

초등 및 중학교 수준의 공학교육 내용표준 제안

박현주* · 백윤수** †

* 조선대학교 화학교육과

** 연세대학교 기계공학부

Content Standards for K-9 Engineering Education

HyunJu Park* · Yoon Su Baek** †

* Department of Chemistry Education, Chosun University

** School of Mechanical Engineering, Yonsei University

ABSTRACT

The purpose of this study was to conceptualize the idea of engineering between science and technology, to classify the types of K-9 engineering education, and to develop content standards for it. The primary goal for an engineer is to design, create, and produce new tools, machines, and systems for practical means of human by exploiting technology and science. Engineering is the professional art of using technology, and the practical application of science and mathematics to achieve the optimum conversion of the resources of nature for the benefit of humankind. We reviewed the literatures and documents for background research, had surveys, and interviewed with engineers and educators to set the frame of the content standards for K-9 Engineering education and to construct standards for each sub-component. We developed and suggested the content standards for K-9 engineering education by examining and revising it.

Keywords: Engineering Education, Content Standard, K-9, Elementary School, Middle School, STEM

1. 서 론

STEM은 과학(Science), 기술(Technology), 공학(Engineering), 수학(Mathematics)을 통합하거나 연계하려는 다양한 시도들을 총체적으로 일컫는 용어로서 1990년대 미국 국립과학재단(National Science Foundation, NSF)에서 최초로 사용하였다(Bybee, 2010). STEM은 국가의 과학기술 경쟁력의 '줄기 세포(STEM Cell)'라는 의미를 포함하고 있다(ITEA, 2009; Sanders, 2006). 오늘날 STEM은 미국, 영국, 호주, 핀란드, 독일, 이스라엘 등의 전 세계적 과학기술교육개혁의 핵심 키워드로 자리 잡게 되었다(김진용 외, 2012).

초·중등학교 수준의 STEM은 과학, 기술, 공학, 수학 분야의 내용(contents)과 과정(process)에 공학 설계(engineering design)와 혁신(innovation)을 접목한 것으로, 언어학, 사회학, 예술 등 다른 교과와의 통합 또는 융합을 통해 지속적으로 발달하였다(NRC, 2011; Sanders, 2009).

공학 또는 공학교육은 과학기술의 문화와 사회적 가치를 추구함으로써 학습자의 수학과 과학 학습동기를 유발하고 자극할 뿐 만 아니라, 공학 설계 능력(design skills)을 함양하고, 공학 및 공학 학자들의 역할을 이해하고, 공학 분야에 관심을 갖게 하는데 효과적이다(권혁수·박경숙, 2009; Doppelt et al., 2009; National Academy of Engineering, 2010). 공학교육을 통해 과학기술 및 공학에 대한 꿈과 비전을 제시함으로써 초·중등학생들에게 과학과 수학 학습에 대한 흥미 제고 및 동기를 향상시키고, 궁극적으로 STEM 분야의 국가 경쟁력 강화를 기대할 수 있다.

지난 수년 동안 우리나라는 초·중등학생들의 수학이나 과학 학습에 대한 동기 유발과 이공계 기피 현상을 해결하고자 부단히 노력을 기울였다. 그러나 별다른 실효를 거두지 못하고 여전히 몇몇 문제점을 가지고 있다.

첫째, 국제학업성취지표에 나타난 학생들의 과학/수학 학습과 정서의 불균형이 심각하다. 우리나라 학생들은 학업성취도 측면에서 최상위권이지만, 학습자 개인이 가지고 있는 교육의 내적 요소는 대조적으로 그와는 반대로 나타났다. 예를 들면, OECD 학업성취도 국제 비교연구 2006(Programme for International

Received 11 February, 2014; Revised 10 June, 2014

Accepted 9 July, 2014

† Corresponding Author: ysbaek@yonsei.ac.kr

Students Assessment, PISA) 지표 중, 우리나라 학생들의 과학에 대한 흥미 55/57위, 즐거움 51/57위, 과학에 대한 외적 동기 53/57위, 자아효능감 56/57위로 조사되었다(이미경, 손원숙, 노언경, 2007). 또한 TIMSS(수학·과학 성취도 추이 변화 국제비교연구)의 결과는 PISA의 결과와 유사한 결과를 보였다. 우리나라 중학교 2학년 학생들의 수학·과학학습에 대한 ‘자신감’은 수학 43/50위, 과학 27/50위로 나타났고, ‘즐거움’은 수학 43/50위, 과학 29/50위, 그리고 ‘가치인식’ 지수가 높은 학생의 비율은 수학 45/50위, 과학 26/50위로 각각 나타났다(김경희 외, 2008).

둘째, 청소년들의 수학과 과학에 대한 자신감, 즐거움, 가치인식 등과 같은 정의적 영역의 저조는 과학기술분야로의 진로 선택이나 진출의 기피 등으로 나타나게 된다. 최근 몇 년 동안, 고등교육 기관에서 STEM 분야를 전공하는 사람들의 수가 감소하였다. 대학수학능력시험의 총 응시자 중 자연계 지원율은 1998년 42.4%, 2000년 34.8%, 2002년 26.9%, 2005년 28.9%, 2008년 24.2%와 같이 지속적으로 감소하였다. 수험생들이 자연계열 진학을 기피하는 표면적인 이유는 교차지원이라는 쉬운 방법으로 진학이 가능한 대학입시제도의 문제에서 비롯된 것일 수도 있다. 그러나 과학에 대한 낮은 관심과 어려운 과목이라는 인식은 청소년들이 STEM 분야로 진로를 결정하는데 부정적인 영향을 주었을 것이다. 이러한 상황은 궁극적으로 향후 5년에서 15년 사이 우수한 과학기술인력의 양성 및 공급에 상당한 차질을 초래하여 국가 과학기술 경쟁력의 저하로 연결될 수 있다(백운수 외, 2011).

이러한 문제를 해결하고자, 과학교육기술계에서는 공학 및 공학적 실행(practicing)을 교과와 접목함으로써 학생들이 수 학이나 과학의 효용 가치를 실제적으로 체험하고, 과학기술에 대한 흥미를 유발하도록 하고 있다. 예를 들면, 교육과학기술부는 STEM에 인문사회예술(Arts)을 연결한 융합인재교육(STEAM)을 주요 정책으로 발표하고, 초·중등학교에서 실질적으로 공학 및 공학적 실행을 적용하도록 하였다. 뿐만 아니라, 과학 지식과 실생활, 그리고 공학 설계를 연계시킨 공학 설계 기반의 학습방법 DBL (Design-Based-Learning)을 도입하여 수업에 활용하고 있다(Doppelt, 2009). 그리고 공학 및 공학적 실행 분야에서 다양한 연구를 수행함으로써, STEM 교육 발전 과정과 상황을 설명하고(김진수, 2007; 백운수 외, 2011; ITEA, 2007; Sanders, Kwon, Park, & Lee, 2012), 프로그램 개발 및 적용에 대한 논의가 진행되고 있다(김진수, 2011; 배선아, 2011; 배선아, 금영충, 2009; 백운수 외, 2012 & 2013; 최유현 외, 2008).

공학 및 공학교육은 우리나라 뿐 만 아니라 선진국들도 극히

제한적으로만 실행되어 왔다. 즉 현재 초·중등학교의 공학 및 공학교육은 독립된 교과로 진행되지 않고, STEM/STEAM의 한 분야로 제한되는 경향이 있다. 따라서 공학 및 공학교육 분야의 실천과 연구는 여전히 협소하고 소극적이다. 그러나 국가 간의 산업과 경제, 그리고 군사적 경쟁이 심화되면서 공학의 본성과 과정을 초·중등 교육에서부터 시작해야 한다는 사회적, 교육적 요구 및 진화가 발생하였다.

공학과 기술은 수학과 과학을 이용하여 관심 대상의 변화를 통해 인류의 보편적 가치를 다룬다는 측면에서 그 유사성이 있다. 현재 공학과 기술은 상호간의 필요성을 인식하고 긴밀한 관계를 맺고 상호 보완을 통해 보편적 가치 지향적으로 발전한다. 그러나 공학과 기술은 학문적 특징에 따라 다른 역할과 기능을 하기 때문에, 교육에서 차별화하여 적용되어야 한다. 예를 들면, 원시인류 사회에서 도구를 사용했다는 고증으로부터 특정 ‘기술’이 먼저 존재하였다고 할 수 있다. 그러나 그 기술의 과정에는 찰나의 순간이라도 인류의 ‘편리’와 ‘가치’에 대한 고민의 사고적 인지과정이 공학의 과정 개념이며, 이 공학의 산출물로 기술이 생성된다. 따라서 초·중등학교에서 공학의 개념적 정의, 공학과 기술의 차이 및 특성, 관계 등에 규명을 통한 공학과 기술에 대한 개념 및 본성에 대한 정확한 이해가 필요하다.

한편 공학교육 내용표준(engineering education content standards)은 학교와 지역, 국가 수준에서 공학교육의 목표에 도달하는데 필요한 특정 활동을 판단하는 준거를 제공하는 것으로, 공학교육을 통해 학생들이 무엇을 알아야 하고, 무엇을 이해해야 하며, 무엇을 할 수 있는지에 대한 내용들을 포함한다(박현주 외, 2012; 백운수 외, 2010; 송희성 외, 2005). 즉 내용표준은 교과 교육에 대한 국가와 사회, 학문, 그리고 학습자의 요구, 학습자, 교육과정의 국제적 동향, 교과의 개념 및 체계 등을 포함하며, 교육과정 목표의 설정과 내용 선정 및 조직의 근거가 된다(송희성 외, 2005). 일반적으로 교육 표준의 구성은 교수 표준, 교사 전문성 개발 표준, 학습평가 표준, 교육내용 표준, 프로그램 표준, 교육 체제 표준 등을 포함한다. 그 중, 교육내용 표준은 교과 분야에서 학년 군별로 학생들이 무엇을 알아야 하고, 무엇을 이해해야 하며, 무엇을 할 수 있는지를 개괄적으로 제시한다.

미국의 경우, STEM의 핵심 교과로서, 공학의 내용표준은 몇몇 주에 따라, 또는 기관에 따라 다양하게 개발되었다. 예를 들면, 국가연구위원회(NRC, 2011)는 ‘초·중등교육을 위한 과학교육틀(A Framework for K-12 Science Education: Practices, Cross-cutting Concepts, and Core Ideas)’을 제안하면서, 과학교육에서의 공학적 실행을 강조하였다. 과학교육틀은 공학

의 실행적 측면과 더불어 과학교육을 위한 핵심내용지식으로서의 ‘공학, 기술, 응용과학’을 제시한다. 미국공학교육학회(ASEE, 2007)가 제시한 K-12를 위한 공학교육 내용표준은 ‘공학 디자인’, ‘공학과 과학, 기술, 수학의 연결’, ‘공학의 본성’, ‘의사소통과 협동작업’, ‘공학과 사회’의 영역으로 구분된다. 각 영역은 선언적 진술(declarative statements)과 과정적 진술(procedural statements)로 구분되어 표준을 제시한다. 또한 일부 몇몇 주정부의 교육위원회는 공학적 실행과 접근을 표준으로 제시하고 있다(예, Massachusetts, 또는 Pennsylvania 등).

이 연구는 초·중학교 수준의 공학교육을 정의하고, 공학교육 내용의 유형을 조사하고, 공학교육 내용표준을 개발하여 제안하였다. 이 연구의 결과는 과학기술 및 공학의 교육적 효과 제고와 초등학교 및 중학교 과정의 공학교육의 방향 설정 및 교육을 위한 기초 자료를 제공할 것이다. 보다 구체적인 연구 내용은 다음과 같다.

첫째, 초등 및 중학교 수준의 공학교육을 정의한다.

둘째, 미국 초등학교 및 중학교급의 기초 공학교육 내용 유형을 분석한다.

셋째, 초등학교와 중학교급의 공학교육 내용표준을 개발하여 제안한다.

II. 연구방법

이 연구는 문헌 연구, 설문과 면담 조사, 그리고 여러 차례에 걸친 전문가 자문을 통해 공학교육 내용표준의 구조를 설정하고 각 영역별 하위요소를 설정하였다. 공학교육 내용표준의 구체적인 개발 절차는 다음과 같다. 첫째, 기초 문헌 연구를 통하여 국내외 공학교육의 동향, 목표, 내용표준 등을 정리하였다.

둘째, 문헌연구와 전문가와의 심층면담을 통하여 공학교육 내용표준의 구조를 설정하였다. 셋째, 이론 분석 및 개발 연구를 통하여 내용표준의 각 영역에 대한 하위요소를 설정하였다. 넷째, 내용표준의 영역과 하위요소에 대한 전문가 집단의 타당성 검토 및 의견을 조사하여 내용표준을 개발하였다. 다섯째, 개발된 내용표준에 대한 전문가 집단의 자문 및 검토 의견을 토대로 공학교육 내용표준을 수정하고 보완하였다. 각 과정은 필요에 따라 순환적 또는 반복적으로 진행되었다.

1. 문헌조사/이론연구

문헌조사 및 이론연구의 목적은 초·중학교 수준의 공학교육 정의, 내용표준의 방향, 구조를 설정하기 위한 탐색으로, 관련 문헌, 교육과정, 내용표준, 국내외 교육과정 및 내용 지식의 표준 등을 분석하였다.

미국 초·중학교급의 기초 공학교육 내용 유형을 분석하고, 그 분석 결과를 공학교육의 내용표준에 적극 반영하였다(Table 1).

2. 설문 및 면담조사

공학교육에 대한 요구조사 및 내용표준의 요소 추출을 위한 연구방법으로 설문조사와 전문가 면담조사로 진행되었다(Babbl, E., 2001; Kvale, 1996). 첫째, 초등 및 중학교 학생과 교사, 과학자, 공학자 등을 대상으로 설문조사를 통하여 공학교육의 필요성 및 내용표준에 대한 요구를 조사하였다. 둘째, 공학교육 내용표준의 초안 작성을 위하여 과학교육자, 과학자, 교사, 학생, 공학자, 일반직업군(경제인, 법조인, 의료인) 등으로 나누어 각 분야별 5인에게 개인당 30여분 이상 반구조화된 면담을 실시하였다. 심층 면담의 질문은 “공학교육을 배운다

Table 1 Examples of Subject

구분	보고서	조직	연도
문서	STEM Education Issues and Legislative Options	Congressional Research Service	2008
	Educate to Innovate	Whitehouse	2009
	Preparing the Next Generation of STEM Innovation: Identifying and Developing Our Nation's Human Capital	NSB	2010
	Change the Equation	PCAST	2010
	PCAST Report	PCAST	2010
내용표준	A Framework for K-12 Science Education: Practices, Cross-cutting Concepts, and Core Ideas	NRC	2011
	National Educational Technology Standards for Students	ISTE	2009
	K-12 STEM Guidelines for All Americans	ASEE	2008
	K-12 Engineering	ASEE	2007
	Principles and Standards for School Mathematics	NCTM	2000
기타	Why K-12 Engineering?	ASEE	2011

면, 어떤 내용이 되어야 한다고 생각하십니까?” 이었다.

3. 공학교육 내용표준 개발

문헌 및 이론 연구와 설문조사 및 에 나타난 결과를 근거로 하여 내용표준의 구조, 하위 요소, 그리고 핵심 개념의 위계를 설정하고, 학교급 또는 학년별로 학습하는 공학교육 내용표준을 개발하였다(AAAS, 1994; ASEE, 2007).

내용표준은 ‘공학 및 기술과 사회’, ‘제품과 제조’, ‘공학을 통한 문제해결’, ‘공학기술시스템’의 네 영역으로, 그리고 각 영역은 3~4 하위 요소를 포함하도록 구성하였다.

4. 전문가 자문 및 협의회

초·중학교 교사들의 자문과 전문위원의 협의회를 통하여, 공학교육 내용표준의 영역, 내용표준, 하위 영역에 대하여 지속적으로 타당성을 검토하고, 초등 및 중학교 과정의 공학교육과 관련된 쟁점에 대한 해결 방안을 모색하였다(박현주 외, 2012; AAAS, 1994; ASEE, 2007).

III. 결과 및 논의

1. 초등 및 중학교 과정의 공학교육 정의

초·중학교 수준의 공학교육을 정의하기 위해서 공학, 기술, 과학의 차이를 어원, 학문, 방법으로 구분하여 <Table 2>에 정리하였다.

2. 초등 및 중학교 과정 공학교육의 내용 유형

미국의 기초 공학교육 내용을 분석한 결과, 초등 및 중학교 수준의 공학 교육내용은 절차적 과정, 분야별 지식/개념, 과정과 지식의 통합의 세 가지 유형으로 구분할 수 있었다.

가. 절차적 과정

절차적 과정 유형은 초등 및 중학교 학생들이 문제해결과정을 통하여 공학 또는 공학교육을 경험하는 것을 의미한다 (Table 3). 공학교육의 내용은 문제 및 필요성에 대한 연구, 가능한 해결안 개발, 최상의 해결안 선정, 시작품 제작, 시작품 테스트와 평가, 결과에 대한 토론, 재설계 등과 같은 일련의 문제해결의 과정이나 설계 과정을 포함한다. 공학교육의 학습 내용으로 활용되는 문제해결 또는 설계 과정의 예로는 ‘Inquiry-based teaching & learning’, ‘Understanding by Design’, ‘Problem-based Learning’, ‘Performance-based teaching & learning’, ‘5E(Engagement, Exploration, Explanation, Elaboration, & Evaluation) Teaching, Learning, Assessing Cycle’ 등이 있다.

나. 분야별 지식 또는 개념

분야별 지식 또는 개념 유형은 초등 및 중학교에서 공학과 관련된 다양한 학문이나 내용 분야를 제시하여 학습하는 것이다. 예를 들면, 정보·통신, 제조, 건설, 건축, 교통, 생명·화학, 재료·금속, 기계, 유체 시스템, 열 시스템, 전기 시스템 등과 같은 공학과 기술의 다양한 분야와 관련된 개념을 제시하고, 그

Table 2 Concepts of science, engineering, and technology

구분	과학	공학	기술
어원	어떤 사물을 ‘안다’는 라틴어 ‘scire’에서 연유 (Wikipedia, 2011)	‘engine’과 ‘ingenious’로서 ‘창조하다’는 뜻의 동일한 라틴어 ‘ingenerare’ 유래(Wikipedia, 2011)	그리스어 ‘테크네(technē)’에서 유래. 어원적으로는 예술·의술 등도 포함하나, 오늘날은 주로 물적 재화를 생산하는 생산 기술의 의미로 사용(Wikipedia, 2011)
학문	자연에 대한 탐구로서 자연 현상에 대한 인과 관계를 규명, 기본 원리를 정립, 그 체계를 연구하는 학문	- 과학과 수학을 기반으로 하여 제품 또는 제조법 및 신기술을 연구하는 학문 - 보다 넓은 의미로는 인간의 보편적 가치를 위해, 주어진 제약 조건 하에서 과학과 수학 등을 응용하여 최적의 문제해결방안을 구현하여 대상을 변화시키는 설계 및 제작 과정에 대한 연구하는 학문	- 과학 이론을 실제로 적용하여 자연의 사물을 인간 생활에 유용하도록 가공하는 수단(예, 건축 기술) - 사물을 잘 다룰 수 있는 방법이나 능력 - 공학 과정의 결과물에 대한 학문
방법	귀납법, 연역법, 귀추법과 같은 과학적 사고와 관찰, 분류, 측정, 예상, 추리, 가설, 일반화 등과 같은 탐구 방법	과학과 수학을 기반으로 하여 최적의 가치창조를 위한 설계(design), 모델링(modeling), 컴퓨터 시뮬레이션, 시작품 제작, 테스트와 피드백 등과 같은 과정의 총체적 설계 및 생산에 관련된 방법	과정과 원리의 탐구, 시스템 개선, 방법과 수단의 개선, 기술적 유지보수 및 문제해결, 제작과 평가 등의 방법
전문가	과학적 이론을 연구정립하여, 새로운 이론을 제안하는 학자	인류의 가치/요구 추구를 위하여 새로운 기술을 창조하거나 혁신하는 전문가	과학의 원리를 바탕으로 공학의 결과물에 대한 제조 및 효율 가치를 평가 또는 개선하는 전문가

Table 3 Engineering process

과정	내용
개념설계 단계 문제 및 필요성에 대한 연구	<ul style="list-style-type: none"> • 해당 문제에 대한 상황 파악, 정의 및 유사 해결안 조사 • 인터넷, 도서관, 면담 등을 통한 다른 해결안 탐색
기본설계 단계 Computer Simulation(CAE) 가능한 해결안 개발 및 선정	<ul style="list-style-type: none"> • 가능한 해결안에 대한 브레인스토밍 등 사고방법론 적용(발산적, 수렴적 사고 등) • 수학과 과학 등 관련 지식 활용, 컴퓨터 시뮬레이션 수행 • 2차원이나 3차원에서 가능한 해결안을 명료화 • 가능한 해결안을 구체화 • 최적의 해결안 선별 및 선정(가치판단, 의사결정 과정 등)
상세설계 단계 모듈별 또는 부품별 설계	<ul style="list-style-type: none"> • 경제적 측면에서의 표준부품 사용여부 결정 • 가공 가능성 및 제작, 조립 용이성 검토 • 제약 조건 만족 여부 검토 및 상세부품과 조립도면 완성
시작품 제작 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 부품 제작도면 공유와 가공 기계 및 도구 준비 • 제작 순서 확정 및 일정 관리
시작품 평가 단계	<ul style="list-style-type: none"> • 시작품의 작동, 기능 검토 및 평가 • 설계의 제약조건에 대한 만족 여부 검토
결과 토론 및 향후 계획 수립 단계 (재설계 포함)	<ul style="list-style-type: none"> • 해결안이 초기의 문제나 필요성에 어떻게 부합되는지에 대한 토론 • 해결안에 대한 타협과 사회에 대한 시사점에 대해 토의 • 테스트와 발표를 통해 얻어진 결과를 바탕으로 재설계 또는 향후 방향 설정

개념과 내용을 학습하는 것이다. 이러한 관점에서 미국의 Yakman (2010)은 STEAM 교육에서 공학을 분야별 또는 다루는 대상별로 분류하여 정의하였다. 그러나 이것은 공학을 극히 제한적인 관점에서 이해하고 있다는 단점이 있다. 이 유형은 공학의 분야별 또는 적용 영역에 따른 분류로서 공학의 본성과 절차에 대한 고려보다는, 공학과 관련된 개념과 원리를 학생들의 인지발달에 따라 소개하는 수준에서 학습하게 되지만, 이 유형은 학생들의 진로 탐색이나 진학 결정에 도움을 줄 수 있을 것이다.

다. 절차적 과정 및 지식의 통합

절차적 과정 및 지식 통합 유형은 공학, 기술, 과학을 이해하는데 필요한 핵심 개념과 문제해결 과정을 통합한 유형이다. 매사추세츠 주와 NRC(2011)의 내용표준은 공학교육을 절차적 과정과 지식의 통합을 통한 유형으로, 설계 과정의 적용, 기술 시스템의 사용 및 유지, 제품과 시스템의 평가, 의료기술 등의 경험을 포함한다.

3. 초등 및 중학교 과정의 공학교육 내용표준

NRC와 ASEE 및 각 주의 관련 문헌, 교육과정, 내용표준 요소에 대한 조사, 국내외 교육과정 및 내용 지식의 표준을 분석하고, 설문과 면담 조사, 그리고 몇 차례의 전문가 자문을 통해 공학교육 내용표준의 구조와 영역별 하위요소를 설정하여 공

학교육 내용표준을 개발하였다(Table 4).

전문가들은 학생들의 과학, 기술, 공학에 대한 이해 증진과 창의적 문제 해결능력을 향상시키기 위하여 반드시 공학교육이 필요하다는 것에 공감하였다. 문헌 및 전문가의 의견 조사의 결과에 따라 공학교육 내용표준의 범주를 ‘공학 및 기술과 사회’ ‘제품과 제조’ ‘공학을 통한 문제해결’ ‘공학기술시스템’의 네 개로 구분하였다.

첫째, ‘공학 및 기술과 사회’는 공학 및 기술이 사회에 줄 수 있는 긍정적인 면과 부정적인 면에 대한 내용을 포함하였다. 또한 공학 및 기술에 관련된 윤리적 측면을 보강하였다.

둘째, ‘제품 및 제조’는 ‘과학과 공학’, ‘공학과 기술’, ‘과학과 기술의 차이’와 관련된 주제를 포함하였다.

셋째, ‘공학을 통한 문제해결’은 기존의 제품이나 공정으로부터 과학적 원리 및 공학적 설계 과정을 반대로 추정하는 리버스 엔지니어링(reverse engineering)을 포함하였다. 이 과정을 통해 실생활에서 사용하고 있는 공학 기술적 제품으로부터 과학의 원리를 경험하여, 학생들에게 과학학습에 대한 흥미와 동기유발 및 지속을 유도할 수 있을 것이다. 따라서 이 영역은 초등학교와 중학교의 공학 내용표준으로 구성하였다.

넷째, ‘공학기술시스템’ 중 ‘제어와 피드백’은 실제 인간이 태어나고 동시에 활용하는 기본적인 메커니즘에 해당하므로, 초등학교와 중학교의 공학 내용표준으로 적합한 영역으로 포함하였다.

Table 4 Content Standards for K-9 Engineering Education

내용영역		학년군	3-4	5-6	7-9
공학 및 기술과 사회	기술, 공학의 사회		<ul style="list-style-type: none"> 공학과 기술은 인간의 생활 방식에 어떤 영향을 주는가? 공학적 사고란 무엇인가? 	<ul style="list-style-type: none"> 새로운 기술이 개발되는 이유는 무엇인가? 기술과 공학이 변하는 이유는 무엇인가? 	<ul style="list-style-type: none"> 지역마다 기술이 다양한 이유는 무엇인가? 공학적 사고와 사회는 어떤 관계인가?
	과학, 기술과 환경		<ul style="list-style-type: none"> 과학, 기술은 인간 생활 및 세상에 어떤 긍정적/부정적 영향을 주는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 새로운 기술의 설계 과정에 대한 타협은 인간 세상에 어떤 영향을 줄 수 있는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 제품 설계 및 개발시, 환경을 왜? 그리고 어떻게 고려하는가?
	공학과 사회 이슈		<ul style="list-style-type: none"> 유해한 기술이 어떻게 나타날 수 있는가? 인간 또는 인간생활과 제품은 어떤 연관성을 갖는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 기술이 세상에 유해한지 아닌지를 어떻게 결정하는가? 기술 및 공학의 활동에서 비롯된 사건이나 사실의 윤리적인 가치는 무엇인가? 	<ul style="list-style-type: none"> 공학기술적인 결정을 할 때 무엇을 고려해야 하는가? 도덕적 쟁점을 해소하며 윤리적인 판단을 정당화하는 과정은 왜 필요한가?
제품과 제조	제품, 제조과정 및 시스템		<ul style="list-style-type: none"> 일상생활에서 찾아볼 수 있는 제품은 무엇인가? 	<ul style="list-style-type: none"> 설계자들은 어떤 과정과 방법을 통해 새로운 제품을 고안하는가? 새로운 제품이 개발되는 이유는 무엇인가? 	<ul style="list-style-type: none"> 기술시스템에서 제품과 제조 과정은 어떻게 상호작용하는가? 새로운 제품과 제조 과정이 개발되는 이유는 무엇인가?
	과학 및 기술의 본성		<ul style="list-style-type: none"> 인간은 왜 물건/제품을 만드나? 	<ul style="list-style-type: none"> 기술은 무엇인가? 기술은 어떻게 만들어지나? 	<ul style="list-style-type: none"> 과학과 기술은 어떤 관계인가? 기술은 과학 및 사회와 어떻게 상호작용하는가?
	공학의 본성		<ul style="list-style-type: none"> 인간은 어떻게 물건을 만드나? 	<ul style="list-style-type: none"> 공학은 무엇인가? 기술과 공학의 차이는 무엇인가? 공학이 필요한 이유는 무엇인가? 	<ul style="list-style-type: none"> 기술과 공학, 과학의 차이는 무엇인가? 제품의 성능은 어떻게 표현되는가?
	재료와 공구 및 기계의 사용		<ul style="list-style-type: none"> 공구, 기계란 무엇인가? 인공재료란 무엇인가? 재료들은 그 특성에 따라 어떻게 달리 사용할 수 있나? 공구나 기계사용을 위한 안전 수칙은 무엇인가? 	<ul style="list-style-type: none"> 재료들을 변화시키기 위해 공구들을 어떻게 사용하는가? 공구의 다른 용도는 무엇인가? 	<ul style="list-style-type: none"> 공구, 기계들은 어떻게 발전되는가? 어떻게 사용하여 제품을 만드나? 제품의 재료는 어떻게 선택하는가? 재료의 성질을 어떻게 바꿀 수 있는가?
공학을 통한 문제해결	소통과 팀워크		<ul style="list-style-type: none"> 문제해결을 위한 의사소통 방법과 수단은 무엇인가? 의사결정은 어떻게 하는가? 모둠으로 작업할 때의 좋은 점은 무엇인가? 	<ul style="list-style-type: none"> 모둠 구성원으로서의 필요한 자세는 무엇인가? 바람직한 토론 자세는 무엇인가? 	<ul style="list-style-type: none"> 설계를 위하여 어떤 문서나 그림이 필요한가? 조직과 모듬원은 어떻게 구성하는 것이 좋은가? 모듬내 갈등을 해소하는 방법은 무엇인가?
	문제정의와 연구		<ul style="list-style-type: none"> 문제해결을 위해 무엇을 할 수 있는가? 문제 정의는 어떻게 내리는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 문제해결을 위해서는 어떤 과정들이 필요한가? 다른 사람들은 유사한 문제들을 어떻게 해결하였는가? 문제를 해결하기 위해 어떤 종류의 지식이 필요한가? 	<ul style="list-style-type: none"> 문제해결의 성공을 위한 조건은 무엇인가? 제약은 무엇인가? 과학적 원리, 법칙, 이론들이 관련이 있는가?
	창의적 문제해결 과정과 평가		<ul style="list-style-type: none"> 문제해결을 위한 사고방법들은 무엇인가? 	<ul style="list-style-type: none"> 문제해결안들을 어떻게 명확하게 표현할 수 있는가? 최상의 해결안을 선별할 수 있는 방법은 무엇인가? 여러 개의 아이디어들을 어떻게 결합하고 재구조화하는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 여러 사람이 문제해결을 위해 어떻게 작업하고, 합의된 최선의 해결안을 도출하는가? 다양한 해결안들을 어떻게 비교하고 평가하는가?
	타협안과 최적화		<ul style="list-style-type: none"> 다른 해결안과 비교하여, 현재의 해결안이 바람직하다는 근거를 찾을 수 있는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 공학적 설계 문제와 수학 문제는 어떻게 다른가? 	<ul style="list-style-type: none"> 최적의 설계는 어떻게 결정되는가?
	기술시스템과 모델링		<ul style="list-style-type: none"> 제품을 만드는데 사용된 부품들은 무엇인가? 	<ul style="list-style-type: none"> 시스템들은 서로 어떻게 연결되는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 시스템은 다른 시스템들과 어떻게 상호작용하는가?
공학기술 시스템	모델링		<ul style="list-style-type: none"> 제품은 무엇으로 만드는가? 제품의 수명이 끝난 후 어떻게 처리하는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 제품의 유지보수가 필요한 이유는 무엇인가? 고장난 제품은 어떻게 고치는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 제품의 수명분석이란 무엇인가? 보다 나은 제품을 만들기 위해 수명분석이 어떻게 활용되는가?
	제어와 피드백		<ul style="list-style-type: none"> 시스템이란 무엇인가? 제어와 피드백은 무엇인가? 	<ul style="list-style-type: none"> 제어는 왜 필요한가? 	<ul style="list-style-type: none"> 수동제어와 자동제어는 어떻게 다른가? 피드백과 제어 메카니즘은 무엇을 위해 사용되는가?

IV. 결론 및 시사점

이 연구는 과학기술 및 공학의 교육적 효과 제고와 초등학교 및 중학교 과정의 공학교육의 방향 설정 및 교육 내용을 제안

하기 위한 기초 자료를 제공하기 위하여, 초·중학교 수준의 공학교육을 개념적으로 정의하고, 내용유형을 조사하여, 공학교육 내용표준을 개발하여 제안하였다.

공학교육의 개념을 과학, 기술학, 공학의 어원적, 학문적, 방법

적 차이에 대한 분석 및 조사를 통하여 규정하였다. 과학은 과학적 사고와 탐구방법을 기초로 한 자연현상에 대한 원리 및 이론이며, 기술은 공학의 산출물로서 어떤 제품의 제작 과정과 그 제품에 관련된 과학, 수학 등 관련 지식의 탐구, 시스템 개선, 방법과 수단의 개선, 제작과 평가 등의 방법을 통하여 사물을 가공하는 수단과 다루는 방법을 의미한다. 공학은 제품 개발 또는 제조법 및 신기술을 연구하는 학문 또는 인간의 보편적 가치를 구현하기 위해 주어진 제약 조건하에서 과학과 수학 등을 응용한 최적의 해결 방법을 모색하여 주어진 대상을 변화시키거나 문제를 해결하는 인간의 모든 행위와 관련된 학문으로 정의할 수 있다.

초등 및 중학교 수준의 공학교육 내용은 절차적 과정, 분야별 지식/개념, 과정과 지식의 통합의 세 가지 유형으로 구분할 수 있다. 초등 및 중학교 수준의 공학교육 내용표준은 '공학 및 기술과 사회' '제품과 제조' '공학을 통한 문제해결' '공학기술 시스템'의 네 개 대범주로 구분하고, 그에 따른 하위 요소를 개발하였다. 이러한 교육내용의 유형 및 내용표준은 초등 및 중학교에서 정규 교과와 연결하여 교육내용을 재구성하는 방법 또는 전략으로 활용할 수 있을 것이다.

이 연구 결과는 초등 및 중학교 수준의 공학교육을 이해하는데 좋은 자료와 근거를 제공하고, 공학교육의 나아갈 방향과 구체적인 교육 방안을 세우는데 표준 모델이나 기준으로 사용하는 것이 가능할 것이다. 그리고 비정규 교과로서 정규 교과와 연결하여 공학교육을 제공한다거나 또는 공학 교육과정을 설계하는데 실질적이고 유용한 정보로 활용할 수 있을 것이다.

V. 요약

이 연구는 공학교육 관련 문헌, 교육과정, 교육표준 등의 분석을 통하여 우리나라의 초등 및 중학교 수준의 공학교육을 정의하고, 공학교육 내용의 유형을 분석하고, 공학교육 내용표준을 개발하여 제안하였다. 공학 및 공학교육의 개념을 과학, 기술학, 공학의 어원적, 학문적, 방법적 차이에 따른 분석 및 조사에 근거하여 규정하였다. 공학교육 내용의 유형은 절차적 과정, 분야별 개념 및 지식, 과정과 지식을 융합 유형의 세 가지로 조사되었다. 공학교육 내용표준은 '공학 및 기술과 사회' '제품과 제조' '공학을 통한 문제해결' '공학기술시스템'의 네 개 대범주와 그에 따른 하위 요소로 개발하였다. 공학교육의 개념적 정의, 교육내용의 유형 및 내용표준은 초등 및 중학교 수준에서 공학교육을 제공하고, 비정규 교과로서 정규 교과와 연결하여 교육내용을 재구성하는 준거로 활용할 수 있을 것이다. 그리고 예비교사 교육 및 현직 교사의 공학교육 연수를 위한 기초 자료로 활용할 수 있을 것이다.

이 논문은 2013년도 조선대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참고문헌

1. 김진용 외(2012). 창의적 융합과학기술인재 양성을 위한 초중고 STE(A)M교육정책 방안. 정책연구보고서. 한국과학기술기획평가원.
2. 권혁수, 박경숙(2009). 공학적 디자인: 과학, 기술, 공학, 수학교육의 촉진자. *과학교육연구지*, 33(2), 207-220.
3. 김경희, 김수진, 김남희, 박선용, 김지영, 박희희, 정승(2008). 수학·과학 성취도 추이변화 국제비교 연구: TIMSS 2007 결과보고서, 연구보고 RRE 2008-3-3, 한국교육과정평가원.
4. 김진수(2007). 기술교육의 새로운 통합교육 방법인 STEM 교육의 탐색. *한국기술교육학회지*, 7(3), 1-29.
5. 김진수(2011). STEAM 교육을 위한 피라미드 모형과 큐빅 모형. *한국현장과학교육학회 주제발표*, 08, 09.
6. 문대영(2008). STEM 통합 접근의 사전 공학교육 프로그램 모형 개발. *공학교육연구*, 11(2), 90-101.
7. 배선아, 김영충(2009). 공업계열 전문계 고등학교 화공 분야의 STEM 교육에 대한 화공 교사이 인식과 요구. *대한고업교육학회지*, 35(1), 44-67.
8. 박현주, 김영민, 김영민, 노석구, 정진수, 이은아, 유은정, 이동욱, 박종민, 백운수(2012). 공학교육 내용표준 개발. *한국과학교육학회지*, 32(4), 729-750.
9. 백운수, 김영민, 노석구, 박현주, 정진수, 유은정, 이은아, 이동욱(2010). 과학교육 내용표준 개발연구. 연구보고 2010. 한국과학창의재단.
10. 백운수, 박현주, 김영민, 노석구, 박종민, 이주연, 정진수, 최유현, 한혜숙(2011). 우리나라 STEAM 교육의 방향. *학습자중심교과교육연구*, 11(4), 149-171.
11. 송희성, 문광순, 박승재, 이규석, 유준희, 정선양, 정완호, 한효순(2005). 초·중·고등학교 과학교과 교육과정 개선방안. *한국과학기술한림원보고서*.
12. 이미경, 손원숙, 노연경(2007). PISA 2006 결과 분석 연구: 과학적 소양, 읽기 소양, 수학적 소양 수준 및 배경 변인 분석, 연구보고 RRE 2007-1, 한국교육과정평가원.
13. 최유현, 문대영, 강경균, 이진우, 이주호(2008). STEM 기반 발명교육 프로그램 모형 개발. *실과교육연구*, 17(1), 165-188.
14. American Association for the Advancement of Science (AAAS, 1994). *Benchmarks for Science Literacy*. New York: Oxford University Press.
15. American Society of Engineering Education(ASEE)(2007). *National Contents Standards K-12 Engineering/Engineering Technology*. The National Content Standards for K-12 Engineering/Engineering Technology initial development meeting convened by the Corporate Member Council (CMC) of the American Society of Engineering Education (ASEE)

- and the National Association of State Directors of Career Technical Education Consortium (NASDCTEc). Engineering/Engineering Technology Standards Report.
16. American Society of Engineering Education(ASEE)(2008). K-12 STEM guideline for all Americans. K-12 Engineering/Engineering Technology Guidelines Meeting Report.
 17. Babbie, E. (2001). The practice of Social Research: 9th Edition. Belmont, CA: Wadsworth Thomson.
 18. Bybee, R. W.(2010). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. Technology and Engineering Teacher, 70(1), 30-35.
 19. Congressional Research Service(2008), Science, Technology, Engineering, and Mathematics(STEM) Education: Background, Federal Policy, and Legislative Action, Order Code RL33434,
 20. Doppelt, Y., Schunn, C. D., Silk, E., Mehalik, M., Reynolds, B., & Ward, E.(2009). Evaluating the impact of a facilitated learning community approach to professional development on teacher practice and student achievement. Research in Science & Technological Education, 27(3), 339-354.
 21. International Society for Technology in Education(ISTE) (2009). The ISTE National Educational Technology Standards(NETS · A) and Performance Indicators for Administrators. ISTE Report.
 22. International Technology Education Association(ITEA) (2000/2002/2007). Standards for technological literacy: Content for the study of technology. Reston, VA: Author.
 23. International Technology Education Association(ITEA)(2009). The overlooked STEM imperatives: Technology and engineering. Reston, VA: Author.
 24. Kvale, S. (1996). Interviews: An Introduction to Qualitative Research Interviewing. Sage Publications.
 25. National Academy of Engineering(2010). Standards for K-12 Engineering Education? Washington, D.C.: The National Academies Press.
 26. National Academy of Engineering(2010). Rising above the gathering STORM: Revisited Rapidly Approaching Category 5. Washington, D.C.: The National Academies Press.
 27. National Council of Teachers Mathematics(NCTM).(2000). Principles and standards for school mathematics. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
 28. National Research Council(2011). A framework for K-12 science education: practices, cross-cutting concepts, and core ideas. Washington, D.C.: National Academy Press.
 29. National Research Council(2011). Successful K-12 STEM Education: Identifying Effective Approaches in Science, Technology, Engineering, and Mathematics. Committee on Highly Successful Science Programs for K-12 Science Education. Board on Science Education and Board on Testing and Assessment, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, D.C.: The National Academies Press.
 30. National Science Board(2010). Preparing the next generation of STEM innovators: identifying and developing our nation's human capital. National Science Foundation.
 31. Pierce, A. & Karwatka, D.(2005). Introduction to Technologt. McGraw-Hill: CA.
 32. President's Council of Advisors on Science and Technology (PCAST)(2010). Change the Equation. Executive Office of the President.
 33. President's Council of Advisors on Science and Technology (PCAST)(2010). PCAST Report, Prepare and inspire: K-12 education in science, technology, engineering, and math (STEM) for America's future. Executive Office of the President.
 34. Sanders, M.(2006). A rationale for new approaches to STEM education and STEM education graduate programs. Paper presented at the 93rd Mississippi Valley Technology Teacher Education Conference, Nashville, TN.
 35. Sanders, M.(2009). STEM, STEM education, STEM mania. The Technology Teacher, 68(4), 20-26.
 36. Sanders, M. Kwon, Park, & Lee(2012). Integrative STEM education: Contemporary Trends and Issues, *중등교육연구*, 59(3), 729-762.
 37. Schmidt, D. C.(2006). Model Driven Engineering(MED), The IEEE Computer Society, Feb. 25-31.
 38. Yakman, G.(2010). All about STEAM education. http://www.steamedu.com/html/about_steam_education.html
 39. Whitehouse(2009). Educate to innovate. The White House.



박현주(Park, HyunJu)

1985년: 세종대 화학과 학사

1988년: 이화여자대학교 교육대학원 화학교육과 석사

1997년: University of Wisconsin-Madison, 과학교육, 박사

관심분야 : 과학교육, STEM, STEAM, 초등 및 중등 공학교육

Phone: 062-230-7638

Fax: 062-230-7638

E-mail: hjapark@chosun.ac.kr



백윤수(Baek, Yoon Su)

1979년: 연세대학 기계공학과 학사

1981년: 연세대학 기계공학과 석사

1986년: Oregon State University, 기계공학 석사

1990년: Oregon State University, 기계공학 박사

관심분야: 로봇공학, 제어 및 리니어 모터, 공학인증,

STEM, STEAM, 창의공학

Phone: 02-2123-2827

Fax: 02-2123-2827

E-mail: ysbaek@yonsei.ac.kr