

ORIGINAL ARTICLE

HTE-STEAM(융합인재교육) 프로그램 개발 및 효과 : 자유학기제 수업 활용 사례를 중심으로

김용기¹ · 김형범^{1*} · 조규동² · 한신³
(¹충북대학교 · ²명지고등학교 · ³서해초등학교)

Development and Effect of HTE-STEAM Program: Focused on Case Study Application for Free-Learning Semester

Yonggi Kim¹ · Hyoungbum Kim^{1*} · Kyu-Dohng Cho² · Shin Han³

(¹Chungbuk National University · ²Myoungji High School · ³Seohae Elementary School)

ABSTRACT

The purpose of this study was to develop a reasoning-based HTE-STEAM program for the development of the cognitive capacity of middle school students and enhancement of their STEAM literacy, and to investigate the effectiveness of this study in the school setting. The subjects of this study were the students of two middle schools located in the central region of Korea. The students participated in the HTE-STEAM program during their free-learning semesters and 202 of them were selected by random sampling method. Main findings were as follows: First, pre- and post-HTE-STEAM program has shown a significant value in statistical verification ($p < .05$) and the level of logical thinking ability of the research participants improved after the class compared to before the class. Second, the paired samples t-test comparing the difference between the pre and post scores of the STEAM attitude test has shown a significant value in statistical verification ($p < .05$), and the HTE-STEAM program has turned out to have a positive effect on the STEAM literacy of the research participants. Third, in the HTE-STEAM satisfaction scale test, the mean value of the sub-construct stood at 3.27-4.12, showing a positive overall response. Therefore, the HTE-STEAM program under the topic of earth science of 'Disaster and Safety' developed at the final stage of this study has proven to have a positive influence on the research participants in terms of the development of cognitive capacity by reasoning and collaborative learning, an important quality of communication and consideration necessary for STEAM literacy.

Key words : disaster and safety, cognitive capacity, HTE-STEAM, STEAM literacy

1. 서론

경제협력개발기구 OECD(Organization for Economic Co-operation & Development; OECD)에서 주관하는 국제 학업성취도 평가 PISA(Programme for International

Student Assessment; PISA)에서 우리나라는 2012년에 수학이 3~5위, 과학 5~8위, 2015년 평가에서는 수학이 6~9위, 과학이 9~14위를 나타냈다(구자욱 외, 2016). 즉 PISA의 3년 주기 평가에서 우리나라의 수학과 과학의 순위는 다소 하락하는 양상을 나타내고 있다. 특히 최

Received 12 December, 2018; Accepted 18 December, 2018

*Corresponding author: Hyoungbum Kim, Chungbuk National University, 1 Chungdae-ro, Seowon-Gu, Cheongju Chungbuk Chungcheongbuk-do, 28644, Korea
E-mail: hyoungbum21@gmail.com

This work was supported by the Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity (KOFAC) grant funded by the Korea government (MOE) (2018EAA0002).

© The Korean Society of Earth Sciences Education. All rights reserved.
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.

근 과학기술이 급속히 발전함에 따라 세계화, 융합화, 다변화, 불예측성이 증가되는 있어 미래 인재상 또한 융합성과 창의성, 글로벌의 전문성을 갖춘 인재상으로 변화되고 있다(Kim & Chae, 2016).

따라서 미래사회에 대한 필요한 역량을 기르고, 수학과 과학에 대한 효율적인 교수-학습 방안을 위해 융합인재교육 즉 STEAM(Science, Technology, Engineering, Arts & Mathematics)에 대한 관심이 높아지고 있다.

최근 융합인재교육(STEAM)은 창의적 인재 양성을 위해 교사가 아닌 학생이 중심이 되어 학생들이 학습하는 물론이고 경쟁관계가 아닌 협력 학습을 통해 집단적 창의성을 발휘하는 방향으로 교육정책을 지향하고 있다(Keats & Schmidt, 2007). 특히, 일부 국가에서는 학생들의 역량 강화를 위해 융합 교육을 국가 교육과정 차원에서 실시하고 있는데, 핀란드에서는 「2016 국가 교육과정」을 마련하여 미래사회에 필요한 과학지식과 역량 개발을 위해 과학학습에 대한 참여를 향상시킬 수 있는 융합 교육을 강조하고 있다(Finnish National Board of Education, 2016). 또한 싱가포르에서는 21세기 학생들이 신장시켜야 하는 중점 역량 즉 ‘프로젝트 과제(Project Work)’를 제시하여 융합 교육에 대한 필요성을 교육과정에 포함시켰다(Tan et al., 2017). 우리나라에서도 통합적 접근 즉 융합인재교육(STEAM)을 강조하고 있으며(오준영과 손연아, 2018), 초·중·고등학교 현장에서는 교육과정의 재구성 과 교과 간 연계 등을 통해 융합인재교육을 일부 실행하고 있다. 하지만 지금까지의 융합인재교육은 ‘상황 제시’, ‘창의적 설계’, ‘감성적 체험’의 정형화되지 않은 수업 준거들과 소수의 학급과 학생들에 국한하여 수업이 진행되었다. 최근이 되어야 학습자 중심, 핵심 역량 중심의 교육과정을 위한 논의가 이루어졌으며(한혜정과 이승미, 2014), 2015 개정 과학과 교육과정에서 이를 포함시켰다(교육부, 2015a).

국내의 STEAM 교육 관련 연구는 최근까지 STEAM 교육에 대한 교수-학습 모형개발, STEAM 교육에 대한 교사와 학생의 인식 등의 내용으로 활발하게 연구가 진행되었다(강창익 외, 2013; 김영홍과 김진수, 2017; 백윤수 외, 2012; 이동영과 남윤경, 2018; 이석진 외, 2017; 이영은과 이효녕, 2014; 최은영 외, 2017). 하지만, 2015년 초·중등교육을 ‘학생들의 꿈과 끼를 키우는 행복 교육’으로 변화시키는 전기를 마련하기 위해 ‘자유학기제 확산’이 교육개혁의 핵심과제로 선정되면서, 2016년

부터 중학교에 자유학기제가 전면 시행되었고(교육부, 2015b; 2016), 이에 따라 자유학기에 맞는 STEAM 교육에 대한 필요성이 강조되고 있다. 특히 중학교의 자유학기제 기간 동안에서는 자유학기 프로그램과 연계하여 창의적 체험활동의 다양한 영역과 활동을 선정할 수 있고, 교육적 필요에 따라 창의적 체험활동의 영역 간, 활동 간 그리고 교과와의 연계 및 통합이 원활하게 이루어지도록 편성·운영하도록 교육 정책의 방향을 설정하고 있다(교육부, 2016). 따라서 자유학기제에서는 STEAM(융합인재교육) 프로그램의 필요성이 강조되고 있고, 초·중등 학교현장에서도 2015 개정 과학과 교육과정의 시행에 따른 융합인재교육의 필요성을 절실히 느끼고 있으며, 과학과 교과과정 편성과 수업시수 조정 등 일선 학교현장에 적합한 현실적인 융합교육 프로그램 개발과 실행에 대한 근본적인 해결책을 강구하고 있다.

최근 중학교 자유학기제를 중심으로 이루어진 과학·수학분야 STEAM 교육의 선행연구들을 살펴보면 다음과 같다. 한혜숙(2017)은 중학교 1학년 학생들을 대상으로 융합 교육(STEM) 분야에 대한 진로 흥미도와 융합적 문제해결력에 미치는 영향을 살펴보았다. 이 연구에서 STEAM 수업은 중학생들의 과학, 수학, 기술, 공학 분야의 향후 진로에 대한 학생들의 흥미를 높이는 데 다소 긍정적인 영향을 주었고, 자유학기제에 적합한 다양한 주제의 STEAM 수업 프로그램의 개발이 절실히 필요하다는 연구결과를 발표하였다. 또한 손미현 외(2017)는 자유학기제를 활용한 나노 과학기반 STEAM 프로그램을 개발하고 이에 대한 학생들의 정의적 측면과 과학적 포부에 미치는 영향 등을 알아보는 연구에서 학생들은 과학에 대한 소통에서 긍정적인 효과를 나타내었으며, 향후 중학교 자유학기제에 맞는 다양한 콘텐츠의 STEAM 프로그램 개발이 필요하다는 연구결과를 발표하였다. 그러나 아직까지 자유학기제를 활용한 STEAM 교육에 대한 연구가 부족한 편이며, 최근까지 특정 주제와 맥락에 한정되어 STEAM 교육에 관한 연구가 진행되었다. 따라서 이 연구에서는 다양한 범위와 수준의 모든 학생들이 융합 교육을 받을 수 있고, 이를 통해 올바른 STEAM관련 융합 과학에 대한 이해와 문제 해결 중심, 핵심 역량 중심의 자유학기제 수업에 활용할 수 있는 HTE(Here, There, Everywhere; HTE) STEAM 프로그램을 개발하였으며, 이에 대한 학교현장에서의 효과성을 확인하고자 하였다.

HTE는 과학, 수학, 공학, 기술 등을 가르치는 데 유추(Analogy)라는 추론(Reasoning)의 유형을 활용하는 실제적인 융합적 교육활동으로 이는 STE(A)M의 교육 활동뿐만 아니라, 과학의 원리 및 과학의 본성을 효과적으로 교육하기 위한 수업의 준거틀이다(Arcand & Watzke, 2011; 2014). HTE는 미국 항공 우주국(NASA)의 지원을 받아 하버드 대학교에서 개발한 과학관내 지구과학 관련 전시물 또는 탐구 활동에 대한 융합교육 프로그램으로, 과학관내 전시물의 주요 과학적 사실, 즉 현상을 이해하고(Here), 다음으로 현상과 관련된 과학적 개념과 원리를 학습하고(There), 마지막으로 학습한 과학적 개념과 원리가 포함된 주변의 현상들을 찾아보는 추론적 방법을 활용한 융합인재교육에 초점을 맞추고 있다(Arcand & Watzke, 2014). 따라서 HTE를 활용한 STEAM 교육은 학생들이 주어진 상황을 올바르게 인지하고 판단하는 인지적 발달(Brown et al., 1989)과 밀접한 관련을 가지고 있다. 일반적으로 탐구 대상의 거대한 시·공간 규모 및 현상 원인의 복잡성(complexity)으로 인해 지구과학 탐구는 직·간접적 관찰과 측정을 바탕으로 이루어지는 추론을 기반으로 탐구가 이루어지며(Ault, 1998), 지구에서 일어났거나 일어나고 있는 현상의 원인을 밝히는(Laudan, 1987) 추론적 사고에 있다.

한편, Piaget(1964)의 인지 발달 이론에 따라, 우리나라 중학교 1학년인 만 12세 이상의 학생들은 형식적 조작기에 해당된다(이종섭과 유미현, 2013). 그러나 우리나라 중·고등학생들의 인지 수준은 대부분이 구체적 조작 단계에 머물러 있으며 과도기(구체적 조작 단계에서 형식적 조작 단계로 가는 중간 단계), 형식적 조작기 단계로 분류되어 분포한다고 하였으며(우종욱과 김종일, 1993; 이종섭과 유미현, 2013; 최영준 외, 1985), 만 12세의 우리나라 중학교 1학년 학생들은 추상적·논리적 사고가 형성되는 형식적 조작기의 청소년들이지만, 실제 중학생들의 인지 발달은 형식적 조작기에 도달하지 못하고 있기에 중학생들의 인지 발달을 위한 교수-학습 프로그램이 개발되어야 함을 주장하였다(홍혜인과 강순희, 2014).

따라서 이 연구에서는 중학생들의 인지 발달과 융합인재소양을 기르고, 자유학기제 수업에 적합한 추론 중심의 HTE-STEAM 프로그램을 개발하였으며, 이에 대한 학교현장에서의 효과성을 알아보하고자 하였다. 이

연구의 연구문제는 다음과 같다. 첫째, HTE-STEAM 프로그램을 자유학기제에 적용한 후, 중학생들의 논리적 사고 수준에는 어떠한 차이를 보이는지를 알아보고, 둘째, HTE-STEAM 프로그램을 자유학기제에 적용한 후, 중학생들의 STEAM 교육에 대한 태도와 만족도에 는 어떠한 차이가 나타내는지를 알아보하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

이 연구의 대상자는 중부지역 소재 D 중학교 1학년 5개 학급과 S 중학교 1학년 6개 학급 294명의 중학생들로, 이중 무선 표집을 통해 202명의 학생들을 표집하였으며, 최종 선정된 중학생들의 자발적인 참여 의사를 확인한 후, 학교장 및 학부모 등의 절차를 거친 후에 이 연구에 참여시켰다.

2. 연구절차

이 연구의 절차는 Fig. 1과 같다.

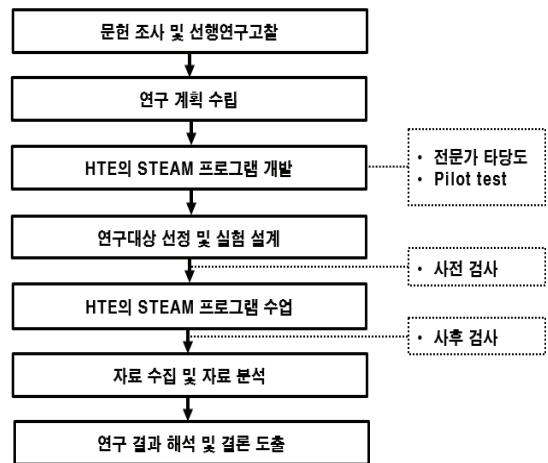


Fig. 1. Research process

우선, 문헌연구 및 선행연구를 통해 HTE의 이론적 고찰과 STEAM 프로그램의 탐색을 통해 최종 HTE-STEAM 프로그램을 개발하였으며, Rubinstein(1995)의 과학교육 전문가에 의한 타당도와 실제 학교현장에서의 불일

치 정도를 줄이고 프로그램의 적합도를 높이기 위해 Pilot test를 실시하였다.

또한 최종 개발된 HTE-STEAM 프로그램의 현장 적용을 위하여 연구대상을 선정 및 무선표집하고 준실험 설계(quasi-experimental design)를 통해 HTE-STEAM 프로그램의 효과성을 검증하였다. 최종 현장 적용에 대한 효과성을 검증하기 위해 논리적 사고 검사지, STEAM 관련 과학에 대한 태도 검사지와 만족도 검사를 실시하였다. 따라서 이 연구의 실험 설계는 Table 1과 같다.

Table 1. Experimental design

G	O _A , O _B	X	O _A , O _B , O _C
G : 실험 집단			
O _A : 논리적 사고력 검사			
O _B : STEAM 태도 검사			
O _C : HTE-STEAM 만족도 검사			
X : HTE-STEAM 프로그램을 활용한 자유학기제 수업			

3. 자료수집

이 연구에서는 Table 2와 같이, HTE의 이론적 고찰과 STEAM 프로그램의 탐색을 토대로 초기 HTE-STEAM의

3차원 분류틀을 구안하였다.

우선, STEAM의 준거틀인 상황 제시, 창의적 설계, 감성적 체험에 HTE의 이론적 원리(Arcand & Watzke, 2014)의 탐색을 통해 개발한 수업전략인 핵심 개념(Core concept; C), 자료 제시(Presentation of data; P), 자료 분석(Materials analysis; M), 배경 설명(Background explanation; B), 탐구 설계(Design suggestions for the inquiry; D) 및 탐구 수행(Inquiry implementation; I), 개념 확장(Expansion of concept; E)을 활용하여 3차원 분류틀을 구안하였다.

즉 핵심 개념(C)에서는 학생들이 탐구해야할 주제와 관련된 개념에 대해 알아보고, 둘째, 핵심 개념과 관련된 전시물과 연계하여 핵심 개념을 설명하는 자료제시(P)와 자료분석(M), 셋째, 전시물에 사용된 핵심 개념과 관련된 배경의 내용을 학습하는 배경 설명(B), 넷째, 실험적 설계를 통한 탐구학습의 탐구 설계(D)와, 다섯째, 탐구 수행(I), 마지막으로 학습한 개념을 다른 상황에 적용해 봄으로써 관련 개념을 확장하는 개념 확장(E) 순으로 수업 전략이 이루어진다. 따라서 이 연구에서 구안된 3차원 분류틀을 중심으로 자유학기제 활용 HTE-STEAM 프로그램을 구안하였으며, 구안된 프로

Table 2. The three-dimensions framework of HTE-STEAM program

프로그램명	재해·재난으로부터 안전한 삶을 위한 자동화 경보기 제작하기	학교급	중학교급 자유학기제	차시	8차시
교육목표	재해·재난에 대한 과학적 원인과 대처 방법을 이해하고, 이에 대한 피해를 줄일 수 있는 자동화 경보체계를 제작한다.				
HTE 교수-학습 전략					
차시	STEAM 준거틀	<ul style="list-style-type: none"> - 핵심 개념(Core concept; C) - 자료 제시(Presentation of Data; P) - 자료 분석(Materials Analysis; M) - 배경 설명(Background Explanation; B) - 탐구 설계(Design Suggestions for the Inquiry; D) - 탐구 수행(Inquiry Implementation; I) - 개념 확장(Expansion of Concept; E) 			STEAM 요소 (S T E A M)
차시별 교수-학습 내용					
1	상황 제시 (Co)	<ul style="list-style-type: none"> - 재해·재난의 사례 조사를 통해 위험성을 인식한다. (CoCE) - 지진 경보기 제작 과정을 통해 재해·재난의 피해를 줄이고자 도전하는 인류의 노력을 인식한다. (CoBE) 			(S, T, A)
2 3 7	창의적 설계 (Cd)	<ul style="list-style-type: none"> - 재해·재난의 종류 중 하나를 선택하여 피해가 나타나는 이유를 찾고, 이를 해결하기 위한 도전과제를 선정한다. (CdD) - 재해·재난의 피해를 줄이기 위한 측정 장치와 작동 장치를 선택한다. (CdM) - 프로토타입(prototype) 형태의 경보기를 제작한다. (CdDI) 			(S, T, E, A)
8	감성적 체험 (Et)	<ul style="list-style-type: none"> - 전시장 학습을 통해 각 모듈에서 제작한 경보체계를 공유한다. (EtE) - 재해·재난에 대한 이해와 안전한 삶을 위한 방안을 공유한다. (EtE) 			(S, A)

①Science 과학, ②Technology 기술, ③Engineering 공학, ④Art 예술, ⑤Math 수학

Co : Context 상황 제시, Cd : Creative Design 창의적 설계, Et : Emotional Touch 감성적 체험

그림은 현장 적용을 통한 학생들의 인식과 전문가 검토과정의 타당성을 토대로 최종 HTE-STEAM 프로그램을 구안하였다. 따라서 HTE-STEAM 프로그램 개발에 대한 타당화 과정은 다음과 같다. 첫째, 선행연구와 문헌연구에서 살펴본 HTE의 이론적 내용을 바탕으로 수업 전략을 구안하였고, STEAM의 준거들을 바탕으로 HTE-STEAM의 3차원 분류틀을 개발하였다. 둘째, 개발된 HTE-STEAM의 3차원 분류틀은 2015 개정 과학과 교육과정의 통합 주제 중 하나인 ‘재해·재난과 안전’의 내용요소를 중심으로 자유학기제를 위한 HTE-STEAM 프로그램을 구안하였다. 구안된 HTE-STEAM 프로그램은 과학교육 전문가 5인에게 제시하였으며, 설명력, 유용성, 타당성, 보편성, 이해도 측면에서 과학교육 전문가들의 평정자간 신뢰도를 구하였다(Table 3).

Table 3. The result of response by review of experts

설문 내용	평균	표준 편차
1. HTE-STEAM 프로그램의 개념과 활동을 자세히 안내하고 있다.	4.6	.35
2. HTE-STEAM 프로그램을 수행하는 절차와 흐름에 대한 설명이 명확하다.	4.0	.59
3. HTE-STEAM 프로그램에 대한 이해가 용이하다.	4.8	.58
4. HTE-STEAM 프로그램을 과학수업에 적용해 볼만한 가치가 있다.	4.6	.43
5. HTE-STEAM 프로그램은 쉽게 이해되도록 표현되었다.	4.4	.44

Table 3과 같이, 전문가 검토 과정에 의한 설문 문항의 응답결과는 5점 리커트 척도로 평균 4.48로 응답하였으며, 내용 타당도 지수(Index of Content Validity; CVI)는 .86로 확인되었다. 다음으로, 실제 학교현장에서의 불일치 정도를 줄이고 프로그램의 적합도를 높이기 위해 Pilot test를 실시하였으며(Rubinstein, 1995), 이와 같은 2차 타당화 과정을 통하여 구안된 HTE-STEAM 프로그램의 장·단점 및 개선점 등을 토대로 Table 2와 일반적인 STEAM의 수업 준거틀인 ‘상황 제시’, ‘창의적 설계’, ‘감성적 체험’에 HTE의 수업 전략과 함께 최종 HTE-STEAM 프로그램을 구안하였다(Appendix 1). 마지막으로, 최종 구안된 HTE-STEAM 프로그램은 실험설계를 통해 자유학기제를 위한 수업 적용의 효과성을 알아보았다.

한편, 최종 구안된 HTE-STEAM 프로그램에서는 2015 개정 과학과 교육과정의 통합 주제 중 하나인 내

용요소 중 ‘재해·재난과 안전’을 자유학기제를 위한 수업의 주제로 정하였다. 이 주제는 지식정보처리역량, 창의적 사고역량, 심미적 감성역량의 향상을 교육과정의 목표로 삼고 있으며, 2015 개정 교육과정 중 사회과, 기술가정과, 정보과의 교육과정의 내용과 활동을 포함 및 융합시키기에 적합한 주제로 판단되었다. 특히 이 주제는 심미적이고 감성적 측면의 역량을 강화를 위해 ‘공감과 공유’라는 교육과정 외 활동도 포함하고 있어, 자유학기제를 위한 최적의 주제이다. 이에 HTE-STEAM 프로그램에서는 학생들 스스로가 재해·재난의 원인을 파악하는 과정과 과학기술을 활용해 직접 재해·재난의 피해를 줄이기 위한 자동화 장치를 구상하고 제작하는 과정을 포함시켰다.

4. 자료 분석

이 연구에서는 HTE-STEAM 프로그램에 참여한 연구 참여자들의 인지수준의 발달을 알아보기 위해 논리적 사고력 검사(Group Assessment of Logical Thinking; GALT)를 활용하였다. GALT 검사는 Georgia대학의 Roadranga et al.(1983)가 개발한 것으로 이 연구에서는 중학생을 대상으로 실시되었던 우리말 번역의 측정도구(최영준 외, 1985)를 사용하였다. 이 측정도구의 Cronbach's alpha에 의한 내적 신뢰도는 .85이다. GALT 검사는 21개 문항으로 구성되어 있으며, 보존 논리, 비례 논리, 변인 통제 논리, 확률 논리, 상관 논리, 조합 논리로 구성되어 있다. GALT는 학습자의 인지발달 수준을 집단으로 측정하는 도구로 사용되고 있으며 초등학교 및 중학교 시기에 기초적인 문제에 적용될 수 있는 과학적 추리력 및 추론 과정들이 어느 정도 발달해 있는지를 알아보기 위한 검사지이다(이종섭과 유미현, 2013; 최영준 외, 1985). 또한 학습자가 가지고 있는 오개념 조사나 인지발달 수준에 맞는 학습전략의 개발, 교과서 인지요구도 조사 등에 GALT 검사지를 적용·인용하고 있고, 탐구기능이나 인지 유형 등 다른 요인들과 인지 수준과의 상관관계를 알아볼 때도 많이 이용하고 있다(이종섭과 유미현, 2013). 채점 결과로 얻은 정답 수에 따라 구체적 조작기, 과도기, 형식적 조작기로 인지 수준의 단계를 Table 4와 같이 구분하였다.

Table 4. The cognitive development stages by Piaget(Roadrangka et al., 1983)

인지발달 구분	구체적 조작 단계	과도기	형식적 조작 단계
문항 정답 수	8개 이하	9개~15개	16개 이상

한편, 이 연구에서는 중학생들의 STEAM에 관한 태도를 알아보기 위해 박현주 외(2016)가 개발한 ‘STEAM 교육 정의적 영역 조사 도구’의 2017년 수정·보완된 검사도구를 사용하였다(한국과학창의재단, 2018). 이 검사지는 STEAM 교육의 정의적 영역 중심의 문항으로 구성되어 있으며, 초등 및 중등대상의 총 40문항으로 이루어진 태도 검사지이다. 따라서 하위 구인과 문항을 살펴보면, Table 5와 같다.

Table 5. The sub-construct of STEAM attitudes test

하위 구인	문항	
흥미	수학	34, 14, 3, 21, 16
	과학	8, 1, 10, 5, 7
배려	수학	15, 18, 39
	과학	26, 11, 20
소통	수학	22, 25, 32
	과학	12, 23, 37
유용성 /가치인식	수학	40, 17, 33
	과학	31, 29, 13
자아개념	수학	38, 28
	과학	24, 30
자아	수학	2, 27
효능감	과학	6, 35
이공계	수학	9, 19
진로선택	과학	4, 36

이 연구에서는 자유학기제에 활용한 STEAM 프로그램의 효과성을 알아보기 위해 수업 시작 전·후 STEAM 태도 검사를 실시하였으며, 이에 대한 결과를 가지고 기술통계 및 t-test에 의한 통계적 검정을 실시하였다. 또한 이 연구에서는 HTE-STEAM 프로그램에 대한 수업 만족도를 알아보기 위해 한국과학창의재단(2018)의 만족도 조사 설문지를 이 연구의 목적에 맞게 수정·보완하여 사용하였다. 따라서 HTE-STEAM 만족도의 하위 구인과 문항 수는 첫째, ‘만족도’ 문항(2문항), 둘째, ‘필요성’ 문항(4문항), 셋째, ‘활용도’ 문항(7문항), 넷째,

‘어려움’ 문항(4문항) 등 총 17문항으로 구성하였다. 응답형식은 Likert 척도를 활용하였으며, 검사 문항의 신뢰도 Cronbach alpha값은 .86이다. 또한 HTE-STEAM 만족도 검사 도구는 HTE-STEAM 교육에 대한 만족도뿐만 아니라 STEAM 수업의 수준 정도, STEAM 교육의 장점과 단점에 관한 문항으로 구성되었다.

III. 연구 결과 및 논의

1. HTE-STEAM 프로그램의 적용 효과

이 연구의 목적은 중학교 자유학기제에 적합한 추론활동 중심의 HTE-STEAM 프로그램을 개발하고 이에 대한 효과성을 알아보는 것이다. 따라서 이 연구에서는 자유학기제 기간 동안 HTE-STEAM 프로그램 수업을 진행하였고, 이 시기에 참여하였던 연구 참여자의 수업 전·후의 논리적 사고력을 알아보았다. 우선, 논리적 검사지의 채점 결과로 얻은 정답 수에 따라 구체적 조작기, 과도기, 형식적 조작기로 인지발달의 단계를 구분하였으며, 이에 대한 수업 전·후의 연구 참여자들의 논리적 사고력 수준은 Fig. 2와 같다.

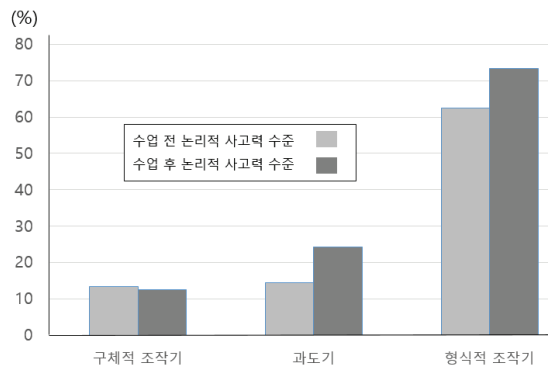


Fig. 2. Levels of logical thinking through class

Fig. 2에서와 같이 연구 참여자들의 논리적 사고력 수준은 수업 전에 구체적 조작기, 과도기, 형식적 조작기의 비율이 각각 13.4%, 14.4%, 62.4%로 나타났으며, 수업 후에 구체적 조작기, 과도기, 형식적 조작기의 비율이 각각 12.4%, 24.3%, 73.3%로 형식적 조작기의 비율이 10.9%로 향상되는 등 논리적 사고력 수준이 향상되었음을 확인 할 수 있다. 또한 연구 참여자들의 사전

-사후 논리적 사고력의 점수 차에 의한 대응표본 t 검정의 결과는 Table 6과 같다.

Table 6. Paired sample t-test of logical thinking

	<i>N</i>	<i>pre-M</i>	<i>post-M</i>	<i>t</i>	<i>P</i>
사전-사후 논리적 사고력	202	2.490	2.609	-2.157	.032*

연구 참여자들의 논리적 사고력의 평균 점수는 사전-사후 각각 2.490, 2.609로 나타났으며, HTE-STEAM 프로그램 수업을 진행한 후 연구 참여자들의 논리적 사고력은 .119가 향상되었다. 즉 추론활동 중심의 HTE-STEAM 프로그램이 연구 참여자들의 추상력 또는 논리적 사고를 향상시킨 것으로 판단되며, 이는 Arcand와 Watzke(2011)의 연구에서와 같이 HTE의 수업이 학생들의 논리성 또는 추론을 향상시킨다는 결과와 일치한다. 또한 HTE-STEAM 프로그램 수업의 전·후에 대한 대응표본 t 검정에서는 .032로 유의한 통계적 검정 결과를 나타내었다($p < .05$). 따라서 HTE-STEAM 프로그램의 수업 활동 중 연구 참여자들에게 주어진 문제 상황 즉 재해·재난의 종류를 구별하고 이 중에서 한가지의 사례를 찾아 피해의 정도, 원인, 그리고 해결 방안을 찾는 창의적 설계의 과정 속에서 연구 참여자들은 여러 가지 사례를 생각해 보고, 이를 모둠원과의 상호작용을 통해 문제를 해결하는 과정에서 논리적 사고의 과정이 확장된 것으로 판단되며, 이는 홍혜인과 강순희(2014)의 연구결과에서와 같이 문제해결과정에서 학생들의 논리적 사고가 발달한다는 연구의 결과와 일치한다.

다음으로, 논리적 사고력에 대한 하위 구인 즉, ‘보존 논리’, ‘비례 논리’, ‘변인통제 논리’, ‘확률 논리’, ‘상관 논리’, ‘조합 논리’에 대한 통계적 검정 결과에 대해 알아보았다. 우선, Table 7과 같이, 보존 논리에 대한 대응표본 t 검정에서는 .009로 유의미한 통계적 검정 결과를 나타내었다($p < .05$).

Table 7. Paired sample t-test of ‘conservative logic’

	<i>N</i>	<i>pre-M</i>	<i>post-M</i>	<i>t</i>	<i>P</i>
사전-사후 보존 논리	202	1.559	1.654	-2.648	.009*

보존 논리는 어떤 사물은 그 외형이 변해도 본질은 일정하다는 것을 인식하는 것으로(Piaget, 1964), 수업

에 참여한 학생들은 HTE-STEAM 수업 후 보존 논리에 대한 논리적 사고력이 향상된 것으로 판단된다.

비례 논리에 대한 대응표본 t 검정의 결과는 Table 8과 같다.

Table 8. Paired sample t-test of ‘proportion logic’

	<i>N</i>	<i>pre-M</i>	<i>post-M</i>	<i>t</i>	<i>P</i>
사전-사후 비례 논리	202	1.163	1.470	-7.794	.000

비례 논리에 대한 대응표본 t 검정에서는 .000로 유의미한 통계적 검정 결과를 나타내었다($p < .05$). 비례 논리는 두 개의 비가 같음을 인식하며, 연관된 체계에서 서로 다른 두 가지 상황을 관찰하려는 노력이며, 과학 지식을 형성하는데 있어서 중요한 논리적 근거이다(최영준 외, 1985; Piaget, 1964). 따라서 연구 참여자들은 주어진 문제를 정확히 해석하고, 이에 대한 문제 해결 방안 즉 과학 지식을 찾기 위해 논리적, 추론적 방법을 활용한 것으로 판단된다.

변인통제 논리에 대한 대응표본 t 검정의 결과는 Table 9와 같다.

Table 9. Paired sample t-test of ‘controlling variable logic’

	<i>N</i>	<i>pre-M</i>	<i>post-M</i>	<i>t</i>	<i>P</i>
사전-사후 변인통제 논리	202	1.139	1.550	-7.408	.000

변인통제 논리에 대한 대응표본 t 검정에서는 .000로 유의미한 통계적 검정 결과를 나타내었다($p < .05$). 즉 변인통제 논리는 실험 설계의 기초가 되는 논리로, 변인통제는 형식적 사고의 한 특성이며 인과 관계 결정에 중요한 역할을 하는 것으로(Piaget, 1964), HTE-STEAM 프로그램 수업에 참여한 연구 참여자들은 주어진 주제와 관련된 문제해결 방안의 지식을 찾기 위해 인과 관계에 의한 실험 설계와 이에 대한 탐구 수행을 올바르게 수행한 것으로 판단된다.

확률 논리에 대한 대응표본 t 검정의 결과는 Table 10과 같다.

Table 10. Paired sample t-test of 'probability logic'

	<i>N</i>	<i>pre-M</i>	<i>post-M</i>	<i>t</i>	<i>P</i>
사전-사후 확률 논리	202	1.505	1.520	-.479	.632

확률 논리에 대한 대응표본 *t* 검정에서는 .632로 유의미한 통계적 검정 결과를 나타내지는 않았지만, 수업 전·후의 평균이 각각 1.505, 1.520로 .015가 향상되었다. 즉 확률 논리는 문제 상황에서 해결 가능한 방법 및 아이디어를 구별해내는 논리적 판단의 능력으로 (Piaget, 1964), 학생들은 재해·재난의 종류를 구별하고 이에 대한 해결 방안을 찾는데 확률 논리를 사용한 것으로 판단된다.

상관 논리에 대한 대응표본 *t* 검정의 결과는 Table 11과 같다.

Table 11. Paired sample t-test of 'correlative logic'

	<i>N</i>	<i>pre-M</i>	<i>post-M</i>	<i>t</i>	<i>P</i>
사전-사후 상관 논리	202	1.332	1.302	.761	.447

상관 논리에 대한 대응표본 *t* 검정에서는 .447로 유의미한 통계적 검정 결과를 나타내지는 않았다. 그러나 수업 전·후의 평균이 각각 1.332, 1.302로 .03이 향상되었다. 일반적으로 상관 논리는 변인들의 특성에 대하여 측정치를 얻었을 때 이들 측정치 사이의 관계를 알아보는 것으로 (Piaget, 1964), 연구 참여자들은 문제 해결에 필요한 여러 가지 아이디어들 간의 상호 의존 관계와 문제 해결에 필요한 변인들 간의 논리적 관계를 올바르게 이해한 것으로 해석된다.

마지막으로 조합 논리에 대한 대응표본 *t* 검정의 결과는 Table 12와 같다.

Table 12. Paired sample t-test of 'combinational logic'

	<i>N</i>	<i>pre-M</i>	<i>post-M</i>	<i>t</i>	<i>P</i>
사전-사후 조합 논리	202	1.331	1.545	-4.293	.000

조합 논리에 대한 대응표본 *t* 검정에서는 .000로 유의미한 통계적 검정 결과를 나타내었다($p < .05$). 즉 조합 논리는 주어진 문제 상황에서 해결 가능한 모든 경우를 고려할 수 있게 하는 논리로 (Piaget, 1964), 수업에

참여하였던 연구 참여자들은 재해·재난의 종류를 구별하고 피해의 정도, 원인, 그리고 해결 방안에 대한 여러 가지 아이디어를 찾는 과정에서 모든 경우의 수를 고려하여 해결책을 찾았던 것으로 판단된다.

2. HTE-STEAM 프로그램의 STEAM 태도 분석

본 연구에서는 HTE-STEAM 프로그램을 자유학기제에 적용한 후, 중학생들의 STEAM 교육에 대한 태도에 어떠한 차이가 나타내는지 알아보려고 하였다. 따라서 HTE-STEAM 프로그램 수업의 시작 전·후 실시한 STEAM 태도 검사의 사전·사후 점수 차에 의한 대응 표본 *t* 검정은 Table 13과 같다.

Table 13. Paired sample t-test of sub-construct of STEAM attitudes test

	<i>N</i>	<i>pre-M</i>	<i>post-M</i>	<i>t</i>	<i>P</i>
사전-사후 흥미	202	2.649	3.099	-8.218	.01
사전-사후 배려	202	2.908	3.229	-7.718	.02
사전-사후 소통	202	2.734	3.203	-9.824	.000
사전-사후 유용성	202	2.734	3.357	-12.530	.002
사전-사후 자아개념	202	2.818	3.021	4.198	.005
사전-사후 자아 효능감	202	2.555	3.257	-12.397	.02
사전-사후 이공계 진로 선택	202	2.637	3.386	-13.769	.000

STEAM 태도 검사의 사전·사후 점수 차에 의한 대응 표본 *t* 검정에서 모두 유의미한 통계적 검정 결과를 나타내었다($p < .05$). 또한 흥미, 배려, 소통, 유용성, 자아 개념, 자아 효능감, 이공계 진로 선택에 대한 사전·사후의 평균값의 차이는 각각 .45, .321, .469, .623, .203, .702, .749점 향상된 것으로 나타났다. 즉 연구 참여자들은 스스로가 재해·재난의 원인을 파악하는 과정에서 동기유발과 흥미를 가지고 주어진 문제를 파악한 것으로 해석된다. 또한 과학기술을 활용해 직접 재해·재난의 피해를 줄이기 위한 자동화 장치를 구상하고 제작하는 과정에서 모둠원들의 지속적인 상호작용을 통해 문제해결에 필요한 여러 가지 아이디어를 산출한 것으로 파악된다. 이는 STEAM 교육에 참여한 연구 참여자들이 문제해결에 필요한 여러 가지 창의적 산출과정에서 융합적 사고를 기르고, 모둠에 의한 상호 작용

속에서 소통과 배려에 대한 융합인재소양을 배울 수 있다는 연구결과들(강창익 외, 2013; 김영홍과 김진수, 2017; 백운수 외, 2012; 이석진 외, 2017; 이영은과 이효녕, 2014)의 연구결과와 일치하는 결과이다. 특히, STEAM 태도 검사의 하위 구인에 해당하는 ‘이공계 진로 선택’의 통계적 검정 결과는 HTE-STEAM 프로그램에 참여했던 연구 참여자들이 과학과 수학에 흥미를 가지고 앞으로의 진로 결정에 있어 이 분야에 대한 긍정적인 관심을 가졌던 것으로 해석된다.

3. HTE-STEAM 프로그램의 STEAM 만족도 분석

이 연구에서는 HTE-STEAM 프로그램을 자유학기에 적용한 후, 중학생들의 HTE-STEAM 프로그램에 대한 만족도는 어떠한 차이가 나타내는지 알아보기로 하였다. 따라서 HTE-STEAM 프로그램 만족도의 하위 구인별 평균은 Fig. 3과 같다.

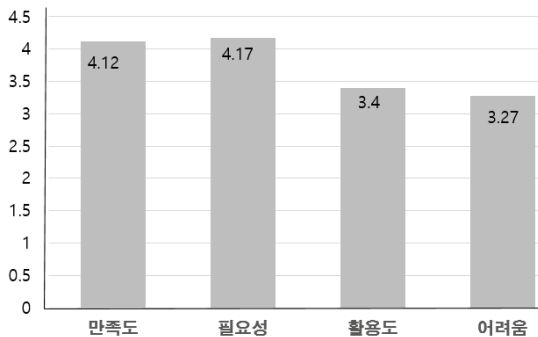


Fig. 3. Average of sub-construct about satisfaction of HTE-STEAM

Fig. 3과 같이, HTE-STEAM의 하위 구인 중 첫 번째 ‘만족도’ 평균은 리커트 척도 5점 중 4.12로 나타났다. 특히 연구 참여자들은 수업에 적극적으로 참여하는 데 있어서 긍정적인 태도를 보였으며 다음에도 이 수업에 참여하고 싶은가에 대해서도 동일한 반응을 나타내었다. 따라서 HTE-STEAM 프로그램이 자유학기제 수업에서 학생들에게 동기부여를 제공하고 학생들의 수업에 대한 깊은 관심을 이끌어냈다고 판단된다. 두 번째 ‘필요성’ 평균은 4.17로 네 가지의 하위 구인 중 가장 높은 평균값을 나타내었으며, 새로운 개념을 알고 친구와의 상호작용을 통해 새로운 개념을 알게 하며 문

제해결을 통해 지식을 확장하게 한다는 결과를 나타내었다. 이러한 결과는 이 연구에 참여했던 연구 참여자들이 HTE-STEAM 프로그램이 자유학기제 수업에 적합하며, 본 수업에 대해 긍정적인 반응을 나타낸 것으로 판단된다. 세 번째 ‘활용도’의 평균값은 3.4로 학생들이 문제해결과정에서 자신이 직접 참여하고 서로 협력하여 문제를 해결함에 있어 대부분 긍정적인 반응을 보인 것으로 판단된다. 이는 HTE-STEAM 프로그램이 모듈에 의한 협력수업을 통해 문제해결에 필요한 아이디어를 발견하고 이에 대한 산출물을 만드는 프로젝트 수업의 자기주도에 의한 학습 환경을 제공하였기 때문으로 해석된다. 마지막으로 ‘어려움’에 대한 평균값은 3.27로 네 가지의 하위 구인들 중 가장 낮은 값을 나타내었다. 이는 협력학습에 의한 수업 시간이 부족하고, 모듈과의 상호작용에 의한 결과물을 산출하고 해석하는 데 꽤 많은 시간이 필요하다는 측면에서 연구 참여자들은 어려움을 나타낸 것으로 판단된다. 따라서 HTE-STEAM 프로그램 편성 시 시간을 확보하여 운영에 내실을 기할 필요가 있다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 중학생들의 인지 발달과 올바른 STEAM 교육에 대한 태도를 향상시키기 위해 추론 중심의 HTE-STEAM 프로그램을 개발하였으며, 이에 대한 학교현장에서의 효과성을 알아보고자 하였다. 따라서 HTE-STEAM 프로그램을 자유학기제에 적용한 후, 중학생들의 논리적 사고 수준과 STEAM 태도 및 만족도에는 어떠한 차이를 나타내는지 알아보았다. 이 연구의 결론은 다음과 같다. 첫째, 연구 참여자들의 논리적 사고력 수준은 수업전과 비교하여 HTE-STEAM 프로그램 수업 후에 향상되었다. 또한 HTE-STEAM 프로그램 수업의 전·후에 대한 통계적 검정에서 유의미한 값을 나타내었다($p < .05$). 따라서 HTE-STEAM 프로그램은 연구 참여자들이 스스로 재해·재난의 원인을 파악하고 이에 대한 대책 및 피해를 줄이기 위한 자동화 장치 구상 및 제작의 창의적 산출과정 동안 논리적 사고에 의한 추론적 활동을 활성화 했다는 것을 의미하며, 이는 HTE-STEAM 프로그램이 추론을 활용한 융합 교육이라는 측면에서 연구 참여자들에게 긍정적인 효과

를 나타낸 것으로 보인다. 둘째, STEAM 태도 검사의 사전·사후 점수 차에 의한 대응 표본 t 검정에서 모두 유의미한 통계적 검정 결과를 나타내었다($p < .05$). 이는 HTE-STEAM 프로그램이 창의적 산출과정에서 참여 연구자들에게 융합적 사고를 기르게 하고, 모둠에 의한 상호 작용 속에서 소통과 배려에 대한 긍정적인 영향을 끼친 것으로 판단된다. 따라서 HTE-STEAM 프로그램 수업은 연구 참여자들이 융합인재소양을 기르는데 효과가 있음을 알 수 있다. 셋째, HTE-STEAM 만족도 검사에서는 하위 구인의 평균값이 3.27-4.12를 나타내어 전체적으로 긍정적인 반응을 나타내었다. 특히 HTE-STEAM 프로그램의 '필요성' 측면에서 높은 값을, '어려움' 측면에서 낮은 값을 나타내었다. 즉 HTE-STEAM 프로그램의 '필요성' 측면에서 연구 참여자들은 자유학기제 수업에서 HTE-STEAM 프로그램의 필요성을 인식하고 있었으며, 시간의 부족이라는 이유에서 수업의 어려움을 나타내었다. 따라서 HTE-STEAM 프로그램의 수업 시간 편성 시 프로그램에 필요한 적정 시간을 확보하여 수업 운영에 내실을 기할 필요가 있을 것으로 사료된다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 이 연구의 제언은 다음과 같다. 첫째, HTE-STEAM 프로그램 적용시 학습자들이 수업에 적응할 수 있도록 충분한 시간 안배가 필요하다. 둘째, 자유학기제 수업으로 HTE-STEAM 프로그램이 연구 참여자들에게 긍정적인 영향을 끼친 것을 확인할 수 있었으나, 일반화를 위해 다양한 주제를 포함하는 프로그램 개발이 이루어져야 할 것이다.

국문요약

이 연구의 목적은 중학생들의 인지 발달과 융합인재소양을 향상시키기 위해 추론 중심의 HTE-STEAM 프로그램을 개발하여 이에 대한 학교현장에서의 효과성을 알아보고자 하였다. 연구대상은 우리나라 중부지역에 위치한 두 개 중학교에 재학 중인 자유학기제 기간 동안 HTE-STEAM 프로그램에 참여한 중학생들로, 무선 표집에 의해 선정된 202명의 학생들이다. 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, HTE-STEAM 프로그램 수업의 전·후에 대한 통계적 검정에서 유의미한 값을 나타내었으며($p < .05$), 연구 참여자들의 논리적 사고력 수준은 수업전과 비교하여 수업 후에 향상되었다. 둘째,

STEAM 태도 검사의 사전·사후 점수 차에 의한 대응 표본 t 검정에서 모두 유의미한 통계적 검정 결과를 나타내어($p < .05$), HTE-STEAM 프로그램이 연구 참여자들에게 융합인재소양에 대한 긍정적인 영향을 끼친 것으로 나타났다. 셋째, HTE-STEAM 만족도 검사에서는 하위 구인의 평균값이 3.27-4.12를 나타내어 전체적으로 긍정적인 반응을 나타내었다. 따라서 이 연구에서 최종 구안한 지구과학의 '재해·재난과 안전'이라는 주제의 HTE-STEAM 프로그램은 연구 참여자들에게 추론에 의한 인지 수준의 발달과 협력학습이라는 소통과 배려의 융합인재소양에 긍정적인 영향을 끼친 것으로 나타났다.


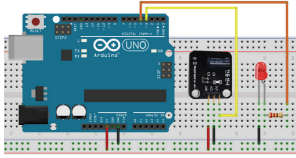
주제어: 재해·재난과 안전, 인지 능력, HTE-STEAM, 융합적 소양


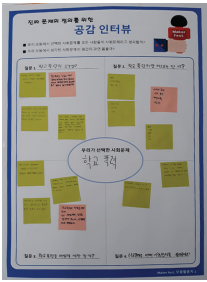
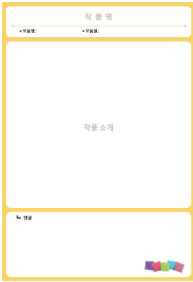
References

- 강창익, 강경희, 이상철(2013). 활동 중심 STEAM 프로그램이 중학생들의 과학 학습 흥미도에 미치는 효과. *과학교육연구지*, 37(2), 338-347.
- 교육부(2015a). 2015 개정 초·중·고 교육과정 총론. [별책3] 중학교 교육과정. 세종: 교육부.
- 교육부(2015b). 학생의 꿈과 끼를 키워 행복교육을 실현하는 중학교 자유학기제 시행계획안. 세종: 교육부.
- 교육부(2016). 2015 개정 교육과정 브로슈어(교원용). 국가교육과정홍보센터. 세종: 교육부.
- 구자욱, 김성숙, 이혜원, 조성민, 박혜영(2016). OECD 국제 학업성취도 평가 연구: PISA 2015 결과 보고서. 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 2016-2-2.
- 김영홍, 김진수(2017). 국내 STEAM 교육 연구 논문의 현황 분석. *대한공업교육학회지*, 42(1), 140-159.
- 박현주, 변수용, 심재호, 백윤수, 정진수(2016). 우리나라 초·중·고등학교의 STEAM 교육 운영 현황 실태조사. *한국과학교육학회지*, 36(4), 669-679.
- 백윤수, 박현주, 김영민, 노석구, 이주연, 정진수(2012). 융합인재교육(STEAM) 실행방향 정립을 위한 기초연구. 한국과학창의재단.
- 손미현, 정대홍, 최원호(2017). 나노 STEAM 프로그램의 적용이 자유학기제 학생들의 정의적 측면에 미치는

- 영향. *현장과학교육*, 11(1), 77-89.
- 오준영, 손연아(2018). 세계관을 바탕으로 통합과학 교육 전략 제안: 기후변화를 중심으로. *대한지구과학교육학회지*, 11(1), 1-20.
- 우종욱, 김종일(1993). 고등학생의 인지수준과 과학탐구 능력과의 관계 분석. *한국과학교육학회지*, 13(2), 296-307.
- 이동영, 남윤경(2018). 공학설계 측면에서 한국 STEAM 프로그램 분석틀 제안. *대한지구과학교육학회지*, 11(1), 63-77.
- 이석진, 김남숙, 이윤진, 이승진(2017). 융합인재교육(STEAM)의 창의성과 문제해결력 효과에 관한 메타 분석: 연구방법 및 연구자를 중심으로. *한국과학교육학회지*, 37(1), 87-101.
- 이영은, 이효녕(2014). 공학적 설계와 과학 탐구 기반의 STEAM 교육 프로그램이 중학생의 과학, 수학, 기술에 대한 흥미, 자기효능감 및 진로 선택에 미치는 효과. *교과교육학연구*, 18(3), 513-540.
- 이종섭, 유미현(2013). 초등 영재와 일반 학생의 인지 발달 및 논리적 사고력 형성 수준 비교. *영재교육연구*, 23(3), 335-354.
- 최영준, 이원식, 최병순(1985). 중·고등학생들의 논리적 사고력 형성에 관한 연구 I. *한국과학교육학회지*, 5(1), 1-9.
- 최은영, 문병찬, 한광래(2017). 국내 융합인재교육(STEAM)의 연구 동향 분석. *대한지구과학교육학회지*, 10(2), 185-198.
- 한국과학창의재단(2018). 2017년 융합인재교육(STEAM) 사업 성과분석 연구[AD18030006].
- 한혜숙(2017). 수학교과 중심의 STEAM 수업이 중학생들의 STEM 분야 진로 흥미도 및 융합적 문제해결력에 미치는 영향. *수학교육논문집*, 31(1), 125-147.
- 한혜정, 이승미(2014). 중학교 교과 집중이수 실태 분석 및 차기 국가 교육과정 개정의 반영 방안: 학교 교육과정 편성안 분석을 중심으로. *교육과정평가연구*, 17(3), 1-21.
- 홍혜인, 강순희(2014). 과학 수업에서 논리적 사고력 강화 탐구 교수 전략이 중학교 1학년 학생들의 논리적 사고력에 미치는 효과. *대한화학회지*, 58(6), 667-680.
- Arcand, K. K. & Watzke, M. (2011). Creating public science with the from earth to the universe project. *Science Communication*, 33(3), 398-407.
- Arcand, K. K. & Watzke, M. (2014). Here, there & everywhere: Science through metaphor, near and far. *Science Communicating Astronomy with the Public Journal*, 15(1), 8-9.
- Ault, C. R. (1998). Criteria of excellence for geological Inquiry: The necessity of ambiguity. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(2), 189-212.
- Brown, A. L., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32-42.
- Finnish National Board of Education. (2016). A Draft of the National Core Curriculum for Basic Education. Helsinki: National Board of Education.
- Keats, D. & Schmidt, J. (2007). The genesis and emergence of Education 3.0 in higher education and its potential for Africa. *First Monday*, 12(3). Retrieved from http://firstmonday.org/issues/issue12_3/keats/index.html.
- Kim, H. & Chae, D. H. (2016). The development and application of a STEAM program based on traditional korean culture. *Eurasia Journal of Mathematics Science & Technology Education*, 12(7), 1925-1936.
- Laudan, R. (1987). From mineralogy to geology: The foundations of a science. Chicago, Illinois: University of Chicago Press.
- Piaget, J. (1964). Part I: Cognitive development in children: Piaget development and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 2(3), 176-186.
- Roadrangka, V., Yeany, R. H., & Padilla, M. J. (1983). The construction and validation of group assessment of logical thinking(GALT). Paper Presented at the Annual Meeting of the National Association of Research in Science Teaching, Dallas, TX.
- Rubinstein, M. F. (1995). Patterns of problem solving, 2nd ed. New York: Prentice-hall.
- Tan, L. T., Goh, B., Subramaniam, S., & Ramanathan, O. (2017). Engaging secondary school students in authentic research projects based on environmental science theme. Singapore: National Institute of Education.

Appendix 1. 재해·재난과 안전의 HTE-STEAM 프로그램

수업 준거틀	문제제시 & 제작활동	학습자료(▶) 및 유의점(※)
<p>상황 제시 (Co) (1/8차시)</p>	<p>A 재해·재난에 대한 이해와 위협성의 인식</p> <ul style="list-style-type: none"> 재해·재난을 소재로 한 영화의 예고편을 감상한 후, 다음과 같이 발문한다(CoCP). 1. 재해·재난이란 무엇일까? 2. 재해·재난은 인간의 삶에 어떤 영향을 줄까? 3. 과학기술과 재해·재난은 어떤 관계가 있을까? <p>SAT 재해·재난의 정의와 종류, 사례 알아보기</p> <ul style="list-style-type: none"> 활동지를 탐독하며 재해·재난의 정의를 설명하고 종류를 분류하여 설명한다(CoCB). 인터넷 검색을 통해 우리 주변에서 발생했던 재해·재난의 사례를 조사한 후 발표를 통해 조사 내용을 공유한다(CoBE). 	<p>※ 사진준비 : 인터넷 접속 가능 디바이스와 무선 인프라 구축 강의실</p> <p>▶ 재해·재난영화 목록제시</p>
<p>창의적 설계 (Cd) (1/8차시)</p>	<p>S 재해·재난 극복을 위한 과학의 역할</p> <ul style="list-style-type: none"> 재해·재난의 피해를 줄이기 위해 과학은 어떤 역할을 수행할 수 있는지 정리한 뒤, 각각의 사례를 생각하여 활동지에 작성한다(CdMD). 	
<p>상황 제시 (Co) (2/8차시)</p>	<p>ST 지진에 대한 이해와 지진 경보기 센서 선택하기</p> <ul style="list-style-type: none"> 활동지 탐독을 통해 지진에 원인과 이로 인한 피해를 학습하고, 지진이 발생할 때 나타나는 특징을 바탕으로 지진을 감지하기 위한 물리량을 추정해본다(CoMB) <p>SA 지진대비 행동요령에 대한 인지와 지진 발생 시 피해의 원인 찾기</p> <ul style="list-style-type: none"> 지진대비 행동요령 인포그래픽을 제시한 후 지진이 발생했을 때 취해야 하는 행동에 대해 설명하며 정리한다(CoMB) 지진대비 행동요령에 관한 정리를 바탕으로 이를 역으로 생각하여 지진발생 시 피해가 생기는 이유를 추정해본다(CoMD) 	<p>▶ 지진대비 행동요령</p> 
<p>창의적 설계 (Cd) (3/8차시)</p>	<p>STC 지진 경보기 만들기</p> <ul style="list-style-type: none"> 지진이 발생했을 때 발생할 수 있는 2차 피해 상황과 이를 해결하기 위한 아이디어를 제시한다. <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p><문제 상황></p> <p>철수는 최근 발생한 지진 때 다리를 다쳐서 병원에 입원을 했다. 지진이 발생하는 순간 벽에 걸려있던 시계가 철수의 다리로 떨어졌기 때문이다. 평소에 지진대비 행동요령을 배워서 지진이 발생했을 때에는 벽에서 떨어져야 한다는 것을 알고 있었지만 예고 없이 갑작스레 찾아온 지진 속에서 철수는 당황한 나머지 행동요령대로 행동하지 못했다.</p> <p><문제해결 아이디어></p> <p>지진 발생 시 떨어질 물건이 있는 벽에 경고등이 들어오는 지진 경보기를 설치해 놓으면 지진 상황에 당황하며 벽 쪽으로 다가가던 사람이 경고등을 보고 벽에 기대지 않을 것이다.</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> 문제 해결 아이디어의 작동 단계를 자연어로 표현한 후, 이를 순서도의 형태로 변환한다(CdDI) 회로도를 활용해 회로를 만든 후 아두이노 코드를 입력해 지진 경보기를 제작한다(CdDI). 완성된 지진 경보기를 흔들며 작동을 시켜본 후, 이에 대한 개선의 아이디어를 구상해본다(CdDI). 	<p>▶ 아두이노: 오픈소스 기반으로 만들어진 MCU의 한 종류로 간단한 코드 입력으로 입출력 장치를 제어할 수 있다.</p> <p>▶ 지진 경보기 아두이노 회로도와 코드</p>  <pre data-bbox="943 1413 1236 1687"> vibration 아두이노 1.8.5 최상: 변인 스캐처 볼 도움말 vibration void setup() { Serial.begin(9600); pinMode(3, INPUT); pinMode(4, OUTPUT); } void loop() { int earthquake = digitalRead(3); Serial.println(earthquake); if (earthquake == 0) digitalWrite(4,HIGH); else digitalWrite(4,LOW); delay(2000); } </pre>

수업 준거틀	문제제시 & 제작활동	학습자료(▶) 및 유의점(※)
상황 제시 (Co) (4/8차시)	S⑤ 센서에 대한 이해 <ul style="list-style-type: none"> • 센서를 인체의 감각기관과 비유하여 정의한 후, 인터넷을 통해 다양한 센서의 기능을 검색하여 정리한다(CoMD). 	※자동화 장치를 자극에 따라 반응을 만들어나는 유기체의 메커니즘으로 제시하기 위해 자극과 반응 단원의 학습 소재를 활용한다. ▶학생 프로젝트 활동에 주로 활용되는 센서 : 초음파센서, 온도도센서, 사운드센서, 자기장센서, 압력센서, 조도센서 등
창의적 설계 (Cd) (4/8차시)	T①E② 재해·재난 감지를 위한 센서 선정하기 <ul style="list-style-type: none"> •모둠에서 선정한 재해·재난 상황에서의 특징을 상상하여 측정하고자 하는 물리량을 추출해낸다(CdDI). •모둠에서 측정하고자 하는 물리량을 측정할 수 있는 센서를 선정하고 프로토타입 제작을 통해 센서의 기능을 점검한다(CdDI). •제작된 회로를 카메라로 촬영한 후 네모닉으로 인쇄해 활동지에 부착한다(CdDI). 	▶네모닉  포스트잇 프린터로 프로젝트 활동에서 즉시 출력 가능해 유용하다.
상황 제시 (Co) (5/8차시)	S⑤E 액추에이터에 대한 이해 <ul style="list-style-type: none"> •액추에이터를 인체의 운동기관에 비유하여 정의한 후, 인터넷을 통해 다양한 센서의 기능을 검색하여 정리한다(CoBD). 	▶학생 프로젝트 활동에 주로 활용되는 액추에이터 : LED, 서보모터, LCD, 피에조 스피커, DC모터 등
감성적 체험 (Et) (5/8차시)	T①E④A 공감 인터뷰를 통한 액추에이터 선정하기 <ul style="list-style-type: none"> •모둠에서 선정한 재해·재난 상황과 관련해 공감 인터뷰를 실시하여 재해·재난 상황에서 피해가 발생하는 진짜 원인을 찾는다(EtDI). 	▶공감 인터뷰 예시 
창의적 설계 (Cd) (5/8차시)	<ul style="list-style-type: none"> •제작된 회로를 카메라로 촬영한 후 네모닉으로 인쇄해 활동지에 부착한다. 	
창의적설계 (Cd) (6,7/8차시)	T①E④A 자동화 장치 만들기 <ul style="list-style-type: none"> •다음의 단계에 따라 자동화 장치를 제작한다(CdDI). <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> 1. 회로 점검하기 2. 외관 만들기 3. 회로와 외관 조립하기 </div> <ul style="list-style-type: none"> •완성된 자동화 장치를 카메라로 촬영한 후 네모닉으로 인쇄해 활동지에 부착한다(CdDI). 	
창의적 설계 (Cd) (8/8차시)	S④A 안내자료 만들기 <ul style="list-style-type: none"> •모둠활동지를 활용해 모둠에서 제작한 자동화 장치를 소개하는 안내 자료를 제작한다(CdDI). 	▶ 모둠활동지 
감성적 설계 (Et) (8/8차시)	A 전시장 학습 <ul style="list-style-type: none"> •전시장 학습을 통해 다른 모둠에서 제작한 장치를 관람하며 관람 일지를 작성한다(EtDIE). 	▶ 전시장 학습 : 전시 부스 교육행사의 모습을 차용한 교육 방식으로, 모둠에서 교육 자료를 만들어 관람자들에게 자료를 소개하는 활동을 수행한다.