Journal of the Korean Association for Science Education
Journal homepage: www.koreascience.org

STEAM 심화과정 교사연수 프로그램 개발 및 운영

한인식*, 황신영, 유정숙
이화여자대학교

Development and Management of the Advanced STEAM Teacher Training Program

Insik Hahn*, Shinyoung Hwang, Jungsook Yoo
Ewha Womans University

ARTICLE INFO

Article history:
Received 25 March 2016
Received in revised form
8 April 2016
3 May 2016
Accepted 12 May 2016
Keywords:
STEAM education,
teacher training program,
teacher competence,
primary teachers,
secondary teachers,
science education

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate implications for future STEAM education by analyzing the surveys by the in-service teachers who participated in the Advanced STEAM Teacher Training Program(ASTTP) for raising interests and understanding of science and technology and nurturing STEAM literacy and problem-solving ability of students. ASTTP was developed for promoting 'teacher competence for STEAM.' ASTTP is a 60-hour program(4 credits), which includes offline intensive course of 38 hours, online training course of 12 hours, a course of implementation at schools for 5 hours, and a workshop for 5 hours (based on the 2014 program). For the offline intensive course, teachers take various professional development classes and activities, such as open-laboratory tours, advanced experiments, mentoring programs, and team projects as well as lectures on diverse disciplines. For the online course, teachers take online classes freely while they are encouraged to work with other teachers in groups. After taking both online and offline courses, the teachers are required to implement their STEAM lesson plans in their classrooms. Finally at the workshop, some selected teachers share how successfully they have implemented STEAM education. About 700 teachers have successfully taken the program from 2012 to 2014. Based on the surveys by the teachers, the program has been modified and improved. Our analysis shows increased professional development in STEAM education for the participating teachers. This study can provide some implication and helpful insights for people who need to develop and manage teacher training programs for STEAM education and other education programs in general.

Ⅰ. 서론

첨단과학기술의 발전에 의해 정보화와 세계화로 대표되는 현대사회는 이전 세대가 미처 상상하기 어려울 정도로 많은 분야에서 엄청나게 빠른 속도로 변하고 있다. 21세기 사회는 과학기술에 대한 기본 소양뿐만 아니라 문화예술을 포함한 다양한 분야의 융합적인 이해를 바탕으로 급변하는 사회에 대한 많은 문제를 창의적으로 해결하고, 인류전체가 공유할 수 있는 가치를 추구하는 인재를 요구하고 있다. 융합인재교육(STEAM)은 우리나라 국가 경쟁력의 자산인 미래 과학기술 발전을 주도할 창조적이고 융합적인 인재의 양성을 위해 초·중등학교 수준에서부터 과학기술에 대한 흥미와 이해를 높이고 융합적 사고와 문제해결 능력을 배양하는 데 목적이 있다(Ministry of Education, Science & Technology, 2010). 이러한 STEAM 교육에서는 과학, 수학, 기술, 공학 등 분절적인 학문의 학습 보다는 이를 예술이나 인문학 등과 연계하여 학생들의 흥미와 학문에 대한 가치 등을 인식하도록 하는 감성적 체험 활동이 강조되고 있다. 우리나라 교육에서 주도하는 STEAM 교육은 세계적으로 이루어지는 STEM 교육과 그 맥락을 같이 하지만, 인문학과 예술을 포함한 융합적인 인재육성에 초점을 둔다는 차이가 있다(Kwon & Ahn, 2012; Kim *et al*., 2012; Park *et al*., 2012).

융합인재교육의 성공적 정착을 위해서는 교사의 STEAM에 대한 전문성 함양이 매우 중요하다. 이에 2011년 이후 정부(교육부 및 한국과학창의재단)에서는 현장교원의 관심을 제고하기 위해 STEAM 교사 연구회를 장려하여 현장적용성이 높은 STEAM 수업 모델을 개발할 수 있도록 교사 중심의 협력 연구를 지원하고 있다. 그 외에도 STEAM 리더스쿨, 선도교원 연수, STEAM R&E 지원 사업 등 다양한 방법으로 STEAM 교육의 확산을 위해 지원하고 있다. 또한 STEAM의 기본 개념을 이해하고 융합적 소양을 함양하는 것을 목표로 한 "입문 연수"와 교사의 STEAM 프로그램 재구성 방법과 수업 역량 배양을 목적으로 한 "기초 연수"운영을 통해 교사의 STEAM 교육에 대한 이해를 넓히려고 노력하고 있다(Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity, 2015).

그러나 이러한 다양한 정책적인 지원에도 불구하고 여전히 교사들은 학교 현장에서 STEAM 교육을 수행하는 데 많은 어려움을 느끼고 있다. 초등교사들의 경우 STEAM 교육의 필요성은 인식하고 있으나 STEAM에 대한 이해도와 관심도가 낮으며, 초등교육보다는 중등교육에 더 적합하다고 생각하고 있다(Chae & Noh, 2014; Shin & Han, 2011; Son *et al*., 2012). 고등학교 교사들 역시 STEAM 교육의 취지와 교수방법에 대해 긍정적으로 인식하고 있으나, 수업 실행에 대해서는 부정적인 입장을 가지고 있다(Woo, 2013). 이처럼 교사들이 수

* 교신저자 : 한인식 (ishahn@ewha.ac.kr)
** 본 연구는 2012년~2014년 한국과학창의재단의 첨단과학교사연수센터 운영 사업의 연구비지원을 받아 수행되었습니다.
http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2016.36.3.0399

업 실행에 부정적인 인식을 가지고 있다면 STEAM 교육의 현장확산에도 어려움이 많을 수밖에 없다. 그리고 실제 STEAM 수업을 적용한 교사들의 경우 자신이 수행한 STEAM 수업의 효과에 대해서는 만족하고 있으나 수업 준비에 대한 부담감으로 인해 수업실행에 대한 자신감이 낮은 것으로 나타났다(Han & Lee, 2012; Yoo, Hwang, & Hahn, 2016). 한편, 초등교사들이 중등교사들에 비해 STEAM 교육에 대한 교수효능감이 높고, STEAM 수업 실행에 있어 겪는 어려움의 종류에도 학교급별 차이가 있어 초중등 학교급에 따라 차별화된 접근이 필요하다(Yoo *et al*., 2016). 예를 들어, STEAM 수업을 적용한 초등교사들의 어려움을 분석한 결과, 주제를 자연스럽게 융합하는 방법이나 전문 과학지식의 부족, 준비 시간 부족, 학생들의 수업에 대한 인식 부족, 평가에 대한 참고자료 부족 등 다양한 요소들이 있음을 알 수 있다(Geum & Bae, 2012; Lee & Shin, 2014; Lim, Kim, & Lee, 2014). 중등교사들 역시 융합형 과학교과의 목적이나 취지에 대해서는 잘 알고 있으나, 타 교과에 대한 선행지식이 부족하여 동기부여가 어렵고 교수학습을 위한 자료가 부족하다고 하였다(Lee, 2012; Song *et al*., 2012; Yoon, Yoon, & Woo, 2011). 따라서 STEAM 교육의 현장확산을 위해서는 교사들의 이러한 어려움을 극복하고 STEAM 교육에 대한 역량을 강화할 수 있는 지원이 필요하다.

교사의 교수 역량(teacher competence)은 '교과교육을 성공적으로 수행하기 위해 필요한 교사의 지식, 기능, 태도의 총체'라고 정의되어 왔으며(Kim & Lee, 2005; Noh & Choi, 2004; Smith & Simpson, 1995), '교과교육의 성공적 수행을 위해 필요한 이론적 교수역량과 실천적 교수역량'으로 구분하여 정의되기도 하였다(Baek *et al*., 2007). 이러한 교수 역량은 사회와 시대의 변화에 따라 조금씩 그 의미가 더 포괄적으로 변화되면서 교사의 지식, 기술, 소양 등을 의미하는 교수학적 역량(teacher capacity)으로 정의되기도 한다(Grant, 2008; McDiarmid, & Clevenger-Bright, 2008). 융합인재교육을 효과적으로 지도할 교사 역량으로는 인문학, 이공학, 예술 등 영역을 넘나드는 간학문적 지식과 교수 방법을 겸비한 간학문적 소양(interdisciplinary literacy)이 필요하다(Shin *et al*., 2012). 본 연구에서는 교사의 STEAM 역량(teacher competence for STEAM)을 'STEAM 교육을 성공적으로 수행하기 위해 필요한 교사의 학문적 지식, 융합 학문을 가르칠 수 있는 교과교육적 지식, 실제 수업에서 융합과목을 효과적으로 가르칠 수 있는 수업 및 협업 능력, 융합적 소양'으로 정의하고자 한다.

STEAM 교육에 대한 교사의 인식과 이해도를 높이고, STEAM 교육에 대한 자신감과 실행 역량을 높일 수 있는 가장 효과적인 방법 중 하나가 교사연수이다(Cho & Park, 2013; Lee, Park, & Kim, 2013; Shin, 2013). 교사들은 교사연수를 통해 STEAM 교육의 필요성을 인식하고, STEAM 수업에 대한 구체적인 아이디어를 얻을 수 있다. STEAM 입문연수와 기초연수 등 기존의 STEAM 관련 교사연수는 온라인 형태로 진행되어 STEAM에 관한 새로운 지식과 정보 제공을 통한 교사의 역량 강화를 목적으로 하고 있다. 그러나 연수 내용을 교육 현장에 적용하는 것은 연수 프로그램에 포함되어 있지 않아, 기존의 연수를 통해서는 교사의 학습과 실천이 연계되기 쉽지 않다(Kim, 2011; Seo, 2009a). 따라서 STEAM 교육의 현장확산을 위해서는 교사들의 융합을 위한 충분한 전공지식의 제공이 뒷받침되고, 교사 개인이 직접 STEAM 프로그램을 개발하고 현장에 적용해 봄으로써 STEAM 실천 능력 함양에 실제적 도움이 될 수 있는 연수가 필요하다. 그리고 융합인재교육(STEAM)을 위한 많은 내용들이 첨단 과학과 관련되어 있어, 첨단과학 기술 및 융합을 위한 다양한 분야의 전문적 지식함양이 교사연수에서 필요하다. 또한 STEAM 교육의 경우 다양한 교과 내용을 다루기 때문에 교사학습공동체를 구성하여 동료교사들 간의 전문적인 지식과 경험을 공유할 필요가 있다(Kim, 2011; Seo, 2009b; Sergiovanni & Starratt, 2007).

이러한 필요성으로 교육부와 한국과학창의재단에서 2012년부터 2014년까지 3년간 첨단과학교사연수센터(Advanced STEAM Teacher Education Center: ASTEC)를 지원하여 STEAM 심화과정 교사연수를 운영하게 되었다. 본 연구의 목적은 이화여자대학교의 첨단과학교사연수센터(ASTEC)에서 개발한 STEAM 심화과정 교사연수 프로그램(Advanced STEAM Teacher Training Program: ASTTP)의 운영 결과를 바탕으로 교사들의 STEAM 역량함양을 위한 효과적인 교사연수에 대한 시사점을 고찰하고자 한다. 이를 위한 연구문제는 다음과 같다.

첫째, STEAM 심화과정 교사연수 프로그램은 어떻게 개발 및 운영되었는가?

둘째, STEAM 심화과정 교사연수 프로그램은 연수참여자들의 STEAM 역량함양에 어떠한 영향을 미쳤는가?

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 2012년에서 2014년 동안 ASTEC에서 운영된 STEAM 심화과정 교사연수에 참여한 교사들을 대상으로 진행하였다. 연수참여자의 정보는 Table 1과 같다. 전체 연수참여자 중 남교사는 40.6%, 여교사는 59.4%로 여교사의 참여 비율이 더 높았으며, 교직경력이 10년 이상이 되는 중견 교사가 연수참여자의 약 65%였다. 참여 교사들의 전공을 살펴보면, 초등교사들의 경우 37.9%, 중등교사의 경우 78.2%가 과학 전공자로, 주로 과학전공 교사들이 연수에 많이 참여하였다. 연수기간 동안 교사들은 연수참여자의 다양한 학문적 배경, 교수 경험 등의 교류를 위해 조별활동에 참여하였다. 각 조는 5명의 연수자, 한 명의 멘토교사와 스티머(STEAM-er)로 구성되었다. 멘토교사는 교육부 및 한국과학창의재단의 STEAM 관련 사업 참여 경험이 있는 교사들로써 STEAM 교육전문가로 추천된 교사들로 선정되었다. 전체 연수기간 동안 멘토교사는 자신이 담당한 조원들의 조별활동에 대해 다양한 멘토링을 제공하였다. 집합연수기간 중 우수 STEAM 수업 사례를 소개하고, 연수 교사들의 조별 STEAM 수업 모듈 개발과정에 함께 참여하였고, 온라인 연수기간 중에는 조별 STEAM 모듈 뿐 아니라 개개인의 교사들이 개별 STEAM 지도안을 작성하는 과정에 피드백을 제공하여, STEAM 지도안을 수정하고 보완하여 현장에 적용할 수 있도록 하는데 도움을 주었다. 스티머는 교육대학원 혹은 사범대학 재학생으로 연수자의 원활한 연수 진행을 돕는 동시에, 예비교사로서 STEAM 교육을 체험할 수 있는 기회를 가졌다.

연수 참여 교사들은 연수기간 동안 STEAM 현장적용을 위한 조별 수업 모듈과 개별 수업 지도안을 과제로 개발하고, 현장에 적용해보았다. 조별 수업 모듈의 경우 집합연수기간 중 도출된 STEAM 수업 아이디어를 바탕으로 4~8차시 정도 분량의 현장적용 가능한 모듈을

Table 1. Information of the participating teachers

인적사항[1]	구분	초등(%)	중등(%)	계(%)
성별	남	178(43.7)	105(38.3)	283(40.6)
	여	229(56.3)	184(61.7)	413(59.4)
	계	407(100)	274(100)	696(100)
교육경력	5년 미만	39(13.0)	34(12.5)	73(12.8)
	5-10년	71(23.6)	52(19.2)	123(21.5)
	11-15년	84(27.9)	51(18.8)	135(23.6)
	16-20년	50(16.6)	53(19.6)	103(18.0)
	21-25년	29(9.6)	52(19.2)	81(14.2)
	26년 이상	21(7.0)	24(8.9)	45(7.9)
	무응답	7(2.3)	5(1.8)	12(2.1)
	계	301(100)	271(100)	572(100)
전공과목	초등교육	64(21.3)	0(0)	64(11.2)
	과학	114(37.9)	212(78.2)	326(57.0)
	수학	40(13.3)	30(11.1)	70(12.2)
	음악, 미술	36(12.0)	10(3.7)	46(8.0)
	실과/기술, 가정, 컴퓨터	19(6.3)	15(5.5)	34(5.9)
	영어, 국어, 도덕, 사회	21(7.0)	3(1.1)	24(4.2)
	무응답	7(2.3)	1(0.4)	8(1.4)
	계	301(100)	271(100)	572(100)

개발하였다. 개별과제의 경우 조별로 개발한 STEAM 수업 모듈 중 일부를 현장에 적용할 수 있도록 수정하거나, 기존 우수사례를 자신의 수업에 적용할 수 있도록 재구성하여 개발하는 것이었다. 이 과정에서 멘토교사의 멘토링 내용을 참고하여 수정 보완한 후, 1~3차시에 걸쳐 수업에 적용해 보는 것이 현장적용을 위한 실행과제였다. 이후 연수 참여 교사들은 개발한 STEAM 수업에 대한 내용을 소개하고 실행후기를 작성한 개별 보고서와 수업 실행 동영상(최소 1차시 이상)을 제출하였다.

2012년 연수의 경우 전국적인 인적 네트워크 형성을 위해 다양한 지역의 교사들이 한 조로 구성되어 조별활동에 참여하였는데, 연수 후 지속적인 만남이 어렵다는 의견이 있었다. 이후 연수참여자들의 의견을 반영하여, 연수 시작 전에 연수참여자들의 기본 정보를 조사하여 같은 지역 소속의 교사들이 한 조가 될 수 있도록 지역을 우선 기준으로 설정하고, 다양한 전공, 같은 학년군으로 조가 편성될 수 있도록 하였다. 이는 STEAM 교육의 특성 상 융합적 사고를 위한 시너지 효과를 내기 위해 다양한 교과의 교사들 간의 협업이 필요하며, 원활한 현장적용을 위해 같은 학년을 담당하는 교사들이 연수 후 곧바로 학교 현장에서 적용이 가능한 주제로 수업 모듈을 함께 개발할 필요가 있었기 때문이다.

2. STEAM 심화과정 교사연수 프로그램

가. 연수 프로그램 개발 목표

STEAM 심화과정 교사연수 프로그램 '융합인재교육'을 실행할 교사들의 STEAM 역량 강화를 위하여 다음과 같이 세 가지 목표를 설정하였다.

첫째, 첨단과학기술 및 융합을 위한 전문적 지식함양을 목표로 하였다. 융합인재교육은 첨단과학기술과 관련한 실생활 문제 해결을 강조하고 있으므로, 초중등교사들이 STEAM 교육을 실천하기 위해서는 학교 현장과 교육과정을 고려한 과학교과 지식뿐만 아니라 수학, 인문사회, 기술 및 공학, 예술 등 여러 가지 영역에서의 기초 소양이 충족되어야 한다. 또한 과학교과 뿐 아니라 여러 교과에서도 첨단과학기술에 대한 이해가 요구된다(Sung & Chung, 2013). 현직 교사들에게 과학 연구자로서 과학 탐구과정을 구체적으로 경험할 수 있는 실험 교육 및 최신 과학내용을 체계적으로 학습할 수 있는 기회를 제공하는 것은 교사의 전문 지식 향상에 매우 필요하다(Kang *et al*., 2008). 이에 본 연수센터에서는 대학에 속해있는 다양한 연구소와 실험실의 우수 연구자들과 첨단장비를 활용한 교육프로그램을 교사연수에 적극 반영하고자 하였다.

둘째, 학교 현장에 있는 교사의 STEAM에 대한 실행 능력 함양을 목표로 하였다. 교사의 교수 행위는 실제에서 교수학적 지식을 강화하고, 실천이 가능한 환경과 시스템에 대한 지원이 필요하며(Cochran-Smith & Lytle, 1999), 실제 현장에서의 경험과 교수법, 교육과정에 대한 학문적 지식을 바탕으로 이론과 실제의 융합이 요구된다(Hollins, 2011). 이를 위해 교사가 교육현장에 실행할 수 있는 자료를 스스로 개발하거나, 기존에 보급된 우수한 STEAM 수업 자료를 자신의 수업에 맞게 재구성할 수 있는 능력을 함양할 수 있는 기회가 연수를 통해 제공되어야 한다. 따라서 실제 자료개발에서 그치지 않고, 현장적용을 실천해봄으로써 실천적 역량을 함양할 수 있는 기회를 충분히 제공하고자 하였다.

셋째, 학습공동체 형성을 통해 교사전문성을 함양시키고자 하였다. 교사의 학습공동체는 교수 행위(teaching)라는 적극적인 참여와 협의를 통한 "실천 공동체(communities of practice)" 을 기반으로 형성되

1) 성별의 경우 연수 이수자 정보를 조사한 결과이고, 교육경력과 전공과목의 경우 설문지 응답자를 대상으로 조사한 결과이므로 응답자 수의 차이가 있다.

<table>
<tr><td>시간</td><td>1일</td><td>2일</td><td>3일</td><td>4일</td></tr>
<tr><td>9-10</td><td></td><td>특강 4</td><td rowspan="3">실험실습 1</td><td>포스터 발표 준비</td></tr>
<tr><td>10-11</td><td>오리엔테이션</td><td>분반 강의 1</td><td>분반 강의 3</td></tr>
<tr><td>11-12</td><td>특강 1</td><td>분반 강의 2</td><td>분반 강의 4</td></tr>
<tr><td>12-1</td><td colspan="4">점심</td></tr>
<tr><td>1-2</td><td>특강 2</td><td rowspan="3">랩 탐방</td><td rowspan="3">실험실습 2</td><td rowspan="2">포스터 발표</td></tr>
<tr><td>2-3</td><td>특강 3</td></tr>
<tr><td>3-4</td><td>팀 빌딩</td><td>특강 5</td></tr>
<tr><td>4-5</td><td rowspan="2">멘토교사 수업 1</td><td rowspan="2">멘토교사 수업 2</td><td rowspan="2">조별활동</td><td>특강 6</td></tr>
<tr><td>5-6</td><td>수료식</td></tr>
<tr><td>6-7</td><td rowspan="3">조별활동</td><td colspan="2">저녁</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>7-8</td><td rowspan="2">조별활동</td><td rowspan="2">조별활동</td></tr>
<tr><td>8-9</td></tr>
</table>

Figure 1. Offline intensive course of ASTTP for secondary teachers in 2014

며, 교사는 새로운 지식 습득을 비롯한 지속적인 학습이 가능한 학습 공동체 안에서 전문성을 향상시킬 수 있다(Wenger, 1998). 이를 위해서는 교사들이 서로의 경험을 공유하고, 공통의 관심을 갖고 있는 교사들의 네트워크를 구축할 수 있는 연수 프로그램과 시스템이 필요하다(Noh & Paik, 2014). 본 교사연수센터에서는 교육현장에서 STEAM 교육이 활발하게 적용될 수 있도록 프로그램을 운영하며 STEAM 교육 자료를 제공하고 공유하고자 하였다. 또한 STEAM 경험이 풍부한 교사들을 멘토교사로 위촉하여 자료 개발 준비 단계부터 현장적용에까지 서로 의견 교류를 통해 협력적으로 발전할 수 있도록 하였다.

나. STEAM 심화과정 교사연수 프로그램 개발 운영

융합인재교육(STEAM) 심화과정 연수 프로그램은 교육부와 한국과학창의재단에 의해 온라인 및 오프라인으로 구성된 총 60시간(4학점)의 직무연수 프로그램으로 기획되었다. 본 연구진인 이화여대 첨단과학교사연수센터(ASTEC)에서는 교육학전문가, 과학교육・수학교육전문가, 과학자 및 STEAM 전문교사로 구성된 연구진 협의를 통해 연수 목적을 설정하였다. STEAM 관련 교사연수들의 현황 및 문제점을 파악하기 위해 자료조사 및 문헌연구를 실시하였다. 이를 통해 교사연수 프로그램의 구성 시 교사들의 학습공동체를 활용하고 체험학습의 원리를 강조한 선행연구(Brookhart, 2009; Popham, 2008; Kolb & Kolb, 2001)를 바탕으로, 이론과 현장에서의 경험과 실천이 혼합된 형태의 집합연수, 온라인연수, 현장적용, 성과발표(집합연수)를 연수 프로그램의 주요 구성요소로 설정하였다. 본 심화연수 프로그램은 단기간 시행되는 기존의 연수와는 달리 약 3달 여간의 비교적 장기간 동안 운영되는데, 연수 시작 시 STEAM 전문가인 멘토교사와 다양한 전공의 멘티교사들이 학습공동체를 구성하여 온라인과 오프라인 상에서 활동하며, 연수기간 중 협업을 통해 개발한 STEAM 프로그램을 실제 수업에 적용하고, 이후 집합연수의 형태로 수업경험을 공유하는 방식으로 구성하였다.

STEAM 관련 연수 이수 교사들을 대상으로 연수 전에 워크숍을 실시하여 현장 교사들의 교사연수 요구도 조사를 하였다. 이를 바탕으로 강의, 멘토교사 수업, 실험실습 및 랩 탐방, STEAM 수업자료 개발을 위한 조별활동, 포스터발표회, 현장적용 및 사례발표 등 다양한 형태의 세부 프로그램이 구성되었다. 3년간 연수를 운영하면서 연수참여자, 멘토교사, 강의진 및 연구진들의 의견을 반영하여 보다 효과적인 교사연수 프로그램이 되도록 지속적으로 수정・보완하였다.

전체 연수프로그램은 약 3달 동안 진행되었다. 연수 첫 해인 2012년에 집합연수 5박 6일(48시간), 온라인 연수 7시간, 성과발표 5시간으로 운영하였는데, 연수자들의 피드백을 반영하여 연수일정을 조정하였다. 집합연수기간 및 시수를 줄여 연수부담을 덜어주었고, 연수기간 중 개발한 STEAM 수업 자료를 학교 현장에서 적용하는 것을 연수시간으로 인정하여 효율적인 연수 구성이 되도록 조정하였다. 그 결과 2014년 연수의 경우 집합연수 3박 4일(38시간), 온라인 연수 12시간, 현장적용 5시간, 성과발표 5시간으로 운영하였다. 융합인재교육(STEAM) 심화연수의 집합연수는 다음 Figure 1과 같은 일정으로 운영되었다. 온라인 연수는 집합연수 시작 전에 오픈하여 연수참여자들이 미리 강의 콘텐츠를 접하여 STEAM 교육에 대한 이해를 높일 수 있도록 하였고, 집합연수 이후에도 추가 강의 이수와 지속적인 교사 커뮤니티 활동을 이어갈 수 있도록 전체 연수가 종료될 때까지 운영되었다. 또한 집합연수와 온라인 연수를 통해 개발된 STEAM 수업자료의 현장적용을 의무화하였다. 마지막으로 성과발표는 우수 수업 사례 발표를 통해 교사들이 STEAM 교수 경험을 공유할 수 있도록 하였다.

3. 자료 수집 및 분석

STEAM 심화과정 연수 참여 교사들의 STEAM 역량함양에 효과적인 교사연수 운영을 위해 심층적으로 이해하고자 Greene(2007)의 혼합연구방법을 토대로 자료수집 및 분석을 하였다. 연수참여자들의 연수에 대한 설문조사를 매년 실시하고 그 결과를 토대로 차년도 연수의 개선사항을 도출하여 반영하였다. 설문지는 집합연수, 온라인 연수, 성과발표의 만족도를 조사하기 위해 총 3종을 개발하였다. 프로그램의 운영에 관한 설문 내용은 각 세부 프로그램 중 가장 효과적인 프로그램이 무엇이었으며, 어떠한 점이 유익하였는지에 대한 선다형 문항 6개와 세부 프로그램별 만족도를 묻는 5점 만점 리커트 문항, 보다 나은 연수에 대한 의견을 적는 주관식 문항으로 구성되었다. 교사들의 STEAM 역량함양에 미친 영향은 자기평가 문항을 통해 조사하였다. 자기평가는 교사 자신이 스스로의 수업을 반성하고 개선하

는 데 도움이 되기 때문에(Hwang & Baek, 2008; Kim & Lee, 2005), 본 연수가 교사 자신의 STEAM 역량함양 및 향후 STEAM 교육의 실천에 미친 영향을 알아보기 위한 2개의 문항과 학습공동체 형성과 그 효과를 묻는 2개의 문항을 리커트 형식으로 구성하였다(Table 3 참조). 집합연수, 온라인 연수, 성과발표가 끝난 후 서면 혹은 온라인으로 설문이 진행되었고, 교사들은 모든 설문에 대하여 익명으로 응답하였다. 수집된 설문 결과 중 리커트 문항은 SPSS 18.0을 통해 분석하였으며, 서술형 문항은 내용 범주별로 빈도를 분석하여 응답 내용을 정리하고 그 결과는 다음 연수를 개선하는데 반영하였다. 또한 본 연수가 연수참여자들의 STEAM 역량함양에 미친 영향에 대한 자기 평가 결과의 타당성을 확보하기 위해 연수기간 동안 작성되는 교사들의 다양한 산출 자료와 교사의 현장적용에 대한 수업실행후기 보고서를 추가적으로 수집하고 분석하였다.

Ⅲ. 결과

1. 연수 프로그램의 운영 결과

STEAM 심화과정 교사연수 프로그램 전반에 대한 연수 참여 교사들의 만족도는 Table 2와 같다. 2012년 3.91, 21013년 4.09, 2014년 4.17로 1차 년도부터 비교적 높은 만족도를 보였지만, 해를 거듭할수록 교사들의 만족도가 꾸준히 높아지는 것으로 나타났다. 이는 다음에 살펴 볼 각 세부 프로그램의 만족도 조사 결과 나타난 의견들을 다음 연수에 반영하여 지속적으로 연수 프로그램을 개선한 효과라 해석될 수 있다. 특히, 연수의 구성적인 측면을 물어본 문항 1~4의 결과에 의하면 모두 4.2 이상의 높은 만족도를 보여 본 연수 프로그램의 내용 및 운영이 짜임새 있게 이루어졌음을 알 수 있다.

STEAM 심화과정 교사연수 프로그램은 집합연수, 온라인 연수, 현장적용, 성과발표의 세부 프로그램으로 운영되었다. 각 세부 프로그램의 운영 결과 및 각 프로그램에 대한 교사 인식은 다음과 같다.

가. 집합연수

집합연수 일정은 Figure 1에 보이는 바와 같이 특강, 분반강의, 멘토교사 수업, 랩탐방, 실험실습, STEAM 수업 모듈 개발을 위한 조별활동 및 포스터 발표회로 구성되어 있다. 연수 첫날 STEAM 교육학을 소개하는 특강을 시작으로 연수가 진행되었다. 특강이 끝난 후 연수교사, 멘토교사, 스티머가 함께 모여 유대감을 형성하는 팀빌딩이 진행되었다. 멘토교사 수업은 우수 STEAM 수업사례 소개 또는 워크숍 형태의 수업으로 구성되어, 교육현장에 바로 적용할 수 있어 STEAM 수업에 대한 이해를 높일 수 있도록 하였다. 연수 2일차에 진행된 랩탐방의 경우 10개 내외의 과학, 공학, 예술 분야의 랩 중 3개 랩을 선택하여 최신 연구 내용을 견학할 수 있도록 하였다. 연수 3일차에 진행된 실험실습은 초등 1회, 중등 2회 진행되었고, 개설된 10개 내외의 실험 중 원하는 실험을 선택하여 보다 전문적인 실험실습 내용을 체험하고, 학교현장에 적용할 수 있는 기회를 갖도록 하였다.

연수기간 중 매일 저녁 진행된 STEAM 수업 모듈 개발을 위한 조별활동 시간에는 집합연수기간 동안 학습한 다양한 경험을 바탕으로 멘토교사와의 멘토링을 통해 조별 STEAM 수업 모듈을 개발하였다. 연수 마지막 날에 진행된 포스터 전시 및 발표회를 통해 다른 동료교사들의 STEAM 수업 아이디어도 얻고, 동료교사들의 피드백을 자신의 수업에 반영할 수 있도록 하였다. 연수 마지막 시간은 전체 특강을 진행하고, 설문 및 온라인 연수 안내를 하는 것으로 집합연수 일정이 마무리되었다.

교사들에게는 집합연수 자료집과 워크북을 제공하였다. 자료집의 각 강의 자료 앞에는 강의 내용과 초중등 교육과정과의 연계성을 분석한 교육과정 분석자료를 추가하여, 연수자들이 연수내용과 교육과정의 연관성을 쉽게 파악할 수 있도록 하였다. 그리고 워크북을 제공하여 교사가 연수를 들으면서 강의 내용을 정리하거나 떠오르는 STEAM 아이디어 및 동료교사들과의 토론 내용을 정리할 수 있도록 하였다.

① 강의

특강은 연수자 전체가 듣는 내용으로 STEAM 교육학, 전공 내용으로 구성되어 연수자들의 STEAM 및 전공에 대한 이해를 높일 수 있도록 구성되었다. 분반강의의 경우 동시간에 2~4개의 교육학, 전공 강의를 개설하여 교사가 원하는 강의를 선택하여 들을 수 있도록 하였다(강의 목록: 부록 Table 1 참조). 모든 강의를 동영상으로 촬영하여 온라인 연수 사이트에 업로드함으로써, 집합연수기간 중 듣지 못했더라도 온라인으로 수강할 수 있도록 하였다. 2012년 분반강의의 경우 동시에 4개 분반을 개설하여 원하는 강의를 들을 수 있도록 구성하였으나, 2014년에는 초등과 중등을 구분하여 초등의 경우 2개 분반, 중등의 경우 3개 분반으로 분반 수를 다르게 구성하였다. 2012년에 비해 2014년의 분반 강의 수가 줄어든 것은 2012~2013년 연수에서 진행된 많은 분반강의를 온라인 연수 사이트에 업로드하여, 온라인 연수에서 수강할 수 있도록 하여 집합연수 프로그램에서 강의 비중을 낮추었기 때문이다. 그리고 중등의 경우 교사들의 다양한 전공을 고려하여 초등보다 한번에 개설된 분반 강의 수는 더 많이 구성하여, 교사들의 선택권을 높일 수 있게 하였다. 아래는 강의 개선점과 관련된 교사들의 서술형 응답 중 가장 많이 언급된 내용이다.

Table 2. List of questions and overall satisfaction evaluation on ASTTP (2012~2014)

번호		문항	2012	2013	2014
연수 구성	1	「STEAM 심화과정 교사연수」프로그램은 STEAM 교육에 대하여 충분한 이해를 바탕으로 구성되었다.	3.75	4.07	4.21
	2	「STEAM 심화과정 교사연수」에서는 다양한 프로그램을 제공하여 교사가 융합인재교육에 대하여 충분히 이해할 수 있도록 관련 지식 및 방법을 제공하였다.	3.86	4.10	4.20
	3	「STEAM 심화과정 교사연수」프로그램 내용이 만족스럽다.	3.82	4.06	4.20
	4	「STEAM 심화과정 교사연수」프로그램 운영이 만족스럽다.	3.97	4.08	4.22
계			3.91	4.09	4.17

- 첨단과학을 전공한 교수님들의 다양하고 깊이 있는 강의를 경험할 수 있는 좋은 기회였으나 초등학교에서 융합교육을 하는 것과의 연관성 면이 다소 부족하다고 생각된다. (2012년 초등교사)
- 과학교과에만 치우친 이론 수업, 타교과와의 융합이 부족합니다. (2012년 중등교사)
- 강의내용이 우수하여 전문적인 지식을 습득하는데 도움이 되었고, 어떤 강의는 초등학교 현장에서 실질적으로 이루어질 수 있도록 구성되어 좋았다. (2013년 초등교사)
- "학교 쓰레기 발생지도 만들기" 융합수업은 그동안 해봤던 융합수업과는 다소 다르게 구성하였다.....<중략>..... 이번 STEAM 심화연수 과정에서 사회과 교수님이 강의 내용에 설명한 범죄발생지도는 조금은 다른 관점에서 융합수업을 구성할 수 있는 계기가 되었다. (2014 초등교사)

교사들의 응답을 살펴보면 2012년 연수의 경우 강의의 난이도가 높고, 강의 주제가 과학교과에 치중되었다는 의견들이 있었다. 이에 2013년 연수부터는 연수 전 강의 교수진에게 강의 주제와 관련된 초중등 교육과정 분석자료를 제공하여, 강의의 내용이 학교 교육 내용과 밀접하게 연결된 내용으로 구성될 수 있도록 안내하였으며, 강의 내용이 과학교과에 치우쳐 있다는 점을 개선하기 위해 인문, 예술, 사회 분야의 다양한 강의를 제공하였다. 그리고 초중등 교과 관련 정도가 낮은 강의, 만족도가 낮은 강의의 경우 다음 연수에는 개설하지 않는 방식으로 강의의 질을 관리하였다. 이 결과 Figure 2에서 보는 바와 같이 연수교사들의 강의 만족도가 해마다 상승하였으며, 2013년과 2014년 교사들의 서술형 응답에서도 보다 긍정적인 반응이 나타나는 것을 알 수 있었다. 특히 강의의 내용이 실제 교사들이 STEAM 수업을 개발하는데 새로운 아이디어를 제공해 주었다는 점에서 교사의 만족도가 높아진 것으로 분석된다.

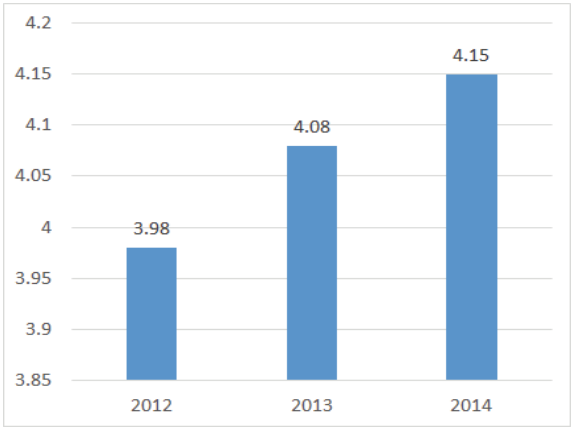

Figure 2. Satisfaction evaluation on lectures (2012-2014)

② 멘토교사 수업

연수 전 멘토교사들을 대상으로 STEAM 심화과정 교사연수 워크숍을 실시하여 STEAM 교육에 대한 철학을 공유하고, 다양한 분야와 내용의 강의가 개설될 수 있도록 하였으며, 멘토링 방법에 대해서도 논의하였다. 멘토교사 수업은 멘토교사 별로 7개의 강의를 개설하여 우수 STEAM 수업사례 또는 워크숍 형태의 수업을 통해 연수자들이 교육현장에 적용할 수 있는 STEAM 수업 아이디어를 얻을 수 있도록 하였다. 그리고 자기 조의 멘토교사 수업을 들을 수 있도록 배정하여, 연수자와 멘토교사 간 공감대를 형성할 수 있도록 하였다. 멘토교사 수업 만족도는 Figure 3와 같이 꾸준히 높게 나타났다. 아래 내용은 멘토교사 수업과 관련되어 빈도수가 많은 서술형 응답 내용이다.

- 현장교사의 경험과 관련된 강의가 실질적으로 도움이 되었습니다. 더 확대해 주었으면 좋겠습니다. (2012년 초등교사, 2012년 중등교사)
- 학교 수업에 활용 가능한 STEAM에 대한 이해와 수업의 소개, 모듈 개발에 관한 구체적인 수업소재나 방법에 대한 강의가 되었으면 더욱 도움이 많이 되었을 것 같습니다. (2012년 초등교사)
- 직접적으로 수업자료나 내용을 참고할 수는 없었어도, STEAM에의 접근을 위한 적극적인 시도와 새로운 관점을 배우고 본인의 해당 교과 및 학습 환경에 적용해 볼 수 있는 강한 동기를 부여해 주었다. (2013년 중등교사)

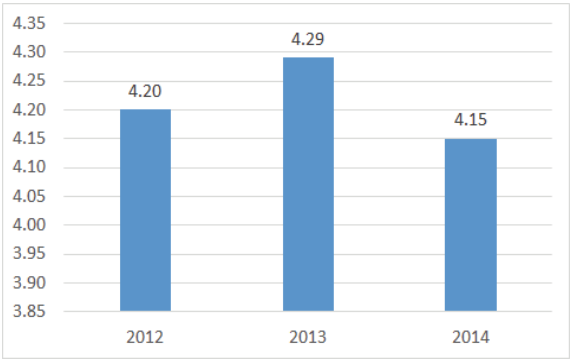

Figure 3. Satisfaction evaluation on mentor teachers lecture(2012-2014)

연수자들은 멘토교사 수업을 통해 실제 수업 경험과 노하우를 얻을 수 있어 높은 만족감을 보였다. 또한 동료교사가 STEAM 수업을 실행한 경험을 공유함으로써 STEAM 수업 실행에 대한 강한 동기 부여가 되었다. 2012~2013년에는 멘토교사 수업이 1회만 진행되었으나, 위의 서술형 응답에서와 같이 멘토교사 수업을 더 많이 진행해달라는 연수자들의 요구를 반영하여, 2014년에는 2회로 늘려 진행하였다. 또한 멘토교사 강의를 녹화하여, 온라인 연수에서 추가하여 들을 수 있도록 업로드 함으로써 연수자들이 자신의 STEAM 수업을 개발하고 현장적용하는데 도움이 될 수 있도록 하였다.

③ 랩탐방

다양한 랩 탐방을 통해 첨단과학 분야에 대한 풍부한 소양을 갖추고 이를 STEAM 수업 모듈 개발 자원으로 활용하여 교육현장에 적용할 수 있도록 하였다. 10개 내외의 첨단과학, 공학, 예술 분야의 랩 중 3개 랩을 선택하여 조별로 3시간 동안 견학하며, 각 연구소 및 실험실에서 수행하고 있는 최신 연구 내용을 견학할 수 있도록 하였다(랩탐방 목록: 부록 Table 2 참조). 랩 탐방 만족도는 Figure 4와 같이 해마다 상승하였다. 이는 연수 설문 결과 분석을 통해 만족도가 낮은 랩은 다음 해의 연수 프로그램에서 제외하였고, 랩 탐방을 진행하는 담당 연구원에게 미리 초중등 교과서와 교육과정 분석자료를 제공하여 랩탐방 안내 시 이와 연계하여 소개할 수 있도록 구성한 효과로 분석된다. 아래 내용은 랩 탐방과 관련되어 많이 언급된 서술 내용이다.

- 첨단과학이 학교에서 활용될 수 있는 방안 예시 제공-의학적인 부분은 적용이 힘든 경우가 많아 좀 더 교과와 연계된 내용 제시 필요합니다. (2012년 초등교사)
- 랩 탐방과 실험실습을 통해 여러 가지 새로운 연구를 보고, 체험할 수 있어서 재미있었습니다. (2013년 중등교사)
- 랩탐방을 통해 학생들에게 진로교육을 할 수 있는 아이디어를 얻었습니다. (2014년 중등교사)

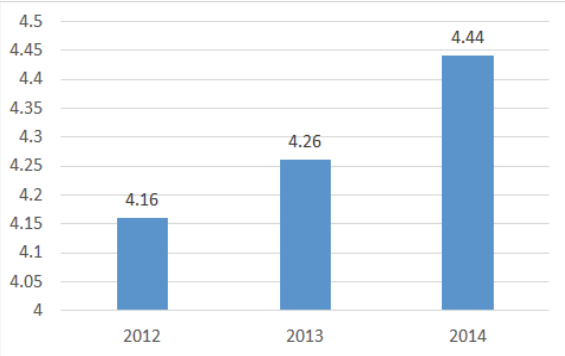

Figure 4. Satisfaction evaluation on open-laboratory tour(2012-2014)

2012년의 경우 랩탐방이 초등교사들에게는 교과와 관련없는 내용으로 구성되어 실제 교육현장에 적용하기에 어렵다는 의견이 있었다. 이러한 점을 보완하기 위해 2013년부터는 랩 탐방 담당연구원이 초중등 교육내용과 관련된 랩 탐방을 진행할 수 있도록 미리 학교 교육과정 내용을 안내하였고, 그 결과 최신 연구 동향을 소개하고, 진로교육 내용을 안내하는 등 랩 탐방이 학교교육에 실질적인 도움이 될 수 있는 내용으로 구성되어 해마다 만족도가 높아진 것으로 해석된다.

④ 실험실습

실험실습의 경우 초등은 1회, 중등은 2회 진행하며 10개 내외로 개설된 실험 중 원하는 실험을 선택하여 보다 전문적인 실험실습 내용을 체험하고, 학교 현장에 적용할 수 있는 기회를 제공하였다(실험실습 목록: 부록 Table 3 참조). 2012년 연수의 경우 초등교사들의 경우 실험실습의 주제 및 난이도가 초등교육에 적합하지 않다는 의견이 많아 2013년 연수부터는 초등과 중등 실험의 주제를 다르게 구성하였다. 예를 들어 초등의 경우 음악치료, 나만의 조명기구 만들기 등 학생들에게 적용 가능한 과학, 예술 분야의 실험실습을 진행한 반면, 중등의 경우 중합효소 연쇄반응을 통한 DNA 증폭, 몬테칼로 시뮬레이션, 고분자 자기조립현상을 이용한 나노제작 등 보다 전문적인 내용의 실험실습을 통해 현대 과학기술 분야의 연구 내용을 체험할 수 있도록 구성하였다. 실험실습 역시 만족도가 낮거나 교육과정과의 연계가 낮은 실험의 경우 다음 연수 프로그램에서 제외하였다. 실험실습 만족도 결과는 Figure 5와 같다. 연수 만족도 피드백을 반영하여, 교사들의 만족도가 낮은 실험실습을 제외하고, 교육현장에 적용가능한 실험실습을 구성하였기 때문에 해마다 만족도가 상승한 것으로 해석될 수 있다. 아래는 실험실습에 대해 교사들의 대표 의견을 정리한 것이다.

- 초등수준에서 학생들과 교실에서 해볼 수 있는 과학실험 체험이 있으면 좋겠다. (2012년 초등교사)
- 실험실습 수업을 좀 더 확대했으면 좋겠습니다. (2012년 중등교사)
- 대학원의 공대 랩 탐방이 좋았습니다. 랩 탐방 및 실험실습 시간을 늘리고 (과제) 개발 시간을 줄이는 것이 좋을 것 같습니다. (2014년 중등교사)

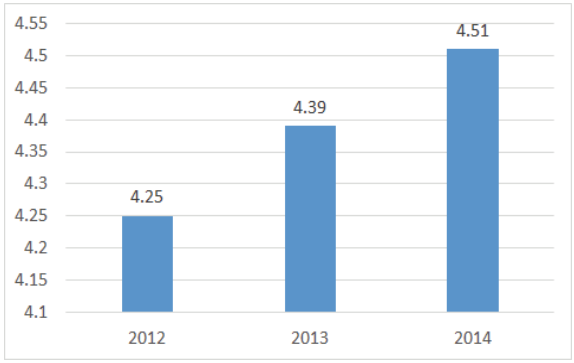

Figure 5. Satisfaction evaluation on experiment (2012-2014)

실험실습의 서술형 응답에서 특히 중등교사들이 실험실습 수업을 더 확대해 달라는 의견을 제시하였는데, 이는 중등교사들이 자신의 전공과 관련된 첨단과학 분야의 실험실습을 체험하는 것을 선호하고, 학생들에게 진로 안내를 하거나, 실험수업 주제로 적용할 수 있기 때문으로 여겨진다.

⑤ 조별활동

STEAM 수업 모듈 개발을 위한 조별활동 시간에는 집합연수기간 동안 학습한 다양한 경험(강의, 랩탐방, 실험실습, 멘토교사 수업 등)을 바탕으로 STEAM 수업 아이디어를 찾고, 이를 바탕으로 조별 STEAM 수업 모듈을 개발하는 활동을 하였다. 이때 각 조의 담당 멘토교사의 멘토링을 받아 수정보완한 STEAM 수업 모듈을 포스터로 제작하였다. 연수 마지막 날 포스터 전시 및 발표회를 통해 전체 조의 STEAM 수업 모듈을 관람함으로써 다른 동료교사들의 STEAM 수업 아이디어도 얻고, 발표 및 토론을 통해 얻은 개선점을 자신의 수업에 반영할 수 있는 시간으로 구성하였다.

- 조별활동을 통해서 다양한 전공과목 선생님들과 함께 고민해볼 수 있는 좋은 연수였습니다. (2012년 중등교사)
- 조별활동 시간을 좀 더 많이 주시면 감사하겠습니다. (2012년 초등교사)
- 기초 원격 연수만 받고 참가를 하게 되었다. 스팀아이디어 찾기, 모듈 찾기 등을 통해 선생님들과 함께 수업에 대한 직접적인 설계를 통해 학교에서 실천할 수 있는 용기가 생긴 것이 가장 큰 열매인 것 같다. (2013년 중등교사)
- 포스터 발표가 STEAM 수업에 대한 이해를 높이는 데 제일 큰 도움이 되었다. (2013년 중등교사)

조별활동 만족도 결과는 Figure 6과 같다. 위의 서술형 응답에서와 같이 다양한 전공과목 동료교사들과 협업하여 STEAM 수업 모듈을 개발하는 과정에서 STEAM 수업에 대한 자신감과 용기를 얻을 수 있고, 다양한 교과 내용이 포함된 STEAM 수업 모듈을 개발할 수 있다는 점에서 조별활동 만족도가 높아진 것으로 보인다. 집합연수기

간 중 조별활동 시간을 좀 더 늘리고 STEAM 수업 모듈을 개발하는 전 과정에 멘토교사가 함께 참여하여 멘토링을 진행하면 보다 더 완성도 높은 STEAM 수업 모듈을 개발할 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

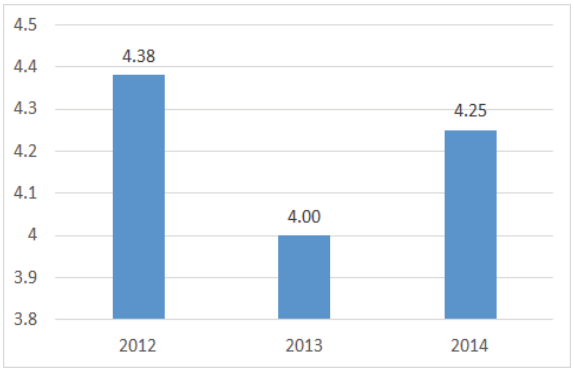

Figure 6. Satisfaction evaluation on group activities(2012-2014)

나. 온라인 연수

온라인 연수시간은 12시간(2014년 연수 기준)으로 6개 이상의 강의를 수강하고, 온라인 연수 과제로 온라인 강의 요약서 4개를 제출하도록 구성되어 있다. 온라인 연수 수강 기간은 1주일로 정해져 있으나 연수기간 중 계속 오픈하여 언제든지 들을 수 있도록 하였다. 온라인 강의는 약 30개 강좌 내외로 집합연수의 분반 강의, 멘토교사 강의, 2012~2013년 우수강의 등이 업로드 되어 있어, 교사들이 원하는 강의를 선택하여 수강할 수 있다. 또한 온라인 연수 사이트에서는 각 조별 프로젝트 게시판이 생성되어 있어 연수자와 멘토교사 간의 인적 네트워크를 구성하고, 연수 참가자들이 개발한 수업자료를 공유할 수 있다. 온라인 연수의 활동 내용은 Figure 7과 같다.

연수교사는 온라인 강의를 듣고, 조원들과 멘토교사와 함께 온라인 토론에 참여하면서 조별 STEAM 수업 지도안 작성을 하였다. 조별 STEAM 수업 지도안을 바탕으로 현장적용할 개별 STEAM 수업 지도안을 개발하였다. 멘토교사는 담당 조의 조별 STEAM 수업 지도안 및 조원들의 개별 STEAM 수업 지도안에 대한 멘토링을 소셜네트워크 서비스(예: 카카오톡, 네이버 밴드 등)를 이용하여 수시로 진행하였다. 온라인 토론과 멘토교사 멘토링을 통해 수정보완하여 최종 조별 & 개별 STEAM 수업 지도안을 완성하였다. 이와 같이 온라인 연수를 통해 시공간의 제약 없이 연수조원들과 멘토교사가 과제를 수행하고 멘토링을 진행할 수 있었다.

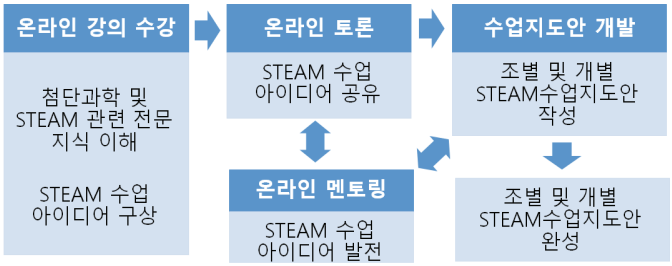

Figure 7. Learning process of online course of ASTTP

- 집합연수 후 온라인 연수를 통해 강의를 다시 한번 볼 수 있는 점이 좋았다. (2012년 중등교사)
- 온라인 연수기간을 좀 더 늘려주면 더 많은 강좌를 듣고자 하는 교사에게 좋을 것이다. (2013년 초등교사)
- STEAM 심화과정 이수자들에게 추가로 연수(온라인)를 청강할 수 있는 기회를 제공해주었으면 좋겠습니다. (2014년 초등교사)
- 온라인 연수기간이 길었으면 좋겠습니다. (2014년 중등교사)

온라인 연수 만족도는 Figure 8과 같다. 온라인 시스템 안정화, 연수 오픈 및 운영 기간 변경, 온라인 연수 수강 방법 등의 다양화, 강의의 우수성 때문에 만족도가 해마다 상승한 것으로 분석된다. 2012년 첫해에는 연수 사이트 시스템이 불안정하여, 강의 로딩이 끊기는 등의 문제가 있었으나, 해가 갈수록 안정화되었다. 2012~2013년에는 집합연수 후 온라인 연수가 진행되었으나, 2014년에는 집합연수 전 온라인 연수를 먼저 실시하여 연수자들이 연수 전에 강의를 수강함으로써 STEAM 교육에 대한 이해를 높일 수 있도록 하고, 전체 연수기간 동안 온라인 연수를 오픈하여, 더 많은 강의를 들을 수 있도록 하는 등 온라인연수 운영 기간에 변화가 있었다. 또한 2014년에는 스마트폰으로도 강의 수강이 가능하여, 온라인 연수 접근성이 더 용이해졌다. 한편 질적인 측면에서도 향상이 있었는데, 우수한 평가를 받은 강의들을 주로 제공하고, 원하는 강의를 선택하여 들을 수 있도록 한 점도 만족도가 높아진 이유로 해석할 수 있다. 이러한 내용은 위 연수자들의 서술형 응답에서도 확인할 수 있다. 온라인 연수의 경우 연수자들이 강의 동영상만 클릭하고, 내용은 보지 않는 경우가 종종 발생할 수 있지만, 본 연수의 경우 강의 기간 외에도 추가로 더 수강하고 싶다는 요청이 많았던 것으로 보아, 강의 콘텐츠만 우수하다면 온라인 연수도 효과적인 연수 방법이 될 수 있을 것으로 기대된다.

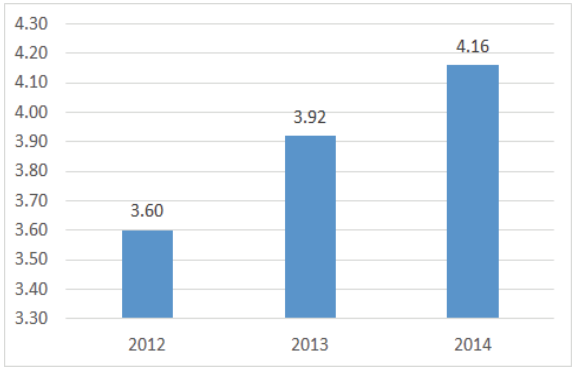

Figure 8. Satisfaction evaluation on online course(2012-2014)

다. 현장적용 및 성과발표

현장적용은 온라인 연수기간 중 개발한 STEAM 수업 지도안을 현장에 1~3차시 정도 적용하는 것으로, 심화연수에서 학습한 STEAM 교육을 실제 현장에 적용해 보는 기회이다. 2012년 연수자들의 피드백을 반영하여 2013년 연수부터 현장적용을 위한 교사의 준비시간을 연수시간에 포함하여 교사의 연수부담을 줄일 수 있도록 하였다. 현장적용 참여율을 높이기 위해 현장적용 후 수업 동영상을 제출

하도록 하였고, 최종 과제 제출 시 STEAM 수업 지도안에 학생 및 교사의 수업 참여 후기를 포함하여 제출하도록 하였다. 현장적용은 교사의 STEAM 수업 실행 능력을 향상시킬 뿐만 아니라 STEAM 교육의 현장확산에 기여하였다.

성과발표에서는 우수 수업 사례를 발표함으로써 수업자료 및 수업 경험을 공유하고, 현장적용의 생생한 경험담을 나눌 수 있는 기회를 제공하였다. 성과발표 만족도는 Figure 9와 같이 해마다 상승하는 것을 알 수 있는데, 동료교사들의 우수수업 사례 발표를 통해 다양한 수업 경험을 공유하는 것에 대해 높은 만족도를 나타내었다. 현장적용 및 성과발표와 관련되어 많이 언급된 수업실행보고서 후기 내용은 다음과 같다.

- 수업을 준비하는 과정은 상당히 힘이 들었지만 활동 전개 내내 보여주는 학생들의 즉각적인 반응으로 인해 STEAM수업의 의미와 효과를 다시 한 번 생각하게 되었다. (2014년 초등교사)
- 이 전의 수업은 내가 설계한 것이 아니라 모두 다른 사람이 설계한 것을 가져다 쓰거나, 변형시켜 수업을 하였다. 그러다 보니 이해가 가지 않는 부분도 있었고, '왜 이렇게 수업을 짰지?'하며 뒤엉켜 버린 내용에 당황한 적도 많았다. 하지만 이번 STEAM 수업은 내가 직접 설계를 하여 투입하였다는 점에서 가장 만족감을 느낄 수 있었다. (2014 중등교사)

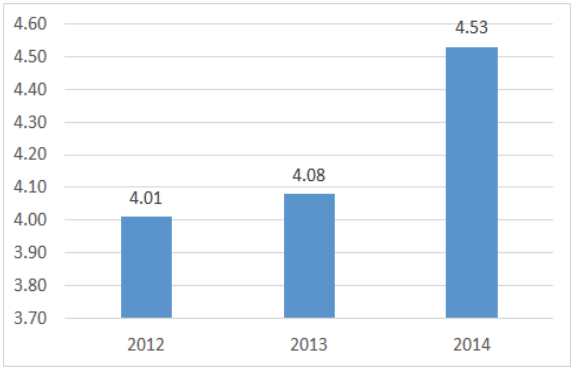

Figure 9. Satisfaction evaluation on workshop(2012-2014)

분석 결과, 교사 스스로 STEAM 수업에 대한 확신이 없었고 수업을 준비하는데 여러 가지 어려움이 있었지만, 막상 수업을 하였을 때 학생들이 보여주는 긍정적인 반응을 보고 STEAM 수업의 효과에 대해 인식하게 되었음을 알 수 있었다. 그리고 자신이 직접 개발한 STEAM 수업을 적용함으로써 더욱 만족감이 높아지게 되었다고 응답하였다. 이를 토대로 현장적용은 교사들이 STEAM 수업을 직접 적용해봄으로써 STEAM 수업의 효과를 인식하고, 교사들의 만족감을 높이는데 효과적임을 알 수 있었다.

2. 연수 프로그램이 교사들의 STEAM 역량함양에 미친 효과

STEAM 심화과정 교사연수 프로그램이 교사들의 STEAM 역량함양에 미친 효과는 Table 3과 같다. 2012년 3.97, 2013년 4.11, 2014년 4.13으로 꾸준히 연수의 효과에 대한 평가가 높아지는 것으로 나타났다. 문항 1~4는 본 연수를 통해 교사들이 느끼는 자신의 STEAM 역량함양에 대한 자기평가 내용으로, 본 연수가 학교 현장확산에 미칠 수 있는 영향을 간접적으로 예측해볼 수 있다. 특히 문항 1의 "현장에 실천 가능한 실천적 역량함양에 도움이 되었다."와 문항 2의 "향후 내가 실천하게 될 STEAM 교육에 많은 영향을 미칠 것이다."의 경우, 1차 년도에는 각각 3.73, 3.98로 비교적 낮은 결과를 보였으나, 3차 년도에는 각각 4.12, 4.18로 높은 만족도 상승이 이루어진 것으로 점차 개선된 연수가 STEAM 교육의 현장확산을 담당할 교사들의 STEAM 역량함양에 효과적이었다고 느끼고 있음을 알 수 있었다.

이러한 결과는 교사들이 현장적용 후 제출한 '수업후기 보고서'에서도 찾아볼 수 있다. 아래 교사들의 응답을 살펴보면, STEAM 심화과정 교사연수를 통해 교사들은 융합인재교육의 필요성과 실천에 대한 교사의 역할에 대해 깊이 생각해볼 수 있는 기회를 가졌으며, 교사로서의 전문성 향상을 위한 끊임없는 노력을 이어가야한다는 성찰의 자세를 나타내고 있다. 또한 연수 이수에 끝나지 않고 현장에서의 적용에 대한 적극적인 의지도 보여주고 있다.

- STEAM 수업이 많은 학생들의 사고력 증진과 문제해결력에 많은 도움이 되고 창의성을 가지고 다른 사람과 소통 배려할 수 있는 융합형 인재를 기르는데 정말 많은 도움이 될 수 있을 것이라고 생각되며, 이번 연수는 그것을 느끼는데 충분한 기회였다고 본다. 더욱 많은 연수와 연구를 통해 STEAM 교육을 접하고 이를 학생들과 함께 이끌어나가는데 많은 역할을 해야겠다고 다짐해본다. (2013 중등교사)
- 바쁜 학교 일정 속에서 STEAM 수업을 구상하여 적용해본다는 것은 교사의 관심과 노력이 필요하다. 적합한 상황과 소재를 찾아보고 활동을 구성하여 그에 따른 학습 준비를 하고 수업을 실행하는 과정 속에서 어려운 점도 있었다. 하지만 학생들에게 융합적 사고의 경험과 즐거움을 줄 수 있는 좋은 수업을 연구한다는 것은 뜻깊은 일이었고 교사로서 자질과 능력을 좀 더 키울 수 있는 경험이 되었다. (2014 초등교사)
- 수업을 준비하면서 나 자신이 융합적 사고를 하는 과정 속에서 앞으로의 미래 교육에 알맞은 교사로서 조금이나마 고민하고 역량을 기를 수 있는 점, 기존의 교과 중심에서 볼 수 없었던 학생들의 변화와 즐겁게 수업에 참여 하는 모습 속에서 수많은 어려움 속에서도

Table 3. List of questions for evaluating effects of ASTTP (2012~2014)

번호		문항	2012	2013	2014
효과	1	「STEAM 심화과정 교사연수」는 현장에 실천 가능한 실천적 역량함양에 도움을 주었다.	3.73	4.08	4.12
	2	「STEAM 심화과정 교사연수」는 향후 내가 실천하게 될 STEAM 교육에 많은 영향을 미칠 것이다.	3.98	4.17	4.18
	3	「STEAM 심화과정 교사연수」는 동료 교사들과의 활동을 통해 인적네트워크를 구성할 수 있었다.	4.07	4.27	4.10
	4	「STEAM 심화과정 교사연수」를 통해 구성된 동료 교사들과의 인적네트워크는 향후 STEAM 교육을 실천하는데 많은 도움이 될 것이다.	4.09	3.93	4.10
계			3.97	4.11	4.13

STEAM 수업에 대한 필요성을 느낄 수 있었다. (2014 초등교사)

- 스팀심화연수를 받고 스팀이 무엇이고 왜 필요한지에 대해 알게 되었다. 학교에서는 아직 스팀 수업을 적용하고 있지 못하지만 이공계 진출 학생들을 양성하는 과학교사로서 창의적이고 융합적 사고를 할 수 있는 인재를 키우기 위해 교사부터 변해야 겠다는 깨달음을 얻었다. (2014 중등교사)
- 연수 때만이 아닌 평소에 지속적으로 STEAM 교육을 실천해야겠다는 생각을 하게 되었다. 연수를 위한 수업을 하려고 하니 힘들고 일회성의 수업을 할 경우가 많을 것 같다. 내년에는 이번 연수에서 배운 내용을 토대로 지속적이고 즐거운 STEAM 수업이 되도록 노력해보아야겠다. (2014 초등교사)

문항 3, 4의 결과에 의하면 조별활동을 통해 구성된 인적네트워크 형성은 1차 년도에서부터 4.07, 4.09로 높은 만족도를 보였다. 이것은 교사들이 협력적 학습의 중요성을 높게 인식하고 있다는 것으로 해석할 수 있다. 이러한 결과는 본 연수 프로그램이 교사의 학습공동체 형성을 통한 전문성 발달을 목표로 조별활동을 기반으로 프로그램을 개발하고 운영상에 적극 반영한 결과로 풀이된다. 이는 연수 전반에 걸친 만족도를 높여주고 효과적인 운영결과를 이끄는데 기여한 바가 있을 것이라 해석된다. 아래 실제 교사들의 수업실행후기보고서와 서술형 응답의 분석에서도 이와 비슷한 결과를 얻을 수 있었다.

- 여름 방학동안 이대에서 STEAM 수업받는 과정, 지도안 계획, 조별 포스터 제작 등 조원들의 협의와 수업에 대한 자료를 찾으면서 정말 머리에 STEAM 나게 힘든 연수였고, 수업을 진행하면서도 역시나 쉽지 않은 과정이었다. 그러나 수업을 받는 학생들의 적극 참여하는 모습을 보며 고생한 만큼 보람도 느낀 수업이었다. (2013 중등교사)
- 길지 않게 느껴졌던 스팀 심화연수는 융합인재교육에 대한 나름대로의 방법을 정리해낼 수 있는 소중한 경험을 제공해 주었다. 연수 운영진에게 다시 한 번 감사의 인사를 드리고, 많은 과학교사들이 이와 같은 경험을 공유할 수 있기를 희망해 본다. (2014 중등교사)

연수 참여 교사들은 조원들과의 협의를 통해 수업자료를 개발해가는 과정과 현장에서 실천해본 경험, 그리고 이같은 경험을 조별활동을 통해 조원들과 공유했던 점을 인상 깊게 평가했던 것으로 보인다. 특히 사례발표 단계에서는 연수 종료 이후에도 동료교사들의 경험을 공유하고 우수 자료를 발굴해 내어 더욱 발전시킬 수 있도록 지원이 이루어지기를 희망하였다. 이후 본 연수센터에서는 저작권 등의 이유로 전체 교사들 간의 자료 공유는 공개적으로 지원해주지 못하였으나, 일부 교사들이 자발적으로 소셜네트워크서비스(예: 네이버 밴드, 카카오톡, 웹하드 등)를 활용해 교사학습공동체를 형성해 나갔다.

Ⅳ. 결론 및 제언

앞으로 다가올 미래사회는 융합적인 과학기술의 경쟁력이 더욱 요구되는 사회이기에, 우리나라는 '융합적 마인드를 갖춘 창의적 과학기술 인재 양성'이라는 교육 목표아래 정책적으로 STEAM 교육을 실시하고 있다. STEAM 교육이 학교 교육에 정착하기 위해서 교사의 STEAM 교육을 위한 역량 강화가 매우 강조되고 있다. 이에 본 연구에서는 국내 다양한 STEAM 교사연수 프로그램 중 최종단계인 심화과정 프로그램의 개발과 운영 결과에 대하여 소개하고 그 시사점을 도출하고자 하였다.

STEAM 심화과정 교사연수는 교사들의 STEAM 교육의 실행에 효과적인 도움을 줄 수 있도록 구성된 프로그램으로, 내용적인 측면에서 STEAM과 관련한 교육학, 과학, 수학, 기술, 공학 및 예술 분야까지 여러 분야의 전문적 지식을 다루었으며, 온오프라인의 연수 형태 안에 강의 및 실험, 랩탐방, 교육 프로그램 개발 및 현장적용 등 다양한 교수학습방법을 적용하여 새로운 교사연수 형태를 보여주었다. 또한 연수에 참여하였던 교사들에 의해 3년간 약 700개의 다양한 주제의 STEAM 수업모듈이 개발되어 초중등 학교 현장에 적용됨으로써 많은 학생들이 STEAM 교육을 받게 되어 STEAM 교육의 현장 확산에 기여하였다. 연수프로그램의 내용과 구성요소 및 운영 방법에 있어서도 매우 높은 만족도 결과를 나타내었다. 특히 강의가 주를 이루는 대부분의 직무연수와는 다르게 체험을 기반으로 한 실습, 수업자료 개발 및 현장적용까지 접목되어 교사의 STEAM 역량함양에 실제적 도움이 된 점, 조별 STEAM 프로그램 개발 후 교사 개인의 수업에 맞춰 개별화할 때 교사의 재구성 능력이 발휘될 수 있었던 점, 멘토링과 조별활동을 통해 교사들이 서로 협력하면서 발전할 수 있었던 점, 사례 발표 및 포스터 발표회 등을 통해 교사들이 학습공동체 안에서 아이디어를 공유하고 발전시킬 수 있었던 점들이 STEAM 심화과정 교사연수 프로그램의 장점으로 평가되었다.

교사연수 프로그램은 교사의 전문성 발달을 기본 목표로 개발되어 효과적으로 운영되어야 한다. 교사의 전문성 발달은 교수 실행이라는 맥락 아래, 교사 자신의 꾸준한 반성과 실천을 통해 이루어지며, 이는 교수 환경, 교육 정책, 학생의 성과 등 다양한 교사 '외적 요인(External Domain)'에 의해 촉진된다(Borko, 2004; Clarke & Hollingsworth, 2002). 따라서 교사들의 STEAM 전문성 발달을 위한 STEAM 심화과정 교사연수 프로그램은 다음과 같은 시사점을 갖는다. 첫째, 다양한 분야의 최신 연구를 접하여 교과 전문가인 교사들에게 각 학문 분야의 최신 지식에 대한 호기심을 가질 수 있는 기회를 제공하였다. 이는 교육과정에 국한된 정체된 교과지식 외에 전공분야에 대한 보다 심화 내용의 학습을 통해 교사의 교과내용지식의 발달을 이끌 수 있다. 둘째, 프로그램 개발과 현장적용까지 연계하여 교사 자신의 교수실행능력에 대한 성찰을 이끌어 냈다. 이는 교사의 실천적 능력 함양에 실제적 자극이 되는 단계로 교사연수프로그램의 필수 구성요소로 추천될 수 있다. 셋째, 같은 조에 속해있는 동료교사 및 멘토교사와의 STEAM 조별 프로그램 개발이라는 공동의 목적(shared meaning)을 추구하는 과정(Howe & Stubbs, 2003; Palincsar *et al*., 1998)에서 조별활동과 멘토링이라는 활동이 또 다른 외적요인으로 작용해 교사의 교수실행과 반성을 촉진하는 역할을 하였다. 이는 교사전문성 발달을 위한 효과적인 교사연수프로그램의 운영 방법으로 기대될 수 있다.

STEAM 심화과정 교사연수는 다음과 같은 함의점을 제시할 수 있다. 우선, 초등교사인 경우 37.9%가 과학전공 교사이며, 중등교사인 경우는 78.2%가 과학교사들이어서 STEAM 교육의 확산이 과학교과에 중점적으로 이루어지는 경향이 있다. 특히 중등교사들 중 과학교사가 유독 많았던 이유는 연수 주최 기관명이 "첨단과학"교사연수센터이기 때문에 일선 학교에서 과학교과 관련 연수로 인식하여, STEAM 심화과정 교사연수 모집 공문이 과학전공 교사들에게만 안내된 경우가 많았다고 한다. 이 때문에 타교과 전공 교사들이 STEAM

심화과정 교사연수에 대해 전혀 알지 못하거나, 알았더라도 본인의 전공과 관련 없는 연수라 인식하여 신청을 하지 않은 것으로 보인다. STEAM 교육이 미래세대를 위한 교육으로 강조되고 있는 이 시점에 진정한 융합교육의 실천과 확산을 위해서는 다양한 교과의 교사들의 참여가 요구된다. 여러 교과 간 교사들의 협업을 통해 보다 창의적이고 융합적인 STEAM 교육 프로그램이 구성되고 실행될 수 있는 여건이 학교현장에 마련되고 격려되어야 할 필요가 있다. 둘째, STEAM 심화과정 교사연수를 통해 상당한 양의 STEAM 프로그램이 개발되었지만, 저작권 등의 제도적인 문제로 인하여 자료의 공유가 확대되지 않고 있다. 같은 기수의 연수참여자들 간에는 포스터 발표회나 사례발표 등을 통해 다른 교사들과의 아이디어의 공유 기회가 제공되어 효과적인 연수라는 교사들의 의견이 있었지만, 실제 개발된 프로그램과 수업지도안, 활동지 등이 공개적으로 공유되지 못하였고, 다른 기수의 연수참여자들 간의 공유는 거의 이루어지지 못하였다. 교사들이 처음부터 새로운 프로그램을 개발하는 것도 중요하지만, 기존의 것으로부터 자신의 수업에 맞춰 재구성하고 활동지나 수업 자료 등을 더욱 정교화하고 발전시켜 수업에 활용하는 것도 중요하다. 따라서 STEAM 교육의 효과적인 현장확산을 위해서 심화과정 교사연수에서 개발된 프로그램들 중 우수한 사례를 선별하여 공유함으로써 다른 교사들에게 도움이 되는 교육 자료로 활용될 수 있도록 정책적, 제도적 지원의 뒷받침이 필요하다.

국문요약

본 논문은 융합적 사고와 창의적 문제해결력을 지닌 인재 양성을 목표로 시작된 STEAM 교육의 현장확산을 위한 교사연수 중 심화과정 교사연수 프로그램의 개발과정 및 운영 결과를 바탕으로 STEAM 교사연수에 대한 시사점을 고찰하고자 한다. STEAM 심화과정 교사연수 프로그램은 교사들의 STEAM 역량 강화를 위하여 개발되었다. 총 60시간(4학점)의 직무연수로, 집합연수 38시간, 온라인 12시간, 현장적용 5시간, 성과발표 5시간으로 구성(3차년도 기준)하였다. 집합연수는 강의, 멘토교사수업, 실험실습 및 랩탐방, STEAM 수업자료 개발을 위한 조별활동, 포스터발표회로 구성되었다. 온라인 연수는 추가 강의 이수와 지속적인 교사 커뮤니티 활동을 이어갈 수 있도록 구성되었다. 또한 집합연수와 온라인 연수를 통해 개발된 STEAM 수업자료의 현장적용을 의무화하였다. 마지막으로 성과발표는 우수 수업 사례 발표를 통해 교사들이 STEAM 교수 경험을 공유할 수 있도록 하였다. 2012-2014 동안 서울, 경기, 인천, 강원, 제주 지역의 초중등교사 약 700명이 본 연수를 이수하였다. 설문 조사 결과를 바탕으로 지속적으로 프로그램의 세부 내용 및 구성을 개선해나가면서 연수참여자들의 연수에 대한 만족도를 향상시켰다. 또한 본 연수 프로그램은 교사들의 STEAM에 대한 이해를 높이고, 자료개발과 현장적용을 통해 교사들의 STEAM 역량을 높이는데 효과적이었음을 알 수 있었다. 본 연수는 앞으로 이와 유사한 STEAM 교사연수 프로그램의 개발 및 운영에 참고가 될 수 있을 것이다.

주제어 : STEAM, 교사연수, 교사 역량, 초등교사, 중등교사, 과학교육

References

Baek, S., Ham, E. Lee, J., Shin, H., & Yu, Y. (2007). A theoretical inquiry on the construct for teaching competence in secondary school. Asian Journal of Education, 8(1), 47-69.

Borko, H. (2004) Professional development and teacher learning: Mapping the terrain. Educational Researcher, 33(8), 3–15.

Brookhart, S. M. (2009). Exploring formative assessment. Alexandria, VA:ASCD.

Chae, H., Noh, S. (2014). Research Articles : Analysis of teachers` stages of concern and levels of use on STEAM of the 2009 elementary science curriculum. Journal of Korean Elementary Science Education, 33(4), 634-645.

Cho, S., Park, C. (2013). The analysis on degree of concerns for STEAM education of elementary school teachers. Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, 25(3), 743-755.

Clarke, D., & Hollingsworth, H. (2002). Elaborating a model of teacher professional growth. Teaching and Teacher Education, 18(8), 947–967.

Cochran-Smith, M., & Lytle, S. L. (1999). Relationships of knowledge and practice: Teacher learning in communities. Review of Research in Education, 24, 249-305.

Geum, Y., Bae, A. (2012). The recognition and needs of elementary school teachers about STEAM education. The Journal of Korean Institute of Industrial Education, 37(2), 57-75.

Grant, C. A. (2008). Teacher capacity: Introduction to the section. In M. Cochran-Smith, S. Feiman-Nemser, D. J. McIntyre & K. E. Demers (Eds.), Handbook of research on teacher education: Enduring questions in changing contexts (pp. 127-133). New York, NY: Association of Teacher Educators.

Greene, C. (2007). Mixed methods in social inquiry (Vol. 9). John Wiley & Sons.

Han, H., Lee, H. (2012). A study on the teachers' perceptions and needs of STEAM education. Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction, 12(3), 573-603.

Hwang, E., & Baek, S. (2008). A comparative research on the results between self-reported evaluation and experts' evaluation of practical teaching competence in secondary school. Journal of Educational Evaluation, 21(2), 53-74.

Hollins, E. R. (2011). Teacher preparation for quality teaching. Journal of Teacher Education, 62(4), 395-407.

Howe, A. C. & Stubbs, H. S. (2003). From science teacher to teacher leader: Leadership development as meaning making in a community of practice. Science Education, 87(2), 281-297.

Kang, S., Lee, H., Kim, Y., & Kim, K. (2008). The perception of in-service and pre-service science teachers of the training program, and the practical use of advanced science laboratory equipment. Journal of the Korean Association for Research in Science Education, 28(3), 880-889.

Kim, J. (2011). Teacher training models and practical strategies for the field-oriented blended learning, Journal of Education & Culture, 17(1), 33-57.

Kim, J. & Lee, G. (2005). Logical investigation on the teachers' self-evaluation strategy of instructional competence for improving quality of instruction. Journal of Educational Evaluation, 18(3), 19-38.

Kim, S., Chung, Y., Woo, A., & Lee, H. (2012). Development of a theoretical model for STEAM education. Journal of the Korean Association for Research in Science Education, 32(2), 388-401.

Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity. (2015). Easy and visible introduction on STEAM education. Korea Foundation by the Achievement of Science & Creativity. Seoul.

Kolb, A. & Kolb, D. A. (2001). Experiential learning theory bibliography 1971-2001, Boston, Ma.: McBer and Co, [http://trgmcber.haygroup.com/Products/learning/bibliography.htm]

Kwon, N. & Ahn, J. (2012). The analysis on domestic research trends for convergence and integrated science education. Journal of Korea Association for Science Education, 32(2), 265-278.

Lee. E. (2012). Study on the awareness of the high school teachers regarding 'Science' of the revised curriculum 2009 (Master's thesis). Korea National University of Education, Cheongju.

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.

Lim, S., Kim, Y., Lee, T. (2014). Analysis of Elementary School Teachers` Perception on Field Application of STEAM Education. Journal of Science Education, 38(1), 133-143.

McDiarmid, G. W., & Clevenger-Bright, M. (2008). Rethinking teacher capacity. In M. Cochran-Smith, S. Feiman-Nemser, D. J. McIntyre & K. E. Demers (Eds.), Handbook of research on teacher education: Enduring questions in changing contexts (pp. 134-156). New York, NY: Association of Teacher Educators.

Ministry of Education, Science & Technology. (2010). 2011 Business Report: Window to open the creative talent and the advanced science and technology future of republic of Korea.

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, H., & Choi, M. (2004). The development of the teaching competency model for HRD(Human Resources Development). Journal of Employment and Skills Development, 7(2), 1-28.

Palincsar, A. S., Magnussen, S. J., Marano, N., Ford, D., & Brown, N. (1998). Designing a community of practice: Principles and practices of the GIsML community. Teaching and Teacher Education, 14(1), 5-19.

Park, H., Kim, Y., Noh, S., Lee, J., Chung, J., Choi, Y., Han, H., & Paik, Y. (2012). Components of 4C-STEAM education and a checklist for the instructional design. Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction, 12(4), 553-557.

Popham, W. J. (2008). Transformative assessment. Alexandria, VA: ASCD.

Seo, K. (2009a). Teacher learning communities and professional development. The Journal of Korean Teacher Education, 26(2), 243-276.

Seo, K. (2009b). Teachers` experience of reconstructing national curriculum. The Korean Society For Curriculum Studies, 27(3), 159-189.

Sergiovanni, T., & Strarratt, R. (2007). Supervision: A redefinition (8th ed.). New York: McGraw Hill.

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, J. (2013). Survey of primary & secondary school teachers' recognition about STEAM convergence education. Korean Journal of Learning Science, 7(2), 29-53.

Shin, Y., & Han, S. (2011). A study of the elementary school teachers` perception in STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) education. Journal of Korean Elementary Science Education, 30(4), 514-523.

Smith, K. S., & Simpson, R. D. (1995). Validating teacher competencies for faculty members in higher education: A national study using the delphi method. Innovative Higher Education, 19, 223-234.

Son, Y., Jung, S., Kwon, S., Kim, H., & Kim, D. (2012). Analysis of prospective and in-service teachers' awareness of STEAM convergent education institute. For Humanities and Social Scienwces, 13(1), 255-284.

Song, S., Nam, B., Kim, H., Han, H., & Shim, K. (2012). Study on perceptions of high school students and science teachers about high school fusing science, Journal of Science Education, 36(1), 130-138.

Sung, C., & Chung, Y. (2013). Secondary science teachers' attitudes toward teaching and teaching anxiety when they teach in a non-major science field. Journal of Research in Curriculum Instruction, 17(2), 281-295.

Yoo, J., Hwang, S., & Hahn, I. (2016). A comparative study of perceptions on STEAM education by the primary and secondary school teachers who participated in the advanced STEAM teacher training program. Journal of Research in Curriculum & Instruction, 20(1), 50-58.

Yoon, H., Yoon, W., & Woo, A. (2011). High school science teachers' perceptions of the 2009 revised science curriculum and the science textbook. Journal of Research in Curriculum Instruction, 15(3), 757-776.

Wenger, E. (1998). Communities of practice: Learning, meaning, and identity. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Woo, J. (2013). A qualitative research on the high school teachers' perception STEAM education (Master's thesis). Ewha Womans University, Seoul.

부록

Table 1. Titles of the lectures

분야	강의제목
STEAM 교육학	STEAM 융합을 위한 교육학적 모델 / 융합교육의 원리와 방법: 차이와 경계를 넘어 / 첨단과학기술과 관련된 사회쟁점에 대한 토의 / 토론 기반 융합 수업 / 수학적 관점에서 본 STEAM 교육과정 개발 및 적용 / STEAM 교육정책 및 추진방향 등
수학/물리/생물/ 화학 등 자연과학	빅데이터 시대의 수학의 의미 / 생물다양성과 생물자원 / 외계 행성계의 발견 / 얼음의 역발상: 물 / 생물다양성과 생물자원 / MAS: 수학(M)이 예술(A)과 과학(S)를 만나다 등
환경공학/ 생명공학/의학물리 등 기술・공학	식량과 환경문제 해결을 위한 식물공장 / 바이오전자공학기술의 이해와 응용 / 바이오 의약품을 통한 질병의 정복 / 암 연구를 위한 생명과학기술 / 세포신호전달과 신약개발 전략 / 반도체 공학 개론 등
인문사회	공간정보기술 활용 수업 / 전통과 고전의 계승과 창조 / 생태학과 기술적 상상력 시대의 예술 / 초현실주의의 기법과 창의성 계발 / 시간을 아는 자, 세상을 지배한다! / 한국 경제와 재벌 / 문학적 상상력을 통해 보는 세계 등
예술	영화 분석의 기초 / 공학과 디자인 / 상호작용성을 활용한 에듀테인먼트 콘텐츠 / 르누아르, 빛을 그리다 / 새로운 시지각의 탄생 / The Media in Wonderland 등

Table 2. List of open-laboratory tour

분야	Lab
생명과학	• 기능유전체학실험실 • 단백질공학연구실 • 고분자생체재료연구실
물리학	• 응용핵물리실험실
	• 나노소자물리 실험실
	• QMMRC Clean Room
공간디자인	• 공간디자인랩
환경공학	• 대기환경실험실
	• 기후/환경변화 예측 연구센터
	• 환경생물공학연구실
건축학	• 디지털건축연구실
영상디자인	• 디지털 에듀테인먼트 연구소
뇌인지과학	• 신경생리연구실
에코과학	• 분자생태학연구실

Table 3. List of experiments and activities

분야	실험실습
컴퓨터공학	• 비주얼블락을 이용한 안드로이드 프로그래밍을 통한 모바일 앱 제작
	• 레고마인드스톰을 활용한 로봇 프로그래밍 및 응용 개발
환경	• 이온크로마토그래피(IC)를 이용한 대기 중 총 부유분진 시료의 음이온 분석
	• 환경을 지키는 보이지 않는 조력자
공간디자인	• 나만의 조명기구 만들기
음악치료	• 학교현장을 위한 음악치료 체험
뮤직 테크놀로지	• 켈터 그림을 그리다 • 백남준 TV를 바꾸다
화학	• 온도민감성 물의 이해 및 특성 규명
	• 과학과 미술의 융합- 색의 과학
	• 화학정원 만들기
물리학	• Atomic Force Microscopy를 이용한 나노측정
	• 몬테칼로 시뮬레이션
화학・나노	• 고분자 자기조립현상을 이용한 나노제작
생명과학	• 중합효소 연쇄반응을 통한 DNA 증폭