

지진에 대한 과학 탐구 기반의 STEAM 교육 프로그램 개발과 적용

이현동 · 배태윤 · 이효녕*

경북대학교 지구과학교육과, 41566, 대구광역시 북구 대학로 80

Development and Application of the Scientific Inquiry-based STEAM Education Program about Earthquakes

Hyundong Lee, Taeyoun Bae, and Hyonyong Lee*

Department of Earth Science Education, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

Abstract: The purposes of this study were to develop a scientific inquiry-based STEAM education program and to investigate its effect on changing middle school students' self-efficacy in science, job awareness, and attitudes toward STEM. A scientific inquiry-based STEAM program was developed with the theme of 'earthquakes', using the ADBA model, which was taking up the total of six class periods. The final program, which had been revised and completed after being pre-tested with middle school students, was implemented to 105 third-graders of middle school in a metropolitan city. One sample pre-post paired t-test before and after applying the program to the same group was conducted, and its effectiveness was analyzed in terms of self-efficacy in science, job awareness, attitudes toward science, technology, engineering and mathematics. Results showed that the STEAM program on the theme of 'earthquakes' demonstrated its effect on improving the students' of self-efficacy in science subject and their awareness of science-related jobs. Furthermore, this program indicated a statistical significance in improving middle school students' attitudes, awareness, and abilities, values, and continuing interest towards science, technology, engineering, and mathematics. Therefore, we suggest that this scientific inquiry based STEAM program be used to help students to improve their scientific investigation skills as well as their creative and integrated thinking abilities in schools.

Keywords: STEAM, science self-efficacy, the job awareness, attitudes towards STEM, earthquake

요약: 이 연구의 목적은 과학 탐구 기반의 융합인재교육(STEAM) 프로그램을 개발하고 적용하여 중학생의 과학 자기 효능감, 진로 인식, STEM에 대한 태도 변화를 검증하는데 있다. 과학 탐구 기반의 STEAM 교육 프로그램은 '지진'을 주제로 ADBA 모형에 적용하여 총 6차시 분량으로 개발하였다. 중학생을 대상으로 예비적용을 거쳐 수정·보완하여 최종적으로 개발된 프로그램은광역시 소재의 H 중학교 3학년 학생 105명을 대상으로 효과성을 검증하였다. 자료 분석은 단일집단 사전·사후 대응표본 t-검증을 실시하여 수업 전·후의 과학 자기효능감, 진로 인식, 과학·기술·공학·수학에 대한 태도의 변화에 대하여 효과성을 분석하였다. 결론적으로, '지진'을 주제로 한 과학 탐구 기반의 융합인재교육 프로그램은 학생들의 과학 자기효능감과 과학 관련 진로 인식의 향상에 효과가 있었다. 그리고 과학, 기술, 공학, 수학에 대한 태도의 인식, 능력, 가치, 흥미의 지속 영역에서 고르게 유의미한 효과가 나타났다. 개발된 과학 탐구 기반의 융합인재교육 프로그램은 학교 현장에서 충분히 적용될 수 있으며, 이를 통해 과학적 탐구 능력의 향상과 창의·융합적 사고를 지닌 인재를 기르는데 도움이 될 것이다.

주요어: 융합인재교육, 과학 자기효능감, 진로 인식, STEM에 대한 태도, 지진, STEAM

*Corresponding author: hlee@knu.ac.kr

Tel: +82-53-950-5917

Fax: +82-53-950-5946

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**이 논문은 배태윤의 2015년도 석사 학위논문에서 발췌 정리하였음.

1. 서론

현재 세계적으로 STEM 교육은 다양한 분야에서 흥미로운 주제로 논의되고 있으며, 선진국을 중심으로 각 국가의 과학 교육에서 새로운 패러다임(paradigm)으로 자리 잡고 있다. 미국은 2007년 STEM 교육과 관련된 연구를 활발히 진행하면서 STEM 교육의 활성을 위해 국가적인 차원에서 노력하고 있다(NRC, 2013; Sanders, 2009; Sanders et al., 2011). 또한 핀란드는 수학·과학 프로젝트(LUMA)를 실시하였고, 일본도 수학과 과학의 교육과정을 강화하는 방향으로 교육과정을 조정하였다(MEST, 2007, 2008, 2009). 우리나라에서는 국가의 발전과 경쟁력 강화를 위해 교육과정을 개정하였고, 2009 개정 과학과 교육과정에서는 미래 사회가 요구하고 있는 높은 수준의 창의성을 고루 갖추기 위한 양질의 교육을 모든 학생들에게 제공하고자 융합형 ‘과학’ 과목을 도입하였다(MEST, 2009).

더욱이 2015 개정 교육과정에서도 ‘통합과학’과 ‘과학탐구실험’의 과목을 개설하였으며 이 교육과정에서는 과학에서 학습하는 개념들의 상호작용과 과목간의 통합을 핵심으로 제시하고 있다(MOE, 2015). 이러한 교육과정 개발의 핵심은 과학기술 인재 양성을 위해 초중등학교에서 과학, 기술, 공학, 예술, 수학을 융합형으로 가르치는데 초점을 맞추어 각 과목의 핵심 역량 위주로 재구조화하여 과목 간 연계를 강조하고 예술적 기법을 접목하는 융합인재교육(STEAM)이다(MEST, 2011).

우리나라의 경우 PISA 결과 학생들의 과학적 소양은 OECD 회원국 가운데 59위권, 조사 대상 57개국 가운데 11위로 나타났으나, 과학에 대한 흥미도는 전체 57개국 가운데 55번째로 조사되었다(OECD, 2007). 2009년 평가에서도 과학에 대한 흥미와 태도의 정의적 영역이 OECD 회원국 가운데 평균 이하로 나타나 최하위 수준에 머물렀다(OECD, 2010). 이처럼 과학 성취가 하락한 원인으로 과학현상에 대한 문제인식과 탐구 설계 및 수행 능력의 부족으로 실생활과 연계된 사고를 갖는 것이 부족한 것으로 드러났다(Lee et al., 2011; Sohn, 2009). 이러한 문제점을 해결하고 국가적 차원에서 창의적 인재 양성을 위해 과학(S), 기술(T), 공학(E)의 중요성을 강조하며 학생들이 즐길 수 있는 과학 교육을 적용해야 한다(ITEA, 2000). 또한 창의력과 상상력에 과학과 수학

을 접목한 융합형 인재 양성을 위해 과학과 수학에 대한 흥미와 이해를 높이고 융합적 사고와 문제해결 능력을 배양하는 교육을 실현해야 할 필요가 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 최근 STEAM 교육 연구회, STEAM 시범/중점학교를 활성화하고 특성화고등학교 STEAM 수업자료 개발(Moon et al., 2012), STEAM 교육을 위한 큐빅 모형 개발(Kim, 2011), 통합적 STEM 교육에 대한 최근 동향 및 쟁점(Sanders et al., 2011), 기술 기반 STEAM 교육이 중학생의 기술적 태도에 미치는 영향(Bae, 2011b) 등 학생에게 적용 가능한 프로그램 개발과 효과도 검증하고 있다. 또한 융합인재교육을 활성화하기 위하여 기술교육 분야(Bae and Geum, 2010; Bae, 2011a; Kim, 2007; Lee and Choi, 2013; Park et al., 2012; Sung and Na, 2012) 뿐만 아니라 과학 교육에서도 다양한 연구가 수행되고 있다.

과학교육에서 탐구 활동으로 과학에 대한 태도가 긍정적으로 변화하고 이와 함께 과학에 대한 긍정적인 태도가 생겨나면서 자기주도적인 과학적 탐구 활동이 가능해진다(Chiappetta and Koballa, 2002; Kwon et al., 2013; OECD, 2001, 2004; Osborne et al., 2003). 이것은 과학 외에 STEM 관련 지식과 탐구에 관한 선행 연구 결과에서도 동일하게 나타났다(Pearson and Young, 2002).

학생들이 과학 교과에 흥미를 가지고 과학적 소양을 갖출 수 있도록 하려면 활동적이며 동시에 통합된 지식에 대한 경험을 갖는 기회를 제공하는 것이 필요하다(NRC, 1996, 2000; OECD, 2001, 2004). Seo(2012)과 Lee et al.(2013)의 연구 결과에서는 과학 탐구 중심의 융합인재교육 프로그램이 학생들의 과학에 대한 흥미나 자신감과 같은 정의적 영역의 태도에 긍정적인 효과를 보임을 확인할 수 있다.

과학 탐구에서는 다양한 관찰과 이에 따른 관찰 사실을 얻는 것이 중요하고 이를 기반으로 한 융합인재교육 또한 관찰을 비롯한 다양한 과학적 탐구 활동을 통해 문제해결을 할 수 있으며, 특히 설계와 제작을 위해 다양한 정보를 수집하고 테스트와 피드백 활동에 연관된 과학 탐구 활동으로 문제를 효과적으로 해결할 수 있다(Lee, 2012; Seo, 2012).

과학 탐구 기반의 융합인재교육에서는 과학, 수학 지식의 학습 수준을 넘어서 기술과 공학 분야에 어떻게 적용·활용되는지 이해하는 것도 중요하다. 또한 이러한 교육을 통해 자연과 인간과 과학기술이 합리

적이고 창의적으로 문제를 해결하고, 과학과 관련된 사회 문제를 비판적으로 판단할 수 있는 기본적인 능력을 갖추도록 하며 감성 교육과 창의성, 인성 교육까지 가능하도록 초점을 두고 있다(Lee et al., 2012). Baek et al.(2011)은 이러한 소양을 통해 창의적 과학기술인재를 양성하는 것을 강조하였으며 이는 학생들이 자신의 소질과 흥미를 발견하는 진로 인식에도 긍정적인 영향을 미친다.

과학 탐구 기반의 융합인재교육의 중요성이 대두되고 이와 관련된 활동이 학생들의 과학에 대한 흥미와 자신감에 긍정적인 효과를 미치고 있으나 국내의 경우 과학 탐구 기반의 융합인재교육 프로그램은 Seo(2012)의 ‘Laser Louter Game’과 Lee(2012)의 ‘투석기 만들기’, Park and Lee(2014)의 ‘로켓 만들기’ 등 몇몇 프로그램 개발 연구 외에는 이루어지지 않았고 특히 지구과학적 요소를 주제로 한 과학 탐구 기반의 융합인재교육이 부족한 실정이다. 또한 과학 탐구를 적용하고 지진과 관련한 STEAM 프로그램의 개발과 적용은 미흡하게 수행되었다. 최근 우리나라에서도 크고 작은 지진이 지속적으로 발생하고 있으며 Jung(2008)은 일본 서해 연안의 지진 발생과 우리나라 남동해안에서 지진 해일의 가능성을 언급하였으며, Ahn et al.(2010)은 우리나라 동해안은 지진해일에 안전한 지역으로 볼 수 없음을 시사하는 등 우리나라에서도 지진에 대한 관심이 지속적으로 증가하고 있다.

그리고 지진과 관련된 교육과정을 분석해본 결과 2009 개정 과학과 교육과정에서 중학교의 경우에는 ‘지구계와 지권의 변화’ 분야에서 지진이나 화산 활동을 포함한 지구 환경의 변화가 우리 생활에 미치는 영향을 이해하는 내용이 초등학교 교육과정과 연계되어 제시되었으나 지진과 관련된 체계적인 학습 프로그램의 개발은 부족한 실정이다.

따라서 이 연구에서는 지구과학 영역에서 지진을 주제로 융합인재교육 프로그램을 개발하여 학교 현장에 적용해 보고자 한다. 그리고 중학생들을 대상으로 개발된 프로그램을 통해 융합인재교육에서 추구하는 정의적 영역에 대한 향상이 나타나는지 알아보기 위하여 과학 자기효능감, 진로 인식, STEM에 대한 태도에 유의미한 변화가 나타나는지 그 결과를 분석하고자 한다.

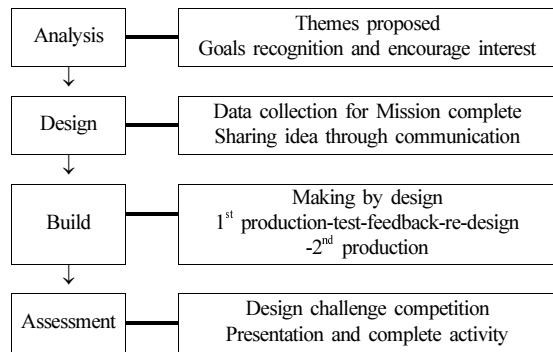


Fig. 1. Procedure of program development.

2. 연구 방법 및 절차

2.1. 교육 프로그램의 개발

2.1.1. 교육프로그램 초안 개발

이 연구에서는 융합인재교육 프로그램 개발을 위한 Framework을 Lee et al.(2012)에 의해 개발된 과학 탐구와 창의적 설계 기반의 STEM/STEAM 교육 모형을 적용하였다. 이 모형의 세부 단계는 분석(Analysis)-설계(Design)-제작(Build)-평가(Assessment)으로 구성되어 있고 ADBA 모형이라 부른다(Fig. 1).

ADBA 모형은 이 연구에서 과학 탐구 기반의 프로그램을 구성하는 데에 있어 융합인재교육의 큰 특징인 설계 기반의 문제 해결이 강조되어 있으며 학생들이 설계한 구조물을 실제 현상에 적용하는 제작 단계에서 충분한 피드백을 받을 수 있는 장점을 가지고 있다(Lee, 2012; Lee et al., 2012; Lee et al., 2013; Lee et al., 2014). ADBA 모형의 단계별 구체적인 내용을 제시하면 다음과 같다.

‘분석’은 문제 상황을 제시하여 프로그램의 목표를 스스로 성취할 수 있도록 안내해주고, 도전과제를 수행하기 위한 조건과 진행 방법에 대한 충분한 이해와 흥미를 유발할 수 있도록 하여야 하고, ‘설계’는 도전과제를 원활하게 수행하기 위해 자료를 수집하고 아이디어를 협의한다(Mooney and Laubach, 2002). 그리고 문제해결을 위해 수집한 자료를 활용하여 충분한 협의를 통해 도전과제를 해결할 수 있도록 도와준다(Fortus et al. 2004; Kolodner et al., 2003; Seo, 2012).

그리고 과학 탐구 활동을 통해 이론에 그치지 않

고 실생활에 연계되는 부분까지 이해하게 된다. ‘제작’은 실제 제작과 함께 성능 테스트를 거쳐 개선점을 찾아내고 ‘평가’는 제작한 결과물을 이용하여 도전 과제를 수행하고 수행 결과를 바탕으로 발표를 통한 상호 질문과 지식 습득을 하게 된다(Lee et al., 2014). 학생들은 ‘지진 내진 구조물 설계 및 제작’ 프로그램을 통해 ‘힘의 합력과 분산, 탄성 한계, 관성의 원리’와 같은 과학적 내용과 ‘입체도형, 원의 성질, 평면도형, 점·선·면, 삼각형 작도’와 같은 수학적 내용, ‘창의 공학 설계, 건설 기술’ 등의 기술/공학적 내용을 배우면서 학습목표에 도달하게 된다.

이 연구에서는 위와 같은 ADBA 모형을 토대로 지진을 주제로 과학, 수학, 기술/공학, 예술 영역의 과학 탐구 방법을 적절히 반영하도록 하였다. 개발된 과학 탐구 기반의 융합인재교육 프로그램은 총 6차시로 설계와 재설계의 과정을 통해 6차시 이상의 수업도 적용 가능하도록 구성하였다.

그리고 프로그램을 개발하는 과정에서 과학교육전문가 2인, 과학교육학 박사과정 1인, 과학교육학 석사과정 1인의 자문을 받아 내용의 타당도를 확보하였다.

2.1.2. 예비적용 및 수정 보완

프로그램을 연구 대상에게 투입하기에 앞서, 프로그램의 완성도와 질적인 면을 향상시키기 위해 예비 투입을 실시하였다. 연구 대상은 중학생과 중등 영재 학생을 선정하였다. 예비 투입 과정을 거치면서 학생들의 의견과 반응을 통해 프로그램을 수정보완하였다. 융합인재교육 프로그램의 예비 투입 일정과 대상을 정리하면 Table 1과 같다.

프로그램의 초안에서는 지진에 관한 기본적인 과학적 개념(지진의 발생원리, 판구조론)을 이해하고 지진 발생 시의 피해나 현상을 마인드 맵(Mind Map)을 활용하여 토의하였다. 그리고 건설 및 공학의 기본 원리와 일본의 사례를 통해 내진 설계의 기본을 익히고 직접 지진을 효과적으로 견디는 내진 구조물을 조별로 제작하여 최종 산출물을 제시하는 ADBA 모

형의 절차를 충실하게 따른 프로그램이었다.

그러나 수업 과정에서 구조물(트러스, 아치)에 포함되어 있는 과학적 개념이 설계 단계에서 고려해야 할 주요한 개념임을 파악하였으며 이를 이해하기 위한 탐구 실험과 결과 분석의 과정을 수행하도록 보완하였다. 또한 건물 설계의 기본 구조가 실생활에 어떻게 활용되는지 조사하여 보충하는 과정 또한 피드백에서 필요한 부분이라 파악되어 프로그램에 보완하였다. 그리고 구조물 제작에서 안정성에만 집중하여 예술(Arts)의 미적 요소를 소홀히 하는 경우가 발생되어 이를 보완하기 위해 ‘표현성’을 강조하는 부분을 추가하는 등의 여러 부분들을 수정보완하였다. 그리고 보완하는 부분에 대해서는 과학교육전문가 2인, 과학교육학 박사과정 1인의 자문을 거쳐 최종 프로그램을 개발하였다.

2.2. 융합인재교육 프로그램의 적용

2.2.1. 연구 대상

이 연구에서 개발된 과학 탐구 기반의 융합인재교육 프로그램은 광역시 소재 H 중학교 3학년 학생 105명을 대상으로 적용하였다. 총 105명을 대상으로 개발된 프로그램을 공동연구자가 직접 총 6시간 동안 수업을 진행하여 단일 집단 사전사후 검사(대응표본 t-검증)를 실시하였다. 검사 결과는 SPSS Statistics ver 21.0을 사용하여 분석하였다.

2.2.2. 검사 도구

융합인재교육은 학생 스스로 문제 해결 방법을 찾아가고, 스스로 문제를 해결하였다는 경험을 토대로 새로운 문제에 도전하고자 하는 열정을 가지게 하여 과학 기술 분야에 흥미와 동기를 고취시키는 것이 큰 틀에서의 목표이다(MEST, 2012).

이 연구에서는 과학 탐구 기반의 융합인재교육 프로그램이 융합인재교육에서 추구하는 정의적 측면의 변화를 보여주는지 분석하기 위하여 과학 자기효능감, 진로 인식, STEM에 대한 태도의 변화와 관련된 검사 도구를 활용하였다. 선정된 검사 도구는 융합인재

Table 1. Pre-application schedule

	class	person	Class periods	note
2013 1 st	gifted middle school	40	6	Gifted education center in metropolitan city
2013 2 nd	3 rd middle school	45	4	H middle school in metropolitan city
2013 summer vacation	1 st middle school	40	6	H middle school in metropolitan city
2013 winter vacation	2 nd middle school	40	6	H middle school in metropolitan city

교육의 목적 달성을 확인하고자 최근 진행되고 있는 융합인재교육의 연구에서 활용되고 있는 검사도구로 이들 검사도구의 특징과 내용은 아래와 같다(Lee, 2012; Park and Lee, 2014; Seo, 2012).

2.2.2.1. 과학 자기효능감 검사도구

과학 자기효능감은 학생들이 과학 관련 과제, 수업, 활동을 잘 해낼 수 있다는 자신의 능력에 대한 신념이다(Britner and Pajares, 2001). 이전의 기술, 경험과 다양한 행동적, 심리학적 요인의 상호작용에 의해 형성되는 과학 자기효능감은 과학 관련 활동을 선택하고, 성공적으로 완수하기 위해 노력을 하고, 어려운 과제에 대한 인내심을 가지며, 궁극적으로 학습의 성공에 영향을 미치는 것으로(Bandura, 1986, 1993), 이러한 부분은 융합인재교육과도 관련성이 있다.

이 연구에서의 과학 자기효능감 검사 도구는 Kim and Park(2001)이 개발한 자기효능감 검사에 과학적 의미를 반영한 Tark(2011)의 검사 도구를 활용하였다. 이 도구는 과제곤란도 선호, 자기조절 효능감, 자신감을 하위요인으로 하여 리커트 형식의 각 10문항, 11문항, 8문항(총 29문항)으로 구성되어 있다. 이 연구에서 과학 자기효능감 검사도구의 신뢰도(Cronbach- α)는 .898이며, 문항의 구성은 Table 2와 같다.

2.2.2.2. 진로 인식 검사도구

융합인재교육의 궁극적 목표는 학생들이 감성적 체험을 통해 과학기술 분야에 대한 흥미와 동기를 높이고 나아가 관련된 영역의 진로에까지 영향을 주는 것을 목적으로 하고 있다(MEST, 2012). 이를 토대로

기존 융합인재교육의 연구에서 진로 인식을 알아보고자 Yoon(2003)과 Kim(2009), Son and Woo(2003)의 연구를 토대로 Yang(2005)이 제작한 검사 도구를 수정 보완하여 Lee(2012)가 진로 인식 검사 도구를 개발하였다.

이 연구에서는 과학, 수학, 기술 영역에서 학생들의 진로 인식에 관해 리커트 형식의 각 9문항, 총 27 문항으로 구성된 Lee(2012)가 개발한 도구를 활용하였다. 이 연구에서 진로 인식 검사도구의 신뢰도(Cronbach- α)는 .847이며, 문항 구성은 Table 3와 같다.

2.2.2.3. STEM (과학, 기술, 공학, 수학)에 대한 태도 검사도구

융합인재교육 프로그램을 실시하는 데에 있어서 과학, 기술, 공학, 수학 영역에 관한 학생의 태도에서 교과에 대한 인식, 능력과 가치, 흥미의 지속에 대한 요소를 다루게 된다. Seo(2012), Lee(2012)에서도 개발된 융합인재교육 프로그램을 통한 학생들의 STEM에 대한 태도 변화를 알아보기 위하여 Mahoney(2010)의 연구를 토대로 재구성한 ‘STEM에 대한 태도 검사지’를 활용하였다.

이 도구는 개인의 인식, 능력, 가치, 흥미의 지속성을 하위요인으로 하여 4단계의 리커트 척도 24문항으로 구성되어 있으며 과학, 기술, 공학, 수학 각 교과별로 측정이 가능하도록 구성되어 있다. 이 연구에서도 위 검사지를 활용하여 STEM에 대한 태도를 알아보았다. 이 연구에서 STEM에 대한 태도 검사도구의 신뢰도(Cronbach- α)는 과학이 .94, 기술이 .91, 공학이 .93, 수학이 .96이며, 문항 구성은 Table 4과 같다.

Table 2. Items composition of science self-efficacy and reliability

factor	Items	number	Cronbach- α
assignment difficulty	1-10 (2*, 3*, 6*, 7*)	10	.898
self-regulatory efficacy	11-21	11	
confidence	22-29 (all*)	8	

*: Negative items

Table 3. Items composition of career recognition and reliability

factor	Items	number	Cronbach- α
Career recognition about science	1-9 (6*)	9	.847
Career recognition about math	10-18 (15*)	9	
Career recognition about technolog	19-27 (24*)	9	

*: Negative items

Table 4. Items composition of attitudes toward STEM and reliability

factor	Items	number	Cronbach- α			
			S	T	E	M
recognition	1-6 (4*)	6				
ability	7-12 (7*, 10*, 12*)	6	.94	.91	.93	.96
value	13-18 (15*, 18*)	6				
persistence for interesting	19-24 (20*, 23*)	6				

*: Negative items

3. 연구 결과

3.1. 융합인재교육 프로그램의 개발 결과

지진을 주제로 한 과학 탐구 기반의 융합인재교육은 총 6차시 분량의 수업 내용과 학생 중심의 활동으로 구성하였다. 1차시는 지진에 의한 피해 사례를 마인드맵(Mind Map)을 활용하여 조별로 토의하고 서로 공유하고 나무젓가락을 이용하여 간단한 실험을 통해 지진이 발생하는 원리와 함께 판 구조론의 개념을 이해하도록 하였다. 또한 지진이 발생했을 때 전파되는 지진파를 기록하는 지진계의 원리를 과학 탐구실험을 통하여 이해한다.

2차시에서는 지진이 발생하는 지점을 나타내는 진원과 진앙의 개념을 학습하고 지진파의 기록으로 PS 시를 활용하여 진앙의 위치와 진원 깊이를 직접 구하는 과학 탐구 활동을 수행한다.

3차시에서는 지진을 효과적으로 견딜 수 있는 내진 설계의 종류를 학습하고 우리나라 내진 설계의 역사적 사실과 실제 건물들을 조사하고 공유하게 된다. 또한 탐구 활동을 통해 건설의 기본구조인 트러스와 아치구조를 이해하고 이것들이 내진 설계에 어떻게 활용되는지 이해한다.

4차시에서는 본격적으로 지진 내진 구조물을 조건에 맞게 조별로 토의하고 설계하게 된다. 구조물을 제작할 때 안정성 외에도 디자인 요소를 고려한 창의융합적인 지진 내진 구조물을 설계한다.

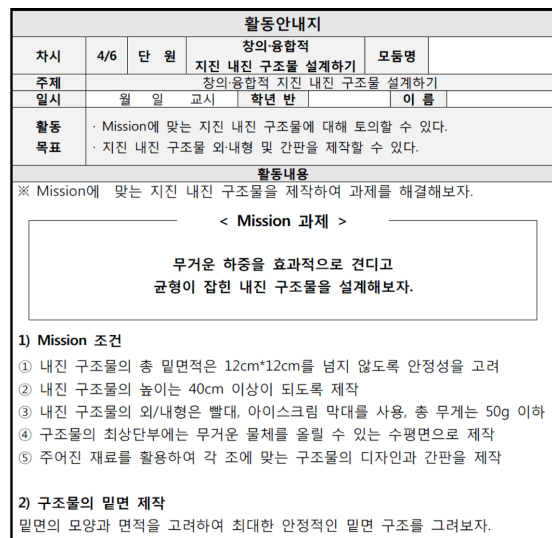


Figure 2. Students' activity worksheet.

5차시에서는 4차시에서 조별로 토의하고 고려한 내용을 바탕으로 실제 구조물을 제작하여 완성하고 6차시에는 지진 내진 구조물을 활용한 디자인 챌린저 대회를 실시하고 피드백을 통한 내진 구조물의 문제점을 수정 보완하여 재설계 및 제작을 하게 된다. 수업에 활용할 수 있는 활동지의 일부를 제시하면 Figure 2과 같다.

이 과학 탐구 기반의 융합인재교육 프로그램은 ADBA 모형에 각 내용 요소를 고려하여 제작되었고,

Table 5. STEAM program subject about earthquake

class	main contents
1	Why do earthquakes occur? S
2	How do you know the focus of earthquake occurrence? S A
3	What are some of the earthquake resistance structure? S T E
4	Designing creative and fusion structures about earthquake resistance S T E A M
5	Completing creative and fusion structures about earthquake resistance S T E A M
6	Earthquake resistance structures conference S T E A M

Table 6. Result of independent t-test about science self-efficacy (n=96)

factor	time	Mean	SD	t	p
assignment difficulty	Pre	2.906	.318	-1.807	.032*
	Post	3.081	.252		
self-regulatory efficacy	pre	2.837	.418	-3.328	.001*
	post	3.043	.441		
confidence	pre	3.014	.426	-3.129	.002*
	post	3.205	.421		

* $p < .05$ **Table 7.** Result of independent t-test about career recognition (n=96)

factor	time	Mean	SD	t	p
Career recognition about science	Pre	2.871	.299	-1.509	.033*
	Post	3.036	.295		
Career recognition about math	pre	2.785	.556	-.633	.527
	post	2.835	.532		
Career recognition about technology	pre	2.599	.586	-1.001	.318
	post	2.682	.566		

* $p < .05$

프로그램을 통해 융합인재교육의 요소가 고르게 다루어지도록 구성하였으며 구성된 프로그램의 차시별 주제는 Table 5과 같다.

3.2. 융합인재교육 프로그램의 적용 효과

3.2.1. 과학 자기 효능감

교육에 모두 참여한 105명의 학생 중 불성실한 응답을 한 9명의 데이터를 분석에서 제외하였다. 총 96명의 학생들의 과학 자기효능감에 대한 사전사후 검사를 분석한 결과는 Table 6과 같다.

과학 자기효능감의 하위 요인인 과제 곤란도, 자기 조절 효능감, 자신감 세 요인의 프로그램 투입 전과 후 응답결과를 바탕으로 독립 표본 t-검증을 실시한 결과 유의수준 95%에서 유의확률 .05이하로 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 즉, 세 요인 모두에서 프로그램 투입 전과 후에 평균값의 향상이 나타났으며 전과 후에서 나타난 값의 차이는 의미있는 차이임을 알 수 있다.

3.2.1.1. 진로 인식

교육에 모두 참여한 105명의 학생 중 불성실한 응답을 한 9명의 데이터를 분석에서 제외하였다. 총 96명의 학생들의 진로 인식에 대한 사전사후 검사를

분석한 결과는 Table 7과 같다.

진로 인식의 세 하위 영역에 대하여 프로그램 투입 전과 후의 평균에 대하여 독립 표본 t-검증을 실시하였다. 그 결과 과학에 대한 진로 인식에서 유의수준 95%에서 유의확률 .05이하로 통계적으로 유의미한 차이가 나타났고, 수학 관련 진로 인식과 기술 관련 진로 인식의 경우 평균값은 상승하였으나 유의수준 95%에서 통계적으로 유의미한 차이는 없었다. 즉, 과학 탐구 기반의 융합인재교육 프로그램 수업 결과 과학과 관련된 진로 인식에는 유의미한 차이가 나타났음을 알 수 있다.

3.2.2. 과학 기술 공학 수학에 대한 태도

3.2.2.1. 과학에 대한 태도

교육에 모두 참여한 105명의 학생 중 불성실한 응답을 한 9명의 데이터를 분석에서 제외하였다. 총 96명의 학생들의 과학, 기술, 공학, 수학에 대한 태도의 사전사후 검사를 분석하였고 과학에 대한 태도의 분석 결과는 Table 8과 같다.

분석 결과, 융합인재교육 프로그램의 적용 전과 후 과학에 대한 태도의 평균에 대하여 독립 표본 t-검증을 실시한 결과 능력과 가치 요인에서 유의수준 95%에서 유의확률 .05 이하로 유의미한 차이가 나타

Table 8. Result of independent t-test about attitudes toward science (n=96)

factor	time	Mean	SD	t	p
recognition	Pre	1.935	.175	-1.433	.154
	Post	1.974	.193		
ability	pre	2.069	.170	-1.982	.027*
	post	2.193	.172		
value	pre	1.956	.244	-1.277	.032*
	post	2.203	.263		
persistence for interesting	pre	1.774	.149	-1.241	.216
	post	1.802	.160		

* $p < .05$

Table 9. Result of independent t-test about attitudes toward technology (n=96)

factor	time	Mean	SD	t	p
recognition	Pre	1.930	.150	-3.355	.001*
	Post	2.008	.171		
ability	pre	2.184	.198	-1.376	.170
	post	2.225	.220		
value	pre	2.031	.175	-.689	.492
	post	2.048	.174		
persistence for interesting	pre	2.020	.206	-1.385	.168
	post	2.062	.209		

* $p < .05$

났으며 인식과 흥미의 지속성 요인에서는 유의미한 차이가 없었다.

3.2.2.2. 기술에 대한 태도

총 96명의 학생들의 기술에 대한 태도의 분석 결과는 Table 9과 같다.

분석 결과, 융합인재교육 프로그램의 적용 전과 후 기술에 대한 태도의 평균에 대하여 독립 표본 t-검증을 실시한 결과 인식 요인에서 유의수준 95%에서 유의확률 .05 이하로 유의미한 차이가 나타났으며 능

력과 가치, 흥미의 지속성 요인에서는 유의미한 차이가 없었다.

3.2.2.3. 공학에 대한 태도

총 96명의 학생들의 공학에 대한 태도의 분석 결과는 Table 10와 같다.

분석 결과, 융합인재교육 프로그램의 적용 전과 후 공학에 대한 태도의 평균에 대하여 독립 표본 t-검증을 실시한 결과 인식과 가치 요인에서 유의수준 95%에서 유의확률 .05이하로 유의미한 차이가 나타

Table 10. Result of independent t-test about attitudes toward engineering (n=96)

factor	time	Mean	SD	t	p
recognition	Pre	1.908	.163	-3.683	.000*
	Post	2.001	.188		
ability	pre	2.130	.199	-.876	.382
	post	2.156	.211		
value	pre	1.993	.123	-2.873	.005*
	post	2.046	.136		
persistence for interesting	pre	2.166	.162	-.731	.465
	post	2.184	.166		

* $p < .05$

Table 11. Result of independent t-test about attitudes toward mathematic (n=96)

factor	time	Mean	SD	t	p
recognition	Pre	1.668	.208	-1.390	.166
	Post	1.711	.223		
ability	pre	2.100	.139	-1.689	.093
	post	2.137	.158		
value	pre	1.666	.144	-3.218	.000*
	post	1.732	.186		
persistence for interesting	pre	1.678	.197	-2.958	.003*
	post	1.725	.220		

* $p < .05$

났으며 능력과 흥미의 지속성 요인에서는 유의미한 차이가 없었다.

3.2.2.4. 수학에 대한 태도

총 96명의 학생들의 수학에 대한 태도의 분석 결과는 Table 11과 같다.

분석 결과, 융합인재교육 프로그램의 적용 전과 후 수학에 대한 태도의 평균에 대하여 독립 표본 t-검증을 실시한 결과 가치와 흥미의 지속성 요인에서 유의수준 95%에서 유의확률 .05이하로 유의미한 차이가 나타났으며 인식과 능력 요인에서는 유의미한 차이가 없었다.

4. 결론 및 제언

이 연구에서는 지진을 주제로 과학 탐구 기반의 융합인재교육 프로그램을 개발하고 이를 적용하여 중학생들의 과학 자기효능감, 진로 인식, STEM(과학, 기술, 공학, 수학)에 대한 태도 변화의 효과를 검증하였다.

첫째, 중학생을 대상으로 지구과학 영역에서 지진을 주제로 한 과학 탐구 기반의 융합인재교육 프로그램을 개발하였다. 현재 학교 현장에 적용되고 있는 2009 개정 교육과정에서 지진과 관련된 교육과정을 분석하고 프로그램 개발 목적에 맞추어 과학 탐구 기반의 융합인재교육 프로그램을 ADDBA 모형을 적용하여 개발하였다. 총 6차시로 구성된 융합인재교육 프로그램은 분석(A)-설계(D)-제작(B)-평가(A)의 단계를 거쳐서 과학적 탐구 능력과 창의융합적 사고를 함께 기를 수 있도록 구성하였다.

Chang and Kim(2011)은 우리나라도 절대 지진의 안전지대가 아니므로 이에 대한 적절한 대응책이 강

조되어야 하고 우리나라의 지진발생을 분석하고 또, 지진이 발생한다면 어떻게 적절한 대응책을 펴야 할 것인가에 대하여 제시하였다. 개발된 융합인재 프로그램을 통하여 우리와 가까운 일본의 경우 지진을 대비해 내진 설계를 확실하게 하고 있는 상황에서 우리나라도 더 이상 지진으로부터 안전지대가 아님을 인지하고 앞으로 발생할 지진으로부터의 피해를 대비하기 위해 지진을 효과적으로 견딜 수 있는 내진 구조물 설계의 중요성을 인식(Apedoe et al., 2008) 할 수 있으며 나아가 융합인재교육에서 추구하는 감성적 체험을 경험하는 기회를 제공할 수 있다.

둘째, 과학 탐구 기반의 융합인재교육 프로그램이 목표로 하는 과학기술 분야의 흥미와 동기 유발과 관련한 변화를 살펴보기 위하여 과학 자기 효능감을 측정하였다. 그 결과 과학 자기효능감의 경우 과제 곤란도 선호, 자기 조절 효능감, 자신감 세 하위 요인 모두 프로그램 투입 전과 후에 대하여 유의미한 차이가 나타났음을 확인할 수 있었다. 과학 탐구 기반의 융합인재교육 프로그램을 학습한 후 학생들은 과학에 대한 과제 곤란도는 낮아졌으며 자기 조절 효능감과 자신감은 향상되었음을 알 수 있었다.

이 연구에서 개발한 프로그램에서는 Bandura(1977, 1986)가 제시한 자기효능감의 원천 중에서 성공의 경험(Mastery Experience)과 간접의 경험(Vicarious Experience)을 많이 경험하도록 구성하였다. 학생들이 주어진 조건에 맞도록 문제를 해결하기 위해 다양한 실패와 성공의 경험을 직접적으로 얻고, 다른 조별 활동의 결과를 통해 다른 방법의 문제해결 과정을 간접적으로 경험하게 된다. 정해진 정답이 없는 상황에서 경험을 통해 최상의 해결과정을 얻는 것을 통해서 학생들은 자기효능감을 높일 수 있게 된다(IEA, 2012a, 2012b).

이러한 결과는 융합인재교육 프로그램과 과학 자기 효능감의 효과를 살펴본 Park and Lee(2014)의 연구 결과와도 일치하며, 학생들의 과학에 대한 즐거움과 자신감, 창의성에 긍정적인 영향을 줄 수 있다는 Kim et al.(2013)의 연구와도 부합하는 결과이다. 융합인재교육을 적용한 수업이 과학에 대한 흥미와 과학 학습에 대한 흥미, 자신감 형성에 긍정적인 영향을 준다는 연구 결과(Lee, 2012; Park and Shin, 2012; Park, 2014; Seo and Shin, 2012)와도 일치한다.

셋째, 과학 탐구 기반의 융합인재교육 프로그램을 적용한 결과 학생들의 진로 인식에서 과학 관련 진로 인식에서 통계적으로 유의미한 향상이 나타났다. 그러나 수학과 기술 관련 진로 인식의 경우 평균값은 상승하였으나 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다.

과학 관련 진로 인식의 유의미한 향상은 Yoo(2015)의 선행 연구에서 STEAM 기반의 과학 프로그램을 통해 다양한 문제 상황에서 창의적 아이디어를 구상하고 스스로 과학적 탐구 원리로 해결하는 과정에서 학생들의 과학 진로 인식에 긍정적인 영향을 준다는 연구 결과와 일치한다. 이는 과학 탐구 기반의 융합인재교육 프로그램 수업을 통해 학생들이 문제의 상황을 이해하고 과학 탐구 중심의 활동으로 과학적 원리를 적용하여 설계 및 제작과정을 거치면서 과학 관련 진로 인식의 변화에 긍정적인 영향을 준 것으로 분석된다(Hughes, 2009).

넷째, 과학 탐구 기반의 융합인재교육 프로그램을 적용한 결과 학생들의 과학, 기술, 공학, 수학에 대한 태도의 향상에 긍정적인 효과를 확인할 수 있었다. 과학에 대한 태도에서는 능력과 가치의 영역에서 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다. 진로 가치화 훈련으로 학생들의 진로의 가치 성숙에 효과가 있다는 Oh and Lee(2002)과 Kim(2009)의 연구 결과로 볼 때 과학 탐구 기반의 융합인재교육 수업으로 인해 과학 관련 진로 인식에 긍정적인 영향을 주었고 과학 탐구 중심의 활동으로 과학적 원리를 적용하여 설계 및 제작과정을 진행하면서 과학적 능력과 더불어 과학에 대한 가치에도 긍정적인 영향을 준 것으로 분석된다(Gauld, 1982). 기술과 공학에 대한 태도의 경우 기술은 인식 영역, 공학은 인식과 가치 영역에서 태도 향상에 통계적으로 유의미한 효과를 보이고, 수학에 대한 태도에서는 가치와 흥미의 지속 영

역에서 통계적으로 유의미한 효과를 보였다. 이는 융합인재교육 프로그램 중 지진 내진 구조물 설계의 과정을 통해 기술과 공학의 역할과 기능을 인식하고 제작 과정에서 공학적 설계에 대한 가치의 중요성을 학습했기 때문으로 분석된다. 수학의 경우 이론을 넘어서 실제 구조물 설계에 활용하는 과정을 경험하면서 수학의 가치와 흥미를 발견했기 때문으로 분석된다(NCTM, 2000). 이러한 결과는 융합인재교육을 적용한 과학수업이 학생들의 기술, 공학, 수학에 대한 정의적 영역에 긍정적인 영향을 준다는 Seo(2012), Lee(2012), Park and Lee(2014)의 연구 결과와 일치한다. 또한 Sung and Na(2012)의 통합 STEM 교육으로 학생들의 과학, 기술에 대한 긍정적인 효과가 나타났다는 연구 결과와도 일치한다.

이러한 결과를 토대로 다음과 같이 제언을 하고자 한다. 첫째, 과학적 탐구 요소를 활용한 융합인재교육 프로그램은 학생들의 과학 탐구 수행의 능력 향상과 국가가 추진하는 과학기술 융합인재의 양성이라는 목표에 부합하는 것으로 볼 수 있으므로 보다 다양한 융합인재 프로그램을 다양한 영역에서 개발할 필요가 있다.

둘째, 이 연구는 중학생을 대상으로 실시하였으나, 앞으로는 더 많고 다양한 학교급의 학습자를 대상으로 적용할 필요가 있다. 또한 각 학교급의 학습자에 적합한 형태로 프로그램이 수정 보완될 경우 더 완성도 높은 교육이 이루어질 수 있을 것이다.

셋째, 이 연구의 결과에서는 진로 인식에서 수학과 기술 관련 진로 인식에 대해 유의미한 효과를 얻지 못하였으며 STEM에 대한 태도에서도 각 영역별로 일부 요인에서 유의미한 결과가 나타나지 않았다. 이러한 결과가 과학 영역을 중심으로 개발된 프로그램이라는 한계점에서 나타났을 가능성이 있으므로 앞으로는 융합인재교육 프로그램 개발과정에서 과학뿐만 아니라 수학, 기술, 공학, 예술의 전문가들과의 유기적인 협력을 통해 프로그램이 개발된다면 융합인재교육의 목적을 달성하는 데에 효과적일 것이다.

사 사

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2012R1A1A2043627).

References

- Ahn, S., Ha, T. and Cho, Y., 2010, Generation of tsunami hazard map. *Journal of Korean Society of Disaster & Security*, 10(4), 127-133. (in Korean)
- Apedoe, X., Reynolds, B., Ellefson, M., and Schunn, C., 2008, Bringing engineering design into high school science classrooms: The heating/cooling unit. *Journal of Science Education and Technology*, 17(5), 454-465.
- Bae, S. and Geum, Y., 2010, The recognition and needs of chemical industry teachers about STEM education of chemical industry area in industrial technical high school. *Journal of Korean Institute of Industrial Educators*, 35(1), 44-67. (in Korean)
- Bae, S., 2011a, The development and application of activity-centered STEM education program of electricity, electronics technology area in middle school. *Journal of Korean Institute of Industrial Educators*, 36(1), 1-22. (in Korean)
- Bae, S., 2011b, Effect of technology-based STEAM education on attitude toward technology of middle school students. *Journal of Korean Institute of Industrial Educators*, 36(2), 47-64. (in Korean)
- Baek, Y., Park, H., Kim, Y., Noh, S., Park, J., Lee, J., Jeong, J., Choi, Y., and Han, H., 2011, STEAM education in Korea. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 11(4), 149-171. (in Korean)
- Bandura, A., 1977, Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84(2), 191-215.
- Bandura, A., 1986, *Social foundation by thought and action*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall
- Bandura, A., 1993, Perceived self-efficacy in cognitive development and functioning. *Educational psychologist*, 28(2), 117-148.
- Britner, L. and Pajares, F., 2001, Self-efficacy beliefs, motivation, race, and gender in middle school science. *Journal of women and Minorities in Science and Engineering*, 7(4), 271-285.
- Chang, J. and Kim, D., 2011, A Study on the effective countermeasures against earthquake disaster. *Crisisonomy*, 7(3), 203-222. (in Korean)
- Chiappetta, E. and Koballa, T., 2002, *Science instruction in the middle and secondary schools*. Upper Saddle River, New Jersey: Merrill.
- Fortus, D., Dershimer, R.C., Krajcik, J., Marx, R.W., and Mamlok-Naaman, R., 2004, Designbased science and student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 1081-1110.
- Gauld, C., 1982, The scientific attitude and science education: A critical reappraisal. *Science Education*, 66(1), 109-121.
- Hughes, B., 2009, How to start a STEM team: With little chance to learn in school how science and math skills might translate into professionally useful knowledge, students are unable to make informed choices about further education and work options. *The Technology Teacher*, 69(2), 27.
- International Association for the Evaluation of Educational Achievement [IEA], 2012a, *TIMSS 2011 international results in mathematics*. Boston: TIMSS & PIRLS.
- International Association for the Evaluation of Educational Achievement [IEA], 2012b, *TIMSS 2011 international results in science*. Boston: TIMSS & PIRLS.
- Jung, G., 2008, Earthquake and urban safety: Occurrence and steps of earthquake in Korea. *Urban affairs*, 43(478), 12-25. (in Korean)
- Kim, A. and Park, I., 2001, Construction and validation of academic self-efficacy scale. *The Journal of Educational Research*, 39, 95-123. (in Korean)
- Kim, C., 2000, *The theory and practice of career education*. Gyeonggi-do: Korean Studies Information, 38 p. (in Korean)
- Kim, J., 2011, A Cubic model for STEAM education. *The Korean Journal of Technology education*, 11(2), 124-139. (in Korean)
- Kim, J., Ju, H., and Lee, K., 2013, The effects of STEAM program based on life science for science-related affective domain and creativity in high school students. *Biology Education*, 41(4), 531-543. (in Korean)
- Kim, S., 2009, *The effects of career value clarification program on middle school students' career identities and career decision-making abilities*. Unpublished M.E. thesis, Kosin University, Busan, Korea, 59 p.
- Kolodner, J.L., Camp, P.J., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., and Ryan, M., 2003, Problem-based learning meets case-based reasoning in the middle-school science classroom: Putting learning by design into practice. *The journal of the learning sciences*, 12(4), 495-547.
- Kwon, Y., Nam, J., Lee, k., Lee, H., and Choi, K., 2013, *Science education: From thinking to learning*. Seoul, Korea: Bookshil Publishing Company.
- International Technology Education Association [ITEA], 2000, *Standards for technological literacy: Content for the study of technology*. Reston, VA: Author.
- Lee, E. and Choi, Y., 2013, The Effect Of The application Of STEAM within the technology subject's information and communication technology unit on middle school students technological thinking disposition. *The Korean Journal of Technology education*, 13(2), 128-155. (in Korean)
- Lee, H., Oh, Y., Kwon, H., Park, K., Han, I., and Ahn, H., 2011, Elementary school teachers' perceptions on integrated education and integrative STEM education. *Korean Journal of Teacher Education*, 27(4), 117-139. (in Korean)

- Lee, H., Son, D., Kwon, H., Park, K., Han, I., Jung, H., Lee, S., Oh, H., Nam, J., Oh, Y., Phang, S., and Seo, B., 2012, Secondary teachers' perceptions and needs analysis on integrative STEM education. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(1), 30-45. (in Korean)
- Lee, H., Park, K., Kwon, H., and Seo, B., 2013, Development and implementation of engineering design and scientific inquiry-based STEM education program. *Korean Journal of Teacher Education*, 29(3), 301-326. (in Korean)
- Lee, H., Kwon, H., Park, K., and Oh, H., 2014, Development and application of integrative STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) education model based on scientific inquiry. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(2), 63-78. (in Korean)
- Lee, Y., 2012, The effects of STEAM education program based on creative design and scientific inquiry for interest, self-efficacy and career choice in middle school students. Unpublished M.E. thesis, Kyungpook National University, Daegu, Korea, 78 p.
- National Research Council [NRC], 1996, National science education standards: A guide for teaching and learning. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council [NRC], 2000, Inquiry and national science education standards: A guide for teaching and learning. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council [NRC], 2013, Next generation science standards. Washington, DC: National Academies Press.
- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 2000, Principles and standards for school mathematics. Reston, VA: Author.
- Mahoney, M.P., 2010, Student attitude toward STEM development of an instrument for high school STEM-based programs. *Journal of Technology Studies*, 36(1), 24-34.
- Ministry of Education and Science Technology [MEST], 2007, 2007 Revised national science curriculum. Seoul, Korea: Author.
- Ministry of Education and Science Technology [MEST], 2008, National middle school curriculum (III): Mathematics, Science, Technology and Home Economics. Seoul, Korea: Author.
- Ministry of Education and Science Technology [MEST], 2009, 2009 Revised national high school curriculum. Seoul, Korea: Author.
- Ministry of Education, Science, and Technology [MEST], 2011, Science curriculum[no. 9]. Seoul: Ministry of education and science technology.
- Ministry of Education, Science and Technology [MEST], 2012, Science curriculum (MEST Notification No. 2011-361). Seoul: Ministry of Education Science and Technology.
- Ministry of Education [MOE], 2015, Science curriculum (MOE Notification No. 2015-74). Sejong: Ministry of Education.
- Moon, C., Kim, J., and Kim, J., 2012, Development of creative STEAM study data of "Making a forklift" at specialized high school. *The Journal of Vocational Education Research*, 31(2), 103-121. (in Korean)
- Mooney, M.A. and Laubach, T.A., 2002, Adventure engineering: A design centered, inquiry based approach to middle grade science and mathematics education. *Journal of Engineering Education*, 91(3), 309-318.
- Oh, T. and Lee, H., 2002, Effects of career value clarification program on the career maturity and decision-making abilities of high school students. *Korea Journal of Counseling*, 3(2), 439-447. (in Korean)
- Organization for Economic Cooperation and Development [OECD], 2001, Knowledge and skills for life: First results from the OECD Programme for International Student Assessment (PISA) 2000. Paris: OECD.
- Organization for Economic Cooperation and Development [OECD], 2004, Learning for tomorrow's world: First results from PISA 2003. Paris: OECD.
- Organization for Economic Cooperation and Development [OECD], 2007, PISA 2006: Science competencies for tomorrow's world, Vol. 1. Paris: OECD.
- Organization for Economic Cooperation and Development [OECD], 2010, PISA 2009: What students know and can do, Vol. 1. Paris: OECD.
- Osborne, J., Simon, S., and Collins, S., 2003, Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049-1079.
- Park, B. and Lee, H., 2014, Development and application of systems thinking-based STEAM Education Program to improve secondary science gifted and talented students' systems thinking skill. *Journal of Gifted/Talented Education*, 24, 421-444. (in Korean)
- Park, S., Kim, B., and Kim, J., 2012, Development and application of automata STEAM instruction material in electro-mechanical technology unit at middle school. *The Korean Journal of Technology Education*, 12(2), 199-220. (in Korean)
- Park, H. and Shin, Y., 2012, Effects of science lesson applying STEAM education on self-efficacy, interest, and attitude towards science. *Biology Education*, 40(1), 132-146. (in Korean)
- Pearson, G. and Young, A.T. (Eds.), 2002, Technically speaking: Why all americans need to know more about technology. Washington, DC: National Academies Press.
- Sanders, M., 2009, STEM, STEM education, STEM mania. *Technology Teacher*, 68(4), 20-26.

- Sanders, M., Kwon, H., Park, K., and Lee, H., 2011, Integrative STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) education: Contemporary trends and issues. *Secondary Education Research*, 59(3), 729-762.
- Seo, B., 2012, Development and implementation of creative design and scientific inquiry-based STEM education program. Unpublished M.E. thesis, Kyungpook National University, Daegu, Korea, 72 p.
- Seo, J. and Shin, Y., 2012, Effects of STEAM program development and application for the lower grades of elementary school. *Science Education*, 25(1), 1-14. (in Korean)
- Song, J., Shin, S., and Lee, T., 2010, A study on effectiveness of STEM integration education using educational robot. *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, 15(6), 82-89. (in Korean)
- Sohn, W., 2009, Multi-level background variables and achievement: Result from PISA 2003-2006 data. *Secondary Education Research*, 57(2), 235-250. (in Korean)
- Son, E. and Woo, A., 2003, Analysis of the factors affecting the students' career choice related to science. *Journal of Research in Curriculum & Instruction*, 7(2), 113-123. (in Korean)
- Sung, E. and Na, S., 2012, The effects of the integrated STEM education on science and technology subject self-efficacy and attitude toward engineering in high school students. *The Korean Journal of Technology Education*, 12(1), 255-274. (in Korean)
- Tark, M., 2011, The relationships among science self-efficacy, science attitudes and academic achievement of elementary student. Unpublished M.E. thesis, Seoul National University of Education, Seoul, Korea, 17 p.
- Yang, H., 2005, The survey of understanding regarding the career education of middle school students and the development of science-centered career education program for third grade in middle school. Unpublished M.E. thesis, Ehwa Womans University, Seoul, Korea, 91 p.
- Yoo, S., 2015, The effects of STEAM-based science career education on the awareness for science career of elementary school students. Unpublished M.E. thesis, Gyeongin National University of Education, Incheon, Korea, 48 p.
- Yoon, M., 2003, Effects of thinking styles on academic achievement with the mediators of academic motivation and subject-specific interests. Unpublished Ph.D. dissertation, Korea University, Seoul, Korea, 91 p.

Manuscript received: July 13, 2016

Revised manuscript received: December 12, 2016

Manuscript accepted: December 27, 2016