

## ORIGINAL ARTICLE

## 공학설계 측면에서 한국 STEAM 프로그램 분석틀 제안

이동영 · 남윤경\*

(부산대학교)

## Suggesting an Analysis Framework for Korea STEAM Programs in the Perspective of Engineering Design

DongYoung Lee · Younkyeong Nam\*

(Pusan National University)

## ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze Korea STEAM Programs in the perspective of Engineering Design. A pilot study of analyzing 41 STEAM programs was conducted by using Guzey et al. (2014)'s STEM program analysis framework. Based on the pilot study result, we suggested specific criteria to analyze Korea STEAM program and developed an analysis framework by considering characteristics of Korea STEAM program we found. The analysis framework suggested by this study has 5 more criteria compared to the Guzey et al. (2014)'s framework. By using the suggested framework, we analyzed another 76 STEAM programs developed by the grant of Korea foundation for the Admin of Science & Creativity (KOFAC) in 2016. The analysis results show that only 28.5% of total 76 Korea STEAM programs are focused on Engineering Design and the programs categorized as 'Complete Engineering Design Lesson' were only 5.4%. More than half of the programs (62.3%) are focused on only science contents with crafting and/or concept drawing activities.

**Key words** : STEAM, STEM, Engineering Design.

## 1. 서론

현재 한국 STEAM 교육은 융합인재 교육이라는 이름으로 과학 교육뿐만 아니라 수학, 기술, 예술 등 여러 과목에서 초·중등학교 교육방법에 많은 영향을 끼치고 있다. 특히 2009 개정 교육과정 이후, 각 급

학교에서는 교육과정 재구성을 통해 STEAM교육을 교육과정 내에서 실시하도록 하면서 모든 학생들이 STEAM 활동을 경험 하고 있다.

하지만 한국형 융합인재 교육(이후 '한국 STEAM')은 다른 선진국에서 실시되고 있는 STEM 교육이나 Integrative STEAM (이후 '융합적 STEAM') 교육과는 다른 특성을 보인다. 그 중 한 가지 예로

Received 26 March, 2018; accepted 24 April, 2018

\*Corresponding author : Younkyeong Nam, Pusan National University.

2, Busandaehak-ro 63beon-gil, Geumjeong-gu, Busan,

Phone: +82-051-510-2707

E-mail: ynam@pusan.ac.kr

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education (2017R1D1A3B03031896).

© 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.

STEAM 교육의 목적을 들 수 있다. STEM 교육이나 융합적 STEAM 교육은 이공계 인재를 양성하기 위해 학업성취도와 전문성의 개발, 그리고 여학생과 소수민족의 이공계 출신을 장려하는 목적을 가지지만 한국 STEAM교육은 그 모형(예, 박현주 외, 2012)에서도 알 수 있듯이 흥미 증진, 실생활연계, 융합적 사고력 배양을 강조한다(백운수 외, 2012; 이상균과 이하룡, 2013; 최은영 외, 2017). 또한 STEM 교육이 다루고 있는 교육적 논의의 범위에서도 차이가 있다. 김민철(2013)은 STEM 교육에 대한 논의는 철학부터 시작하여 질 관리까지 다양한 영역에 대하여 활발한 논의가 일어나고 있는 반면, 한국 STEAM 교육에 대한 논의는 주로 개발과 적용, 효과성 검증에 집중하고 있다고 보고하였다.

이러한 차이는 학교 현장에서 한국 STEAM 교육의 기준 이라고 할 수 있는 STEAM 준거틀에서 다루는 내용에 직접적인 영향을 준다. 심재호 외(2015)는 한국 STEAM 준거틀의 문제를 다음과 같이 두 가지로 기술하고 있다. 첫째, 한국 STEAM 준거틀은 그 구조가 매우 복잡하고 너무 많은 내용을 요구하고 있어서 현장 교사들이 실천하기에 매우 부담스럽고 명확한 목적을 제시하고 있지 않다는 것과 둘째, 한국 STEAM은 그 준거틀에서 교과와 핵심 개념 또는 아이디어가 제시되지 않고 있다는 것이다.

실제로 한국 STEAM 준거틀에서 다루고 있는 내용은 융합교육의 목적, 상황, 내용전개와 보상까지 그 용어가 모호하면서 교육학적으로 매우 광범위한 내용을 다루고 있다. 반면 미국 STEM교육은 과학과 공학의 융합을 교과와 핵심 개념으로 제시하고 이를 가르치기 위해 과학 교육에서 공학적 설계를 이용하도록 구체적으로 그 범위와 방법을 명시하고 있다.

실제로 한국 STEAM 교육의 모델이 되었던 융합적 STEAM교육도 STEM교육에서 중요하게 다루어지는 과학, 수학, 공학 교육의 융합을 전제로 하고 있으며 이와 함께 필요에 따라 예술과 인문학, 사회과학의 접목의 가능성을 제안한 것이다(Sanders, 2012). 다시 말해 융합적 STEAM은 STEM 교육이 가진 중요한 목적, 즉 과학과 수학, 공학적 실천의 중요성을 간과 하지는 않는다. 이러한 점을 고려할 때 한국 STEAM교육의 방향과 그 결과에 대해 다시 생각해 보게 된다.

지금까지 전 세계 많은 STEM 교육 연구자들은 공학 설계(Engineering Design)를 STEM 교육에서 활용되는 중요한 교수방법이라고 설명하며, 공학 설계 과정을 중심으로 통합된 STEM 교육의 효과에 대해 강

조하였다(강주원과 남윤경, 2016; Brophy et al., 2008; Glancy & Moore, 2013; Guzey et al., 2014; Hjalmarson & Lesh, 2008; Moore et al., 2015; Nam et al., 2016; NRC, 2009; Roehrig et al., 2012). 미국의 경우 과학 교육에서 공학 설계 과정을 융합하는 것에 대해 국가 교육과정에서 구체적으로 제안하고 있다. 미국 차세대 과학 교육과정(NGSS, NGSS Lead States, 2013)은 명시적으로 공학설계(Engineering Design)를 과학과 공학의 융합을 위한 구체적인 교수법으로 제안한다. 더 나아가 NGSS에서는 “공학/기술/과학의 적용”을 지구과학, 생물, 물리·화학과 함께 과학 교육에서 다룰 주요 학문 분야로 제시하고 있다.

하지만 한국 STEAM 교육의 준거 틀(교육부, 2012; 교육부, 2017)은 공학 설계에 대한 내용은 명시적으로 포함하고 있지 않다. 한국 STEAM 준거틀에서는 ‘창의적 설계’부분에서 공학적 설계에서 다루는 일부 내용, 즉 ‘설계’ 또는 문제해결방법제안 부분만을 다루고 있다. 또한 2018년부터 초·중등 학교에서 시행되는 2015 개정 교육과정(교육부, 2017)을 살펴보면, 총론에서 공학설계에 대한 이야기가 언급되어 있으나 이를 실제로 활용할 수 있는 구체적인 요소들은 찾아보기 힘들다. 이러한 한국 STEAM 준거틀에 근거해 개발된 한국 STEAM 교육과정은 학생들이 STEM 교육의 핵심인 공학 설계를 경험하는 데 얼마나 도움이 될지 의문이다.

따라서 본 연구에서는 한국 STEAM 프로그램을 공학 설계에 근거하여 분석하기 위한 틀을 제안하고 이에 따른 한국 STEAM 분석 결과를 제시하고자 한다. 먼저 공학 설계 요소에 근거해서 개발된 미국 STEM 프로그램 분석 기준(Guzey et al., 2014)을 바탕으로 한국과학창의재단에서 제시하고 41개의 STEAM 프로그램을 분석하는 예비 연구를 진행하여 이를 바탕으로 공학 설계 측면에서 한국형 STEAM 프로그램을 분석을 위한 기준 요소를 찾아 내고 이를 분석 틀로 제시하는 것이 본 연구의 첫 번째 목표이다. 다음으로 본 연구에서 제안된 분석틀을 바탕으로 한국창의재단에서 2016년에 개발된 76개 STEAM 프로그램을 분석하여 공학 설계 측면에서 한국 STEAM 프로그램을 분석하는 것이 두 번째 연구 목표이다. 본 연구 목표 달성을 위한 연구문제는 다음과 같다.

첫째, 공학 설계(Engineering Design) 측면에서 한국 STEAM 프로그램을 분석을 위한 핵심 요소는 무엇인가?

둘째, 한국 과학 창의재단에서 제시되는 STEAM

프로그램은 공학 설계(Engineering Design)요소를 얼마나 충실히 반영하고 있는가?

## II. 이론적 배경

공학이란 보통 ‘문제를 발견하고 이에 대한 기술적 해결책을 제시하는 학문’으로 정의된다. 과학 교육에서 과학과 공학의 융합은 각 학문에서 다루는 개념의 융합 보다는 과학적 개념과 공학의 문제해결과정 간의 융합을 의미한다. NGSS에서는 공학의 범주를 공학 설계 과정으로 제한하고 있으며, 과학이 전문 교과로서의 공학과는 분리된다는 점을 명시함과 동시에 전문 교과와의 상보적 관계를 유지할 것을 권고하고 있다. 공학설계는 공학적 문제해결 과정을 의미하는 것으로, 학문으로써의 공학과는 구분되는 개념이다. 공학적 설계과정은 여러 학자들에 의해 제안되었지만 (e.g. Hjalmarson & Lesh, 2008; Moore et al., 2014; NGSS Lead States, 2013), 공통적으로 다음의 3가지 과정으로 설명할 수 있다; 1) Define Problem (문제해결 성공기준 범위 및 한계 제시), 2) Design solution (해결 위한 설계, 최선의 방법 선택), 3) Optimization (반복 검사 및 개선 이후 산출물).

STEM 교육자들은 과학 수업에서 공학적 문제 해결의 방법, 즉 공학 설계를 교수 방법적 측면에서 효

과적으로 접목하기 위해서 고려해야할 여러 가지 요소들을 제안해 왔다. Nam et al. (2016)은 의미 있는 과학·공학 융합 교육을 위해 공학 설계뿐 아니라 협력적 팀 활동 상황제시, 과학과 공학의 주요 개념 융합, 공학적 마음자세(시스템사고, 창의성, 윤리), 그리고 현실적이고 적합한 공학문제의 제시가 중요하다고 강조하였다. Moore et al. (2014)에서도 양질의 공학 융합 수업에서 나타나는 주요 요인들로, 공학 설계과정, 과학(또는 공학, 수학) 지식의 적용, 공학과 공학자에 대한 개념, 공학적 사고, 공학적 도구, 팀 활동, 윤리, 의사소통능력, 그리고 문제 상황제시를 들고 있다. 미네소타 대학과 퍼듀 대학에서 공동으로 진행하고 있는 과학 공학 융합교육인 EngrTEAMS 프로젝트에서도 이와 유사한 양질의 공학 융합 교육을 위한 요소를 제안 한다. 의미 있는 상황제시, 공학 설계과제, 실패로부터 배움(재설계), 과학(또는 수학) 개념의 적용, 학생중심교수법, 그리고 의사소통능력 과 팀 활동 이다(Roehrig, 2017). 이와 같이 양질의 과학·공학 융합교육은 과학 교육에서 공학 설계를 단순히 사용한다는 차원을 넘어서 실제 과학 수업에서 공학설계를 의미 있는 학습의 도구로 바꾸어줄 적절한 상황제시와 과학 지식뿐 아니라 공학적 마음자세와 의사소통 및 팀 활동 능력 향상이라는 목적이 명확히 제시되어야 한다는 점을 시사한다.

실제로 미국을 중심으로 제시된 STEM 프로그램 평가자들은 이러한 STEM 학습 상황을 고려하여

Table 1. Description of the code for analyse STEM programs

기준 요소	설명
목적	공학 설계 수업은 명확한 수업 목적과 대상을 포함하고 있어야 한다.
상황제시	공학 수업은 학습자들이 공학 설계 과정을 적용할 수 있는 현실적이고, 의미 있고, 동기를 부여하는 맥락에 기반하고 있어야 한다. (예, 가상 공학 회사의 맥락에서 구성되는 공학 문제)
공학설계	공학 설계 수업은 공학 문제를 정의하고, 문제를 연구하고, 계획을 세우고, 시제품을 디자인하고, 시험하고, 시제품을 평가하고, 다시 디자인하는 반복적 과정인 공학 설계 과정에 학생들을 참여시켜야 한다.
과학과의 연계	공학 설계 수업은 의미 있는 과학의 실제 예시가 포함되어야 한다.

Table 2. Analysis criteria of STEM program quality

코드	프로그램 분석				
	적합	적합	-	-	-
목적	적합	적합	-	-	-
상황 제시	적합	일부 적합	-	-	-
공학 설계	적합	적합	일부 적합	(일부)적합	부적합
과학과의 연계	적합	적합	적합	부적합	-
결과(분류)	완전한 공학 설계 수업	현실 맥락이 없는 공학 설계 수업	재설계 과정이 없는 공학 설계 수업	제작/시험 수업	오적용

STEM 프로그램을 분류하는 기준을 제시한다(e.g. Guzey et al., 2014. Pinnell et al., 2013). Pinnell et al. (2013)은 양질의 STEM 학습 요소로; 다양학 학생에 대한 고려, STEM융합정도, STEM외의 학문과 연계, 학문적(개념적) 융합, 인지적과제의 질, STEM 직업과의 연계, 협력적 문화에서 개인적 책임, 평가의 성격, 공학설계의적용, 기술과의 융합을 들었다. 이에 비해 Guzey et al. (2014)은 상대적으로 적은 기준으로 공학적 설계에 초점을 두어 STEM프로그램의 질을 명확하게 분류하여 제시 하였다. (표 1)과 같이 Guzey et al. (2014)이 제시한 양질의 STEM 프로그램 분석 기준은 프로그램의 목적, 상황제시, 공학 설계, 그리고 과학과의 연계이다.

Guzey et al. (2014)은 STEM 프로그램을 표 7에서 제시한 4개의 기준 요소와 숨겨진 보조요소 2가지를 활용하여 분석하였으며, 코드별로 위계를 부여하여 결과를 처리하였다. 각각의 분석 요소별 STEM 프로그램 분류 방법을 간략히 정리하면 (표 2)와 같다.

네 개의 요소를 모두 만족하면 완전한 공학 설계 수업(Complete Engineering Lesson)으로 분류하였고, 네 개의 요소 중 나머지는 모두 만족하나 상황 제시 코드의 현실성이 떨어지는 경우, 현실 맥락이 없는 공학 설계 수업(Design-Focused Engineering Lesson without a Realistic Context)으로 분류하였다. 요소 간 위계에 따라 네 개의 요소 중 공학 설계 요소가 보조 코드(sub-code)를 완전히 충족하지 못할 경우, 재설계 과정이 없는 공학 설계 수업(Design-Focused Engineering Lesson Without Redesign)으로 분류하였으며, 역시 위계에 따라 과학 내용과 관련성(Science Connections)이 없고 공학 설계 과정이 일부 포함되어 있는 경우, 제작/시험 수업(Build and Test Only Lesson)으로 분류하였다. 마지막으로 공학 설계 과정이 포함되어 있지

않은 과학 수업의 경우, 오적용(Misapplication)으로 분류하였다. 또한 이렇게 분류된 STEM 자료의 개별적 특징을 (표 3)과 같이 제시하였다.

공학설계 측면에서 한국 STEAM 분석이라는 본 연구의 목적에 비추어 볼 때 Guzey et al. (2014)에서 제시된 기준을 우선적으로 고려하여 한국적 STEAM 프로그램을 분석하고 그 결과를 바탕으로 한국 STEAM프로그램을 평가할 수 있는 요소들을 제안하고자 한다.

### III. 연구 방법

#### 1. 연구 배경 및 순서

본 연구는 한국 STEAM 프로그램을 공학설계의 측면에서 분석하기 위해 적절한 도구를 제안하고 이를 적용하여 STEAM 프로그램을 분석한 결과를 제시하는 순서로 진행되었다. 본 연구의 순서는 (그림 1)과 같다.

#### 2. 분석도구 제안을 위한 예비 연구

예비연구는 크게 두 가지 과정으로 이루어졌다. 첫 번째, STEM 분석도구(Guzey, et al., 2014)을 적용한 41개 STEAM 프로그램 분석과 두 번째, 분석 결과를 이용한 STEM분석도구 수정 및 STEAM 분석도구 제안이다.

##### 1) 41개의 한국 STEAM 프로그램 1차 분석

한국과학창의재단 연구를 통하여 제작된 STEAM 프로그램(2012~2015) 중 지구과학과 관련된 주제를 지닌 대상을 선정하여 총 41개의 프로그램을 선정하

Table 3. Description of the analysed STEM program categories

분류	설명
완전한 공학 설계 수업	공학 설계의 모든 요소가 포함되어 있으며 현실적 맥락에서 공학 설계 요소가 통합된 수업. 또한 명확한 목적과 과학과의 연계를 포함한 수업.
현실 맥락이 없는 공학 설계 수업	공학 설계 과정을 따르고 있으나, 현실적 맥락이 결여된 수업.
재설계 과정이 없는 공학 설계 수업	공학 설계 과정을 따르고 있으나 재설계 과정이 결여된 수업.
제작/시험 수업	과학 내용을 적용하지 않으며, 공학 설계 과정을 따르지 않는 산출물 제작과 시험 과정으로 이루어진 수업.
오적용	과학 수업으로 분류되는 형태.

였다. 이론적 배경에서 제시된 Guzey et al. (2014)이 개발한 분석 도구와 분석방법을 활용하여 1차 자료 분석을 시행하였으며, 공학설계와 STEM 수업의 전문가 3인이 분석한 데이터를 비교하여 평가자간 신뢰도를 확보하였다.

1차 분석 결과, ‘완전한 공학 설계 수업(Complete Engineering Lesson)’ 과 ‘현실 맥락이 없는 공학 설계 수업(Design-Focused Engineering Lesson Without a Realistic Context)’ 은 각각 7.3%로 나타났으며, ‘재설계 과정이 없는 공학 설계 수업(Design-Focused Engineering Lesson Without Redesign)’ 은 17.1%로 나타났다. ‘제작-시험 수업(Build-and-Test-Only Lesson)’ 은 하나도 나타나지 않았으며, ‘오적용(Misapplication Lesson)’ 프로그램은 68.3%로 가장 높은 비율을 나타내었다. 해당 결과를 그래프로 나타낸 것은 (그림 2)와 같다.

(그림 2)의 분석결과는 과반수가 넘는 프로그램들이 ‘오적용’으로 분류되었다는 것을 보여준다. 따라서 좀 더 세분화된 분석 기준을 개발 및 적용하여 오

적용으로 분류된 프로그램의 종류를 구분할 필요가 있다고 판단하였다. 또한 ‘제작/시험 수업’은 한 건도 나타나지 않아 이 군은 삭제하는 것이 좋다고 판단하였다.

**2) 예비연구 분석 결과를 이용한 한국 STEAM 분석 요소 제안**

예비 연구의 분석 결과를 바탕으로 연구자들은 오적용으로 분류된 수업들을 좀 더 세분화하기 위해, Strauss & Corbin (1998)의 근거이론(Ground Theory)을 활용하여 분석 요소들을 계층화하였다. 먼저 41개의 수업을 1차 분석 과정에서 나타난 다양한 요소들을 추출하여 나열하였다(개방코딩). 나열된 분석요소는 총 19개로 정리되었으며, 이를 각 요소를 범주화하여 비슷한 요소들끼리 축 코딩(Axial Coding)하여 그 중요도에 따라 계층화 시키는 작업을 시행하였다. 분석된 요소들의 분화 과정은 (표

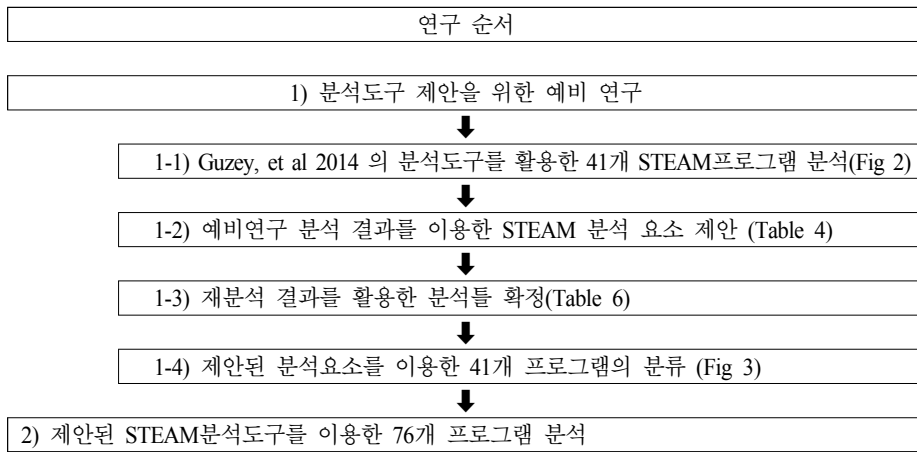


Fig. 1. Research process of STEAM program analysis

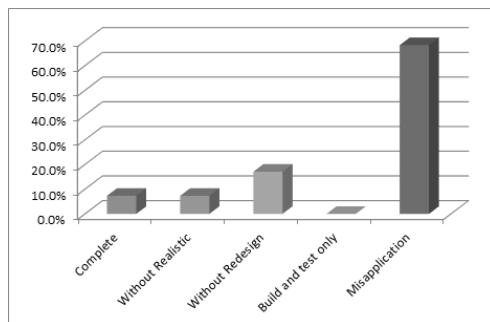


Fig. 2. Analysis result of STEAM programs (pilot study)

4)와 같다. 분석 요소를 이용한 41개 프로그램 재분석 결과와 이에 근거한 STEAM 분석틀제안은 결과 부분에서 다르다.

### 3. 제안된 STEAM분석틀을 이용한 76개 프로그램 분석

#### 1) 연구 대상

연구대상은 2016년 한국과학창의재단 연구를 통하여 제작된 STEAM 프로그램 전량(총 74개)이며, 네 개의 주제로 이루어져 있다. 각 주제 및 학교급별 프로그램의 분류는 (표 5)와 같다.

#### 2) 자료분석

분석은 예비연구와 동일한 방식으로 분석자 3인

이 각각 분석한 후, 분석 결과가 불일치하는 프로그램에 대하여 논의 후 재분석하여 프로그램의 종류를 결정하는 방법으로 진행하였으며, 분석자간 일치도는 94.4%로 양호한 수준으로 나타났다. 분석 결과는 대상 학교급(초, 중, 고)과 주제(과학기술 주제별, 설계기반 미래유망직업, 과학예술 융합형, 첨단제품 융합형)에 따라 다시 분류하였다.

## IV. 연구 결과

### 1. 공학 설계 측면에서 한국 STEAM 프로그램을 분석할 수 있는 적절한 기준은 무엇인가?

예비연구 분석 결과인 (표 4)에서 제안된 분석요

Table 4. Classification of analysis criteria

개념	범주	하위범주와 요소
목적	목적	목적의 적합성
맥락의 현실성	맥락	수업에서 주어진 맥락을 현실 세계에서 실제 활용하는 경우
		수업에서 주어진 맥락이 현실 세계에서 활용할 수 없는 경우
공학 설계 과정의 반영	공학설계	완전한 공학 설계 과정
		재설계 과정의 부재
재설계 과정의 유무	공학설계	최적화 과정의 부재
과학 탐구의 적용	과학탐구	공학설계 과정이 적용되지 않았을 경우, 수업의 진행 과정에서 과학 탐구가 적용된 경우
		공학설계 과정이 적용되지 않았고, 과학 탐구도 적용되지 않은 경우
과학 내용(contents)	과학내용	과학 교육과정 내 과학 성취기준 및 내용요소가 수업에 명시되어 과학 내용적 지식을 습득할 수 있는 경우
공작 활동(crafting)의 유무	과학내용	수업 과정 내 공작 활동의 적용
		수업 과정 내 공작 활동의 미적용
공학적 계획이나 해결책의 계획 그림(concept drawing) 활동의 유무	과학내용	수업 과정 내 과학/공학적 해결책 계획이나 스케치 적용
		수업 과정 내 과학/공학적 해결책 계획이나 스케치 미적용
예술과의 융합	예술	주요 과정 중 예술적 요소나 산출물이 있는 경우 - 예술의 유형: 미술, 음악 등

Table 5. Data description

주제 학교급	과학기술 주제별	설계기반 미래유망직업	과학예술 융합형	첨단제품 융합형
초등	16개	4개	12개	5개
중등	8개	4개	3개	4개
고등	8개	4개	3개	5개
계	32개	12개	18개	14개

소들의 특성에 따라 코드들의 위계를 정리하여 분석틀의 형태로 제시하면 (표 6)과 같다.

분석 요소들은 4개의 주 코드(Main code)와 5개의 코드(Code), 3개의 보조 코드(Sub code)로 이루어져 있으며, 각각의 코드들은 위계를 가지고 계층화되어 있도록 구성하였다. 따라서 변경된 도구는 3단계의 코드 분류를 포함한 총 12가지의 구분 기준을 가진 수업 분석 도구로 정리되었다. <표 11>에 제시된 분석틀은 Guzey et al. (2014)이 제시한 4개의 주 코드와 2개의 숨겨진 보조코드로 이루어진 2단계 분석에 비해 3단계로 좀 더 자세하게 프로그램을 분석할 수 있도록 하였다. 4개의 주 코드 중 ‘공학 설계 과정’ 과정을 3개의 코드로 상세하게 구분하였으며 ‘오직용’된 프로그램들을 세부적으로 분석하기 위하여 ‘과학 수업’ 주 코드를 2개의 코드와 3개의 보조코드로 세분화하였다. 이 과정에서 Guzey et al. (2014)이 암묵적으로 분석에 활용했던 2개의 보조 코드가 명료화되었다.

제작된 분석 도구를 활용하여 예비 연구에서 1차

로 분석해 보았던 41개의 STEAM 수업 자료들을 다시 분석하였다. STEAM 수업 프로그램을 분석 도구의 코드들이 가지고 있는 특징에 부합하는지, 부합하지 않는지를 파악하여 기술 분석하면, STEAM 수업의 종류를 총 8가지의 형태로 분류할 수 있음을 확인하였다.

먼저 공학 설계 과정에 오류가 없고, 수업의 상황 맥락 또한 현실적인 경우 ‘완전한 공학 설계 수업(Complete Engineering Lesson)’으로 분류하였다. 다음으로, 공학 설계 과정을 충족시키지만 제시되는 상황 맥락이 현실적이지 않은 경우를 ‘현실 맥락이 없는 공학 설계 수업(Engineering Lesson without a Realistic Context)’으로 분류하였다. 공학 설계 과정을 따르기는 하나 최적화(Optimizing) 과정이 제대로 시행되지 않은 경우는 ‘최적화 과정이 없는 공학 설계 수업(Engineering Lesson without Optimizing\_Prototype Only)’으로 분류하였으며, 이 세 가지 군의 분류는 Guzey(2014)의 결과와 거의 유사하게 ‘공학 설계 기반 수업(Engineering Design Based Lesson)’군으로 분

Table 6. Analysis framework of STEAM programs

주 코드	코드	보조 코드	내용
1. 목적	-	-	공학 설계 수업은 명확한 수업 목적과 대상을 포함하고 있어야 한다.
2. 상황제시	-	-	공학 수업은 학습자들이 공학 설계 과정을 적용할 수 있는 현실적이고, 의미 있고, 동기를 부여하는 맥락에 기반하고 있어야 한다. (예, 가상 공학 회사의 맥락에서 구성되는 공학 문제)
3. 공학설계	1)문제정의	-	질문을 통해 문제를 정의하여, 이 문제를 해결하고, 브레인스토밍이나 마인드 맵 등의 사고 기술을 사용하고, 연구할 수 있도록 한다.
	2)해결책 설계	-	해결책을 만들고 시험한다. - 해결책을 설계하기 위해 과학/수학 적 원리를 실용적으로 활용한다. - 디자인을 시각화하기 위해 모델을 개발하고 사용한다. - 모델 설계의 제약이나 결함을 식별한다. - 디자인의 성능을 평가하기 위해 시험한다. - 동일하게 제안된 물체, 도구 또는 과정의 두 가지 모델을 테스트하여 성공 기준을 더 잘 충족하는지 판단한다,
	3)최적화	-	시제품을 시험하고, 문제 해결에 최적의 해결책을 선택하기 위해 모델이나 디자인을 수정한다.
4. 과학수업	1)과학탐구	-	수업 과정에 과학 탐구 과정이 포함되어 있다.
	2)과학지식	①공작 및 제작	공작 및 제작, 실험 수업 - 과학 실험 수업 - 제작 키트를 활용한 수업
		②과학 공학적 계획	과학/공학적 계획 수업 - 작동하지 않는 모델 제작 수업 - 해결책의 계획 그림(concept drawing) 등
③예술	예술이 포함된 과학 수업		

류되었다.

다음으로 공학 설계 과정을 따르지 않는 오적용(Misapplication) 프로그램의 경우, 과학 탐구과정을 포함한 프로그램이면 ‘과학 탐구 중심 수업(Science Inquiry Focused Lesson)’ 으로 분류하였다. 또한 과학 탐구 과정이 포함되지 않았다면 과학 지식 중심 수업군 으로 분류하였다. 수업 과정 중 공작활동이나 제작활동이 포함되어 있다면 ‘공작 과정을 포함한 과학 수업(Science Lesson with Crafting)’으로, 제작이나 실험 과정에 대한 계획이나 스케치가 포함되어 있다면 ‘과학/공학적 계획이 포함된 과학 수업(Science Lesson with Planning and Concept Drawing)’으로, 예술적 요소가 포함되어 있는 과학 수업이라면 ‘과학/예술 결합 수업(Science Lesson with Art)’ 으로

분류하였으며, 이러한 세 종류의 수업을 ‘내용 중심 과학 수업(Contents Based Science Lesson)’ 군으로 분류하였다. 이 모든 분류에 포함되지 않는 수업을 ‘비 과학수업(Not Even Science Lesson)’ 으로 분류하였다. 이러한 수업 분류의 과정을 간략하게 도식화하여 나타낸 결과는 (표 7)과 같다.

(표 6)에서 제시한 틀을 활용하여 예비 연구에서 활용된 41개의 STEAM 프로그램을 분석한 결과, (그림 3)과 같이 총 8종류의 프로그램 유형으로 분류되는 것을 확인하였다.

분석 결과 그래프의 x축은 좌측으로 갈수록 공학 설계의 원리를 잘 따른 형태의 수업을 의미하며, 우측으로 갈수록 공학 설계보다는 과학 수업과정에 다른 요소들을 결합시킨 형태의 수업을 의미한다. 그래

Table 7. Modified analysis criteria of STEAM program

주 코드	코드	보조코드	프로그램 분석							
			O	O	O	O	O	O	O	O
목적			O	O	O	O	O	O	O	O
상황제기			O	X	-	-	-	-	-	-
공학설계	문제정의		O	O	O					
	해결책설계		O	O	O	X	X	X	X	X
	최적화		O	O	X					
과학수업	과학탐구		-	-	-	O	X	X	X	X
	과학지식	공작 및 제작	-	-	-	-	O	X	X	
		과학/공학적 계획	-	-	-	-	-	O	X	
		예술	-	-	-	-	-	-	O	
분류			완전한 공학 설계 수업	현실 맥락이 없는 공학 설계 수업	최적화 과정이 없는 공학 설계 수업	과학 탐구 중심 수업	공작 과정을 포함한 과학 수업	과학/공학적 계획이 포함된 과학 수업	과학/예술 결합수업	비과학수업
분류군			공학설계 기반수업			과학 탐구 중심 수업	내용중심 과학수업			

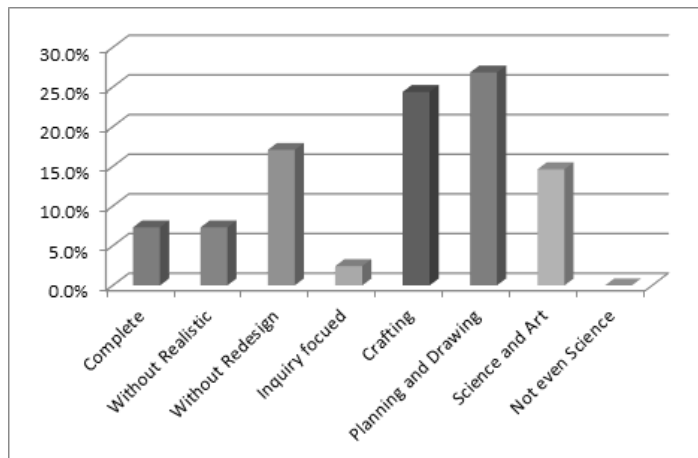


Fig. 3. Analysis result of STEAM programs (modified by the pilot study result)



프의 분포를 살펴보면, 전체적으로 우편향된 그래프를 살펴볼 수 있으며, 이는 STEAM 프로그램이 공학설계 측면에서 전체적으로 완성도 있는 수업보다는 과학 수업 과정에 다양한 요소들을 추가하여 결합시킨 형태의 수업이 더 많다는 것을 확인할 수 있다.

또한 예비 연구의 초기 단계에 시행했던 Guzey et al. (2014)이 제시한 도구를 사용한 결과와 비교해 보았을 때, ‘오적용’ 군으로 분류되었던 형태의 수업들이 4가지의 다양한 형태로 구분되어 분류되며, 경향성을 가지는 것을 확인하였다. 분류된 프로그램 유형의 이름과 특성을 정리하자면 (표 8)와 같다.

## 2. 한국 과학 창의재단에서 제시되는 STEAM 프로그램은 공학 설계(Engineering Design)요소를 얼마나 반영하고 있는가?

### 1) 학교급별 세부 분석 결과

본 연구에서 제안된 STEAM 분석틀을 이용한 학교급별 분석 결과는 (그림 4)와 같다. 전체 데이터 분석 결과를 살펴보면, 예비연구의 분석 결과에서 나타나는 경향성을 더욱 확실하게 나타내는 것을 확인할 수 있다. 전체적으로 공학 설계 기반 수업군의 비율에 비하여 내용중심 과학 수업군의 비율이 월등히 높은 우편향된 모습을 보이고 있지만, 과학 탐구 중심 수업군은 소수로 나타났다. 또한 사전 연구에서 찾을 수 없었던 비과학수업(Not even Science Lesson)들도 소수 나타난 것을 확인할 수 있었다.

전체 STEAM 프로그램에서 가장 높은 비율을 나타내는 형태의 수업은 ‘공작 과정을 포함한 과학 수업(Science Lesson with Crafting)’으로, 전체의 29.1%를 차지하고 있으며, 이것은 ‘공학 설계 기반 수업(Engineering Design Based Lesson)’군으로 분류되는 3개의 수업형태를 모두 합한 비율보다도 높게 나타난다. 또한 실제 제작 활동을 시행하지 않고, 제작 활동에 대한 계획을 그림이나 글 형태로 표현하는 ‘과학/공학적 계획이 포함된 과학 수업(Science Lesson with Planning and Concept Drawing)’ 또한 23.9%로 높은 비율을 차지하고 있었다.

초등학생을 대상으로 개발된 프로그램의 분석 결과는 전체 데이터의 분석 결과 경향성과 거의 일치하는 것을 확인할 수 있다. 다만 ‘최적화 과정이 없는 공학설계 수업(Engineering Lesson without Optimizing Prototype only)’으로 분류되는 형태의 수업이 전체에 비하여 다소 높은 비율을 보인다. 중학생을 대상으로 개발된 프로그램 분석 결과와 고등학생을 대상으로 개발된 프로그램의 분석 결과 또한 전체 데이터의 경향성과 거의 유사하게 나타났으나, ‘공작 과정을 포함한 과학 수업(Science Lesson with Crafting)’의 비율보다 ‘과학/공학적 계획이 포함된 과학 수업(Science Lesson with Planning and Concept Drawing)’의 비율이 조금 높게 나타난 것을 확인할 수 있었다.

고등학생을 대상으로 개발된 프로그램의 분석 결과에서 발견된 추가적인 특이사항은 ‘최적화 과정이 없는 공학 설계 수업(Engineering Lesson without

Table 8. Categories of STEAM program

분류구조	분류	설명
공학 설계 수업	완전한 공학 설계 수업	실제적 맥락 속에서 공학 설계 과정을 통하여 학습을 진행하며, 명확한 학습 목표와 과학 학습 성취기준을 가진 학습활동.
	현실 맥락이 없는 공학 설계 수업	공학설계과정을 통하여 학습을 진행하나, 그 수업의 맥락이 실제적이지 않은 학습활동.
	최적화 과정이 없는 공학 설계 수업	공학설계과정을 통하여 학습을 진행하나, 최적화 과정(시제품 평가 및 개선점 찾기, 재설계를 통한 산출물 개선 작업)이 빠진 학습활동.
과학 탐구 중심	과학 탐구 중심 수업	탐구과정기능을 중심으로 과학 수업을 진행하나, 그 산출물이 공학적 산출물인 학습활동.
과학 수업 내용 중심	공작 과정	공작 과정을 포함한 과학 학습 과정 중 만들기나 제작과정이 포함된 과학 수업.
	계획/도면 그리기	과학/공학적 계획이 포함된 과학 학습 과정 중 산출물에 대한 설계 과정이나 개념도 그리기 등의 요소가 포함된 과학 수업.
	예술과 결합	과학/예술 결합수업 과학 학습 과정 중 예술적인 요소나 산출물이 포함된 과학 수업
	과학수업이 아닌 경우	비과학수업 학습 주제가 과학 및 공학과 관련이 없는 수업

Optimizing\_Prototype only)’)으로 분류된 프로그램의 비율이 급격히 낮아지는 것이다. 이 현상은 전체의 경향성과는 조금 다른 부분으로 해석이 필요하다고 판단하였다.

**2) 개발 주제별 세부 분석 결과**

개발 주제별 세부 분석 결과는 (그림 5)와 같다. 개발 주제별 세부 분석 결과, STEAM 프로그램의 형태는 프로그램의 주제에 큰 영향을 받는다고 말할 수 있다.

‘과학기술 주제별’ 분류에 속하는 프로그램은 전체 데이터의 분석 결과와 유사한 형태를 나타내지만 ‘현실 맥락이 없는 공학 설계 수업’ 형태로 분류된 프로그램의 비율이 상대적으로 낮게 나타났다.

‘설계기반 미래유망직업’ 분류에 속하는 프로그램은 전체 데이터의 경향성과는 거의 무관한 형태의 그래프를 나타내고 있으며, ‘현실 맥락이 없는 공학 설계 수업’과 ‘과학/공학적 계획이 포함된 과학 수업’ 형태가 높은 비율을 차지하고 있다. 또한 전체 데이터에서 아주 낮은 비율을 차지하는 분류인 ‘비과학 수업’으로 분류된 프로그램도 16.7%로 높은 비율을

나타내고 있다.

‘과학예술 융합형’ 분류에 속하는 프로그램의 분석 결과는 전체 프로그램의 경향성이 아주 극단적인 형태로 나타났다. ‘공학 설계 기반 수업’군에 속하는 세 종류의 프로그램을 모두 합해도 5.6%로 매우 적게 나타났으며, ‘공학 과정을 포함한 과학 수업’으로 분류된 프로그램은 50%로 매우 높게 나타났다.

‘첨단제품 활용형’ 분류에 속하는 프로그램의 분석 결과는 전체 데이터 분석 결과와 유사한 경향성을 보여준다. 하지만 전체 데이터에서 ‘공학 설계 기반 수업’으로 분류되는 세 종류의 프로그램 비율이 28.5%인 것이 비교하면, 첨단제품 활용형으로 분류된 프로그램 분석 결과의 ‘공학 설계 기반 수업’ 비율은 비교적 높은(43%) 것으로 확인되었다.

**3) 미국 STEM 프로그램과 분석 결과의 경향성 비교**

본 연구에서 최종적으로 제안한 STEAM 프로그램 분석 틀은 공학설계 측면에서 Guzey(2014) et al. 이 제안한 틀과 유사하다. 따라서 Guzey et al. (2014)의 틀을 이용한 미국 STEM프로그램 분석결과와 본 연

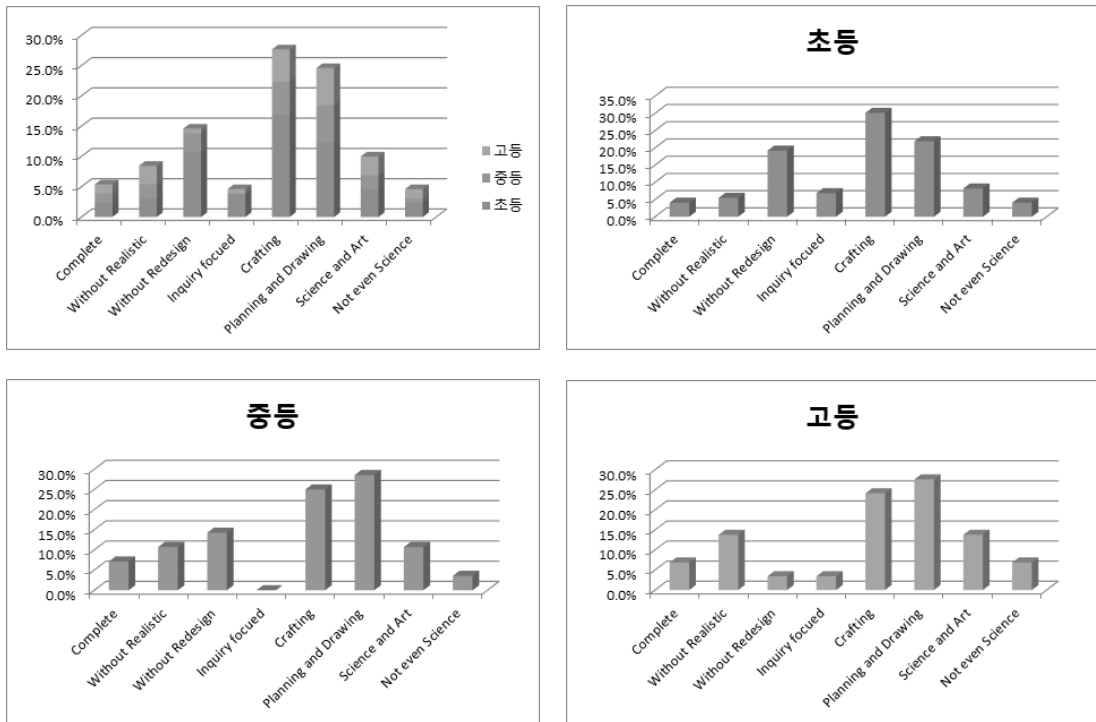


Fig. 4. Analysis result of STEAM programs (by grade)

구에서 제안한 분석 틀의 한국 STEAM 프로그램을 분석한 결과는 공학 설계 적용 측면에서 비교 가능하다 (그림 6).

Guzey et al. (2014)의 연구 결과를 살펴보면 과반에 가까운 프로그램(47%)이 ‘완전한 공학 설계수업’으로 분류되었으며, 본 연구에서 ‘공학 설계 기반 수업’군으로 분류한 수업의 기준을 적용하면 69%에 이른다. 반면 한국 STEAM 프로그램의 분석 결과 완전한 공학 설계 수업은 5.4%에 불과했으며, ‘공학 설계 기반 수업’군으로 분류한 수업까지 영역을 넓혀 보아도 28.5%에 불과하다.

미국의 ‘오적용’ 프로그램이 한국에서는 총 5가지 유형(과학 탐구 중심 수업, 공작 과정을 포함한 과학 수업, 과학/공학적 계획이 포함된 과학 수업, 과학/예술 결합 수업, 비과학수업)으로 분류되는 것을 확인할 수 있다. 한국의 STEAM 프로그램은 공학 설계를 적용하기보다는, 다양한 형태의 과학 수업으로 나타나고 있다는 것을 확인하였다.

전체적으로 미국 STEM 프로그램에 비하여 한국 STEAM 프로그램은 1) 공학설계에 대한 반영이 부족하고, 2) 과학 내용 수업 중심으로 이루어져 있다는 것을 알 수 있다. 과학 수업 중 과학 탐구 중심 수업

이 차지하는 비율은 미미하며 과학과 관련 없는 수업도 다수 존재한다.

### V. 결론 및 제언

본 연구의 결과와 논의를 통하여 얻어진 결론을 제시하면 다음과 같다.

첫 번째 연구문제인 공학 설계(Engineering Design) 측면에서 한국 STEAM 프로그램을 분석할 수 있는 핵심 요소와 분석 틀이 예비연구를 통하여 제안되었다 (표 8 참고). 예비 분석을 통하여 연구자들은 한국 STEAM은 미국 STEM 프로그램에 비하여 공학 설계가 적용된 비율이 낮게 나타났으며, 과학 수업으로 분류되는 비율이 높다는 것을 확인하였다(그림 2 참고). 따라서 연구자들은 과학 수업으로 분류되는 수업의 특징을 좀 더 세분화하여 분류할 수 있도록 도구를 수정하였다.

본 연구에서 제안된 분석틀은 Guzey et al. (2014)이 최초 개발한 STEM 프로그램의 공학 설계 적용 분석 도구를 연구자들이 수정/보완하여 STEAM 프로그램의 공학설계 적용 분석 및 유형을 좀 더 자세히 구분할 수 있도록 재구성한 것이다. 본 연구에서

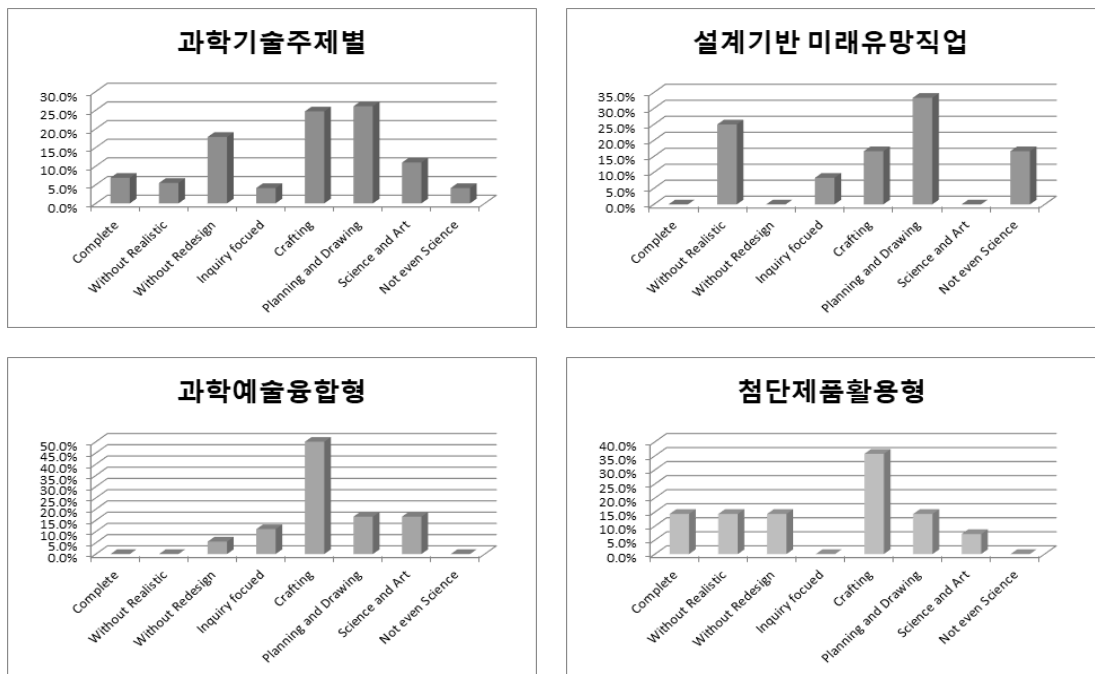


Fig. 5. Analysis result of STEAM programs (by STEAM programs topics)

제안한 한국 STEAM 프로그램 분석 도구는 주 코드 4개, 코드 5개, 보조코드 3개로 이루어져 있으며, 분석 과정을 따라 분석을 진행하면 총 8개의 프로그램 유형으로 STEAM 수업을 분석할 수 있도록 구성하였다.

연구자들이 개발/수정한 분석 도구를 활용하여 STEAM 프로그램을 분석하면, (그림 6)에 나타나듯, STEM 프로그램 분석 결과에서 나타나는 ‘오적용’ 프로그램을 좀 더 다양한 형태로 구분하여 분류할 수 있다. 이는 예비 분석 결과에서 나타난 한국 STEAM 프로그램의 특징 속에 담긴 세부 요소를 분석할 수 있다는 점에서 유용하다. 한국 STEAM 수업에 나타나는 과학 수업의 세부 요소는 1)과학 탐구를 적용한 탐구중심 수업, 2)과학 수업 가운데 공작 및 제작 과정을 포함하는 수업, 3)과학 수업 중 과학/공학 내용을 활용하여 제작물의 제작 계획이나 스케치 과정을 포함하는 수업, 4)과학 수업 과정에 예술적 활동을 결합한 경우 등으로 나타났다.

두 번째 연구문제인 한국 과학 창의재단에서 제시되는 STEAM 프로그램은 ‘공학 설계’ 요소를 분석한

결과는 (그림 4), (그림 5), (그림 6)에서 제시하였다. 분석 과정에서 나타난 특이사항은 크게 두 가지로 설명할 수 있다.

첫째, 초등학교에 비해 중/고등학교 프로그램에서 ‘과학/공학적 계획이 포함된 과학 수업’의 비율이 조금 높게 나타난다. 이와 비슷한 현상으로 초등학교 프로그램은 고등학교에 비해 공학 설계 수업’으로 분류된 프로그램의 비율 낮다. 이러한 현상은 과학 내용 수준과 공학설계 수업의 질에 영향을 미칠 수도 있다는 점을 시사한다.

둘째, 주제의 특성이 공학 설계 수업으로써 STEAM 프로그램의 질에 영향을 주었다. 예를 들어 ‘설계기반 미래유망직업’ 프로그램의 경우 다루는 주제가 교실에서 다루기 어려운 주제인 경우가 많다. 따라서 생소하고 어려운 주제를 수업에서 활용하려다 보니, 수업과 현실의 연결이 어렵고, 수업 시간 안에 직접 산출물을 제작하기 어려운 상황에서 계획 수준에서 수업이 마무리 되어, 과학 또는 공학 수업으로써도 의미가 없는 수업이 만들어 진다고 할 수 있다. 또한 ‘과학예술 융합형’ 프로그램은 공학 설계를 반영하

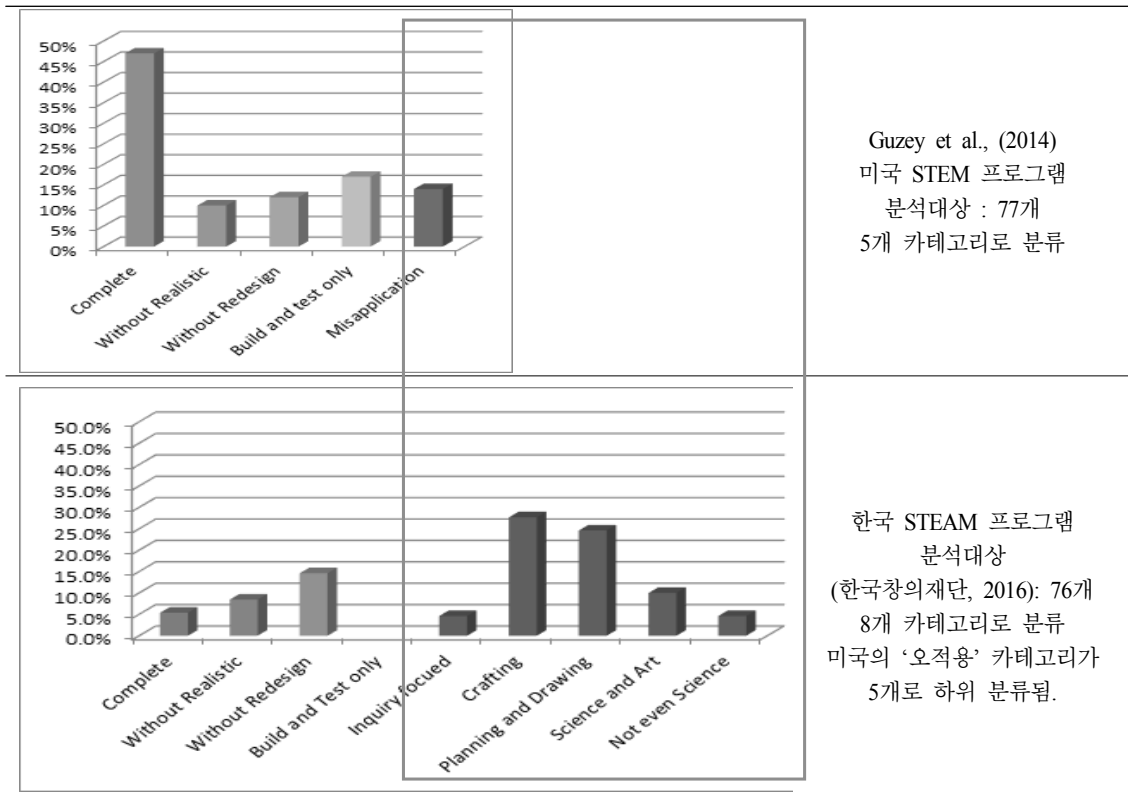


Fig. 6. Comparison of US STEM and Korea STEAM programs analysis result

지 못하고 공작 과정을 포함한 과학 수업이 50%가 넘었다. 과학과 예술을 융합한 프로그램이 제작할 수 있는 방법은 1)과학적 내용을 담은 산출물을 제작하여 예술적인 표현을 가미하는 경우, 2)예술적 표현을 담은 과학적 산출물 제작을 계획하는 경우, 혹은 3) 과학 수업과 예술 수업의 물리적 결합 등으로 나타낼 수 있으며, 이러한 구조는 공학 설계를 반영하기 어렵다고 판단된다. 마지막으로 ‘첨단제품 활용형’ 프로그램이 비교적 공학 설계의 반영률이 높은 이유는 실제 공학 제품을 활용하여 수업을 구성하기 때문이라 파악된다. 첨단제품을 활용하기 위해서는 공학적인 요소에 대한 고려가 반드시 필요하고, 이러한 구조적 특성이 수업 과정에서 공학설계에 대한 고려 비율이 높은 것으로 나타나는 것으로 판단된다.

위의 두 가지 특이사항과 (그림 4), (그림 5), (그림 6)에서 제시한 분석 결과를 종합하여 정리하면, 1) STEM 프로그램에 비하여 한국 STEAM 프로그램은 공학 설계에 대한 반영 정도가 낮으며(28.5%), 2) 공학 설계 과정을 완전하게 적용한 프로그램은 소수이며(5.4%), 3) 과학 내용 중심 수업의 비율이 상당히 높으며(62.3%), 4) 소수의 과학 탐구 중심수업이 존재하며(4.6%), 5)소수의 비과학수업 프로그램이 존재한다(4.6%). 즉, ‘내용중심 과학 수업이 주를 이루고 있는 상태’라고 말할 수 있다.

내용중심 과학 수업은 STEAM 수업이 추구하는 의미 있는 과학 수업으로의 기능을 성취하기 힘든 형태라고 판단된다. 의미 있는 과학 수업이란, 과학적 사고력의 향상을 위한 탐구과정기능(Process skills)을 활용할 수 있는 기회를 제공하는 형태이거나, 공학 설계 과정을 통한 문제 해결 과정의 기회를 제공하는 형태를 의미하지, 과학 내용의 학습을 즐겁게 하는 것을 의미하지 않는다. 따라서 한국 STEAM 수업의 형태는 학습자들의 사고기능을 향상시키기 어려운 구조라고 말할 수 있다.

STEAM 수업의 목적과 의도를 고려하여 볼 때, 내용중심 수업은 그 목적과 의도를 달성하기 어렵다는 것은 자명한 일이다. 따라서 STEAM 수업을 구성하는 과정에서, 공학설계의 과정을 잘 고려하고 있는지를 확인하면서 수업을 구성하여, STEM 수업의 중요한 목적인 공학적 사고향상을 공학 설계과정을 통해 달성할 수 있도록 해야 할 것이다. 2012년부터 개발된 STEAM 프로그램의 수는 이제 수백개가 넘는 상황이며, 이러한 프로그램들을 공학설계의 측면에서 분석 및 분류한다면 아마 본 연구의 결과와 비슷할 것이라 생각된다. 현재와 같은 개발 방식으로 프로

램 개발이 계속해서 이루어진다면, 한국 STEAM 프로그램의 방향은 흥미 위주의 내용중심 과학교육 프로그램으로 흘러갈 것이라 판단된다. 흥미 증진을 위한 과학 교육 방법은 막대한 예산과 교사의 노력이 요구되는 STEAM 프로그램이 아니라도 그 방법이 무궁무진하다. 한국 STEAM 기준틀의 내용을 다시 분석하여 구체적이면서 명확한 STEAM 프로그램 개발의 방향과 목표를 제시해야 하여 효율적인 한국 STEAM 프로그램 정책이 수립되길 기대한다.

## 국문요약

본 연구는 한국 STEAM 프로그램에 공학 설계 (Engineering Design)가 얼마나 반영되었는지 분석한 것이다. Gusey et al. (2014)의 STEM 프로그램 분석 도구를 바탕으로 41개의 STEAM 프로그램을 분석하는 예비 연구를 진행하였으며 그 결과를 바탕으로 한국 STEAM 프로그램의 특성에 맞게 유형을 분류할 수 있는 핵심 요소와 분석 도구를 제안하였다. 한국 STEAM 프로그램의 분석 요소는 Gusey et al. (2014)가 제안한 요소와 더불어 과학 탐구과정과 과학 내용과 관련된 5개의 요소들이 추가되었다. 본 연구에서 제안된 요소와 분석틀을 사용하여 76개의 프로그램을 분석한 결과 한국STEAM 프로그램은 공학 설계 요소의 반영 비율이 낮고(28.5%) 과학 내용 중심적이며(62.3%) 완전한 공학 설계 과정이 반영된 프로그램은 5.8%에 불과했다.

## References

- 강주원, 남윤경(2016). 융합인재교육(STEAM)을 위한 창의적 공학문제해결 성향 검사도구 개발, 대한지구과학교육학회지, 9(3), 276-291.
- 공준호, 홍승호(2017). ‘뽕과 근육’을 주제로 한 STEAM 프로그램이 초등학생들의 기초 탐구 능력 및 과학적 태도에 미치는 효과, 생물교육학회지, 45(3), 344-354.
- 교육과학기술부(2012), 2009 개정 과학 교사용 지도서.
- 교육부(2017). 2015 개정 과학 교사용 지도서 현장 검토본.
- 김민철(2013). 미국의 STEM 교육 정책과 한국의 STEAM 교육 정책의 비교. 전남대학교 석사학위 논문.

- 김용진, 김어진, 류민정, 문병무, 민재식, 이승석, 이승우, 이윤형, 이종선, 주경남, 최선영, 최윤희, 한효정(2017). 융합인재교육(STEAM) 프로그램의 분석 및 콘텐츠 맵 개발 연구, 한국과학창의재단 연구결과보고서.
- 김지영, 박은미, 박지은, 방담이, 이윤하, 윤희정(2015). 통합교육의 효과에 대한 메타분석, 한국과학교육학회지, 35(3), 403-417.
- 노민정, 유진은(2016). 융합인재교육(STEAM) 프로그램의 과학과 정의적 영역에 대한 메타분석, 교육평가연구, 29(3), 579-617.
- 문대영(2008). STEM 통합 접근의 사전 공학 교육 프로그램 개발, 공학교육연구, 11(2), 90-101.
- 문대영(2009). 초등학교의 공학에 대한 태도 및 공학 문제 해결에 대한 사례연구, 한국실과교육학회지, 22(4), 51-66.
- 백윤수, 박현주, 김영민, 노석구, 이주연, 정진수, 최종현. (2012). 융합인재교육 (STEAM) 실행방향 정립을 위한 기초연구. 한국과학창의재단 연구보고서.
- 성의석, & 나승일(2012). 통합적 STEM 교육이 일반고등학교 학생의 과학 및 기술교과 자기효능감과 공학 태도에 미치는 효과, 한국기술교육학회지, 12(1), 255-274.
- 신영준, 한선관(2011). 초등학교 교사들의 융합인재교육(STEAM)에 대한 인식 연구, 초등과학교육, 30(4), 514-523.
- 심재호, 이양락, 김현경(2015). STEM, STEAM 교육과 우리나라 융합인재교육의 이해와 해결 과제, 한국과학교육학회, 35(4), 709-723.
- 육현주(2011). 영국의 STEM 교육 동향과 시사점, KEDI 교육정책포럼 215, 28-32.
- 이상균, 이하룡(2013). 프로젝트 기반 STEAM 프로그램 개발 및 적용 효과, 대한지구과학교육학회지, 6(1), 78-86.
- 이선주(2015). 공학적 설계 과정을 강조한 과학 수업이 공업계 고등학교 학생들의 과학 태도에 미치는 영향, 한국교원대학교 석사학위 논문.
- 이춘식(2008). 학생들의 기술에 대한 태도 척도 개발, 실과교육연구, 14(2), 157-174.
- 이효녕, 권혁수, 박경숙, 오희진 (2014). 과학 탐구 기반의 통합적 STEM 교육 모형 개발 및 적용, 한국과학교육학회, 34(2), 63-78
- 조향숙(2012). 융합인재교육(STEAM)의 정책, 연구, 실천, 융합인재교육 STEAM 학술대회 자료집, 13-28.
- 최은영, 문병찬, 한광래(2017). 국내 융합인재교육(STEAM)의 연구 동향 분석, 대한지구과학교육학회지, 10(2), 185-198.
- Bevins, S. (2012). STEM: Moving the liberal arts education into the 21st century. *Technology and Engineering Teacher*, 71(4), 10-13.
- Brophy, S., Klein, S., Portsmouth, M., & Rogers, C. (2008). Advancing engineering education in P-12 classrooms. *Journal of Engineering Education*, 97(3), 369-387.
- 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](http://www.huffingtonpost.com/john-m-eger/national-science-foundati_b_868449.html).
- Glancy, A. W., & Moore, T. J. (2013). Theoretical foundations for effective STEM learning environments.
- Guzey, S. S., Tank, K., Wang, H. H., Roehrig, G., & Moore, T. (2014). A high-quality professional development for teachers of grades 3-6 for implementing engineering into classrooms. *School science and mathematics*, 114(3), 139-149.
- Hjalmanson, M., & Lesh, R. (2008). Engineering and design research: Intersections for education research and design. *Handbook of design research methods in education: Innovations in science, technology, engineering, and mathematics learning and teaching*, 96-110.
- Moore, T. J., Glancy, A. W., Tank, K. M., Kersten, J. A., Smith, K. A., & Stohlmann, M. S. (2014). A framework for quality K-12 engineering education: Research and development. *Journal of pre-college engineering education research*.
- Moore, T. J., Tank, K. M., Glacy, A. W., & Kersten, J. A. (2015). NGSS and the landscape of engineering in K-12 state science standards. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(3), 296-318.
- Nam, Y., Lee, S. J., & Paik, S. H. (2016). The Impact of Engineering Integrated Science (EIS) Curricula

- on First-Year Technical High School Students' Attitudes toward Science and Perceptions of Engineering. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(7), 1881-1907.
- National Research Council (2009). *Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects*. Washington, DC: National Academies Press.
- National Research Council (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- National Research Council (2013). *Developing Assessments for the Next Generation Science Standards*. Washington, DC: The National Academy Press.
- NGSS Lead States (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academy Press.
- Pinnell, M., Rowly, J., Preiss, S., Franco, S., Blust, R., & Beach, R. (2013). Bridging the gap between engineering design and PK-12 curriculum development through the use the STEM education quality framework. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 14(4), 28-35
- Platz, J. (2007) How do you turn STEM into STEAM? Add the Arts!. Retrieved from <http://www.oaae.net/index.php/en/resources/education/stem-to-steam>.
- Roehrig, H. H., Moore, T. J., Wang, H. H., & Park, M. S. (2012). Is adding the E enough? Investigating the impact of K-12 engineering standards on the implementation of STEM integration. *School Science and Mathematics*, 112(1), 31-44.
- Roehrig, H. (2017, January). *A Curricular Framework for Integrated STEM*. In chairperson Nam, Y. *Science and Engineering Integrated STEM Education*. Workshop conducted at the Pusan National University. Pusan, South Korea.
- Strauss, A., & Corbin, J. (1998). *Basics of qualitative research: Procedures and techniques for developing grounded theory*
- Tarnoff, J. (2010). *STEM to STEAM—recognizing the value of creative skills in competitiveness debate*. Retrieved from <http://www.huffingtonpost>
- Yakman, G. (2008). *STE@M Education: An overview of creating a model of integrative education*. Retrieved from <http://steamedu.com/wp-content/uploads/2014/12/2008-PATT-Publication-STEAM.pdf>.