

디자인을 활용한 초·중등 융합교육 프로그램 개발

이종학¹, 윤마병², 류성림¹, 김학성^{3*}

¹대구교육대학교 수학교육과, ²전주대학교 과학교육과, ³한국교육원대학교 지구과학교육과

Development Convergence Education Program for Elementary and Middle School Using Design

Jong-Hak Lee¹, Ma-Byong Yoon², Sung-Rim Ryu¹, Hak-Sung Kim^{3*}

¹Dept. of Math Education, Daegu National University

²Dept. of Science Education, Jeonju University

¹Dept. of Math Education, Daegu National University

³Dept. of Earth Science Education, Korea National University of Education

요약 본 연구는 디자인을 기반으로 수학과 과학, 예술 등 다양한 교과가 연계되어 학생들의 창의성과 예술적 감성을 키울 수 있는 융합교육 프로그램을 개발했다. 패턴과 이미지 등으로 아름다움을 추구하고 문화적 가치를 구현하는 디자인 활동을 중심으로 2015 개정 교육과정에 적합한 성취기준과 교육과정 내용을 고려하여 초등학생용 융합교육 3개 프로그램과 중학교에서 활용할 수 있는 2개 프로그램을 개발했다. 개발 프로그램에 대한 타당성 검토를 위해 개발 단계와 시범 수업 과정에서 5명의 교육 전문가 패널에 의해 평가되었다. 개발 프로그램은 초·중등 학생들의 디자인 소양과 디자인 감각을 증진할 수 있고, 중학교의 자유학기제 활동에서 적용할 수 있는 융합교육 콘텐츠로 활용될 수 있다. 이 프로그램을 통해 미래 디자인 사회를 이끌어갈 청소년들이 디자인의 소비자이면서 생산자로서 디자인에 대한 감각과 소양, 설계 능력을 갖출 수 있을 것이다.

• 주제어 : 디자인, 융합교육, 창의성, 예술적 감성, 자유학기제

Abstract The purpose of this study is to develop students' creativity and artistic sensitivity by developing a convergence education program that links various subjects, including mathematics, science, and art based on design. Design is done in almost every human activity that pursues beauty and implements cultural value through patterns and images. We have developed three programs for elementary school students and two programs for middle school students, taking into consideration the achievement standards and curriculum content appropriate for the 2015 revised curriculum. It was assessed by a panel of five educational experts during the development and demonstration courses to evaluate the feasibility of the development program. The development program can enhance the design literacy and design sense of elementary and junior high school students and can be used convergent educational contents that can be applied in the free-semester system activities of junior high school. Through this program, adolescents who will lead the future design society will be able to acquire the sense of design, literacy, and design ability as design consumers and producers.

• Key Words : Design, Convergence education, Creativity, Artistic sensitivity, Free-semester system

*Corresponding Author : 김학성(envir007@knue.ac.kr)

Received August 30, 2017

Accepted October 20, 2017

Revised October 2, 2017

Published October 28, 2017

1. 서론

미래 사회를 대비한 창의성 계발과 관련하여 디자인 교육이 최근 주목받고 있다. 디자인은 일상생활에서 문화적 가치를 구현하는 활동으로서 학습자의 문화융합적 능력을 신장시키며, 실생활과 연결 지어 수학·과학적 원리를 학습할 수 있는 좋은 학습 콘텐츠를 제공한다. Victor(1983)에게 있어서 디자인은 우리가 욕망·예측하는 목표를 향한 행동의 계획을 패턴화하는 과정을 의미하며, 인간 활동의 기본으로서 거의 매순간 우리가 하는 모든 것이 디자인 활동이고, 모든 사람은 디자이너라고 할 수 있다고 했다[1]. 일상에서 흔히 대하는 스마트폰, 자동차 등에서 디자인 능력은 계속해서 향상되고 있어서 학교 현장에서 학생들을 대상으로 하는 디자인 감각의 계발이 더욱 필요한 실정이다. 이에 최근 들어 미술 교육에서도 융합교육과 관련한 다양한 시도가 이루어지고 있는 추세에 발맞추어 학교 현장에서 STEAM 교육의 일환으로 디자인에 담겨있는 수학·과학적 원리를 흥미롭게 학습하면서 학습자들의 창의·융합적 사고와 실제 디자인 제품 개발 능력을 신장하고, 디자인 제품 소비자로서의 디자인 감각과 예비 디자이너로서의 디자인 소양 및 설계 방법을 익히는데 활용할 수 있는 융합교육 프로그램이 요구된다.

디자인의 구현 원리 중 하나인 패턴은 수학·과학적 내용을 기반으로 하므로 디자인을 설계하면서 그 원리를 다루고, 자연스럽게 수업과 연결되면서 수학·과학에 흥미를 가지게 하고 일상과 관련지어 접근하도록 함으로서 좋은 효과를 거둘 수 있다. 또한, 디자인 수업 콘텐츠를 통해 학습자의 눈높이에 맞춰 재미와 흥미를 갖추고, 적절한 주제의 선정과 내용의 전개를 통해 적시교육 및 STEAM 교육의 구현이 가능하다. 수업의 과정에서 디자인을 설계하거나 제작하면서 다각적인 방면으로 사고하는 과정에서 학습자의 상상력을 계발할 수 있으며, 나만의 디자인과 제품을 만드는 응용력, 새로운 디자인을 생각해 내는 창의력을 신장할 수 있다. 디자인을 통해 창의적 디자인 설계와 실제적 제품 개발 활동을 통한 성공의 경험, 새로운 도전 과정을 강조하는 감성적 체험 STEAM 프로그램으로의 활용도 가능하다. 김수환과 한선관(2012)은 컴퓨팅 사고의 향상을 위한 디자인 기반 학습을 제안하면서, 이는 프로그래밍 능력과 흥미도 향상에 효과적이며 학습자들이 자신의 아이디어를 창작물로 제작하고 의미있는 결과물을 만드는 교육에 효과적이라

고 했다[2]. 그러나 2015 개정 교육과정에서 창의적 융합 인재 양성에 초점을 두고 있는 STEAM 교육에 대한 근본적인 이해와 구체적인 실행 현황은 미흡한 실정이다 [3]. 한혜숙과 이화정(2012)은 STEAM 교육의 성공적 정착을 위한 연구에서 전체 응답자 144명의 72.9%가 STEAM 수업 자료의 개발을 제시하고, 다음으로 교사의 참여 의지(31.3%)를 말했다[4]. 즉, 학교 현장에서 STEAM과 관련한 교수·학습 자료가 부족하며 STEAM 교육을 위한 학습자료 및 교재 개발의 필요성을 강조하고 있다.

미래 사회를 대비한 전 세계 수학·과학·기술 교육의 키워드는 창의성과 함께 STEAM 교과목의 융합교육이다 [3]. 또한, 앞으로의 미래 사회는 단절된 하나의 교과 지식이 아닌 다양한 학문 간의 융합적 지식과 사고가 필요하고, 우리 학생들이 살아갈 미래 시대에서는 창의성과 융합적 사고가 필수적인 요소가 될 것이다[5]. 따라서 미래의 융합 시대를 이끌어 갈 지금의 학생들은 각 교과목의 내용적 지식뿐만 아니라 창의성과 예술적 감성까지 아우를 수 있는 인지적·정의적 능력을 겸비해야 하며, 창의성을 바탕으로 다양한 지식과 개념을 융합(STEAM)할 수 있는 통합적 능력을 갖추어야 한다[6]. 이에 본 연구에서는 2015 개정 교육과정에 적합한 융합교육 프로그램으로서 자유학기제 수업에서도 활용이 가능한 디자인을 기반으로 학교 현장의 교사와 학생이 학교 수업 외에 추가적인 부담 없이 수업 활용이 가능할 수 있도록 했다. 개발 프로그램을 통해 학생들은 손쉽게 접근 가능한 소재인 디자인과 공학의 활용으로 STEAM 프로그램의 활용도를 제고할 수 있고, 학교 현장에서 체험 중심의 융합교육의 기반과 풍토 조성에 기여할 수 있는 만들기를 통한 배움의 융합교육(메이커 교육)이 이루어지도록 했다.

2. 이론적 배경

2.1 융합인재 교육

최근 지식과 정보의 소통을 기반으로 하는 미래의 4차 산업혁명 시대에서 넘쳐나는 지식과 정보들 사이를 넘나 들고 융합할 수 있는 능력을 갖춘 인재를 양성하는 것이 학교 교육의 목표 중의 하나로 여겨지는 추세이다. STEAM 교육은 실생활과 관련된 소재를 기반으로 각 교과목의 선택된 주제들을 융합하고, 이 주제들에 대해서 교과 사이의 관계를 탐구하는 능력을 계발하도록 조장할

수 있는 교육 방법이다. 연구자들은 STEAM의 정의에서 STEAM 교육의 목적을 Table 1과 같이 정리하고 있다 [7]. Yakman(2010)은 STEM은 다학문적으로 연결된 형태의 통합 교육적 성격을 지니고 있다고 했으며[8], 기연진 등(2014)은 STEAM이 단순히 과학, 기술, 공학, 예술, 수학 분야의 단절된 개별적인 교육이 아니라 STEAM 교과 간의 상호 협력을 바탕으로 한 통합적이고 융합적인 접근임을 강조하였다[5, 14].

2.2 선행 연구

교육과학기술부의 추진업무보고(2011)에서 과학기술 인재의 양성 방법으로 초·중등학교에서 과학, 기술, 공학, 예술, 수학을 융합형으로 가르치는 STEAM 교육을 제시하고 있다[13]. 이러한 정책에 발맞추어 STEAM 관련 연구는 지속적으로 증가하는 추세이다. 수학 기반 STEAM 수업에서 고등학교 1학년 학생들의 수학적 태도 변화에 긍정적인 효과가 있었다. 초등학생들을 대상으로 한 STEAM 수업에서 문제해결, 창의성, 흥미도, 집중도, 협동성, 참여 의지 등이 높아졌다[15]. 윤마병 등(2014)은 야외학습장을 활용한 STEAM 프로그램을 개발하여 학습자의 내적동기와 토포필리아를 함양할 수 있도록 했다[9]. 이와 같이 다양한 대상과 교육의 효과성을 논하는 연구와 함께 STEAM 수업이 자기효능감, 흥미, 태도 등의 정의적 측면에 미치는 효과를 분석한 연구[10]와 창의성, 융합 능력 등의 인지적 측면에 미치는 효과를 분석한 연구[11-12]들이 있다. 학생들은 창의적인 사고력, 탐구능력, 실생활에서의 적용 및 응용력을 기를 수 있

다는 점에서 STEAM 교육의 필요성을 제기하면서 융합 교육에 대한 실제적 인식과 경험이 부족하다고 주장하면서, 이의 주요한 이유 중의 하나로 관련 프로그램의 부족을 들고 있다[16-18].

3. 연구 절차 및 방법

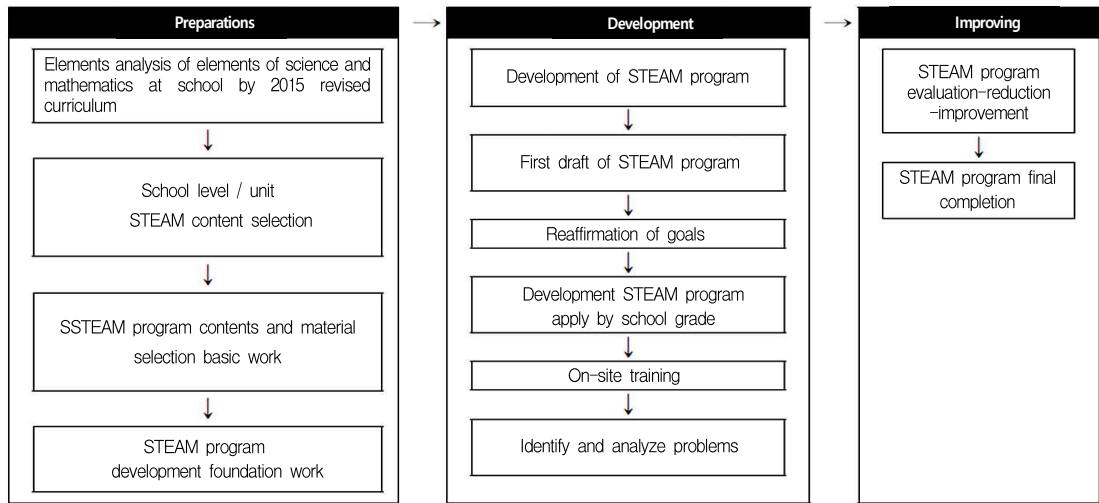
3.1 연구 절차

본 연구에서는 기존의 STEAM 프로그램과 차별화하여 체험(Hands_on) 중심의 메이커 교육으로 공작과 노작 활동 중심의 창의적 설계와 함께, 제품 제작 활동에서 감성적인 체험을 경험하는 융합교육 프로그램을 개발하고자 한다. 프로그램 개발 과정은 준비, 개발, 개선의 단계로 진행하였다(Fig. 1).

학교 현장에서 활용될 수 있도록 2015 개정 교육과정의 관련 교과목에 대한 분석을 실시하여 STEAM 프로그램의 내용 및 소재 선정의 기초 작업을 수행하였다. 프로그램 개발을 위하여 수학·과학·예술 분야의 교과교육 전문가 3명, STEAM 교육 자료의 개발 경험을 지닌 초등학교와 중학교의 현장교사를 각각 10여명과 4명으로 하는 개발팀을 구성하였다. 개발된 초기 STEAM 프로그램에 대한 현장과 5인의 전문가 평가를 통해 수정·보완하여 프로그램을 개발하였다. 개발된 디자인에 수학·과학적 원리를 활용하는 융합교육 프로그램의 개요는 Table 2와 같다.

<Table 1> STEAM education

Precedent research	Definition
MEST(2011)	Educating students to increase their interest in science and technology and cultivating STEAM literacy and problem-solving skills based on science and technology
J.S. Kim(2012)	Education that integrates the subjects or contents of science, technology, engineering, art, and mathematics to enhance students' interest and understanding of science and technology and develop creative problem-solving skills
S.W.Nho, D.S. Ahn(2012)	Education that can forecast the future with rational thinking such as politics, environment, society, economy and value pursuit centered on science and technology and engineering
Y.S. Baek et al. (2011)	Through the experience of creative design and emotional experiences in various fields, it enhances interest and understanding of fusion knowledge, process and nature of various fields related to science and technology. Training of talented person with fusion skills to solve problems creatively and collectively
J.H. Choi(2011)	In addition to the STEM education pursued by countries such as the United States, the STEM education can be expanded to include the arts, humanities and social fields
Yakman(2010)	Science, technology, engineering, and mathematics are courses that include other disciplines in accordance with the standards and practice of the field and intentionally include integrated education



[Fig. 1] The Process of STEAM program development

<Table 2> The overview of convergence education program

No.	School and target grades	Title
1	Elementary school grades 1-2	Magic of numbers and dots, pixel art
2	Elementary school grades 3-4	Turn it! Dancing puzzle
3	Elementary school grades 5-6	A beautiful meeting of straight lines and rules, string art
4	Middle School grades 1-3	Numerical design
5	Middle School free semester system	Explore the fractal city of self-resemblance

3.2 초기 개발 자료의 실험 수업 및 전문가 평가

개발된 초기 STEAM 프로그램에 대해서 2017년 6월에 청주 지역의 A중학교 학생 30명을 대상으로 적용하여, 그 결과물을 STEAM 프로그램의 개발에 반영하였다. 수업 교사와의 면담 결과, 개발된 초기 STEAM 프로그램이 STEAM의 교과 중에서 수학과 예술에 좀더 치우쳐 있다는 지적에 따라 과학과 기술공학의 내용을 보강하는 방향으로 수정하였다.

개발된 초기 STEAM 프로그램의 현장 적용 과정에서 STEAM 교육 전문가 2인과 현장교육 전문가 3인으로 총 5인의 평가를 받고, 그 결과를 토대로 프로그램을 수정·보완하였다. 전문가 집단의 평가 및 검토 의견은 STEAM 준거틀에 따른 구성 측면(창의적 설계 부분)의 보완이나, 차시 간 연계성과 체계성 측면에서의 보완을

요구하거나 학습자가 창의적으로 설계하여 창의성을 더욱 자극할 수 있도록 교과 설계의 보완이 필요하다는 점을 지적하였다. Table 3은 초등학교 3·4학년군의 STEAM 프로그램인 ‘돌려라! 춤추는 도형 퍼즐’에 대한 검토 및 평가 의견과 수정·보완 사항이다.

4. 디자인 활용 융합교육 프로그램 개발1)

4.1 숫자와 점의 미술, 픽셀아트(초등 1-2학년용)

초등학교 1~2학년군 ‘숫자와 점의 미술, 픽셀아트’는 교육과정 상에 제시된 내용요소 및 성취기준을 고려하여, 슬기로운 생활(과학), 즐거운 생활(미술), 수학, 공학에서 주제에 적합한 내용을 선정하였다. 초등학교에서 1~2학년군의 통합교과는 봄, 여름, 가을, 겨울의 주제 중심으로 구성되어 있다. 이 중에서 과학 STEAM은 ‘여름’ 주제를 선정하고, 여름에 볼 수 있는 동식물을 알아보며 친구들과 함께 여름 동산을 표현해보는 것이다. 수학 STEAM은 9까지의 수 및 덧셈과 뺄셈을 학습하고, 간단한 계산 문제를 해결하며 이를 하나의 수로 나타내는 활동으로 구성하였다. 또한 공학과 예술 STEAM은 숫자들을 일정한 규칙에 따라 그림으로 나타내는 언플러그드 활동이 포함되었다(Table 4).

1) 본 절은 2017한국과학창의재단의 「STEAM 프로그램 개발 연구」의 중간보고서 내용을 일부 수정한 것임

<Table 3> Modifications according to expert reviews and comments

No.	Review and evaluation feedback	Correction and supplement
1	<ul style="list-style-type: none"> • I think that it is somewhat lacking in the aspect of composition according to the standard of STEAM (especially the part of creative design) • It is necessary to supplement curriculum design so that learners can creatively design and stimulate creativity 	<ul style="list-style-type: none"> • For 'emotional experiential activities', students are encouraged to learn concepts and develop ideas by complementing 'creative design' activities
2	<ul style="list-style-type: none"> • It is necessary to supplement the contents linked with the science subject • In the course of solving the problem, convergence with other subjects is not prominent but felt as a math program • The convergence of mathematics and art is the main component, but it seems to be biased toward 	<ul style="list-style-type: none"> • 2015 Added to the 3rd and 4th graders of the revised curriculum after selecting the contents related to this program • Strengthen the contents of science (S) and art and music (A)
3	<ul style="list-style-type: none"> • Tessellation seems to be a difficult concept because elementary and junior graders understand, create, and demonstrate their creativity. There is concern that you will follow only certain frames and examples 	<ul style="list-style-type: none"> • Developing new tessellations is at the middle and high school level. Therefore, this program tessellated animals (science) that can see various movements of shapes such as pushing, flipping, turning in the 'figure' area of the 2015 revised math curriculum. • Learning the tessellation method in the second class and the creative learning method of completing the tessellation in the third class

<Table 4> Program outline for elementary school grades 1-2

Program	Magic of numbers and dots, pixel art		School	Elementary 1-2	3 classes
Educational Objectives	Use addition and subtraction to complete the pixel art, and decorate the garden with animals that can be seen in the summer.				
Related subjects	Science (wise life subject), art (pleasant life subject), mathematics				
Linked to the 2015 revised curriculum	Science (wise life subject)	(Content element) Summer animals and plants			
		(Achievement criteria) Look at the flora and fauna that can be seen in summer and explore its characteristics			
	Art (pleasant life subject)	(Content element) Summer flora and fauna			
		(Achievement criteria) Various expressions of plants and animals that can be seen in summer are appreciated			
Mathematics	(Content element) Addition and subtraction of two digit range				
	(Achievement criteria) You can understand the calculation principle of addition and subtraction in the range of two digits and calculate it				
Teaching and learning contents			Core (related) subject	STEAM element	
1 class	1. Learn the number of up to 9 2. Define rules to display numbers as unplugged pictures 3. Solve the problem of figuring out your secret number		Mathematics (Engineering)	M, E	
2 class	1. Learn addition and subtraction 2. Draw pixel art by displaying numbers as dots 3. Decorate our classrooms with pixel art		Art (Mathematics)	A, M	
3 class	1. Learn about animals and plants that live in the summer 2. Pixel art paper summer animal / plant origami 3. Decorate your summer garden with your friends		Science (Art)	S., A	

1~2학년군 프로그램에서 주요한 산출물 중에 하나인 픽셀아트 그리기는 초등학교 저학년 학생들의 예술적 감각을 발전시키는 활동과 관련된다. 또한, 1~2학년 학생들은 간단한 수학적 내용을 공학의 방법으로, 미술 표현 방법으로 나타내고 최종적으로 과학을 주제로 결과물을 만들어내는 융합 활동을 경험할 수 있다. 학생들의 발달 단계를 고려하여 직접적인 컴퓨터(공학) 사용은 배제하였지만, 컴퓨터 조작의 알고리즘을 구체적 활동을 통해 구현하는 언플러그드 방식을 도입하여 기술·공학 STEAM을 구현하였다. 픽셀아트 그리기 활동과 관련하여 컴퓨터를 활용하여 기술·공학의 특성을 반영하였다. 차시 구성과 관련해서는 1차시(9까지의 수, 정체가 뭐니?)는 수학(1~2학년군 수학 교육과정에서 9까지의 수 알아보기), 통합교과(1~2학년군 즐거운 생활 교육과정에서 다양한 방법으로 표현하기 중 색칠하기), 공학(언플러그드 활동: 기술, 컴퓨터 영역 중 컴퓨터를 사용하지 않고 컴퓨터의 문제 처리 방식만 가져와서 만든 저학년용 활동)으로 구성하였다. 2차시(점으로 그리는 그림, 픽셀아트)는 통합교과(1~2학년군 즐거운 생활 교육과정에서 다양한 방법으로 표현하기 중 색칠하기와 붙이기, 꾸미기)를 중심으로 수

학(1~2학년군 수학과 교육과정에서 덧셈과 뺄셈 알아보기)으로 융합하였다. 3차시(여름 동산 친구들을 만나요!)는 통합교과 중 과학(1~2학년군 슬기로운 생활 교육과정에서 여름에 볼 수 있는 주변의 동물 알아보기와 여름에 볼 수 있는 주변 생활 모습과 특징)과 통합교과(1~2학년군 즐거운 생활 교육과정에서 다양한 방법으로 표현하기 중 그리기와 종이접기)로 구성하였다.

4.2 뒤집어라, 돌려라, 춤추는 도형 퍼즐

초등학교 3~4학년군 '뒤집어라! 돌려라! 춤추는 도형 퍼즐'은 '테셀레이션'이라는 주제로 도형을 밀고, 돌리고, 뒤집는 활동이 포함된다. 2015 개정 초등학교 수학과 교육과정 상의 성취기준과 주어진 공간을 자신의 생각과 느낌을 반복되는 문양의 디자인으로 꾸미는 미술과 교육과정의 성취기준을 주요한 내용으로 구성하였다. 3~4학년 과학과 교육과정 상의 '다양한 환경에 사는 동물과 식물'을 주제로 테셀레이션을 만들어 봄으로써, 학생들이 STEAM 교육에 적합한 내용들을 기반으로 융합적인 사고 및 활동을 하도록 구성되어 있다. 개발 프로그램의 주요 개요는 Table 5와 같다.

<Table 5> Program outline for elementary school grades 3-4

Program		Flip it over! Turn it! Dancing puzzle	School	Elementary 3-4	3 classes
Educational Objectives		You can create a tessellation that fills the plane with the push, flip, and twirl of the shape			
Related subjects		Science, math, art			
Linked to the 2015 revised curriculum	Science	(Content element) Animals and plants living in various environments			
		(Achievement criteria) Explain that the appearance and lifestyle of animals are related to the environment			
	Mathematics	(Content element) Movement of plane type			
		(Achievement criteria) It is possible to decorate regular patterns using the movement of planar shape.			
	Art	(Content element) Own sense			
		(Achievement criteria) You can explore your surroundings and express your feelings and thoughts in a variety of ways			
Teaching and learning contents			Core (related) subject	STEAM element	
1 class	1. Learn to push, flip, and rotate shapes 2. Use T-puzzle-pentomino to move shapes 3. Playing twice and twilight		Mathematics (Technology)	M, T	
2 class	1. Learn about Asher's art works. 2. Learn the principles of tessellation 3. Create a tessellation piece with TinkerCad		Art (Mathematics, Technology)	A, M, T	
3 class	1. Learn about animal life in your area 2. Draw Animal Tessellation 3. Decorate your own feeling with tessellation		Science (Art)	S, A	

1차시에서 평면도형의 이동 방법에 대해 학습한 후에 ‘T퍼즐’과 ‘펜토미노’로 구체물을 통한 조작활동을 수행한다. 또한, 플레이스토어의 앱으로 다운 가능한 ‘트위들러’라는 어플리케이션 조작 도구를 활용하여 도형의 이동에서 수학·과학적 개념을 기반으로 한 가상 조작 활동을 경험하게 된다. 2차시에서는 테셀레이션이 무엇인지 미술 작품 속에서 그 특징을 알아보고, 테셀레이션을 만드는 원리를 학습한 후에 초등학교급에서 주로 활용하는 CAD 및 3D 프린팅 제작 도구인 ‘틴커캐드’의 공학적 요소를 활용하여 테셀레이션 조각을 만들어보는 경험을 한다. 3차시에서는 땅, 물, 하늘에서 볼 수 있는 동물의 종류를 살펴보고, 각 동물을 활용한 테셀레이션을 그리고 자신의 생각대로 꾸미는 활동을 하게 된다.

4.3 직선과 규칙의 아름다운 만남, String Art

초등학교 5~6학년군 ‘직선과 규칙의 아름다운 만남’은 ‘String Art’를 주제로 2015 개정 교육과정에서 과학, 수학, 미술, 기술·공학(실과)의 교과 내용을 융합하여 구성하였다. 선과 규칙이라는 수학적 내용을 블록형 코딩 도구인 엔트리를 활용하여 공학적으로 표현하거나, 별자리의 과학적 주제로 생활소품을 만드는 미술 교과의 산출물을 제작해보는 다양한 활동을 통해 학생들이 융합적 사고를 신장할 수 있는 기회를 제공하고자 하였다(Table 6). 1차시에서는 ‘String Art’를 미술작품이나 일생생활에서 탐색해보고, 나뭇의 규칙을 정하여 직접 ‘String Art’를 도안해 보는 활동을 수행한다. 2차시에서는 초등학교의 블럭형 코딩 프로그램의 일종으로 소개한 엔트리를 활용하여 String Art를 컴퓨터에서 프로그래밍 하는 코딩 활동을 수행한다[19]. 3차시에서는 계절별 별자리와 그 도안을 활용하여 String Art 생활소품을 만들어보는 활동을 하게 된다.

4.4 수로 만드는 디자인(중학생용)

중학교 1~3학년을 대상으로 하는 ‘수로 만드는 디자인’은 중학교급에서 다루는 정수, 유리수, 무리수, 실수와 2015 개정 수학과 교육과정에서 초등학교급에서 중학교 과정으로 이동한 분수(유리수)의 사칙연산에 대한 이해를 도모할 수 있도록 했다. 또한 각 수들과 이들의 연산에서 나타나는 관계를 탐구하여 반복적으로 나타나는 규칙(패턴)을 귀납적으로 찾아보도록 하였다. 발견한 이 규칙(패턴)으로 학습자들이 간단한 디자인 활동으로서 색

으로 표현하거나 큐브 모형으로 직접 구성해보고 나아가 공학을 활용하여 시각적으로 확인할 수 있는 무늬를 만들어보도록 하였다. 과학 STEAM으로는 세포 분열과 물체의 운동을 주요한 교과 내용으로 구성하였다. 마지막으로 학습자들이 여러 가지 규칙(패턴)으로 만든 다양한 무늬를 배경으로 하는 의상을 디자인함으로써 과학·수학의 원리를 공학적으로 풀어내고, 이를 미술적으로 표현하는 창의적이고 융합적인 사고력을 개발할 수 있도록 구성하였다(Table 7).

4.5 자기 닮음의 프랙탈 도시 탐구(자유학기제용)

중학교 1학년에서 주로 시행하는 자유학기제에서 활용할 수 있도록 개발된 ‘자기 닮음의 프랙탈 도시 탐구’는 중학교 교육과정 상에 제시된 내용요소 및 성취기준을 기반으로 하여 중학교 1학년에서 과학, 미술, 수학, 공학의 일부 내용을 선정하여 융합하였다. 중학교 교육과정은 자연 현상과 사물에 대하여 호기심과 흥미를 가지고, 교과의 핵심 개념에 대한 이해와 탐구 능력의 함양을 통하여, 개인과 사회의 문제를 융합적이고 창의적으로 해결하기 위한 소양을 요구함에 따라[3], 자기 닮음의 프랙탈 도시라는 주제 하에 현장 수업 적용의 효과성을 위하여 2영역의 7개 차시로 모듈화하여 구성하였다(Table 8). 이 중 1영역인 눈송이 모델링은 자기 닮음 도형의 일종인 코흐 눈송이를 사용법이 간단한 공학 도구(NCTM TOOLS)를 활용하여 제작해 보는 활동에서 과학 교과의 내용인 물질의 상태를 도입하는 내용으로 구성하였다. 2영역인 프랙탈 도시 만들기에서는 자기 닮음의 성질과 엑셀의 3차원 차트 기능을 활용하여 도시 모형을 구성하거나 주어진 도시 모형에서 모델링한 수치로 표현하는 활동을 수행하도록 하고 있다. 이와 같이 일정한 규칙에 따라 숫자들을 차트 그림으로 나타내는 활동과 규칙을 추측하는 활동을 통해 학생들의 미적 감각을 발현할 수 있는 기회와 함께 귀납적 사고실천 기회를 제공한다. 본 프로그램을 통하여 중학교 학생들은 규칙을 찾고 이 규칙을 공학으로, 미술 표현 방법으로 나타내고 최종적으로 수학·과학적 원리를 기반으로 내용을 통합하는 융합 활동을 경험할 수 있다(Table 8).

<Table 6> Program outline for elementary school grades 5-6

Program		A beautiful meeting of lines and rules, String Art	School	Elementary 5-6	3 classes
Educational Objectives		You can draw a line by dividing a line by a rule, and you can create a new glyph with String Art			
Related subjects		Science, Mathematics, Art, Engineering (Practical Arts)			
Linked to the 2015 revised curriculum	Science	(Content element) Seasonal constellation			
		(Achievement criteria) You can know the meanings of stars and investigate representative constellations			
	Mathematics	(Content element) rules and correspondence			
		(Achievement criteria) When a quantity is changed, a rule is found in the table showing the correspondence relationship in which the other quantity changes depending on it, and it can be represented by an equation using □, Δ, and the like.			
	Art	(Content element) Principle of molding			
		(Achievement criteria) It can explore the features of formative principles (proportions, rhythm, emphasis, repetition, unification, balance, contrast, symmetry, increment, dot, harmony, change, contemporaneity, etc.)			
Teaching and learning contents			Core (related) subject	STEAM element	
1 class	1. Explore String Art in your life 2. Learn String Art rules 3. Draw String Art directly		Mathematics (Art)	M, A	
2 class	1. Learn about block-based coding tools 2. Follow String Art coding with entry 3. Coding String Art for various rules		Engineering (Mathematics)	E, M, T	
3 class	1. Create String Art in various designs 2. Using String Art to design your life props 3. Watch String Art compare		Science (Art)	S, A	

<Table 7> The outline of middle school program

Program		Numerical design	School	Middle school	3 classes
Educational Objectives		Can be calculated using numbers, and understand the nature of self-similarity.			
Related subjects		Mathematics, Science, Art			
Linked to the 2015 revised curriculum	Mathematics	(Content element) resemblance of figure, arithmetic operation			
		(Achievement criteria) Understand the principle of arithmetic of integers and rational numbers, and calculate them. Understand the meaning of resemblance of figure and the nature of resembling figure.			
	Science	(Content element) Cell, nucleus, cell membrane, cell wall			
		(Achievement criteria) Cell division can be explained in relation to individual growth			
		(Content element) Synthesis and decomposition of force			
	(Achievement criteria) By knowing the frictional force as a cause of obstructing the motion of the object, it is possible to qualitatively compare the magnitude of the frictional force through the bevel experiment. When multiple forces are synthesized in a plane, we can use the vector of forces to obtain the net force				
	Information	(Content element) Troubleshooting and Programming			
		(Achievement criteria) Understand the current state of the problem, the target state, and the tasks that need to be done to reach the target state in real life situations			
	Art	(Content element) Experience			
		(Achievement criteria) It is possible to explore fusion of art and various fields			
Teaching and learning contents			Core (related) subject	STEAM element	
1 class	Design to make the sum of two numbers		Mathematics, Art,	M, A	
2 class	Design with sum of three numbers		Mathematics, Art, Science	M, A, S	
3 class	Design with rational number		Mathematics, Art,	M, A	

<Table 8> The outline of middle school's program(free-semester system)

Program		Explore the fractal city of self-resemblanc	School	Middle school	3 classes
Educational Objectives		Understand the nature of resemblance and create self-resemblance shapes			
Related subjects		Mathematics, Science, Art (Society), Information			
Linked to the 2015 revised curriculum	1	Mathematics	(Content element) Resembles the figure		
			(Achievement criteria) Understand the meaning of the resemblance of the figure and the nature of the figure resembling it		
		Science	(Content element) Change of state of substance		
			(Achievement criteria) Observation of the state change of various materials, and the phenomenon of state change can be explained by the particle model		
	Information	(Content element) Troubleshooting and programming			
		(Achievement criteria) Understand the current state of the problem, the target state, and the tasks that need to be done to reach the target state in real life situations			
	2	Mathematics	(Content element) Resembles the figure		
			(Achievement criteria) Understand the meaning of the resemblance of figures and the nature of resembling figures		
		Art	(Content element) experience		
			(Achievement criteria) It is possible to explore fusion of art and various fields.		
Information	(Content element) Troubleshooting and programming				
	(Achievement criteria) Understand the current state of the problem, the target state, and the tasks that need to be done to reach the target state in real life situations				
Teaching and learning contents			Core (related) subject		STEAM element
1 class	The resemblance and self-resemblance of shapes		Science, Mathematics		S, M
2 class	I am in me!		Mathematics		S
3 class	Creating self-similar shapes using NCTMTOOLS		Mathematics, Information		S, T
4 class	Making a solid water molecule shape		Science, Mathematics		S, M
5 class	I have another in me!		Science, Mathematics		S, M
6 class	Extend me within me		Science, Mathematics, Art		S, M, A
7 class	Create a fractal city using self-similar shape		Mathematics, Information		S, T

5. 결론

본 연구는 학교 현장에서 직접 적용할 수 있는 예술과 수학·과학을 통합한 융합 교수·학습 자료를 개발하는 것이다. 학생들은 디자인에 담겨있는 수학·과학적 원리를 흥미롭게 학습하면서 창의·융합적 사고와 실제 디자인 제품개발 능력을 신장하고, 소비자로서의 디자인 감각과 예비 디자이너로서의 디자인 소양 및 설계 방법을 배울 수 있는 융합교육을 이룰 수 있다. 융합교육의 방향과 목적을 갖고 학습자들의 손에 도구를 쥐어주면 무언가 만들어 내고 ‘만드는 그 자체’로 가치 있으며 창의·인성 교육을 이룰 수 있다. 학생들에게 디자인에 관심을 갖게 하고, 창의·융합 능력을 기를 수 있는 융합교육 프로그램으로 초·중등 학교에서 정규 수업 시간, 창의적 체험 활동, 방과후 활동, 자유학기제 등에 사용할 수 있도록 개

발하였다. 이를 위하여 수학·과학·예술 분야의 교과교육 전문가(3명)와 함께 STEAM 교육 자료의 개발 경험을 지닌 초등학교와 중학교의 현장교사를 중심으로 하는 개발팀(14명)을 구성하였으며, 개발 과정에서 전문가 집단(5명)의 프로그램 검토 및 평가와 함께 시범수업을 실시하고 그 결과를 프로그램에 반영하였다. 본 연구의 결과는 다음과 같다.

첫째, STEAM 프로그램의 개발을 위해서 준비, 개선, 개발의 STEAM 프로그램 개발 모형을 구안하고, 이에 따라 실제적인 체험 활동을 위주로 한 융합교육 프로그램을 개발하였다.

둘째, 2015 개정 교육과정 내용에 적합하며, 학생들이 실제로 디자인을 구상하고 제품을 개발함으로써 학습에 흥미와 재미를 제공해 학습 지속력을 높일 수 있는 프로그램을 구안하였다.

셋째, 학생들이 디자인이라는 실생활 소재를 통해 재미와 흥미를 갖출 수 있으며, 나아가 학교 현장의 융합교육 기반 풍토 조성에 기여할 수 있는 프로그램을 개발하고자 하였다.

본 연구의 결론을 통해 다음과 같이 제언하고자 한다.

첫째, STEAM 프로그램의 개발 및 적용 효과에 대한 기존의 선행연구들은 대체로 창의성, 교과에 대한 태도, 흥미 등의 정의적 변인의 효과성에 집중되어 있는 편이다. STEAM 교과의 전문 지식을 기반으로 한 인지적 효과와 함께 인지·정의적 변인들의 다양한 측면에서 미치는 효과에 대한 연구가 다양하게 이루어져야 할 것이다.

둘째, 개발한 STEAM 프로그램의 질을 담보할 수 있는 평가 모형의 개발이 필요할 것이다. 최근 들어 다양한 방면에서 STEAM 프로그램이 개발되고 있으나, STEAM 프로그램의 질을 담보할 수 있는 도구나 제도적 장치에 대한 연구는 부족한 실정이다.

셋째, 융합교육 프로그램이 현장 교사를 대상으로 한 장학 등을 통해서 폭넓게 보급될 필요가 있으며, 나아가 학교 현장에서 활용이 가능한 융합교육 프로그램들이 더 많이 개발되어야 할 것이다.

REFERENCES

- [1] P. Victor, Design for Human Scale, Van Nostrand Reinhold Company, 1983.
- [2] S. H. Kim, S. K. Han, "Design-Based Learning for Computational Thinking", Korea Association of Information Education, Vol. 16, No. 3, pp. 319-326, 2012.
- [3] Ministry of Education, 2015 Revised Curriculum, 2015.
- [4] H. S. Han, H. J. Lee, "Study on the teachers' perceptions and needs of steam education", The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction, Vol. 12, No. 3, pp. 573-603, 2012.
- [5] Y. J. Kee, J. H. Lee, W. K. Kim, "A Study on Effect of M-STEAM Teaching in Convergence Education using GeoGebra Contents -for High School Students-", School Science Journal, Vol.8, No. 1, pp. 1-19, 2014.
- [6] S. H. Lee, H. Y. Jung, "A Case Study of an Arts - based STEAM Education Program for Designing the Future Science Classroom" Art Education Research Review, Vol. 26, No. 3, pp. 83-117, 2012.
- [7] M. O. Oh, The development of smart-learning based STEAM Program for upper grade of elementary school students, Joongbu University, Ph.D. thesis, 2015.
- [8] G. Yakman, STEAM: A Framework for Teaching Across the Disciplines. <http://www.steamedu.com/index.html>.
- [9] M. B. Yoon, H. S. Kim, J. H. Lee, The Development of STEAM Educational Program Based on Topophilia Using Jeonbuk Educational Resources, Journal of Science Education, Vol. 38, No. 1, pp. 41-56, 2014.
- [10] S. W. No, D. S. Ann, "A Study on Direction of Development in STEAM Education", The Journal of Educational Research, Vol. 10, No. 3, pp. 75-96, 2012.
- [11] J. H. Woo, M. H. Yoo, "Analysis of the Cases in Elementary STEAM Programs' Convergence and Integration Type for the Gifted", Journal of Science Education for the Gifted, Vol. 5, No. 2, pp. 82-95, 2013
- [12] G. H. Kang, A Meta-Analysis on the Effects of STEAM Education as Korean Government's Education Policy, Kunkuk University, Ph.D. thesis, 2016.
- [13] Ministry of Education, Science and Technology, Report on the promotion of science and technology arts convergence STEAM education, 2011.
- [14] J. S. Kim, "A Cubic Model for STEAM Education", The Korean Journal of Technology Education, Vol. 11, No. 2, pp. 124-139, 2011.
- [15] M. H. Yoo, J. J. Choi, M. S. Park, S. J. Chae, B. R. Kim, M. H. Son, E. K. Lim, H. S. Yu, J. W. Seo, J. M. Kim, S. H. Kim, The Effects of 'Silver Care Expert' Future Career-related STEAM Program for the Elementary Students' Future Time Perspective, Career Awareness and Scientific Attitudes. Journal

of Science Education, Vol. 41, No. 1, pp. 111-134, 2017

[16] D. W. Lee, Y. H. Choi, S. J. Park, J. S. Jeong, "To the effect of Topic-Based STEAM education program for STEAM literacy of elementary school students", The Journal of Practical Education, Vol. 26, No. 1, pp. 195-212, 2013.

[17] N. J. Jung, Study on the Students' STEAM Attitudes and their Career Interests in STEM Area, Chosun University, Ph.D. thesis, 2016.

[18] J. H. Jung, J. D. Jeon, H. Y. Lee, "Domestic and International Experts' Perception of Policy and Direction on STEAM Education", The Journal of Educational Research, Vol. 39, No. 3, pp. 358-375, 2015.

[19] K. P. Soman, P. Krishnan, V. Sowmya, "Enhancing Computational Thinking with Spreadsheet and Fractal Geometry: Part 1", International Journal of Computer Applications, Vol. 55, No. 14, pp. 1-8, 2014.

류 성 림(Sung-Rim, Ryu) [정회원]



- 1998년 8월 한국교원대학교대학원 수학교육과 교육학 박사
- 1999년 3월~현재 : 대구교육대학교 수학교육과 교수

<관심분야> : 수학교육학, 융합교육, 영재교육

김 학 성(Hak-Sung, Kim) [정회원]



- 2004년 2월 : 한국교원대학교 지구과학교육과 박사
- 2005년 9월~현재 : 한국교원대학교 지구과학교육과 교수

<관심분야> : 대기과학, 융합교육

저자소개

이 중 학(Jong-Hak Lee) [정회원]



- 2011년 2월 : 한국교원대학교대학원 수학교육과 교육학 박사
- 2012년 3월~현재 : 대구교육대학교 수학교육과 교수

<관심분야> : 수학교육학, 융합교육, 교육학

윤 마 병(Ma-Byong Yoon) [정회원]



- 2010년 2월 : 공주대학교대학원 지구과학교육과 과학교육학 박사
- 2011년 3월~현재 : 전주대학교 과학교육과 교수

<관심분야> : 과학교육학, 융합교육, 교육학