



영재 학생들의 공학 설계 기반 통합적 STEM 연구 활동이 창의적 공학문제해결 성향 및 공학에 대한 태도에 미치는 영향

강주원, 남윤경*
부산대학교

The Impact of Engineering Design Based STEM Research Experience on Gifted Students' Creative Engineering Problem Solving Propensity and Attitudes Toward Engineering

Ju-Won Kang, Younkyeong Nam*
Pusan National University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 24 May 2017
Received in revised form
19 June 2017
6 July 2017

Accepted 7 July 2017

Keywords:

STEM research experience,
engineering design, creative
engineering problem solving
propensity, attitudes toward
engineering

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate how engineering design-based STEM research experience affects gifted students' creative engineering problem-solving propensity and attitude toward engineering. The students' creative engineering problem-solving propensity and attitude toward engineering were measured before and after the STEM research experience. The pre-/post-tests results were analyzed by paired t-test with the significance level of $p < .05$. The conclusions of the study are as follows: First, the engineering design based STEM research experience had a positive effect on the students' creative engineering problem-solving propensity. Over all, the average score of the creative engineering problem-solving propensity increased significantly ($p < .05$) after the STEM research experience. Second, the average score of gifted-students' attitude toward engineering had increased significantly after the integrated STEM research activities ($p < .05$). In addition, we analyzed the difference between pre-post results of both instruments based on the gifted students' desired career paths (natural science and engineering) and gender. The result shows that the students' career paths or gender did not affect the results in most of the sub-categories in both instruments. However, the STEM research experience had more positive effect on the female students than male students in term of their 'engineering design ability', which is one of the sub-categories of the creative engineering problem-solving propensity instrument.

1. 서론

1. 연구의 필요성

최근 과학, 수학 지식을 적용한 실생활 문제 해결을 경험하고 이를 통해 과학, 수학 교과에 대한 이해와 흥미를 향상시키기 위한 통합적 STEM(Science, Technology, Engineering, and Mathematics; 이하 STEM) 교육(Integrated STEM Education)이 21세기 STEM 분야에 대한 학생들의 진로 교육과 STEM 소양을 위한 방안으로 주목을 받고 있다(Korea Institute of S&T Evaluation and Planning[KISTEP], 2014). 특히 미국을 중심으로 학생들이 STEM 분야에 흥미를 갖도록 과학 교육과정에 공학을 융합하고자 적극적인 노력이 있어왔다(National Research Council[NRC], 2009; 2012; Next Generation Science Standards[NGSS]; NGSS Lead States, 2013). 이러한 노력의 배경에는 지난 10여 년간 미국공학학회(National Academy of Engineering[NAE])의 지원 하에 유치원에서부터 고등학교 교육과정에 과학, 수학 및 여러 교과목에 공학적 내용을 접목한 교육과정의

개발 및 연구와 미국과학재단(National Science Foundation[NSF])이 통합적 STEM 교육에 중점적으로 연구비를 지원하는 STEM 교육 정책이 큰 역할을 하였다(NSF, 2010).

공학과 과학 교육의 융합에 대한 노력은 미국 차세대 과학교육과정에서 공학적 설계를 주요 과학 교수법으로 제안하면서 본격화 되었다(NGSS Lead States, 2013). 미국의 '유·초·중등 과학 교육 체계(A Framework for K-12 Science Education)'에서는 "과학과 공학의 융합은 오늘날 사회가 직면한 도전적인 과제들을 학생들이 어떻게 바라보아야 하는지 말해준다."라고 언급하면서 과학과 공학 융합 교육(Engineering Integrated Science)의 중요성을 강조한다(NRC, 2012). 미국의 차세대 과학교육과정에서는 '공학, 기술, 과학의 적용(Engineering, technology and applications of science)'을 지구 우주 과학, 물리과학(물리와 화학), 생명과학과 함께 과학 교과목 중 하나로 규정하고 있다(NGSS Lead States, 2013). 이러한 움직임의 주된 목적은 미국의 유·초·중등(K-12) 교육에 공학을 하나의 독립된 교과목으로 만들려는 것이 아니라 과학에 공학을 융합하려는 것이다(Moore *et al.*, 2015).

* 교신저자 : 남윤경 (ynam@pusan.ac.kr)

** 이 논문은 2017년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업입(2017R1D1A3B03031896)

*** 이 논문은 강주원의 2017년도 석사학위논문에서 발췌정리 하였음

http://dx.doi.org/10.14697/ikase.2017.37.4.719

이에 따라 많은 프로그램이 개발되었는데, 예를 들어 일찍부터 공학 교육의 중요성을 알고 프로그램을 개발한 보스턴과학관에서는 통합적 STEM 교육의 하나인 ‘초등학교에서의 공학(Engineering is Elementary[EiE])’과 ‘공학의 미래(Engineering the Future[ETF])’ 프로그램을 개발하여 수많은 교사를 교육해 왔다. 이러한 움직임은 초등학교에서부터 공학 교육을 쉽게 적용하여 학생들을 보다 더 많이 공학 분야에 입문시키고 우수한 인력을 양성하려는 국가와 주정부의 계획과도 맞물려 있다.

우리나라의 경우 2015 개정교육과정에서 과학 탐구 기능에 NGSS에서 제시된 과학과 공학의 실천(Science and Engineering Practice) 중 공학적 융합과 밀접하게 관련된 3가지 요소; 수학과 컴퓨터적 사고, 모델의 개발과 이용, 과학적 증거를 이용한 논쟁이 포함되었다(Ministry of Education[MOE], 2015). 하지만 2015 개정교육과정에서는 공학을 과학에 어떻게 융합해야 하는지에 대한 방안에 대한 구체적인 제시는 하지 않고 있다. 2015 개정교육과정에서 추구하는 인간상은 ‘미래 사회가 요구하는 핵심역량을 함양하여 바른 인성을 갖춘 창의 융합형 인재’ 이다(MOE, 2015). 2015 개정교육과정에서 추구하는 인간상과 통합적 STEM 교육과 과학 공학 융합 교육에서 추구하는 바와 거의 유사하다. 하지만 지금까지 교과서에서 제시된 실험은 대부분 답이 존재하고 주어진 문제를 스스로 해결하기보다 이미 배운 내용을 다시 확인하는데 목적이 있었다. 또한 실험 과정 역시 자세하게 나와 있기 때문에 학생들이 창의적으로 문제해결 과정을 설계해 볼 기회가 부족하다(Ministry of Education and Science Technology [MEST] & Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity[KOFAC], 2012). 이에 반해 공학적인 문제 해결 과정에서는 학생들 스스로 문제 상황을 정의하고 문제를 해결하기 위한 아이디어를 창의적으로 구상해야 한다. 따라서 공학적 설계 과정을 적용한 통합적 STEM 교육은 과학, 수학 지식을 적용한 실생활 문제해결을 경험하고, 이를 통해 과학, 수학 교과에 대한 이해와 흥미를 높임으로써 개정교육과정의 목표를 달성할 수 있을 것으로 기대 된다(Lee et al., 2014). 공학적 설계 중심의 수업은 또한 과학, 수학과 기술, 공학적 개념을 배우는데 의미 있는 내용을 다루면서 동료와의 협력적인 관계를 중시하고, 실생활 문제 상황에 대해 여러 해결 가능한 방법을 고안하면서 모델링과 같은 종합적이고 분석적인 사고력을 자극시킬 수 있으며(NRC, 2009), 수학, 과학 분야에 대한 학생들의 학업 성취도 및 태도와 공학과 공학자에 대한 인식 제고, 공학 분야로의 진로에 대한 인식을 향상시킬 수 있다(NRC, 2011).

우리나라의 경우 초·중등 교육에서 이러한 공학 설계를 과학교육에 융합한 정규 교과는 안타깝게도 아직 없으며, 이로 인해 학생들이 공학 뿐만 아니라 공학적인 문제해결 과정을 접하는 기회가 제한적인 것이 현실이다(Kim, Kang, & Heo, 2015). 이러한 상황에서 영재들이 모여 있는 영재학교와 과학고등학교에서 진행되는 R&E(Research and Education) 활동은 실생활 문제에 대해 공학적 접근으로 해결책을 찾고 연구하는 활동으로 공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구 활동으로 볼 수 있다. 과학 영재들은 정의적인 측면에서 일반적인 학생들에 비해 자신감을 갖고 도전적인 과제를 선택하며 과제 해결에 대해 두려워하지 않고 끈기와 인내로 과제를 진행하는 특성을 나타낸다(Jang et al., 2013). 이러한 특성을 나타내는 과학 영재들이 과학기

술 분야의 일을 사전에 경험해 보는 통합적 STEM 연구 활동은 공학에 대한 인식과 태도의 긍정적인 변화뿐만 아니라 STEM 분야에 대한 진로 동기를 형성하는데 중요한 영향을 미칠 것으로 보인다. 통합적 STEM 교육이 학생들의 정의적 측면 변화에 대한 기존의 연구들은 학생들의 과학이나 기술 교과에 대한 자기 효능감 및 흥미도, 과학에 대한 태도 변화에 긍정적인 효과가 있으며, 공업고등학교 및 일반고등학교 학생의 공학에 대한 긍정적인 인식 및 태도 변화에 효과가 있다는 것을 보여준다(Hirsch, et al., 2003; Koszalka et al., 2007; Lee, S. G, 2015; Lee, S. J, 2015; Lee et al., 2013; Moon, 2009; Nam, Lee, & Paik, 2016; Sung & Na, 2012). 하지만 공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구 활동이 영재 학생들의 공학적 문제해결 성향이나 태도 변화에 어떠한 영향을 미치고 있는지에 대한 연구는 선행 연구는 거의 전무하였다.

이에 본 연구에서는 공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구 활동이 영재 학생들의 창의적 공학문제해결 성향과 공학에 대한 태도에 미치는 영향과 이러한 연구 활동이 진로 직업 계열과 성별에 따라 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 한다.

2. 연구 문제

가. 영재 학생들이 진행하는 공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구 활동이 학생들의 ‘창의적 공학문제해결 성향’과 ‘공학에 대한 태도’에 미치는 영향을 알아본다.

나. 공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구 활동이 영재 학생들의 진로 희망 직업 계열과 성별에 따라 ‘창의적 공학문제해결 성향’과 ‘공학에 대한 태도’에 미치는 영향을 알아본다.

II. 이론적 배경

1. 과학적 탐구와 공학적 문제 해결

과학과 공학은 엄밀히 말하면 다른 학문 분야이므로 이를 교육과정 상에서 융합한다는 것은 쉬운 일이 아니다. 과학은 자연 현상을 발견하고 이해하는 학문 분야지만 공학은 과학을 통해 발견하고 이해하게 된 자연 원리를 인간을 위해 응용하는 학문 분야이다(Lee et al., 2014). 과학적 탐구는 자연 현상에 대한 질문을 풀기 위해 가설을 설정하고 이를 해결하기 위한 과정으로 진행되는 반면 공학적 설계는 인간 사회(넓은 의미의 소비자)의 필요에 의해 시작되며 이를 해결하기 위한 구체적인 산출물을 제작하고 최적화하는 과정이다(Nam, Lee, & Paik., 2016).

Table 1은 교육과학기술부와 한국과학창의재단에서 제시한 과학적 탐구와 공학적 문제 해결에서 학생들이 학습하는 과정을 비교하여 나타낸 것이다(MEST & KOFAC, 2012).

학생들은 과학적 탐구를 통해 자연 현상에서 든 의문을 관찰, 사고, 추리, 실험 등을 통해 해결하는 과정을 배우고(NRC, 2000), 이를 통해 학생들은 문제 해결에 필요한 지식, 개념, 법칙 등을 도출해 그것들을 문제 해결에 적용함으로써 적용된 지식의 가치나 유용성을 경험할 수 있다(Lee et al., 2014). 하지만 공학적 문제 해결은 인간이 만들어 온 세상을 이해하고 창조하는 방식이며, 과학, 수학 등의 지식들을

Table 1. Comparison of learning process between scientific inquiry and engineering problem solving

	과학(Science)	공학(Engineering)
	질문(Question) 제기	문제(Problem) 정의
	질문을 풀기 위해 고민	문제를 풀기 위해 고민
	질문에 대한 답, 설명, 가설을 만들	설계(Design), 계획하여 Prototype (or solution) 도출
학습 과정	실험을 통해 가설 증명	prototype : 작동여부 평가 solution : 문제가 풀리는지 확인
	실험결과를 분석하여 질문에 대한 답(결론) 도출	평가(확인) 결과 등을 분석하여 개선 방안 도출
	결과를 공유하고 다른 사람들의 답(결론) 비교	해결안을 공유하고 시행하며 제품, 서비스로 시장에 출시
	더 정제된 질문이나 학습 과정에서 발생한 새로운 질문에 대해 위 과정을 반복	더 나은 prototype을 만들거나 문제 해결 과정에서 발생한 새로운 문제에 대해 위 과정을 반복

Table 2. Process of engineering design

모델	Engineering design (NGSS Lead States, 2013)	engineering design research model (Hjalmarson & Lesh, 2008)	Engineering design(Moore et al., 2014)	Engineering design (Moon, 2008)	ADBA model (Lee et al., 2014)
공학 설계 과정	1) 공학 문제를 정의 및 제한된 조건을 확인 2) 공학 문제 해결을 위한 해결책 디자인 3) 해결책 최적화하기	1) 문제 상황 정의 2) 개념 탐색 3) 해결책 디자인 4) 산출물의 체계 구축 및 발전	1) 문제 정의 및 배경 지식 조사 2) 공학 설계의 계획 및 실행 3) 공학 설계의 시험 및 평가	1) 요구 조사 2) 설계 3) 모델링 4) 시제품제작 5) 테스트와 피드백	1) 분석 2) 설계 3) 제작 4) 평가

이용해 인간의 삶을 보다 향상시키기 위해 유용한 제품, 과정, 시스템을 만드는 과정으로 볼 수 있다(Harms & Janosz, 2012). 학생들은 공학적인 학습 과정을 통해 제한된 상황에서 문제를 정의하는 것으로 부터 시작하여 설계, 계획, 시제품 제작, 평가의 과정을 반복하면서 최선의 제품을 만드는 과정을 이해한다. 즉, 설계 기반의 공학 학습 방법이 탐구 기반의 과학 학습 방법과 큰 차이점은 한정된 재료, 예산, 탐구 수행 측면에서 최적의(optimal) 혹은 최선의(best) 해결책을 찾는 것으로 볼 수 있다(Burghardt & Hacker, 2004).

과학적 사고력과 달리 공학에서는 연구자의 사전 경험과 실패로부터 배운 점들을 이용하여 더 나은 해결안을 만들어내는 능력을 중요시 하는데 이러한 공학자적 사고를 공학적 사고 습관이라 한다(Moore et al., 2014). 공학적 사고 습관은 공학 설계 기반의 STEM 교육에서 중요하게 다루어지는 교육 목표이다(Brophy et al., 2008; Moore et al., 2013, NRC, 2009). 공학은 과학 탐구 과정과 마찬가지로 과학 지식을 이용하여 기본적으로 문제를 해결하는 과정이지만, 사고하는 방식에 있어 큰 차이를 나타낸다(NRC, 2009). 과학(탐구 기반 학습, Inquiry Based Learning)은 ‘왜?’라는 질문에 답을 제시하기 위한 것이라면 공학(설계 기반 학습, Design Based Learning)은 ‘어떻게?’라는 질문에 답을 제시한다(MEST & KOFAC, 2012). 과학과 달리 공학은 제한된 상황에서 한정된 재료로 최선의 해결책을 찾는 과정으로 이러한 문제 해결 과정에서의 능력과 지식을 공학적 사고 또는 공학적 사고 습관이라 한다(Nam, Lee, & Paik, 2016). 이는 시스템 사고, 창의성, 낙관적 사고, 인내와 혁신 등으로 구성된다(Moore et al., 2014; NRC, 2009).

2. 공학적 설계(Engineering Design Cycle)를 통한 과학·공학 융합

서로 다른 학문인 공학을 과학에 효율적으로 융합하기 위해 미국의 차세대 과학교육과정(NGSS)에서는 공학적 설계를 융합의 범위로 명확히 한정하고 있다(NGSS Lead States, 2013). 미국국가연구위원회

(NRC)는 공학적 설계 과정을 문제 해결 과정을 통해 공학을 교육하는 것이라고 언급하며, 유·초·중등 교육과정에서 효과적으로 공학을 실천하기 위해 1) 잦은 반복, 2) 다양한 가능성의 해결 방법이 있는 열려있는 문제, 3) 과학, 수학, 기술의 개념을 배울 수 있는 의미 있는 상황, 4) 사고하고, 설계해보고, 분석하고자 자극하는 문제를 제시해야 한다고 주장한다(NRC, 2009). 실제로 한국의 STEAM(Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics; 이하 STEAM) 교육과정의 ‘창의적 설계’를 포함해서 대부분의 STEM 교육 과정에서는 그 핵심 과정으로 ‘공학 설계(Engineering Design)’를 강조하고 있다. 최근 많은 연구에서 공학 설계 과정이 구체화 되어 이를 표현하는 다양한 용어가 등장하였는데, ‘engineering design cycle’, ‘engineering design process’, ‘design research model’, ‘engineering design challenge’ 등이 그 예이다.

Table 2는 선행 연구를 바탕으로 공학적 문제해결의 공통적인 핵심 개념인 공학 설계의 과정의 다양한 예를 보여준다. 미국의 차세대 과학교육과정(NGSS)에서는 1) 해결해야 할 문제에 포함되어 있는 성공 기준의 범위와 한계 또는 제약을 가능한 한 명확한 정의, 2) 공학 문제를 해결하기 위해 실현 가능한 해결 방법을 찾아 설계하고 다양한 방법 중 최선의 것이 무엇인지에 대한 평가, 3) 여러 번 검사와 개선하는 과정을 거쳐 최종적 설계물로 최적화(NGSS LeadStates, 2013)를 3가지 주요 요소로 제시한다. Hjalmarson & Lesh(2008)의 engineering design research model에서는 1) 제시된 문제 상황 정의, 2) 관련 있는 개념 탐색, 3) 설계물 디자인 4) 어떻게 산출물을 사용할 것인지 체계를 구축하고 발전시키기의 네 단계로 공학 설계의 과정을 제시하였다. Moore et al.(2014)는 공학 설계 과정을 1) 문제를 정의 및 배경지식을 조사, 2) 공학 설계의 계획 및 실행, 3) 공학 설계의 시험 및 평가 단계로 제시하였다. 문제 정의 및 배경지식 조사 단계에서는 학생들은 문제에 대해 조사하고, 필요한 배경 지식을 얻기 위한 활동에 참여하며, 제약 조건을 확인한다. 계획 및 실행 단계에서 학생들은 브레인스토밍을 통해 여러 가능한 해결안을 발전시키고 각 장단

점을 평가한다. 이러한 과정을 통해 여러 제한점들과 서로 대립되는 요소 간 균형의 중요성을 평가한다. 이 단계는 시제품을 만드는 것으로 마무리 된다. 시험 및 평가 단계에서는 만들어진 시제품을 시험해 보아야 한다. 또한 이 단계에서는 검증 가능한 가설 및 질문을 만들고 시제품으로 설계안을 평가하기 위해 실험을 하고 수집된 실험 결과 자료를 분석한다. 그리고 이 자료는 시제품에 대해 장단점을 확인하고 평가하는데 사용하고, 재설계를 할 때 피드백으로 사용된다. 이러한 반복적인 과정은 공학의 본성으로, 학생들은 이를 통해 공학 설계 기준을 만족할 때까지 해결책을 발전시키는 과정을 여러 번 반복한다 (Moore *et al.*, 2014).

Table 2에서 제시된 공학 설계 과정은 공학적 문제 해결이 학생 자신에게 주어진 문제를 스스로 정확하게 파악하는 것부터 시작한다는 것을 보여준다. 문제를 정확히 파악한다는 것은 더 나아가 제약 조건이 무엇인지를 파악한다는 의미를 내포한다(NGSS Lead States, 2013). 해결 방법이 정해져 있지 않은 문제 상황에서 학생들은 최선의 해결안을 만들어내고 반복적인 평가 과정을 거쳐서 최종 산출물을 만들어 낸다. 공학적 설계에서 중요한 점은 공학적 설계 과정이 반드시 제시된 순서를 따르지 않는다는 것이다(NGSS Lead States, 2013). 다시 말해 공학적 설계는 그 주제에 따라 순서에 상관없이 Table 2에서 제시된 공학적 설계 과정 요소들을 경험하는 것이다. 공학적 문제 해결 과정의 불가피한 한계를 극복하면서 문제를 해결하는 과정에서 학생들은 여러 번의 해결책 디자인과 관련 개념에 대한 연구를 통해 실제 공학 분야의 연구 개발이나 산업 현장에서 반복적으로 행해지는 문제 해결 과정에 대해 습득하게 된다.

III. 연구 방법

1. 연구 절차

연구 수행을 위한 문헌 연구 및 연구 계획을 수립하여 경남 소재 K과학고등학교 1학년 학생을 대상으로 하여 2016년 8월 초 사전 검사로 창의적 공학문제해결 성향 및 공학에 대한 태도 검사를 실시하였다. 1학년 학생의 경우 5월부터 영재학급이 시작되고 약 두 달간은 주제 선정, 논문 작성법, 연구 사례 중심으로 수업이 진행 된다. 이후 STEAM 교육 및 PBL(Problem Based Learning)에 관한 교육을 바탕으로 모둠별 R&E 활동을 진행하는데, 이는 2016년 8월부터 12월까지 정규 교과 시간에 운영되는 과제 연구 시간(주당 2시간)과 창의적 체험 활동의 R&E 시간(주당 1시간), 방과 후에 진행되는 영재학급 시간(주당 3시간) 동안 매주 최소 6시간 이상씩 집중적으로 진행되는 R&E 활동으로 모든 학생들은 최소 80시간 이상 연구 활동에 참여하였다. 그리고 12월에 사후 검사로 창의적 공학문제해결 성향 및 공학에 대한 태도 검사를 실시 한 후 이를 분석, 처리하여 결과를 정리하였다.

2. 연구 설계

본 연구는 단일 집단 사전·사후 검사 설계(one-group pretest-posttest design)로 수행하였다. 이 실험의 독립변인은 실생활 문제에 대해 공학적인 방식으로 문제를 해결하는 통합적 STEM 연구 활동이고, 종속변인은 창의적 공학문제해결 성향, 공학에 대한 태도이다.

연구 결과는 SPSS 12.0 프로그램을 이용하여 대응 표본 t검정과, 독립 표본 t검정, 공변량 분석(ANCOVA)을 통해 공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구 활동을 수행한 학생들의 창의적 공학문제해결 성향, 공학에 대한 태도에 대한 효과를 검증하였다.

3. 연구 대상

연구 대상은 실제로 다양한 프로젝트 탐구 활동 및 STEM 교육을 받은 경험이 많은 경남 지역의 K과학고등학교에서 실시하는 과제 연구, 영재학급 시간에 이루어지는 연구 활동에 참여한 1학년 104명 학생들 중 공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구를 진행한 학생을 다음과 같은 기준을 통해 선정하였다. 먼저 문헌 연구를 통해 세부적인 기준을 수립한 후 STEM 교육 전문가 2명의 협의 과정을 통해서 구체적인 기준을 선정하였다

기준은 1) 최소 2개 이상 교과가 융합되어 공학적 해결 과정을 포함하는가?, 2) 실생활 문제에 대한 공학적 해결 과정을 포함하였는가?, 3) 연구 활동 자체가 공학 설계에 기반하여 산출물을 만들어 내는가? 이다. 이 세 가지 기준 중에서 최소 한 가지 이상 만족하면 통합적 STEM 연구 활동을 실시한 것으로 선정하기로 하였고, 이 기준에 의거하여 학생들이 약 4개월간 수행한 연구 활동 과정과 연구 보고서, 발표 내용을 종합하여 R&E 활동에 참가한 총 37팀(104명) 중에서 34팀(89명)을 공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구 활동을 수행한 팀으로 선정하였다.

이들 학생의 특성을 파악하기 위해 본 연구에 앞서 사전 설문조사를 실시하였고 그 결과는 Table 3과 같다.

Table 3. Characteristics of research subjects

특성	남녀 구성		STEM 연구 활동 경험			진로 희망	
	남	여	무	1~2회	3회 이상	공학 계열	자연 계열 기타
학생 수 (비율)	63 (70.8%)	26 (29.2%)	16 (18.0%)	48 (53.8%)	26 (29.2%)	62 (69.7%)	24 (27.0%) 3 (3.4%)

4. 자료 수집 및 분석

가. 창의적 공학문제해결 성향 검사

학생들의 창의적 공학문제해결 성향을 측정하기 위한 검사는 Kang & Nam (2016)이 개발한 검사 도구를 사용하였다. 창의적 사고 과정, 과학적 문제해결 과정과 공학적인 문제해결 과정 사이에는 유사한 점이 많다. 창의적 문제해결 성향을 ‘문제 해결 과정에서 다양한 요인이 복잡적이며 역동적으로 상호 작용하여 문제 해결에 유용하며 독창적인 산출물 또는 해결책을 만들어내는 성향’이며(Cho, Jang, & Jung, 2003), 창의적 공학문제해결 성향은 문제 해결 과정에서 개인의 공학적인 접근 방법으로 문제를 해결하려는 성향이다(Kang & Nam, 2016). Kang & Nam (2016)이 창의적 사고, 창의적 문제해결, 공학적 문제해결(공학 설계)의 구성 요소 사이의 유사한 관련성을 바탕으로 ‘창의적 공학문제해결 성향 검사 도구’를 개발하였으며 이는 5요인 즉, ‘동기’, ‘공학 설계’, ‘공학 적 사고 습관’, ‘공학과 공학자’, ‘소통 및 협업 능력’, 28문항으로 각각의

문항은 5단계 Likert 척도로 구성되어 있다.

나. 공학에 대한 태도

학생들의 공학에 대한 태도를 측정하기 위한 검사지는 Moon (2009)이 사용한 검사 도구를 사용하였다. 태도란 사람이나 사물, 사항에 대하여 호의적 또는 비호의적으로 일관성 있게 반응하려는 정서적 경향성이다(Sung & Na, 2012). 그러므로 공학에 대한 태도는 학생들이 공학에 대해 갖고 있는 호의적 또는 비호의적인 정서적 경향성으로 정의할 수 있다. 하위 요소로는 공학에 대한 흥미, 공학의 난이도, 공학의 영향, 공학 관련 학교 교육과정, 공학과 직업에 대한 인식이 있다(Moon, 2009). 이 검사지는 원래 네덜란드에서 개발된 TAS (Technology Attitude Scale)를 번역한 초안을 바탕으로 하여 개발되었으며(Lee, 2008), 공학에 대한 흥미, 공학에 대한 성 역할, 공학의 난이도, 공학의 영향, 공학 관련 학교 교육과정, 공학과 직업의 6요인, 58문항으로 구성된다. 본 연구에서는 공학에 대한 태도를 알아보는 요인 중 성 역할은 연구 문제를 통해 알아보기 위한 문항이었기 때문에 별도의 설문지 구성 문항으로는 불필요하다는 판단에 제거하였고, 물어보는 내용이 중복되는 문항을 제거하여 5요인, 33문항으로 재구성하여 적용하였다.

다. 측정도구들의 문항 내적 일치도 검사와 자료 분석

각 측정 도구들에 대해 문항 내적 일치도를 보기 위한 예비 조사를 통해 문항적합도 검사를 실시하였으며 창의적 공학문제해결 성향 검사 문항의 Cronbach' α 계수는 전체 문항에서는 .906이었고, 하위 요소별로 보면 동기 요인은 .733, 공학적 사고 습관은 .892, 공학 설계는 .797, 공학적 사고 습관은 .892, 공학과 공학자는 .765, 소통 및 협업 능력은 .846으로 모두 양호하게 나타났다. 공학에 대한 태도 검사 문항의 Cronbach' α 계수는 전체 문항에서는 .914, 공학에 대한 흥미는 .856, 공학의 난이도는 .683, 공학의 영향은 .820, 공학 관련 학교교육과정은 .864, 공학과 직업은 .848로 모두 양호한 값을 나타냈다.

사전, 사후 검사 결과 수집된 자료는 SPSS 12.0을 이용하여 대응 표본 t검정과 독립 표본 t검정, 공변량분석을 실시하였고 이때의 통계 처리는 모두 유의수준 .05를 기준으로 검증하였다. 결과 처리에서 긍정 문항은 '매우 그렇다'를 5점, '전혀 그렇지 않다'를 1점으로 점수를 매기고, 부정 문항은 '매우 그렇다'를 1점, '전혀 그렇지 않다'를 5점으로 역코딩하여 점수를 매겼다. 또한 문항별 상세 분석에서는 '매우 그렇다', '그렇다'를 '긍정'으로, '보통이다'를 '보통'으로, '그렇지 않다', '전혀 그렇지 않다'를 '부정' 척도로 분석하였다.

IV. 연구 결과

1. 창의적 공학문제해결 성향에 미치는 효과

영재 학생들의 공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구 활동이 창의적 공학문제해결 성향 변화에 미치는 영향을 알아보기 위해 학생들이 본격적인 연구 활동을 시작하는 주제 선정 전에 사전 검사를 실시하였고, 교내 과제연구 발표대회 이후 사후 검사를 실시하였다. 집단 내의 사전-사후 점수 변화의 유의미한 차이를 대응 표본 t검정으로 분석하였고 전체 문항에 대한 검사 결과는 Table 4와 같다.

공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구 활동은 영재 학생들의 창의적 공학문제해결 성향에 긍정적인 변화를 준 것으로 나타났다. 창의적 공학문제해결 성향의 전체 문항에 대한 평균은 각각 사전 (M=4.132, SD=0.386)과 사후(M=4.438, SD=0.377)로 통합적 STEM 연구 활동을 실시한 후 평균이 유의미하게 증가하였다(p<.05). 즉, 통합적 STEM 연구 활동은 영재 학생들의 창의적 공학문제해결 성향 변화에 긍정적인 효과가 있었다고 할 수 있다. 이러한 결과는 하위 5요인 각각의 평균 점수에서도 같은 양상을 보인다. 특히 하위 요인 중 '소통 및 협업 능력'과 '공학 설계' 요인은 다른 요인에 비해 사전 사후 모두 평균이 높게 나타난다. 이는 공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구 활동 자체가 팀 프로젝트 활동을 기반으로 창의적인 문제 해결 과정과 협력 과정을 중시한다는 점과 대부분의 연구 대상자가 사전에 비슷한 경험을 한 것에 의한 영향으로 해석 할 수 있다. 또한 다른 요인들에 비해 '동기' 요인은 평균점수의 증가 비율이 낮게 나타

Table 4. Creative engineering problem solving propensity test result

		N	M	SD	t	p	응답율(%)		
							부정	보통	긍정
동기	pre	89	3.993	0.630	-2.012	.047	2.6	22.9	74.5
	post	89	4.199	0.692			3.77	12.7	83.5
공학 설계	pre	89	4.320	0.483	-4.288	.000	1.5	9.0	89.5
	post	89	4.594	0.386			0.4	3.8	95.8
공학적 사고 습관	pre	89	3.951	0.555	-3.991	.000	4.1	19.6	76.3
	post	89	4.297	0.541			1.1	13.5	85.4
공학과 공학자	pre	89	3.736	0.631	-5.244	.000	8.2	30.3	61.5
	post	89	4.213	0.552			1.4	16.9	81.8
소통 및 협업 능력	pre	89	4.552	0.461	-3.604	.001	0.6	3.7	95.7
	post	89	4.762	0.343			0	0.9	99.1
전체	pre	89	4.132	0.386	-5.171	.000	3.2	15.8	81.0
	post	89	4.438	0.377			1.0	9.1	89.9

났다. ‘동기’ 요인은 공학적 문제 해결에 대한 즐거움, 과제 지향적, 목표 지향적인 성향을 알아보는 문항으로 구성되어 있는데, 서론에서도 언급하였듯이 영재 학생들은 이미 자신감을 갖고 도전적인 과제를 선택하며 과제 해결에 대해 두려워하지 않고 끈기와 인내로 과제를 진행하는 특성을 보이므로(Jang *et al.*, 2013), 영재 학생들이 이미 창의적인 공학적 연구 활동에 대해 높은 동기 수준을 나타내고 있었다고 할 수 있다.

영재 학생들의 공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구 활동이 창의적 공학문제해결 성향 변화를 좀 더 구체적으로 알아보기 사전, 사후 검사 결과를 이용하여 각 문항별, 요인별, 전체 문항에 대해 성향 변화의 정도를 응답율(%)로 분석하였다. 사전, 사후 검사 결과에서 모두 기본적으로 부정적인 성향보다는 긍정적인 성향이 높게 나타났다. 동기 요인의 경우 사전 검사에서는 74.5%가 긍정적인 성향을 나타냈으나 사후 검사에서는 83.5%가 긍정적인 성향을 보였다. 공학 설계 요인에서는 사전과 사후 검사에서 각각 89.5%와 95.8%로, 공학적 사고 습관에서는 76.3%와 85.4%, 공학과 공학자에서는 61.5%와 81.8%, 소통 및 협업 능력에서는 95.7%와 99.1%를 보일 정도로 전반적으로 긍정적인 성향이 높게 나타나면서 사전 검사에서 보다 사후에서 긍정적인 성향이 높게 나타났다. 특히 ‘공학 설계’ 및 ‘소통 및 협업 능력’ 요인은 사전, 사후 검사 결과 모두 긍정적인 성향 점수가 높게 나타났다. 이는 대부분의 연구 대상자 이미 창의적인 산출물 제작 활동 경험이 있었고, 통합적 STEM 연구 활동에서 핵심이라고 할 수 있는 준비, 계획, 해결안의 평가 각 단계에서 초기 설계를 발전시키고 재설계를 반복하는 공학 설계 과정에 대한 이해도가 높은 것으로 해석 할 수 있다. 마찬가지로 사전 경험을 통해 연구 활동에서 효율적인 협력과 의사 소통 능력의 중요성 역시 중요한 요인으로 생각하는 것으로 볼 수 있다.

사전 점수와 사후 점수를 비교해 보았을 때 ‘공학과 공학자’ 요인에서 긍정적으로 인식하는 성향이 가장 크게 변화했다. 과학고등학교에 입학하였어도 공학이 무엇이고 공학자가 어떤 일을 하는지 구체적인 경험이 거의 없었지만 중학교 때의 단순한 산출물 활동을 넘어, 공학에 대한 심화적인 연구 활동과 실제 공학 분야의 전문가로부터 자문을 받는 과정에서 직업으로서의 공학을 알게 되고, 다양한 공학 과목과 공학자가 되는 과정을 이해하게 된 것으로 해석할 수 있다.

그리고 ‘공학적 사고 습관’의 “나는 새로운 지식을 습득하게 되면 이전의 아이디어에 접목시켜 곧바로 새로운 아이디어를 만들어낸다.” 문항(23.6% point)과 “나는 서로 다른 종류의 지식을 연관시켜 새로운 아이디어를 잘 만들어낸다.” 문항(17.9% point)에서 긍정적으로 인식하는 성향이 크게 변화했다. 이 두 문항은 새로운 아이디어의 생성에 관한 문항으로, 새로이 습득한 지식과 이전 아이디어와 연관을 통해서, 또는 서로 다른 학문과의 융합을 통해 새로운 지식을 만들어 내는 성향을 묻는 것이다. 공학자는 문제 상황에서 시스템적인 공학적인 사고 과정으로 새로운 지식을 만들어 낼 수 있어야 한다. 이러한 사고 과정을 공학적 사고 습관이라 할 수 있는데, 학생들은 문제 상황에서 스스로 해결안을 찾고 새로운 지식을 만드는 통합적 STEM 연구 활동을 통해 이러한 부분이 크게 변한 것으로 보인다.

2. 공학에 대한 태도에 미치는 효과

영재 학생들의 공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구 활동이 공학에 대한 태도 변화에 미치는 영향을 알아보기 위해 창의적 공학문제해결 성향 검사와 동일하게 사전-사후 검사를 실시하였다. 집단 내의 사전-사후 점수 변화의 유의미한 차이를 대응 표본 t검정으로 분석하였고, 이에 대한 검사 결과는 Table 5와 같다.

공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구 활동은 영재 학생들의 공학에 대한 태도 변화에 긍정적인 변화를 준 것으로 나타났다. 공학에 대한 태도 전체 문항에 대한 평균은 각각 사전(M=3.876, SD=0.429)과 사후(M=4.064, SD=0.462)로 통합적 STEM 연구 활동을 실시한 후 유의미하게 증가하였다(p<.05). 이러한 결과는 모든 하위 요인에서 공통적으로 나타난다.

태도 검사지와 함께 사전, 사후 검사지에서 학생들이 선택한 미래 희망 직업 계열에도 미미하지만 변화가 나타났다. 사전 검사에서는 공학 계열(62명, 69.7%), 자연 계열(24명, 27.0%), 기타(3명, 3.4%)을 선택하였고, 사후 검사에서는 공학 계열(65명, 73.0%)을 선택한 학생 수는 증가, 자연 계열(22명, 24.7%)과 기타(2명, 2.2%)를 선택한 학생 수는 감소하였다. 공학에 대한 태도 검사 결과와 진로 희망 변화를 살펴보았을 때, 공학 설계에 기반한 연구 활동은 공학 및 STEM 분야의 향후 진로 결정에 대한 긍정적 인식 형성에 영향을 미친 것으로 볼 수 있다.

Table 5. Attitude toward engineering test result

		N	M	SD	t	p	응답율(%)		
							부정	보통	긍정
공학에 대한 흥미	pre	89	3.961	0.644	-3.780	.000	6.1	21.2	72.7
	post	89	4.194	0.615			2.7	16.2	81.1
공학의 난이도	pre	89	3.234	0.599	-2.768	.007	29.4	22.3	48.3
	post	89	3.446	0.678			21.7	26.2	52.1
공학의 영향	pre	89	4.117	0.514	-2.339	.022	2.6	16.7	80.7
	post	89	4.254	0.512			2.1	13.8	84.1
공학 관련 학교 교육과정	pre	89	3.970	0.583	-2.964	.004	4.7	22.2	73.2
	post	89	4.189	0.616			4.8	13.0	82.2
공학과 직업	pre	89	4.030	0.665	-5.171	.000	4.9	18.5	76.6
	post	89	4.161	0.640			4.3	15.0	80.7
전체	pre	89	3.876	0.429	-3.968	.000	9.1	20.2	70.8
	post	89	4.064	0.462			6.5	16.6	76.6

영재 학생들의 공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구 활동이 공학에 대한 태도에 어떠한 영향을 미쳤는지 구체적으로 알아보기 사전, 사후 검사 결과를 이용하여 각 문항별, 요인별, 전체 문항에 대해 태도 변화의 정도를 응답율(%)로 분석하였다. 사전, 사후 검사 결과에서 부정적인 성향보다는 긍정적인 성향이 대체로 높게 나타났다. ‘공학에 대한 흥미’ 요인의 경우 사전 검사에서는 72.7%가 긍정적인 성향을 나타냈으나 사후 검사에서는 81.1%가 긍정적인 성향을 보였다. ‘공학의 난이도’ 요인에서는 사전과 사후 검사에서 각각 48.3%와 52.1%로, 공학의 영향 요인에서는 80.7%와 84.1%, ‘공학 관련 학교 교육과정’ 요인에서는 73.2%와 82.2%, ‘공학과 직업’ 요인에서는 76.6%와 80.7%를 보일 정도로 전반적으로 긍정적인 성향이 높게 나타나면서 사전 검사에서보다 사후에서 긍정적인 성향이 ‘창의적 공학 문제해결 성향’ 검사 결과와 마찬가지로 높게 나타났다. 이는 공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구 활동이 영재 학생들의 공학에 대한 긍정적인 태도를 갖게 한 것으로 볼 수 있다. 또한 사전 점수와 사후 점수를 비교해 보았을 때 ‘공학에 대한 흥미’, ‘공학에 대한 학교교육과정’ 요인에서 긍정적으로 인식하는 성향이 가장 크게 변화했다. ‘공학에 대한 흥미’ 요인은 8.4% point 상승하였고, ‘공학에 대한 학교교육과정’ 요인은 9.0% point 상승하였다.

학생들이 연구한 내용을 살펴보면 대부분 오늘날 급변하는 사회에서 우리가 직면한 문제들로, 학생들은 이러한 문제를 풀기 위해 과학, 수학, 기술, 공학적 지식뿐만 아니라 환경, 사회적 맥락 속에서 학생들이 만든 해결안의 영향을 이해할 수 있는 실생활 문제였다. 즉, 이러한 공학과 관련된 연구 활동은 자신과 관련 있는 문제로 인식하고 이를 해결하는 과정에서 자기주도적 경험과 활동으로 이어졌으며, 이는 공학에 대한 이해와 흥미를 높인 것으로 보인다. 또한 공학은 그 자체가 융합 과목이다. 과학과 공학의 융합에 대한 노력들은 과학, 수학과 기술 내용을 배우기 위한 자극제로 공학과 공학 설계를 이용하였다. NRC(2012)에서는 학생들이 과학 개념을 배우는데 있어 공학의 역할을 분명히 설명하였고 과학 교육과정에 공학을 포함해야 함을 논의하였다. 특히, ‘공학에 대한 학교 교육과정’의 “공학은 학교에서 반드시 배워야 한다.”와 “지금보다 더 많은 공학 교육이 필요하다.” 두 문항은 ‘공학에 대한 태도’ 문항 전체에서 학생들의 긍정적인 인식

변화(각각 18.0% point, 14.6% point)가 가장 큰 문항이었다. 즉, 공학 설계에 기반한 연구 활동을 통해 영재 학생들은 학교에서 더 많은 공학 교육의 필요성을 더욱 느끼게 되었고, 미래 직업 교육면에서 공학 교육은 필요하다는 인식을 갖게 된 것으로 보인다.

3. 진로 희망 직업 계열과 성별에 따른 효과

공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구 활동이 영재 학생들의 진로 희망 직업 계열(N=84)과 성별(N=89)에 따른 창의적 공학문제해결 성향과 공학에 대한 태도 변화에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 공학 계열과 자연 계열로 진로를 희망하는 집단 사이와 남학생과 여학생 집단 간의 사후 점수의 차이가 사전 점수의 영향에 의한 것인지, 아니면 공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구 활동의 효과인지 알아보았다. 연구 대상자는 89명 중 남학생은 63명, 여학생은 26명이었고, 사전 검사와 사후 검사에서 진로 희망을 기타 직업 계열로 선택한 학생이 각각 3명과 2명이 있어 이 5명의 학생들은 제외하여 공학 계열을 희망한 학생은 60명, 자연 계열을 희망한 학생은 24명이었다. 진로 희망 직업(공학 계열, 자연 계열)과 성별(남학생, 여학생)에 따른 집단이 동일한 집단인지 확인하기 위해 각 검사 도구의 하위 요인별 사전 검사 점수에 대해 독립 표본 t검정을 통해 동질성 검증을 실시하였고 이에 대한 결과는 Table 6과 같다. 공학 계열과 자연 계열을 희망하는 집단 간에 창의적 공학문제해결 성향의 ‘소통 및 협업 능력’ 요인과 공학에 대한 태도에서 ‘공학에 대한 흥미’, ‘공학과 직업’, 전체 점수에서, 남학생과 여학생 사이에서는 공학에 대한 태도의 ‘공학의 영향’ 요인에서 유의미한 차이가 나타났다(p<.05). 따라서 실험 전 존재하는 집단 간 평균 점수 차이의 영향을 통제하기 위해 사전 점수를 공변인으로 하여 사후 점수에 대해 공변량 분석을 실시하였다.

공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구 활동이 진로 희망 직업 계열 차이에 따라 창의적 공학문제해결 성향과 공학에 대한 태도의 사후 점수에 미치는 영향을 검증하기 위해 공변량 분석을 실시하였다. 이에 대한 하위 요인 및 전체 문항에 대한 사전 검사, 사후 검사의 평균과 표준 편차, 조정된 사후 검사 점수의 평균과 표준 오차는 Table 7과 같고, 공변량 분석 결과는 Table 8과 같다.

Table 6. Pre-test 's homogeneity test result according to desired career paths and gender differences

대응	진로 희망		t	p	성별		t	p	
	공학 계열 (M(SD))	자연 계열 (M(SD))			남학생 (M(SD))	여학생 (M(SD))			
창의적 공학문제 해결성향	동기	3.994(0.660)	4.028(0.613)	.213	.832	4.023(0.624)	3.962(0.695)	.297	.767
	공학 설계	4.283(0.449)	4.375(0.514)	.811	.420	4.276(0.460)	4.385(0.483)	-.807	.422
	공학적 사고 습관	3.931(0.600)	4.009(0.427)	.578	.565	4.004(0.562)	3.842(0.531)	1.198	.234
	공학과 공학자	3.708(0.628)	3.796(0.641)	.546	.565	3.741(0.572)	3.712(0.754)	.233	.816
	소통 및 협업 능력	4.486(0.490)	4.736(0.333)	2.691	.009	4.537(0.478)	4.603(0.435)	-.657	.513
전체	4.101(0.399)	4.214(0.333)	1.235	.221	4.141(0.369)	4.115(0.418)	.273	.786	
공학에 대한 태도	공학에 대한 흥미	4.112(0.542)	3.702(0.725)	-2.830	.006	3.966(0.618)	4.060(0.644)	-.930	.355
	공학의 난이도	3.214(0.558)	3.229(0.670)	.107	.915	3.213(0.601)	3.231(0.568)	.033	.973
	공학의 영향	4.167(0.487)	4.107(0.543)	-.490	.626	4.074(0.458)	4.319(0.557)	-2.444	.017
	공학 관련 학교 교육과정	3.981(0.585)	4.030(0.593)	.344	.732	3.938(0.581)	4.121(0.584)	-1.588	.116
	공학과 직업	4.253(0.542)	3.528(0.723)	-5.013	.000	3.986(0.709)	4.179(0.604)	-1.370	.174
전체	3.958(0.400)	3.740(0.457)	-2.166	.033	3.850(0.414)	3.999(0.444)	-1.750	.084	

Table 7. Descriptive statistics on pre, post, and adjusted post-test for creative engineering problem solving propensity

	요인	집단	사전 검사		사후 검사		조정된 사후 검사	
			M	SD	M	SD	M	SE
진로 희망	동기	공학 계열	3.994	0.660	4.127	0.702	4.216	0.148
		자연 계열	4.028	0.613	4.292	0.541	4.293	0.234
	공학 설계	공학 계열	4.283	0.449	4.594	0.396	4.597	0.119
		자연 계열	4.375	0.514	4.646	0.323	4.639	0.189
	공학적 사고 습관	공학 계열	3.931	0.600	4.302	0.548	4.301	0.205
		자연 계열	4.009	0.427	4.338	0.472	4.341	0.325
	공학과 공학자	공학 계열	3.708	0.628	4.242	0.560	4.242	0.144
		자연 계열	3.796	0.641	4.177	0.534	4.177	0.228
	소통 및 협업 능력	공학 계열	4.486	0.490	4.764	0.338	4.768	0.106
		자연 계열	4.736	0.333	4.826	0.317	4.815	0.170
	전체	공학 계열	4.101	0.399	4.446	0.377	4.446	0.247
		자연 계열	4.214	0.333	4.481	0.308	4.479	0.392
성별	동기	남학생	4.023	0.624	4.270	0.682	4.213	0.152
		여학생	3.962	0.695	4.167	0.606	4.164	0.237
	공학 설계	남학생	4.276	0.460	4.557	0.386	4.541	0.118
		여학생	4.385	0.483	4.724	0.330	4.723	0.183
	공학적 사고 습관	남학생	4.004	0.562	4.341	0.500	4.323	0.204
		여학생	3.842	0.531	4.248	0.581	4.235	0.321
	공학과 공학자	남학생	3.741	0.572	4.246	0.599	4.231	0.141
		여학생	3.712	0.754	4.173	0.429	4.172	0.219
	소통 및 협업 능력	남학생	4.537	0.478	4.756	0.345	4.732	0.106
		여학생	4.603	0.435	4.840	0.296	4.837	0.165
	전체	남학생	4.141	0.369	4.455	0.352	4.430	0.254
		여학생	4.115	0.418	4.457	0.376	4.456	0.395

Table 8. Covariate analysis result of Creative engineering problem solving propensity

	요인	변량원	제곱합	자유도	평균제곱	F	p
동기		사전 점수	1.582	1	1.582	.399	.529
		진로 희망	.923	1	.923	.233	.630
		오차	320.693	81	3.959		
		합계	13902.000	84			
공학 설계		사전 점수	7.135	1	7.135	1.402	.240
		진로 희망	1.068	1	1.068	.210	.648
		오차	412.223	81	5.089		
		합계	64663.000	84			
공학적 사고 습관		사전 점수	7.174	1	7.174	.315	.576
		진로 희망	2.291	1	2.291	.101	.752
		오차	1841.968	81	22.740		
		합계	128370.000	84			
공학과 공학자		사전 점수	.006	1	.006	.001	.971
		진로 희망	1.150	1	1.150	.232	.631
		오차	400.885	81	4.949		
		합계	24373.000	84			
소통 및 협업 능력		사전 점수	2.314	1	2.314	.580	.449
		진로 희망	1.282	1	1.282	.321	.572
		오차	323.228	81	3.990		
		합계	69472.000	84			
전체		사전 점수	2.137	1	2.137	.021	.885
		진로 희망	14.459	1	14.459	.142	.708
		오차	8270.805	81	102.109		
		합계	1315794.000	84			

	요인	변량원	제곱합	자유도	평균제곱	F	p
	동기	사전 점수	1.707	1	1.707	.389	.535
		성별	.384	1	.384	.088	.768
		오차	377.397	86	4.388		
		합계	14499.000	89			
	공학 설계	사전 점수	.590	1	.590	.113	.737
		성별	21.806	1	21.806	4.179	.044
		오차	448.723	86	5.218		
		합계	68081.000	89			
성별	공학적 사고 습관	사전 점수	31.020	1	31.020	1.304	.257
		성별	11.391	1	11.391	.479	.491
		오차	2045.310	86	23.783		
		합계	135200.000	89			
	공학과 공학자	사전 점수	1.143	1	1.143	.230	.633
		성별	1.012	1	1.012	.204	.653
		오차	426.998	86	4.965		
		합계	25710.000	89			
	소통 및 협업 능력	사전 점수	2.487	1	2.487	.589	.445
		성별	7.306	1	7.306	1.729	.192
		오차	363.332	86			
		합계	73035.000	89			
	전체	사전 점수	38.656	1	38.656	.341	.561
		성별	9.896	1	9.896	.087	.768
		오차	9761.319	86			
		합계	1383985.000	89			

Table 7, 8에서 보는 바와 같이 공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구 활동이 진로 희망 계열 차이에 따른 두 집단(공학 계열, 자연 계열)과 성별 차이에 따른 두 집단(남학생, 여학생)에 따라 미치는 영향을 알아보기 위해 공변량 분석을 실시한 결과 성별에 따른 ‘공학 설계’ 요인에서만 5%의 유의수준에서 남학생과 여학생 간에 유의미한 차이를 보였다($p < .05$). 즉, 성별 차이에 따른 ‘공학 설계’ 요인을 제외하고 진로 희망과 성별의 차이에 따라 모든 요인과 전체 점수에 있어 유의미한 차이를 보이지 않는 것으로 보아 공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구 활동은 영재 학생들의 진로 희망과 성별의 차이는 창의적 공학문제해결 성향 변화에 있어 큰 영향을 미치지 않는 것으로 볼 수 있다.

공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구 활동이 성별 차이에 따라 창의적 공학문제해결 성향과 공학에 대한 태도의 사후 점수에 미치는 영향을 검증하기 위해 공변량 분석을 실시하였다. 이에 대한 하위 요인 및 전체 문항에 대한 사전 검사, 사후 검사의 평균과 표준 편차, 조정된 사후 검사 점수의 평균과 표준 오차는 Table 9와 같고, 공변량 분석 결과는 Table 10과 같다.

Table 9, 10에서 보는 바와 같이 공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구 활동이 진로 희망 계열 차이에 따른 두 집단(공학 계열, 자연 계열)과 성별 차이에 따른 두 집단(남학생, 여학생)에 따라 미치는 영향을 알아보기 위해 공변량 분석을 실시한 결과 모든 요인과 전체 점수에 있어 유의미한 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 즉, 영재 학생들이 실시하는 공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구 활동은 공학에 대한 태도 변화에 있어 진로 희망과 성별이 주는 차이가 거의 없는 것으로 볼 수 있다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 공학 설계에 기반한 창의적인 문제해결 과정이 영재 학생들의 공학적인 문제해결 성향과 공학에 대한 태도에 어떻게 영향을 미치는지 알아보고자 하는 것으로 본 연구 결론을 다음과 같다.

첫째, 영재 학생들의 공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구 활동은 창의적 공학문제해결 성향 변화에 긍정적 효과를 나타냈다. 연구에 참여한 학생들은 공학 설계에 기반한 R&E 활동을 통해 실생활 문제 상황에서 최선의 해결안을 찾는 과정을 경험하였고, 이는 창의적 공학 설계에 대한 이해에 긍정적인 변화를 준 것으로 해석할 수 있다. 이러한 경험은 또한 공학적인 사고 과정을 자극하며 창의적 공학문제 해결력과 창의적 문제해결 성향을 향상시킨 것으로 볼 수 있다.

둘째, 공학 설계에 기반한 연구 활동으로 영재 학생들은 학교에서 더 많은 공학 교육의 필요성을 더욱 느끼게 되었고, 미래 직업 교육면에서 공학 교육은 필요하다는 인식을 갖게 되었는데 이는 공학에 대한 태도 변화에 긍정적인 변화를 준 것으로 해석할 수 있다. 또한 영재 학생들의 이러한 경험은 공학 및 STEM 분야로 향후 진로에 대한 긍정적 인식을 형성하는데 도움을 주는 것을 확인할 수 있었다.

셋째, 영재 학생들의 경우 공학 계열이나 자연 계열로 진로를 희망하는 학생들과 남학생과 여학생의 차이에 따라 공학 설계에 기반한 연구 활동이 주는 효과가 거의 차이가 나지 않음을 확인할 수 있었다. 하지만 공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구 활동은 ‘공학 설계’ 요인 성향 변화에서는 남학생보다 여학생에게 효과가 있음을 알 수 있었는데 이는 공학 문제를 정의하고 공학 문제 해결을 위한 해결책을 만들고 최적화하는 반복적인 과정을 통해 여학생들의 ‘공학 설계’ 성향 변화에 효과가 있었던 것으로 볼 수 있다.

Table 9. Descriptive statistics on pre, post, and adjusted post-test for attitude toward engineering

요인	집단	사전 검사		사후 검사		조정된 사후 검사		
		M	SD	M	SD	M	SE	
진로 희망	공학에 대한 흥미	공학 계열	4.112	0.542	4.252	0.548	4.891	0.170
		자연 계열	3.702	0.725	4.083	0.648	4.231	0.274
	공학의 난이도	공학 계열	3.214	0.558	3.431	0.719	3.433	0.201
		자연 계열	3.229	0.670	3.556	0.613	3.550	0.318
	공학의 영향	공학 계열	4.167	0.487	4.281	0.517	4.273	0.155
		자연 계열	4.107	0.543	4.214	0.507	4.235	0.246
	공학 관련 학교 교육과정	공학 계열	3.981	0.585	4.190	0.580	4.195	0.203
		자연 계열	4.030	0.593	4.250	0.708	4.239	0.320
	공학과 직업	공학 계열	4.253	0.542	4.275	0.566	4.163	0.171
		자연 계열	3.528	0.723	3.972	0.708	4.253	0.286
전체	공학 계열	3.958	0.400	4.100	0.457	4.067	0.305	
	자연 계열	3.740	0.457	4.030	0.469	4.112	0.488	
성별	공학에 대한 흥미	남학생	3.966	0.618	4.209	0.581	4.218	0.169
		여학생	4.060	0.644	4.192	0.587	4.137	0.264
	공학의 난이도	남학생	3.213	0.601	3.463	0.744	3.433	0.197
		여학생	3.231	0.568	3.474	0.559	3.476	0.307
	공학의 영향	남학생	4.074	0.458	4.222	0.497	4.248	0.158
		여학생	4.319	0.557	4.352	0.544	4.267	0.249
	공학 관련 학교 교육과정	남학생	3.938	0.581	4.177	0.645	4.175	0.198
		여학생	4.121	0.584	4.275	0.548	4.225	0.310
	공학과 직업	남학생	3.986	0.709	4.167	0.644	4.162	0.169
		여학생	4.179	0.604	4.237	0.574	4.159	0.263
전체	남학생	3.850	0.414	4.062	0.480	4.067	0.294	
	여학생	3.999	0.444	4.121	0.415	4.055	0.461	

Table 10. Covariate analysis result of Attitude toward engineering

요인	변량원	제곱합	자유도	평균제곱	F	p
공학에 대한 흥미	사전 점수	386.067	1	386.067	32.694	.000
	진로 희망	1.405	1	1.405	.119	.731
	오차	956.500	81	11.809		
	합계	74114.000	84			
공학의 난이도	사전 점수	228.993	1	228.993	15.733	.000
	진로 희망	8.563	1	8.563	.588	.445
	오차	1178.924	81	14.555		
	합계	37751.000	84			
공학의 영향	사전 점수	240.320	1	240.320	23.635	.000
	진로 희망	1.192	1	1.192	.117	.733
	오차	823.613	81	10.168		
	합계	75830.000	84			
공학 관련 학교 교육과정	사전 점수	142.089	1	142.089	8.258	.005
	진로 희망	1.617	1	1.617	.094	.760
	오차	1393.744	81	17.207		
	합계	74404.000	84			
공학과 직업	사전 점수	310.797	1	310.797	32.103	.000
	진로 희망	3.835	1	3.835	.396	.531
	오차	784.187	81	9.681		
	합계	54203.000	84			
전체	사전 점수	4265.448	1	4265.448	23.534	.000
	진로 희망	35.222	1	35.222	.194	.661
	오차	14681.152	81	181.249		
	합계	1541848.000	84			

요인	변량원	제곱합	자유도	평균제곱	F	p
공학에 대한 흥미	사전 점수	546.417	1	546.417	43.268	.000
	성별	5.763	1	5.763	.456	.501
	오차	1086.071	86	12.629		
	합계	78349.000	89			
공학의 난이도	사전 점수	196.924	1	196.924	13.446	.000
	성별	1.194	1	1.194	.082	.776
	오차	1259.539	86	14.646		
	합계	39498.000	89			
성별	사전 점수	185.980	1	185.980	17.268	.000
	성별	.320	1	.320	.030	.863
	오차	926.227	86	10.770		
	합계	80034.000	89			
공학 관련 학교 교육과정	사전 점수	156.447	1	156.447	9.165	.003
	성별	2.160	1	2.160	.127	.723
	오차	1468.003	86	17.070		
	합계	78178.000	89			
공학과 직업	사전 점수	373.786	1	373.786	35.038	.000
	성별	.005	1	.005	.000	.983
	오차	917.449	86	10.668		
	합계	56774.000	89			
전체	사전 점수	5052.348	1	5052.348	28.404	.000
	성별	3.240	1	3.240	.018	.893
	오차	15297.303	86	177.876		
	합계	1620979.000	89			

본 연구를 통해 공학 설계에 기반한 통합적 STEM 교육은 학생들의 과학, 기술, 공학, 수학 분야에 대한 관심과 흥미와 관심을 높이고 학생들이 실제 공학 분야에 대한 인식 향상과 진로 결정에 영향을 줄 수 있다는 것을 알 수 있었다. 따라서 현재 학생들이 이공계 분야로 진출을 기피하는 상황에서, 공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구 활동은 학생들의 과학, 기술, 공학, 수학 분야에 대한 관심과 흥미를 높이고 융합적 소양을 갖추게 함으로써, 더 많은 학생들이 이공계 분야 특히 공학 분야로 진출하게 하고 궁극적으로 국가의 과학기술 경쟁력 신장에 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다. 공과 대학의 교육 프로그램을 인증하는 한국공학교육인증원(Accreditation Board for Engineering Education of Korea[ABEEK])에서는 공학 교육을 이수하는 학생이 갖추어야 할 기본 소양(학습 성과) 10가지를 말하고 있는데 전반적으로 공학 설계 능력과 문제 해결 능력을 강조하고 있다. 또한 공학 설계 수업을 위해 기본적으로 필요한 내용으로 전문 공학 지식 뿐만 아니라, 의사 소통 능력, 팀워크 능력, 문제 해결 능력을 강조하고 있다(ABEEK, 2015; Hong, Song, & Park, 2012). 본 연구 결과는 공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구 활동이 학생들이 실제 공과 대학에 진학했을 경우 필요로 하는 기본 소양을 기르는데 긍정적인 효과가 있다는 것을 보여준다. 또한 다양한 공학 설계 기반의 STEM 활동 경험은 창의적인 공학문제해결 성향뿐 아니라 공학에 대해 긍정적인 인식과 태도를 갖게 하여 학생들의 공학 관련 진로 결정에 있어 긍정적인 영향을 줄 수 있다는 것을 보여 준다. 공학에 대한 긍정적 인식은 공학 및 STEM 분야와 관련된 직업에 대한 관심으로 이어져 STEM 관련 직업 선택과 궁극적으로 STEM 관련 양질의 인력 양성에 기여를 할 수 있을 것으로 기대한다.

본 연구에 따른 후속 연구에 대한 제언은 다음과 같다.

첫째, 본 연구는 경남 지역의 K과학 고등학교 1학년 학생을 대상으로 ‘단일 집단 사전 사후 검사’로 연구를 수행되었다. 따라서 공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구 활동의 영향을 일반화하기 위해서는 STEM 분야가 아닌 일반적인 연구 활동을 실시한 학생들을 비교 집단으로 선정할 집단 비교 연구 결과가 필요할 것이다.

둘째, 본 연구는 과학 고등학교를 다니는 과학 영재 학생을 대상으로 연구를 진행하였으므로 일반 고등학교 학생에게도 본 연구를 적용해 본다면 학생들의 과학적 성취수준에 따른 공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구 활동의 영향을 알아볼 수 있을 것이다.

셋째, 창의적 공학문제해결 성향이나 공학에 대한 태도와 같이 정의적 영역의 변화는 장기간에 걸쳐 일어나거나 스스로 인지를 못할 수도 있으므로 본 연구처럼 짧은 연구 기간(4개월)으로는 일반화하기 어려울 수 있다. 추후 이 학생들에 대해 꾸준히 추적 연구를 한다면 장시간에 대한 정의적 변화를 논할 수 있을 것이다. 또한 2012년부터 우리나라에 본격적으로 STEAM 교육이 소개된 점을 고려해보면 과학 고등학교나 영재학교 등에서 다양한 형태의 통합적 STEM 교육을 받았거나 경험한 학생들이 관련 대학에 진학하여 졸업한 이후 실제 어떠한 직업을 결정하였는지를 알아보는 종단 연구 또한 필요하다고 할 수 있다.

국문요약

본 연구는 공학 설계에 기반한 연구 프로그램, 팀 프로젝트 활동 등의 통합적 STEM 연구 활동이 영재 학생들의 창의적 공학문제해결 성향과 공학에 대한 태도에 미치는 효과를 알아본 것이다. 이를 위해 Kang & Nam (2016)이 개발한 창의적 공학문제해결 성향 검사 도구

와 Moon (2009)이 사용한 공학에 대한 태도 검사 도구를 본 연구 상황에 맞게 수정하여 통합적 STEM 활동의 사전과 사후에 측정 하였고, 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 영재 학생들의 공학 설계에 기반한 통합적 STEM 연구 활동은 창의적 공학문제해결 성향 변화과 공학에 대한 태도 변화에 긍정적 효과를 나타냈다. 창의적 공학문제해결 성향 검사지는 동기, 공학 설계, 공학적 사고 습관, 공학과 공학자, 소통 및 협업 능력 5요인으로 구성되어 있는데 모든 요인에서 유의미한 결과가 나타났다($p < .05$). 창의적 공학문제해결 성향은 대부분의 요인에서 진로 희망 직업 계열과 성별 차이에 따른 유의미한 차이가 없었다. 하지만 ‘공학 설계’ 요인에서는 남학생보다 여학생에게 효과가 있음을 알 수 있었다. 공학에 대한 태도 검사지는 공학에 대한 흥미, 공학의 난이도, 공학의 영향, 공학과 관련된 학교 교육과정, 공학과 직업에 대한 인식을 알아보는 문항으로 구성되어 있는데 모든 요인에서 유의미한 결과가 나타났지만($p < .05$), 진로 희망 직업 계열과 성별 차이에 따른 유의미한 차이는 없었다.

주제어 : 통합적 STEM 연구, 공학 설계, 창의적 공학문제해결 성향, 공학에 대한 태도

References

- Accreditation Board for Engineering Education of Korea[ABEEK] (2015). KEC2015.
- Burghardt, M. D., & Hacker, M. (2004). Informed design: A contemporary approach to design pedagogy as the core process in technology. *Technology Teacher*, 64(1), 6-8.
- Cho, S., Jang, Y., & Jung, T. (2003). Development of creative problem solving Test. *The Journal of Korean Education*, 30(1), 259-296.
- Harms, H. R., & Janosz, D. A. (2012). *Pre-Engineering*. New York: McGraw Hill
- Hong, H., Song, S., & Park, S. (2012). *Introduction to creative engineering design*(2nd ed.). Seoul: GS intervision.
- Hirsch, L. S., Gibbons, S. J., Kimmel, H., Rockland, R., & Bloom, J. (2003). High school students' attitudes to and knowledge about engineering. In *Frontiers in Education*, 2003. FIE 2003 33rd Annual (Vol. 2, pp. F2A7-12). IEEE.
- Hjalmanson, M., & Lesh, R. (2008). Engineering and design research: Intersections for education research and design. *Handbook of design research methods in education: Innovations in science, technology, engineering, and mathematics learning and teaching*, 96-110.
- Jang, J., Chung, Y., Choi, Y., & Kim, S. (2013). Exploring the characteristics of science gifted students' task commitment. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(1), 1-16.
- 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.
- Kim, Y., Kang, J., & Heo, N. (2015). An analysis on scientifically gifted students' image and perception of the engineering. *Journal of Gifted/Talented Education*, 25(1), 95-117.
- Ministry of Education and Science Technology[MEST] & Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity[KOFAC]. (2012). *Teacher training program for STEAM education*. Seoul, Korea: Author.
- Korea Institute of S&T Evaluation and Planning[KISTEP]. (2014). *Issue analysis and plan establishment of creative S&T human resource*. Seoul: Korea Institute of S&T Evaluation and Planning.
- Koszalka, T., Wu, Y., & Davidson, B. (2007). Instructional design issues in a cross-institutional collaboration within a distributed engineering educational environment. In *proceedings of world conference on E-learning in corporate, government, healthcare, and higher education* (pp. 1650-1657).
- Lee, C. S. (2008). Development of technology attitude scale for Korean pupils. *The Journal of Korean Practical Arts Education*, 14(2), 157-174.
- Lee, G. H. (2006). Effects of future city construction project instruction using CPS on creativity and problem solving ability of elementary school children. *The Korean Journal of Educational Psychology*, 20(2), 487-506.
- Lee, H., Kwon, H., Park, K., & Oh, H. (2014). Development and application of integrative STEM, Science, Technology, Engineering and Mathematics, education model based on scientific inquiry. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(2), 63-78.
- 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, S. G. (2015). The effect of the design based STEAM program utilizing smart device for interest in science and STEAM literacy. *Journal of The Korean Society of Earth Science Education*, 8(3), 240-250.
- Lee, S. J. (2015). *The Impact of a science & engineering integrated curriculum on technical high school students' science attitudes*. Unpublished master's thesis. Korea National University of Education, Chungbuk, Korea.
- Ministry of Education[MOE]. (2015). 2015 revised curriculum general remarks and particulars defined published. Ministry of Education.
- 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 (J-PEER)*, 4(1), 2.
- 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.
- Nam, Y., 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 perceptions of engineering. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(7), 1881-1907.
- National Science Foundation. (2010). *Preparing the next generation of STEM Innovators: Identifying and developing our nation's human capital*. National Science Board.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academies Press.
- National Research Council. (2009). *Engineering in K-12education: Under standing the status and improving the prospects*. Washington, DC: The National Academies.
- National Research Council. (2011). *Successful K-12 STEM Education: Identifying effective approach in Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEM mania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- 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.