STEM 통합 접근의 사전 공학 교육 프로그램 모형 개발[1)]

문대영
부산교육대학교

The Development of Pre-Engineering Educational Program Model Based on STEM Integration Approach

Dae Young Moon
Busan National University of Education

Abstract

This study was conducted to develop pre-engineering educational program model based on STEM integration approach. To accomplish this purpose literature review and content validity ratio survey were carried out. The main results of this study were as follows: First, the conceptual model of STEM integration approach was constituted. Second, the conceptual model of pre-engineering educational program model based on STEM integration approach was proposed. Third, the formation steps of inquiry project activity, problem solving activity, and creative engineering design activity were developed to structure the educational program.

Keywords: STEM Integration Approach, Pre-Engineering Educational Program, Engineering Education

Ⅰ. 서론

1. 문제의 제기

우리나라처럼 부존자원이 없는 나라가 21세기 지식 기반 정보사회에서 선진국으로 도약할 수 있는 유일한 길은 우수한 과학 두뇌를 집중 육성하고 과감한 투자를 통한 첨단 과학 기술 개발 외에는 다른 길이 없음은 새삼 강조할 필요가 없을 것이다. 특히 지식 정보 사회에서의 고급 인력은 모든 산업을 지탱하는 원동력이자 기본이 되는 자산이다. 이런 까닭에 고급 인력 양성은 미래를 대비할 수 있는 안목을 갖고 체계적인 교육을 통해 장기간에 걸쳐 이루어져야 한다(이윤배, 2007).

그러나, 한국교육개발원 교육통계센터(2007)의 '자연계열과 공학계열 입학자 수 추이' 자료에 따르면 자연계열과 공학계열의 입학자 수는 매년 점진적으로 감소하고 있는 추세이다. 그리고 전체 대학 입학자 수에서 차지하는 비율도 점차로 낮아지고 있다. 이러한 입학생 수 추이는 이공계열에 대한 선호도가 낮아지고 있음을 보여주고 있다. 이렇게 감소되는 이공계열 신입생 수 추이는 향후 과학기술인력의 공급이 부족하게 될 가능성을 보여주고 있다. 따라서 지속적으로 과학기술인력을 양성하기 효과적인 지원 정책을 수립하여 시행할 필요성이 제기된다고 볼 수 있다.

국내에서 최근 몇 년간 지속되고 있는 '이공계 위기' 징후들은 국가 경쟁력 차원에서 많은 우려를 낳고 있는 실정이어서 정부 차원의 적절한 대책이 요망되는 시점이며, 과학기술부는 과학기술 인력의 교육, 취업, 연구, 은퇴에 이르는, 즉 유년에서 노후까지 전주기에 걸친 과학기술인 양성·관리 체계를 마련하였다(류혜숙, 2007).

이에 따르면 초·중등 학생 단계에서 예비 과학기술인에게 꿈과 비전을 제시하고 다양한 교육 프로그램을 개발하여 보급해야 할 것을 강조하고 있다.

1) 이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2007-331-D00001).

또한, 우수 이공계 인력 확보 방안 연구(이병기 등, 2004) 및 청소년의 이공계 대학 진학률 감소에 따른 대책 방안 연구(이영무 등, 2001)에서도 초·중등 학생들이 이공계에 대해 보다 친밀감을 갖도록 하는 교육 프로그램이 개발되어야 함을 강조하고 있다.

그러나, 정작 초·중등 학생들이 학교 교육을 통해 이공계 교육에 대해 보다 친밀하고 쉽게 접근할 수 있는 교육 프로그램의 개발은 미흡한 실정이다.

2. 연구의 목적

이 연구의 목적은 STEM 통합 접근을 통해 초·중등학생이 보다 쉽고 친밀하게 접근할 수 있는 '사전 공학교육 프로그램(Pre-Engineering Educational Program)'을 개발하기 위한 모형을 개발하는 데 있다.

3. 용어의 정의

가. STEM 통합 접근

이 연구에서 STEM(Science-Technology-Engineering-Mathematics) 통합 접근은 사전 공학 교육 프로그램을 개발하기 위한 접근 방법으로서 과학, 기술, 공학, 수학의 통합 요소를 중심으로 교육 프로그램을 개발하는 전략적 접근을 의미한다.

나. 사전 공학 교육 프로그램

이 연구에서 사전 공학 교육 프로그램(Pre-Engineering Educational Program)은 대학교 이전 수준인 초등학교와 중등학교 수준에서 학생들에게 이공계에 대한 친밀감을 형성할 수 있도록 한 공학 교육 프로그램을 의미한다.

Ⅱ. 연구의 방법

이 연구에서는 연구의 목적을 달성하기 위해서 다음과 같이 문헌 고찰과 타당도 검증을 수행하였다.

1. 문헌 고찰

STEM 통합 접근의 모형 개발을 위해서 초·중등 교육과정과 공학 교육 관련 개념을 정의한 문헌과 사전 공학 교육 프로그램의 특성을 지닌 Tech Know, I 3 (Invention-Innovation-Inquiry), Engineering by Design, Create 등과 같은 교육 프로그램 사례를 분석하였다.

2. 타당도 검증

STEM 통합 접근의 교육 프로그램 모형에 대한 타당도를 검증하기 위해서 타당도의 정도를 5단계로 구분한 리커트 척도로 구성한 타당성 조사지를 개발하였다. 공학 교육 분야 전문가 10명을 대상으로 하여 타당도 조사를 실시하였으며, 그 결과를 Lawshe (1975) 내용 타당도 비율(CVR: Content Validity Ratio)값을 적용하여 분석하였다. 10명의 전문가를 대상으로 한 경우 유의 수준 .05 수준에서 CVR의 최소값은 .62 (Lawshe, 1975)이므로 이 연구에서는 CVR이 .62 이상인 경우 타당한 것으로 판정하였다.

$$CVR = (ne - N/2)/(N/2)$$

ne: 리커트 5단계 척도 중 4, 5 항목 응답 수
N: 전체 응답 수

Ⅲ. 연구의 결과

1. STEM 통합 접근의 개념 모형

STEM 통합 접근의 교육 프로그램을 개발하기 위해서는 과학, 기술학, 공학, 수학 각각에 대한 개념, 고유의 탐구 방법과 지식 구조 및 영역을 확인하는 작업이 선행되어야 하며, 이는 STEM 통합 접근의 개념 모형을 구성하는 기초가 된다.

가. 과학, 기술학, 공학, 수학의 개념

국립국어원(1999)은 과학의 의미를 '보편적인 진리나 법칙의 발견을 목적으로 한 체계적인 지식'으로, 기술의 의미를 '과학 이론을 실제로 적용하여 자연의 사물을 인간 생활에 유용하도록 가공하는 수단'으로 보았다. 또한 공학의 의미를 '공업의 이론, 기술, 생산 따위를 체계적으로 연구하는 학문'으로, 수학의 의미를 '수량 및 공간의 성질에 관하여 연구하는 학문'으로 정의하였다.

MDE(2006)은 과학, 공학, 기술의 관계를 설명하면서, 과학은 자연 세계를 이해하기 위해서 탐구하는 것, 공학은 사회적 요구를 충족시키는 제품과 공정을 설계하기 위해서 과학적 원리를 이용하는 것, 기술은 공학에서 설계된 것을 실제 제품으로 만들어

사회적 요구와 필요를 충족시키는 것으로 보았다.

Pierce & Karwatka(2005)은 과학은 왜 그러한 현상이 일어나는지에 대한 일반적인 사실과 법칙과 관련된 것이며, 공학은 과학적 지식을 어떻게 인간에게 유용한 것으로 전환할 수 있는가와 관련된 것으로 보았다. 또한 기술은 공학의 산물을 이용하여 무엇인가 유용한 것을 만드는 것으로 보았다.

이창훈(2007)은 공학의 개념을 '과학적 지식과 기술적 수단, 그리고 인간의 지성과 감성을 총동원하여 가장 경제적인 방법으로 현실 사회가 요구하는 문제를 해결하는 종합 학문'으로 정의하였다.

과학, 기술학, 공학, 수학의 개념 정의에 대한 타당도 조사 결과 공학의 개념 정의를 제외한 과학, 기술학, 수학의 개념 정의는 타당하다고 판정되었다. 전문가의 의견을 반영하여 공학의 개념에 '기술적 방법, 제품과 공정 설계, 개발'을 포함하여 수정·보완하였다. 또한 과학과 기술학의 개념은 타당하다고 판정되었으나 전문가의 의견을 반영하여 과학의 개념에 '발견, 탐구'를 포함하여 수정·보완하였으며, 기술학의 개념에는 '만드는 것'을 명확히 하여 수정·보완하였다.

나. 과학, 기술학, 공학, 수학의 탐구 방법

이 연구에서는 개정 교육과정 해설서(교육과학기술부, 2008a; 교육과학기술부, 2008b)의 내용을 분석하여 초·중등 수준의 과학 탐구 방법은 기초 탐구(관찰, 분류, 측정, 예상, 추리)와 통합 탐구(문제 인식, 가설 설정, 변인 통제, 자료 해석, 결론 도출, 일

<표 1> 과학, 기술학, 공학, 수학의 개념

구분	개념 정의	CVR	수정·보완된 개념 정의
과학	자연 세계의 특성과 원리를 연구하는 학문	0.8	자연 세계의 특성과 원리를 발견하고 탐구하는 학문
기술학	자연 세계의 산물을 인간에게 유용하게 변환시키는데 필요한 수단과 방법 및 시스템과 과정을 다루는 학문	0.8	자연 세계의 산물을 인간에게 유용하게 변환하여 만드는데 필요한 수단과 방법 및 시스템과 과정을 다루는 학문
공학	자연 세계의 산물을 인간에게 유용하게 변환시키기 위하여 과학적 원리와 방법을 응용하는 학문	0.6	자연 세계의 산물을 인간에게 유용하게 변환시키기 위하여 과학적 원리와 기술적 방법을 응용하여 제품과 공정을 설계하고 개발하는 학문
수학	숫자와 기호를 사용하여 수량, 도형과 구조, 공간, 변화 및 그것들의 관계를 다루는 학문	1.0	

<표 2> 과학, 기술학, 공학, 수학의 탐구 방법

구분	탐구 방법	CVR	수정·보완된 탐구 방법
과학	기초 탐구(관찰, 분류, 측정, 예상, 추리) 통합 탐구(문제 인식, 가설 설정, 변인 통제, 자료 해석, 결론 도출, 일반화)	1.0	
기술학	과정과 원리의 탐구 발명과 혁신 창조적 문제해결	0.6	원리와 과정의 탐구 시스템의 개선 방법과 수단의 개선 기술적 문제해결 제작과 평가
공학	설계(design) 모델링(modeling)	0.2	요구 조사 설계(design) 모델링(modeling) 시작품(prototype) 제작 테스트와 피드백
수학	계산 측정 추론 논리와 이론화 문제해결	1.0	

반화)로, 수학 탐구 방법은 계산, 측정, 추론, 논리와 이론화, 문제해결로 제시하였다.

또한 기술학의 탐구 방법을 과정과 원리의 탐구, 발명과 혁신, 창조적 문제해결로 제시하고, 공학의 탐구 방법을 설계(design)와 모델링(modeling)으로 제시하였다. 초·중등 수준의 공학 교육에 관한 두 가지 관점을 다룬 연구(Smith & Burghardt, 2007)에서 Burghardt는 공학과 기술 공히 제품의 작동 원리를 다루지만 공학이 기술에 비해 수학과 과학과 강하게 연관되어 있으며, 공학은 설계와 모델링 접근에 보다 역점을 둔다고 보았다.

과학, 기술학, 공학, 수학의 고유한 탐구 방법에 대한 타당도 조사 결과 과학과 수학의 탐구 방법은 타당하다고 판정되었으나, 기술과 공학의 탐구 방법은 타당하지 않다고 판정되었다.

전문가의 의견을 반영하여 기술학의 탐구 방법에 '시스템의 개선, 방법과 수단의 개선, 제작과 평가'를 추가하였으며, '과정과 원리의 탐구'를 '원리와 과정의 탐구'로, '창조적 문제해결'을 '기술적 문제해결'로 수정하였다. 또한 '발명과 혁신'은 탐구 방법이라기보다는 기술학의 탐구 방법의 결과에 가깝다는 의견을 수용하여 삭제하였다. 한편 공학의 탐구 방법에는 '요구 조사, 시작품(prototype) 제작, 테스트와 피드백'을 추가하여 보완하였다.

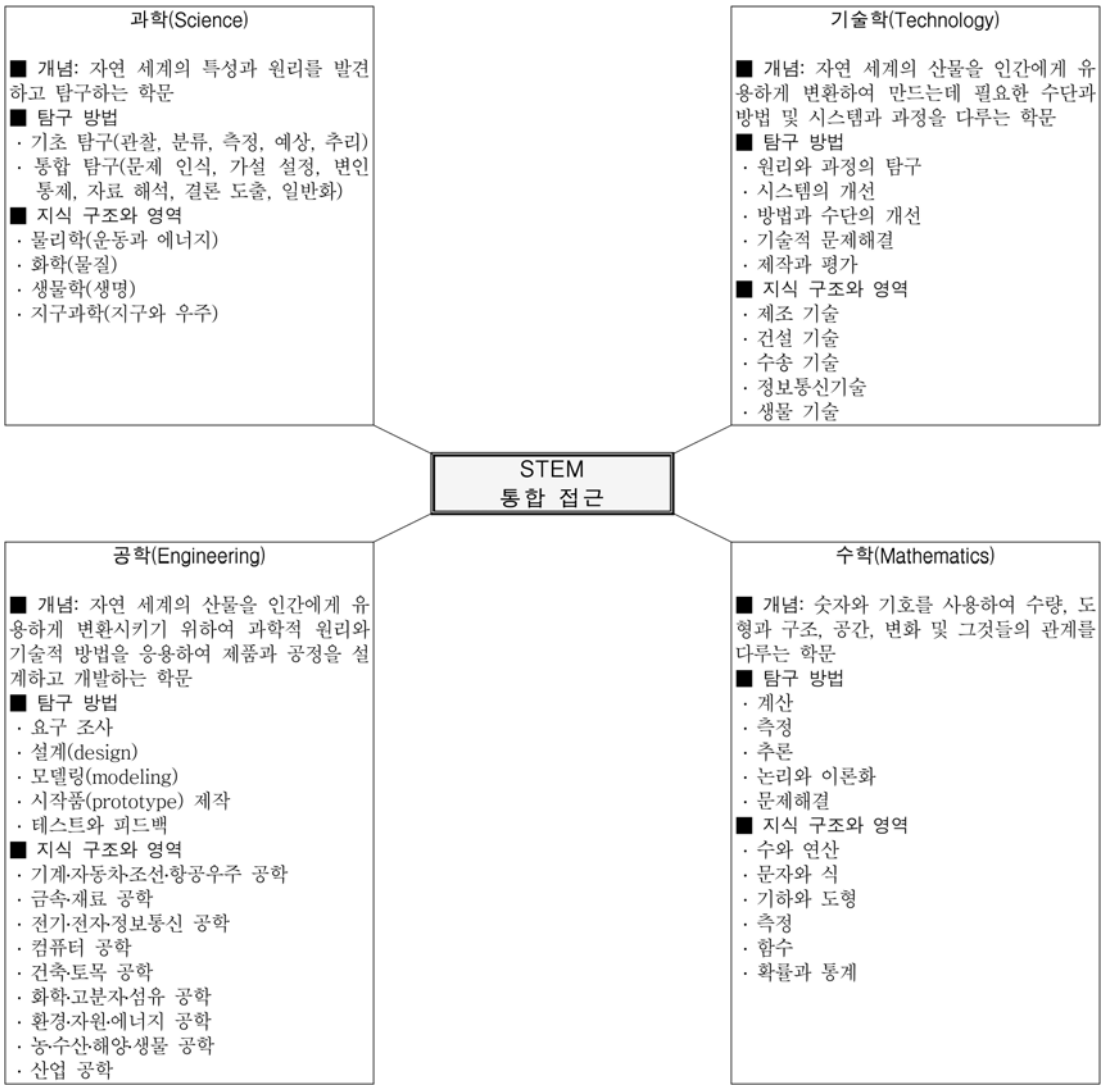
다. 과학, 기술학, 공학, 수학의 지식 구조와 영역

이 연구에서는 교육과학기술부(2008)의 교육과정 해설을 분석하여 초·중등 수준 과학의 지식 구조와 영역을 운동과 에너지, 물질, 생명, 지구와 우주운동으로, 기술의 지식 구조와 영역을 제조 기술, 건설 기술, 수송 기술, 정보통신기술, 생물 기술로, 수학의 지식 구조와 영역을 수와 연산, 문자와 식, 기하와 도형, 측정, 함수, 확률과 통계로 제시하였다.

한국공학교육인증원의 2008년 인증평가에 적용되는 공학인증기준2005(2006.12.22 개정)에는 전공분야의 대분류를 건축공학, 기계공학, 농공학, 산업공학, 생물공학, 섬유공학, 원자력, 방사선공학, 자원공학, 재료공학, 전기, 전자공학, 조선공학, 컴퓨터공학, 토목공학, 항공우주공학, 화학공학, 환경공학 및 유사 명칭 공학과 기타(비 전통적인 공학)로 제시하

<표 3> 과학, 기술학, 공학, 수학의 지식 구조와 영역

구분	지식 구조와 영역	CVR	수정·보완된 지식 구조와 영역
과학	운동과 에너지 물질 생명 지구와 우주	0.8	물리학(운동과 에너지) 화학(물질) 생물학(생명) 지구과학(지구와 우주)
기술학	제조 기술 건설 기술 수송 기술 정보통신기술 생물 기술	1.0	
공학	기계·금속 공학 전기·전자 공학 건축·토목 공학 화학·섬유 공학	0.2	기계·자동차·조선·항공우주 공학 금속·재료 공학 전기·전자·정보통신 공학 컴퓨터 공학 건축·토목 공학 화학·고분자·섬유 공학 환경·자원·에너지 공학 농·수산·해양·생물 공학 산업 공학
수학	수와 연산 문자와 식 기하와 도형 측정 함수 확률과 통계	0.8	



[그림 1] STEM 통합 접근의 개념 모형

였다(http://www.abeek.or.kr).

과학, 기술학, 공학, 수학의 고유한 지식 구조와 영역에 대한 타당도 조사 결과 공학의 지식 구조와 영역을 제외한 과학, 기술학, 수학의 지식 구조와 영역은 타당하다고 판정되었다.

공학의 지식 구조와 영역에 최신 경향을 반영하고 보다 폭넓게 접근해야 한다는 전문가의 의견을 반영하여 공학의 지식 구조와 영역을 '기계·자동차·조선·항공우주 공학, 금속·재료 공학, 전기·전자·정보통신 공학, 컴퓨터 공학, 건축·토목 공학, 화학·고분자·섬유 공학, 환경·자원·에너지 공학, 농·수산·해양·생물 공학, 산업 공학'으로 수정·보완하였다.

또한 과학의 지식 구조와 영역은 타당하다고 판정되었지만 전문가의 의견을 반영하여 과학을 구성하는 모학문의 용어를 병행하여 '물리학(운동과 에너지), 화학(물질), 생물학(생명), 지구과학(지구와 우주)'로 수정·보완하였다.

이 연구에서는 이상과 같은 과학, 기술학, 공학, 수학의 개념, 탐구 방법과 지식 구조 및 영역에 대한 탐색을 바탕으로 하여 STEM 통합 접근의 개념 모형을 [그림 1]과 같이 제시하였다.

2. STEM 통합 접근의 교육 프로그램 개념 모형

이 연구에서는 STEM 통합 접근의 교육 프로그램 모형을 구안하기 위해서 통합 핵심 요소, 활동 유형, 교육 프로그램 수행 학습 인원, 교육 프로그램 수준

을 탐색하고 STEM 통합 접근의 교육 프로그램 개념 모형을 제시하였다.

가. 통합 핵심 요소

이 연구에서는 과학, 기술, 공학, 수학을 엮어내는 통합 핵심 요소로서 주제, 문제, 제작의 세 가지를 제안하였다. 즉, 1) 자동차, 비행기, 현수교, 컴퓨터 등과 같이 과학, 기술, 공학, 수학적 원리를 탐색할 수 있는 하나의 주제를 선정하여 이 주제를 통합의 핵심 요소로 활용하는 접근, 2) 과학, 기술, 공학, 수학적 원리를 적용하여 해결할 수 있는 하나의 문제 상황을 설정하여 이 문제를 통합의 핵심 요소로 활용하는 접근과, 3) 과학, 기술, 공학, 수학적 원리를 적용하여 주어진 조건 내에서 모형 또는 시제품을 만들어보는 제작 활동을 통합의 핵심 요소로 활용하는 접근을 제시하였다.

이들 통합 핵심 요소에 대한 타당도 조사 결과 전문가들은 세 가지 통합 핵심 요소 모두 타당한 것으로 판정하였다. 다만 통합 핵심 요소로서 '제작'의 명칭을 '설계'로 수정하는 것이 바람직하다는 전문가의 의견을 수용하여 이 연구에서는 STEM 통합 접근의 통합 핵심 요소를 '주제', '문제', '설계'로 제안하고자 한다.

나. 활동 유형

이 연구에서는 STEM 통합 접근의 활동 유형을 탐구 프로젝트 활동, 문제 해결 활동, 창작 활동의 세 가지로 제안하였다. 즉, 1) 하나의 주제를 선정하

<표 4> STEM 통합 접근 교육 프로그램의 통합 핵심 요소

통합 핵심 요소	내용 설명	CVR	수정·보완된 통합 핵심 요소
주제	과학, 기술, 공학, 수학적 원리를 탐색할 수 있는 하나의 주제를 선정하여 이 주제를 통합의 핵심 요소로 활용하는 접근 '주제'의 예: 자동차, 비행기, 현수교, 컴퓨터 등	1.0	
문제	과학, 기술, 공학, 수학적 원리를 적용하여 해결할 수 있는 하나의 문제 상황을 설정하여 이 문제를 통합의 핵심 요소로 활용하는 접근 '문제'의 예: 실내 공기를 신선하게 유지할 수 없을까?	1.0	
제작	과학, 기술, 공학, 수학적 원리를 적용하여 주어진 조건 내에서 모형 또는 시제품을 만들어보는 제작 활동을 통합의 핵심 요소로 활용하는 접근 '제작'의 예: 5kg의 짐을 들어 올릴 수 있는 미니 거중기 만들기	1.0	설계

<표 5> STEM 통합 접근 교육 프로그램의 활동 유형

활동 유형	내용 설명	CVR	수정·보완된 활동 유형
탐구 프로젝트 활동	하나의 주제를 선정하여 과학적, 수학적, 기술적, 공학적 원리에 대한 원리를 종합적으로 연구하여 발표하는 프로젝트 활동 예: 스포츠 용품의 과학적, 수학적, 기술적, 공학적 원리를 실험, 게임, 실습과 조작을 통해 학습한 후 스포츠 용품 중 하나를 선택하여 그 원리 및 개선 아이디어를 종합적으로 연구하고 포스터 자료를 작성, 전시·발표하는 활동	0.8	
문제해결 활동	주어진 문제 상황을 확인하고 과학적, 수학적, 기술적, 공학적 원리를 적용하여 해결하는 문제해결 활동 예: 음식물 쓰레기 처리기의 과학적, 수학적, 기술적, 공학적 원리를 탐구하고 이를 바탕으로 하여 기존 음식물 쓰레기 처리기의 문제점을 확인하여 개선하거나 새로운 개념의 음식물 쓰레기 처리기에 대한 아이디어를 산출하는 활동	1.0	
창작활동	주어진 조건(도달해야 할 성취 목표, 한정된 재료, 지켜야 할 규칙 등) 내에서 과학적, 수학적, 기술적, 공학적 원리를 적용하여 창의적인 제품의 모형이나 시제품을 만드는 활동 예: 조선시대 장영실이 발명한 자격루의 과학적, 수학적, 기술적, 공학적 원리를 탐구하고 이를 바탕으로 하여 주어진 조건 내에서 자격루의 원리를 응용한 물시계를 창안하여 만드는 활동	1.0	창의 공학 설계 활동

여 과학적, 수학적, 기술적, 공학적 원리에 대한 원리를 종합적으로 연구하여 발표하는 프로젝트 활동, 2) 주어진 문제 상황을 확인하고 과학적, 수학적, 기술적, 공학적 원리를 적용하여 해결하는 문제해결 활동, 3) 주어진 조건(도달해야 할 성취 목표, 한정된 재료, 지켜야 할 규칙 등) 내에서 과학적, 수학적, 기술적, 공학적 원리를 적용하여 창의적인 모형이나 시제품을 만드는 활동을 제시하였다.

이들 활동 유형에 대한 타당도 조사 결과 전문가들은 세 가지 활동 유형 모두 타당한 것으로 판정하였다. 다만 활동 유형 중에서 '창작'의 명칭을 '창의 공학설계'로 수정하는 것이 바람직하다는 전문가 의견을 수용하여 이 연구에서는 STEM 통합 접근의 활동 유형을 '탐구 프로젝트 활동', '문제 해결 활동', '창의 공학 설계 활동'으로 제안하고자 한다.

세 가지 활동 유형은 앞서 살펴본 세 가지 통합 핵심 요소와 관련지어 접근해야 할 것이다. 즉 통합 핵심 요소의 '주제'는 '탐구 프로젝트 활동'과, '문제'는 '문제 해결 활동'과, 그리고 '설계'는 '창의 공학 설계 활동'과 각각 대응된다.

다. 교육 프로그램 수행 학습 인원

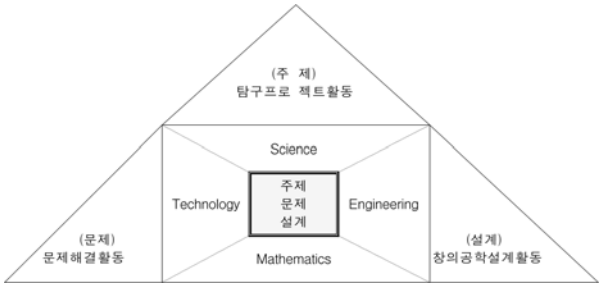
이 연구에서는 STEM 통합 접근의 교육 프로그램을 수행할 학습 인원을 1인, 2인, 6인의세 가지로 제안하였으나, 전문가를 대상으로 한 타당도 조사 결과 2인과 6인은 타당하지만 1인은 타당하지 않다고 판정되었다. 이는 공학교육에서는 복합 학제적 팀의 한 구성원의 역할을 해낼 수 있어야 하고, 효과적으로 의사를 전달할 수 있는 능력을 요구하기 때문에 1인 활동은 적합하지 않다는 의견으로 해석된다.

따라서 이 연구에서는 교육 프로그램 수행 학습 인원에서 1인을 삭제하였다. 또한 6인 활동은 4인 이상의 활동과 차이가 없다는 의견, 협동학습에서는 4인 활동이 효과적이라는 의견을 수용하여 6인 활동을 4-6인 활동으로 수정하였다. 즉, 이 연구에서는 STEM 통합 접근의 교육 프로그램 수행 학습 인원을 2인과 4-6인으로 제안하고자 한다.

라. 교육 프로그램 수준

전문가를 대상으로 하여 수행한 타당도 조사에서 기타 의견으로서 3명의 전문가가 교육 프로그램의 수준을 초등용과 중등용으로 구분하여 접근해야 함을 제시하였다. 이 연구에서는 교육 프로그램의 수준을 초등용과 중등용으로 구분해야 한다는 전문가의 의견을 수용하여 초등학생용 교육 프로그램과 중등학교용 교육 프로그램으로 이원화하여 개발하고자 한다.

이상과 같이 STEM 통합 접근의 교육 프로그램 모형을 구안하기 위해서 탐색한 통합 핵심 요소, 활동 유형, 교육 프로그램 수행 학습 인원, 교육 프로그램 수준을 바탕으로 하여 이 연구에서는 [그림 2]와 같이 STEM 통합 접근의 교육 프로그램 개념 모형을 제안한다. 또한 STEM 통합 접근의 교육 프로그램 개발 예시는 <표 7>과 같다.



[그림 2] STEM 통합 접근의 교육 프로그램 개념 모형

3. STEM 통합 접근의 교육 프로그램 구성

STEM 통합 접근의 교육 프로그램을 구조화하기 위해서는 활동 계획의 구성이 필요하다. 이 연구에

<표 6> STEM 통합 교육 프로그램 수행 학습 인원 구성

인원 구성	내용 설명	CVR	수정·보완된 인원 구성
1인	과학, 기술, 공학, 수학적 원리와 적용 방안을 심도 있게 탐구하는 개인 연구 활동에 적합	0.2	삭제
2인	과학, 기술, 공학, 수학적 원리와 적용 방안에 대한 탐색 및 문제 해결을 역할 분담하여 수행하는 짝 활동에 적합	0.8	
6인	과학, 기술, 공학, 수학적 원리와 적용 방안에 대한 집단 사고, 의견 수렴 및 협력적 실천 활동에 적합	0.8	4-6인

<표 7> STEM 통합 접근의 교육 프로그램 개발 예시

교육 프로그램 개요 \ 구분				STEM통합 핵심 요소			인원 구성		활동 유형		
				주제	문제	설계	2	4-6	탐구 프로젝트	문제 해결	창의 공학 설계
초등	E1	야구 용품에서 찾는 공학 원리	야구 용품의 과학적, 수학적, 기술적, 공학적 원리를 실험, 게임, 실습과 조작을 통해 학습한 후 야구 용품 중 하나를 선택하여 그 원리와 개선 아이디어를 종합적으로 연구하고 포스터 자료를 작성, 전시·발표하는 탐구 프로젝트 활동	●				●	●		
	E2	음식물 쓰레기를 부탁해!	음식물 쓰레기 처리기의 과학적, 수학적, 기술적, 공학적 원리를 탐구하고 이를 바탕으로 하여 기존 음식물 쓰레기 처리기를 개선하거나 새로운 개념의 음식물 쓰레기 처리기에 대한 아이디어를 산출하는 문제해결 활동		●		●			●	
	E3	자격루의 부활	조선시대 장영실이 발명한 자격루의 과학적, 수학적, 기술적, 공학적 원리를 탐구하고 이를 바탕으로 하여 자격루의 원리를 응용한 물시계를 창안하여 만드는 창의 공학설계 활동			●		●			●
중등	M1	골프 용품에서 찾는 공학 원리	골프 용품의 과학적, 수학적, 기술적, 공학적 원리를 실험, 게임, 실습과 조작을 통해 학습한 후 골프 용품 중 하나를 선택하여 그 원리와 개선 아이디어를 종합적으로 연구하고 포스터 자료를 작성, 전시·발표하는 탐구 프로젝트 활동	●				●	●		
	M2	상쾌한 공기를 부탁해!	공기 청정기의 과학적, 수학적, 기술적, 공학적 원리를 탐구하고 이를 바탕으로 하여 기존 공기 청정기를 개선하거나 새로운 개념의 공기 청정기에 대한 아이디어를 산출하는 문제해결 활동		●		●			●	
	M3	혼천시계의 부활	조선시대 송이영이 발명한 혼천시계의 과학적, 수학적, 기술적, 공학적 원리를 탐구하고 이를 바탕으로 하여 혼천시계의 원리를 응용한 자명종 시계를 창안하여 만드는 창의공학설계 활동			●		●			●

서는 주제 중심 통합 접근에 따른 탐구 프로젝트 활동, 문제 중심 통합 접근에 따른 문제 해결 활동, 설계 중심 통합 접근에 따른 창의 공학 설계 활동 각각의 교육 프로그램 구성 단계를 <표 8>과 같이 제시하였다.

각각의 교육 프로그램 구성 단계는 프로젝트, 문제 해결, 공학 설계의 기본 단계를 수용하였으며, STEM 통합 접근의 교육적 특성을 고려하여 2단계의 구조와 기능 관찰, 3단계의 STEM 원리 탐색, 4단계의 정보 검색을 일률적으로 부가하였다.

이 연구에서는 프로젝트법 기본 단계인 목적의 설정-계획-실행-평가의 네 단계를 바탕으로 하여, 탐구 프로젝트 활동의 교육 프로그램 구성 단계를 1) 목적의 설정(탐구 주제 설정), 2) 계획(구조와 기능 관찰, STEM 원리 탐색, 정보 검색, 탐구 계획 구체화), 3) 실행(탐구 실행, 탐구 결과 정리), 4) 평가(발표와 평가)로 구분하였다.

<표 9>와 같이 기술적 문제해결 과정은 문제 확인-계획-실행-평가의 기본적인 네 단계로 구분할 수 있으며, 이 연구에서는 1)문제 확인, 2)계획(구조와 기능 관찰, STEM 원리 탐색, 정보 검색, 문제 해결 아이디어 구안), 3)실행(최종 아이디어 선정, 최종 아이디어 표현), 4)평가(발표와 평가)로 구분하였다.

MDE(2006)는 공학 설계의 과정을 1) 요구/문제의 확인, 2) 요구/문제의 연구, 3) 가능한 해결방안의 개발, 4) 최적의 가능한 해결방안 선정, 5) 프로토타입 구성, 6) 성능 시험과 평가, 7) 결과에 대한

<표 8> STEM 통합 접근의 교육 프로그램 구성 단계

교육 프로그램 구성	주제 중심 통합 (탐구 프로젝트 활동)	문제 중심 통합 (문제 해결 활동)	설계 중심 통합 (창의 공학 설계 활동)
1단계	탐구 주제 설정	문제 확인	요구와 조건 확인
2단계	구조와 기능 관찰	구조와 기능 관찰	구조와 기능 관찰
3단계	STEM 원리 탐색	STEM 원리 탐색	STEM 원리 탐색
4단계	정보 검색	정보 검색	정보 검색
5단계	탐구 계획 구체화	문제 해결 아이디어 구안	아이디어 구안
6단계	탐구 실행	최종 아이디어 선정	최종 아이디어 선정
7단계	탐구 결과 정리	최종 아이디어 표현	최종 아이디어 구현
8단계	발표와 평가	발표와 평가	발표와 평가

<표 9> 기술적 문제해결 과정 모형

모형 개발자	기술적 문제해결 과정			
	문제 확인	계 획	실 행	평 가
이상봉	·문제의 확인	·연구와 개발	·실현	·평가
최유현	·문제의 확인	·참고자료 모으기 ·해결방안 생각	·실행(제작)	·평가와 개선
Bransford & Stein	·문제의 확인 ·문제의 정의	·가능한 해결책의 탐색	·계획의 실천	·효과의 검토
Dewey	·곤란의 의식	·곤란의 검토 ·가능한 해결안 제시	·제언·추리의 전개	·행위에 의한 가설의 검증
Edward & Martin	·문제정의	·아이디어창출 및 평가 ·아이디어판단 및 결정	·해결책 실천	
Halfin	·문제정의하기 ·자료 해석하기 ·모델과 원형구조화	·설계하기 ·검사하기	·모델링하기 ·창조하기 ·다루기	
Hennessy & McCormick	·문제 인식	·해결책 산출하기	·해결책 실행하기	·결과 평가하기
Hutchinson & Karsnitz	·문제와 기회를 확인하기 ·설계개요 만들기	·조사와 연구하기 ·대안적인 해결책 개발하기 ·해결책 선택하기	·개발적인 작업하기 ·모형화와 원형제작	·시험과 평가
Johnsey	·필요성 기회확인	·설계 산출하기	·제작	·평가
Savage & Sterry	·문제정의 ·해결방안 모색	·해결방안 선택	·해결방안 적용 및 평가	·해결방안 수정 ·해결방안의 해석과 설명
Todd, Todd & McCrory	·문제와 기회를 확인하기 ·설계개요 만들기	·조사와 연구하기 ·대안적인 해결책 개발하기 ·해결책 선택하기	·개발적인 작업하기	·결과를 평가하기
Waetjen	·문제정의 ·문제를 재구성하기	·해결방법 분리하기	·계획 적용하기 ·계획재구조화하기	·해결방법종합하기
Welch	·문제를 이해하기	·가능한 해 생성하기 ·모형화하기	·하나의 해 만들기	·평가하기

자료: 김익수(2006), p46 재구성

논의, 8) 재설계의 여덟 단계로 제시하였다(p. 84).

김태훈·이소이·노태천(2005)은 공학 설계 능력의 평가 요소를 사회적 능력, 절차적 능력, 경험, 지식, 시각화 능력, 사고력으로 제시하였는데, 이 중에서 절차

적 능력에 해당하는 문제 확인 및 정의하기, 계획 및 관리하기, 정보 수집하기, 아이디어 도출하기, 아이디어 평가하기는 본 연구의 창의 공학 설계 활동의 교육 프로그램 구성 단계에 참조가 될 수 있다.

이 연구에서는 창의 공학 설계 활동의 교육 프로그램 구성 단계를 1) 요구와 조건 확인, 2) 구조와 기능 관찰, 3) STEM 원리 탐색, 4) 정보 검색, 5) 아이디어 구안, 6) 최종 아이디어 선정, 7) 최종 아이디어 구현(모델링/프로토타입 제작 등), 8) 발표와 평가로 구분하였다.

Ⅳ. 요약 및 결론

이 연구는 STEM 통합 접근을 통해 초·중등학생이 보다 쉽고 친밀하게 접근할 수 있는 '사전 공학교육 프로그램(Pre-Engineering Educational Program)'을 개발하기 위한 모형을 개발하기 위해 수행되었다.

STEM 통합 접근의 교육 프로그램 모형 개발을 위해서 초·중등학교 교육과정과 공학 교육 및 STEM 관련 개념을 다룬 문헌과 사전 공학 교육 프로그램의 특성을 지닌 Tech Know, I 3 (Invention-Innovation-Inquiry), Engineering by Design, Create 등과 같은 교육 프로그램 사례를 분석하였다. 또한 STEM 통합 접근의 교육 프로그램 모형에 대한 타당도를 검증하기 위해서 타당도의 정도를 5단계로 구분한 리커트 척도로 구성한 타당성 조사지를 개발하여 공학 교육 분야 전문가 10명을 대상으로 하여 타당도 조사를 실시하였으며, 그 결과를 Lawshe(1975) 내용 타당도 비율(CVR: Content Validity Ratio)값을 적용하여 분석하였다.

이 연구에서는 STEM 통합 접근의 교육 프로그램 모형 개발과 관련하여 다음과 같은 세 가지 결과를 산출하였다.

첫째, 과학, 기술학, 공학, 수학 각각에 대한 개념, 고유의 탐구 방법과 지식 구조 및 영역을 확인하고 이에 대한 타당도 조사를 통해 수정·보완하여 STEM 통합 접근의 개념 모형을 구성하였다.

둘째, STEM 통합 접근의 통합 핵심 요소, 활동 유형, 교육 프로그램 수행 학습 인원, 교육 프로그램 수준을 탐색하고 이를 바탕으로 하여 STEM 통합 접근의 교육 프로그램 개념 모형을 구안하였다.

셋째, 주제 중심 통합 접근에 따른 탐구 프로젝트 활동, 문제 중심 통합 접근에 따른 문제 해결 활동, 설계 중심 통합 접근에 따른 창의 공학 설계 활동 각각의 교육 프로그램 구성 단계를 제시하여 STEM 통합 접근의 교육 프로그램 구조화를 꾀하였다. 각각의 교육 프로그램 구성 단계는 프로젝트, 문제해결, 창의 공학 설계의 기본 단계를 수용하였으며, STEM 통합 접근의 교육적 특성을 고려하여 구조와 기능 관찰, STEM 원리 탐색, 정보 검색 활동 단계를 부가하였다.

초·중등학생을 대상으로 한 공학 교육의 필요성과 적용 가능성에 대한 논의(조승호, 2002; Koen, 1994; Carroll, 1997; Gustafson 외, 2000; Foster & Wright, 2001; Koch & Burghardt, 2002; Dearing & Daugherty, 2004; PLTW, 2005; Salinger, 2005; Ritz, 2006; Smith & Burghardt, 2007)는 점차 늘고 있으며, 그 방안 중 하나로서 STEM 통합 접근에 대한 연구(김진수, 2007; Berry 외, 2005; MDE, 2006; Clark & Ernst, 2007)가 시도되고 있다. 이러한 맥락에서 이 연구에서 개발한 STEM 통합 접근의 교육 프로그램 모형이 초·중등학생을 위한 공학 교육에 적용되어 학생들이 이공계에 대한 친밀감을 형성하는 데 기여하기를 기대한다.

이 연구에서 개발된 STEM 통합 접근의 교육 프로그램 모형을 바탕으로 하여 초·중등 교육 수준별, 활동 유형별로 다양한 교육 프로그램을 개발하고, 학생용 워크북 및 교사용 지도서 등으로 구체화하여 현장에 적용하고 그 효과를 검증하는 후속 연구가 수행되어야 할 것이다.

국문요약

이 연구는 STEM 통합 접근의 사전 공학 교육 프로그램 모형을 개발하기 위해 수행되었다. 연구의 목적을 달성하기 위해서 관련 문헌 고찰과 전문가를 대상으로 한 타당도 조사를 실시하였다.

이 연구에서는 STEM 통합 접근의 교육 프로그램 모형 개발과 관련하여 다음과 같은 세 가지 결과를 산출하였다.

첫째, 과학, 기술학, 공학, 수학 각각에 대한 개념, 고유의 탐구 방법과 지식 구조 및 영역을 확인하고, 이에 대한 타당도 조사를 통해 STEM 통합 접근의 개념 모형을 구성하였다.

둘째, STEM 통합 접근의 통합 핵심 요소, 활동

유형, 교육 프로그램 수행 학습 인원, 교육 프로그램 수준을 탐색하고 이를 바탕으로 하여 STEM 통합 접근의 교육 프로그램 개념 모형을 구안하였다.

셋째, 주제 중심 통합 접근에 따른 탐구 프로젝트 활동, 문제 중심 통합 접근에 따른 문제 해결 활동, 설계 중심 통합 접근에 따른 창의 공학 설계 활동 각각의 교육 프로그램 구성 단계를 제시하여 STEM 통합 접근의 교육 프로그램 구조화를 꾀하였다.

주제어: 과학-기술-공학-수학 통합 접근, 사전 공학 교육 프로그램, 공학 교육

참고문헌

교육과학기술부(2008a). 중학교 교육과정 해설(Ⅲ) -수학, 과학, 기술・가정-. 교육과학기술부.

교육과학기술부(2008b). 초등학교 교육과정 해설(Ⅳ) -수학, 과학, 실과-. 교육과학기술부.

국립국어원(1999). 표준국어대사전. 두산동아.

김익수(2006). 공업계 고등학교 전문교과 수업에서 문제중심학습이 학생들의 행동목표 성취도에 미치는 효과. 충남대학교 대학원 박사학위 논문.

김진수(2007). 기술교육의 새로운 통합교육 방법인 STEM 교육의 탐색. 한국기술교육학회지, 7(3), 1-29.

김태훈・이소이・노태천(2005). 공학설계능력의 평가 요소 구명. 한국공학교육학회(편), 2005년도 공학교육 학술대회 논문집(pp. 207-214). 한국공학교육학회.

류혜숙(2007). 이공계, 정말 위기인가? 한국교육개발원.

이병기・강성군・권숙인・김하석・윤대희・손소영(2004). 우수 이공계 인력 확보 방안 수립. 한국공학교육학회・국가과학기술자문회의.

이영무・전규동・배영찬(2001). 청소년의 이공계대학 진학률 감소에 따른 대책방안. 한양대학교・국가과학기술자문회의.

이윤배(2007). 이공계 위기, 확실한 비전이 필요하다. 한국교육개발원.

이창훈(2007). 창의 공학 설계 교육 프로그램이 공학 입문자의 창의력과 공학 설계 능력에 미치는 효과. 충남대학교 박사학위논문.

조승호(2002). 중고등교육과 공학기술. 공학교육과 기술, 9(2), 26-28.

한국교육개발원 교육통계센터(2007). 자연계열과 공학계열 입학자 수 추이. 한국교육개발원.

Berry, R. Q., Reed, P. A., Ritz, J. M., Lin, C. Y., Hsiung, S., & Frazier, W. (2005). STEM initiatives: Stimulating students to improve science and mathematics achievement. *The Technology Teacher, 64*(4), 23-29.

Carroll, D.R. (1997). Bridge engineering for the elementary grades. *Journal of Engineering Education, 86*(3), 221-226.

Clark, A. C., & Ernst, J. N. (2007). A model for the integration of science, technolog, engineering, and mathematics. *The Technology Teacher, 66*(4), 24-26.

Dearing, B. M. & Daugherty, M. K. (2004). Delivering engineering content in technology education. *The Technology Teacher, 64*(3), 8-11.

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.

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.

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.

Koen, B. V. (1994). Toward a strategy for teaching engineering design. *Journal of Engineering Education, 83*(3), 193-201.

Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel Psychology, 28*(4), 563-575.

MDE(2006). *Massachusetts science and Technology/ Engineering Curriculum Framework.* Massachusetts Department of Education.

Pierce, A. J. & Karwatka, D. (2005). *Introduction to Technology.* Glencoe.

Project Lead The Way. (2005). *About Project Lead The Way: An overview.* Clifton Park, NY: Author. Retrieved from http://www.pltw.org.

Ritz, J. M. (2006). Technology and engineering are both addressed through technology education. *The Technology Teacher, 66*(3), 19-21.

Salinger, G. L. (2005). The engineering of technology education. *Journal of Technology Studies, 31*(1), 2-6.

Smith, K. L. & Burghardt, D. (2007). Teaching engineering at the k-12 level: Two perspectives. *The Technology Teacher, 66*(7), 20-24.

교신저자: 문대영