실내에서 수행할 수 있는 지질 관련 STEAM 프로그램 개발 및 적용 효과

김덕호 · 홍승호[†]

(제주중앙초등학교) · (제주대학교)[†]

STEAM Program Development and the Application Effect for the Geological Feature Relation Which can be Executed at an Indoors

Kim, Deok-Ho · Hong, Seung-Ho[†]

(Jeju Jungang Elementary School) · (Jeju National University)[†]

ABSTRACT

Modern society is rapidly changing in the fields of science and technology, with new information and knowledge constantly being discovered. So enhancing the creativity and positive attitude of students is important. STEAM education enables students to develop their creativity, personality, intelligence and sensitivity with a well-balanced curriculum. In this study, considering the student's interest, a theme-centered STEAM program was developed in the 'Strata and Fossils' unit of elementary 4th grade science. The purposes were to find the impact on the academic achievement, creative problem solving abilities, and scientific attitude of elementary school students. The STEAM program are composed of contents which can be applied effectively indoors. As application results for STEAM program to J elementary school's students in J province, the experimental group increased significantly in the academic achievement, creative problem solving abilities and scientific attitude compared to the control group. Therefore, it is necessary to be developed continuous and systematic STEAM programs in units of various subjects to improve the students' academic achievement, creative problem solving abilities and scientific attitude.

Key words : STEAM, strata and fossil, academic achievement, creative problem solving ability, scientific attitude

I. 서 론

현대 사회는 '지식 기반 사회'로 정의할 수 있으며, 이러한 지식 기반 사회에서는 기술이나 지식만을 지닌 것에 그치지 않고, 감성과 창의성을 갖추고 학문의 경계를 넘나들 수 있는 융합형 인재를 필요로 한다. 이와 같은 사회적 요구에 대한 변화로 그동안 교육과정의 목표에 창의성을 명시하지 않았던 과학과에서도 2007 및 2009 개정 교육과정에서 일상생활의 문제를 창의적이고 합리적으로 해결하는데 필요한 과학적 소양을 기르는 것을 핵심적인

목표로 제시하고 있다(Ministry of Education and Human Resources Development, 2007; Ministry of Education, 2014). 그리고 최근에는 과학 교과뿐만 아니라, 다양한 교과들의 통합적인 접근 방법도 요구되고 있는 실정이며, 융합인재교육(STEAM)을 강조하고 있다. 이러한 요구에 부응하여 교육 현장에서는 장기간에 걸쳐 지속적으로 적용 가능한 STEAM 프로그램을 개발할 필요가 있으며, 교육과정 재구성 및 프로그램 적용을 위한 여건 조성이 이루어져야 한다.

창의적인 과학 기술 인재를 육성하고자 추진되는 STEAM 교육은 통합적인 교육 방식을 의미하며,

정부는 STEAM 교육에 대하여 ‘과학 기술에 대한 학생들의 흥미와 이해를 높이고, 과학 기술 기반의 융합적 소양과 실생활의 문제 해결력을 배양하는 교육’이라고 정의하였다. 즉, STEAM 교육에서 과학과 수학은 이론과 개념, 공학과 기술은 실생활 연계 적용이며, 예술은 감성적 측면에서 접근할 수 있고, 이를 통해서 수학·과학에 대하여 학생들이 흥미를 가지고 보다 능동적으로 참여하며, 스스로 문제를 정의하고 해결할 수 있는 능력을 길러줌으로써, 학생들을 창의성을 지닌 과학 기술 인재로 키우려고 하는 것이다(Ministry of Education, 2014).

Manner(1995)는 야외 학습장이 새로운 교육의 장소이며, 학생의 오개념을 효과적으로 교정하는 곳이라고 하였지만, 현실적으로 현장체험학습을 실시하기에는 어려움이 많다고 하였다. Jeong and Park (2009) 및 Park *et al.*(2000)은 학교 현장에서 시간, 학습 목표에 적합한 야외 학습장, 그리고 교사의 경험의 부족 등으로 인해서 야외 학습을 쉽게 나갈 수 없는 상황 때문에 학생들은 지질 관련 단원을 과학실이나 교실에서 암석표본, 지질구조 모형, 멀티미디어 자료를 이용하여 학습하는 실정이라고 하였다. 물론, 지질 관련 학습을 위해 학생들이 야외에 나가서 학습하는 것이 바람직하겠지만, 학교에서 현장체험학습 운영 절차에 의해서 진행되는 것이 어려운 상황일 수도 있고, 현장체험 장소의 부족 및 장시간의 이동 거리 등으로 인해 교육적인 효과가 높지 않을 수도 있다. 이와 같은 교육 현장의 여러 가지 상황으로 인한 차선책으로 실내에서도 지질 관련 개념을 학습할 수 있는 STEAM 프로그램 개발이 더욱 요구된다.

한편, 많은 초등학생들은 지구과학 영역을 어려워하며, 어떤 현상이나 사물에 대해서 학습할 때, 대부분 교실에서 이루어지므로 추상적인 개념을 파악하는데 어려움이 따르는 경우가 많다(Ko *et al.*, 2002). 초등학교 4학년 과학과 ‘지층과 화석’ 단원에는 직접적인 체험을 통해 지층의 알갱이를 관찰하고, 화석을 채집 또는 관찰하는 활동이 제시되어 있으나, 주로 교실에서 사진이나 동영상 자료로 학습하는 경우가 대부분이다(Kim & Kim, 2013). 그리고 지질과 관련하여 교육과정 상에 제시된 실험 활동은 공간적·시간적으로 광범위한 지질개념을 단위 수업시간에 실험으로 직접 재현하기 어려우므로 다른 사물에 비유하여 실제 현상과 비교하는 형편

이다(Jeong & Park, 2009). 이들은 실제 지각변화 현상은 오랜 시간동안 천천히 진행되고, 지층에 작용하는 힘의 상호작용과 실제 현상과 유사한 단층, 습곡 현상을 교실이나 과학실에서 재현하기 힘들다는 단점이 있다고 하였으며, 학생들이 지질 관련 단원 학습 시 지층의 형성, 단층, 그리고 습곡과 같은 지각변화에 대해 교실 또는 과학실에서 학습할 수 있는 다양한 형태의 새로운 실험 장치를 개발할 필요가 있다고 하였다. 즉, 효과적인 실험 장치를 통해서도 학생들은 지층의 형성, 단층과 습곡 현상으로 이어지는 연속적인 변화과정을 관찰할 수 있으며, 단층과 습곡이 만들어질 때 작용하는 힘의 방향 및 상호작용을 관찰할 수 있는 것이다.

STEAM 교육은 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 것이다. 이 교육의 주요 목적은 과학과 기술지식을 기반으로 학생들의 융합적 사고력과 창의적인 문제해결력을 신장시키는데 있으므로, 본 연구에서는 2007 개정 교육과정 초등 과학 ‘지층과 화석’ 관련 단원에 대해 초등학생을 대상으로 위 내용을 연계할 수 있도록 실내에서 수행할 수 있는 지질 관련 STEAM 프로그램을 개발하고, 이를 적용한 수업에서 학생들의 학업성취도, 창의적 문제해결력 및 과학적 태도의 변화를 알아보고자 하였다.

II. 연구 절차 및 방법

1. 연구 절차

실내에서 수행할 수 있는 지질 관련 STEAM 프로그램을 개발하고, 이를 적용한 과학수업이 초등학생의 학업성취도, 창의적 문제해결력 및 과학적 태도에 미치는 영향에 대한 연구의 구체적인 절차는 Fig. 1과 같다.

지질 관련 실험 장치를 새롭게 구안하여 STEAM 프로그램을 개발하였고, 개발된 STEAM 프로그램이 STEAM 교육의 목적에 맞게 학업성취도, 창의적 문제해결력 및 과학적 태도에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위하여 관련 검사 도구를 개발 또는 선정하여 사전 검사를 실시하였다. 그리고 실험 집단에는 STEAM 프로그램을 적용하고, 비교 집단

Fig. 1. Procedures of the study

에는 2007 개정 교육과정에 제시된 전통적 수업을 실시하였다. 사후에 사전 문항과 동일한 검사를 실시하여 통계 처리한 후, 결과를 분석하여 교육에 대한 시사점을 도출하였다. 또한 실험 집단은 수업 만족도 검사를 실시하여 지질 관련 STEAM 프로그램에 대한 의견을 분석하였다.

2. 관련 단위 분석

본 연구와 관련된 구체적인 교육과정을 분석한 내용은 Table 1과 같다.

교육과정의 분석과 각 차시별 교수·학습 계획을 바탕으로 학생들이 STEAM 프로그램을 잘 이해할 수 있도록 계획을 수립했고, 교육과정의 분석은 절차, 방법, 내용으로 구분하여 구체적인 결과를 도출할 수 있도록 하였다.

2007 개정 교육과정 초등과학에서 '지층과 화석'

Table 1. Curriculum analysis

Procedure	Method	Content
Analysis of the curriculum	• Teacher's guidebook, textbook, experiment, and observation of elementary school science in 4th grade, second semester	<ul style="list-style-type: none"> • Analysis of learning purpose in unit • Arrangement of learning sequence • Selected activity content for each period and subject
Reorganization for lesson plan of each period	<ul style="list-style-type: none"> • Analysis of science textbooks • Analysis of students' learning survey • Production of STEAM experimental tools 	<ul style="list-style-type: none"> • Reorganization of lesson plan • Reorganization of detailed inquiry activities

Table 2. The main contents of the unit related to 'The stratum and fossils'

Grade/semester	Unit	The main contents of the unit
4th grade/ first semester	The change of ground	<ul style="list-style-type: none"> • Learn about the appearance of change in ground for long time • Learn about the change of ground by water • Learn about the appearance of change in ground from upstream to downstream of a river
4th grade/ second semester	The stratum and fossils	<ul style="list-style-type: none"> • Observe the stratum • Learn about the generative process of the stratum • Learn about the different types of the stratum • Observe about the different types of the fossils • Learn about the generative process of the fossils • Study using the fossils • Field experience so students can observe the fossils
	Volcanoes and earthquakes	<ul style="list-style-type: none"> • Learn about the causes of earthquakes • Learn how to represent the strength of an earthquakes • Learn about an area prone to earthquakes

과 관련된 단원의 주요 내용은 Table 2와 같다.

학생들은 초등과학 4학년 1학기 ‘지표의 변화’ 단원에서 ‘오랜 시간 동안 지표의 변화 모습’, ‘침식 작용’, 그리고 ‘퇴적 작용’에 대해서 학습하고, 2학기 ‘지층과 화석’ 단원에서 지층과 화석을 관찰하면서 ‘지층과 화석의 생성 과정과 종류’에 대해서 학습하며, 마지막으로 ‘화산과 지진’ 단원에서 지진에 의해서 발생하는 ‘지표의 변화, 단층 그리고 습곡’에 대해서 학습한다. 이를 통해서 학생들은 ‘지층과 화석’에 대한 정의와 특징에 대한 인식과 함께 지질 현상을 이해하게 된다. 하지만 교과서 내용에서 지층의 변형 모습과 힘의 방향의 논리적 관계를 현상으로 나타낸 모형만으로 설명하는 것은 학생들이 이해하기 어려운 일이기 때문에, 효율적으로 실내에서 수행할 수 있는 지질 관련 실험장치의 개발이 필요하다.

3. 지층 실험 장치 구안

본 연구자가 새롭게 구안한 ‘지층’ 실험 장치는 아크릴 판으로 상자를 제작하여 그 속에 견과류의 층을 쌓고, 양 옆에서 힘을 주어 습곡 및 단층을 형성하는 원리이다. 학생들이 실험 장치를 제작하는

모습은 Fig. 2와 같다.

먼저 아크릴판과 접착제를 준비하여 직육면체 모양의 상자를 제작하였다. 이때, 견과류에 힘을 가할 수 있도록 좌·우 옆면은 고정시키지 않고, 상자 안으로 움직일 수 있도록 하였으며, 아크릴 상자를 놓았을 때 윗면은 개·폐가 가능하게 하여 실험 재료인 견과류를 넣을 수 있도록 하였다. 그리고 아크릴 상자 뒷면에는 습곡의 높이가 얼마만큼 올라갔는지 측정할 수 있도록, 앞쪽 하단에는 양 옆에서 얼마만큼의 압력을 가하였는지 알 수 있도록 1cm 간격으로 눈금을 표시하였으며, Fig. 2에서 눈금이 있는 부분을 O으로 표시하였다. 제작된 아크릴 상자 안에 견과류의 알갱이가 큰 순서대로 층을 쌓았는데, 층리를 더 잘 표현하기 위해서 견과류 층마다 반죽된 밀가루를 펴서 구분하였다. 견과류 지층이 완성된 후에는 학생들이 양 옆에서 아크릴 판에 힘을 주어 견과류 지층이 휘어지는 현상을 관찰하도록 하였다. 지층 실험 장치를 제작하면서 학생들은 설계도 구상하기, 제작 순서 정하기(T/E), 설계 도면 그리기(A), 재료의 비율 계산하기, 눈금 표시하기(M) 등의 활동을 통해서 자연스럽게 여러 교과의 내용을 학습하게 되는 것이다. 또한, 퇴적물로

Fig. 2. The process of invention on experimental equipment related to the stratum

이루어진 지층이 힘을 받아 습곡현상이 나타나는 것을 확인하면서 실내에서도 생생하게 지층의 형성 및 변화(S)에 대해서 이해할 수 있도록 하였다.

4. STEAM 프로그램의 개발

새롭게 구안한 지질 실험 장치를 기초로 실내에서 수행할 수 있는 STEAM 프로그램 개발을 위해 Baek *et al.*(2011)의 4C-STEAM과 Kwon and Kwon (2013)이 제시한 STEAM 수업전략을 참고하였다. Baek *et al.*(2011)은 기존의 교과간의 내용적 융합 또는 통합적 접근과는 다르게 학생들의 창의적, 인식적 성향을 배양하기 위한 4C-STEAM을 제안하였다. 4C-

STEAM은 지식 및 개념의 융합(Convergence), 창의성(Creativity), 소통(Communication) 그리고 배려(Caring)를 추구하는 교육이다. 또한 Kwon and Kwon(2013)은 상황 제시를 통해 문제를 자신의 것으로 인식하고, 창의적 설계과정을 통해 문제를 자기주도적으로 해결하는 과정에 몰두하면서 학생들이 성취의 기쁨을 느끼고, 새로운 문제에 끊임없이 도전하는 선순환이 이루어지도록 감성적 체험을 포함한 수업전략을 수립한 것을 참고하였다.

먼저 2007 개정 교육과정의 초등학교 4학년 과학교과서, 실험 관찰 및 교사용 지도서(Ministry of Education, Science and Technology, 2010)를 분석한

Table 3. Teaching plan of STEAM program

Step	Inquiry topic	Main contents and activities	Period (time)	STEAM elements
Presentation of situation	Learn definition and feature of the stratum and fossils	- Learn definitions of the stratum and fossils (S)(A) - Learn features of the stratum and fossils (S)(A) - Learn why stratum and fossils are important (S)(A)(M)	1 (40 min)	(S) (A) (M)
	Think about experiment to identify feature of the stratum and fossils	- Study existing experiments related to the stratum and fossils (S)(A) - Identify STEAM elements that can be added to existing experiments (S)(T)(E) - Think new experiment to study the features of the stratum and fossils (S)(T)	2 (40 min)	(S) (T) (E) (A)
Creative design	Design best experiments to identify feature of the stratum and fossils	- Organize the advantages and disadvantages of the various experiments can be know that feature of the stratum and fossils (S)(A)(M) - Design STEAM experiment on the basis of the investigation about the stratum and fossils (S)(T)(E)(A)	3 (40 min)	(S) (T) (E) (A) (M)
	Create a lesson plan for selected experiment	- Discuss requirements to conduct selected experiments (S)(A) - Make a specific plan for each student's role when conducting experiments (S)(T)(E)(A) - Present plan about experiment by using various methods (S)(A)	4 (40 min)	(S) (T) (E) (A)
	Conduct selected experiment	- Conduct a selected experiment in each group between the stratum and fossils (S)(T)(E)(A)(M) - Discuss about necessity of additional experiments after looking over contents of experiments each group (S)(A) - Arrange the experimental devices (A)	5~6 (80 min)	(S) (T) (E) (A) (M)
Emotional experience	Arrangement of learning content with sense of accomplishment	- Discuss students' thoughts on experiments by group (S)(A) - Organize by using a variety of ways about information learned through experiments (S)(A)	7 (40 min)	(S) (T) (E) (A)
	Discussion of potential experiments	- Discuss ideas about the stratum and fossils in each groups (S)(T)(E)(A) - Present STEAM ideas on experiments with each groups (S)(A)	8 (40 min)	(S) (T) (E) (A)
	Share and sympathize the ideas on experiments	- Share feelings during presenting new STEAM experiments (S)(A) - Look at the advantages and disadvantages of the STEAM idea to another group (S)(A)(M) - Present feelings on the creativity of the STEAM program and the stratum and fossils topic (S)(A)	9 (40 min)	(S) (A) (M)

다음, 실내에서 수행 가능한 STEAM 프로그램을 개발하였다. 개발된 STEAM 프로그램에 대해 과학교육전공 교수 1명, 지질 영역 단원을 지도해 본 경험과 STEAM 연수를 받은 석사과정 교사 5명과 박사과정 교사 3명 총 9명에게 검토를 의뢰하였다. 안면타당도를 조사하기 위한 방법은 본 연구의 내용과 목표에 적합한지를 Likert 척도로 평가하도록 하였으며, ‘부적절’이나 ‘매우 부적절’로 표시한 경우, 합리적인 대안을 제시할 수 있도록 하여 프로그램을 수정하는데 활용하였다. ‘매우 타당함’으로 표시하였을 경우를 100%로 하였을 때, 개발된 STEAM 프로그램의 타당도는 89.4%이었다. 타당도 조사를 바탕으로 STEAM 프로그램에 대한 의견을 수렴하고, 학습 요소와 계열성을 고려하여 프로그램을 다시 보완하여 총 9차시의 프로그램을 최종적으로 개발하였다.

본 STEAM 프로그램을 통해서 평소 관심이 적었던 지구과학 영역의 지질학적 가치에 대해서 학생들로 하여금 흥미를 갖도록 하고, 실내에서 할 수 있는 프로그램을 통해서 융합적인 소양을 스스로 기를 수 있도록 구성하였다. 개발된 STEAM 프로그램의 주요 내용은 Table 3에 제시하였다.

실험 집단에 STEAM 프로그램을 적용하기 위한 수업의 구안 및 자료 개발은 선행 연구 및 관련 도서와 및 다양한 자료 등을 종합하여 이루어졌으며, Kim and Choi(2012)의 연구를 참고하여 교수·학습 과정안과 활동지를 제작하였다. 학생들의 다양한 사고를 유발하기 위해 확산적 발문과 허용적인 분위기로 학생들 사이의 의견교환이 활발하도록 하며, 생활 속 과학 기술 및 소재를 도입하여 살아 있는 과학 원리를 체감하도록 하였다. STEAM 구성 요소의 반영은 과학에 기반을 두고, 각 교과 요소 가능한 범위에서 융합하도록 하며, 차시의 구성 방식은 과학의 지식과 원리를 다루고 응용할 수 있는 방식을 기본으로 하였다. 그리고 변인을 최대한 통제하기 위해서 비교 집단과 동일한 주제로 프로그램을 운영하고, 시기도 동일하게 하였다. 또한, Moon(2008)은 각 교과의 원리와 적용 방안에 대한 집단 사고, 의견 수렴 및 협력적 실천 활동에 4인이 적합하다고 하여 STEAM 프로그램에 맞는 학습 인원을 동일하게 결정하였고, 생소한 것에서 오는 불안감을 줄이기 위해 STEAM 교육에 대한 간단한 안내를 실시하고, 융합적 사고를 촉진하기 위해 각 교과목을 분절적으로 강조하지 않았다. 학생 활동

Plan a experiment

Fry nuts using a frying pan

Stack up nuts

The appearance of curved the stratum

Make a fossils on dough

The fossils baked by the oven

Fig. 3. The learning scene of students

의 구체적인 장면은 Fig. 3과 같다.

먼저 지도교사에 의해 구안된 실험 장치를 제작할 준비와 실험의 구체적인 과정에 대해서 모둠 구성원들이 의견을 교환하였다. 견과류를 실험 장치에 넣기 전에 후라이팬에 양념과 함께 볶는 과정을 통해서 실험에 대한 흥미와 참여도를 높였고, 이는 견과류를 서로 달라붙게 하는 효과가 있기 때문에 지층의 형태를 실감나게 제작할 수 있었다. 아크릴 실험 장치에서 견과류 지층 양 옆에서 힘을 가하여 습곡이 나타나는 모습과 단층이 나타나는 경우에 대해서도 관찰하도록 하였다. 그리고 화석 실험은 밀가루를 반죽하여 얇게 편 후에 그 위에 다양한 모양을 찍어 나타내도록 한 후에 오븐에 구웠다. 그 후에 딱딱해진 밀가루의 모습에서 화석화 현상의 원리를 이해하고, 모둠원들과 함께 시식하면서 실험의 즐거움을 느끼도록 하였다.

5. 검사 도구

실내에서 수행할 수 있는 지질 관련 STEAM 프로그램의 효과를 알아보기 위하여 학업성취도 문항은 연구자가 개발하였고, 창의적 문제해결력, 과학적 태도 및 STEAM 만족도는 기존에 보고된 검사 도구를 이용하였다. 이와 같은 검사를 하게 된 이유는, 개발된 STEAM 프로그램이 학생들의 과학 개념, 문제해결력 그리고 정의적인 면에 미치는 영향에 대한 분석을 통해, STEAM 교육의 목적에 부합할 수 있는지 알아보기 위해서이다.

학생들의 학업성취도의 변화를 알아보기 위해 지층 및 화석에 대한 학업성취도 검사 도구를 자체적으로 개발하여, 지층은 7개의 객관식 문항, 화석은 7개의 진위형 문항으로 총 14개의 문항으로 구성하였다. 학업성취도 문항 개발 역시 위에서 언급한 교육 전문가의 검토를 거쳤다.

그리고 창의적 문제해결력의 변화를 알아보기 위해 Choi and Kang(2006)이 개발한 과학 창의적 해결력 평가 척도표와 Lee(2008)와 Kim(2011)이 개발한 검사 도구를 참고하여 활용하였다. 탐구 영역은 문제 정의하기와 문제 해결하기로 나누었고, 다양한 문제 제안하기, 적절한 탐구문제 선택하기, 해결책 생각하기, 실험계획 세우기, 해결방법 확인하기의 하위 영역으로 이루어져 있다.

또한 과학적 태도 검사 도구는 Kim *et al.*(1998)의 측정도구를 사용하였다. 이 도구는 Likert 척도

방식으로 긍정적 문항 18개와 부정적 문항 3개로 총 21개의 문항으로 이루어져 있으며, 호기심, 개방성, 비판성, 협동성, 자진성, 끈기성, 창의성의 항목으로 되어 있다. 측정도구의 신뢰도 Cronbach α 는 0.89이다.

마지막으로 실험 집단의 만족도를 알아보기 위해서 Kim, J. S.(2012)가 개발한 검사 도구를 변형하여 활용하였다. 검사 도구의 영역은 감성적 체험, 내용적 융합, 창의적 설계, 수업 만족도로 분류하여 각 영역별 5개의 문항으로 구성되었다. 그리고 STEAM 프로그램을 수행하면서 좋았던 점과 아쉬웠던 점에 대해서 학생들이 다양한 생각을 자유롭게 제시할 수 있도록 추가 구성하였다.

6. 연구 대상

연구 대상은 J도내 J초등학교 6학년 2개 반으로 하였다. 구체적인 내용은 Table 4와 같다.

실험 집단과 비교 집단에는 STEAM 프로그램 이외의 학습 시수, 진도, 실험환경, 그리고 지도 교사 등의 다른 변인은 동일하게 유지하여 연구의 오차를 최소화 하였다. 비교 집단은 2007 개정교육과정 초등과학 4학년 ‘지층과 화석’과 관련된 단원을 토대로 9차시의 수업을 하였고, 실험 집단은 본 연구에서 개발된 STEAM 프로그램을 적용하였다.

7. 자료 처리

실험 집단과 비교 집단에서 얻은 사전과 사후의 학업성취도, 창의적 문제해결력 및 과학적 태도 검사에 대한 결과는 SPSS 통계 프로그램으로 *t*-검정을 실시하여 통계 분석하였으며, 유의미한 차이는 $p<.05$ 로 하였다. 그리고 실험 집단 학생을 대상으로 실시한 수업 만족도 검사는 Likert 척도를 통한 검사 결과의 평균을 산출하였고, 만족도 검사의 주관식 문항에 대한 결과는 남학생과 여학생의 응답 빈

Table 4. The study subjects (Unit: person)

Group	Number of students	Remarks
The experimental group	25	Male 12
		Female 13
The comparison group	25	Male 12
		Female 13
Total	50	Male 24
		Female 26

도수로 계산하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 학업성취도 검사 결과

STEAM 프로그램이 학생들의 학업성취도에 미치는 효과를 알아보기 위하여 각 집단의 사전·사후 검사를 분석하였다(Table 5).

사후 검사 결과에서 실험 집단은 전체적으로 사전 검사 점수보다 유의미하게 향상되었으며, 하위 영역별로는 지층 영역에서 유의미한 차이를 나타낸 반면, 비교 집단은 모든 영역에서 유의미한 결과를 보이지 않았다. 더욱이 두 그룹간의 사후 검사 비교에서도 전체 및 지층 하위 영역에서 유의미한 차이를 보여, STEAM 프로그램이 기존의 과학과 교육과정 수업보다 학생들의 학업성취도 향상에 좀 더 효과적이라는 것을 알 수 있었다. 하지만 화석 영역이 유의미한 차이를 보이지 않은 이유는 다른 영역에 비해 사전 검사 점수가 높아, 수업 후에 그 상승폭이 적게 나타난 결과이다. 이와 관련하여 Kim and Hong(2014)의 연구에서도 지질 관련 야외 학습을 실시한 후 학생들은 지층에 대한 학업성취도에서 유의미한 향상을 보였지만, 화석 영역에 대해서는 유의미한 차이가 나타나지 않았다고 하였고, Kang(2012)의 연구에서 학생들은 과거와 현재 환경의 관련성 및 공간적, 시간적 변화에 대한 개념을 바르게 이해하지 못하여 화석에 대한 오개념이 생겼다고 하였다. 이를 통해서 화석의 개념을 향상시키기에는 학생들의 오개념을 사전에 파악하고, 결과를 분석하여 맞춤형 STEAM 교육을 실시해야 한다고 생각된다.

이와 같은 실험 집단에서의 학업성취도 향상은

학생들의 내적인 동기를 유발시키기 위해서 다양하고 흥미를 가질 수 있는 활동으로 STEAM 프로그램을 구성하였고, 아울러 학생들의 지속적인 토의 활동을 통해서 지적 호기심을 자극하였으며, 실험을 설계하여 스스로 탐구하고 개념을 습득하는 활동을 통해서 효과가 나타난 것으로 생각된다.

본 연구처럼 STEAM 프로그램을 적용하여 학생들의 학업성취도에 영향을 준 연구로, Kim(2011)은 학생들이 STEAM 프로젝트 학습을 통해 자기주도적으로 탐구함으로써 학습 내용을 더 분명히 이해하고 기억하게 되어, 학업성취도 향상에 긍정적인 효과를 얻었다고 하였다. 그리고 초등학생들의 집단지성을 활용할 수 있는 STEAM 기반 수업을 개발하고 적용한 Cho(2013)는 STEAM 프로그램이 과학 개념 및 원리에 대한 이해와 기억을 용이하게 함으로써 학습 효과를 높인다고 하였고, 본 연구의 결과와도 일치한다. 또한 Kim, J. R.(2012)이 식물의 구조와 기능 단원에 대한 STEAM 프로그램을 개발하고 적용하여 학생들의 과학 학업성취도 향상에 효과적이었다고 한 결과와도 같으며, Yang(2013)은 초등학교 5학년 학생을 대상으로 친환경미생물(EM)을 주제로 한 STEAM 기반 환경교육 프로그램을 개발하고 적용하여 EM에 대한 학업성취도 향상에 도움이 되었다고 하였다. Kim, T.(2013)는 STEAM 교육을 적용한 수업을 통하여 학생들이 학습 내용을 실생활 소재나 다른 과목과 통합적인 시각으로 학습하여 학습된 결과가 오래 남고, 개념이 잘 연상될 수 있었다고 하였다. 따라서 선행연구의 내용과 본 연구의 지질 관련 단위 STEAM 적용 수업도 학업성취도 향상을 가져온 점으로 보아, 충분히 여러 분야에 적용할 수 있는 가능성을 시사한다. 또한 선행 연구 중에 지질 관련 STEAM 프로그램과 학업

Table 5. The result of a pre · post test comparison about academic achievement

Domain	Group	Pre-test		Post-test		Pre-post comparison <i>t(p)</i>	Pre-post comparison of two group <i>t(p)</i>
		M	SD	M	SD		
Whole	Control	.57	.50	.61	.49	-1.30(.220)	-2.64(.008*)
	Experimental	.59	.49	.71	.46	-3.41(.001*)	
Stratum	Control	.49	.50	.55	.50	-1.27(.205)	-3.14(.002*)
	Experimental	.51	.50	.71	.45	-4.21(.000*)	
Fossil	Control	.65	.48	.67	.47	-.40(.687)	-.57(.567)
	Experimental	.66	.47	.70	.46	-.69(.493)	

* $p < .05$

성취도와와의 관계를 연구한 결과는 거의 없었기 때문에, 본 연구의 STEAM 프로그램과 지구과학 영역 학습성취도와와의 관계를 해석하는 분야의 연구에 기여할 수 있다.

2. 창의적 문제해결력 검사 결과

STEAM 프로그램이 학생들의 창의적 문제해결력에 미치는 효과를 알아보기 위하여 각 집단의 사전·사후 검사를 분석하였다(Table 6).

실험 집단은 전체 및 ‘문제 해결하기’ 영역에서 사후 검사 점수가 사전 검사 점수보다 유의미하게 높은 결과를 나타내었다. 반면, 비교 집단은 모든 영역에서 유의미한 결과를 보이지 않았다. 그리고 두 그룹 간의 사후 검사에 대한 차이도 ‘문제 해결하기’ 영역과 전체적으로 유의미한 결과가 나타나어, STEAM 프로그램이 기존의 과학과 교육과정 수업보다 학생들의 창의적 문제 해결력 향상에 더 효과적이라는 것을 알 수 있었다.

STEAM 교육에서 제시되는 상황은 프로그램 도입으로만 활용되는 것이 아니라, 프로그램 전체를 포괄하는 것으로 활용되며, 학생들이 문제 해결 의지를 가지게 하는 역할을 한다(Ministry of Education, 2014). 본 연구의 결과가 시사하는 바는 결국 학생들이 문제 해결 과정을 배우고, 창의적 사고를 발달시켜야 하는 이유는 문제 해결 과정에서 그들의 창의성을 계발하고, 지적인 도구를 사용할 수 있으며, 문제 해결을 통해서 인지적 능력과 사고기술을 발달시킬 수 있기 때문이다. 즉, 학생들은 문제 해결 과정을 좋아하며, 그들에게 제공되는 도전을 즐겨워 한다. 이런 이유 때문에 우리는 학습자로 하여금 지식의 구조를 깨우쳐서 개념과 개념을 관계지어 새로운 학습을 가능하게 하여 창의적 문제해

결력을 신장시켜 주어야 한다.

STEAM 교육은 학생 스스로가 창의적으로 생각해 낸 아이디어를 수업과 활동에 반영하도록 하기 위해서 문제를 스스로 인식하고 정의하는 것에서부터 시작되며, 이 과정에서 제약 조건을 파악하게 된다(Ministry of Education, 2014). 이에 따라 STEAM 프로그램은 다양한 시도와 교과별 통합을 고려하여 활동에 대한 지속적인 확인 및 피드백과 학생들이 자신의 학습에 대한 점점의 필요성을 스스로 더 느낄 수 있는 교육이므로, STEAM 프로그램에 창의성을 발달시키고, 확산적 사고를 유도하는 여러 가지 질문이나 사고 전략이 포함되게 하여, 문제에 다양한 방면으로 접근하면서 창의적으로 해결할 수 있도록 해야 한다.

본 연구의 결과와 유사한 연구로는 과학 기반 STEAM 프로그램을 초등과학 영재학생들에게 적용하여 창의적 문제 해결력이 유의미하게 상승하였다는 결과(Kim & Choi, 2012; Kim, T., 2013), STEAM 수업이 수학영재의 수학적 사고 능력과 창의성에 긍정적인 효과를 미쳤다는 결과(Kim, M., 2013) 등 영재 학생에게 효과적이었다. 또한 일반학생들에게 적용하여 효과를 나타낸 연구로는 로봇을 활용한 STEAM 기반 학습을 통해 창의성의 인지적 요인과 정의적 요인 모두 향상되었다는 결과(Yu, 2013), 스크래치를 활용한 창의적 STEAM 프로그램이 초등학생의 창의성을 신장시켰다는 결과(Shin, 2012) 및 초등과학 교과 내 주제 중심의 STEAM 프로그램이 학생들의 창의성을 향상시키는 데 긍정적인 효과를 가져왔다는 결과(Kim et al., 2014)가 있다.

3. 과학적 태도 검사 결과

본 연구의 STEAM 프로그램이 학생들의 과학적

Table 6. The result of a pre · post test comparison about creative problem solving ability

Domain	Group	Pre-test		Post-test		Pre-post comparison <i>t(p)</i>	Pre-post comparison of two group <i>t(p)</i>
		M	SD	M	SD		
Whole	Control	1.22	.84	1.28	.49	-.66(.512)	-3.49(.001*)
	Experimental	1.18	.75	1.51	.56	-4.13(.000*)	
Problem defining	Control	1.22	.84	1.30	.54	-.57(.569)	-1.21(.229)
	Experimental	1.32	.65	1.44	.612	-.97(.335)	
Problem solving	Control	1.23	.85	1.27	.45	-.37(.712)	-3.69(.000*)
	Experimental	1.09	.79	1.56	.53	-4.62(.000*)	

* $p < .05$

태도에 미치는 효과를 알아보기 위하여 각 집단의 사전·사후 검사를 분석하였다(Table 7).

사전과 사후의 과학적 태도를 분석한 결과, 실험 집단은 전체 및 개방성, 비판성, 협동성, 자진성, 끈기성, 창의성 하위 영역에서 사전 검사 점수보다 사후 검사 점수가 유의미하게 높은 결과를 나타내었다. 반면, 비교 집단은 전 영역에서 유의미한 결과를 보이지 않았다. 두 그룹간의 사후 검사에 대한 차이도 비판성을 제외한 다른 모든 영역과 전체적으로도 유의미한 결과가 나타나, STEAM 프로그램이 기존의 과학과 교육과정 수업보다 학생들의 과학적 태도 향상에 더 효과적이라는 것을 알 수 있다.

Seong(2003)은 과학적 태도가 과학정신과 관련된 것으로서 문제해결, 탐구하는 자세, 아이디어와 정보의 평가, 의사 결정에 있어서 특별한 접근방법으로 호기심, 개방성, 비판성, 협동성, 자진성, 끈기성, 창의성 등을 지칭한다고 하였다.

본 연구를 수행하면서 실험 집단 학생들은 STEAM 프로그램에 의해서 주어진 내용을 스스로 조절하고 통제하여, 학습 활동을 효율적으로 전개하려고 하였다. 모듈별 과제 수행에서 어려움이 발생하면

교사에게 적극적으로 도움을 요청하였고, 학습 내용에 대해서 호기심이 생기면 바로 확인하여 예상 결과를 도출하려고 노력하였다. 과학 교육에 있어 인지적 영역의 목표와 함께 정의적 영역의 목표도 매우 중요하기 때문에, 이러한 활동을 통해 과학을 대하는 태도가 향상된 것이라고 생각된다.

본 연구의 결과와 같이 STEAM 수업이 과학적 태도 향상에 효과를 나타낸 연구로는 Lee, H. M. (2013)의 과학 기반 STEAM을 적용한 ‘태양계와 별’ 수업, Park and Shin(2012)의 ‘우리 몸’ 단원을 STEAM으로 재구성한 수업, STEAM 교육을 적용한 과학 수업(Lee & Lee, 2012; Oh, *et al.*, 2012), Lee, H. R. (2013)의 디지털 스토리텔링 기반의 STEAM 수업, An(2014)의 과학·예술 분야의 융합프로그램을 통하여 흥미를 기반으로 하는 수업들이 있었다.

위에서 언급한 대부분의 STEAM 적용 연구들이 과학적 태도 향상에 기여하고 있음을 볼 때, 앞으로도 학생들의 흥미를 기반으로 하는 STEAM 프로그램이 개발이 지속적으로 필요하다. 또한, STEAM 교육을 통하여 과학 기술에 대한 이해와 흥미를 높일 수 있는 학교 교육으로의 전환이 이루어져야 하겠다.

Table 7. The result of a pre·post test comparison about scientific attitude

Domain	Group	Pre-est		Post-test		Pre-post comparison <i>t(p)</i>	Pre-post comparison of two group <i>t(p)</i>
		M	SD	M	SD		
Whole	Control	3.64	.93	3.64	.846	.04(.969)	-7.16(.000*)
	Experimental	3.63	.91	4.04	.960	-7.41(.000*)	
Curiosity	Control	3.71	.97	3.56	.93	1.35(.181)	-2.78(.006*)
	Experimental	3.97	.94	4.08	1.05	-.66(.509)	
Openness	Control	3.52	1.03	3.56	.92	-.29(.772)	-4.21(.000*)
	Experimental	3.80	.77	4.16	.82	-2.72(.008*)	
Criticism	Control	3.60	.84	3.76	.82	-1.29(.203)	-.50(.615)
	Experimental	3.32	.87	3.84	1.10	-3.53(.001*)	
Cooperation	Control	3.79	.81	3.83	.81	-.29(.772)	-2.68(.008*)
	Experimental	3.61	.85	4.19	.83	-4.03(.000*)	
Voluntariness	Control	3.56	.89	3.40	.93	1.13(.264)	-3.54(.001*)
	Experimental	3.52	.92	3.96	1.01	-2.75(.008*)	
Perseverance	Control	3.77	.98	3.68	.86	.65(.521)	-3.10(.002*)
	Experimental	3.71	.97	4.12	.83	-2.56(.013*)	
Creativity	Control	3.56	.93	3.61	.72	-.45(.654)	-2.41(.017*)
	Experimental	3.48	.88	3.96	1.02	-3.84(.000*)	

* $p < .05$

이와 같은 연구 결과를 통해서 STEAM 프로그램을 적용한 실험 집단 학생들은 ‘지층과 화석’에 대한 개념을 습득하고, 다양한 문제를 해결하는 방법을 창의적으로 생각하게 되었으며, 과학적으로 긍정적인 태도를 지니게 되었다는 것을 알 수 있다. 즉, 학생들은 STEAM 교육을 통하여 성공의 기쁨을 느낄 수 있으며, 이를 바탕으로 새로운 문제에 도전하고자 하는 열정을 가지게 된 것이다. 따라서, 하나의 문제에서 다른 문제로의 선순환이 가능해지고, 이러한 선순환 구조 속에서 학생들은 제시된 문제에 대한 실생활과의 연관성, 유사한 상황에서의 문제해결력, 그리고 문제에 대한 호기심과 흥미를 갖게 됨으로써 STEAM 교육의 목적에 도달할 수 있다.

4. 수업만족도 분석 결과

학생들 스스로 활동한 STEAM 프로그램에 대한 만족도에 대해서 실험 집단을 대상으로 검사하였다.

1) STEAM 프로그램에 대한 만족도

STEAM 프로그램을 적용한 실험 집단 25명 학생들의 프로그램에 대한 만족도를 Likert 척도로 감성적 체험, 내용적 융합, 창의적 설계, 수업만족도 4가지 영역의 결과에 대해서 성별로 분석하였다 (Fig. 4).

STEAM 프로그램 학습 후 실험 집단을 대상으로 만족도 검사를 한 결과, 전체 평균 89.6%로 높은 만족도를 보였으며, 남학생과 여학생의 평균은 각각 91.3%, 87.9%였다. 성별에 따른 만족도를 분석해보면, 남학생은 전 영역에서 모두 90% 정도의 높은 만족도를 보였으나, 여학생은 ‘수업만족도’에서만 90% 이상의 만족도를 보였으며, 다른 영역에서는 80% 중반의 만족도를 보여 남학생의 만족도가 4개의 영역 모두 높다는 것을 알 수 있다. 성별에 따른 특성

Fig. 4. The result of STEAM program satisfaction survey

상 구체적인 조작 활동을 좋아하면서 동적인 남학생과 감성적이고 정적인 여학생의 성향의 차이가 개인과 모듈별로 다양한 활동을 요구하는 STEAM 프로그램의 만족도에 영향을 미친 것으로 판단된다. 본 연구의 STEAM 프로그램 만족도 결과는 수학 영재학생들에게 STEAM 교육을 적용시켜 학생 만족도를 분석한 Kim, J.(2013)의 연구 결과와도 일치하는 것을 보면 학생들은 STEAM 교육에 대해 높은 만족도를 갖고 있음을 시사한다. Baek et al. (2011)은 STEAM 교육 프로그램의 높은 난이도로 인하여 학생들에게 외면 당하고 있다고 하였지만, 본 연구에서 개발한 STEAM 프로그램은 이러한 문제를 해결할 수 있는 실마리를 제공한다고 할 수 있다. 그리고 Kim(2000)의 과학내용에 대해 성별에 따른 학생들의 흥미가 남학생이 더 높았다는 연구 결과와도 일치하고 있다.

2) STEAM 프로그램에 대해 느낀 점

만족도 검사지 중 개방형 주관식 문항에 대한 학생들의 반응은 Table 8과 같다.

학생들의 긍정적인 반응을 통해서 절반 정도의 학생들이 실내에서 지층을 직접 제작하는 활동을 매우 좋아하였고, 학습 내용에 대한 성취도와 과학적 태도가 동시에 향상되었다는 것을 알 수 있다. 교사는 학생들이 융합적인 사고를 할 수 있는 학습 환경을 제공해 주고, 학생들은 자기 주도적이면서 창의적으로 문제를 해결할 수 있는 능력을 키워나감으로써 높은 만족도를 나타낸 것으로 생각되고, 학생들의 응답은 앞으로 과학교육과정을 운영하면서 참고하고 적용해야 하는 부분이라고 여겨진다.

아쉬웠던 점에 대해서는 과학과 요리를 융합한 활동을 더 오래 하고 싶다는 것을 통해서 비록 야외는 아니지만 직접 제작하는 활동을 학생들이 좋아한다는 것을 알 수 있다. 하지만 학생들이 STEAM 프로그램에 대한 적응이 제대로 이뤄지지 않았고, 창의적 문제 해결과정과 모듈별로 다양한 방법으로 발표하는 것에 대해서 익숙하지 않다는 것도 알 수 있다. 또한 STEAM 프로그램은 다양한 재료와 많은 탐구 과정을 거쳐서 실험을 하기 때문에, 실험 후 정리활동에 대한 학생들의 고충도 있다는 것을 알 수 있으며, 이러한 점들은 앞으로 학교 현장에서 STEAM 프로그램을 운영할 때, 참고하고 보완해야 할 것이다.

Table 8. The response of students to the STEAM program

Response	Answers	Response number (person)	Percentage (%)
The positive aspects of the STEAM program	It was fun to create your own the stratum in class.	12	48
	Learning science through cooking was fun.	7	28
	The activities were creative and engaging.	3	12
	Sharing ideas and feedback from friends was helpful.	2	8
	Performing the activities was fun, because it's a first-time.	1	4
Total		25	100
The negative aspects of the STEAM program	I would like to have more time to cook.	13	52
	I have no sense of frustration for this class.	5	20
	It was difficult to apply force to the stratum.	4	16
	It was difficult to clean up after the activities.	2	8
	It was difficult to present experimental results to friends.	1	4
Total		25	100

IV. 결론 및 제언

본 연구는 2007 개정 교육과정 과학과 ‘지층과 화석’ 관련 단원에 대한 STEAM 프로그램을 개발하여 초등학생들에게 적용하고, 학업성취도, 창의적 문제해결력 및 과학적 태도에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 본 연구에서 STEAM 교육의 목적에 기초하여 개발한 실내에서 수행할 수 있는 지질 관련 STEAM 프로그램을 적용한 결과를 토대로 내린 결론은 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서 개발한 STEAM 프로그램은 학생들이 ‘지층과 화석’의 주요 내용을 체계적으로 종합하여 제시된 문제를 해결할 수 있도록 하였다. 본 연구와 같이 실내에서도 교사의 적절한 안내와 창의적인 실험 장치가 동반된다면 STEAM 프로그램을 충분히 활용하여, STEAM 교육의 목적을 달성할 수 있다.

둘째, STEAM 프로그램은 학생들의 학업성취도 향상에 긍정적인 효과를 보였으며, 앞으로도 다양한 교과 및 영역에서의 성취도 향상을 위해서 이와 유사한 STEAM 프로그램을 개발할 필요가 있다. 이를 통해 실생활과 연계된 과학적 지식의 함양이 이루어져야 하겠다.

셋째, STEAM 프로그램은 학생들의 창의적 문제해결력 향상에 긍정적인 효과가 있었다. 이는 STEAM 프로그램에서 제시된 문제 상황을 해결하는 과정을 통해서, 학생들은 익숙하지 않은 문제 상황에서

도 다양한 교과와 연관 지어 통합적이고 창의적으로 사고하여 효과적으로 문제를 파악하고 해결할 수 있게 된 것으로 여겨진다.

넷째, STEAM 프로그램은 학생들의 과학적 태도 향상에 긍정적인 효과가 있었다. 이는 학생들이 자기 주도적으로 할 수 있는 다양한 활동과 과학적 소양을 함양할 수 있는 내용이 STEAM 프로그램에 포함되었기 때문이라고 여겨진다.

다섯째, STEAM 프로그램에 대한 높은 만족도를 통해서 학생들은 기존의 과학 교육과정보다 모둠 활동과 직접적인 제작 위주의 학습 방식에 관심이 높다는 것을 알 수 있다. 앞으로도 융합 교육을 중심으로 한 활동 위주의 STEAM 프로그램에 대한 개발이 지속되어 학생들이 만족하고, 스스로 즐겁게 참여할 수 있는 학습 분위기를 조성해야 할 것이다.

본 연구에서 얻은 결론을 바탕으로 후속 연구를 위해 몇 가지 제언을 하면 다음과 같다.

첫째, 과학 교과의 지질 영역뿐만 아니라, 다른 영역에서도 STEAM 프로그램을 개발하여 재구성한 교육과정을 학교 또는 지역 단위로 활용한다면, 학생들의 학업성취도, 창의적 문제해결력 및 과학적 태도 향상에 긍정적인 효과를 통해서 STEAM 교육의 목적을 달성할 수 있을 것이다.

둘째, 다양한 교과를 융합해야 하는 STEAM 교육은 하나의 주제에도 많은 차시가 요구된다. 그러나 현장에서 과학 수업 시간에 많은 차시를 확보하

기에는 어려움이 있으므로, 가정에서 학생들의 자기주도적인 탐구 활동과 연계할 수 있는 프로젝트 형태의 STEAM 프로그램을 개발할 필요가 있다.

셋째, 본 연구에서는 학업성취도, 창의적 문제해결력 및 과학적 태도에 대한 검사를 지필 평가만으로 하였지만, 후속 연구에서는 수행과정에 대한 평가 및 학생 면담 등의 정성적인 방법을 병행한다면 학생의 변화 과정에 대해서 좀 더 심층적으로 분석할 수 있을 것이다.

참고문헌

- An, J. (2014). The development and application of science-arts convergence program through scientific approach of optical illusion arts. Master's Thesis, Gyeongin National University of Education.
- Back, Y., Park, H., Kim, Y., No, S., Park, J., Lee, J., Jung, J., Choi, Y. & Han, H. (2011). STEAM education in Korea. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 11(4), 149-171.
- Cho, D. (2013). Application and development of STEAM-based instruction using collective intelligence of elementary school students. Master's Thesis, Korea National University of Education.
- Choi, S. & Kang, H. (2006). Development of the scientific creative problem solving test for the selection of gifted science students in elementary school. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 25(1), 27-38.
- Jeong, J. & Park, J. (2009). Development of experimental apparatus for learning geological strata of elementary students. *The Researches in Curriculum Education*, 13(3), 585-609.
- Kang, Y. (2012). The effect of science writing heuristic on conception formation of fossils and scientific learning motivation for elementary school students. Master's Thesis, Korea National University of Education.
- Kim, D. & Hong, S. (2014). The development and application effects of convergence program for field trip and STEAM education related geology. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 33(2), 364-379.
- Kim, D. & Kim, J. (2013). The educational effects on the field experience learning related to the strata and fossils section for 4th grade elementary school. *Journal of the Korean Society for School Science*, 7(3), 169-181.
- Kim, D., Ko, D., Han, M. & Hong, S. (2014). The effects of science lessons applying STEAM education program on the creativity and interest levels of elementary students. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 34(1), 43-54.
- Kim, G. & Choi, S. (2012). The effects of the creative problem solving ability and scientific attitude through the science-based STEAM program in the elementary gifted students. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 31(2), 216-226.
- Kim, H., Jung, W. & Jung, J. (1998). National assessment system development of science-related affective domain. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 18(3), 357-359.
- Kim, I. (2000) Surveys of students' interests in science content according to gender- and grade- level. Master's Thesis, Ewha Womans University.
- Kim, J. (2011). The effects of Treffinger's creative problem solving learning on science learning of elementary students and an analysis on the change of the students' learning types. Master's Thesis, Gyeongin National University of Education.
- Kim, J. (2013). The effect of mathematics lesson applying STEAM education on learning satisfaction and academic achievement of gifted students. Master's Thesis, Korea University.
- Kim, J. R. (2012). The effect of STEAM program focusing on science and art: science achievement and affective characteristics. Doctoral Thesis, Kyungpook National University.
- Kim, J. S. (2012). STEAM education. Gyeonggi: Yang-seowon.
- Kim, K. & Choi, S. (2012). The effects of the creative problem solving ability and science attitude through the science- based STEAM program in the elementary gifted students. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 31(2), 216-236.
- Kim, M. (2013). The effects of STEAM instruction of math gifted students on math creative problem solving ability and creative attitude. Master's Thesis, Daegu National University of Education.
- Kim, T. (2013). The development of STEAM project learning program for creative problem-solving of the science gifted in elementary school. Master's Thesis, Gyeongin National University of Education.
- Lee, D. (2008). Development of the learning materials for creative problem solving in the elementary school science-Focused the 4th grade. Master's Thesis, Gyeongin National University of Education.
- Lee, H. M. (2013). The effects of using science-based STEAM instruction on the creative thinking activities

- and scientific attitude: 'Solar system and stars'. Master's Thesis, Busan National University of Education.
- Lee, H. R. (2013). The development and application effect of digital storytelling-based STEAM instruction program. Doctoral Thesis, Pusan National University.
- Lee, S. & Lee, H. (2012). The effects of science lesson applying STEAM education on the creativity and science related attitudes of elementary school students. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 32(1), 60-70.
- Manner, B. M. (1995). Field studies benefit students and teachers. *Journal of Geological Education*, 43, 128-131.
- Ministry of Education (2014). Teacher's Guidebook of Elementary School Science 3-1. Mirae-n.
- Ministry of Education and Human Resources Development (2007). Science Curriculum. Statute Notice of Ministry of Education and Human Resources Development (No. 2007-79) [Supplement No. 9].
- Ministry of Education, Science and Technology (2010). Text book, Experiment and Observation, Teacher's Guidebook of Elementary School Science 4-1, 4-2. Kumsung publishing co.
- Oh, J., Lee, J., Kim, J. & Kim, J. (2012). Development and application of STEAM based education program using scratch - Focus on 6th graders' science in elementary school. *The Journal of Korean Association of Computere Education*, 15(3), 11-23.
- Park, H. & Shin, Y. (2012). Effects of science lesson applying STEAM education on self-efficacy, interest, and attitude towards science. *Biology Education*, 40(1), 132-146.
- Park, J., Jeong, J., Cho, K. & Lee, B. (2000). Development of geological field courses and field activities for secondary school students. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 21(1), 13-21.
- Seong, T. (2003). The effect of the field works of the layer and fossil units for 4th grade students upon formation of science concept and science attitude. Master's Thesis, Korea National University of Education.
- Shin, S. (2012). The development and application of creative STEAM program using scratch for elementary school. Master's Thesis, Daegu National University of Education.
- Yang, J. (2013). Effects of STEAM based education program on environmental literacy for effective micro-organisms. Master's Thesis, Jeju National University.
- Yu, S. (2013). The effects of STEAM-based learning using a robot for improving gifted primary school student's creativity. Master's Thesis, Korea National University of Education.