creative commons
COMMONS DEED

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

dCollection

[UCI]I804:24011-200000264954

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

2015년 8월
석사학위 논문

STEAM 프로그램에서 나타난 명시적 교수전략 탐색: 기후변화 주제 사례

조선대학교 대학원

과학교육학과

박 조 훈

2015년 8월 석사학위논문 STEAM프로그램에서 나타난 모범교사의 명시적 교수전략 박 조 훈

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

STEAM 프로그램에서 나타난 명시적 교수전략 탐색: 기후변화 주제 사례

Analyzing explicit teaching strategies in STEAM program: The case of climate change theme

2015년 8월 25일

조선대학교 대학원

과학교육학과

박 조 훈

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

STEAM 프로그램에서 나타난 명시적 교수전략 탐색: 기후변화 주제 사례

지도교수 박 영 신

이 논문을 교육학 석사학위신청 논문으로 제출함.

2015년 4월

조선대학교 대학원

과학교육학과

박 조 훈

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

박조훈의 석사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 교 수 안건상 (인)

위 원 조선대학교 부교수 박영신 (인)

위 원 국립광주과학관 이정화 (인)

2015년 5월

조선대학교 대학원

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

목 차

목차 ····· Ⅰ
표차례 ····· Ⅱ
그림차례 ····· Ⅲ
영문초록 ····· Ⅳ

I. 서론 ····· 1

II. 이론적 배경 ····· 4

III. 연구 방법 ····· 21

IV. 연구 결과 ····· 28

V. 결론 및 제언 ····· 51

참고문헌 ····· 54

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 차 례

<표 1> 미래사회 초·중등학교 교육에서 강조되어야 할 핵심 역량 ····· 8
<표 2> 8가지 과학적 실천과 해당 활동의 종류 ····· 14
<표 3> 연구 설계 ····· 22
<표 4> 기후변화 10차시 프로그램(STEAM3단계, 수업내용) ····· 22
<표 5> STEAM수업 관찰 프로토콜 ····· 25
<표 6> NGSS 실천 도구 분석 _문제제기 단계 ····· 30
<표 7> OTOP 관찰 도구 분석 _문제제기 단계 ····· 33
<표 8> 2~8차시 수업 ····· 35
<표 9> NGSS 실천 도구 분석 _창의적 설계 단계 ····· 38
<표 10> OTOP 관찰 도구 분석 _창의적 설계 단계 ····· 42
<표 11> 9~10차시 수업 ····· 45
<표 12> NGSS 실천 도구 분석 _감성적 체험 단계 ····· 46
<표 13> OTOP 관찰 도구 분석 _감성적 체험 단계 ····· 48

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그 림 차 례

<그림 1> Yakman, Kim (2007)이 제안한 STEAM교육 체계 ····· 10
<그림 2> 개발된 STEAM 프로그램을 현장 적용한 중학교 교실 환경 ····· 24
<그림 3> 문제제기 단계를 시행하는 학생들의 수업장면 ····· 29

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

Abstract

Analyzing explicit teaching strategies in STEAM program: The case of climate change theme

Park, Jo Hoon
Advisor : Prof. Park, Young-Shin, Ph.D.
Department of Science Education
Graduate School of Chosun University

This study has a purpose of introducing exemplary explicit teaching strategies in STEAM programs. As a method of study, teacher Mr. Kim who has a variety of professional experiences as to STEAM education for twenty years has been selected, climate change as a target analysis of this study is made up of three steps of STEAM education, namely recognition of situation, creative design, and emotional experience. Through tenth chapter of climate change, data collection has been executed to observe what explicit teaching strategies can be withdrawn by utilizing OTOP(OCEPT-Teaching Observational Protocol) and NGSS(Next Generation Science Standards) that can check whether eight science educations are implemented or not. For analyzing data, tenth chapter presented is explored by using two observational and analyzing tool in order that more concrete explicit strategies can appear. To construct validity of data interpretation and its reliability, reiterative reinterpretation has been made through discussion with science education experts so as to reduce differences.

The results of this study are as follows. First, in presentation of a problem stage, Mr. Kim offered data so that students can consider a peculiar task an emergency situation and put them in the climate change situation using open questions about their real experience instead of virtual one. As a part of cooperative learning, Mr. Kim made his students exchange their opinions to find a solution with practical consideration. Second, in design of originality stage, Mr. Kim stimulated students' thought so as to know and overcome cause of climate change, and asked them to team up with each other for getting over it through

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

their outputs. Also, Mr. Kim encouraged his students to have links with a real life or present materials associated with it to retain continuous interest, and in the light of real variables Mr. Kim conceived experiment like real situation to find an actual solution, not imaginary one, In addition, Mr. Kim employed a diversity of media in order that realistic problem can be thought and spontaneous experiment can be done instead of experimental design machinery which is utilized when a virtual situation arises, and when the experiment was done Mr. Kim had a role of a collaborator so as to make their conversation smooth. Finally, in experience of emotion stage, his students had an exchange of their opinions to obtain better outcomes, thus, they could make a step forward in realistic problem-solving. Also, Mr. Kim induced them to have higher-level thinking and led them to be active participants through appropriate analogies

conclusion of this study are as follows. First, the STEAM climate change program of Mr. Kim promoted motivation and interest that is the goal of STEAM education to students by using explicit teaching strategies. Second, the STEAM climate change program of Mr. Kim gave opportunities to settle the situation of realistic problems, through those opportunities, students achieved future core ability by using thought function and experimental function creatively. Third, Mr. Kim showed that the element of art in STEAM education is not only the aspect of art but also the extended element of humanities through STEAM climate change program. Finally, the STEAM climate change program of Mr. Kim reestablished philosophy and cognition through the situation-centered systematic STEAM teacher training program, and it is necessary to make a systematic teacher training program.

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

I. 서론

A. 연구의 필요성

21세기, 급변하는 사회 속에서 인류는 이전에는 경험하지 못한 범지구적 문제(기후변화, 에너지, 질병, 물 부족, 식량부족)에 당면하고 있다. 기상이변과 지구온난화에 따른 자연재해는 물 부족, 식량부족, 기후와 관련된 질병, 생물의 다양성 손실 등 다양한 문제를 복합적으로 야기하며, 이는 우리 개개인의 삶과 밀접한 관련되어 있으며 또한 국가적인 차원에서도 문제를 야기하고 있다(김세현, 유효숙, 최경희, 2012).

세계화는 우리 인류에게 과학기술의 발달, 경제통합, 정치, 교육, 문화 등 여러 방면에서 많은 변화를 경험시켜 주고 있다. 세계화를 한마디로 요약 하자면 이전과는 다르게 편안하고 행복한 삶을 위해 큰 역할을 하고 있는 것이다. 특히 과학의 경우 기존의 학문 간의 경계를 넘어 생명공학, 정보기술, 환경공학, 의료기술 등 첨단 과학기술분야로 확장되어 우리 삶의 질을 보다 편리하고 향상시키는 방향으로 발전하고 있는 추세이다. 그러나 이러한 과학기술의 발전 이면에는 원자력발전소 사고, 쓰레기 섬, 유전자변형식물(Genetically Modified Organism, GMO)등 과학기술의 발달로 우리 인간에게 주었던 편리했던 부분들은 이제 단순한 과학문제를 넘어 인간이 살아가고 있는 사회에 안전성과 생명, 윤리적으로 막대한 영향력을 끼치고 있다(이윤희, 한민영 2010). 이러한 문제들은 들었을 때 우리는 우리에게 영향을 끼치지 않는 것 같아 보이진 않지만, 잘 생각해보면 실제로는 개인에게 엄청난 악영향을 끼치고 있다. 산성비로 인한 토양오염은 작물을 하는데 어렵고, 건축물의 부식, 호흡기 질병 증가 등은 이미 우리가 직접적으로 경험하고 있는 사실들이다. 이들은 개인뿐만 아니라 개별 국가 단위의 문제로까지 영향을 미치고 있다. 실제로 우리나라의 경우만 봐도 예전과는 다르게 중국발 황사와 미세먼지로 인해 막대한 피해를 입고 있다. 갑작스러운 경제발전으로 세계적인 지위를 얻고 있는 중국의 산업 발전은 주변국가인 우리나라에게 많은 피해를 주고 있다. 환경오염은 인류에게 실로 엄청난 영향을 끼치는데 심한 경우 사망까지 이르게 된다. 세계보건기구(WHO, 2014)가 발표한 보고서에 따르면 전 세계의 사망자 8명 가운데 1명이 대기오염으로 사망한다고 한다. 그만큼 우리 국제 사회가 대기오염에 심각한 몸살을 앓고 있다는 것을 알 수 있다.

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

이렇듯, 과학기술의 발달은 개별 국가들 간에 사회적인 문제, 경제적인 문제, 정치적인 문제 등 여러 측면에 영향을 미칠 수도 있는 중요한 사안이다. 과학기술의 발달로 인해 인류가 살아가는데 큰 영향력을 끼치고 있다.

글로벌 이슈는 사회, 경제, 환경, 정치 등 여러 분야와 복합적으로 얽혀있다. 예를 들어 기후변화는 급격한 기상악화, 인간의 활동, 수자원 문제, 자연 생태계 파괴 등 복합적으로 얽매여있다. 환경문제의 경우도 국가의 급격한 경제성장과 밀접한 연관이 있으며 자연환경의 변화, 지역 간의 문제, 삶에 질에 영향을 미치고 있는 실정이다. 이렇게 국제적으로 얽고 있는 복합적인 문제 상황에 적응하기 위해서는 자라나는 청소년 시절부터 적응 가능한 교육을 실시하여야한다. 하지만 현행교육과정은 여러 가지 부족한 점을 나타내고 있다. 현행 우리나라의 교육과정은 단편적인 교과지식적인 측면이 부각되고 입시위주의 교육과정이 구성되어 있는데, 이는 우리 사회가 당면한 여러 가지 복합적인 문제를 해결하지 못한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 현재의 교육과정처럼 단편적인 지식을 습득하는 것이 아니라 융합적인 사고능력과 창의성을 갖춘 '융합인재양성'을 하여야 한다.

융합인재를 양성하기 위해 현행 교육과정 중 가장 적합한 교육은 STEAM 교육이라고 할 수 있다. STEAM 교육이란 Science, Technology, Engineering, Mathematics, Arts의 약자로써 초창기에 제창되었을 때는 기술과 공학적인 문제 해결을 통해 학생들이 과학과 수학적인 개념 및 내용 습득을 할 수 있도록 이야기했다(Sanders, 2009).

STEAM교육은 우리가 당면한 국제적인 문제 해결의 준비과정으로 적합하다고 이야기할 수 있다. 그러한 이유는 STEAM교육에서 이야기하는 핵심 역량 3가지 때문인데, 이 3가지의 내용은 융·통합, 창의적 설계, 감성적 체험이다. 융·통합은 교육의 내용으로 '무엇을 다룰 것인가'(주제, 소재)와 관련된 것이다. STEAM교육이 우리나라에 본격적으로 공론화되어 정책적으로 시행하기 시작한 때에는 교과서에서 교과 간 통합이 단순한 '병렬형' 구조로 이루어진 것이 대부분이었지만, STEAM교육에서 추구하는 내용 융·통합은 교과 간 융합이 유의미하며 자연스럽게 일어나는 '통합형' 구조라고 할 수 있다. 창의적 설계는 교수학습 방법론으로서 주제나 소재를 가지고 '어떻게 교육을 진행할 것인가?'와 관련이 있다. 학습자가 지식, 제품, 작품 등과 같은 산출물을 구성하기 위하여 주어진 상황에서 창의성, 효율성, 심미성을 발현하여 최적의 방안을 찾아 문제를 해결하는 종합적인 과정이다. 감성적 체험도 교수학습 방법론으로서 학습자가 교육을 통해 '어떠한 감성을 느끼게 할 것인가?'와 관련이 있다. 즉, 교과 학습 과정에서 몰입, 보상, 성취의 기쁨과 실패의 가치를 경험하게 하는 것이다.

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

STEAM융합교육의 창의적인 설계와 감성적인 체험은 학습자가 기존의 교과에서 느끼지 못했던 각각의 상황에 맞게 창의적인 체험을 하게 되어, 유사시에 우리가 느낄 수 있는 여러 가지 현안들에 유동적이며 능동적인 대처를 할 수 있을 것이라고 생각된다.

국가적인 차원에서도 기존의 수학과 과학 중심의 학교교육에서 기술, 공학의 연계성을 강조하고 예술요소를 포함하는 STEAM 융합인재교육을 도입함으로써 현대 사회가 필요로 하는 인재를 양성하고자 노력하고 있다(교육과학기술부, 2011). 이러한 국가적인 정책에 걸맞게 학계 및 여러 연구 기관에서도 학문간 융합의 필요성에 공감하며 백윤수, 김진수 등은 과학과 타 분야와의 융합을 모색하는 다양한 연구를 진행하고 있으며, 또한 한국과학창의재단에서는 과학에 대한 흥미, 이해 제고 및 과학 친화적 기반조성을 위해 학교 과학 교육과정에서 부족한 실험, 체험, 탐구 중심의 과학 프로그램을 제공하는 등 지역 및 계층 간 과학교육 격차를 해소하기 위해 '생활과학교실'을 운영하고 있으며, STEAM 교육을 실질적으로 운영하기 위해 융합형인재교육(STEAM) 리더스쿨(연구시범학교)을 운영 중에 있다.

지금까지의 선행 연구사례를 살펴보면 학생의 인식이나 교사의 인식적인 측면만 부각되어 있다. 하지만 교육목적을 달성하기 위해서 가장 중요한 변인은 교사이다. 교사변인은 학생의 교육성취도의 중요한 변수이며, 교사의 지식체계는 교육의 효과를 좌우하는 중요한 열쇠이다(이효녕, 손동일, 권혁수, 박경숙, 한인기, 정현일, 이성수, 오희진, 남정철, 오영재, 방성혜, 2012). 이에 본 연구에서는 교사의 인식변화가 아닌 교사의 교수법을 파악하여 STEAM교육의 효율적인 활성화 방안에 대해 이야기하고자 한다.

본 연구에서는 김교사의 STEAM 프로젝트 10차시 수업을 동영상 촬영하였고 이를 전사한 후 분석하고, 이를 토대로 중등교육 현장에서의 STEAM교육의 효율화 방안을 모색하고자 한다. 이를 위해 설정한 연구 문제는 다음과 같다.

STEAM의 3단계인 문제제기, 창의적 설계, 감성적 체험 단계의 과학수업에 있어 명시적으로 나타난 교수전략을 모범교사의 사례를 통해 알아보고자 한다.

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

II. 이론적 배경

본 장에서는 먼저 글로벌 시대를 살아가고 있는 우리에게 필요한 역량에 대해 알아보고 난 후, STEAM교육의 출현 배경에 대해 알아보고, STEAM교육의 효과를 알아보며 STEAM교육이 글로벌 시대를 살아가는데 인류가 직면한 문제점을 해결 할 수 있는 적합한 교육임을 이야기할 것이다. 마지막으로 지금까지의 STEAM교육과 관련한 선행연구를 소개하며 STEAM교육의 효과를 교사와 학생의 측면에서 소개를 하면서 이 연구의 의미를 제시하고자 한다.

A. 글로벌 시대를 살아가는데 필요한 역량

대한민국의 교육과 과학기술 분야를 관장하고 있는 교육과학기술부(2011)에서는 우리나라의 과학과 교육목표 중 하나를 '과학적 소양 함양'으로 두고 있다. 2009개정 과학과 교육목표를 살펴보면, '과학'이란 "학생들이 민주주의 사회의 구성원으로서 갖추어야 할 최소한의 과학적 소양을 함양하기 위한 과목"이며 동시에 "과학의 기본 개념을 이해하고 탐구능력과 과학적 태도를 함양하여 창의적이고 합리적인 문제를 해결하는데 필요한 과학적 소양을 기르는 교과"라고 정의하고 있다(김세현 외, 2012). 과학적 소양이란 우리가 살아가는데 필요한 기본적인 과학적인 지식과 이를 이용한 탐구능력을 통해 사회에 필요한 능력의 함양이라고 할 수 있다.

현재 우리가 살아가고 있는 사회는 한마디로 정의하면 '글로벌 사회'라고 이야기 할 수 있다. 글로벌 시대를 살아가는 우리들에겐 긍정적인 측면도 많이 있지만 우리 인류가 직면한 여러 가지 과학과 관련한 문제점도 가지고 있는 것이 사실이다. 이러한 문제점을 근본적으로 해결하려는 노력과 함께, 과학에 다양한 학문을 연결시켜 통합적으로 사고하고 문제를 해결하는 능력이 강조되고 있기도 하다(DeBoer, 2000; 장호창, 남영숙, 2008).

과학교과와 관련한 글로벌 시대의 역량은 2009년 'OECD 학업성취도 국제비교 연구(Programme for International Student Assessment, PISA)' 발표에서도 찾아볼 수 있다. PISA에서는 기후변화, 물 부족 등과 같이 다양한 분야의 영역에 해당되는 주제들이 다루어지고 있으며, 학습자 개개인의 문제뿐만 아니라 글로벌 수준의 문제를 해결하는데 관심을 두고 있는 것으로 나타났다. 이는 글로벌 시대 이전의 세계에서는 찾아

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

볼 수 없었던 인류의 문제점이고, 이제는 더 이상 각 국가 및 개인이 방치하고 놔둘 수 없는 수준에 까지 이르렀다고 해석할 수도 있다.

글로벌 수준의 문제의 해결은 개개인 국가의 문제가 아닌 범세계적으로 해결해야 한다고 이야기 되고 있으며, 그렇게 하기 위해선 각개 국가, 그리고 개개인의 조그만 노력에서부터 이를 해결 할 수 있을 것이다. 이에 글로벌 이슈를 해결하기 위해 STEAM교육은 꼭 필요하다고 할 수 있다. 즉 STEAM교육은 글로벌 이슈에 주목을 하고 이와 관련된 세부적인 내용을 이들의 근원인 기초과학을 바탕으로 기술, 공학, 예술, 수학 등의 간학문적인 연계성 있는 교육과정이 필요하게 된 것이다. 즉, 21세기 글로벌 시대의 이슈들은 단편적인 하나의 문제점이 아닌 복합적으로 엮여있어 종합적인 사고력을 요한다는 이야기이다. 글로벌 이슈들에 대해 정확하게 이해하여 과학적인 사고력을 기르고, 문제를 해결하며 의사결정력 등을 기르도록 하는 것이 바로 과학교육의 역할이라고 보는 것이다(김경희, 시기자, 김미영, 옥현진, 임해미, 김선희, 2010).

그렇다면 21세기를 살아가는데 우리에게 많은 영향을 끼치는 글로벌 이슈는 어떤 것일까? 글로벌 이슈의 사전적인 의미는 다음과 같다. 글로벌 이슈란 “세계의 모든 국가(또는 인간)에 영향을 미치는 것으로 이를 해결하기 위해서는 세계의 모든 국가(또는 기타의 인간집단)의 협력이 필요한 문제”이다. 예를 들면 지구온난화의 경우, 온실효과로 인해 지구의 온도가 상승하게 되면 그것은 세계의 모든 국가(또는 인간)에 어떠한 영향을 미치게 되는 것이며, 이를 해결하기 위해서는 세계의 모든 정부, 기업, 비정부기구(Non-Governmental Organization, NGO)등의 협력이 필요하게 된다. 이는 환경문제뿐만 아니라 인구문제, 천연자원의 문제, 개발의 문제, 인권・인도의 문제, 핵무기나 첨단무기 등도 글로벌 이슈이다. 글로벌 이슈의 대부분은 인간의 활동을 포함한 복잡한 시스템을 구성하고 있으며, 그 해결에는 불확실성을 수반하는 경우가 많고 또한 정부, 기업, NGO 등 다양한 주체가 관여함과 동시에 때로 그것들 간의 이해충돌도 현재화하여 정치적인 문제가 된다(21세기 정치학 대사전, 2010).

세부적으로 어떤 내용이 글로벌 이슈의 범주에 속하는지 살펴보면, 글로벌 이슈는 지역적, 국가적 경계를 넘어 인류에 유의미한 영향을 미치고 한 국가가 독립적으로 문제 해결하는 능력범위를 넘어서 국가 간 상호협력이 필요한 문제로 설명하고 있다(Bhargava, 2006). 경제 협력 개발 기구(Organization for Economic Co-operation and Development, OECD)(2011)에서는 과학기술분야에서 국가적, 국제적 수준의 글로벌 이슈는 과학자 교류, 연구협력 등과 같은 국제협력연구를 통해 해결할 필요성을 지적하기도 하였다. 유엔 교육 과학 문화 기구(United Nations Educational, Scientific and

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

Cultural Organization ,UNESCO)(2010, 2011)는 자원개발, 환경오염 등으로 인접 국가를 비롯해 많은 국가들의 사안에 미치는 영향력과 유엔 밀레니엄개발목표(Millenium Development Goals, MDGS) 등과 같은 국제기구 차원에서 관심을 가지고 논의되는 문제를 글로벌 이슈 혹은 글로벌 도전과제(Global Challenges)로 고려하였다. 또한 사회문화 및 경제의 세계화, 정보통신기술(Information Communication Technology, ICT)의 파급력 등으로 인류에게 영향을 주는 글로벌 수준의 도전과제 해결과 주요 동향 이해에 다양한 분야의 지식공유와 교육 및 연구협력이 필요함을 강조하였다. 이처럼 글로벌 이슈는 모든 사람에게 공통적으로 사회, 정치, 경제, 환경 등 다방면으로 영향을 미치는 문제로 인식되어 있고, 글로벌 공동체 또는 국제사회가 직면한 현실적인 문제들을 인류가 풀어야 할 도전과제라고 할 수 있다. 글로벌 이슈로 논의 되는 과제들은 OECD(글로벌 과학포럼), UNESCO(교육・자연과학・사회 및 인간과학 부문), WB(글로벌 개발교육 네트워크), NSF(과학위원회), ASE(과학교육협회) 등에서 이에 대한 이야기를 하고 있는데 그 예를 살펴보면 인간이 살아가는데 이용하는 자원, 식량부족, 기후변화 등을 포함시키고 있다. 즉 사회, 경제, 문화 등 여러 영역에 해당되는 글로벌 이슈를 다루고 있었다. 그러나 이러한 여러 논의에도 불구하고 사실상 글로벌 이슈에 대해 명확환 정의는 없다고 지적되고 있다(남상열, 정원조, 윤예린, 2010: Bhargava, 2006). 이와 같은 이유로는 첫째, 글로벌 이슈는 계속적으로 진화하는 성격을 가지고 있으며, 둘째, 문제의 범위를 결정하기 어렵다. 셋째, 글로벌 이슈로서 잠정적 합의를 이끌어내기 위해서는 글로벌 의제를 주도하는 국제기구들의 문제해결에 대한 공감대가 형성되어야하기 때문이다. 따라서 글로벌 이슈는 문제가 발생하였을 때의 국제적인 시대 상황과 문제 해결을 위해 당사국들의 책임 있는 참여 여부에 따라 달라질 수 있을 것이다(김세현 외, 2012).

그렇다면 이러한 글로벌 사회에서 요구하는 인재가 갖추어야 할 능력은 무엇일까? 즉, 미래사회에서 요구하는 역량은 무엇일까? 이에 대한 질문에 대한 해답으로 STEAM 교육이 나타나게 되었다. 모든 사람들이 현실세계에서 부딪히는 문제를 잘 해결하기 위해 필요한 기술을 익힌다면 그것이야 말로 미래사회에서 꼭 갖추어야할 가장 중요한 능력이라고 생각한다.

이렇듯 글로벌 시대의 필요한 역량 및 역량에 대해 알아보았으니 다음 장에서는 글로벌 이슈들을 해결하기 위해 현 교육과정에서 필요하다고 생각되는 STEAM융합교육의 출현배경에 대해 살펴볼 것이다.

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

B. STEAM교육의 출현배경

STEAM교육과 같이 간학문 간의 통합 및 융합과 관련해 처음 이야기 한 사람은 John Dewey가 이야기하는 통합교육과정이 있었다. Dewey는 교육의 궁극적인 문제가 심리학적 요인과 사회학적 요인을 통합시키는 것이며, 교과는 단지 문명의 발전과정에 따라 조직되어야 한다는 것으로 전재했었다. 여기서 이야기하는 교과는 역사, 과학, 의사소통과 표현의 세 가지로 구성하였는데, 역사는 정치와 경제 그리고 사회 등의 문명의 진보적인 측면을 중심으로 종합하였다. 과학은 과학적 지식과 방법을 중심으로 하여 게임과 놀이 등의 활동을 통해 과학·지리·역사로 통합시키고 이를 교육과정으로 제시한 후 점차 분화시켜나갔다. 의사소통과 표현은 언어, 수학, 예능을 이야기하며 초기에 놀이나 조작활동을 중심으로 운영시켰다(박영만, 1982).

이후 1980년대 미국에서 시작된 과학교육 영역의 통합교육은 STS교육이다. STS교육이란 Science, Technology, Society의 앞 글자를 줄여 만든 용어인데. 이는 Ziman(1980)이 그의 저서인 Teaching and learning about science and society에서 처음 사용하며 세계에 모습을 드러내기 시작하였다. STS교육은 기초 과학이 발전함에 따라 응용기술이 발전하게 되는데 이에 따라 인류의 삶도 점점 더 편안해지게 되는 것은 우리의 사회에도 크게 영향을 끼치게 된다는 것을 이야기하고 있다. 이는 긍정적인 부분과 부정적인 부분까지 모두 포함하는 것으로 20세기의 과학기술의 발전에 따라 인류가 살아가는 사회에 끼치게 되는 영향에 대해 생각해 과학-기술-사회의 통합적인 교육이 필요함을 이야기 하고 있다. STS교육은 크게 '학문으로서의 STS'와 '교육으로서의 STS'로 나눌 수 있는데 '학문으로서의 STS'는 과학과 기술과 사회에 관련된 학문 영역을 이야기한다. 예를 들면 과학과 기술이 사회적으로 끼치는 영향에 대한 연구를 이야기 한다. '교육으로서의 STS'는 다시 'STS에 관한 교육'과 'STS 학문 영역에서의 교육'으로 나누어 질수 있다. 전자의 경우 일반인을 위한 교육이고 후자의 경우 전문가를 위한 교육을 이야기 하고 있다. 따라서 일반적으로 STS교육은 일반인을 위한 'STS에 과한 교육'을 이야기 한다(최경희, 1996).

1990년대 수학(Mathematics)과 과학(Science) 그리고 기술(Technology)의 앞머리글자를 줄여 나온 MST교육이 있는데, 이는 다 학문적인 통합(Multidisciplinary integration)과 간학문적인 통합(Interdisciplinary integration), 탈 학문적 통합(Extradisciplinary integration)으로 수학과 과학, 기술교과의 통합교육 모형을 이야기

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

한다. MST교육 같은 경우는 과학교육에 초점이 맞추어져 있다기보다는 기술교육 분야에 더욱 초점이 맞추어져 이루어졌다.

이후 2000년대에 들어서 미국에서는 본격적으로 STEM교육에 대해 이야기하기 시작한다. STEM교육이 학교교육 과정에 나오기 시작한 것은 이당시의 시대상이 반영되기 시작하면서부터이다. 학교교육과정보다 과외활동이 난무하고, 운동경기에서 우승한 사람은 영웅 대접을 받지만, 과학 및 수학을 통해서는 관심을 받지 못하는 시대가 되어버린 것이다. 이를 가지고 미국에서는 교육의 위기라고 생각하게 되었고, 우리가 알고 있는 마이크로소프트사의 빌게이츠 회장이 나서서 국회 상원의회에서 여러 차례 이야기 할 만큼 교육의 본질에 대해 이야기하게 된 것이다(박도영, 2011).

우리나라에서도 이러한 세계적인 움직임에 견주어 미래사회에서 꼭 갖추어야할 능력인 핵심역량(core competence)라는 개념이 주목받았다. 한국교육과정평가원에서는 미래 한국인의 핵심역량 증진을 위한 초·중등학교 교육과정 비전 연구를 통하여 한국인이 갖추어야 할 핵심역량이 무엇인지를 연구하였다(윤현진, 김영준, 이광우, 전제철, 2007). 그 후 여러 전문가들의 후속 연구들이 진행되었는데, 그들이 정의한 핵심역량(core competency/ key competency)은 '다양한 현상이나 문제를 효율적으로 혹은 합리적으로 해결하기 위해 학습자에게 요구되는 지식, 기능, 태도의 총체'를 의미한다. 각개 학습자가 보유하고 있는 차별화되고 독특한 능력이라기보다는 초·중등학교 교육을 통해 누구나가 길러야 할 기본적이고 보편적이며 공통적인 능력을 의미한다(KICE, 2009). 또한, 이 연구에서는 미래 한국인이 갖추어야할 핵심역량으로 10가지가 선정하였는데(<표 1>참고), 그 중에서 창의력, 문제해결능력, 의사소통능력, 정보처리능력 등은 STEAM 교육과 관련성이 매우 깊다. 즉, 미래사회 사회에서 필요로 하는 능력을 갖춘 인재를 기르기 위해서는 STEAM 교육이 필요하다는 것이다.

또한, STEAM 교육은 문제해결과정과 관련된 기술을 가르치는 것뿐 만 아니라, 딱딱하게만 느껴졌던 과학교육에 학생들의 흥미도를 올릴 수 있는 방법이 될 수 있다는 점에서 주목받고 있다.

<표 1> 미래사회 초·중등학교 교육에서 강조되어야 할 핵심 역량

핵심역량 영역	하위 요소
창의력	·창의적 사고 기능 ·창의적 사고 성향
문제해결능력	·문제 인식 ·해결방안의 탐색 ·해결방안의 실행과 평가 ·논리적 사고력 ·비판적 사고력
의사소통능력	·말하기 ·듣기 ·쓰기 ·읽기

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

정보처리능력	·정보 수집 ·정보 분석 ·정보 활용 ·정보 윤리 ·매체 활용능력
대인관계능력	·타인 이해 및 존중 ·협동 ·갈등관리 ·관계형성 ·리더십
자기관리능력	·자아정체성 확립 ·여가 선용 ·건강관리 ·합리적 경제생활 ·기본생활습관 ·자기 주도적 학습능력
기초학습능력	·기초적 읽기 ·기초적 쓰기 ·수리력
시민의식	·공동체 의식 ·준법정신 ·환경의식 ·윤리의식 ·봉사정신
국제사회 문화이해	·우리 문화 이해 ·다문화 이해 ·문화 향유 능력 ·국제사회 이해 ·외국어 소양
진로개발능력	·진로인식 ·진로탐색 ·진로설계

출처 : KICE, 2009, 핵심역량 기반 초·중등학교 교육과정 설계 방안 탐색을 위한 세미나

C. STEAM교육의 정의

STEM교육은 1990년대 미국과학재단(National Science Foundation, NSF)에서 처음 사용된 용어로써 과학, 수학, 공학, 기술의 약어로 처음에는 SMET이라고 용어로 사용되었다. 흔히들 어렵게 생각하는 기술, 공학적인 내용을 조금 더 쉽게 과학적인 요소와 수학적인 개념요소를 적용하여 흥미도를 유발시켜 학습자의 학습욕구를 자극 한다는 것이 큰 목적에 있다 (Sanders, 2009).

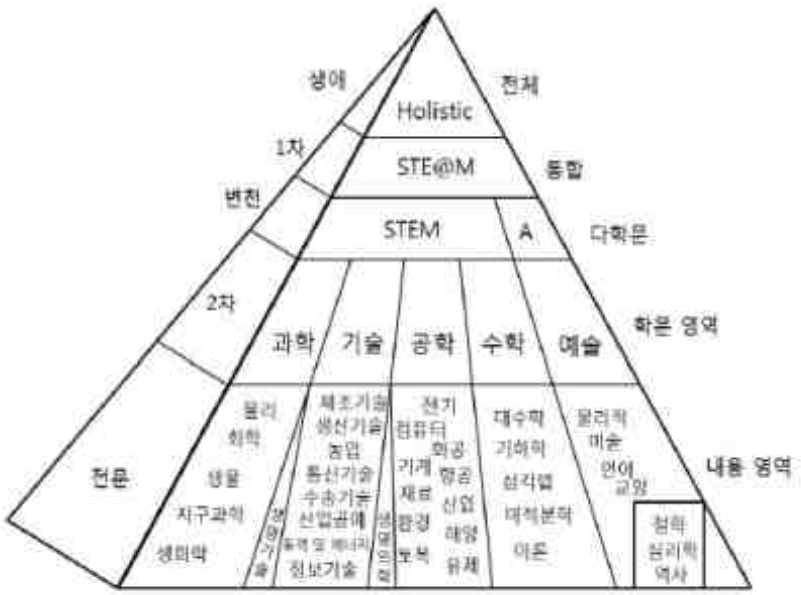
Bybee(2010)은 STEM 교육이란 과학 및 수학교육에 기술 및 공학을 연계하여 가르치는 융합교육이라고 이야기하며, 이제는 실제로 모든 학생들이 STEM 소양을 기를 수 있는 교육이 필요한 시기라고 이야기 했다. 그는 국가의 경쟁력을 좌지우지 하는 것은 과학기술의 수준이 절대적이며 STEM교육이야 말로 미국의 경쟁력을 제고 하는데 필요한 정책이라고 이야기하고 있다. 미국은 21세기에 들어 PISA와 TIMSS 등의 국제적인 과학 및 수학 평가에서 청소년들의 학업성취도가 중하위권을 유지하고 있으며, 흥미도와 태도는 하위권에 있는 실정이다. 즉 OECD 국가 학생들을 대상으로 하는 PISA 성적에서, 2000년에는 과학 14위, 2003년에는 과학 22위, 2006년에는 과학 17위에 머무르고 있다. 그러므로 미국은 향후 STEM분야를 통해 국가 경쟁력을 상승시키려고 하고 있다. 또한 미국의 베이비 붐(Baby Boom) 세대들의 은퇴시기가 오면서 절반의 가까운 이공계 인력의 공백이 발생하는데, 이에 반해 학생들의 이공계 선호도 하락, 국제 사회의 경제위기, 교직의 비인기, 기술교사 수 감소 등은 STEM교육의 중요성을 다시 한 번 이야기해 주었다(Van Langen & Dekkers, 2005). 이에 따라 미국의 교육개혁 아젠다는 21세기의 기본 요소인 과학, 기술, 공학, 수학(STEM)에 대한 교양시민이 되기 위한 요구에 대응하는 것이라고 하고 있다(김진수, 2011).

여기에 우리나라에서 현재 다루고 있는 STEAM교육은 2007년 Yakman이 STEM에

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

다가 예술(Arts)까지 통합하자고 제안하며 나온 이야기이다. Yakman은 <그림 1>과 같은 피라미드 모형을 제시하였다.

이 모형에서 과학(Science)의 내용 영역은 물리, 화학, 생물, 지구과학, 생화학으로 보았으며, 기술(Technology) 내용 영역은 제조기술, 생산기술, 농업, 통신기술, 수송기술, 산업 공예, 동력 및 에너지, 정보기술로 보았으며, 공학(Engineering) 내용 영역은 전기, 컴퓨터, 화공, 항공, 기계, 산업, 재료, 해양, 환경, 유체, 토목으로 보았으며, 수학(Mathematics)의 내용 영역은 대수학, 기하학, 삼각법, 미적분학 이론으로 보았으며, 예술(Arts) 내용 영역은 체육, 미술, 수공예, 언어, 인문교양(사회, 철학, 심리학, 역사)으로 보았다. 이러한 내용들의 STEAM 통합교육에 의해 결국은 전인교육(Holistic)을 할 수 있다는 것이다.



<그림1> Yakman, Kim (2007)이 제안한 STEAM교육 체계

한국에서는 김진수에 의해 2007년 소개되었다. 교육부의 7차 교육과정에 의하여 기술 및 가정은 통합이 아닌 병합이 되어 기술・가정 교과로 탄생하게 되었는데, 이는 일부 중・고등 교육현장에서 비정상적인 교육과정 운영이 되고 있었다. 2007 개정교육과정에서도 기술・가정 교과로 병합되어 운영 되었으나 고등학교의 기술・가정시간에는 공학적인 측면까지 도입이 되었다(김진수, 2005).

또한 우리나라에서 STEAM교육 정책을 처음 발표한 것은 교육과학기술부의 2011년

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

업무보고 자료였다. 정부의 교육 정책으로서 6대 중점과제를 선정하였는데, 그중 하나가 '세계적 과학기술 인재 육성' 이었다. 이를 추진하는 전략으로서 '초·중등 STEAM 교육 강화'를 발표하였고 이에 대한 구체적인 방안은 세 가지였다.

첫째, 과학기술에 대한 흥미와 이해를 높이고 융합적 사고와 문제해결 능력을 배양할 수 있도록 학습 내용을 핵심역량 위주로 재구조화 한다. 둘째, 출연연구소, 대학, 학회, 기업, 외국기관 등이 보유한 첨단시설과 인력을 활용해 교사와 학생들을 대상으로 현장연수 및 체험 프로그램을 운영한다. 셋째, 첨단기기와 장비를 활용해 흥미와 학습효과를 높이고, 첨단기기에 대한 활용 능력을 제고할 수 있는 미래형 과학기술 교실과 수업 모델을 개발한다.

우리나라의 경우 STEAM관련 교육정책은 한국과학 창의재단에서 도맡아 하고 있다. 우리나라에서 STEAM교육의 한글 대체 명칭은 2011년 '융합인재교육'으로 정하였다.

STEAM교육의 개념은 "융합인재교육(STEAM)은 과학기술에 대한 학생들의 흥미와 이해를 높이고 과학 기술 기반의 융합적 사고(STEAM Literacy)와 문제해결력을 배양하는 교육"으로 정의하고 있다. 또한 한국형 STEAM교육으로서 백윤수 등(2012)에 의해 4C-STEAM 교육이 나오게 되는데 이에 따른 STEAM교육의 개념은 "융합인재교육(STEAM)은 창의적 설계(Creative Design)와 감성적 체험(Emotional Touch)을 통해 과학기술과 관련된 다양한 분야의 융합적 지식, 과정, 본성에 대한 흥미와 이해를 높여 창의적이고 종합적으로 문제를 해결할 수 있는 융합적 소양(STEAM Literacy)을 갖춘 인재를 양성하는 교육이다.

창의적 설계란 학습자들이 주어진 상황에서 지식, 제품, 작품 등과 같은 산출물을 구성하기 위해 창의성, 효율성, 경제성, 심미성을 발현하여 최적의 방안을 찾아 문제를 해결하는 종합적인 과정을 이야기한다. 창의적 설계는 학습자가 개인의 삶에서 필요와 가치를 찾고, 학습자 스스로의 문제로 받아들여 '설계 작업'을 수락하는 것으로부터 출발하며, 학습 활동과 구체적이며 실질적인 관계 설정을 통한 자기 주도적 학습을 의미한다. 즉, 학생이 주어진 상황이나 조건 하에서 최적의 방안을 찾아 설계를 통해 문제를 해결하는 과정을 뜻한다(백윤수, 김영민, 노석구, 이주연, 정진수, 최유현, 한혜숙, 박현주, 2012).

감성적체험이란 과학기술과 관련된 융합적인 지식, 윤리의식 및 소양을 갖추게 하고 원활한 소통을 토대로 적극적으로 타인을 이해하고 배려할 줄 아는 인성을 함양하기 위해 필요한데, 이는 사회적 감성학습(Social and Emotional Learning, SEL)을 기초로

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

하고 있다. 사회적 감성학습은 개인, 타인과의 관계, 공동체와의 관계, 자연과 문화와의 관계라는 4개의 영역으로 구성되고, 배려, 의사소통, 개방성, 다양성, 협동심과 같은 인성교육으로 연결되는 것이다. 창의적 체험은 이중 학습자에게 문제해결 과정을 통해 긍정적인감정을 느끼고 성공의 경험을 통해 학습자가 학습에 대한 흥미, 자신감, 지적 만족감, 성취감 등을 느끼게 하여 학습동기 유발, 욕구, 열정, 몰입의 의지가 생기게 하여 개인적 의미를 발견하는 선순환적인 자기 주도적 학습이 가능하게 하는 모든 활동과 경험을 뜻한다(박현주, 2012).

4C-STEAM 교육은 지식 및 개념의 융합(Convergence), 창의성(Creativity), 소통(Communication), 배려(Caring)를 추구하는 융합인재교육(STEAM)을 이야기하는 것이다.

한국에서는 미국의 STEM교육과는 달리 예술(Arts)을 강조하고 있는데, 이는 Fine Arts(미술영역을 이야기한다.), Language Arts(언어로서 국어시간 등에 하는 발표나 토의 등의 의사소통 영역을 이야기한다.), Liberal Arts(교양 및 인문으로서 역사, 사회, 지리 등의 영역을 이야기한다.), Physical Arts(체육으로서 신체로 표현하는 예술 영역을 이야기한다.), Practical Arts(초등·중등학교의 기술과 관련된 영역을 이야기한다.)이다.

STEAM교육과 관련하여 한국과학창의재단의 정책은 2011년 전국의 초·중등학교를 대상으로 16개의 연구(시범)학교와 47개의 교사연구회를 시범운영하면서 시작되었다. 2012년에는 STEAM 교육의 확대를 위한 'STEAM 리더 스쿨'을 80개교 지정하여 STEAM 콘텐츠를 개발 및 보급하였고, 30개교에는 미래형 과학 교실인 스마트 교실을 구축하였다. 여기서 이야기하는 'STEAM 리더 스쿨'은 전국의 80개교에 S, T, E, A, M과 관련된 교과 시간의 20% 이내 중 STEAM교육과정을 편성하고 운영하며, 월1회 창의적 체험활동을 통해 STEAM 교육과 관련된 일반화된 시사점을 찾는 것이다. 또한 교사들을 대상으로 다양한 STEAM 연수교육을 실시하고 있는데, 16개 시·도 교육청을 비롯하여 기타 여러 가지 원격교육기관에서 현재 진행되고 있으며, 첨단과학기술의 내용을 현재의 교육과정과 연계하여 학생들에게 막역하게 어려운 첨단 과학적 지식을 주입하는 것이 아니라 실생활에 적용하며 더 알기 쉽게 그리고 더 나아가 학생들의 진로까지 생각할 수 있게 연수중이다.

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

D. 21세기 과학의 공학적인 융합

NRC(National Research Council, 2012)의 과학적 실천의 개념은 과학 지식 구성 과정의 특성 (Pickering, 1992; Pickering, 1995)을 반영하여 과학교육에서 탐구 개념의 이해에 대한 급진적인 변화를 시도한 것이다. NRC는 과학적 실천을 두고 지식의 구성, 지식의 확장, 지식을 개선하는 활동이라 정의하였고, 기초과학과 응용과학 등 여러 과학 분야에서 행해지는 과학자들의 실천적 특성을 과학교육에 적용할 수 있는 8가지 형태로 제시(<표 2>참고)하였다(NRC, 2012). 이는 과학 탐구 활동이 마치일련의 순서에 따르는 특정의 과정이라는 기존의 개념을 벗어나 다양한 접근방식으로 과학 탐구가 이루어짐을 나타낸다. 이 8개의 과학적 실천은 각각이 독립적인 과학 활동임과 동시에 서로 연결된 활동이라 설명하고 있다. 각각의 과학적 실천의 정의 8가지는 세부적으로 여러 종류의 활동을 포함하게 된다. 따라서 여러 종류의 활동을 분석하기 위한 세부적인 기준은, 과학 교육 틀에서 제시하는 과학적 실천의 성취목표에 기초하여 각각의 과학적 실천에 해당하는 활동의 종류들을 구성하고 그것을 분석의 기준으로 하였다(강남화, 이은미, 2013).

스팀교육 관련해서 교육과정이 과학 공학을 강조하게 되고 이때 기대되는 역량은 8가지 실천의 시연과 관련이 있다. 8개의 과학적 실천 중 주목해야 할 것은 '모형의 개발 및 사용하기', '수학 및 전산적 사고 이용하기', '증거에 입각하여 논의하기', 그리고 '정보를 얻고 평가하고 소통하기' 의 4가지 탐구 활동을 이전보다 강조하여 과학적 실천에 포함시키고 있다는 것이다. 이렇게 새로이 강조된 과학적 실천은 최근 과학계의 변화를 학교 과학 교육에 반영하려는 노력으로 볼 수 있다. 과학적 실천은 또한 과학교육의 목적으로 새롭게 강조되고 있는 과학적 소양과 연결하여 설명하고 있다. 특히, ' 질문하고 문제 규정하기', ' 자료 분석하고 해석하기', '증거에 입각하여 논의하기', 그리고 '정보를 얻고 평가하고 소통하기'의 4가지 과학적 실천은 시민들이 정보화시대에 "과학적 지식을 비판적으로 이용할 수 있는 과학의 소비자"(NRC, 2012)로서 갖추어야 할 소양 요소로 제시하고 있으며, 학교 과학에서 과학적 실천의 경험을 통해 과학의 과정에 대해 비판적으로 이해하는 것이 과학적 소양을 위한 중요한 교육 내용임을 지적하고 있다. 2009 개정 교육과정의 과학에서도 보다 확장된 개념으로서의 탐구와 함께 과학적 소양을 과학 교육의 주요 목표로 규정하고 있다. 교과의 내용 및 그 도입 방식 역시 과학적 소양과 관련지어 탐구 과정의 형태로 도입할 것이라 표명하고 있다.

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

<표 2> 8가지 과학적 실천과 해당 활동의 종류(Next Generation Science Standards, NGSS, 2012; 강남화, 이은미 2013)

1. 질문하고 문제 규정하기: 현상에 대해 경험적으로 답할 수 있는 질문을 형성하고, 이미 알려진 것을 설정하고, 아직 만족한 답을 얻지 못한 질문을 결정하는 능력
활동의 종류
(1) 자연과 인간이 만든 세상에 대한 질문하기.
(2) 과학적 질문과 비과학적 질문을 구별하기.
(3) 교실 내에서 자료를 이용하여 답을 할 수 있는 질문을 하고, 그 질문을 정교화 하고, 그 질문을 이용하여 탐구를 고안하거나 실용적 해결책을 구성하기
(4) 논쟁의 전제를 확인하거나 부가 설명을 요청하는 질문하기. 연구 질문이나 공학적 문제를 정교화 할 것을 요구하는 질문을 하거나 자료의 해석에 도전하는 질문하기.
(5) 관찰에서 특징이나 패턴, 모순을 인식하고 그것들에 대한 질문하기.
(6) 해결책에 영향을 미치는 제한점을 밝히기 위한 질문하기.
2. 모형 개발하고 사용하기: 자연 현상에 대한 설명을 하기 위해 모형과 시뮬레이션을 구성하고 사용하는 것
활동의 종류
(1) 사건이나 체계를 그림이나 도표로 표현하기.
(2) 현상을 다양한 종류의 모형으로 표현하고 설명하기.
(3) 계나 과정을 표현하는 도구로서의 모형의 정확성과 한계를 논하고 개선할 수 있는 방안 제시하기.
(4) 계를 탐구하고 이해하는 도구로서 시뮬레이션을 이용하기.
(5) 문제해결에 대한 고안을 시험하고 그 효과를 비교하기 위해 모형을 사용하기.
3. 조사 계획하고 수행하기: 현장에서 자료를 확인하거나 실험에서 변인을 밝히는 연구를 계획하고 수행하는 것
활동의 종류
(1) 교실, 학교 실험실 또는 현장에서 연구할 수 있는 질문을 구성하고 가능하면 이론이나 모형에 기초한 가설을 설정하기.
(2) 어떤 자료가 필요한 지, 그 자료의 수집을 위해 어떤 도구가 필요한지, 어떻게 측정치를 기록할 지 결정하기.
(3) 타당한 측정치 산출을 위해 얼마만큼의 자료가 필요한지 결정하고 자료의 정밀도 한계를 고려하기.
(4) 실험 또는 현장 연구 절차를 계획하고 관련된 독립변인과 종속변인 필요하면 통제변인을 확인하기.
(5) 얽힌 변인의 가능성 또는 효과를 고려하여 연구 고안에서 통제하기.
4. 자료 분석하고 해석하기: 의미를 끌어내기 위해 분석되어야 하는 자료를 생산하는 것-자료에 있는 유의미한 요소들과 패턴을 확인하는 것. 오차의 원인을 확인하고, 신뢰구간 계산하기
활동의 종류
(1) 패턴을 찾기 위해 또는 자료가 가설과 일관되는지를 시험하기 위해 체계적으로 자료 해석하기.
(2) 기대치에 어긋난 자료를 인지하고 초기 모형의 수정 고려하기.
(3) 자료의 통합, 정리를 위해 스프레드시트, 데이터 베이스, 표, 차트, 그래프, 수학, 통계, 전산기술을 사용하고 변인간의 관계 조사하기.
(4) 적절한 수학과 통계 기술을 이용하여 자료로부터 유추할 수 있는 결론을 평가하기.
(5) 물리적 모형에서 자료를 수집하고 여러 조건하에 성능 분석하기.
5. 수학 및 전산적 사고 이용하기: 물리적 변인들과 그들 간의 관계를 표현하는 기초적 도구로서 수학과 전산 사용. 물리계의 활동에 대한 예상을 위한 수학과 전산적 도구 사용. 중요한 패턴과 상관관계를 밝히는 도구로 통계 기술 사용.
활동의 종류
(1) 차원의 양을 인식하고 수학 공식과 그래프의 응용에서 적절한 단위를 사용하기.
(2) 과학 모형만들기와 조사에서 적절한 수학이나 알고리듬으로 관계와 양을 표현하기.
(3) 컴퓨터 시뮬레이션이 현상이나 계에 관한 가정에 근거한 수학적 모형에 기초하여 만들어졌음을 인식하기.
(4) 간단한 대표적인 수학 표현, 컴퓨터 프로그램, 또는 시뮬레이션 이용하기.
(5) 자료 분석에 수학과 통계학을 이용하기.
6. 설명 구성하고 문제 해결 고안하기: 과학의 목표로서 물질세계를 설명하는 설명체계를 제공하는 이론을 구성하는 것.
활동의 종류
(1) 과학이론을 이용하고 그것을 모형과 증거와 연결하여 현상에 대한 설명 구성하기.
(2) 직•간접적인 과학적 증거와 모형을 이용하여 현상에 대한 설명을 지지 또는 반박하기.
(3) 적절한 수준의 인과적 설명을 제안하기.
(4) 주어진 설명의 취약점을 알아내기.
(5) 과학 지식을 적절히 사용하여 디자인하는 문제를 해결하기.
(6) 기준에 부합하는 계획을 세우고 디자인 전 과정에 참여하여 디자인 과제를 수행하기.
(7) 장치를 만들거나 디자인 문제를 해결하기.
(8) 공동으로 개발한 디자인 기준에 따라 여러 경쟁하는 디자인을 비평하기.
7. 증거에 입각하여 논의하기: 설명체계를 방어하고, 자료의 견고한 기초위에 증거를 형성하고, 증거와 다른 사람들의 충고에서 그들의 이해를 시험하고, 동료들과 협력하여 조사된 현상에 대한 가장 좋은 설명을 구하는 것
활동의 종류

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

(1) 자료가 주장을 어떻게 지지하는가를 보이는 과학적 논쟁을 구성하기.
(2) 과학적 논쟁의 가능한 취약점을 논리와 증거에 비추어 밝히기.
(3) 자신의 논의에서 결점을 찾고 비판에 대한 응답으로 자신의 논의를 향상시키기.
(4) 과학적 논의의 주요 특성이 주장, 자료, 이유임을 알고 주어진 예에서 그 요소들을 구분하기.
(5) 주어진 과학 사고의 발달에서 쟁점의 성격을 설명하고 그 시작점에서의 논쟁을 기술하고 왜 특정한 하나의 이론이 성공했는가를 밝히기.
(6) 어떻게 지식에 대한 주장이 과학계에서 판정이 되는가를 설명하고 동료평가의 장점과 한계, 주요한 연구의 독립적인 반복이 필요함을 조리 있게 표명하기.
(7) 과학과 기술에 대한 매체의 보고서들을 비판적으로 읽어 강점과 약점을 밝히기.
8. 정보를 얻고, 평가하고, 소통하기: 말, 글, 표, 그림, 그래프, 방정식을 이용 동료와 개방된 토론에 참여함으로써 생각과 탐구의 결과를 소통하는 것. 신문, 인터넷 등에서 획득한 정보의 과학적 타당성을 평가하고, 설명을 산출하는데 그 정보를 이용하는 것
활동의 종류
(1) 말, 표, 도표, 그래프 또는 수식을 이용하여 개념을 전달하거나 질문하기.
(2) 표, 그림, 그래프를 포함하는 과학, 공학 문서를 읽고 전달되고 있는 주요 생각을 설명하기.
(3) 과학, 기술적 말과 글의 특성을 인식하고 말과 글로 자신의 생각과 한 일 전달하기.
(4) 교실상황에 맞게 편집된 과학 문헌들 또는 과학에 대한 대중매체 보고서를 자료, 가설, 결과의 타당도와 신뢰도를 논하며 비판적으로 읽기.

E. STEAM교육의 교육효과

STEAM교육을 논하기 이전 교육과학기술부(2009)는 2009 개정 교육과정을 통해 창의·인성교육을 지향하여 융합과학 내용을 가르치도록 함으로써 기존의 과학과는 다른 입장의 교육과정이 진행되고 있었다.

STEAM융합 과학교육에서 기대되는 학습목표는 실험관련, 내용관련, 사고관련, 그리고 정의적 영역인 태도관련해서도 다양하게 달성되어야 하기에 4가지 관점에서 학습목표의 달성되어야 한다. 즉, 4-ON(Contents-On, Hands-On, Minds-On, Hearts-ON)의 관점에서 STEAM교육을 바라보아야 한다. 각각의 4-ON은 STEAM교육이 추구하고자하는 구체적인 학습목표와 다음과 같은 이유로 가장 부합하다(박영신, 2012).

첫째, Contents-ON이다. 이는 가장 기본이 되는 것으로 과학 및 공학의 원리라고 할 수 있겠다. STEAM교육은 단순한 공작이 아닌 학습자들이 내용습득이 있어야 한다는 것이다. 지식의 습득 없이는 단순한 기계적인 공작을 하는 것과 다름없다. 즉 내용 없는 과학탐구나 공학과정은 교육적인 의미가 없다는 이야기를 하고 있는 것이다.

둘째, Hands-ON이다. 기존의 과학탐구에서는 과학적인 원리를 이해하기 위한 현상중심의 실험과정이었다면 STEAM 교육에서는 실험기능을 통해 창의적으로 문제를 해결하기 위해 공학 및 기술을 이용하는 설계단계이다. 즉 주어진 장비나 재료를 가지고 실험을 해왔던 기존과는 달리 스스로 실험결과에 영향을 줄 수 있는 변수 등을 고려하여 스스로 변수를 정하고 제어하여 해결책을 찾는 과정이라고 할 수 있다. 공학이 좀 더 강조되어 효과적인 실험과정을 고안할 수 있다는 의미이다.

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

셋째, Minds-On이다. 문제를 해결하는데 있어 학습자는 창의적 설계를 하기 위해 판단결정을 해야 한다. 최대한의 효과를 보기 위해 장비를 선정하는 것으로 시작하여 증거를 충분히 수집하였는지, 그러한 수집된 증거를 바탕으로 논리적인 과학 및 공학적 설명이 형성되는지를 알아보기 위해 논리적 사고와 설명의 평가를 확인해야 하는 비판적 사고를 경험할 수 있도록 해야 한다. 창의적 설계를 위한 창의적 사고의 발현은 위의 논리적 사고를 위한 수렴적 질문과 비판적 사고를 위한 발산적 질문을 통해서 이루어진다. 이러한 과정은 Hands-ON이 주가 되는 창의적 설계단계에서, 상황제시, 또한 감성적 체험의 단계에서 산출물에 대한 '평가'나 '성찰'이 이루어지는 단계에서도 Minds-On은 충분하게 일어날 수 있다(교육과학기술부, 2012; Harland, 2011; Capraro et al., 2010).

넷째, Hearts-On이다. 학습 목표 중에 정의적 영역에 해당하는 부분이다. 과학에 대한 태도나 흥미, 또는 협동 모둠활동으로 인한 배려나 협력 등의 단순한 정의적 영역을 뜻하는 것이 아니라, 과학을 하되 환경적으로, 정치적으로, 사회학적으로, 역사적으로, 경제적으로, 심리학적으로, 철학적으로 과학을 바라보는 관점의 총체라고 할 수 있다. 과학자나 공학자는 과학과 기술을 발전시키되 해야 할 부분과 하지 말아야 할 부분이 있다. 또는 역사적으로 과학적 지식이 어떻게 변하고 성장하여 왔는지를 이해하는 과정에서 사회적 관점으로 봤을 때 지식의 협의과정이나 과학자들 간의 동료애, 도덕적이고 윤리적인 부분에 대해서 경험해야 한다는 것이다.

각각의 4-ON은 STEAM 교육을 통해 미래의 융합인재를 형성하는데 필수요건이라 할 수 있다.

STEAM 교육과 관련된 선행연구들은 학생의 입장과 교사의 입장에서 이루어졌었다. 선행연구의 사례를 살펴본 후 본 연구가 의미하는 과학교육에서의 역할과 연구의 시사점을 살펴볼 예정이다. 다음은 각 측면에서 이루어진 교육연구들을 정리하여 나열한 것이다.

E-1. 학생입장의 STEAM교육 효과

김덕호, 고동국, 한명재, 홍승호(2014)는 STEAM프로그램을 적용한 초등학생들의 창의성과 과학교과에 대한 흥미도를 이야기하며 연구팀에 의해 개발한 STEAM 교육 프로그램을 6학년 각 단원별 마무리 활동에 단원 정리 및 심화·보충활동으로 적용하였다. 주제별 활동중심의 프로그램으로 학생들의 과학 학습을 통해서 창의성 및 과학교

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

과 흥미도를 높이는데 주안점을 둔 이 프로그램의 투입 결과 실험 집단은 비교 집단에 비해 초등학생들의 창의성 및 과학 교과 흥미도가 유의미하게 향상되었다. 따라서 지속적이며 체계적인 STEAM 프로그램의 개발이 요구되며, 더 나아가서는 초등학교 전 학년에 걸쳐 적용할 수 있는 STEAM 프로그램을 개발하고 교육현장에서 적극적으로 활용하려는 노력이 이루어져야 한다고 이야기 했었다.

이형민(2013)의 경우 STEAM프로그램을 적용한 태양계와 별 단원의 초등학교 수업은 학생들의 창의적인 사고 향상에 유의미한 상승을 그리고 과학적인 태도의 긍정적인 함양에 영향을 끼침을 알 수 있었다.

이외에도 초등학생을 대상으로 한 STEAM 프로그램 적용 관련 다수의 프로그램 적용 연구 결과를 살펴보면 공통적으로 학습자의 창의적인 사고능력 함양과 과학에 대한 흥미도 증가, 과학과 관련된 진로에 대해 긍정적인 태도 증가, 이외에도 호기심, 협동성, 자진성, 개방성, 등에 모두 긍정적으로 향상되는 것을 확인할 수 있었다(서권수, 2013).

또한 중학생들의 창의적 체험활동이나 방과후 학습 후에 나타난 창의적인 사고력과 비판적인 사고력 강화를 위한 STEAM 수업에서 이우정, 강순희(2014)는 3차시 6개주제의 수업의 연구 결과를 살펴본 결과 정규학교 과학수업만 받은 비교집단의 학생에 비해 일 년 동안의 창의적 체험 활동으로 창의적 사고력과 비판적 사고력 강화되었고, STEAM 지향탐구 수업전략을 경험한 학생들의 창의적 사고력이 통계적으로 유의미하게 향상된 것을 확인할 수 있었다. 그리고 문제해결측면의 비판적 사고력의 하위요소로는 문제인식능력, 가설설정능력, 변인통제능력, 자료해석 및 자료변환능력, 결론도출 및 일반화능력 즉 학습자의 통합적인 탐구 능력이 통계적으로 모두 유의미하게 향상된 것을 확인할 수 있었다.

장현진(2012)은 '융합 교육(STEAM)에 대한 학생들의 인식도 조사'를 실시하여, 학생들을 대상으로 하여 통합교육의 인식과 STEAM 교육의 인식 및 요구를 분석 하였다. 연구결과에 따르면, 학생들은 통합교육 수업에 대한 경험이 많았고 그 필요성을 인정하고 있지만, 막상 통합교육에 대한 인식은 낮았다고 한다. 또한 STEAM 교육에 관련해서는 인식과 경험이 모두 낮게 측정되었지만 이에 대한 필요성은 높게 인지하고 있었다고 보고하였다. 마지막으로 STEAM 교육이 활성화되기 위해서는 교사에 대한 교육, 다양한 교수자료와 학습 프로그램들이 연구, 개발되어야 한다고 제안하였다.

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

E-2. 교사입장의 STEAM교육 효과

김정아, 김병수, 이지훤, 김종훈(2011)에 따르면 다음과 같이 네 가지의 요소를 갖춘 STEAM 수업이 이루어 져야한다고 했다. 첫째, STEAM 교육은 과학·기술·공학·수학을 중심으로 융합적인 사고를 할 수 있는 활동이어야 한다. 둘째, 수학과 과학의 기초원리에서 첨단 기술·공학까지 스토리텔링으로 자연스러운 흐름을 갖추어야 한다. 셋째, 활동에 Arts를 접목시키고, 다양한 과학 체험 활동을 통한 창의적인 사고가 가능하도록 한다. 넷째, STEAM에 체계적인 탐구능력과 윤리 및 사회성, 협동성, 의사소통 능력 등의 훌륭한 인성을 가질 수 있는 활동을 제안한다. 이러한 STEAM 교육의 교수학습 방법은 비구조적인 교육 환경을 가지고 있는 박물관 교육의 특성과도 관련이 깊다 할 수 있다.

STEM/STEAM 교육에 대한 교사의 인식 부분으로는 배선아, 금영충(2010)는 공업계열 전문계 고등학교 화공분야의 STEM 교육에 대한 화공교사의 인식과 요구를 조사하였고, 이동윤, 김기수, 이창훈(2011)에 의해 STEM 교육에 대한 기술교사의 인식과 요구가 분석되었다. 이효넝 외(2012)는 초등과 중등교사를 대상으로 통합교육과 통합 STEM 교육에 대한 인식과 요구를 조사하였고, 신영준과 한선관(2011)에 의해 초등학교 교사들의 융합인재교육(STEAM)에 대한 인식을 조사해 STEM/STEAM교육에 대한 명확한 정책, 교수-학습 모형 및 프로그램 개발, 교재개발의 연구가 이루어져야 할 것이라고 제언하였다.

손연아, 정시인, 권슬기, 김희원, 김동렬(2012)은 STEAM 융합인재교육에 대비한 예비교사와 현직교사의 인식 분석 연구를 통해 현직교사와 예비교사의 STEAM 융합교육에 관한 인식 실태를 조사하여 그 특성을 분석하고, STEAM 융합교육의 방향성을 제안하며 한계점을 파악하였다. 이 연구에서는 예비교사들은 STEAM 융합인재교육에 대한 인지도가 높게 측정되었고, 대부분 교육의 필요성을 인정했으며, 실제로 수업에 적용할 의향도 있었다고 한다. 반면 현직교사들을 대상으로 조사한 결과, STEAM 융합인재교육이 교육 현장에 알려진 정도가 낮았지만, 현직교사들도 그 필요성을 느끼고 있었고 수업에 적용할 의향도 긍정적으로 나타내었다고 보고하였다.

많은 교사들이 STEAM 교육에 대하여 긍정적인 태도를 보이기는 했지만 그와 동시에 부정적인 입장을 표명하는 경우가 대부분이었다. STEAM 교육에 대하여 부정적인 발언을 한 교사들은 대부분 현재의 교육 현장에 적용하는 것에 문제점이 있다는 이유를 들어 자신들의 입장을 밝혔다(우정주, 2013). 이처럼 STEAM 교육의 많은 제한점

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

을 극복하기 위해서 미국의 경우 STEM과 관련된 교육정책을 많이 내놓고 있는데 이 중 교사와 관련된 정책을 매우 중요시 여기고 있다. 그와 관련된 정책은 다음과 같다.

첫째, 우수한 STEM 교사 양성이 필요하다. 교사는 학생들이 수업을 하면서 문제 해결능력을 향상시키고 창의적인 생각을 할 수 있는 중요한 조력자 역할을 해야 한다. 또한 학생의 학업성취도는 교사의 질적 수준과 상관관계가 있음이 이미 많은 연구를 통해 밝혀졌다. 둘째, 능력 있는 STEM 교사의 특징은 다음과 같다. 학생들의 지적 호기심을 채워 줄 수 있으려면, 단답형이나 단순한 문제 해결 방법 보다는 원리 등을 통찰 할 수 있는 통찰력을 가지고 있어야 하며, STEM과 관련된 교육을 하기 위해서는 충분한 교육학적 지식을 가지고 있어야 한다. 셋째, STEM교사의 수요와 공급이 불균형하다. 교사들이 상대적으로 근무하기 좋은 곳을 선호 한다 이에 따라 중·고등학교에서 학생들을 가르치는 교사의 질적인 수준이 상대적으로 낮고 또한 교사의 수도 낮게 나타나게 된다. 넷째, 능력 있는 STEM교사 양성 프로그램이 부족하다. 과학 및 수학교사의 25%만이 STEM과 관련된 전문 학위를 가지고 있으며 전공 지식과 교육학적 지식을 함께 보여하고 있는 교사가 부족하다(김진수, 2012). 이와 같이 미국의 경우 STEM교육의 중요성을 인지하고 투자와 여러 가지 교육정책을 다수로 내놓고 있는 실정이다.

또한 이외에도 교사의 STEAM교육을 돕기 위하여 프로그램 개발 및 적용이 이루어졌다. 최유현, 정호근, 김동하(2008)은 STEM 기반 발명 영재교육 프로그램 개발과 적용을 통해 STEAM교육의 효과를 검증하였고, 배선아(2011)는 전기·전자기술 영역의 활동 중심 STEM 교육프로그램을 개발하고 적용하였다. 박영신(2012)은 한국과학창의재단의 국책사업인 융합인재교육프로그램 기후변화, 물부족 에 대한 프로그램이 개발되고 적용되기도 하였다. 교사의 STEAM수업을 돕기 위해 조재주, 최유현, 김소연(2011)는 화학영역의 통합적 STEM 발명교육 프로그램 모형이 개발하였고, 김진수(2011)에 의해 통합의 유형분석을 기초로 STEAM 교육을 위한 큐빅 모형이 제시되었다.

초등학교 저학년을 대상으로 한 융합인재교육(STEAM) 프로그램 개발 및 적용 효과(서주희, 2012)는 초등학교 2학년 학생을 대상으로 융합인재교육(STEAM)으로 재구성된 교육활동이 과학적 내용지식 형성과 과학에 대한 흥미와 자신감 형성에 어떠한 효과를 주는지 알아보고자 하였다. 결과, 초등학교 저학년 학생의 과학적 내용지식 형성은 큰 영향을 미치지 않았지만, 학생별 특성에 따라 효과가 있음을 나타낼 수 있었으며, 과학에 대한 흥미와, 과학학습에 대한 흥미, 자신감 형성에 영향을 주었다고 한

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

다. 이에 STEAM 프로그램의 지속적인 연구가 이루어져서 과학교육에 필요한 교수방법으로서 많은 교사가 공유할 수 있도록 노력해야 함을 제시하고 있다.

중학교 발명수업에서 롤링볼 만들기의 STEAM 수업자료 개발은 초, 중, 고등학생을 대상으로 개발된 STEAM 수업자료는 수업 과정 안, 파워포인트자료, 학습안내지, 활동지로 실제 수업에 적용하여 활용할 수 있도록 개발하였다. 이에 STEAM 교육이 학교에서 다양하게 활용되기 위해서는 수업자료개발 매뉴얼과 친숙하고 쉽게 적할 수 있는 소재로 한 STEAM 수업자료 및 교재의 개발에 대해 제시하고 있다(배협, 2012).

선행연구의 경우 스팀교육의 배경 및 효과에 대해서 이야기를 주로 하고 있다. 하지만 효과가 학생입장에서 효과를 다루고 교사입장에서 효과를 다루되 교사의 입장에서는 인식에 대한 조사 등은 있지만 구체적인 교수전략에 대해서 언급하거나 연구한 것이 없다. STEAM 및 STEM 교육의 선두주자라고 할 수 있는 미국에서도 교사의 중요성을 언급하고 있는데 현재 우리나라에서는 구체적인 교사의 전략에 대해서 이야기하지 않고 있다. 교수전략과 관련된 연구를 통해 학생의 교육효과를 단순한 정의적인 영역만 볼 것이 아니라 인지적인 영역에서도 효과를 볼 수 있어야 한다. 따라서 본 논문에서는 구체적인 교사전략에 대한 사례를 제시함으로써 앞으로 STEAM 교사에게 도움이 되는 연구를 제공하고자 한다.

본 연구의 독창성은 STEAM 교육으로 인한 교사의 교수전략이 어떠한 특징을 가지고 명시적으로 나타나는지 그 전략을 파악하여 제시하고, 앞으로 STEAM 교육의 활성화를 지속적으로 유지한다는 의미에서는 교실 안에서의 구체적인 교사의 실천 가이드가 될 수 있기에 과학교육에서 의미하는 바가 크다고 할 수 있겠다.

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

III. 연구 방법

본 연구는 질적 연구의 접근법 중 사례연구를 채택하였다. 먼저 STEAM 모범교사인 김교사를 본 연구자와 가까운 곳에서 즉 거리와 경제적인 면을 고려한 편의표집과 모범스팀교사로 스팀교육에 전문성을 보여주는 목적표집에 의해서 연구대상자로 선정하였고, 김교사와 STEAM전문가의 자료를 10차시 수업을 전사한 후 교사의 수업을 분석하였고, 이를 토대로 위에서 언급한 STEAM 수업을 하는 모범 교사의 수업전략을 알아보고자 하였다. 또한 본 연구의 타당성 및 신뢰성을 높이기 위해서 연구 참여자 검토, 과학교육 전문가 1명과 협의 과정을 거쳤다.

본 연구는 연구대상 선정, 자료수집, 자료 분석의 3단계로 설계되었으며, <표 3>은 이를 간략하게 설명한 것이고, 다음은 각각의 단계를 설명하는 것이다.

1. 연구대상 선정

(1) 모범 김교사

모범 김교사 선정단계에서는 STEAM 모범교사를 선정하는 단계로써, 교육경력과 STEAM 교육과정에 관한 연수, 등의 종합적인 면을 통해 이루어졌으며, STEAM 모범교사의 경우 편의표집과 목적표집에 의해 거리상으로 가까운 곳에서 STEAM 교사로서 활동하고 있는 김교사를 섭외하였다. 김교사의 성별은 남성으로 환경교육과 관련하여 박사학위를 취득하였다. 또한 그는 과학영재 관련 프로젝트 다수 경험, 우수 과학지도 교사상, STEAM 교과 연구회 활동과 창의·인성 교육프로그램을 다수 개발한 경력도 있었으며, 현재는 약 30년의 교직 경력을 가지고 있으며 담당과목은 지구과학이다. 김교사가 STEAM 전문가와 협력하여 개발한 기후변화 자료를 가지고 김교사의 담당 학생들에게 총 10차시에 걸쳐 진행된 수업을 각 차시별로 학교현장을 방문하여 동영상 촬영, 녹취 등을 진행하여 본 논문의 자료원으로 사용하였다.

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

<표 3> 연구 설계

단 계	내 용	비 고
1	연구대상 선정 및 10차시 수업 진행	· 스팀 교육 전문가 김교사를 편의표집 및 목적표집에 의해서 선정 - 김교사에 의해서 개발된 스팀 프로그램 10차시 실시 (D 중학교에서)
2	자료 수집	· 자료 수집 (교사 인터뷰, 수업관찰) - 관찰도구 OTOP 도구 - 분석 프레임: NGSS의 8가지 실천 여부 분석프레임 - 교사 인터뷰
3	자료 분석	· 자료 분석 - OTOP 으로 교사의 일반적인 교수전략 프로파일 (타당성 및 신뢰도는 전문가와 구축) - NGSS 프레임을 이용한 8가지의 실천 수행여부 분석(전문가와 내용 타당도 및 신뢰성 구축) - 인터뷰 등은 전산화 하여 교수전략에 관련된 인용문 코드화

(2) 기후변화 STEAM 모듈(10차시)

10차시의 수업은 이산화탄소를 재활용함으로써 대기 중 이산화탄소를 감축하고 지구온난화를 완화시킬 수 있음을 공학적 설계 과정으로 이해하게 한다. 이를 위하여 녹조류의 광합성으로 이산화탄소를 소비하는 공학키트를 학생들 스스로 설계하게 한다. 설계 과정에서 가장 작은 비용으로 가장 높은 효율을 낼 수 있는 방법을 학생들이 직접 고안한다. 1차 설계 후 작성한 모델 작품을 서로 비교하고 평가하여 문제점을 파악하고 개설사항을 도출하여 최종적인 이산화탄소 활용 키트를 제작하고 발표한다. 이 과정에서 학생들에게 기후 변화와 관련된 과학적 원리로서 온실효과, 광합성, 빛의 반사 등의 원리를 학습하게 한다. <표 4>는 10차시에 대한 내용과 STEAM 수업의 3단계로 분류하고 10차시의 내용을 간략하게 정리한 표이다.

<표 4> 기후변화 10차시 프로그램(STEAM3단계, 수업내용)

단 계	기후변화 중학교
상황 제시	**학생들이 청소년 환경공학자가 되어 지구온난화를 완화시키는 프로젝트를 받고, 프로젝트를 해결하기 위한 준비와 해결 방향을 탐색한다.** **[1차시]** ◉ 프로젝트 소개 및 해결책의 방향 인식 - 이산화탄소에 의한 지구 온난화의 위기 상황과, 미세조류를 이용한 바이오매스 활용의 사례 안내.

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

	- 학생들에게 청소년 환경공학자가 되어 지구온난화 완화 방안을 찾는 '미세조류를 활용한 이산화탄소 감축 프로젝트'를 소개. - 효과적인 해결 방안을 찾기 위한 브레인 스토밍
창의적 설계	**프로젝트를 해결하기 위해 기후 변화에 대해 알아두어야 할 내용들을 탐색하는 활동을 수행한다.** **[2차시]** ◉ 우리나라의 기후는 얼마나 변했을까? - 최근 5년간 우리나라의 월별 기온/강수량분포에 대한 실측 그래픽 자료 분석 - 격자판 이용하여 데이터 분석 및 자료 변환 - 우리나라 기후의 변화 경향을 나타내기 **[3차시]** ◉ 왜 온실 효과라고 할까? - 열 흡수 필름 온실의 온도변화를 보고 온실효과의 발생 과정을 설명하는 가설세우기 - 가설을 검증하기 위한 실험 설계 및 실행 - 적외선 복사의 흡수/재방출을 적용한 온실 이해 **[4차시]** ◉ 온실 기체는 무엇일까? - 드라이아이스, 수증기, 건조공기를 이용한 기체의 온실 효과를 재현하는 실험 수행 - 실험 결과의 예상, 가장 설득력 있는 설명 추리 - 지구 온난화의 주요 원인으로서 이산화탄소의 영향을 이해 **[5차시]** ◉ 나의 녹조류는 어떤 모습일까? - 미세조류의 한 예로서 녹조류를 육안 및 현미경으로 관찰 - 녹조류의 특징을 웹에서 조사 - 녹조류를 이용한 이산화탄소 감축 방안의 가능성을 탐색 **[6, 7차시]** ◉ 과제해결책 의견 교환 및 미세조류 이용 CO_2 감축 장치 제작 - 2~5차시 수업을 바탕으로 미세조류를 활용한 CO_2 감축 장치를 설계 - 저비용, 고효율, 과학적 정확성을 확보할 수 있는 최적의 방안 검토 - 미세조류 활용 CO_2 소비 장치(이산화탄소 감축) 제작 **[8차시]** ◉ CO_2 감축장치 시제품 검토 - 학생들이 제작한 CO_2 소비 장치를 조별로 발표 - 각각 장단점과 개선 방안을 탐색 - 장치 수정의 방법 토의하기
감성적 체험	**프로젝트의 결과물로서 학생들이 제작한 최종 작품을 제시하여 이산화탄소 감축 방안을 발표한다.** **[9차시]** ◉ 이산화탄소 감축 장치 최종 점검 및 완성 - 조별로 이산화탄소 소비 장치를 개량 - 효과적인 녹조류 분산 방법 적용 - 광합성을 위한 효과적인 집광 방법 적용 - 소비된 이산화탄소량 검사 방법 적용 **[10차시]** ◉ 이산화탄소 감축 장치 개발 프로젝트 발표회 - 조별로 프로젝트 진행 과정 및 최종 결과물 발표 - 기후 변화 및 이산화탄소 감축에 대한 생활 속 실천 방안을 제시

(3) STEAM 수업 적용 현장: D중학교

D중학교의 경우 미래형 과학 교실 사업을 수행하고 있는 학교로 좀 더 STEAM과

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

제를 적용하는데 편리한 시설이 구축되어 있었다. 예를 들면 Standing Table이라고 하여 모둠별로 학생들이 필요한 자료를 인터넷을 통해 수집하거나 Brain Storming 할 수 있는 장소가 있었으며, 그 외에도 앉아서 작업을 할 수 있는 모둠별 책상, 수행한 과제를 발표 할 수 있는 Standing Board, 다른 모둠의 발표를 쉽게 접근하여 볼 수 있는 Projector 화상기가 구축되어 있었다.

모둠별 탐구활동	Standing Board	예술과 융합 공간

<그림 2> 개발된 STEAM 프로그램을 현장 적용한 중학교 교실 환경

2. 자료 수집

자료수집 단계에서는 먼저 10차시의 수업을 통해 얻게 된 자료들을 전사를 하였으며, 김교사의 생각을 알아보기 위하여 설문지 및 인터뷰를 진행하였다. 그리고 자료 수집과 관련된 도구로서는 크게 2가지를 이용하였다. 첫째로는 Morrell, Wainwright& Flick(1999)의 학급 관찰 프로토콜(OCEPT-Teaching Observation Protocol; 이하 OTOP) 이라는 수업 관찰 도구를 STEAM교육 관찰 프로토콜로 변경하여 사용하였다. 변경된 STEAM 수업관찰 프로토콜은 <표 5>와 같다. 각각의 항목은 과학탐구 본성 경험하기, 초인지: 학생자신의 인지에 대해 생각하기, 학생들끼리의 담화 및 협동학습, 수업참여의 적극성(구성주의), 학생들 선 개념 및 오개념 조사, 학습목표 달성을 위한 개념인지, 발산적 사고 능력, 타 교과와의 연계성(간학문성), 교사의 전문성, 다양한 교수매체(개념표현) 으로 구성되어 있다. OTOP 관찰 도구는 교사의 수업이 전략을 구체적으로 명시적으로 프로파일 할 수 있는 이점이 있기에 이 연구에서 사용하여 과연 김교사가 매차시마다 어떠한 특징으로 교수를 하게 되는지를 가식화할 수 있다. 명시적으로 제시되는 교수전략을 파악하는 것이기에 기존의 OTOP 관찰 도구에서 본 연구의 목적에 맞게 수정을 하였다. 또한 자료수집의 타당성과 신뢰성을 위해 이 관찰 도구를

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

개발한 연구자로부터 훈련을 받아 사용하여, 내적으로 타당성과 신뢰성을 구축할 수 있었다. 즉 개발 연구자와 여러 번의 연습과 토론에 걸쳐 자료수집에 확신을 가질 수 있었다. 10개의 항목에 해당하는 OTOP 관찰 도구는 과학과 교육과정에서 선호되는 교수전략을 선정하여 기술한 것이기에 여기에 포함되는 10개의 항목의 높은 점수는 (1-4로 표시하게 되어 있음.) 가장 이상적인 교수전략을 시연한 것이라고 할 수 있겠다.

<표 5> STEAM수업 관찰 프로토콜(Morrell, Wainwright&Flick, 1999 수정)

내 용	0	1	2	3	4
1. 이 수업은 학생들로 하여금 탐구 또는 문제해결능력 관련의 가치 및 의미를 경험할 수 있도록 기회를 제공하였다.					
교사는 - 개방적 질문을 하였다. - 학생들에게 다른 의견을 제시할 수 있는 기회를 제공하였다. - 학생들에게 탐구기회를 제공하였다. - 다양한 학습전략을 제공하였다.					
2. 교사는 학생들이 학습에 있어서 반영의 시간을 갖도록 권장하였다. (초인지: 학생들은 자신들의 인지에 대해 생각)					
교사는 - 학생들이 자신이 습득한 개념에 대해 설명할 수 있도록 권장하였다. - 학생들은 자신이 습득한 개념을 설명할 때 본인의 생각을 이야기하였다. - 학생들에게 계속적인 질문과 자극을 하였다. - 학생들이 의미있는 경험을 할 수 있도록 자극하였다.					
3. 교사 및 학생들 또는 학생들 사이에 상호작용이 있으며 이로 인한 대화가 가능하였다. (학생담화 및 협동학습)					
교사는 - 소그룹활동을 위해 그룹을 조직하였다. - 그룹과 상호작용을 하였다. - 소그룹이 완벽한 결과물을 낼 수 있도록 기회를 제공하였다.					
4. 인지적인 과정, 구성주의에 입각한 논쟁, 도전적인 의견 등이 중요시 되었다. (역동적인 도전적 의견)					
교사는 - 학생들이 의견을 발표할 수 있도록 권장하고 자극하였다. - 학생들의 의견을 옳고 그름을 평가하지 않았다. - 다른 의견에 대해서 여지를 주었다.					
5. 학생들의 선 개념 및 오개념에 대해 확인하는 기회가 있었다. (학생들 선 개념 오개념 조사)					
교사는 - 학생들의 생각을 개념소개에 앞서 확인하였다. - 학생들이 스스로 본인의 생각에 새로운 개념을 정착시킬 수 있도록 도와주었다. - 학생들의 의견 및 생각을 교육과정에 연결될 수 있도록 이끌어 주었다.					
6. 수업은 학습목표의 달성이 이루어 질 수 있도록 개념이해를 두드러지게 하였다. (개념인지)					
교사는 - 학습목표를 명백히 하였다. - 고차원의 질문을 하였다. - 학생들이 개념 및 기술을 확장할 수 있도록 자극하였다. - 좀 더 넓은 개념의 종합적인 사고가 일어날 수 있도록 도와주었다.					
7. 학생들은 다른 의견, 문제풀이전략, 또는 자료해석의 다른 방법을 제공할 수 있도록 격려되었다. (발산적 사고)					
교사는 - 문제풀이과정에서 다양한 반응을 허용하였다.					

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

- 학생들이 한 자료해석 및 설명에 실질적인 증거 또는 실례를 들어 이해시켜주었다. - 학생들 서로 또는 교과서에 대해 도전적인 의견을 제시할 수 있도록 기회를 제공하였다.					
8. 다른 교과목 또는 교육과정에 연결이 될 수 있도록 적절한 연계성을 제공하였다. (간학문성)					
교사는 - 다른 교육과정에 과학을 연결하였다. - 실생활에 적용하였다.					
9. 교사는 가르치고자 하는 수업의 내용과 교수법에 대해 정확한 이해를 하고 있었다. (PCK)					
교사는 - 학생수준에 맞는 정확하고 적절한 정보를 제공하였다. - 학생들의 이해수준에 맞는 내용 및 전략을 제공하였다. - 학생들의 질문을 이용하여 더 많은 질문이 나올 수 있도록 하였다. - 애매한 내용에서도 학생들이 하고자 하는 질문이 무엇인지 금방 파악하였다.					
10. 개념을 가르치기 위하여 다양한 방법을 사용하였다. (개념표현)					
교사는 - 한 개념을 가르치기 위하여 다양한 학습, 교수법을 사용하였다. - 학생들의 이해를 돕기 위하여 시청각 자료, 그림, 자료 및 장비, 그래프, 모델형상, 등을 사용하였다.					

STEAM융합교육의 공학적인 접근을 위해 NGSS의 8가지 항목들을 이용하여 사용하였다. NGSS의 8가지 실천항목은 과학과 공학에 대한 실천을 기술한 것으로 STEAM교육의 목표 달성에 가장 적절한 실천을 기술해 두었기에 이를 분석요소로 포함하여 사용하였다. 각각의 항목들에 해당하는 증거들이 있는 경우 전사본을 이용하여 자료를 남겨두었으며, 해당하는 항목들의 유무에 따라 상, 중, 하로 나누어 활동 위주로 체크를 하였고, 이중 지배적인 항목을 상으로 나타내었다. 또한 타당성 및 신뢰성을 위해서 과학교육 전문가와 Pilot Study를 통해서 연습을 하고 전반적인 의견을 합의하여 구축하였다 STEAM 수업에 나타난 수업을 분석하기 위해서는 현재 과학 공학적 관점에서 제시되는 이 8가지의 실천에 대해서 그 포함여부를 판단하는 것이 중요하다.

3. 자료 분석

자료 분석 단계에서는 OTOP 관찰도구 와 NGSS 실천 분석 도구 2가지의 방법을 통해 연구자의 관점에 의해 이루어졌다.

첫째, OTOP 관찰도구의 경우 각급 수업에서 이루어지는 전체적인 내용을 각 항목별로 세분화하여 항목 간 0점부터 4점까지 점수를 매기는 방식인데, 이는 1번 항목부터 10번 항목까지 있으며, 각 항목에 대한 내용은 STEAM프로그램의 수업관찰을 위해 관찰프로토콜을 만들었고 이는 <표 2>를 참고하면 된다.

본 연구에서는 10차시의 STEAM프로그램 수업을 3단계(문제제기, 창의적 설계, 감

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

성적 체험)로 나누어 OTOP 관찰도구로 10가지 항목을 분석하여 과연 어떤 부분이 수업전략 중 상대적으로 높게 나타나는지 그리고 상대적으로 높지 않게 나타나는지를 파악하여, 각 항목들이 STEAM교육 상황에서 어떠한 특징으로 나타나야 하는지를 기술하도록 하였다.

둘째, NGSS의 실천 분석 도구는 각 차시별로 STEAM교육과정에서 이야기하는 문제제기, 창의적 설계, 감성적 체험과 관련하여 3분류로 나눈 다음 각각의 활동들이 NGSS의 과학적 실천에 해당하는 항목을 관찰 할 수 있는지 유무 확인을 하였고, 각 실천에 해당하는 활동에서 어떤 부분이 강하게 나타나고 약하게 나타나는지를 구분하여 상 중 하로 구분 하였다. 또한 강하게 나타나는 각 실천의 활동을 중심으로 명시적인 교수 전략을 대표하는 교수활동으로 기술하도록 하였다. NGSS의 8가지 틀을 <표 2>를 참고하여 교수전략의 유무를 확인할 수 있도록 NGSS 실천분석 도구 틀을 만들어 사용하였다.

본 연구에서는 10차시의 STEAM프로그램 수업을 3단계(문제제기, 창의적 설계, 감성적 체험)로 나누어 NGSS의 교육과정으로 8가지 항목 분석하여 각 항목들을 수치화하여 어느 교수전략이 높게 나타나고 어느 교수전략이 상대적으로 낮게 나타나는지를 파악하였다. 그리고 각 항목들이 STEAM교육 상황에서 어떠한 특징으로 나타나야 하는지를 기술하고자 한다.

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

IV. 연구 결과

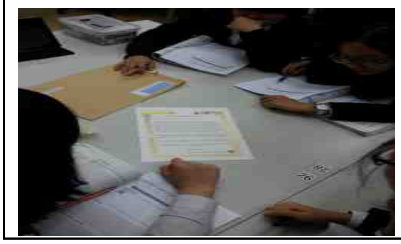
본 연구는 'STEAM수업을 통한 명시적인 교수전략이 무엇이고 그 특징은 과연 어떻게 나타나는지 알아보는 것'이었다. 이에 따라 본 연구에 적절한 STEAM 교육의 경험이 많은 STEAM 리더 교사인 김교사를 섭외 하였고, 10차시의 수업을 통해 수집한 자료를 'OTOP 관찰도구'와 'NGSS 실천분석 도구'의 실천 분석 도구 틀을 통해 분석하였다. 각각의 자료들은 자료수집의 타당성 및 신뢰성을 위하여 과학교육 전문가와 협의를 통해서 연구를 진행하였으며, STEAM의 3단계인 문제 제기, 창의적 설계, 감성적 체험에 따라 각각 NGSS의 차세대 과학교육과정의 실천 분석 도구 틀과 STEAM OTOP 관찰 프로토콜을 이용하여 연구결과에 해당하는 STEAM 수업상에서 나타나는 명시적인 교수전략을 도출하였다.

연구결과의 구성은 각 수업에서 나타나는 명시적 교수전략을 먼저 NGSS의 실천 분석 도구 틀로 살펴보고 이중 지배적으로 나타나는 명시적인 교수전략에 대해서는 STEAM 프로그램의 각 단계별(문제제기, 창의적 설계, 감성적 체험)로 NGSS 실천도구 분석으로 파악된 활동중심으로 파악하여(상, 중, 하) 특징적으로 기술하도록 하였으며 그 후 단계별로 도출된 교수전략에 대해서는 OTOP 관찰도구(0점부터 4점)로 상대적으로 빈번하게 관찰되는 활동 등으로 구체적으로 기술하였다. NGSS 실천도구 분석은 각각의 항목들에 NGSS#1-1(NGSS 실천 분석 도구틀의 1번째 항목 중 1번째 기술)로 표현하였고, OTOP 관찰도구는 각각의 항목들을 OTOP#1(OTOP STEAM 관찰 프로토콜의 1번째 항목)로 나타낸 후 STEAM수업을 통해 궁극적으로 얻을 수 있는 4-ON의 학습목표에 대한 이야기를 하였다.

A. 문제제기 단계에서 나타난 명시적 교수전략

기후변화 STEAM 프로그램 문제제기 단계에서는 학생들이 청소년 환경공학자가 되어 지구온난화를 완화시키는 프로젝트를 받고, 프로젝트를 해결하기 위한 준비와 해결방향을 탐색한다. 위 단계의 수업은 1차시로써 이산화탄소에 의한 지구 온난화의 위기상황과, 미세조류를 이용한 바이오매스 활용의 사례를 소재로 학생들에게 프로젝트를 소개하고, 가장 효과적인 해결 방안을 찾기 위해 동료들과 브레인스토밍을 실시한다.

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

	김교사는 학생들에게 하나의 미션을 주었고, 학생들은 이 미션을 자신이 과학자라고 생각하며 모둠별로 고민하고 토론을 하게 하였다. 즉 학생들에게 김교사는 상황을 제시하였다. 학생들은 과제를 인지하고, 어떻게 문제를 해결할지 브레인스토밍을 하게 하였다.

<그림 3> 문제제기 단계를 시행하는 학생들의 수업장면

두 개의 도구('NGSS 실천도구 분석틀', 'OTOP 관찰도구')를 이용하여 파악한 문제제기단계에서 나타나는 명시적 교수전략은 다음과 같이 부수적인 활동으로 이루어져 있다고 할 수 있다. 'NGSS 실천도구 분석틀'과 'OTOP 관찰도구'를 이용하여 프로파일하여 기술하면 다음과 같다.

<표 6>에서 살펴보는바와 같이 김교사는 기후변화가 발생하게 된 계기에 관한 동영상을 보여주며 이러한 원인은 최근 들어 많이 사용하는 이산화탄소 등 온실기체 때문에 발생함을 제시한다는 것을 (NGSS#1-6: 해결책에 영향을 미치는 제한점을 밝히기 위한 질문하기)개방적인 질문을 통하여 학생들이 느낄 수 있게 해주었고, 이러한 책임은 우리 인간에게 있다는 역지사지의 마음을 가질 수 있게 해주었다(NGSS#1-1: 자연과 인간이 만든 세상에 대한 질문하기, NGSS#6-3: 적절한 수준의 인과적 설명을 제안하기). 단순한 가상실험이 아닌 현실에서 우리가 속한 자연에서 충분히 가능한 문제를 해결 할 수 있도록 교사는 학생들에게 위기감을 조장하고 이에 따른 학생의 입장에서가 아닌 대한민국의 한 사람으로서 막중한 책임감을 부여하였다. 또한 학생들이 기후변화에 대해 막역하게 다가오는 것이 아니라 실제 우리 삶에서도 느낄 수 있다는 것을 실생활의 예를 발문을 통해 느끼게 해주었다 (NGSS#1-3: 교실 내에서 자료를 이용하여 답을 할 수 있는 질문을 하고, 그 질문을 정교화 하고, 그 질문을 이용하여 탐구를 고안하거나 실용적 해결책을 구성하기, NGSS#7-1: 자료가 주장을 어떻게 지지하는가를 보이는 과학적 논쟁을 구성하기). 좀 더 현실적으로 가슴에 와 닿게 하기 위해 김교사는 국가적인 비상 상황이라는 가정을 해주었고 이에 학생들이 청소년 환경공학자로서 지구온난화를 완화시킬 수 있도록 과제를 해결하기 위해 브레인스토밍을 하며 유사시 상황 대처 능력을 기를 수 있도록 하였다(NGSS#1-4: 논쟁의 전제를 확인하거나 부가 설명을 요청하는 질문하기. 연구 질문이나 공학적 문제를 정교화 할 것을 요구하는 질문을 하거나 자료의 해석에 도전하는 질문하기). NGSS 실천 분석 도구 틀을 통해 살펴본 문제 제기단계에서는 가장 두드러지게 나타난 교수전략 항목은 질문하고 문제 규정하기였으며, 모형을 개발하고 사용하거나, 자료를 분석하고 해석하기, 수학 및 전산적 사고 이용하기, 정보를 얻고, 평가하고, 소통하기와 같은 실천 항목은 약하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

<표 6> NGSS 실천 도구 분석 _문제제기 단계

1. 질문하고 문제 규정하기: 현상에 대해 경험적으로 답할 수 있는 질문을 형성하고, 이미 알려진 것을 설정하고, 아직 만족한 답을 얻지 못한 질문을 결정하는 능력			
활동의 종류	상	중	하
(1) 자연과 인간이 만든 세상에 대한 질문하기.	●		
(2) 과학적 질문과 비과학적 질문을 구별하기.		◎	
(3) 교실 내에서 자료를 이용하여 답을 할 수 있는 질문을 하고, 그 질문을 정교화 하고, 그 질문을 이용하여 탐구를 고안하거나 실용적 해결책을 구성하기	●		
(4) 논쟁의 전제를 확인하거나 부가 설명을 요청하는 질문하기. 연구 질문이나 공학적 문제를 정교화 할 것을 요구하는 질문을 하거나 자료의 해석에 도전하는 질문하기.	●		
(5) 관찰에서 특징이나 패턴, 모순을 인식하고 그것들에 대한 질문하기.		◎	
(6) 해결책에 영향을 미치는 제한점을 밝히기 위한 질문하기.	●		
2. 모형 개발하고 사용하기: 자연 현상에 대한 설명을 하기 위해 모형과 시뮬레이션을 구성하고 사용하는 것			
활동의 종류			
(1) 사건이나 체계를 그림이나 도표로 표현하기.			○
(2) 현상을 다양한 종류의 모형으로 표현하고 설명하기.			○
(3) 계나 과정을 표현하는 도구로서의 모형의 정확성과 한계를 논하고 개선할 수 있는 방안 제시하기.			○
(4) 계를 탐구하고 이해하는 도구로서 시뮬레이션을 이용하기.			○
(5) 문제해결에 대한 고안을 시험하고 그 효과를 비교하기 위해 모형을 사용하기.			○
3. 조사 계획하고 수행하기: 현장에서 자료를 확인하거나 실험에서 변인을 밝히는 연구를 계획하고 수행하는 것			
활동의 종류			
(1) 교실, 학교 실험실 또는 현장에서 연구할 수 있는 질문을 구성하고 가능하면 이론이나 모형에 기초한 가설을 설정하기.		◎	
(2) 어떤 자료가 필요한 지, 그 자료의 수집을 위해 어떤 도구가 필요한지, 어떻게 측정치를 기록할 지 결정하기.		◎	
(3) 타당한 측정치 산출을 위해 얼마만큼의 자료가 필요한지 결정하고 자료의 정밀도 한계를 고려하기.			○
(4) 실험 또는 현장 연구 절차를 계획하고 관련된 독립변인과 종속변인 필요하면 통제변인을 확인하기.			○
(5) 얽힌 변인의 가능성 또는 효과를 고려하여 연구 고안에서 통제하기.			○
4. 자료 분석하고 해석하기: 의미를 끌어내기 위해 분석되어야 하는 자료를 생산하는 것-자료에 있는 유의미한 요소들과 패턴을 확인하는 것. 오차의 원인을 확인하고, 신뢰구간 계산하기			
활동의 종류			
(1) 패턴을 찾기 위해 또는 자료가 가설과 일관되는지를 시험하기 위해 체계적으로 자료 해석하기.			○
(2) 기대치에 어긋난 자료를 인지하고 초기 모형의 수정 고려하기.			○
(3) 자료의 통합, 정리를 위해 스프레드시트, 데이터 베이스, 표, 차트, 그래프, 수학, 통계, 전산기술을 사용하고 변인간의 관계 조사하기.			○
(4) 적절한 수학과 통계 기술을 이용하여 자료로부터 유추할 수 있는 결론을 평가하기.			○
(5) 물리적 모형에서 자료를 수집하고 여러 조건하에 성능 분석하기.			○
5. 수학 및 전산적 사고 이용하기: 물리적 변인들과 그들 간의 관계를 표현하는 기초적 도구로서 수학과 전산 사용. 물리계의 활동에 대한 예상을 위한 수학과 전산적 도구 사용. 중요한 패턴과 상관관계를 밝히는 도구로 통계 기술 사용.			
활동의 종류			
(1) 차원의 양을 인식하고 수학 공식과 그래프의 응용에서 적절한 단위를 사용하기.			○
(2) 과학 모형만들기와 조사에서 적절한 수학이나 알고리듬으로 관계와 양을 표현하기.			○
(3) 컴퓨터 시뮬레이션이 현상이나 계에 관한 가정에 근거한 수학적 모형에 기초하여 만들어졌음을 인식하기.			○
(4) 간단한 대표적인 수학 표현, 컴퓨터 프로그램, 또는 시뮬레이션 이용하기.			○
(5) 자료 분석에 수학과 통계학을 이용하기.			○
6. 설명 구성하고 문제 해결 고안하기: 과학의 목표로서 물질세계를 설명하는 설명체계를 제공하는 이론을 구성하는 것.			
활동의 종류			
(1) 과학이론을 이용하고 그것을 모형과 증거와 연결하여 현상에 대한 설명 구성하기.			○
(2) 직•간접적인 과학적 증거와 모형을 이용하여 현상에 대한 설명을 지지 또는 반박하기.			○
(3) 적절한 수준의 인과적 설명을 제안하기.	●		
(4) 주어진 설명의 취약점을 알아내기.			○
(5) 과학 지식을 적절히 사용하여 디자인하는 문제를 해결하기.			○
(6) 기준에 부합하는 계획을 세우고 디자인 전 과정에 참여하여 디자인 과제를 수행하기.			○
(7) 장치를 만들거나 디자인 문제를 해결하기.			○
(8) 공동으로 개발한 디자인 기준에 따라 여러 경쟁하는 디자인을 비평하기.			○
7. 증거에 입각하여 논의하기: 설명체계를 방어하고, 자료의 견고한 기초위에 증거를 형성하고, 증거와 다른 사람들의			

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

충고에서 그들의 이해를 시험하고, 동료들과 협력하여 조사된 현상에 대한 가장 좋은 설명을 구하는 것			
활동의 종류			
(1) 자료가 주장을 어떻게 지지하는가를 보이는 과학적 논쟁을 구성하기.	●		
(2) 과학적 논쟁의 가능한 취약점을 논리와 증거에 비추어 밝히기.		◎	
(3) 자신의 논의에서 결점을 찾고 비판에 대한 응답으로 자신의 논의를 향상시키기.			○
(4) 과학적 논의의 주요 특성이 주장, 자료, 이유임을 알고 주어진 예에서 그 요소들을 구분하기.			○
(5) 주어진 과학 사고의 발달에서 쟁점의 성격을 설명하고 그 시작점에서의 논쟁을 기술하고 왜 특정한 하나의 이론이 성공했는가를 밝히기.			○
(6) 어떻게 지식에 대한 주장이 과학계에서 판정이 되는가를 설명하고 동료평가의 장점과 한계, 주요한 연구의 독립적인 반복이 필요함을 조리 있게 표명하기.			○
(7) 과학과 기술에 대한 매체의 보고서들을 비판적으로 읽어 강점과 약점을 밝히기.			○
8. 정보를 얻고, 평가하고, 소통하기: 말, 글, 표, 그림, 그래프, 방정식을 이용 동료와 개방된 토론에 참여함으로써 생각과 탐구의 결과를 소통하는 것. 신문, 인터넷 등에서 획득한 정보의 과학적 타당성을 평가하고, 설명을 산출하는데 그 정보를 이용하는 것			
활동의 종류			
(1) 말, 표, 도표, 그래프 또는 수식을 이용하여 개념을 전달하거나 질문하기.			○
(2) 표, 그림, 그래프를 포함하는 과학, 공학 문서를 읽고 전달되고 있는 주요 생각을 설명하기.			○
(3) 과학, 기술적 말과 글의 특성을 인식하고 말과 글로 자신의 생각과 한 일 전달하기.			○
(4) 교실상황에 맞게 편집된 과학 문헌들 또는 과학에 대한 대중매체 보고서를 자료, 가설, 결과의 타당도와 신뢰도를 논하며 비판적으로 읽기.			○

분석방법: 상·중·하로 교수전략의 빈도수를 결정하였으며, 이는 상대적인 빈도수를 표시하며 가장 많이 나타나는 것이 주로 각 단계에서 주로 나타나는 전략을 구성 짓는 활동요소라 할 수 있겠다. 물론 그 외의 중 및 하로 나타나는 활동요소가 있긴 하지만 이 도구로 인한 분석은 상을 차지하는 활동요소로 교수전략을 명시하고자 했다.

문제제기 단계에서 관찰되어 파악된 명시적인 교수전략은 <표 7>과 같이 확인할 수 있었고 구체적으로 다음과 같다고 할 수 있다.

첫째, 가상이 아닌 현실의 경험과 연계된 개방적 질문을 사용하였다. 김교사는 학생들에게 수업에 들어가기에 앞서 학생 본인들이 가지고 있는 지구온난화에 대한 개념에 대해 이야기를 하면서 학생들의 선 개념의 수준(OTOP#7: 발산적 사고) (예를 들면 지구온난화가 발생하는 원인이 어떤 것 인지, 온실효과 때문에 일어난다면 온실효과는 왜 일어나는지, 그리고 이러한 이산화탄소와 관련된 광합성의 원리를 이야기하며 이산화탄소를 제거하기 위해 녹조류를 이용할 수 있다는 이야기를 한다.)에 대해 어느 정도 파악하기 위해 발산적 질문을 많이 하였고 막역하게 다가올 수 있는 기후변화에 대해 일상생활에 빗대어 설명하며 학생들이 수업에 참여하도록 하는 것을 아래의 인용문에서처럼 볼 수 있었다(OTOP#5: 학생들의 선개념 및 오개념 조사, OTOP#9: PCK).

*"진짜로 **지구는 온난화** 되는 걸까? 여러분이 토의할 수 있는 내용. 진짜로 지구는 온난화 과정에 들어있는가? ……중략…… **녹조류**는 지구온난화 때문에 생기는 걸까? ……중략……근데 원래 이 녹조류라고 하는 것은 녹색이죠? 녹색이면 개네들은 뭐해요? ……중략…… 광합성을 하죠. 광합성을 하면 뭘 잡아들이고 뭘 내놔요? 이산화탄소를 잡아들이고 산소는 내놓죠? 그러면 강물에 녹조가 많으면 좋지 않아요? 그지 않아요? 개네들도 **이산화탄소를 쓰지 않을까?** 쓰겠지. 그리고 산소는 내놓으니까 만약에 이산화탄소를 제거하면은 기후변화문제를 해결할 수 있으니까 개들도 기후변화 문제를 해결하는데 그 녹색으로 띄었던 물들도 어떤 효과를 갖지 않을까? 근데 거기에는 함정이 하나 있죠. 무슨 함정이 있을까?[1차시]"*

*"환경이나 지구 뭐 이런 것들은 우리가 늘 들어서 알고 있지만 **눈에 보이는 게 아니고** 실제로 일어나는 현상을 우리가 이렇게 순간적으로 교통사고처럼 화재처럼 눈에 보이는 게 아니잖아. **피해가***

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

*<u>**얼른 나한테 안 오는 거야**</u>. 그러다보니까 늘 놓치는 겁니다.[1차시]"*

둘째, 특수한 과제를 주며 기후변화가 현실적인 문제임을 깨닫게 해주었다. 김교사는 학생들이 도전적인 생각을 할 수 있도록(OTOP#5: 학생들의 선개념 및 오개념 조사) 기후변화가 우리 사회에 미치는 영향에 대해서 논의를 할 기회를 청소년 환경공학자로서 '미세조류의 바이오매스를 이용하여 이산화탄소를 감축시키고 지구온난화를 완화시킬 수 있는 가장 효과적인 해결책을 제시하여 주십시오.'라는 과제를 통해 부여하였고(OTOP#3: 학생담화 및 협동학습, OTOP#8: 간학문성), 학생들에게 모둠을 구성하게 하고 지구온난화와 관련하여 실생활과 연계하여 실질적인 경험을 시키기 위한 10차시의 수업에 대해 이야기를 하였으며, 국가적인 상황에서의 위기상황이라는 특수한 가정을 통해 학생들이 지구 온난화가 우리에게 끼치는 영향에 대해서 모둠별로 의논하여 결론을 지을 수 있도록 하였다. 이는 학생들이 마치 국가의 큰 위기가 닥쳤을 때 본인이 크고 막중한 업무를 맡게 되었다는 책임감과 자긍심을 가지게 해주었고, 학생들이 유사시에 당황하지 않고 상황에 대처할 수 있는 능력을 기를 수 있기에 충분하였다(OTOP#3: 학생담화 및 협동학습, OTOP#6: 개념인지).

*"여러분들에게 미션이 하나 주어집니다. 미션이 무엇이냐면, ……중략…… <u>**국가 환경 비상대책위원장이 각 모둠에게 전달하는 미션입니다.**</u> 개봉해보세요 뭐라고 적혀있습니까?[1차시]"*

셋째, 실질적인 상황을 고려한, 극한 위기상황에 처한 문제에 대한 해결책을 찾기 위해 동료들과의 협동학습을 통해 의견 교환을 하도록 하였다. 김교사는 학생들의 문제해결 효율성을 위하여 브레인스토밍에 대해 이야기하고 학생들이 사용 할 수 있도록 이야기 하였으며(OTOP#6: 개념인지, OTOP#10: 개념표현), 이를 김교사는 학생들이 협동학습을 통해 모둠원들끼리 기후변화현상에 관한 본인들의 생각을 피력한 다음 각자의 의견을 조율하고 조별로 해결해야 할 문제가 어떤 것 인지 토론을 하며(OTOP#3: 학생담화 및 협동학습, OTOP#4: 역동적이고 도전적인 의견), 기후변화 현상의 해결책은 어떤 것 들이 있는지 끊임없는 의견 조율을 할 수 있도록 자극하였다(OTOP#3: 학생담화 및 협동학습, OTOP#4: 역동적이고 도전적인 의견, OTOP#6: 개념인지). 긴급한 위기 상황을 제시하여 동료들과 의사소통 시킨 것은 학생들로 하여금 유사시에 개인이 해결하는 문제가 아니라 동료들과의 호흡으로 동료애를 길러 줄 수 있었고, 이를 통해 당황하지 않고 현명하게 대처할 수 있는 능력을 길러 줄 수 있었다(OTOP#2: 학생들 자신들의 인지에 대한 생각(초인지)). 김교사는 학생들이 생각할 수 있는 내용을 효율적으로 활용하기 위해 브레인스토밍을 하게하여, 학생들 스스로 많은 과제들을 나열한 다음 본인의 생각을 한층 더 깔끔하게 정리

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

할 수 있도록 학습법 향상에 도움을 주기도 하였다(OTOP#10: 개념표현).

*"우리에게 닥칠 지구의 문제 특히 기후변화 쪽에 지구온난화 문제가 무엇인가를 지금부터 거기에 보면 **브레인 스토밍**이라고 적혀있죠?[1차시]"*

*"개인별로 간 미션용지에 미션내용과 관련된 브레인스토밍을 **모둠별로** 해보세요. 모둠별로 한 가지 문제와 해결방안이 제시 되어 있어야 합니다.[1차시]"*

OTOP STEAM분석 관찰 프로토콜을 이용하여 분석한 결과 문제제기 단계의 지배적인 상위전략은 교사가 학생들에게 주어진 과제인 기후변화 와 관련하여 다양한 교수방법을 통한 개방적인 질문을 하면서 학생들이 현재의 문제점에 참여할 수 있게 하고 있었다.

<표 7> OTOP 관찰 도구 분석 _문제제기 단계

내 용	0	1	2	3	4
1. 이 수업은 학생들로 하여금 탐구 또는 문제해결능력 관련의 가치 및 의미를 경험할 수 있도록 기회를 제공하였다.			○		
교사는 - 개방적 질문을 하였다. - 학생들에게 다른 의견을 제시할 수 있는 기회를 제공하였다. - 학생들에게 탐구기회를 제공하였다. - 다양한 학습전략을 제공하였다.					
2. 교사는 학생들이 학습에 있어서 반영의 시간을 갖도록 권장하였다. (초인지: 학생들은 자신들의 인지에 대해 생각)			○		
교사는 - 학생들이 자신이 습득한 개념에 대해 설명할 수 있도록 권장하였다. - 학생들은 자신이 습득한 개념을 설명할 때 본인의 생각을 이야기하였다. - 학생들에게 계속적인 질문과 자극을 하였다. - 학생들이 의미있는 경험을 할 수 있도록 자극하였다.					
3. 교사 및 학생들 또는 학생들 사이에 상호작용이 있으며 이로 인한 대화가 가능하였다. (학생담화 및 협동학습)					○
교사는 - 소그룹활동을 위해 그룹을 조직하였다. - 그룹과 상호작용을 하였다. - 소그룹이 완벽한 결과물을 낼 수 있도록 기회를 제공하였다.					
4. 인지적인 과정, 구성주의에 입각한 논쟁, 도전적인 의견 등이 중요시 되었다. (역동적인 도전적 의견)				○	
교사는 - 학생들이 의견을 발표할 수 있도록 권장하고 자극하였다. - 학생들의 의견을 옳고 그름을 평가하지 않았다. - 다른 의견에 대해서 여지를 주었다.					
5. 학생들의 선 개념 및 오개념에 대해 확인하는 기회가 있었다. (학생들 선 개념 오개념 조사)					○
교사는 - 학생들의 생각을 개념소개에 앞서 확인하였다. - 학생들이 스스로 본인의 생각에 새로운 개념을 정착시킬 수 있도록 도와주었다. - 학생들의 의견 및 생각을 교육과정에 연결될 수 있도록 이끌어 주었다.					
6. 수업은 학습목표의 달성이 이루어 질 수 있도록 개념이해를 두드러지게 하였다. (개념인지)					○
교사는 - 학습목표를 명백히 하였다. - 고차원의 질문을 하였다.					

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

- 학생들이 개념 및 기술을 확장할 수 있도록 자극하였다. - 좀 더 넓은 개념의 종합적인 사고가 일어날 수 있도록 도와주었다.					
7. 학생들은 다른 의견, 문제풀이전략, 또는 자료해석의 다른 방법을 제공할 수 있도록 격려되었다. (발산적 사고)			○		
교사는 - 문제풀이과정에서 다양한 반응을 허용하였다. - 학생들이 한 자료해석 및 설명에 실질적인 증거 또는 실례를 들어 이해시켜주었다. - 학생들 서로 또는 교과서에 대해 도전적인 의견을 제시할 수 있도록 기회를 제공하였다.					
8. 다른 교과목 또는 교육과정에 연결이 될 수 있도록 적절한 연계성을 제공하였다. (간학문성)			○		
교사는 - 다른 교육과정에 과학을 연결하였다. - 실생활에 적용하였다.					
9. 교사는 가르치고자 하는 수업의 내용과 교수법에 대해 정확한 이해를 하고 있었다. (PCK)				○	
교사는 - 학생수준에 맞는 정확하고 적절한 정보를 제공하였다. - 학생들의 이해수준에 맞는 내용 및 전략을 제공하였다. - 학생들의 질문을 이용하여 더 많은 질문이 나올 수 있도록 하였다. - 애매한 내용에서도 학생들이 하고자 하는 질문이 무엇인지 금방 파악하였다.					
10. 개념을 가르치기 위하여 다양한 방법을 사용하였다. (개념표현)					○
교사는 - 한 개념을 가르치기 위하여 다양한 학습, 교수법을 사용하였다. - 학생들의 이해를 돕기 위하여 시청각 자료, 그림, 자료 및 장비, 그래프, 모델형상, 등을 사용하였다.					

분석방법: 0점부터 4점으로 교수전략의 빈도수를 결정하였으며, 이는 상대적인 빈도수를 표시하며 가장 많이 나타나는 것(3점, 4점)이 주로 각 단계에서 주로 나타나는 전략을 구성 짓는 활동요소라 할 수 있겠다. 물론 그 외의 2점, 1점, 0점으로 나타나는 활동요소가 있긴 하지만 이 도구로 인한 분석은 3점과 4점을 차지하는 활동요소로 교수전략을 명시하고자 했다.

문제제기 단계를 통해 김교사는 지구온난화를 완화시키기 위한 방안으로 바이오 에너지의 장점을 활용하는 방법을 이해시키는 과정에서 지구온난화의 개념과 신재생 에너지의 개념에 대해 소개 하며 학생들의 Contents-On을 자극 시켰으며 또한 학생들은 미션을 통해 환경 공학자로서 지구를 살릴 상황을 제시하고 브레인스토밍을 하며 Minds-On을 할 수 있도록 하였다.

B. 창의적 설계 단계에서 나타난 명시적 교수전략

기후변화 STEAM 프로그램 창의적 설계 단계에서는 프로젝트를 해결하기 위해 기후 변화에 대해 알아두어야 할 내용들을 탐색하는 활동을 수행한다. 위 단계의 수업은 2~8 차시로써 간단하게 소개는 <표 8>과 같다.

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

<표 8> 2~8차시 수업

차 시	내 용	활동 사진
2	최근 5년간 우리나라의 월별 기온, 강수량의 분포에 대한 실측 자료를 학생들 스스로 분석하여 우리나라 기후의 변화 경향을 파악	
3	열 흡수 필름을 이용하여 온실효과가 어떻게 발생하는지를 설명하는 가설을 세우고 이를 검증하는 실험 활동을 구상하여 실행	
4	드라이아이스를 이용하여 실제 기체의 온실 효과를 재현하여 지구 온난화의 주요 원인으로서 이산화탄소의 영향을 이해	

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

5	녹조류를 현미경으로 관찰하여 녹조류의 특징을 조사한 후 이를 이용한 이산화탄소 감축 방안의 가능성을 탐색	
6, 7	5차시의 수업을 근거로 하여 미세조류의 바이오매스를 활용한 이산화탄소 감축 기술에 대한 프로젝트 결과물을 설계, 설계한 장치들을 어떻게 하면 비용이 적게 들고 고효율적이며 과학적 정확성을 갖게 되는지 연구	
8	학생들이 직접 제작한 다음 이를 각 모둠별로 발표하며 개선방안을 탐색	

두 개의 도구(‘NGSS 실천도구 분석틀’, ‘OTOP 관찰도구’)를 이용하여 파악한 창의적 설계 단계에서 나타나는 명시적 교수전략은 다음과 같이 부수적인 활동으로 이루어져 있다고 할 수 있다. ‘NGSS 실천도구 분석틀’과 ‘OTOP 관찰도구’를 이용하여 프로파일 하여 기술하면 다음과 같다.

<표 9>와 같이 김교사는 학생들에게 ‘지구온난화에 영향을 끼치는 것들은 무엇일까?’, ‘온실효과가 우리 생활에서 영향을 끼치는 것은 어떤 것일까?’ 등과 같은 개방적

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

인 질문을 학생들에게 하였고, 이를 통해 학생들은 기후변화에 관련된 자료를 테블릿 피씨, Standing Table 등을 이용하여 직접 인터넷으로 10년이든 20년이든 모둠별로 적절한 변인을 통제하여 관련 자료를 능동적으로 수집하게 하였으며, 직접 우리나라의 온도와 강수량 10개년 자료를 주어주고 이를 해석하여 나온 결과 값을 모눈종이에 그래프로 변환하게 하여 기후변화의 양상을 한눈으로 확인하였고 강수량과 기온이 어떻게 우리 실생활에 영향을 끼치게 하였는지 표시하도록 시켰다(NGSS#4-1: (1) 패턴을 찾기 위해 또는 자료가 가설과 일관되는지를 시험하기 위해 체계적으로 자료 해석하기, NGSS#4-3: 자료의 통합, 정리를 위해 스프레드시트, 데이터 베이스, 표, 차트, 그래프, 수학, 통계, 전산기술을 사용하고 변인간의 관계 조사하기. NGSS#7-1: 자료가 주장을 어떻게 지지하는가를 보이는 과학적 논쟁을 구성하기)

김교사는 백문이 불여일견이라는 마음가짐으로 학생들에게 실생활에서 충분히 볼 수 있는 재료들을 통해 이산화탄소와 같은 온실효과를 일으킬 수 있을 법한 3종류의 변인을 주어주고, 학생들이 각각의 변인에 대해 일어날 수 있는 경우의 수를 충분히 생각할 시간을 주었고, 스트로폼에 열 흡수 판, 셀로판지, 필름 판에 전등을 비춰준 실험을 통해 학생들이 각각의 다른 변인에서 온도의 변화를 확인하여 실제 현실에서 일어나는 온실효과를 느끼게 해주었으며(NGSS#3-1: 교실, 학교 실험실 또는 현장에서 연구할 수 있는 질문을 구성하고 가능하면 이론이나 모형에 기초한 가설을 설정하기, NGSS#3-4: 실험 또는 현장 연구 절차를 계획하고 관련된 독립변인과 종속변인 필요하면 통제변인을 확인하기, NGSS#4-1: 패턴을 찾기 위해 또는 자료가 가설과 일관되는지를 시험하기 위해 체계적으로 자료 해석하기), 똑같이 실생활에서 충분히 볼 수 있는 재료들을 통해 이산화탄소와 같은 온실효과를 일으킬 수 있을 법한 3종류의 변인을 주어주고, 학생들이 각각의 변인에 대해 일어날 수 있는 경우의 수를 충분히 생각할 시간을 준 다음, 각 기체(이산화탄소, 수증기, 일반 건조공기)를 이용한 온실효과를 재현하여 학생들이 이산화탄소가 온실 기체로서 중요한 역할을 하고 있음을 느끼게 하였다(NGSS#3-1: 교실, 학교 실험실 또는 현장에서 연구할 수 있는 질문을 구성하고 가능하면 이론이나 모형에 기초한 가설을 설정하기, NGSS#3-4: 실험 또는 현장 연구 절차를 계획하고 관련된 독립변인과 종속변인 필요하면 통제변인을 확인하기, NGSS#4-1: 패턴을 찾기 위해 또는 자료가 가설과 일관되는지를 시험하기 위해 체계적으로 자료 해석하기). 즉 학생들이 고차원적인 사고와 과학적인 탐구 능력을 기르게 하였다.

김교사는 '우리가 학습한 적이 있는 광합성이라는 과학적인 개념을 이용하여 이산화탄소를 줄일 수 있는 방법이 무엇이 있을까?'와 같은 발산적 질문을 통해 학생들이 녹조류의 특징을 직접 테블릿 피씨를 이용하여 찾아보게 하였고, 찾아본 자료들을 동료들과 의견 교환 하고 녹조류를 이용하여 이산화탄소를 감축 하기 위해 바이오매스 에너지를 활용하는 방법과(NGSS#3-4: 실험 또는 현장 연구 절차를 계획하고 관련된 독립변인과 종속변인 필요

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

하면 통제변인을 확인하기, NGSS#6-3: 적절한 수준의 인과적 설명을 제안하기), 직접 바이오매스를 활용한 이산화탄소 감축 기술을 설계해보도록 하고 더 나아가 저비용 고효율 과학적 정확성을 갖춘 장치를 직접 설계 및 제작해볼 수 있도록 하였다(NGSS#3-2: 어떤 자료가 필요한 지, 그 자료의 수집을 위해 어떤 도구가 필요한지, 어떻게 측정치를 기록할 지 결정하기, NGSS#3-5: 얽힌 변인의 가능성 또는 효과를 고려하여 연구 고안에서 통제하기, NGSS#6-1: 과학이론을 이용하고 그것을 모형과 증거와 연결하여 현상에 대한 설명 구성하기, NGSS#6-2: 직·간접적인 과학적 증거와 모형을 이용하여 현상에 대한 설명을 지지 또는 반박하기, NGSS#6-6: 기준에 부합하는 계획을 세우고 디자인 전 과정에 참여하여 디자인 과제를 수행하기, NGSS#6-7: 장치를 만들거나 디자인 문제를 해결하기). 또한 작품의 완성으로 끝나는 것이 아니라 학생들이 이산화탄소 감축 장치의 시제품 모형을 발표하고 이를 비교 분석하여 장단점을 검토하고 문제점을 보완할 수 있도록 사고를 자극시켜 주었고, 여기서 그치지 않고 조별 발표를 하게 하여, 발표 후 다른 조원들에게 받은 피드백을 가지고 다시 조원들끼리 서로 피드백 하며 본인의 생각뿐만 아니라 다른 사람의 의견도 비평적으로 받아들이고, 생각할 수 있도록 자극해 주었다(NGSS#7-1: 자료가 주장을 어떻게 지지하는가를 보이는 과학적 논쟁을 구성하기, NGSS#7-3: 자신의 논의에서 결점을 찾고 비판에 대한 응답으로 자신의 논의를 향상시키기, NGSS#7-7: 과학과 기술에 대한 매체의 보고서들을 비판적으로 읽어 강점과 약점을 밝히기). NGSS 실천 분석 도구 틀을 통해 살펴본 창의적 설계 단계에서 가장 두드러지는 교수전략 항목은 조사계획하고 수행하기, 자료 분석하고 해석하기, 설명 구성하고 문제 해결 고안하기, 증거에 입각하여 논의하기였으며, 정보를 얻고, 평가하고, 소통하기, 수학 및 전산적 사고 이용하기 같은 실천 항목은 약하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

<표 9> NGSS 실천 도구 분석 _창의적 설계 단계

1. 질문하고 문제 규정하기: 현상에 대해 경험적으로 답할 수 있는 질문을 형성하고, 이미 알려진 것을 설정하고, 아직 만족한 답을 얻지 못한 질문을 결정하는 능력			
활동의 종류	상	중	하
(1) 자연과 인간이 만든 세상에 대한 질문하기.			○
(2) 과학적 질문과 비과학적 질문을 구별하기.		◎	
(3) 교실 내에서 자료를 이용하여 답을 할 수 있는 질문을 하고, 그 질문을 정교화 하고, 그 질문을 이용하여 탐구를 고안하거나 실용적 해결책을 구성하기			○
(4) 논쟁의 전제를 확인하거나 부가 설명을 요청하는 질문하기. 연구 질문이나 공학적 문제를 정교화 할 것을 요구하는 질문을 하거나 자료의 해석에 도전하는 질문하기.		◎	
(5) 관찰에서 특징이나 패턴, 모순을 인식하고 그것들에 대한 질문하기.			○
(6) 해결책에 영향을 미치는 제한점을 밝히기 위한 질문하기.			○
2. 모형 개발하고 사용하기: 자연 현상에 대한 설명을 하기 위해 모형과 시뮬레이션을 구성하고 사용하는 것			
활동의 종류			
(1) 사건이나 체계를 그림이나 도표로 표현하기.			○
(2) 현상을 다양한 종류의 모형으로 표현하고 설명하기.			○
(3) 계나 과정을 표현하는 도구로서의 모형의 정확성과 한계를 논하고 개선할 수 있는 방안 제시하기.		◎	
(4) 계를 탐구하고 이해하는 도구로서 시뮬레이션을 이용하기.			○
(5) 문제해결에 대한 고안을 시험하고 그 효과를 비교하기 위해 모형을 사용하기.			○
3. 조사 계획하고 수행하기: 현장에서 자료를 확인하거나 실험에서 변인을 밝히는 연구를 계획하고 수행하는 것			

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

활동의 종류			
(1) 교실, 학교 실험실 또는 현장에서 연구할 수 있는 질문을 구성하고 가능하면 이론이나 모형에 기초한 가설을 설정하기.	●		
(2) 어떤 자료가 필요한 지, 그 자료의 수집을 위해 어떤 도구가 필요한지, 어떻게 측정치를 기록할 지 결정하기.	●		
(3) 타당한 측정치 산출을 위해 얼마만큼의 자료가 필요한지 결정하고 자료의 정밀도 한계를 고려하기.			○
(4) 실험 또는 현장 연구 절차를 계획하고 관련된 독립변인과 종속변인 필요하면 통제변인을 확인하기.	●		
(5) 얽힌 변인의 가능성 또는 효과를 고려하여 연구 고안에서 통제하기.	●		
4. 자료 분석하고 해석하기: 의미를 끌어내기 위해 분석되어야 하는 자료를 생산하는 것-자료에 있는 유의미한 요소들과 패턴을 확인하는 것. 오차의 원인을 확인하고, 신뢰구간 계산하기			
활동의 종류			
(1) 패턴을 찾기 위해 또는 자료가 가설과 일관되는지를 시험하기 위해 체계적으로 자료 해석하기.	●		
(2) 기대치에 어긋난 자료를 인지하고 초기 모형의 수정 고려하기.			○
(3) 자료의 통합, 정리를 위해 스프레드시트, 데이터 베이스, 표, 차트, 그래프, 수학, 통계, 전산기술을 사용하고 변인간의 관계 조사하기.	●		
(4) 적절한 수학과 통계 기술을 이용하여 자료로부터 유추할 수 있는 결론을 평가하기.			○
(5) 물리적 모형에서 자료를 수집하고 여러 조건하에 성능 분석하기.			○
5. 수학 및 전산적 사고 이용하기: 물리적 변인들과 그들 간의 관계를 표현하는 기초적 도구로서 수학과 전산 사용. 물리계의 활동에 대한 예상을 위한 수학과 전산적 도구 사용. 중요한 패턴과 상관관계를 밝히는 도구로 통계 기술 사용.			
활동의 종류			
(1) 차원의 양을 인식하고 수학 공식과 그래프의 응용에서 적절한 단위를 사용하기.			○
(2) 과학 모형만들기와 조사에서 적절한 수학이나 알고리듬으로 관계와 양을 표현하기.			○
(3) 컴퓨터 시뮬레이션이 현상이나 계에 관한 가정에 근거한 수학적 모형에 기초하여 만들어졌음을 인식하기.			○
(4) 간단한 대표적인 수학 표현, 컴퓨터 프로그램, 또는 시뮬레이션 이용하기.			○
(5) 자료 분석에 수학과 통계학을 이용하기.			○
6. 설명 구성하고 문제 해결 고안하기: 과학의 목표로서 물질세계를 설명하는 설명체계를 제공하는 이론을 구성하는 것.			
활동의 종류			
(1) 과학이론을 이용하고 그것을 모형과 증거와 연결하여 현상에 대한 설명 구성하기.	●		
(2) 직•간접적인 과학적 증거와 모형을 이용하여 현상에 대한 설명을 지지 또는 반박하기.	●		
(3) 적절한 수준의 인과적 설명을 제안하기.	●		
(4) 주어진 설명의 취약점을 알아내기.			○
(5) 과학 지식을 적절히 사용하여 디자인하는 문제를 해결하기.			○
(6) 기준에 부합하는 계획을 세우고 디자인 전 과정에 참여하여 디자인 과제를 수행하기.	●		
(7) 장치를 만들거나 디자인 문제를 해결하기.	●		
(8) 공동으로 개발한 디자인 기준에 따라 여러 경쟁하는 디자인을 비평하기.			○
7. 증거에 입각하여 논의하기: 설명체계를 방어하고, 자료의 견고한 기초위에 증거를 형성하고, 증거와 다른 사람들의 충고에서 그들의 이해를 시험하고, 동료들과 협력하여 조사된 현상에 대한 가장 좋은 설명을 구하는 것			
활동의 종류			
(1) 자료가 주장을 어떻게 지지하는가를 보이는 과학적 논쟁을 구성하기.	●		
(2) 과학적 논쟁의 가능한 취약점을 논리와 증거에 비추어 밝히기.			○
(3) 자신의 논의에서 결점을 찾고 비판에 대한 응답으로 자신의 논의를 향상시키기.	●		
(4) 과학적 논의의 주요 특성이 주장, 자료, 이유임을 알고 주어진 예에서 그 요소들을 구분하기.			○
(5) 주어진 과학 사고의 발달에서 쟁점의 성격을 설명하고 그 시작점에서의 논쟁을 기술하고 왜 특정한 하나의 이론이 성공했는가를 밝히기.			○
(6) 어떻게 지식에 대한 주장이 과학계에서 판정이 되는가를 설명하고 동료평가의 장점과 한계, 주요한 연구의 독립적인 반복이 필요함을 조리 있게 표명하기.			○
(7) 과학과 기술에 대한 매체의 보고서들을 비판적으로 읽어 강점과 약점을 밝히기.	●		
8. 정보를 얻고, 평가하고, 소통하기: 말, 글, 표, 그림, 그래프, 방정식을 이용 동료와 개방된 토론에 참여함으로써 생각과 탐구의 결과를 소통하는 것. 신문, 인터넷 등에서 획득한 정보의 과학적 타당성을 평가하고, 설명을 산출하는데 그 정보를 이용하는 것			
활동의 종류			
(1) 말, 표, 도표, 그래프 또는 수식을 이용하여 개념을 전달하거나 질문하기.			○
(2) 표, 그림, 그래프를 포함하는 과학, 공학 문서를 읽고 전달되고 있는 주요 생각을 설명하기.			○
(3) 과학, 기술적 말과 글의 특성을 인식하고 말과 글로 자신의 생각과 한 일 전달하기.			○
(4) 교실상황에 맞게 편집된 과학 문헌들 또는 과학에 대한 대중매체 보고서를 자료, 가설, 결과의 타당도와 신뢰도를 논하며 비판적으로 읽기.			○

분석방법: 상·중·하로 교수전략의 빈도수를 결정하였으며, 이는 상대적인 빈도수를 표시하며 가장 많이 나타나는 것이 주로 각 단계에서 주로 나타나는 전략을 구성 짓는 활동요소라 할 수 있겠다. 물론 그 외의 중 및 하로 나

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

타나는 활동요소가 있긴 하지만 이 도구로 인한 분석은 상을 차지하는 활동요소로 교수전략을 명시하고자 했다.

창의적 설계 단계에서 관찰되어 파악된 명시적인 교수전략은 <표 10>과 같았고 구체적으로 다음과 같다고 할 수 있다.

첫째, 학생들의 지속적인 관심을 위하여 실생활과 연계된 자료를 제시하거나 연계하도록 격려하였다. 김교사는 각 차시별 수업에 시작하기에 앞서 기후변화에 대한 학습자의 이해를 돕기 위해 좀 더 현실적으로 학생들이 일상생활에서 경험해 보았을법한 상황에 비유를 하며 이야기 했다(OTOP#5: 학생들의 선개념 및 오개념 조사, OTOP#6: 개념인지). 이는 아래의 인용문에서도 확인할 수가 있었다.

*"여러분들은 5~6년 전만 해도 **더우면 더운가 보다 추우면 추운가보다 정도였지**, 그걸 고민해보고 이 세상이 어떻게 될까? 오늘 시간에는 이러한 기후변화가 또 기후변화는 지구 온난화 때문에 일어난다고 이야기 하는데, ……중략…… 지구온난화의 증세를 여러분이 다양한 데이터를 통해서 한번 찾아보자는 이야기에요.[2차시]"*

*"**눈이 많이 오면 학교안와서 쉬니까 좋다.** 비가 많이 오고 바람이 많이 불면 또 역시 학교가 쉬니까 좋은가 보다 아 여름방학이다 겨울방학이다 뭐 그러지 실제로 여러분이 뭐 지구 온난화 되고 있고 북극과 남극의 빙하가 녹고 해수면이 상승하고 뭐 이런 어떤 기상에 대해서 실제로 많이 실감을 못하고 있는 거죠[3차시]."*

*"여러분들은 온난화라고 하는 거 북극의 빙하가 녹고, 그다음에 **tv에 보면 곰이 털을 깎고** 얼음 위에 떠있고 그런 것들 보셨죠?[4차시]"*

둘째, 가상의 실험이 아닌 실질적인 해결책을 찾기 위해 현실적인 변수를 고려한 실험설계를 하여 현실의 상황과 비슷한 실험을 구상했다. 김교사는 각 차시별로 기후변화와 관련하여 가장 현실적이면서 비슷한 실험을 구상하고 실행하였다. 김교사는 온실효과를 알아보기 위해 가상의 지구인 스트로폼 상자에 3가지의 경우(열 흡수 판, 셀로판지, 필름 판)로 예를 들어 전등의 빛을 쪼여 주는 실험을 통해 먼저 가설을 세우고, 학생들에게 각 온실의 상황에 왜 온도가 변화 하였는지를 알아보는 실험을 하게 하였다. 이에 그치지 않고 각각의 변인에 따른 과학적인 변화에 대해 생각해보게 한 후, 온실효과를 일으키는 온실기체에 대해 알아보기 위해서 투명한 아크릴 통에 건조공기, 이산화탄소, 수증기를 넣어둔 다음 빛을 쪼여주는 실험을 통해 실제로 각각의 기체 상황에서 온실효과의 영향을 체험해보고 이해할 수 있도록 하였다(OTOP#4: 역동적인 도전적 의견). 이는 지구과학교과에서 가장 많이 사용할 수 있는 실 예로 거시적인 지구 상태를 학생들이 막역하게 받아들이지 않고, 다음 인용문에서처럼 미시적인 상태를 예로 들어 설명함으로써, 우리주변의 기후변화 상황에 학생들이 좀 더 현실적이게 느껴질 수 있도록 도움을 주었다.

*"이러한 이산화탄소가 온실효과를 일으키는가?라고 역시 듣기만 했죠 체험을 해본적이 없어요. ……중략…… **이산화탄소가 어떤 역할을 해서 이 지구가 따뜻해지는가** 거기에 대해서도 우리가 체*

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

험을 해본적이 없단 말입니다. 그래서 우리는 오늘 온실효과와 관련된 실험을 할겁니다.[3차시]"

*"온실효과가 무엇 때문에 일어나죠?……중략……이산화탄소 때문이죠? 근데 **이산화탄소가 정말로 다른 것보다 온도를 높여줄까?** 어떻게 높여주게 될까? 평소에 실험을 통해서 입증 해본 적 없죠?……중략……그래서 오늘 여러분들은 정말로 이산화탄소가 다른 것들보다 온도를 높여줄까?[4차시]"*

셋째, 가상의 상황에 고려되는 실험설계를 위한 장비가 아닌 현실적인 문제를 고려할 수 있고 자발적인 실험과정이 될 수 있도록 다양한 매체를 사용하였다. 김교사는 현미경, 테블릿 피씨, 킷트, 등 여러 종류의 매체를 이용하여 학생들이 '이산화탄소 감축에 따른 지구온난화 방지'에 도움을 주고자 하였다. 테블릿 피씨를 이용하여 자발적으로 학생들이 자료를 찾게 하던가 각 활동을 끝내고, 학생들은 모둠원들과 이야기 했던 내용을 테블릿 피씨를 이용하여 스크린으로 바로 비추어줌으로써 학습자가 조별로 토론한 내용을 동료에게 이야기 하였다. 또한 학습자들이 직접 찾아본 녹조류에 대해 눈으로 보게 하고 녹조류의 구성이 어떻게 되어 있는지 현미경을 통해 관찰 하게 하여, 녹조류의 생김새와 특징들을 느끼게 해 학생들의 적극적이고 자발적인 수업 참여에 도움을 주었다. 이외에도 실제 실험과 설계에 관련된 킷트를 이용하며 다음 인용문과 같이 학습자들의 실질적인 이해를 도왔다(OTOP#4: 역동적인 도전적 의견, OTOP#10: 개념표현).

*"여기에 도구까지 썼죠? 무슨 도구? **현미경**. 여러분들이 눈에 보이는 대로 적어 주시는 거 에요. ……중략…… 그 밑에 **테블릿 피씨에서 인터넷 정보**를 이용하여 미세조류의 특징을 찾아 정리해보도록 하자.[5차시]"*

"5분 뒤에 5분 뒤에 저 베트남부터 보겠습니다. 탭으로 사진을 찍어주세요 자 순서 1모둠은 환경을 실천하는 바이오메스 에너지. 아 여러분들이 만든 설계도를 1모둠부터 카메라를 찾아가지고 사진을 찍으세요.[6,7차시]"

넷째, 실험을 하는 학습자와 같이 공동연구자로서 역할을 하였다. 김교사는 학생들이 조별로 본인들의 생각을 발표할 때 학생들이 가지고 있던 미세조류에 관련된 오개념을 같은 동료의 입장에서 비판적으로 받아들이고 조언을 하였으며, 이는 동료들이 잘못 가지고 있던 오개념을 올바른 개념정착을 위해 도움을 주었다(OTOP#7: 발산적 사고, OTOP#8: 간학문성). 또한 학습자에게 온실기체나 온실효과 실험에 관련해서 적절한 변인통제를 제시해주며 학습자가 기후변화의 원인을 간접적으로 체험 해 볼 수 있도록 유도하는 역할을 하였다(OTOP#4: 역동적인 도전적 의견, OTOP#6: 개념인지, OTOP#7: 발산적 사고, OTOP#8: 간학문성).

*"여러분들의 **공통적인 문제가 뭐냐.** 첫째는 미세조류는 빛하고 이산화탄소하고 영양염류만 있으면 콩나물 크듯이 클 거다. 이런 생각을 하는 거죠. 참고로 저기 있는 거 있죠. 저게 일주일간 성장한 겁니다. 그러니까 여러분이 생각하는 것처럼 나무도 예를 들어 식물도 아무리 빨리 자라도 몇 십*

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

넌이 커야 어떻게 되요. ……중략…… 재네들을 그 상태로 두면 어떻게 되겠어? 재네들끼리 엉겨. 엉기면 안에 것들은 영양분을 공급받을까 못 받을까? 못 받지. 그러니까 죽어버리겠지. 그래서 물이 끊임없이 뮈해야 될까요? 돌아야 해요. ……중략…… 그다음에 세 번째는 CO_2는 어디 것을 공급하는 거예요? 공기 중의 것을 공급하는 거죠. 그리고 저기서 나오는 연료는 덤으로 얻는 겁니다. [6, 7차시]"

*"스티로폼 박스가 있죠. 앞면하고 뒷면이 있죠? 차이가 있든가요? ……중략…… 그래가지고 **현재 온도를 측정하고 1분 간격으로 온도를 측정을 한번 해봐요** 근데 측정하기 전에 현재 교실의 온도나 이걸 올려놓기 전에 온도가 나와야 되겠죠? 그리고 인제 불을 켰을 때 온도가 어찌 변하는가를 1분 간격으로 개별적으로 현재 모아두도록 되어있죠 기록하도록 되어있죠?[3차시]"*

다섯째, 동료 간의 의사소통의 기회를 제공하였다. 김교사는 온실기체와 온실효과의 실험 그리고 이산화탄소감축을 위한 설계 및 개발에 관련된 수업을 진행하면서 학습자가 탐구를 함에 있어 문제의 해결 능력을 함양하기 위해 학습자들 끼리 생각을 교환하며 학습목표에 도달할 수 있도록 협동학습적인 측면을 부각시켰으며, 동료들끼리 생각을 교환할 수 있도록 만들어 주었다(OTOP#5: 학생들의 선개념 및 오개념 조사, OTOP#6: 개념인지).

"학생1 : 이거를 만들라고?
학생2 : 아이디어를 각자 적어, 광합성을 촉진하는 장치를 만들어보래
학생3 : 이 3개가 충분해야 된다고?
학생2 : 그니까 이거라는 것이 있어야 되는데 그것을 잘 만들어서 길러내야 되는 거잖아 그니까 어떤 장치가 있어야 될까?[6, 7차시]"

OTOP STEAM분석 관찰 프로토콜을 이용하여 분석한 결과 창의적 설계 단계의 지배적인 상위전략은 교사가 학생들에게 문제제기 단계를 통해 나타난 기후변화를 좀 더 현실적으로 실생활에 접목하여 과제로 주어졌던 기후변화의 원인이라고 할 수 있는 이산화탄소를 감축시키기 위해 현실에서 경험할 수 있는 실험을 한다. 이러한 실험들은 다양한 매체를 통해 이루어지고, 학생들이 직접 설계해보고 동료들에게 발표하며 의사소통의 기회를 만들어주는 역할을 김교사는 하고 있다.

<표 10> OTOP 관찰 도구 분석 _창의적 설계 단계

내 용	0	1	2	3	4
1. 이 수업은 학생들로 하여금 탐구 또는 문제해결능력 관련의 가치 및 의미를 경험할 수 있도록 기회를 제공하였다.				○	
교사는 - 개방적 질문을 하였다. - 학생들에게 다른 의견을 제시할 수 있는 기회를 제공하였다. - 학생들에게 탐구기회를 제공하였다. - 다양한 학습전략을 제공하였다.					
2. 교사는 학생들이 학습에 있어서 반영의 시간을 갖도록 권장하였다. (초인지: 학생들은 자신들의 인지에 대해 생각)				○	
교사는 - 학생들이 자신이 습득한 개념에 대해 설명할 수 있도록 권장하였다. - 학생들은 자신이 습득한 개념을 설명할 때 본인의 생각을 이야기하였다. - 학생들에게 계속적인 질문과 자극을 하였다. - 학생들이 의미있는 경험을 할 수 있도록 자극하였다.					

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

3. 교사 및 학생들 또는 학생들 사이에 상호작용이 있으며 이로 인한 대화가 가능하였다. (학생담화 및 협동학습)				○	
교사는 - 소그룹활동을 위해 그룹을 조직하였다. - 그룹과 상호작용을 하였다. - 소그룹이 완벽한 결과물을 낼 수 있도록 기회를 제공하였다.					
4. 인지적인 과정, 구성주의에 입각한 논쟁, 도전적인 의견 등이 중요시 되었다. (역동적인 도전적 의견)			○		
교사는 - 학생들이 의견을 발표할 수 있도록 권장하고 자극하였다. - 학생들의 의견을 옳고 그름을 평가하지 않았다. - 다른 의견에 대해서 여지를 주었다.					
5. 학생들의 선 개념 및 오개념에 대해 확인하는 기회가 있었다. (학생들 선 개념 오개념 조사)			○		
교사는 - 학생들의 생각을 개념소개에 앞서 확인하였다. - 학생들이 스스로 본인의 생각에 새로운 개념을 정착시킬 수 있도록 도와주었다. - 학생들의 의견 및 생각을 교육과정에 연결될 수 있도록 이끌어 주었다.					
6. 수업은 학습목표의 달성이 이루어 질 수 있도록 개념이해를 두드러지게 하였다. (개념인지)				○	
교사는 - 학습목표를 명백히 하였다. - 고차원의 질문을 하였다. - 학생들이 개념 및 기술을 확장할 수 있도록 자극하였다. - 좀 더 넓은 개념의 종합적인 사고가 일어날 수 있도록 도와주었다.					
7. 학생들은 다른 의견, 문제풀이전략, 또는 자료해석의 다른 방법을 제공할 수 있도록 격려되었다. (발산적 사고)			○		
교사는 - 문제풀이과정에서 다양한 반응을 허용하였다. - 학생들이 한 자료해석 및 설명에 실질적인 증거 또는 실례를 들어 이해시켜주었다. - 학생들 서로 또는 교과서에 대해 도전적인 의견을 제시할 수 있도록 기회를 제공하였다.					
8. 다른 교과목 또는 교육과정에 연결이 될 수 있도록 적절한 연계성을 제공하였다. (간학문성)			○		
교사는 - 다른 교육과정에 과학을 연결하였다. - 실생활에 적용하였다.					
9. 교사는 가르치고자 하는 수업의 내용과 교수법에 대해 정확한 이해를 하고 있었다. (PCK)		○			
교사는 - 학생수준에 맞는 정확하고 적절한 정보를 제공하였다. - 학생들의 이해수준에 맞는 내용 및 전략을 제공하였다. - 학생들의 질문을 이용하여 더 많은 질문이 나올 수 있도록 하였다. - 애매한 내용에서도 학생들이 하고자 하는 질문이 무엇인지 금방 파악하였다.					
10. 개념을 가르치기 위하여 다양한 방법을 사용하였다. (개념표현)				○	
교사는 - 한 개념을 가르치기 위하여 다양한 학습, 교수법을 사용하였다. - 학생들의 이해를 돕기 위하여 시청각 자료, 그림, 자료 및 장비, 그래프, 모델형상, 등을 사용하였다.					

분석방법: 0점부터 4점으로 교수전략의 빈도수를 결정하였으며, 이는 상대적인 빈도수를 표시하며 가장 많이 나타나는 것(3점, 4점)이 주로 각 단계에서 주로 나타나는 전략을 구성 짓는 활동요소라 할 수 있겠다. 물론 그 외의 2점, 1점, 0점으로 나타나는 활동요소가 있긴 하지만 이 도구로 인한 분석은 3점과 4점을 차지하는 활동요소로 교수전략을 명시하고자 했다.

창의적 설계 단계를 통해 김교사는 2차시를 통해는 우리나라의 기후의 실제 데이터(기온, 강수량)를 분석하여 Hands-ON을 할 수 있게 하였으며, 기후변화의 양상을 파악하고 실제로 우리나라에서도 지구온난화가 일어나고 있음을 인식시키는 Minds-On

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

을 자극하였다. 3차시엔 온실효과가 무엇이며 온실효과를 나타내는 물질의 특성(열 흡수 판, 셀로판지, 필름 판)을 탐구활동을 통해 입증하며 학습자의 Minds-On을 자극하였다. 4차시를 통해 기체(건조공기, 수증기, 이산화탄소)를 이용해 온실효과를 재현해 보고 이산화탄소가 온실기체로서 중요한 것임을 이해하며 Minds-On과 Contents-On을 동시에 느끼게 해 주었다. 5차시 학습은 학습자는 녹조류의 특징과 광합성 과정을 이해하고 녹조류가 바이오매스를 이용하는 과정에서 이산화탄소를 줄일 수 있음을 이해하며 Minds-On과 Contents-On 그리고 Hands-On을 동시에 느낄 수 있게 해주었다. 6, 7차시의 수업은 미세조류의 바이오매스를 이용해 이산화탄소를 감축하고 지구온난화를 완화시킬 수 있는 가장 효과적인 해결책을 강구하며 4가지의 학습목표에 모두 도달하기도 하였다. 창의적 설계 단계의 마지막 차시인 8차시에선 조별로 제작한 이산화탄소 감축 장치 시제품 모형의 장단점과 이를 보완하기 위한 방법을 조별로 탐색하며 장치 수정에 반영하며 학생들이 Minds-On을 할 수 있도록 자극하였다.

C. 감성적 체험 단계에서 나타난 명시적 교수전략

기후변화 STEAM 프로그램 감성적 체험 단계에서는 프로젝트의 결과물로서 학생들이 제작한 최종 작품을 제시하여 이산화탄소 감축방안을 발표하게 된다. 위 단계의 수업은 9, 10차시였다. 9차시의 경우 조별로 이산화탄소 소비 장치를 개량하여 효과적인 녹조류 분산, 광합성을 위한 효과적인 집광, 소비된 이산화탄소량 검사를 실시하였고, 10차시의 경우 스마트폰 앱을 적용하여 일상생활에서 이산화탄소를 얼마나 배출하고 있는지 파악해보고 생활 속에서 기후변화를 완화하기 위한 방안을 모색하는 단계이다.

두 개의 도구('NGSS 실천도구 분석틀', 'OTOP 관찰도구')를 이용하여 파악한 감성적 체험 단계에서 나타나는 명시적 교수전략은 다음과 같이 부수적인 활동으로 이루어져 있다고 할 수 있다. 'NGSS 실천도구 분석틀'과 'OTOP 관찰도구'를 이용하여 프로파일 하여 기술하면 다음과 같다.

<표 12>와 같이 김교사는 창의적 설계 단계를 통해 만들었던, 미세 조류를 이용한 이산화탄소 감축 장치의 감축 효과가 정말로 있었는지를 학생들에게 누구나 한번쯤 해보았을 BTB용액을 이용한 산 염기 측정 방법을 통하여 직접 확인하게 하였다 (NGSS#7-1: 자료가 주장을 어떻게 지지하는가를 보이는 과학적 논쟁을 구성하기, NGSS#7-5: 주어진 과학 사고의 발달에서 쟁점의 성격을 설명하고 그 시작점에서의 논쟁을 기술하고 왜 특정한 하나의 이론이 성공했는가를 밝히기).

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

<표 11> 9~10차시 수업

차 시	내 용	활동 사진
9	조별로 이산화탄소 소비 장치를 개량하여 효과적인 녹조류 분산, 광합성을 위한 효과적인 집광, 소비된 이산화탄소량 검사를 실시	
10	스마트폰 앱을 적용하여 일상생활에서 이산화탄소를 얼마나 배출하고 있는지 파악해보고 생활 속에서 기후변화를 완화하기 위한 방안을 모색	

또한 단순하게 이산화탄소의 감축 효과로 끝나는 것이 아니라 이외에 일석이조의 효과를 낼 수 있는 녹조류의 바이오 메스의 효능에 대해 이야기해주고 직접 찾아보게 한 다음 이를 이용하여 기후변화도 학생들이 예방할 수 있고, 더불어 신재생에너지로서의 가치에 대해 생각해 볼 수 있게 하였다(NGSS#7-1: 자료가 주장을 어떻게 지지하는가를 보이는 과학적 논쟁을 구성하기, NGSS#7-4: 과학적 논의의 주요 특성이 주장, 자료, 이유임을 알고 주어진 예에서 그 요소들을 구분하기). 김교사는 학생들끼리 결과물을 서로 이야기하면서 글로벌 시대를 살아가면서 겪고 있는 기후변화에 대해 학습자들의 경각심을 다시 한 번 일깨워 주었다(NGSS#8-3: 과학, 기술적 말과 글의 특성을 인식하고 말과 글로 자신의 생각과 한 일 전달하기). NGSS 실천 분석 도구 틀을 통해 살펴본 감성적 체험 단계에서 가장 두드러지는 교수전략 항목은 증거에 입각하여 논의하기와 정보를 얻고, 평가하고, 소통하기였으며, 질문하고 문제 규정하기, 모형 개발하고 사용하기, 조사 계획하고 수행하기, 자료 분석하고 해석하기, 수학 및 전산적 사고 이용하기같은 실천 항목은 약하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

<표 12> NGSS 실천 도구 분석 _감성적 체험 단계

1. 질문하고 문제 규정하기: 현상에 대해 경험적으로 답할 수 있는 질문을 형성하고, 이미 알려진 것을 설정하고, 아직 만족한 답을 얻지 못한 질문을 결정하는 능력			
활동의 종류	상	중	하
(1) 자연과 인간이 만든 세상에 대한 질문하기.			○
(2) 과학적 질문과 비과학적 질문을 구별하기.			○
(3) 교실 내에서 자료를 이용하여 답을 할 수 있는 질문을 하고, 그 질문을 정교화 하고, 그 질문을 이용하여 탐구를 고안하거나 실용적 해결책을 구성하기			○
(4) 논쟁의 전제를 확인하거나 부가 설명을 요청하는 질문하기. 연구 질문이나 공학적 문제를 정교화 할 것을 요구하는 질문을 하거나 자료의 해석에 도전하는 질문하기.			○
(5) 관찰에서 특징이나 패턴, 모순을 인식하고 그것들에 대한 질문하기.			○
(6) 해결책에 영향을 미치는 제한점을 밝히기 위한 질문하기.			○
2. 모형 개발하고 사용하기: 자연 현상에 대한 설명을 하기 위해 모형과 시뮬레이션을 구성하고 사용하는 것			
활동의 종류			
(1) 사건이나 체계를 그림이나 도표로 표현하기.			○
(2) 현상을 다양한 종류의 모형으로 표현하고 설명하기.			○
(3) 계나 과정을 표현하는 도구로서의 모형의 정확성과 한계를 논하고 개선할 수 있는 방안 제시하기.			○
(4) 계를 탐구하고 이해하는 도구로서 시뮬레이션을 이용하기.			○
(5) 문제해결에 대한 고안을 시험하고 그 효과를 비교하기 위해 모형을 사용하기.			○
3. 조사 계획하고 수행하기: 현장에서 자료를 확인하거나 실험에서 변인을 밝히는 연구를 계획하고 수행하는 것			
활동의 종류			
(1) 교실, 학교 실험실 또는 현장에서 연구할 수 있는 질문을 구성하고 가능하면 이론이나 모형에 기초한 가설을 설정하기.			○
(2) 어떤 자료가 필요한 지, 그 자료의 수집을 위해 어떤 도구가 필요한지, 어떻게 측정치를 기록할 지 결정하기.			○
(3) 타당한 측정치 산출을 위해 얼마만큼의 자료가 필요한지 결정하고 자료의 정밀도 한계를 고려하기.			○
(4) 실험 또는 현장 연구 절차를 계획하고 관련된 독립변인과 종속변인 필요하면 통제변인을 확인하기.			○
(5) 얽힌 변인의 가능성 또는 효과를 고려하여 연구 고안에서 통제하기.			○
4. 자료 분석하고 해석하기: 의미를 끌어내기 위해 분석되어야 하는 자료를 생산하는 것-자료에 있는 유의미한 요소들과 패턴을 확인하는 것. 오차의 원인을 확인하고, 신뢰구간 계산하기			
활동의 종류			
(1) 패턴을 찾기 위해 또는 자료가 가설과 일관되는지를 시험하기 위해 체계적으로 자료 해석하기.			○
(2) 기대치에 어긋난 자료를 인지하고 초기 모형의 수정 고려하기.			○
(3) 자료의 통합, 정리를 위해 스프레드시트, 데이터 베이스, 표, 차트, 그래프, 수학, 통계, 전산기술을 사용하고 변인간의 관계 조사하기.			○
(4) 적절한 수학과 통계 기술을 이용하여 자료로부터 유추할 수 있는 결론을 평가하기.			○
(5) 물리적 모형에서 자료를 수집하고 여러 조건하에 성능 분석하기.			○
5. 수학 및 전산적 사고 이용하기: 물리적 변인들과 그들 간의 관계를 표현하는 기초적 도구로서 수학과 전산 사용. 물리계의 활동에 대한 예상을 위한 수학과 전산적 도구 사용. 중요한 패턴과 상관관계를 밝히는 도구로 통계 기술 사용.			
활동의 종류			
(1) 차원의 양을 인식하고 수학 공식과 그래프의 응용에서 적절한 단위를 사용하기.			○
(2) 과학 모형만들기와 조사에서 적절한 수학이나 알고리듬으로 관계와 양을 표현하기.			○
(3) 컴퓨터 시뮬레이션이 현상이나 계에 관한 가정에 근거한 수학적 모형에 기초하여 만들어졌음을 인식하기.			○
(4) 간단한 대표적인 수학 표현, 컴퓨터 프로그램, 또는 시뮬레이션 이용하기.			○
(5) 자료 분석에 수학과 통계학을 이용하기.			○
6. 설명 구성하고 문제 해결 고안하기: 과학의 목표로서 물질세계를 설명하는 설명체계를 제공하는 이론을 구성하는 것.			
활동의 종류			
(1) 과학이론을 이용하고 그것을 모형과 증거와 연결하여 현상에 대한 설명 구성하기.			○
(2) 직•간접적인 과학적 증거와 모형을 이용하여 현상에 대한 설명을 지지 또는 반박하기.			○
(3) 적절한 수준의 인과적 설명을 제안하기.		◎	
(4) 주어진 설명의 취약점을 알아내기.		◎	
(5) 과학 지식을 적절히 사용하여 디자인하는 문제를 해결하기.			○
(6) 기준에 부합하는 계획을 세우고 디자인 전 과정에 참여하여 디자인 과제를 수행하기.		◎	
(7) 장치를 만들거나 디자인 문제를 해결하기.			○
(8) 공동으로 개발한 디자인 기준에 따라 여러 경쟁하는 디자인을 비평하기.			○
7. 증거에 입각하여 논의하기: 설명체계를 방어하고, 자료의 견고한 기초위에 증거를 형성하고, 증거와 다른 사람들의			

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

충고에서 그들의 이해를 시험하고, 동료들과 협력하여 조사된 현상에 대한 가장 좋은 설명을 구하는 것			
활동의 종류			
(1) 자료가 주장을 어떻게 지지하는가를 보이는 과학적 논쟁을 구성하기.	●		
(2) 과학적 논쟁의 가능한 취약점을 논리와 증거에 비추어 밝히기.			○
(3) 자신의 논의에서 결점을 찾고 비판에 대한 응답으로 자신의 논의를 향상시키기.			○
(4) 과학적 논의의 주요 특성이 주장, 자료, 이유임을 알고 주어진 예에서 그 요소들을 구분하기.	●		
(5) 주어진 과학 사고의 발달에서 쟁점의 성격을 설명하고 그 시작점에서의 논쟁을 기술하고 왜 특정한 하나의 이론이 성공했는가를 밝히기.	●		
(6) 어떻게 지식에 대한 주장이 과학계에서 판정이 되는가를 설명하고 동료평가의 장점과 한계, 주요한 연구의 독립적인 반복이 필요함을 조리 있게 표명하기.			○
(7) 과학과 기술에 대한 매체의 보고서들을 비판적으로 읽어 강점과 약점을 밝히기.			○
8. 정보를 얻고, 평가하고, 소통하기: 말, 글, 표, 그림, 그래프, 방정식을 이용 동료와 개방된 토론에 참여함으로써 생각과 탐구의 결과를 소통하는 것. 신문, 인터넷 등에서 획득한 정보의 과학적 타당성을 평가하고, 설명을 산출하는데 그 정보를 이용하는 것			
활동의 종류			
(1) 말, 표, 도표, 그래프 또는 수식을 이용하여 개념을 전달하거나 질문하기.			○
(2) 표, 그림, 그래프를 포함하는 과학, 공학 문서를 읽고 전달되고 있는 주요 생각을 설명하기.			○
(3) 과학, 기술적 말과 글의 특성을 인식하고 말과 글로 자신의 생각과 한 일 전달하기.	●		
(4) 교실상황에 맞게 편집된 과학 문헌들 또는 과학에 대한 대중매체 보고서를 자료, 가설, 결과의 타당도와 신뢰도를 논하며 비판적으로 읽기.		◎	

분석방법: 상·중·하로 교수전략의 빈도수를 결정하였으며, 이는 상대적인 빈도수를 표시하며 가장 많이 나타나는 것이 주로 각 단계에서 주로 나타나는 전략을 구성 짓는 활동요소라 할 수 있겠다. 물론 그 외의 중 및 하로 나타나는 활동요소가 있긴 하지만 이 도구로 인한 분석은 상을 차지하는 활동요소로 교수전략을 명시하고자 했다.

감성적 체험 단계에서 관찰되어 파악된 명시적인 교수전략은 <표 13>과 같았고, 구체적으로 다음과 같다고 할 수 있다.

첫째, 실험과 관련하여 고차원적인 생각을 할 수 있도록 해 주었다. 김교사는 감성적 체험 단계를 통해 지금까지 배운 내용을 정리하여 주었고, 이산화탄소 감축장치 킷트를 통해 녹조류가 살아갈 수 있는 최적의 조건을 알아보는 과정에서 킷트를 설명하면서 학생들이 고차원적인 생각을 할 수 있도록 해주었다. 또한 이산화탄소의 감축에 도움이 되었는지 BTB를 이용하여 다음의 인용문과 같이 알아보았다(OTOP#4: 역동적인 도전적 의견, OTOP#6: 개념인지).

*"자 이걸 이용해서 이 등을 켜고 여가다가 조류를 키울 거잖아요. 그리고 이 뒤에다가 이게 반사거울이에요 빛을 모으는 건데 얘네 들은 어떤 식으로 여기다가 배치하면 좋겠는가를 얘를 한번 대보면 어떻게 되겠어? 알 수가 있겠지? 그래서 어떤 형태로 배치하면 좋은가 그걸 여러분들이 보는 겁니다. 그래서 가장 좋은 조건에 위치를 찾는 거죠. ……중략…… 두 번째는 뭘 하느냐 여기 보면 이렇게 색지들이 들어있어요. 자 이 색지는 어떤 의미냐 이주변환경이 ……중략……빛을 더 효율을 높일 수 있겠는가 그렇게 쓰는 겁니다. 그다음에 안에 셀로판지가 들어있어요 이 셀로판지는 이 투명한 아크릴 있죠. 근데 우리가 생물이라고 하는 것은 특별한 파장을 좋아할 수도 있잖아요. 또 이런 게 이렇게 싸고 있으면 안의 조도가 더 높아질 수도 있겠죠? 혹시 그런 것이 있을까 물라서 이런 겁니다. 여러분이 선택을 해서 **<u>최적의 미세조류가 살아가는데 최적의 조건을 오늘 찾는 시간</u>**이에요 [9차시]"*

*"항목을 동일하게 적용한다. 1일 1회 이상 측정한다. 그리고 미세조류의 증식정도를 확인하는 측정항목을 여러분들이 정해야 되겠지? 우리는 재네들의 증식이 어찌됐는가를 알아보는, 여러분들 나름대로 항목. 미세조류 증식에 따른 육안적 변화, 눈으로 보이는 변화를 이산화탄소 감축효과와 관련하여 확인한다. **<u>이산화탄소가 제거되었음을 확인하는 방법</u>**, 제가 아까 BTB로 보여줬죠? 실제 활용하는 방안 이걸 우리 일상에 어떻게 적용하면 좋을까.[10차시]"*

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

둘째, 적절한 비유를 사용하여 학생들이 실험에 참여하게 하였다. 김교사는 실험의 변인통제의 경우도 학생들이 이해하기 쉽도록 비유를 사용하여 설명하였으며, 학습하고자 하는 목표를 수업도중 다시 이야기해주며 학생들이 사고를 할 수 있도록 이끌어 주고 있었다.

"오늘 키트를 완성을 할 거에요. 배양액을 넣고 여러분들이 매일 와서 관찰을 해야 하는데, 관찰을 할 때 우리 모둠은 애네 들이 이산화탄소를 효과적으로 제거하고 있는가를 관찰해야 해요. ……중략……자, 그래서 감축효과를 측정하는데 이 측정할 때 여러분들이 체크리스트 만드는데 좀 도움이 될까 해서 조건을 제가 좀 정해봤어요. 매일 똑같은 시간에 측정을 해야 돼요. 측정 시 같은 조건을 유지해야 됩니다. 오른쪽에서 봤다, 왼쪽에서 봤다, 위에서 봤다. 그러면 안 된다 이 말이죠. 그다음에 어떤 것을 측정할거냐? ***오늘은 색깔보고 내일은 냄새 맡고 모레는 맛보고 이러면 안 된다는 이야기에요.*** *[10차시]"*

OTOP STEAM분석 관찰 프로토콜을 이용하여 분석한 결과 감성적 체험 단계의 지배적인 상위전략은 기후변화의 원인이라고 할 수 있는 이산화탄소 감축을 위한 장치로 정말로 이산화탄소 감축의 효과가 있었는지 그리고 이를 더 완화 시킬 수 있는 조건이 무엇인지를 고차원적인 발문과 학생들의 생각과 토론으로 인해 이루어지도록 하여 학생들의 생각을 정교화 시켜 주었고, 학생들끼리 직접 발표를 할 수 있는 기회를 김교사는 제공을 하였다.

<표 13> OTOP 관찰 도구 분석 _감성적 체험 단계

내 용	0	1	2	3	4
1. 이 수업은 학생들로 하여금 탐구 또는 문제해결능력 관련의 가치 및 의미를 경험할 수 있도록 기회를 제공하였다.				○	
교사는 - 개방적 질문을 하였다. - 학생들에게 다른 의견을 제시할 수 있는 기회를 제공하였다. - 학생들에게 탐구기회를 제공하였다. - 다양한 학습전략을 제공하였다.					
2. 교사는 학생들이 학습에 있어서 반영의 시간을 갖도록 권장하였다. (초인지: 학생들은 자신들의 인지에 대해 생각)				○	
교사는 - 학생들이 자신이 습득한 개념에 대해 설명할 수 있도록 권장하였다. - 학생들은 자신이 습득한 개념을 설명할 때 본인의 생각을 이야기하였다. - 학생들에게 계속적인 질문과 자극을 하였다. - 학생들이 의미있는 경험을 할 수 있도록 자극하였다.					
3. 교사 및 학생들 또는 학생들 사이에 상호작용이 있으며 이로 인한 대화가 가능하였다. (학생담화 및 협동학습)				○	
교사는 - 소그룹활동을 위해 그룹을 조직하였다. - 그룹과 상호작용을 하였다. - 소그룹이 완벽한 결과물을 낼 수 있도록 기회를 제공하였다.					
4. 인지적인 과정, 구성주의에 입각한 논쟁, 도전적인 의견 등이 중요시되었다. (역동적인 도전적 의견)			○		
교사는 - 학생들이 의견을 발표할 수 있도록 권장하고 자극하였다. - 학생들의 의견을 옳고 그름을 평가하지 않았다. - 다른 의견에 대해서 여지를 주었다.					

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

5. 학생들의 선 개념 및 오개념에 대해 확인하는 기회가 있었다. (학생들 선 개념 오개념 조사)			○		
교사는 - 학생들의 생각을 개념소개에 앞서 확인하였다. - 학생들이 스스로 본인의 생각에 새로운 개념을 정착시킬 수 있도록 도와주었다. - 학생들의 의견 및 생각을 교육과정에 연결될 수 있도록 이끌어 주었다.					
6. 수업은 학습목표의 달성이 이루어 질 수 있도록 개념이해를 두드러지게 하였다. (개념인지)				○	
교사는 - 학습목표를 명백히 하였다. - 고차원의 질문을 하였다. - 학생들이 개념 및 기술을 확장할 수 있도록 자극하였다. - 좀 더 넓은 개념의 종합적인 사고가 일어날 수 있도록 도와주었다.					
7. 학생들은 다른 의견, 문제풀이전략, 또는 자료해석의 다른 방법을 제공할 수 있도록 격려되었다. (발산적 사고)				○	
교사는 - 문제풀이과정에서 다양한 반응을 허용하였다. - 학생들이 한 자료해석 및 설명에 실질적인 증거 또는 실례를 들어 이해시켜주었다. - 학생들 서로 또는 교과서에 대해 도전적인 의견을 제시할 수 있도록 기회를 제공하였다.					
8. 다른 교과목 또는 교육과정에 연결이 될 수 있도록 적절한 연계성을 제공하였다. (간학문성)			○		
교사는 - 다른 교육과정에 과학을 연결하였다. - 실생활에 적용하였다.					
9. 교사는 가르치고자 하는 수업의 내용과 교수법에 대해 정확한 이해를 하고 있었다. (PCK)				○	
교사는 - 학생수준에 맞는 정확하고 적절한 정보를 제공하였다. - 학생들의 이해수준에 맞는 내용 및 전략을 제공하였다. - 학생들의 질문을 이용하여 더 많은 질문이 나올 수 있도록 하였다. - 애매한 내용에서도 학생들이 하고자 하는 질문이 무엇인지 금방 파악하였다.					
10. 개념을 가르치기 위하여 다양한 방법을 사용하였다. (개념표현)				○	
교사는 - 한 개념을 가르치기 위하여 다양한 학습, 교수법을 사용하였다. - 학생들의 이해를 돕기 위하여 시청각 자료, 그림, 자료 및 장비, 그래프, 모델형상, 등을 사용하였다.					

분석방법: 0점부터 4점으로 교수전략의 빈도수를 결정하였으며, 이는 상대적인 빈도수를 표시하며 가장 많이 나타나는 것(3점, 4점)이 주로 각 단계에서 주로 나타나는 전략을 구성 짓는 활동요소라 할 수 있겠다. 물론 그 외의 2점, 1점, 0점으로 나타나는 활동요소가 있긴 하지만 이 도구로 인한 분석은 3점과 4점을 차지하는 활동요소로 교수전략을 명시하고자 했다.

감성적 체험 단계에서 확인할 수 있었던 STEAM 교육의 학습목표는 지구온난화를 완화시키기 위한 방안으로 김교사는 미세조류를 이용한 이산화탄소 감축 장치의 이산화탄소 감축 효과(BTB)를 확인하고, 이를 이용하여 만들 수 있는 바이오 디젤 에너지를 학생들이 Minds-On을 할 수 있도록 자극하였으며, 조별로 이번 프로젝트를 진행한 과정과 최종 결과물 및 프로젝트의 효과에 대하여 전체 학급을 대상으로 발표하고, 기후변화 및 이산화탄소 감축에 대한 생활 속 실천 방안을 제시하며 학생들의 Hearts-On 즉 감성적 체험을 할 수 있도록 이끌었다.

STEAM의 프로그램에서 나타난 명시적인 교수전략을 글로벌 이슈를 이용하여 수업

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

을 진행하였을 때 각각의 명시적인 교수전략은 다음과 같이 정리할 수 있다.

문제제기 단계에서는 가상이 아닌 현실의 경험과 연계된 개방적 질문을 사용하였고, 특수한 과제를 주며 기후변화가 현실적인 문제임을 깨닫게 해주었다. 또한 실질적인 상황을 고려한, 극한 위기상황에 처한 문제에 대한 해결책을 찾기 위해 동료들과의 협동학습을 통해 의견 교환을 하도록 하였다. 김교사의 문제제기 단계에서의 교수전략의 특징은 극한 상황을 학생들에게 제시하며 실제 우리에게 일어날 수 있는 현실에 감정이입을 시켜 현실적인 문제로 초대하는 역할을 해주었다.

창의적 설계단계에서는 학생들의 지속적인 관심을 위하여 실생활과 연계된 자료를 제시하거나 연계하도록 격려하였으며, 가상의 실험이 아닌 실질적인 해결책을 찾기 위해 현실적인 변수를 고려한 실험설계를 하여 현실의 상황과 비슷한 실험을 구상했으며, 가상의 상황에 고려되는 실험설계를 위한 장비가 아닌 현실적인 문제를 고려할 수 있고 자발적인 실험과정이 될 수 있도록 다양한 매체를 사용하였다 또한 실험을 하는 학습자들에게 동료 간의 의사소통의 기회를 제공하며 실험을 시행하는 학습자와 같은 공동 연구자로서 역할을 하였다. 김교사의 창의적 설계 단계에서의 교수전략의 특징은 학생들에게 문제를 해결하기 위한 현실적인 정보를 제공하였고 이를 해결하기 위해 다양한 매체를 사용하여 능동적인 탐구를 할 수 있게 해주었다.

마지막으로 감성적 체험 단계에서는 실험과 관련하여 고차원적인 생각을 할 수 있도록 해 주었고, 적절한 비유를 사용하여 학생들이 실험에 참여하게 하였다. 감성적 체험 단계에서의 교수전략의 특징은 학생들에게 지금까지의 내용을 통해 유사 상황 시 좀 더 능동적으로 대처할 수 있는 상황 판단능력을 기를 수 있도록 해주었다.

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

V. 결론 및 제언

본 연구는 기후변화 STEAM 프로그램에서 나타나는 명시적인 교수전략을 모범교사를 통해 관찰하고 이를 분석하여 교실 안에서 수행할 수 있는 STEAM 수업의 효율적인 효과를 위해 구체적인 교사의 실천가이드가 될 수 있도록 함에 목적을 두고 있다.

기후변화를 주제로 하는 STEAM 프로그램에서 도출되는 명시적인 교수전략을 탐색하기 위해 김교사의 기후변화 10차시 수업을 문제제기, 창의적 설계, 감성적 체험 단계 3단계로나누어 OTOP 관찰 도구와, NGSS 실천 분석 도구로 수업을 관찰하여 교수전략을 도출하였다. 도출된 STEAM 수업상에서 나타난 명시적인 교수전략을 토대로 다음과 같은 결론 및 제언을 시사하는 바이다.

첫째, 김교사는 STEAM 기후변화 프로그램을 명시적인 교수전략을 통해 STEAM 교육의 목표인 동기부여 및 흥미를 자극 하였다. 김교사의 STEAM 프로그램 수업에서는 기존의 이론중심의 수업과는 달리 여러 가지 수업을 보조할 ICT 미디어 매체(영상매체, 현미경, 테블릿 피씨, 이산화탄소 감축 킷트 등)를 이용하여 이론중심의 수업이 아닌 학습자가 적극적으로 참여 할 수 있도록 하였다. 이는 수업도중 학생들이 직접 기후변화에 대해 자료를 찾아본다거나, 온실기체에 대한 자료를 찾는다거나, 녹조류의 특징을 찾는 등 여러 가지 자료를 찾을 때 학생들은 테블릿 피씨 및 Standing Board와 Standing Table을 이용하였으며, 수업과 관련된 킷트나 준비물들은 김교사의 교수전략에 도움을 주었다. 또한 수업도중 테블릿 피씨를 이용하여 빔 프로젝트로 현장에서 바로 동료들의 생각을 공유하며 평가를 할 수 있게 해주었다. 즉, 21세기를 살아가면서 직면하게 되는 여러 가지 글로벌 이슈에 필요한 역량을 쌓기 위해 자료 수집, 정보 분석, 정보 활용, 매체를 활용한 능력을 기르고, 학습자 스스로 문제를 탐구하고 해결책을 생각해 낼 수 있는 능동적인 현대인을 위한 교육으로서 보조역할을 하기 에 충분하였다. 이는 명시적인 교수전략을 통해서 학생들의 동기부여 및 흥미를 불러일으키기 위해서는 충분하였다. 개방질문을 통해서 특히 주어진 정부차원에서의 글로벌 문제 해결문제는 학생들로 하여금 책임감을 가지게 하였고, STEAM 프로그램은 학생들에게 책임감에 따른 동기부여 및 흥미를 지속적으로 주기 위해서 구체적인 해결책을 제시할 수 있는 글로벌 이슈여야 한다. 따라서 앞으로의 STEAM 프로그램은 좀 더 현실적인 문제로 구성되어 제시되어야 할 것이다. 이를 위해 STEAM 프로그램을 구체적인 해결책을 구하는 글로벌 이슈를 다룰 수 있도록 프로그램 개발을 제안하는바 이다.

둘째, 김교사는 STEAM 기후변화 프로그램을 명시적인 교수전략을 통해 학생들

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

에게 학습의 기회를 제공하고 미래사회에 필요한 핵심역량을 충분히 달성할 수 있었다. 김교사는 명시적인 교수전략에 해당하는 각 수업에서의 협동학습을 통해 동료들 간의 커뮤니케이션 역량을 함양시켰고, 학생들에게 기후변화에 대해서 들어본 적이 있는지, 그리고 기후변화가 어떤 원인으로 일어나는지를 알아보았고, 이를 통해 학습자는 기후변화의 원인부터 차근차근 분석해 나갈 수 있었으며, 이를 예방하기 위한 방법, 그리고 극복할 수 있는 방법을 실험을 통해 간접적으로 체험하면서 기후변화의 심각성을 깨닫고 비판적으로 남들의 의견을 받아들이고 논리적인 사고를 할 수 있도록 도움을 주었다. 이는 글로벌 이슈에 관련된 문제를 인식하고 이에 따른 해결방법을 찾아내고 직접 실행으로 옮기며 비판적으로 받아들이고 논리적인 사고를 할 수 있게 해주었고, 명시적인 교수전략을 통해 학생들이 기회를 가질 수 있고 과학적 사고와 과학적 소양의 4가지 목표인 4-ON에 해당하는 목적을 달성하게 해주었다. 이는 글로벌 역량을 달성하기 위해 필수적임을 확인한 것이다. 이에 따라 교사의 명시적인 교수전략을 통해서 학생들이 핵심역량이든 과학적 소양의 목적이든 달성할 수 있는 기회를 받을 수 있는 기회가 있어야 학생들이 그러한 발휘를 할 수 있으므로 교사는 프로그램상에 핵심역량을 달성하고자 하는 교수전략을 포함해야 할 것이다.

셋째, 김교사는 STEAM 기후변화 프로그램으로 STEAM교육의 Art 적인 요소가 단순한 예술적인 측면만 생각 한 게 아니라 이에 확장된 인문학적 요소까지 경험하도록 하였다. 김교사는 감성적 체험 단계의 수업을 진행하는데 있어 킷트 등을 이용하여 예술적인 산출물을 직접 그리거나 제작하게 하고, 창의성을 발휘하여 인문적인 요소를 포함시키기도 하였고 이산화탄소 감축에 도움을 주는 녹조류를 키우는 것이 정말로 우리나라에 적절하고 이에 따른 경제적인 가치, 정치적인 견해 그리고 환경적인 요인까지 고려하는 모습 등은 인문학적인 관점을 통해 수업에서 다양한 인문요소를 경험하게 하였다. 정확하고 효율적인 STEAM 프로그램 보급을 위해서는 교사가 명시적으로 감성적인 체험을 줄 수 있는 기회를 STEAM프로그램이나 실질적인 교실 수업에 제공하여야 할 것이다.

넷째, 김교사의 STEAM 기후변화 프로그램은 다른 교사들의 경험을 토대로 하는 상황중심의 체계적인 STEAM 교사연수프로그램을 통해서 교사의 STEAM에 대한 철학 및 인식도 새롭게 재정비되었고, 명시적인 교수전략을 구체적으로 연습할 수 있는 체계적인 교사연수프로그램이 필요 할 것으로 파악된다. 교육에 있어 교사의 전문성은 가장 기본이 된다. 위의 여러 가지 명시적인 교수전략들은 절대로 혼자서 이루어지는 것이 아니다. 교과적인 지식은 혼자서 이루어 질 수 있지만, 수업과 관련된 노하우는 본인 스스로 습득이 될 수 없다. 기후변화라는 주제 이외에도 좀 더 다양한 주제를 가지고 다른 사들의 경험을 공유하여 철저하게 상황중심의 체계적인 STEAM 교사연수프로그램을 통해서 교사의 STEAM에 대한 철학 및 인식도 새롭게

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

재정비되어야 할 것이다. 즉 명시적인 교수전략을 구체적으로 연습할 수 있는 체계적인 교사연수프로그램이 필요할 것이다. 이러한 STEAM 관련 연수프로그램들이 글로벌 이슈의 각 단계별로 제시되면 단순한 수업의 전략 나열이 아니라 상황과 맥락이 제시된 명시적인 전략이 될 수 있으므로 교사들이 좀 더 효율적으로 STEAM교육을 배우고 익히는데 도움을 줄 수 있을 것이다. 즉 현행 교육과정과 연결된 글로벌 이슈를 중심으로 구성된 교사 연수프로그램이야 말로 교사의 전문성을 제대로 함양할 수 있을 것이다.

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

참고문헌

21세기 정치학 대사전(2010). 한국사전연구사.

강남화, 이은미(2013). 2009 개정 과학교육과정에 따른 고등학교 물리 교과서 탐구 활동 분석. 한국과학교육학회지, 33(1), 132-143

교육과학기술부(2012). 손에 잡히는 STEAM교육: 무엇이 아이들을 즐겁게 하는가?. STEAM 가이드북

교육과학기술부(2011). 2009개정 교육과정에 따른 과학과 교육과정. 교육과학기술부 고시 제2011-361호.

교육과학기술부(2010). 창의인재와 선진과학기술로 여는 미래 대한민국. 2011년 업무 보고서

교육과학기술부(2009). 2009 개정 교육과정: 과학과. http://ncic.re.kr/

김경희, 시기자, 김미영, 옥현진, 임해미, 김선희(2010). OECD 학업성취도 국제비교 연구(PISA 2009) 결과 보고서. 연구보고 RRE 2010-4-2, 한국교육과정평가원.

김덕호, 고동국, 한명재, 홍승호(2014). STEAM 프로그램을 적용한 과학수업이초등학생의 창의성과 과학교과 흥미도에 미치는 영향. 한국과학교육학회지. 34(1), 43-54

김진수(2005) 제7차 교육과정의 개정 방향 탐색을 위한 한국과 일본의 기술・가정 교육과정 비교. 대한공업교육학회지, 30(1), 68-83

김진수(2011). STEAM 교육을 위한 큐빅 모형. 한국기술교육학회지, 11(2), 124-139.

김진수(2012). 기술교사를 위한 STEM 프로그램 개발. 한국과학창의재단 중간보고서.

김영민, 박윤배, 박현주, 신동희, 정진수, 송성수(2014). 과학교육학의 세계. 북스힐

김세현, 유효숙, 최경희(2012). 2009개정 중·고등학교 과학과 교육과정에 제시된 글로벌 이슈 내용 및 STEAM 교육요소 분석. 학습자중심교과교육연구, 12(2), 73-96

김정아, 김병수, 이지훤, 김종훈 (2011). 융합적 인재 양성을 위한 IT 기반 STEAM 교수·학습 방안 연구, 수산해양교육연구, 23(3), 445-460

남상열, 정원조, 윤예린(2010). 글로벌 이슈에 대한 국제기구 ICT 분야의 대응논의와 시사점. 정보통신정책연구원(기본연구)

배선아, 금영충(2010). 공업계열 전문계 고등학교 화공 분야의 STEM 교육에 대한 화공교사의 인식과 요구. 대한공업교육학회, 35(1), 44-67.

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

배선아(2011). 중학교 전기전자기술 영역의 활동 중심 STEM 교육프로그램 개발 및 적용. 대한공업교육학회, 36(1), 1-22.

배협(2012). 중학교 발명수업에서 롤링볼 만들기의 STEAM 수업자료 개발. 한국교원대학교 교육대학원 석사학위논문.

백윤수, 박현주, 김영민, 노석구, 박종윤, 이주연, 정진수, 최유현, 한혜숙(2011). 우리나라 STEAM 교육의 방향. 학습자중심교과교육학회, 156-171

백윤수, 김영민, 노석구, 이주연, 정진수, 최유현, 한혜숙, 박현주(2012). STEAM 교육의 구성 요소와 수업 설계를 위한 준거 틀의 개발. 학습자중심교과교육연구. 12(4). 533-557

박현주(2012). 우리나라 STEAM 교육을 위한 고려사항. 제61차 한국과학교육학회 동계학술대회.

박도영(2011). 미국의 K-16 STEM교육. 위즈덤교육포럼 자료집, 44-53

박영만(1982). 존 듀이 실험학교 교육이론과 실제. 성균관대학교 석사학위논문

박영신(2012). 융합인재교육(STEAM) 프로그램 개발 최종보고서. 한국과학창의재단

신영준, 한선관(2011). 초등학교 교사들의 융합인재교육(STEAM)에 대한 인식 연구. 한국초등과학교육학회, 30(4), 514-523

서주희(2012). 초등학교 저학년을 대상으로 한 융합인재교육(STEAM) 프로그램 개발 및 적용 효과. 경인교육대학교 교육대학원 석사학위논문

서현정(2015). STEAM 형 교육 프로그램이 중학교 과학 연재 학생들의 창의적 사고에 미치는 영향. 공주대학교 교육대학원 석사학위논문

서권수(2013). 초등과학영재들의 과학적 창의성 및 태도 신장을 위한 과학기반의 STEAM 프로그램 개발 및 적용-나만의 창의적인 간장 만들기-. 원광대학교 교육대학원 석사졸업논문.

손연아, 정시인, 권슬기, 김희원, 김동렬(2012). STEAM 융합인재교육에 대한 예비교사와 현직교사의 인식 분석. 인문사회과학연구, 13(1), 255-284

우정주(2013). STEAM 교육에 대한 고등학교 교사의 인식과 관련한 질적 연구. 이화여자대학교 교육대학원 석사 학위 논문

이동윤, 김기수, 이창훈(2011). STEM 교육에 대한 기술교사의 인식과 요구. 한국기술교육학회지, 11(2), 159-180

이윤희, 한민영(2010). 과학기술의 사회적 수용 -유전자유전자변형생물체(LMO) 사례를 중심으로-. 한국사회역사학회, 13(1), 35-64

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

이우정, 강순희(2014). 중학생들의 방과 후 창의적 체험 활동에서 창의적 사고력과 비판적 사고력 강화 STEAM 지향 과학 교수 전략. 교과교육학연구, 18(2), 321-342.

이효녕, 손동일, 권혁수, 박경숙, 한인기, 정현일, 이성수, 오희진, 남정철 , 오영재, 방성혜(2012). 통합 STEM 교육에 대한 중등 교사의 인식과 요구. 한국과학교육학회지, 32(1),

이형민(2013). 과학기반 과학 기반 STEAM을 적용한 '태양계와 별' 단원 수업이 창의적 사고활동 및 과학적 태도에 미치는 영향. 부산교육대학교 교육대학원 석사학위논문

윤현진, 김영준, 이광우, 전제철(2007). 미래 한국인의 핵심역량 설정을 위한 초·중등학교교육과정비전연구(I). 한국교육과정평가원연구보고 RRC 2007-1.

조재주, 최유현, 김소연(2011). 화학영역의 통합적 STEM 발명교육 프로그램 모형 개발. 한국실과교육연구학회, 17(1), 165-188

조희형, 김희경, 윤희숙, 이기영(2014). 과학교육론. 교육과학사.

장호창, 남영숙(2008). 초등학교 환경교육 컨텐츠의 공간 범위에 대한 고찰. 한국환경교육학회 학술대회 자료집

장현진(2012). 융합교육(STEAM)에 대한 학생들의 인식도 조사. 인하대학교 교육대학원 석사학위논문

최경희(1996). STS 교육의 이해와 적용. 교학사

최유현, 정호근, 김동하(2008). 발명영재 교육 및 연구 인프라 구축 방안과 로드맵. 한국실과교육연구학회, 14(1), 251-270

Bhargava, V. K. (Eds.).(2006). *Global Issues for Glabal Citizens: An Introduction to Key Development Challenges*. Washington, DC: World Bank.

Capraro, R. M., Capraro, M. M., Morgan, J., & Scheurich, J. (2010). *A companion to interdisciplinary STEM Project-Based Learning: For teachers by teachers*. Sense Publishers

DeBoer, G. E.(2000). *Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. Journal of Research in Science Teaching, 37*(6), 582-601.

Harland, D. J.(2011). STEM student resarch handbook. National Science Teachers Association. NSTA Press; Arlington, VA.

National Research Council(2012). *A framework for K-12 science education:*

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington, D. C.: National Academies Press. http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=13165

Morrell, Camille Wainwright, Lawrence Flick(1999). *Reform Teaching Strategies Used by Student Teachers*.

Sanders, M.(2009). *STEM, STEM Education, STEMmania. The Technology Teacher, 68*(4), 20-26.

Tamir, P. (1988). Subject matter and related pedagogical knowledge in teacher education. Teaching and Teacher Education, 4(2), 99-110.

The Science Times. *세계 사망률 1위는 '대기오염' 2014.06.25. http://www.sciencetimes.co.kr/?p=125611&cat=36&post_type=news*

Pickering, A.(1992). *Science as practice and culture*. Chicago: The University of Chicago Press.

Pickering, A.(1995). *The mangle of practice*. Chicago: The University of Chicago Press.

Van Langen A., & Dekkers, H.(2005). *Cross-national differences in participating in tertiary science, technology, engineering and mathematics education. Computer Education, 41*(3)

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

감사의 글

많은 분들의 도움이 있었기에 지금의 제가 있을 수 있었다고 생각합니다. 논문을 마무리하고 '감사의 글'을 쓰려고 보니 눈앞에 떠오르는 얼굴들이 참 많습니다. 여기 이 감사의 글을 통해서라도 제가 느끼는 감사의 마음을 조금이나마 전할 수 있으면 좋겠습니다. 부족한 저를 항상 믿고 지켜봐주시고 변함없는 믿음과 사랑으로 가르침을 주시며 항상 격려 와 충고로 이끌어주신 박영신 교수님께 진심으로 머리 숙여 감사드리며 항상 건강하시기를 기원합니다. 부족한 제자가 이 논문을 쓰면서 다시 태어날 수 있었던 것은 모두 교수님의 덕분이고 교수님의 은혜는 잊지 못할 것입니다. 항상 죄송하고 감사합니다. 마지막에 속 썩여서 정말 죄송합니다.

부족함이 많은 제 논문에 애정을 갖고 가르침을 주시며 귀중한 조언들을 아끼지 않으셨던 안건상 교수님, 논문이 완성되기까지 조언과 격려를 해주신 이정화 박사님께 감사의 마음은 이루다 말할 수 없습니다. 그리고 늘 제자의 모습을 예쁘게 봐주시고 염려를 아끼지 않으신, 류찬수 학장님, 안경진 교수님께 감사드립니다.

언제나 내 곁에서 항상 응원해주는 사랑하는 많은 친구들 그리고 옆에 있는 것만으로도 큰 힘이 되어주는 나의 사랑하는 가족 아낌없는 지원과 항상 믿고 격려해주신 부모님, 사랑하는 우리 동생 치훈이에게도 말과 글로 표현할 수 없는 감사의 마음과 사랑을 전합니다.

그 밖에도 지면을 빌어 감사를 드려야 할 분이 수없이 많습니다. 비록 일일이 감사를 표하지 못하더라도 베풀어주신 따뜻한 성원과 격려에 깊은 감사를 느끼고 있음을 전하고 싶습니다. 이 작은 결실을 토대로 앞으로 더욱 발전된 모습을 보여드릴 것을 약속드립니다.

2015년 6월 마지막 수정후...