

ORIGINAL ARTICLE

융합인재교육(STEAM)을 위한 창의적 공학문제해결 성향 검사 도구 개발

강주원¹, 남윤경^{2*}

(¹경남과학고등학교, ^{2*}부산대학교)

The development of an Instrument for Measuring the Creative Engineering Problems Solving Propensity for STEAM

Ju-Won Kang¹, Younkyeong Nam^{2*}

(¹Gyeongnam Science High School, ^{2*}Pusan National University)

ABSTRACT

This study is to develop a valid and reliable instrument for measuring students' creative engineering problem solving propensity. The creative engineering problem solving is operationally defined in this study as a creative problem solving skill in an engineering context. To develop the instrument, first we define seven common constructs between engineering problem solving skill and creative problem solving skill through an intensive literature review; motivation, context, personal character, engineering design, engineering habits of mind, understandings of engineering and engineers, communication skill, and collaboration skill. Based on the seven constructs and the face validity test conducted by two in-service science teachers and 4 experts in science education research, 40 preliminary items were developed. Then the preliminary instrument was implemented in a science gifted highschool to measure the reliability of the instrument. From the 40 items, 34 items were selected through the initial reliability test by Cronbach's α ($>.75$). Finally through the three times of factor analysis process, 28 items in five construct categories were selected; motivation (3 items), engineering design (6 items), engineering habits of mind (9 items), understandings of engineering and engineers (4 items), communication and collaboration skill (6 items). The factor analysis result showed that the reliability of each construct category was between .733 to .892., meaning that the instrument is reliable in terms of the higher structural validity (each item is categorized in an appropriate construct category). We expect that the creative engineering problem solving propensity instrument developed in this study can be used in various contexts for STEAM education research as a reliable and valid instrument

Key words : engineering design, creative problem solving, engineering problem solving, exploratory factor analysis

1. 서론

20세기 후반에 들어서면서 사회 전반의 새로운 패러다임의 변화와 지식 재창출의 요구로 인하여

Received 31 October, 2016; Revised 6 December, 2016; Accepted 22 December, 2016

*Corresponding author : Younkyeong Nam, Pusan National University, 2, Busandaehak-ro 63beon-gil, Geumjeong-gu, Busan, 46241, Korea

Phone: +82-10-4753-1765

E-mail: ynam@pusan.ac.kr

© The Korean Society of Earth Sciences Education . All rights reserved.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

‘창의적 사고와 문제해결력’을 겸비한 미래 인재 양성의 필요성이 강하게 대두되었다(강정하와 최인수, 2006). 과학 교육에서는 창의적 문제 해결력을 갖춘 인재를 양성하기 위해 새로운 미래 핵심 역량이 강조되었으며 미국을 비롯한 여러 선진국에서 STEM(Science, Technology, Engineering, and Mathematics; 이하 STEM) 중심 교육이 강조되고 있다(이춘식, 2012). 미국을 중심으로 시작된 STEM 교육은 이미 OECD 여러 국가에 영향을 미치고 있다. 우리나라에서도 2010년 대통령 보고서에서 지적한 대로 ‘창의적이고, 융합적 소양과 문제 해결력을 갖춘 과학기술 인재를 양성’이 미래 과학 교육의 중요한 목표로 대두 되면서 STEAM(Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics; 이하 STEAM)을 이용한 과학 교육을 강조하고 있다(교육과학기술부·한국과학창의재단, 2012).

STEAM 교육의 핵심 목표는 교과간 통합을 통하여 창의력이 경쟁력의 핵심이 되는 새로운 시대에 부합하는 인재를 양성하는 것이다(교육과학기술부·한국과학창의재단, 2012). STEAM 교육에서 요구하는 융합 교육의 범위는 기존의 단순한 학문간 융합에 그치지 않고 실생활과 관련된 문제를 계획, 설계, 제작 및 평가하는 공학적인 설계 및 해결 과정을 중시하는 ‘통합적 STEM 교육(Integrated STEM Education)’ 및 ‘과학 공학 융합 교육(Engineering Integrated Science)’이다(문대영, 2009; 성의석과 나승일, 2012; 이선주, 2015; 이효녕 외, 2013; 이효녕 외, 2014; 이춘식, 2012; Nam et al., 2016; NGSS Lead States, 2013).

미국에서 제시한 초·중·고 학생들을 위한 공학교육과정(NRC, 2009)에 따르면 공학 설계 중심의 이러한 수업은 고도로 협력적이고 문제 상황에 대해 여러 해결 가능한 방법이 존재하며, 과학, 수학과 기술 공학적 개념을 배우는데 의미 있는 내용을 다루고, 종합적 사고, 모델링, 분석적 사고력을 자극 시킨다고 한다. 실제로 여러 연구를 통해 공학 설계 기반의 수업이 과학 지식 증가 등 인지적 영역 뿐 아니라 과학과 공학에 대한 태도와 인식 등 정의적인 영역에서 긍정적인 효과가 증명되었다. 예를 들어 Olds, et al. (2006)의 연구는 공학 설계 활동

을 통해 학생들이 공학적 지식, 간단한 기계에 대한 이해를 증가 한 것을 보여 주었으며, Apedoe, et al. (2008)는 공학 설계를 이용한 화학 수업을 통해 학생들의 원자의 상호작용과 에너지에 대한 이해가 증가함을 보여주었다. 공학 설계 수업이 정의적 영역에 미치는 효과에 대한 연구는 인지적 영역 보다 더 활발히 진행 되었으며(Nam et al., 2016; Samuel, Robert, Ryan & Dina, 2011), 공학 설계 중심의 통합적 STEM 교육은 학생들의 비판적 사고력, 창의적 문제 해결력, 대인 관계를 포함한 소통 및 협업 능력, 진로 개발 능력 등의 핵심 역량 증진에 긍정적인 효과를 있음을 보여 주었다(성의석과 나승일, 2012).

우리나라에서는 일부의 일반고, 영재학교 및 과학교에서는 통합적 STEM 교육과 공학 설계 기반의 연구 활동을 적용하는 과학계열 전문 교과로 ‘과제 연구’라는 정규 교과가 7차 교육과정 시기부터 설치되어 운영되고 있다. 국가 교육과정에서 융합 교육의 중요성 강조와 한국과학창의재단의 적극적인 지원으로 지금까지 많은 STEAM 교육 프로그램이 개발 되었다(문대영, 2008; 이경화, 2006; 이선주, 2015; 이효녕 외, 2013; 임강숙, 김희수, 2014; 홍기철, 2012; Cho et al., 2011; Lee와 Rho, 2011). STEAM 교육의 핵심 과정은 공학적 문제해결을 적용한 ‘창의적 설계’ 과정에 대한 이해나 성향에 있다. 그러나 개발된 STEAM 프로그램의 효과에 대한 연구는 대부분 이러한 프로그램이 학생들의 정의적 성향 즉, 창의성, 문제 해결 능력, 융합인재소양, 과학에 대한 흥미, 공학에 대한 태도, 공학에 대한 인식을 측정하는 것이었다(문대영, 2009; 성의석과 나승일, 2012; 이경화, 2006; 이상균, 2015; 이선주, 2015; 정은영, 2008; Nam et al., 2016). 일부 연구자들이 창의성과 창의적 문제 해결력, 공학적 문제 해결력에 대한 연구를 시도 하였으나 각각 서로 다른 검사지를 사용하여 연구 효과의 신뢰도와 타당도를 검증하기 힘들며, 특히 공학적 문제 해결력 검사 도구로 전통적으로 사용되던 기술문제해결력 검사지를 약간 수정하여 사용함으로써(문대영, 2009; 성의석과 나승일, 2012) 검사 도구 자체의 타당도에 대한 문제가 있다. 다시 말해 STEAM 교육

의 핵심인 공학적 문제해결 상황에서 창의적인 문제해결 성향을 하나의 검사 도구를 이용하여 측정하는 연구는 전무하다고 볼 수 있다. 그러므로 창의성과 창의적 문제해결력, 공학적 문제해결력의 각각의 특징적 요소와 측정하고자 하는 내용의 유사성을 분석하여 이를 동시에 측정할 수 있는 통합된 검사 도구를 개발할 필요가 있다. 이에 본 연구의 목적은 창의성과 창의적 문제해결력, 공학적 문제해결 성향을 통합적이고 정량적으로 측정할 수 있는 신뢰도와 타당도가 검증된 도구를 개발하는 것이다. 본 연구는 연구의 목적에 따라 1학기 간 과제 연구를 통해 융합과학교육 프로젝트를 수행하는 과학 영재고 학생을 대상으로 창의적 공학 문제해결 성향을 측정하는 검사지를 개발, 그 신뢰도와 타당도를 검증하였다.

본 연구에서 설정한 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 창의성, 창의적 문제해결력, 공학적 문제해결 성향을 통합할 수 있는 창의적 공학문제해결 성향의 구성 요인들은 무엇인가?

둘째, 창의적 공학문제해결 성향 요인을 고려하여 개발된 검사 도구의 신뢰도와 타당도는 어떠한가?

II. 이론적 배경

1. 공학적 문제해결과 요인

최근 과학 교육계에서는 학생들을 미래에 STEM 분야 종사자로 만들기 위한 잠재적인 교육학적 접근으로 과학 교육과정에 공학을 통합하자는 논의가 있었다(NGSS Lead States, 2013; NRC, 2009; NRC, 2012). 미국, 영국 등의 선진국들은 K-12 교육에서 통합적 STEM(Integrated STEM)을 기반으로 하는 공학 설계 기반 교수법과 과학 공학 통합 교육 프로그램이 운영되고 있다(이창훈과 서원석, 2012). 2000년대에 와서는 유치원에서부터 고등학교 교육에 미국공학학회(National Academy of Engineering, NAE)의 지원 하에 과학, 수학 그리고 기타 다른 교과목에 공학교육의 내용을 통합하려는 시도를 하였다. 그 결과 ‘유·초·중등 학교 교육

(K-12)에서의 공학’이라는 통합교육과정에 대한 아이디어를 제시되었다(NAE, 2009).

공학 설계 기반의 STEM 교육은 문제 상황에 대해 구조적으로 접근하여, 문제 해결 과정에서 과학과 수학, 기술을 실천하는 공학을 의미한다. National Research Council은 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 중요하게 생각하였다(NRC, 2009). 또한 공학 설계 기반의 STEM 교육은 문제 해결 과정이 핵심이고 공학은 공학자와 고객, 그 외 관련 있는 사람들과의 사회적 상호작용으로 소통 및 협력 과정은 성공적인 공학 설계를 위해 매우 중요한 요소라 할 수 있다(NRC, 2009). 그러므로 공학적 문제해결 과정을 위해 조원들과 소통하고 협력할 수 있는 문제 상황이 제시되어야 하고(Moore et al., 2015), 이는 학생들의 소통 및 협력하는 능력을 키워줄 뿐만 아니라 과학과 공학의 본성의 이해를 이해하는데 도움 준다(Brophy et al., 2008). 그리고 공학적 사고 습관 역시 공학 설계 기반의 STEM 교육에서 중요하게 생각하는 요소이다(Brophy et al., 2008; Moore et al., 2013., NRC, 2009). 과학은 ‘왜?’라는 질문에 답을 제시하는 학문이지만 공학은 ‘어떻게?’라는 질문에 답을 제시한다(교육과학기술부·한국과학창의재단, 2012). 이렇게 공학은 과학 탐구 과정과 마찬가지로 과학 지식을 이용하여 기본적으로 문제를 해결하는 과정이지만, 사고하는 방식에 있어 큰 차이를 나타낸다(NRC, 2009). 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 et al., 2016). 그리고 이는 시스템 사고, 창의성, 낙관적 사고, 인내와 혁신 등으로 구성된다(NRC, 2009, Moore et al., 2014).

NGSS에서는 과학 공학 융합 수업의 핵심과정으로 ‘공학 설계(engineering design)’ 중심의 수업을

제안한다. NGSS에서는 과학 공학 융합 교육에 대해 기본적인 정의를 하기 보다는 공학 설계에 대한 과학적 소양으로써의 원리와 가치에 중점을 둔다. 미국의 차세대 교육과정(NGSS, 2013)에서는 공학 설계에서 제시하는 공통적인 핵심 개념으로 문제 정의 - 공학 설계 및 평가 - 최적화 3단계로 설명하였고, Moore et al.(2014)는 공학 설계 과정을 문제 정의 및 배경지식 조사 - 공학 설계의 계획 및 실행 - 공학 설계의 시험 및 평가 3단계로 제시하였다. 한국 STEAM 교육 연구에서도 문대영(2008)과 이효녕 외(2014)는 공학 설계 과정을 각각 요구조사 - 설계 - 모델링 - 시제품(prototype) 제작 - 테스트와 피드백과 분석 - 설계 - 제작 - 평가 4단계로 설명하고 있다. 이들의 연구에서 제시한 공학 설계 과정의 공통점은 공학 문제를 구체적으로 정의하고, 공학 문제 해결책을 고안하고, 반복적인 최적화 과정을 통해 문제 해결책을 찾는 과정이다.

2. 창의적 문제해결과 요인

창의성은 문제를 해결하는 과정에서 나타나는 “새롭고 적절한 해결 방안”을 말하며, 문제 해결은 “문제에 대해 새로운 해결책을 만드는 것”으로 보아 창의성과 문제해결간의 밀접한 관계를 나타내 주고 있다(Woolfolk, 1995). 창의성과 문제해결력은 유사한 개념으로 볼 수 있고, 문제해결력을 창의성의 상위 개념으로 보기도 하고 하위 개념으로 보기도 한다. 창의적 사고의 기저에는 문제에 대한 민감성, 유창성, 독창성, 융통성, 종합력, 분석력, 복잡성, 평가력의 9개 요소가 있다고 가정하고 있으며, 이 중에서 특히 유창성, 융통성 및 독창성을 창의적 사고를 결정하는 주요인으로 강조하고 있다(김영채, 1999). 신문승(2010)은 기존의 창의적 성향 검사를 참고하여 초등학교를 위한 창의적 성향 검사 도구를 개발하였다. 여기서 그는 창의적 성향을 창의적 사고력이 최종적으로 산출되는 과정에서 개인에게 요구되는 동기, 모험심, 인내심, 자신감, 호기심 등의 성격적인 특성으로 정의하였다.

‘창의적 문제해결’이란 개인이나 집단이 어떤 문제를 해결하기 위하여 창의적으로 사고하는 과정이나 노력들을 통칭하는 것이다(Isaksen et al.,

2000). 창의적 문제해결 과정에는 문제 발견과 문제 해결 단계가 핵심적인 과정이 된다. 문제 발견은 애매모호한 장면에서 문제를 인식하고 그것을 확인하고 해결하기 위한 것으로 문제를 분명하게 정의하고 진술하는 것을 말한다(정미선, 2009). Isaksen과 Treffinger(1985)는 창의적 문제해결력이란 “문제 이해, 아이디어 산출, 행동 계획 및 실행의 3단계를 거치면서 수렴적 사고와 확산적 사고가 작용하여 창의적, 생산적 사고가 일어나는 문제 해결의 과정에서 필요한 능력”으로 정의하였다. 강정하와 최인수(2006)은 창의적 수행과 금융상의 투자에서 창의성 간에 유사한 구조가 있다고 본 ‘창의성 투자이론’을 바탕으로 창의적 문제해결 성향 측정 도구를 개발하였는데 이 검사의 구성요인은 인지능력, 인지양식, 동기, 환경, 성격, 지식구성이었다. 이뿐만 아니라 창의적 문제해결력을 측정하기 위한 구성 요소로 권오남과 김정효(2000)는 인지적 요인으로 확산적 사고와 비판적 사고로 분류하여, 확산적 사고에는 유창성, 융통성, 독창성이 있고 비판적 사고에는 타당성, 신뢰성이 있다고 하였다.

성진숙(2003)은 과학에서 창의적 문제해결력을 ‘개방적인 실생활 문제 상황에서 새롭고 적절한 해결책을 생성해 내는 능력’으로 정의하였고, 인지적 요소에는 확산적 사고와 과학 지식이, 정의적 요소에는 내외적 동기와 성격 특성, 환경적 요소로 구성된다고 하였다. 조석희 외(2005)에서는 인지적 요소는 지식과 기능, 논리적-확산적 사고력으로, 정의적 요소에는 내재적 동기, 도전적 과제 선호 경향, 창의적 문제해결 성향으로 구성된다고 하였으며 송해덕(2006)은 창의적 문제해결력을 이루는 주요 구성 요인을 분석하고 특성을 조사하였는데 학습자 특성, 교수전략, 창의적 문제해결과정, 학습자 특성, 상황적 특성의 다섯 가지 요인들이 포함되었다.

공학에 있어 가장 중요한 요소는 창의성이다. 창의성을 기르는 최선의 방법은 창의적 사고와 문제해결력이 요구되는 활동에 실제로 참여시키는 것이라고 하였다(Davis & Rimm, 1998). 즉, 학생들이 접하는 다양한 실생활 문제 해결 상황에서 이를 해결해보는 과정을 통해 자연스럽게 공학적인 사고

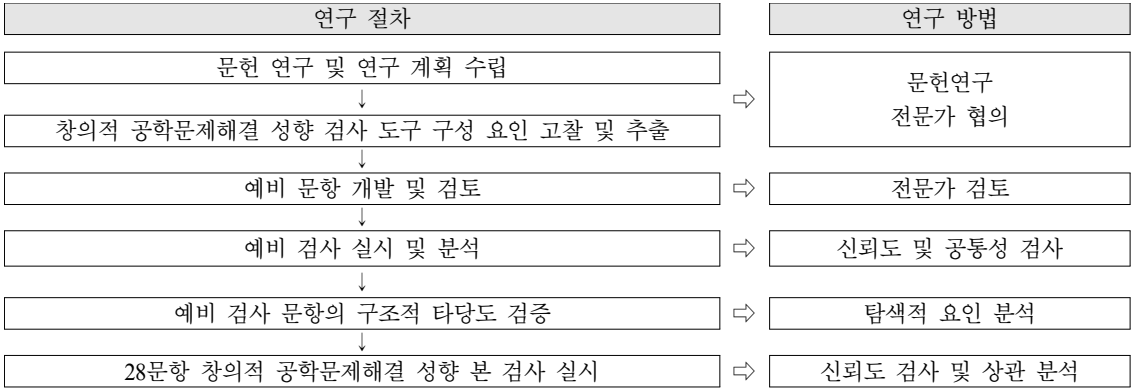


Fig. 1. Research procedures and methods

과정을 하게 되고 이를 통해 창의적 공학문제 해결력과 창의적 성향을 향상시킬 수 있다.

III. 연구 방법

1. 연구 절차

이 연구는 창의적 공학문제 해결 성향을 측정할 수 있는 검사 도구를 개발하는데 목적이 있다. 이를 위한 연구 절차 및 연구 방법은 Fig. 1과 같다.

2. 연구 대상

연구 대상은 다양한 프로젝트 탐구 활동 경험이 많은 경남 소재 특목고인 K고등학교 1학년 학생 100명으로 하였다. 이 학교는 1학년 5개 학급으로 구성되어 있고 남학생은 75명, 여학생은 25명이다. 이들 중 29명의 학생은 다양한 형태의 프로젝트 및 STEM 관련 연구 활동을 3회 이상 경험했으며 52명의 학생은 1~2회, 그리고 19명의 학생은 경험이 없었다. 또한 전체 학생 중 28명의 학생은 자연계열 분야의 진로를 희망하고 69명의 학생은 공학계열로 진로를 희망하는 것으로 나타났다. 나머지 3명은 아직 구체적인 진로를 정하지 않았다고 답하였다.

3. 예비 문항 개발 및 검토

기존의 검사지가 존재하지 않기 때문에 내용적

측면에서의 타당도 확보를 위해 문헌 연구 조사로 구성 요인에 대한 이론적 배경을 정리하고, 과학 교육 및 STEM 교육 전문가 4명과 STEAM 교사연구회 및 관련 연구 활동, 관련 연수를 100시간 이상 이수한 현직 고등학교 교사 2명과의 논의를 거쳐 검사 도구의 내용적 타당성을 확보하기 위한 노력을 하였다. 창의성, 창의적 문제 해결, 공학 교육의 핵심 요소, 공학에 대한 인식 등에 대한 구성 요인을 분석하여 창의적 공학문제해결 성향 검사 예비 검사 도구의 7가지 구성 요인으로 동기, 환경, 성격, 공학 설계, 공학적 사고 습관, 공학과 공학자, 소통 및 협업 능력을 추출하였다. 창의적 문제해결 과정에서 공통적으로 중시하는 요인은 확산적 사고(지적 사고과정), 지식, 동기, 환경, 성격이었다. 공학적 문제해결 과정에서는 공학적 사고습관, 공학 설계, 공학과 공학자, 협업 능력이었다. 특히, 창의적 문제해결에서 중시하는 ‘확산적 사고(지적 사고과정) 및 지식’ 요인은 공학적 문제해결의 ‘공학적 사고습관’ 요인과 거의 동일한 구성 요인으로 관련성이 직접적으로 나타난다. 또한 ‘동기’ 요인은 두 과정에서 공통적으로 물어보는 요인으로 나타난다. 이를 토대로 문헌 연구와 전문가 협의를 통해 예비 검사 도구의 문항을 제작하였다. 일반적으로 검사에서 하위 요인별로 대략 3~15개 정도의 문항으로 구성할 것을 권고하고 있어(Croker & Algina, 1996) 본 연구에서는 예비 문항은 각 요인별로 3~13개 문항으로 구성하여 총 40문항의 예비 검사 문항을 개발하였다.

문항의 내용 타당도 검증을 위해 먼저 현직 고등학교 교사 3명에게 검사 문항을 학생 수준에서 제대로 이해할 수 있는지에 대한 검토를 받았다. 이를 바탕으로 40문항에 대해 내용이 구체적이지 않거나, 용어 사용의 모호성이 있는 부분을 과학 교육 전문가 4명에게 검토를 받아 내용 타당도를 확보하였다. 이는 개발된 문항이 학생들의 창의적 공학문제해결 성향을 알아보는데 적합한지 알아보기 위해 5점 만점의 리커트 척도를 사용하여 요인별, 각 문항별로 내용 검토를 받았다.

4. 예비 검사 실시 및 분석

개발된 예비 검사지를 연구 대상자에게 투입한 자료를 사용하여 7요인 40문항의 예비 검사 문항에 대해 전체 문항과 요인별로 문항 신뢰도 검사를 실시하였고, 사전 요인 분석을 통해 각 문항들의 전체 문항에 대한 공통성을 분석하여 우선적으로 각 요인별 공통성이 0.4이하인 문항은 공통성이 낮다고 판단하여 제거하였다.

5. 구조적 타당도 검증

예비 검사 도구의 구조적 타당성을 검증하기 위해 탐색적 요인 분석을 실시하였다. 요인 분석이란 많은 변수들의 상호 관련성을 기초로 하여 변수 속에 내재되어 있는 소수의 공통적인 요인(factor)을 찾아 변수를 적은 수의 구조로 축약하거나, 변수들의 공통 요인을 찾는 통계 기법이다(김석우, 2008). 요인 분석을 통해 타당성을 평가할 수 있고, 동시에 불필요한 변수들을 제거할 수 있다. 검사 도구의 문항 신뢰도 분석 및 요인별 상관계수와 탐색적 요인 분석을 위해 SPSS 12.0 프로그램을 사용하였다. KMO(Kaiser-Meyer-Olkin)측도를 사용하여 변수들 간의 상관관계를 살펴본 다음 요인 분석 모형의 적합성 여부를 나타내는 Bartlett의 단위행렬 점검 결과물을 확인 후 탐색적 요인 분석을 실시하였다. 탐색적 요인 수는 구안 단계에서 설정한대로 5요인으로 분석을 실시하였다. 보통은 Kaiser 방식에 따라 고유치(eigenvalue)가 1이상으로 추출되는 요인수를 설정하지만, 요인 분석의 목적은 여러 개의

변수들에 내재된 정보를 최대한 사용하여 보다 적은 수의 요인들로 압축·요약하는데 있으므로 초기에 나타나는 모든 요인을 사용하는 것은 비합리적이다(노형진, 2003; 허준, 2013). 따라서 본 연구에서는 문헌 연구 결과 추출한 7요인 중 2요인이 신뢰도 검사 결과에 따라 삭제되어 요인의 수를 5로 설정하여 요인 추출을 실시하였다. 요인 추출 모형은 주성분 분석법을 사용하였고 요인 회전은 Varimax를 이용한 직각회전을 이용하였다.

6. 본 검사 실시

요인 분석을 통해 본 검사 문항에 대한 각각의 하위 요인별로 신뢰도 및 상관 분석을 실시하였다. 문항의 신뢰도는 Cronbach's α 의 내적일치도를 통하여 측정하였고, 상관 계수는 .70이상이면 높은 상관관계를 보인다고 판단하지만 요인별로 .90 이상의 높은 상관관계가 나타날 때는 다중공선성의 문제가 나타난다. 이는 변인 자체가 서로 유사하기 때문에 나타나는 문제로 이런 이유로 상관 계수는 무조건 높은 것이 좋다고 판단할 수 없다.

IV. 연구 결과

1. 예비 검사 분석 결과

예비 검사 문항지의 구성과 문항 내용은 table 1과 같다. 문항 형식은 Likert식 5점 평정 척도를 사용하고 동기, 성격, 환경, 공학 설계, 공학적 사고 습관, 공학과 공학자, 소통 및 협업능력의 7가지 요인 총 40문항으로 구성되어 있다.

과학 교육 전문가 4명의 내용 타당도 검토 결과 전체 평균은 4.73로 예비 문항이 양호한 검토 결과를 받았다. 하지만 성격 요인과 환경 요인이 각각 4.00과 4.17로 이 두 요인을 제외한 5개 요인에 비해(평균 4.85) 낮은 값을 나타냈다.

그리고 7요인 40문항의 예비 검사 문항에 대해 전체 문항과 요인별로 문항 신뢰도 검사를 실시한 결과는 table 2과 같다. 문항의 신뢰도는 Cronbach's α 의 내적일치도를 통하여 측정하였으며 Cronbach's

Table 1. Items in the preliminary instrument

요인	문항 번호	변수 명	문항 내용
동기	1	a1	나는 미래에 창의적인 산출물을 만들어 낼 수 있을 것이라고 확신한다.
	2	a2	나는 내 아이디어나 생각이 당장은 인기가 없더라도 끝까지 발전시켜 나간다.
	3	a3	나는 어려운 과제나 문제를 해결하는 것이 재미있다.
	4	a4	나는 문제를 해결하거나 과제를 해결하는 것 자체가 좋아서 열심히 한다.
성격	5	b1	나는 어려운 일에 부딪히더라도 잘 대처해 나간다.
	6	b2	나는 다양한 분야의 현상을 탐구하는 것이 재미있다.
	7	b3	나는 나만의 판단 기준을 가지고 생각하고 행동한다.
환경	8	c1	나는 다양한 경험을 하기 위해 노력한다.
	9	c2	나는 역사적인 창의적 인물을 닮으려고 노력한다.
공학 설계	10	c3	나는 생각을 발전시키기 위해 혼자만의 자유로운 시간을 갖기를 좋아한다.
	11	d1	나는 제약이 있거나 문제 상황에서 해결할 수 있는 문제를 찾을 수 있다.
	12	d2	주어진 문제 상황에서 해결할 수 부분을 찾기 위해 조원들 간의 토의 과정은 중요하다.(브레인스토밍)
	13	d3	주어진 문제 상황에서 해결할 수 부분을 찾기 위해 자료 조사활동은 중요하다.
	14	d4	주어진 문제 상황에서 해결할 수 부분을 찾기 위해 아이디어와 정보 공유 과정은 중요하다.
	15	d5	나는 문제를 해결하기 위해 여러 가지 대안들 중 최선의 것을 현명하게 선택한다.
	16	d6	나는 새로운 생각이 생기면 그 실현 가능성을 비판적으로 분석, 평가한다.
	17	d7	나는 새로운 생각이 떠오르면 확신을 가지고 과감하게 실행에 옮긴다.
	18	d8	문제를 해결하는 과정에서 주어진 예산과 자원을 적절하게 관리하는 것은 중요하다.
	19	d9	최종 산출물을 만들기 전에 예비 모델을 만들어 보는 것은 중요하다.
	20	d10	문제 해결에 각각의 과정을 상세하게 기록으로 남기는 것은 중요하다.
	21	d11	나는 문제를 해결할 때, 반복적인 시도를 통해 가장 적합한 해결책을 찾아낸다.
	22	d12	예비 모델을 발전시키기 위해 문제점을 찾아 내고 해결방안을 모색해야 한다.
23	d13	최종 산출물 완성 후 각 조별 발표를 통해 아이디어를 나누는 과정은 중요하다.	
공학적 사고 습관	24	e1	나는 공학기술 분야에 대한 상당한 정도(수준)의 지식을 가지고 있다.
	25	e2	나는 새로운 지식을 습득하게 되면 이전의 아이디어에 접목시켜 새로운 아이디어를 만들어 낸다.
	26	e3	나는 문제를 해결하기 위해 이미 알고 있는 여러 종류의 지식들을 연결지어 본다.
	27	e4	나는 새로운 유익한 정보를 가지고 문제를 해결하기 위한 전략을 세울 때 이전에 실패했던 경험들을 참고로 한다.
	28	e5	나는 문제를 해결하기 위해 유사한 문제의 해결방법을 활용한다.
	29	e6	나는 서로 다른 종류의 지식을 연관시켜 새로운 아이디어를 잘 만들어낸다.
	30	e7	나는 평소에 다양한 정보와 지식을 서로 폭넓게 연결지워 놓는다.
	31	e8	나는 새로운 지식을 접하면 이미 알고 있던 다양한 종류의 지식들과 비교해 본다.
공학과 공학자	32	f1	나는 공학자들이 직면하는 다양한 문제점들과 어려운 점들을 이해하고 있다.
	33	f2	공학 문제 해결 과정에서 윤리적 측면도 고려해야 한다.
	34	f3	나는 공학자가 하는 일에 대해 잘 알고 있다.
	35	f4	공학이 사회에 미치는 영향과 많은 문제점들을 이해하고 있다.
소통 및 협업 능력	36	g1	문제 해결과정에서 각 조원들이 가지고 있는 사전 경험과 지식은 존중해야 한다.
	37	g2	문제 해결과정에서 각 조원들 간의 효율적인 역할 분담은 중요하다.
	38	g3	문제 해결과정에서 각 조원들 간 서로 격려하고 이해하는 환경은 중요하다.
	39	g4	문제 해결과정에서 조원들이 맡은 일의 양은 효율적으로 배분, 관리되어야 한다.
	40	g5	문제 해결과정에서 각 조원들의 간의 의사소통은 중요하다.

Table 2. Descriptive statistics of the preliminary instrument

요인	평균	표준편차	신뢰도(cronbach's α)
동기	3.9875	.5723	.735
성격	3.9967	.5047	.399
환경	3.8000	.5974	.367
공학설계	4.1477	.4117	.820
공학적 사고습관	3.8375	.5667	.879
공학과 공학자	3.7700	.6162	.765
소통 및 협업능력	4.5560	.4518	.825
전체	4.0455	.3770	.924

α 가 .75를 넘으면 내적일치도는 만족스럽고 신뢰도는 높다고 할 수 있다.

전체 문항의 평균점수는 4.05 정도로 나타났다. 그 중 소통 및 협업능력 요인의 평균이 4.56으로 가장 높게 나타났고 공학과 공학자 요인의 평균이 3.77로 가장 낮게 나타났다. 전체 문항의 신뢰도는 매우 높게 나타났으나($\alpha=.924$) 성격 요인과 환경 요인의 신뢰도는 각각 $\alpha=.399$, $\alpha=.367$ 로 매우 낮게 나타났다.

전문가의 내용 타당도 검사 결과와 신뢰도 검사 결과를 바탕으로 예비검사 문항의 성격과 환경 요인에 해당하는 6문항(5~10번 문항)을 삭제하였다. 그리고 사전 요인 분석을 통해 각 문항들의 전체 문항에 대한 공통성을 분석한 결과 34문항에 대해 16번 문항(.395)과 23번 문항(.322)이 각 요인별 공통성이 낮다고 판단하여 이 두 문항을 추가적으로

제거하였다. 이후 KMO(Kaiser-Meyer-Olkin) 측도를 사용하여 변수들 간의 상관관계를 살펴본 결과 KMO의 MSA값은 .812로써 ‘꽤 좋음(meritorious)’으로 좋은 설명력을 가졌다. 요인 분석 모형의 적합성 여부를 나타내는 Bartlett의 구형성 검정 결과 유의 확률은 .000으로 나타나 수집한 자료가 요인 분석에 적합함을 알 수 있었다.

2. 구조적 타당도 검증 결과

예비검사 문항의 신뢰도 및 요인별 공통성을 확인한 후 신뢰도가 낮고 공통성이 낮은 8문항을 제거하였다. 이후 32문항에 대해 문항과 요인에 대한 구조적 타당도 검증을 위해 3차에 걸쳐 요인 분석을 실시하였는데 요인 적재량(factor loading) 값 0.4 이상을 기준으로 하여 5요인으로 잘 구분되었고, 각 요인 분석에 따른 각 요인의 설명량 순서와 문

Table 3. Exploratory factor analysis results

요인 분석	문항 번호				
	1요인	2요인	3요인	4요인	5요인
1차 요인 분석 (변수 명)	1, 17, 21, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 (a1, d7, d11, e2, e3, e4, e5, e6, e7, e8)	12, 36, 37, 38, 39, 40 (d2, g1, g2, g3, g4, g5)	11, 15, 24, 32, 33, 34, 35 (d1, d5, e1, f1, f2 f3, f4)	13, 14, 18, 19, 20 (d3, d4, d8, d9, d10)	2, 3, 4, 22 (a2, a3, a4, d12)
2차 요인 분석 (변수 명)	1, 11, 21, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 (a1, d1, d11, e2, e3, e4, e5, e6, e7, e8)	12, 36, 37, 38, 39, 40 (d2, g1, g2, g3, g4, g5)	13, 14, 18, 19, 20 (d3, d4, d8, d9, d10)	15, 32, 33, 34, 35 (d5, f1, f2 f3, f4)	2, 3, 4, 22 (a2, a3, a4, d12)
3차 요인 분석 (변수 명)	1, 21, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 (a1, d11, e2, e3, e4, e5, e6, e7, e8)	12, 36, 37, 38, 39, 40 (d2, g1, g2, g3, g4, g5)	13, 14, 18, 19, 20 (d3, d4, d8, d9, d10)	2, 3, 4, 22 (a2, a3, a4, d12)	32, 33, 34, 35 (f1, f2 f3, f4)

항 번호는 table 3과 같다.

1차 요인 분석 결과 원래 공학 설계 요인에 분류되었던 17번(d7) 문항인 “나는 새로운 생각이 떠오르면 확신을 가지고 과감하게 실행에 옮긴다.”는 공학적 사고습관 요인으로 분류되었다. 그리고 공학적 사고습관으로 분류됐던 24번(e1) 문항인 “나는 공학기술 분야에 대한 상당한 정도(수준)의 지식을 가지고 있다.”는 1차 요인 분석 후 공학과 공학자 요인으로 분류되었다. 이 두 문항은 “두 요인 어디에도 큰 상관성이 없다”라는 전문가 검토 의견에 의해 삭제하기로 하였다. 그래서 다른 요인에 포함되어 있는 1번(a1), 11번(d1), 12번(d2), 15번(d5), 21번(d11), 22번(d12)은 그대로 두고 17번(d7), 24번(e1) 문항만 제거하여 2차 요인 분석을 실시하

였다.

2차 요인 분석 결과를 보면 1차 결과와 많이 달라진 점을 볼 수 있다. 3요인과 4요인의 순서가 바뀌었다. 또한 3요인에 있던 11번(d1) 문항이 1요인으로 이동한 것을 볼 수 있다. “나는 제약이 있거나 문제 상황에서 해결할 수 있는 문제를 찾을 수 있다.”의 11번(d1) 문항의 경우 1요인으로 분류되었지만 4요인에서 적재량 역시 .444로 크게 차이가 나지 않는다. 그리고 “나는 문제를 해결하기 위해 여러 가지 대안들 중 최선의 것을 현명하게 선택한다.”의 15번(d5) 문항은 4요인(공학과 공학자)에 맞지 않기 때문에 두 문항을 제거하여 3차 요인 분석을 해 보았다. 그리고 여전히 다른 요인에 포함된 1번(a1), 12번(d2), 21번(d11), 22번(d12)은 그대로 두

Table 4. Exploratory factor analysis result of the final instrument

요인	변수 명	요인 분석			신뢰도 (cronbach's α)
		요인적재량	공통성	고유값	
동기	a2	.629	.547	2.560	.733
	a3	.650	.573		
	a4	.698	.572		
공학 설계	d3	.712	.588	3.125	.797
	d4	.645	.608		
	d8	.678	.500		
	d9	.690	.614		
	d10	.675	.539		
공학적 사고 습관	d12	.397	.561	5.493	.892
	a1	.641	.500		
	d11	.737	.649		
	e2	.542	.553		
	e3	.586	.495		
	e4	.670	.567		
	e5	.654	.541		
	e6	.750	.689		
e7	.789	.729			
공학과 공학자	e8	.800	.703	2.355	.765
	f1	.735	.720		
	f2	.509	.535		
	f3	.808	.709		
소통 및 협업 능력	f4	.710	.702	3.748	.846
	d2	.605	.779		
	g1	.718	.595		
	g2	.793	.710		
	g3	.691	.599		
g4	.778	.729			
g5	.586	.674			

었다.

3차 요인 분석 결과를 보면 2차와 많이 달라진 부분들이 보인다. 먼저 4요인과 5요인의 순서가 바뀌었다. 1요인의 1번(a1) 문항의 경우 문헌연구 분석을 통해서 ‘동기’ 요인(4요인)으로 분류되었지만 ‘나는 미래에 창의적인 산출물을 만들어 낼 수 있을 것이라고 확신한다.’와 ‘공학 설계’ 요인으로 분류됐었던 21번(d11) 문항인 “나는 문제를 해결할 때, 반복적인 시도를 통해 가장 적합한 해결책을 찾아낸다.”는 ‘공학적 사고습관’ 요인(1요인)에 포함시키는 것이 오히려 논리적이라는 전문가 검토를 통해 요인 분석 결과대로 두기로 하였다. 2요인의 12번(d2) 문항인 ‘주어진 문제 상황에서 해결할 수 부분을 찾기 위해 조원들 간의 토의 과정은 중요하다.’는 조원들 간의 활동을 중시하는 의미이므로 ‘소통 및 협업 능력’(2요인)에 포함시켜야 한다는 전문가 검토를 통해 역시 요인 분석 결과대로 두기로 하였다. ‘예비 모델을 발전시키기 위해 문제점을 찾아내고 해결방안을 모색해야 한다.’는 22번(d12) 문항의 경우 ‘동기’ 요인(4요인)으로 분류되었지만 ‘공학 설계’ 요인(3요인)에서 적재량 역시 .397로 값이 작지 않다. 이는 원래 문헌 분석에 의해 ‘공학 설계’ 요인으로 분류 됐었지만 요인 분석에 의해 ‘동기’ 요인으로 분류됐었던 것이기 때문에 원래대로 ‘공학 설계’(3요인)로 재분류하기로 하였다.

3. 본 검사 분석 결과

내용 타당도, 신뢰도 검사, 세 차례의 요인 분석 과정을 거쳐 최종 5요인, 28문항으로 구성된 ‘창의적 공학문제해결 성향’ 검사 도구가 개발되었고 이 문항에 대한 본 검사 분석 결과는 table 4과 같다.

이 연구에서는 추출된 요인을 근거로 28개의 문항을 요인 분석한 결과 각각 독립적인 특성을 나타내는 5요인으로 분류 되었다. table 4에서 보는 바와 같이 5개 요인의 전체 설명 변량은 61.7%로 상당히 높고, 요인별로는 공학적 사고습관이 19.6%, 소통 및 협업능력이 13.4%, 공학설계가 11.2%, 동기 9.1%, 공학과 공학자가 8.4%로 설명 변량을 갖는 것으로 나타났다. 각 요인별 신뢰도는 .733에서 .892 사이의 값을 보여 검사도구의 요인별 신뢰도는 충분히 높은 것으로 나타났다. 분류된 요인들은 세 차례에 걸친 요인 분석을 통해 요인별 타당도가 향상되었다.

5요인 28문항에 대해 본 검사 분석을 실시한 결과 창의적 공학문제해결 성향 검사 문항의 평균과 표준편차, 신뢰도는 table 5과 같이 나타났다.

각 요인별 평균점수의 범위는 3.77~4.56으로 표준편차 범위는 0.38~0.62로 나타났다. 전체 문항의 평균 점수는 예비 문항의 경우 4.05였는데 4.14로 상승하였다. 예비 문항과 마찬가지로 소통 및 협업 능력 요인의 평균이 4.56으로 가장 높게 나타났고 공학과 공학자 요인의 평균이 3.77로 가장 낮게 나타났다.

각 요인별 신뢰도는 .733~.892으로 나타났다. 전체 문항의 신뢰도는 .906으로 예비문항(.924)에 비해 다소 낮아졌지만 신뢰도 값 자체는 높은 값을 유지하였다. 공학적 사고습관 요인의 신뢰도($\alpha=.892$)가 가장 높고 동기 요인의 신뢰도($\alpha=.733$)가 가장 낮았다.

본 검사 문항에 대한 각각의 하위 요인별로 상관 분석을 실시한 결과는 table 6과 같다.

Table 5. Descriptive statistics of the final Instrument

요인	평균	표준편차	신뢰도(cronbach's α)
동기	3.9875	.5723	.733
공학 설계	4.2956	.4271	.797
공학적 사고습관	3.9543	.5689	.892
공학과 공학자	3.7700	.6162	.765
소통 및 협업능력	4.5560	.4518	.846
전체	4.1431	.3801	.906

Table 6. Correlation of the factors in the final instrument

요인	1	2	3	4	5	6
1. 동기	1.00					
2. 공학설계	.441**	1.00				
3. 공학적 사고습관	.562**	.461**	1.00			
4. 공학과 공학자	.352**	.402**	.504**	1.00		
5. 소통 및 협업능력	.277**	.574**	.264**	.295**	1.00	
6. 전체	.700**	.814**	.805**	.679**	.624**	1.00

**p<.01

전체 문항에 대한 각 요인별 상관계수는 .624~.814로 나타났고 공학 설계 요인이 .814로 높은 상관관계를 보였고 소통 및 협업능력 요인이 .624로 가장 낮은 상관관계를 나타냈다. 그 외 모든 요인들 역시 전체 문항에 대해 높은 상관관계를 보였다. 각 요인별 상관관계는 전체 문항에 대한 상관관계에 비해 전체적으로 낮은 것을 볼 수 있다. 이러한 결과로 볼 때 3차에 걸친 요인 분석 결과 각 문항들의 요인에 대한 범주화가 잘 이루어져 각 요인들은 더 독립적인 요인으로, 요인 간 상관관계가 높을 때 나타나는 다중공선성의 문제로부터 안전한 것으로 보인다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 학생들의 공학적 문제해결 상황에서 창의적 문제해결 성향을 측정할 수 있는 신뢰성과 타당성이 검증된 검사 도구를 개발하는 것이다. 창의적 공학문제해결 성향 검사 도구에 대한 기존의 검사지가 존재하지 않기 때문에 구성 요인 고찰과 구안을 위해 문헌 분석 및 전문가 협의 과정을 거쳤다. 이를 통해 예비 검사 도구 구성 요인을 동기, 환경, 성격, 공학 설계, 공학적 사고 습관, 공학과 공학자, 소통 및 협업 능력 7요인을 추출하였고, 구성 요인과 각 문항들의 조작적 정의 사이의 관련성을 바탕으로 구성 요인별 10개 내외의 예비 문항을 제작하였다. 7요인 40문항의 예비 검사 문항에 대해 전체 문항과 요인별로 문항 신뢰도 검사 및 세 차례에 걸친 탐색적 요인 분석을 실시하여 동기 3

문항, 공학 설계 6문항, 공학적 사고 습관 9문항, 공학과 공학자 4문항, 소통과 협업능력 6문항으로 구성된 5요인 총 28문항의 창의적 공학문제해결 성향 검사 도구를 개발하였다. 요인 분석 결과 각각 독립적인 특성을 나타내는 5요인으로 잘 분류 되었고, 5개 요인의 전체 설명 변량은 61.7%로, 1차 요인 분석 전의 전체 설명 변량(57.9%) 보다 향상된 것으로 3차에 걸친 요인 분석을 통해 검사 도구의 설명력이 나아진 것으로 나타났다. 요인별로는 공학적 사고습관이 19.6%, 소통 및 협업능력이 13.4%, 공학설계가 11.2%, 동기 9.1%, 공학과 공학자가 8.4%로 설명 변량을 갖는 것으로 나타났다. 각 요인별 신뢰도는 .733에서 .892 사이의 값을 보여 검사도구의 요인별 신뢰도는 충분히 높은 것으로 나타났고, 공학적 사고습관 요인의 신뢰도($\alpha = .892$)가 가장 높고 동기 요인의 신뢰도($\alpha = .733$)가 가장 낮았다. 전체 문항의 신뢰도는 .906으로 예비 문항(.924)에 비해 다소 낮아졌지만 신뢰도 값 자체는 높은 값을 유지하였다. 전체 문항에 대한 각 요인별 상관계수는 .624~.814로 나타났는데 공학 설계 요인이 .814로 높은 상관관계를 보였고 소통 및 협업능력 요인이 .624로 가장 낮은 상관관계를 나타냈다. 그 외 모든 요인들 역시 전체 문항에 대해 높은 상관관계를 보였다. 각 요인별 상관관계는 전체 문항에 대한 상관관계에 비해 전체적으로 낮은 것을 볼 수 있었다. 이러한 결과로 볼 때 3차에 걸친 요인 분석 결과 각 문항들의 요인에 대한 범주화가 잘 이루어졌고 내용의 구조적 타당도가 향상된 것으로 볼 수 있다.

본 연구를 통해 설정된 창의적 공학문제해결 성향 검사 도구의 구성 요인은 동기(motivation), 공학 설계(Engineering Design), 공학적 사고습관, 공학과 공학자, 소통과 협업능력이다. 공학 설계 기반의 STEM 수업에서 학생들은 공학 설계 과정을 경험하고 공학과 직업으로서 공학자의 일에 대한 이해를 높일 수 있고 이를 통해 직업으로서의 공학에 대해 배우고, 다양한 공학 과목과 여러 공학자가 되는 과정을 이해하게 된다(이효녕 외, 2013; Moore et al., 2014; Nam et al., 2016). 공학 설계 기반의 STEM 수업은 또한 학생들이 팀 구성원으로서 협력하는 과정에서 효율적인 협력과 의사 소통 능력의 중요성을 알게 되고, 팀 구성원들 간 의견을 청취하고 다양한 관점을 이해하며 절충, 타협하는 능력을 배우게 된다(Moore et al., 2014; Nam et al., 2016).

현재 개정이 진행되고 있는 2015 과학 교육과정에서는 이러한 공학 설계의 취지를 반영하려는 노력을 하고 있고, STEAM 리더스 스쿨, 교사연구회를 주축으로 STEAM 프로그램이 개발되어 적용되고 있으며(심재호 외, 2015) STEAM R&E 과제 지원 사업 외 이미 오래 전부터 이와 유사하게 과제 연구 및 과학전람회, 발명 대회 등 공학 설계에 기반한 다양한 프로젝트 연구 활동이 일선 학교 현장에서 실시되고 있다. 이러한 상황에서 본 연구 결과는 이러한 연구 활동을 진행한 학생들의 창의성과 문제해결 성향을 각 요인별 또는 전체적으로 진단할 수 있는 검사 도구로 활용될 수 있을 것이다.

창의성, 창의적 문제해결, 공학적 문제해결 성향의 구성 요인은 조작적 정의에 따라 다양한 요인이 존재할 수 있다. 이 연구에서 개발된 창의적 공학문제해결 성향 검사 도구는 공학 설계를 기반으로 한 문제 상황에서의 정의적 측면을 참고하여 문헌 분석과 요인 분석을 통해 추출된 요인의 범주로 한정되었다. 그러므로 더 많은 참고 문헌 분석과 후속 연구를 통해 정의적 요인과 인지적 요인을 추출하여 창의적 공학문제해결 성향에 대한 이해도를 높일 필요가 있다. 그리고 창의적 공학문제해결 성향 검사 도구를 개발하는 과정에서 경남 소재 고등학교 1학년 영재 학생을 연구 대상으로 하였다. 김

보울과 권치순(2014), 전은선과 이형철(2015)의 연구에 따르면 과학 영재의 경우 과학적 태도는 전 영역에서 일반고등학교 학생들보다 높게 나타나는 것으로 나타났다. 그러므로 본 연구는 영재 학생과 일반 학생의 기본적인 특성 차이를 반영하지 못하였으므로 일반고등학교 또는 중학교 학생들에게도 이 검사 도구를 적용하여 신뢰도와 타당도를 확인하여 본 검사 도구를 모든 학생을 대상으로 일반화할 필요가 있다. 즉, 학년, 학교급에 따라 검사 도구의 표준화까지 추후 연구가 진행된다면 공학 설계에 기반한 다양한 통합적 STEM 교육 활동의 효과 해석에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

국문요약

본 연구는 학생들의 창의적 공학문제해결 성향을 측정할 수 있는 신뢰성과 타당성이 검증된 검사 도구를 개발하는 것이다. 문헌 분석 및 전문가 협의 과정을 통해 예비 검사 도구 구성 요인을 동기, 환경, 성격, 공학 설계, 공학적 사고 습관, 공학과 공학자, 소통 및 협업 능력 7요인을 추출하였고, 구성 요인과 각 문항들의 조작적 정의 사이의 관련성을 바탕으로 구성 요인별 10개 내외의 예비 문항을 제작하였다. 7요인 40문항의 예비 검사 문항에 대해 전체 문항과 요인별로 문항 신뢰도 검사 및 세 차례에 걸친 탐색적 요인 분석을 실시하여 동기 3문항, 공학 설계 6문항, 공학적 사고 습관 9문항, 공학과 공학자 4문항, 소통과 협업능력 6문항으로 구성된 5요인 총 28문항의 창의적 공학문제해결 성향 검사 도구를 개발하였다. 각 요인별 신뢰도는 .733에서 .892 사이의 값을 보였고 공학적 사고습관 요인의 신뢰도($\alpha=.892$)가 가장 높고, 동기 요인의 신뢰도($\alpha=.733$)가 가장 낮았다. 전체 문항의 신뢰도는 .906으로 검사 도구의 높은 신뢰도를 보였다. 이를 통해 3차에 걸친 요인 분석 결과 각 문항들의 요인에 대한 범주화가 잘 이루어졌고 내용의 구조적 타당도가 향상되어 신뢰할 수 있는 검사 도구가 개발된 것으로 볼 수 있다. 본 연구 결과는 학생들의 창의성과 문제해결 성향을 동시에 진단할 수 있는 검사 도구로 활용될 수 있을 것이다.

References

- 강정하, 최인수(2006). 창의적 문제해결 프로그램이 대학생의 창의적 문제해결 성향과 수행능력에 미치는 효과. *교육심리연구*, 20(3), 679-701.
- 권오남, 김정효(2000). 창의적 문제해결력 중심의 수학 교육과정 적용 및 효과 분석. *한국수학교육학회지 시리즈 A <수학교육>*, 39(2), 81-99.
- 교육과학기술부, 한국과학창의재단 (2012). *손에 잡히는 STEAM 교육*
- 김보을, 권치순(2014). 초등 과학영재와 일반학생의 과학적 태도와 과학수업 만족도 비교 연구. *대한지구과학교육학회지*, 7(1), 96.
- 김석우(2008). 사회과학 연구를 위한 SPSS win 12.0 활용의 실제. *교육과학사*.
- 김영채(1999). *창의적 문제 해결: 창의력의 이론, 개발과 수업*. 서울: 교육과학사.
- 노형진(2003). SPSS/AMOS에 의한 사회조사분석. 서울: 형설출판사.
- 문대영(2008). STEM 통합 접근의 사전 공학 교육 프로그램 개발. *공학교육연구*, 11(2), 90-101.
- 문대영(2009). 초등학생의 공학에 대한 태도 및 공학 문제 해결에 대한 사례연구. *한국실과교육학회지*, 22(4), 51-66.
- 성의석, 나승일(2012). 통합적 STEM 교육이 일반고등학교 학생의 과학 및 기술교과 자기효능감과 공학 태도에 미치는 효과. *한국기술교육학회지*, 12(1), 255-274.
- 성진숙(2003). 과학에서의 창의적 문제해결력에 영향을 미치는 제 변수 분석: 확산적 사고, 과학 지식, 내·외적 동기, 성격 특성 및 가정 환경. *열린교육연구*, 11(1), 2019-237.
- 송해덕(2007). 창의적 문제해결력의 구성요인과 교수설계원리의 탐색. *열린교육연구*, 14(3), 55-73.
- 심재호, 이양락, 김현경(2015). STEM, STEAM 교육과 우리나라 융합인재교육의 이해와 해결 과제. *한국과학교육학회지*, 35(4), 709-723
- 이경화(2006). CPS를 활용한 미래 도시건설 프로젝트 수업이 아동의 창의성과 문제해결력 향상에 미치는 효과. *교육심리연구*, 20(2), 487-506.
- 이상균(2015). 스마트 기기 활용 설계 기반 STEAM 프로그램이 과학 흥미도와 융합인재소양에 미치는 효과. *대한지구과학교육학회지*, 8(3), 240-250.
- 이선주(2015). 공학적 설계 과정을 강조한 과학 수업이 공업계 고등학교 학생들의 과학 태도에 미치는 영향. *한국교원대학교 대학원 석사학위논문*.
- 이창훈, 서원석(2012). 오토마타(automata) 만들기를 통한 STEAM 통합 기반의 창의 설계 교육 프로그램 개발 및 적용. *한국기술교육학회지*, 12(1), 67-91.
- 이춘식(2012). 미국 STEM 교육의 최신 동향과 딜레마. *한국실과교육학회지*, 25(4), 101-122.
- 이효녕, 박경숙, 권혁수, 서보현 (2013). 공학적 설계와 과학 탐구 과정 기반의 STEM 교육 프로그램 개발 및 적용. *교원교육*, 29(3), 301-326.
- 이효녕, 권혁수, 박경숙, 오희진(2014). 과학 탐구 기반의 통합적 STEM 교육 모형 개발 및 적용. *한국과학교육학회지*, 34(2), 63-78.
- 임강숙, 김희수(2014). 융합인재교육(STEAM)이 고등학생의 과학탐구능력에 미치는 효과. *대한지구과학교육학회지*, 7(2), 180-191
- 전은선, 이영철(2015). 수업형태와 수업환경에 대한 과학영재와 일반 학생들의 선호도 비교. *대한지구과학교육학회지*, 8(3), 346-354.
- 정은영(2008). Squeak Etoys 기반 정보 교육이 초등학생의 창의적 문제해결력에 미치는 영향. *한국교원대학교 석사학위논문*.
- 조석희, 한석실, 안도희(2005). 초등학교 고학년의 창의적 문제해결력에 영향을 미치는 정의적 특성에 대한 경로 분석. *교육심리연구*, 19(3), 745-760.
- 한국공학교육인증원(2015). *공학교육인증기준2015 (KEC2015)*.
- 허준(2013). 허준의 쉽게 따라하는 Amos 구조방정식모형. 서울: 한나래출판사.
- 홍기철(2012). AbPS 창의력 프로그램을 적용한 수업이 초등학생의 창의적 문제해결력과 창의적 성향에 미치는 효과. *사고개발*, 8(1), 51-76.
- 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.

- Brophy, S., Klein, S., Portsmore, M. & Rogers, C (2008). Advancing engineering education in K-12 classroom. *Journal of Engineering Education*, 97, 369-387.
- Cho, J., Choi, Y., & Kim, S. (2011). Development of integrative STEM invention education program model of chemical area. *Journal of Korean Practical Arts Education*, 17, 165-188.
- Choi, In-soo (2006). Creativity: A sudden rising star in Korea. In J. C. Kaufman, & R. J. Sternberg (eds), *International handbook of creativity*(pp. 395-420). Cambridge University Press.
- Crocker, L., & Algina, J. (1986). *Introduction to classical and modern test theory*. Fort Worth: Holt Rinehart and Winston Inc.
- Davis, G. A., & Rimm, S. B. (1998). *Education of the gifted and talented*. Needham Heights, MA: Allyn and Bacon.
- Hjalmanson, M., & Lesh, R. (2008). Engineering and design research: Intersections for education research and design. In A. E. Kelly, R. A. Isaksen, S. G., & Treffinger, D. G. (1985). *Creative problem solving : The basic course*. Buffalo, NY : Bearly.
- Isaksen, S. G., Doval, K. B., & Treffinger, D. J. (2000). *Creative approaches to problem solving: A framework for change*. Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company.
- Lee, S., & Rho, T. (2011). The development of instructional design model for STEM integrated approach in technology education. *The Korean Journal of Technology Education*, 11, 1-20.
- Moore, T. J., Tank, K. M., Glancy, A. W., Kersten, J. A., & Ntow, F. D. (2013). The status of engineering in the current K-12 state science standards (Research to practice). 2013 American Society for Engineering Education Annual Conference, Atlanta, GA.
- 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, 296-318.
- 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. (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: Understanding the status and improving the prospects*. Washington, DC: The National Academies.
- National Research Council. (2011). *Successful K-12 STEM Education: Identifying Effective Approaches 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.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press
- National Research Council. (2009). *Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects*. Washington, DC: The National Academies.
- Olds, S., Harrell, D., & Valente, M. (2006). Get a grip! A middle school engineering challenge. *Science Scope*, 20, 21-25.
- 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.

Schunk, D. H., Pintrich, P. R., & Meece, J., L. (2008). *Motivation in education* (3rd ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Merrill Prentice Hall.

Woolfolk, A. E. (1995). *Educational Psychology*.(6th ed.) London : Allyn and Bacon.

[부록] 창의적 공학문제해결 성향 검사지

아래 문항을 읽고 각각의 문항에 자신이 동의하는 정도를 숫자에 V 표(또는 O 표) 해 주세요.	매우 그렇다	그렇다	보통이다	그렇지 않다	전혀 그렇지 않다
1. 나는 내 아이디어나 생각이 당장은 인기가 없더라도 끝까지 발전시켜 나간다.	5	4	3	2	1
2. 나는 어려운 과제나 문제를 해결하는 것이 재미있다.	5	4	3	2	1
3. 나는 문제를 해결하거나 과제를 해결하는 것 자체가 좋아서 열심히 한다.	5	4	3	2	1
4. 주어진 문제 상황에서 해결할 수 부분을 찾기 위해 자료 조사(research) 활동은 중요하다.	5	4	3	2	1
5. 주어진 문제 상황에서 해결할 수 부분을 찾기 위해 아이디어와 정보 공유 과정은 중요하다	5	4	3	2	1
6. 문제를 해결하는 과정에서 주어진 예산과 자원을 적절하게 관리하는 것은 중요하다.	5	4	3	2	1
7. 최종 산출물을 만들기 전에 예비 모델을 만들어 보는 것은 중요하다.	5	4	3	2	1
8. 문제 해결에 각각의 과정을 상세하게 기록으로 남기는 것은 중요하다.	5	4	3	2	1
9. 나는 예비 모델을 발전시키기 위해 문제점을 찾아내고 해결방안을 모색해야 한다.	5	4	3	2	1
10. 나는 미래에 창의적인 산물을 만들어 낼 수 있을 것이라고 확신한다.	5	4	3	2	1
11. 나는 문제를 해결할 때, 반복적인 시도를 통해 가장 적합한 해결책을 찾아낸다.	5	4	3	2	1
12. 나는 새로운 지식을 습득하게 되면 이전의 아이디어에 접목시켜 곧바로 새로운 아이디어를 만들어낸다.	5	4	3	2	1
13. 나는 문제를 해결하기 위해 이미 알고 있는 여러 종류의 지식들을 연결 지어 본다.	5	4	3	2	1
14. 나는 새로운 유익한 정보를 가지고 문제를 해결하기 위한 전략을 세울 때 이전에 실패했던 경험들을 참고로 한다.	5	4	3	2	1
15. 나는 문제를 해결하기 위해 유사한 문제의 해결방법을 활용한다.	5	4	3	2	1
16. 나는 서로 다른 종류의 지식을 연관시켜 새로운 아이디어를 잘 만들어낸다.	5	4	3	2	1
17. 나는 평소에 다양한 정보와 지식을 서로 폭넓게 연결하려고 한다.	5	4	3	2	1
18. 나는 새로운 지식을 접하면 이미 알고 있던 다양한 종류의 지식들과 비교해 본다.	5	4	3	2	1
19. 나는 공학자들이 직면하는 여러 문제점들과 어려운 점들을 이해하고 있다.	5	4	3	2	1
20. 공학 문제 해결 과정에서 도덕적, 윤리적 측면도 고려해야 한다.	5	4	3	2	1
21. 나는 공학자가 하는 일에 대해 잘 알고 있다.	5	4	3	2	1
22. 공학이 사회에 미치는 영향과 많은 문제점들을 이해하고 있다.	5	4	3	2	1
23. 주어진 문제 상황에서 해결할 수 부분을 찾기 위해 조원들 간의 토의 과정(brain storming)은 중요하다.	5	4	3	2	1
24. 문제 해결과정에서 각 조원들이 가지고 있는 사전 경험과 지식은 존중해야 한다.	5	4	3	2	1
25. 문제 해결과정에서 각 조원들 간의 효율적인 역할 분담은 중요하다.	5	4	3	2	1
26. 문제 해결과정에서 각 조원들 간 서로 격려하고 이해하는 환경은 중요하다.	5	4	3	2	1
27. 문제 해결과정에서 조원들이 맡은 일의 양은 효율적으로 배분, 관리되어야 한다.	5	4	3	2	1
28. 문제 해결과정에서 각 조원들의 간의 의사소통은 중요하다.	5	4	3	2	1