Journal of the Korean Association for Science Education
Journal homepage: www.koreascience.org

# STEAM 기반 학생 연구 활동 분석을 통한 과학 교육에 대한 시사점 고찰

김남희, 심규철*
공주대학교

# Educational Implications for Science Education of STEAM-based Research and Education(STEAM R&E) Projects for Secondary School Students

Nam-Hui Kim, Kew-Cheol Shim**
Kongju National University

A R T I C L E I N F O

*Article history:*
Received 25 January 2017
Received in revised form
17 February 2017
20 February 2017
Accepted 21 February 2017

*Keywords:*
STEAM, STEAM-based Research & Education(STEAM R&E), secondary school students, integrated science education

A B S T R A C T

The purpose of this study is to analyze the characteristics of STEAM-based research and education (STEAM R&E) projects for secondary school students. From 2012 to 2015, 400 STEAM based Research and Education (R&E) projects have been conducted, and they were selected for this study. The major findings are as follows: First, Science (S) and Mathematics (M) were identified at a high rate in STEAM-based Research and Education (R&E) projects, and Art (A) was identified with the lowest rate. Second, 'STEM' type was identified at the highest rate among STEAM-integrated types. And there were not any trends as the years go by, but STEAM-integrated types, where three or more STEAM elements were integrated, were identified at an increasing rate. It means that students use STEAM elements in various ways gradually. Accordingly, the results suggest: The information material that guide how to utilize STEAM factors diversely should be provided for project participants to improve their creativity and problem-solving abilities.

## Ⅰ. 서론

다양한 지식을 기반으로 급변하고 있는 현대 사회는 정보 지능 사회로 변화할 것이라 기대되고 있으며(Kim, 2012a; Kim *et al.*, 2012; UBS, 2016), 현대 사회에서 대두되는 문제들을 해결하기 위한 접근 방법 역시 그 성격이 변화되고 있다(Kim, 2012a; Kim, Ryu & Choi, 2012; RSSPC, 2014). 지구온난화를 비롯한 다양한 환경 문제, 생명공학과 관련된 생명 윤리 문제 등은 분야별 개별 지식들만으로는 해결할 수 없는 복잡한 형태를 보이고 있으며, 이들을 이해하고 적절한 해결 방안을 마련하기 위해서는 여러 학문 분야들에 대해 폭 넓은 이해를 가지고 문제 해결을 위한 새로운 방식을 고안해내야 한다(Choe & Kim, 2011: Kim, Ryu & Choi, 2012: Kwon & Ahn, 2012).

첨단 과학 기술을 기반으로 융・복합 사고 능력을 가진 인재를 요구하는 미래 사회는 과학적 문제 해결력과 창의성을 발휘하는 과학기술 인재들이 이끌어가는 사회이기도 하다(MSIP, 2014). 따라서 창의적 경험과 융합을 기반으로 한 과학 문화와 과학교육의 패러다임 혁신을 통해 미래 창의 인재를 양성할 필요가 있다. 이러한 사회에서는 단순하게 지식을 습득하는 인재보다는 기존 지식을 융합하고 새로운 지식을 만들어내어 문제를 해결해내는 창의적 융합 인재가 요구되며(Choe & Kim, 2011; Kim, Ryu & Choi, 2012), '교육을 통한 창의적 융합 인재 양성'은 현재와 같이 글로벌화와 세계화로 나타나는 국경 없는 무한 경쟁시대에서 국가 경쟁력 강화를 위한 중요한 방안으로 제시되고 있다(Baek *et al.*, 2012; Choe & Kim, 2011; Kim, Kim & Kim, 2015).

특히 과학 기술 분야에서는 창의적 융합 인재 양성을 위해 과학 내 여러 분야 혹은 과학 외 다른 분야들 간 융합의 필요성을 꾸준히 제기하고 있다(Kim, 2012b: Song *et al.*, 2012). 그러나 현재 과학 분야에서의 융합 교육은 각 분야 간 분과적 성향이 강하게 나타나고 있으며, 이는 실제 학생들이 경험하는 자연 현상들은 분과적이지 않다는 측면과도 부합되지 않아 우리나라 과학교육의 방향 전환을 모색해야한다는 의견들이 제시되고 있다(Shin & Han, 2011).

이러한 것들을 고려했을 때, 시대가 요구하는 창의적인 인재 양성을 위해서는 현재 과학 교육에 변화가 필요하며(Kwon & Ahn, 2012; Shin & Han, 2011), 시대적 요구에 적합하도록 학생들에게 과학기술과 관련된 다양한 분야의 융합적 지식과 과정, 본성을 기반으로 자기주도적 학습 경험을 제공해야할 필요성이 대두되었다(Choe & Kim, 2011; Song *et al.*, 2012).

이에 따라 MOEST(2010)에서는 국가 경쟁력 강화를 위해 '창의적 융합 인재 양성'을 목적으로 '융합인재교육'이란 용어로써 'STEAM'을 도입하고, 이를 교육부 주요 정책 과제로 발표하여 다양한 사업을 실시하고 있다. 우선 'STEAM'이란 용어는 Yakman(2008)에 의해 처음 도입된 개념으로, 기존의 STEM 교육에 K-12 수준에서 언어와 사회 과목이 큰 영향을 미치는 것을 확인하고 예술 및 언어, 사회 분야 과목을 공식적으로 연계시키는 교육체제를 의미한다. 그러나 이는 현재 우리나라에서 진행하고 있는 융합인재교육과는 다소 차이가 있는 것으로 보이며(Shin & Han, 2011; Sim, Lee & Kim, 2015), MOEST(2010)는 STEAM 교육에 대해 과학 기술을 기반으로 하여

* 교신저자 : 심규철 (skcshim@kongju.ac.kr)
http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2017.37.1.0125

학생들이 가진 과학에 대한 흥미와 이해를 증진시키고, 융합적 사고와 문제해결력을 함양하는 교육으로 정의하고 있다.

통합 과학 교육에 대해 지대한 관심을 두고 투자하고 있는 해외 못지않게, 국내에서는 다양한 국가적 사업들이 시행되고 있는데 그 중 하나가 'STEAM R&E' 사업이다. 일반적으로 'R&E'란 'Research and Education'의 약자로 '연구를 통한 교육 프로그램'을 의미한다(Kim & Sim, 2008). 이러한 교육 프로그램의 목적은 학생들이 연구 중심의 자기주도적인 학습을 통해 과학적 탐구능력과 창의적인 문제해결력을 신장시키고, 과학자와 학생 간 친밀하고도 지속적인 만남을 이뤄지게 하여 실제 연구를 진행하는 과학자들의 연구태도 및 연구자로써의 자질을 함양하는 것에 있다(Kim & Sim, 2008). 이러한 R&E 프로그램 특성을 살려 학생 주도적인 R&E 프로그램을 진행하되, 융합인재교육(STEAM) 관련 내용들을 주제로 하는 것이 STEAM R&E 사업이며, Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity(KOFAC)의 주도 하에 과학 교육의 내실화 및 과학영재 양성을 큰 목적으로 하여 진행되고 있다(MOE, 2016).

관련된 선행 연구 결과들을 살펴보면, R&E 프로그램은 현재 과학 교육에서 목표로 하고 있는 창의성을 신장시키는데 있어 효과적이며(Yang, Hong & Shim, 2008), 특히 과학 영재 학생들을 대상으로 R&E 프로그램을 실시한 결과 창의적인 사고력뿐만 과학적 탐구능력을 기르고 미래 과학자로서의 자질을 함양하는데 있어 효과적이었다는 의견들이 제시되었다(Kim & Sim, 2008). 또한 STEAM을 기반으로 한 교육 프로그램들 역시 학생들의 정의적 영역과 인지적 영역, 그리고 융합적 문제해결력 향상에 긍정적인 영향을 준다는 주장들이 제시되고 있다(Jeon & Lee, 2015; Kim *et al*., 2014; Park *et al*., 2014). 그러나 창의성과 문제해결력을 향상시키는데 있어 효과적이라는 R&E 프로그램 형태와 STEAM이 결부되어 시행되고 있는 STEAM 기반 학생 연구에서 학생들이 실제 어떤 식으로 STEAM 요소들을 융합하여 활용하고 있는지에 대한 선행 연구는 아직 진행되지 않은 상황이다.

이에 본 연구에서는 실제 STEAM 기반 학생 연구 활동에 의해 만들어진 STEAM 기반 학생 연구과제들을 대상으로 STEAM 요소를 분석함으로써, STEAM 기반 학생 연구과제에 나타나는 STEAM 요소들의 융합 양상을 알아보고 과학 교육에 대한 시사점을 제공하고자 하였다.

## II. 연구 내용 및 방법

### 1. 연구 과정

STEAM 기반 학생 연구과제에 대해 STEAM 요소를 분석하기 위한 연구 절차는 다음과 같다(Figure 1).

2012~2015년에 실시된 STEAM R&E 사업을 통해 산출된 STEAM 기반 학생 연구과제 결과물을 분석대상으로 선정

↓

STEAM 기반학생 연구과제에 나타난 특성 분석 (STEAM 요소 분석 및 사례 분석)

↓

과학 교육에 대한 교육적 시사점 도출

Figure 1. Research Process

### 2. 분석 대상

본 연구에서는 분석을 위해 Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity(KOFAC)에서 지난 2012년도부터 2015년도 사이에 실시한 STEAM R&E 과제 지원 사업 결과 제출된 STEAM 기반 학생 연구과제 400개를 분석 대상으로 선정하였다(Table 1). STEAM R&E 과제 지원 사업은 2012년 과학중점학교, 과학고등학교, 영재학교, STEAM 리더스쿨(고) 소속 학생 및 교사들을 대상으로 STEAM R&E 과제를 공모함으로써 시작되었으며, 현재는 사업 참여 범위가 일반 고등학교까지 확대되었다(MOEST, 2012; MOE, 2016). 본 사업은 학생들에게 자기 주도적 학습 기회를 제공함으로써 창의력과 문제해결력을 양성하고, 획일적인 학교 교육에서 벗어나 교육내용과 방식을 특성화, 다양화시켜 학생들의 융합적 소양을 증진하게 하고자 하였다(MOE, 2016). 이를 위해 STEAM R&E 과제 지원 사업에 참여하는 참가자들은 지도교사 1~2인, 학생 5명 내외, 관련 외부 전문가들로 한 팀을 이루어, 학생들이 주도적으로 실생활에서 접하는 문제를 포함한 연구 과제를 탐색 및 선정하고, 이를 해결하기 위한 다양한 체험 활동, 전문가와의 협력 학습 및 전문가 자문 활동들을 실시하며, 연구기간이 종료되면 연구결과보고서와 같은 연구 결과물들을 제출하게 된다(MOE, 2016). 본 연구에서는 이 연구 결과물들을 'STEAM 기반 학생 연구과제'라고 통칭하였다. STEAM R&E 과제 지원 사업 결과, 2012년에 70개, 2013년에 100개, 2014년 110개, 2015년 120개 연구과제들이 선정되었으며, 4년 간 총 400개 STEAM 기반 학생 연구과제들이 진행 및 완료되었다. 이 중 2012년과 2013년, 2015년에 완료된 STEAM 기반 학생 연구과제들은 <Figure 2>와 같은 연구과제 포스터와 연구결과보고서 모두를 분석대상으로 선정하였으나, 2014년에 진행되었던 STEAM 기반 학생 연구과제들은 두 종류의 연구결과물 중 외부로 공개된 연구결과보고서만 분석대상으로 선정되었다(Table 1).

Table 1. Number of STEAM-based research & education projects for secondary school students according to year

| 연도 | 연구과제 수 | 연구결과물 | |
|---|---|---|---|
| | | 연구포스터 | 연구결과보고서 |
| 2012 | 70 | 70 | 70 |
| 2013 | 100 | 100 | 100 |
| 2014 | 110 | 110 | - |
| 2015 | 120 | 120 | 120 |
| 합계 | 400 | 400 | 290 |

### 3. 분석 방법

본 연구에서는 STEAM 기반 학생 연구과제에서 나타나는 STEAM 요소들의 융합 양상을 파악하기 위해 STEAM 요소 분석을 실시하였으며, 이를 위해 Kim *et al*.(2012)이 제시한 STEAM 요소 분석틀을 본 분석에 적합하도록 수정하여 활용하였다(Table 2). 분석 방식은 다음과 같다. 우선 STEAM 기반 학생 연구과제에 제시된 내용들을

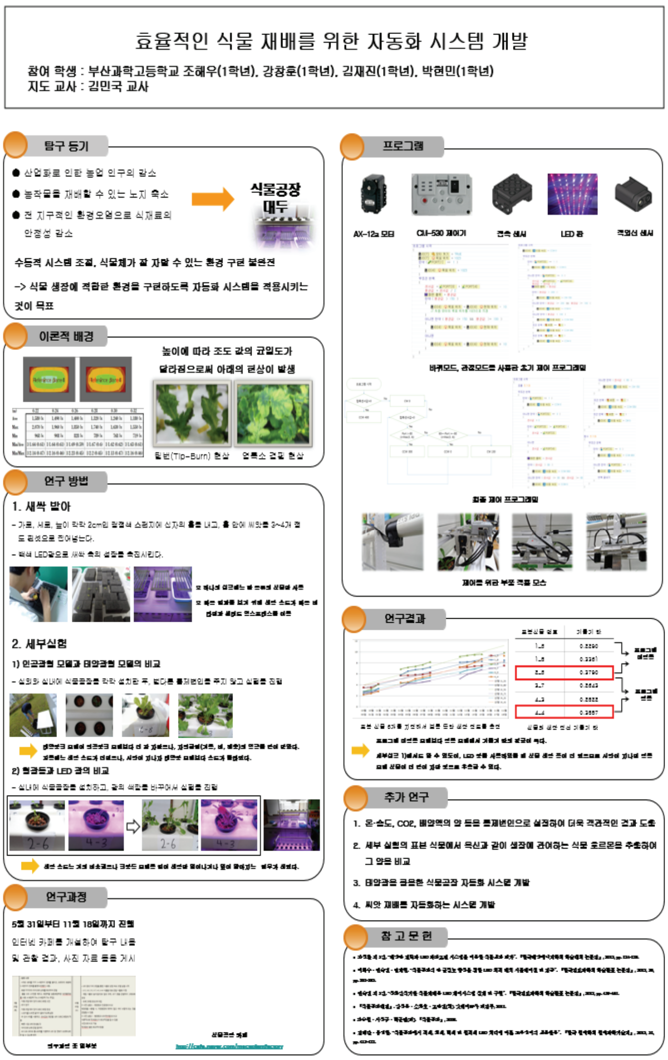



Figure 2. Example of presenting poster for STEAM-based research & education projects

확인하고, 여기에서 나타나는 STEAM 요소들을 모두 체크하였다. 이러한 과정에서 하나 이상의 STEAM 요소들이 제시된 경우에는 이를 모두 표시하여 그 융합 유형을 확인하였다. 예를 들어 '빛의 굴절과 반사를 통해 실내 채광률을 향상시키는 프리즘 패널을 개발하는 연구과제'의 경우, 해당 연구과제에 제시된 과학(S), 기술(T), 공학(E), 수학(M) 내용들을 확인하여 본 요소들을 모두 가지고 있는 것으로 체크하였으며, 이를 STEAM 융합 유형 중 'STEM' 유형으로 분류하였다.

이 후 분석된 결과들을 바탕으로, 우선 학생들이 가장 많이 활용하는 STEAM 요소와 가장 적게 활용하는 STEAM 요소를 확인할 수 있도록 각 STEAM 요소들이 STEAM 기반 학생 연구과제에서 차지하는 비율들을 확인하였다. 예를 들어 2012년 70개 STEAM 기반 학생 연구과제들 모두에서 과학(S) 요소가 확인되었다. 이런 경우, 본 연구에서는 과학(S) 요소가 100%의 비율을 차지하고 있다고 설명하였으며, 이렇게 각 STEAM 요소들이 STEAM 기반 학생 연구과제들에서 차지하고 있는 비율을 전체와 연도별로 확인함으로써 특이적인 변화 경향이 있는지 알아보고자 하였다. 또한 학생들이 어떠한 STEAM 요소들을 연관시켜 사용하였는가를 확인하기 위해, 각 STEAM 기반 학생 연구과제들에서 나타난 STEAM 요소들의 통합된 유형을 확인하여 'STEAM 융합 유형'이라 명칭하고, 각 유형들이 차지하고 있는 비율을 확인하였다. 그리고 분석된 사례들 중 각 STEAM 요소들이 뚜렷하게 드러나, STEAM 융합 유형의 특성이 전형적으로 나타나는 STEAM 기반 학생 연구과제들을 선정하여, 학생들이 실제 연구과제를 진행하는 과정에서 각 요소들을 어떻게 활용하고 있으며, 이들이 어떤 식으로 연관되어 있는지 그 예시를 제시하고, 선행 연구 결과에 비추어 그 교육적 의미를 고찰하였다.

## Ⅲ. 연구 결과 및 논의

### 1. STEAM 기반 학생 연구과제에 나타난 STEAM 요소

전체 400개 연구과제에서 나타난 각 STEAM 요소들의 비율을 확인한 결과는 다음과 같다. 우선 각 연도별 연구과제들 중 90% 이상에서 과학(S) 요소와 수학(M) 요소가 확인되었으며, 상대적으로 각 연도별 연구과제들 중 20% 이하에서만 예술(A) 요소가 나타난 것으로 확인되었다(Table 3). 이는 학생들이 STEAM 기반 학생 연구과제를 진행할 때 과학(S)과 수학(M) 요소들을 많이 활용하고 있으며, 상대적으로 예술(A) 요소는 적게 활용하고 있음을 의미한다.

이러한 결과는 한국과학창의재단의 STEAM 교육 개발 프로그램의 내용 영역을 분석한 결과, 인문·예술 영역이 90% 이상의 프로그램에서 발견된 선행 연구 결과(Kim, Kim & Kim, 2015)와는 다소 배치되는 양상인 것을 확인할 수 있다. 이들은 인문·예술 영역이

Table 2. STEAM elements

| 요소 | 의미 | 하위 영역 |
|---|---|---|
| Science | 자연에 존재하는 사건과 사물에 대한 객관적인 법칙을 발견하여 지식을 형성하는 이론적 인식 활동과 지식 그 자체 (AAAS, 1990) | 물리, 생명과학, 화학, 지구과학, 우주 과학, 생화학 및 이들의 역사, 본성, 개념, 과정과 탐구 등 |
| Technology | 과학 지식을 사용하여 목적에 적합하도록 자연 세계를 변화시키는 모든 수단이나 방법 및 그에 대한 지식 (AAAS, 1990; ITEA, 2007) | 의학과 생체의학, 농업과 생명 공학 기술, 제조업, 정보통신기술, 수송 기술, 힘과 에너지 등 |
| Engineering | 경제적 이익을 증대하거나 문제를 해결하기 위해 과학적 원리를 창의적으로 이용하여 생산물을 디자인하거나 만들어내는 행위 및 관련 기술을 만들어내는 활동 (AAAS, 1990; Wulf, 2001) | 음향학, 항공우주산업, 건축학, 농업, 컴퓨터 공학, 토목공학, 전기공학, 생명공학, 기계공학, 재료공학 등 |
| Arts | 예체능 활동을 포함해 사회가 발달하며 축적한 것을 폭 넓게 이름 (Yakman, 2008) | 언어, 음악적 활동, 미술 활동, 수공적 활동, 체육 활동, 사회학과 철학, 심리학을 비롯한 교양 영역 등 |
| Mathematics | 수, 상징적 관계, 정형화된 양식, 모양, 불확실한 것과 추론에 대한 논리적이고 창의적인 연구 (AAAS, 1990) | 대수학, 해석학, 기하학, 측량, 데이터 분석, 확률, 추론과 증명, 삼각함수, 계산, 이론 등 |

Table 3. Proportion of STEAM elements presented in STEAM-based research & education projects for secondary school students

| 연도 | 연구과제물 수 | STEAM 요소가 확인된 연구과제물의 수 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | S | T | E | A | M |
| 2012 | 70 | 70 (100) | 40 (57) | 43 (61) | 5 (7) | 69 (99) |
| 2013 | 100 | 96 (96) | 60 (60) | 77 (77) | 16 (16) | 95 (95) |
| 2014 | 110 | 106 (96) | 62 (56) | 77 (70) | 11 (10) | 107 (97) |
| 2015 | 120 | 112 (93) | 99 (82) | 97 (82) | 22 (18) | 120 (100) |
| 전체 | 400 | 384 (96) | 261 (65) | 294 (74) | 54 (14) | 391 (98) |

* (전체 STEAM R&E 학생 연구과제들 중 해당 STEAM 요소를 가진 연구과제가 차지하는 비율)

STEAM 교육 프로그램들에서 높은 비율로 확인되는 이유를 우리의 STEAM 교육이 외국의 STEM에 비해 예술을 강조하고 있기 때문이라고 주장하고 있다. 이는 예술을 과학 교육적으로 의미 있게 도입하여 창의적인 인재를 양성을 할 수 있는 혁신적인 교육적 변화가 필요하다(Eger, 2011)는 주장이 강조되는 현재 교육적 흐름을 고려했을 때 긍정적인 결과라 판단할 수 있다. 그러나 본 연구 결과는 이러한 경향이 학생들이 주도적으로 활동하였던 STEAM 기반 학생 연구과제에서는 상대적으로 반영되지 못하고, 학생들이 예술(A) 요소를 활발하게 사용하지는 않고 있음을 의미한다.

또한 연도별로 보았을 때 특별한 경향성이 나타나지는 않았으나, 다른 연도에 비해 2015년에 실시된 STEAM 기반 학생 연구과제에서 기술(T)과 공학(E) 요소가 상대적으로 높은 비율을 나타내고 있었다. 이는 2015년 STEAM R&E 사업에 참여하는 학생들이 STEAM 기반 학생 연구과제를 시행함에 있어 기술(T)과 공학(E) 요소를 좀 더 많이 활용하고 있음을 의미한다.

## 2. STEAM 기반 학생 연구과제에 나타난 STEAM 융합 유형

STEAM 기반 학생 연구과제에서 나타난 STEAM 요소 융합 비율을 분석한 결과는 다음과 같다. 우선 STEAM 기반 학생 연구과제에서 단일 STEAM 요소만 확인된 연구과제는 없는 것으로 확인되었다 (Table 4). 이는 각 STEAM 요소들을 융합하여 다양한 연구 과제를 실시하고자 했던 STEAM 기반 학생 연구의 목적에 부합하는 결과로 보인다. 또한 상대적으로 4개 요소들이 융합된 STEAM 융합 유형들이 가장 높은 비율을 차지하고 있으며, 연도별로 경향성이 강한 변화들이 있는 것은 아니나 해가 지나갈수록 3개 이상 STEAM 요소들이 융합되어 나타난 연구과제 비율이 대체적으로 높아지고 있다는 점을 봤을 때(Figure 3), 이러한 결과들은 매년 연구과제가 진행되는 과정에서 연구과제 참가자들이 STEAM 요소들을 점차 다양하게 융합하여 활용하고 있음을 시사한다.

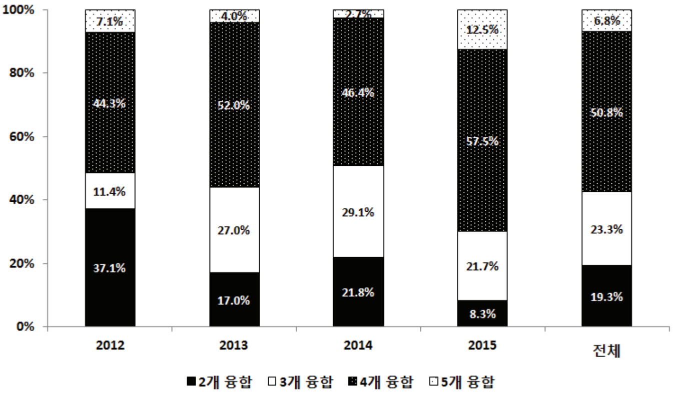



Figure 3. Proportion of convergence types of STEAM elements presented in STEAM-based research & education projects for secondary school students

물론 STEAM 기반 연구 활동을 진행할 때, 반드시 5개 STEAM 요소들이 모두 융합되어야하는지에 대해서는 의문이 있다. 그러나 기본적으로 STEAM은 과학과 기술을 비롯한 다양한 분야들이 창의적 설계와 감성적 체험 등을 통해 융합되는 과정에서 학생들이 창의적이며, 종합적으로 문제를 해결할 수 있는 융합적 소양을 기르는 것을 중요하게 다루고 있으며(Baek *et al*., 2011), 이와 같은 맥락에서 STEAM R&E 사업은 학생들이 연구 중심의 자기 주도적 학습을 진행하며, 창의력과 문제해결력 향상시키고 융합적 소양을 증진시켜 과학자로서의 자질을 개발하고자 함을 목적으로 한다(MOE, 2016; Kim & Sim, 2008). 선행 연구 결과, 성공한 과학자들의 경우, 관심사가 매우 방대하고 학문적 경계를 넘나드는 특징을 보이는데, 이는 우수한 이공계 인력이 될 수 있는 창의적 융합 인재를 양성하는 과정에서 학생들이 다양한 영역에 관심을 갖고, 융합적 사고를 할 수 있는 기회를 제공해야할 필요가 있음을 의미한다(Kim, 2012a). 따라서 이러한 측면을 고려했을 때, STEAM 기반 학생 연구 활동을 실시함에 있어, 연구과제 참가자들이 본인들의 연구과제에 적절히 STEAM 요소들을 융합하여 활용할 수 있도록 유도할 필요가 있다. 이를 위해 연구 활동을 진행하는 학생들과 지도교사들이 각 STEAM 요소들을 활용하여 STEAM 기반 학생 연구 활동 진행하도록 안내할 수 있는 가이드북을 개발하여 현장에 제공하고, 우수 STEAM 기반 학생 연구과제 사례들을 선별하여 이 역시 현장에 적극적으로 홍보해야 한다.

STEAM 기반 학생 연구과제에 제시된 STEAM 융합 유형을 확인한 결과, 총 18개 STEAM 융합 유형이 확인되었으며, 각 연도별로 2012년 6개 유형, 2013년도 13개, 2014년도 12개, 2015년도 11개 유형이 확인되었다(Table 4). 그러나 STEAM 융합 유형의 종류가 줄어든 반면, 2015년에는 더 많은 수의 STEAM 요소들이 융합된 융합 유형의 비율이 증가했다는 측면에서 반드시 STEAM 요소의 융합성이 낮아졌다라고 판단할 수는 없었다.

STEAM 융합 유형 별 비율을 살펴보면 결과는 다음과 같다. 18개 STEAM 융합 유형 중 가장 많은 수로 나타난 것은 ‘STEM’으로 48.8%를 차지하고 있었다(Table 4). 본 유형의 연구과제들은 연구 참여자들이 연구문제를 상정하고 이를 해결하는데 있어 활용되는 과학적 원리들을 포함하고 있다는 측면에서 과학(S) 요소를 가지고 있다고 판단되었으며, 문제 해결 방안을 마련하기 위해 실시하는 실험들을 통해 얻는 데이터들을 분석 및 처리, 변환하는 과정에서 수학(M)

Table 4. Convergence types of STEAM elements presented in STEAM-based research & education projects for secondary school students

| 융합유형 | 연도 2012 | 연도 2013 | 연도 2014 | 연도 2015 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|
| SE | - | 2 (2.0) | - | - | 2 (0.5) |
| SA | - | 3 (3.0) | - | - | 3 (0.8) |
| SM | 25 (35.7) | 8 (8.0) | 21 (19.1) | 8 (6.6) | 62 (15.5) |
| TM | - | - | 1 (0.9) | | 1 (0.3) |
| EM | - | 2 (2.0) | - | 1 (0.8) | 3 (0.8) |
| AM | - | 2 (2.0) | 2 (1.8) | 1 (0.8) | 5 (1.3) |
| STE | 1 (1.4) | 1 (1.0) | 2 (1.8) | - | 4 (1.0) |
| STA | - | - | 1 (0.9) | | 1 (0.3) |
| STM | 2 (2.9) | 8 (8.0) | 4 (3.6) | 9 (7.5) | 23 (5.8) |
| SEM | 5 (7.1) | 16 (16.0) | 21 (19.1) | 8 (6.6) | 50 (12.5) |
| SAM | - | 2 (2.0) | 3 (2.7) | 4 (3.3) | 9 (2.3) |
| TEM | - | - | - | 5 (4.2) | 5 (1.3) |
| TAM | - | - | 1 (0.9) | - | 1 (0.3) |
| STAM | - | 1 (1.0) | - | 1 (0.8) | 2 (0.5) |
| STEM | 32 (45.7) | 46 (46.0) | 50 (45.5) | 67 (55.8) | 195 (48.8) |
| SEAM | - | 5 (5.0) | 1 (0.9) | - | 6 (1.5) |
| TEAM | - | - | - | 1 (0.8) | 1 (0.3) |
| STEAM | 5 (7.1) | 4 (4.0) | 3 (2.7) | 15 (12.5) | 27 (6.8) |
| 계 | 70 (100) | 100 (100) | 110 (100) | 120 (100) | 400 (100) |

* (각 융합 유형에 해당하는 STEAM R&E 연구과제가 해당 연도 전체 연구과제에서 차지하는 비율)

요소를 포함하고 있는 것을 확인하였다. 또한 이렇게 확인된 과학적 원리를 활용하여 문제 해결을 위한 기술이나 시제품 등을 만들어냈다는 측면에서 기술(T), 공학(E) 요소를 포함하고 있는 것으로 파악되었다.

이러한 ‘STEM’의 대표적인 사례를 살펴보면, 참여 연구자들이 프리즘과 거울에서 나타나는 빛의 굴절과 반사를 통해 실내 채광률을 향상시키는 방안을 연구한 연구과제 A의 경우, 학생들이 프리즘과 거울에서 나타나는 빛의 반사와 굴절 현상을 활용하여 실내 채광률을 높일 수 있는 프리즘 패널을 제작하고 그 효과를 확인하였다. 이러한 연구 과제를 진행하기 위해 학생들은 물리학에서 배우는 빛의 특성에 대해 이해해야 했으며, 이는 학생들이 연구과제를 진행하는 과정에서 과학(S) 요소를 활용하였음을 의미한다.

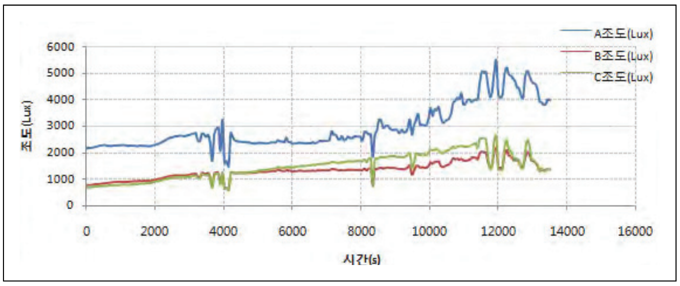
> “아파트의 건설이 증가하면서 아파트에 거주하는 인구가 늘고 있다. 아파트나 학교는 그 구조가 직육면체로써 자연광을 이용하여 실내의 조도를 높이는 것이 어렵다.…(중략)… 프리즘을 통과하는 빛은 매질상의 빛의 속도 차이에 따라 매질의 경계면에서 빛의 경로가 바뀌는 굴절효과를 이용한다. 빛의 굴절각은 입사각 및 두 매질의 굴절률의 비로 결정된다. 이것은 스넬의 법칙으로 정의된다.”
>
> (연구과제 A에서 나타나는 과학 내용)

또한 연구 과제를 진행하는 과정에서 프리즘 패널을 제작하고, 제작된 여러 종류 패널들 중 더 효과가 좋은 프리즘 패널을 선택하기 위해 확인하는 과정에서 기술(T)과 공학(E) 요소들이 활용되었다.

> “[실험5]-프리즘 패널에 의한 미니모형의 조도 변화 측정
>
> 실내모형을 프리즘 패널 크기에 맞춰서 제작한 미니모형을 가지고 실험을 하였다. 조도계를 터널 안쪽에 설치하고 프리즘 패널의 종류에 따른 조도변화를 관찰했다…(중략)… 1번 패널과 4번 패널은 조도가 600 Lux 가량 증가하는 것을 확인할 수 있었다.”
>
> (연구과제 A에서 나타나는 기술과 공학 내용)

그 이후 다양한 프리즘 패널을 만들어 그 효과를 알아보기 위해 실험을 진행하는 과정에서 얻은 데이터를 분석 및 변환할 때 수학(M) 요소가 활용되었다.

> “[실험2]- 나무합판 실내모형 실험
>
> [실험1] 에서 사용한 실내모형이 비바람 세게 불어 부서져서 나무합판으로 실내모형을 다시 제작하였다. 그리고 거울은 집개를 이용하여 양쪽을 고정시켰고 프리즘은 유리를이용하여 고정시켰다. 앞에서부터 일정 간격으로 3개의 조도계를 설치하여 조도를 측정하였다…(중략)…조도 측정은 오전 8시 30분부터 오후 12시 30분까지 MBL조도 센서를 이용해서 측정하였다. 조도 센서의 명칭은 입구로부터 가까운 순서대로 A센서, B센서, C센서로 정의했다.




> 거울을 설치한 실내모형의 조도 측정결과”
>
> (연구과제 A에서 나타나는 수학 내용)

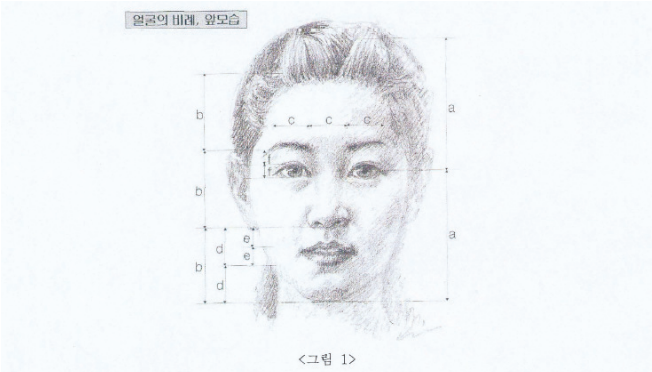
연구과제 A의 경우, 학생들이 문제를 해결하기 위해 과학적인 원리에 대해 알아보고(S), 기술(T)과 공학(E)적인 방법을 활용하여 산출물을 만들어내며, 이들 중 가장 효율적인 산출물을 찾아내기 위해 실험을 진행하고, 이 데이터를 수치화하여 그래프로 나타는 활동(M)을 진행하고 있다. 이러한 형태의 연구과제는 학생들로 하여금 주어진 문제에 대해 해결방법을 구상하고 산출물을 만들어내도록 하는

활동들이 그들의 창의적 문제해결력 향상에 긍정적인 영향을 주었다는 선행 연구 결과(Kang & Kim, 2014; Baek *et al*., 2011)에 비추어 긍정적인 평가가 가능하다.

그러나 STEAM 융합 유형들 중 'STEM' 이 가장 많다는 연구 결과는 학생들이 과학(S), 기술(T), 공학(E), 수학(M)을 함께 활용하는 것에 비해 앞서 제시된 연구 결과와 같이 예술(A) 영역의 활용을 어려워하고 있음을 의미할 수 있다. 선행 연구 결과, 과학(S), 수학(M), 기술(T), 공학(E) 분야에서 아이디어들을 활용하는 기본적인 관점들은 매우 밀접하게 연관되어 있는 것에 반해(Sanders, 2009), 예술(A)은 그 대상과 방법에서 과학과는 큰 차이가 있다는 의견들이 제시되었다(Kim, 2012a; Snow, 1964; Strosberg, 2001). 또한 STEAM 교육에 대한 예비교사와 현직 교사들의 인식 조사 결과, 연구 대상자의 절반 이상이 각 STEAM 요소들 중 과학(S)과 가장 융합이 어려운 요소로써, 예술(A)을 선택했으며, 그에 대한 이유로 예비교사 교육과정에서 나머지 기술, 공학, 수학과 관련되어 배우는 것들이 많으며, 상대적으로 과학과 예술을 접목해볼 기회가 부족했다는 의견들을 제시하였다(Son *et al*., 2012). 이러한 연구결과들은 STEAM 기반 학생 연구과제를 실시할 때 각 STEAM 요소의 특성과 지도교사에 의해 예술(A) 요소의 융합에 있어 다소 어려움을 느낄 수 있음을 시사한다.

STEAM 기반 학생 연구과제들 중 예술(A)이 활용된 대표적 사례를 살펴본 결과, 연구과제 B는 남자 청소년들의 얼굴을 인체 비례학적인 수학적 비율로 계산하여 선호도를 조사하는 연구과제였다. 본 연구과제에서는 미적으로 가장 아름다운 얼굴의 비율을 찾는다는 측면에서 예술(A) 요소를 포함하고 있었다. 또한 사람들이 느끼는 가장 아름다운 얼굴의 비율을 수학적으로 분석했다는 측면에서 수학(M) 요소 역시 포함하고 있는 것으로 판단되었다. 이에 따라 본 연구과제는 STEAM 융합 유형들 중 'AM'으로 분류되었다.

"인체 비례(Canon)




<그림 1> 은 이상적인 인체 비례를 나타낸 그림이다.…(중략)… f. 눈썹에서 눈까지의 거리는 눈의 두께와 같다."

(연구과제 B에서 나타나는 예술과 수학 내용)

일부 STEAM 기반 학생 연구과제들의 경우, 본 사례와 같이 과학(S) 요소가 확인되지 않아 과학(S) 요소가 포함되지 않은 STEAM 융합 유형으로 분류되었다(Table 4). 기본적으로 STEAM R&E 사업은 창의력과 문제해결력을 향상시키고, 융합적 소양을 증진하고자 함을 그 목적으로 한다(MOE, 2016). 이에 비추어봤을 때, STEAM 요소들 중 예술(A)과 수학(M)만을 이용하는 것은 학생들로 하여금 융합적 사고를 촉진하는데 있어 다소 부족할 수 있다.

'STEM'의 뒤를 이어 가장 많이 나타난 것은 'SM'이며, 전체 STEAM 기반 학생 연구과제들 중 15.5%의 비율을 차지하는 것으로 확인되었다(Table 4). 본 유형은 연구 과제를 통해 제시된 대상들의 과학적 특성을 확인했다는 측면에서 과학(S) 요소를 포함하고 있으며, 연구 과제를 수행하는 과정에서 수학적인 방법을 통해 실험 결과를 분석하고, 그 의미를 명확하게 제시하기 위해 연구 참여자들이 얻는 데이터를 표와 그래프를 통해 나타냈다는 측면에서 수학(M) 요소를 포함하고 있는 것으로 분석되었다.

대표적인 사례로 연구 참여자가 사는 지역에 있는 산의 식생분포와 갯벌 조간대의 생물 분포에 대해 연구를 실시한 연구과제 C의 경우, 생물학에서 활용하는 식생 조사 방법과 생태 조사 방법들을 활용하여 지역의 산과 갯벌에 존재하는 생물들을 채집 및 동정하고 이 결과를 바탕으로 식물도감과 동물도감을 만들어냈다. 학생들은 연구과제를 진행하는 과정에서 식생분포, 생물 분포 등의 생물학적 개념을 이해해야만 했으며, 이는 학생들이 연구과제를 진행하는 과정에서 과학(S) 요소를 활용하였음을 의미한다.

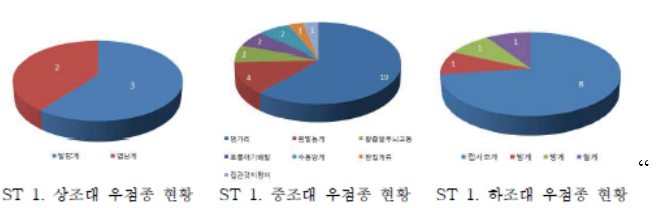
"식생조사 방법에 대한 연구내용은 1) 단위면적(10m×10m)의 식물 군집조사 2) 우점종의 도출 3) 생물모니터링에 의한 군집분포의 변화추이 예측 3가지이다. 이를 위해 …(중략)… 구간마다 10m×10m 크기의 방형구를 설치하고, 주변지역에서 3회 반복 조사한 뒤, 설치한 방형구 안에 있는 식물 종의 1차 동정과 개체수를 파악하여 실험실에서 이를 평균 데이터 값을 얻었다."

(연구과제 B에서 나타나는 과학 내용)

또한 학생들은 연구 대상 지역의 우점종을 결정하기 위해 수학(M)적 방법을 활용하였으며, 그 결과를 명확하게 전달하고자 연구 데이터를 그래프로 변환하는 과정에서도 수학(M)적 요소를 활용하였다.

"갯벌 생태계 조사 결과

2013년도에 5회에 걸쳐 실시된 조사정점 4곳을 중심으로 해남지역 갯벌 조간대 저서무척추동물 조사한 결과 총 5문 31과 56조의 저서무척추동물이 조사되었으며.…(중략)… 해남지역 갯벌조간대에서 조사된 생물종 현황을 그래프를 보면 다음과 같다.




"

(연구과제 C에서 나타나는 수학 내용)

STEAM의 과학(S) 요소는 자연에 존재하는 사건과 사물들에 대해 객관적인 법칙을 발견하여 지식을 형성하는 활동과 지식 자체를 이르며, 여기에는 과학의 내용학 뿐만 아니라, 과학사, 과학적 방법, 과학의 개념, 이론, 원리 등이 포함된다(AAAS, 1990). 기술(T) 요소는 과학 지식을 사용하여 목적에 적합하게 자연 세계 상태를 변화시키는

수단이나 방법을 말한다(AAAS, 1990; ITEA, 2007). 이렇다보니 기술(T) 요소는 과학적 내용을 바탕으로 하며, 과학의 수단이나 방법이 되기도 하고, 과학이 발전하는 방향을 제시하기도 한다(AAAS, 1990). 공학(E) 요소는 경제적 이익이나 효율성을 증가시키기 위해 과학적 지식과 기술적 지식을 창의적으로 활용하여 문제를 해결하는 활동을 말하며, 이러한 활동은 문제에 대한 산출물을 만들어내는 과정을 포함한다(AAAS, 1990; Wulf, 2001). 이렇다보니 과학(S), 기술(T), 공학(E) 3개 요소는 서로 밀접하게 연관되어 있으며(Sanders, 2009), 현재 과학 교육에서는 창의적이고 문제해결력을 갖춘 융합인재를 양성해야한다는 목적을 위해 기술(T), 공학(E)적 측면을 활용하여 과학 교육에 효율성을 증가시키고 있다(Ahn & Kwon, 2013). 따라서 이러한 측면을 고려했을 때, 과학(S)과 수학(M) 요소만을 활용하는 것보다 주제에 맞게 기술(T), 공학(E) 요소를 적절히 도입하는 것이 통합 과학 교육을 촉진하는 방법이 될 수 있다.

5개 STEAM 요소가 모두 융합된 'STEAM'의 경우, 2013년에 상대적으로 줄어들었으나, 그 이후로 증가하는 경향이 확인되었다(Table 4). 이는 연구과제가 매년 증가되며 STEAM 요소들을 모두 활용한 연구과제의 수가 늘어났다는 측면에서 긍정적인 평가가 가능하다. 대표적으로 음파분석과 무기화학 결정을 이용하여 심미적인 음악분수를 설계하는 연구과제 D가 해당된다. 본 연구과제에서 학생들은 음악 분수를 만들기 위해 기초가 되는 다양한 물리, 화학적 개념들을 이해하고 활용했어야만 했으며, 이는 학생들이 연구과제를 진행하는 과정에서 과학(S) 요소를 활용하였음을 의미한다.

> "전자회로이론
> 전자 회로를 정확히 이해하기 위해서는 먼저 회로이론을 공부하고, 트랜지스터와 다이오드들이 있기 때문에…(중략)… <표1>에서와 같이 회로에는 저항, 축전기, 전해콘덴서, 트랜지스터, 다이오드, 가변저항, 릴레이, LED, 모터가 사용된다."
>
> (연구과제 D에서 나타나는 과학 내용)

그리고 실제 음악 분수를 만들어보기 위해 학생들은 음악 분수의 부품이 되는 회로 기판 제작이나, LED 수중등을 직접 제작하였으며, 그러한 과정에서 기술(T)과 공학(E)적인 요소가 활용되었음을 확인할 수 있었다.

> "음악분수 제작의 첫 단계
> <그림13>과 같이 완성된 전자회로판을 점검하고, 입력단자에 MP3를, 출력 단자에 수중램프1개와 빨간색 LED 수중등을 연결하였다. 그 전에 주파수 인가 실험을 통해 전자회로가 작동되는 것을 지켜보긴 했으나 실제 물속에서 구현해 보니 감동이었다."
>
> (연구과제 D에서 나타나는 기술과 공학 내용)

또한 음악 분수라는 소재뿐만 아니라 연구과제 활동 중 학생들이 양자점 효과를 이용하여 음악 분수를 더욱 아름답게 만드는 방법을 고안하므로, 이러한 측면을 고려했을 때, 본 연구과제는 예술(A) 요소를 포함하고 있다는 판단이 가능하다.

> "양자점 효과를 이용한 음악분수의 심미성 추구
> 양자점의 크기를 조절하면 원하는 파장의 가시광선 영역의 빛을 모두 낼 수 있다…(중략)…음악분수는 보통 조명을 활용하여 야간에 더 아름답게 연출된다. 그러나 무기결정의 양자점 효과를 이용하면 낮에도 다양한 색깔을 나타냄으로써 분수의 심미성을 더할 수 있을 뿐만 아니라 밤에는 조명 없이 UV등을 이용하여 다양한 형광색을 볼 수 있어 이를 음악 분수에 응용하고자 한다."
>
> (연구과제 D에서 나타나는 예술 내용)

마지막으로 STEAM 기반 학생 연구과제들에서 수학(M) 요소는 실험을 통해 얻은 데이터를 분석하여 그 의미를 알아내고 변환시키는 과정에서 많이 활용되었다. 그러나 본 연구과제에서는 특징적으로 실험 데이터의 분석 및 변환뿐만 아니라, 음악 분수를 만들기 위해 필요한 이론적 배경인 '푸리에 변환'을 이해함에 있어 학생들이 수학(M)적 지식을 활용하는 부분이 확인되었다.

> "음악분수는 기본적으로 음악에 맞추어 물의 높이, 모양 등이 조정되는데, 우리는 음원으로부터 나오는 디지털 신호를 분수의 펌프를 제어하는 신호로 변환시킨다. 연속적인 신호를 특정 시간에 대한 함수 값을 가지는 이산적인 신호로 변환하여 분석하는 것을 디지털 신호 처리라 한다…(중략). 시간에 대한 신호와 전달함수를 바로 곱하는 것은 불가능하기 때문에 각각을 푸리에 변환시킨다."
>
> (연구과제 D에서 나타나는 수학 내용)

연구과제 C와 D에서 나타나는 연구과제의 형태는 연구과제에서 제시한 문제를 해결하기 위해 STEAM 요소들이 다양하게 활용되고 있는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 연구과제들은 연구에 참여하는 학생들로 하여금 여러 학문 분야의 생각과 방법론에 대해 경험하게 함으로써 그 연구자의 연구 수준을 끌어올릴 수 있다(Song *et al.*, 2010)는 측면에서 매우 긍정적인 평가가 가능하다. 또한 학생들이 주도적으로 문제해결방법에 대해 고민하고 실행하는 것은 학생들의 창의적 문제해결력을 키우고 더 나아가 융합적 소양을 기를 수 있다(Baek *et al.*, 2012)는 측면에서 역시 긍정적인 평가가 가능하다.

이러한 내용들을 살펴보았을 때, 이미 학생들은 연구 과제를 진행하기 위해 각 연구에 필요한 STEAM 요소들을 선택하고 활용하고 있음을 확인할 수 있었다. 또한 연도가 지나갈수록 3개 이상 STEAM 요소들이 활용된 연구과제들이 많아진다는 것은 학생들이 각 STEAM 요소들을 점차 다양하게 활용하고 있다는 측면에서 매우 긍정적이라 사료된다. 다만 다양한 분야에 관심을 가지고 학문의 경계를 넘나드는 우수한 이공계 전문가를 양성하기 위해서는 지금보다 더욱 학생들의 융합적 사고를 자극하고, 다양한 STEAM 요소들을 적절히 활용하도록 안내할 수 있는 방안들을 마련해야 한다.

## Ⅳ. 결론 및 제언

본 연구는 국내에서 수행된 STEAM 기반 학생 연구과제들을 대상으로 STEAM 요소 분석을 실시하여 연구과제에 나타난 STEAM 요소들의 융합 양상에 대해 알아보고, 이러한 결과들에 대한 고찰을 통해 과학 교육에 대한 시사점을 제공하고자 하였다.

우선 STEAM 기반 학생 연구과제에서 나타나는 STEAM 요소의 비율을 분석한 결과, 과학(S)과 수학(M) 요소가 가장 높은 비율로 나타났으며, 상대적으로 예술(A) 요소가 매우 적은 것으로 나타났다. 이는 현재 우리나라 융합인재교육 프로그램 개발에서 예술(A) 요소

를 강조하여 활용하고 있는 상황과는 다소 배치되는 결과인 것으로 파악되며, 상대적으로 학생들이 예술(A) 요소를 활발하게 사용하지 않고 있음을 확인할 수 있었다. 또한 연도별로 보았을 때, 다른 연도에 비해 2015년 STEAM 기반 학생 연구과제에서 기술(T)과 공학(E) 요소가 더욱 많이 활용됨을 확인할 수 있었다.

STEAM 기반 학생 연구과제에서 나타나는 STEAM 요소의 융합 비율을 확인한 결과, 4개 STEAM 요소들이 융합된 경우가 가장 많은 것으로 확인되었으며, 연도가 지날수록 더 많은 STEAM 요소들이 융합된 경우들이 늘어나고 있다는 경향은 연구 활동에 참여하고 있는 학생들이 각 STEAM 요소들을 점차 다양하게 활용하고 있다는 측면에서 긍정적인 평가가 가능하다. STEAM 기반 학생 연구과제를 진행할 때 반드시 STEAM 요소들을 모두 활용해야하는 것은 아니나, 과학 교육에 창의적이고 혁신적인 변화가 필요하다는 STEAM 교육의 의미에 대해 고려했을 때, 연구과제에 STEAM 요소들을 적절히 융합하여 활용할 수 있도록 연구과제 참여자들이 활용할 수 있는 가이드북을 개발하여 학교 현장에 제공해줄 필요가 있다. 또한 우수 사례들을 선별하여 이들을 적극 홍보하여 연구과제 참여자들이 이를 참고 자료로써 활용할 수 있도록 제공해줄 필요가 있다.

STEAM 기반 학생 연구과제에서 나타나는 STEAM 요소의 융합 유형을 살펴본 결과, 연도 별로 STEAM 요소의 융합 유형에 특별한 경향성이 발견되지는 않았다. STEAM 요소의 융합 유형 중 가장 높은 비율로 나타난 것은 'STEM'이었으며, 본 융합 유형은 각 연도별로도 가장 높은 비율로 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 또한 모든 STEAM요소가 사용된 'STEAM'은 점차 감소하다가 2015년에 들어 갑자기 증가된 경향을 확인할 수 있었는데, 이는 학생들이 다양한 영역에 관심을 갖고, 융합적 사고를 할 수 있는 기회를 제공할 수 있다는 측면에서 긍정적일 수 있다. 그러나 일부 STEAM 기반 학생 연구과제에서 학생들이 기술(T), 공학(E), 예술(A) 요소들을 활용하지 않는 경우들이 확인되었는데, 기술(T), 공학(E), 예술(A) 요소들을 활용하면 과학 교육에서 긍정적인 효과를 얻을 수 있다는 선행 연구들을 고려하여 학생들의 융합적 사고를 자극하고, STEAM 요소들을 다양한 방식으로 활용하도록 안내해줄 수 있는 방안에 대한 고민이 필요하다.

이러한 측면들을 종합하면 STEAM 기반 학생 연구 과제를 진행할 때, 학생들의 창의적인 사고를 자극하고, 다양한 STEAM 요소들을 적절하게 활용할 수 있도록 돕는 가이드북과 우수 사례의 개발 및 제공이 필요하다. 또한 학생들로 하여금 STEAM 요소들을 다양한 방식으로 활용하여 연구 과제를 진행할 수 있도록 도울 수 있는 방안의 마련이 필요하다.

## 국문요약

본 연구는 2012년부터 2015년도 사이에 진행된 고등학생 STEAM 기반 학생 연구과제에 대해 STEAM 요소 분석을 실시하여 STEAM 요소의 융합 양상 및 몇 가지 의미 있는 사례들에 대한 고찰을 실시하였다. 이 연구를 위해 4년 동안 진행된 400개 STEAM 기반 학생 연구과제들이 연구대상으로 선정되었다. 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, STEAM 기반 학생 연구과제들을 진행하면서 STEAM 요소들 중 과학(S) 요소와 수학(M) 요소가 가장 많이 활용되었으며, 예술(A) 요소가 상대적으로 가장 적게 활용되었음을 알 수 있었다. 둘째, STEAM 융합 유형들 중 STEM 유형이 가장 많이 나타난 것으로 확인되었다. 연도별로 봤을 때, 특별한 경향을 보이지는 않으나, 연도가 지날수록 학생들이 STEAM 요소들을 더욱 다양한 방식으로 활용하고 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 결과들을 종합한 결과, 학생들의 창의성을 자극하고, STEAM 요소들을 다양하게 활용하도록 도울 수 있는 안내와 지도 방안의 마련이 필요하다.

주제어 : STEAM, STEAM 기반 학생 연구(STEAM R&E), 고등학생, 통합 과학 교육

## References

AAAS(American Association for the Advancement of Science) (1990). Science for all americans. New York, USA: Oxford Press Inc.

Ahn, J., & Kwon, N. (2013). An Analysis on STEAM Education Teaching and Learning Program on Technology and Engineering. Journal of the Korean Association for Research in Science Education, 33(4), 708-717.

Baek, Y., Kim, Y., Noh, S., Park, H., Lee, J., Jeong, J., Choi, Y., Han, H., & Choi, J. (2012). A study on the action plans for STEAM education. Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity. 2012-12.

Baek, Y., Park, H., Kim, Y., Noh, S., Park, J., Lee, J., Jeong, J., Choi, Y., & Han, H. (2011). STEAM education in Korea. Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction, 11(4), 149-171.

Choe, S., & Kim, E. (2011). Creative next generation Science education. Science & Technology Policy, 21(2), 14-26.

Eger, J. M. (2011). National science foundation slowly turning STEM to STEAM. Retrieved from http://www.huffingtonpost.com/john-m-eger/national-science-foundati_b_868449.html. Accessed Date: Nov. 07. 2016.

ITEA(International Technology Education Association)(2007). Standards for technological literacy: content for the study of technology. Virginia, USA: International Technology Education Association.

Jeon, J., & Lee, H. (2015). The development and application of STEAM education program based on systems thinking for High school students. Journal of The Korean Association For Science Education, 35(6), 1007-1018.

Kang, H., & Kim, T. (2014). The development of STEAM project learning program for creative problem-solving of the science gifted in elementary School. Journal of gifted/talented education, 24(6), 1025-1038.

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, J., Kim, J., & Kim, J. (2015). Analysis of KOFAC STEAM education program. Journal of Korean Practical Arts Education, 21(2), 25～44

Kim, K., & Sim, J. (2008). Scientifically gifted students' perception of the impact of R&E program based on KAIST freshmen survey. Journal of the Korean Association for Research in Science Education, 28(4), 282-290.

Kim, M. (2012a). A Study on the Implication of Convergence cases between Domestic Manufacturing Industry and IT industry. Industrial engineering magazine, 19(2), 34-37.

Kim, W. (2012b). Building Conceptual framework to bring up talents capable of creative fusion: from the perspective of fusion between Science and Technology and Art. The Journal of the Korean Society for the Gifted and Talented, 11(1), 97-119.

Kim, N., Han, H., Hong, B., & Shim, K. (2012). Analysis of fusing science and STEAM factors of learning contents related to life science presented in high school 'science' and the connection between 'science' and 'life science Ⅰ' or 'life science Ⅱ'. Biology Education, 40(1), 121-131.

Kim, S., Ryu, H., & Choi, K. (2012). An analysis of the contents and Steam educational factors of global issues presented in the 2009 revision of secondary school science curriculum. Journal of learner-centered curriculum and instruction, 12(2), 73～96.

Kwon, N., & Ahn, J. (2012). The analysis on domestic research trends for Convergence and Integrated Science Education. Journal of the Korean Association for Research in Science Education, 32(2), 265～278.

MSIP(Ministry of Science, ICT and Future Planning) (2014). Endless imagining room operations manual. Ministry of Science, ICT and Future Planning, Korea. Retrieved from https://www.kofac.re.kr/?page_id=1677&uid=4277&mod=document.

MOEST(Ministry of Education and Science Technology) (2010). Business report in 2011: Futuristic Republic of Korea opened by creative human resources and advanced Science and Technology. Ministry of Education and Science Technology.

MOEST(Ministry of Education and Science Technology) (2012). A national project notification to support the STEAM R&E Project in 2012. Ministry of Education and Science Technology. 2012-70

MOE(Ministry of Education) (2016). An application guide to STEAM R&E project in 2016. Ministry of Education. 2016-54.

Park, H., Baek, Y., Sim, J., Son, Y., Han, H., Byun, S., Seo, Y., & Kim, E. (2014). Basic research about improvement of STEAM program effectiveness and utilization of the field. Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity.

RSSPC(The Royal Society Science Policy Centre). (2014). Vision for science and mathematics education. London: The Royal Society.

Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEAM mania. The Technology teacher, 68(4), 20-26.

Shin, Y., & Han, S. (2011). A study of the elementary School teachers' perception in STEAM(Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) education. Journal of Korean elementary science education, 30(4), 514～523.

Sim, J., Lee, Y., & Kim, H. (2015). Understanding STEM, STEAM education, and addressing the issues facing STEAM in the Korean context. Journal of the Korean Association for Research in Science Education, 35(4), 709-723.

Snow, C. P. (1964). The two cultures: and a second look. Cambridge, England: Cambridge University Press.

Son, Y., Jung, S., Kwon, S., Kim, H., & Kim, D. (2012). Analysis of Prospective and In-Service Teachers' Awareness of STEAM Convergent Education. Institute for Humanities and Social Sciences, 13(1), 255-284.

Song, I., Moon, E., Hah, J., Han, S., Sung E. (2010). Humanities & Arts program development for scientifically gifted children. The Journal of the Korean Society for the Gifted and Talented, 9(3), 117-138.

Song, S., Hong, B., Kim, N., Han, H., & Shim, K. (2012). Study on perceptions of high school students and Science teachers about High School Fusing Science. Journal of science education, 36(1), 130～138.

Strosberg, A. (2001). Art and Science. New York, USA: Abbeville Press.

Wulf. W. A. (2001). Diversity in engineering. Leadership and management in Engineering, Retrieved from http://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/(ASCE)1532-6748(2001)1%3A4(31).

UBS (2016). Extreme automation and connectivity: The global, regional, and investment implications of the Fourth Industrial Revolution. UBS White Paper for the World Economic Forum, Annual Meeting 2016.

Yakman, G. (2008). STΣ@ M Education: An overview of creating a model of integrative education, Retrieved November 8, 2016, from https://www.iteea.org/File.aspx?id=86752&v=75ab076a.

Yang, H., Hong, J., & Shim, K. (2008). Study on improving of creativity of gifted students using the project-based task. Journal of Gifted/Talented Education, 18(1), 111～187.