



STEM, STEAM 교육과 우리나라 융합인재교육의 이해와 해결 과제

심재호^{1*}, 이양락², 김현경²
¹부산대학교, ²한국교육과정평가원

Understanding STEM, STEAM Education, and Addressing the Issues Facing STEAM in the Korean Context

Jaeho Sim^{1*}, Yangrak Lee², Hyun-Kyung Kim²
¹Pusan National University, ²Korea Institute for Curriculum and Evaluation

ARTICLE INFO

Article history:

Received 27 July 2015

Received in revised form

30 July 2015

Accepted 1 August 2015

Keywords:

STEM education, STEAM education, review papers, integration curriculum, Korean context

ABSTRACT

Since 2011, after beginning of the systematic study on STEAM education, South Korea has developed a number of related programs. At this point we see that this is the time to clarify the challenges. The purpose of this study is to clarify the characteristics of their education through the review of many domestic and foreign papers in order to propose the challenges of STEAM education of Korea. The results are as follows. First, the course of integration cannot be separated by the difference in superiority but should be separated in accordance with the purpose of integration. Second, curriculum integration such as STEAM education is characterized by the emphasis on horizontal linking than vertical depth fusion. Accordingly, the content knowledge and vertical linkages are inevitably weakened. In order to overcome this problem, the key concepts and features that were emphasized in the previous curriculum need to also be emphasized in STEAM training, and the comparative study on the core concept and function of each subjects should be preceded. Third, after looking upon the current situation of our country's fusion research and talent training, the limits and the challenges that need to be overcome has been suggested. Fourth, with the basis on research results, we offered an example of the approach on STEAM education which is applicable to the current situation and proposed the challenges and implications that need to be addressed in the STEAM education of Korea in educational contexts such as curriculum, teaching and learning, and evaluation.

1. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

최근 미국, 영국, 호주 등 선진국을 중심으로 STEM 교육이 점차 강조되고 있으며, 이러한 흐름은 우리나라의 과학교육계에도 영향을 주고 있다. 하지만 우리의 경우 STEM 교육이 아닌 STEM에 예술과 인문을 추가하고 창의성을 강조하는 융합인재교육(STEAM)¹⁾으로 나타나고 있으며(Baek *et al.*, 2011; Kim, 2011; Kim *et al.*, 2012; Park *et al.*, 2012), 최근 교육과정과 교과서 개발, 학교 과학 교수·학습에서도 이를 반영하기 위해 교육부를 중심으로 한 위로부터의 변화 요구가 진행되고 있다.

이와 같이 전 세계적으로 STEM 교육 또는 STEAM 교육이 강조되고 있고 우리나라도 이러한 흐름에 적극적인 이유는 기존의 분과적인 교육 체제로는 급속히 변화하는 사회에 학생들을 대비시키지도 못하며 국가경쟁력을 갖춘 인재로 육성시키지도 못한다는 인식에 근거하고 있다(Baek *et al.*, 2011; Park *et al.*, 2012; Platz, 2007; Tarnoff, 2010). 즉, 국가 경쟁력을 확보하기 위한 방안은 과학, 기술, 공학 영역

의 혁신에 성공적으로 적용할 수 있는 인재를 육성하는 데 있다고 보는 것이다. 이에 과학기술공학교육계에서는 미래 사회의 변화 및 요구에 부응하기 위한 다양한 학제간 융합이 적극적으로 진행되고 있다.

하지만 국가경쟁력을 확보하기 위해 교육에서의 적극적인 변화와 혁신도 중요하지만, STEAM 교육을 적극적으로 도입 및 추진하기에 앞서 기본적으로 연구되어야 할 것들이 몇 가지 있다. 즉, STEM과 STEAM 교육, 융합인재교육은 어떻게 생겨났으며, 이들 교육은 어떤 공통점과 차이가 있는지, 이러한 교육의 근간이 되는 통합교육 접근 방식에는 어떤 것이 있으며 각각의 특징은 무엇인지, 이 교육의 명료성과 실행을 강화하기 위한 방안은 무엇인지, 이 교육을 효과적이며 성공적으로 수행하기 위해 해결해야 할 과제들은 어떤 것이 있으며, 이를 해결하기 위해서는 어떻게 해야 하는지 등에 대한 연구가 필요한 것이다. 따라서 본 연구의 목적은 우리 교육에 STEAM 교육을 적극적으로 도입하고 이를 실행함에 있어 해결해야 할 과제들을 명료화하기 위한 문제 인식에서 출발하였으며, 이를 위해 STEM과 STEAM 교육, 융합인재교육과 관련한 여러 문헌 조사를 통해 문제를 명료화하고 어떤 과제를 해결해나가야 할 것인지를 제안하는데 있다.

* 교신저자 : 심재호 (sim307@pusan.ac.kr)

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2015.35.4.0709>

1) 우리나라의 경우 융합인재교육을 한국형 STEAM 교육, 4C-STEAM 교육, 미래형 융합인재교육 등 연구자에 따라 새로운 정의를 내리거나 다양하게 이름을 지어 부르고 있으나 본 논문에서는 교육부가 융합인재교육 프로젝트 추진과 관련하여 발표한 보도 자료에 실린 용어인 융합인재교육으로 통일하여 제시하기로 하였다.

이에 본 연구에서 수행할 내용을 제시하면 다음과 같다.

첫째, STEM, STEAM 교육 및 융합인재교육의 유래와 의미, 그리고 이들 사이의 공통점과 차이점은 무엇인가?

둘째, STEM, STEAM 교육 및 융합인재교육의 근간이 되는 통합교육의 접근 방식에는 어떤 것이 있으며, 이들 통합교육 접근 방식의 특징은 무엇인가?

셋째, STEM, STEAM 교육 및 융합인재교육의 명료성과 실행을 강화하기 위한 방안은 무엇인가?

넷째, 과학교육 분야에서 STEM과 STEAM 교육과정 모델은 어떤 것이 있으며, 이 모델들은 어떤 특징을 가지고 있나?

다섯째, 우리나라에서 시행되고 있는 융합인재교육 연구의 현황 및 해결 과제는 무엇인가?

2. 연구 방법

이 연구는 STEM 및 STEAM 교육에 대한 문헌 리뷰로 수행되었다. 2015년 3월 3일자 대학 도서관으로 연계된 ERIC에서 ‘STEM EDUCATION’의 키워드로 검색된 학술저널은 1,843건, ‘STEAM EDUCATION’ 또는 ‘융합인재교육’으로 검색된 자료는 420건이 검색되었다. 하지만 검색된 국내외 논문의 대부분은 STEM과 STEAM EDUCATION 프로그램 개발 및 효과성을 알아보는 논문으로 본 연구에서 알아보고자 하는 내용과는 직접 관련이 없었기 때문에 리뷰 대상에서 제외하였다. 그 다음 단계로 과학교육 및 공학기술교육 관련 학술지에 실린 논문으로 제한하였다. 그렇지만 과학교육 및 공학기술교육 학술지가 아닌 경우에도 연구 주제와 긴밀하게 관련된 것으로 판단되는 다른 학술지나 단행본에 있는 논문 등을 포함시켰다. 주로 참고한 외국 과학교육 학술지는 Science Education, Journal of Research in Science Teaching, Studies in Science Education이었으며, 공학기술교육 학술지는 Journal of Technology Education과 Technology and Engineering Teacher이었는데, 과학교육 학술지에 비해 STEAM 교육에 대한 연구 논문이 상대적으로 많이 수록되어 있음을 확인하였다. 그 외에 본 연구의 리뷰 대상은 STEM 및 STEAM 교육 관련 학회 발표 논문, 프로젝트 보고서, 신문 보도 자료 등이었다. 외국의 논문 리뷰의 목적은 주로 외국의 STEM 및 STEAM 교육의 유래와 의미, 교육목적과 내용, 교수·학습 방법, 연구 동향, 문제점과 해결 방안을 파악하기 위한 것이었다.

참고한 국내 학술지의 논문 리뷰의 경우 과학, 수학, 공학, 기술뿐만 아니라 예술과 사회 쪽 학회지 논문들을 리뷰 대상으로 설정하였다. 그 이유는 우리나라는 STEM 교육이 아니라 STEAM 교육을 받아들이고 있기 때문에 우리나라 ‘융합인재교육’과 관련한 논문 리뷰의 대상은 한국과학교육학회지, 한국기술교육학회지, 한국실과교육학회지, 수학교육논문집, 한국과학예술포럼, 교육사회학연구 등의 최근호에 실린 논문들이었다. 우리나라 논문 리뷰의 목적은 주로 융합인재교육의 의미, 교수·학습 방법과 실행 방안의 한계, 문제 해결 방안을 파악하기 위한 것이었다. 최종적으로 STEM, STEAM 교육 및 융합인재교육과 관련하여 리뷰한 논문은 외국 논문의 경우 42편, 국내 논문의 경우 117편이었다. 국내 논문의 경우 본 연구에서 직접 인용된 것은 19편이었고, 나머지는 유형 분류를 위해 리뷰가 이루어졌다.

II. STEM, STEAM 교육 및 융합인재교육의 의미

1. STEM 교육의 유래와 의미

STEM 교육의 유래와 의미에 대해 여러 논문들이 간략하게 언급하고 있지만, Sanders(2009)가 STEM 교육의 유래와 의미를 비교적 잘 정리하여 제시하고 있다. 그의 논문 중 STEAM 교육의 유래와 의미 및 ‘Integrative STEM Education’을 주장한 배경에 대해 기술한 내용의 일부는 다음과 같다.

“1990년대에 미국과학재단(National Science Foundation: NSF)은 ‘science, mathematics, engineering, and technology’를 줄여서 SMET를 사용하기 시작하였지만, NSF 프로그램 관리자가 SMET이 smut처럼 들린다고 불평하여, STEM이라는 약어가 탄생하였다. 거의 20년 동안 미국과학재단은 STEM을 과학, 기술, 공학 및 수학의 4개의 독립된 분야를 지칭하는 것으로 사용하였다. 일부 학자들만이 STEM 교육이 4학문 간의 상호 작용을 의미하는 것으로 주장하였다. 이에 Sanders는 STEM 교육은 4개의 글자를 하나로 묶는 것 이상이며, 단순히 4개의 학문을 모아 놓은 것이 아니라는 의미에서 ‘STEM Education’ 대신에 ‘Integrative STEM Education’을 주장하였다.”

이와 같이 Sanders(2009)가 STEM 용어의 유래와 의미를 제시한 반면, Zollman(2012)은 Sanders가 제시한 유래에 대해 조금 더 구체적으로 제시하고 있다. 그는 “STEM은 특히 과학, 기술, 공학, 수학을 지칭하는 것으로 미국과학재단(National Science Foundation)의 교육인재이사회(Education and Human Resources Directorate)에서 부관리자로 근무하는 Judith Ramaley가 2001년에 붙인 이름이다.”라고 하였다.

Bybee(2010)는 STEM은 여러 STEM 분야 중 하나 또는 둘 이상의 여러 분야의 사건, 정책, 프로그램, 실천을 나타낼 때 사용한다고 하였다. Morrison(2006)은 “STEM 교육은 종종 메타 학문으로 불려왔으며, 여러 학문적 지식을 통합하여 하나로서의 전체인 새로운 학문이 창조된 것이다. 분과적인 학문 사이를 연결하는 이 간학문적인 학문은 전체로 간주될 수 있으며 이것이 STEM이다”라고 주장하였다. 그는 또한 STEM 교육은 4개의 학문 사이에 세워져 있던 전통적인 장벽을 제거하는 것이며, 이것을 결합하여 하나의 연계된 교수학습 패러다임으로 묶는 교육이라 하였다. Tsupro(2009)는 “STEM 교육은 학생들이 과학, 기술, 공학, 수학을 학교, 지역 공동체, 직업, 전세계적인 사업 상황에 연계시키고 적용하는 것과 같은 서로 연계된 학문 개념들을 실제 세계의 학습과 결부하는 것이며, STEM 소양의 발달을 가능케 하고, 국가경쟁력을 갖추게 하는 간학문적인 접근 방식이라고 기술하였다. 또한 여러 논문들에서 널리 인용하고 있으며, 미국 버지니아 공과대학의 기술교육 교수 단체가 Integrative STEM Education을 정의한 것은 다음과 같다.

“Integrative STEM education refers to technological/engineering design-based learning approaches that intentionally integrate the concepts and practices of science and/or mathematics education with the concepts and practices of technology and engineering education. Integrative STEM education may be enhanced through

further integration with other school subjects, such as language arts, social studies, art, etc.”(Sanders, 2012, p.103)

이 정의를 참고한다면, Integrative STEM Education이란 기존의 수학과 과학 교육에 기술과 공학적인 설계 기반 학습을 의도적으로 결합시킨 것으로 정의할 수 있을 것이다. 이에 더 나아가 필요에 따라서는 Integrative STEM Education에 언어학, 사회과학, 예술 등을 더 통합시켜나갈 수도 있다.

한편, 미국은 STEM 교육을 점차 강조하고 있는데, 그 이유는 다음과 같다.

첫째, STEM 분야 직업을 충당할 미래 전문가 수의 부족에 대한 염려, 교육 및 경제적 경쟁력 관점에서 STEM 교육에 대한 필요가 점차 커지기 시작하였다(Brown *et al.*, 2011). 또한, 미국 학생들의 STEM 분야의 학력이 낮으며, 그러한 STEM 능력이 부족한 학생들은 과학이나 공학 전문분야 또는 수학, 과학, 기술 소양을 필요로 하는 직업분야로 들어갈 능력이나 능력이 없다(Merrill & Daughy, 2010)는 인식이 있고, 많은 학생들이 이른 나이에 과학과 수학에 대한 흥미를 잃게 되어, 대학 및 대학원에서 STEM 분야를 전공하고, 장차 이들 분야 또는 이와 관계된 직업을 선택하는 소위 말하는 “STEM 파이프라인”에서 조기에 이탈하여 이것은 결국 국가 경쟁력 저하와 관계된다는 인식이다(Sanders, 2009). 이에 미국의 STEM 교육 추창자들은 학교에서 수학과 과학에 대한 요구를 증가시키면서 기술과 공학개념을 융합시키면, 학생들이 더 잘 수행하고 STEM 분야의 고등 교육이나 직업을 위해 더 잘 준비할 수 있을 것이라고 믿고 있다. 그 결과 다시 국제 경쟁에서 톱으로 상승할 것이라고 보는 것이다. 이에 따라 미국의 경우 여러 기술 교육 분야에서 STEM 교육의 아이디어를 채택하고 있고, 과학과 수학의 많은 개념을 그들의 과학교육과정에 통합시키거나 그러한 개념을 이미 통합한 방법을 부각시키고 있다. 이렇게 할 경우 실생활 문제에 대한 학생들의 경험이 STEM 분야와의 연관성을 더 높여주고, STEM 분야로의 노동력의 변화 및 흥미를 유발시킨다는 관점을 가지고 있는 것이다(Brown *et al.*, 2011).

둘째, 일반 국민의 기본 소양으로서 새로운 소양, STEM 소양이 요구되는 것이다. 지식 기반사회에서 민주정치는 일반 국민들이 과학과 기술의 발전에 의해서 그들에게 주어진 선택에 대해 합리적인 결정을 할 수 있는 능력에 의존한다. 이러한 사회에서 과학, 기술, 공학, 수학 사이의 관계가 점점 더 강해지고, 직장에 침투해 들어가, 일상 업무 관련 문제 해결을 위해서 새로운 소양이 요구되고 있다는 것은 상식이 되고 있는 것이다(Asunda, 2012). 국민이 자연 및 인공 세계가 어떻게 작동하는지 파악하고, 비판적으로 그리고 독자적으로 생각하고, 사건에 대한 여러 설명들을 인식하고 경중을 비교할 수 있으며, 대안을 만들어 내며, 증거, 수, 패턴, 논리적 논쟁, 그리고 불확실성을 포함하는 문제들을 합리적으로 다룰 수 있는 능력을 요구하게 된 것이다.

이와 같이 STEM 교육은 학생들이 수학과 과학 성취도가 낮고, STEM 분야로 진출을 기피하는 위기 상황에 대처하려는 노력에서 시작되었다. 또한 STEM 교육을 통해 학생들에게 수학과 과학기술에 대한 관심과 흥미를 높이고 STEM 소양을 갖추게 함으로써 더 많은 학생이 이공계 분야로 진출하고, 궁극적으로 국가의 과학기술경쟁력을 신장하기 위해 강조된 것으로 볼 수 있다.

한편, STEM 소양과 관련한 Zollman(2012)의 다음 기술은 STEM 교육을 이해하는데 도움이 된다.

“STEM 소양과 관련한 대부분의 정의가 경제적이고 사회적인 요구는 포괄하고 있지만, 개인적인 요구는 간과하고 있다. 또한 STEM 소양은 과학적, 공학적, 기술적, 수학적 소양을 단순히 모아 놓은 것 이상이어야 한다. STEM 소양을 증진하기 위해 다음 네 가지가 요구된다. 첫째, 각각의 소양을 분과하면 안되고, 섞고 희석하여 메타과목으로 거듭나야 한다. 둘째, 내용과 교수활동을 혼합해야 한다. 즉, 과학 내용을 입증하거나 기술하는 활동은 약화하고, 과학 문제를 탐구하거나 분석하는 것은 강화한다. 이에, 과학의 내용을 줄여야 하고, 학생들을 돕는 활동을 강화한다. 셋째, 학생들의 태도, 신념, 자아 효능감, 자신감, 동기를 고려한다. 넷째, 학생들은 STEM 기술을 자연스럽게 효과적으로 사용할 필요가 있다.”

결과적으로 여러 학자들의 정의에서 보듯이 STEM 교육에 대해 분명하게 합의된 정의는 아직 없으며, 계속 그 의미가 조금씩 변화하고 있음을 알 수 있다.

2. STEAM 교육의 유래와 의미

STEAM 교육에 대한 주장은 주로 산업의 경쟁력 차원에서 창의적인 인력 양성에서는 예술이 과학 못지않게 중요하기 때문에 STEM에 Arts가 포함되어야 한다는 것에서 출발하였다(Bevins, 2012). STEAM 교육의 주장 배경과 이유들에는 다음과 같은 것이 있다.

미국 오하이오주의 예술교육연합의 정보 및 연구부장인 Platz(2007)는 학생들이 예술 공부에서 배우는 지식, 기능, 태도 및 행동은 Partnership for 21st Century Skills 및 기타 여러 단체에 의해서 세계 경쟁에서 성공하는데 필요한 기능이며, 이 기능은 창의성과 혁신, 비판적 사고와 문제해결, 의사소통과 협력, 유연성과 적응력, 그리고 사회적 및 범문화적 기능임이 밝혀졌다고 주장하였다.

미국의 The Conference Board and Americans for the Arts가 미국학 교경영자연합(AASA)과 연합해서 수행한 조사 연구에 의하면, 점점 더 많은 회사들이 과학/수학보다도 예술/창의성 관련 기능을 가진 신규 인력을 원한다고 하였다. 그 예로 “만일 애플회사 제품에서 매우 매력적인 시각 디자인이 없다면, 관심을 사로잡는 광고가 없다면, 접근이 쉬운 매력적인 인터페이스 설계가 없다면, 애플이 존재할 수 있을까? A가 없으면, 모든 S, T, E, 또는 M도 출구가 없을 것이다(Tarnoff, 2010)”라고 STEM 교육에 Arts를 결합시킬 것을 주장한다. 또한 시카고 회의에서 켈컴 회사의 공동 창업자인 Harvy White는 기조연설에서 지금은 “국가의 위기”이다. 현재의 교육과정은 예술과 과학이 결합하는 방향으로 총체적인 혁신이 일어나야 한다고 주장하였다(Eger, 2011).

이와 같이 미국의 STEAM 교육은 창의성, 혁신, 감성, 유연성과 적응력을 더 강조한 것으로, STEM 교육에 디자인 또는 예술을 포함시켜야 하며, 이를 통해 경쟁력 있는 인력 양성이 가능함을 제시하고 있다. 한편, Yakman(2008)은 K-12 수준에서 언어와 사회과목이 큰 영향을 미치는 것을 알고, hard science와 예술분야의 과목을 공식적으로 연계시키는 교육체제로서 STEAM 피라미드 모형을 제시한 바 있다.

3. 우리나라 융합인재교육의 유래와 의미

교육과학기술부는 2011년 핵심과제로 ‘창의적 융합인재 양성’을 강조하면서 이를 위해 융합인재교육(STEAM 교육)을 강화해오고 있다. STEAM 교육은 과학기술에 대한 흥미와 이해를 높이고, 통합적 사고와 실생활에서 문제해결 능력을 배양하기 위해 도입된 것이다. 교육과학기술부는 융합인재교육을 ‘기존 이론 중심의 수학과 과학 교육에 기술 공학 예술 교육을 연계하여, 첨단 과학기술에 대한 종합적 사고와 문제해결능력을 갖춘 창의적 기술인재를 양성하는 정책’으로 정의하고 있다. 이러한 정책 추진을 위해 교육과학기술부는 ‘제2차 과학기술인재 육성지원 기본계획(2011~2015)’을 발표하고, 2011년에 16개 초·중등학교 융합인재교육 연구 시범학교 지정 및 27개 교사연구회를 운영하였다. 2012년에는 80개의 STEAM 리더 스쿨, 2013년에는 88개의 리더 스쿨을 지정하고, 2012년에 150개, 2013년과 2014년에 각각 180개의 교사연구회를 지원하였다. 한편, Baek *et al.*(2011)은 STEAM 교육에 대한 총론 연구를 수행하고, 한국형 STEAM 교육인 4C-STEAM 교육의 개념을 다음과 같이 제시하였다. 이 연구자들은 4C-STEAM 교육을 “융합인재교육은 창의적 설계와 감성적 체험을 통해 과학기술과 관련된 다양한 분야의 융합적 지식, 과정, 본성에 대한 흥미와 이해를 높여 창의적이고 종합적으로 문제를 해결할 수 있는 융합적 소양을 갖춘 인재를 양성하는 교육이다. 즉, 4C-STEAM 교육은 지식 및 개념의 융합(Convergence), 창의성(Creativity), 소통(Communication), 배려(Caring)를 추구하는 융합인재교육(STEAM 교육)이다”라고 정의하고 있다.

4. STEM, STEAM 교육과 융합인재교육의 의미와 차이점

미국에서 STEM 교육의 출발은 미국의 위기의식과 분명하게 관계가 있다. 중국과 인도 등의 경제력, 과학기술력이 미국을 급속히 추격해오고 있는데 반해, 미국의 학생들은 이공계열의 진출을 점차 기피하고 있으며 국제 학업성취도 또는 역량 평가인 PISA와 TIMSS에서 미국의 성적은 중위권에 머물고 있기 때문이다(Brown *et al.*, 2011; Bybee, 2010; Sanders, 2009). 미국은 이러한 문제를 해결할 수 있는 방안으로 STEM 교육을 지향하게 되었다고 볼 수 있다. 이와 더불어 현재 및 미래를 성공적으로 살아가기 위해 필요한 역량으로 융합적 소양이 필요하다는 인식이 있다. STEAM 교육도 STEM 교육과 그 출발점은 차이가 없다. 즉, 미국의 STEAM 교육은 기존의 수학, 과학 교육에 공학, 기술, 예술을 통합적으로 접목함으로써 수학과 과학교육에서 세계적인 경쟁력을 갖추게 하려는 것에서 출발한다. 특히, A는 STEM 교육에 디자인 또는 창의적인 예술을 의도적으로 결합시키는 것을 의미하는 것이며, 이를 통해 창의성, 혁신, 유연성을 강화하려는 것이다. 이에 반해 우리나라의 융합인재교육은 그 출발점이 조금 다르다. 우리나라 학생들은 PISA와 TIMSS 평가에서 지속적으로 상위권에 속하고 있다. 즉, 수학과 과학의 지적인 성취 측면에서 세계적인 경쟁력을 갖추고 있다고 볼 수 있다. 하지만 PISA와 TIMSS 평가 중 수학과 과학의 태도 성취 평가는 지속적으로 하위권에 머물고 있다는 점은 우리나라 수학, 과학 교육의 근원적인 해결과제로 남아 있는 것이다. 이에 우리나라의 융합인재교육은 STEM 교육에서는 크게 강조되지 않는 감성적 체험, 소통, 배려의 개념이 강조되고 있다. 즉, 우리나라의

융합인재교육에서 감성적 체험, 소통, 배려의 개념의 강조는 과학에 대한 태도 능력을 증진시키려는 교육적인 의도와 깊은 관련이 있다 (Baek *et al.*, 2011). 따라서 STEM 교육은 양질의 이공계 인력의 확보 및 융합적 소양의 함양을 위해 기존의 수학과 과학 교육에 공학적 접근 방법 및 융합적 소양 증진 수업 전략을 중시하며, STEAM 교육은 이에 더하여 창의성과 혁신의 중요성을 내세우며 예술 또는 디자인을 강조하는 것으로 나타나고 있고, 우리나라의 융합인재교육은 양질의 이공계 인력 확보와 더불어 학생들의 수학 및 과학에 대한 태도 증진을 위해 창의적 설계와 감성적 체험을 중시하는 형태로 나타나고 있는 것이다.

이와 같이 STEM, STEAM 교육과 융합인재교육의 차이점을 제시 하였음에도 불구하고, 이들 교육을 변별하는 것은 쉽지 않다. 더욱이 Zollman(2012)은 STEM 소양의 정의에 대해서도 전문 교육자와 연구자들 사이에 동의가 이루어지지 않고 있다고 하였다.

III. 통합교육으로서의 STEM, STEAM 교육 및 융합인재교육 방법에 대한 연구

1. 통합교육과정의 방법들

STEM과 STEAM 교육, 융합인재교육은 어떤 한 분야의 학문에 한정되지 않고, 통합교육과정을 추구한다는 점을 전제로 하고 있다. 그렇다면 어떤 수준의 통합교육과정이 존재하는지를 알아볼 필요가 있다. Gresnigt *et al.*(2014)에 의하면 통합교육과정의 효과 측정을 위해서는 통합의 의미를 정의하는 문제와 관련되는데(Rennie *et al.*, 2012a), “근본적인 수준에서 연구를 설계하고, 수행하고 결과를 해석하는데 필요한 통합에 대한 공통의 정의가 존재하지 않는 것 같다”고 하였다(Czerniak, 2007).

Gresnigt *et al.*(2014)이 제시한 각 통합 방법의 특징을 간단히 제시하면 Table 1과 같다.

Gresnigt *et al.*(2014)은 통합 교육에 대해 통합의 정도에 따라 Figure 1과 같이 제시하고 있다. 이 그림에서 단계는 통합의 복잡성의 위계를 표시하며, 복잡성은 교과목간에 공유된 요소(목표, 실습, 설명, 평가 등)들의 수를 의미한다. 따라서 통합의 수준이 높을수록 더 포괄적이 되고 복잡성을 갖게 되는 것이다. 단, 이 때 Venville *et al.*(2002, p.50)은 통합의 포괄성 정도는 ‘어떤 것이 더 좋다고 말할 수 없고, 단지 다르다고 할 수 있다’라고 하였다. 따라서 Venville *et al.*(2002)의 주장을 받아들인다면 교과가 사라지고 완전한 통합교육을 실현하는 것이 더 바람직하고 더 나은 교육의 모습은 아님을 알 수 있다. 또한 이후의 논문 리뷰를 통해 기술하겠지만, STEM 교육으로 이행하기 전에 통합의 방법, 통합 내용, 교수·학습 방법과 교수 시간 등의 해결을 위한 다양한 연구들이 수행되어야 한다.

2. 통합교육에서 통합의 목적 의존성

Rennie *et al.*(2012b)은 통합교육과 관련하여 다학문적인 통합에서 간학문적인 통합 및 탈학문적인 통합으로 갈수록 더 바람직한 것으로 생각하는 것은 잘못된 것임을 지적하고 있다. 이들은 통합의 차이는 교과 경계 영역을 허무는 정도의 차이, 학생 중심 교육의 정도 차이

Table 1. Summary of approaches to integration(Gresnigt et al., 2014)

Name	Description
Isolated/cellular/fragmented	Separate and distinct subjects or disciplines. Often viewed as the traditional way of teaching
Connected/aware	Explicit connection is made between the separate disciplines, deliberately relating subjects rather than assuming that students will understand the connections automatically
Nested/fused	A skill or knowledge from another discipline is targeted within one subject/discipline. Content from one subject in the curriculum may be used to enrich the teaching of another subject
Multidisciplinary	Two or more subject areas are organized around the same theme or topic, but the disciplines preserve their identity
Interdisciplinary	In the interdisciplinary course, there may be no reference to individual disciplines or subjects. There is a loss of the disciplines' perspectives, and skills and concepts are emphasized across the subject area rather than within the disciplines
Transdisciplinary	The curriculum transcends the individual disciplines, and the focus is on the field of knowledge as exemplified in the real world

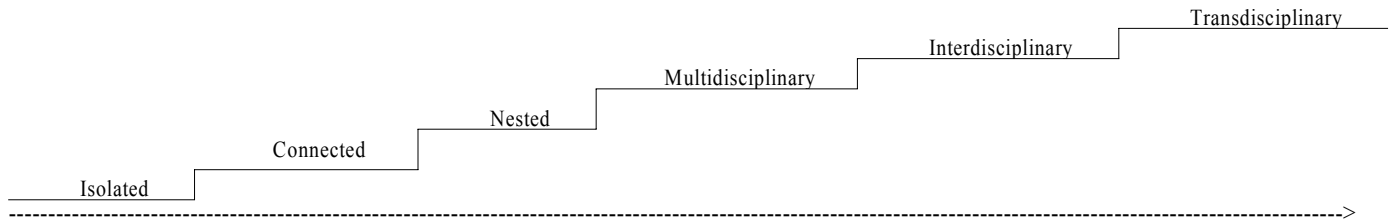


Figure 1. Model of integrated curricula. prosed correlation between the approaches to integration and the chances and needs for students and teachers(Gresnigt et al., 2014. p. 73).

지 통합의 정도가 높을수록 질적으로 더 우수한 것은 아니라고 하였다. 즉, 통합교육의 정도는 통합의 목적에 따라 판단되어야 한다고 하였다. 이에 따라 이들은 통합교육을 실시하고 있는 학교를 대상으로 통합교육에 대해 연구한 결과를 바탕으로 다음과 같이 6가지 통합교육 접근 방법을 제시하고 있다(Rennie et al., 2012b, pp.6-9).

첫 번째, 방법은 동시 접근법(Synchronized Approach)이다. 동시 접근법은 두 과목 이상의 학습 내용 중 기능, 지식, 이해할 내용의 일부가 겹칠 때 실시할 수 있는 통합교육 방법이다. 유사한 시간에 서로 다른 과목에서 거의 동시적인 내용을 제시하는 것이다. 서로 다른 과목의 교사들이 기존에 있는 주제 사이의 연결을 만들어내는 것이다. 그 예로 공통 과제를 내줄 수 있다. 이러한 방법은 다학문적인 접근 방법에 속한다. 즉, 이들 과목은 독립적으로 존재하지만 공통적인 부분을 거의 동시에 가르치는 것이다. 이러한 접근을 통해 학생들의 이해를 도와주거나 강화할 수 있는 것이다.

두 번째 접근법은 주제별 접근법(Thematic Approach)이다. 주제별 접근법이란 서로 다른 과목 사이를 함께 연결하는 특정 지역 또는 전세계적인 주제와 관련하여 교육과정을 조직하는 것이다. 통합된 단위는 단지 며칠 동안 운영될 수 있으며, 이 기간 동안 몇 가지 과목들이 상호 보완적인 방식으로 특정 주제와 관련하여 교과를 가르치는 것이다. 경우에 따라 서로 다른 과목을 서로 다른 학급에서 교사와 학생들이 주제와 관련하여 연결시킬 것을 기대하면서 분리하여 가르칠 수도 있다. 이 경우 다학문적인 접근법이 된다.

세 번째 접근법은 프로젝트 기반 접근법(Projct-based Approach)이다. 프로젝트 기반 접근법은 과제를 완성하기 위해 한 과목 이상의 지식이나 기능이 요구되며 보통 기술 또는 공학과 관련하여 계획된 과제와 관련하여 통합하는 것이다. 프로젝트를 완성하기 위해서 여러 교과와 내용이 요구되기 때문에 각 교과와 경계는 희미해진다. 주제 중심 접근법은 각 과목의 지식과 기능이 상호보완적인 방법으로 제각기 사용됨에 비해 프로젝트 중심 접근법은 각 교과와 구분이 희미해진다는 것에서 차이가 있다. 즉, 주제 중심 접근법은 다학문적인 통합인

반면 프로젝트 기반 접근법은 간학문적 통합이다.

네 번째 접근법은 범교과적 접근법(cross-curricular approach)이다. 범교과적 접근법은 수많은 과목들을 관통하는 것으로 환경적인 책무성, 협력, 팀 협동 작업과 같은 전체를 아우르는 기능, 역량, 소양, 가치, 사회적 기능에 기반한 통합을 의미하는 것으로 위에서 제시된 통합보다 더 강한 의미의 통합이다. 예를 들면 의사소통 기술을 증진시키기 위해서 디자인, 기술, 과학, 수학, 예술 등 여러 과목의 통합이 요구되는 것이다.

다섯 번째 접근법은 학교 특수 영역 접근법(School-specialized Approach)이다. 몇몇 학교들이 공학, 스포츠와 같은 특정 교과목에 초점을 두고 오랜 기간 특정 영역에 집중하는 것이다. 이 경우 학교 전체적으로 특수 영역 전문 교사가 타 교과의 교사들을 특수 영역과 관련하여 통합적으로 접근할 수 있도록 조직하는 역할을 한다.

여섯 번째 접근법은 지역 공동체 기반 접근법(Community-focused Approach)이다. 통합의 몇 가지 접근을 학교 지역 공동체의 중요성을 띠는 이슈에 기반하는 것이다. 지역 공동체 기반 접근법은 교육과정이 지역의 문제 또는 이슈의 깊이 있는 탐구를 포함하는 것이다. 이 때 학교 과목은 학생들이 이슈를 이해하고, 찾고 잠재적인 답을 알아보는 데 돕는 역할을 한다. 이 접근법은 프로젝트 기반 접근법과 유사하다. 하지만 지역 공동체 기반 접근법은 지역 공동체를 위해 실행으로 이끌 학생들의 어떤 행동으로 나타난다는 점에 차이가 있다. 학생들은 정보를 담은 브로셔를 준비하고, 환경과 관련한 혁신 정책을 취한다. 지역 공동체 기반 접근법은 간학문적인 통합으로 볼 수 있으며, 경우에 따라 실제 지역 공동체 문제에 기반하고 있기 때문에 탈학문적인 통합교육으로 될 가능성도 지니고 있다.

이상에서 Rennie et al.(2012b)이 통합교육과 관련하여 기술한 것이 적절한 분류 기준으로 수용된다면, 다양한 통합교육은 우수성과 위계에 의해 서열화될 수 있는 것이 아니라, 단지 통합의 목적과 접근 방법에 따라 구분하는 것이 타당함을 알 수 있다.

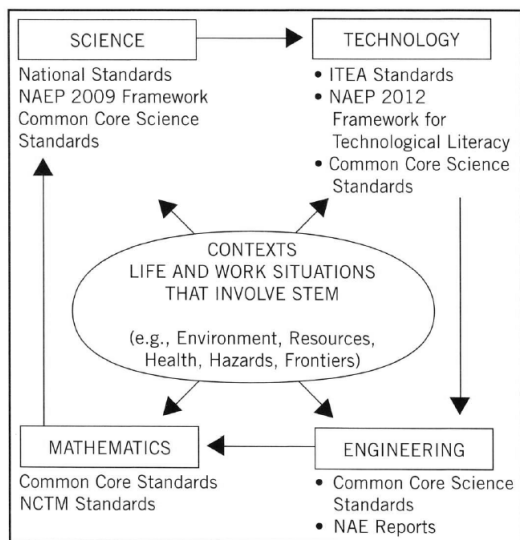


Figure 2. A Framework for Model STEM Units(Bybee, 2010)

3. 통합교육의 실행 방안의 모호성

Asunda(2012)에 따르면 개발된 105개 STEM 교육프로그램들은 STEM 교육과정 구성 요소에 대한 정의도 다르고, 프로그램 목표도 다르다는 것을 발견하였다. National Science Board(2007)는 국가적으로 잘 조직된 STEM 교육체제를 구성하는데는 ‘STEM 학습에서의 일관성 확보’와 ‘잘 교육받은 매우 효과적인 교사 공급’과 같은 두 가지 어려운 문제에 직면해 있다고 하였다. 또한 국가과학과 교육자들은 다음 사항을 위해 노력해야 한다고 하였다. 즉, 국가수준의 STEM 내용을 정의하기 위한 전략, 각 학년별로 필요한 필수 지식과 기능을 진술하고, 국가수준의 내용 지침에 부합하도록 학생 성취를 평가하기 위한 척도 개발, 그리고 NCLB에 따른 평가가 STEM 학습을 촉진하도록 하며, 고등학교와 대학 간의 연계를 개선하고, 각 개인들이 직업 세계를 잘 준비할 수 있도록 하는 지침을 개발하기 위해 노력해야 한다고 하였다(National Science Board, 2007).

일부 연구자들은 명확한 교육과정, 기준, 또는 평가 절차 없이 STEM을 현 교육에 도입하는 것에 대해 의문을 표시하기도 한다. Sanders(2009)가 STEM 교육에 대해서, 특히 교사를 위해 개발한 프로젝트의 시행에 대해서 많은 회의를 제기하였다(Williams, 2011).

Williams(2011)는 이들 프로젝트들은 일반적으로 과학, 기술, 공학, 수학을 통합시키지 못하고 이들 분야를 단편적으로 또는 일부를 제공하고 있다고 하였다. Williams(2011), Sanders(2009), Pitt(2009)는 이에 대해 학교 교과목으로서 과학, 기술, 공학, 수학의 차이점, 유사점, 관계에 대한 분명한 논의가 거의 없으며, STEM 소양의 아이디어가 훌륭하지만 교육 결과, 과학소양 및 기술소양과 관련해서 보면 문제가 있는 모호한 아이디어라고 하였다(Asunda, 2012).

4. 통합교육의 명료화 및 실행을 강화하기 위한 방안

Bybee(2010)는 STEM 교육이 슬로건을 넘어 발전하기 위해서는 STEM 교육자들이 STEM이 교육정책, 프로그램, 실천에서 실제로 무슨 의미를 갖는지 명확히 해야 한다고 하면서, STEM이 오늘날 교육에서 의미하는 바를 다음과 같이 제시하였다.

Table 2. PISA 2006 Scientific Competencies(OECD, 2006, p.29)

Identifying scientific issues
<ul style="list-style-type: none"> Recognizing issues that it is possible to investigate scientifically Identifying key words to search for scientific information Recognizing the key features of a scientific investigation
Explaining phenomena scientifically
<ul style="list-style-type: none"> Applying knowledge of science in a given situation Describing or interpreting phenomena scientifically and predicting changes Identifying appropriate descriptions, explanations, and predictions
Using scientific evidence
<ul style="list-style-type: none"> Interpreting scientific evidence and making and communicating conclusions Identifying the assumptions, evidence and reasoning behind conclusions Reflecting on the societal implications of science and technological developments

“STEM이 학교에서는 주로 과학 또는 수학을 지칭하고 있다는 발견에 근거할 때, STEM은 학교 프로그램에서 기술에 대한 강조를 증가시키는 것을 의미한다. 기술보다 우리 생활에 더 영향을 미치는 것은 거의 없으며, 그것은 ICT 이상의 것이어야 한다. STEM은 K-12에서 공학에 대한 인식의 증가를 의미한다. 공학은 두 가지 중요한 주제인 문제 해결 및 혁신을 포함한다. 공학이 학교에 일부 포함되어 있지만, 직업과 사회에 대해 기여하는 만큼은 아니다. 국가가 진정으로 혁신에 관심을 갖는다면 STEM에서 T와 E는 강조될 가치가 있다.”

Bybee의 STEM에 대한 이러한 정의는 STEM의 의미를 비교적 분명하게 하는 데 도움이 된다. National Research Council(2010)은 모든 STEM 분야는 21세기 기능을 강조하는 기회를 제시하며, 학생들은 적응력, 복잡한 의사소통, 사회적 기능, 정해지지 않은 문제해결, 자기 관리/자기 발전, 그리고 체계적 사고(systematic thinking)와 같은 21세기 기능을 발전시킬 수 있다고 기술하고 있다. 또한 STEM 프로그램에서 교사들은 학생탐구와 프로젝트가 학생들이 21세기 기능을 발달시킬 수 있도록 돕는 시간과 기회를 제시한다고 하였다. Bybee는 이와 더불어 STEM은 우리 시대에 큰 도전을 공부할 수 있는 통합 교육과정 접근법을 의미할 수 있다고 하였으며, 여기서 큰 도전이란 에너지 효율, 자원의 이용, 환경의 질, 재난 경감 등을 지칭한다고 볼 수 있다고 하였다. 그는 이러한 큰 도전과 관련하여 STEM 교육이 관여하는 모델을 제시하였다(Figure 2).

또한 OECD(2006)는 STEM 교육의 학습결과로서 사용될 수 있는 STEM 역량을 STEM 이슈 확인하기, STEM 관점에서 이슈 설명하기, STEM 정보 사용하기로 구분하여 제시하고 있다(Table 2).

Asunda(2012)는 “STEM 교육에서의 일관성 확보”라는 문제 해결에 도움을 주기 위해 STEM 교육 내용 기준을 설계할 때 고려할 사항 및 가능한 절차를 제시하였다. 그는 기술소양을 위한 기준(Standards for Technological Literacy: STL)과 국가 과학 교육 기준(National Science Education Standards: NSES)을 비교한 다음(Table 3), 같은 방식으로 STL과 Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET), 그리고 STL과 Common Core State Standards Initiative for Mathematics(CCSSI)를 비교한 후에, 기술교육(STL)에 포함된 주요 개념과 원리가 NSES, ABET, CCSSI에 걸쳐서 STEM 소양을 길러주는데 적합하다고 주장하였다(Table 4). 결국 Asunda(2012)는 미국에

Table 3. Comparison of Standards for Technological Literacy(STL) with the National Science Education Standards (NSES)(Asunda, 2012. p. 52)

NSES	A	B	C	D	E	F	G	H
STL 1	✓	✓	✓	✓	✓	●	●	✓
STL 2	✓	✓	✓	✓	✓	●	●	✓
STL 3	●	●	✓	✓	✓	●	●	✓
STL 4	✓	✓	✓	✓	✓	●	●	✓
STL 5	✓	●	✓	✓	●	●	●	✓
STL 6	✓	●	✓	✓	✓	●	●	✓
STL 7	✓	●	✓	✓	●	●	●	✓
STL 8	✓	●	■	✓	●	●	✓	✓
STL 9	✓	●	■	✓	✓	●	✓	✓
STL 10-19 생략								
STL 20	✓	●	●	✓	✓	●	✓	✓

■=denotes a correlation in ideas and concepts in both standard and outcome

✓=denotes the ideas and concepts may not be directly addressed, but the ideas are supported in both standard and outcome

●=denotes an implied idea or concept that may be used in both standard and outcome

Table 4. Depiction of some of the major concepts and principles covered in technology education courses across science, technology, engineering, and mathematics standards(Asunda, 2012, p. 55)

Concepts and Principles	NSES	STL	ABET	CCSSI
Understand and use mathematics, science, and technology	✓	3, 4, 7	A	1-8
Understand technological knowledge	F	1, 2	✓	1, 2, 5
Understand the history of technology	✓	7	✓	✓
Understand the historical significance of previous advances in technology and engineering	H	3, 7	✓	✓
.....				

서 STEM 교육이 필요하고 중요하다면, 학교에서 기술교육을 강화할 필요가 있다고 주장하였다.

Asunda(2012)의 연구는 우리나라에서도 STEM, 또는 STEAM 교육을 시작하려면 먼저 우리나라의 과학, 수학 및 기술, 또는 예술의 교육과정을 비교하여 우리나라 상황에 맞는 STEM 또는 STEAM 교육의 주요 개념과 원리 도출의 필요성을 제시한다. 이러한 개념과 원리가 도출되어야 이를 근거로 우리나라의 현 과학 교육과정 체제에서 효과적인 STEM 또는 STEAM 교육이 가능한지, 아니면 과학 교육과정에서 어떤 개념이나 원리가 보완되어야 하는지, 그리고 어떻게 보완할 수 있는지에 대한 시사점을 추출할 수 있기 때문이다. 또한 현재 우리나라 교육과정 총론 체제에서 과학과 기술은 초등학교에서는 ‘과학/실과’, 중학교에서는 ‘과학/기술가정’이라는 교과목군에 포함되어 있기 때문에 과학교육계에서 STEM 또는 STEAM 교육에 대한 정당화, 주요 개념이나 원리를 잘 체계화하지 않으면 오히려 학교 교육에서 내용 중복, 수업량의 증가 등으로 귀결될 수도 있을 것이다.

5. 과학교육 분야에서 STEM과 STEAM 교육의 접목 사례

과학교육 분야에서는 NGSS(2013)에서 STEM 교육의 취지를 반영하여, 공학과 과학을 K-12에 걸쳐서 통합하고 있다. 기술과 공학을 과학기준에 통합시키려는 아이디어는 새로운 것은 아니다. 이미 기술의 본성과 인간이 만든 세계에 대한 내용이 Science for All American(AAAS, 1989)과 Benchmarks for Science Literacy(AAAS, 1993)에 포함되어 있다. 또한 과학과 기술에 대한 기준이 1996년에 공고된 National Science Education Standards에 포함되어 있다. 그러나 공학과 기술은 과학교육과정, 평가, 교사 교육에서 전통적인 과학만큼 관심을 받지 못하는 못하였다.

NGSS(2013)에서 제시하는 STEM 교육과 그 이전 과학교육의 중요한 차이점은 공학과 기술을 과학교육의 구조에 통합시킨 것이다. 즉, 모든 학년에서 과학을 가르칠 때 교실 수업에서 공학적 설계(engineering design)를 과학적 탐구와 같은 수준으로, 그리고 공학과 기술의 핵심 아이디어를 다른 주요 과학 분야의 아이디어와 같은 위상으로 제시하였다는 점이다(NGSS, 2013).

NGSS는 기준을 제시할 때에도 과학과 기술의 실제적인 측면을 강조하여, Science and Engineering practice, Disciplinary core ideas, Crosscutting concepts의 3가지 차원으로 이를 제시하고 있다(Table 6). 여기서 ‘과학의 과정’이나 ‘탐구’ 기능 대신에 ‘실행(practices)’을 사용하는 이유는 과학적 탐구에 참여하는 것은 기능뿐만 아니라 각 실행(practices)마다 구체적 지식을 포함하기 때문이다(NGSS, 2013). 미래의 과학평가는 과학의 핵심개념을 과학과 공학의 실행 능력과 구분하여 별개로 평가하지 않을 것(NGSS, 2013)으로 보고 있는 것이다. 다음은 NGSS에서 제시한 과학과 기술 실행의 하위 요소와 NGSS에 제시된 하나의 예이다. 이를 보면 전통적인 과학탐구에서는 문제를 제기하고, 그에 대한 설명을 찾는 것으로 끝났으나, NGSS에서는 이에 더 나아가 문제를 정의하고 과학 학습에서 학습한 개념을 적용하여 그 문제 해결 방안을 설계하는 것까지 요구하고 있다(Table 5, 6). 이러한 NGSS에서 제시한 하위 요소들을 이번에 개정되는 우리나라 2015 과학 교육과정에서 기능 진술문으로 도입하고 있는 중이다.

한편, Sanders(2012)는 통합적인 STEM 교육 및 교수법과 관련하여 학습의 원리를 제시함으로써 STEM 교육을 조금 더 명료화시키기 위해 노력하였다(Table 7). Sanders가 제시한 학습의 원리는 새로운 것은 아니라 할 수 있다. 즉, 그는 이전에 학생들의 학습을 도와주기 위해 연구되어왔던 학생들의 선행 개념 이해 및 활용, STEM 지식을 상황에 맞게 조직화하기, 연명과 능력에 적합한 흥미와 동기 유발, 과제 수행

Table 5. The eight practices of science and engineering(NGSS, 2013)

1. Asking questions (for science) and defining problems (for engineering)
2. Developing and using models
3. Planning and carrying out investigations
4. Analyzing and interpreting data
5. Using mathematics and computational thinking
6. Constructing explanations (for science) and designing solutions (for engineering)
7. Engaging in argument from evidence
8. Obtaining, evaluating, and communicating information

Table 6. An Example of Next Generation Science Standards (NGSS): Arranged by Disciplinary Core Ideas

3-ESS2 Earth's System		
<Performance Expectations>		
Students who demonstrate understanding can:		
3-ESS2-1. Represent data in table and graphical displays to describe typical weather conditions expected during a particular season.		
3-ESS2-2. obtain and combine information to describe climates in different regions of the world.		
Science and Engineering Practices	Disciplinary Core Ideas	Crosscutting Concepts
Analyzing and Interpreting Data	ESS2.D: Weather and Climate	Pattern

Table 7. Principles of Learning and associated Integrative STEM Education Pedagogy(Sanders, 2012, pp.108-109)

Theory & Research-based Principles of Learning(Eberly Center for Teaching Excellence, 2012)	Integrative STEM Education ---
Students' prior knowledge can help or hinder learning. Student come into their courses	provides timely opportunities for students to activate prior knowledge.
How students organize knowledge influences how they learn and apply what they know. Students naturally make connections between pieces of knowledges. When those	provides a unique and powerful context for meaningfully organizing STEM knowledge for future retrieval/use
Students' motivation determines, directs, and sustains what they do to learn. As students gain greater autonomy over what, when, and how they	generates high levels of interest and motivation among a wide range of students of all ages and abilities.
To develop mastery, students must acquire component skills, practice integrating them, and know when to apply what they have learned. Students must develop not only component skills and knowledge necessary to perform complex task,	immerses students in the application and integration of S, T, E, & M knowledge, skills, and practices over extended periods of time.
Goal-directed practice coupled with targeted feedback enhances the quality of students' learning. Learning and performance are best fostered when students engage in practice that focuses on specific goal or criterion, targets an appropriate level of challenge, and	provides students with a specific goal(a design challenge) and ongoing feedback from peer, teachers, and from their self evaluations of their designed/made solutions.
Students' current level of development interacts with the social, emotional, and intellectual climate of the course to impact learning. Students are not only intellectual but also social and emotional beings, and they are still developing the	creates conditions for students to engage in ongoing positive, non-threatening, and reflective social interaction with their teachers, teammates, and classmates.
To become self-directed learners, students must learn to monitor and adjust their approaches to learning. Learners may engage in a variety of metacognitive processes to monitor and control their learning-assessing the task at hand,	engages students in a group design challenge that encourages them to take responsibility for their planning, self assessing, self-monitoring and reflection

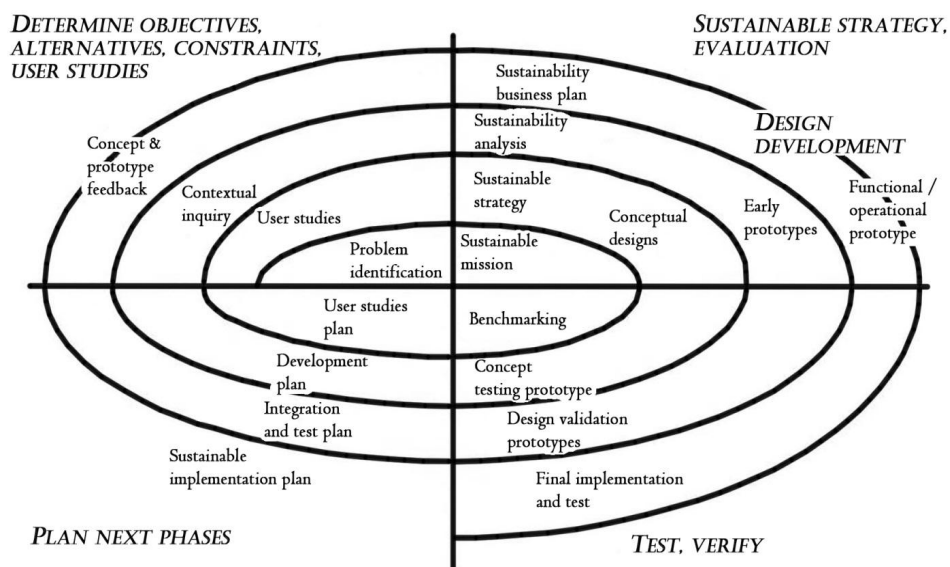


Figure 3. Spiral model of product development (Sheppard, Macatangay, Colby, & Sullivan, 2009, p.105)

에 필요한 지식과 기능, 통합적 실행 능력 개발하기, 목표 지향적 실행, 긍정적이고 반성적인 학습 상황 만들기, 자기 주도적 학습 상황 격려하기 등을 통합적인 STEM 교육의 학습 원리로 제시하고 있다. 또 다른 측면에서 보면 Sanders가 STEM 교육은 교과 통합만을 강조하기보다

기준에 연구되어 온 효과적이고 의미 있는 학습의 원리를 종합적으로 적용하는 것임을 보여주었다고 할 수 있다. 이와 유사한 연구로 Park et al.(2012)은 융합인재교육을 수업에 적용할 수 있도록 STEAM 수업 설계 틀을 개발하여 제시하였다. 이들이 제시한 STEAM 수업 설계

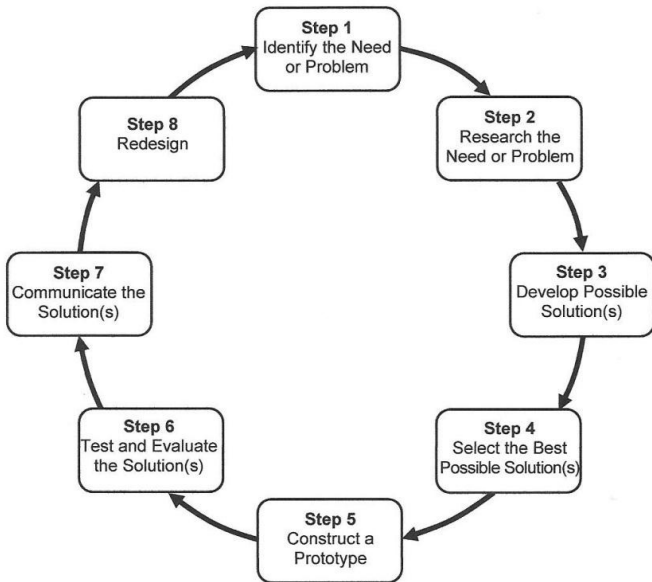


Figure 4. Massachusetts engineering design process (Massachusetts Department of Education, 2006, p.84.)

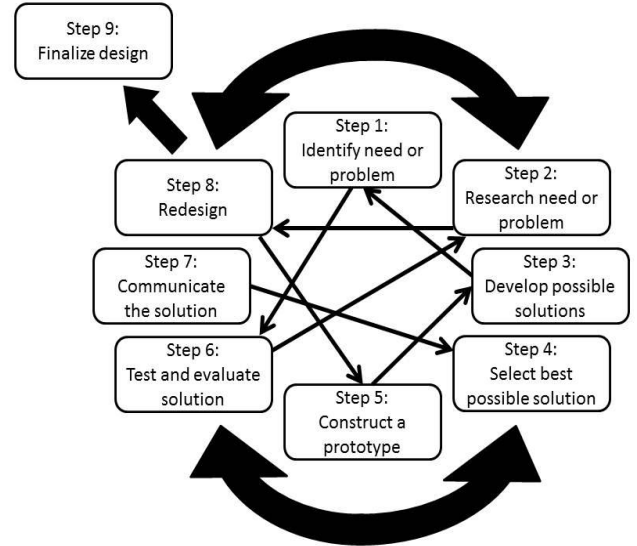


Figure 5. The NCETE engineering design model (Hynes et al., 2011, p.9)

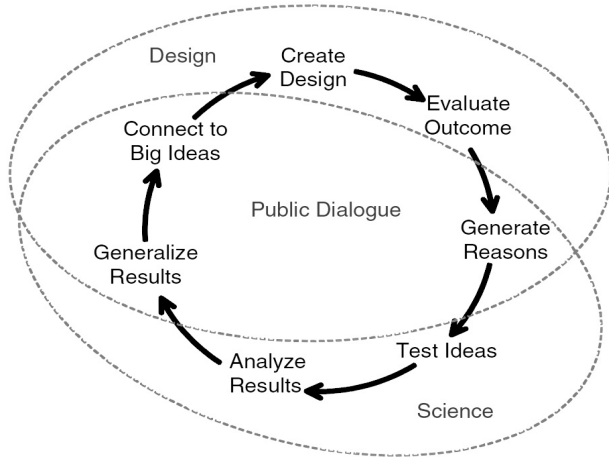


Figure 6. Learning Cycle(Apedoe et al., 2008, p.458)

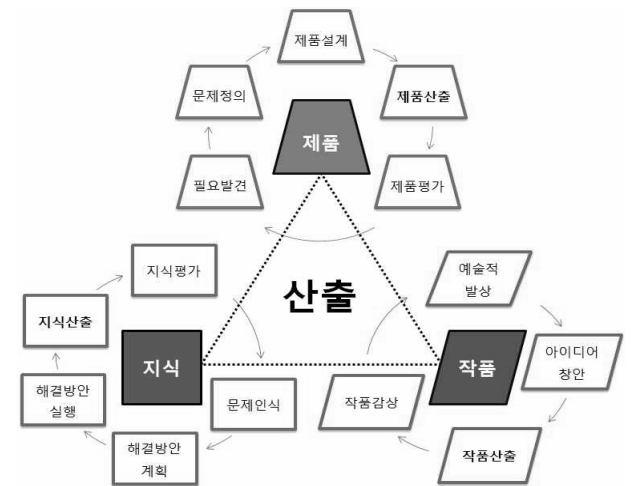


Figure 7. Creative design model(Park et al., 2012, p.542)

틀에는 크게 목표, 개념, 교육활동 준거, 보상으로 구분되며, 교육활동 준거에는 상황 제시, 내용의 융·통합, 창의적 설계, 감성적 체험을 포함시키고 있다.

6. STEM과 STEAM 교육과정 모델의 다양성 및 해결 과제

초·중·고등학교 수준에서 STEM 교육에 공학적 설계를 어떻게 적절하게 접목시킬 것인지에 대한 합의는 아직 없는 상태이다. 즉, 공학과 다른 여러 분야를 구분하는 사고와 행동 습관을 갖출 수 있도록 제공해야 할 것이 무엇인지에 대해 동의가 거의 없는 실정이다. 또한 전통적으로 수행해왔던 과학, 기술, 수학에서 설계와 대비되는 공학적 교육에서 요구되는 발달의 계열성에 대해서도 연구된 것이 거의 없다. Sheppard et al.(2009)에 의해 제시된 일반적인 공학적 설계 모델은 Figure 3과 같다. 이 과정의 시작은 문제의 정의에서 시작해서, 개념적인 설계의 개발, 프로토타입 만들기, 검증, 계속적인 실행과 숙성 과정을 거쳐 문제를 해결할 수 있는 시장성이 있는 산물로 창출되는 단계까지 진행된다. 이 모델은 정의하기, 생성하기, 검증하기, 아이디어 평가하기의 속성이 반복적이고, 밀접하게 연계된 것을 잘 보여준다. 현재는

STEM 교육에 다양한 공학적 접근 모델들이 제시되고 있다. 이러한 일반적인 공학적 설계에 기초하여 제안된 STEM 교육과 접목한 다양한 공학적 설계 모델을 제시하면 Figure 4~6과 같으며, 우리나라의 경우에도 융·합인재교육과 관련하여 Figure 7~10처럼 다양한 융·합인재 교육 설계 모델들이 제안되고 있다(Park et al., 2012; Choi et al., 2012; Kim et al., 2012; Kim, 2011). 이 4가지 융·합인재교육 설계 모델들은 조금씩 다른 관점에서 연구가 수행되었다. 먼저, Choi et al.(2012)은 델파이 조사에 기초하여 융·합인재교육의 교육과정, 접근 유형, 대상과 환경, 가치와 지향, 융·합교과가 어떤 모습이어야 할 것인지를 제시하고 있다. 이 연구는 융·합인재교육 교육과정을 모두 포괄하는 기초 연구를 수행한 것으로 이후의 연구에서 더 정교화되고, 구체화 및 타당화 과정을 거칠 필요가 있다. Kim et al.(2012), Kim(2011), Park et al.(2012)의 연구는 Choi et al.(2012)의 연구와 약간 다른 관점에서 기존 교육과정에 융·합적인 요소를 어떻게 결부시키는지에 초점이 있다. Kim et al.(2012)은 융·합 맥락, 융·합 단위, 융·합 방식의 3차원 구조로, Kim(2011)은 통합요소, 학교급, 학문통합방식의 3차원 구조에 창의성 개발을 지향하는 모델을 제시하고 있다. 즉, 융·합하는 방식에서 차이를 나타내고 있다. 그에 반해 Park et al.(2012)의 연구에서 제시된 STEAM 교육

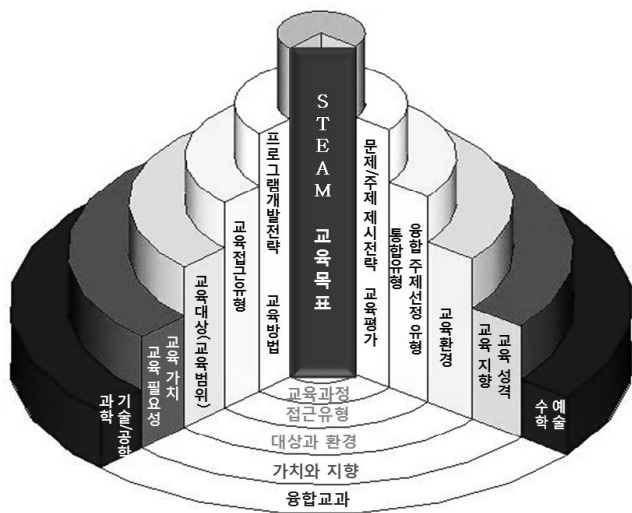


Figure 8. STEAM curriculum model (Choi et al., 2012, p.79)

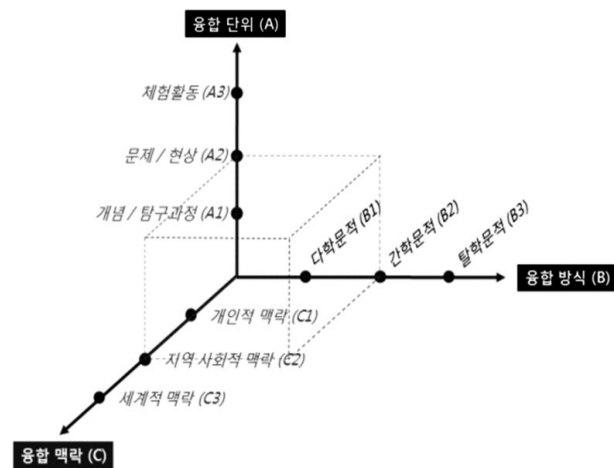


Figure 9. Ewaha-STEAM education model(Kim et al., 2012)

Table 8. The features of integrative STEM education(Sanders, 2012, p.104)

<p><Learning outcomes> As a result of one or more semesters of K-12 integrative STEM education, students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> • demonstrate integrative STEM knowledge and practices; • effectively use grade-appropriate S, T, E, & M concepts and practices in designing, making, and evaluating solutions to authentic problems; and • demonstrate STEM-related attitudes and dispositions.
<p><Scope> Integrative STEM Education ...</p> <ul style="list-style-type: none"> • is appropriate for all K-PhD grades/students; • is not intended to supplant S, T, E, & M instruction that is more effectively taught non-integratively; • may be implemented by one or more S, T, E, or M teachers in one or more classrooms/class periods; • may be implemented during and/or after the normal school day, and • should be thoughtfully and effectively articulated across multiple school grades/bands.
<p><Pedagogy> Integrative STEM Education pedagogy:</p> <ul style="list-style-type: none"> • is consistent with accepted learning principles • may be interdisciplinary, transdisciplinary, or multidisciplinary in nature (Drake, 2007); • purposefully engages students in integrative thinking that ranges from simple to complex; • purposefully engages and assesses students in the application of grade-appropriate S, T, E, & M concepts and practices in designing, making, and evaluating solutions to authentic problems; • provides a robust context for integrative STEM-related learning associated with all levels of the cognitive and effective taxonomies(Bloom et al., 1956)

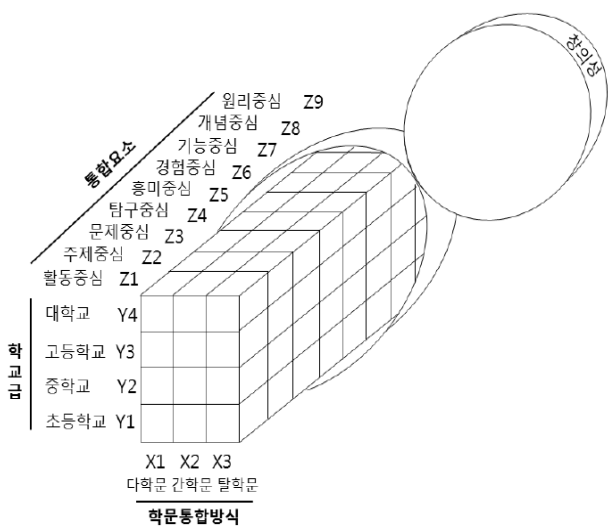


Figure 10. Cubic Model for STEAM education(Kim, 2011)

모델은 문제해결, 창의적 설계, 감성적 체험을 중시하는 것으로, 탐구 수행 과정, 공학적 설계, 예술적인 작품 산출 과정의 각 특성을 반영하여 최종 산출물은 지식 산출, 제품 산출, 작품 산출이 될 수 있음을 제시하고 있다. 이와 같이 Park et al.(2012)은 융합의 방식보다는 문제 해결, 창의적 설계, 감성적 체험과 같은 우리의 수학, 과학 교육이 안고 있는 문제를 해결하기 위한 실천이 더 강조되는 융합인재교육과정 모형이라고 할 수 있다. 이러한 융합인재교육과정 모델들에서 여전히 쟁점이 되는 것은 융합의 방식, 요소에 대해 서로 다른 관점을 가지고 있다는 점이다. 또한 융합의 3차원 구조에 포함된 각 축에 제시된 요소들이 서로 독립적인 요소인지에 대한 타당성 연구 및 3차원 구조의 각축의 요소가 만나서 결합되는 특정한 STEAM 교육 상황이 가능한지, 더 나은 결과를 가져올 것인지에 대한 연구도 필요하다.

한편, Sanders(2012)는 통합적인 STEM 교육의 특징을 학습의 결과(Learning outcomes), 범위(Scope), 교수법(Pedagogy)으로 구분하여 Table 8과 같이 제시하고 있다. 물론 Sanders가 제시하고 있는 내용들 중 아직은 명료하지 않은 부분들을 극복하기 위해 매우 다양한 연구들이 수행되고 합의점을 찾아나가야 할 것으로 예상된다.

IV. 융합인재교육의 현황 및 해결 과제

1. 융합인재교육 연구 현황

우리나라의 경우 융합인재교육은 다양한 측면에서 동시 다발적으로 전개되고 있다. STEAM 리더스 스쿨과 교사연구회를 주축으로 한 STEAM 프로그램의 개발과 적용(Han, 2013), STEAM 교육에 대한 교사의 인식 조사 연구(Kang, Lee, & Kang, 2013; Son et al., 2012; Oh, 2012; Lee, Kim, & Lee, 2011), STEAM 교육의 방향 모색 및 이론적 모형 제안(Kwon, Park, & Lee, 2011; Kim & Kim, 2013; Kim et al., 2012; Kim, 2011; Park et al., 2012; Baek et al., 2011; Lee,

Table 9. The classification of e-articles about Korean STEAM found on March 3, 2015

분야	프로그램 개발(수업모형 등)	평가도구개발	실태 조사	통합교육의 철학과 목표 규명	효과	계
과학	6(5.13)	-	8(6.84)	1(0.85)	12(10.26)	27(23.08)
수학	7(5.98)	-	-	-	-	7(5.98)
기술/가정	17(14.53)	1(0.85)	2(1.71)	5(4.27)	3(2.56)	28(23.93)
예술	12(10.26)	3(2.56)	0.00	2(1.71)	7(5.98)	24(20.51)
인문(국어,사회 등)	3(2.56)	-	-	-	1(0.85)	4(3.42)
환경	2(1.71)	-	-	-	-	2(1.71)
통합(교과통합)	10(8.55)	-	8(6.84)	6(5.13)	1(0.85)	25(21.37)
계	57(48.72)	4(3.42)	18(15.38)	14(11.97)	24(20.51)	117(100.00)

2012; Oh, 2012; Lee & Kim, 2012; Lim, 2012; Jo & Kim, 2013; Choi *et al.*, 2012), STEAM 교육을 고려한 교육과정 개발(Baek *et al.*, 2012; Lee & Cho, 2014) 등이다. 우리나라에서 2015년 3월 3일까지 대학도서관 전자저널로 등재된 ‘융합인재교육’ 관련 논문들을 몇 가지 유형에 따라 정리하면 다음과 같다(Table 9).

Table 9에서 보듯이, 융합인재교육 관련 논문 중 가장 높은 비율을 차지하는 것이 융합인재교육 관련 프로그램(수업 모형 포함) 개발로 전체 논문의 48.72%이다. 그 다음으로 비교적 연구가 많이 이루어진 것이 융합인재교육의 효과성 연구로 20.51%이며, 융합인재교육 관련 교사 및 학생의 인식 및 실태 조사가 15.38%, 통합교육의 철학과 목표 규명이 11.97%, 융합인재교육 평가도구개발이 3.42%로 나타났다. 통합교육의 철학과 목표에 대한 규명 연구가 과학 분야에서 1건, 예술 분야에서 1건이며, 수학, 인문, 환경 분야에서는 1건도 없다는 것은 융합적인 소양 연구의 기반이 매우 약함을 보이는 것이다. 이는 앞에서 과학, 기술, 수학, 공학 소양 기반이 연구된 것과 대조적인 것이다(Figure 2). 융합인재교육에서 교과 기반 연구 수행 비율을 보면 기술/가정 분야가 28%로 가장 높고, 과학 27%, 예술 24%, 수학 7%, 인문 4%, 환경 2%로 나타났다. 이러한 결과를 볼 때 융합인재교육이 특정 과목에 치우쳐 연구가 수행되고 있음을 알 수 있다. 특히 예술 분야가 24%가 상당히 높은 반면, 수학, 인문, 환경 분야는 매우 낮은 수준의 연구가 수행되고 있음을 알 수 있다.

2. 융합인재교육의 해결 과제

우리나라의 융합인재교육은 외국의 STEM 및 STEAM 교육에 기반하여 생성되었기 때문에 외국의 STEM 또는 STEAM 교육이 안고 있는 문제점 및 해결해야 할 과제와 공유하는 부분이 많다. 따라서 융합인재교육의 문제점 및 해결 과제를 추출하기 위해 외국의 STEM 교육 또는 STEAM 교육에서 제시된 문제점 및 해결해야 할 과제 중 융합인재교육과 공유되는 것들을 명료화할 필요가 있다. 이에 STEM과 STEAM 교육 및 융합인재교육의 선행 연구의 리뷰를 통해 융합인재교육의 실행 강화를 위해 해결해야 할 과제를 제안하면 다음과 같다.

첫째, STEM과 STEAM 교육 모형의 애매성에 있다. 이와 관련하여 Lee & Kim(2012)은 다음과 같이 문제점을 제시하고 있다.

“우리나라 융합인재교육은 외국의 STEM 교육과 유사하다. 따라서 STEAM 교육이 갖는 제한점을 우리나라 융합인재교육이 그대로 갖는다고 할 수 있다. 게다가 융합인재교육의 기본 방향, 총론 연구와 수업 모델 연구단에서 강조하고 있는 바가 조금씩 다르다는 점도 문제다. 더구나 융합인재교육의 실행을 위해 제안된 Kim(2011), Kim *et*

al.(2012)의 모형은 모든 것을 다 포함하는 듯이 보이지만, 실제로는 아무 것도 할 수 없는 모형일 수도 있다. Kim(2011)의 모형에서 제시된 통합요소들은 중복되면서, 그보다 훨씬 많은 가능성을 오히려 제한할 수도 있다. 또한 Kim *et al.*(2012)의 경우에는, 융합단위, 융합맥락의 의미가 불분명하며, 제시된 요소들의 관계가 명료하지 않고, Kim(2011)의 것과 같이 오히려 다양한 활동을 제한할 가능성이 있다.”

Park *et al.*(2012)의 연구에서 제안된 융합인재교육의 수업 설계를 위한 준거 틀을 보면 융합인재교육의 실행과 관련한 몇 가지 모형의 애매성이 인지된다. 이 준거 틀에는 기존의 교육과정에서 교과의 핵심 개념 또는 아이디어가 제시되지 않고 있다. 즉, 융합인재교육 개념으로 흥미 증진, 실생활 연계, 융합적 사고력 배양만 제시되고 있을 뿐이다. 이러한 문제는 Kim(2011)과 Kim *et al.*(2012)이 제시한 융합인재교육 모형에서도 마찬가지로 적용된다. 그에 반해 NGSS(2013)가 발표한 차세대 교육과정 기준의 한 예인 Table 5를 보면 교과의 핵심 개념을 중심으로 과학 및 공학적 실천과 간학문적 개념이 제시되고 있다. 이와 같이 기존의 교육과정에서 중시되는 핵심 개념 또는 아이디어는 융합인재교육에서도 여전히 중요한 핵심 내용이 되어야 할 것이다. 융합인재교육의 수업 준거 틀과 관련한 두 번째 애매함은 설계의 복잡성과 관련되어 있다. 복잡성은 수업 설계 틀이 너무 복잡하여 현장 교사들이 실천하기에는 너무 부담스럽고 어렵다는 의미이다. 이것은 Kim(2011)과 Kim *et al.*(2012)이 제시한 융합인재교육 모형에서도 같은 문제이다. 창의적이고 혁신적인 교육과정의 실행의 성공 여부는 복잡성의 문제와 매우 밀접한 관련이 있다(Fullan, 2001). 현장의 교사들이 비교적 명료하게 인식하고, 실천하기 용이하도록 융합인재교육 모형과 수업 설계를 위한 준거 틀을 단순화시킬 필요가 있다.

둘째, STEM 또는 STEAM 교육과 같은 통합교육과정을 실행할 때 새롭게 생성되는 문제인데, 그것은 교과 지식의 제공 방법과 약화 문제와 학교급별 계열성의 조직과 관련한 문제이다. Lee & Kim(2012)은 이러한 문제점을 다음과 같이 제시하고 있다.

“전문가 집단에서 융합을 하는 경우라면, 필요한 영역의 전문성을 가진 사람들이 모여서 다학제, 학제간, 초학제적 연구가 필요한 만큼 수행되겠지만, 그렇지 않은 초등학생들에게 공학적 문제해결을 하게 한다면, 우선 이에 필요한 교과지식을 어떻게 제공할 것인가가 관건이 될 것이다.”

“전이 가능한 간학문적 ‘주제적 개념’은 누가 어떻게 선정할 것이며, 학교급 별로 계열성을 어떻게 조직할 것인가에 대한 논의가 포함되지 않는다면, 이는 학습자 스스로 구성할 수 없는 것이 된다. 따라서 이러한 수업은 자칫 손과 모뎀 바쁜 활동중심의 전학문적 수업이 되고 말 가능성이 크다.

사실 교과 지식의 약화 문제는 초등학교에만 한정된 것이 아니다. Gresnigt *et al.*(2014)은 수학 내용은 과학과 기술 단원에 통합이 어렵다. 특히 수학교사는 교육과정상에 공간이나 시간이 없었다고 말하고 있다. 유사한 문제는 다른 프로젝트에서도 나타나고 있다. Seeds/Roots 프로젝트에 대한 연구자는 교육에서 언어에 대한 강조로 인해 과학의 발전을 더디게 할 수 있다는 가설을 제시하였다(Goldschmidt & Jung, 2011). Wee 프로젝트에서도 학생들은 원하는 대로 탐구하는 자유가 없었다. 주어진 시간에 맞게 탐구를 선택해야 했다고 하고 있다(Anderson *et al.*, 1997). Wicklein(2006)과 Kelly *et al.*(2010)은 공학적 기반 문제해결력 평가 연구에 참여한 고등학생들은 심화 수학까지 이수한 학생들이었지만, 공학적인 설계 과정에 수학적 모델링과 분석과 같은 수학적 기능을 사용하는 빈도가 매우 낮았다고 보고하고 있다. 본래 STEM 교육은 수학, 과학적인 소양을 강화할 목적으로 도입되었지만 실질적으로 학생들은 수학적 기능을 STEM 교육에 의도적으로 의미 있게 적용하지는 못함을 나타낸 것이다. 따라서 실생활 상황에서 설계 기반 문제해결력을 강화한 융합인재교육이 창의적인 설계, 감성적 체험의 경험은 제공할 수 있지만, 실제적으로 수학과 과학의 지식 및 기능을 학생들이 의도적으로 깊이 있게 적용하지 못한다면 융합인재교육이 의도했던 수학과 과학 소양 강화라는 목적은 달성할 수 없을 것이다. 따라서 융합인재교육과 관련한 교육과정 모델들이 수학과 과학 소양 강화에 실제적으로 기능할 수 있도록 하는 방안을 찾을 필요가 있다.

셋째, 융합인재교육과 기존 교육과정의 목적과 평가 사이의 갈등이다. AIMS 프로젝트에서는 새로운 활동을 교육과정과 연계시키는데 문제가 있었고(Deal, 1994), IDEAS 프로젝트에서는 읽기/언어 수업을 위한 대안적 지도 방법은 주 교육과정 및 표준화시험과 부합하지 않는다는 염려가 제기되었다(Romance & Vitale, 2008). 이러한 문제점을 고려할 때 우리나라 교육의 중점을 어디에 둘 것인지에 대한 정책적이고 사회적인 방향 수정이 요구된다. Kim, Kim, & Lee(2013)는 학업성취관련 요인들이 융합인재교육 교과목 흥미 다양성에 미치는 영향을 조사한 결과 중학생이 고등학교로의 진학과정에서 교과에 대한 흥미 다양성이 급감한 것을 분석하였다. 이러한 결과에 대해 연구자들은 우리나라 중고등학교 교육과정이 학생들의 ‘관심과 흥미에 봉사하는 교육’이기보다는 대학 입시를 위한 ‘성적에 봉사하는 교육’임을 암시한다고 하였다. 즉, 융합인재교육은 수평적인 융합, 교과에 대한 관심과 흥미가 강조되는 것에 비해, 지금까지의 우리 교육은 수직적인 교육의 깊이를 더 강조해온 것이다. 즉, 기존의 교육에서 중시하는 평가는 교과 내용의 수직적인 깊이인데 반해 융합인재교육에서 추구하는 평가는 수평적인 융합을 강조함에 따라 중학교에서 고등학교로 갈수록 학생들은 융합인재교육에 대한 관심이 떨어질 수 밖에 없는 문제를 어떻게 극복할 것인가가 융합인재교육의 또 하나의 해결 과제이다. 또한 융합인재교육의 평가와 관련하여 Gresnigt *et al.*(2014)이 제시한 것처럼 고등사고기능을 학교에서 어떻게 평가할 것인지에 대한 문제도 해결되어야 한다. 우리나라가 안고 있는 교육적인 취약점을 고려할 때 융합인재교육의 필요성에는 동의하지만, 목표가 고등사고기능을 성취하는 것이고 이를 평가해야 한다면 쉬운 문제가 아닐 것이다.

이 외에도 융합인재교육의 성공적인 실행을 위해 해결해야 할 과제로 융합인재교육에 전문성을 갖춘 교사 양성, 융합인재교육에 대한 재정적 지원 문제 등이 있다. Gresnigt *et al.*(2014)의 연구에 의하면

STEM 교육의 재정적인 측면과 관련하여 다음과 같은 문제점이 제시되었다. 즉, STEM 프로그램을 수행함에 있어 재료가 비싸서 예산확보가 어려웠고, 자료 보관 공간 문제 등이 대두되었다. 통합 프로그램 적용 결과 단기간에는 향상이 있었지만, 계속하면 효과가 지속적이지, 그리고 예산 지원도 계속될지, 만일 외부의 예산지원이 중단되면 학교가 계속해서 기꺼이 노력을 지원할 수 있을지 등에 대한 문제가 제기되었다.

V. 결론 및 논의

본 연구의 목적은 우리 교육에 STEAM 교육을 적극적으로 도입하고 이를 실행함에 있어 해결해야 할 과제들을 명료화하기 위한 문제인식에서 출발하였으며, 이를 위해 STEM과 STEAM 교육, 융합인재교육과 관련한 여러 문헌 조사를 통해 문제를 명료화하고 어떤 과제를 해결해나가야 할 것인지를 제안하는데 있다고 하였다. 현재까지 STEM, STEAM 교육 및 융합인재교육에 대해서 필요성 등은 제시되고 있으나, 과학교육 분야에서 이들에 대한 구체적인 정의, 교육목표, 교육과정 구성, 학습지도 및 평가 원리와 방법 등에 대한 구체적인 연구나 합의가 아직 없다. 이에 따라 우리나라에서 흔히 사용되는 “융합” 교육과정이라는 용어 사용도 검토가 필요하다. 통합 교육과정은 통합의 정도에 따라서 여러 차원이 있는데, 가장 높은 차원의 것이 탈교과적인 통합이고, 그 다음이 간 학문적인 통합이며, 그 다음은 다학문적인 통합인데 어느 것이 좋거나 나은 방법이 아니라 통합교육의 목적에 따라 접근법을 다르게 하는 것이 적절하다. 즉, 통합교육은 지도할 내용 요소, 지도 학생, 주어진 여건 등에 따라 통합의 정도가 달라져야 한다. 그런데 우리나라에서 사용하고 있는 ‘융합’은 그 의미가 완전 통합이 이루어져 교과가 구분이 안되는 정도(fusion)라는 느낌을 준다. 그럴 경우 과연 학교 교육에서 그러한 통합 내용을 구성할 수 있고 지도 가능한 것이 얼마나 될지 의문스럽다.

바람직한 Integrative STEM 교육이 되기 위해서 Sanders(2009)는 기존 교과 통합 프로그램과 달라야 한다고 하였기 때문에 Gresnigt 등(2014)이 고찰한 기존 통합교육과정 또는 프로그램 리뷰를 통해 제시한 문제가 보다 더 크게 나타날 것으로 예측된다. 해결 방법은 제시된 STEAM 교육과정 모델을 구성하는 요소들 중 서로 어울리는 영역 및 내용요소끼리 선별적으로 통합하는 과정을 거쳐 최적 요소를 찾는 것에서 출발될 수도 있다. 그럴 경우 당연히 적용 가능한 교수학습 방법도 다르게 될 것이다.

특히, 최근 강조되고 있는 우리나라 융합인재교육의 성공적인 정착 여부는 체계적인 실험 연구 수행 이후의 적용에 있다고 본다. 우리나라 융합인재교육은 비교적 짧은 기간에 다방면으로 연구가 수행되고 있으며, 그 이론적 토대나 적합한 모델의 체계적인 검증 과정 없이 학교 현장에 바로 적용되고 있는 상황이다. 하지만 실제 적용 모습을 살펴보면 여러 문제점을 발견할 수 있다. 또한 다양한 융합인재교육 이론과 교육모형들이 일관된 용어와 체계로 제시되지 않아 융합인재교육 실현에 혼선을 초래하고 있다(Jo & Kim, 2013). 한 가지 예로 융합인재교육 수업을 구성하는데 있어서 핵심적인 개념이나 통합의 가능성을 가진 내용 요소를 확인 및 추출하여 체계성과 연계성을 만들어내는 단계가 없다. 즉, 융합인재교육을 과학, 기술, 공학, 예술, 수학 교과 내용의 단순한 결합으로 이해하거나, 각 교과와 관련된 여러 가지 활동

을 제공하는 것으로 인식하고 있다. 그 결과 융합인재교육 수업에서 한 교과가 중심이 되면서 다른 교과는 일부 인용되거나 언급되는 수준이거나 체험 중심의 활동 수업으로 나타나고 있다. 또한 융합인재교육과 통합 교육과정에 대한 교사의 전문성이 부족하여 각 교과와 핵심 개념이나 기능을 판단하여 통합교육과정을 구성하기 어려운 실정이다 (Lim, 2012).

이와 같이 과학교육에서 STEM 및 융합인재교육을 위해서 연구하고 해결해야 할 것이 많이 있지만, 지금 상황에서 그러한 문제가 해결될 때까지 기다릴 수는 없고 현 상황에서 적용 가능한 방안을 모색해야 한다. 우리나라에서는 초등학교에서 과학 교과에 대한 수업시간이 정해져 있고, 지도할 내용도 제시되어 있다. 따라서 정규 과학 수업시간에 추가 시간이 확보되지 않은 상황에서 타 교과 내용을 포함하는 통합적 수업은 어렵기 때문에 정규 과학 시간에는 타 교과 맥락을 과학 수업에 적용하거나 타 교과에서 학습한 지식이나 기능을 연계하거나 활용하는 수업이 주가 될 것이다.

이상에서 논의한 것을 토대로 교육과정, 교수학습, 평가 측면에서 우리나라 융합인재교육과 관련하여 시사점을 제시하면 다음과 같다.

교육과정 측면에서 보면 기존 과학에서도 내용이 많고 수업 시간이 부족하여 활동 중심 과학 수업이 어려운데, 과학 외의 다른 교과 내용 요소가 통합될 경우 시간 부족과 그로 인한 문제는 심각할 것이다.

관련된 교과 내용 및 개념 체계에 대한 고려 없이 아무렇게나 통합할 경우, 중복성 문제도 심각하게 대두될 것이다. 따라서 현재 개정이 진행되고 있는 2015 과학 교육과정에서는 미국의 NGSS(2013)에서 제시하는 기준과 달리 기존의 과학 개념 체계 내에서 공학적 설계의 취지를 반영하는 수준에서 도입하려고 시도하고 있다. 또한 우리나라에서 STEM 4과목을 모두 통합한 교육과정이나 프로그램을 개발하는 것은 현실적으로 어려움이 있다. 더구나 STEAM의 경우는 더욱 그러하다. 따라서 초등학교 및 중학교, 그리고 고등학교 공통과학 수준까지는 실과 및 기술을 과학과 통합하여 ‘과학과 기술’이라는 교과목을 만들고 시간수도 늘리는 방안을 검토해야 할 것이다. 다른 교과의 경우는 교육과정에서 중요하게 다루는 내용 중심으로 교수학습 단계에서의 연계 방안을 찾아야 하고, 연계되는 내용을 제시해야 할 것이다.

교수학습 측면에서, 한 교사가 통합된 여러 분야를 지도할 전문성을 확보하는 것은 불가능하다. 그럴 경우 자칫 수업의 질이 낮아질 수 있는 위험이 있다. 여러 전공 교사가 참여할 수 있는 팀티칭의 전략이 연구되고, 이를 위한 학교 운영 방안 등도 마련되어야 할 것이다.

평가 측면에서 융합인재교육 과목의 평가는 융합인재교육의 방향에 직접적인 영향을 미칠 것이다. 기존 교과목이 존재하는 상태에서 과학에서 융합인재교육을 실시할 경우, 기존 과학과 평가 목표와 영역 외에 다른 교과 요소는 어떻게 평가할 것인가에 대한 문제가 제기될 것이다. 학업성취도나 수능과 같은 국가수준의 시험에서 평가는 어떻게 할 것인지에 대한 문제가 고려할 대상이며, 해결되어야 할 문제도 매우 많다. 학교 내 평가에서도 융합인재교육에서는 구체적 실행을 강조한다. 그럴 경우 수행평가가 보다 강조되어야 하는데, 교사의 평가권과 평가 결과에 대한 신뢰가 확보되어야 할 것이다.

Zakaria(2015)가 워싱턴 포스트지에 ‘미국인들이 STEM 교육에 집착하는 것이 왜 위험한가?’라는 토픽으로 견해를 밝힌 바에 의하면, 미국 학생들이 PISA나 TIMSS 같은 국제학업성취도 평가 결과에서 수학과 과학 성적이 낮다고 STEM 교육을 강조하는 것은 바람직하지

않다고 주장하고 있다. 단순히 수학과 과학 성적이 중요한 것이 아니라 수학과 과학을 진정으로 즐기고, 자신감을 갖는 것이 무엇보다도 중요하게 교육되어야 된다고 강조하였다.

따라서 융합인재교육이 학교에 도입 정착되기 위해서는 아직도 많은 기초 및 실행 연구가 뒷받침되어야 한다. 사회적 맥락 속에서의 과학기술 교육을 주창하는 STS 교육에 관한 기초 연구나 저작물, 프로그램 개발에 비하면 융합인재교육은 이제 출발 단계이다. 그러한 연구 결과에 따라 점진적으로 적용을 확대해야 한다.

국문요약

우리나라는 2011년부터 체계적으로 융합인재교육 연구를 수행하기 시작하여 수많은 프로그램을 개발해오고 있으며, 교육과정에도 구체적으로 반영할 움직임을 보이고 있다. 이에 STEM, STEAM 교육에 관한 수많은 논문들의 리뷰를 통해 이 교육의 특징, 문제점, 해결해야 할 과제를 명료화할 시점이 되었다고 본다. 따라서 본 연구는 STEM과 STEAM 교육과 관련한 많은 국내외 논문들의 리뷰를 통해 이들 교육의 특징 및 문제점을 명료화하고 이를 통해 우리나라 융합인재교육의 해결 과제를 제안하는 데 있다. 본 연구를 통해 얻은 의미 있는 결과는 다음과 같다. 첫째, 다양한 통합교육과정의 접근 방식은 통합의 목적에 따라 구분되는 것이지 우월성의 차이로 구분될 수 없음을 제시하였다. 둘째, STEAM 교육과 같은 통합교육과정은 이전의 교육과정에서 강조된 수직적 깊이보다 교과 융합과 같은 수평적 연계를 중시하는 특징이 있다. 이에 따라 교과 지식과 수직적인 연계성이 약화될 수밖에 없다. 이러한 문제점을 극복하기 위해서는 기존의 교육과정에서 강조되었던 핵심 개념과 기능이 STEAM 교육에서도 강조되어야 하며, 이와 더불어 기존의 각 교과의 핵심 개념과 기능에 대한 비교 연구가 선행되어야 함을 제시하였다. 셋째, 우리나라 융합인재교육의 연구 현황을 제시하고, 그 한계와 극복해야 할 사항을 제시하였다. 넷째, 이러한 리뷰 연구 결과를 토대로 현 상황에서 적용 가능한 STEAM 교육의 접근 방안의 예를 제안하고, 교육과정, 교수학습, 평가 측면에서 우리나라 융합인재교육에서 해결해야 할 과제와 시사점을 제안하였다.

주제어: STEM 교육, STEAM 교육, 융합인재교육, 논문 리뷰, 통합교육과정, 수평적 연계

References

- American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1989). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.
- American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1993). *Benchmarks for scientific literacy*. New York: Oxford University Press.
- Anderson, T. H., West, C. K., Beck, D. P., Macdonell, E. S., & Frisbie, D. S. (1997). Integrating reading and science education: On developing and evaluating WEE science. *Journal of Curriculum Studies*, 29(6), 711-734.
- Apedoe, X. S., Reynolds, B., Ellefson, M. R., & Schunn, C. D. (2008). Bringing engineering design into high school science classrooms: The heating/cooling unit. *Journal of Science Education and Technology*, 17(5), 454-465.
- Asunda, P. A. (2012). Standards for Technological Literacy and STEM Education Delivery Through Career and Technical Education Programs. *Journal of Technology Education*, 23(2), 44-60.

- Baek, S., Kim, J., Choi, S., Lee, Y., Choi, J., Yang, K., Jeong, K., Choi, J., Lee, S., Jun, M., & Kim, K. (2012). The development of curriculum for pre-service teachers of secondary school. *Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity*, 2012-27.
- Baek, Y., Park, H., Kim, Y., Noh, S., Park, J., Lee, J., Jeong, J., Choi, Y., & Han, H. (2011). STEAM education in Korea. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 11(4), 149-171.
- Bevins, S. (2012). STEM: Moving the liberal arts education into the 21st century. *Technology and Engineering Teacher*, 71(4), 10-13.
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of educational objectives: the classification of educational goals; Handbook I: Cognitive Domain* New York, Longmans, Green.
- Brown, R., Brown, J., Reardon, K., & Merrill, C. (2011). Understanding STEM: Current perceptions. *Technology and Engineering Teacher*, 70(6), 5-9.
- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30-35.
- Choi, Y., Noh, J., Lee, B., Moon, D., Lee, M., Chang, Y., Park, G., Son, D., Lim, Y., & Lee, E. (2012). Development of STEAM curriculum model for cultivating of creative and integrative thinking person. *Korean Technology Education Association*, 12(3), 63-87. Retrieved from DBpia database.
- Czerniak, C. M. (2007). Interdisciplinary science teaching. In S. K. Abell & N. G. Lederman(Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 537-559). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Deal, D. (1994). A look at project AIMS. *School Science and Mathematics*, 94, 11-114.
- Drake, S. M. (2007). *Creating Standards-Based Integrated Curriculum: Aligning Curriculum, Content, Assessment, and Instruction*. Corwin Press, A SAGE Publications Company. 2455 Teller Road, Thousand Oaks, CA 91320.
- Eger, J. M. (2011). National Science Foundation slowly Turning STEM to STEAM. Retrieved from http://www.huffingtonpost.com/john-m-eger/national-science-foundati_b_868449.html.
- Fullan M.(2001). *The New meaning of educational change*. N.Y & London: Teachers College, Columbia Unisity Press.
- Goldschmidt, P., & Jung, H. (2011). Evaluation of seeds of science/roots of reading: Effective tools for developing literacy through science in the early grades-unit on planets and moons. Los Angeles, CA: National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student Testing (CRESST).
- Gresnigt, R., Taconis, R., Keulen, H., Gravemeijer, K., & Baartman, L. (2014). Promoting science and technology in primary education: a review of integrated curricula, *Studies in Science Education*, 50(1), 47-84.
- Han, H. (2013). The analysis of research trends on STEAM instructional program and the development of mathematics-centered STEAM instructional program. *Communications of mathematical education*, 27(4), 523-545.
- Hynes, M., Portsmore, M., Dare, E., Milto, E., Rogers, C., Hammer, D., & Carberry, A. (2011). Infusing engineering design into high school STEM courses. Retrieved from the National Center for Engineering and Technology Education website: <http://ncete.org/flash/pdfs/Infusing%20Engineering%20Hynes.pdf>
- Jo, S., Kim, H. (2013). An analysis of STEAM curriculum elements through the review of STEAM education literature. *The Journal of Elementary Education*, 18(0), 19-39.
- Kang, C., Lee, S., & Kang, K. (2013). Secondary school teachers' perception on STEAM education and their satisfaction on teachers' training program. *Journal of Educational Studies*, 15(2), 1-12.
- Kelley, T., Brenner, D. C., & Pieper, J. T. (2010). PLTW and Epics-High: Curriculum Comparisons to Support Problem Solving in the Context of Engineering Design. Retrieved from http://digitalcommons.usu.edu/ncete_cstudies/16/.
- Kim, B., & Kim, J. (2013). Development of analysis framework for exploring PCK type in STEAM education, *Korean Technology Education Association*, 13(2), 63-85.
- Kim, D., Kim, M., & Lee, W. (2013). Factors associated with the breadth of interest toward various subjects in a school curriculum. *Korean Journal of Sociology of Education*, 23(3), 31-58.
- Kim, J. (2011). A cubic model for STEAM education. *Korean Technology Education Association*, 11(2), 124-139.
- Kim, S., Chung, Y., Woo, A., & Lee, H. (2012). Development of a theoretical model for STEAM education. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 32(2), 388-403.
- Kwon, H., Park, K., & Lee, H. (2011). Integrative STEM (science, technology, engineering, and mathematics) education: Contemporary Trends and Issues. *Secondary Education Research*, 59(3), 729-762.
- Lee, C. (2012). Recent trends and dilemma of STEM education in the United States. *Korean Association of Practical Arts Education*, 25(4), 101-122. Retrieved from DBpia database.
- Lee, D., Kim, K., & Lee, C. (2011). The recognition and needs by technology teachers about STEAM education. *Korean Technology Education Association*, 11(2), 159-180.
- Lee, K., & Kim, K. (2012). Exploring the meanings and practicability of Korea STEAM education, *The Journal of Elementary Education*, 25(3), 55-81.
- Lee, M., & Cho, M. (2014). The suggestion of field applications based on the Multiple Menu Model for a STEAM curriculum. *The Journal of Curriculum Studies*, 32(1), 77-102.
- Lim, Y. (2012). Problems and ways to improve Korean STEAM education based on integrated curriculum. *The Journal of Elementary Education*, 25(4), 53-80.
- Massachusetts Department of Education. (2006). *Massachusetts science and technology/engineering curriculum framework*. Malden, MA: Retrieved from <http://www.doe.mass.edu/frameworks/scitech/1006.pdf>
- Merrill, C., & Daughy, J. (2010). STEM education and leadership: A mathematics and science partnership approach. *Journal of Technology Education*, Vol. 21(2), 21-34.
- Morrison, J. (2006). TIES STEM education monograph series, attributes of STEM education. *The Student The School The Classroom*. Retrieved from http://www.tiesteach.org/documents/Jans%20pdf%20Attributes_of_STEM_Education-1.pdf
- National Research Council (NRC). (2010). *Exploring the intersection of science education and 21st century skills: A workshop summary*. Washington, DC: National Academies Press.
- National Science Board. (2007). *A national action plan for addressing the critical needs of the U.S. science, technology, engineering and mathematics education system*. Retrieved June 9, 2014: http://www.nsf.gov/nsb/documents/2007/stem_action.pdf
- NGSS (2013) *Next Generation Science Standards: For States, By States*. The Standards. The National Academy Press.
- Oh, H. (2012). An analysis of changes on the science teachers stages of concern on STEM education and STEM-PCK. Department of Science Education, Graduate School, Kyungpook National University
- Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2006). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: A framework for PISA 2006*. aris: OECD.
- Park, H., Kim, Y., Noh, S., Lee, J., Jeong, J., Choi, Y., Han, H., & Baek, Y. (2012). Components of 4C-STEAM education and a checklist for the instructional design. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 12(4), 533-557.
- Pitt, J. (2009). Blurring the boundaries – stem education and education for sustainable development. *Design and Technology Education: An International Journal*, 14(1), 37-48.
- Platz, J. (2007) *How do you turn STEM into STEAM? Add the Arts!*. Retrieved from <http://www.oaee.net/index.php/en/resources/educator/stem-to-steam>.
- Rennie, L. J., Venville, G. J., & Wallace, J. (2012a). *Knowledge that counts in a global community: Exploring the contribution of integrated curriculum*. London: Routledge.

- Rennie, L., Wallace, J., & Venville, G. (2012b). Exploring curriculum integration-why integrate? In Rennie, L., Venville, G., & Wallace, J.(ed.), *Integrating science technology, engineering, and mathematics*(pp. 1-11). London: Routledge.
- Romance, N. R., & Vitale, M. R. (2008, November 12). Perspectives for improving school instruction and learning: An interdisciplinary model for integrating science and reading in grades K-5. Paper presented at the Committee on Education Workshop on Education Lecture Series, University of Chicago, Chicago, IL.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEM mania. *the Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Sanders, M. (2012). Integrative STEM education as “ best practice”. Paper presented at 7th biennial International Technology Education Research Conference. Queensland, Australia.
- Sheppard, S. D., Macatangay, K., Colby, A., & Sullivan, W. M. (2009). *Educating engineers: Designing for the future of the field*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Son, Y., Jung, S., K, S., Kim, H., & Kim, D. (2012). Analysis of prospective and in-service teachers'awareness of STEAM convergent education. *Studies in Humanities and Social Sciences*, 13(1), 255-284.
- Tarnoff, J. (2010). STEM to STEAM—recognizing the value of creative skills in competitiveness debate. Retrieved from http://www.huffingtonpost.com/join-tarnoff/stem-to-steem-recognizing_b_756519.html.
- Tsupros, N., Kohler, R. & Hallinen, J. (2009). *STEM education: A project to identify the missing components*, Intermediate Unit 1 and Carnegie Mellon, Pennsylvania.
- Venville, G. J., Wallace, J., Rennie, L. J., & Malone, J. A. (2002). Curriculum integration: Eroding the high ground of science as a school subject? *Studies in Science Education*, 37, 43-84.
- Wicklein, R. C. (2006). Five good reasons for engineering design as the focus for technology education. *The Technology Teacher*, 65(7), 25-29.
- Williams, P. J. (2011). Stem education: Proceed with caution. *Design and Technology Education*, 16(1), 26-35.
- Williams, P. J. (2010). Musings about Technology and Engineering Education. *Journal of Technology Education*, 21(2), 2-9.
- Yakman, G. (2011). Introducing teaching STEAM as a practical educational framework for Korea. *STEAM Education International Seminar and STEAM teachers orientation workshops*. Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity, 2012-27.
- Yakman, G. (2008). *STE@M Education: An overview of creating a model of integrative education*. Retrieved from <http://steamedu.com/wp-content/uploads/2014/12/2008-PATT-Publication-STEAM.pdf>.
- Zakaria, F. (2015). Why America's obsession with STEM education is dangerous. *The Washington Post*.
- Zollman, A. (2012). Learning for STEM Literacy: STEM Literacy for Learning. *School Science and Mathematics*, 112(1), 12-19.