

융합 인재 교육 경험을 가진 중등 과학 교사들의 공학적 설계에 대한 인식 탐색

최윤희*

이화여자대학교

Exploring the Perception of Integrated STEAM Secondary Teachers on Engineering Design

Yunhee Choi*

Ewha Womans University

Abstract : This study explores the perception of Engineering Design of teachers who have long experience in the Integrated STEAM education. The teachers participating in this study were 12 elementary and secondary teachers with more than five years of experience in the Integrated STEAM Education. The study conducted semi-structured interviews. Interview questions focused on experiences of Integrated STEAM Education and recognition of Engineering Design, whether or not to reflect the curriculum of Engineering Design, and actual cases of Integrated STEAM Education with Engineering Design. As a result of this study, the teachers who participated in this study recognized that 'identification and coexistence of concepts for science, technology, and engineering' about Engineering Design, 'Creative design is possible when creativity is added to Engineering Design', 'Engineering Design is to analyze the economic feasibility and utility of the output created through the creative design process', 'Engineering Design is only for students who choose a career in science and engineering'. Based on this research, We need to establish and present correct concepts for science, technology, and engineering, and make an effort to include Engineering Design for solving scientific problems in the curriculum. In addition, we will have to develop and spread the Integrated STEAM Education program including Engineering Design and apply it in the field. Through this, we will have to find concrete action plans to improve the perception of science and engineering Integrated STEAM programs and Engineering Design among novice teachers and preservice teachers.

keywords : Integrated STEAM Education, Engineering Design, Secondary Science Teacher

I. 서론

최근 융합 인재 양성을 위한 국가적 관심이 높아지고 학생들의 과학, 기술, 공학, 수학 분야에 대한 낮은 흥미와 직업 기피 현상의 문제가 대두되면서 융합 인재 교육(Science, Technology, Engineering, Mathematics, & Art)이 강조되고 있다. 우리나라에서도 2015 개정 과학 교육과정에서 융합 교육의 중요성을 강조하고 있으며, 여러 국제 비교 연구를 분석한 결과 대부분의 많은 학생들은 높은 과학 학업 성취도를 이루었음에도 불구하고 과학에 대한 흥미와 과학 활동에 대한 자존감이 매우 낮게 나타나 이러한 문제

를 해결하기 위한 하나의 방법으로 STEAM 교육의 중요성이 주장되어 왔다(MOE, 2010). 이러한 흐름에 맞추어 2007년부터 교육부와 한국과학창의재단의 적극적인 지원으로 지금까지 다양한 종류의 융합 인재 교육(STEAM) 프로그램이 개발되고 있다(Moon, 2009; Lee *et al.*, 2013; Lim & Kim, 2014). 융합 인재 교육은 과학, 기술, 공학, 예술, 수학 교과 또는 내용을 통합적으로 가르침으로써 과학 기술에 대한 학생들의 흥미와 이해력을 높여 융합적 사고력(STEAM literacy)을 함양하고 실생활 문제를 창의적으로 해결하는 능력을 기를 수 있는 교육이라고 정의할 수 있다(Kim, 2012; MOE, 2010).

* 교신저자: 최윤희 (yhchoi77@ewha.ac.kr)

** 2021년 10월 27일 접수, 2021년 11월 22일 수정원고 접수, 2021년 11월 22일 채택
<http://dx.doi.org/10.21796/jse.2021.45.3.364>

과학 교육에서도 급속히 발달하는 과학 기술과 과학 지식의 증가에 발맞추어 과학과 기술, 공학, 수학을 통합하여 그 핵심 지식과 기술을 유치원부터 고등학교 수준까지 효율적으로 가르쳐야 한다는 필요성이 국제적으로 제시되어 있다(National research council, 2010; Moore *et al.*, 2014). STEM 교육이라고 부르는 이러한 운동은 미국을 중심으로 등장하였으며, 이러한 능력 향상에 필요한 핵심적인 과학, 공학 지식을 기준으로 교육과정을 개편하는 등의 변화가 뒤따랐다. 2012년에 개발된 미국의 차세대 과학 교육 표준(Next Generation Science Standards, 이하 NGSS)은 지금까지 과학 교육의 표준에 포함하지 않았던 공학적 설계 과정을 과학교육의 핵심 요소 중 하나로 포함시켰다(National Research Council, 2012). 공학적 설계 과정은 21세기를 살아갈 초·중등 학생들에게 실제 세계를 반영하는 문제를 제공하고, 이를 해결하기 위해 수학과 과학지식을 제공함으로써 과학적 소양과 창의적 문제 해결 능력을 함양하고 과학, 기술, 공학, 수학과 관련된 흥미와 태도 및 진로에 대해 긍정적으로 향상 시키기 위한 교육적 전략을 의미한다(Apedoe, Reynolds, Ellefson, & Schunn, 2008, Erwin, 1998; Katehi, Pearson, & Feder, 2009; Koszalka, Wu, & Davidson, 2007; NRC, 2009; Roth, 2001).

반면, 한국의 융합 인재 교육의 준거틀(MOE, 2012; MOE, 2017)은 공학 설계에 대한 구체적인 내용이 포함되지 않은 상황이다. 그럼에도 불구하고 미국에서 제시하고 있는 초·중등 학생들을 위한 공학 교육과정(NRC, 2009)을 기반으로 한 공학 설계 중심의 수업은 고도의 협력적인 능력이 필요하며, 다양한 문제 상황을 해결 할 수 있는 다양한 방법이 존재할 수 있으므로 학생들이 과학, 수학, 기술 및 공학적 개념을 학습하는 과정에서 의미 있는 내용을 다룰 뿐만 아니라 모델링과 분석 및 종합적 사고력을 향상시킬 수 있다. 이러한 차이가 나타나는 이유는 우리나라의 융합 인재 교육을 위한 준거틀에서 다루는 내용의 영향을 직접적으로 받기 때문이라고 볼 수 있다.

양질의 융합인재 교육을 위한 프레임 워크에는 의미 있는 통합 STEM(Integrated STEM) 교수 및 학습에 필요한 6가지 핵심 요소가 중요한 요소임을 강조하고 있다(Moore *et al.*, 2020). 첫째, 통합 STEM 교육과정의 독특한 특징은 동기를 부여하고 참여를 유도하는 맥락을 사용하는 것인데, 이는 학생들이 자신의 개인적인 지식과 경험의 확장을 기반으로 하는 단위 활동을 이해하는 데 도움이 될 수 있다. 교육과정과 교육내용의 맥락은 강력하고 확실한 목적을 포함해야 하고 학생들이 개인적으로 의미 있고 부분적

으로 또는 완전히 현실적인 상황에서 엔지니어링 프로세스(Engineering Process)를 적용할 수 있도록 현재 사건 또는 현대 문제를 포함해야 한다(Brophy, Klein, Portsmore, & Rogers, 2008; Carlson & Sullivan, 2004; Frykholm & Glasson, 2005; Kolodner *et al.*, 2003). 둘째, STEM 단위는 엔지니어링 설계(Engineering Design) 과제에 참여하는 학생들이 엔지니어링 설계 프로세스(Engineering Design Process) 및 엔지니어링 설계에 대해 배울 수 있도록 해야 하며, 우수한 엔지니어링 설계 과제를 통해 학생들은 문제를 해결할 기술을 탐색하거나 개발할 수 있다. 이때, 학생들에게 제약, 안전, 위험 및 대안에 대한 해결 방안을 고려하도록 요구하는 것이 필요하다(Kolodner *et al.*, 2003; Morrison, 2006). 셋째, 실패로부터의 학습은 엔지니어링 설계 프로세스 및 학생 학습의 중요한 부분으로 작용하게 된다(Kolodner *et al.*, 2003; Wendell & Rogers, 2013). 넷째, 통합 STEM 단위는 학년 수준에 적합한 과학 및 수학 내용을 포함해야 한다. 따라서, 학생들은 엔지니어링 문제(Engineering Problem)를 해결하기 위해 기초 과학 및 수학 개념을 배우고, 이해하고, 사용할 수 있는 활동에 참여하는 것이 매우 중요함을 의미한다(Fortus, Dershimer, Krajcik, Marx, & Mamlok Naaman, 2004; NAE & NRC, 2009; Penner, Lehrer, & Schauble, 1998). 다섯째, 통합 STEM 단위의 수업과 활동은 학생 중심이어야 합니다. 이전 연구에 따르면 학생들은 학습 활동에 대한 적극적인 참여를 통해 기술과 공학에 대한 이해를 넓힐 수 있게 된다(NRC, 2000; Smith, Sheppard, Johnson, & Johnson, 2005). 특히, 프로젝트 기반 또는 문제 기반 접근 방식은 학생들에게 복잡한 시스템 및 과학 개념의 개념 학습을 위한 좋은 기회를 제공할 수 있다(Hmelo, Holton, & Kolodner, 2000). 여섯째, STEM 활동의 핵심은 팀워크와 소통이어야 하므로, 학생들은 필요에 따라 엔지니어링 과제 및 과학 또는 수학 활동을 완료하기 위해 팀을 구성하는 것이 중요하다(Carlson & Sullivan, 2004). 이는 21세기의 핵심 역량이기 때문에 학생들은 팀워크 기술을 향상 시키기 위해 팀워크에 참여할 수 있는 많은 기회가 필요하기 때문이다. 또한, 의사 소통 역량 개발을 독려함으로써 학생들은 과학 개념, 수학적 사고, 공학적 사고(Dym, Agogino, Eris, Frey, & Leifer, 2005; Roth, 1996)를 긍정적으로 발달시킬 수 있다. 이러한 6가지 요소는 통합 STEM 학습을 위해 유용한 환경을 보장하는 데 도움이 될 수 있다.

통합 STEM 교실에서 학생 학습을 촉진하기 위해 교사가 직면한 많은 과제 중 가장 어려운 과제로는

공학과 과학을 효과적으로 통합하는 방법이라고 볼 수 있다(Moore *et al.*, 2014). 과학과 공학을 통합하는 경우 물리 개념(예: 힘과 운동, 에너지 전달)은 엔지니어링 설계를 통해 쉽게 가르칠 수 있다. 그러나, K-12 교실에서 생명 과학 개념을 엔지니어링 설계와 통합하는 것은 어려우므로 대부분 생명과학에서는 추상하거나 디자인 활동을 하는 경우가 많다. 그러므로, 통합 STEM 수업의 긍정적인 효과를 위해서는 서로 다른 학문 분야의 새로운 지식을 적절하게 통합하여 일관된 학습이 가능하며 통합적인 산출물을 구성할 수 있는 교육과정과 교육 내용 및 방법을 구성하는 것에 초점을 맞출 필요가 있다(NAE & NRC, 2014, p. 53).

실제로 지금까지의 진행되어온 여러 연구들을 살펴보면 공학 설계 기반의 수업을 통해 과학과 공학 지식의 이해 능력의 증가 등의 인지적 영역 뿐만 아니라 과학과 공학에 대한 태도와 흥미 등의 정의적 영역에서 긍정적인 효과가 증명되었다. 예를 들면 공학적 설계 활동을 통해 학생들의 공학적 지식, 간단한 기계에 대한 이해 능력이 증가한 것을 보여주었으며(Old *et al.*, 2006), 공학적 설계를 이용한 화학 수업을 통해서 학생들의 원자의 상호작용과 에너지 개념에 대한 이해가 증가함을 알 수 있었다(Apedoe *et al.*, 2008). 공학적 설계 수업의 교육적 효과로는 인지적 영역 보다는 정의적 영역에 미치는 효과(Samuel, Robert, Ryan & Dina, 2011)에 대한 연구가 활발히 진행되었으며, 공학적 설계 중심의 통합적 STEM 교육은 학생들의 비판적 사고력, 창의적 문제 해결력, 의사소통 및 협업 능력, 진로 개발 및 평생 학습 능력 등의 핵심 역량 증진에 긍정적인 효과가 있는 것으로 나타났다(Sung & Na, 2012).

한편, 교육에 있어서 교사의 인식과 신념은 교수 활동에 큰 영향을 미치는 중요한 역할을 하므로(Brington, 2001), 현장에서의 교육 정책의 정착 여부는 정책을 실제 적용하게 되는 교사들의 인식과 신념에 영향을 받게 된다. 특히, 교사들의 성공적인 수행의 부족보다는 교사, 학생, 새로운 교육과정에 포함되어야 할 문화를 고려하지 않았기 때문이며, 그 중에서 교사의 신념이 매우 중요하다(Driel *et al.*, 2001; Haney & McArthur, 2002 재인용). 이렇듯 융합 수업에 대한 새로운 방식의 수업을 위해서라도 교사의 영향력은 매우 결정적이며, 교사의 융합 인재 교육에 대한 신념과 인식을 탐색함으로써 자신의 교육 경험을 통해 실제 수업에 적용하였을 때의 문제점과 교육적 효과를 높일 수 있는 방안을 마련할 수 있다. 이러한 맥락에서 융합 인재 교육에 대한 교사의 인식 연구로는 융합 인재 교육에 대한 예비 교사와 현직 교

사의 인식 조사(Lim & Oh, 2015), 초등학교 교사들의 융합 인재교육에 대한 인식 연구(Shin & Han, 2011), 융합 인재 교육 정책 운영 교사들의 인식 조사(Lee & Kwon, 2017) 등의 연구와 같이 융합 인재 교육과 운영에 대한 인식 연구가 진행되어 왔다. 이렇듯 지금까지의 융합 인재 교육 프로그램에 대한 연구는 대부분 STEAM 프로그램에 개발 및 적용 효과에 대한 연구들이 대부분을 차지하고 있으며, 융합 인재 교육 프로그램 적용이나 활용 방안에 대한 교사의 인식에 대한 연구는 다소 이루어진 편이다. 또한 과학과 공학의 융합이 기반이 된 융합 인재 교육 프로그램의 분석이나 학생들을 대상으로 한 교육적 효과를 탐색한 연구가 대부분이다. 그러므로 융합 교육에서 엔지니어링 설계를 강조하고 현장에 실제로 구현하기 위해서는 교사 교육을 위한 구체적인 대안과 체계적인 교육과정을 마련할 수 있는 방안의 제시가 필요하다. 이를 위해서는 융합 인재 교육에서 과학과 공학 융합 교육과정과 교육내용에 대한 교사의 활용 현황이나 공학적 설계에 대한 인식에 대해서 구체적으로 탐색해 보는 과정이 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 융합 인재 교육 경험을 오랫동안 갖고 있는 중등 과학 교사들의 공학적 설계에 대한 인식을 탐색함으로써 융합 인재 교육에서 공학적 설계에 대한 이해를 높이고 이를 현장에 적용할 수 있는 교육적 방안을 모색하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구에는 서울, 경기를 비롯한 전국에 소재한 중, 고등학교에서 융합 인재 교육 경험이 있는 12명의 과학 교사가 참여하였다(Table 1). 이들은 5-10년의 융합 인재 교육 경력이 있으며, 매년 정규 수업이나 자유학기제, 방과 후 활동으로 10차시에서 20차시 정도의 수업을 운영해 왔다. 또한, 융합 인재 교육 프로그램 개발, 심사, 교사 연수 및 컨설팅을 비롯하여 STEAM 선도학교 운영 등의 교육 활동을 경험해 오면서 전문성을 키워왔다. 전공별로 살펴보면 물리가 4명, 생물학은 2명, 지구과학과 화학교사 각 2명, 기술교사는 2명이었다. 학력은 박사 2명, 박사과정 1명, 석사 7명, 학사 2명이었다. 연구 참여 교사들의 익명성을 보장하기 위해 교사 A, 교사 B로 표기하였다(Table 1).

Table 1. Participant

교사명	STEAM 교육 경력	전공	성별	학력
교사 A	5년	물리교육	남	석사
교사 B	8년	물리교육	남	석사
교사 C	10년	물리교육	남	박사
교사 D	10년	물리교육	여	박사
교사 E	8년	생물교육	남	석사
교사 F	5년	생물교육	여	학사
교사 G	10년	지구과학교육	남	석사
교사 H	7년	지구과학교육	여	학사
교사 I	8년	화학교육	남	석사
교사 J	6년	화학교육	여	석사
교사 K	10년	기술교육	남	석사
교사 L	10년	기술교육	남	박사과정

2. 자료 수집 및 분석

본 연구는 연구 참여 교사들과의 반구조화(semi-structure)된 개별 면담을 기반으로 수행하였다. 면담은 교사들의 경험을 회고 하는 심층 면담으로 진행되었으며, 각 교사별 2회에 걸쳐서 실시하였다. 면담은 매회 60-90분간 진행되었으며, 연구 참여자가 근무하는 학교의 과학실 및 융합 교실에서 진행되었다. 1차 면담 질문은 융합 인재 교육 경험, 융합 인재 교육 경험을 통한 교육적 효과, 융합 인재 교육 활동을 하면서 어렵고 힘들었던 점 등에 대한 내용, 융합 인재 교육 경험을 하면서 공학적 설계 수업의 경험, 2015 개정 교육 과정과 공학적 설계와의 관계 등을 포함하였다. 2차 면담은 1차 면담을 실시한지 1-2주 후에 실시하였으며, 1차 면담 내용에 대해 연구자가 이해한 바를 이야기 해 줌으로써 연구자로 하여금 연구의 목적과 그에 대한 참여자의 경험을 다시금 상기할 수 있도록 하였다(Choi, 2016). 면담 내용은 1차 면담 내용을 토대로 좀 더 심도 있게 이해하기 위한 대화로 진행하였기 때문에 교사별로 다소 차이가 있었다. 본 연구의 저자 또한 융합 교육 경험을 갖고 있었으므로 연구 참여자들의 경험을 공감할 수 있었으며, 각 연구 참여자의 개별적 경험에 따른 심도 있는 질문을 하였다. 면담 내용은 모두 녹음하였으며, 연구 참여자의 주관적 경험을 심도 있게 탐색하기 위해 면담을 하면서 느껴지는 연구 참여자들의 감정 변화, 목소리 톤, 몸짓 등 비언어적인 특성들을 자세히 기록하였다(Witz, 2006). 모든 면담은 전사한 후, 분석을 진행하였으며, 교사의 STEAM 교육 경험을 통해 드러나는

공학적 설계에 대한 인식을 탐색한다는 목적 하에 귀납적인 분석 방법으로 지속적이고 반복적으로 데이터를 분석하였다(Miles & Huberman, 1994) (Table 2).

연구의 신뢰성을 높이기 위해 연구 참여자들에게 분석 내용을 공개하였으며(Member checking) (Lincoln & Guba, 1985), 일부 참여자들은 표현이나 어구에 대한 수정을 요청하여 이를 반영하였다. 또한, 참여자들과의 면담 내용을 인용구로 생생하게 제시함(alive passage)으로써, 참여자들의 경험이 독자들에게 전달될 수 있도록 노력하였다(Witz, 2006).

Ⅲ. 연구 결과

본 연구를 통해 분석한 결과, 융합 인재 교육(STEAM) 경험이 있는 교사들의 공학적 설계에 대한 인식으로는 우선, '과학, 기술, 공학에 대한 개념의 동일시 그리고 혼재' 됨을 알 수 있었다. 또한, '공학적 설계는 융합 인재 교육의 교육적 준거인 창의적 설계를 위해 필요한 요소들의 적절한 조합'이라고 생각하였다. 그리고, '공학적 설계는 창의적 설계에 유용성과 경제성을 추구했을 때 가능' 하며 '공학적 설계는 이 공계 진로를 준비하는 학생들만을 위한 교육' 이라고 인식하였다.

1. 과학, 기술, 공학에 대한 개념의 동일시 그리고 혼재

융합 인재 교육 경험을 갖고 있는 교사들은 5년 이

Table 2. The first coding example

범주	주제 (유사 빈도 코드)
과학, 기술, 공학에 대한 개념의 동일시 그리고 혼재	<p>과학을 기반으로 해서 그것을 현실로 만들어 내는 것이 기술과 공학, 과학이나 공학은 지식을 기반으로 한 학문, 기술은 전문적인 지식이 불필요한 학문</p> <p>기술은 과학적인 지식이나 공학적인 지식이 없어도 할 수 있는 부분, 공학과 기술은 같다, 우리 생활과의 밀접도, 기술은 과학이나 공학적인 지식이 없이도 충분히 할 수 있는 것, 공학은 필요한 도구 정도로 생각</p>
공학적 설계는 창의적 설계를 위해 필요한 요소들의 적절한 조합	<p>창의적 설계는 공학적 설계를 통해서 완성된 것에 창의적인 면이 추가되었을 때 가능, 공학적 설계에 대해서 단편적인 조각들의 조합, 공학적 설계의 파생 효과로 창의적 설계가 가능</p>
공학적 설계는 창의적 설계에 유용성과 경제성을 추구했을 때 가능	<p>공학적 설계는 완성한 자동차가 실제로 현실에서 유용하게 사용할 수 있어야 하므로 경제성을 고려해야 하는 부분이 중요, 충분히 효율적으로 활용가능하고 경제적으로 효율적인가에 대해 판단하는 과정이 가능, 제품의 경제성과 효율성의 중요성</p>
공학적 설계는 이공계 진로를 준비하는 학생들만을 위한 교육	<p>과학이나 공학을 전공할 학생들이 배울 수 있는 전문적인 영역, 가벼운 활동을 무거운 활동으로 느끼게 함, 고등학교 수준의 공학적 설계들을 애들이 다 한다는 건 무리</p>

상의 융합 인재 교육경험을 갖고 있음에도 불구하고 과학, 기술, 공학을 단순화 하거나 동일시 하였다. 뿐만 아니라, 과학, 기술, 공학의 정의와 본성에 대해서 구분이 모호하고 매우 불명확하게 인식하고 있음을 알 수 있었다. 이를 테면, L 교사는 융합 인재 교육이 우리나라에 도입되면서부터 관련된 활동에 참여한 경험을 갖고 있었고, 기술 교육 전공자로서 우리나라의 융합 인재 교육의 대부분이 과학에 초점을 두고 활성화 되었다는 점에서 아쉬움을 갖게 되었고 지금은 기술을 중심으로 한 융합인재교육 교사 연구회와 학생들과의 동아리 활동에 임하고 있다. 이러한 L 교사는 공학은 과학 기술을 기반으로 하되, 현실로 만들어 내는 것이라고 생각하고 있었다. 과학이나 공학은 지식을 기반으로 한 학문이지만 기술은 전문적인 지식이 필요한 학문은 아니라고 생각하였다.

“사실 그게 과학을 기반으로 해서 그것을 현실로 만들어 내는 것이 기술 공학이겠죠? 그러니까 어쨌든 과학이란 바탕이 없으면 기술 공학은 없을 거니까. 꼭 이론과 실체는 아니지만 당연히 겹치는 부분은 존재하지만 현실에 실행해서 내는 것이 이제 기술 과학 이쪽이지 않을까. 기술 예를 들어서 어떤 것을 만드시는 분이 창조해내는 입장이라면 공학적인 지식이 필요하고 과학적인 지식이 베이스로 필요하지만 기술 자체로만 본다면 그것은 꼭 지식들을 필요

로 하지는 않아요. 그런데 어쨌든, 근데 그 사람들이 없으면 이 생각에서 끝날 수가 있다는 거죠. 이것을 만들어 내는 실현 과정이라고 생각하고요. 그리고 이제 과학이나 공학은 아무래도 이것들이 있어야지만 기술이 가능한 그러니까 이쪽이 더 뿌리에 가까운.” (L 교사)

뿐만 아니라, J 교사는 과학, 기술, 공학을 구분하는 것은 우리 생활과의 밀접도에 따라 달라진다고 생각하였다. 과학은 순수한 학문으로 공학은 이론에 가깝다고 보면서 기술은 이론을 구현하는 실제 같은 것이라고 생각하였다. 그렇기 때문에 기술은 과학이나 공학적인 지식이 없이도 충분히 할 수 있는 것이라고 인식하고 있었다.

“과학도 다양한 분야가 있고, 뭐 순수 과학도 있고. 또 여러 가지 부분이 있으니까요. 어쨌든 그것 중에서 우리 생활과 밀접도를 높이는 것이 기술 쪽이 아닌가. 공학이 굳이 말하면 이론 쪽에 가깝다고 하면, 기술은 좀 더 이론은 아니고 실체에 가깝다고 해야 할 것 같은데 어떻게 보면 과학, 공학, 기술 이런 약간 순서적인. 사실 기술은 과학적인 지식이나 공학적인 지식이 없어도 할 수 있는 부분일 수 있어요.”

(J 교사)

융합 인재 교육 경험을 오랫동안 해 오면서 STEAM 선도학교, 컨설팅, 교사 연수 등의 다양한 활동을 하고 있는 D 교사의 경우에는 융합 인재 교육 활동을 하면서 공학에 대해서 깊이 있는 생각을 해 본 적이 없었다. 디자인 설계를 하고 만드는 과정에서 공학이나 기술에 대해 고민을 하기 보다는 공학과 기술을 같다고 보고 교육해 왔다. D 교사는 사고하는 스템에 중점을 두었기 때문에 만드는 것에 중점을 두기보다는 이슈를 찾고 그것과 관련하여 생각하는 것에 집중하여 교육을 하였다. 이러한 이유로 인해 융합 인재 교육을 지속적으로 해 왔음에도 불구하고 기술과 공학의 경계는 모호하므로 하나로 합쳐져 있고 기술과 공학이 융합 인재 교육에서 도구적 역할을 해 왔다고 생각하고 있었다.

“Engineering에 대해서 깊게 생각하지 않았던 것 같아요. 그냥 T랑 E를 묶어서 생각했었고, 그냥 그것은 만들고, 디자인 설계해보고, 만들어보는 그 과정을 그냥 뚱뚱그러서 통틀어서 그냥 생각했을 뿐이지 T하고 E를 고민해보지 않았다는 생각이 들어서 그것에 대해 내가 또 공부해야 되겠구나 라는 생각이 들었어요. 저는 지금까지 제가 갖고 있던 스템은 사고하는 스템에 중점을 뒀었거든요. 더 이상 만들지 말고, 뭔가 이슈를 찾고, 생각해서 그런 쪽으로 갔었기 때문에 공학적 Processing이 무엇인지에 대해서 저는 공부를 해봐야 될 것 같아요. 제가 그 개념을 잘 모르는 것 같아요. 고민해보지 않던 주제예요. 공학에 대해서 고민하지 않았어요. 그냥 Engineering, Technology 이렇게 쉽게 생각했던 것 같아요. 근데 또 아닌 것 같다는 생각도 들어요. T하고 E는 나와는 거리가 먼. 그리고 약간 그냥 필요한 도구 정도로 생각했던 건데, 또 잘 생각해보면 E와 T가 중점이 되는 프로그램도 잘 만들면 참 좋겠다라는 생각이 들어요. 근데 잘 못 할 것 같아요. 어려워요. 저는 약간 E가 제일 어려운 것 같아요. 뭔가를 설계하고 아는 게. 정확한 공학적 Engineering Processing이 뭐예요? 저는 그게 궁금해요. 저는 지금 인터뷰를 하면서 나는 공학적 설계를 많이 생각해본 적도 없고, 그런 관점에서 프로그램을 많이 본 적도 없고, 관심이 없었구나, 그런 생각이 많이 들어요. 그리고 소홀히 되는 부분인 것 같아요. 왜냐하면 잘 드러나지 않기 때문에. 제대로 하려면 어렵고, 그 다음에 경계도 모호하고 그래서 애가 약간 속명적으로 T랑 자신이 원하는 것 없었겠지만 T랑

묶어져버렸고, 그리고 T랑 E가 묶인 것에 대해서 별로 그렇게 이익을 제기하는 사람도 없었고, 그렇기 때문에 약간 소홀히 됐던 그런 측면이 있는 것 같아요.” (D 교사)

이러한 결과는 STE(A)M 교육의 핵심 중에 하나인 과학과 공학의 융합(Guzey *et al.*, 2014, NGSS Lead states, 2013; Roehrig *et al.*, 2012)의 중요성에 대한 교사들의 인식 부족을 원인으로 볼 수 있다. 이로 인해 학생들은 과학기술 및 공학 분야에 대한 낮은 흥미를 갖게 될 뿐만 아니라, 장래에 이공계 분야의 직업을 갖는 것에 대해서도 매우 부정적인 시각을 갖게 됨으로써 진로의 선택을 꺼려하는 결과를 초래할 수 있게 된다(Brownlow *et al.*, 2002).

2. 공학적 설계는 창의적 설계를 위해 필요한 요소들의 적절한 조합

공학적 설계 과정에 대해서 교사들은 공학적 설계와 창의적 설계는 다른 점들이 존재하는데 창의적 설계는 공학적 설계를 통해서 가능하다고 생각하였다. A 교사는 공학적 설계는 ‘힘과 에너지’와의 관계처럼 여러 가지 다양한 재료들을 적절한 비율로 조합시켜서 만들어 가는 과정이며, 창의적 설계는 공학적 설계의 다음 단계라고 인식하고 있었다. 창의적 설계는 공학적 설계를 통해서 완성된 것에 창의적인 면이 추가되었을 때 가능한 것이라고 생각을 하면서 공학적 설계에 대해서 단편적인 조각들의 조합이라고 보았다.

“힘과 에너지에 관한 것. 그걸 적절히 배합하는 것. 그런 건 공학적 설계고, 거기에 어떤 힘이나 어떤 에너지가 들어간다. 그게 과학적인 설계죠. 그래서 힘과 에너지의 조합은 어떻게 적절히 적용하느냐 그건 창의적 설계에 해당하겠지. 어떤 요소가 왜 들어가야 되는데? 왜는 과학적인 그런 것이지. 재료의 특성이니까. 근데 그걸 배합하는 비율은 공학적인 것이 되겠죠. 창의적 설계라는 것은 있는 걸 변형시킬 때, 또 우리가 바라는 어떤 요소를 튼튼하게, 아름답게도 창의적 설계에 들어가겠지. 감성적인 것도 되지만, 감성 이면에는 과학적인 그런 게 안 들어가면, 창의적인 게 안 들어가면 감성물이 안 나오잖아. 우리가 원하는 게. 그래서 저는 창의적 설계가 공학적 설계 다음 단계라고 생각해. 한 단계 위. 창의적인 설계에 의해서 공학적 설계가 이뤄지는 게 아니라, 공학적

설계를 이렇게 했는데 욕심이 더 생기는 거야. 그런 게 추가가 되는 것. 만약에 있던 요소에서 어느 게 빠지니까 어떠한 용도가 생겼더라. 그런 거.” (A교사)

K 교사의 경우에는 A 교사와 마찬가지로 공학적 설계는 용도에 맞게 원하는 구조물을 만드는 것이며, 창의적 설계는 용도나 유용성에 대해서 필수적으로 고려하지 않아도 된다고 생각하였다. 즉, 창의적 설계는 공학적 설계의 과정에 따라서 달라질 수 있기 때문에 공학적 설계를 어떻게 하느냐에 따라서 창의적으로 접근하고 변화될 수 있는 영역이나 범위에 영향을 줄 수 있기 때문에 공학적 설계의 파생효과로 창의적 설계가 가능하다고 인식하고 있었다.

“용도에 맞게 어떤 구조물을 만드는 것. 그게 공학적 설계지. 근데 창의적 설계는 꼭 용도의 그런 건 꼭 들어가도 되고, 안 들어가도 되고. +알파이지. 파생적인 어떤, 이렇게 하다 보니까 파생적인 어떤 것까지 접근하게 됐다 라든지. 이해되죠? 파생 효과죠. 원래 창의라는 것은 내가 처음에 이걸 그런 용도에 맞는. 정답을 일 부러 유도하는 것. 그러니까 어떻게 보면 창의 라는 말은 내가 처음에 만들 때 이런 용도로 이걸 만들었는데, 다른 것도 할 수 있어” (K교사)

우리나라의 경우는 상황제시, 창의적 설계, 감성적 체험이라는 융합 인재 교육을 위한 학습의 준거들을 기반으로 한국 과학 창의 재단에서 제시한 창의적 설계의 과정을 살펴보면, 학생 스스로 문제의 해결 방법을 찾아가는 방법을 창의적 설계로 제시하고 있다 (MOE, 2012). 뿐만 아니라, 창의적 설계(Creative Design)는 학습자들이 주어진 상황에서 지식, 제품, 작품 등과 같은 산출물을 구성하기 위하여 창의성, 효율성, 경제성, 심미성 등을 발현하여 최적의 방안을 찾아 자기 주도적으로 문제를 해결하는 과정이라고 정의하였다(Park *et al.*, 2012). 창의적 설계에 대한 이러한 정의는 한국의 융합인재교육의 준거들(MOE, 2017)에서 공학적 설계에 대한 내용을 ‘창의적 설계’ 부분에서 ‘설계’ 또는 ‘문제 해결 방법 제안’ 부분만으로 다루고 있으며, 2015 개정 교육과정에서도 공학 설계에 대한 구체적인 내용을 포함하고 있지 않음을 알 수 있다. 이러한 이유로 인해 오랫동안 융합 인재 교육 경험을 갖고 있음에도 불구하고 여전히 공학적 설계의 과정을 창의적 설계의 한 부분임과 동시에 창의적 문제 해결을 위해 필요한 다양한 요소들을 적절

히 조합한 것이라고 인식하게 되는 중요한 원인을 제 공하고 있음을 알 수 있다.

3. 공학적 설계는 창의적 설계에 유용성과 경제성을 추구했을 때 가능

H 교사는 공학적 설계는 창의적 설계에 유용성을 더한 것이라고 생각하였다. 그 이유로는 창의적 설계는 무언가를 해보는 과정이며, 공학적 설계는 무언가를 해보는 과정을 넘어서서 만들어진 것에 대해서 유용성을 판단하고 구매하고 사용할 수 있는 단계까지를 전부 포함하기 때문이다. 이를 테면, 전기 자동차를 만드는 것은 창의적 설계의 과정으로 본다면 자동차에 들어가는 다양한 부품들을 구성하고 조립하고 제작하는 과정을 학생들이 자유롭게 선택하고 설계해서 제작할 수 있다. 반면 공학적 설계는 완성한 자동차가 실제로 현실에서 유용하게 사용할 수 있어야 하므로 경제성을 고려해야 하는 부분이 중요하다고 생각하였다.

“스팀 프로그램에서 창의적 설계는 저스트 두. 그냥 해보는 거. 해보고 나면 끝나잖아요. 여기서 아이들이 수십 번의 시행 착오를 겪진 않잖아요. 그냥 해보는 거. 현대 기술이 가지고 있는 어떤 과정들을 한번 해보는 거. 미니마이즈(Minimize)하게 할 수도 있고 아니면 그 프로세스를 그대로 따라가서 그 프로덕트를 만들어 낼 수도 있고. 일단 융합 인재 교육. 청소년들에게 투입한 융합 인재 교육에서의 창의적 설계는 반복해서 말씀드리지만 그냥 해보는 거라고. 그 수준이라 생각해요. 하지만 공학 설계 과정에서는 그게 그냥 해보는 것에서 끝나면 안 되잖아요? 현재 팩토리 시스템 안에서 생산이 가능해야 되거든요. 그러니까 이것이 사람들에게 제공되었을 때 사람들이 아 저것은 굉장히 유용하다. 유용하다고 판단해서 구매를 하고 사용할 수 있는 단계까지의 과정이란 거죠. 전기 자동차를 예를 들어 보면은 스팀 프로그램에서 창의적 설계라고 하면 전기 자동차의 여러 가지 부분이 있잖아요. 아이들과 전기 자동차를 가지고 해본 결과를 봤을 때 태양 전지를 이용해서 이런 바퀴 굴러가는 것. 기어 박스를 이용해서 굴러가게 하는 경우를 만들 수 있는 것도 있고. 그럼 이것을 충전하기 위해서는 콘덴서를 사용해서 한번 충전소를 만들어 볼까 해서 충전소를 만들어 볼 수 있는 거고. 하지만

공학 설계에서는 이 전기 자동차가 실제로 유용해야 되는 거죠. 연비도 좋아야 되고 굴러갈 수 있어야 되고 그 다음에 제어도 잘 되어야 하고 그러니까 현실적으로 사용할 수 있고 경제성이 있어야 되는 거죠.” (H 교사)

C 교사는 창의적 설계와 공학적 설계는 같은 것처럼 보일 수 있으나 서로 다른 점이 분명히 존재하고 있음을 인정하였다. C 교사의 의견에 따르면, 공학적 설계는 창의적 설계를 포함하고 있으며, 과학적인 개념을 적용한 결과물이나 산출물들이 일상생활에 효율성 있게 적용될 수 있는가를 고려하는 과정이라고 주장하였다. 이를 테면, 융합 인재 교육을 위한 스팀(STEAM) 수업에서 창의적 설계의 경우에는 모든 학생들이 문제를 해결하기 위해 학교 밖의 다른 요인들을 고려하지 않고 주어진 문제와 관련하여 산출물을 완성하는 과정이라고 보았다. 반면, 공학적 설계의 경우는 문제를 해결하기 위해 만든 산출물이 학교 밖에서 충분히 활용가능하고 경제적으로 효율적인가에 대해서 판단하는 과정이 가능해야 한다는 점을 강조하였다. 또한, 창의적 설계와 공학적 설계는 창의성이라는 공통점을 갖고 있으므로 학생들이 주변의 문제를 해결할 수 있는 방법을 학습하게 된다는 점에서는 매우 중요한 과정이라고 생각하고 있다. 다만, C 교사는 모든 학생들이 창의적 설계의 과정을 경험해 보는 것만으로도 충분하므로 학교 현장에서 이루어지기 수월한 면이 있으나, 공학적 설계의 과정은 효율, 시장성을 고려해야 할 뿐만 아니라 완성품이 시장에서 경쟁력을 갖추는 부분까지를 고려해야 하므로 모든 학생들이 공학적 설계의 과정을 학습하는 데는 어려움이 있을 수 있다고 생각하였다.

“창의적 설계에서 생각하는 설계와 공학적 설계에서 얘기하는 거는 약간 다르다고 저는 보는데. 공학적 설계는 뭐랄까 어떤 필요에 의해서. 좀 어렵다. 지금 그 부분 지도서 쓰다 왔는데. 저는 사전적으로 있는 그걸 생각하는데 그래서 스팀에서 공학적 설계를 꼭 적용해야 된다는 어떤 산출물이 있을 때 가급적 그 산출물이 왜 필요하고, 거기에 어떠한 과학적인 개념을 가지고서 효율성 있게 적용하고, 결과물인 산출물로서, 기술이죠, 나타나질까를 고민하는 게 저는 공학적 설계라고 알고 있는데, 창의적 설계는 공학적 설계에 저는 창의적 설계가 포함이 되는 것 같아요. 이게 학생들한테 설계가 다 공학적 설계일 필요는 없잖아요. 그게 모든 것이 산출물일 필요가 없듯이. 그럼 문제를 해

결하기 위한 방법을 설계하는 거라고 저는 생각해요. 아주 간단한 것부터 좀 복잡한 것까지. 그게 공학적 설계를 잘 알아갈 수 있으면 좋겠지만 그건 좀 어려운 얘기죠. 학생들이 배우고 하기에는. 학생들이 스스로 또는 모둠에서 합의를 통해서 문제 해결에 필요한 주변에 구할 수 있는 그런 거에서 방법을 만들어 가는 것. 그게 창의적 설계라고 저는 생각해요. 산출물이 나와도 되고, 한국과학창의재단에서 산출물을 요구하지는 않거든요. 그 문제를 그러니까 창의성이라는 것이 공통점인 것 같아요. 근데 공학적 설계는 산출물이 뭐랄까 제안하기가 좀 짧잖아요. 어떤 재료, 어떤 방법 이런 것들이 제안이 좀 적다면 이제 스팀에서의 창의적 설계는 학교 현장에서 이뤄질 수 있는 거죠. 그러니까 실험에서는 굳이 공학적 설계가 꼭 그래야 되나 싶어요. 확인해 볼 것은. 공학적 설계는 약간 기술적인, 기술로 이어진, 산출물로 이어질 때 필요하다고 생각해요. 그렇지 않으면 결과물이 좀 문제가 있을 것 같은 거죠. 이 결과물이라는 게 재료를 찾고, 완성품이 나오는데 공학적 설계를 거치지 않는다면 완성품은 완성품으로써 학교를 벗어나서 이게 효율도 있어야 되고, 시장성도 있어야 되고, 뭐 이런 것들인데 그게 공학적 설계를 거치지 않으면 여기서 어떤 것 하나가 저는 경쟁력이 없을 것 같아요. 경쟁력이 없으면 제품으로써의 의미가 없는 거죠.” (C 교사)

미국의 차세대 교육과정(NGSS, 2013)에서는 공학 설계에서 제시하는 공통적인 핵심개념으로 문제 정의-공학 설계 및 평가-최적화 라는 3단계로, 문제 정의 및 배경지식 조사-공학 설계의 계획 및 실행-공학 설계의 시험과 평가 등의 단계로 제시하였다(Moore *et al.*, 2014). 또한, 우리나라의 경우에도 요구조사-설계-모델링-시제품(prototype) 제작-테스트와 피드백과 분석-설계-제작-평가 등의 단계로 공학 설계 과정을 제시하고 있다(Lee *et al.*, 2013). 또한, 공학 설계 기반의 융합 교육은 문제 해결 과정이 핵심이며 공학자와 고객 및 관련 있는 다양한 사람들과 소통하고 협력할 수 있는 문제 상황을 제시해야 하며(Moore *et al.*, 2015), 과학 및 공학의 본성을 이해하는데 도움을 줄 수 있어야 한다(Brophy *et al.*, 2008). 이러한 공학적 설계의 목적, 의미, 단계들을 살펴보았을 때, 융합 인재 교육 경험을 갖고 있는 교사들은 제품의 경제성과 효율성의 중요성을 공학적 설계의 핵심으로 인식하였다. 이러한 결과는 공학적 설계를 공학 문제를 해결할 수 있는 체계적인 과정으로서 받아들이기

보다는 산출물의 결과를 효과적 측면으로 인식하고 있다는 점에서 선행연구들에서 제시되고 있는 견해들과 차이가 있음을 알 수 있었다.

4. 공학적 설계는 이공계 진로를 준비하는 학생들만을 위한 교육

C 교사는 공학적 설계는 완성된 산출물들의 상용화, 경제성 및 효용성을 고려해야 하는 과정이므로 모든 학생들이 이러한 과정에 대해서 학습해야 할 의무는 없다고 생각하였다. 학생들이 어려운 요인이나 다양한 요인을 고려해야 하는 과정을 학습하기 보다는 학생들이 스스로 주어진 상황이나 문제를 해결하기 위해 무언가를 설계하고 제작해 볼 수 있는 경험을 한다는 점에 좀 더 의미를 두는 것도 좋은 방법이 될 수 있다는 점을 강조하였다. 그런 면에서 볼 때, 공학적 설계를 강조하는 방법이 도리어 가벼운 활동을 무거운 활동으로 느끼게 할 수 있다는 우려를 나타내기도 하였다.

“학생들은 제품을 만들어서 팔려고 하는 게 아니기 때문에 공학적 설계에서 갖춰야 되는 그런 고려해야 될 사항들을 다 굳이 해 볼 필요가 없다고 저는 생각이 들어요. 벤처 만드는 게 아니니까. 만약에 벤처를 한다면 그렇게 하겠죠. 다 좋은데 비싸. 그럼 이건 필요 없는 거죠. 학생들은 비싸도 되죠. 비싸도 되고, 어떤 과정이 빠져도 되죠. 효과가 좀 없으면 어때요. 해봤다는 게 중요한 거지. 너무 부담스럽다고요. 그걸 자꾸 공학적 설계를 딱 던지고서 하기에는 좀. 그러니까 창의적 설계만 하면서 좀 그런 것까지 가보려고 하면 필요한 요소들을 좀 더 추가시키면 되지 않나. 처음부터 이걸 지켜야 돼 라고 할 필요가 없는 거죠. 심플한 것 주고, 좀 더 원하면 이런 것들도 고민해 봐 이렇게 하나하나. 대부분 저는 스타트업에서 요즘에 말은 프로그램들이 옛날 초기에는 산출물이 많았어요. 근데 지금은 별로 없거든요. 경험해 보고, 해보는 게 중요한데 산출물. 이건 제 생각이에요. 산출물까지 이어지지 않을 때 공학적 설계를 꼭 해야 되나? 그러니까 되게 가벼운 걸 하는데 너무 무거운 방법으로 가는 것 아닌가? 이건 공학적 설계에 대한 생각의 차이가 있기 때문에 제가 그렇게 생각하는 거예요. 학생과 교사는 무언가를 스스로 설계하는 것 자체가 생소하기 때문에 늘 따라 하기만 해 와서 전

그것으로도 충분하다고 생각해요.” (C 교사)

그리고, H 교사는 공학적 설계는 모든 학생들을 위해 필요한 과정이라기보다는 앞으로 과학이나 공학을 전공할 학생들이 배울 수 있는 전문적인 영역이라는 의견을 제시하였다. 도리어 모든 학생들이 일상생활의 문제를 해결하기 위해 사고하는 과정은 창의적 설계라는 과정을 통해서 충분히 가능하다고 인식하고 있었다. 그리고, 우리나라의 융합 인재 교육 프로그램의 대부분은 과학자나 공학자들의 입장에서 개발되고 적용되므로 이공계 분야에 관심이 없거나 진로를 선택하지 않은 학생들에게는 공학적 설계 부분을 이해하는 데에 있어 어려움을 느낄 수 있다고 생각하였다.

“나는 우리 여학생들을 맡아 보고 우리 딸을 키워보니까 우리 애는 기계치야. 그러니까 그 과정이 애는 궁금하지가 않은 거야. 우리는 어떤 물건이 있으면 애가 어떻게 돌아갈까? 라는 과정이 궁금하잖아. 우리딸은 그런 과정이 궁금하지가 않은 거야. 그럼 애가 관심 있는 건 다른 게 있는 거야. 그 과정을 막 알려주려고 해도 안 들어. 그러니까 그런 애한테 공학적 설계를 해보고, 그 과정에 따라서 산출물 내라고 하고. 애는 오히려 잡지책을 만든다든지, 미술관을 돌아다닌다든지 이런 걸 더 좋아하는 거예요. 글을 쓴다든지. 그러니까 다양한 관심사가 있는 애들한테 그걸 모두 다 적용한다는 것은 나는 오히려 아닌 것 같아요. 공학적 설계를, 저도 과학 전공이니까 공학적 설계에 관심이 있을 수 있죠. 선생님도 마찬가지이고. 근데 정말 과학에 문외한인 사람들은 저거 왜 배우고 있어. 왜 배워야 하지? 라는 궁금증을 분명히 가질 수 있는데 그런 아이라고 하더라도 공학적 설계를 그래도 배웠을 때 애한테 주는 영향이 아예 없냐는 거죠. 근데 그걸 수학이라든지 이런 데에서 배운다는 거야. 이미 어떤 체계적인 과정들은. 생각하는 과정들은 그러면서 이미 배우는 거잖아요. 근데 공학적 설계라는 구체적인 아웃풋을 만들어내는 과정을 이런 걸 통해서 할 필요가 없다는 거죠. 좀 더 전문적인 영역인 것 같은 거야. 공학적 설계는 좀 더 전문적인 영역인 것 같은 거고, 좀 더 전문적인 영역의 공학을 초등학교 수준의 공학적 설계면 모두가 다 할 수 있다고 생각이 드는데, 고등학교 수준의 공학적 설계들을 애들이 다 한다는 건 그건 무리이지 않을까. 이게 되게 과학자의 입장에서 창의적 인재라고 한 거야. 내가 봤을

때는 스팀이 공학자들이 여는 게 당연한, 이렇게 이런 식으로 스팀의 뿌리는 공학이고 과학인 거야. 다른 영역에 예를 들면 미술인 사람이 스팀이라고 하지 않아. 내 생각엔 그래. 미술가들이 미술 전시회를 가보면 자기 나름대로 굉장히 과학적 기술을 응용해서 미술 전시회를 열잖아요. 그래서 스팀이라고 하질 않아.”

(H 교사)

공학적 설계 과정을 적용한 통합적 STEM 교육은 과학, 수학 지식을 적용하여 실생활의 문제를 해결하고 이를 통해 수학, 과학 교과에 대한 이해와 흥미를 높임으로써 많은 학생이 2015 개정 교육과정에서 추구하는 목표인 핵심 역량과 바른 인성을 가진 창의 융합형 인재로 양성한다는 목표를 추구하고 있다. 또한, 공학적 설계가 중심이 되는 수업을 통해서 모든 학생의 실생활 문제 해결 능력과 모델링(Modeling)과 같은 종합적이고 분석적인 사고를 긍정적으로 향상시킬 수 있다(NRC, 2009). 이러한 교육적 효과에도 불구하고 융합 인재 교육 경험을 가진 교사들은 공학적 설계의 도입이 영재나 일부 과학을 좋아하는 학생들을 위한 국한된 교육의 하나로 인식하고 있었다. 이러한 점에서 교사들이 공학 설계 중심의 교육을 도입할 때, 수학, 과학 분야에 대한 학생들의 학업 성취도 및 태도, 과학자, 기술자 및 공학자에 대한 인식, 공학 분야로의 진로에 대한 인식을 긍정적으로 변화시킬 수 있는 전략을 모색해야 할 것이다.

IV. 결론

본 연구는 융합 인재 교육 경험을 가진 교사들의 공학적 설계에 대한 인식을 탐색함으로써 융합 인재 교육 수업을 통한 진정한 공학적 실천(Engineering Practice)을 실행하는 방안을 모색하고 공학 기반 스팀 교육(Engineering-Based STEAM)이 현장에 정착되고 활성화할 수 있는 정책적 대안을 제안하고자 하였다. 본 연구 결과를 분석한 결과, 우선, 오랫동안의 융합 인재 교육 경험이 있음에도 불구하고 과학, 기술, 공학에 대한 개념을 동일시하거나 혼재된 개념으로 인식하고 있어서 창의적 설계와 공학적 설계의 차이를 인지하지 못하는 경향이 있음을 알 수 있었다. 두 번째, 융합 인재 교육 경험을 가진 교사들은 공학적 설계와 창의적 설계의 과정이 별개의 과정이라고 볼 수는 없으나, 공학적 설계보다는 창의적 설계가 좀 더 높은 수준의 단계를 의미하므로 공학적 설계에 창의성이 추가되었을 때 창의적 설계가 가능하다고 생

각하였다. 셋째, 융합 인재 교육 경험을 가진 교사들은 창의적 설계에 일상생활에서의 유용성과 경제성을 고려했을 때 공학적 설계가 가능하다고 인식하였다. 그 이유로는 창의적 설계는 일상생활의 문제를 해결하기 위해 만든 완성품이라고 볼 수 있지만, 공학적 설계에는 일상생활의 문제를 해결하기 위해 만든 완성품이 실제 생활에서 유용하게 사용되도록 다양한 요인들을 고려하고 판단해야 하기 때문이다. 마지막으로 융합 인재 교육 경험을 가진 교사들은 융합 인재 교육은 모든 학생을 위한 교육이 되어야 하므로 단순히 제작하는 활동을 비롯하여 창의적 설계의 과정을 통해 개발하고 제작하는 과정은 모든 학생을 위해 충분히 가능할 수 있다고 인식하고 있었다. 반면, 공학적 설계의 과정은 문제 해결을 위해 개발하고 제작한 완성품에 대한 다양한 요소들을 고려하고 평가해야 하므로 과학자와 공학자가 되기 위해 준비하는 학생들을 위해서만 필요한 전문적인 영역의 과정이라고 생각하고 있었다. 이에 이러한 연구 결과를 토대로 다음과 같은 결론을 통한 교육적 제언을 제시하고자 한다.

첫째, 융합 인재 교육의 경험을 가지며 앞으로 융합 인재 교육 수업을 적용할 가능성이 있는 교사들에게 과학, 기술, 공학의 개념적 차이를 구분하고 이를 토대로 과학, 기술 및 공학 융합 STEAM 교육 활동을 진행해야 할 것이다. 현재 우리나라에서 개발된 STEAM 프로그램은 과학 내용의 학습을 즐겁게 하는 데 목적을 두고 있다. 즉, 의미 있는 과학 수업은 과학적 사고력을 기를 수 있는 탐구 과정을 중시해야 함을 뜻한다. 그러나, 공학적 설계는 문제 해결 과정의 기회를 제공하고 학습하는 경험에 대해서 여전히 간과하고 있다. 따라서, 융합 인재 교육 경험을 가진 교사들과 예비 교사들이 과학 기술 및 공학의 개념과 원리를 잘 이해하고 이를 현장에 올바르게 적용하고 확산하기 위해서는 초, 중, 고등학교의 과학, 기술 교과의 교육과정을 분석하여 과학, 기술, 공학이 융합된 STEAM 프로그램이 각 학년과 교과 내용 수준에 적절히 반영될 수 있도록 구성해야 할 것이다.

둘째, 융합 인재 교육을 실행하는 교사 간의 공학적 설계와 창의적 설계에 대한 인식에는 공학적 설계의 과정을 단편적으로 해석하면서 창의적 설계보다 좁은 범위의 과정으로 인식하고 있음을 볼 수 있었다. 이러한 연구 결과는 여전히 융합 인재 교육을 적용한 경험이 있는 초·중등 교사의 비율이 매우 낮고, 과학 공학의 융합을 기반으로 하는 ‘융합 인재 교육의 교육 자료 준비 부족’, ‘융합 인재 교육에 대한 이해 부족’, ‘개발된 STEAM 교육 프로그램의 보급 부족’, ‘융합 인재 교육 실현을 위한 교수학습 방법 부족’ 등으로

인해 비롯되었다고 볼 수 있다. 실제로 초등 예비 교사들은 공학 설계 단계에서 구상한 목제품 형상을 스케치하여 나타내고 있지만, 치수를 기재한 구상도와 제품의 제작에 필요한 상세한 제작도는 나타내지 못하는 경우가 많았다. 그뿐만 아니라 재료와 공구를 준비하는 단계에서도 용도에 맞는 재료들의 종류, 재질, 수량, 크기에 대해서는 정확히 이해하지 못하였으며, 제품의 형상에 따라서 사용해야 하는 목·공구 기계에 대해서도 알지 못했다(Kang, 2011). 이러한 결과는 공학적 설계의 중요성이 우리나라에서 중시되지 않고 있는 상황과 그 맥을 같이 하고 있으며 학교와 교사들이 과학, 공학 교과 융합을 기반으로한 융합 인재 교육을 교과 간 융합으로 이해하거나 특정 교과를 위한 정책으로 이해하여 학교 현장에 효과적으로 적용되고 있지 못함을 의미한다. 그뿐만 아니라, 과학, 공학 융합 프로그램을 교육 활동이나 실제 수업 현장에 적용하는 교사가 매우 부족하고 적절한 교수학습 방법을 활용하고 있지 못하는 상황임을 보여준다. 따라서, 과학 공학 융합을 기반으로 한 융합 인재 교육에 대한 고차원적인 전문성 향상과 교사들의 인식 변화를 위해서는 혼합 연수의 형태와 다양한 방식의 연수 유형에 관한 연구가 필요하고 다양한 교원 연수 모형의 제안을 통해 적극적으로 실행되어야 할 것이다.

셋째, 융합 인재 교육 경험을 실행해 온 교사들이 공학적 설계에 대해서 이공계로 진출할 학생들을 위한 교육이라고 인식하는 데에는 지금까지 진행되어온 연구들이 인문계 고등학교나 과학고등학교의 수준 높은 학생을 대상으로 진행되었고, 상대적으로 과학 성취도가 낮은 직업 학교나 공업계 고등학교 학생들을 대상으로 한 연구들이 배제된 경향이 있었다(Kim & Kim, 2014). 그러나, 최근의 연구들은 성취수준이 다양한 중학생들을 대상으로 한 연구를 통해서 학업 성취수준이 낮은 학생들을 포함한 다양한 수준을 가진 학생들이 주도적으로 공학적 문제 해결 과정에 참여함으로써 새로운 과학 지식을 적용하여 자연스럽게 학습하고 문제 정의, 해결책 설계, 그리고 최적화 과정 등의 여러 단계를 거치면서 가장 적절한 방법을 찾기 위해 협력하고 의사소통하는 과정에서 성취수준과 관계없이 자연스럽게 산출물을 제작하고 의사 결정을 하는 과정에 참여할 수 있는 것으로 나타났다(Lee & Nam, 2019). 이러한 연구 결과들은 본 연구에 참여한 교사들이 공학적 설계가 도입된 융합 교육이 이공계 학생들만의 교육으로 인식하는 것과는 상반된 결과로서 앞으로 현장의 교사들이 다양한 수준의 학생들에게 공학적 설계가 적용된 스팀 프로그램을 현장에 적용할 수 있는 구체적인 전략이 필요함을 의미한다.

한편, 현재 많은 학생이 이공계 분야로의 진로 선택을 기피하는 상황에서 공학 설계가 기반이 되는 융합 프로그램을 적용하였을 때, 학생들의 과학, 기술, 공학, 수학에 대한 관심과 흥미를 긍정적으로 변화시킬 뿐만 아니라, 좀 더 많은 학생이 이공계 분야로 진로를 선택할 수 있게 될 것이다. 실제로 초등 과학 영재 학생들에게 과학 공학 융합 프로그램을 적용한 결과, 학생들이 공학적으로 문제를 해결하는 방법에 대한 이해가 높아졌고, 공학자에게 요구되는 기술적 역량 뿐만 아니라 공감 및 의사소통 능력 등의 사회적 역량을 중요시하게 되었다. 그뿐만 아니라 공학과 사회화의 관계에 대해 다양한 측면으로 생각하는 능력과 윤리의식을 갖게 됨을 보여주었다(Han & Nam, 2018). 이러한 결과를 토대로 하여 초등 영재학생뿐만 아니라 중등 영재학생과 영재고 및 과학고 학생들이 과학과 공학이 융합된 스팀 프로그램이나 과제 연구(R & E) 활동을 통해서 이공계로의 진로에 대해서 긍정적으로 인식하고 과학 및 공학 분야로의 진출을 모색할 수 있도록 효과적인 방안을 제시해야 할 것이다(Sneider & Ravel, 2021). 이를 위해서는 본 연구에 참여한 교사들과 같이 융합 인재 교육 경험을 오랫동안 쌓아온 교사들의 공학적 설계에 대한 인식의 개선을 통해서 학생들이 과학, 공학적 융합 역량이 향상되도록 하여 이공계 분야로 진로를 선택할 수 있도록 해야 할 것이다. 그뿐만 아니라, 대학에서는 예비 교사들을 대상으로 과학, 공학이 융합된 스팀교육과 공학적 설계를 적용한 다양한 교수학습 전략과 구체적인 활동에 대해 경험을 할 수 있는 교육과정의 구성과 실행 방안을 모색하는 것이 필요하다. 이를 통해 졸업 후에 현장 전문가로서 이공계 진로를 준비하는 학생들을 위한 과학, 공학이 중심이 되는 다양한 융합 프로그램 개발과 교육 활동을 실행할 수 있도록 구체적인 방안을 모색하고 실행해야 할 것이다.

국 문 요 약

본 연구는 융합 인재 교육 경험을 오랫동안 해 온 교사들의 공학적 설계에 대한 인식을 탐색한 것이다. 본 연구에 참여한 교사들은 융합 인재 교육 경험을 5년 이상 해 온 초·중등 교사 12명으로 진행하였으며, 반구조화된 인터뷰를 통해서 진행되었으며, 면담은 1~2회에 걸쳐 60~90분 정도로 진행되었다. 면담 질문은 융합 인재 교육 경험과 공학적 설계에 대한 인식, 공학적 설계의 교육과정 반영 여부, 공학적 설계를 도입한 융합 인재 교육의 실제 사례 등을 중심으로 진행하였다. 본 연구의 결과로

는 과학, 기술, 공학에 대한 개념의 동일시 그리고 혼재, 공학적 설계는 창의적 설계를 위해 필요한 요소들의 적절한 조합, 공학적 설계는 창의적 설계에 유용성과 경제성을 추구했을 때 가능, 공학적 설계는 이공계 진로를 선택한 학생들만을 위한 것으로 인식하고 있었다. 본 연구를 토대로 과학, 기술, 공학에 대한 올바른 개념을 정립하여 제시하고 과학적 문제 해결을 위한 공학적 설계에 대한 내용을 교육과정에 포함시키는 노력이 필요하다. 또한, 공학적 설계가 포함된 융합 인재 교육 프로그램을 개발하고 확산하여 현장에 적용해야 할 것이다. 이를 통해 교사와 예비 교사들의 과학, 공학 융합 프로그램과 공학적 설계에 대한 인식을 개선시킬 수 있는 구체적인 실행 방안을 모색해야 할 것이다.

주제어: 융합 인재 교육, STEAM 교육, 공학적 설계, 중등과학교사

References

- Apedoe, X., Reynolds, B., Ellefson, M., & Schunn, C. (2008). Bringing engineering design into high school science classrooms: The heating/cooling unit. *Journal of Science Education and Technology, 17*, 454-465.
- Bethke Wendell, K., & Rogers, C. (2013). Engineering design-based science, science content performance, and science attitudes in elementary school. *Journal of Engineering Education, 102*(4), 513-540.
- Brington, C. M. (2001). *Internal factors that influence teacher change: Teachers' beliefs and conceptions* (Doctorial Dissertation). University of Virginia, Charlottesville, VA.
- Brownlow, S., Smith, T. J., and Ellis, B. R., (2002). How interest in science negatively influences perceptions of women. *Journal of Science Education and Technology, 11*(2), 135-144.
- Brophy, S., Klein, S., Portsmore, M., & Rogers, C. (2008). Advancing engineering education in P-12 classrooms. *Journal of Engineering Education, 97*(3), 369-387.
- Carlson, L. E., & Sullivan, J. F. (2004). Exploiting design to inspire interest in engineering across the K-16 engineering curriculum. *International Journal of Engineering Education, 20*(3), 372-378.
- Choi, Y. (2016). Exploring the recognition of parenting methods of science gifted mother through science experience. *Journal of Gifted/Talented Education, 26*(4), 721-746.
- Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., & Leifer, L. J. (2005). Engineering design thinking, teaching, and learning. *Journal of engineering education, 94*(1), 103-120.
- Erwin, B. (1998). *K-12 education and systems engineering: A new perspective*. Proceedings of the American Society of Engineering Education National Conference, Session 1280: p6, Seattle, WA.
- Fortus, D., Dershimier, R. C., Krajcik, J., Marx, R. W., & Mamlok-Naaman, R. (2004). Design-based science and student learning. *Journal of Research in Science Teaching, 41*(10), 1081-1110.
- Frykholm, J., & Glasson, G. (2005). Connecting science and mathematics instruction: Pedagogical context knowledge for teachers. *School Science and mathematics, 105*(3), 127.
- Glancy, A. W., & Moore, T. J. (2013). Theoretical foundations for effective STEM learning environments. *SCHOOL OF ENGINEERING EDUCATION WORKING PAPERS*, Paper 1.
- Han, N., & Nam, Y. (2018). The change of elementary science fifted students' perception about engineers and engineering practices through science and engineering integrated (SEI) lessons. *Journal of the Korean earth science society, 39*(3), 275-290.
- Haney, J. J., & McArthur, J. (2002). Four case studies of prospective science teachers' beliefs concerning constructivist teaching practices. *Science Education, 86*(6), 783-802.
- Hjalmarson, M., & Lesh, R. (2008). Engineering and design research: Intersections for education research and design. In A. E.

- Kelly, R. A. Lesh, & J. Y. Baek (Eds.). *Handbook of design research methods in education: Innovations in science, technology, engineering, and mathematics learning and teaching*, (pp. 96-110) New York: Routledge.
- Hmelo, C. E., Holton, D. L., & Kolodner, J. L. (2000). Designing to learn about complex systems. *The journal of the learning sciences*, 9(3), 247-298.
- Jung, J. (2011). A survey on the background elements of engineering technology learning in elementary students. *Journal of Korean practical arts education*, 24(3), 25-54.
- Kang, J. (2011). A study on the creative plan for practical subject in practical arts education by creative engineering design strategy of elementary school teachers. *Journal of Korean practical arts education*, 24, 281-303.
- Kang, J., & Nam, Y. (2016). The development of an instrument for measuring the creative engineering problems solving propensity for STEAM. *Journal of The Korean Society of Earth Science Education*, 9(3), 276-291.
- Katehi, L., Pearson, G., & Feder, M. (2009). *Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospectus*. Washington, DC: National Academies Press.
- Kim, B., & Kim, J. (2014) Analysis of articles related STEAM education using network text analysis method. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 33(4), 674-682.
- Kim, J. (2012). *STEAM education theory*. Seoul: Yangseowon.
- Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., ... & Ryan, M. (2003). Problem-based learning meets case-based reasoning in the middle-school science classroom: Putting learning by design (tm) into practice. *The journal of the learning sciences*, 12(4), 495-547.
- Koszalka, T. A., Wu, Y., & Davidson, B. (2007). Instructional design issues in a cross-institutional collaboration within a distributed engineering educational environment. In T. Bastiaens, & S. Carliner (Eds.), *E-Learn: World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education* (pp. 1650-1657). San Diego, CA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Lee, M., & Kwon, S. (2017). Teacher's perception analysis of STEAM education policy: Implications for convergence education. *Educational Research*, 69, 121-161.
- Lee, H., Park, K., Kwon, H., & Seo, B. (2013). Development and implementation of engineering design and scientific inquiry-based STEM education program. *Korean Journal of Teacher Education*, 29(3), 293-318.
- Lee, H., & Nam, Y. (2019). Development and application of engineering · science integrated program for teaching the concept of 'light' and 'sound'. *The Korean Society For School Science*, 13(3), 211-224.
- Lim, K., & Kim, H. (2014). The effects of STEAM education on scientific inquiry skills of high school students. *Journal of Korean Society of Earth Science Education*, 7(2), 180-191.
- Lim, C., & Oh, B. (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.
- Lincoln, Y., & Guba, E. (1985). *Naturalistic inquiry*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Ministry of Education, Science and Technology (2012). *2009 revised science teacher's guide*. Seoul, Korea: Author.
- Ministry of Education (2017). *On-site review of 2015 revised science teacher's guide*. Sejong, Korea: Author.
- Ministry of Education, Science and Technology (2010). *2011 Korea's future opening with creative talent and advanced science and technology*. Seoul, Korea: Author.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc.
- Moon, D. Y. (2008). The development of pre-

- engineering educational program model based on STEM integration approach. *Journal of Engineering Education Research*, 11(2), 90-101.
- Moon, D. Y. (2009). A case study on elementary' attitudes engineering and engineering problems solving: Through applying the education program of STEM Integration approach. *Journal of The Korean Association of Practical Arts Education*, 22(4), 51-66.
- Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., Smith, K. A., & Stohlmann, M. S. (2014). A framework for quality K-12 engineering education: Research and development. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 1-13.
- Moore, T. J., Tank, K. M., Glancy, A. W., & Kersten, J. A. (2015). NGSS and the landscape of engineering in K-12 state science standards. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(3), 296-318.
- Moore, T. J., Johnston, A. C., & Glancy, A. W. (2020). STEM integration: A synthesis of conceptual frameworks and definitions. In *Handbook of research on STEM education* (pp. 3-16). Oxfordshire, England: Routledge.
- Morrison, J. (2006). *Attributes of STEM education: The student, the school, the classroom*. TIES (Teaching Institute for Excellence in STEM), 20, 2-7.
- Nam, Y. K., Lee, S. J., & Paik, S. H. (2016). The impact of engineering integrated science (EIS) curricula on first-year technical high school students' attitudes toward science and perception of engineering. *Eurasia Journal of Mathematics, Science, & Technology Education*, 12, 1881-1907.
- National Academy of Engineering and National Research Council (2009). *Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects*. Washington, DC: National Academies Press.
- National Research Council (2009). *Engineering in K-12 education: Under standing the status and improving the prospects*. Washington, DC: The National Academies.
- National Research Council (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- NGSS Lead States (2013), *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academy Press.
- Olds, S., Harrell, D., & Valente, M. (2006). Get a grip! A middle school engineering challenge. *Science Scope*, 20, 21-25.
- Park, H., Kim, Y., Noh, S., Lee, J., Jung, J., Choi, Y., Paik, Y. (2012). Components of 4C-STEAM education and a checklist for the instructional design. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 12, 533-557.
- Penner, D. E., Lehrer, R., & Schauble, L. (1998). From physical models to biomechanics: A design-based modeling approach. *Journal of the Learning Sciences*, 7(3-4), 429-449.
- Roehrig, H. H., Moore, T. J., Wang, H. H., & Park, M. S. (2012). Is adding the E enough? Investigating the impact of K-12 engineering standards on the implementation of STEM integration. *School Science and Mathematics*, 112(1), 31-44.
- Roehrig, H. (2017). *A curricular framework for integrated STEM*. In: *Science and engineering integrated STEM education*. Workshop conducted at the Pusan National University. Pusan, South Korea.
- Roth, W. M. (2001). Gestures: Their role in teaching and learning. *Review of educational research*, 71(3), 365-392.
- Samuel, M., Robert, T. P., Ryan, J. D., & Dina, C. M. (2011). *Racial and ethnic minority students' success in STEM education*. New Jersey: Jossey-Bass.
- Seong, E., & Na, S. (2012). The effects of the integrated STEM education on science and technology subject self-efficacy and attitude toward engineering in high school student. *Journal of Korean Technology Education*

Association, 12(1), 255-274.

- Shin, Y. J., & Han, S. K. (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. A., Sheppard, S. D., Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2005). Pedagogies of engagement: Classroom-based practices. *Journal of engineering education*, 94(1), 87-101.
- Sneider, C. I., & Ravel, M. K. (2021). Insights from two decades of P-12 engineering education research. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 11(2), 5.
- Van Driel, J. H., Beijaard, D., Verloop, N. (2001). Professional development and reform in science education: The role of teachers' practical knowledge. *Journal of research in science teaching*, 38(2), 137-158.
- Witz, K. (2006). The participant as ally and essentialist portraiture. *Qualitative Inquiry*, 12(2), 246-268.

저 자 정 보

최 윤희

(이화여자대학교 과학교육과
겸임교수)