



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

박사학위논문

인터랙티브 키네틱 아트를 활용한
과학·예술 융합 STEAM 프로그램이
중등 과학영재와 일반학생의 과학 관련
태도에 미치는 영향

제주대학교 대학원

과학교육학부

문 송 희

2016년 2월

인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 과학·예술 융합 STEAM 프로그램이 중등 과학영재와 일반학생의 과학 관련 태도에 미치는 영향

지도교수 이 상 칠 · 강 경 희

문 송 희

이 논문을 교육학 박사학위 논문으로 제출함

2015년 12월

문송희의 교육학 박사학위 논문을 인준함

심사위원장 _____

위 원 _____

위 원 _____

위 원 _____

위 원 _____

제주대학교 대학원

2015 년 12월



The Effects of the Interdisciplinary STEAM Programs of Sciences & Arts Based on the Interactive Kinetic Art on the Science Related Attitude of Scientific Talent and Student in General at the Secondary School Level

Song-Hee Moon

(Supervised by professor Sang-Chil Lee · Kyung-Hee Kang)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the degree of Doctor of Philosophy in Physics Education

2015. 12.

This thesis has been examined and approved.

.....
Thesis director, Se-Hun Kim, Prof, Faculty of Science Education

.....
.....
.....
.....

.....
Date

Faculty of Science Education
GRADUATE SCHOOL
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

목 차

I. 서론	1
1. 연구의 목적 및 필요성	1
2. 연구 문제	3
3. 용어의 정의	4
1) 과학·예술 융합 STEAM 프로그램	4
2) 인터랙티브 아트	4
3) 키네틱 아트	4
4) 인터랙티브 키네틱 아트	4
5) 과학에 관련 태도	5
4. 연구의 제한점	6
II. 이론적 배경	7
1. STEAM 교육	7
1) STEAM 교육의 등장	7
2) STEAM 교육의 정의	9
3) STEAM 교육의 학습 준거틀	10
4) STEAM 교육의 수업 설계를 위한 준거틀	12
5) STEAM 교육에서의 예술	14
2. 상호작용성을 바탕으로 한 인터랙티브 아트의 이해	18
1) 인터랙티브 아트로의 미술사적 전개	18
2) 인터랙티브 아트의 특성	23
3) 인터랙티브 아트의 교육적 의의	24
3. 움직임의 원리에 따른 키네틱 아트의 이해	25
1) 키네틱 아트의 유형	25
2) 키네틱 아트의 특성	29
3) 키네틱 아트의 교육적 의의	29
4. 선행 연구	31

Ⅲ. 연구방법	35
1. 연구대상 및 기간	35
2. 연구절차	35
3. 검사도구	36
1) 과학적 태도 검사	36
2) 과학에 대한 태도 검사	37
4. 실험 설계 및 자료처리	37
5. 인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 과학·예술 융합 STEAM 프로그램의 적용	38
1) 프로그램의 소개	38
2) 프로그램의 적용	44
Ⅳ. 연구결과 및 논의	54
1. 인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 과학·예술 융합 STEAM 프로그램이 과학적 태도에 미치는 영향	54
1) 중등 과학영재의 과학적 태도 변화	54
2) 중등 일반학생의 과학적 태도 변화	55
3) 연구 집단 간 프로그램의 효과성 비교	57
2. 인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 과학·예술 융합 STEAM 프로그램이 과학에 대한 태도에 미치는 영향	64
1) 중등 과학영재의 과학에 대한 태도 변화	64
2) 중등 일반학생의 과학에 대한 태도 변화	65
3) 연구 집단 간 프로그램의 효과성 비교	67
Ⅴ. 결론 및 제언	72
1. 결론	72
2. 제언	74
참고문헌	75
<부록 1> 과학적 태도 검사지	81
<부록 2> 과학에 대한 태도 검사지	83

표 목 차

<표 II-1> STEAM 교육의 학습의 준거와 그 하위요소	11
<표 II-2> STEAM 교육의 수업평가를 위한 체크리스트	13
<표 II-3> 과학기술의 창의성과 예술의 창의성	14
<표 II-4> 미술 유형에 따른 관객의 소통방식의 변화	23
<표 II-5> 인터랙티브 아트 관련 선행 연구	31
<표 II-6> 키네틱 아트 관련 선행 연구	32
<표 III-1> 과학적 태도 하위요소의 문항구성	36
<표 III-2> 과학에 대한 태도 하위요소의 문항구성	37
<표 III-3> 실험 설계	37
<표 III-4> 프로그램의 학습 목표	39
<표 III-5> 프로그램의 교육과정 분석표	40
<표 III-6> 프로그램의 STEAM 과목 요소 및 학습 준거	41
<표 III-7> 프로그램의 지도안 총괄표	42
<표 III-8> 단계별 작품 제작 과정	52
<표 IV-1> 중등 과학영재의 과학적 태도 사전-사후 결과	54
<표 IV-2> 중등 일반학생의 과학적 태도 사전-사후 결과	56
<표 IV-3> 과학적 태도 사전 검사 t-test 결과	57
<표 IV-4> 공분산분석에 의한 교정된 사후 호기심 영역의 비교 결과	58
<표 IV-5> 공분산분석에 의한 교정된 사후 개방성 영역의 비교 결과	59
<표 IV-6> 공분산분석에 의한 교정된 사후 비판성 영역의 비교 결과	60
<표 IV-7> 공분산분석에 의한 교정된 사후 협동성 영역의 비교 결과	60
<표 IV-8> 공분산분석에 의한 교정된 사후 자진성 영역의 비교 결과	61
<표 IV-9> 공분산분석에 의한 교정된 사후 끈기성 영역의 비교 결과	61
<표 IV-10> 공분산분석에 의한 교정된 사후 창의성 영역의 비교 결과	62
<표 IV-11> 공분산분석에 의한 교정된 사후 과학적 태도 전체의 비교 결과	62
<표 IV-12> 중등 과학영재의 과학에 대한 태도 사전-사후 결과	64
<표 IV-13> 중등 일반학생의 과학에 대한 태도 사전-사후 결과	65
<표 IV-14> 과학에 대한 태도 사전 검사 t-test 결과	67

<표 IV-15> 공분산분석에 의한 교정된 사후 과학탐구에 대한 태도 영역의 비교 결과	68
<표 IV-16> 공분산분석에 의한 교정된 사후 과학태도의 수용 영역의 비교 결과	68
<표 IV-17> 공분산분석에 의한 교정된 사후 과학수업의 즐거움 영역의 비교 결과	69
<표 IV-18> 공분산분석에 의한 교정된 사후 과학에서의 여가활동 영역의 비교 결과	69
<표 IV-19> 공분산분석에 의한 교정된 사후 과학과련 직업의 선호 영역의 비교 결과	70
<표 IV-20> 공분산분석에 의한 교정된 사후 과학에 대한 태도 전체의 비교 결과	70

그림 목 차

[그림 II-1] Yakman의 STEAM 교육 피라미드 모형	8
[그림 II-2] 융합인재교육(STEAM)의 개념도	9
[그림 II-3] STEAM 교육의 개념도	10
[그림 II-4] STEAM 교육의 학습준거틀	10
[그림 II-5] 창의적 융합인재의 성장 원리: 과학기술과 예술의 상보성	15
[그림 II-6] 마르셀 뒤샹, '자전거 바퀴(Bicycle wheel)', 1913	19
[그림 II-7] 존 케이지, '4분 30초', 1952	20
[그림 II-8] 백남준, '자석 TV', 1963	21
[그림 II-9] 한스 하케, 'MoMA 투표', 1970	21
[그림 II-10] 리즈 필립스, 'Echo Evolution', 1999	22
[그림 II-11] 알렉산더 칼더, 'Lobster Trap and Fish Tail', 1939	26
[그림 II-12] 최우람, 'Opertus Lunula Umbra', 2008	26
[그림 II-13] 테오 얀센, 'Opertus Lunula Umbra', 2008	27
[그림 II-14] 다니엘 로진, 'Wooden Mirror', 1999	28
[그림 II-15] 노해울, 'Moveless-white field', 2010	28
[그림 III-1] 연구 절차	35
[그림 III-2] 보기 단계의 과정	44
[그림 III-3] 샴푸 광고	44
[그림 III-4] 카리나 스미글라 보빈스키, 'ADA', 2012	45
[그림 III-5] 카밀 우터백와 로미 아키테르프, 'Text Rain', 1999	46
[그림 III-6] 케이시 밀브랜드, 'CityHEART', 2013	46
[그림 III-7] 과학적 기법이 사용된 작품의 예시	47
[그림 III-8] 체험을 위한 모방 작품의 예시	48
[그림 III-9] 모방작품의 체험 장면	49
[그림 III-10] 버리기 단계의 과정	50
[그림 III-11] 학생들의 창작 작품의 예시	53

ABSTRACT

The Effects of the Interdisciplinary STEAM Programs of Sciences & Arts Based on the Interactive Kinetic Art on the Science Related Attitude of Scientific Talent and Student in General at the Secondary School Level

Song-Hee Moon

This study aimed to verify the effect of the interdisciplinary STEAM program of sciences and arts based on the interactive kinetic art on the science-related attitude of scientific talent and students in general at the secondary school level, and also to examine the effect and possibility of STEAM program more actively reflecting the artistic elements.

'The science & art-based creative production activity(Interactive Art talking with energy)', the interdisciplinary program of sciences and arts developed with the support of the Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity was used for this study. As an activity producing interactive kinetic art works using energy conversion, this program aimed to provide students with opportunities to develop scientific knowledge, artistic sensitivity, and creative thinking by letting them make creative art works based on scientific concepts and principles.

The interdisciplinary STEAM program of sciences and arts based on the interactive kinetic art had statistically significant effect on the improvement of scientific attitude of scientific talent at the secondary school level while it had statistically significant effect on the improvement of scientific attitude and attitude toward science of students in general at the secondary school level, The effect of the program on the group of scientific talent and the group of students in general at the secondary school did not show significant differences.

As an active method of art rather than a simple and superficial conversion,

the STEAM program using interactive art and kinetic art has educational value of use and also has positive effect on the science-related attitude of both scientific talent and students in general at the secondary school level.

Based on the results of this study, it would be necessary to extensively verify more various variables like creative character and creative problem-solving ability, and also to have future researches on the strategic approaches like development/application of STEAM program for many types to practice the customized education by considering various learners' characteristics and demands.

I. 서론

1. 연구의 목적 및 필요성

철학이라는 하나의 학문에서 시작되어 다양한 학문으로 여러 갈래 길을 만들어 수백 년 간 각자의 길을 따라 발전하였지만 이제는 서로 소통하기 어려워졌고, 분야별 발전이 한계에 다다른 상황에서 새로운 사회로 나가기 위한 해법을 융합에서 찾고 있다(김규태, 2012).

우리 정부도 지식기반사회 및 창조경제 시대를 이끌어갈 과학기술인재 육성을 위한 창의적 융합인재 양성을 목표로 두고, 그 추진전략 중 하나로 초·중등학교의 STEAM 교육을 강화하고 있다(교육과학기술부, 2010). STEAM 교육이란 과학, 기술, 공학, 예술, 수학의 내용을 융합하여 가르쳐 학생들의 과학기술에 대한 흥미와 이해력을 높이고 창의적 문제 해결력을 기를 수 있게 하는 교육이다(김진수, 2012). 입시위주의 교육 분위기 속에서 주입식, 암기식 문제풀이 위주의 교육을 받아왔던 우리나라 학생들은 수학과 과학의 성취도는 높지만 학습태도나 흥미, 자발성 등 정의적 지수는 낮게 조사되어 과학기술 교육을 개선해야 된다는 그 동안의 요구가 한국의 STEAM 교육이 도입된 배경이 된 것이다(백윤수 등 2011; 이은적, 2012; 홍승은, 2014).

이런 우리의 교육 문화와 현실을 고려하여 예술의 역할에 무게가 실린 STEAM 교육의 도입은 예술에 내재된 창의적 역량을 이용해 질 높은 융합인재 교육을 제공하여 과학기술에 대한 흥미와 관심을 높이고, 더 나아가 유연한 사고와 풍부한 상상력을 갖춘 미래형 창의인재 양성을 도모하고 해 보려는 의지라 볼 수 있다(태진미, 2011; 김형숙, 2012). 과학과 예술 두 분야의 융합은 과학에는 예술의 상상력을, 예술에는 과학 기술의 아이디어를 제공하면서 서로의 분야를 발전시킬 수 있다. 예술의 역할이 강조된 STEAM 교육이야말로 과학기술에 대한 흥미뿐 아니라 예술적 감수성 및 상상력과 타인에 대한 이해와 배려심을 가진 창의적 융합인재의 성장을 이끌어 내는 원동력이 될 것이다(김남연, 조형숙,

2012; 이은적, 2012).

예술과 타 과목과의 융합에 대한 관심과 기대가 커짐에 따라 STEAM 교육에 있어서의 과학과 예술의 융합에 대한 연구가 증가하고 있고, 현장에 적용할 수 있는 과학·예술 융합 STEAM 교육 프로그램의 개발도 계속되고 있다. 하지만 STEAM 교육에서 예술의 역할의 중요성이 강조되는 것과는 달리 그동안 STEAM 교육에서 예술의 활용은 과학 학습의 결과를 최종적으로 표현하는 정도로서 도구로 이용되는 수준에 머물러 있어(권수미, 2012; 김정호, 안도 교우이치로, 2013; 양승지, 권난주, 2014; 권혁재, 2015) 진정한 의미의 STEAM 교육이 이루어지기 위해서는 적극적인 수준의 예술교육이 제공되어야 한다는 의견이 제기되어 왔다(이에스더, 2013).

김형숙(2012), 권혁재(2015)는 과학과 예술의 연계가 깊어지고 있는 현대미술을 STEAM 교육의 소재로 활용하면 과학과 예술교육이 상보적 관계 속에서 자연스러운 융합을 기대할 수 있다고 하였다. 특히 과학적 사실이나 최첨단 과학 기술을 이용하여 관람객과의 상호작용이 가능하도록 구현하는 인터랙티브 아트나 조형물이 실제적인 움직임을 통해 메시지를 표현하는 키네틱 아트의 경우, 과학과 미술의 융합이 어떻게 예술작품에 표현되는지 가장 잘 보여주는 분야이다(김희영, 2008; 김규연, 2014; 권혁재, 권난주, 2015). 김규연(2014)은 상호작용성을 기반으로 한 넓은 의미의 인터랙티브 아트를 정의하고 다른 예술 형태와 장르와 다른 고유한 특성은 교육적 의의와 교육과정에서 적용의 근거를 찾을 수 있다고 하였다. 정수정(2014)은 움직임을 만들기 위한 과정 속에서 학생들은 여러 분야의 지식을 활용하게 되고 이를 통해 자연스럽게 감성을 갖춘 창의적 융합인재 양성이 가능하므로 교육의 영역에서의 키네틱 아트의 적용의 필요성을 밝혔다.

그런 요구의 반영으로 인터랙티브 아트나 키네틱 아트 등의 현대미술 장르를 STEAM 교육에 활용하는 연구가 최근 많아지고 있고 현대 미술을 활용한 STEAM의 효과를 긍정적으로 보고 있다. 하지만 그 연구들은 프로그램 개발 및 지도 방안을 제안하는 방식이거나 교육적 효과를 보는 측면에서도 측정 변수와 적용대상이 다양하지 않으며 설문을 통해 흥미나 인식을 알아보는 정도로 그치고 있다. 특히 영재를 위한 프로그램의 개발과 효과를 살펴본 연구는 거의 찾아볼 수 없다. 그동안 STEAM 중심의 창의적 융합인재양성의 정책적 중요성을 강

조하고 보편적 확산을 위한 연구와 노력에 비해 다양한 학습자들의 특성과 요구를 고려한 전략적인 논의가 부족하다(태진미, 2014). 안혜란, 유미현(2015)의 연구를 보면, 최근 영재와 관련된 STEAM 교육 프로그램의 연구가 증가하고 있는 추세이지만, 수학·과학 중심의 프로그램이 개발이 대부분이고 예술 중심의 프로그램이 거의 개발되지 않고 있다고 밝혔다.

이에 본 연구는 차별화된 한국형 STEAM 교육 프로그램의 개발과 적용이 필요하다라는 인식에서 예술의 역할의 중요성을 바탕으로, 현대미술의 한 분야인 인터랙티브 아트와 키네틱 아트를 과학과 미술과의 융합이 단순한 표면적 융합에 그치지 않는 적극적인 수준의 예술의 방식 중 하나로 보고, 상호작용성을 가진 인터랙티브 아트와 운동성을 가진 키네틱 아트의 교집합 영역인 인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 과학·예술 융합 STEAM 프로그램을 중등 과학영재들과 중등 일반학생들로 구분하여 적용한 후 과학에 관련 태도 면에서 양적 연구를 통해 프로그램의 효과와 가능성을 살펴보고자 하였다.

2. 연구 문제

이 연구는 2014년 정부의 재원으로 한국과학창의재단의 지원을 받아 개발된 과학·예술 융합형 STEAM 교육 프로그램을 중등 과학영재들과 중등 일반학생들에 적용하여 과학에 관련 태도 변화 탐색을 통해 인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 과학·예술 융합 STEAM 프로그램의 효과를 알아보고자 하였다. 이 연구의 문제는 다음과 같다.

- 첫째, 인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 과학·예술 융합 STEAM 프로그램이 중등 과학영재들의 과학 관련 태도에 어떤 영향을 주는가?
- 둘째, 인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 과학·예술 융합 STEAM 프로그램이 중등 일반학생들의 과학 관련 태도에 어떤 영향을 주는가?
- 셋째, 인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 과학·예술 융합 STEAM 프로그램을 중등 과학영재들과 중등 일반학생들에게 적용했을 때, 과학 관련 태도 면에서 효과의 차이를 볼 수 있는가?

3. 용어의 정의

1) 과학·예술 융합 STEAM 프로그램

송주연(2012)의 연구에서는 과학·예술 통합 활동을 과학 활동에 미술, 음악, 무용, 연극 언어와 같은 예술 장르를 활용한 활동을 의미하였고, 양승지, 권난주(2013)의 연구에서는 과학·예술 융합교육 활동을 과학 학습에 예술의 장르를 활용한 활동으로 보았다. 이를 토대로 본 연구에서는 과학·예술 융합 STEAM 프로그램에 대한 정의를 과학과 예술의 장르들을 융합하여 STEAM 교육 활동을 위해 개발된 프로그램으로 정의하였다.

2) 인터랙티브 아트(Interactive Art)

인터랙티브 아트는 관람자의 참여를 유도하고 그로 인해 유발된 행위를 통하여 과정과 변화를 담아내는 미술을 말한다(이정인, 2006). 김규연(2014)의 연구에서 디지털 아트 영역에 한정된 좁은 의미가 아니라 상호작용성을 바탕으로 비테크놀로지 예술까지 포괄하여 인터랙티브 아트로 보고 인터랙티브 아트는 관객이 작품을 조작하고, 재구성하는 물리적인 개입을 통해 작품의 의미를 만드는 예술 형태로, 작품과 관객 사이에 적극적인 상호작용을 바탕으로 한 쌍방향 의사소통이 일어나는 예술이라고 정의하였다.

3) 키네틱 아트(Kinetic Art)

키네틱 아트는 조형물이 실제적인 움직임을 통해 메시지를 표현하는 예술을 말하며, 실제적인 움직임이란 의도적이고 계획적인 물리적, 역학적인 힘에 의한 지속적인 움직임을 뜻한다(배영애, 2008; 권현재, 권난주, 2015). 키네틱 아트는 움직임이 있는 미술을 말하며, 기존의 회화적인 표현에 그쳐야만 했던 운동의 이미지를 넘어, 움직임 자체가 작품의 본질로 설정된 창의적인 개념이 예술이다(김정현, 2003; 이윤정, 김연희, 2011).

4) 인터랙티브 키네틱 아트(Interactive Kinetic Art)

첨단 과학 기술의 발달로 인간과 기계의 자연스러운 상호작용성이 가능해졌고,

이로 인해 키네틱 아트들도 인간의 움직임에 자연스럽게 반응한 실제적 움직임이 가능해졌다. 키네틱 아트에서 이런 관람자와의 상호작용성에 의한 움직임의 구현은 현재 인터랙티브 아트에서도 가장 큰 관심사가 되었다(김정현, 2003).

김정현(2003)는 인터랙티브 키네틱 아트를 넓은 인터랙티브 아트 안에 포함되며 컴퓨터를 통하여 디지털로 창조되어 디지털 매체를 통하여 구현되는 키네틱 아트라고 하고, 서정미(2010)는 IT기술의 발달로 인터랙티브 미디어아트와 디지털 키네틱 아트가 발전하고 있고, 디지털 미디어 디자이너들의 다양한 시도에 의해 인터랙티브 키네틱한 작업을 보여주고 있다고 하였다.

본 연구에서는 인터랙티브 아트의 관객 참여적 요소의 중요성과 키네틱 아트에서의 물리적 힘에 의한 움직임에 관한 기술적 요소를 집목한 작품, 즉 관객과 작품의 상호작용성을 바탕으로 작품의 움직임의 요소를 동시에 갖는 작품을 인터랙티브 키네틱 아트로 정의하고 비테크놀로지 예술까지 포괄하여 지칭하는 용어로 사용하였다. 인터랙티브 키네틱 아트에서의 움직임은 인터랙션에 의한, 인터랙션의 모습을 시각화한 표현이기에 관객의 참여와 상호작용이 다른 어떤 예술작품보다 중요하다(한국과학창의재단, 2015b).

5) 과학에 관련된 태도

일반적으로 과학의 관련된 태도는 과학적 태도(Scientific Attitude)와 과학에 대한 태도(Attitude Toward Science)로 나누고 있지만, 서로 혼용하여 사용되는 경우가 많다(김보을, 2013). 조준오(2009)는 두 태도의 차이는 태도 대상의 차이에서 비롯되는데, 과학에 대한 태도는 과학자, 과학 관련 취미 활동, 과학 관련 직업 등과 같이 구체적 태도 대상을 가지고 있고, 과학적 태도는 구체적 사물이나 상황이 아니라 개방성, 비판성 등과 같은 가설적 구인이 태도의 대상된다고 하였다. 신정인 등(2013)은 과학과 관련된 태도는 타고나는 것이 아니라 환경과의 접촉을 통해 학습되는 특성이며, 개인이 환경에 대한 반응에 있어서 순간적이고 일시적인 것이 아닌 일관적이고 안정성을 갖고 있다고 하였고, 노유현(2015)도 과학과 관련된 태도는 비교적 지속적이고 안정적이며, 학습에 의해 향상 가능하고 학생들의 과학관련 진로를 선택하는데 중요한 역할을 하기 때문에 교육학적으로 중요하다고 보았다.

(1) 과학적 태도(Scientific Attitude)

과학적 태도는 탐구하는 자세, 과학 정신과 관련된 것으로 문제 해결, 아이디어와 정보의 평가, 의사결정에 있어서의 특별한 접근 방법이라고 정의하였다(김효남 등, 1998). 즉, 과학적 태도란 과학자들이 올바른 탐구수행을 하기 위해 가져야 할 바람직한 속성을 뜻하며(박종욱, 2011), 하위 요소는 호기심, 개방성, 비판성, 협동성, 자진성, 끈기성, 창의성으로 구분하였다.

(2) 과학에 대한 태도(Attitude Toward Science)

과학에 대한 태도는 과학에 대한 취미, 과학 관련 학습 및 과학 실험과 같은 과학에 관련된 구체적 대상에 대해 학생들로 하여금 감정적인 지적 행동적 평가 반응을 나타나게 하는 학습된 정신적 경향성으로 정의하였다(이경훈, 우종욱, 1996). 하위요소는 과학 탐구에 대한 태도, 과학적 태도의 수용, 과학 수업의 즐거움, 과학에서의 여가 활동, 과학 관련 직업의 선호로 구분하였다.

4. 연구의 제한점

본 연구의 수행의 제한점은 다음과 같다.

첫째, 본 연구는 J대학교 부설 영재교육원 중등 과학영재 24명과 O중학교의 프로그램에 참여를 희망한 일반적인 학생 30명을 대상으로 이루어져 있기 때문에 연구 대상의 반응을 일반화시키는 데에는 한계가 있다.

둘째, 과학·예술 융합 STEAM 프로그램은 10차시에 걸쳐 짧은 기간 동안 이루어졌기 때문에 장기간에 걸쳐 나타날 수 있는 교육적 효과를 검증하고 비교하는데 한계가 있다.

셋째, 연구대상들의 다양한 변인에 대해 통제가 이루어지지 못하였다. 개인적, 사회적 경험의 특성, 학습 환경의 차이 등이 연구 결과에 영향을 고려하지 않아 프로그램의 효과를 검증하는데 다소 무리가 있다.

II. 이론적 배경

1. STEAM 교육

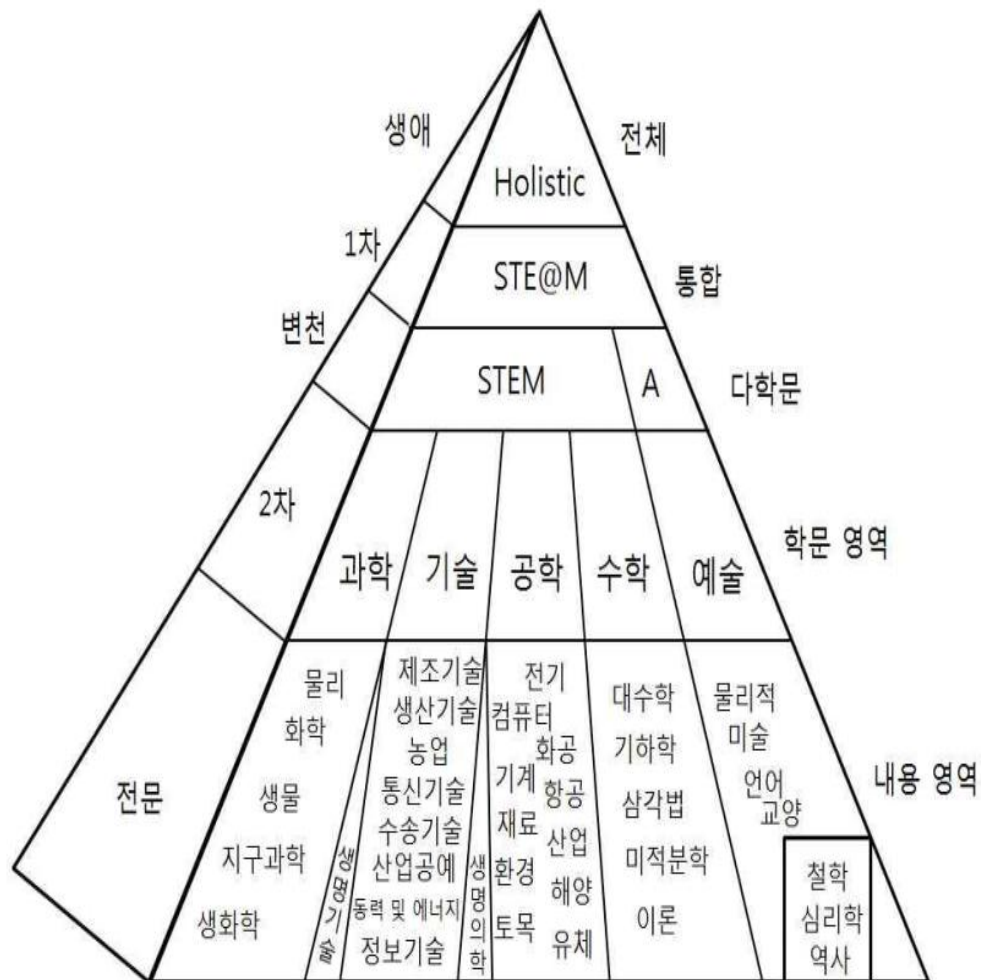
1) STEAM 교육의 등장

미국의 경우 최근 베이비붐 세대들의 은퇴 시기가 오면서 기술 공학계의 인력 공백이 예상되는 가운데 학생들의 수학, 과학 분야의 성취도가 떨어지고 STEM 관련 분야의 전공자가 감소하고 있어 국가 경쟁력을 상실할 수도 있다는 위기에 직면하고 있어 이런 문제들을 해결하기 위한 방안으로 STEM 교육을 통한 과학·기술 교육의 개혁을 강조하고 있다(김자림, 2012). 미국 초·중등학교 STEM 교육은 국가 과학기술 경쟁력과 개인의 삶의 질 향상을 위해서 학생들의 STEM에 대한 호기심 및 흥미를 자극하고 영감을 부여하여, STEM 과목에서 높은 수준의 실력을 키우는 것을 목표로 삼고 있다(백운수 등, 2011).

STEM 교육의 진화된 개념인 STEAM 교육은 2006년에 미국의 버지니아 공대 출신의 Yakman의 제안에 의해 시작되었다. 기존의 STEM 교육에 예술이 추가된 것으로 STEM 교육의 결과가 개인의 창의성으로 발현될 수 있도록 하기 위해 예술적 교육 기법을 접목하고자 하는 것이다. Yakman은 STEAM 교육에 대한 이해를 돕기 위해 [그림 II-1]과 같은 STEAM 교육의 피라미드 모형을 제시하였다. 이 모형에는 과학, 기술, 공학, 수학, 예술의 내용 영역이 제시되어 있는데 특히 예술은 미술과 음악을 말하는 좁은 의미의 예술의 분야만을 말하는 것이 아니라 역사, 철학, 심리학, 언어예술 등도 포함하는 넓은 분야를 의미하고 있다. 내용전문교육 단계, 학과 전문 교육단계, 다학문 교육단계, 통합교육단계, 평생교육단계로 5개의 단계로 되어 있고, 위로 올라갈수록 통합의 정도가 심화되고, 아래로 내려올수록 각 분야별 전문적이고 세부적인 수준의 내용을 다루게 된다. 결국 STEAM 통합교육은 전인 교육을 목표로 하고 있다(김진수, 2012).

우리나라도 그동안 과학기술교육이 가진 문제들을 해결하고 전문적인 과학기술 인력을 확충할 수 있는 방향으로 전환하기 위해 노력해 왔는데, 2011년 교육

과학기술부의 업무보고에서는 창의인재와 선진과학기술로 여는 미래 대한민국을 위한 6대 중점 과제중 하나인 세계적 과학기술인재 육성을 위한 방법으로 초·중등 STEAM 교육 강화를 발표하였다. 세부 사항으로는 초·중등학교에서부터 과학기술에 대한 흥미와 이해를 높이고 문제해결 능력 및 융합적 사고를 배양할 수 있도록 학습 내용을 재구조화 하고, 과목 간 연계를 강화 및 예술적 기법을 접목하도록 하였다(교육과학기술부, 2010). 이를 바탕으로 한국과학창의재단에서는 2011년 6월에 STEAM 교육의 명칭을 융합인재교육으로 공모를 통해 선정하고, 융합인재교육(STEAM)의 이론적 토대를 갖추고 프로그램 개발 및 현장 적용을 통해 한국형 STEAM 교육 확산을 위해 노력하고 있다(김진수, 2012).

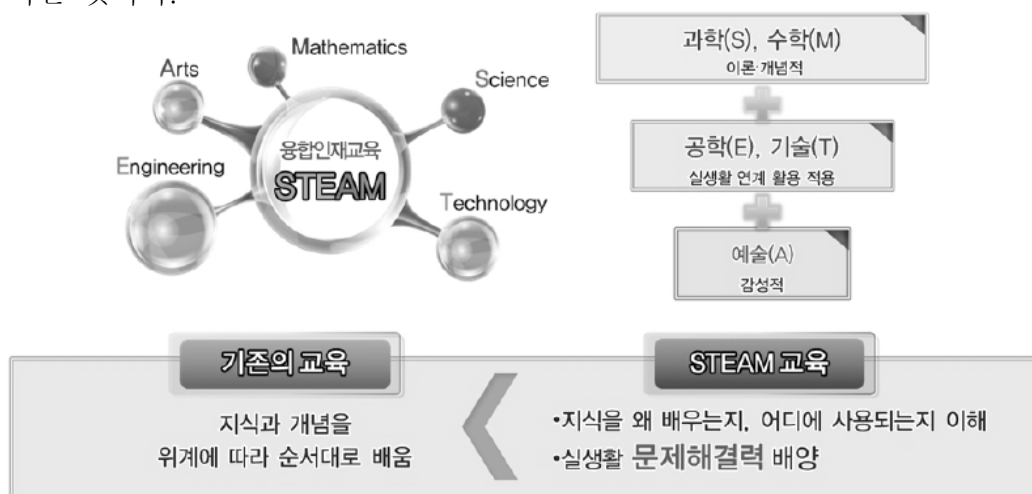


[그림 II-1] Yakman의 STEAM 교육 피라미드 모형(하주일, 김경수, 2014).

2) STEAM 교육의 정의

STEAM 교육은 연구자들마다 다양하게 정의되고 있다.

교육과학기술부(2011)는 융합인재교육(STEAM)은 과학기술에 대한 학생들의 흥미와 이해를 높이고 과학 기술 기반의 융합적 사고와 문제해결력을 배양하는 교육이라고 하였다. [그림 II-2]은 교육과학기술부(2011)가 발표한 융합인재교육(STEAM)의 개념을 도식화 한 것이다. 과학 및 수학의 이론 및 개념을 공학과 기술로 실생활에 연계하여 활용하되 예술을 이용한 감성적 체험을 할 수 있도록 하는 것이다.

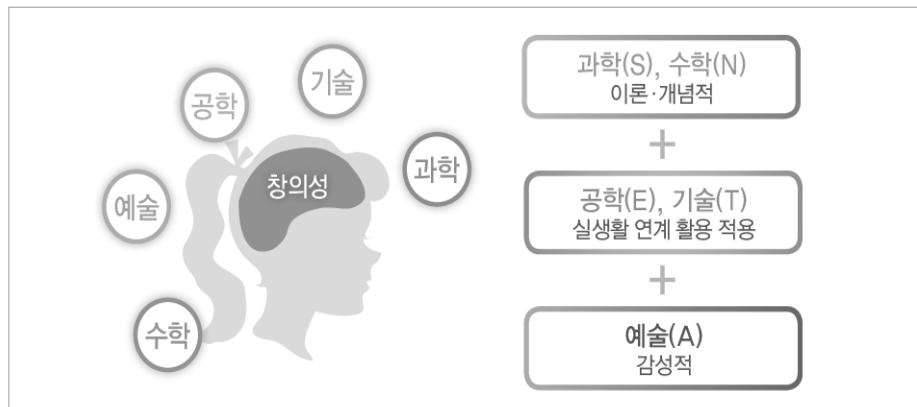


[그림 II-2] 융합인재교육(STEAM)의 개념도(교육과학기술부, 2011).

김진수(2012)는 STEAM 교육이란 과학, 기술, 공학, 예술, 수학의 내용을 융합하여 가르침으로써 과학기술에 대한 학생들의 흥미와 이해력을 높이고 창의적 문제 해결력을 기를 수 있는 교육이라고 하였다.

백윤수 등(2012)는 STEAM 교육이란 다양한 분야의 융합적 내용을 창의적 설계와 감성적 체험을 통해 과학기술과 관련된 다양한 분야의 융합적 지식, 과정, 본성에 대한 흥미와 이해를 향상시켜 창의적이고 종합적으로 문제를 해결할 수 있는 융합적 소양을 갖춘 인재를 키우는 것이라고 하였다.

한국과학창의재단(2015)은 과학·수학의 개념과 원리를 이용해 뼈대를 만들고 공학과 기술을 통해 실생활과 연계되는 문제를 해결하도록 유도하며, 한걸음 더 나아가 예술적인 요소를 더하여, 학생들의 감성 및 창의성을 일깨우는 교육이라고 하였다. [그림 II-3]은 한국과학창의재단(2012)이 제시한 STEAM 교육의 개념도이다.



[그림 II-3] STEAM 교육의 개념도(한국과학창의재단, 2012).

3) STEAM 교육의 학습준거틀

정립된 지식이나 개념을 위계에 따라 순서대로 가르치고, 학생들은 수동적으로 습득하는 기존의 교육 방식과는 달리 STEAM 교육 방법은 이론이나 개념을 실생활과 연결하여 이해하고 스스로 문제 해결의 방법을 찾을 수 있도록 유도하여 자연스럽게 창의적 사고력이 형성되도록 해야 한다(조향숙 등, 2012).

이를 위해 교육과학기술부와 한국과학창의재단은 2012년 융합인재교육 실행방향 정립을 위한 기초연구에서 STEAM이 지향하는 목표를 효율적으로 달성하기 위한 도구로써 STEAM 교육의 학습준거틀을 제시하였다(한국과학창의재단, 2015a).



[그림 II-4] STEAM 교육의 학습준거틀 (한국과학창의재단, 2015a).

STEAM 교육의 학습준거틀은 [그림 II-4]에 나타난 것과 같이 상황제시, 창의적 설계, 감성적 체험의 3단계로 순차적으로 진행된다. 우선, 상황제시 단계에서

는 대상 학생이 구체적으로 문제를 해결해야 할 필요성을 느끼게 하고, 창의적 설계 단계에서는 문제 해결 방식을 스스로 결정하고 탐구하게 하여, 마지막으로 감성적 체험 단계에서는 해결의 성취감과 성공의 기쁨을 통해 새로운 문제에 도전하겠다는 열정이 생기도록 한다. 이 단계들을 거치면서 학생들은 과학기술 분야의 흥미를 갖게 되고 동기 부여가 될 것이다.

<표 II-1> STEAM 교육의 학습의 준거와 그 하위요소(한국과학창의재단, 2013).

학습 준거	하위 요소	
상황 제시	흥미·관심	학생이 눈높이에 맞고 흥미를 느낄 수 있는 구체적인 상황
	실생활 연계	학생이 자신의 문제로 인식하여 몰입할 수 있는 실제 상황
	스토리텔링	전체 프로그램을 하나의 일관된 이야기로 이끌어 가는 장치
창의적 설계	창의성	학생의 아이디어와 발상을 프로그램에 반영하도록 설계 학생 스스로 문제의 해결 방법을 제시하도록 설계
	학습자 중심	교사가 가르치는 지식 전달식 수업이 아니라 활동을 통해 학생 스스로가 개념을 깨치고 과정을 체득하도록 설계
	다양한 산출물	학생(모둠)마다 서로 다른 해결방법과 접근법을 제시하여 서로 다른 산출물이 나오도록 설계
	협력학습	협력하여 문제를 해결하고 결과를 도출하도록 설계
감성적 체험	성취감	학습자가 문제를 해결하였다는 성공의 경험
	도전의식	연계된 활동 및 새로운 문제에 도전
	피드백	교사 및 학습자 자신, 동료 학습자간의 평가, 칭찬, 보상

<표 II-1>는 STEAM 교육의 학습의 준거와 그 하위요소에 대한 내용을 정리한 것이다. 한국과학창의재단(2015a)과 조향숙 등(2012)이 소개한 각 단계별 특징은 다음과 같다.

상황제시 단계는 해결해야 할 과제를 학생들이 자신과 연관된 문제로 인식하도록 하여 학습 활동에 집중하고 몰입하게 만든다. 기존 학습의 도입부에 교사들이 동기유발 상황을 제시하였지만 STEAM 수업의 도입에서는 수업 전체를 포괄하는 상황을 제시해야 한다.

창의적 설계 단계에서는 주어진 실생활 관련 문제의 최선의 해결책을 스스로 찾아가면서 문제 해결력을 배양한다. 실생활에서 주어진 문제는 이론적인 지식으

로만 해결하기 어렵기 때문에 문제해결방식은 ‘왜?’에 답하는 과학의 방식이 아니라 ‘어떻게?’에 답하는 공학에 방식이 더 적합하다. 그리고 창의적 설계 과정을 거치면 여러 학문들의 지식들이 자연스럽게 융합이 될 것이다.

감성적 체험 단계는 학생의 흥미와 동기부여를 하게 된다. 창의적 설계 단계 이후 문제 해결이 이뤄지면 학생들은 성공의 기쁨을 느끼게 되어 새로운 문제에도 도전하게 한다. 학생 활동의 성과에 대한 보상이나 격려를 하면 학생들의 감성적 체험을 더욱 강화할 수 있다.

STEAM 교육의 학습 준거는 STEAM 교육을 현장에 적용 시킬 가이드라인 및 프로그램을 개발할 때 기준 틀이 되어 줄 것이다(조향숙 등, 2012).

4) STEAM 교육의 수업의 설계를 위한 준거틀

STEAM 수업을 진행할 때는 STEAM 교육의 지향점에 적합하게 이루어지고 있는지에 대한 점검이 필요하다. 그러나 아직 검증된 STEAM 평가 도구가 개발되지 않았기 때문에 STEAM의 취지에 부합하는 관점으로 평가 기준을 마련해야 한다(한국창의재단, 2015a). 그 필요성에 의해 박현주 등(2012)은 STEAM 교육의 구성요소와 수업 설계를 위한 준거 틀을 개발하였고, 백윤수 등(2012)도 감성적 체험에 비중을 두어 STEAM 수업 기회/설계를 위한 체크리스트를 개발하였다. 이런 연구들을 바탕으로 한국창의재단(2015a)는 ‘눈에 보이는 STEAM 교육’이라는 가이드북에 창의적 설계를 강조하며 STEAM 교육의 수업 평가 문항을 만들어 본래의 취지에 맞도록 수업이 진행되었는지 확인할 수 있도록 하였다. STEAM 교육의 목표 달성을 위해 학생들이 낮은 단계라도 지식 창출 과정을 스스로 경험해야 하기 때문에 창의적 설계의 평가가 제대로 이뤄져야 한다고 하였다.

STEAM의 기본 개념과 핵심 요소를 파악했다 하더라도 학교 현장에서 운영되는 다양한 프로그램들이 STEAM의 특성에 부합하는지를 판단하기는 쉽지 않다. 교사들이 학교 현장에서 STEAM 수업을 설계할 때는 다음의 체크리스트를 확인하고 STEAM 요소가 제대로 반영되었는지 항목별로 판단하는 것이 좋다(한국창의재단, 2015a). <표 II-2>는 STEAM 교육이 수업평가를 위한 체크리스트를 나타낸 것이다.

<표 II-2> STEAM 교육의 수업평가를 위한 체크리스트(한국과학창의재단, 2015a).

구분	요소	세부 설명	
STEAM 목적	융합인재양성	융합형 인재 양성 목적에 부합하는가?	
	학습흥미증진	학생의 과학기술에 대한 흥미를 높이도록 설계되었는가?	
STEAM 개념	실생활 연계	실생활속의 과학기술과 연관된 주제인가?	
	융합적 사고력 배양	학생의 융합적 사고력을 배양하도록 프로그램이 설계되었는가?	
상 황 제 시	실생활 연계	학생들이 실생활에서 해결해야 할 문제 상황으로 제시하고 있는가?	
	흥미와 몰입	학생이 흥미를 느낄 수 있는, 학생의 눈높이에 맞는 구체적인 상황인가?	
S T E A M 학 습 준 거 틀	창의성	문제 해결을 위해 학생들이 해결방법을 고안하는 창의적 설계과정이 명확히 드러나 있는가?	
	창의적 설 계	학습자 중심	놀이 및 경험 중심의 활동으로 구성하고, 학생들이 직접 구상하고 고민하는 과정이 있는가?
	산출물 (아이디어)	창의적 설계의 결과 학생마다(모둠마다) 다양한 산출물(혹은 아이디어)이 나오도록 구성되어 있는가?	
	도구활용	일상생활에서 사용하는 기기를 활용하여 문제를 해결하도록 설계하였는가?	
	감 성 적 체 험	문제해결	상황제시에 제시한 문제를 학생들이 해결하여 성공의 기쁨을 경험할 수 있는 내용이 제시되어 있는가?
협력학습		협력을 통해 문제를 해결하고 결과를 도출할 수 있도록 설계되어 있는가?	
도전의식		문제해결과정을 통해 새로운 과제에 도전할 수 있도록 안내되어 있는가?	
STEAM 평가	세부관점	<p>학습자가 문제를 해결하였다는 성공의 경험을 평가할 수 있도록 하였는가?</p> <p>학생 평가에서 다양한 산출물(아이디어)을 평가하였는가?</p> <p>결과중심 평가가 아닌 과정 중심의 평가가 이루어지도록 하였는가?</p>	

5) STEAM 교육에서의 예술

(1) 과학기술과 예술의 상보성

김수현(2012)은 예술적 창의성이 과학 분야의 창의성과 구별되는 주요한 특징은 허구 또는 미적 가상을 산출한다는 점이라고 하였다. 보통 예술의 주관성은 과학의 객관성과는 서로 양립할 수 없는 것으로 받아들여진다. 김왕동(2011)도 <표 II-3>에서처럼 두 분야의 창의성을 구분하여 비교하였다.

<표 II-3> 과학기술의 창의성과 예술의 창의성(김왕동, 2011).

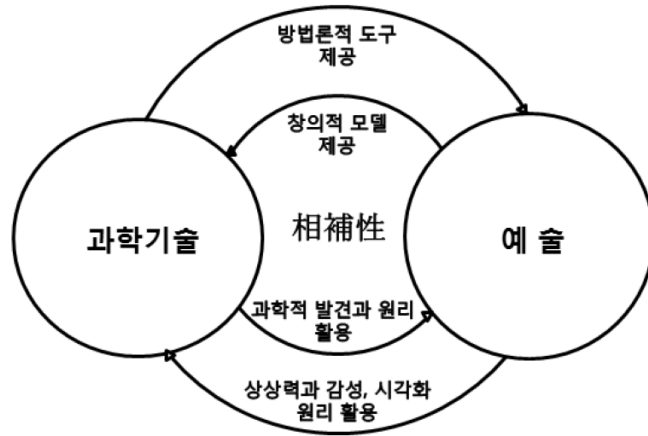
구분	예술 창의성	과학기술 창의성
공통 요소	상상력, 관찰력, 독창력, 사고·구상력	
계기	아름다움, 감성, 즐거움, 감상 등	불가사의, 의문, 필요 등
창조세계	미와 마음의 세계, 자기 세계	현실적이고 구체적·객관적인 세계
추구대상	미, 인간의 내면, 자기세계	물질적, 현상적인 사실, 이론
창조물	미, 마음(정신)	물질, 법칙
창조수단	예술언어의 구성·표현, 개인기	수리(數理)의 구성, 실험, 과학기술
방법	총체적, 추상적, 단독적	분석적·발전, 진보적
효과	정신적·문화적 풍요로움, 즐거움	현실세계의 향상, 편리성, 쾌적성
필수능력	예술적 표현력, 상상력, 독창력	지식, 이론적 사고력, 독창력

하지만 이런 차이점에도 불구하고 과학과 예술에서 새로운 것을 추구할 때 창의적 과정에서 유사성과 연관성을 찾을 수 있으며, 과학과 예술의 상보성이 존재한다(정수정, 2014; 홍성욱, 2005; 원용준, 2012; 김왕동, 2012).

인간은 자신이 경험한 세계를 외부로 표현하고자 하는 욕구를 갖고 있다. 이런 욕구는 미적 추구라는 동일한 목표를 가지고 미술, 음악, 무용 등 다양한 형태의 예술 장르로 표현된다. 인간의 의식과 마주한 경험은 미적 체험의 시작이며 그 완성품은 곧 예술이 된다. 예술의 본질이 각 학문의 기저를 이루고 있으며 인간을 성장시키는 교육의 모태는 예술을 터전으로 하고 있다(이에스더, 2013). 홍성욱(2005)은 과학과 예술 모두 재현을 추구한다는 공통점을 가지고 있어, 이 것이 과학과 예술의 중요한 접점을 제공하다고 하였다. 과학은 예술의 새로운 재현 때

체를 제공하거나, 예술을 기록하는 새로운 방법을 제공하기도 하고 예술도 과학의 새로운 재현 기법을 제공하거나 과학의 대중화를 돕는 등 서로에게 영향을 주면서 상호작용이 이루어진다고 하였다.

김왕동(2011)은 창의적 융합인재의 유형을 과학과 미술의 융합의 관점에서 세분화하였고, 과학기술과 예술의 상보성을 창의적 융합인재의 성장원리로 보았다. 그리고 과학은 예술에 방법론적 도구를, 예술은 과학발전에 창의적 모델을 제공하여 상호 촉진시키는데 이를 과학기술과 예술의 상보성이라고 하였다. [그림 II-5]는 과학기술과 예술의 상보성을 나타낸 것이고, 과학기술은 예술의 시각화 원리 및 상상력과 감성을 활용하고, 예술은 과학기술의 과학적 발견과 원리를 활용하는 것을 나타내었다.



[그림 II-5] 창의적 융합인재의 성장 원리: 과학기술과 예술의 상보성(김왕동, 2012).

(2) STEAM 교육에서의 예술의 역할

미국에서 실시되는 STEM 교육에 단순히 예술 요소만을 추가해 STEAM 교육이 된 것은 아니다. 백윤수 등(2012)은 STEM-A와 STEAM을 구분하여 설명하였는데, STEM-A는 예술을 통해 STEM 소양을 증진하려는 것이고, STEAM은 예술을 도입하여 STEM의 관련성을 확대하는 것으로 그 특징을 구분하였다.

미국은 이미 수학, 과학, 공학, 기술의 각 교과에 예술 요소와 인문 지식이 풍성하게 녹아있다는 점은 단편적 지식이나 개념을 일방적으로 전달해 왔던 우리

의 교육과는 다르다(한국과학창의재단, 2012). Yakman의 STEAM교육은 예술의 융합을 통해 과학기술에 대한 학생들의 흥미와 관심을 높여 과학기술분야의 우수한 인재를 양성하는 것을 목표로 두었다면, 한국의 STEAM 교육의 의미는 수학, 과학, 기술, 공학 교과목 자체의 목표 보다는 이를 통한 창의성, 문제해결력, 융합소양을 더 강조하는 경향이 보인다(강갑원, 2015). 한국의 STEAM 교육의 도입은 예술에 내재된 창의적 역량을 이용해 질 높은 융합인재 교육을 제공하여 과학기술에 대한 흥미와 관심을 높이고, 더 나가 유연한 사고와 풍부한 상상력을 갖춘 미래형 창의인재 양성을 도모하려는 의지라 볼 수 있다(태진미, 2011; 김형숙, 2012). 김정효(2013)는 과학기술에 대한 흥미뿐 아니라, 타인에 대한 이해와 배려심 등의 인성과 예술적 감수성 및 상상력을 가진 창의적인 인재를 양성하는 것을 목표로 하고 있는 점에서 한국형 STEAM 교육의 독자성이 있다고 보았다. 한국의 STEAM 교육은 미국이나 다른 나라와는 차별화된 접근을 시도하고 있다고 할 수 있다(김소현, 2013). 한국형 STEAM 교육이 다른 나라의 STEM 이나 STEAM 교육과 차별화하여 독자적으로 발전해가는 교육정책이 되기 위해서는 무엇보다도 예술에 대한 깊은 이해를 통해 STEAM 교육에서 그 역할에 대한 고민이 우선되어야 할 것이다(태진미, 2011).

하지만 그동안의 STEAM 교육은 예술의 의미를 깊게 고려하지 않고, 그 역할을 과학적 사고를 최종적으로 표현하는 도구에 한정하고 있었다(김정효, 안도 교우이치로, 2013). 김희경(2014)은 STEAM 교육의 본질적인 목표인 학생들의 창의력과 직관력을 개발시키기 위한 효율적인 접근하기 위해서는 그동안 수학·과학이 중심이 되어온 STEAM 교육 연구에 예술분야도 보다 적극적으로 참여해야 한다고 하였다.

STEAM 교육에서 예술의 역할을 강조하는 선행연구들에 의하면 STEAM 교육에서 예술의 융합이 가지는 교육적 의의는 크게 3가지 정도로 제시되고 있다.

첫째, 예술 융합 STEAM 교육은 학생들의 STEM 과목의 흥미와 학업 동기를 유발하여 학업성취도를 높일 수 있다. 이지선(2014)은 지식 위주의 교육으로 학생들이 학습에 흥미를 잃고 성취도 수준이 떨어지고 있는 상황에 예술교육이 해결책이 될 수 있다고 하였다. 박현주, 백윤수(2012)는 예술 활동에 의한 감성적 체험은 학습에 대한 흥미나 동기의 향상 뿐 아니라 능동적이고 자기 주도적 학

습 능력의 향상에도 기여할 것이다. 더 나가 김형숙(2012)은 학생들에게 STEM 분야에 흥미와 관심을 가질 수 있도록 하여 과학 기술 분야의 진로 결정에도 도움을 줘 산업기술의 발달에도 큰 도움이 될 것으로 보았다.

둘째, 예술 융합 STEAM 교육은 학생들의 인격형성에 긍정적 영향을 미친다. 이지선(2014)은 예술 활동을 통해 부정적인 정서를 건전하게 다루는 방법을 터득하고, 미디어 발달로 점차 개인화 되가는 사회 속에서 예술 활동을 통해 긍정적인 공동체를 경험함으로써 개인의 인성 발달에 공헌한다고 보았다. 백윤수 등(2011)는 예술교육을 통해 학생들이 자신의 생각을 스스로 디자인하고, 서로 의견 교환을 통해 타인의 경향을 이해하고 서로 다름을 인정하고 조화를 이루려는 과정을 통해 인성교육이 가능하다고 하였다. 백윤수 등(2012)은 예술의 역할을 재미, 감성, 열성, 자긍심, 감성순화, 실천, 배려, 다양성 등을 제시하며 이를 통해 바른 인성이 함양된다고 하였다. 이에스더(2013)는 예술교육을 이용하여 자신의 생각과 가치를 스스로 발견하고, 타인이 생각과 표현을 이해하고 노력하는 것을 도와야 한다고 하였다.

셋째, 예술 융합 STEAM 교육은 창의적 융합 인재 양성에 기여할 수 있다. 김왕동(2012)은 과학기술과 예술의 상보성이 존재하여 두 분야 사이의 상호 촉진 과정이 일어나고 이를 통해 창의적 융합인재의 성장이 가능하다고 보았다. 김남연, 조형숙(2012)은 과학과 예술 두 분야의 융합은 과학에는 예술의 상상력을, 예술에는 과학 기술의 아이디어를 제공하여 상보적 관계 속에 서로의 분야를 발전시키고, 그 과정에서 창의적 융합인재의 성장을 이끌어 내는 원동력이 된다고 하였다. 백윤수 등(2011)도 예술교육을 통해 학생들이 정형화된 틀과 규칙에 얽매이지 않는 방식으로 문제를 해결하면서 이를 통해 학생들의 창의력과 혁신적이며 적극적인 태도 함양에 도움을 줄 수 있다고 보았다. 김희경(2014)은 예술적 감성이 첨단 기술과 융합되어 만들어내는 창의 사업의 부상을 보면 이제 예술교육의 의미를 교양이나 인성함양의 차원을 넘어서 새로운 시대를 주도할 미래창의인재를 키우기 위한 핵심 교육으로 봐야 한다고 하였다.

2. 상호작용성을 바탕으로 한 인터랙티브 아트의 이해

현재 진행 중인 동시대성을 지닌 미술의 특징을 명확하게 하나로 정의하기는 어려워 인터랙티브 아트 또한 디지털 아트에 포함된 좁은 의미의 개념으로 보기도 하고 디지털 아트를 포함하는 넓은 의미로 보기도 한다(김규연, 2014).

김은영(2010)은 상호작용을 전면에 내걸고 거기에 초점을 맞추고 있는 디지털 아트 내의 인터랙티브 아트의 경우는 전통적인 미술에서 보이는 작품과 관객과의 소극적인 상호작용성과는 현저히 다르기 때문에 그에 대한 논의가 디지털 아트라는 커다란 범주에서부터 시작 되어야 한다고 하였고, 견재기, 정지홍(2006)의 연구에서도 예술작품에 인터랙티브한 기능을 부여하는데 디지털 미디어 기술의 발달이 결정적인 역할을 했기 때문에 인터랙티브 아트는 디지털 환경과는 분리시켜 설명하기 어려움이 있다고 하였다.

김현진(2005)는 ‘현대미술의 상호작용성’ 연구에서 디지털 미디어 기술의 발달이 관객의 참여를 극대화 시킨 것은 인터랙티브 아트의 성과이긴 하지만 기술적 구현만이 지나치게 강조되거나, 관객과의 상호작용을 위해 이용되는 기술적 장치들이 오히려 관객과 작품과의 소통의 장애물이 된다고 하였다. 이런 문제의 해법은 인간과 인간과의 소통의 문제를 더욱 심도 있게 고민하는 과정을 보여줄 수 있는 비테크놀로지 인터랙티브 아트에서 찾을 수 있다고 보고, 인터랙티브 아트의 범위를 비테크놀로지 작품까지 확장해 정의하였다(정소연, 2012). 김규연(2014)도 물리적 기준이나 장르적 구분이 아닌 소통적 상호작용성을 갖추었는가를 기준으로 그 범위를 정해야 한다고 하고 인터랙티브 아트란 관객의 참여를 적극적으로 받아들여 작품과 관객 사이에 작용-반작용이 일어나고 그 결과로 작품이 변화되는 과정까지 포함하여 작품의 의도를 완성하는 예술의 한 형태로 정의하였다.

1) 인터랙티브 아트로의 미술사적 전개

상호작용성의 핵심이 되는 관객 참여나 작품과 관객과의 소통은 디지털 미디어가 등장하기 전부터 논의되어 온 주제였다. 회화나 조각 등의 전통적 예술의 시각에 의한 감상이라는 정서적 상호작용이 존재하였고, 감상에 머물렀던 소통의

방식은 작품을 작동하고 반응하는 것으로 확대되어, 사고에 의한 조작과 심리적, 신체적으로 참여하는 개입의 과정을 거쳐 작품을 변형하고 재구성하는 방식으로 점차 발전되었다(김현진, 2005). 다음은 작품과 관객의 소통방식에 따른 상호작용의 수준이 감상, 작동, 반응, 조작, 개입, 변형과 재구성으로 변해감에 따른 예술의 유형을 분류하고, 인터랙티브 아트의 흐름을 살펴보고자 하였다.

(1) 작동의 단계; 키네틱 아트

[그림 II-6]은 마르셀 뒤샹(Marcel Duchamp)의 작품인 ‘자전거 바퀴(Bicycle wheel)’(1913)이다. 이 작품은 의자 위에 자전거 바퀴가 고정되어 있고 관객이 직접 바퀴를 돌리게 되어 있다. 관객을 작품의 일부로 받아들이는 인터랙티브 아트의 선구적인 예로 평가받고 있다. 이후 1950-60년대의 키네틱 아트는 관객의 신체적 동작에 의해 작품이 움직임이 촉발되는 단순한 작동의 형태의 초보적인 상호작용 양상을 보이며 인터랙티브 아트의 시초가 되었다. 작동의 형태의 관객의 참여는 예측 가능한 제한된 형태로 짧은 순간에 이뤄지고 그로 인해 작품 자체가 변형되지 않는 특징을 갖고 있다(김현진, 2005; 정소연, 2012; 김규연, 2014).



[그림 II-6] 마르셀 뒤샹, ‘자전거 바퀴(Bicycle wheel)’, 1913.

(2) 반응의 단계; 해프닝과 퍼포먼스

해프닝과 퍼포먼스는 개방된 공간에서 정형화된 형식 없이 우연적이며 즉각적인 행위를 통해 특별한 상황을 연출하는 것으로 관객의 반응까지 작품에 담아낸

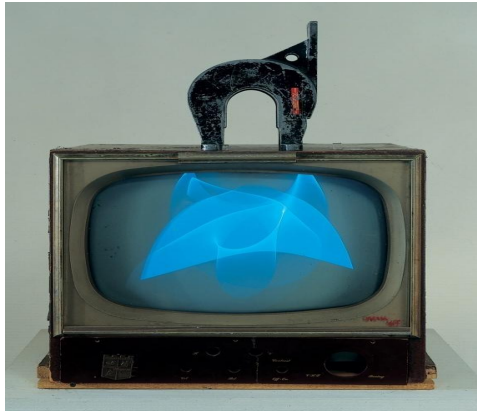
다. 앨런 카프로우(Allan Kaprow)의 ‘18 Happenings in 6 Part’(1959)에서 관객들은 세 부분으로 나누어진 공간 안에서 공을 던지거나 음악을 틀거나, 단순한 몸 동작을 연출하면서 작품의 부분으로서의 역할을 수행한다. 이는 광범위한 대중을 작품에 참가시킨 최초의 시도로 보고 있다(김현진, 2005). 존 케이지(John Cage)의 ‘4분 33초’(1952)도 관객이 참여를 전제 한 작품이다. [그림 II-7]에서처럼 연주자가 피아노 앞에서 4분 33초 동안 어떠한 연주도 하지 않고 가만히 앉아있다 일어나는 데 그것을 지켜보는 관객들의 기척이 음악이 된다(김유연, 2014). 이 작품들은 관객의 반응을 이끌어 내고 관객의 반응이 작품의 한 부분이 된다(김현진, 2005).



[그림 II-7] 존 케이지, ‘4분 30초’, 1952.

(3) 조작의 단계; 비디오 아트

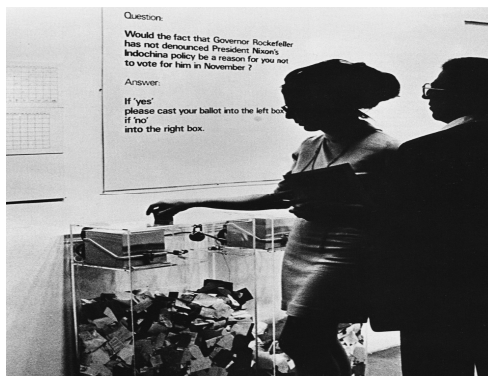
비디오 아트에서부터 예술과 기술의 만남을 통해 작품과 관객의 본격적인 상호작용이 이루어졌다. 비디오 아트의 효시로 평가되고 있는 백남준의 ‘자석 TV’(1963)는 그 첫 번째 시도로 평가받는다. [그림 II-8]와 같이 관객은 TV 수상기 위에 놓인 커다란 자석을 만지고 조작하면서 화면 속에 원하는 이미지를 만들어 낸다. TV라는 일방적 송신매체를 이용한 관객의 참여는 작품의 조작으로 확대되었다. 작품은 호기심을 유발하여 관객을 유인하고 관객은 사고과정을 거쳐 작품을 조작하여 작품에 참여하게 된다(김현진, 2005).



[그림 II-8] 백남준, '자석 TV', 1963.

(4) 개입의 단계; 설치미술

20세기 후반에 등장한 설치미술은 대부분 반(反)미술관적 태도에 바탕을 두고 장소의 한계를 넘어 사회적인 공간까지 예술을 확장시켰고, 공간의 의미를 창조하여 작품과 관객과의 적극적인 소통의 공간을 형성한다(김규연, 2014). 한스 하케(Hans Haacke)의 작품인 'MoMA 투표'(1970)는 [그림 II-9]과 같이 사회적 질문을 관객들에게 던져 관객들은 의견을 투표하여 자신들의 인식을 모으는 과정을 통해 작품의 의미를 완성시키는데 이는 관객을 포함한 환경과 작품 그리고 작품의 의미를 분리할 수 없는 하나의 맥락으로 인식한 것이다(김규연, 2014). 설치미술은 예술과 일상이 만나는 현장을 관객과 소통하는 공간으로 확장시켜 새로운 공간에 대한 의미를 예술적 체험 속에 포함시켜 관객의 육체적, 심리적 참여를 이끌어내고, 실제적 공간에 관객이 능동적으로 참여하여 적극적인 소통의 장이 만들어져 관객이 작품에 직접 개입하게 된다(정소연, 2012).



[그림 II-9] 한스 하케, 'MoMA 투표', 1970.

(5) 변형과 재구성 단계; 뉴미디어 아트

20세기 후반에 접어들어 기술이 비약적으로 발전하며 디지털 미디어가 확산됨에 따라 인터넷, 가상현실 등과 접목된 새로운 차원의 인터랙티브 아트들이 등장하게 되었다. 리즈 필립스(Liz Phillips)의 작품인 ‘Echo Evolution’(1999)에서는 [그림 II-10]과 같이 관객이 움직임에 따라 빛이 궤적을 따라 그리도록 만들어져, 작품과 관객 간 실시간, 쌍방향 소통을 가능하게 한다(김규연, 2014). 디지털 기술은 인간과 기계간의 자연스러운 상호작용으로까지 소통의 기술을 확대시키고, 이를 적극 수용하려는 노력을 통해 미술은 관객과의 소통을 더욱 확장해 나감으로써 뉴미디어 아트에서는 작품에 변화를 주는 수준을 넘어 관객이 작품을 직접 변형하고 재구성하는 단계에 이르게 된다(김현진, 2005).



[그림 II-10] 리즈 필립스, ‘Echo Evolution’, 1999.

이와 같이 관객이 소통 방식은 미술양식의 변화에 따라 감상, 작동, 반응, 조작, 개입, 변형 및 재구성의 여섯 단계로 점차 넓혀가게 되었다. 미술 유형에 따른 관객의 소통방식의 변화와 그에 따른 특징은 <표 II-4>에 제시하였다.

작품 속에 포함되거나 작품에 변화를 불러오는 방식의 관객의 참여는 특히 현대미술에 있어 중요한 이슈가 되어왔고 인터랙티브 아트라는 장르까지 이르게 하였다(김현진, 2005).

<표 II-4> 미술 유형에 따른 관객의 소통방식의 변화(김현진, 2005).

미술유형	전통 회화 및 조각	키네틱 아트	해프닝 퍼포먼스	비디오 아트	설치 미술	뉴미디어 아트
소통방식	감상	작동	반응	조작	개입	변형/ 재구성
매체	전통 매체	기계	신체 일상적 오브제	대중매체	다매체	디지털
참여 형식	시각	단순 동작	신체의 단순 참여	사고에 따른 신체의 부분 참여	심리적 신체적 참여	심리적 신체적 적극적 참여
신체 개입	×	○	○	○	○	○
작품변형 개방성	×	×	△	△	△	○
작품의 완결성	○	○	△	△	△	○
예측 가능성	.	○	○	○	△	×
참여 공간	전시장	전시장	특정 공간	전시장	공간제약 벗어남	가상현실

2) 인터랙티브 아트의 특성

김규연(2014)은 상호작용성을 바탕으로 한 인터랙티브 아트의 특성을 내용면에서는 개방성과 유희성을, 형식면에서는 신체성과 융합성을 갖는다고 하였다.

첫째, 인터랙티브 아트가 갖는 개방성은 작가와 관객의 역할에 대한 개방성과 작품과 의미구성의 개방성으로 설명할 수 있다. 인터랙티브 아트는 작가와 관객, 그리고 작품이 참여와 소통에 의한 관계를 맺음으로서 작품의 의미를 구성하는 열린 구조를 가졌다(김규연, 2014).

둘째, 인터랙티브 아트의 유희성은 작품의 의미구성에 참여하여 조작하는 자유로운 행위에서 오는 조작적 유희성과 가상현실이 구현된 작품에 완전히 몰입함으로써 느낄 수 있는 몰입적 유희성으로 구분할 수 있다. 인터랙티브 아트는 관객의 자율적인 참여에 의해 새로운 형태와 움직임을 만들어 작품이 변화하고 재구성됨으로서 관객의 즐거움을 이끌어낸다. 그리고 점차 발달하는 디지털 기술로 인해 관객의 적극적인 감정이입과 몰입의 즐거움을 유도할 수 있게 되었다(김규연, 2014).

셋째, 인터랙티브 아트의 신체성은 주로 시각에 의존하는 전통적인 미술과는 차별화된 특성이다. 모든 예술작품은 관객의 감각기관을 자극하지만 특히 인터랙티브 아트는 관객이 신체적 감각을 통해 작품에 반응하고 흐름에 영향을 주거나 구조를 바꾸는 등 작품의 변형과 제작에 직접 참여하게 된다(김규연, 2014).

넷째, 인터랙티브 아트는 예술 내적으로는 장르적 융합성을, 예술 외적으로는 다학문적 융합성을 띤다. 특히 첨단 과학기술을 활용한 인터랙티브 미디어 아트 경우는 과학과 미술의 융합이 어떤 방식으로 작품으로 구현되는가를 잘 보여 주는 예가 된다(김규연, 2014).

3) 인터랙티브 아트의 교육적 의의

김규연(2014)은 ‘인터랙티브 아트의 특성과 교육방향 연구’에서 내용과 형식적인 면에서 볼 수 있는 4가지 고유한 특성에 따른 교육적 의의를 밝힘으로써 교육의 영역에서의 인터랙티브 아트의 적용의 필요성을 밝혔다.

첫째, 인터랙티브 아트의 개방성을 경험함으로써, 상호작용적 작품 창작의 형태와 원리를 이해하고 더 나아가 미술 바깥의 대중에서 미술에 참여하는 개인으로서 관심의 전환을 통해 나라는 존재가 느끼는 감성 그 자체를 인식할 수 있게 된다(김규연, 2014).

둘째, 기본적으로 즐거움이라는 감정은 인간을 움직이는 강력한 내적 동기가 되기 때문에 이러한 맥락에서 인터랙티브 아트의 유희성은 교육적 의의가 클 것이다. 인터랙티브 아트는 직접 체험을 통해서 이루어지기 때문에 보다 적극적으로 작품을 보고 그 의미를 생각하는 가운데 몰입의 즐거움을 갖게 되는데 어떤 활동에서 즐거움을 느낀다는 것은 다음에도 또 같은 행동을 선택하게 되는 근거가 될 것이다(김규연, 2014).

셋째, 눈으로만 보지 않고 직접 만지고, 소리를 듣고, 냄새 맡는 등 시시각각의 변화들을 확인할 수 있기 때문에 인터랙티브 아트가 갖는 신체성은 특별한 교육적 의의를 갖는다. 학생들은 다양한 감각을 이용하여 작품과 대화하고 소통하는 미적 경험을 통해 상상력과 표현력이 향상되고 감각의 확장과 인식의 발달을 이루게 된다(김규연, 2014).

넷째, 인터랙티브 아트의 융합성은 학생들이 개별 결과물로서 예술 작품이 아

나라 종합적이고 복합적인 과정으로서 예술 작품을 인식하도록 한다. 최근 강조되고 있는 STEAM교육의 내용으로 첨단 과학 기술이 예술로 구현되는 인터랙티브 아트를 활용하면 지성과 감성의 균형 있는 발달과 협력과 소통의 능력을 키움으로써 융합적 사고를 가진 인재를 양성하는데 기여하게 될 것이다(김규연, 2014).

3. 움직임의 원리에 따른 키네틱 아트의 이해

미술 분야에서 상호작용성을 작품의 중요한 부분으로 하는 인터랙티브 아트는 디지털 기술의 주요한 표현 방식으로 생각되지만 상호작용성 자체가 작품의 본질로서 대두되기 시작한 것은 키네틱 아트에 의해서이다(김송휘, 2013).

키네틱 아트는 그 어원은 그리스어 'kinesis' 움직임이라는 의미에서 유래하며 움직이는 예술, 즉 어떠한 수단이나 방법에 의하여 움직임을 나타내는 작품의 총칭이며(미술대사전, 1998) 기존의 회화적인 표현에 그쳐야만 했던 운동의 이미지를 넘어 움직임 자체가 작품의 본질로 설정된 창의적인 개념이 예술이다(김정현, 2004; 이윤정, 김연희, 2011)

1) 키네틱 아트의 유형

키네틱 아트의 움직임을 표현하는 방법으로는 자연력을 이용하는 경우, 도구나 장치를 이용하는 경우와 관객의 직접적인 참여하는 방법 등으로 나누어 볼 수 있다(오정화, 2011; 이은아, 2014).

(1) 자연력에 의해 움직이는 키네틱 아트

공간 내에 눈에 보이지 않는 흐름이나 진동 등 역학적 효과를 이용하여 움직임을 나타내는 것이다. 자연력을 이용한 키네틱 아트의 창시자라고 불리는 알렉산더 칼더(Alexander Calder)는 모빌을 제작하여 대기와 바람, 중력 등 보이지 않는 자연의 힘을 동력으로 삼아 가시적인 세계의 온갖 다양한 움직임을 표현하였다(김은애, 2007; 이은아, 2014).

[그림 II-11]는 자연력을 이용한 대표적인 키네틱 아트 작품으로 알렉산더 칼더

(Alexander Calder)의 ‘Lobster Trap and Fish Tail’(1939)이다. 철사 구조물의 바다가재와 커다란 물고기, 그 물고기에 쫓기는 작은 물고기들로 이루어져 있고 대단히 정교하게 균형을 유지하고 있어 미약한 바람에도 가볍게 움직여 미묘한 다양성을 여실히 보여주는 작품이다(유형석, 2008).



[그림 II-11] 알렉산더 칼더, ‘Lobster Trap and Fish Tail’, 1939.

(2) 기계에 의해 움직이는 키네틱 아트

기계를 이용한 키네틱 아트는 대부분 전기 모터로 추진되며, 왕복, 상하, 나선, 회전 운동 등을 하는 기어, 캠, 크랭크, 레버 등이 조합되어 운동성을 갖는다. 20세기 초 과학기술이 급속도로 발달로 인해 예술가들은 기계에 대한 새로운 미학적, 조형적 의미를 부여하게 되었다. 기계에 의한 움직임은 강하고 안정되며 의미 없는 것들을 움직이게 함으로서 활력을 주지만 반복적인 운동은 예측 가능하고 지루해진다(채종한, 2007).



[그림 II-12] 최우람, ‘Opertus Lunula Umbra’, 2008.

[그림 II-12]는 기계를 이용한 키네틱 아트 작품으로 국내 키네틱 아트의 대표 작가인 최우람의 ‘Opertus Lunula Umbra’(2008)이다. 전체 길이가 5.70m에 750kg의 중량을 가진 거대한 작품으로 구조물을 여러 마디로 연결하고 마디마다 모터를 동력으로 클랭크나 레버, 기어를 이용하여 연결하여 움직임으로서 마치 벌레가 꿈틀거리는 것 같은 효과를 연출하였다(김송휘, 2013).



[그림 II-13] 테오 얀센, ‘Opertus Lunula Umbra’, 2008.

[그림 II-13]은 테오 얀센(Theo Jansan)의 작품 ‘Animaris Umerus’(2010)이다. 플라스틱 파이프와 생활에 흔히 볼 수 있는 접착 테이프, 케이블 타이, 패트 병 등을 재료로 하여 캠, 크랭크, 레버를 적절하게 사용하여 바람이 불면 날개로 풍력을 받아 스스로 움직이고 바람이 없을 때는 스스로 저장된 공기를 뿜어 움직이도록 만들었다(김송휘, 2013).

(3) 관객의 참여에 의해 움직이는 키네틱 아트

키네틱 아트의 움직임은 관객의 참여에 의해 표현 될 수 있다. 여기서 관객은 단순한 역할에서 벗어나 작품의 주제를 드러내는 적극적인 주체로 인식되어야 한다(김은애, 2007). 관객은 단순히 움직임을 시작하게 할 뿐만 아니라 작가의 의도에 의해 움직임을 변환하거나 형태를 변형시키는 등의 재생산의 역할까지 하게 된다. 관객이 작품을 직접 만져보고 움직이면서 작품을 재창조하는 예술가의 역할을 수행하며 예술가는 단지 관객에게 창조성을 발현시키는 재료를 제공하는 역할을 하게 된다(이은아, 2014).



[그림 II-14] 다니엘 로진, 'Wooden Mirror', 1999.

관객의 참여에 의한 키네틱 아트 작품으로는 [그림 II-14]에 제시된 다니엘 로진(Daniel Rozin)의 작품인 'Wooden Mirror'(1999)를 예로 들 수 있다. 830개의 나무 정사각 조각을 이용하여 만든 기계 거울이다. 관객의 움직임을 픽셀로 명암 계산을 한 후 디지털 기계가 인식하고 나무 뒤편에 부착된 모터를 회전시켜 관람객의 모습을 명암 처리하여 나타낸다(오정화, 2011). 자연적인 느낌의 소재인 나무판을 이용하여 디지털 기술을 사용하였지만 따뜻한 느낌으로 관객과 상호작용을 하고 있는 작품이다.



[그림 II-15] 노해울, 'Moveless-white field', 2010.

[그림 II-15]에 제시한 노해울의 작품인 'Moveless-white field'(2010)도 관객의 참여에 의한 키네틱 아트 작품이다. 반투명 기둥의 내부에 조명을 가지고 있어서

은은한 백색 빛을 띠고 있는데, 관객들은 100개의 반투명 백색기둥 사이에서 하얀색 들판에 서 있는 것 같은 느낌을 받게 된다. 관객들에 의해서 만들어진 기둥들은 얼마동안 멈추지 않고 운동을 하게 되고 움직이는 기둥에 둘러싸인 관객들은, 본인으로부터 시작된 움직임이 공간 안에서 활발히 퍼져 나가는 것을 경험하게 된다(노해율, 2010).

2) 키네틱 아트의 특성

키네틱 아트는 움직임에 따른 시간성, 움직임을 위한 유연성, 움직임에 의한 유희성의 특성을 갖고 있다(채종한, 2007).

첫째, 공간에서 움직이는 물체는 시간의 변화에 따라 이루어지는 것이기 때문에 공간에서의 움직임은 시간성을 수반하게 된다. 공간에 세워진 3차원 조각의 움직임에 의해 시간성을 갖게 되고 이러한 움직임은 시간에 따르는 연속성을 느끼게 해주는 4차원의 예술이 되는 것이다(원용준, 2012).

둘째, 움직임을 위한 유연성은 작가가 계획적으로 작품의 내용을 정해놓지 않고 유연적인 요소에 의해 전개되도록 하는 예측할 수 없는 효과를 말한다(채종한, 2007). 공장 기계들의 규칙적인 움직임은 무의미한 동작에 불과할 뿐 예술성을 지닌 움직임으로 보지 않는다. 예상치 못하는 움직임들이 만드는 유연성은 새로운 차원의 공간을 만들어내고 관객으로 하여금 낯설음과 이끌림을 만들어 내게 된다(이은아, 2014).

셋째, 움직임에 의한 유희성은 자유로운 놀이와 그에 따른 흥미가 예술의 미를 느끼게 하는 것을 말한다. 이러한 흥미유발은 거리를 두고 미술품을 대하던 관객들에게 작품에 몰입하거나 참여할 수 있는 계기를 마련하고 나아가 작품을 가지고 놀게 함으로써 예술에 대한 전문적 지식이나 미적 견해가 없어도 충분히 작품과 소통할 수 있게 해준다(채종한, 2007).

3) 키네틱 아트의 교육적 의의

이은아(2014), 원용준(2012), 정수정(2014)은 키네틱 아트를 활용한 교수 학습 프로그램 개발에 대한 연구를 통해 교육의 영역에서의 키네틱 아트의 적용의 필요성을 밝혔다. 다음에서는 그들의 연구를 바탕으로 하여 키네틱 아트의 교육적

의의를 살펴보았다.

첫째, 미적 표현 활동의 동기 유발이 될 것이다. 학생들은 정지되어 있는 사물보다 움직이는 사물에 더 호기심을 갖는다. 이런 호기심을 시작으로 하여 작품 완성에 대한 도전 의식, 시각적 구현에 대한 욕구를 가지고 미술활동에 참여하고, 작품의 완성을 통해 성취감을 갖게 한다. 따라서 키네틱 아트를 활용한 수업은 미적 표현 활동의 자신감을 갖게 하고 다른 미술활동에도 흥미를 갖도록 할 것이다(정수정, 2014).

둘째, 표현 방법의 확장과 새로운 재료의 탐색을 가능하게 할 것이다. 키네틱 아트를 활용한 수업은 일상 속 다양한 재료를 활용하여 새로운 공간과 환경 또는 시간과 결부되어 전혀 다른 의미를 부여하게 되는 과정을 통해 조형 활동의 즐거움을 갖게 한다. 이런 표현 활동에서 다양한 재료의 활용과 무한한 재료의 가능성을 알게 하고 사물에 대한 관점을 다양하게 확장시켜주어 더 넓은 세계를 수용하게 할 것이다(정수정, 2014).

셋째, 현대미술에 대한 이해력을 향상 시킬 것이다. 20세기 이후의 현대미술의 난해성은 우리를 혼란스럽게 하였다. 하지만 키네틱 아트는 그 특성이 운동성을 가지고 관객과의 소통을 중요하게 하는 장르로서 이를 교육에 활용함으로써 학생들의 현대 미술에 대한 편견이나 두려움을 없애고 있는 그대로의 작품 감상하고 체험을 가능하게 하게 하여 현대미술을 보다 더 쉽게 이해할 수 있도록 할 것이다(정수정, 2014).

넷째, STEAM 교육 측면에서 융합적 사고를 가능하게 할 것이다. 키네틱 아트는 물리적 움직임에 대한 과학적 소양과 예술적 창의력이 함께 요구되는 현대예술의 한 분야이다(권혁재, 권난주, 2015). 움직임을 만들기 위한 과정 속에서 학생들은 여러 분야의 지식을 활용하게 되고 이를 통해 자연스럽게 감성을 갖춘 창의적 융합인재 양성이 가능할 것이다.

3. 선행 연구

현대미술의 실험적인 표현기법들을 미술수업에 적용하여 미술을 바라보는 새로운 시각을 갖게 하는 것과 현대미술의 융합적인 특성을 경험함으로써 창의적이고 종합적으로 문제를 해결할 수 있는 융합적 소양을 갖춘 인재를 양성하는 것을 현대미술을 활용한 교육적 효과로 보고 최근 미술교과 교육과 STEAM 교육에서 현대 미술을 활용한 연구가 증가하고 있다(장선화, 2014). 본 연구에 앞서 교과 교육이나 STEAM 교육에 현대 미술의 장르 중 인터랙티브 아트와 키네틱 아트를 활용한 선행 연구를 조사하여 연구의 필요성과 목적을 찾고자 하였다.

<표 II-5> 인터랙티브 아트 관련 선행 연구.

연구자	연도	논문제목	구분
김규연	2014	인터랙티브 아트의 특성과 교육방향 연구	미술 교육
신혜영	2015	인터랙티브 아트 제작을 위한 수업프로그램에 관한 연구 : 인터랙티비티 개념 이해를 위한 교구(Tool-Kit) 개발 중심으로	미술 교육
김형숙 황정환	2015	ICT기반 인터랙티브 아트 STEAM프로그램 개발: 고등학교중심	STEAM
이경화	2014	초등학교 6학년 미술과 중심의 STEAM교육 프로그램 개발·적용 사례 연구 : 빛의 상호작용성을 중심으로	STEAM
현동걸 외 5	2014	인터랙티브 아트를 활용한 STEAM 프로그램에 대한 초등학생들이 흥미와 인식	STEAM

인터랙티브 아트의 교육적 활용에 관련된 선행 연구는 <표 II-5>에 제시하였다. 김규연(2014)은 상호작용성을 기준으로 인터랙티브 아트를 정의하고 그 특성과 교육적 의의를 밝히며, 이를 바탕으로 초등학생을 대상으로 한 교육 방향을 제안하였고, 신혜영(2015)의 연구는 인터랙티브 아트 제작을 위한 수업 프로그램을 개발하고 적용함으로써 고등학생들이 인터랙티비티에 대한 개념을 정립하게 하는 것을 목적으로 하였다. 김형숙, 황정환(2015)은 통합예술과 키네틱트를 이용한 ICT기반의 인터랙티브 아트 제작 활동이 고등학교 학생들에게 과학 기술 직업에 대한 관심과 흥미를 유발하여 프로그램에 대한 만족도가 높다고 하였다. 이경화(2014)는 현대 미술에 가장 큰 영향력을 미친 빛을 활용한 미술중심 STEAM 프

로그래를 개발하고, 융합적 사고를 통해 학생들이 미술과 과학의 연계성을 탐구하는 학습 태도를 갖게 하고 현대미술에 대한 이해를 높이는데 도움을 줄 수 있다고 보았다. 현동걸 등(2014)의 연구에서는 과학과 미술을 융합한 인터랙티브 아트 STEAM 프로그램이 학교 현장에서 초등학교 학생들의 과학과 미술 수업에 대한 흥미와 과학과 미술의 융합 가능성에 대한 인식에 긍정적인 영향을 주었다고 하였다.

<표 II-6> 키네틱 아트 관련 선행 연구.

연구자	연도	논문제목	구분
이은아	2014	움직임의 원리에 따른 키네틱 아트 지도 방안 연구	미술 교육
원용준	2012	키네틱 아트를 활용한 미술교육 프로그램 연구 : 미술교과의 통합 교육 수업을 바탕으로.	미술 교육
이슬이	2014	키네틱 아트와 과학탐구활동을 활용한 융합인재교육 기반의 미술 수업 지도방안 연구	STEAM
송유채	2014	과학적 사고 향상을 위한 STEAM 교육 수업지도 방안: 중학생 미술을 중심으로	STEAM
장선화	2014	STEAM을 활용한 현대미술 지도 방안 연구	STEAM
정수정	2014	키네틱 아트를 활용한 미술중심의 STEAM 교수·학습 지도 방안 연구	STEAM
지경준 홍은주	2015	키네틱 아트를 도입한 STEAM 교육 프로그램 개발 및 적용 : 융합에 움직임을 더하다!	STEAM
권혁재 권난주	2015	과학예술 융합프로그램이 초등학생의 창의적 인성에 미치는 영향: 키네틱 아트를 중심으로.	STEAM

키네틱 아트의 교육적 활용에 관련된 선행 연구는 <표II-6>에 제시하였다. 이은아(2014)는 움직임의 원리에 따른 키네틱 아트를 크게 자연력에 의한 움직임, 도구나 장치에 의한 움직임, 관람자의 조작에 의한 움직임 3가지로 나누고 이 원리에 따른 키네틱 아트 제작을 통해 학생들의 표현활동에 흥미와 만족도 높여주고 창의적인 사고과정과 과학적인 문제해결방법을 터득하게 할 수 있는 지도방안을 제시하였다. 원용준(2012)은 미술교과와 타 교과와의 통합 중에서도 과학과의 통합교육을 위한 프로그램 개발을 연구하였다. 키네틱 아트를 학생들에게 소개하고, 곤충의 움직임이나 생김새를 표현해 보는 활동으로 자연력에 의해 움직이는 작품과 관람자의 참여로 움직이는 작품, 기계를 활용해 움직이는 작품들을

제작해 보는 프로그램은 학생들에게 재미있고 능동적인 참여를 유도할 수 있다고 보았다. 이슬이(2014)는 과학을 위한 도구도서의 미술이 아닌 과학적인 현상을 이해하고 그것을 미적표현활동에 접목시키는 수업방식으로 과학탐구활동과 미술표현활동을 고려하여 융합된 하나의 작품으로 탄생시켜 보는 활동의 프로그램을 개발하고, 과학탐구활동을 활용한 키네틱 아트 작품 만들기 지도안 중 ‘모세관현상을 활용한 색이 변화하는 작품 만들기’ 지도방안을 구체화하여 실제수업에 적용해 보았다. 설문조사를 실시하여 창의성 및 협동성이 향상됨을 확인하였다. 송유채(2014)는 과학적 사고 향상을 위한 STEAM 교육 프로그램을 개발하여 카메라 옵스큐라 원리를 이용한 그림 그리기, 태양열 선풍기로 만드는 키네틱 아트, 백남준 비디오 아트 응용한 조형 작품 만들기 등의 활동을 통해 창의적 융합적 사고, 문제해결능력 배양에 긍정적 효과를 보았다. 정수정(2014)는 우리 주변의 흔한 소재를 이용하여 ‘빛나는 풍력 발전소 만들기’와 ‘드로잉 로봇 만들기’라는 두 가지 주제로 키네틱 아트를 활용한 미술중심 STEAM 프로그램을 개발하고 초등학교 5, 6학년 학생들에게 적용하여 질적 연구를 실시하였다. 학생들에게 융합적 사고와 종합적 문제해결력 증진, 학습에 대한 흥미, 자신감, 성취감 등의 감성적 체험을 하게 했으며, 문제해결과정에서 협동심과 배려심 등을 키우게 하는 적용 효과를 보았다. 장선화(2014)는 현대 미술 분야 중 오브제, 키네틱 아트, 비디오아트, 액션 페인팅, 정크아트, 대지미술을 활용하여 창의적이고 새로운 아이디어로 스스로 문제해결을 찾아가는 작품을 구상 및 제작하고 감성 활동이 포함된 프로그램을 개발하고 제안하였다. 학생들이 흥미를 가질 수 있는 현대미술을 접목함으로써 학생들은 이를 통해 자연스럽게 STEAM의 각 영역으로 교육적 효과를 기대할 수 있다고 하였다. 지경준, 홍은주(2015)는 모빌, 빛과 색, 회전, 에너지, 전시회 5가지 주제로 모빌 작품, 빛과 그림자 작품, 회전하는 장남감 만들기, 롤러코스터 만들기 활동으로 이루어져 있는 키네틱 아트를 도입한 STEAM 교육 프로그램을 개발하여 초등학교 학생들에게 적용하였다. 학생들의 융합적 소양이 유의미하게 향상되었고, 전시회에 참여한 관람객의 반응이 긍정적임을 확인하였다. 권혁재, 권난주(2015)는 키네틱 아트라는 콘텐츠를 가지고 오토마타 만들기, 모빌 만들기를 통해 움직임의 원리를 에너지의 전달과 함께 탐구하고 움직임을 통해 예술적 상상력을 표현하는 과학·예술 융합 프로그램을 개발

및 적용하여 초등학생들의 창의적 인성과 프로그램의 인식에 긍정적인 효과를 보았다.

STEAM 교육에서 미술 교과의 역할의 중요성이 강조되는 것과는 달리 그동안 미술교과의 활용이 도구로 이용되는 수준에 머물러 있었고, 진정한 의미의 STEAM 교육이 이루어지기 위해서는 적극적인 수준의 예술교육이 제공의 필요성이 제기되어 왔다(이에스더, 2013). 선행연구를 살펴보면 그런 요구의 반영으로 인터랙티브 아트나 키네틱 아트 등의 현대미술 장르를 STEAM 교육에 활용하는 연구가 최근 많아지고 있음을 알 수 있다. 특히 현대미술의 한 분야로서 키네틱 아트를 교육적으로 활용하는 연구는 인터랙티브 아트보다 더 적극적으로 연구되어 왔던 것으로 보인다. 선행연구의 대부분이 현대 미술을 활용한 STEAM의 효과를 긍정적으로 보고 있다. 하지만 대부분 프로그램 개발 및 지도 방안을 제안하는 방식의 연구이거나 교육적 효과를 보는 측면에서도 측정 변수가 다양하지 않고 설문을 통해 흥미나 인식을 알아보는 정도의 연구로 그치고 있다. 특히 영재를 위한 프로그램의 개발과 효과를 살펴본 연구는 전혀 찾아볼 수 없다.

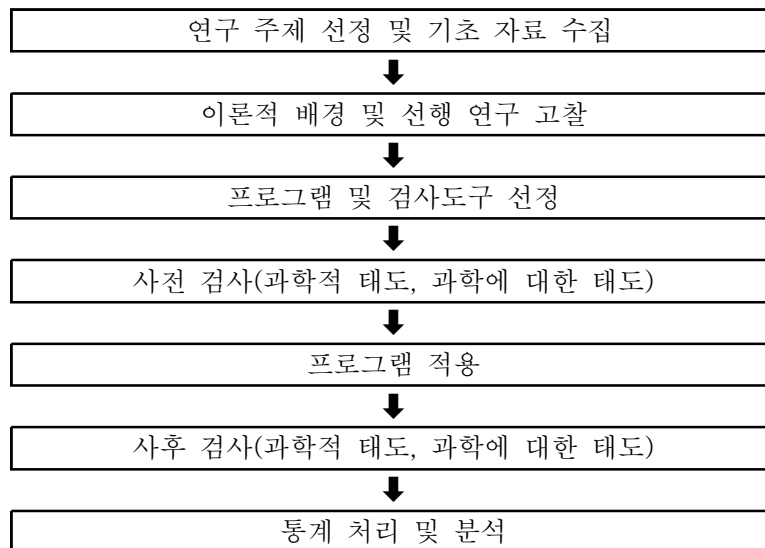
이에 본 연구자는 중등 과학영재들과 일반학생들을 적용 대상으로 하여 상호작용성을 강조한 인터랙티브 아트와 운동성을 표현하는 키네틱 아트의 시너지 교육적 효과를 기대하며 인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 과학·예술 융합 STEAM 프로그램을 실제 교육 현장에서 적용하고, 과학에 관련 태도에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다.

Ⅲ. 연구방법

1. 연구대상 및 기간

본 연구는 J대학교 부설 영재교육원 중등 과학영재반 학생 24명과 O중학교의 프로그램에 참여를 희망한 일반 학생 30명을 대상으로 두 그룹으로 나눠 실시하였다. 중등 과학영재들을 대상으로는 7월 27일부터 9월 12일까지, 중등 일반학생들을 대상으로는 9월 2일부터 10월 13일까지 수업을 실시하였으며, 기간 동안 두 그룹 모두 10차시에 걸쳐 프로그램을 적용하였다.

2. 연구절차



[그림 Ⅲ-1] 연구절차.

본 연구는 과학·예술 융합 STEAM 프로그램 학습이 중등 과학영재들과 일반 학생들의 과학적 태도에 미치는 영향을 알아보기 위한 것으로 기초단계에서는 연구 문제와 연구 대상을 선정하고, 과학·예술 융합 STEAM 프로그램과 과학·미술 융합 STEAM 프로그램 관련 선행연구와 STEAM 교육, 인터랙티브 아트 및 키네틱 아트에 대해 이론적으로 고찰하였다. 그리고 기존에 개발된 과학·예술 융

합 STEAM 프로그램을 선정하고, 그 프로그램은 목적과 여건에 맞게 수정하여 재구성하였다. 검사 도구를 선정하여 수업처지 이전에 각 실험 그룹별 사전 검사를 실시하였고, 10차시로 이루어진 프로그램을 각 실험 집단을 대상으로 적용한 후 사후 검사를 하여 그 결과를 분석하였다.

3. 검사도구

1) 과학적 태도 검사

본 연구는 과학적 태도를 측정을 위해 장혜진과 신영준(2009)의 과학적 태도 검사 도구를 사용하였다. 이는 김효남 등(1998)이 개발한 국가수준의 과학에 관련된 정의적 특성 평가 도구의 48문항 중 과학적 태도 범주에 해당하는 21문항을 발췌하여 재구성한 것이다. 7개 영역인 과학적 태도의 하위 요소는 각 영역 당 3문항씩 총 21문항으로 구성되어 있고, 그 중 긍정문항은 18문항, 부정문항은 3문항이다. 각 문항은 Likert형 5점 척도로 되어 있다. 각 문항의 반응에 따른 배점은 ‘정말 그렇다’는 5점, ‘그렇다’는 4점, ‘그저 그렇다’는 3점, ‘아니다’는 2점, ‘전혀 아니다’는 1점으로 하였고, 부정문항은 역으로 배점하였다. 신뢰도 계수는 .87이다. 과학적 태도 검사 도구의 하위 요소별 문항구성은 <표 III-1>와 같다.

<표 III-1> 과학적 태도 하위요소의 문항구성.

검사 도구	하위영역	문항 번호	형태
과학적 태도	호기심	1, 8, 15	Likert형 5점 척도
	개방성	2, 9, 16*	
	비판성	3, 10, 17	
	협동성	4, 11, 18	
	자진성	5*,12, 19	
	끈기성	6, 13*, 20	
	창의성	7, 14, 21	
총 문항 수		21문항	

* 부정문항

2) 과학에 대한 태도 검사

본 연구는 과학에 대한 태도를 측정하기 위해 Fraser의 TOSRA 검사지를 재구성한 임헌채(1992)의 과학에 대한 태도 검사 도구를 사용하였다. 5개 영역인 과학에 대한 태도의 하위 요소는 각 영역 당 7~8문항으로 구성되어 있어 총 39문항으로 되어 있다. 그 중 긍정문항은 22문항, 부정문항은 17문항이다. 각 문항은 Likert형 5점 척도로 되어 있다. 각 문항의 반응에 따른 배점은 ‘정말 그렇다’는 5점, ‘그렇다’는 4점, ‘그저 그렇다’는 3점, ‘아니다’는 2점, ‘전혀 아니다’는 1점으로 하였고, 부정문항은 역으로 배점하였다. 신뢰도 계수는 .78이다. 과학에 대한 태도 검사 도구의 하위 요소별 문항구성은 <표 III-2>와 같다.

<표 III-2> 과학에 대한 태도 하위요소의 문항구성.

검사 도구	하위영역	문항 번호	형태
과학에 대한 태도	과학 탐구에 대한 태도	1, 6*, 11, 16*, 21, 26*, 30, 35*	Likert형 5점 척도
	과학적 태도의 수용	2, 7, 12*, 17, 22, 31, 36*	
	과학 수업의 즐거움	3, 8*, 13, 18*, 23, 27*, 32, 37*	
	과학에서의 여가 활동	4, 9*, 14, 19*, 24, 28*, 33, 38*	
	과학 관련 직업의 선호	5, 10*, 15, 20*, 25, 29, 34*, 39	
총 문항 수		39 문항	

4. 실험 설계 및 자료처리

<표 III-3> 실험 설계.

G ₁	O ₁	X ₁	O ₂
G ₂	O ₁	X ₁	O ₂

G₁ : 중등 과학영재

G₂ : 중등 일반학생

O₁ : 사전 검사(과학적 태도, 과학에 대한 태도)

X₁ : 인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 과학·예술 융합 STEAM 프로그램

O₂ : 사후 검사(과학적 태도, 과학에 대한 태도)

인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 과학·예술 융합 STEAM 프로그램의 효과를 알아보기 위해 <표 III-3>과 같이 중등 과학영재들과 일반학생들로 나누어 이질집단의 사전 사후 검사 설계 방법을 사용 하였다. 수집된 자료는 SPSS 프로그램(Ver20.0)을 이용하여 분석하였다. 중등 과학영재들과 일반학생들의 과학적 태도와 과학에 대한 태도가 프로그램의 적용으로 집단별로 유의미한 변화가 있었는지 알아보기 위해 각각 사전 사후 검사를 이용한 독립표본 t-test을 사용하였고, 인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 과학·예술 융합 STEAM 프로그램 적용이 중등 과학영재 집단과 일반학생 집단 중 어느 집단에 더 효과적인지 알아보기 위해 공분산 분석을 이용하여 과학적 태도와 과학에 대한 태도 변화를 살펴보았다.

5. 인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 과학·예술 융합 STEAM 프로그램의 적용

교육부와 한국창의재단은 매년 여러 가지 유형 별로 적시교육이 가능하고 교육과정 연계성이 높으며 현장 적용성이 높은 STEAM 프로그램을 개발하여 학교 현장에 손쉽게 적용할 수 있도록 보급하고 있다(한국과학창의재단, 2015a)

2014년 정부의 재원으로 한국과학창의재단의 지원을 받아 개발된 과학·예술 융합형 프로그램인 ‘Interactive Art, 과학, 예술, 사람을 만나게 하다’ 중 중학교용 프로그램인 ‘과학예술기반 창의적 제작활동(에너지로 대화하는 Intractive Art) : 중학교’을 본 연구에 사용하였다. 본 연구자는 고등학교 프로그램 개발에 현장교사로 참여하였다. 융합인재교육을 위한 다양한 교육자료 및 정보 등을 소개하는 사이트인 STEAM(<http://steam.kofac.re.kr/>)에 프로그램 내용이 공개되어 있다. 실제 연구에서는 수업의 여건과 상황에 따라 ‘Interactive Art, 과학, 예술, 사람을 만나게 하다’ 프로그램의 초등학교와 고등학교용을 참고하여 수정 및 보완하여 적용하였다.

1) 프로그램의 소개(한국과학창의재단, 2015b)

본 연구에 적용된 프로그램에 대한 소개는 모두 ‘과학예술기반 창의적 제작활동(에너지로 대화하는 Intractive Art) : 중학교’의 내용을 참조하였다.

(1) 프로그램의 학습 목표

이 프로그램은 에너지 전환을 활용하여 제주도를 상징하는 이미지들을 형상화한 인터랙티브 키네틱 아트 작품을 제작해 보는 활동으로 학생들로 하여금 과학적 개념과 원리를 이용하여 창의적인 예술작품을 만들도록 하여 과학적 소양과 예술적 감성뿐만 아니라 창의적 사고력을 개발할 수 있는 기회를 제공하고자 하는 프로그램이다. 프로그램의 학습 목표는 내용 목표, 과정 목표로 나뉘 볼 수 있고 그 내용은 <표 III-4>에 제시하였다.

<표 III-4> 프로그램의 학습 목표(한국과학창의재단, 2015b).

구분	내용
내용 목표	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 힘과 운동 및 에너지 전환과 키네틱 아트의 성질을 이용하여 인터랙티브 아트 작품을 제작할 수 있다. ◦ 관객과 상호작용을 중점으로 인터랙티브 아트의 관점에서 작품의 대한 의미를 설명할 수 있다.
과정 목표	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 움직이는 미술을 창의적으로 설계할 수 있다. ◦ 일정한 조건에서 공동의 과제 해결을 통해 협동심을 기를 수 있다. ◦ 다양한 표현 방법의 현대 미술에 대한 관심과 흥미를 갖는다.

(2) 프로그램의 교육과정의 연계

2015년부터 시행되는 2009 개정 교육과정의 중학교 과학의 1~3학년군의 ‘힘과 운동’과 ‘일과 에너지’ 단원과 중학교 미술의 ‘주제표현’, ‘표현방법’, ‘미술비평’에 해당하는 내용을 활용하여 운영할 수 있도록 구성 되어 있다. 1~5차시에서는 과학의 힘과 운동과 관련된 일과 에너지 전환을 학습하고 인터랙티브 아트와 키네틱 아트의 개념과 유형을 알고 예를 들어 제시된 작품들 속에 적용된 과학적 원리를 체험해 본다. 6~10차시에서는 과학적 원리를 활용하여 인터랙티브 키네틱 아트를 제작해 봄으로써, 과학적 개념을 정확하게 습득하고 작품 설계에 활용한다.

<표 III-5>는 과학예술 융합 STEAM 프로그램의 연계된 교육과정을 분석하여 나타낸 것이다.

<표 III-5> 프로그램의 교육과정 분석표(한국과학창의재단, 2015b).

차시명	교과	단원
1~5	과학	중학교 1~3학년군 (3) 힘과 운동 중학교 1~3학년군(13) 일과 에너지
	미술	미술 중학교 [표현] 표현방법 미술 중학교 [감상] 미술비평
6~10	과학	중학교 1~3학년군 (3) 힘과 운동 중학교 1~3학년군(13) 일과 에너지
	미술	미술 중학교 [표현] 주제표현, 표현방법 미술 중학교 [감상] 미술비평

(3) STEAM 과목 요소 및 학습 준거(한국과학창의재단, 2015b)

에너지의 성질을 이용하여 제주를 알리기 위한 인터랙티브 키네틱 아트 작품의 제작을 목표로 하는 프로그램은 총 10차시로 되어 있다.

프로그램의 진행 과정 속에 STEAM 관련 과목의 모든 요소가 포함되어 있다. 과학(S) 요소는 움직임, 힘과 운동, 에너지의 종류와 전환에 관련 된 것이며, 기술(T) 요소는 오토마타의 원리, 테오 안센 메커니즘의 원리 등이 여기에 해당된다. 공학(E) 요소는 작품의 움직임을 실제로 구현해 내는 과정이며, 예술(A) 요소는 인터랙티브 키네틱 아트, 미적 표현, 예술가의 창의성 등이 해당된다. 마지막 수학(E) 요소는 관객참여를 위한 적절한 작품의 크기 및 형태를 구상하거나 작품 설치 등을 위한 공간적 구성과 배치로 볼 수 있다.

10차시에 걸친 수업은 크게 보기, 따라 하기, 버리기의 순으로 진행된다. 보기 및 따라 하기 단계인 1~5차시와 버리기 단계인 6~10차시로 두 부분으로 나뉘어 수업이 구성되어 있는데, 각각의 수업은 STEAM 교육의 학습준거에 따라 상황제시, 창의적 설계, 감성적 체험의 3단계로 순차적으로 진행된다.

먼저, 1~5차시 중 상황제시 단계에 해당하는 1차시에는 움직임이 나타나는 인터랙티브 키네틱 아트를 감상하고 조형적 특징과 관객의 태도 등을 살펴보도록 하여 과학과 예술의 관련성을 탐색해 보면서도 학생들의 프로그램 전반의 흥미 갖게 하고 자신의 문제로 인식하게 된다. 2~3차시는 창의적 설계 단계에 해당하는데, 이 때 좀 더 다양한 작품을 감상하면서 인터랙티브 키네틱 아트의 개념과

특징을 알고, 작품들과 과학기술의 관련성을 찾아본다. 이 단계에서는 학생들이 자발적인 사고과정을 통해 방법을 스스로 터득하게 된다. 감성적 체험에 해당하는 4~5차시는 교사가 제시한 모방 작품을 체험해 보면서 작품에 적용된 과학적 기법을 살펴보면서 실제 작품 제작을 위한 생각을 발전시킨다.

버리기 과정의 6~10차시 중 6차시는 상황제시 단계에 해당되는데, 사라져가고 있는 해녀 관련 영상을 보면서 제주의 가치를 생각해 본다. 제주를 알리기 위한 인터랙티브 키네틱 아트를 제작하는 것이 목표임을 확인한다. 창의적 설계 단계인 7~9차시에는 작품을 설계하고 직접 제작하게 된다. 모둠원간의 토의를 통해 제주의 상징을 찾고, 그것을 표현하기에 적합한 과학적 기법을 선정한다. 전체적인 모양과 구조, 작동 방법에 대한 스케치 및 렌더링을 하고나서 모둠별 작품을 직접 제작하게 된다. 제작 후에는 작품을 실제 조작해 보면서 처음 의도했던 인터랙티브 키네틱 아트가 제대로 완성되었는지 살펴보고 운동과 동세표현이 잘 적용되었는지 확인하게 된다. 감성적 체험 단계인 10차시에는 작품 전시회를 하게 되는데 서로의 작품을 시연하고 감상 및 비평하고, 주제표현과 전달 효과를 잘 살린 작품을 선정한다. 이를 통해 해결의 성취감과 성공의 기쁨을 통해 새로운 문제에 도전하겠다는 열정이 생기도록 한다.

<표 III-6>는 STEAM 학습 준거의 단계별로 프로그램의 내용과 STEAM 과목의 요소를 타나낸 것이다.

<표 III-6> 프로그램의 STEAM 과목 요소 및 학습 준거(한국과학창의재단, 2015b).

차시	단계	내용	요소	과정
1	상황 제시	<ul style="list-style-type: none"> 움직임이 나타나는 인터랙티브 키네틱 아트를 감상하고 이전과 달라진 조형적인 특징과 관객의 태도를 살펴보도록 하며 과학과 예술의 관련성에 대해 탐색하기 	S : 움직임, 힘과 운동, 위치에너지, 운동에너지, 에너지의 전환 A : 인터랙티브 키네틱 아트 작품 감상, 현대미술에 대한 이해	보기
2~3	창의적 설계	<ul style="list-style-type: none"> 다양한 작품 감상을 통해 개념과 유형을 인터랙티브 키네틱 아트의 개념과 특징 알기 작품들과 관련된 과학적 원리의 관련성 알기 	S : 힘과 운동, 운동에너지, 위치에너지, 에너지의 전환 T : 오토마타, 테오 안센 메커니즘 등 A : 인터랙티브 키네틱 아트, 인터랙티브 아트, 키네틱 아트	

		<ul style="list-style-type: none"> • 인터랙티브 키네틱 아트 작품에 적용된 각각의 과학적 기법을 살펴보고, 이를 응용하여 창의적 설계에 활용하기 		
4~5	감성적 체험	<ul style="list-style-type: none"> • 간단한 모형을 직접 조작, 체험해보기 • 실제 작품 제작을 위한 생각 발전시키기 	<p>S : 힘과 운동, 운동에너지, 위치에너지, 에너지의 전환</p> <p>T : 오토마타, 테오 안센 메터니즘 등</p> <p>A : 창의적인 작품 설계</p>	따라하기
6	상황 제시	<ul style="list-style-type: none"> • 사라져가고 있는 해녀 관련 영상을 통해 제주 가치에 대해 생각해보기 	A : 다양한 미술 주제와 기법	
7~9	창의적 설계	<ul style="list-style-type: none"> • 작품주제와 기법정하기 • 움직임이 있는 인터랙티브 아트 작품 만들기 	<p>S : 움직임, 힘과 운동, 위치에너지, 운동에너지, 에너지의 전환</p> <p>E : 작품설계 및 제작</p> <p>A : 작품제작, 표현, 창의적인 작품설계</p> <p>M : 과학적 개념을 적용하기 위한 작품의 배치</p>	버리기
10	감성적 체험	<ul style="list-style-type: none"> • 작품전시회하기 • 조별 발표하고 서로의 작품 평가하기 	<p>S : 힘과 운동, 위치에너지, 운동에너지, 에너지의 전환</p> <p>E : 작품 설치</p> <p>A : 작품설명 및 전시, 미술비평</p>	

과학예술 융합 STEAM 프로그램의 지도안 총괄표는 <표 III-7>에 제시하였다.

<표 III-7> 프로그램의 지도안 총괄표(한국과학창의재단, 2015b).

프로그램명	에너지로 대화하는 인터랙티브 아트	학교급	중등	차시	총 10차시
교육목표	에너지의 성질을 이용하여 제주를 알리기 위한 인터랙티브 키네틱 아트 작품을 만들 수 있다.				
관련교과	과학, 미술				
교육과정 목표	<p>[과학] 2009개정교육과정_중1~3학년군 (3)힘과 운동[1학년, III. 힘과 운동] (마) 물체의 운동을 관찰하여 힘의 작용에 대하여 알고, 이를 통하여 힘과 운동의 관계를 안다.</p> <p>[과학] 2009개정교육과정_중1~3학년군 (13)일과 에너지 전환[2학년, VI 일과에너지 전환] (마) 물체의 운동을 관찰하여 힘의 작용에 대하여 알고, 이를 통하여 힘과 운동의 관계를 안다.</p> <p>[미술] 2009개정교육과정_중1~3학년군 (3)감상 (나)미술비평[1학년, 10.미술 작품과의 만남] ㉞ 다양한 분야의 지식을 활용하여 미술작품의 의미를 이해한다.</p>				

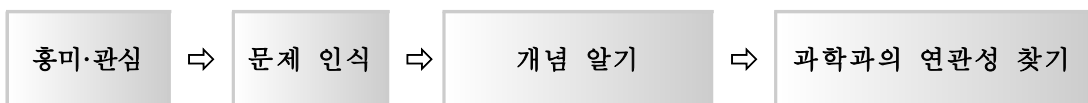
		[미술] 2009개정교육과정_중1~3학년군 (2)표현 (나)표현방법[1학년, 03.공간속의 입체 표현, 2학년, 07.새로운 매체와 미술] ㉔ 표현 재료와 용구에 따른 새로운 표현방법과 매체의 활용방법을 탐색한다.			
차시별 교수·학습 내용		교과 목	STEAM 요소	단 계	
1,2,3,4,5 차시	상황제시 (1차시)	○ 인터랙티브 광고 및 인터랙티브 아트 작품 감상 · 각각의 작품들의 조형적 특징 이해하기(미술) · 기존의 미술작품의 차이점 알기(미술)	과학 미술	S T A	보 고
	창의적 설계 (2,3차시)	○ 키네틱 아트의 개념(미술) 및 과학과의 관련성 알기(과학) ○ 실생활에서 에너지가 활용되는 사례 탐색 · 과학이 사회와 문화예술, 환경 등 우리 생활에 미치는 영향을 안다.(과학) ○ 힘과 운동, 일과 에너지 전환과 관련된 과학개념 이해 · 여러 가지 힘의 특징을 알고 이들이 주변의 현상을 이해하는 데 어떻게 활용되는지 이해한다.(과학) · 에너지 전환 과정에서 에너지가 보존됨을 이해한다.(과학) ○ 인터랙티브 키네틱 아트 작품 감상하기(미술) ○ 인터랙티브 키네틱 아트 작품에 적용된 기법 확인하기(미술) · 인터랙티브 아트 작품에 적용된 기법을 확인해보며, 힘과 운동, 에너지 전환 등을 이해하기(과학)			
	감성적 체험 (4,5차시)	○ 모방작품을 실제 체험해보고 인터랙티브 키네틱 아트 작품 제작을 위한 생각 발전시키기(과학·미술) 테오 안센 메커니즘을 이용한 달리는 황소 아크릴 톱니바퀴를 이용한 제주의 아름다운 바다 오타마타를 이용한 물질하는 줌너 주상절리를 형상화한 노래하는 금속봉			따 라 하 고
6,7,8,9,10 차시	상황제 시 (6차시)	○ 주제 안내 및 목표 확인하기 · 제주를 알리기 위한 인터랙티브 키네틱 아트 작품을 제작할 것임을 안내(미술) · 제주 해녀 관련 동영상을 보고 제주에서 사라져가는 것들에 대해 이야기해보기(미술)	과학 미술	S T E A M	버 리 기 (창 작)
	창의적 설계 (7,8,9차시)	○ 작품 설계 및 제작 · 제주의 상징 찾기(과학·미술) · 작품 스케치, 렌더링하기(미술) · 작품 제작하기(과학·미술)			
	감성적 체험 (10차시)	○ 작품 설치 및 발표, 감상 · 작품 설치하기(과학·미술) · 작품 발표하기(과학·미술) · 서로의 작품을 시연해보고 서로의 작품 평가하기(과학·미술)			

2) 프로그램의 적용

이 프로그램은 크게 보기, 따라하기, 버리기의 순으로 구성하였다. 보기 단계는 1~3차시에 해당하고, 따라하기 단계는 4~5차시에, 버리기 단계인 6~10차시에 해당된다. 실제 프로그램 적용 과정은 ‘과학예술기반 창의적 제작활동(에너지로 대화하는 Intractive Art) : 중학교’를 바탕으로 실시하였고 다음에 보기, 따라하기, 버리기 순으로 그 과정을 소개하고자 한다.

(1) 보기 단계

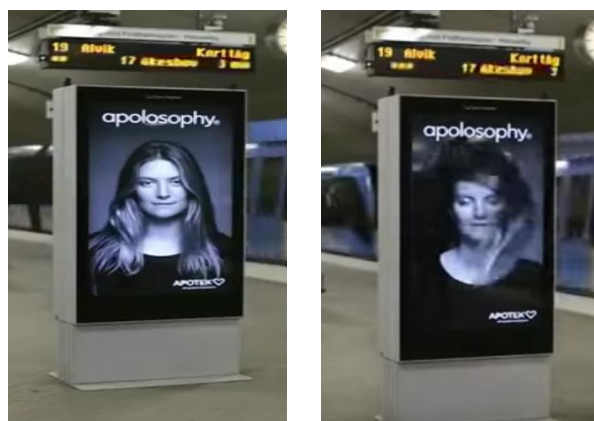
보기 단계에서는 [그림 III-2]과 같은 과정으로 프로그램을 진행하였다.



[그림 III-2] 보기 단계의 과정.

① 흥미와 관심

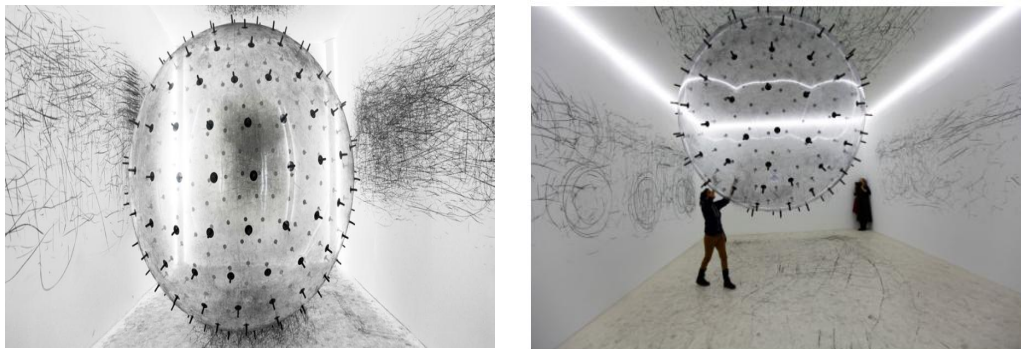
수업의 시작은 프로그램 전체의 가장 중요한 소재인 인터랙티브 아트를 학생의 눈높이에 맞고, 친숙하게 소개하기 위해 인터랙티브 광고를 소개하는 것으로 열었다. 인터랙티브 광고란 일방적으로 소비자에게 광고를 전달했던 기존 방식에서 벗어나 소비자가 직접 광고에 참여, 소통하는 광고를 말한다. 수업에 사용된 [그림 III-3]의 샴푸 광고를 예를 들면, 지하철에 설치되어 있는 광고 속 여성의 머리카락이 지하철이 들어올 때 생기는 바람에 의해 날리는 것처럼 보이게 제작되어 있는 광고이다(한국과학창의재단, 2015c).



[그림 III-3] 샴푸 광고(출처: <http://www.youtube.com/watch?v=AIqBkBmzu2M>).

② 문제 인식

광고를 통해 인터랙티브라는 용어에 대한 친숙함을 느낀 후 실제 작품을 감상하면서 인터랙티브 아트를 자연스럽게 소개하는 단계로 넘어가게 된다. 첨단과학기술을 사용한 인터랙티브 아트 작품이 아니라 단순한 구조이지만 관객과의 상호작용을 통해 작품이 완성되어 가는 작품인 카리나 스미글라 보빈스키(Karina Smigla-Bobinski)의 작품 ‘ADA’(2012)를 감상하였다. [그림 III-4]에 제시된 이 작품은 숯으로 만든 막대를 붙이고 헬륨으로 가득 찬 공과 흰 벽으로 구성된 작품으로, 관객들은 천천히 공간을 떠다니는 공을 벽에 밀치거나 던져서 숯 막대가 흰색 벽에 낙서를 하게 한다(한국과학창의재단, 2015c). 이 작품 감상을 통해 기존에 알고 있던 미술작품과 비교하여 관객들의 작품 참여 방식에 대해 생각해 볼 수 있도록 하였고, 다른 방식의 인터랙티브 아트들도 감상하면서 소재와 방법적으로 다양하게 작품이 구성될 수 있다는 것을 알게 하였다. 이를 통해 인터랙티브 아트라는 미술의 장르를 친숙하게 여기게 되고 프로그램을 통해 해결해야 할 과제를 자신과 연관된 문제로 인식하게 되었다.

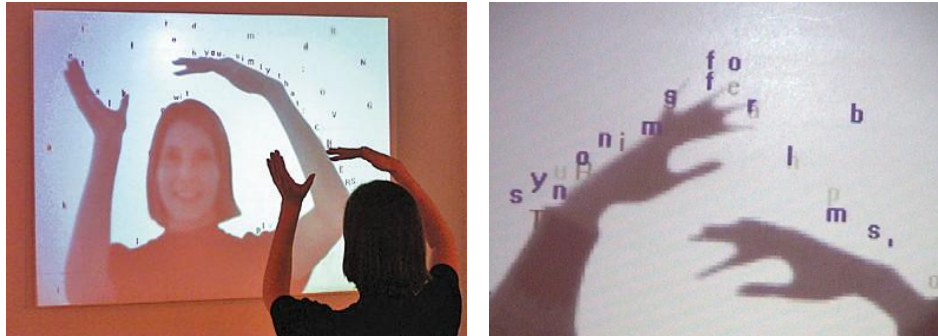


[그림 III-4] 카리나 스미글라 보빈스키, ‘ADA’, 2012.

③ 개념 알기

이 단계에서 학생들은 인터랙티브 키네틱 아트의 개념 및 프로그램과 연관된 과학의 개념을 학습하게 된다. 키네틱 아트 작가와 그들의 작품을 통해 키네틱 아트를 소개하는 동영상 및 키네틱 아트의 초기 작품 감상을 통해, 움직임이 있는 미술인 키네틱 아트의 개념과 유형을 확인할 수 있도록 하였다. 그리고 인터랙티브 아트와 키네틱 아트의 공통 분모를 가진 작품을 감상하여, 인터랙티브 키

네틱 아트 장르로 영역을 확장하여 생각할 수 있도록 하였다. [그림 III-5]에 제시된 카밀 우터백(Camille Utterback)과 로미 아키티프(Romy Achituv)의 작품 ‘Text Rain’(1999)는 예시로 소개한 작품들 중 하나이다. 이 작품은 대형 프로젝터 스크린을 바라보는 관객이 낙하하는 텍스트를 향해 몸짓을 하면 텍스트가 반응하여 관객과 직접 대화를 시도한다(정동암, 2013).



[그림 III-5] 카밀 우터백와 로미 아키티프, ‘Text Rain’, 1999.

실생활에서 에너지 전환이 활용되는 사례와 에너지 전환을 이용한 작품의 감상을 통해 힘과 운동, 일과 에너지, 에너지 전환에 관련된 과학적 개념을 구체적으로 학습하게 되는데, 이 때 [그림 III-6]의 케이시 밀브랜드(Casey Milbrand)의 작품인 ‘CityHEART’(2013)를 제시하였다. 이 작품은 페달을 밟으면 서로 연결된 바퀴들이 돌아가면서 운동하고 불이 켜지는 구조로 되어 있고, 어두운 곳에서 이를 실행하면 반대편 벽에 이미지가 투영되어 그림자가 만들어내는 형상이 또 다른 작품이 된다(한국과학창의재단, 2015b).



[그림 III-6] 케이시 밀브랜드, ‘CityHEART’, 2013.

학생들은 이 작품에서 운동에너지가 전기에너지로 그리고 다시 빛에너지로 전환되는 과정과 빛이 직진에 의한 그림자의 형성 등 인터랙티브 키네틱 아트에 적용된 과학적 기법과 그와 관련된 과학 개념 및 원리를 학습하게 된다.

④ 과학과의 연관성 찾기

[그림 III-7]에 제시된 작품들을 접하면서 학생들이 자발적인 사고과정을 통해 작품들과 과학기술의 연관성을 스스로 터득하게 된다.



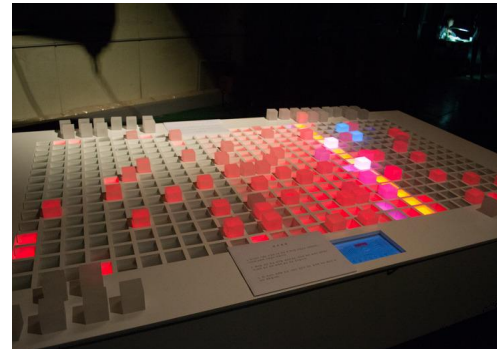
테오 안센, 'Opertus Lunula Umbra', 2008



최문석, 'Light wave', 2011



빠키, 'What I dreamed', 2013



이피엠, '손으로 보는 소리', 2013

[그림 III-7] 과학적 기법이 사용된 작품의 예시(한국과학창의재단, 2015b).

테오 안센의 'Opertus Lunula Umbra'(2008)은 수많은 페트병 속에 바람을 담아 두었다가 다시 뿜어져 나오는 에너지를 이용하여 테오 안센 메커니즘 구조로 되어 있는 다리 관절이 움직이게 된다. 최문석의 작품 'Light wave'(2011)은 오토 마타의 원리를 이용한 것으로 장치에서 발생하는 동력에 의해 작품의 요소들이 아래위로 또는 앞뒤로 움직임이 생긴다. 빠키의 작품인 'What I dreamed'(2013)

는 다양한 부품들이 맞물려 움직이는 모습을 한 자동차를 키네틱 아트로 표현하였다. 기하학적인 무늬가 있는 톱니들이 돌아가면서 만드는 화려한 광경은 관객들의 시선을 이끈다. 이피엠의 작품인 ‘손으로 보는 소리’(2013)는 관객이 자신의 감정을 선택하면, 그 감정에 따라서 큐브들의 색과 노래가 변하는 소리판이다(한국과학창의재단, 2015b). 이 단계에서는 과학, 기술, 예술 영역이 접목되어 자연스럽게 융합적 사고의 기회를 갖게 된다.

(2) 따라하기 단계

이 단계에서는 앞서 살펴본 다양한 작품들을 단순화시킨 모방작품을 직접 체험해 보면서 인터랙티브 키네틱 아트 작품 제작을 위해 생각을 발전시킨다. [그림 III-8]는 학생들이 체험할 수 있도록 만들어진 모방작품들이다. 모방 작품들은 프로그램 개발에 참여 하였던 연구자들에게 제공받았고 이는 교사 또는 개발과정에서 프로그램에 참여했던 학생들이 직접 제작한 작품들이다.

	
<p>이중섭의 황소(학생 작품) 테오안센-해변괴물 응용 ↳테오안센 메카니즘, 운동에너지</p>	<p>줄녀 오타마타(교사 작품) 최문석-Light wave 응용 ↳오타마타 원리, 기어와 캠의 원리</p>
	
<p>제주의 아름다운 바다(학생 작품) 빠키-What I dreamed 응용 ↳톱니바퀴 활용</p>	<p>노래하는 주상절리(교사 작품) 이피엠-손으로 보는 소리 응용 ↳ 에너지를 소리로 전환</p>

[그림 III-8] 체험을 위한 모방 작품의 예시(한국과학창의재단, 2015b).

‘이중섭의 황소’ 작품은 테오 안센의 작품을 응용한 것으로 테오 안센 메커니즘의 원리를 활용하였다. 그의 작품에서 다리는 움직임을 표현하는 중요한 요소로서 외형적으로는 계의 관절을 갖추고 있지만, 앞뒤로 연결된 독립된 2개의 메커니즘은 중앙에 있는 크랭크에 의해 연결되어 있어, 이를 회전시켜 원운동으로 동력을 전달하면 동물이 걸어가는 것과 같은 매우 자연스러운 보행을 만들어낸다(김선욱, 김동현, 2011). 관객이 가운데 손잡이를 잡고 돌리면 앞과 뒷다리가 움직이면서 달리는 모습이 황소를 보여준다. ‘잠녀 오타마타’ 작품은 최문석의 작품을 응용한 것으로 회전운동을 상·하·좌·우 왕복운동으로 바꾸는 기계요소인 크랭크를 이용한 오토마타 원리를 사용하였다. 관객이 손잡이를 잡고 돌리면 해녀의 목과 손발과 물고기가 위 아래로 움직이게 된다. ‘제주의 아름다운 바다’ 작품은 빠키의 작품을 응용한 것으로 맞물린 톱니의 움직임을 이용하였다. 관객이 아크릴로 제작된 톱니바퀴에 유성펜으로 자유롭게 그림을 그리고, 그것을 자석칠판에 부착하여 톱니바퀴를 돌리면 작품이 움직이게 된다. ‘노래하는 주상절리’ 작품은 이피엠의 작품을 응용한 것으로 금속봉의 길이에 따라 개관에서의 정상과의 음 높이가 달라지는 것을 이용하여 막대기로 금속봉을 치면 익숙한 노래의 멜로디가 울려 퍼지게 만든 작품이다.

각 모듈은 작품에 적용된 과학적 기법이나 작동원리를 정확히 이해하여 인터랙티브 키네틱 아트 작품 제작을 위하여 모듈별로 활용하고 싶은 과학적 원리를 이야기해 봄으로써 생각을 확장시킨다. 체험해 본 기법들을 응용하고 구체적으로 발전시켜 독특한 자신들만의 아이디어를 구상해본다. [그림 III-9]은 학생들이 모방 작품을 직접 체험해보는 장면이다.



[그림 III-9] 모방작품의 체험모습.

(3) 버리기 단계

버리기 단계에서는 제주를 알리기 위한 인터랙티브 키네틱 아트 작품을 실제 창작하게 되며, 그 과정은 [그림 III-10]와 같다.



[그림 III-10] 버리기 단계의 과정.

① 주제 선정 및 작품 구상

제주도를 상징하는 해녀와 관련된 신문기사와 동영상을 본 후 점점 사라지고 있는 제주 해녀 및 제주의 가치에 대해 생각해 보게 한 후 작품 제작의 시작인 제주의 상징을 찾아본다. 스마트폰을 이용하여 검색하여 더 많은 아이디어가 나올 수 있도록 하고 떠오르는 생각은 글로 나열하여 정리해 볼 수 있게 한다. 작품에 관련한 모듈별 주제를 선정하기 위해서 연꽃 기법을 활용하였다. 연꽃 기법은 주제를 중심으로 나머지 아이디어를 채워나가는 방법으로 주제와 관련된 8개의 부주제어를 적고 그 중 하나를 소주제로 선정하여 그 주위에 다시 연상되는 8개의 단어를 적는다. 연꽃기법에서 나온 아이디어 중 모듈별로 표현하고 싶은 소주제를 선택하고, 그것을 표현하기에 적합한 과학적 기법을 선택한다.

② 작품 설계

작품의 주제와 과학적 기법을 정한 후 작품의 구체적인 청사진을 그리는 단계이다. 작품의 전체적인 모양과 구조, 작동방법 표현을 모듈별 토의를 통해 정하고 구상한 것을 스케치하도록 한다. 이 때, 인터랙티브 키네틱 아트는 관객과의 상호작용이 중요함을 인지하고 움직임과 함께 관람객이 참여할 수 있는 구조를 염두하고 주변에서 쉽게 구할 수 있는 재료나 도구를 이용할 수 있는 방안을 고려할 수 있도록 한다.

③ 작품 제작

모듈별로 동력 및 에너지 전환을 활용한 인터랙티브 키네틱 아트 작품을 제작한다. 모듈별로 힘과 운동, 에너지의 전환과 관련된 각각의 다른 과학적 원리를 적용

하게 하여 다양한 작품이 나올 수 있도록 하였고, 같은 과학적 기법이 적용될 경우에는 표현방법이나 재료를 달리하여 다른 미적 효과가 나올 수 있도록 한다. 관객과 상호작용을 유도하고 움직임이 있는 작품을 제작하기 때문에 이러한 사항을 고려하여 내구성 있게 만들 수 있도록 한다. 작품을 실제 조작해 보면서 처음 의도했던 인터랙티브 키네틱 아트가 완성되었는지 살펴보고, 운동과 동세표현이 잘 적용되었는지 확인하여 보완할 점이 있는지 살펴본다.




④ 작품 감상 및 평가

모듬별 대표가 작품을 설치한 후 각각의 작품의 주제와 사용한 재료 및 기법과 사용한 과학적 원리를 설명하고 작품 참여 방법에 대해서 안내한다. 그리고 직접 관객이 되어 실제 작품을 직접 조작해보고 시연해보면서 작품마다 적용된 과학적 원리를 체험해보고, 작품에 잘 적용되었는지 살펴본다. 서로의 작품을 감상, 비평하고, 주제표현과 전달 효과를 잘 살린 작품을 선정한다.

<표 III-8>는 톱니바퀴를 이용한 <제주의 하늘과 땅>이라는 제목의 작품을 학생들이 만들어가는 과정을 나타낸 것이다. 주제 선정부터 작품 구상 및 제작 후 감상 및 평가까지의 과정을 나타내었다.

[그림 III-11]은 인터랙티브 키네틱 아트로 제작된 학생들의 창작 작품의 예시이다. ‘너영 나영’과 ‘제주도 푸른 밤’은 금속봉을 두드리면 제주도와 관련된 민요와 가요의 한 소절을 연주할 수 있는 작품이다. ‘제주 스타일’, ‘제주 노루’, ‘입체 백마’, ‘옥돔’은 테오 안센의 메커니즘을 이용한 작품이다. 특히 ‘입체 백마’는 다른 모듈과 달리 말을 3차원으로 세워서 달릴 수 있도록 만든 창의성이 돋보이는 작품이다. ‘바람’과 ‘들꽃’은 톱니바퀴를 이용하여 제주에 부는 바람에 의해 풍차와 바람개비가 돌아가는 모습과 제주 돌길 옆 다양하게 피어있는 들꽃들을 표현한 작품이다. ‘조이 스틱’과 ‘해녀’는 오토마타를 이용한 작품으로 회전 손잡이를 돌리면 조이스틱을 조작하면서 게임하는 모습과 바다에서 물질하는 해녀의 모습을 재치 있게 표현한 작품이다. 이외에도 모듈별로 움직임과 관객과의 상호작용을 잘 구현하도록 작품을 제작하였으며, 같은 과학 기법을 사용하더라도 각기 다른 주제와 표현 방법으로 독창적인 작품으로 완성하였다.

<표 III-8> 단계별 작품 제작 과정.

단계	작품 제작 과정																		
주제 선정 및 작품 구상	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>돌하르방</td> <td>산</td> <td>책</td> <td>전복</td> <td>물리</td> <td>강원</td> </tr> <tr> <td>거북</td> <td>제주</td> <td>감귤</td> <td>호박바퀴</td> <td>바다 관공 장</td> <td>리진바퀴</td> </tr> <tr> <td>물고기</td> <td>해녀</td> <td>바다</td> <td>해녀</td> <td>나무</td> <td>돌하르방</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">[제주를 테마로 생각펼치기] [소주제로 생각 확장하기]</p>	돌하르방	산	책	전복	물리	강원	거북	제주	감귤	호박바퀴	바다 관공 장	리진바퀴	물고기	해녀	바다	해녀	나무	돌하르방
돌하르방	산	책	전복	물리	강원														
거북	제주	감귤	호박바퀴	바다 관공 장	리진바퀴														
물고기	해녀	바다	해녀	나무	돌하르방														
작품 설계																			
작품 제작																			
작품 감상 및 평가																			



[그림 III-11] 학생들의 창작 작품의 예시.

IV. 연구결과 및 논의

1. 인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 과학·예술 융합 STEAM 프로그램이 과학적 태도에 미치는 영향

1) 중등 과학영재의 과학적 태도 변화

인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 과학·예술 융합 STEAM 프로그램이 중등 과학영재의 과학적 태도에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 두 대응표본 t-test에 의하여 사전과 사후의 과학적 태도를 비교하였고, 그 결과는 <표 IV-1>과 같다.

<표 IV-1> 중등 과학영재의 과학적 태도 사전-사후 결과.

변인	사전		사후		t	p
	평균	표준편차	평균	표준편차		
과학적 태도 전체	4.08	.414	4.23	.431	2.779	.011*
호기심	4.30	.519	4.33	.605	.267	.792
개방성	3.79	.479	4.12	.459	4.608	.000***
비판성	4.13	.546	4.37	.513	2.331	.029*
협동성	4.25	.599	4.30	.580	.500	.622
자진성	4.01	.691	4.08	.607	.534	.598
끈기성	4.08	.558	4.29	.550	1.711	.100
창의성	4.00	.644	4.13	.767	.859	.399

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

먼저 과학적 태도 전체를 보면, 사전의 평균은 4.08이고 사후의 평균은 4.23으로 프로그램 적용 후 평균이 증가하였다. 검정통계량을 살펴보면, t값이 2.779이고 유의확률이 0.011이므로 통계적으로 유의한 차이라고 할 수 있다. 김지환 등(2014)의 영화를 활용한 STEAM 프로그램이 초등과학영재의 과학적 태도 전반에 걸쳐 유의미한 효과를 보았다는 연구와 유사한 결과이다.

하위영역은 개방성과 비판성 영역에서 유의한 차이를 보였다. 개방성을 살펴보면, 사전의 평균은 3.79이고 사후의 평균은 4.12으로 프로그램 적용 한 후 사후의

평균이 증가하였다. 검정통계량을 살펴보면, t값이 4.608이고 유의확률이 0.000이므로 통계적으로 유의한 차이라고 할 수 있다. 비판성을 보면, 사전의 평균은 4.13이고 사후의 평균은 4.37으로 사후 평균이 증가하였다. 검정통계량을 살펴보면, t값이 2.331이고 유의확률이 0.029이므로 통계적으로 역시 유의한 차이라고 할 수 있다. 인터랙티브 키네틱 아트를 제작하는 활동을 통해 학생들이 정형화된 틀이나 규칙에 얽매이지 않고 문제를 해결하는 방식을 경험하는 것은 개방적 태도 향상에 도움을 주었고, 작품 전시회 및 발표회를 통해 서로의 작품을 시연하고 감상 및 비평하고, 주제표현과 전달 효과를 잘 살린 작품을 선정하는 과정이 비판적 태도 향상에 긍정적인 영향을 준 것으로 보인다.

본 연구에 참여한 중등 과학영재 학생들의 사전 과학적 태도의 평균점수는 대부분 4점대 이상의 높은 점수로 형성되어 있다. 보통 과학영재의 사전 과학적 태도가 천정효과로 이미 높기 때문에 과학영재 대상으로 한 프로그램의 적용에서 유의미한 효과를 기대하기 쉽지 않다고 한다(유미현, 2010; 여상인, 2015). 하지만 김권숙, 최선영(2012)의 과학 기반 STEAM 프로그램의 적용이 초등 과학영재들의 과학적 태도에 향상에 유의미한 효과 주지 않았다는 결과와 김지환 등(2014)의 영화를 활용한 STEAM 프로그램이나 인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 본 연구는 과학적 태도 향상에 기여한 결과를 비교해보다면 이는 과학기반 프로그램보다는 영화나 미술을 이용한 예술 활동에 기반 한 프로그램이 과학영재의 과학적 태도 향상에 더 긍정적인 영향을 주는 것으로 생각되어 진다.

2) 중등 일반학생의 과학적 태도 변화

인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 과학·예술 융합 프로그램이 중등 일반학생의 과학적 태도에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 두 대응표본 t-test에 의하여 사전과 사후의 과학적 태도를 비교하였다. 그 결과는 <표 IV-2>에 제시하였다.

먼저 과학적 태도 전체를 보면, 사전의 평균은 3.24이고 사후의 평균은 3.63으로 프로그램 적용 후 평균이 증가하였다. 검정통계량을 살펴보면, t값이 4.105이고 유의확률이 0.000이므로 통계적으로 유의한 차이라고 할 수 있다.

호기심을 살펴보면, 사전의 평균은 3.27이고 사후의 평균은 3.80으로 프로그램 적용 한 후 사후의 평균이 증가하였다. 검정통계량을 살펴보면, t값이 3.358이고

유의확률이 0.002이므로 통계적으로 유의한 차이라고 할 수 있다. 비판성을 보면, 사전의 평균은 3.26이고 사후의 평균은 3.73으로 사후 평균이 증가하였다. 검정통계량을 살펴보면, t값이 3.294이고 유의확률이 0.003이므로 통계적으로 유의한 차이라고 할 수 있다. 협동성을 살펴보면, 사전의 평균은 3.30이고 사후의 평균은 3.72으로 프로그램 적용 한 후 사후 결과의 평균이 증가하였다. 검정통계량을 살펴보면, t값이 2.630이고 유의확률이 0.014이므로 통계적으로 유의한 차이라고 할 수 있다. 끈기성을 보면, 사전의 평균은 3.22이고 사후의 평균은 3.61으로 사후의 평균이 증가하였다. 검정통계량을 살펴보면, t값이 3.509이고 유의확률이 0.001이므로 통계적으로 유의한 차이라고 할 수 있다. 창의성을 보면, 사전의 평균은 3.16이고 사후의 평균은 3.68으로 사후 평균이 증가하였다. 검정통계량을 살펴보면, t값이 3.164이고 유의확률이 0.004이므로 통계적으로 유의한 차이라고 할 수 있다. 개방성, 자진성 영역은 통계적으로 유의미하지 않지만 사전 검사에 비해 사후에 평균점수의 향상이 있었기 때문에 인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 과학·예술 융합 STEAM 프로그램을 중등 일반학생에게 적용하였을 때, 과학적 태도 측면에서 그 효과가 있음을 확인할 수 있다.

<표 IV-2> 중등 일반학생의 과학적 태도 사전-사후 결과.

변인	사전		사후		t	p
	평균	표준편차	평균	표준편차		
과학적 태도 전체	3.24	.536	3.63	.526	4.105	.000***
호기심	3.27	.788	3.80	.709	3.358	.002*
개방성	3.32	.634	3.53	.719	1.596	.121
비판성	3.26	.563	3.73	.645	3.294	.003*
협동성	3.30	.784	3.72	.716	2.630	.014*
자진성	3.15	.704	3.35	.654	1.500	.144
끈기성	3.22	.651	3.61	.600	3.509	.001*
창의성	3.16	.781	3.68	.716	3.164	.004*

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

이는 STEAM 프로그램이을 일반학생들을 대상으로 적용한 다른 연구들의 결과와 일치한다(허소윤, 2014; 김영희, 2015; 박혜원, 신영준, 2012; 이형민, 2013;

채희인, 노석구, 2013). 특히, 과학·예술을 기반으로 한 STEAM 프로그램의 개발 및 적용에 대한 연구인 강지혜(2013), 태진미, 박양숙(2013)의 연구 결과와도 같다.

인터랙티브 키네틱 아트의 감상 및 제작 활동을 통해 경험해 보지 못했던 분야에 대한 관심과 흥미를 유발시켜 학생들이 호기심과 자진성의 향상에 도움을 주었고 인터랙티브 키네틱 아트라는 산물을 만들어 내기 위해 기술·공학적 설계 과정을 통해 문제해결을 경험하게 되는데 시행착오의 과정을 겪으면서 학생들의 끈기성이 향상된 것으로 보인다. 또한 모둠원이 함께 작품을 만들어가는 과정 동안 학생들은 타인과 협의하고 소통하며 최선의 안을 도출해 나가면서 개방성과 협동성이, 작품 전시회 및 발표회를 통해 서로의 작품을 시연하고 감상 및 비평하고, 주제표현과 전달 효과를 잘 살린 작품을 선정하는 과정이 비판적 태도에 긍정적인 영향을 준 것으로 보인다.

3) 연구 집단 간 프로그램의 효과성 비교

인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 과학·예술 융합 STEAM 프로그램을 중등 과학영재 집단과 중등 일반학생 집단에 적용하였을 때, 과학적 태도 측면에서 어느 집단에 더 효과적인지 알아보려고 하였다.

<표 IV-3> 과학적 태도 사전 검사 t-test 결과.

변인	항목	평균	표준편차	t	p
전체	영재집단	4.08	.414	6.304	.000***
	일반집단	3.24	.353		
호기심	영재집단	4.30	.519	5.499	.000***
	일반집단	3.27	.788		
개방성	영재집단	3.79	.479	3.002	.004*
	일반집단	3.32	.634		
비판성	영재집단	4.13	.546	5.729	.000***
	일반집단	3.26	.563		
협동성	영재집단	4.25	.599	4.893	.000***
	일반집단	3.30	.784		
자진성	영재집단	4.01	.691	4.486	.000***
	일반집단	3.15	.704		
끈기성	영재집단	4.08	.558	5.140	.000***
	일반집단	3.22	.651		
창의성	영재집단	4.00	.644	4.201	.000***
	일반집단	3.16	.781		

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

우선, 중등 과학영재와 중등 일반학생의 사전 과학적 태도의 차이를 비교하기 위하여 두 독립표본 t-test에 의해 비교한 결과는 <표 IV-3>와 같다.

검정통계량을 살펴보면, 중등 과학영재와 중등 일반학생의 사전 과학적 태도에 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 중등 과학영재들이 중등 일반학생에 비해 과학적 태도의 하위영역에서 모두 높게 나왔다. 이는 김보을(2013), 노유현(2015)의 과학영재를 대상으로 일반학생과 비교한 연구 결과와 일치한다.

이와 같이 두 집단의 사전 과학적 태도에 차이가 있기 때문에 사전을 변량인 변수로 통제를 해야 하므로 공분산 분석을 사용하였다. 다음은 공분산을 통하여 사전을 통제한 후 중등 과학영재 집단과 중등 일반학생 집단의 사후 과학적 태도의 하위 영역별 평균의 차이를 비교하여 나타내었다.

① 호기심 영역

<표 IV-4>는 공분산을 통하여 사전을 통제한 후 중등 과학영재집단과 중등 일반학생집단의 호기심 영역의 사후 평균의 차이를 비교한 결과이다. 검정통계량을 살펴보면, F값이 0.249이고 유의확률이 0.620이므로 통계적으로 유의한 차이가 있다고 보기 어렵다.

<표 IV-4> 공분산분석에 의한 교정된 사후 호기심 영역의 비교 결과.

변인	영재집단			일반집단			
	평균	표준편차		평균	표준편차		
호기심	4.33	.605		3.80	.709		
공변량	소스	유형III	제공합	df	평균제공	F	유의수준
(사전호기심)	4.221	1	4.221	11.449	.001		
집단	.092	1	.092	.249	.620		
오류	18.802	51	.369				
총계	906.889	54					
수정합계	26.815	53					

. R 제공 = .299 (조정된R 제공 = .271)

② 개방성 영역

<표 IV-5>는 공분산을 통하여 사전을 통제 한 후 중등 과학영재집단과 중등 일반학생집단의 개방성 영역의 사후 평균의 차이를 비교한 결과이다. 검정통계량을 살펴보면, F값이 4.359이고 유의확률이 0.042이고, 영재집단의 평균은 4.12이고 일반집단의 평균은 3.53이므로 통계적으로 유의한 평균의 차이가 있다고 할 수 있다.

<표 IV-5> 공분산분석에 의한 교정된 사후 개방성 영역의 비교 결과.

변인	영재집단			일반집단			
	평균	표준편차		평균	표준편차		
개방성	4.12	.459		3.53	.719		
	소스	유형III	제공합	df	평균제공	F	유의수준
	공변량	5.165		1	5.165	17.916	.000
	(사전개방성)						
	집단	1.257		1	1.257	4.359	.042
	오류	14.704		51	.288		
	총계	802.778		54			
	수정합계	24.537		53			

a. R 제곱= .401 (조정된R 제곱= .377)

인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 과학·예술 융합 STEAM 프로그램을 중등 일반학생에게 적용했을 때 보다 중등 과학영재에게 적용했을 때 개방성을 증가하는데 더 효과적이라고 볼 수 있다. 과학적 태도의 개방성은 새로 밝혀진 근거에 따라 자신이 주장을 변경하고, 반대의 견해와 결론도 기꺼이 수용하고 새로운 아이디어, 방법을 추구하는 태도를 말한다(이경민, 200). 송인섭 등(2010)은 과학영재를 위한 과학과 예술의 융합형 프로그램의 개발의 기본 방향 중 하나로 다양한 사고 방법의 경험을 통해 사고의 유연성을 함양시킬 수 있어야 한다고 하였다. 본 연구에서 사용한 과학과 예술을 융합한 프로그램의 경험이 중등 과학영재들에게 과학 교육으로는 부족한 사고의 유연성, 소통 능력 형성에 기여도가 높은 것으로 보인다.

③ 비판성 영역

<표 IV-6>는 공분산을 통하여 사전을 통제한 후 중등 과학영재집단과 중등 일반학생집단의 비판성 영역의 사후 평균의 차이를 비교한 결과이다. 검정통계량을 살펴보면, F값이 2.975이고 유의확률이 0.091이므로 통계적으로 유의한 차이가 없다.

<표 IV-6> 공분산분석에 의한 교정된 사후 비판성 영역의 비교 결과.

변인	영재집단			일반집단			
	평균	표준편차		평균	표준편차		
비판성	4.12	.459		3.53	.719		
	소스	유형III	제공합	df	평균제공	F	유의수준
공변량		1.917		1	1.917	6.019	.018
(사전비판성)	집단	.947		1	.947	2.975	.091
	오류	16.242		51	.318		
	총계	895.667		54			
	수정합계	23.648		53			

a. R 제곱= .313 (조정된R 제곱= .286)

④ 협동성 영역

<표 IV-7>는 공분산을 통하여 사전을 통제한 후 중등 과학영재집단과 중등 일반학생집단의 협동성 영역의 사후 평균의 차이를 비교한 결과이다. 검정통계량을 살펴보면, F값이 1.272이고 유의확률이 0.265이므로 통계적으로 유의한 차이가 없다.

<표 IV-7> 공분산분석에 의한 교정된 사후 협동성 영역의 비교 결과.

변인	영재집단			일반집단			
	평균	표준편차		평균	표준편차		
협동성	4.30	.580		3.72	.716		
	소스	유형III	제공합	df	평균제공	F	유의수준
공변량		3.658		1	3.658	9.815	.003
(사전협동성)	집단	.474		1	.474	1.272	.265
	오류	19.008		51	.373		
	총계	883.222		54			
	수정합계	27.204		53			

a. R 제곱= .301 (조정된R 제곱= .274)

⑤ 자진성 영역

<표 IV-8>는 공분산을 통하여 사전을 통제 한 후 중등 과학영재집단과 중등 일반학생집단의 자진성 영역의 사후 평균의 차이를 비교한 결과이다. 검정통계량을 살펴보면, F값이 3.968이고 유의확률이 0.052이므로 통계적으로 유의한 차이가 없다.

<표 IV-8> 공분산분석에 의한 교정된 사후 자진성 영역의 비교 결과.

변인	영재집단			일반집단			
	평균	표준편차		평균	표준편차		
자진성	4.08	.607		3.35	.654		
	소스	유형III	제공합	df	평균제공	F	유의수준
	공변량	4.559		1	4.559	14.205	.000
	(사전자진성)						
	집단	1.274		1	1.274	3.968	.052
	오류	16.370		51	.321		
	총계	758.889		54			
	수정합계	27.992		53			

a. R 제곱= .415 (조정된R 제곱= .392)

⑥ 끈기성

<표 IV-9>는 공분산을 통하여 사전을 통제 한 후 중등 과학영재집단과 중등 일반학생집단의 자진성 영역의 사후 평균의 차이를 비교한 결과이다. 검정통계량을 살펴보면, F값이 2.705이고 유의확률이 0.106이므로 통계적으로 유의한 차이가 없다.

<표 IV-9> 공분산분석에 의한 교정된 사후 끈기성 영역의 비교 결과.

변인	영재집단			일반집단			
	평균	표준편차		평균	표준편차		
끈기성	4.29	.550		3.61	.600		
	소스	유형III	제공합	df	평균제공	F	유의수준
	공변량	4.170		1	4.170	16.051	.000
	(사전끈기성)						
	집단	.703		1	.703	2.705	.106
	오류	13.251		51	.260		
	총계	850.667		54			
	수정합계	23.597		53			

a. R 제곱= .438 (조정된R 제곱= .416)

⑦ 창의성 영역

<표 IV-10>는 공분산을 통하여 사전을 통제한 후 중등 과학영재집단과 중등 일반학생집단의 자진성 영역의 사후 평균의 차이를 비교한 결과이다. 검정통계량을 살펴보면, F값이 0.656이고 유의확률이 0.422이므로 통계적으로 유의한 차이가 없다.

<표 IV-10> 공분산분석에 의한 교정된 사후 창의성 영역의 비교 결과.

변인	영재집단			일반집단			
	평균	표준편차		평균	표준편차		
창의성	4.13	.767		3.68	.716		
	소스	유형III	제공합	df	평균제공	F	유의수준
	공변량						
	(사전창의성)	2.825		1	2.825	5.630	.021
	집단	.329		1	.329	.656	.422
	오류	25.586		51	.502		
	총계	847.778		54			
	수정합계	31.111		53			

a. R 제공 = .178 (조정된R 제공 = .145)

⑧ 과학적 태도 전체

<표 IV-11>는 공분산을 통하여 사전을 통제한 후 중등 과학영재집단과 중등 일반학생집단의 자진성 영역의 사후 평균의 차이를 비교한 결과이다. 검정통계량을 살펴보면, F값이 0.382이고 유의확률이 0.539이므로 통계적으로 유의한 차이가 없다.

<표 IV-11> 공분산분석에 의한 교정된 사후 과학적 태도 전체의 비교 결과.

변인	영재집단			일반집단			
	평균	표준편차		평균	표준편차		
과학적 태도 전체	4.23	.431		3.63	.526		
	소스	유형III	제공합	df	평균제공	F	유의수준
	공변량						
	(사전전체)	4.607		1	4.607	30.526	.000
	집단	.058		1	.058	.382	.539
	오류	7.696		51	.151		
	총계	839.354		54			
	수정합계	17.122		53			

a. R 제공 = .551 (조정된R 제공 = .533)

인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 과학·예술 융합 STEAM 프로그램을 중등 과학영재 집단과 중등 일반학생 집단에 적용하였을 때, 과학적 태도 측면에서 그 효과의 차이가 있는지를 살펴보기 위하여 공분산분석을 통하여 사전을 통제 한 후 중등 과학영재집단과 중등 일반학생집단의 사후 평균의 차이를 비교해 보았다. 결과를 정리해보면, 과학적 태도 전체를 비교하였을 때는 두 집단 간 프로그램 적용의 효과 차이가 없었고, 과학적 태도의 하위 영역에서도 개방성을 제외하고는 중등 과학영재와 중등 일반학생에 있어 그 적용 효과의 차이가 없었다.

이정철 등(2009)의 연구에서 과학영재 학생들은 다양하고 높은 수준의 사고를 요구하는 수업 형태를 선호한다고 하였고, 유미현 등(2011)의 연구에서는 놀이요소가 포함되어 있으면서도 지적인 자극을 줄 수 있는 심화활동으로 프로그램이 구성될 필요성을 밝혔다. 태진미(2011)는 융합형 인재의 유형구분의 심층적 연구가 필요하고, 다양한 인재 유형별 예술통합교육의 적용방안이 맞춤형으로 논의되어야 하며, 특히 특별한 교육적, 심리적 요구와 특성을 가진 영재 학습자들에 대한 이해를 통해 STEAM 교육의 효과적 실현을 위해 실효성 있는 대비가 필요하다고 하였다. 본 연구에 사용한 프로그램은 중등 일반학생을 위해 개발된 프로그램이다. 이를 영재에 적용함에 있어 맞춤형 제공이 되지 않았던 것이 일반학생들과의 효과성에서 크게 차이가 나지 않았던 것으로 보인다. 과학원리를 이용하여 작품 제작하는 활동할 때 소재나 제작 방식 그리고 작업 시간에 제한을 두지 않고 학생들의 잠재력을 아이디어를 실현할 수 있는 기회를 충분히 제공해야 할 것으로 보인다.

영재 학생을 대상으로 프로그램을 운영할 때, 일-에너지나 역학적 에너지 보존과 같은 기본적 과학원리를 학습하는 것을 넘어 테오 안센 메커니즘이나 오토마타의 원리에 대한 심도 있는 고찰 등을 통해 과학과 기술·공학적 내용을 심화하여 학습할 수 있도록 하거나, 미리 만들어진 모방작품을 체험해보는 단계를 스스로 모방작품을 만들어 보는 단계로 대체 하는 것들이 대안이 될 수 있을 것이다.

2. 인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 과학·예술 융합 프로그램이 과학에 대한 태도에 미치는 영향

1) 중등 과학영재의 과학에 대한 태도 변화

인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 과학·예술 융합 프로그램이 중등 과학영재의 과학에 대한 태도에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 두 대응표본 t-test에 의하여 사전과 사후의 과학적 태도를 비교한 결과는 <표 IV-12>와 같다.

<표 IV-12> 중등 과학영재의 과학에 대한 태도 사전-사후 결과.

변인	사전		사후		t	p
	평균	표준편차	평균	표준편차		
과학에 대한 태도 전체	3.90	.567	3.96	.539	.726	.475
과학탐구에 대한 태도	3.71	.419	3.84	.546	1.329	.196
과학 태도의 수용	4.19	1.21	4.19	1.01	.018	.986
과학 수업의 즐거움	4.10	.628	4.13	.734	.475	.639
과학에서의 여가활동	3.85	.768	3.97	.613	1.398	.175
과학관련 직업의 선호	3.72	.841	3.77	.694	.516	.610

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

검정통계량을 살펴보면 중등 과학영재의 과학에 대한 태도는 사전과 사후에 통계적으로 차이가 없는 것으로 나타났다.

과학영재학생들의 사전검사의 과학에 대한 태도 전체 평균값이 3.90로 높고, 특히 하위 영역 중 과학 태도의 수용이나 과학 수업이 즐거움은 사전 평균값이 4.19, 4.10로 아주 높게 형성되었는데, 일반 학생에 비해 과학영재 학생들의 과학에 관련 태도가 높기 때문에 천정효과로 인해 프로그램의 긍정적 효과를 보기가 어려웠던 것으로 보인다. 그리고 통계적으로 유의미한 결과를 보지 못했지만 사전 평균이 높음에도 불구하고 사후 평균이 더 향상되었다는 것은 지속적인 지도에 따른 효과를 기대할 수 있을 것이다. 이는 특정 프로그램이 영재의 과학에 대한 태도 변화에 영향을 주기가 어렵다는 선행 연구결과와 유사한 결과이다(김현경 등, 2007; 여상인, 2015). 하지만 영재들이 어려운 사고과정을 통해 쉽게 해결

되지 않는 문제를 해결하는 것을 좋아하는 학업적 특성을 이용하여 과학 영재의 잠재력 개발을 위해 이를 충족시켜 줄 수 있는 교육프로그램을 제공한 연구에서는 과학에 대한 태도의 긍정적인 영향을 주었다는 연구 결과(홍경희, 2009; 김순식, 2010; 박종욱, 2011)들과 비교해 볼 때, 예술적 감수성과 창의성의 장을 제공함과 동시에 중등 과학영재 학생들에게는 지적 자극과 도전의식을 심어줄 수 있는 높은 수준의 과학적 자극을 제공해야할 필요성이 있다고 여겨진다.

2) 중등 일반학생의 과학에 대한 태도 변화

인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 과학·예술 융합 프로그램이 중등 일반학생의 과학에 대한 태도에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 두 대응표본 t-test에 의하여 사전과 사후의 과학적 태도를 비교한 결과는 <표 IV-13>와 같다.

<표 IV-13> 중등 일반학생의 과학에 대한 태도 영역의 사전-사후 결과.

변인	사전		사후		t	p
	평균	표준편차	평균	표준편차		
과학에 대한 태도 전체	3.01	.649	3.30	.487	4.399	.000***
과학탐구에 대한 태도	3.15	.484	3.32	.690	1.768	.088
과학태도의 수용	3.22	.490	3.52	.563	3.561	.001*
과학수업의 즐거움	3.04	.965	3.34	.649	2.514	.018*
과학에서의 여가활동	2.97	.902	3.23	.580	2.460	.021*
과학관련 직업의 선호	2.70	.946	3.12	.581	3.113	.004*

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

먼저 과학에 대한 태도 전체를 보면, 사전의 평균은 3.01이고 사후의 평균은 3.30으로 프로그램 적용 후 평균이 증가하였다. 검정통계량을 살펴보면, t값이 4.399이고 유의확률이 0.000이므로 통계적으로 유의한 차이라고 할 수 있다. 이는 STEAM을 적용한 프로그램이 학생들의 과학에 대한 흥미나 인식과 같은 정의적인 측면의 과학에 대한 태도의 향상에 긍정적이라는 대다수의 연구결과와 같다(박혜원, 신영준, 2012; 김영희, 2015; 허소윤, 2014; 채희인, 2013).

과학탐구에 대한 태도를 살펴보면, 사전의 평균은 3.15이고 사후의 평균은 3.32으로 프로그램 적용 한 후 사후의 평균이 증가하였다. 검정통계량을 살펴보면, t값이 1.768이고 유의확률이 0.088으로 통계적으로 유의한 차이라고 볼 수 없다. 과학태도의 수용을 보면, 사전의 평균은 3.22이고 사후의 평균은 3.52으로 사후 평균이 증가하였다. 검정통계량을 살펴보면, t값이 3.561이고 유의확률이 0.001이므로 통계적으로 유의한 차이라고 할 수 있다. 과학수업의 즐거움 살펴보면, 사전의 평균은 3.04이고 사후의 평균은 3.34으로 프로그램 적용 한 후 사후 결과의 평균이 증가하였다. 검정통계량을 살펴보면, t값이 2.514이고 유의확률이 0.018이므로 통계적으로 유의한 차이라고 할 수 있다. 과학에서의 여가활동을 보면, 사전의 평균은 2.97이고 사후의 평균은 3.23으로 사후의 평균이 증가하였다. 검정통계량을 살펴보면, t값이 2.460이고 유의확률이 0.021이므로 통계적으로 유의한 차이라고 할 수 있다. 과학 관련된 직업 선호를 보면, 사전의 평균은 2.70이고 사후의 평균은 3.12으로 사후 평균이 증가하였다. 검정통계량을 살펴보면, t값이 3.113이고 유의확률이 0.004이므로 통계적으로 유의한 차이라고 할 수 있다.

홍현정(2015)의 ‘STEAM 기반 야외체험학습 프로그램이 초등학생들이 과학탐구능력 및 과학에 대한 태도에 미치는 영향’에 대한 연구에서 과학적 탐구에 대한 태도를 제외한 과학에 대한 태도 하위영역의 통계적으로 유의미한 효과를 보았다는 연구와 일치하는 결과이다. 이는 과학과 예술을 융합한 프로그램을 진행하다보니 처음의 의도와는 달리 과학적 개념을 학습하는 시간에 비해 작품 감상 및 제작하는데 더 많은 시간을 할애하게 되어 다른 영역에 비해 과학적 탐구에 대한 태도에서는 그 효과가 미흡한 것으로 보인다.

과학·예술 융합 STEAM 프로그램의 과학에 대한 태도에 관련한 선행연구를 찾아보면, 과학에 관련된 태도 측면에서 적용효과를 살펴본 연구를 찾아볼 수 없었다. 본 연구에서 과학·예술 융합 STEAM 프로그램의 중등 일반학생들에 과학에 대한 태도에 긍정적인 변화를 줄 수 있다는 것을 검증했다는 것으로도 그 의미를 클 것이다.

3) 연구 집단 간 프로그램의 효과성 비교

중등 과학영재와 중등 일반학생의 사전 과학에 대한 태도의 차이를 비교하기 위하여 두 독립표본 t-test에 의해 비교한 결과는 <표 IV-14>와 같다.

<표 IV-14> 과학에 대한 태도 사전 검사 t-test 결과.

항목	구분	평균	표준편차	t	p
과학에 대한 태도 전체	영재집단	3.91	.557	5.420	.000***
	일반집단	3.01	.649		
과학탐구에 대한 태도	영재집단	3.71	.419	4.528	.000***
	일반집단	3.15	.484		
과학태도의 수용	영재집단	4.19	1.21	3.879	.000***
	일반집단	3.22	.490		
과학수업의 즐거움	영재집단	4.10	.628	4.705	.000***
	일반집단	3.04	.965		
과학에서의 여가활동	영재집단	3.86	.754	3.885	.000***
	일반집단	2.97	.902		
과학관련 직업의 선호	영재집단	3.72	.841	4.195	.000***
	일반집단	2.70	.946		

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

검정통계량을 살펴보면, 중등 과학영재와 중등 일반학생의 사전 과학에 대한 태도에 차이가 있는 것으로 나타났다(p<0.05). 이는 과학영재학생이 일반학생들에 비해 과학에 대한 태도가 높다는 연구결과와 일치한 결과이다(소금현, 2000, 이항로, 2011).

이와 같이 두 집단의 사전 과학에 대한 태도에 차이가 있기 때문에 사전을 변량인 변수로 통제를 해야 하므로 공분산분석을 사용하였다. 다음은 공분산을 통하여 사전을 통제한 후 중등 과학영재 집단과 중등 일반학생 집단의 사후 과학에 대한 태도의 하위 영역별 평균의 차이를 비교하여 나타내었다.

① 과학탐구에 대한 태도 영역

<표 IV-15>는 공분산을 통하여 사전을 통제한 후 중등 과학영재집단과 중등 일반학생집단의 과학탐구에 대한 태도 영역의 사후 평균의 차이를 비교한 결과이다. 검정통계량을 살펴보면, F값이 0.039이고 유의확률이 0.844이므로 통계적으로 유의한 차이가 없다.

<표 IV-15> 공분산분석에 의한 교정된 사후 과학탐구에 대한 태도 영역의 비교 결과.

변인	영재집단		일반집단			
	평균	표준편차	평균	표준편차		
과학탐구에 대한 태도	3.84	.546	3.32	.690		
소스	유형III	제공합	df	평균제공	F	유의수준
공변량 (사전 과학탐구에 대한 태도)	8.171	1	8.171	34.236	.000	
집단	.009	1	.009	.039	.844	
오류	12.172	51	.239			
총계	712.891	54				
수정합계	23.988	53				

a. R 제곱= .493 (조정된R 제곱= .473)

② 과학적 태도의 수용 영역

<표 IV-16>는 공분산을 통하여 사전을 통제한 후 중등 과학영재집단과 중등 일반학생집단의 과학적 태도의 수용 영역의 사후 평균의 차이를 비교한 결과이다. 검정통계량을 살펴보면, F값이 4.429이고 유의확률이 0.040이므로 통계적으로 유의한 차이가 없다고 볼 수 있지만, 영재집단의 사후 평균은 3.84이고 일반집단의 사후 평균은 3.32으로 통계적으로 유의한 평균의 차이가 있다고 할 수 있다.

<표 IV-16> 공분산분석에 의한 교정된 사후 과학태도의 수용 영역의 비교 결과.

변인	영재집단		일반집단			
	평균	표준편차	평균	표준편차		
과학적 태도의 수용	3.84	.546	3.32	.690		
소스	유형III	제공합	df	평균제공	F	유의수준
공변량 (사전 과학태도의 수용)	1.000	1	1.000	1.532	.222	
집단	2.891	1	2.891	4.429	.040	
오류	33.291	51	.653			
총계	840.469	54				
수정합계	40.384	53				

a. R 제곱= .176 (조정된R 제곱= .143)

③ 과학수업의 즐거움 영역

<표 IV-17>는 공분산을 통하여 사전을 통제한 후 중등 과학영재집단과 중등 일반학생집단의 과학수업의 즐거움 영역의 사후 평균의 차이를 비교한 결과이다. 검정통계량을 살펴보면, F값이 0.465이고 유의확률이 0.499이므로 통계적으로 유의한 차이가 없다.

<표 IV-17> 공분산분석에 의한 교정된 사후 과학 수업의 즐거움의 영역의 비교 결과.

변인	영재집단		일반집단			
	평균	표준편차	평균	표준편차		
과학수업 즐거움	4.13	.734	3.34	.649		
소스	유형III	제공합	df	평균제공	F	유의수준
공변량						
(사전과학수업의즐거움)	15.284		1	15.284	81.126	.000
집단	.088		1	.088	.465	.499
오류	9.608		51	.188		
총계	782.422		54			
수정합계	33.324		53			

a. R 제곱= .712 (조정된R 제곱= .700)

④ 과학에서의 여가활동 영역

<표 IV-18>는 공분산을 통하여 사전을 통제한 후 중등 과학영재집단과 중등 일반학생집단의 과학에서의 여가활동 영역의 사후 평균의 차이를 비교한 결과이다. 검정통계량을 살펴보면, F값이 4.481이고 유의확률이 0.039이므로 통계적으로 유의한 차이가 없다고 할 수 있지만, 영재집단의 사후 평균은 3.97이고 일반집단의 사후 평균은 3.23으로 통계적으로 유의한 평균의 차이가 있다고 할 수 있다.

<표 IV-18> 공분산분석에 의한 교정된 사후 과학에서의 여가활동 영역의 비교 결과.

변인	영재집단		일반집단			
	평균	표준편차	평균	표준편차		
과학에서의 여가활동	3.97	.613	3.23	.580		
소스	유형III	제공합	df	평균제공	F	유의수준
공변량						
(사전 과학에서의 여가활동)	11.905		1	11.905	95.401	.000
집단	.559		1	.559	4.481	.039
오류	6.239		50	.125		
총계	705.484		53			
수정합계	25.248		52			

a. R 제곱= .753 (조정된R 제곱= .743)

⑤ 과학관련 직업의 선호 영역

<표 IV-19>는 공분산을 통하여 사전을 통제한 후 중등 과학영재집단과 중등 일반학생집단의 과학에서의 여가활동 영역의 사후 평균의 차이를 비교한 결과이다. 검정통계량을 살펴보면, F값이 0.893이고 유의확률이 0.349이므로 통계적으로 유의한 차이가 없다.

<표 IV-19> 공분산분석에 의한 교정된 사후 과학관련 직업의 선호의 영역의 비교 결과.

변인	영재집단		일반집단	
	평균	표준편차	평균	표준편차
과학관련 직업의 선호	3.77	.695	.312	.581

소스	유형III 제곱합	df	평균제곱	F	유의수준
공변량					
(사전과학관련직업의선호)	10.482	1	10.482	49.969	.000
집단	.187	1	.187	.893	.349
오류	10.699	51	.210		
총계	666.672	54			
수정합계	26.866	53			

a. R 제곱= .602 (조정된R 제곱= .586)

⑥ 과학에 대한 태도 전체 영역

<표 IV-20>는 공분산을 통하여 사전을 통제한 후 중등 과학영재집단과 중등 일반학생집단의 과학에 대한 태도 전체 사후 평균의 차이를 비교한 결과이다. 검정통계량을 살펴보면, F값이 0.284이고 유의확률이 0.597이므로 통계적으로 유의한 차이가 없다.

<표 IV-20> 공분산분석에 의한 교정된 사후 과학에 대한 태도 전체 비교 결과.

변인	영재집단		일반집단	
	평균	표준편차	평균	표준편차
과학에 대한 태도 전체	3.96	.539	3.30	.487

소스	유형III 제곱합	df	평균제곱	F	유의수준
공변량					
(사전 과학에 대한 태도전체)	8.668	1	8.668	91.667	.000
집단	.027	1	.027	.284	.597
오류	4.728	50	.095		
총계	711.440	53			
수정합계	19.048	52			

a. R 제곱= .752 (조정된R 제곱= .742)

인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 과학·예술 융합 STEAM 프로그램을 중등 과학영재 집단과 중등 일반학생 집단에 적용하였을 때, 과학에 대한 태도 측면에서 그 효과의 차이가 있는지를 살펴보기 위하여 공분산을 통하여 사전을 통제한 후 중등 과학영재 집단과 중등 일반학생 집단의 사후 평균의 차이를 비교해 보았다. 결과를 정리해보면, 과학에 대한 태도 전체를 비교하였을 때는 두 집단 간 프로그램 적용의 효과 차이가 없었고, 과학에 대한 태도의 하위 영역에서도 과학적 태도의 수용, 과학에서의 여가활동을 제외하고는 중등 과학영재 집단과 중등 일반학생 집단에 있어 그 적용 효과의 차이가 없었다. 인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 과학·예술 STEAM 융합 프로그램을 중등 일반학생에게 적용했을 때 보다 중등 과학영재에게 적용했을 때 과학적 태도의 수용, 과학에서의 여가활동에 대한 긍정적인 태도를 갖게 하는데 더 큰 효과를 보았다고 할 수 있다.

과학적 태도의 수용은 문제 해결에 있어 과학에 대한 신뢰, 지속성 및 호기심에 대하여 알아보는 영역이고, 과학에서의 여가활동은 과학관 견학, 과학캠프 등 정규 과학 수업 시간 이외에 과학에 관련된 활동에 대한 선호도를 알아보는 영역이다(이희두, 2010; 이지현, 2014). 본 연구에서 사용한 과학과 예술을 융합한 프로그램은 현대미술 장르인 인터랙티브 키네틱 아트를 활용하였기 때문에 중등 과학영재들이 과학과 예술의 상보적 관계 속에 서로의 분야를 발전시키고 있다는 것을 경험하고 과학에 대한 신뢰와 호기심을 생기게 하였고, 인터랙티브 아트와 키네틱 아트의 감상을 통해 과학 수업을 벗어나서 더 많은 영역의 활동에 관심을 갖게 된 것으로 보인다.

V. 결론 및 제언

1. 결론

본 연구는 인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 과학·예술 융합 STEAM 프로그램이 중등 과학영재들과 일반학생들의 과학적 태도와 과학에 대한 태도에 미치는 영향을 검증하고, 예술의 요소가 좀 더 적극적으로 반영된 STEAM 프로그램의 효과의 가능성과 방향을 살펴보고자 하였다. 이에 대한 연구의 결과는 다음과 같다.

첫째, 인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 과학·예술 융합 STEAM 프로그램의 중등 과학영재의 과학적 태도 향상에 통계적으로 유의미한 결과를 나타냈다. 특히, 개방성과 비판성 영역에서 그 효과가 두드러졌다. 인터랙티브 키네틱 아트를 제작하는 활용을 통해 학생들이 정형화된 틀이나 규칙에 얽매이지 않고 문제를 해결하는 방식을 경험하는 것은 개방적 태도 향상에 도움을 주었고, 작품 전시회 및 발표회를 통해 서로의 작품을 시연하고 감상 및 비평하고, 주제표현과 전달 효과를 잘 살린 작품을 선정하는 과정이 비판적 태도 향상에 긍정적인 영향을 준 것으로 보인다. 그에 비해 중등 과학영재의 과학에 대한 태도이 향상은 통계적으로 유의미하지 않았다. 이는 과학 영재학생들의 특성상 과학에 관련된 구체적 대상들에 대해 이미 아주 긍정적이고 호의적이기 때문에 태도의 사전 점수가 아주 높게 형성되는 천정효과에서 비롯된 결과라 여겨진다. 이는 특정 프로그램이 영재의 과학에 대한 태도 변화에 영향을 주기가 어렵다는 선행 연구결과와 유사한 결과이다. 하지만 영재들이 어려운 사고과정을 통해 쉽게 해결되지 않는 문제를 해결하는 것을 좋아하는 학업적 특성을 이용하여 과학 영재의 잠재력 개발을 위해 이를 충족시켜 줄 수 있는 교육프로그램을 제공한 연구에서는 과학에 대한 태도의 긍정적인 영향을 주었다는 연구 결과와 비교해 볼 때, 중등 과학영재 학생들에게 예술적 감수성과 창의성의 장을 제공함과 동시에 지적 자극과 도전의식을 심어줄 수 있는 높은 수준의 과학적 자극을 제공할 수 있도록 프로그램

램이 보완되어야 할 것으로 보인다.

둘째, 인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 과학·예술 융합 STEAM 프로그램의 중등 일반학생의 과학적 태도 향상에 통계적으로 유의미한 결과를 나타냈다. 그 하위 영역도 개방성, 자진성을 제외하고는 모두 유의미한 결과를 보였다. 개방성, 자진성 영역도 통계적으로 유의미하지 않지만 사전 검사에 비해 사후에 평균이 향상이 있었기 때문에 프로그램의 적용이 과학적 태도 전반에 긍정적인 효과를 준 것으로 보인다. 그리고 과학에 대한 태도에도 유의미한 결과를 보였다. 과학적 탐구에 대한 태도를 제외한 과학에 대한 태도 하위영역의 통계적으로 유의미한 효과를 보였다. 중등 일반학생들에게 STEAM 프로그램을 적용하여 긍정적인 효과를 보았던 앞선 연구들과 같은 결과이다. 프로그램을 적용할 때 처음의 의도와는 달리 과학적 개념을 학습하는 시간에 비해 작품 감상 및 제작하는데 더 많은 시간을 할애하게 되어 다른 영역에 비해 과학적 탐구에 대한 태도에서는 그 효과가 미흡한 것으로 보인다. STEAM 프로그램의 운영에 있어 예술의 활용과 비중도 중요하지만 과학기술인재 육성이라는 STEAM 교육의 기본 목표를 위한 과학이나 수학적 기본 원리 학습에도 소홀하면 안 될 것이다.

셋째, 인터랙티브 키네틱 아트를 활용한 과학·예술 융합 STEAM 프로그램의 중등 과학영재 집단과 중등 일반학생 집단에 따른 효과성 차이는 유의미하지 않았다. 학습자의 특성을 고려한 프로그램의 효과성을 확인하기 위한 것이지만 프로그램 실시 후 두 집단의 과학적 태도나 과학에 대한 태도 모두에서 상승차가 거의 비슷하게 났다.

이로서 과학과 미술과의 융합이 단순한 표면적 융합에 그치지 않는 적극적인 수준의 예술의 방식으로서 인터랙티브 아트와 키네틱 아트를 활용한 STEAM 프로그램은 중등 과학영재와 일반학생 모두에게 과학에 관련한 태도 면에서 긍정적인 효과를 검증하고 교육적인 활용의 가치가 있음을 확인하였다.

2. 제언

본 연구의 결론을 바탕으로 다음과 같이 제언하고자 한다.

첫째, 본 연구를 진행함에 있어 교사의 융합적 소양이 필요하였다. 교사의 전공과목 이외의 분야에 대해 전문성의 결여는 학생들에게 부실한 수업을 제공할 수 있다는 문제가 생긴다. 이를 극복하기 위해서는 학교 현장의 다양한 분야의 교사들의 협력과 정보 교류 등에 의해 해결점을 찾아야 할 것이다.

둘째, 본 연구에 활용한 STEAM 프로그램을 과학에 관련된 태도 면에서 검증하였는데, 창의적 인성 및 창의적 문제해결력, 과학적 탐구력 등의 더 다양한 변인으로 확대하여 검증할 필요가 있다.

셋째, 본 연구는 같은 프로그램을 중등 과학영재학생과 중등 일반학생에게 적용했기 때문에 다양한 학습자들의 특성과 요구를 고려한 논의가 부족했다. 맞춤형 교육의 실천을 위해 여러 유형을 위한 STEAM 프로그램의 개발 및 적용 등의 전략적 접근이 필요하다.

참 고 문 헌

- 강갑원(2015). 융합인재교육의 원류, 변천 및 그 정체성의 탐색. 영재와 영재교육. 14(2). 5-29.
- 강지혜(2013). 과학과 예술을 기반으로 한 융합인재교육(STEAM)프로그램 개발 및 적용. 경인교육대학교 석사학위논문.
- 견재기(2007). 인터랙티브 아트의 상호작용성 분석을 위한 유형 분류 모델 연구. 국민대학교 석사학위논문.
- 견재기, 정지홍(2006). 인터랙티브 아트의 인터랙션 유형 연구. 한국디자인학회 학술발표대회 논문집. 220-221.
- 교육과학기술부(2010). 창의 인재와 선진과학기술로 여는 미래 대한민국. 2011년 업무보고.
- 권수미(2012). 예술중심 융합교육 프로그램 개발을 위한 제언. 음악교육연구. 41(2). 67-93.
- 권혁재(2015). 키네틱 아트를 활용한 초등학교 과학예술 융합프로그램의 개발 및 적용. 경인교육대학교 석사학위논문.
- 권혁재, 권난주(2015). 과학예술 융합프로그램이 초등학생의 창의적 인성에 미치는 영향: 키네틱 아트를 중심으로. 교사교육연구회. 54(1). 17-30.
- 김권숙(2012). 과학기반 STEAM 프로그램이 초등 영재 학생들의 창의적 문제해결력과 과학적 태도에 미치는 영향. 경인교육대학교 석사학위논문.
- 김권숙, 최선영(2012). 과학 기반 STEAM 프로그램이 초등과학 영재 학생들의 창의적 문제해결력과 과학적 태도에 미치는 영향. 초등과학교육. 31(2). 216-226.
- 김규연(2014). 인터랙티브 아트의 특성과 교육방향 연구 : 초등학교를 중심으로. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 김규태(2012). 새로운 융합인재 양성의 흐름 ; 융합의 전제조건 협업. 과학창의재단. 월간 과학창의(10월호). 9-10.
- 김남연, 조형숙(2012). 미술과 통합한 유아과학교육 프로그램이 개발 및 적용효과. 유아교육학 논문집. 12(6). 73-102.
- 김보을(2013). 초등과학영재와 일반학생의 과학적 태도와 과학수업에 대한 만족도 비교 연구. 서울교육대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 김보을, 권치순(2014). 초등 과학영재와 일반학생의 과학적 태도와 과학수업 만족도 비교 연구. 대한지구과학교육학회지. 7(1). 91-98.
- 김선욱, 김동현(2011). 4절 링크 이론과 양센 메커니즘을 기반으로 한 보행 로봇의 운동학 해석. 한국지능시스템학회논문지. 21(2). 159-164.
- 김송휘(2014). 운동과 정지 상호작용성을 표현한 금속오브제 디자인 연구. 홍익대학교 석사학위논문.
- 김수현(2010). 예술과 창의성, 그리고 예술영재교육. 민족미학. 19. 79-97.
- 김영희(2015). STEAM 프로그램을 적용한 수업이 중학생의 학업성취도, 창의적 사고, 과

- 학적 태도 및 진로성숙도에 미치는 영향. 부산대학교 석사학위논문.
- 김왕동(2011). 창의적 융합인재 야성을 위한 과제 : 과학기술과 예술 융합(STEAM). 과학기술정책연구원.
- 김왕동(2012). 창의적 융합인재에 관한 개념 틀 정립 : 과학기술과 예술 융합 관점, 영재와 영재교육. 11(1). 97-119.
- 김은애(2007). 조형능력 신장을 위한 키네틱 아트의 교수-학습 방법 적용 연구. 경상대학교 석사학위논문.
- 김은영(2010). 시각. 촉각. 청각적 감각체험을 통한 인터랙티브 아트. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 김자림(2012). 과학·미술 중심 STEAM 교육 프로그램이 초등학생의 과학학습성취와 정의적 특성에 미치는 효과. 경북대학교 박사학위논문.
- 김정현(2003). 인터랙티브 키네틱 아트의 우연적 표현 연구 : 해프닝을 통한 관객 참여를 중심으로. 이화여자대학교 석사학위논문.
- 김정효, 안도 쿄우이치로(2013). 과학과 예술의 융합에 기초한 STEAM 교육의 가능성과 과제 : 한국 STEAM 교육의 원리와 수업구상의 검토. 미술교육논총. 27(1). 123-152.
- 김지환, 방미선, 배성철, 홍연숙, 최종경, 이나리, 서승갑, 배진호, 이용섭, 이형철(2014). 영화를 활용한 융합인재교육 프로그램이 초등과학영재의 창의적 인성, 창의적 문제해결력 및 과학적 태도에 미치는 영향. 과학교육연구지. 38(1).
- 김진수(2012). STEAM 교육론. 양서원.
- 김현경, 김정수, 최병순(2007). Small-Scale Chemistry(SSC) Program 적용에 대한 과학고등학교 학생들의 과학관련 태도 변화. 국제과학영재학회지. 1(2). 163-170.
- 김현진(2005). 현대미술의 상호작용성 연구 : 인터랙티브 아트의 소통방식 분석을 중심으로. 홍익대학교 석사학위논문.
- 김형숙(2012). 융합인재교육(STEAM)에서 미술교육의 관계와 중요성 고찰. 기초조형학연구. 3(5). 105-113.
- 김형숙, 황정환(2015). ICT기반 인터랙티브 아트 STEAM프로그램 개발: 고등학교중심. 한국무용과학회지. 32(2). 47-57.
- 김효남, 정완호, 정진우(1998). 국가수준의 과학에 관련된 정의적 특성의 평가체제 개발. 과학교육논문집. 8(1). 26-38.
- 김희경(2014). 융합인재교육의 현황과 미술의 역할 연구. 경북대학교 석사학위논문.
- 김희영(2008). 인터랙티브 아트의 상호작용성 : 관람자와 작품 사이의 상호소통을 중심으로. 부산대학교 박사학위논문.
- 노유현(2015). 초등학교 영재학생과 일반학생의 학업적 자기효능감과 과학적 태도와의 관계. 서울교육대학교 박사학위논문.
- 노해울(2010). moveless 작품 소개. <http://www.haeyul.com/work/work-moveless.htm>
- 미술대사전(용어편)(1998). 키네틱 아트 [Kinetic Art]. 한국사전연구소.
- 박종욱(2011). 교수학습자료 'Physics by Inquiry' 적용이 과학고 학생들의 볼록렌즈에 대한 개념 변화와 과학적 태도에 미치는 영향. 한국교원대학교 석사학위논문.

- 박지현(2014). 융합인재교육(STEAM) 적용 수업이 초등학교 6학년 학생의 과학에 대한 태도, 과학 흥미, 과학 학업성취도에 미치는 영향. 대구교육대학교 석사학위논문.
- 박현주, 김영민, 노석구, 이주연, 정진수, 최유현, 한혜숙, 백운수(2012). STEAM 교육의 구성요소와 수업설계를 위한 준거틀의 개발. 학습자중심교과교육연구. 12(4). 533-557.
- 박혜원(2012). 융합인재교육(STEAM)을 적용한 과학수업이 자기효능감, 흥미 및 과학 태도에 미치는 영향. 경인교육대학교 석사학위논문.
- 박혜원, 신영준(2012). 융합인재교육(STEAM)을 적용한 과학수업이 자기효능감, 흥미 및 과학 태도에 미치는 영향. 생물교육. 40(1). 132-146.
- 배영애(2008). 현대예술과 키네틱 아트에 관한 연구: 비디오아트를 중심으로. 예술과 미디어. 7(1). 71-80.
- 백운수, 김영민, 노석구, 박현주, 이주연, 정진수, 최유현, 한혜숙, 최종현(2012). 융합인재교육(STEAM) 실행방향 정립을 위한 기초연구. 한국과학창의재단.
- 백운수, 박현주, 김영민, 노석구, 박종운, 이주연, 정진수, 최유현, 한혜숙(2011). 우리나라 STEAM 교육의 방향. 학습자중심교과교육연구, 11(4). 149-171.
- 서정미(2010). 인터랙티브 키네틱 아트에서 리듬에 대한 연구 : 김수정의 "Dots"를 중심으로. 정보디자인학연구. 15. 85-93.
- 송유채(2014). 과학적 사고 향상을 위한 STEAM 교육 수업지도 방안: 중학생 미술을 중심으로. 단국대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 송주연(2012). 과학-예술통합 활동에 대한 초등학교 교사의 인식과 활용실태. 이화여자대학교 석사학위논문.
- 신정인(2012). 과학 글쓰기를 활용한 수업이 중학생들의 과학적 태도, 학습 동기 및 학업성취도에 미치는 영향. 이화여자대학교 석사학위논문.
- 신정인, 신예진, 윤희정, 우애자(2013). 과학 글쓰기를 활용한 수업이 중학생들의 과학 관련 태도, 학습 동기 및 학업 성취도에 미치는 영향. 한국과학교육학회지. 33(2). 511-521.
- 신혜영(2015). 인터랙티브 아트 제작을 위한 수업프로그램에 관한 연구 : 인터랙티브 개념 이해를 위한 교구(Tool-Kit) 개발 중심으로. 이화여자대학교 박사학위논문.
- 안혜란, 유미현(2015). 영재교육에서의 융합인재교육(STEAM) 연구 동향 분석. 영재교육연구. 25(3). 401-420.
- 양승지(2014). 국내 과학예술 융합교육 프로그램 개발 현황 및 국외 과학예술 융합교육 프로그램 사례를 바탕으로 한 학교 교육에의 적용 방안 탐색. 경인교육대학교 석사학위논문.
- 양승지, 권난주(2013). 국내 과학예술 융합교육 프로그램 개발현황 분석을 통한 현장 적용 방안 탐색. 교육논총. 33(2). 149-160.
- 양승지, 권난주(2014). 국내외 과학과 예술 융합교육 프로그램 개발 동향 분석. 과학교육연구지. 38(2). 376-400.
- 여상인(2015). 과학영재를 위한 비형식 교육으로서의 영월지역 과학탐방 프로그램 개발. 교육논총. 35(1). 161-180.

- 오정화(2011). Kinetic Art의 물리적 움직임 재분류 : 미디어아트와 결부된 키네틱 아트 중심으로. 전북대학교 석사학위논문.
- 우종욱, 이경훈(1996). 과학 관련 태도의 타당한 측정을 위한 연구Ⅱ : 과학에 대한 태도의 감정적 요소 측정을 위한 척도개발. 학국과학교육학회지. 16(2). 190-199.
- 원용준(2012). 키네틱 아트를 활용한 미술교육 프로그램 연구 : 미술교과의 통합교육 수업을 바탕으로. 인하대학교 석사학위논문.
- 유미현, 강윤희, 여상인(2011). 대학부설 과학영재교육원 여름 캠프 프로그램의 효과. 과학영재교육. 3(1). 19-37.
- 유형석(2009). 알렉산더 칼더(Alexander Calder)의 모빌과 스테빌 연구. 경기대학교 석사학위논문.
- 이경화(2014). 초등학교 6학년 미술과 중심의 STEAM교육 프로그램 개발·적용 사례 연구 : 빛과의 상호작용성을 중심으로. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 이슬이(2014). 키네틱 아트와 과학탐구활동을 활용한 융합인재교육 기반의 미술수업 지도 방안 연구. 부산대학교 교육대학원. 석사학위논문.
- 이에스더(2013). 창의적 융합인재교육(STEAM)을 위한 예술교육의 의미와 당위성에 대한 논의. 문화예술교육연구. 8(3). 125-144.
- 이윤정, 김연희(2011). 키네틱 아트를 응용한 패션디자인 연구. 한국디자인문화학회지. 17(2). 488-501.
- 이은아(2014). 움직임의 원리에 따른 키네틱 아트 지동 방안 연구. 서울대 교육대학원 석사학위 논문.
- 이은적(2012). STEAM(융합인재교육)에서의 미술교과 내용이 가능성과 한계. 한국초등미술학교. 33. 287-314.
- 이정인(2006). 가변적 장신구 디자인 연구 : 키네틱 아트의 상호작용성(Interactivity)를 중심으로. 홍익대학교 석사학위논문.
- 이정철, 강순민, 허홍욱(2009). 한국과학영재학교 학생들의 과학적 태도, 학습양식, 선호하는 수업형태와 수업환경 조사를 통한 수업전략의 수립. 영재교육연구. 19(1). 138-159.
- 이지선(2014). 예술중심 융합교육을 위한 연구와 ASSEM Model 제안. 서울교육대학교 석사학위논문.
- 이지현(2015). STEAM 프로그램을 적용한 과학 수업이 중학교 2학년 학생들에게 미치는 영향 : ‘물질의 특성’과 ‘일과 에너지 전환’ 단원을 중심으로. 이화여자대학교 석사학위논문.
- 이형민(2013). 과학 기반 STEAM을 적용한 ‘태양계와 별’ 단원 수업이 창의적 사고활동 및 과학적 태도에 미치는 영향. 부산교육대학교 석사학위논문.
- 임헌채(1993). 국민학교 6학년 아동들의 과학에 대한 태도조사 연구. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 장선화(2014). STEAM을 활용한 현대미술 지도 방안 연구. 경인교육대학교 석사학위논문.
- 장혜진, 신영준(2009). 과학글쓰기를 활용한 독후활동이 과학적 태도에 미치는 효과. 과학

- 교육논총. 22(1). 55-64.
- 정동암(2013). 미디어 아트. 커뮤니케이션북스.
- 정소연(2012). 현대미술에 나타난 상호작용성의 전개 양상과 그 예술적 적용에 관한 연구 : 본인의 관객 참여형 작품을 중심으로. 중앙대학교 박사학위논문.
- 정수정(2014). 키네틱 아트를 활용한 미술중심의 STEAM 교수·학습 지도방안 연구 : 초등학교 5·6학년을 중심으로. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 조준오(2009). 과학에 대한 태도와 과학적 태도의 문항분류틀을 적용한 문항 분석 : 제 6차 한국지구과학올림피아드 2차 시험을 대상으로. 충북대학교 석사학위논문.
- 조향숙, 김훈, 허준영(2012). 현장 적용 사례를 통한 융합인재교육(STEAM)의 이해. 한국과학창의재단.
- 지경준, 홍은주(2015). 키네틱 아트를 도입한 STEAM 교육 프로그램 개발 및 적용 : 융합에 움직임을 더하다!. 초등과학교육. 34(3). 276-287.
- 채중환(2008). 키네틱 아트의 기계적 움직임을 응용한 오브제 디자인 연구. 서울산업대학교 석사학위논문.
- 채희인(2013). STEAM 활동이 초등학생의 과학탐구능력 및 과학에 대한 태도에 미치는 영향. 경인교육대학교 석사학위논문.
- 채희인, 노석구(2013). STEAM 활동이 초등학생의 과학탐구능력 및 과학에 대한 태도에 미치는 영향. 과학교육연구지. 37(3). 417-433.
- 태진미(2011). 창의적 융합인재양성. 왜 예술교육에 주목하는가?. 영재교육연구. 21(4). 1011-1032.
- 태진미(2014). 영재를 위한 융합교육(STEAM) 자료 개발 및 적용. 영재교육연구. 24(4). 703-728.
- 태진미, 박양숙(2013). 스토리텔링 교육연극 기반 STEAM 교육이 초등학생들의 과학적 태도에 미치는 효과. 창의력교육연구.13(1).
- 하주일, 김경수(2014). 4C-STEAM을 활용한 과학인형극 프로그램 개발 전략. 한국과학예술포럼. 17. 443-443.
- 한국과학창의재단(2012). 스텝가이드북 손에 잡히는 STEAM 교육.
- 한국과학창의재단(2013). 2013년 융합인재교육(STEAM)교육과정 연계 및 평가도구 개발 공청회 자료집.
- 한국과학창의재단(2015a). 스텝가이드북 눈에 보이는 STEAM 교육.
- 한국과학창의재단(2015b). [과학·예술 융합형 프로그램 Interactive Art, 과학, 예술, 사람을 만나게 하다] 중학교용. (<http://steam.kofac.re.kr/>).
- 한국과학창의재단(2015c). [과학·예술 융합형 프로그램 Interactive Art, 과학, 예술, 사람을 만나게 하다] 초등학교용. (<http://steam.kofac.re.kr/>).
- 허소윤(2014). 과학 기반 STEAM을 적용한 과학 수업이 초등학생들의 과학 관련 태도 및 과학탐구능력에 미치는 영향. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 현동걸, 이명수, 신애경, 임성만, 김성운, 양경식(2014). 인터랙티브 아트를 활용한 STEAM 프로그램에 대한 초등학생들의 흥미와 인식. 과학교육연구지. 38(3). 691-702.

- 홍경희(2009). POEE 수업모형에 의한 물리토론 교수학습자료의 적용이 과학고 학생들의 과학적 태도에 미치는 영향. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 홍성욱(2005). 과학과 예술 : 그 수렴과 접점을 위한 시론. 과학기술학연구. 9. 1-30.
- 홍승은(2014). 융합인재 양성을 위한 STEAM 기반 미술교육프로그램 개발과 효과성에 관한 연구. 한양대학교 석사학위논문.
- 홍현정(2015). STEAM 기반 야외체험학습 프로그램이 초등학생들의 과학탐구능력 및 과학에 대한 태도에 미치는 영향. 부산교육대학교 석사학위논문.
- 황광석(2013). 초등학교 5학년 '전기회로' 단원의 STEAM교육이 과학에 대한 태도 및 수업만족에 미치는 영향. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 황주란, 강성주(2013). 과학과 예술을 융합한 프로그램이 고등학생의 과학에 대한 흥미, 태도, 창의성에 미치는 영향. 과학교육논문집. 19(1). 14-27.

<부록 1> 과학적 태도 검사지

과학적 태도 검사지

이 검사지의 각 문항에는 틀린 답이나 맞는 답은 없습니다. 질문지를 읽고 솔직한 자신의 행동이나 생각을 잘 나타낸다고 생각하는 번호에 동그라미 하십시오.

정말 그렇다	그렇다	그저 그렇다	아니다	전혀 아니다
5	4	3	2	1

문 항		정말 그렇다	그렇다	그저 그렇다	아니다	전혀 아니다
1	나는 새로운 현상을 보면 왜 그런지 알고 싶다.	5	4	3	2	1
2	나는 친구들의 의견이 내 의견과 다르더라도 주의 깊게 듣는다.	5	4	3	2	1
3	나는 친구들이 발표하는 내용에 대하여 충분한 근거가 있는지 따져본다.	5	4	3	2	1
4	나는 실험이 끝난 후에 친구들과 함께 실험 기구를 정리한다.	5	4	3	2	1
5	나는 조별 실험을 할 때 내가 직접 하기보다는 친구들이 하는 것을 지켜본다.	5	4	3	2	1
6	나는 실험결과가 잘못 나오면 실망하지 않고 그 실험을 다시 해 본다.	5	4	3	2	1
7	나는 새로운 것을 발명해 내려고 노력한다.	5	4	3	2	1
8	나는 집에 있는 물건이 고장 나면 그 원인이 궁금해진다.	5	4	3	2	1
9	나와 다른 의견을 가진 친구와 토론을 통해 내 의견을 수정할 수 있다.	5	4	3	2	1
10	나는 선생님의 의견이 옳지 않다고 생각되면 다시 질문한다.	5	4	3	2	1
11	나는 조별 실험을 할 때 역할 분담을 토의하여 결정한다.	5	4	3	2	1
12	나는 내가 할 수 있는 찾아서 스스로 한다.	5	4	3	2	1
13	나는 실험을 하다가 실험 과정이 복잡해지면 실험을 그만둔다.	5	4	3	2	1
14	나는 어떤 문제를 해결하기 위한 새로운 방법을 찾아 내려고 한다.	5	4	3	2	1
15	나는 무엇을, 어떻게, 언제, 왜 등이 들어가는 질문을 많이 한다.	5	4	3	2	1

문 항		정말 그렇다	그렇다	그저 그렇다	아니다	전혀 아니다
16	나는 나의 주장이 틀렸을 때 부끄럽다.	5	4	3	2	1
17	나는 남들이 다 옳다고 하더라도 증거가 불충분하다면 다른 의견을 제시한다.	5	4	3	2	1
18	나는 실험 기구를 잘 다루지 못하는 친구를 보면 도와주고 싶다.	5	4	3	2	1
19	나는 의문 나는 과학 문제가 생겼을 때 책을 찾아서 스스로 해결한다.	5	4	3	2	1
20	나는 다른 친구들이 실험을 먼저 끝냈더라도 내 실험을 끝까지 한다.	5	4	3	2	1
21	나는 실험 기구를 사용할 때 불편한 점을 고치려고 한다.	5	4	3	2	1

<부록 2> 과학에 대한 태도 검사지

과학에 대한 태도 검사지

이 검사지의 각 문항에는 틀린 답이나 맞는 답은 없습니다. 질문지를 읽고 솔직한 자신의 행동이나 생각을 잘 나타낸다고 생각하는 번호에 동그라미 하십시오.

정말 그렇다	그렇다	그저 그렇다	아니다	전혀 아니다
5	4	3	2	1

	문 항	정말 그렇다	그렇다	그저 그렇다	아니다	전혀 아니다
1	나는 어떤 일이 일어난 원인을 말보다는 실험을 통해서 알아내는 것을 좋아한다.	5	4	3	2	1
2	나는 같은 결과가 나오는지 알아보기 위해 같은 실험을 반복하지 않는다.	5	4	3	2	1
3	과학수업은 재미있다.	5	4	3	2	1
4	나는 과학부가 있다면 들어가서 활동하고 싶다.	5	4	3	2	1
5	나는 커서 과학자들과 함께 연구하고 싶다.	5	4	3	2	1
6	과학 시간에 실험보다 선생님 말씀을 듣는 것이 더 좋다.	5	4	3	2	1
7	나는 우리가 살고 있는 자연 세계에 대해 호기심이 많다.	5	4	3	2	1
8	나는 과학시간에 공부하기가 싫다.	5	4	3	2	1
9	나는 텔레비전에 나오는 과학에 대한 이야기를 보지 않는다.	5	4	3	2	1
10	나는 커서 실험실에서 연구하는 과학자가 되고 싶지 않다.	5	4	3	2	1
11	나는 과학시간에 선생님께서말로 들어 과학지식을 배우는 것보다 직접 실험을 하는 것을 더 좋아한다.	5	4	3	2	1
12	새로운 사실을 알아내는 일은 중요한 일이 아니다.	5	4	3	2	1
13	학교에서 매주 과학시간을 더 늘려야한다.	5	4	3	2	1
14	나는 선물로 과학책이나 과학기구를 받고 싶다.	5	4	3	2	1
15	실험실에서 일하는 것은 먹고 살아가기 위한 좋은 방법의 하나이다.	5	4	3	2	1
16	나는 실험하는 것보다 잘 아는 사람에게 물어 어떤 문제를 해결하기를 더 좋아한다.	5	4	3	2	1

문 항		정말 그렇다	그렇다	그저 그렇다	아니다	전혀 아니다
17	나는 나와 다른 의견을 가진 사람의 말에 귀를 기울인다.	5	4	3	2	1
18	과학시간은 공부하기가 어렵다.	5	4	3	2	1
19	나는 책을 읽을 때 과학에 관한 책을 읽지 않는다.	5	4	3	2	1
20	과학 분야의 직업은 재미없고 하기 싫다.	5	4	3	2	1
21	나는 답을 듣는 것보다 실험을 하여 어떤 문제를 해결하기를 더 좋아한다.	5	4	3	2	1
22	과학실험을 할 때 전에 해보지 못한 새로운 방법을 사용하는 것이 좋다.	5	4	3	2	1
23	과학은 가장 흥미로운 과목 중 하나이다.	5	4	3	2	1
24	나는 집에서 여러 가지 과학실험을 하고 있다.	5	4	3	2	1
25	나는 커서 과학 분야의 일을 하고 싶다.	5	4	3	2	1
26	실험을 하여 답을 구하는 것보다 선생님께 묻는 것이 더 좋다.	5	4	3	2	1
27	과학시간은 낭비하는 것이다.	5	4	3	2	1
28	수업이 끝난 뒤 과학에 관하여 친구들과 이야기 하는 것은 재미없는 일이다.	5	4	3	2	1
29	과학자는 직업으로써 참 좋다.	5	4	3	2	1
30	나는 과학 잡지에 본 어떤 사실을 읽는 것보다 직접 실험을 하는 것을 더 좋아한다.	5	4	3	2	1
31	나는 과학실험을 할 때 예상한 결과뿐만 아니라 예상 하지 않았던 결과도 실험보고서에 기록한다.	5	4	3	2	1
32	나는 과학시간이 되면 즐겁다.	5	4	3	2	1
33	나는 학교에 가지 않는 날에 과학관이나 과학실에 가서 과학 활동을 하는 것을 좋아한다.	5	4	3	2	1
34	공부를 많이 해야 하기 때문에 나는 과학자가 될 생각이 없다.	5	4	3	2	1
35	과학적 사실들을 실험을 통해서 아는 것보다 누구한테 들어서 하는 것이 훨씬 더 좋다.	5	4	3	2	1
36	나는 과학에 대한 다른 사람의 의견을 듣지 않는다.	5	4	3	2	1
37	과학시간에 다루는 내용들은 재미가 없다.	5	4	3	2	1
38	나는 신문에 나오는 과학에 관한 기사를 읽지 않는다.	5	4	3	2	1
39	나는 커서 과학자가 되고 싶다.	5	4	3	2	1