

초·중등 공학교육 프로그램 구성 모형 개발

김영민*·김기수**†

*한국과학기술원 과학영재교육연구원

**충남대학교 기술교육과

The Development of Composition Model for Engineering Education Program of Elementary and Secondary School

Kim, Young-min*·Kim, Ki-soo**†

*Global Institute for Talented Education, Korea Advanced Institute of Science and Technology

**Department of Technology Education, Chungnam National University

ABSTRACT

The purpose of this study is to provide basic data and guideline to STEM(Science, Technology, Engineering, Mathematics) educators who prepare engineering education in elementary and secondary school. For this, this study develops a composition model for engineering education program of elementary and secondary school. To do this, a literature research, experts interview and Delphi survey were conducted. Through the literature research, we extracted the components of model for engineering education program of elementary and secondary school and then made a first draft of the model. The draft was revised by experts while Delphi survey was used to validate the model based on Delphi panels' opinions. The panels for the Delphi survey consisted of 51 experts in the STEM education field. The survey was conducted three different times and importance survey was included in the third stage. The conclusions of this study were as follows: First, the model consist of definition, 4 directions, 4 characteristics, 3 educational goals according to school level, educational contents area and element, teaching and learning method and evaluation method. The educational contents area and element consist of 2 major areas, 7 areas and 18 elements. Second, all components of the developed model were valid in most of the statistics such as mean, standard deviation, the degree of consensus and convergence, and CVR(Content Validity Ratio). Third, importance for education contents area and element according to the school level are analyzed.

Keywords: Engineering Education Program, Composition Model, Elementary and Secondary School

1. 서 론

지금까지 공학의 중요성은 고등교육수준 이상에서만 강조되어 왔지만, 최근에는 경제선진국들을 중심으로 초등교육과 중등교육 수준에서 공학교육을 실시하고자 하는 시도와 노력이 많이 이루어지고 있으며(김영민 외, 2015), 초·중등학생을 대상으로 한 공학교육의 필요성과 적용 가능성에 대한 논의(김영민, 2012; 김영민 외, 2013a; 김영민 외, 2013b; 김영민 외, 2013c; 문대영, 2009; 손소영, 2007; Carroll, 1997; Dearing & Daugherty, 2004; Foster & Wright, 2001; Gustafson et al., 2000; Koch & Burghardt, 2002; Koen, 1994; PLTW, 2005; Ritz, 2006; Salinger, 2005; Smith & Burghardt, 2007)도 점차 늘고 있다.

“Engineering in K-12 Education: understanding the status and improving the prospects(NAE & NRC, 2009)” 보고서에서는 K-12 공학교육을 통하여 ‘과학, 수학에서의 학습 성취, 공학 및 공학자에 대한 인식, 공학설계 능력 및 이해, 공학 진로 분야 흥미, 기술적 소양 향상’을 얻을 수 있다고 하였다. 또한, K-12 공학교육에서는 공학 설계를 강조하여야 하며, 수학, 과학, 기술의 지식과 기능을 통합하여야 하고, 공학적 마인드(Engineering habits of mind)를 함양하여야 한다는 K-12 공학교육의 일반적 원리를 제시하였다(NAE & NRC, 2009).

이와 같은 K-12 공학교육의 효과로 인해 관련 교육과정에서도 공학을 반영하게 되었다. 미국의 개정된 과학교육기준인 “A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Idea(NRC, 2012)”과 “Next Generation Science Standards: For States, By States(NGSS

Received June 12, 2017; Revised July 21, 2017

Accepted July 31, 2017

† Corresponding Author: kksoo@cnu.ac.kr

Lead States, 2013)”의 주요 개정 내용 역시 과학과 공학의 연계를 중심으로 하였으며, 공학교육의 핵심인 공학적 설계 과정을 과학적 탐구와 같은 수준으로 올려 강조하고 있다. 또한, 미국의 기술교육기준인 “Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology(ITEA, 2000/2002/2007)”에서도 공학 설계를 강조하고 있다.

다양한 K-12 공학교육 관련 선행연구에서도 공학교육을 통해 학생들은 ‘의사소통 능력’, ‘공학, 공학자 이해 및 공학분야 진로 인식’, ‘대인관계 및 협력 능력’, ‘과학, 수학 학습동기 및 태도와 학업성취도’, ‘기술적 소양’, ‘문제해결능력’, ‘창의적 사고’, ‘비판적 사고’, ‘공학적 마인드’의 향상을 얻었다고 하였다(Asunda & Hill, 2007; Cunningham & Hester, 2007; Daugherty & Custer, 2012; Douglas et al., 2004; Harris & Rogers, 2008; Householder & Hailey, 2012; Kersten, 2013; Koehler et al., 2005; Lovel & Dunn, 2014; Marshall & Berland, 2012; Moffett et al., 2011; Moore et al., 2015; NAE & NRC, 2009; Pinelli & Haynie, 2010; Rogers et al., 2010; Samuels & Seymour, 2015; Smith, 2006; Wicklein, 2006; Wicklein et al., 2009).

우리나라는 2011년부터 초·중등학생들의 과학기술에 대한 흥미와 이해를 높이고 융합적 사고와 문제해결능력을 배양할 수 있는 창의적 설계 중심의 STEAM 교육을 실시해오고 있다(교육과학기술부, 2010). 이처럼 시대적 흐름과 국가적 필요 등의 다양한 이유로 초·중등교육에서 공학을 포함시키고자 하는 노력이 이루어지고 있다. 하지만 우리나라는 이러한 공학교육이 정규교과에는 없으며, 공학 관련 연구기관 및 단체를 중심으로 일회성의 비정규 교육프로그램으로 이루어지고 있어, 초·중등교육에서 학생들이 공학을 접하는 기회는 매우 제한적이다(김영민 외, 2015). 이에 많은 선행연구(김영민 외, 2013b; 김영민 외, 2013c; 김영민 외, 2016; 김종승 외, 2013; 김영민 외, 2015)에서 초·중등학생들의 공학에 대한 부정적 인식과 초·중등 공학교육의 필요성을 높게 인식하고 있었다.

공학의 중요성과 초·중등교육에서의 공학교육의 필요성이 커짐에도 불구하고, 초·중등 공학교육에 대한 연구는 매우 부족하다. 초·중등교육에서 공학교육을 실시하기 위해서는 초·중등교육에서의 공학교육은 무엇이며, 초·중등교육에서의 공학교육 프로그램은 어떠한 정의, 방향, 성격, 목표, 내용 영역 및 요소, 교수학습 및 평가방법으로 구성되어야 하는지에 대한 기초연구가 필요하다.

이 연구의 목적은 초·중등 공학교육 프로그램 구성 모형 개발을 통해 초·중등교육에서의 체계적인 공학교육의 적용을 위하여, STEM(과학, 기술, 공학, 수학) 분야 및 교육 관계자들에게

공학교육의 교수 자료 개발과 적용에 필요한 기초자료 및 가이드라인을 제시함에 있다.

II. 연구의 방법

1. 연구의 절차

연구의 절차는 Fig. 1과 같이 ‘이론적 고찰 및 기초 연구’, ‘델파이 조사 연구’의 2단계로 진행하였다.

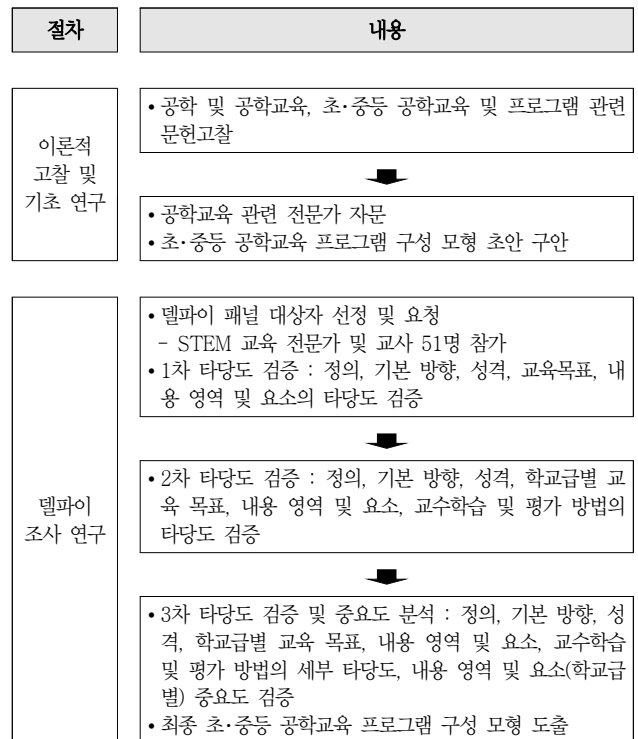


Fig. 1 Process of Research

2. 델파이 조사

이론적 고찰 및 기초 연구를 통해 구안된 초·중등 공학교육 프로그램 구성 모형은 총 3차에 걸친 수정 델파이 조사를 통해 수정 및 타당화 하였다. 델파이 전문가는 초·중등 공학교육 전문가 5인의 추천과 선정된 전문가의 재추천을 통하여 초·중등 교육과 공학교육 및 STEM 교육에 관련된 전반적인 이해와 공학 및 교육학에 대한 전문적 지식을 적정 수준 이상 갖추고 있는 전문가 93명을 선정하여 요청하였다. 이 중 연구에 참여할 수 있는 시간적 여유와 이해 및 참여의사가 있는 전문가 51명이 델파이 패널로 참여하였으며, 전문가의 전공 분야 및 소속별 분류는 Table 1과 같다.

Table 1 Characteristics of Delphi panel

구분	초등학교	중·고등학교	대학교 및 과학관
	인원(비율)	인원(비율)	인원(비율)
공학 및 공학교육	0(0.0%)	0(0.0%)	17(100.0%)
기술교육	0(0.0%)	3(50.0%)	3(50.0%)
과학 및 과학교육	0(0.0%)	4(33.3%)	8(66.7%)
수학 및 수학교육	0(0.0%)	5(83.3%)	1(16.7%)
초등교육	10(100.0%)	0(0.0%)	0(0.0%)

델파이 조사는 e-mail을 통하여 실시하였으며, 1차 51부(100.0%), 2차 49부(96.1%), 3차 46부(90.2%)가 회수 및 분석에 사용되었다. 분석에는 내용타당도, 합의도와 수렴도, 평균, 표준편차, 중위수, 사분위 등이 사용되었으며, 집단간 차이검증을 위해 일원분산분석(ANOVA)과 Scheffe 사후검증을 활용하였다.

III. 연구의 결과

문헌고찰과 공학교육 관련 전문가의 자문을 통하여 초·중등 공학교육 프로그램 구성 모형을 구안하였다. 3차에 걸친 수정 델파이 조사를 통하여 구안된 초·중등 공학교육 프로그램 구성 모형의 정의 및 기본 방향, 성격, 교육 목표, 내용 영역 및 요소, 교수학습 방법 및 평가 방법의 타당도와 수정 및 보완 의견을 반영하여 모형을 타당화 하였다.

최종 도출된 정의 및 기본 방향은 Table 2와 같으며, 정의의 최종 타당도는 평균 4.65, 합의도 .80, 수렴도 .50, 중앙치 5, 사분편차 범위 5~4, 내용타당도(CVR) .96으로 타당한 것으로 나타났다. 또한, 기본방향의 항목별 타당도는 평균 4.41~4.74, 합의도 .80, 수렴도 .50, 중앙치 5, 사분편차 범위 5~4, 내용타당도(CVR) .87~1.00으로 모두 타당한 것으로 나타났다.

Table 2 Definition and directions

초·중등 공학교육 프로그램의 정의 및 기본방향
<p><정의></p> <p>초·중등 공학교육은 공학 설계 활동을 통해 과학, 기술, 수학 등의 지식과 기능을 융합하여 학생들의 공학적 사고 및 태도를 함양하는 교육이다.</p> <p><기본 방향></p> <p>첫째, 공학 기반의 세상을 이해하고, 이를 활용 및 발전시켜 나갈 수 있는 소양을 기르는 교육</p> <p>둘째, 초·중등교육 과정의 과학, 기술, 수학 등의 기존 교육 내용들과 융합 및 응용하는 교육</p> <p>셋째, 공학 설계 기반의 창의적 문제해결 과정을 경험하고 활용하는 교육</p> <p>넷째, 공학, 공학자, 공학 관련 전공 및 분야에 대한 이해와 진로 탐색의 기회를 제공하는 교육</p>

최종 도출된 성격은 Table 3과 같으며, 성격의 항목별 타당도는 평균 4.48~4.65, 합의도 .80, 수렴도 .50, 중앙치 5, 사분편차 범위 5~4, 내용타당도(CVR) .91~.96으로 모두 타당한 것으로 나타났다.

최종 도출된 학교급별 교육 목표는 Table 4와 같다. 초등학교 교육 목표의 타당도는 평균 4.59, 합의도 .80, 수렴도 .50, 중앙치 5, 사분편차 범위 5~4, 내용타당도(CVR) .96으로 모두 타당한 것으로 나타났다. 중학교 교육 목표의 타당도는

Table 3 Characteristics

초·중등 공학교육 프로그램의 성격
<p>첫째, 초·중등 공학교육 프로그램은 공학 기반의 세계에서 살고 있으며, 공학 기술 개발과 관련 인재 양성이 중요시 되고 있는 공학중심 시대의 초·중·고등학교 학생을 위한 교육 프로그램이다.</p> <p>둘째, 초·중등 공학교육 프로그램을 통해 학생들은 체계적 사고, 창의적 사고, 비판적 사고, 문제해결력 등의 공학적 사고 역량을 함양하며, 동료들과의 협력 및 의사소통 능력, 실패에 대한 긍정적 태도와 사회에 대한 윤리적 태도 등의 공학적 태도 역량을 향상시킬 수 있다. 또한, 학생들의 과학, 기술, 수학 등 관련 교과에 대한 흥미 및 학습 동기와 학업 성취도에 긍정적인 영향을 주고, 공학 및 공학자와 공학 분야 진로 인식 향상에도 기여할 수 있다.</p> <p>셋째, 초·중등 공학교육 프로그램은 형식교육과정에서는 과학, 기술, 수학 등의 교육과정과 연계하여, 관련 교과의 수업시간과 창의적체험활동, 방과후활동, 동아리활동, 자유학기제 등에 적용될 수 있으며, 비형식교육과정에서는 다양한 공학관련 단체, 기관, 학회 등에서 적용될 수 있다.</p> <p>넷째, 초·중등 공학교육 프로그램은 학생들이 실제적이고 비구조화된 문제를 공학 설계를 통해 반복적, 조작적, 협력적으로 해결하는 과정을 경험하도록 하여야 한다. 이를 통해, 학생들은 공학 설계와 공학 지식을 학습하고, 공학의 핵심 개념, 공학자의 일, 세부 공학 분야에 대하여 이해할 수 있다.</p>

Table 4 Educational goals according to school level

초·중등 공학교육 프로그램의 학교급별 교육 목표
<p><초등학교 교육 목표></p> <p>첫째, 기초적인 재료의 특성과 도구의 사용법을 이해하고, 공학 설계 과정 단계에 따라서 문제해결을 경험할 수 있다.</p> <p>둘째, 기초적인 공학적 사고 및 태도를 기를 수 있다.</p> <p>셋째, 공학이 적용된 사례와 공학자가 하는 일을 조사하여 설명할 수 있다.</p> <p><중학교 교육 목표></p> <p>첫째, 공학 설계 과정의 각 단계에 따른 공학의 핵심 개념을 이해하고, 문제해결을 위해 공학 설계 과정을 적용할 수 있다.</p> <p>둘째, 공학적 사고 및 태도와 기술적 소양을 기를 수 있다.</p> <p>셋째, 공학 및 공학자의 사회적 영향과 공학 분야의 진로에 대해 이해하고, 자신의 진로를 설계할 수 있다.</p> <p><고등학교 교육 목표></p> <p>첫째, 다양한 공학 분야의 복합적이고 실제적인 문제를 관련 지식과 융합 및 응용하고, 공학 설계 과정을 활용하여 해결할 수 있다.</p> <p>둘째, 공학적 사고 및 태도, 역량과 기술적 소양을 함양하고, 공학 관련 지식을 기를 수 있다.</p> <p>셋째, 공학 및 공학자의 사회적, 윤리적 영향을 이해하고, 다양한 공학 분야의 진로와 직업에 대해 탐색하여, 자신의 진로를 구체적으로 준비할 수 있다.</p>

Table 5 Educational contents area and elements

대영역	중영역	내용 요소	내용 요소 설명	관련 공학 핵심 개념
공학 지식	공학 및 공학자 지식	<ul style="list-style-type: none"> • 공학의 특성 • 공학과 사회 • 공학자의 일과 특성 • 공학 진로 및 직업 	<ul style="list-style-type: none"> • 공학의 역사적, 본질적인 특성과 과학, 기술과의 관계 • 사회와 인간의 필요와 요구 해결을 위한 공학의 역할과 공학이 사회에 미치는 영향 및 이슈 • 공학자가 하는 일의 특성 및 과학자, 기술자와 관계 • 대학교의 공학교육 관련 전공과 직업 분야의 세계 	<ul style="list-style-type: none"> • 공학의 본질(Nature of engineering) • 공학윤리(Ethics) • 현재 이슈에 대한 이해(Knowledge of contemporaneous issues) • 공학과 사회(Engineering & Society) • 지속가능성(Sustainability)
	공학 실제 지식	<ul style="list-style-type: none"> • 공학 전공 지식 • 시스템 지식 • 기술적 지식 	<ul style="list-style-type: none"> • 공학 전공 및 분야 관련 세부 내용 지식 • 일반적인 시스템 모형과 시스템의 유형 • 공학과 관련된 기술적 지식(제조, 건설, 수송, 통신, 생명)과 자원, 재료, 도구, 기능, 공정에 관한 지식 	<ul style="list-style-type: none"> • 혁신(Innovation) • 직업으로서의 공학이해(Understand eng as career option) • 공학과 과학, 수학, 기술간의 연계(Cxs to STM) • 재료(Materials) • 자원(Resource)
	융합 공학 지식	<ul style="list-style-type: none"> • 과학적 지식 • 수학적 지식 • 기타 지식 	<ul style="list-style-type: none"> • 공학과 관련된 과학적 지식(물리학, 화학, 생명과학, 지구과학) • 공학과 관련된 수학적 지식(기하학, 미적분, 통계, 대수학) • 공학과 관련된 인문, 예술 관련 지식 	<ul style="list-style-type: none"> • 특정 기술에 대한 지식(Knowledge of specific techniques) • 이용, 관리, 평가 기술(Use, Manage, Assess technology) • 시스템/시스템 사고(Systems / System thinking)
공학 설계	설계 과정	<ul style="list-style-type: none"> • 공학설계 개요 • 공학설계과정 단계 	<ul style="list-style-type: none"> • 공학설계 전체 과정과 각 단계별로 가지고 있는 반복적이고 순환적인 특성 • 일반적으로 사용되는 공학설계과정 단계 	<ul style="list-style-type: none"> • 설계(Design) • 제약조건(Constraints) • 협동/팀워크(Collaboration/teamwork)
	개념(문제 정의와 배경지식) 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 문제 정의 • 아이디어 생성 	<ul style="list-style-type: none"> • 문제가 무엇인지 명확히 확인하고, 문제해결에 필요한 기준과 제한조건을 확인하는 과정 • 브레인스토밍과 같은 창의적 아이디어 발산기법을 활용하여 문제해결을 위한 다양한 아이디어를 생성하는 과정 	<ul style="list-style-type: none"> • 창의성(Creativity) • 의사소통(Communication) • 시각화(Visualization) • 모델링(Modeling) • 시제품화(Prototyping)
	개발(계획과 실행) 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 해결책 탐색 및 선택 • 모델링 및 시제품 제작 	<ul style="list-style-type: none"> • 최선의 선택을 위한 아이디어와 해결책에 대한 탐색 과정 • 선택된 해결책의 시각화 및 모델링, 시제품 제작하는 과정 	<ul style="list-style-type: none"> • 최적화(Optimization) • 효율성(Efficiency) • 기능성(Functionality) • 상충관계/균형(Trade-offs)
	평가(시험) 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 시험 및 평가 • 개선 및 재설계 	<ul style="list-style-type: none"> • 선택된 해결책이나 제작된 시제품의 최적화 여부를 확인하기 위한 시험과 평가의 과정 • 보다 나은 해결책 제시를 위한 피드백, 개선 및 재설계의 과정 	<ul style="list-style-type: none"> • 분석(Analysis) • 실험(Experimentation) • 긍정성(Optimism) • 발표(Presentation)

평균 4.67, 합의도 .80, 수렴도 .50, 중앙치 5, 사분편차 범위 5~4, 내용타당도(CVR) 1.00으로 모두 타당한 것으로 나타났다. 고등학교 교육 목표의 타당도는 평균 4.65, 합의도 .80, 수렴도 .50, 중앙치 5, 사분편차 범위 5~4, 내용타당도(CVR) .96으로 모두 타당한 것으로 나타났다.

최종 도출된 교육 내용 영역 및 요소는 Table 5와 같으며, 교육 내용 영역 및 요소의 전체 타당도는 4.47로 나타났다. ‘공학 지식’ 대영역의 타당도는 평균 4.39, 합의도 .75, 수렴도 .50, 중앙치 4, 사분편차 범위 5~4, 내용타당도(CVR) .91로 나타났으며, ‘공학 설계’ 대영역의 타당도는 평균 4.54, 합의도 .80, 수렴도 .50, 중앙치 5, 사분편차 범위 5~4, 내용타당도(CVR) .87로 타당한 것으로 나타났다.

최종 도출된 교수학습 및 평가 방법은 Table 6과 같다. 교수학습 방법의 타당도는 평균 4.52, 합의도 .80, 수렴도 .50, 중앙치 5, 사분편차 범위 5~4, 내용타당도(CVR) .96으로 타

한 것으로 나타났으며, 평가 방법의 타당도는 평균 4.35, 합의도 .75, 수렴도 .50, 중앙치 4, 사분편차 범위 5~4, 내용타당도(CVR) .83으로 타당한 것으로 나타났다.

교육 내용 중영역별 타당도 분석 결과는 7개의 중영역 모두 평균 4.37~4.72, 합의도 .78~1.00, 수렴도 .00~.50, 중앙치 4.5~5, 사분편차 범위 5~4, 내용타당도(CVR) .83~1.00으로 타당한 것으로 나타났다. 교육 내용 요소별 타당도 분석 결과는 18개의 교육 내용 요소 모두 평균 4.30~4.76, 합의도 .75~1.00, 수렴도 .00~.50, 중앙치 4~5, 사분편차 범위 5~4, 내용타당도(CVR) .70~1.00으로 타당한 것으로 나타났다.

텔파이 3차 조사에는 중영역별 중요도와 학교급에 따른 교육 내용 요소별 중요도를 조사하였으며, 텔파이 전문가의 소속에 따른 중요도 인식 차이를 분석하였다. 교육 내용 중영역에 대한 중요도의 분석 결과는 Table 7과 같으며, ‘개념(문제정의와

Table 6 Teaching, learning and evaluation method

초·중등 공학교육 프로그램의 교수학습 및 평가 방법	
〈교수학습 방법〉	
학생들의 발달 단계, 학습 수준, 요구, 흥미, 진로, 학교 및 지역사회 환경 등을 고려하여, 학생들이 문제해결을 위한 공학설계과정을 체험해 볼 수 있도록 지도한다. 교육 주제, 내용, 시간, 환경 등에 따라 팀기반의 문제해결학습법, 문제중심학습법, 프로젝트중심학습법, 설계중심학습법 등을 적절히 활용하여 지도한다.	
〈평가 방법〉	
평가에 대한 제한조건 및 기준을 사전에 제시하고 문제해결 결과를 중심으로 평가하되, 시제품, 모델링, 시각적 자료 등 산출물 및 해결책과 이에 대한 시연, 발표 등을 통한 결과 중심 평가뿐만 아니라 자기평가, 동료평가, 포트폴리오, 교사 관찰평가 등을 활용한 과정 중심 평가도 종합적으로 고려하여 평가한다.	

Table 7 Importance for education contents area

대영역	중영역	M	SD
1. 공학 지식	공학과 공학자 지식	4.65	0.52
	공학 실제 지식	4.43	0.58
	융합 공학 지식	4.50	0.54
2. 공학 설계	설계 과정	4.63	0.57
	개념(문제정의와 배경지식) 단계	4.74	0.44
	개발(계획과 실행) 단계	4.74	0.44
	평가(시험) 단계	4.65	0.48

배경지식) 단계'와 '개발(계획과 실행) 단계'는 4.74로 가장 높게 나타났으며, '공학과 공학자 지식', '평가(시험) 단계'는 4.65, '설계 과정'은 4.63, '융합 공학 지식'은 4.50, '공학 실제 지식'은 4.43의 순으로 나타났다. 교육 내용 중영역별 중요도의 델파이 전문가 소속에 따른 차이 검증 결과 7개 중영역 모두에서 델파이 전문가 소속에 따른 유의미한 차이가 나타났다.

학교급별 교육 내용 요소의 중요도 분석 결과는 Table 8과 같다. 초등학교 수준에서의 교육 내용 요소별 중요도는 '아이디어 생성'이 4.70으로 가장 높게 나타났으며, '해결책 탐색 및 선택' 4.63, '공학자의 일과 특성' 4.46, '공학과 사회' 4.37, '개선 및 재설계' 4.35의 순으로 나타났다. 중학교 수준에서의 교육 내용 요소별 중요도는 '아이디어 생성'과 '해결책 탐색 및 선택'이 4.72로 가장 높게 나타났으며, '공학과 사회'와 '문제정의' 4.61, '개선 및 재설계' 4.54의 순으로 나타났다. 고등학교 수준에서의 교육 내용 요소별 중요도는 '공학 진로 및 직업'이 4.87로 가장 높게 나타났으며, '해결책 탐색 및 선택' 4.80, '공학과 사회', '문제 정의', '아이디어 생성' 4.78의 순으로 나타났다. 학교급별 교육 내용 요소의 중요도 인식은 델파이 전문가 소속에 따른 유의미한 차이가 나타났다.

Table 8 Importance for education element according to school level

내용 요소	초등학교		중학교		고등학교	
	M	SD	M	SD	M	SD
• 공학의 특성	4.22	0.81	4.43	0.58	4.50	0.62
• 공학과 사회	4.37	0.67	4.61	0.61	4.78	0.47
• 공학자의 일과 특성	4.46	0.62	4.50	0.58	4.67	0.52
• 공학 진로 및 직업	4.02	0.82	4.50	0.62	4.87	0.34
• 공학 전공 지식	3.39	1.07	4.02	0.74	4.57	0.69
• 시스템 지식	3.43	1.10	3.91	0.97	4.43	0.83
• 기술적 지식	3.74	0.94	4.17	0.73	4.48	0.66
• 과학적 지식	3.83	0.92	4.24	0.73	4.59	0.62
• 수학적 지식	3.48	0.99	4.07	0.76	4.57	0.62
• 기타 관련 지식	4.00	0.88	4.33	0.75	4.54	0.66
• 공학설계 개요	3.96	1.00	4.41	0.71	4.65	0.57
• 공학설계과정 단계	4.13	0.99	4.48	0.68	4.76	0.48
• 문제 정의	4.33	0.89	4.61	0.61	4.78	0.42
• 아이디어 생성	4.70	0.55	4.72	0.50	4.78	0.47
• 해결책 탐색 및 선택	4.63	0.57	4.72	0.50	4.80	0.40
• 모델링 및 시제품 제작	4.13	0.90	4.46	0.72	4.72	0.62
• 시험 및 평가	4.26	0.85	4.50	0.59	4.74	0.49
• 개선 및 재설계	4.35	0.84	4.54	0.66	4.70	0.59

IV. 결론 및 제언

연구의 결과를 토대로 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 초·중등 공학교육 프로그램 구성 모형은 정의, 기본방향 4개, 성격 4개, 학교급별 교육목표 3개, 내용 영역 대영역 2개, 중영역 7개, 내용 요소 18개, 교수학습 방법, 평가 방법으로 구성되었다. 개발된 초·중등 공학교육 프로그램 구성 모형은 초·중등 공학교육 프로그램의 개발을 위한 필수적이며 기초적인 요소를 갖추어 개발되었다.

둘째, 초·중등 공학교육 프로그램 구성 모형의 정의, 기본방향, 성격, 학교급별 교육목표, 내용영역 및 요소, 교수학습 방법, 평가 방법은 평균, 표준편차, 합의도, 수렴도, 내용타당도 등의 통계수치가 모두 타당함을 나타냈다. 타당화된 초·중등 공학교육 프로그램 구성 모형은 초·중등교육에서의 체계적인 공학교육 프로그램의 개발 및 적용을 위해 이론적으로 타당하게 개발되었다.

셋째, 초·중등 공학교육 프로그램 구성 모형의 교육 내용 중영역과 교육 내용 요소의 학교급별 중요도를 확인하였으며, 델파이 전문가 소속에 따른 교육 내용 요소의 중요도 인식 차이를 확인하였다. 학교급별 교육 내용의 중영역과 내용 요소의 중요도는 대상 학생들의 수준에 맞는 공학교육 프로그램의 교

육 주제 및 내용 선정 시에 참고할 수 있는 기초자료로 개발되었다.

이상의 연구 결과를 토대로 현장 적용 및 후속 연구를 위하여 다음과 같은 제언을 한다. 첫째, 초·중등 공학교육 프로그램 구성 모형에 따른 학교급별 프로그램 개발 및 적용, 효과 분석 연구가 필요할 것이다. 둘째, 초·중등 공학교육 프로그램 개발과 적용을 위한 관련 전문가 및 교사를 위한 연수 프로그램의 개발이 필요할 것이다. 셋째, 초·중등 공학교육에 대한 정부 및 관련 기관의 관심과 지원이 필요할 것이다.

이 연구는 충남대학교대학원 김영민의 박사학위 논문용 요약 및 정리하였음.

참고문헌

1. 교육과학기술부 (2010). **창의인재와 선진과학기술로 여는 미래 대한민국**. 2011년 업무보고.
2. 김영민 (2012). **공학전문가가 인지하는 고등학교 공학 기술 교과 교육 목표와 내용 요소**. 충남대학교 석사학위논문.
3. 김영민 외 (2016). 중·고등학교 기술교사의 공학교육에 대한 인식 및 교육요구도. **공학교육연구**, 19(3), 13-22.
4. 김영민 외 (2013a). 초·중등교육에서의 공학교육 프로그램 개발 - 중학교 건설공학분야를 중심으로 -. **한국기술교육학회지**, 13(2), 21-41.
5. 김영민 외 (2013b). 초·중등교육에서의 공학교육에 대한 공학 전문가들의 인식 연구. **대한공업교육학회지**, 38(2), 136-155.
6. 김영민 외 (2013c). 초·중등교육에서의 초·중등 공학교육에 대한 인식 분석. **공학교육연구**, 16(5), 9-17.
7. 김영민, 강정하, 허남영 (2015). 과학 영재 학생들의 공학에 대한 이미지와 인식 분석. **영재교육연구**, 25(1), 95-117.
8. 김종승 외 (2013). 초등학교 학생들의 공학자, 과학자, 기술자에 대한 인식 및 이미지 분석. **한국기술교육학회지**, 13(1), 67-92.
9. 문대영 (2009). 초등학교의 공학에 대한 태도 및 공학 문제 해결에 대한 사례 연구: STEM 통합 접근 교육 프로그램 적용을 통해. **한국실과교육학회지**, 22(4), 51-66.
10. 손소영 (2007). 특집 1 : K-12. **공학교육**, 14(4), 7-9.
11. Asunda, P. A., Hill, R. B. (2007). Critical Features of Engineering Design in Technology Education. *Journal of Industrial Teacher Education*, 44(1).
12. Carroll, D. R. (1997). Bridge engineering for the elementary grades. *Journal of Engineering Education*, 86(3), 221-226.
13. Cunningham, C. M., & Hester, K. (2007). Engineering is Elementary: An Engineering and Technology Curriculum for Children. Proceedings of the 2007 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition.
14. Daugherty, J. L., & Custer, R. L. (2012). Secondary level engineering professional development: content, pedagogy, and challenges. *International Journal of Technology Design Education*, 22(1), 51-64.
15. Dearing, B. M. & Daugherty, M. K. (2004). Delivering engineering content in technology education. *The Technology Teacher*, 64(3), 8-11.
16. Douglas, J., Iversen, E., & Kalyandurg, C. (2004). Engineering in the K-12 Classroom An Analysis of Current Practices & Guidelines for the Future. ASEE Engineering K12 Center.
17. Foster, P. N. & Wright, M. D. (2001). How children think about design and technology: Two case studies. *Journal of Industrial Teacher Education*, 38(2), 40-64.
18. Gustafson, B. J., Rowell, P. M., & Guilbert, S. M. (2000). Elementary children's awareness of strategies for testing structural strength: A three year study. *Journal of Technology Education*, 11(2), 5-22.
19. Harris, K. S. & Rogers, G. E. (2008). Secondary Engineering Competencies: A Delphi Study of Engineering Faculty. *Journal of Industrial Teacher Education*, 45(1).
20. Householder, D. L., & Hailey, C. E. (2012). Incorporating engineering design challenges into STEM courses. National Center for Technology and Engineering Education.
21. International Technology Education Association[ITEA] (2000/2002/2007). Standards for technological literacy: Content for the study of technology. VA: Author.
22. Kersten, J. A. (2013). Integration of engineering education by high school teachers to meet standards in the Physics classroom. the university of Minnesota.
23. Koch, J. & Burghardt, M. D. (2002). Design technology in the elementary school: A study of teacher action research. *Journal of Technology Education*, 13(2), 21-32.
24. Koehler, C. et al. (2005). Engineering Frameworks for a High School Setting: Guidelines for Technical Literacy for High School students. Retrieved February 26, 2010 from the World Wide Web: <http://soa.asee.org/paper/conference/paper-view.cfm?id=21254>.
25. Koen, B. V. (1994). Toward a strategy for teaching engineering design. *Journal of Engineering education*, 83(3), 193-201.
26. Lovel, T., & Dunn, D. (2014). Teaching engineering habits of mind in technology education. *Technology and engineering teacher*, 73(8).
27. Marshall, J. A., & Berland, L. K. (2012). Developing a Vision of Pre-College Engineering Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research(J-PEER)*, 2(2).

28. Moffett, G. E., Weis, A. M., & Banilower, E. R. (2011). Engineering is Elementary: Impacts on Students Historically-Underrepresented in STEM Fields. Chapel Hill, NC: Horizon Research. Moore, Tank, Glancy & Kersten, 2015;
29. Moore, T. J. et al. (2015). NGSS and the Landscape of Engineering in K-12 State Science Standards. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(3), 296-318.
30. National Academy of Engineering & National Research Council[NAE & NRC] (2009). Engineering in K-12 Education: understanding the status and improving the prospects. Washington D.C: The National Academies Press.
31. National Research Council[NRC] (2012). A Framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core Idea. Washington D.C: National Academies Press.
32. NGSS Lead States (2013). Next Generation Science Standards: For States, By States. Washington, DC: National Academies Press.
33. Pinelli, T. E., & Haynie, W. J. (2010). A case for the Nationwide Inclusion of Engineering in the K-12 Curriculum via Technology Education. *Journal of Technology Education*, 21(2).
34. Project Lead The Way (2005). About Project Lead The Way: An overview. NY: Author.
35. Ritz, J. M. (2006). Technology and engineering are both addressed through technology education. *The Technology Teacher*, 66(3), 19-21.
36. Rogers, C., Foster, J., & Wendell, K. B. (2010). A review of the NAE report on engineering in K-12 education. *Journal of Engineering Education*, 99(2), 179-181. Salinger, 2005;
37. Samuels, K. & Seymour, R. (2015). the middle school curriculum: engineering anyone?. technology and engineering teacher.
38. Smith, K. L. & Burghardt, D. (2007). Teaching engineering at the k-12 level: Two perspectives. *The Technology Teacher*, 66(7), 20-24. Wicklein, 2006;
39. Smith, P. C. (2006). Essential aspects and related academic concepts of an engineering design curriculum in secondary technology education. Athens, Georgia.
40. Wicklein, R., Smith, P. C., & Kim, S. J. (2009). Essential Concepts of Engineering Design Curriculum in Secondary Technology Education. *Journal of Technology Education*, 20(2).



김영민 (Kim, Young-Min)

2017년: 충남대학교 교육학 박사(공학교육 전공)
 2013년~현재: 한국과학기술원 과학영재교육연구원 연구원
 관심분야: K-12 공학교육, 기술교육, STEM/STEAM
 E-mail: earnestkym@hanmail.net



김기수 (Kim, Ki-Soo)

1993년: 충남대학교 기계공학 박사
 1996년~현재: 충남대학교 기술교육과 교수, 청소년창의기술인재센터장
 관심분야: 공학기술 교육, 공업교육
 E-mail: kksoo@cnu.ac.kr