

스크래치를 활용한 STEAM 기반 교육 프로그램 개발 및 적용 - 초등학교 6학년 과학교과를 중심으로 -

오정철[†] · 이지훤^{††} · 김정아[†] · 김종훈^{†††}

요 약

본 연구에서는 STEAM 교육의 이론적 배경과 국내·외 연구 사례를 살펴보고 스크래치를 활용한 STEAM 교육 프로그램을 개발하였다. 그리고 이 프로그램을 초등학교 6학년 과학 3단원 [에너지와 도구]와 4단원 [연소와 소화]를 중심으로 적용해 보았다. 그 결과 이 프로그램에 따라 활동한 학생들의 창의성 지수와 과학에 대한 긍정적 태도가 비교집단과 비교하여 유의미한 차이를 보이며 증가하였다. 연구 결과 스크래치를 활용한 STEAM 교육 프로그램이 창의성을 증진시키며 과학에 관련된 정의적 영역인 과학 교육에 대한 인식, 흥미, 과학적 태도에 긍정적인 변화를 가져온다는 것을 확인하였다.

주제어 : STEAM, 스크래치, 창의성, 과학적 태도, STEAM 교육

Development and Application of STEAM based Education Program Using Scratch - Focus on 6th Graders' Science in Elementary School -

Jung-Cheol Oh[†] · Ji-Hwon Lee^{††} · Jung-A Kim[†] · Jong-Hoon Kim^{†††}

ABSTRACT

For this study, we reviewed theoretical background of STEAM education and domestic and international case studies in STEAM education. By doing so, we developed and applied the STEAM Education Program through the use of Scratch. This program is designed for the 3rd and 4th lesson of 6th graders' science in elementary school. As a result, the creativity index and positive attitude about science of the students who went through the researched program increased with meaningful difference compared to that of the sample population. The result of this study shows that the STEAM Education Program, using Scratch, can improve creativity. And it is sure that it brings positive changes for the science-related affective domains.

Key words : STEAM, Scratch, Creativity, Scientific Attitude, STEAM Education

† 정 회 원: 제주대학교 컴퓨터교육전공 박사과정
†† 정 회 원: 제주대학교 초등컴퓨터교육전공 석사과정
††† 중신회원: 제주대학교 초등컴퓨터교육전공 교수(교신저자)
논문접수: 2012년 02월 03일, 심사완료: 2012년 04월 12일, 게재확정: 2012년 05월 17일

1. 서론

2009년 12월 23일 교육과학기술부는 미래사회가 요구하는 창의적인 인재 양성을 위한 2009 개정 교육과정을 고시하였다. 이는 2007 개정 교육과정의 문제점을 수정 보완하며 창의·인성교육을 강화한 교육과정이다[1].

이러한 교육계의 흐름과는 무관하게 스마트폰, 태블릿PC 등의 등장으로 과학, 기술, 공학 등이 좀 더 인간적이고 예술적이어야 한다는 요구를 하게 된다. 그리고 이러한 사회적 요구는 교육계를 더욱 강타하여 교육과학기술부에서는 융합인재교육(STEAM)을 강화하겠다고 한다[2].

하지만 우리 사회가 교육에 이러한 요구를 하기 이전에 이미 미국의 The Partnership for 21st Century Skills에서는 21세기에 학습자들이 성공하기 위해 배우고 익혀야 할 필수 기술들에 대해 언급한 바 있다[3]. 그 재단에서는 창의성, 비판적 사고력, 문제해결력, 의사소통, 협동심 등을 학습자들이 익혀야 하며 이것은 예술, 수학, 과학, 경제학, 역사 등을 통해서 배워야 한다고 하였다.

현대 사회가 학습자에게 요구하는 역량과 현 교육과정이 학습자에게 추구하는 역량은 창의성이라 할 수 있다. 하지만 과거에도 계속 강조되어 온 창의성이 이젠 무엇을 통하여 익혀야 하는가가 중요해 지고 있다. 뿐만 아니라 The Partnership for 21st Century Skills에서도 예술, 수학, 과학, 경제학, 역사 등을 통해서 익혀야 한다고 했으며 결국 국가적으로 STEAM 교육을 강조하기에 이른 것이다.

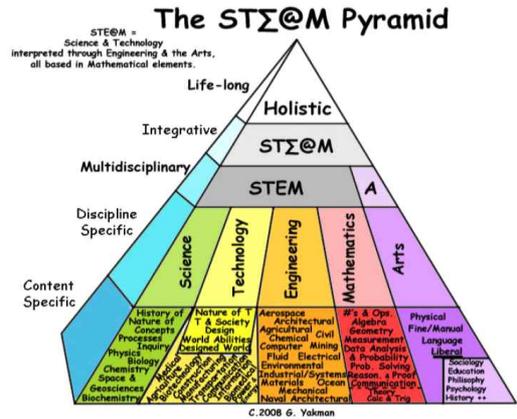
이에 본 논문에서는 STEAM 교육을 어떻게 교과에 적용할 것인지를 학습자가 쉽게 접근할 수 있는 기술, 공학체인 스크래치를 활용하여 현장에 적용 가능한 STEAM 교육 프로그램을 개발하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 STEAM의 정의와 필요성

STEAM이란 Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics의 앞 글자를 따

서 만든 용어이다. 이는 기존의 미국의 STEM교육과정에 Arts(예술)가 통합된 형태의 교육과정으로 Yakman(2008)은 <그림 1>과 같은 프레임워크를 제시하였다. 그림을 통해 알 수 있듯이, STEAM 교육은 평생교육부터 세부적 학문의 내용 분류까지 그 레벨을 정하고 있다[4].



<그림 1> STEAM 프레임워크

첫째 레벨은 우리가 주변의 환경에 적응하며 꾸준히 배우는 평생교육(Life-long)의 단계이다. 둘째 레벨은 여러 학문에 대한 광범위한 시각과 그 학문들이 실제 어떻게 연결되어 있는지 기본적인 개관을 학습하는 간학문적 통합교육의 단계이다. 셋째 레벨은 학습자가 선택한 학문에 관한 시각과 그 학문이 어떻게 실제와 연관이 있는지 학습하는 다학문적 교육 단계이다. 넷째 레벨은 제 각각의 교육 분야에 초점이 맞추어져 있는 학문 분류 교육(Discipline Specific)단계이다. 마지막 레벨은 각 세부 분야의 상세한 연구가 이루어지는 내용 분류 교육 단계이다.

Yakman(2008)은 특히 초등교육에 적합한 레벨은 간학문적 통합교육(Integrative) 단계라고 말하였다. 과학과 수학, 기술과 공학의 개념을 예술 속에서 찾고, 예술을 통해서 발현되어야 한다는 것이다.

최정훈(2011)은 우리의 과학 교육이 과학, 기술, 공학적인 지식과 예술적 감각으로 대중으로부터 공감대를 이끌어낼 수 있도록 창의적인 교육이 되어야 하며 STEAM 교육 시스템이 진정으로 과학기술공학 인재 양성을 위한 것만이 아닌 예술,

경영 및 인문·사회 등의 모든 분야에서 과학·기술·공학적 개념으로 창의적인 글로벌 인재를 양성하기 위한 교육시스템이 될 것이라고 확신하였다[5].

2.2 스크래치의 교육적 효과

스크래치(Scratch)는 2007년 5월 MIT Media Lab의 연구팀과 UCLA 대학의 협력연구와 인텔, 미국과학재단의 공동 연구로 Squeak Etoys에 그 기초를 두고 개발되었으며 Mitchel Resnick에 의해 디자인 되었다.

스크래치는 초, 중학생을 대상으로 문제해결에 초점을 맞추어 고등사고능력을 함양하기 위해 개발된 언어로 그 교육의 효과는 여러 선행연구들을 통해 확인되었다. 류충규(2012)는 영재학생들을 대상으로 프로그래밍 교육을 실시하여 창의적 문제해결력의 하위 영역인 지식, 사고기능, 기술의 이해, 확산적 사고, 비판적·논리적 사고, 동기적 요소가 발달하였음을 확인하였다[6]. 윤일구(2009)와 배학진(2009)도 스크래치 프로그래밍이 인지 사고 발달에 미치는 연구에서 논리적 사고력 함양에 효과가 있음을 확인하였다[7][8]. 또한 한선관(2009)은 스크래치를 활용한 프로그래밍 교육이 학습의 인지적 영역에 대한 효과성과 만족도에 긍정적 영향을 주었음을 밝혔다[9].

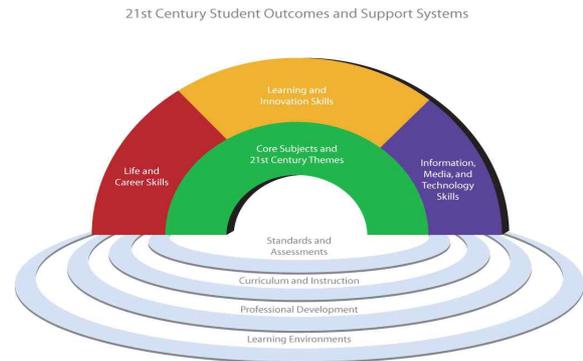
2.3 21st Century Skill의 정의와 STEAM과의 관계

P21(The Partnership for 21st Century Skills)에서는 학습자들이 오늘 날 성공하기 위해서 비판적 사고, 문제 해결력, 의사소통능력, 협동심과 같은 필수 기술을 배워야 한다고 하였다. 21세기 학습자 산출과 지원 시스템은 <그림 2>와 같다[3].

이 시스템은 21세기 학습자가 익히고 산출해야 할 지식, 기술, 전문 기술에 대해서 설명하고 있다. 특히 시스템에서 제시하고 있는 핵심 과목과 21세기 교육 테마에는 예술, 수학, 과학이 포함되어 있다.

Friedman(2005)은 그의 저서 ‘The world is flat’에서 “(미국의 혁신을 위한)비밀은 어렵게 느

껴지는 과학을 예술, 음악, 문학과 통합하는 능력에서 비롯된다.”고 하였고 이를 인용하여 Adler(2010)는 P21(The Partnership for 21st Century Skills)에서 말하는 여러 기술들을 예술이 없이 성취한다는 것은 상상하기 어렵다며 STEAM 교육의 필요성에 대해서 강조하였다[10].



<그림 2> 21세기 학습자 산출과 지원 시스템

2.4 21st Century Skill과 스크래치와의 관계

교육용 프로그래밍 언어는 일반 프로그래밍 언어와는 달리 창의성과 문제 해결력, 비판적 사고력, 알고리즘적 사고력 신장 등의 교육적인 목적을 가지고 개발된 프로그래밍 도구를 말하며 그 대표적인 예로 LOGO, Squeak eToys, Dolittle, 스크래치 등이 있다. 이중에 스크래치는 다른 교육용 프로그래밍 언어와는 달리 한글화가 잘 되어 있어 초등학생이 쉽게 배울 수 있고 여러 스프라이트를 활용하여 다양한 프로젝트를 완성할 수 있다. 또한 블록 쌓기 방식의 프로그래밍 방법은 프로그래밍 문법의 오류가 없어야만 블록들이 결합할 수 있고 학습자가 구문의 오류 없이 프로젝트를 완성 할 수 있어 초등학생의 학습자에게 적합하다고 할 수 있다.

스크래치를 활용하여 프로젝트를 만들어가면서 학습자는 여러 가지 이미지, 애니메이션 등의 다양한 형태의 매체를 선택하고 창조하고 관리하는 법을 배우게 된다. 그리고 프로젝트를 만들려면 여러 스프라이트들 사이의 상호작용과 타이밍을 조정해야 하는데 이를 통해 학습자는 비판적 사고와 체계적 사고를 배우게 된다. 또한 스크래치는 학습자로 하여금 예상치 못한 문제 상황에 대

한 혁신적인 해결책을 찾도록 하여 창의적 사고를 고취시킨다[11].

Piaget의 구성주의에 의하면 지식은 학습자 스스로 구성해야 하는 것이고, 학습자는 그들에게 또는 그들 주변에 실질적으로 의미 있는 무언가를 창조하면서 그들의 지식이 더욱 잘 구성된다고 한다[12].

스크래치를 통해 프로젝트를 창조하고 디자인하는 것은 학습자에게 실질적인 무언가를 창조하는 과정이고 이를 통해 학습자는 창의적 문제해결력이 고취된다. 또한 스크래치 프로젝트를 디자인하는 것은 예술, 기술, 수학, 과학 등의 여러 학문 분야가 관련된 성격을 띤다[12].

이와 같이 스크래치는 비판적 사고, 체계적 사고를 증진시킬 수 있고 실제 프로젝트를 창조하는 과정을 통해 학습자로 하여금 지식을 구성할 수 있게 해준다. 특히 스크래치를 통해 증진시킬 수 있는 창의성과 창의적 문제 해결력은 21st Century skills와 매우 부합한다고 할 수 있다.

2.5 STEAM과 스크래치와의 관계

21세기에는 21st Century Skills에서 언급하였듯이 창의성, 비판적 사고력, 체계적 사고 등이 강조되고 있다. 더욱이 스크래치를 통해 배울 수 있는 창의적 문제 해결력과 학습자 스스로 지식을 구성해가는 경험은 21세기 사회에 매우 중요하다고 할 수 있다.

프로그래밍은 여러 명령어를 조합하여 새로운 명령어를 창조해 나가는 과정이다. 특히 스크래치는 사용자가 레고 블록을 조립하듯이 명령어를 조립하여 프로그래밍을 하는 교육용 프로그래밍 언어로서 학생들이나 초보자들도 쉽게 게임이나 간단한 애니메이션을 만들 수 있다.

스크래치를 통해 프로젝트를 창조하는 과정은 간학문적인 성격을 띠며 특히 프로그래밍에 의해 학습자들의 논리적, 인지적 능력을 발달시키고 협동적 활동을 많이 하게하며 음악, 예술, 스토리텔링, 드라마 등의 기술들이 개발된다[13].

이러한 사실에 비추어 볼 때, 스크래치를 통해 STEAM에서 강조하는 창의성을 신장시킬 수 있을 것으로 보인다. 또한 스크래치가 가지고 있는

학제간의 성격을 생각해 볼 때 STEAM의 통합교육 단계에서 스크래치를 충분히 활용할 수 있을 것으로 보인다.

2.6 스크래치를 활용한 STEAM 교육의 의의

현재 이루어지는 대다수의 STEAM 교육에서 컴퓨터는 단순히 도구적 역할로만 사용되어 왔으나 본 연구에서는 과학 교과 내용을 적용하고 활용하는 융합 교육의 중심 활동으로 사용되었다. 즉 과학의 원리를 담은 스크래치 프로그래밍 활동을 통해 학생들은 교육 내용을 분명히 이해함은 물론 제작 과정과 제작 결과를 실시간으로 확인할 수 있다. 그리하여 기존 실험실에서 생길 수 있는 오류를 줄이고 시·공간적 제약 없이 확산적이고 창의적인 방법으로 학습한 과학적 원리를 다양한 형태로 적용하고 표현하는 기회를 갖게 된다.

3. STEAM 교육 프로그램 설계 및 제작

3.1 STEAM 교육 프로그램 국내외 선행 연구

NSTA Reports에서 Dawn Renee Wilcox는 학생들은 다중 감각적이며 조작활동이나 실험을 포함한 과학 학습 상황을 기억한다고 하였으며 예술은 사고와 표현을 통하여 과학 내용이나 개념들 사이의 연결과 변환을 만드는데 유용하며 예술적 경험은 과학 개념을 형성하는데 도움을 준다고 하였다[14]. 그리고 Simmons는 STEM 교육에 예술을 통합할 수 있는 여러 가지 예시를 제시하였으며 이러한 교수과정에서 교사가 전문적인 예술가가 될 필요는 없으며 학생들이 전통적인 방법이 아닌 새로운 방법으로 접근하도록 지도하는 것이 중요하다고 하였다. 또한 교육의 형태도 과학적, 수학적, 기술적, 공학적, 예술적 요소가 하나의 주제로 통합되는 주제 중심의 통합교육의 모습을 제시하였다[15].

교육과학기술부는 2012년 업무보고에서 3대 정책목표별 핵심추진과제에서 융합과 창조의 선진 연구개발 체제 구축을 제시하며 STEAM 교육 강화 정책을 추진하고 있다. 하지만 교육 현장에

서 STEAM 교육에 대한 여러 시도가 이루어지고 있으나 STEAM 프레임워크를 적용한 본격적 연구물은 많지 않은 실정이다. 반면 STEAM의 전신인 STEM에 대한 연구와 STEAM 교육 모형, 융합 교육과정 설계에 대한 연구들은 활발히 진행되었다.

문대영(2007)은 STEM 교육 프로그램이 초등 학생의 공학에 대한 흥미를 높이고, 공학이 어렵지 않다는 인식의 변화에 영향을 주었음을 확인하였다[16]. 최유현(2008)은 STEM 기반의 발명 영재 프로그램을 학생들에게 투입해본 결과 흥미, 재미, 신기함 등의 정의적 요인에서 긍정적 반응이 나타났음을 확인하였다[17]. 또한 송정범(2010)은 수학교육에서 교육용 로봇을 활용한 STEM 교육을 적용하는 연구를 통해 수학에 관한 정의적인 영역의 낮은 태도를 향상시킬 수 있음을 확인하였다[18].

STEAM 교수·학습 방법과 관련하여 김병수(2011)는 기존의 국내외 연구를 바탕으로 융합형 인재 양성을 위한 IT 기반 STEAM 교수·학습 방안 연구하여 STEAM 교수·학습 8단계를 제시하였다[19]. 그리고 김진수(2011)는 학문통합방식(X축), 학교급(Y축), 통합요소(Z축)에 따라 통합방식의 요소를 선정할 수 있도록 STEAM 교육을 위한 큐빅 모형을 제시하였다[20].

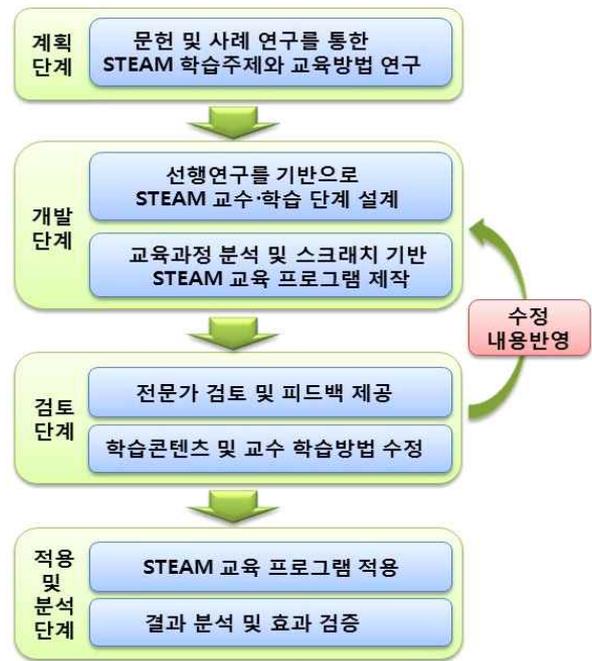
그 외에도 많은 국내외 학자들이 STEAM 교육의 중요성을 제시하며 관련 연구 논문과 학위 논문을 발표하며 지속적 연구가 이루어지고 있으며 이를 통해 STEAM 교육의 중요성과 효과를 검증하고 구체적 교육 방법을 제시하고 있다.

3.2 연구 단계 설계

스크래치를 활용한 STEAM 교육 프로그램을 개발하고 개발된 프로그램을 적용하기 위하여 <그림 3>과 같은 연구 단계를 설정하고 6개월에 걸쳐 연구 단계에 따라 연구를 진행하였다.

3.3 STEAM 교수·학습 단계 설계

STEAM 교육의 현장 적용을 위한 STEAM 교수·학습 단계 설계를 위해 Miaoulis(2009)이 제



<그림 3> STEAM 프로그램 연구 단계

시한 과학교육과 기술교육의 교수·학습 단계[21]과 한국과학창의재단(2011)에서 융합인재교육(STEAM)을 위해 제시한 창의적 종합설계 단계[22]를 살펴보았다.

<표 1>은 Miaoulis가 제시한 과학탐구와 기술설계의 교육 단계로 총 8단계에 걸쳐 각 영역에 맞게 과학 탐구 단계와 기술 설계 단계를 체계적으로 분석해 놓았다.

<표 1> 과학 탐구 및 기술 설계 단계

과학 탐구 단계	기술 설계 단계
정선된 문제 제시하기	문제의 정의하기
문제와 관련된 선행 연구 조사하기	문제와 관련된 선행 연구 조사하기
다양한 가설 설정 후 해결 방법 선택하기	다양한 가설 설정 후 해결 방법 선택하기
실험 수행하기	만들고 테스트하기
결과에 근거해 가설 수정하기	테스트 결과에 따라 해결 방법 재설계하기
결론을 내리고 결과 기록하기	디자인 마무리 짓고 도면 그리기
결과 제출하고 협력자에게 평가받기	의뢰인에게 최상의 결과물 제공하기
새로운 질문하기	새로운 문제 정의하기

<그림 4>는 한국과학창의재단에서 창의적 종합설계교육 개념을 도입하면서 제시한 창의적 중

합설계 단계로 한국의 창의인성교육을 위한 새로운 STEAM 교육의 특징이라고 설명하였다[22].



<그림 4> 창의적 종합설계 단계

이를 기반으로 <그림 5>와 같은 STEAM 교수·학습 6단계를 설정하고 프로그램을 운영하였다. 특히 ‘제작 혹은 합성’ 단계와 ‘시험’ 단계는 수시로 제작과 수정 작업을 거치면서 아이디어 창작물을 완성해 가는 단계로 끊임없는 테스트와 피드백이 있어야 한다.



<그림 5> STEAM 교수·학습 6단계

3.4 STEAM 교육 내용 선정을 위한 교육과정 분석 - 6학년 과학교과를 중심으로

2009 개정 교육과정은 2007 개정 교육과정을 부분적으로 수정 보완한 것으로 두 교육과정의 교과서가 동일하므로 2007, 2009 개정 교육과정의 흐름과 교과서 세부 내용을 분석하였다.

과학 교과서의 단원의 흐름은 ‘FLOW’모형이 적용되었으며 <표 2>와 같다[23].

<표 2> ‘FLOW’모형

stage F	Fun science 과학에 대한 흥미를 갖게 한다.
stage L	Lab. experience 다양한 실험과 경험을 한다.
stage O	Organizing knowledge 과학 지식을 스스로 생성한다.
stage W	Willing to be a scientist 과학자가 되고자 하는 마음을 가질 수 있도록 한다.

‘FLOW’모형은 창의적인 꼬마 과학자를 만든다는 교과서 편찬 방향에 맞춰 개발된 모형으로 과학교과서에서 창의성을 상당히 강조하고 있음을 알 수 있었고 이에 STEAM 교육의 적용이 필요하다고 판단하였다.

또한 스크래치는 게임이나 애니메이션 등 움직임과 상태 변화를 표현한 프로젝트를 구현하기가 매우 수월하다. 그래서 ‘운동과 에너지’영역과 ‘물질’영역에 해당하는 6학년 2학기 과학과 3단원과 4단원을 스크래치를 활용한 STEAM 기반 교육 프로그램의 내용으로 선정하였다.

그리고 초등학교의 통합교육 형태는 교과와 교과의 통합, 교과와 생활의 통합, 활동주제 중심의 통합을 거쳐 현재 주제의 중심의 통합 형태를 취하고 있다 [24]. 이러한 현재 교육과정 상의 통합의 흐름과 본 연구에서 개발한 STEAM 교수·학습 6단계를 적용하기 알맞도록 세분화된 과학 실험 차시를 <표 3>, <표 4>와 같이 주제 중심으로 범주화하였다.

<표 3> 6학년 2학기 과학과 3단원. 에너지와 도구

단계	차시명	범주화 주제
과학 실험방 (stage L)	에너지란 무엇이며 에너지에는 어떤 종류가 있을까요?	에너지의 종류와 전환
	에너지의 종류가 바뀌는 예를 찾아볼까요?	
	에너지를 절약하는 방법에는 무엇이 있을까요?	에너지 절약 방법
	지레를 이용하면 어떤 점이 이로울까요?	
	도르래를 이용하면 어떤 점이 이로울까요?	
	경사면을 이용하면 어떤 점이 이로울까요?	

<표 4> 6학년 2학기 과학과 4단원, 연소와 소화

단계	차시명	범주화 주제
과학 실험방 (stage L)	물질이 탈 때 어떤 현상이 일어날까요?	연소 현상과 연소 생성물
	물질이 탈 때 생기는 것을 알아볼까요?	
	촛불을 집기병으로 덮으면 왜 불이 꺼질까요?	연소의 조건과 연소의 방법
	불을 붙이지 않아도 물질이 탈 수 있을까요?	
	불을 끄려면 어떻게 해야 할까요?	소화의 조건과 소화의 방법
	화재가 발생하였을 때 어떻게 해야 할까요?	

시행	차시	주제	스크래치 활동	중심 융합 교과	중점 창의성
			<ul style="list-style-type: none"> • 게임 수정하기 - 완성된 게임 검토하기 - 검토된 내용 토대로 게임 수정하기 		
평가	9	스크래치 게임 전시하기	<ul style="list-style-type: none"> • 완성된 게임 표현하고 공유하기 - 게임 전시하기 - 협력자간에 게임을 상호평가하기 - 완성된 아이디어 공유하기 	국어, 미술, 음악, 과학, 실과	융통성

<표 6> 6학년 2학기 과학과 4단원 재구성

3.5 STEAM 교육 프로그램 제작

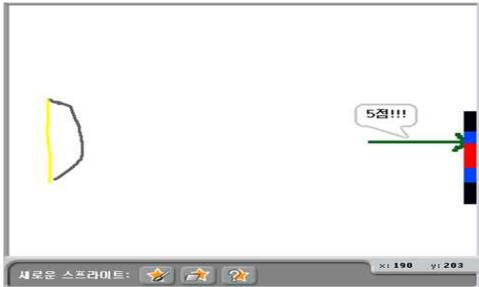
STEAM교수·학습활동 단계와 범주화 된 과학 실험 주제를 가지고 <표 5>, <표 6>과 같은 흐름으로 단원을 구성하였다. 특히 게임에 흥미가 많은 초등학생이라는 점과 스크래치는 손쉽게 게임을 만들 수 있다는 점, 게임제작에는 스토리구상과 배경음악 선정, 캐릭터 그리기 등 다양한 예술적 활동이 복합적으로 이루어진다는 점을 생각하여 스크래치 게임 제작을 위한 활동을 추가하였다.

<표 5> 6학년 2학기 과학과 3단원 재구성

‘3. 에너지와 도구’ 단원의 흐름					
단계	차시	주제	스크래치 활동	중심 융합 교과	중점 창의성
아이디어 마중물 경험	1	재미있는 도미노 놀이	<ul style="list-style-type: none"> • 교수가 제작한 스크래치 게임 경험하기 	미술, 과학, 국어, 실과	융통성, 민감성
아이디어 생성			<ul style="list-style-type: none"> • 자유롭게 게임 스토리 구상하기 		
계획 및 융합 설계	2~3	에너지의 종류와 전환	<ul style="list-style-type: none"> • 게임 스토리 보드 작성하기 - 게임 장면 그림으로 표현하기 	국어, 과학, 미술, 수학, 실과	융통성, 독창성, 민감성
	4	에너지 절약 방법	<ul style="list-style-type: none"> - 게임 설명 쓰기 - 게임 속 과학 이야기 쓰기 		
	5~7	에너지 절약에 사용하면 이로운 점	<ul style="list-style-type: none"> - 게임 구현을 위한 알고리즘 생각하기 		
제작 혹은 합성	8	스크래치 게임 완성하기	<ul style="list-style-type: none"> • 게임 완성하기 - 게임 설명서 작성하기 - 스토리 보드 따라 게임 완성하기 	미술, 음악, 수학, 과학, 실과	정교성

‘4. 연소와 소화’ 단원의 흐름					
단계	차시	주제	스크래치 활동	중심 융합 교과	중점 창의성
아이디어 마중물 경험	1	신나는 불꽃 놀이	<ul style="list-style-type: none"> • 교수가 제작한 스크래치 게임 경험하기 	미술, 과학, 국어, 실과	융통성, 민감성
아이디어 생성			<ul style="list-style-type: none"> • 자유롭게 게임 스토리 구상하기 		
계획 및 융합 설계	2~3	연소 현상과 연소 생성물	<ul style="list-style-type: none"> • 게임 스토리 보드 작성하기 - 게임 장면 그림으로 표현하기 	국어, 과학, 미술, 수학, 실과	융통성, 독창성, 민감성
	4~6	연소의 조건과 연소의 방법	<ul style="list-style-type: none"> - 게임 설명 쓰기 - 게임 속 과학 이야기 쓰기 		
	7~8	소화의 조건과 소화의 방법	<ul style="list-style-type: none"> - 게임 구현을 위한 알고리즘 생각하기 		
제작 혹은 합성	9	스크래치 게임 완성하기	<ul style="list-style-type: none"> • 게임 완성하기 - 게임 설명서 작성하기 - 스토리 보드 따라 게임 완성하기 	미술, 음악, 수학, 과학, 실과	정교성
시험			<ul style="list-style-type: none"> • 게임 수정하기 - 완성된 게임 검토하기 - 검토된 내용 토대로 게임 수정하기 		
평가	10	스크래치 게임 전시하기	<ul style="list-style-type: none"> • 완성된 게임 표현하고 공유하기 - 게임 전시하기 - 협력자간에 게임을 상호평가하기 - 완성된 아이디어 공유하기 	국어, 미술, 음악, 과학, 실과	융통성

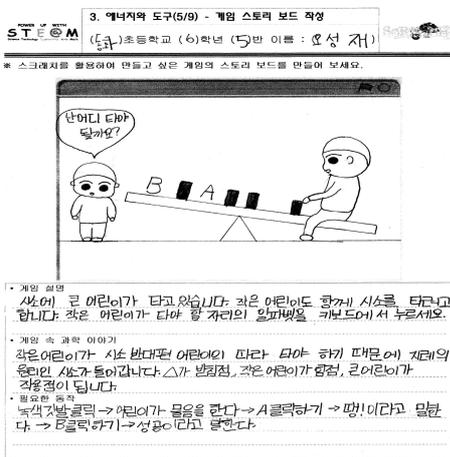
각 단원의 ‘아이디어 마중물 경험’ 단계에서는 <그림 6>과 같이 단원의 내용과 관련하여 교수자가 직접 제작한 스크래치 게임을 제시하여 학습자가 아이디어를 생성하는데 도움을 준다.



<그림 6> 교수자가 제시한 게임

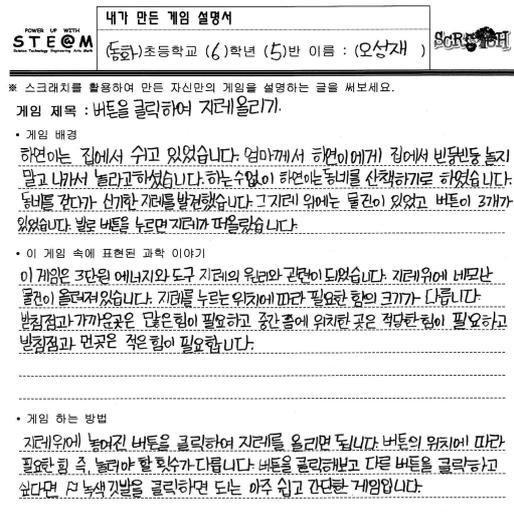
‘아이디어 생성’ 단계에서는 자유롭게 자기가 만들고 싶은 게임에 대해서 발표하고 논의하여 되도록 많은 아이디어를 학습자들이 공유하도록 하였다.

‘계획 및 융합 설계’ 단계에서는 교과서에 제시된 여러 가지 과학 실험을 바탕으로 <그림 7>과 같이 스토리 보드를 작성하도록 하였다. 각각의 실험에 대해서 스토리 보드를 작성할 수도 있고 하나의 스토리 보드를 심도 있게 작성할 수도 있도록 하였으며 주제나 표현의 제약을 두지 않고 자유롭게 작성할 수 있도록 하였다. <그림 7>은 한 학습자가 자신이 했던 실험 중 하나를 선택하여 스토리 보드를 작성한 것으로 힘점, 받침점, 작용점의 원리를 활용한 시소게임을 설계한 것이다.



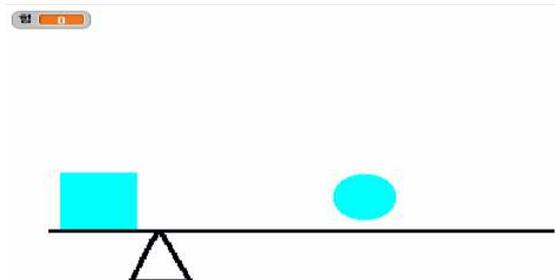
<그림 7> 게임 스토리보드 작성

‘제작 혹은 합성’ 단계에서는 자신이 그동안 작성한 스토리 보드를 바탕으로 <그림 8>과 같은 ‘내가 만든 게임 설명서’를 작성하고 직접 스크래치를 활용하여 게임을 제작하도록 하였다.



<그림 8> ‘내가 만든 게임 설명서’ 작성

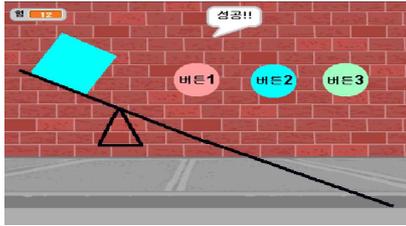
<그림 7>과 같은 스토리 보드를 구현하려면 모델을 그릴 수 있어야 했고, 선택한 곳에 따라 지레가 작동할 수 있는 알고리즘을 생각해 내야 했다. 하지만 게임을 제작할 때에는 스토리보드와 똑같이 만들기 보다는 스토리 보드를 바탕으로 흥미를 잃지 않도록 <그림 9>와 같이 자신의 수준에 맞게 자유롭게 변형하여 게임을 제작할 수 있도록 하였다.



<그림 9> 스토리보드 기반으로 제작한 게임

‘시험’ 단계에서는 자신이 만든 게임을 협력자와 직접 해보면서 게임을 검토하고 수정할 수 있도록 하였다. ‘제작 혹은 합성’ 단계와 ‘시험’ 단계

는 단계의 경계를 두지 않고 수시로 제작 혹은 합성과 검토와 수정이 일어나도록 하여 <그림 10>과 같은 창작물을 완성하도록 하였다.



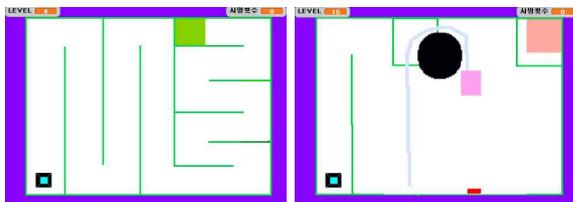
<그림 10> 완성된 게임

그리고 이 두 단계를 통해서 자신의 느낀 점도 <그림 11>과 같이 ‘내가 만든 게임 설명서’에 추가로 적어보도록 하였다.

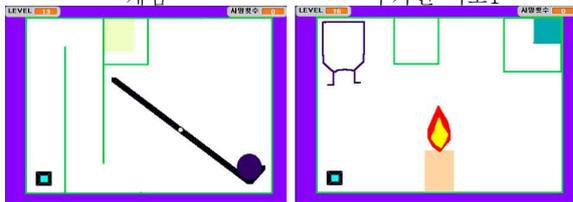
• 게임을 만들면서 느낀 점
저는 고학년 여러단원중에서 에너지와 도구 단원을 가장 어려워합니다. 특히 지레의 원리를 어려워해서 재밌게까지 공부했던 기억이 없습니다. (선생님과 함께 과학을 연구시켜 만들던 스크래치가 정말 도움이 되었고 게임으로 만들어서 언제든지 재밌고 기억이 되살아날 것 같습니다.

<그림 11> ‘내가 만든 게임 설명서’ 예시

일련의 단계를 거치면서 미로게임을 만든 학습자는 협력자와의 검토와 수정을 통해 <그림 12>와 같이 미로를 추가하면서 자신의 게임을 완성해 나가기도 하였다.



① 학습자가 제작한 미로 게임 ② 협력자와 검토한 후 추가된 미로1



③ 협력자와 검토한 후 추가된 미로2 ④ 협력자와 검토한 후 추가된 미로3

<그림 12> 다른 학습자가 만든 게임

‘평가’ 단계에서는 서로가 만든 게임을 전시하고 즐기는 행사를 실시하여 서로의 창작물을 전시하고 상호 평가할 수 있도록 하였으며 완성된 아이디어를 공유함으로써 이를 토대로 자신의 아이디어를 좀 더 정교하게 다듬을 수 있도록 하였다.

4. 프로그램 적용 및 결과 분석

4.1 연구 설계 및 변인 통제

연구대상은 <표 7>과 같이 제주시에 소재하는 ○○초등학교 6학년 2개 학급을 각각 실험집단, 비교집단으로 선정하였고 2011년 9월 4주부터 12월 1주까지 총 10주간 과학과 두 단원에 걸쳐 실험집단을 대상으로 스크래치를 활용한 STEAM 교육 프로그램을 운영하였다.

<표 7> 연구 대상

구분	아동수		
	남	여	계
실험집단	12	13	25
비교집단	12	13	25
계	24	26	50

<표 8>과 같이 두 집단을 대상으로 사전 창의성 검사와 과학에 관련된 정의적 특성의 평가를 실시하여 두 집단이 동질집단임을 확인하였고 비교 집단은 기존 일정대로 일반 과학시간을 실시하였다. 또한 조사 기간 동안의 투입되는 프로그램 이외의 다른 변인이 발생하지 않도록 해당 선생님과 협의하여 전 교과에 걸쳐 두 반의 교육 소재나 활동 내용을 최대한 동일하게 유지하였다.

<표 8> 연구 설계

실험집단	O_1	X_1	O_2
비교집단	O_3	X_2	O_4

O_1, O_3 : 사전검사 / O_2, O_4 : 사후검사

X_1 : 스크래치를 활용한 STEAM 교육 프로그램

X_2 : 기존 과학 시간 운영

4.2 검사도구

스크래치를 활용한 STEAM 교육 프로그램 적용 후 객관적 검증을 통해 확인하고자 하는 영역은 창의성과 과학에 관련된 정의적 특성이다. 과학에 관련된 정의적 특성은 인식, 흥미, 과학적 태도로 나뉘고 과학적 태도란 호기심, 개방성, 비판성, 협동성 등을 포함한다.

창의성의 신장여부를 확인하기 위해 Torrance의 TTCT(도형) 창의력 검사 A형을 사전·사후에 실시하였다. 그리고 과학에 관련된 정의적 특성 검사는 Klopfer[25]의 과학 관련 태도에 대한 이론과 Edward[26]의 평가 문항에 대한 준거를 바탕으로 한국교원대학교 과학교육 연구소에서 김효남 외[27]이 개발한 ‘국가수준의 과학에 관련된 정의적 특성(태도)의 평가체제’를 사용하였다. A형은 과학에 대한 인식과 흥미를 평가하고 B형은 과학적 태도를 평가하는 문항으로 구성되어 있으며 문항의 신뢰도는 A형이 크롬바하 알파계수가 0.83이고, B형은 크롬바하 알파계수가 0.86으로 모두 신뢰도가 0.8을 넘어 신뢰할 수 있는 수준으로 볼 수 있다.

4.3 창의성 검사 결과 및 해석

본 연구의 대상에 대한 사전 검사는 실험 처치를 하기 전에 실험 집단과 비교 집단이 창의성 요소별로 동질 집단인지를 알아보기 위하여 SPSS 12.0 for Windows를 사용하여 두 집단의 창의성 영역별 평균을 유의수준 $p=.05$ 로 t검증하였다. 그 결과 <표 9>에서 알 수 있듯이 창의성 지수가 유의확률 $p=.929$ 로 실험집단과 비교집단 사이에는 창의성에 있어서 유의미한 차이가 없고 유창성, 독창성, 제목의 추상성, 정교성 등 다른 창의성 영역에서도 유의확률은 0.05보다 높아 유의차가 없음을 확인하였다.

그리고 10주 후에 실험집단과 비교집단을 대상으로 사후 창의성 검사를 실시하였다. 결과는 <표 10>과 같이 유창성과 독창성에서 각각 $p=0.036(p<.05)$ 과 $p=0.039(p<.05)$ 로 각각 유의미한 차이를 보였다.

<표 9> 사전 창의성 검사

영역	반	N	평균	표준편차	t	유의확률
유창성	비교	25	115.32	24.81	-1.619	N.S. .118
	실험	25	122.72	18.57		
독창성	비교	25	104.80	25.51	-.202	N.S. .842
	실험	25	106.04	23.09		
제목의 추상성	비교	25	95.44	29.87	.507	N.S. .617
	실험	25	90.36	37.30		
정교성	비교	25	94.20	18.45	.676	N.S. .505
	실험	25	91.36	14.17		
성급한 종결에 대한 저항	비교	25	99.60	17.60	-.663	N.S. .513
	실험	25	101.56	11.88		
창의성 지수	비교	25	105.99	19.25	-.090	N.S. .929
	실험	25	106.37	16.15		

* : $p<.05$, N.S.:유의차 없음, N:사례수

<표 10> 사후 창의성 검사

영역	반	N	평균	표준편차	t	유의확률
유창성	비교	25	125.52	19.12	-2.225	.036*
	실험	25	132.96	13.89		
독창성	비교	25	117.00	25.82	-2.187	.039*
	실험	25	129.24	22.81		
제목의 추상성	비교	25	100.64	22.93	.724	N.S. .476
	실험	25	95.28	29.65		
정교성	비교	25	91.64	18.45	-.593	N.S. .559
	실험	25	93.96	14.88		
성급한 종결에 대한 저항	비교	25	104.28	15.62	1.212	N.S. .237
	실험	25	99.92	15.19		
창의성 지수	비교	25	114.29	14.67	-4.104	.000*
	실험	25	116.54	16.29		

* : $p<.05$, N.S.:유의차 없음, N:사례수

특히 사후 창의성 지수에서 실험집단은 10.17의 증가를 보였으며 유의도 역시 $p=.000(p<.05)$ 로 분명한 차이를 나타냈다.

다음으로 실험집단에 대해 실험 전후의 집단 내 창의성 차이를 비교 분석하였다. <표 11>과 같이 실험집단에 대한 사전, 사후 검사 비교 결과 유창성, 독창성, 창의성지수에서 유의확률이 0.05보다 작게 나타나서 유의함을 확인하였다.

<표 11> 시기별 창의성 검사 결과

영역	시기	N	평균	표준 편차	t	유의 확률
유창성	사전	25	122.72	18.57	-3.556	.002*
	사후	25	132.96	13.89		
독창성	사전	25	106.04	23.09	-5.705	.000*
	사후	25	129.24	22.81		
제목의 추상성	사전	25	90.36	37.30	-.571	N.S. .573
	사후	25	95.28	29.65		
정교성	사전	25	91.36	14.17	-.732	N.S. .472
	사후	25	93.96	14.88		
성급한 종결에 대한 저항	사전	25	101.56	11.88	.543	N.S. .592
	사후	25	99.92	15.19		
창의성 지수	사전	25	106.37	16.15	-3.323	.003*
	사후	25	116.54	16.29		

* : $p < .05$, N.S.:유의차 없음, N:사례수

위 결과 스크래치를 활용한 STEAM 교육 활동이 유창성, 독창성, 창의성 지수 향상에 긍정적인 효과를 보였음을 확인 할 수 있다.

4.4 과학에 관련된 정의적 특성의 검사 결과

김효남 외[27]에 의해 개발된 과학에 관련된 정의적 특성의 평가는 인식, 흥미, 과학적 태도의 3가지 범주로 되어 있고 검사지의 각 문항은 5단계 5점 Likert 척도로 점수화된다. 이 세 범주를 소범주로 <표 12>와 같이 세분화하였다[27].

<표 12> 과학에 관련된 정의적 특성 분류

인식	흥미	과학적 태도
1.1 과학에 대한 인식 (CS)	2.1 과학에 대한 흥미 (IS)	3.1 호기심(AU)
1.2 과학 교육에 대한 인식(CL)	2.2 과학 학습에 대한 흥미(IL)	3.2 개방성(AP)
1.3 과학자와 과학 관련 직업에 대한 인식(CC)	2.3 과학과 관련된 활동에 대한 흥미(IA)	3.3 비판성(AR)
1.4 과학-기술-사회의 상호 관련성에 대한 인식(CT)	2.4 과학과 관련된 직업에 대한 흥미(IC)	3.4 협동성(AO)
	2.5 과학 불안(IX)	3.5 자진성(AV)
		3.6 끈기성(AE)
		3.7 창의성(AC)

사전 검사 결과는 <표 13>과 같이 실험집단은 비교집단에 비해 과학에 대한 인식에서는 0.548점 낮게, 흥미 범주에서는 0.008점 높게 나타났으며 과학적 태도 범주에서는 0.284점 높게 나타냈다.

<표 13> 과학에 관련된 정의적 특성 검사 결과

영역	반	시기	N	평균	표준 편차	평균값 비교
C 인식	비교	사전	25	3.599	0.419	+.014
		사후	25	3.613	0.351	
	실험	사전	25	3.051	0.366	+.168
		사후	25	3.219	0.440	
I 흥미	비교	사전	25	3.293	0.585	+.003
		사후	25	3.296	0.586	
	실험	사전	25	3.301	0.579	+.231
		사후	25	3.532	0.615	
A 태도	비교	사전	25	3.081	0.424	+.231
		사후	25	3.312	0.460	
	실험	사전	25	3.365	0.443	+.281
		사후	25	3.646	0.661	

사후 검사 결과 과학적 인식(C)의 평균값이 .168점 증가하였고, 과학적 흥미(I)의 평균값이 .231점, 과학적 태도(A)는 .281점 긍정적으로 증가한 것으로 나타났다. 특히 비교집단에 비해 인식과 흥미 영역에서 크게 증가하였다. 위 실험 결과 스크래치를 이용한 STEAM 교육 프로그램이 실험집단에게 과학에 관련된 정의적 특성에 긍정적 효과를 보였음을 확인 할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 2011년 교육과학기술부의 중점 시책인 융합인재교육(STEAM)에 따라 초등학교 교육현장에서 적용 가능한 STEAM 교육 프로그램을 개발·적용하고 그 효과를 입증하고자 하였다. 이를 위해 STEAM과 관련된 국내·외 연구 사례를 검토하고 적용할 만한 중심 교과와 내용을 선정하여 교육용 프로그래밍 언어인 스크래치를 접목하였다. 그리고 프로그램의 타당도를 높이기 위하여 프로그램 개발과정에서 교과의 선택, 교육내용의 선별, 교수·학습 단계의 설계 등의 제작과정에서 현장과 대학에 있는 교육 전문가 집단과 토의 및 인터뷰를 하였다.

이렇게 개발된 STEAM 교육 프로그램을 가능한 모든 변인을 통제된 상황에서 10주간 학교 현장에 적용하였다. 그 결과 개발된 STEAM 교육 프로그램을 적용한 학생들의 유창성, 독창성, 창의성 지수가 비교집단과 비교하여 유의미한 차이를 보이며 증가하였고 과학에 관련된 정의적 영역에서 인식과 흥미 부분에서 긍정적인 응답이

크게 증가하였다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 스크래치를 활용한 STEAM 교육 프로그램이 창의성과 과학에 관련된 정의적 영역에 긍정적인 변화를 야기했음을 확인 할 수 있었다. 또한 개발된 STEAM 교육 프로그램은 다음의 2가지 시사점을 갖는다.

첫째, 현행 교육과정의 교과를 무리없이 진행할 수 있도록 과학교과의 단원의 흐름을 바탕으로 STEAM 교육을 접목시켰고 둘째, 교육용 프로그래밍 언어를 활용하여 STEAM 교육에서 얻고자 하는 과학·기술·공학·예술·수학이 융합할 수 있는 방법을 제시하였다.

하지만 본 연구는 과학을 중심교과로 설정하였기 때문에 과학교과에 치중한 STEAM 교육이 이루어졌고, 스크래치에 대한 기본 소양 교육이 이루어진 상태에서 진행 되었다.

그러므로 스크래치를 활용한 STEAM 교육이 이루어지기 위해선 먼저 스크래치에 대한 기본 소양 교육이 이루어 져야 하겠고, 더욱 다양한 중심교과와 다양한 주제를 가지고 STEAM 교육 프로그램의 적용이 필요하다 하겠다.

참 고 문 헌

[1] 교육과학기술부 (2010). 창의·인성교육 강화. <http://www.mest.go.kr/web/1105/ko/board/view.do?bbsId=147&boardSeq=17445>

[2] 교육과학기술부 (2010). [2011년 업무보고] 창의인재와 선진과학기술로 여는 미래 대한민국. <http://www.mest.go.kr/web/1142/ko/board/download.do?boardSeq=38804>

[3] The Partnership for 21st Century Skills. (2009). P21 Framework Definitions. http://www.p21.org/storage/documents/P21_Framework_Definitions.pdf

[4] Yakman, G.(2009). What is the point of STEAM? - A Brief Overview. http://www.steamedu.com/2006-2010_Short_WHAT_IS_STEAM.pdf

[5] 최정훈(2011). 융합을 기반으로 하는 STEAM 교육이란? (상)(하), 월간 과학창의.

[6] 류충규·이철현 (2012). 스크래치 프로그래밍이 초등 영재학생들의 창의적 문제해결력에 미

치는 효과. 한국실과교육학회지, 25(1), 149-169

[7] 윤일규 (2009). 초등학생의 스크래치 프로그래밍 과제를 통한 논리적 사고력 분석. 정보창의교육논문지, 3(1), 93-100.

[8] 배학진·이은경·이영준 (2009). 문제중심학습을 적용한 스크래치 프로그래밍 교수 학습 모형. 컴퓨터교육학회지, 12(3), 11-22.

[9] 한선관·한희섭 (2009). 초등학생들의 학습스타일과 스크래치 언어 활용 교육의 상관성 분석, 정보교육학회논문지, 13(3), 351-358.

[10] BJ Adler. (2010). Putting the STEAM into STEM. <http://naea.typepad.com/naea/2010/02/putting-the-steam-into-stem.html>

[11] Natalie Rusk, Mitchel Resnick, & John Maloney. (2010). Learning with scratch. <http://info.scratch.mit.edu/sites/infoscratch.media.mit.edu/docs/Scratch-21stCenturySkills.pdf>

[12] Mitchel Resnick.(2010). Learning by Designing. <http://info.scratch.mit.edu/sites/infoscratch.media.mit.edu/docs/learning-by-designing.pdf>

[13] Brian Jung. (2010). Computer Game Programming for Children. http://www.ehow.com/about_6626755_computer-game-programming-children.html

[14] Debra, S. (2010). Reaching Students Through STEM and the Arts. NSTA WebNews Digest.

[15] Debra, S. (2010). NSTA-National Science Teachers Association. NSTA WebNews Digest.

[16] 문대영 (2007). 초등학생의 공학에 대한 태도 및 공학 문제 해결에 대한 사례연구-STEM 통합 접근 교육 프로그램 적용을 통해. 한국실과교육학회지.

[17] 최유현 외 (2008). STEM 기반 발명영재교육 프로그램 개발과 적용 효과. 한국기술교육학회지.

[18] 송정범 (2010). STEM 통합교육을 위한 교실친화적 로봇교육 모형 및 프로그램 개발에 관한 연구. 한국교원대학교 대학원 박사학위논문.

[19] 김병수·김정아·이지훤 (2011). 융합형 인재양성을 위한 IT 기반 STEAM 교수·학습 방안 연구. 한국수산해양교육학회, 23(3), 445-460

[20] 김진수 (2011). STEAM 교육을 위한 큐빅 모형. 한국기술교육학회지.

[21] Miaoulis, I. (2009). Comments to PCAST(President Council of Advisors on

Science and Technology. <http://ventureramp.com/downloads/aggregateoralcomments.pdf>

- [22] 한국과학창의재단 (2011). 과학교육의 새로운 혁명 STEAM 교육. 융합인재교육(STEAM) 설명회 자료집.
- [23] 교육과학기술부 (2011). 과학 교과서 & 지도서(6-2). 금성출판사.
- [24] 정광순 (2004). 교육과정에 기초한 초등통합교과 지도. 양서원.
- [25] Klopfer, L.E. (1971). Evaluation of Learning in Science. In B.S. Bloom J.T. Hastings, & G.F. Madaus(Eds.), *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. New York: McGraw-Hill.
- [26] Edwards, A.L. (1957). *Techniques of attitude scale construction*. New York, Appleton-Century-Crofts, Inc.
- [27] 김효남 · 정완호 · 정진우 (1998). 국가수준의 과학에 관련된 정의적 특성의 평가체제 개발. *과학교육논문지*.



오 정 철

2005 제주교육대학교
컴퓨터교육전공(교육학사)
2010~현재 제주대학교 대학원
컴퓨터교육전공 박사과정

관심분야: 컴퓨터교육, STEAM
E-Mail: lov0502@naver.com



이 지 현

2005 제주교육대학교
컴퓨터교육전공(교육학사)
2009~현재 제주대학교 대학원
컴퓨터교육과 석사과정

관심분야: 컴퓨터교육, STEAM
E-Mail: torchere@naver.com



김 정 아

2004 제주교육대학교
컴퓨터교육전공(교육학사)
2012 제주대학교 일반대학원
컴퓨터교육전공 박사수료

관심분야: 컴퓨터교육, STEAM
E-Mail: vadang@naver.com



김 종 훈

1998 홍익대학교 전자계산학과
(이학박사)
1998~1999 ETRI Post-Doc.
1999~현재 제주대학교
초등컴퓨터교육전공 교수

관심분야: 컴퓨터교육
E-Mail: jkim0858@jejunu.ac.kr