

시스템 사고에 기반한 STEAM 교육 프로그램이 기후변화 학습에 미치는 효과

Effect of Systems Thinking Based STEAM Education Program on Climate Change Topics

조규동*, 김형범**
명지고등학교*, 충북대학교**

Kyu-Dohng Cho(ntop@korea.ac.kr)*, Hyoungbum Kim(Hyoungbum21@gmail.com)**

요약

이 연구에서는 시스템 사고와 STEAM의 이론을 고찰해 보고 이 이론을 근거로 기후변화 학습에 맞는 시스템 사고 기반의 STEAM 프로그램을 구안하여 학교 현장에서의 적용효과를 확인하고자 하였다. 연구자와 외부전문가들의 지속적인 전문가 과정을 통해 시스템 사고 기반 STEAM 프로그램을 개발하였으며, 중학생들을 대상으로 8주에 걸쳐 시스템 사고 기반 STEAM 프로그램을 과학수업에 적용하였다. 따라서 현장 적용에 대한 효과성을 검증하기 위해 시스템 사고 검사와 STEAM 소양 검사를 실시하였으며, 최종 학업 성취도 검사를 실시하여 시스템 기반 STEAM 프로그램의 효과성을 확인하였다. 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 시스템 사고 분석에서는 시스템 사고의 하위 구인 중 ‘정신 모델’을 제외한 ‘시스템 분석’, ‘개인 숙련’, ‘공유비전’, ‘팀 학습’에서 실험집단이 비교집단에 비해 통계적으로 의미 있는 차이가 나타난 것으로 확인되었다. 둘째, STEAM 소양 검사에서는 ‘과학’, ‘기술’, ‘공학’, ‘예술’, ‘수학’의 사전·사후에 의한 두 집단 독립표본 t검정의 통계 결과, STEAM 소양의 하위구인들 전체에서 실험집단이 비교집단에 비해 통계적으로 의미 있는 차이가 나타난 것으로 확인되었다. 셋째, 기후변화에 관한 학업성취도 평가에서는 실험집단이 비교집단에 비해 학업성취도가 높은 것으로 확인되었다. 따라서 시스템 기반 STEAM 프로그램이 시스템 사고를 통한 융합적 사고력 배양에 적합하며, 기후변화 과학을 바탕으로 새로운 아이디어를 제시함으로써 창의적으로 문제를 해결하는 사고 능력을 신장할 수 있을 것으로 기대된다.

■ 중심어 : | 기후변화 | 과학수업 | 융합적 사고 | 시스템 사고 |

Abstract

This research is designed to review the systems thinking and STEAM theory while ascertaining the effects of the classroom application of the STEAM programs based on systems thinking appropriate for studying climate change. The systems thinking based STEAM program has been developed by researchers and experts, who had participated in expert meetings in a continued manner. The program was applied to science classes over the course of eight weeks. Therefore, the application effects of the systems thinking based STEAM program were analyzed in students' systems thinking, STEAM semantics survey, and students' academic achievement. The findings are as follows. First, the test group has shown a statistically meaningful difference in the systems thinking analysis compared to the control group in the four subcategories of 'Systems Analysis', 'Personal Mastery', 'Shared Vision' and 'Team Learning' except for 'Mental Model'. Second, in the pre- and post-knowledge tests, the independent sample t-test results in the areas of science, technology, engineering, art and mathematics show statistically meaningful differences compared to the control group. Third, in the academic performance test regarding climate change, the test group displayed higher achievement than the control group. In conclusion, the system-based STEAM program is considered appropriate to enhance amalgamative thinking skills based on systems thinking. In addition, the program is expected to improve creative thinking and problem-solving abilities by offering new ideas based on climate change science.

■ keyword : | Climate Change | Science Class | STEAM Thinking | Systems Thinking |

* 이 논문은 2015년도 충북대학교 학술연구지원사업의 교내연구비 지원에 의하여 연구되었음

접수일자 : 2017년 03월 30일

심사완료일 : 2017년 05월 26일

수정일자 : 2017년 05월 18일

교신저자 : 김형범, e-mail : hyoungbum21@gmail.com

I. 서론

최근 우리나라를 포함한 전 세계는 기후변화로 인한 다양한 문제에 직면해 있으며, 이러한 기후변화는 경제적·사회적 그리고 개인 및 미래 세대의 삶에 대한 질적 변화에 직·간접적으로 연결되어 있어 중차대한 영향을 미칠 수 있다. 따라서 지금이 기후변화에 대한 원인과 결과 및 대비에 대한 과학교육이 필요한 시점이다.

2009년 개정 과학과 교육과정의 지구과학 I 교과 ‘기후변화’ 단원의 경우, 학생들에게 기후변화의 원인을 설명하는 여러 가지 가설들을 이해하도록 하여 지구과학 내용과 관련된 사회적 쟁점에 대해 과학적 지식에 근거하여 논리적으로 표현할 수 있는 능력을 기를 수 있도록 하였다[1]. 또한 교육과정에서는 학생들이 지구에서 나타나는 자연적인 변화와 인간에 의한 변화를 이해하고, 인간 활동에 의해 나타나는 지구환경의 변화로부터 여러 가지 문제들을 이해하고 해석하려는 태도를 기르게 하도록 제안하였다[1]. 하지만 기후변화 과학에 관한 학생들의 정확하지 않은 과학적 지식, 교수자의 일관되지 않는 교수방법과 수업방식이 오히려 과학수업의 부작용을 생산하고 있다는 연구결과가 발표되고 있다[2-4]. 이러한 결과들은 기후변화가 불명확하거나 비구조적인 문제들의 특성을 지니고 있기 때문이며[5], 이러한 기후변화 과학을 이해하기 위해서는 지구를 이루는 구성요소의 한 부분만의 이해가 아닌 지구시스템에 대한 전체적인 구성요소들의 상호작용을 이해하는 시스템 사고가 필요하다[6].

이에 대해 McNamara[7]는 시스템 사고를 다양한 개념들의 상호작용과 이들의 피드백 효과를 고려하여 전체의 시스템을 단일 개체로 인식하고 그 특성을 파악하는 것으로 정의하였고, Senge[8]와 Sweeny[9]는 시스템 사고를 5가지 하위 구인들로 분류 및 정의하고 이들 구인들이 직접적·간접적으로 연결되어 하나의 단일 개체로 인식하도록 하였다. 그들이 구분한 시스템 사고의 하위 구인은 ‘시스템 분석(Systems Analysis, SA)’, ‘정신 모델(Mental Model, MM)’, ‘개인 숙련(Personal Mastery, PM)’, ‘공유 비전(Shared Vision, SV)’, ‘팀 학습(Team Learning, TL)’이다[8][9]. 첫째, 시스템 분석

은 여러 가지 요소들을 독립된 하나하나의 요소로 생각 하는 것이 아니라 서로 연결된 하나의 시스템으로 바라 보는 것[8]으로, 주어지는 맥락상황에서 관련 정보와 이에 대한 처리과정, 또한 처리과정 중의 상호작용에서 그 관계를 명확히 하는 것[10]을 말한다. 둘째, 주어진 문제 상황에서 정신 모델은 주변의 환경과 끊임없는 상호작용을 통해 나타나는 역동적인 사고과정으로 스스로의 사고를 변화시키고 행동하는 방향을 결정하는 것을 말한다[8]. 셋째, 개인 숙련은 현재의 문제 상황을 해결하기 위해 스스로 지식을 만들어내고 표상하는 능력[8]으로 이 과정에서 현 문제와 이에 대한 해결방안과의 상호작용, 피드백 및 전체를 바라보는 안목 등 시스템 사고가 향상되게 된다[9][10]. 넷째, 공유 비전은 주어진 문제 상황에 대한 개인의 지식을 모두의 다른 구성원과 서로 공유하며, 토의의 과정을 통해 가장 적합한 해결 방안을 찾는 것을 말한다[8]. 마지막으로 팀 학습은 개인과 모두의 구성들이 관련 지식을 서로 공유하고 상호 협력하여 문제 해결을 위한 하나의 목표를 향해 나아가는 것[8]으로, 협동학습을 통해 개인이 가진 역량을 최대한의 능력으로 발휘할 수 있도록 도와주는 것을 말한다[9][10]. 따라서 기후변화 과학과 관련하여 5가지 하위 구인들에 의한 시스템 사고 능력을 향상시키기 위해서는 비구조적 문제 상황에 대한 종합적 판단 능력과 창의적 문제해결을 위한 시스템 사고 기반의 융합인재교육이 필요하다.

한편, OECD(Organization for Economic Cooperation and Development) 국가를 비롯한 선진국들이 미래 인재 양성과 융합적 사고 교육을 위한 핵심적인 주제로 논의되고 있는 STEM은 Science, Technology, Engineering, Mathematics의 요소가 융합된 교육을 의미하며, 한국에서는 STEM에 예술과 인문적 요소인 Arts가 포함된 STEAM을 융합인재교육이라 정의한다[11]. 특히 한국의 융합인재교육(STEAM)은 학생들이 과학기술에 대한 융합 개념을 형성하고, 학생들의 과학에 대한 낮은 효능감이나 자신감 및 과학에 대한 흥미 등을 향상시켜 과학학습에 대한 동기 유발을 높이는데 주안점을 두고 있다[11][12]. 융합인재교육을 위한 학습 준거들의 핵심 요소는 상황제시, 창의적 설계 그리고

감성적 체험으로 나뉜다[13]. 그러므로 이 연구에서는 기후변화 과학을 처음으로 학습하는 중학생들이 2009 개정 교육과정 중학교군 ‘기권과 우리 생활’의 지구 온난화를 비롯한 기후 변화 학습을 실시할 때 시스템 사고 기반의 STEAM 프로그램의 수업 프로그램의 적용 효과는 어떠한지를 알아보았다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

다양한 사례를 통한 가장 일반적인 특성만을 수업 프로그램으로 제안하는 것 보다는 모범 수업 사례를 통해 이 과정을 모델링한 결과를 제시하는 것이 실제적인 모형을 제안하는데 가장 효과적이기 때문에[14], 본 연구의 대상은 하나의 사례만을 선정하였다. 연구 대상은 중부지역 M 중학교 2학년 학생들로 5개 반 중 3개 반(1개 반 25명, 1개 반 23명, 1개 반 23명)을 시스템 사고 기반 STEAM 프로그램을 적용하는 실험집단으로 선정하였으며, 나머지 2개 반(1개 반 23명, 1개 반 23명)을 비교집단으로 선정하였다. 또한 이렇게 선정된 실험집단과 비교집단의 연구 참여자들은 무선 표집 방법에 의해 최종적으로 실험집단 37명과 비교집단 37명으로 선별되었으며, 선별된 연구 참여자들의 자발적인 참여를 확인한 후 이 연구의 대상으로 선정하였다. 연구 대상의 기본적인 배경 정보는 [표 1]과 같다.

표 1. 연구 대상

구분	학급수	참여 학생(명)	최종 연구 대상(명)
실험 집단	3	71	37
비교 집단	2	46	37

2. 연구 절차

본 연구는 시스템 사고 기반의 STEAM 프로그램의 개발과 이에 대한 적용 효과를 검증하고자 하는 목적으로 연구 절차가 설계되었다. 이 연구의 연구절차는 [그림 1]과 같다.

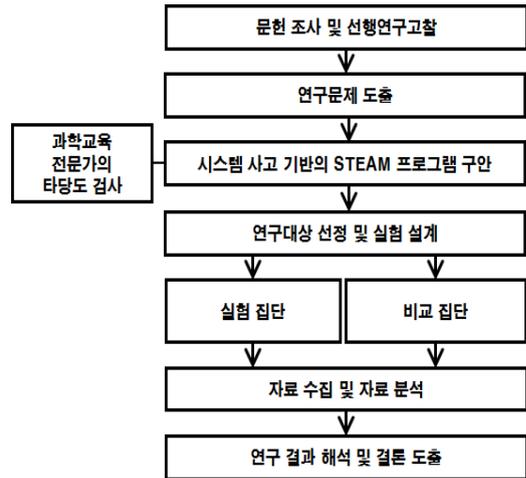


그림 1. 연구 절차

[그림 1]에서 보는 바와 같이, 시스템 사고와 융합인재교육의 이론적 고찰을 토대로 시스템 사고 기반 STEAM 프로그램을 구안하였으며, 전문가 검토를 통한 프로그램의 타당화 과정을 통해 최종 STEAM 프로그램을 개발하였다. 또한 최종 구안된 STEAM 프로그램의 현장 적용을 위하여 연구대상을 선정하고 준실험 설계를 통해 시스템 사고 기반 STEAM 프로그램의 효과성을 검증하였다. 따라서 현장 적용에 대한 효과성을 검증하기 위해 시스템 사고 검사와 STEAM 소양 검사를 실시하였으며, 최종 학업 성취도 검사를 실시하여 시스템 사고 기반 STEAM 프로그램의 효과성을 확인하였다.

3. 연구 설계

본 연구는 중학생들이 2009 개정 교육과정 중학교군 ‘기권과 우리 생활’의 지구 온난화를 비롯한 기후 변화 학습을 실시할 때 시스템 사고 기반 STEAM 프로그램의 현장 적용 효과성을 검증하고자 하는 목적으로 연구 설계가 이루어졌다. 따라서 본 수업은 8주에 걸쳐 총 8차시 360분의 수업이 이루어졌으며, 연구 설계는 [표 2]와 같다.

표 2. 실험 설계

NR	G ₁	O _{1A} , O _{1B} , O _{1C}	X	O _{2A} , O _{2B} , O _{2C}
NR	G ₂	O _{3A} , O _{3B} , O _{3C}		O _{4A} , O _{4B} , O _{4C}

G₁: 실험 집단
 G₂: 비교 집단
 O_A: 시스템 사고 검사지
 O_B: STEAM 소양 검사지
 O_C: 학업 성취도 검사지

4. 자료 수집 및 분석

본 연구에서는 시스템 사고의 하위 구인에 해당하는 시스템 분석(SA), 정신 모델(MM), 개인 숙련(SV), 공유 비전(PM), 팀 학습(TL)과 선행연구에서 살펴본 STEAM의 이론적인 학습 준거 틀에 해당하는 상황 제시, 창의적 설계, 감성적 체험에 맞추어 최종 시스템 사고 기반 STEAM 프로그램을 구현하였다[표 3]. 시스템 사고의 하위 구인에 대한 학습전략과 STEAM의 학습 준거 틀과의 관계는 [그림 2]와 같다.

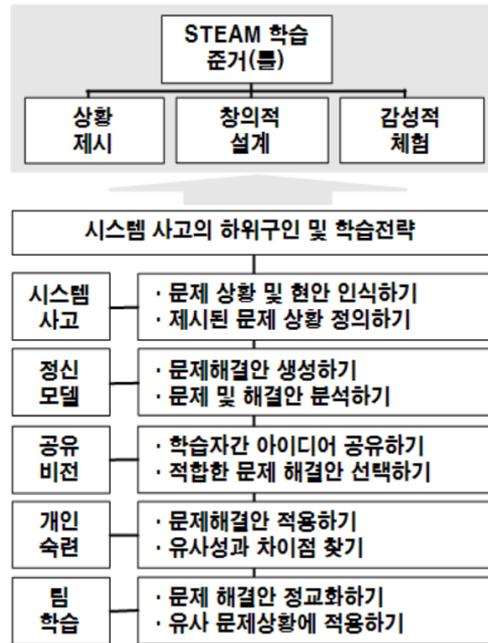


그림 2. 시스템 사고의 하위구인의 학습전략과 STEAM의 학습 준거 틀

표 3. 시스템 기반 STEAM 프로그램

수업 단계	수업 내용	차시	STEAM 요소	시스템 요소
상황 제시	지구온난화 관련 영상물을 보고 빙하가 사라지고 있는 이유에 대해 토의하기 - 빙하가 사라지고 있는 이유와 그렇게 환경이 변하게 된 원인에 대해 브레인스토밍하기 기후변화로 인해 나타나는 현상에 대해 토의하기	1	SA	SA, SV, MM
	- CDIAC(carbon dioxide information analysis center)의 탄소 배출에 관한 자료 해석하기 - 지구의 온도변화와 대기 중 이산화탄소 배출량과의 관계를 그래프를 통해 해석하기 - 우주변에서 기후변화로 인해 나타나는 현상 등에 대해 토의하기	2	SA, MM	MM, SV
	지구시스템에서의 탄소순환 확인 및 탄소순환 관련 실험 설계하기 - 지구시스템에서 다양한 형태로 존재하는 탄소순환에 대해 알아보기 - 탄소순환 관련 실험을 설계하고 이에 대한 실험 결과 확인하기	3-4	SA, MM	MM, PM, PM
	지구온난화 방지를 위한 포스터 및 UCC 제작하기 - 지구온난화 방지를 위한 홍보 포스터 및 UCC 제작하기	5-6	SA, MM	SV, PM, TL
감성적 체험	지구온난화 방지를 위해 생활 속의 실천사항 및 관련 직업군 찾아보기 - 지구온난화 방지를 위해 참여 가능한 활동과 이에 대한 실천계획서 작성하기 - 지구온난화 방지에 관련된 직업군을 찾아 보고서에 작성하기	7	SV, TL	PM, TL
	모동별 제작한 포스터 및 UCC 발표하기 - 모동별 제작한 포스터 및 UCC에 대한 의견 교환하기	8	SV, TL	SV, TL

SA: Science(과학), T: Technology(기술), E: Engineering(공학), A: Art(예술), M: Math(수학); SA: 시스템 분석(Systems Analysis), MM: 정신 모델(Mental Model), PM: 개인 숙련(Personal Mastery), SV: 공유 비전(Shared Vision), TL: 팀 학습(Team Learning)

이에 따른 시스템 사고 기반 STEAM 프로그램의 구현과정은 다음과 같다. 첫째, 시스템 사고의 이론적 고찰과 STEAM의 학습 준거 틀을 토대로 초기 시스템 사고 기반 STEAM 프로그램을 구안하였다. 둘째, 구안된 시스템 사고 기반 STEAM 프로그램의 타당도를 확보하기 위해 전문가 검토 방법을 이용하였다.

즉 전문가들에게 본 프로그램을 제시하고 간단한 체크리스트를 이용하여 이들로부터 질문을 받고 연구자가 응답하는 과정에서 평가하는 일반적인 수업 프로그램 구안의 연구방법을 활용하였다. 그리고 전문가 검토 과정에서 나타난 프로그램의 장·단점 및 개선점 등을 토대로 최종 시스템 사고 기반 STEAM 프로그램을 구안 하였다.

전문가 검토 과정에 참여한 연구자들은 과학교육에 종사하는 전문가 5인으로써 설문 문항에 대한 응답자 5명간의 의견일치지수(observed percent agreement factor coefficient)(Scott, 1955)는 .85로 높게 나타났다. 응답자간 의견일치지수는 [표 4]와 같다.

표 4. 응답자간 의견일치 정도

응답자	A	B	C	D	평균
B	.90				
C	.80	.80			
D	.80	.70	.80		
E	.90	.90	.80	.90	
평균					.85

최종 구안된 시스템 기반 STEAM 프로그램은 [표 3]과 같다. [표 3]을 살펴보면, 1차시에서는 지구온난화 관련 영상물을 보고 빙하가 사라지고 있는 이유에 대해 토의해보고, 그렇게 환경이 변하게 된 원인에 대해 브레인스토밍 한다. 2차시 수업내용은 ‘기후변화로 인해 나타나는 현상에 대해 토의하기’로 지구의 온도변화와 대기 중 이산화탄소 배출량과의 관계를 그래프를 통해 해석해보고, 우리주변에서 기후변화로 인해 나타나는 현상 등에 대해 토의해 본다. 3-4차시에서는 ‘지구시스템에서의 탄소순환 확인 및 탄소순환 관련 실험 설계하기’로 지구시스템에서 다양한 형태로 존재하는 탄소순환에 대해 알아본다. 또한 탄소순환 관련 실험을 설계

하고 이에 대한 실험 결과를 확인해 본다. 5-6차시의 ‘지구온난화 방지를 위한 포스터 및 UCC 제작하기’에서는 2-3인의 모둠을 구성한 후, 지구온난화 방지를 위한 포스터 및 UCC를 제작하도록 한다. 7차시의 수업내용은 ‘지구온난화 방지를 위해 생활 속의 실천사항 및 관련 직업군 찾아보기’로 지구온난화 방지를 위해 참여 가능한 활동과 이에 대한 실천계획서를 작성하게 하고, 지구온난화 방지에 관련된 직업군을 찾도록 한다. 8차시 ‘모둠별 제작한 포스터 및 UCC 발표하기’에서는 모둠별로 제작한 포스터와 UCC에 대한 학생들의 의견을 서로 교환하게 한다.

마지막으로 이 연구에서는 최종 구안된 프로그램의 적용 효과성을 검증하기 위해 사용된 검사는 시스템 사고 검사와 융합인재소양 검사이다. 따라서 이 연구에서는 시스템 사고를 측정하기 위해 이효녕 외[15]가 개발한 측정도구를 연구 참여자들에게 적합하도록 수정·보완하여 사용하였다. 이 도구는 ‘시스템 분석’, ‘정신 모델’, ‘개인 숙련’, ‘공유비전’, ‘팀 학습’의 5개의 하위 구인으로 구성되어 있으며, Likert 5점 척도의 총 20문항으로 이루어져 있다. 본 연구에서는 총 20개의 문항에서 적합도가 낮은 문항을 제외하였고, 총 18개의 문항으로 구성된 검사도구의 신뢰도와 타당도를 검증하기 위해 신뢰도분석과 탐색적 요인분석을 수행하였다. 최종적으로 연구에 사용된 문항 수는 ‘정신 모델’ 3문항, ‘개인 숙련’ 4문항, ‘팀 학습’ 3문항, ‘시스템 분석’ 3문항, ‘공유 비전’ 4문항으로 총 17문항이 사용되었다. 하위 구인별 신뢰도 계수 Cronbach’s α 는 정신 모델이 .701, 개인 숙련이 .685, 팀 학습이 .735, 시스템 분석이 .705, 공유 비전이 .719였으며, 전체 신뢰도 계수는 .709로 비교적 높은 값을 나타내었다[16]. 또한 STEAM에 대한 소양을 측정하기 위해 Jeong과 Kim[17]에 의해 개발된 STEAM 측정도구를 본 연구에 적합하도록 우리말로 번역한 후 사용하였다. STEAM 측정도구의 하위 구인은 과학(science), 기술(technology), 공학(engineering), 예술(arts), 수학(mathematics)으로, 각각 5문항씩 총 20문항의 Likert 7점 척도로 이루어져 있으며, 본 연구에서는 Likert 5점 척도로 변화하여 사용하였다. 따라서 STEAM 측정도구의 하위 구인별 신뢰도 계수

Cronbach's α 는 과학이 .713, 기술이 .729, 공학이 .788, 예술이 .803, 수학이 .792였으며, 전체 신뢰도 계수는 .759로 높은 값을 나타냈었다[17].

마지막으로 기후변화에 대한 학업성취도를 알아보기 위해 본 연구에서는 한국교육과정평가원에서 주관하는 기초학력진단검사(진단평가)에서 출제된 문제들 중 본 연구목적에 맞게 '지구 온난화'를 포함한 '기후변화' 문제들을 선별하였다. 선별된 문제들은 다시 2명의 과학 교육전문가와 3명의 현장 교사에 의해 일반지식 5문항, 적용지식 5문항의 총 10문항으로 각 문항의 배점은 1점으로 수정·보완하여 연구 참여자들의 기후변화에 대한 학업성취도를 알아보았다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 시스템 사고 분석 결과

시스템 사고 검사에 해당하는 '시스템 분석', '정신 모델', '개인 숙련', '공유비전', '팀 학습'의 하위 구인에 대한 연구 참여자들의 사전·사후 분석 결과는 다음과 같다.

1.1 시스템 분석

연구 참여자의 시스템 분석에 대한 사전·사후 점수 차에 의한 두 집단 독립표본 t검정 통계 결과표는 [표 5]와 같다.

표 5. 시스템 분석의 사전사후 점수 차에 의한 두 집단 독립표본 t검정

	N	M	SD	t	P
실험 집단	37	1.59	.865	5.710	.001**
비교 집단	37	.49	.804		

**p< .01

실험집단의 사전·사후 점수 차에 의한 평균이 1.59, 비교집단의 사전·사후 점수 차에 의한 평균이 .49로 실험집단이 비교집단의 평균보다 1.1 높게 나타났으며, 유의확률은 .001로 유의한 차이를 나타내었다. 즉 시스템 사고 기반의 STEAM 프로그램의 수업을 실시한 실

험집단이 비교집단보다 시스템 분석에 대한 사고 능력이 높았음을 확인할 수 있다. 이는 연구 참여자들이 지구온난화와 관련된 기후변화의 맥락적 상황에서 여러 가지 요소들을 독립된 하나하나의 요소로 생각하는 것이 아니라 서로 연결된 하나의 시스템으로 바라보았으며[8][10], 기후변화 관련 정보와 이에 대한 처리과정 중의 상호작용에서 그 관계를 명확히 하였던 것으로 파악되었다.

1.2 정신 모델

연구 참여자의 정신 모델에 대한 사전·사후 점수 차에 의한 두 집단 독립표본 t검정 통계 결과는 [표 6]과 같이 실험집단의 사전·사후 점수 차에 의한 평균이 .16, 비교집단의 사전·사후 점수 차에 의한 평균이 .19로 높게 나타났으나, 유의확률은 .837로 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다.

표 6. 정신 모델의 사전사후 점수 차에 의한 두 집단 독립표본 t검정

	N	M	SD	t	P
실험 집단	37	.19	.688	.207	.837
비교 집단	37	.16	.397		

*p< .05

즉 정신 모델이 주변의 환경과 끊임없는 상호작용을 통해 나타나는 역동적인 사고과정이나 연구 참여자들이 모둠 활동을 통해 문제해결을 위한 아이디어를 산출하는데 있어 스스로의 사고를 변화시키고 행동하는 방향을 결정하는 데 어려움을 보였던 것으로 사료된다. 이는 지금까지의 과학수업이 같은 맥락적 상황에서 교사의 도움 없이 문제를 정의하고 상호작용과 피드백을 통해 자신의 생각을 변화시키는데 어려움을 보였던 것으로 해석되었다. 따라서 지금까지 과학 수업에서 교사의 도움이 상당 부분 차지해 왔다는 점을 감안할 때, 교사의 도움을 점진적으로 줄이고 학습자의 역할을 점차적으로 증가시키는 수업 전략[18]을 통해 시스템 기반 STEAM 프로그램의 학습효과를 촉진시켜야 할 것으로 사료된다.

1.3 개인 숙련

연구 참여자의 개인 숙련에 대한 사전·사후 점수 차에 의한 두 집단 독립표본 t검정 통계 결과표는 [표 7]과 같다. 실험집단의 사전·사후 점수 차에 의한 평균이 .78, 비교집단의 사전·사후 점수 차에 의한 평균이 .14로 실험집단이 비교집단의 평균보다 .64 높게 나타났으며, 유의확률은 .003로 유의한 차이를 나타내었다.

표 7. 개인 숙련의 사전사후 점수 차에 의한 두 집단 독립표본 t검정

	N	M	SD	t	P
실험 집단	37	.78	.976	3.093	.003**
비교 집단	37	.14	.822		

**p< .01

즉 개인 숙련은 현재의 문제 상황을 해결하기 위해 스스로 지식을 만들어내고 표상하는 능력[8]으로, 학습 참여자들은 주어진 맥락적 상황에서 문제를 정의하고 수정하는 가운데 해결방안을 이루려고 노력을 하였던 것으로 해석되었다. 이는 개인 숙련이 현 문제와 이에 대한 해결방안과의 상호작용, 피드백 및 전체를 바라보는 안목 등의 시스템 사고과정[9][10]과 맥을 같이 한다고 볼 수 있다.

1.4 공유 비전

연구 참여자의 개인 숙련에 대한 사전·사후 점수 차에 의한 두 집단 독립표본 t검정 통계 결과표는 [표 8]과 같다. 실험집단의 사전·사후 점수 차에 의한 평균이 1.46, 비교집단의 사전·사후 점수 차에 의한 평균이 .11로 실험집단이 비교집단의 평균보다 1.35로 높게 나타났으며, 유의확률은 .001로 유의한 차이를 나타내었다.

그러므로 시스템 사고 기반의 STEAM 프로그램의 수업을 실시한 실험집단이 비교집단보다 공유 비전이 높아졌다는 것을 확인할 수 있다.

이는 연구 참여자들이 기후변화의 맥락적 상황에서 주어진 문제 상황에 대한 개인의 지식을 모둠의 다른 구성원과 서로 공유하며, 토의의 과정을 통해 가장 적합한 해결 방안을 찾았던 것[8]로 확인할 수 있었다. 따

라서 시스템 기반 STEAM 프로그램에 의해 연구 참여자들은 다른 사람과의 상호작용을 통해 자신이 미처 모르고 있던 지식들을 얻고 이를 통해 지식을 확장시키는 공유 비전의 과정[8]에 참여하였던 것으로 파악되었다.

표 8. 공유 비전의 사전사후 점수 차에 의한 두 집단 독립표본 t검정

	N	M	SD	t	P
실험 집단	37	1.46	.966	5.948	.001**
비교 집단	37	.11	.989		

**p< .01

1.5 팀 학습

연구 참여자의 개인 숙련에 대한 사전·사후 점수 차에 의한 두 집단 독립표본 t검정 통계 결과표는 [표 9]와 같다.

표 9. 팀 학습의 사전사후 점수 차에 의한 두 집단 독립표본 t검정

	N	M	SD	t	P
실험 집단	37	1.19	.987	3.486	.001**
비교 집단	37	.43	.877		

**p< .01

실험집단의 사전·사후 점수 차에 의한 평균이 1.19, 비교집단의 사전·사후 점수 차에 의한 평균이 .43로 실험집단이 비교집단의 평균보다 .76로 높게 나타났으며, 유의확률은 .001로 유의한 차이를 나타내었다. 그러므로 시스템 사고 기반의 STEAM 프로그램의 수업을 실시한 실험집단이 비교집단보다 팀 학습이 높아졌다는 것을 확인할 수 있다.

이는 연구 참여자들이 기후변화의 맥락적 상황에서 개인과 모둠의 구성들이 관련 지식을 서로 공유하고 상호 협력하여 주어진 문제를 해결하였던 것[8]으로 파악되었다. 따라서 연구 참여자들은 협동학습을 통해 개인이 가진 역량을 최대한의 능력으로 발휘하려고 노력하였던 것[9][10]으로 해석되었다.

2. STEAM 소양 분석 결과

STEAM 측정 도구에 해당하는 ‘과학’, ‘기술’, ‘공학’, ‘예술’, ‘수학’의 하위 구인에 대한 사전·사후에 의한 두 집단 독립표본 t검정 통계 결과는 [표 10]과 같다.

표 10. STEAM 측정 도구의 사전사후에 의한 두 집단 독립표본 t검정

STEAM	전후	집단	M	SD	t	P
과학	사전	실험	3.05	.329	-3.383	.703
		비교	3.08	.277		
	사후	실험	3.70	.996	2.244	.028*
		비교	3.30	.463		
기술	사전	실험	2.54	.730	.537	.593
		비교	2.46	.558		
	사후	실험	4.46	.65	10.573	.000*
		비교	2.78	.712		
공학	사전	실험	3.03	.164	1.748	.085
		비교	2.95	.229		
	사후	실험	4.59	.498	16.811	.001**
		비교	2.95	.329		
예술	사전	실험	2.95	.405	-1.414	.162
		비교	3.05	.228		
	사후	실험	3.81	.967	4.86	.000**
		비교	3.03	.164		
수학	사전	실험	3.11	.393	.623	.535
		비교	3.03	.687		
	사후	실험	4.62	.758	9.171	.002**
		비교	3.16	.602		

*p< .05, **p< .01

[표 10]과 같이 ‘과학’에서는 실험집단의 사전검사에 의한 평균이 3.05, 비교집단의 사전검사에 의한 평균이 3.08로 비교집단이 실험집단의 평균보다 .03로 높게 나타났으나, 유의확률은 .703로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 사후검사에서는 실험집단의 평균이 3.70, 비교집단의 평균이 3.30로 실험집단이 비교집단의 평균보다 .4로 높게 나타났으며, 유의확률은 .028로 유의한 차이를 나타내었다. ‘기술’의 사전검사에서는 실험집단의 평균이 2.54, 비교집단의 평균이 2.46로 실험집단이 비교집단의 평균보다 .08로 높게 나타났으나, 유의확률은 .593로 유의한 차이를 나타내지 않았고, 사후검사에서는 실험집단의 평균이 4.46, 비교집단의 평균이 2.78로 실험집단이 비교집단의 평균보다 1.68로 높게 나타났으며, 유의확률은 .000로 유의한 차이를 나타내었다. ‘공학’의 사전검사에서는 실험집단의 평균이 3.03, 비교집단의 평균이 2.95로 실험집단이 비교집단의 평균보다

.12로 높게 나타났으나, 유의확률은 .085로 유의한 차이를 나타내지 않았고, 사후검사에서는 실험집단의 평균이 4.59, 비교집단의 평균이 2.95로 실험집단이 비교집단의 평균보다 1.64로 높게 나타났으며, 유의확률은 .001로 유의한 차이를 나타내었다. 그리고 ‘예술’에서는 실험집단의 사전검사에 의한 평균이 2.95, 비교집단의 사전검사에 의한 평균이 3.05로 비교집단이 실험집단의 평균보다 0.1로 높게 나타났으나, 유의확률은 .162로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 그러나 사후검사에서는 실험집단의 평균이 3.81, 비교집단의 평균이 3.03로 실험집단이 비교집단의 평균보다 .78로 높게 나타났으며, 유의확률은 .000로 유의한 차이를 나타내었다.

마지막으로 ‘수학’의 사전검사에서는 실험집단의 평균이 3.11, 비교집단의 평균이 3.03로 실험집단이 비교집단의 평균보다 .08로 높게 나타났으나, 유의확률은 .535로 유의한 차이를 나타내지 않았고, 사후검사에서는 실험집단의 평균이 4.62, 비교집단의 평균이 3.16로 실험집단이 비교집단의 평균보다 1.46로 높게 나타났으며, 유의확률은 .002로 유의한 차이를 나타내었다.

결과적으로 STEAM 측정 도구에 의한 통계적 분석에서는 실험집단과 비교집단 모두 사전검사에서는 유의한 차이를 나타내지는 않았지만, 시스템 기반 STEAM 프로그램에 의한 수업 후의 실험집단이 비교집단보다 수업의 효과가 크다고 볼 수 있다. 이는 학생들이 시스템 기반 STEAM 프로그램의 과학수업을 통해 기후변화와 같은 불명확하고 비구조적인 문제 상황 [5]에서 종합적 판단능력과 창의적 문제해결을 위해 최대한의 노력을 기울였던 것으로 해석되었다. 즉 융합인재교육이 과학기술에 대한 융합 개념을 형성하고, 학생들의 과학에 대한 낮은 효능감이나 자신감 및 과학에 대한 흥미 등을 향상시켜 과학학습에 대한 동기 유발을 촉진시킬 수 있다는 연구결과들[11][12]과 같은 맥락으로 해석할 수 있다.

3. 학업성취도 분석 결과

본 연구에서는 시스템 사고 기반의 STEAM 프로그램의 적용 효과를 알아보기 위해 기후변화에 대한 학업성취도를 알아보았다. 연구 참여자들의 기후변화에 대

한 학업성취도 분석 결과는 [표 11]과 같다.

표 11. 공유 비전의 사전사후 점수 차에 의한 두 집단 독립표본 t검정

	전후	집단	M	SD	t	P
학업성취도	사전	실험	5.62	.828	.274	.785
		비교	5.57	.867		
	사후	실험	7.97	.897	3.444	.001**
		비교	7.35	.633		

**p < .01

[표 11]과 같이, 시스템 사고 기반의 STEAM 프로그램을 적용하기 전 실험집단의 사전검사에 의한 평균은 5.62로 비교집단의 사전검사에 의한 평균 5.57보다 .05 다소 높게 나타났으나, 유의확률은 .785로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 즉 학업성취도에 의한 사전검사에서 실험집단이나 비교집단 모두 ‘지구 온난화’를 포함한 ‘기후변화’ 문제에서 고른 점수 차를 나타내었다. 그러나 사후검사에서는 실험집단의 평균이 7.97, 비교집단의 평균이 7.35로 실험집단이 비교집단의 평균보다 .62로 높게 나타났으며, 유의확률은 .001로 유의한 차이를 나타내었다. 즉 사전 검사에 비하여 실험집단의 성적이 향상되어 통계적으로 유의미한 결과를 나타내었다.

따라서 시스템 기반 STEAM 프로그램 수업은 학생들의 기후변화에 관한 학업성취도 변화에 긍정적인 효과가 있음을 알 수 있다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 시스템 사고와 STEAM의 이론을 고찰해 보고 이 이론을 근거로 기후변화 학습에 맞는 시스템 사고 기반의 STEAM 프로그램을 구안하여 학교 현장에서의 적용효과를 확인하고자 하였다. 연구 결과, 시스템 사고 분석에서는 시스템 사고의 하위 구인 중 ‘정신 모델’을 제외한 ‘시스템 분석’, ‘개인 숙련’, ‘공유비전’, ‘팀 학습’에서 실험집단이 비교집단에 비해 통계적으로 의미 있는 차이가 나타난 것으로 확인되었다. 이는 시스템 기반 STEAM 프로그램 수업이 불명확하고 비구조적인 기후변화라는 문제 상황[5]에 대해 학생들

의 직관적 태도와 과학개념 사이를 연결할 수 있도록 하는 시스템 사고의 학습경험을 제공함으로써 학생들이 다양한 개념들의 상호작용과 이들의 피드백 효과를 고려하여 전체의 시스템을 단일 개체로 인식하고 그 특성을 파악하였던 것으로 해석되었다. 두 번째 STEAM 소양 검사에서는 ‘과학’, ‘기술’, ‘공학’, ‘예술’, ‘수학’의 사전·사후에 의한 두 집단 독립표본 t검정의 통계 결과, STEAM 소양의 하위구인들 전체에서 실험집단이 비교집단에 비해 통계적으로 의미 있는 차이가 나타난 것으로 확인되었다. 즉 기후변화라는 맥락적 문제 상황에서 연구 참여자들은 융합 사고와 다른 사람과의 상호작용을 통해 자신이 미처 모르고 있던 지식들을 얻고 이를 통해 지식을 재구성하였고, 자신의 상상력과 감성을 동원한 창의적 사고 과정을 통해 자신들의 아이디어를 자극했던 것으로 나타났다. 마지막 기후변화에 관한 학업성취도 평가에서는 실험집단이 비교집단에 비해 학업성취도가 높은 것으로 확인되었다. 이는 시스템 기반 STEAM 프로그램의 과학수업이 학생들의 기후변화에 관한 학업성취도 변화에 매우 긍정적인 효과가 있음을 나타내었다. 그러므로 시스템 기반 STEAM 프로그램이 시스템 사고를 통한 융합적 사고력 배양에 적합하며, 새로운 아이디어를 제시함으로써 창의적으로 문제를 해결하는 사고 능력을 신장할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 본 연구를 토대로 시스템 사고 기반 STEAM 교육의 폭넓은 응용 방법과 교수 효능감에 미치는 영향[19] 등 이에 대한 프로그램 개발이 더 논의되어야 할 것으로 보인다.

참고 문헌

- [1] 교육과학기술부, 개정 고시 과학과 교육과정 No. 2011-361, 교육과학기술부, 2011.
- [2] B. Andersson and A. Wallin, “Students’ understanding of the greenhouse effect, the societal consequences of reducing CO2 emissions and the problem of ozone layer depletion,” Journal of Research in Science

- Teaching, Vol.37, No.10, pp.111-1096, 2000.
- [3] V. Koulaidis and V. Christidou, "Models of students' thinking concerning the greenhouse effect and teaching implications," *Science Education*, Vol.83, No.5, pp.76-559, 1999.
- [4] D. P. Shepardson, S. Choi, D. Niyogi, and U. Charusombat, "Seventh grade students' mental models of the greenhouse effect," *Environmental Education Research*, Vol.17, No.1, pp.1-17, 2011.
- [5] S. A. Gallagher, B. T. Sher, W. J. Stepien, and D. Workman, "Implementing problem-based learning in science classrooms," *School Science and Mathematics*, Vol.95, No.3, pp.136-140, 1995.
- [6] O. Ben-Zvi Assaraf and N. Orion, "Development of system thinking skills in the context of earth system education," *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.42, No.5, pp.518-560, 2005.
- [7] C. McNamara, *Applied systems thinking, Proceedings of the 42nd annual conference on systems sciences*, In J. K. Allen, et al.(Eds.), International Society for the Systems Sciences, Atlanta, Georgia, USA, 1998.
- [8] P. M. Senge, *Schools that learn (Updated and Revised): A fifth discipline field book for educators, parents, and everyone who cares about education*, New York: Doubleday, 2012.
- [9] M. Sweeny, *The systems thinking playbook*. Washington, DC: Chelsea Green, 2010.
- [10] D. H. Meadows, *Thinking in systems*, Washington, DC: Chelsea Green, 2008.
- [11] G. Yakman and H. Lee, "Exploring the exemplary STEAM education in the U.S. as a practical educational framework for Korea," *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, Vol.32, No.6, pp.1072-1086, 2012.
- [12] Y. Baek, H. Park, Y. Kim, S. Noh, J. Y. Park, J. Lee, and H. Han, "STEAM education in Korea," *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, Vol.11, No.4, pp.149-171, 2011.
- [13] Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity (KOFAC), *Policy directions of STEAM education: Introductory training of KOFAC STEAM*, Seoul, Korea: Foundation for the Advancement of Science and Creativity, 2012.
- [14] R. Stake, *Case Study*. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln(Eds.), *Handbook of qualitative research, 2nd ed*. Newbury Park, CA: Sage, 2000
- [15] 이효녕, 권혁수, 박경숙, 이현동, "고등학생들의 시스템 사고 측정을 위한 측정 도구 개발과 타당화," *한국과학교육학회지*, 제33권, 제5호, pp.995-1006, 2013.
- [16] R. Peterson, "A meta-analysis of Cronbach's coefficient alpha," *Journal of Consumer Research*, Vol.21, No.2, pp.381-391, 1994.
- [17] S. Jeong and H. Kim, "The Effect of a Climate Change Monitoring Program on Students' Knowledge and Perceptions of STEAM Education in Korea," *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, Vol.11, No.6, pp.1321-1338, 2015.
- [18] J. Jeong, H. Kim, D. H. Chae, and E. Kim, "The effect of a case-based reasoning instructional model on Korean high school students' awareness in climate change unit," *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, Vol.10, No.5, pp.427-435, 2014.
- [19] 배성희, 김형범, "중등 교사의 과학 교수 효능감이 천문 수업에 미치는 영향," *한국콘텐츠학회논문지*, 제16권, 제3호, pp.607-616, 2016.

저 자 소 개

조 규 동(Kyu-Dohng Cho)

정회원



- 2000년 2월 : 연세대학교 환경학, 지구시스템과학과(이학사)
- 2005년 2월 : 아주대학교 MBA (경영학 석사)
- 2009년 2월 : 고려대학교 지구과학교육과(교육학 석사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 명지고등학교 지구과학 교사
<관심분야> : 과학커뮤니케이션, STEAM

김 형 범(Hyoungbum Kim)

종신회원



- 2000년 2월 : 연세대 지구시스템과학과(이학사)
- 2008년 2월 : 서울대 지구환경과학과(이학석사)
- 2013년 2월 : 한국교원대 지구과학교육과(교육학박사)
- 2013년 12월 : 캐나다 오타와 대학교 협력연구원
- 2014년 3월 : UQAM 과학교육연구소 박사후연구원
- 2014년 9월 ~ 현재 : 충북대학교 지구과학교육과 교수
<관심분야> : ESE, STE(A)M, 인공지능학습