

과학교육에서 '융합 학습'의 의미와 효과에 대한 논의

최윤희 · 권용주*

대전동신과학고등학교 · 한국교원대학교

A Discussion on The Meaning and Effect of the Convergence Learning in Science Education

Yoon-Hee Choi · Yong-Ju Kwon*

Daejeon Dongsin Science High School · Korea National University of Education

<ABSTRACT>

The study of convergence learning has been continued in over the last 10 years. But Convergence learning is not clearly identified, so this study defines the meaning of convergence-learning in science education by integrating several previous studies. Convergence-learning in science education, means, to approach to the problem through a process of scientific inquiry, then to solve problems through the creative design process. Lesson are being made around the science curriculum, the production process to solve the problem is to include in the design process. The effectiveness of the lesson is to look at the scientific attitude and creative problem solving skills.

Key words : convergence learning, science education, scientific inquiry, creative design process

* 교신저자 : 권용주, kwonyju@gmail.com

Received November 24, 2015; Accepted December 10, 2015; Published December 31, 2015
2015. Institute of Brain based Education, Korea National University of Education

I. 서론

2015년 9월에 발표된 2015 개정 교육과정에서는 지식정보 사회가 요구하는 핵심역량을 갖춘 ‘창의융합형 인재’상을 제시하였다. 창의융합형 인재란 인문학적 상상력, 과학기술 창조력을 갖추고 바른 인성을 겸비하여 새로운 지식을 창조하고 다양한 지식을 융합하여 새로운 가치를 창출할 수 있는 사람을 일컫는다(Ministry of Education Notice No. 2015-74). 창의융합형 인재를 기르기 위해 학교현장에서는 그에 걸맞는 수업이 진행되어야 하고, 그에 대한 연구는 2009 개정 교육과정이 발표된 후 STEAM 교육이라는 이름으로 계속 이루어져 왔다. 그러나 여러 선행 연구에서 통합교육, STEAM 교육, 융합교육, STEM 교육에서의 융·통합의 의미가 명확하게 구분되지 않고, 모호하게 사용하는 바 이 연구에서는 그 의미를 통합하여 과학교육에서의 융합학습의 의미를 내려보고, 그 효과 분석을 위해 고려할 사항을 살펴보려고 한다.

II. 본론

1. 통합교육

먼저 통합교육(Integrated education)에 관한 선행 연구 및 법률 등에 대해 살펴보자. Clark(1995) 등은 다양한 학생들을 통합하는 것을, Halvorsen & Neary(2001)은 장애학생이 일반학급에서 지원 받는 것을 통합교육이라 했다. 우리나라의 경우, 장애인 등에 대한 특수교육법에서 ‘통합교육이라 함은 특수교육대상자가 일반학교에서 장애유형·장애정도에 따라 차별을 받지 아니하고 또래와 함께 개개인의 교육적 요구에 적합한 교육을 받는 것을 말한다’라고 명시하고 있다(Law No. 8483, Article 2 No. 6). 이렇듯 ‘통합교육’이라는 용어 자체는 주로 장애인 통합교육에서 사용되었음을 알 수 있다.

그러나 통합교육을 장애인 통합교육에서만 언급한 것은 아니다. 2015 개정 교육과정에서 신설된 『통합과학』은 ‘자연현상에 대한 핵심 개념을 중심으로

분과 학문적 지식수준을 넘어 다양한 형태의 통합을 통한 융복합적 사고력 신장이 가능하도록 구성한다.’라고 기술되어 있고, 2009 개정 교육과정 과학과의 교과 목표에서도 ‘과학 개념을 통합적으로 이해한다.’라고 언급되어 있다. 과학과의 경우 통합교육이라는 용어가 교육과정에 명시된 것은 아니지만, 통합적인 사고와 개념 이해를 위한 교육을 통합교육이라 칭하여 통상적으로 사용함을 알 수 있다.

교육과정 이외의 연구들을 살펴보면, 과학 교과의 개념을 상호연관지어 자연현상을 통합적으로 인식시키는 것을 통합과학교육(Son, 1999)이라고 정의내리기도 했고, 교육과정 내의 교과의 콘텐츠를 합하는 것이 통합과학(Reay, 2015)이라고도 했다. 또한 통합과학교육에 관련된 국내 연구 동향을 분석(Kwon, 2012)하기도 했지만, 그 통합이 무엇인지를 제시하지는 않았다. 이에 유사한 표현들을 아우를 수 있는 정의가 필요한 것이다.

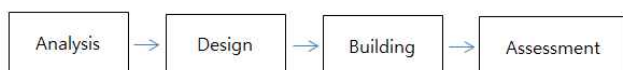
2. STEM 교육

현재 우리나라에서 진행되는 STEAM 교육의 근간이라고 할 수 있는 것은 STEM(Science, Technology, Engineering, Mathematics) 교육이다. 지난 10여년 간, STEM은 교육과 학교교육에서 지속적이고 열광적인 초점의 대상이었다(Blackley, 2015). 2006년 OECD에서 주관하는 국제학업성취도 비교연구(PISA: Programme for International Student Assessment)에서 미국 학생들의 성취도가 낮게 나오자, 미국 국가과학위원회(NSB: National Science Board)는 2007년 10월 30일 ‘미국의 과학, 기술, 공학 및 수학 교육 시스템의 중요 요구사항에 관한 국가행동 플랜’을 발표하면서 STEM 교육에 대한 정책을 제시하였다. STEM 관련 교육을 활성화시키고, STEM 관련 대학이나 직종에서 계속적으로 연구하고 종사할 수 있도록 하기 위해 STEM 교육이 시작되었고, STEM 교육은 교육과정안에서 과학·기술·공학과 수학을 통합하는 것이다(SEDTA: State Educational Technology Directors Association, 2008). 뿐만 아니라, 취학 전과 졸업 이후에도, 공식적인 교육뿐만 아니라 비공식프로그램에서도 진행되는 교육활동이다(Gonzalez & Kuenzi,

2012). 미국에 앞서 1996년부터 진행된 핀란드의 수학·과학 강화 프로젝트인 LUMA(LUonnontieteet, MAtematiikka: 과학과 수학을 지칭하는 핀란드어)도 STEM 교육과 유사한 목적의 제도라고 할 수 있다. LUMA를 실시하여 수학·과학·기술 분야의 대학과 기업체간의 연계를 확대하고, 수학·물리학·화학을 수강하는 고등학생의 수를 늘이고자 했다. 영국도 ‘과학혁신 정책의 우선과제(2010)’를 통해 STEM 교육에 투자하여 고급인력을 양성해야 한다고 발표했고, 뿐만 아니라 유럽연합에서도 SCIENTIX, PRIMAS 등 다양한 형태의 STEM 교육으로 국가경쟁력을 높이기 위해 노력하고 있다(KOFAC, 2012).

우리나라에서는 과학기술부가 2007년에 발표한 주요업무계획에서 ‘산업수요에 부응하는 맞춤형·융합형 인재를 육성하기 위한 교육과정이 다양하게 운영될 수 있도록 지원하고, 우수 과학기술인력을 확보할 수 있는 기반 확충에 노력한다’라고 하여 STEM 교육의 필요성을 언급했다. Kim(2014)는 ‘STEM이 과학, 수학, 공학, 기술 등 교과외의 흥미와 학생들의 기술적인 소양을 높이기 위한 대안적 교육이다’라고 하였다.

Sanders(2009)는 STEM 교육이 오랫동안 관심을 받았지만 STEM 분야에 종사하는 인원은 여전히 낮다는 점을 지적하고, 기술공학적 설계를 기반으로 각 교과 중 둘 이상의 교과 콘텐츠와 프로세스를 체계적이고 의도적으로 통합하는 통합 STEM 교육(Integrated STEM education)이 필요하다고 하였다. Lee et al.(2014)은 통합적 STEM 교육의 기반은 설계 중심이 아니라 과학 탐구 활동이 중요하게 다루어져야 한다고 하면서, 통합적 STEM 교육 모형(Lee et al., 2013)(Figure 1)을 제시했다. 그러나 ADBA Model에서도 설계 과정이 중요한 단계를 차지하고 있으므로 스스로의 한계점을 보였다고 할 수 있다.

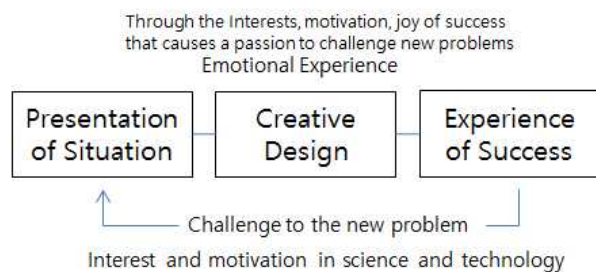


[Figure 1] ADBA Model(Lee et al., 2013)

3. STEAM 교육

창의적인 과학기술인재를 육성하고자 추진되는 STEAM 교육은 Science, Technology, Engineering, Arts & Mathematics의 약칭으로 과학, 기술, 공학, 예술, 수학 교과 간의 통합적인 교육 방식을 말한다. 미국 버지니아테크 주립대학의 STEM 교육을 전공 하던 Yakman이 STEM에 Art를 접목시켜 만들어진 용어이다. STΣ@M은 과학과 기술은 수학적 요소를 바탕으로 공학과 예술을 통해 해석된다고 하였다(Yakman, 2008). 예술을 liberal Art(인문학)로 범위를 확장하여 사용하기도 하고, 과학·기술·공학·수학을 제외한 모든 학문을 Art로 칭하기도 한다(Kim, 2014).

교육과학기술부(2011)는 STEAM교육에 대하여 ‘과학기술에 대한 학생들의 흥미와 이해를 높이고 과학기술 기반의 융합적 소양과 실생활의 문제 해결력을 배양하는 교육’이라 정의했고, 교육과학기술부와 한국창의재단은 STEAM 교육의 대체 용어로 ‘융합인재교육(STEAM)’을 선정하였다(2011). Baek 등(2011)은 미국의 STEM/STEAM 교육은 수·과학 학업성취도 향상, 과학교사의 전문성 계발이나 이공계 진출자를 양성하는 것이 목적이지만, 우리나라는 과학학습에 대한 동기 유발이 좀 더 필요하다고 여겨 4C-STEAM을 제시했다. 4C는 창의성(Creativity), 소통(Communication), 융합(Convergence), 배려(Caring)을 말한다. 그러나 어떻게 창의성, 소통, 융합, 배려 능력을 키울지에 대한 구체적인 방안을 제시하지 못함으로써 기존의 STEAM 교육과의 차이점을 부각시키지 못했다. 한국창의재단(2012)이 말하는 융합인재교육(STEAM)의 목적은 다양한 분야의 융합적 내용을 창의적 설계(Creative Design)와 감성적 체험(Emotional Touch)으로 경험함으로써 과학기술과 관련된 다양한 분야의 융합적 지식, 과정, 본성에 대한 흥미와 이해를 높여 창의적이고 종합적으로 문제를 해결할 수 있는 융합적 소양(STEAM Literacy)을 갖춘 인재를 양성하는 것이다(Figure 2).



[Figure 2] STEAM learning standard(framework)(KOFAC, 2012)

한국창의재단(2012)에 따르면 창의적 설계는 주어진 문제를 파악하면서 시작되고, 그 과정에서 여러 학문의 지식이 자연스럽게 융합되어야 한다고 얘기한다. 그러나 하나의 문제를 해결하기 위해 단순히 여러 교과 지식의 사용만을 두고, 융합적인 사고를 했다고 하기에는 부족하다.

Han and Lee(2012)의 STEAM 교육에 관한 교사들의 인식 조사에 의하면 STEAM 교육의 효과가 창의적 사고력을 발달시키고, 실생활에서의 적용력과 문제해결력이 향상된다는 점이 높은 비율로 나왔다. 교사들이 생각하는 STEAM 교육의 효과를 얻기 위해 실제로 수업이 어떻게 운영되고 있는지 한국창의재단의 융합인재교육 STEAM 사이트(<http://steam.kofac.re.kr>)의 학교급별, 교과별 수업지도안 수를 분석해 보면 Table 1과 같다. 과학 교과에 관련된 지도안의 수가 많지만, 음악, 미술, 사회 등 인문학 교과의 STEAM 수업 지도안의 비율도 높음을 알 수 있다. 지도안을 살펴보면 사회, 도덕, 미술 등의 수업에 과학적 지식을 이용하거나, 또는 과학 수업에 미술적인 요소를 넣어서 진행되는 방식이 많았다. 그 지도안대로 수업이 진행되었을 경우에 학생들의 수업에 대한 흥미도가 향상될 수는 있으나, 과학적 문제해결 능력이 향상되었다고는 확신할 수 없다.

<Table 1> Lesson plans posted on the STEAM internet site(unit: case, 2015.11.22. now)

Division	Elementary school	Middle school	High school
Science	82	62	33
Math.	26	19	5
Tech.	24	46	0
Art	57	28	19

4. 융합학습

가. 선행연구

Kim(2014)은 창의적 문제 해결력을 기르고, 과학과 기술에 대한 학생들의 흥미와 이해력을 높이기 위해, 과학·기술·공학·예술 및 수학을 통합하여 가르치는 것이 융합교육 즉, STEAM 교육이라 하였다. 이렇듯 융합교육과 STEM 교육 또는 융합교육과 STEAM 교육을 구분 짓는 것은 쉽지 않은 일이다. 그러나 앞에서 살펴본 바와 같이 STEAM 교육이라는 용어로는 교과의 주체가 과학교과라는 사실을 알아내기가 어렵다. 2011년의 국가과학교육기준(Conceptual Framework for New Science Education Stands)에서는 기술이나 수학을 공학 중심으로 과학과 연계하고자 하였고(Monthly Science & Creativity, February 2011), Moore & Smith(2014)는 공학을 어떻게 포함시키느냐가 STEM 교육을 방해하는 요소 제거의 열쇠라고 한 점을 미루어 보면 융합의 주체와 도구의 범위를 한정시킬 수 있다.

융합학습에 관해 정의를 내리고 있는 연구도 찾아볼 수 있다. Kwon(2012)은 융합학습을 융합교육이라 칭해 두 용어를 동일시했으며, Kim(2011)은 둘 이상의 교과내용을 단순히 연결하는 것이 아니고 두 교과를 섞어 새로운 개념의 교육과정을 형성하는 것이라고 했다. 이에 비해 Byeon et al.(2012)은 조금 더 구체적으로 융합과 융합수업에 대해 정의하였다. 수렴적인(Convergence) 문제해결과정이 융합이며, 발산적인 문제해결과 수렴적 문제해결 과정이 연계성

있게 구성된 융합수업(Figure 3)을 통해 창의성이 개발되고, 과학학습에 대한 동기수준이 향상된다고 하였다.



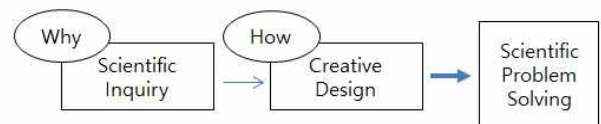
[Figure 3] S2D(Science to creative design) Model (Byeon et al. 2012)

Byeon et al(2012)의 융합수업 수업 모델(Figure 3)을 한국창의재단(2012)의 융합인재교육의 학습 준거 틀과 비교해 보면, ‘상황 제시’가 ‘과학적 탐구’로 제시되어 그 범위가 줄었고, 공통적으로 ‘설계’가 수업의 목적을 달성하기 위한 도구로 필요함을 알 수 있다. 이는 학습자들이 주어진 상황에서 지식이나 제품 등과 같은 산출물 생산을 위해 최적의 방안을 찾아 문제를 해결하는 STEAM 교육의 창의적 설계(Baek et al., 2011)와도 일맥상통한다. 한국창의재단의 경우 ‘창의적 설계’를 통해 ‘어떻게’ 문제를 해결할 것인지 고민하면서 새로운 도전의식과 흥미를 갖게 되지만, S2D 모델은 발산적인 사고를 통해 다양한 아이디어를 제시하는 ‘융합적 설계’과정과 여러 아이디어 중 가장 효과적으로 문제를 해결할 수 있는 아이디어를 채택하는 수렴적 과정인 ‘융합적 창작’이 따로 분리되어 있다는 차이점이 있다. 융합학습이 창작의 과정을 반드시 거쳐야 하는가 하는 점에서 그들의 정의도 수정될 필요성이 있을 것이다.

나. 융합학습의 의미

일련의 이론들을 바탕으로 융합학습의 정의의 내리기 위해 두 가지 조건을 고려했다. ‘융합의 대상이 되는 교과와 주제’와 ‘융합수업의 단계’가 그것이다. STEM/STEAM, 융합교육의 목적이 과학기술에 대한 학생들의 흥미와 이해를 높이고 과학기술 기반의 문제 해결력을 키우는 것이라면 ‘과학 문제에 대한 해결력’을 키우는 것이 가장 중요한 포인트일 것이다. 그러므로 융합의 대상이 되는 교과와 주제는 ‘과학’이 되어야 한다. 그러나 현재 우리나라의

STEAM 교육에서 융합의 주체는 과학뿐만 아니라 수학, 미술, 음악, 사회, 도덕 등 다양한 교과가 될 수 있다. 수업의 단계는 기본적으로는 공학을 기반으로 한 ‘설계’를 포함시키고, S2D에서 언급한 ‘창작’의 단계는 설계 단계에 포함시켜 수업환경에 따라 진행할 수도 진행하지 않을 수도 있게 탄력적으로 구성하는 것이 효과적일 것이다. 이 조건을 바탕으로 연구자는 과학교육에서의 ‘융합학습’을 이렇게 정의하고자 한다. 융합학습이란 ‘왜 그럴까?’ 의문이 드는 문제를 과학적 탐구과정을 통해 접근한 후, 창의적 설계(Creative Design) 과정을 통해 문제를 해결하는 학습이다(Figure 4).



[Figure 4] Convergence Learning

다. 융합학습 효과의 측정 방법

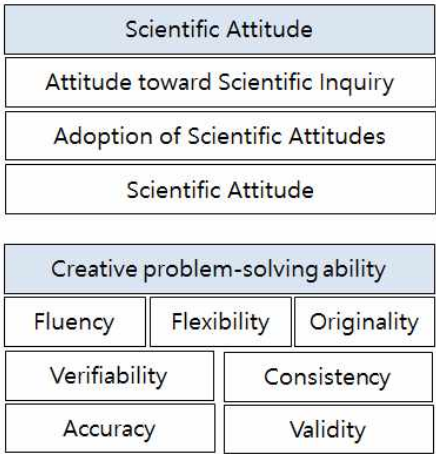
STEM/STEAM 교육 프로그램의 효과를 분석한 우리나라의 선행연구들을 살펴보면 Table 2와 같다. 학습 동기, 융합인재소양(융합, 창의, 존중, 소통), 과학적 태도, 흥미, 자기효능감과 문제해결력을 측정하여 각 프로그램의 효과를 분석하고 있다.

<Table 2> Previous studies have analyzed the effect of STEM/STEAM, convergence learning teaching programs (A: problem solving abilities, B: attitude, C: Creative personality, D: Interesting, E-1: human literacy, E-2: Self-efficacy, E-3: Motivation)

Subject (Author)	A	B	C	D	E
The Effects of STEAM Based Integrated Subject Study on Elementary School Students' Creative Personality(Kwon et al.)			○		
A Learning Effect of the STEAM Education in terms of an Upper Grade Students of Elementary School Student Scientific Attitude and Creative Problem Solving(Hong et al.)	○	○			
Development and Application of STEAM Education Process model for the 'creative design' step of STEAM learning criteria(Rhie et al.)					1
Effects of Science Lesson Applying STEAM Education on Self-efficacy, Interest, and Attitude towards Science.(Park et al.)		○		○	2
Development of Bionimicry Convergence Instruction Model Based on Creative Problem Solving Process(Byeon et al.)					3

연구자가 위에서 정의 내린 융합학습의 의미를 고려한다면 학습 프로그램을 개발한 이후에 문제해결력을 측정하는 것은 반드시 필요하고, 학습을 통해

학생들이 과학을 대하는 태도의 변화를 살펴볼 필요가 있을 것이다. 과학과 관련된 태도의 변화는 Fraser(1978)의 TOSRA(test of science-related attitudes) 중에서 과학 탐구에 대한 태도와, 과학적 태도의 선택, 과학 수업의 즐거움을 묻는 문항을 재구성하여 사용하고, 이를 통해 과학적 태도와 함께 흥미도도 측정할 수 있을 것이다. 직면한 문제를 성공적으로 해결하기 위해서는 발산적 사고와 수렴적 사고가 모두 필요하다. 발산적 사고와 관련된 평가 요소(Guilford, 1959) 중 융통성, 유창성, 독창성을 선정하고, 수렴적 사고와 관련된 평가 요소는 Park et al.(2012)의 연구에서 검증가능성, 일관성, 정확성, 타당성의 요소를 추출하여 Figure 5와 같이 구성할 수 있다.



[Figure 5] Element for analyzing the effect of the convergence learning

‘유창성’은 문제 상황에서 많은 아이디어를 생성해 낼 수 있는 능력, ‘융통성’은 다양한 카테고리의 아이디어를 생성해 낼 수 있는 능력, ‘독창성’은 독특한 아이디어를 생성해 낼 수 있는 능력이다(Guilford, 1959). ‘가능성’은 과학적으로 아이디어를 검증할 수 있는 정도, ‘일관성’은 아이디어 내용이 논리적이고 모순이 없는 정도, ‘정확성’은 아이디어를 신뢰할 수 있을 정도, ‘타당성’은 아이디어가 주제에 적합한 정도를 나타낸다(Park et al., 2012).

Ⅲ. 결론

의문이 드는 문제를 과학적 탐구과정을 통해 접근한 후, 창의적 설계 과정을 통해 문제를 해결하는 것을 융합학습이라 정의했다. 융합학습이라는 용어는 종전의 STEM/STEAM과는 다르게, 학습의 주된 대상을 과학 교과로 한정시켰다는 차이점이 있다. 뿐만 아니라, 설계 단계 내의 하위 요소로 제작 단계를 포함시켜 교실 환경에 맞게 수업이 진행될 수 있게 했다는 점이다. 제작 단계가 유동적이라면 제한된 수업 시간을 좀 더 효과적으로 사용할 수 있다는 장점이 생긴다. 문제를 해결하기 위해 발산적 사고를 통해 다양한 아이디어를 생성해 내고, 그 아이디어들 중에 가장 적합한 것을 수렴적으로 선택할 수 있어야 하기 때문에, 이런 학습 과정의 효과는 유창성, 융통성, 독창성, 가능성, 일관성, 정확성, 타당성의 요소를 통해 확인할 수 있다.

지난 10여년간 지속적으로 융합을 통한 교육에 대한 탐구가 이루어져왔다. 그 교육의 목적이 제대로 실현될 수 있게 하기 위해서는 학습자와 교사 모두 융합학습에 대한 의미를 되새겨 볼 필요가 있을 것이다.

참고 문헌

- Back, Y. S., Kim, Y. M., Noh, S. G., Park, H. J., Jeong, J. S., Yu, E. J., Lee, E. A., Lee, D. O.(2011). Science Education Content Standards Development Reserch. Research paper 2010. KOFAC.
- Baek, Y. S., Park, H. J., Kim, Y. M., Noh, S. G., Park, J. Y., Lee, J. Y., Jeong, J. S., Choi, Y. H., Han, H. S.(2011). STEAM Education in Korea. Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction. 11(4). 149-171.
- Blackley, S., Howell, J.(2015). A STEM Narrative: 15 Years in the Making. Australian Journal of Teacher Education. 40(7). 101-112.
- Byeon, J. H., Lee, I. S., Kwon Y. J.(2012). Development of Biomimicry Convergence Instruction Model Based on Creative Problem Solving Process. Biology Education. 40(3). 327-343.
- Clark, C., Dyson, A, Millward, A., Robson, S. (1999). Theories of Inclusion, Theories of Schools: deconstructing and reconstructing the 'inclusive school'. British Educational Reserch Journal. 25(2). 157-178.
- Fraser, B. J.(1978). Development of Test of Science-Related Attitude. Science Education, 62(4), 509-515.
- Gonzalez, H. B., Kuenzi, J. J.(2012). Sciene, Technology, Engineering, and Mathematics(STEM) Education: A Promer. Congressional Reserch Service.
- Guilford, J. P.(1959). Creativity. American Psychologist, 5, 444-454.
- Halvorsen, A. T., Neary, T.(2009). Building inclusive schools: Tools and strategies for success. Upper Saddle River, NJ : Pearson.
- Han, H. S., Lee, H. J.(2012). A Study on the Teachers' Perceptions and Needs of STEAM Education. Journal of earner-Centered Curriculum and Instruction. 12(3). 573-603.
- Hong, K. P., Jo, J. O.(2015). A Learning Effect of the STEAM Education in terms of an Upper Grade Students of Elementary School Student Scientific Attitude and Creative Problem Solving. Journal of the Research Institute of Korean Education. 33(1). 77-99.
- Kim, J. S.(2014). Principle of STEAM Convergence Education. The Study of natural science. 4. 1-9.
- Kim, S. S.(2011). Teaching and learning plans for fused art and science. Kyoungin National University of Education master's thesis.
- Kwon, N. J., Ahn, J. H.(2012). The Analysis on Domestic Research Trends for Convergence and Integrated Science Education. J Korea Assoc. Sci. Edu, 32(2). 265-278.
- Kwon, S. B., Nam, D. S., Lee, T. W.(2012). The Effects of STEAM-Based Integrated Subject Study on Elementary School Students' Creative Personality. Journal of the Korea Society of Computer and Information. 79-86.
- Lee, H. N., Kwon, H. S., Park, K. S., Oh, H. J.(2014). Development and Application of Integrative STEM Education Model Based on Scientific Inquiry.

- Journal of the Korean Association for Science Education. 34(2). 63-78.
- Lee, H. N., Park, K. S., Kwon, H. S., Seo, B. H.(2013). Development and Implementation of Engineering Design and Scientific Inquiry-based STEM Education Program. Korean Journal of Teacher Education. 29(3). 301-326.
- Ministry of Education, Science and Technology(2009). 2009 Revision Curriculum: Elementary and Secondary Curriculum general remarks. Ministry of Education, Science and Technology
- Ministry of Education(2015). 2015 Revision Curriculum: Elementary and Secondary Curriculum general remarks. Ministry of Education.
- Moore, T. J., Smith, K. A.(2014). Advancing the state of the art of STEM Integration. Journal of STEM Education, 15(1), 5-10.
- Ministry of Science and Technology(2007). 2007 The main business plan. Ministry of Science and Technology.
- National Science Board(2007). National Science Foundation.
- Park, H. W., Shin, Y. J.(2012). Effects of Science Lesson Applying STEAM Education on Self-efficacy, Interest, and Attitude towards Science. Biology Education. 40(1). 132-146.
- Park, I. S., Kang, S. H.(2012). The Development of Assessment Tools to Measure Scientific Creative Problem Solving ability for Middle School Students. J Korea Assoc. Sci. Edu, 32(2). 210-235.
- Reay, J.(2015). Lower Secondary Integrated Science Curriculum Innovation in the Caribbean: A Personal Perspective. Caribbean Curriculum. 1-20.
- Rhie, D. H., Kim, J. O., Kim, J. S.(2015). Development and Application of STEAM Education Process model for the 'creative design' step of STEAM learning criteria. Korean Technology Education Association. 15(1). 150-170.
- Sanders, M.(2009). STEM, STEM education, STEM mania. Technology Teacher, 68(4), 20-26.
- Shin, D. S., Kim. H. J.(2012) Fusion education policy direction of the Government in Higher Education: Focused Engineering Department. The Korean Association for Policy studies summer papers. 443-460.
- Son, Y. A., Lee, H. D.(1999). A Theoretical Study to Formulate the Direction of Integrated Science Education. J Korea Assoc. Sci. Edu. 19(1). 41-61.
- Yakman, G.(2008). STΣ@M Education: an overview of creating a model of intergrative education. PATT