '창의성', '디자인' 과 더불어 '과학, 기술, 공학, 수학의 STEM 교육'이 포함되어 왔다(김진수,

\*교신저자 : 윤마병(mabyong@hanmail.net)

\*\*2012년 10월 19일 접수, 2012년 12월 19일 수정원고 접수, 2012년 12월 22일 채택

2007; 백윤수 등, 2011; 최유현 등, 2008; Sanders, 2009; Yakman, 2011). STEM은 미국 과학재단에서 과학, 기술, 공학, 수학을 총체적으로 일컫는 말로 국가 경쟁력의 ‘줄기 세포(STEM Cell)’라는 의미를 포함하고 있다(Bybee, 2012; NSF, 2005). 영국 정부에서도 21C 창의적 융합인재를 양성하기 위해 2002년부터 공교육과 접목하여 ‘크리에이티브 파트너십(CP)’ 프로그램을 추진 중이고 STEM 교육을 위한 정착에 노력하고 있다(Holman and Reiss, 2007). 우리나라에서도 ‘과학 기술과 예술의 융합’ 교육을 제시하고, STEM 교육에 예술(Arts)을 포함한 ‘융합인재교육(STEAM)’을 2011년 국정과제로 하며 창의적 융합인재 양성 강화를 추진하고 있다(교육과학기술부, 2010). 우리나라 STEM 교육 적용 방안을 소개하기 위해 김진수(2007)는 과학, 기술, 공학, 수학을 하나의 새로운 통합교육 방법으로 STEM 교육을 소개하면서, 최근 연구된 통합교육에 관한 연구나 보고서 등에 기초하여 미국의 STEM 교육 상황을 보고하였다. 우리나라 교육 환경에 적합한 STEM 프로그램의 개발에 도움이 될 수 있는 기본 모형을 완성하기 위해 문대영(2008)은 초·중등 학생에게 활용할 수 있는 STEM 교육 프로그램을 소개하고 사전 공학교육 프로그램 모형의 기본적인 개념을 정립하였다. 백윤수 등(2011)은 STEM에서 STEAM 교육으로의 발전 과정을 소개하고, 우리나라 교육과 사회 환경에 적합한 STEAM 교육으로 4C-STEAM 교육 모형을 제안하였다. 4C-STEAM 교육은 창의적 설계와 감성적 체험을 통해 과학기술과 관련된 다양한 분야의 융합적 지식, 과정, 본성에 대한 흥미와 이해를 높여 창의적이고 종합적으로 문제를 해결할 수 있는 교육이다.

유규선과 전오성(2011)은 “전주대학교 교수님과 함께 하는 공학교실” STEM 프로그램을 개발하여 운영하였다. 여기에서 운영된 STEM 교육 프로그램은 에너지 문제, 나노의 세계, 로봇의 세계, 태양에너지 등 최근 이슈가 되고 있는 주제들을 다루었다. 프로그램에 참여했던 학생들은 공학에 대한 편견을 해소할 수 있었고, 공학에 대한 전공 선택과 마인드 제고에 좋은 효과가 나타난 것으로 분

석되었다. 윤마병과 봉필훈(2011)은 2011년 여름 방학 동안 대학교 실험실에서 고등학교 과학 동아리반 학생들을 초청하여 ‘융합과학(STEAM) 실험 교실’을 운영하였다. 과학과 환경 등 융합과학적 소재를 주제로 운영되었는데, 학생들은 실험과 체험 중심의 프로그램에 많은 흥미와 관심을 보였고, 실험 참여도가 높았다. 조현준과 김종량(2011)은 한국지질자원연구원 창의적 체험활동 운영 사례를 보고하면서 창의적 지질 교육캠프(Creative Geo Educamp)를 소개했다. 개발된 지질관련 체험 프로그램을 교사 연수를 통해 타당도를 검사하였고, 지질분야에서 창의적 체험활동 지도에 활용할 수 있는 STEAM 교육 자료로 제시하였다. 실험과 관찰, 투어, 특강, 분임 토의 등 패키지로 구성되어 학생들이 캠프 형태의 STEAM 교육 사례를 제시했다. Fortus et al.(2005)은 설계기반 과학 교육 과정이 새로운 과학적 지식을 이용하고 설계적으로 문제해결기술을 배양할 수 있는지를 조사한 결과, 과학적 지식에서 유의미하게 향상되었음을 확인하였다. Sanders(2006)는 창의적 설계 과정에서 설계의 개방적·다양한 본성을 강조함으로써 학생들의 창의적 활동을 장려하며, 반성적 과정을 통해 학습하는 것이 중요함을 밝혔다. Apedoe, et al.(2012)은 설계 기반 STEM 교육으로 창의적 설계와 디자인 활동에서 효과적인 모둠 활동에 대하여 조사하였다. Mehalik, et al.(2008)은 과학 교과에서 설계 방식의 학습이 기존의 탐구 방식의 학습보다 더 큰 효과를 얻을 수 있는지를 조사하였는데 그 결과, 설계반의 학업 성취도는 탐구반 성취도의 두 배에 달하였다. 남학생의 경우에는 성취도 변화가 더욱 뚜렷하게 나타났다.

체험활동과 캠프는 교실이라는 제한적이고 폐쇄된 환경에서 벗어나 다양한 사회적, 문화적 맥락 속에서 학생들에게 구체적인 학습 경험을 제공할 수 있다(권치순 등, 2007). 교육 목적에 따라 과학 캠프는 속진과 심화, 실험과 실습, 재능 발견 및 진로 개발, 멘토링 등의 다양한 형태로 진행될 수 있다(Freeman, 2002). 교실 밖에서 이루어지는 체험활동은 교실에서 진행되는 정규 과학 수업에서 제공하지 못하는 색다른 학습 환경 및 경험을 제공

하며 교실에서 이루어지는 수업이 규칙적이고 구조화된 틀 속에서 설계된 수업이라면 캠프(체험활동)는 일정 기간 동안 보다 자유로우며, 특별한 목표를 갖는 수업으로 이루어질 수 있다. 단기간 동안 실시되는 과학 캠프는 청소년기의 학생들에게 동기 부여 및 도전감을 제공하며, 자신감을 가질 수 있는 좋은 기회를 제공한다. 학생들이 자신과 비슷한 인지적 필요와 관심을 가진 또래 친구들과 만나서 함께 지내며 서로 공감하고, 지지받을 수 있는 사회적 장이 제공됨으로써 과학에 대한 관심과 태도, 학생의 사회적, 정서적 발달에도 도움을 줄 수 있다는 것이다(Olszewski-Kubilius, 2003).

2009개정교육과정에서는 ‘창의적 체험활동’을 도입하여 창의성과 인성을 겸비한 ‘홀통한 전문가’으로 미래 지향적 융합인재 양성을 도모하고 있다(교육과학기술부, 2009). 즉 창의적 체험활동이 교과활동과 더불어 창의성과 인성 함양을 위한 핵심적인 교육 활동으로 수행되어야 하며 학생들의 수준과 여건에 맞는 수준별 또는 맞춤형 체험이 가능하도록 프로그램이 개발되어 운영되어야 한다는 것이다. 그러나 아직까지 STEAM 교육과 창의적 융합인재 양성에 대한 총론만 구성할 뿐, 구체적인 청사진이 부족한 실정으로 학생들이 학교 교육에서 배울 수 있는 STEAM 프로그램은 매우 부족한 실정이다(권난주와 안재홍, 2012; 이성희와 신동훈, 2012). 실제로 교사가 수업 현장에서 과학과 기술 등 교과 수업에서 STE(A)M 교육을 적용하고자 하여도, 어디서부터 어떻게 준비하고 시작해야 하는지 조차 안내가 되어 있지 않아서 수업하기가 어려운 실정에 있다(이소이와 노태천, 2011). 또한 STEAM 교육이라고 하여 과학 수업 시간에 수학과 기술, 예술을 무분별하게 통합하여 가르치는 것은 학생들의 수업 이해와 교사의 전문성 및 책무성을 저해할 수 있다. STEM 교육의 학교 수업 적용에 관한 교사의 인식과 요구에 관한 연구(이효녕 등, 2012)에서 과학과 기술, 수학 교사들 중에서 융합교육 경험이 있었던 교사는 8.4%에 불과하였고, 학교에서 융합교육의 적용이 어려운 이유로서 교사의 융합교육 수업 준비 시간과 전문성 부족, 융합교육 관련 교수-학습 자료의 부족, 교과 간 관

련성에 대한 연구 부족 등을 들고 있다. 또한 실험실과 연구 기자재 등 열악한 교육환경과 과학을 어렵고 재미없는 과목으로 인식하게 되는 이론 중심의 단편적인 교육으로 고등학교 자연계 선택이 줄어들고, 특정 분야 전공으로 우수 인재들이 대거 유출되는 등 이공계 기피와 이공계의 전문 인력 확보에 양적·질적 퇴화 우려가 커지고 있는 상황이다(김용훈, 2010; 조현준과 김종량, 2011). 이러한 상황에서는 창의성과 인성을 겸비한 융합인재 육성에 한계가 있으며 심화되어 가고 있는 이공계 기피 현상은 글로벌 리더 국가를 준비하는 우리에게 어려움으로 다가오고 있다.

이에 본 연구에서는 고등학생을 대상으로 J 대학교에서 실시한 과학 캠프의 STEAM 교육 프로그램을 소개하여 과학 중심 STEAM 수업을 계획하여 실행하고자 하는 교사들에게 실질적인 도움이 될 수 있도록 한다. 또한 STEAM 교육 프로그램을 개발할 때 어떤 논리와 관점, 절차적 과정으로 수업을 설계하고 실행하여야 할 것인가와 융합교육의 방법론적 측면에서 STEAM 교육을 활성화할 수 있는 방안을 제시하였다.

## II. 연구 내용 및 방법

### 1. 연구 대상

본 연구에서는 사범대학 3, 4학년 재학생과 대학원생 등 16명의 예비과학교사들이 고등학생을 대상으로 한 과학 캠프에서 수업할 STEAM 교육 프로그램을 개발하였다. 예비 수업과 교육 전문가의 타당성 검증을 통해 프로그램을 수정 보완하여 고등학교 1, 2학년 학생들에게 과학 캠프를 통해 적용하였다. 7개 주제의 실험-실습 프로그램이 수업에 적용되었고, 5개의 STEAM 교육 특강 중 학생들이 2개를 선택하여 청강하는 수업이 진행되었다. 수업은 전북 지역 14개 고등학교 학생 총 106명을 대상으로 하였고, 2회에 걸쳐 각 2일(16시간)간 전주시에 위치한 J 대학교 강의실 및 실험실에서

이루어졌으며 이들을 대상으로 설문 조사를 실시하였다.

## 2. 자료수집 및 분석

개발된 STEAM 교육 수업자료는 과학교육 전문가(교수) 6명의 평가를 통해 수정-보완하여 완성하였다. 이 프로그램은 예비 과학 교사 15명이 주체별로 3명씩 팀을 이루어 팀티칭으로 예비 수업에 적용하였고, 예비 실험-실습과 수업 시연, 과학교육 전문가의 타당도 검증 등을 통해 수업자료를 개선, 보완하였다. 실제 고등학생을 대상으로 한 수업은 예비 수업과 전문가 집단으로부터 타당성 검증을 통해 개선된 수업자료를 활용하였다. STEAM 교육 프로그램의 적용 결과를 분석하기 위하여 실험-실습 보고서와 산출물, 수업 과정의 일화적 관찰, 설문지 등으로 자료를 수집하였다. 프로그램에 대한 만족도 인식은 양적 분석을 하고, 개방형 질문의 응답은 3차례에 걸쳐 응답 내용을 분류한 후, 분류한 응답 내용에 대한 빈도를 분석하였다.

설문 대상은 2012년 7월 28일부터 8월 4일까지 총 2회에 걸쳐 ‘고교 융합과학(STEAM) 실험 교실’에 참가한 전체 학생 106명을 대상으로 조사하였다. 총 102매의 설문지가 회수되었고, 데이터 클리닝을 통해 응답이 불성실하거나 신뢰성이 부족하다고 판단된 설문지 3매를 제외한 99매(97.0%)를 분석에 사용하였다. 예비과학교사에 대한 설문지는 수업에 참여한 15명 중 과학교육을 전공하지 않는 환경학과 대학원생(3명) 설문지는 제외하고 12매를 회수하여 분석하였다. 자료 분석은 Windows SPSS 18.0 통계 프로그램을 사용하였다.

## 3. 검사도구

본 수업에서 활용된 학습 교재와 수업지도안, 수업자료 등의 이해도, 만족도, 흥미도, 수월성 등에 중점을 두어 설문지를 구성하여 학습자와 수업에 참여했던 예비 과학 교사로부터 의견을 수렴하였

고, 과학교육 및 STEAM 교육 전문가 총 10인에게 타당도 검증을 실시하였다. 타당도 평가를 위한 교육 전문가 구성은 <표 1>과 같다.

표 1. 개발 프로그램의 타당도 검증을 위한 교육 전문가 집단 구성

구분	구성 내용
교육 전문가 (N=10)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과학교육 분야 교수 4명(STEAM 교육 관련 연구 경험)</li> <li>• 고등학교 과학교사 4명(한국과학창의재단 STEAM 교사연구회 회원)</li> <li>• STEAM 교육 관련 논문 실적 연구자 2명</li> </ul>

개발 프로그램의 타당성 검토를 위해 STEAM 교육 프로그램의 개발 방향 및 목표, 프로그램 내용 및 구성, 시간 배당, 교수-학습 방법, 교재 등을 포함하여 <표 2>와 같이 총 30개 문항으로 검사도구를 구성하여 교육 전문가로부터 타당도를 검증 받았다.

표 2. 개발 프로그램 타당도 검증을 위한 검사도구 구성 항목

영역	항목	문항 수
윤리, 안전	윤리성, 안전 준수, 저작권	3
수업 내용	개발 방향 및 목표, 내용 선결과 구성의 타당성, 적절성, 계열성, 무오류성	8
교수-학습	시간 배당, 방법과 과정의 타당성, 동기 유발, 실험-실습의 적절성	8
평가	평가의 타당성, 적정성	3
교재 및 프리젠테이션 자료	교재(학생용, 교사용), PPT, Prezi 자료 활용성, 자료의 신뢰성, 디자인 적절성, 편집의 무오류성, 사용 편리성, 교수-학습 지원 가능	8

학습자의 프로그램 참여 만족도 조사를 위한 검사 도구 문항 구성은 <표 3>과 같다. 설문지 질문 문항은 4개 영역에 대하여 Likert 척도를 통한 만족도 인식(11문항)을 조사하였고, 개방형

질문(6문항)으로 구성하였다. Likert 5단계 척도는 ‘매우 그렇다(5점)’, ‘그렇다(4점)’, ‘보통이다(3점)’, ‘아니다(2점)’, ‘전혀 아니다(1점)’로 평가하였다.

표 3. 프로그램 만족도 검사도구 구성 항목

영역	항목	문항 수
환경	교실과 수업 환경, 교재	2
내용	흥미와 의사소통, 시간 적정성, 유용성, 실험-실습 내용	4
방법	교수법, 준비도, 목표 달성	3
평가	평가 객관성, 유익성, 특강	2
개방형 질문	추천이유, 만족한 이유, 제안 사항	6

#### 4. STEAM 교육 실험-실습 프로그램 개발 방법

실험-실습 프로그램은 실험과 실습을 통해 과학의 이론과 탐구 과정, 탐구 결과 등을 수업할 수 있도록 개발된 교육 프로그램이다. 보통 교육 프로그램은 학교에서 교육의 목표를 달성하기 위하여 학습자에게 제공되는 인지적, 정의적, 신체 기능적 경험의 총합을 뜻한다. 프로그램에는 교육 목표와 교육 내용, 교수-학습 방법, 학습 활동, 평가 등의 과정이 포함된다. 교육 프로그램은 교육과정에 비하여 운영의 과정에서 유연성과 융통성이 많고, 비교적 단시간에 이수할 수 있는 점과 다양한 학습 활동이 가능하다는 측면에서 강점이 있다. 교육 프로그램 개발을 위한 모형은 커뮤니케이션의 장치로서 교수-학습 과정을 안내하는 계획서이며 수업을 위한 처방적인 알고리즘으로 사용할 수 있다.

본 연구에서는 우리나라 사회와 교육 환경에 적합한 STEAM 교육으로 제안된 4C-STEAM 모형을 프로그램 개발의 기반으로 하였다(백운수 등, 2011). 4C-STEAM 교육에서 추구하는 핵심 교육 역량(4C)은 융합적 지식 및 개념 형성 (Convergence), 창의성 (Creativity), 소통 (Communication), 배려 (Caring)이다. 4C-STEAM

교육은 창의적 설계와 감성적 체험을 통해 과학기술과 관련된 다양한 분야의 융합적 지식, 과정, 본성에 대한 흥미와 이해를 높여 창의적이고 종합적으로 문제를 해결할 수 있는 융합적 소양(STEAM Literacy)을 갖춘 인재를 양성하는 교육이다. 창의적 설계는 학생이 어떤 상황에서 창의성, 효율성, 경제성, 심미성을 발현하여 최적의 방안을 찾아 문제를 해결하는 종합적인 과정을 의미하며 인간의 가치 추구를 위한 과학적 문제해결 또는 기술적 설계 활동이라는 ‘과학(공학)과 예술’의 개념이 포함되는 문제해결의 과정이다(최유현 등, 2008). 또한 창의적 설계는 실험-실습과 설계의 과정에서 개방성과 다양한 본성을 강조함으로써 학생들의 창의적 활동을 장려하며, 반성적 과정을 통해 학습하는 것을 중요시 한다(Sanders, 2006). 과학 탐구와 설계의 협력적 본성에 기초하여 학생들의 ‘hands-on’과 ‘hands-in’을 융합한 협동학습 활동(Kolodner, 2002)을 통하여 창의성 뿐만 아니라, 소통과 배려를 추구한다. 즉, 본 연구에서 개발하고자 하는 프로그램에서는 교사와 지식 중심의 과학(Ears-on, Eyes on)에서 학습자가 스스로 활동하여 즐거움을 찾고 실생활에 응용할 수 있는 과학(Hands-on, Minds-on)으로 발전시키며, 궁극적으로 개념 기반의 융합적 사고와 창조적 아이디어를 산출(Hearts-on)할 수 있도록 했다. 학생들은 본 프로그램을 통해 과학에 대한 효능감과 자신감, 과학에 대한 태도와 흥미를 증진시킴으로서 과학학습에 동기유발을 갖을 수 있을 것이다. 감성적 체험은 학생이 학습에 대한 의욕과 긍정적 감정을 느끼고 성공의 경험을 하는 것으로 학생이 학습 과정에서 학습에 대한 흥미와 자신감, 지적 만족감, 성취감 등을 느껴 학습에 대한 동기유발과 열정, 몰입의 의지가 생기고 자기주도적 학습을 가능하게 하는 모든 활동과 경험을 의미한다. 학습자의 학습에 영향을 미치는 정의적 특성은 지적 특성에 비하여 후천적이고 학습에 의하여 변화 가능성이 크기 때문에 최근에 다시 더욱 강조되고 있다(Marsh and Redmayne, 1994). 감성적 체험은 학습 주제 또는 상황을 학습자 자신의 것으로 문제화하고, 학습주제 및 상황을 무관심과 단절이 아닌 관심의 범

위로 포함하고 실질적이며 구체적 관계를 설정하는 것을 포함한다. 지금까지 교육현장에서 당연하다고 여겨서 외면하거나 배제하였던 요소들을 교육의 장으로 끌어들여 적극적으로 학생들의 인성교육을 포함하고자 하는 노력에서 비롯되었다. 오늘날의 창의성과 가치는 긍정적인 자아와 집단 속의 협동과 경쟁 과정을 거치면서 발휘되므로 학습과정에서 감성적 체험과 선순환의 경험에 기초하여 인지적 성장과 정의적 성장이 유기적으로 이루어지도록 해야 한다(문용린 등, 2010).

가. STEAM 교육 교수-학습 단계

STEAM 교육 프로그램의 교수-학습 단계는 백운수 등(2012)의 연구를 토대로 4단계 과정으로

구성하였다. 수업의 도입 단계에서는 학습 동기와 호기심을 유발할 수 있도록 하고, 수업을 통해 자연스러운 융합이 이루어질 수 있는 상황을 제시한다. 창의적 설계 단계에서는 교과 내용과 STEAM 요소를 찾아 스스로 창의적인 문제 해결 방법을 찾고 실행하며, 학생 스스로 학습 과제를 자기 문제화하여 협력학습을 통해 다양한 산출물을 만들어 내는 과정이다. 감성적 체험 단계에서는 학생들이 재미와 몰입, 성공의 기쁨을 통해 자기효능감을 높이고 새로운 문제에 도전하고자 하는 열정이 생기게 한다. 새로운 도전 단계에서는 성공의 자신감과 도전 의식을 갖고 새로운 문제에 도전할 수 있도록 한다. <그림 1>은 백운수 등(2012)이 제안한 4단계로 이루어진 STEAM 교육 교수-학습 과정을 기초로하여 교사와 학생의 역할, 각 수업 단계에서

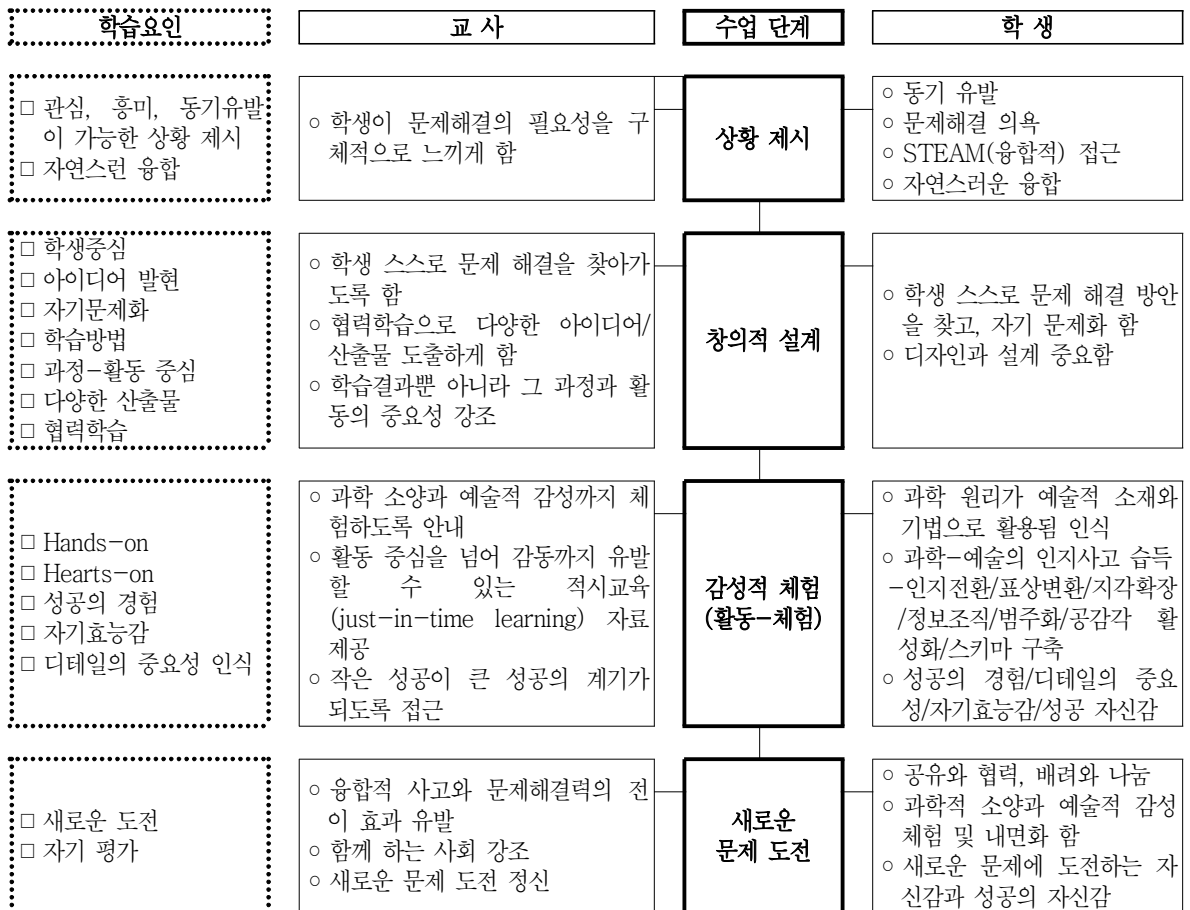


그림 1. STEAM 교육 교수-학습 과정 주요 흐름도

학습되어야 할 STEAM 요소에 대하여 정리하였다.

#### 나. 프로그램에 포함된 STEAM 교육 요소

본 프로그램은 고등학교 과학 교과와 실험-실습 주제를 STEAM 교육의 요소와 내용으로 융합하고 연계하여 학습의 효과를 극대화하고, 창의적인 문제해결 능력과 통합적 사고력, 인성을 교육할 수 있도록 했다. 과학 교과에서 다루는 실험-실습 내용에서 단순히 과학의 원리와 법칙, 지식만을 학습하는 것이 아니라, 공학과 기술, 수학, 예술의 융합적인 접근을 통해 창의적인 설계와 디자인, 확산적 사고, 상상력, 시각화, 유추적 사고, 분석적 사고, 비판적 사고 등을 배울 수 있도록 했다(김성원 등, 2012; Yakman, 2011). 본 연구에서 개발한 융합 과학 교육 프로그램에서는 다음과 같은 STEAM 교육 요소를 포함한다.

첫째, 과학(Science)은 보편적인 진리나 법칙의 발견을 목적으로 한 체계적인 지식으로서 자연 세계의 특성과 원리를 발견하고 탐구하는 학문이다(국립국어원, 1999). 고등학교 과학에서 물리, 화학, 생물, 지구과학, 환경 등 5개 분야의 실험-실습 주제를 유기적으로 통합하여 융합과학적인 STEAM 교육으로 접근하였다. 둘째, 기술(Technology)은 과학 이론을 실제로 적용하여 자연의 사물을 인간 생활에 유용하도록 가공하는 수단으로서 변환하여 만드는데 필요한 방법 및 시스템, 과정을 다루는 학문이다. 프로그램에서는 학생들이 창의적이며 기술적인 문제해결과 과학적 탐구 능력이 향상되도록 구안하여 직접 체험하고 창의와 인성을 교육할 수 있도록 구성한다. 학생들은 실험과 실습 과정에서 사용되는 해부 도구, 태양에너지 실험 기기, 공기대포의 설계와 디자인 등을 통해 원리와 적용된 기술을 실제적으로 이해할 수 있다. 셋째, 공학(Engineering)은 공업의 이론, 기술, 생산 따위를 체계적으로 연구하는 학문으로서 과학과 기술을 실제 상황에 적용하고 응용하는 것이다. 즉 공학은 과학 원리와 법칙, 기술적 수단을 총 동원하여 인간이 직면하고 있는 현실적인 문제를 실제로 풀어가는 통합적 학문으로서 문제 해결의 최종

단계라고 할 수 있다(이창훈, 2007). 실험-실습 프로그램에서는 비구조화된 실험 상황에서 가설을 설정하고, 실험을 설계하며, 요구의 조사와 모델링, 시작품 제작, 테스트와 피드백 등 공학의 STEAM 교육 요소를 경험할 수 있다. 넷째, 예술(Arts)은 특별한 재료, 기교, 양식 따위로 감상의 대상이 되는 아름다움을 표현하려는 인간의 활동 및 그 작품을 말한다. 과학적 창의성을 유발하는 사고방식(생각도구) 측면에서 과학과 예술은 상호 유사한 특징 갖고 있다(Root-Bernstein, 1999). Daniel Pink(2006)는 예술 교육을 통한 타인과의 조화로 온 창조적 인성을 강조하면서 미래 사회에 적합한 인재가 갖추어야 할 기본 역량으로서 디자인과 스토리텔링, 조화, 공감, 놀이, 의미를 제시하고 있다. 예술 활동은 학생들이 자신감, 소속감을 배우고 정서 공유를 통해 공동체 의식을 고취할 뿐만 아니라, 학교나 교육기관 등에서 학습 참여에도 훨씬 적극적으로 되도록 도울 수 있다. 이 프로그램에서는 동물의 해부도와 전기 회로도, 창의적 제작품(공기대포, 무기 안료로 만드는 물감) 등을 만드는 과정에서 디자인과 조화, 공감, 놀이, 의미를 찾을 수 있고, 그 과정을 스토리텔링할 수 있게 하였다. 또한 실험-실습 과정에서 예술을 기반으로 하는 활동에 학생들이 참여함으로써 ‘인지학습’에 지치고, 학습 위기에 처한 학생들이 창의와 인성을 배울 수 있는 대안이 될 수 있다(Bamford, 2006). 다섯째, 수학(Mathematics)은 수량 및 공간의 성질에 관하여 연구하는 학문으로 숫자와 기호를 사용하여 도형과 변화 등을 다루며 계산과 측정, 추론, 논리, 공리 등을 강조한다. 수학은 모든 학문의 기초가 되며, 실험-실습 프로그램에서 실험 기기와 산출물 등의 요소와 작동 원리를 기호화하고 상황과 문제를 간결한 수학적 표현으로 정리할 수 있다.

### Ⅲ. 연구 결과 및 논의

#### 1. 고등학교 과학 중심 STEAM 교육 프로그램

본 연구에서 개발한 고등학교 융합과학 교과와 실험-실습 STEAM 교육 프로그램은 학생용 학습 자료와 교사용 수업자료(수업지도안, 프리젠테이션 자료, 동영상, 실험 안내 매뉴얼, 평가자료 등)로 구성된다. 학생용 학습자료는 교재 형태로 학생들에게 제공되었으며 기본적인 구성 체계는 주제별로

‘상황제시-창의적 설계-감성적 체험-새로운 도전-정리 및 평가’의 순으로 구조화 하였다. 개발된 프로그램의 개요는 <표 4>와 같다.

본 프로그램은 고등학생들이 구체적으로 직접 체험하며 실험-실습을 할 수 있는 융합과학 주제로 구성되었다. 즉 학생들은 실험-실습 과정에서 과학

**표 4.** 융합과학 실험-실습 STEAM 교육 프로그램의 개요

구분	내용	비고
교육 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>고등학생을 대상으로 실제 체험하고 실험-실습을 할 수 있는 융합과학 주제로 기술과 공학, 예술, 수학의 STEAM 교육 요소를 창의적 설계와 감성적 체험을 통해 학습하고 새로운 도전을 시도할 수 있게 함</li> <li>고등학생들이 과학교과를 중심으로 STEAM 교육에 접근함으로써 융합적 사고와 문제해결 능력을 키우고, 이공계로의 진로 탐색에 기여하도록 함</li> </ul>	
교육 대상	<ul style="list-style-type: none"> <li>융합과학과 실험-실습에 관심과 흥미가 있는 고등학교 1, 2학년 학생</li> </ul>	
수업 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>2일(16시간) 실험 교실(과학 캠프)</li> <li>다양한 창의적 체험활동 또는 과학 동아리 활동 프로그램으로 적용 가능</li> </ul>	
프로그램 개발 방향	<ul style="list-style-type: none"> <li>과학 실험-실습을 통해 창의적인 설계와 감성적 체험을 할 수 있는 STEAM 교육 프로그램으로 개발</li> <li>융합과학 STEAM 교육의 학습 기회를 통해 창의적이며 기술적인 문제해결능력, 과학적 탐구능력 향상과 창의, 인성을 교육할 수 있도록 구성</li> <li>과학 원리가 예술적 소재와 기법으로 활용을 인식하고, 예술적 상상력과 감성, 시각화 원리, 창의적인 모델 등이 과학 발전에 기여함을 알 수 있음. 비구조화된 실험 상황에서 가설을 설정하고, 실험을 설계하며, 요구의 조사와 모델링, 시제품 제작, 테스트와 피드백 등 다양한 STEAM 교육 요소 경험</li> <li>동물의 해부도와 전기 회로도, 창의적 제작품(공기 대포, 무기 안료로 만드는 물감) 등을 만드는 과정에서 디자인과 조화, 공감, 놀이, 의미를 찾을 수 있고 그 과정을 스토리텔링할 수 있음</li> <li>실험 과정에서 융합과학과 예술을 기반으로 하는 활동으로 ‘인지학습’에 지치고, 학습 위기에 처한 학생들이 학습의 재미를 통해 창의, 인성을 배울 수 있음</li> <li>실험 기기와 산출물 등의 요소와 작동 원리를 기호화하고 상황과 문제를 간결한 수학적 표현으로 정리할 수 있음</li> </ul>	
프로그램 내용	<p>&lt;실험-실습 주제&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>힘의 합성과 일상생활</li> <li>전기회로 설계 및 미지 저항 측정</li> <li>무기 안료 물감제작과 과학상상화 (모든 것은 흔적을 남긴다)</li> <li>어류의 해부와 관찰</li> <li>태양에너지 관측과 기후변화</li> <li>수질오염 측정과 환경</li> <li>공기대포와 기압</li> </ul>	<p>&lt;특강 주제&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>창의적 융합인재와 STEAM 교육</li> <li>미워도 고와도 화학 없인 못 살아</li> <li>생활 속의 과학과 나노 이야기</li> <li>기후변화와 신재생 에너지</li> <li>생명의 이해</li> </ul>
수업 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>상황제시-창의적 설계-감성적 체험-새로운 도전</li> </ul>	
학습 형태	<ul style="list-style-type: none"> <li>2~5인(1조) 실험-실습 활동 및 프로젝트 학습</li> </ul>	



과 기술, 공학, 수학 및 예술의 STEAM 교육 요소를 창의적 설계와 감성적 체험으로 학습하고 새로운 도전을 할 수 있게 하였다. 비구조화된 실험 상황에서 학생들은 가설을 설정하고, 실험을 설계하며, 요구의 조사와 모델링, 시작품 제작, 테스트와 피드백 등을 통해 다양한 STEAM 교육 요소를 경험할 수 있게 하였다. 특히 어류 해부를 통한 감성적 체험과 전기 회로도의 창의적 설계, 창의적 제작품(공기 대포, 무기 안료로 만드는 물감) 등을 만드는 과정에서 디자인과 조화, 공감, 놀이, 의미를 찾을 수 있고 그 과정을 동료 학생 간에 서로 스토리텔링할 수 있도록 했다. 또한 실험-실습 과정에서 융합과학과 예술을 기반으로 하는 활동을 강조함으로써 ‘인지학습’에 지치고, 학습 위기에 처한 학생들이 학습의 재미를 느낄 수 있는 기회를 제공할 수 있다.

본 연구에서 개발한 프로그램은 4개 주제의 실

험-실습 활동과 창의적인 설계-제작-체험이 가능한 프로젝트 활동(3개), STEAM에 관한 특강 등 총 10차시 16시간으로 구성되어 있으며 주요 교육 내용은 <표 5>와 같다. 자발적으로 캠프 활동에 참가한 학생들에게 짧은 시간동안 과학의 각 영역을 다양하게 경험할 수 있는 기회를 제공하고자 4개 분야의 실험-실습 내용을 선정하였다. 창의적인 설계와 디자인, 감성적인 체험으로 이루어진 프로젝트 활동은 학생들이 과학 활동의 재미와 탐구과정의 희열까지도 느끼면서 STEAM 요소를 경험할 수 있도록 하고자 했다. 특강 프로그램은 5명의 교수들이 각 전공 분야에서 융합과학의 구체적인 사례를 제시했으며 융합교육에 관한 전체적인 특강 교육으로 구성되었다. 학생들은 융합교육에 대한 특강을 수강 한 후, 관심 전공과학에 대한 특강을 1개 선택하여 수강하였다.

표 5. 융합과학 실험-실습 STEAM 프로그램 교육 내용

대영역	차시	중영역	학습 내용	STEAM 중심 교과	수업 시간	
안내	1	오리엔테이션	• 수업 안내 및 팀 구성	-	1.0	
	실험-실습 활동	2	물리와 STEAM	• 힘의 합성과 생활 적용	물리 기술	1.5
		3	화학 STEAM	• 무기안료물감 제작과 과학상상화	화학 예술	1.5
		4	지구과학 STEAM	• 태양에너지 관측과 기후변화	지구과학 공학	1.5
		5	환경과학 STEAM	• 수질오염 측정과 환경	기술 공학(환경)	1.5
프로젝트 활동	6	창의적 설계와 디자인	• 전기회로 설계 및 미지 저항 측정	물리, 공학 수학, 예술	2.0	
	7	창의적 제작 활동	• 공기대포 제작	물리, 기술 공학, 예술	2.0	
	8	감성적 체험 활동	• 어류의 해부와 관찰	생물, 기술 예술, 수학	2.0	
특강	9	STEAM 특강	• 특강(2강좌 선택) • STEAM 교육, 나노, 화학, 생명 기후변화와 신재생에너지	STEAM	2.0	
평가	10	정리와 평가	• 프로그램 운영 결과 평가, 토의 • 소감 발표 및 설문조사, 수료	공감, 소통	1.0	
총 운영 시간					16	

## 2. 프로그램 검증

개발한 STEAM 교육 프로그램에 대한 교육 전문가에 의한 검증은 내용 타당도 비율(CVR) 값을 적용하여 분석하였다. 여기서 ‘타당하다’고 판단한 경우는 Likert 5단계 척도에서 5점과 4점에 응답했을 때이다. 본 연구에서 개발한 STEAM 교육 프로그램에 대한 내용 타당도 검증 결과는 <표 6>과 같다. 타당도가 어느 정도 수준이어야 적합한가에 대한 일치된 견해는 없지만 널리 받아들여지고 있는 타당도 지수는 0.8 이상으로 볼 때(황정규, 1998; Doran, 1980), 본 프로그램의 타당도는 모두 0.80 이상으로서 프로그램의 전반적인 내용에 대해 모두 타당하다고 인식하고 있는 것으로 나타났다.

과학교육 전문가 집단의 타당도 평가 결과를 반영하고, 수업을 진행할 예비교사들이 예비 수업을 진행하며 토의된 결과를 바탕으로 STEAM 교육 프로그램을 다음과 같이 수정·보완하였다. 첫째, 교재에서 사용된 용어와 과학 개념, 교육 내용을 고등학생 수준에 적합하도록 더욱 구체적이며 쉬운 개념으로 수정하였고, 교재에서 용어 및 개념 설명을 따로 정리하여 제시하였다. 둘째, 과다한 STEAM 교육 요소를 적용하다보니 학습 목표가 분산되는 경향이 있어서 핵심적인 STEAM 요소에 집중할 수 있도록 개선하였다. 셋째, 실제 실험-실습 수업시간의 배당이 적절하지 못하여 내용과 범위, 실험-실습 진행 과정 등을 수정, 보완하였다. 넷째, ‘읽기 자료’ 코너를 통하여 실생활과 관련된 사례와 다양한 그림, 관련 참고문헌 및 자료 등을 제공하여

표 6. 개발 프로그램의 내용 타당도 결과 (N=10)

항목	M	SD	CVR
•교육의 윤리성 및 안전 준수	4.80	0.36	1.00
•교육 방향 및 목표의 적절성	4.60	0.48	1.00
•교육 내용 및 구성의 적절성, 교과간 연계성	4.30	0.52	0.90
•시간 배당의 적절성, 평가의 타당성과 적정성	4.20	0.56	0.80
•교재 및 자료의 활용성과 신뢰성	4.60	0.46	1.00

표 7. 프로그램 참가 학습자 만족도 조사 결과 (N=99)

문항	M	SD
· 전체적으로 프로그램 내용이 유익했다	4.17	0.63
· 이번 캠프를 통하여 과학실험과 융합과학(STEAM) 이해에 도움이 되었다	3.91	0.66
· 교재는 읽기 쉽고, 잘 이해할 수 있게 되어 있다.	3.53	0.84
· 나는 수업(실험-실습 과정) 내용을 이해하기 쉬웠다	4.09	0.68
· 캠프 기간 중 실험-실습 활동 시간이 충분하였다	3.92	0.83
· 수업 내용이 참신하고 새로웠다	4.04	0.87
· 나는 수업내용 중 융합과학의 실험-실습 내용이 유익했다고 생각한다	4.32	0.67
· 지도교사의 충분한 설명과 안내로 수업이 진행되었다(수업 만족)	4.39	0.68
· 스스로 생각할 수 있고 주도적(조별)인 수업이 되도록 진행되었다	4.05	0.70
· 특강이 STEAM 교육을 전반적으로 이해하는데 도움이 되었다.	3.74	0.79
각 문항에 대한 평균값	4.02	-

학생들의 관심과 흥미를 유발하였고, 스스로 더욱 심화된 학습을 할 수 있도록 하였다.

### 3. 수업 적용 결과 및 논의

본 연구에서 개발한 프로그램을 활용한 과학 캠프에 참여했던 학습자들을 대상으로 각 문항에 대한 만족도 인식을 조사한 결과, 전체 문항에 대하여 평균은 4.02점이다(표 7). 모든 검사 문항에서 Likert 척도 점수 평균이 3.53점 이상으로 프로그램의 유용성과 흥미도, 운영시간, 학습 내용, 실험-실습 수업 등에서 대체로 만족하였음을 알 수 있다. 특히 STEAM 수업에 대한 만족도(4.39)와 실험-실습 내용의 유익성(4.32), STEAM 프로그램의 전반적인 운영에 대한 만족도(4.17)가 높았다. 상대적으로 교재에 대한 이해도(3.53)와 특강 만족도(3.74)는 전체 프로그램 만족도의 평균(4.02)보다 낮게 나타났다. 학생 수준과 선행 학습 상태를 고려하고, 쉬운 용어의 사용과 구체적 사례를 적용한 설명 등으로 교재를 더욱 쉽게 구성해야 하며, 특강 내용과 강의 방법도 고등학생의 수준에 맞추어 학생들이 STEAM 교육 내용을 쉽게 접근

할 수 있도록 제공되어야 한다.

STEAM 교육 프로그램의 각 실험-실습 주제에 대하여 가장 만족했던 프로그램과 그 이유를 묻는 개방형 문항에 대한 주요 응답 결과는 <표 8>과 같다. 생물 중심의 감성적 체험 STEAM 교육 프로그램이었던 ‘어류의 해부와 관찰’ 프로젝트에 대한 만족도가 가장 높았다(응답자의 42.8%). 이 프로젝트는 2인 1조를 이루어 붕어를 직접 해부하며 감성적 체험을 통해 과학과 기술, 수학, 예술의 STEAM 교육을 실현하도록 구성되었다. 어류의 내부 구조를 그림으로 표현하고(예술), 해부 도구를 창의적으로 응용하고 활용하며(기술), 비늘 분포와 부레 부피의 비례 관계(수학) 등을 학생들이 자기 주도적으로 실험-실습하면서 충분한 의사소통을 하는 수업이다. 가장 좋았던 주제를 선택한 주요 의견으로는 흥미롭고 재미있었다(59명), 접해보지 못했던 STEAM 내용이었다(43명), 지도교사의 열정(29명)과 시행착오의 과정(22명), 학생 과학자가 된 느낌이 들었다(14명)는 의견이 제시되었다. ‘수업을 통해 STEAM 교육을 잘 이해할 수 있었다(8명)’ 의견은 적은 편으로서 아직 고등학생들의 STEAM 교육에 대한 이해가 적고, 수업 내용이

표 8. 가장 만족했던 실험-실습 프로그램에 대한 응답 분석(중복 응답 포함)

문항	응답수	백분율(%)
· 어류의 해부와 관찰(감성적 체험)	53	42.8
· 무기안료 물감 제작과 과학상상화(모든 것은 흔적을 남긴다)	27	21.8
· 전기 회로 설계 및 미지 저항 측정(창의적 설계와 디자인)	20	16.2
· 태양에너지 관측과 기후변화(가설설정, 탐구 및 예측)	15	12.2
· 수질오염 측정과 환경	10	8.1

프로그램에 만족한 주요 이유(중복 응답자 수)

- 매우 재미있고 흥미가 있었다(59)
- 학교에서 할 수 없었던 STEAM 교육의 실험과 실습, 체험활동이었다(43)
- 지도 선생님들이 매우 열정적이었다(29)
- 시행착오를 겪는 과정에서 더 많은 것을 배울 수 있는 기회였다(22)
- 교과서에서 보았던 것을 실험-실습 하는 것이 좋았다(19)
- 학생 과학자가 된 느낌이었다(14)
- 이론과 수업을 통해 STEAM 교육을 쉽게 이해할 수 있었다(8)
- 팀원 간의 친목하고 의사소통할 수 있었다(4)

다소 어려웠음을 알 수 있다. 학생들이 실험-실습의 과정과 내용에 집중하다 보니 실험의 의도와 목적, STEAM 요소에 대한 개념 인지가 잘 안되었다. 지도교사가 STEAM 교육에 대한 개념 이해를 강조하고 보다 더 목적 있는 수업진행을 한다면 학습자들의 STEAM 교육에 대한 이해가 더욱 커질 수 있겠다.

STEAM 교육 프로그램을 개발하고, 또 수업에 참여했던 예비과학교사들에 대한 설문 조사 결과, 과학캠프와 수업에 대한 만족도(4.81)가 매우 높았다(표 9). 이는 수업을 하는 즐거움과 보람(4.63), 수업을 준비하고 노력하는 과정(4.45), 교수법을 경험할 수 있는 기회(4.45)를 가질 수 있었기 때문이다. 특히 예비과학교사들은 교재 개발과 수업을 통해 STEAM 교육에 대하여 더욱 잘 이해하게 되었고(4.27), 실험-실습을 통해 고등학교 융합과학의 STEAM 요소를 찾을 수 있었다(4.54). 그러나 실제 수업에서 계획했던 시간에 비해 지도 시간이 부족하였고(3.54), 교재의 내용과 이론을 학생들에게 이해시키는데 어려움이 있었다(3.81). 이번 과학캠프와 같은 기회가 다시 생긴다면 동료 예비과학교사들에게 추천하고 싶다는 의견이 대부분(4.09)으로 프로그램의 참여에 대한 만족도와 보람을 크게 느꼈다.

표 9. 수업을 실시한 예비과학교사의 만족도 검사 결과

문항	M	SD
· STEAM 교육 내용의 유익성	4.18	0.60
· STEAM 교육과 학생 이해	4.27	0.64
· 교재의 수업 내용 및 이론	3.81	1.07
· 교재와 수업의 실험-실습 내용	4.54	0.68
· 교수법 경험	4.45	0.68
· 강의 내용의 이해도	4.27	0.78
· 지도 시간 및 배당	3.54	0.93
· 흥미 유발과 수업의 즐거움	4.63	0.50
· 수업 참여의 만족도	4.81	0.40
· 수업 준비 및 노력	4.45	0.52
· 추천 여부	4.09	1.04
각 문항에 대한 평균값	4.28	-

캠프에 참가했던 학생들과 예비과학교사들의 개방형 응답과 면담, 수업과정에서 연구자가 관심을 갖고 있는 주제에 대해 선별하여 관찰하는 일화 관찰(anecdote observation) 방법으로 세 가지 주제를 갖고 학생들의 캠프 과정을 분석하였다.

첫째, STEAM 교육 프로그램을 실제 수업에 적용한 결과 학생들의 창의적 설계 능력의 활용과 변화의 증거를 찾았는가?

공기 대포를 제작하는 과정에서 어떻게 하면 가장 효율적으로 만들 수 있는가를 고민하면서 디자인하고 설계하여 제작하는 과정에서 팀원들 간의 협력과 아이디어 공유, 원리 탐구 등을 활발하게 진행하였다. 창의적으로 제작한 공기 대포로 조별 발사 게임을 하는 과정에서도 어떻게 하면 강하고 정확하게 발사되어 많은 양초 불을 꺼지게 할 수 있을지를 고민했다. 화학 수사대 탐구 과정에 관한 관심이 높았는데, 닌히드린은 왜 실온에서 반응하지 않는지를 궁금해 하며 스스로 지식과 정보를 탐색해 가는 학생이 있었다.

둘째, STEAM 교육 프로그램을 실제 수업에 적용한 결과 학생들의 감성적 체험의 경험 또는 새로운 도전의 의욕 등에 대한 변화의 증거를 찾았는가?

무기 안료를 이용하여 나만의 물감을 만들고, 스토리를 구안하여 그림으로 표현하는 과정에서 학생들이 자기 것을 만든다는 즐거움과 실험에의 몰입, 팀원들 간의 의사소통이 활발했다. 학생들은 평소 접하기 어려운 실험과 제작 활동을 통해 직접 손으로 다루고 체험하는(hands-on) 과정에서 실험의 재미와 과학탐구의 즐거움, 지적인 희열을 경험(hearts-on)하여 응용과 새로운 과제에 도전하는 모습을 보였다. 실험-실습에 대한 관심과 흥미, 호기심이 많았다. 붕어 해부 실험에서 붕어의 내부 구조를 그림으로 자세히 표현하고, 그 형태와 구조를 통해 기능과 역할을 추정하기도 했다.

셋째, 수업자료와 교재 구성, 수업의 운영 등에서 어려움이 발견되는가?

예비과학교사들은 실험 계획을 세우고 교재를 만들며 직접 수업을 하는 과정에서 STEAM 교육에 대한 이해 증진과 교수법을 경험하고 배우는 좋은 기회로 인식하면서 수업 참여에 대한 자부심과 의욕이 많았다. 그러나 수업시간 배당과 실험 시간 조절에 어려움을 겪었다. 특히 태양상수 실험에서는 각 반의 실험 시간 조절에 실패했다. 학생들은 교재의 내용을 이해하는데 어려움을 느꼈고, 내용 자체도 어렵게 생각했다. 특히 옴의 법칙과 미지 저항 측정과 같은 전기 현상에 대한 원리와 법칙을 어려워했다. 학생들은 실험-실습 중심의 STEAM 교육에 대한 관심과 호기심이 많아서 자발적이고 적극적인 수업 참여가 이루어졌다.

학생들은 전기 회로 설계와 미지 저항 측정, 공기 대포 제작 과정을 통해 가설 설정과 설계, 디자인 능력을 발휘할 수 있었고, 난히드린의 어떤 과학적 원리를 이용하여 과학수사에 활용할 수 있는지 등을 탐구하는 활동을 통해 창의적인 설계 능력의 활용 및 변화의 증거를 찾을 수 있었다. 무기 안료를 활용하여 다양한 나만의 물감을 만들고, 비밀 글씨와 과학 상상화를 그리는 과정에서 흥미와 관심, 재미를 느꼈으며 어류의 해부와 관찰, 그림으로 표현하기 등을 통한 감성적 체험의 감동과 새로운 과제에 대한 도전 의욕을 갖게 되었다. 그러나 교재에서 다루는 과학 내용을 학생들이 자기 스스로 이해하고 공부하는데 힘들어 했고, 예비과학교사들도 이 내용을 가르치는데 어려움을 겪었다.

#### IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 과학 캠프 또는 창의적 체험활동 시간에 활용할 수 있는 고등학교 과학 교과를 기반으로 한 실험-실습 중심의 STEAM 교육 프로그램을 개발하였고, 이를 수업에 적용하였다. 교재 형태로 학습자에게 제공된 수업자료의 구성 체계는 먼저 상황을 제시하고, 가설 설정이나 디자인 구상 등 창의적 설계 과정, 실험-실습과 창의적인 제작

등의 감성적 체험의 단계, 학습에 대한 성공과 재미, 만족을 통해 새로운 과제에 도전할 수 있는 4 단계로 구성하였다. 총 16시간의 과학캠프로 진행되는 STEAM 수업은 4개 주제의 실험-실습 활동과 창의적 설계와 제작, 감성적 체험활동으로 구성된 3개의 프로젝트 활동, 5개의 특강 프로그램으로 개발되었다. 개발된 프로그램은 교육전문가로부터 타당성을 검증받아 용어의 사용과 시간 배당 등을 수정하였고, STEAM 교육 요소와 심화학습자료 등을 보완하여 완성하였다. 2012년 여름방학을 이용하여 전북지역 14개 고등학생 106명을 대상으로 과학캠프를 통해 개발 프로그램을 적용한 결과 다음과 같은 의미있는 사항을 찾을 수 있었다.

첫째, 학생들의 STEAM 과학캠프에 대한 전반적인 만족도 인식은 매우 긍정적(4.17)이었으며 STEAM 실험-실습 수업에 대해서는 가장 높은 수준의 만족도를 나타냈다(4.39). 이것은 고등학교 수업시간에는 잘 접해보지 못했던 STEAM 관련 개념을 이해하게 되었고, 융합과학의 다양한 STEAM 요소를 포함한 실험을 직접 해보며 그 과정 자체를 중요하게 다루는 점에서 재미와 흥미, 그리고 탐구의 희열까지 경험하였기 때문이다. 또한 학생들의 눈높이에 맞추어 최신의 연구 동향과 주요 이슈, 현안 등을 관련시켜 프로그램을 구성하는 적시 교육(just-in-time learning)이 이루어졌기 때문이다. 이 프로그램을 창의적 체험활동이나 과학 수업, 동아리 활동 등 정규 수업에 적용한다면 인지학습에 지친 학생들의 학습위기를 벗어나게 할 수 있고, 고등학교 STEAM 교육의 실행에 기여할 수 있겠다.

둘째, 수업에 적용된 프로그램 중에서 가장 만족도가 높았던 주제는 감성적 체험활동으로 개발된 생물교과 기반의 STEAM 프로그램으로서 ‘어류의 해부와 관찰’이었다(42.8%). 이 프로젝트는 2인 1조로 팀을 이루어 시료를 직접 마취하고, 도구를 준비하며 해부의 과정을 미리 설계하고 디자인하며 직접 해부하면서 감성적 체험을 할 수 있도록 했다. 학생들은 붕어의 내부 구조를 그림으로 표현(예술)하고, 해부 도구와 순서 등을 창의적으로 설계하며 비늘의 분포 형태와 체계, 부레와 크

기의 관계(수학) 등을 밝히고, 충분한 의사소통과 토의를 통해 실험 결과를 스토리텔링하며 발표함으로써 높은 수준의 만족도가 나타났다. 이는 STEAM 교육 프로그램을 개발할 때 학생들 모두가 자기주도적으로 실험-실습에 적극적으로 참여할 수 있도록 소인수로 모둠을 구성하고, 학생들이 직접 실험 설계와 도구 준비, 역할 분담 등을 담당하면서 실험의 결과뿐만 아니라, 실험의 준비와 그 과정을 더욱 중요하게 다루어야 함을 시사한다. 또한 이러한 과정 속에서 다양한 STEAM 요소를 교육할 수 있도록 프로그램을 개발해야 한다.

셋째, 과학캠프 운영에 참여한 예비과학교사들은 STEAM 교육 프로그램을 개발하고, 예비수업과 교육전문가의 검증을 거쳐 수업에 적용해보는 과정에서 STEAM 교육에 대하여 더 많은 이해를 하게 되었고(4.27), 과학캠프 운영에 참여하여 보람과 만족감을 갖게 되었으며(4.81) 교수법을 배울 수 있는 좋은 기회로 인식하였다(4.45). 이는 예비과학교사들이 갖추어야 할 교사로서의 과학적 소양과 지식 등을 지도할 수 있는 교수법 측면에서 이와 같이 사범대학 학생들이 직접 수업자료를 개발하여 수업에 적용하는 과정을 통하여 지도하는 것도 좋은 교수법의 한 실천적 방법임을 보여준다.

이 연구의 STEAM 교육 프로그램 개발과 수업 적용 사례는 학교 현장에서 STEAM 교육 수업 자료를 개발하고 수업하고자 하는 교사들에게 프로그램 개발의 논리와 관점, 절차적인 과정, 방법론적 측면 등에서 시사점을 제공한다. 이와같은 STEAM 교육의 실천적 사례 연구가 더욱 활발하게 이루어져야하고, 학교 현장에서 교사들이 활용할 수 있도록 교육 프로그램을 일반화하는 후속 연구가 지속적으로 진행되어야 하겠다.

## 참 고 문 헌

- 국립국어원(2012). 표준국어대사전 <http://www.korean.go.kr> 2012/11/20.
- 권난주, 안재홍(2012). 융합 및 통합 과학교육 관련 국내 연구 동향 분석. 한국과학교육학회지, 32(2), 265-278.
- 권치순, 김재영, 김남일, 임채성, 전영석(2007). 초등과학영재캠프 프로그램의 개발 및 적용. 초등과학교육, 25(50), 522-531.
- 교육과학기술부(2009). 2009 개정 교육과정에 따른 고등학교 교육과정 총론 해설. 서울: 교육과학기술부.
- 교육과학기술부(2010). 창의와 배려의 조화를 통한 인재 육성-창의·인성교육 기본방안. 서울: 교육과학기술부.
- 김성원, 정영관, 우애자, 이현주(2012). 융합인재교육(STEAM)을 위한 이론적 모형의 제안. 한국과학교육학회지, 32(2), 388-401.
- 김왕동(2011). 창의적 융합인재 양성을 위한 과제: 과학기술과 예술 융합(STEAM). STEPI 정책연구과제 보고서, 67.
- 김용훈(2010). 이공계 기피현상 분석을 통한 과학기술자의 사회적 위치 재구조화 정책 방안 연구. 인적자원관리연구, 17.
- 김진수(2007). 기술교육의 새로운 통합교육 방법인 STEM 교육의 탐색. 한국기술교육학회지, 7(3), 1-29.
- 문대영(2008). STEM 통합 접근의 사전 공학 교육 프로그램 모형개발. 공학교육연구, 11(2), 90-101.
- 문용린(2010). 창의·인성교육 활성화 방안 연구. 한국과학창의재단 정책연구, 2009-019.
- 백운수, 박현주, 김영민, 노석구, 박중윤, 이주연, 정진수, 최유현, 한혜숙(2011). 우리나라 STEAM 교육의 방향. 학습자중심교과교육연구, 11(4) 149-171.
- 백운수, 박현주, 김영민, 노석구, 이주연, 정진수, 최유현, 한혜숙, 최중현(2012). 융합인재교육(STEAM) 실행방향 정립을 위한 기초연구. 한국과학창의재단 연구보고서, 2012-12.
- 이성희, 신동훈(2012). 융합인재교육의 관점에서 에너지 및 기후변화 교육 연수 프로그램 개선 방안. 과학교육연구지, 36(1), 22-34.
- 이소이, 노태천(2011). STEM 교육을 위한 기술

- 수업 설계 모형. 한국기술교육학회지, 11(3), 1-20.
- 이창훈(2007). 창의 공학 설계 교육 프로그램이 공학 입문자의 창의력과 공학 설계 능력에 미치는 효과. 충남대학교 박사학위논문.
- 이효녕(2012). 외국의 STEM/STEAM 교육 사례. 한국과학교육학회 총회 및 제 61차 동계학술대회 자료집, 20-26.
- 유규선, 전오성(2011). 고교생을 대상으로 한 STEM 교육의 적용 사례 연구. 공학교육연구, 14, 48-50.
- 윤마병, 봉필훈(2011). 고등학교 과학 동아리 학생의 과학교육과 현장체험 학습지도. 전주대학교 2011교육역량강화사업 보고서.
- 조현준, 김종량(2011). 지질분야 창의적 체험활동 지도자료 개발 및 보급. 한국지구과학회지, 32(1), 57-72.
- 최유현, 문대영, 강건균, 이진우, 이주호(2008). STEM 기반 발명교육 프로그램 개발과 적용 효과. 한국기술교육학회지, 8(2), 143-164.
- 황정규(1998). 학교학습과 교육평가. 서울: 교육과학사.
- Apedoe, X. Ellefson, M. E., & Schunn, C. D. (2012). Learning together while designing: Does group size make a difference. *Journal of Science Education and Technology*, 21(1), 83-94.
- Bamford, A. (2006). *The Wow factor: Global Research compendium on the impact of the arts in education*, Münster: Waxman.
- Bybee, R. W. (2012). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30-35.
- Daniel, P. (2006). 새로운 미래가 온다 [A whole new mind : why right-brainers will rule the future]. (김명철 역). 서울: 한국경제신문사.
- Doran, R. L. (1980). *Basic Measurement and Evaluation of Science Instruction*. Washington: National Science Teachers Association.
- Fortus D. Joseph K., Ralph C., Ronald W., & Rachel M. (2005). Design-based science and real-world problem solving. *International Journal of Science Education*, 27(7), 855-879.
- Freeman, J. (2002). Out of school educational provision for the gifted and talented around the world. In F. J. Mönnk, & H. Wagner, *Development of human potential: Investment into our future*. Bad Honnef, Germany: Verlag Karl Heinrich Bock.
- HCCR(Hamilton City Culture Report). (2010). Understanding the planning context. [http://www.hamilton.ca/NR/rdonlyres/B7385630-3095-48C2-AAFC-D01026D3FA5C/0/CultureReport\\_5Context\\_Aug23.pdf](http://www.hamilton.ca/NR/rdonlyres/B7385630-3095-48C2-AAFC-D01026D3FA5C/0/CultureReport_5Context_Aug23.pdf). 2012/11/10.
- Holman, J., & Reiss, M. (2007). *STEM Working Together for schools and colleges*. London: The Royal Society.
- Kolodner, J. L. (2002). Integrating project-based initiatives into middle-grade science curriculum. *Essentials and Challenges*. New Orleans, LA: AERA.
- Marsh, H. W., & Redmayne, R. S. (1994). A multidimensional physical self-concept and its relations to multiple components of physical fitness. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 16, 43-55.
- Mehalik, M., Doppelt, Y., & Schunn, C. (2008). Middle-school science through design-based learning versus scripted inquiry: Better overall science concept learning and equity gap reduction. *Journal of Engineering Education*, 97(1), 71-85.
- NSF(National Science Foundation). (2005). *The Engineering Workforce. Current State, Issues, and Recommendations(Final Report to the Assistant Director of Engineering)*.

Arlington, VA : National Science Foundation.

- Olszewski-Kuilius, P. (2003). Special summer and Saturday programs for gifted students. In N. Colangelo, & G. A. Davis, Handbook of gifted education. MA: Allyn and Bacon.
- Peters, M. A., & Araya D. (2010). The creative economy: origins, categories, and concepts. In D. Araya and M. A. Peters (Eds.). Economy in the creative economy. New York: Peter Lang Publishing, Inc.
- Root-Bernstein R. (1999), 생각의 탄생 [Spark of genius]. (박종성 역). 서울: 예코의 서재.
- Sanders, M. (2006). A rationale for new approaches to STEM education and STEM education graduate programs. Paper presented at the 93rd Mississippi Valley Technology Teacher Education Conference. Nashville: TN.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEM mania. The Technology Teacher, 68(4), 20-26.
- Yakman, G. (2011). Introducing Teaching STEM as a Practical Educational Framework for Korea. STEAM 교육 국제 세미나-이화여자대학교, 서울: 한국과학창의재단.

## 국문 요약

본 연구는 고등학생을 대상으로 J 대학교에서 실시한 STEAM 교육 과학캠프 프로그램 개발과 적용 사례를 소개하고, STEAM 프로그램을 개발할 때 어떤 논리와 관점, 절차적 과정으로 수업을 설계하고 실행하여야 할 것인가를 제시하는 것이다. 수업에 참여하는 예비과학교사들이 STEAM 교육 모형과 개발 절차에 따라 수업자료를 개발하였고, 개발된 자료는 교육 전문가 집단에 의한 평가와 실제 수업을 통해 수정·보완하였다. 2012년 여름방학을 이용하여 ‘융합과학(STEAM) 실험 캠프’라는 주제로 전주시의 과학중점학교 2학년 학생 45명과 전북 지역 13개 고등학교 1~2학년 61명의 학생을 대상으로 개발 프로그램을 적용하였다. 수업 후 프로그램 내용과 활동에 대한 학습자 만족도는 평균 4.02로 나타났고, 수업을 진행한 예비교사들의 프로그램과 교수-학습에 대한 만족도는 4.28 이었다. 따라서 본 연구의 STEAM 교육 프로그램 사례는 과학 중심 STEAM 수업을 계획하여 실행하고자 하는 교사들에게 실질적인 도움을 줄 수 있을 것이다.

주요어 : STEAM 교육, 과학캠프 프로그램, 예비 과학교사, 수업자료