

10학년 ‘과학’ 수업에서 지구계 교육 프로그램 적용 방안 및 학생 반응 - ‘화산 폭발과 기후의 변화’를 중심으로 -

조규성 · 이광호 · 장지영 · 강현아*

전북대학교 사범대학 과학교육학부 과학교육연구소, 561-756 전북 전주시 덕진구 덕진동 664-14

Application and Student Responses for ESE Program in the 10th-grade Classroom - Focusing on ‘Volcanic Eruptions and Global Climate Change’ -

Kyu-Seong Cho, Gwang-Ho Lee, Ji-Young Jang, and Hyun-A Kang*

Institute of Science Education, Division of Science Education, Chonbuk National University,
Jeonju 561-756, Korea

Abstract: The purpose of this study is to help 10th grade students learn their science course more efficiently through an Earth System Education (ESE). ESE may contribute in the right view of nature and human by mitigating interdisciplinary in science and accomplishing harmonious tuition-studying. In this study, subject in 'Volcano explosion and Global climate change' is chosen by the ESE program and corrects are made so that it becomes suitable in 'Science' subject of the 7th curriculum and supplements this and inspects the application possibility. As a result of the analysis, the experimental group showed a positive change in almost all area; whereas, the control group was so only in cognition of science ($p=0.003$), interest toward science ($p<0.001$), attitude about science ($p<0.001$), etc. Experiment group in which ESE programs were applied shown higher accomplishment drawing in study accomplishment degree than the control group, which progress traditional class ($p=0.038$). Students from the experimental group were active, serious in attitude, self-directed in their studies during class. We can expect that the application of ESE programs has a good effect on scientific interest, curiosity enhancement of students, scientific talent and right view of nature height in science subjects on the basis of these result.

Keywords: Earth system education, volcano explosion and climatic change, student responses

요약: 본 연구의 목적은 지구계 교육을 통하여 과학을 공부하는 10학년의 학생들에게 도움이 되고자 하는 것이다. 지구계 교육은 과학 교과 간 구분을 완화하고 조화로운 교수-학습을 이루어감으로써 올바른 자연관과 인간관 육성에 기여할 것이다. 본 연구에서는 지구계 교육 프로그램 중 ‘화산 폭발과 기후 변화(Volcanic Eruptions and Global Climate Change)’라는 주제를 선정하고 이를 7차 교육 과정의 ‘과학’ 교과에 적합하도록 수정, 보완하여 그 적용가능성을 점검해 보았다. 그 결과 과학에 대한 인식($p=0.003$), 과학에 대한 흥미($p<0.001$), 과학적 태도($p<0.001$) 등의 과학에 대한 태도의 변화에 있어서 실험 집단이 통제 집단에 비해 거의 모든 영역에서 긍정적 변화를 보였다. 학업 성취도면에서는 지구계 교육 프로그램을 적용한 실험 집단이 전통적 수업을 진행한 통제 집단보다 높은 학업 성취도를 보였다($p=0.038$). 실험 집단의 학생들은 적극적이고 진지한 태도로 수업에 임했으며 자기 주도적으로 학습하였다. 이러한 결과를 토대로 과학 교과에 지구계 교육 프로그램의 적용은 학생들의 과학적 흥미와 호기심 고양 및 과학적 소질과 올바른 자연관 신장에 좋은 영향을 줄 것으로 기대할 수 있다.

주요어: 지구계 교육, 화산 폭발과 기후 변화, 학생 반응

*Corresponding author: joekha@hanmail.net

Tel: 82-63-270-2801

Fax: 82-63-270-2804

서론

7차 교육과정에서 추구하는 인간상은 전인적 성장의 기반 위에 개성을 추구하고, 기초 능력을 토대로 창의적인 능력을 발휘, 폭넓은 교양을 바탕으로 진로를 개척하는 사람이다. '과학' 교과는 3학년부터 10학년 까지 국민 공통 기본 교육과정으로 모든 학생들이 이수하는 필수 과목이며, 실생활 문제를 과학적으로 해결하는데 필요한 탐구방법 습득을 강조하고 있다. 이를 위해서는 단편적인 지식 전달보다 기본 개념을 유기적이고 통합적으로 이해하도록 교육해야 한다. 이러한 맥락에서 지구계 교육을 7차 교육과정의 '과학' 교과에 적용할 경우 큰 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

지구계 교육(ESE)이란 지구계(Earth System)를 주제로 하여 거시적인 관점에서 물리, 화학, 생물, 지구 과학을 통합하는 것을 말한다. 1988년 지구과학 교육 학자들을 중심으로 열린 워싱턴 회의를 통해 공식 명명된 '지구계 교육'은 1990년 이후로 오하이오 주립대학과 북콜로라도 대학에서 지구계 교육의 교사교육 프로그램 개발을 위한 연구로 이어져왔다. 이 연구의 책임자인 Mayer에 따르면 지구계 교육은 21세기의 바람직한 시민이 지녀야 할 지구적 소양을 양성키 위해 필연적인 것이라고 주장하였다(Mayer, 1991; 1995). 지구계 교육을 생물과 연결시킨 BESE (Biological Earth Systems Education)의 책임자인 Fortner(1992)는 오하이오 고등학교의 9학년, 10학년 학생들을 대상으로 연구를 수행하였으며, 학생, 교사, 학부모를 대상으로 BESE 프로그램의 적용 효과를 알아보았다(임은경 외, 2000). 또 50개 주의 교사들이 팀을 이루어 조직한 PLESE(Program for Leadership in Earth System Education)에 의해 더욱 활발히 연구되어 있으며, 지구계 교육의 틀과 지도서를 개발하였다. 우리나라에서는 1995년 정진우에 의해 경기도 중등교사 자격 연수 교재에서 소개된 바 있으며, 1996년 5월 개최되었던 국제 과학 교육 세미나에 지구계 교육의 연구 책임자인 Mayer의 연구 논문 발표가 있었다. 또 임은경 외(2000)의 '지구계 교육 현장 적용에 관한 연구'가 이루어졌고, 지구계 교육에 대한 전반적인 설명과 다양한 ESE 활동 프로그램의 소개가 있었으며 조규성과 강현아(2002)의 '지구계 교육에 따른 학생들의 반응 및 수업 활용 방안(지구 기 후 게임을 중심으로)'이 있었다.

본 연구는 7차 교육과정의 '과학' 교과에 ESE 프로그램 중 '화산 폭발과 기후의 변화'라는 학습 주제를 선정, 이를 우리의 현실에 맞게 수정·보완하여 학생들에게 적용하고, 학생들의 반응을 살펴봄으로써 '과학' 교과에서의 지구계 교육 적용 가능성을 알아보고자 하였다.

연구의 설계

본 연구는 ESE 프로그램을 선정 및 수정·보완하여 10학년 '과학' 수업에 적용할 수 있도록 프로그램을 개발하고, 이를 이질집단에 사전·사후검사 (nonequivalent group pretest-posttest design)하여 수업에 대한 반응을 알아보는 두 단계로 설계하였다. 연구를 실시한 집단은 전라북도 전주시에 위치한 인문계 고등학교 2학년 120명 학생들로, 실험반(60명, 2개반)과 통제반(60명, 2개반)으로 구분하여 수업처치를 하였다. 다만 연구기간 중 김사나 수업 처치에 누락된 학생과 답을 하지 않은 학생은 분석에서 제외하였다.

연구에 활용한 ESE 프로그램은 오하이오 주립대학에서 개발한 ESE 활동 프로그램 중 '화산 폭발과 지구 기후의 변화'와 관련한 프로그램으로, 선정 후 아래와 같은 단계를 거쳐 우리나라 실정에 맞도록 수정·보완하였다. 이 주제를 선정한 이유는 최근 폭우와 폭설 등 이상기후현상이 두드러짐에 따라 지구 기후에 대한 관심이 증폭되어 있기 때문에 학생들로 하여금 흥미를 유발시키기에 충분한 소재로 사료되었다. 또 10학년 과학교과 V단원의 1장 지구의 변동 및 2장 날씨와 기후를 아울러 암권과 기권, 수권의 상호작용까지 생각할 수 있는 주제이며, 여기서 파생되는 화산지진 등은 물리와 관련하여, 화산물질 등은 화학과 관련하여 간학문적 소재로 발전시킬 수 있을 것이다. 실제로 10학년 과학교과의 III. 물질 단원의 산과 염기, V. 지구 단원의 지구변동, 날씨와 기후, VI. 환경 단원의 산성비와 관련된 주제로 한 단원에 치중되는 것이 아니라 ESE 프로그램의 통합적인 활동으로 전개할 수 있다.

수정·보완의 과정은 원문내용 중 우리나라 실정에 다소 맞지 않거나 난해하고 복잡한 내용을 일부 삭제하는 것으로 시작하여 10학년 수준에 맞도록 '과학' 교과 내용을 첨가하거나 강조함으로써 교육현장에서 이 프로그램을 적용하는데 도움을 주고자 노력하였다.

Table 1. Acting plan schedule

차시	과정	절차	학습내용	장소	시간
1	탐구활동 A	· 학습안내 · 개인별 자료 분석	· 여러 화산의 사진(PPT) 자료 · 세계 평균 기온 편차 그래프 해석 · 세계 주요 화산 위치를 표시 · 화산과 기후의 관계 분석 · 보고서 작성	교실	50분
2	탐구활동 B	· 실험활동 · 토의 활동 · 조별 발표	· 실험 활동 · 보고서 작성 · 개념도 작성 · 탐구학습 결과 발표	과학실	100분

탐구활동 A와 B로 구성된 프로그램은 실험반에 적용하여 학생주도적 수업방식으로 진행하였다. 이에 반해 통제반은 지식 전달 위주의 전통적 수업 방식을 적용하였다.

ESE 프로그램 선정 및 수정 보완 단계

이 프로그램을 실제 수업에 활용하기 위하여 교사와 학생에게 주어질 자료를 국내 과학 사이트 및 관련 문헌자료, 과학 교과서 등을 참고하여 각각 제작하였다.

교사용 지도 자료는 보충과정, 기본과정, 심화과정으로 구성하였으며, 학생용 자료는 탐구활동 A와 B에 대한 안내서와 보고서로 구성하였다.

이 프로그램은 2차시에 걸친 두 개의 활동으로 나누어 진행하도록 계획되어 있는데 차시별 학습목표와 그에 따른 활동계획은 Table 1과 같다.

교사용 지도 자료의 제작 및 학생용 자료, 자료제작과정을 서술하면 다음과 같다.

이 프로그램을 수업에 활용하여 지구계 교육을 실시하고자 하는 교사를 위해 수업 시 발생할 수 있는 지도상 유의점을 제공하였다.

1) 학습 목표 및 차시별 활동 계획

가. 탐구활동 A의 학습목표

(1) 기초과정

- 세계주요화산의 위치를 위도, 경도로 표시하고 구분포를 설명할 수 있다.
- 세계평균기온편차그래프에 화산을 표시하여 화산 폭발과 기후변화의 관계를 설명할 수 있다.
- 기후 변동의 다른 요인들을 나열할 수 있다.

(2) 심화과정

- 화산폭발과 기후변화의 다양한 요인의 영향을 분석할 수 있다.

- 화산폭발의 위치나 화산 V.E.I 등이 지구기후조건과 어떤 관련이 있는지 토의할 수 있다.

나. 탐구활동 B의 학습목표

- 화산활동으로 인한 물질과 환경에 대한 산성비의 영향에 대해 설명할 수 있다.
- 화산 폭발 후 발생하는 지구기후변화와 그에 따른 산성비, 건축물, 생태계, 인류에 대한 영향 등을 토의한다.

2) 교사용 지도 자료의 제작

일선 학교에서 교사가 직접 이 프로그램을 적용하는데 도움을 주고자 교사용 지도 자료를 개발하여 다음과 같이 보충, 기본, 심화과정 자료인 세 가지 영역의 자료로 나누어 작성하였다.

(1) 보충과정 자료: 과학 시간에 이미 배웠다는 가정 아래 별도의 시간을 두지 않고 탐구 활동 들어가기 전 선수학습의 발문 및 복습으로 잠깐 언급하는데 활용할 수 있도록 제작하였다.

(2) 기본과정 자료: 탐구과정 A와 B에 필요한 이론적인 내용으로 통제 집단에게 전통적인 수업으로, 실험 집단에게 탐구활동 A, B의 과정을 들어가기 전 PPT 자료와 함께 간단한 안내 자료로 제공된다. 또한 탐구활동 B 과정에서 개념도를 태도평가에 이용하고, 지도 자료에 개념도 작성 자료를 첨가하였는데, 개념도의 작성은 별도로 가르치지 않으며, 탐구활동 B 과정 중 개념도 작성 과정과 다른 주제의 개념도를 제시관에 전시해둔다. 학생들이 전시된 자료를 보고 스스로 깨우쳐 자기 주도적인 학습이 이루어지도록 하기 위함이며, 조별로 개념도를 작성하여 협동적 활동이 이루어질 수 있도록 제작하였다.

(3) 심화과정 자료: 통제 집단과 실험집단 모두에게 별도의 설명은 하지 않고, 유인물을 통해 배부

하는 자료이다. 다소 어려운 내용에 대하여 ‘더 생각해 보기’란(탐구활동 A)을 만들어 학생들에게 스스로 서술하도록 지도한다. 이때 정확한 답을 요구하기보다는 학생들에게 논리적이고 과학적으로 사고할 수 있도록 지도하는데 더 주안점을 둔다. 실제로 학생들은 명확하고 단편적인 답에 익숙한 터라 이 부분을 다소 어렵게 느끼므로 위의 사항을 사전에 알려주는 것이 유리하다. 이 과정은 교사의 판단아래 일부 삭제될 해도 무관하다.

3) 탐구 안내서와 학생용 보고서의 제작

탐구 안내서와 학생용 보고서는 탐구활동 시 학생들에게 나누어 주는 자료로 오하이오 ESE 활동 프로그램을 현실 여건과 ‘과학’ 교과에 맞도록 많은 부분을 수정하고 보완하여 제작하였다.

가. 탐구활동 A

(1) 1번 활동은 세계지도에 화산의 위치를 표시하도록 한다. 원문의 프로그램은 10학년에게 다소 생소하고 난해한 활동이어서 ‘과학’ 교과의 화산과 지진 분포 및 판의 경계부 위치 등을 알아보도록 하였다. 활동에서 사용한 12개의 화산은 비교적 규모가 큰(V.E.I 지수 4 이상) 화산을 무작위로 선정하여 최신의 자료로 변경, 사용하였다.

(2) 2~3번에서 사용한 세계평균기온편차 그래프 역시 IPCC (the Intergovernmental Panel on Climate Change) (2001)에서 수집한 최신 자료로 바꾸었다. 원문에서는 단순히 표로만 소개된 것이었으나, 이 활동 프로그램에서 화산 폭발의 연도를 그래프에 기입하는 과정을 새롭게 첨가하였다. 그래프를 보고 전반적으로 최근 약 100년 동안 기온이 꾸준히 상승하는 지구 온난화 경향을 겪었다는 것을 알 수 있도록 하는 데 목적을 두었다. 2번 문항에서 지구 온난화에 관해 질문하는 문항을 새롭게 만들었는데 이는 ‘과학’ 교과에 나오는 내용에 해당된다.

(3) 앞에서 언급한 바와 같이, 3번 문항에서는 세계 평균기온편차 그래프에 화산폭발 시점을 직접 기입하는 활동을 새롭게 첨가하였다. 이 활동을 통해 화산 폭발 시점을 그래프에 직접 표시하여 기온이 현격하게 내려감을 학생들이 쉽게 깨달을 수 있도록 지도할 수 있다.

(4) 4번 문항에서는 지구 온난화와 세계 기후 변화의 여러 가지 다양한 변화가 작용함을 인식하고 고려하도록 새로운 문항을 첨가시켰다.

(5) 원문에서 소개된 주요 활동내용은 화산과 기후의 관계에서 화산의 고도, 위도, 계절, V.E.I 규모, 화산재의 양 등 다양하고 복잡한 변인을 분석하는 내용인데 10학년 과정에서 어렵고 생소한 내용이므로 ‘더 생각해보기’라는 심화 과정으로 소개하였다. 정확한 답을 요구하기보다는 자신의 생각을 보다 논리적으로 서술하고 과학적 탐구 능력을 기르는 데 의의를 두어 제작하였으며, 이에 대한 평가는 논리적으로 서술한 학생들에게 보너스 점수를 주는 것으로 제작하였다.

(6) 탐구 안내서에 탐구활동의 평가기준을 간략하게 기입하여 학생들에게 객관성 있는 평가임을 인지 시켜주고, 탐구활동에 적극적이고 자발적인 활동을 할 수 있는 동기를 부여하고자 하였다.

나. 탐구활동 B

(1) 실험 집단에게 자세한 설명은 하지 않고, 이론적인 내용을 안내서에 실어줌으로써 간단한 안내와 소개를 대신하며 탐구활동 B를 실시하였다. 이번 활동은 화산 활동이라는 주제로 시작하여 ‘산성비’와 가장 관련이 깊으며, ‘산과 염기’의 이론이 뒤받침이 되어야 하고, 더 나아가 생태계의 영향과도 관련이 깊다. 따라서 하나의 주제로 지구과학, 화학, 생물이 통합된 탐구활동이라 할 수 있다.

(2) 안내서에 소개된 ‘성층권과 지표면의 온도’ 그림은 IPCC (the Intergovernmental Panel on Climate Change) (2001)에서 수집한 자료이며 한 눈에 지표면의 온도와 성층권의 온도 차이를 확연히 볼 수 있는 좋은 자료로 판단되어 안내서에 실었다.

(3) ‘과학’ 교과에서의 산성비 실험과 매우 유사하여 나뭇잎, 사과 등 여러 가지 물질들을 더 첨가시켰다. 물과 토양 샘플은 전주천 및 학교 운동장 등 주변 환경에서 학생들 스스로 직접 채취하여 사용하였다. 이 샘플들에 대한 검사 결과 pH시험지로는 미세한 차이를 보기 힘들었으며, 장소에 따른 pH값은 거의 비슷하게 나타났다(모두 중성 pH 7에 가깝게 나왔음). 따라서 산성비 용액 첨가 전후의 pH의 변화를 보는 것

이 목적이므로 가까운 주위 어느 곳의 물이나 토양 샘플이라도 무방하리라 판단되었다.

- (4) 조별로 작성하는 개념도에 대한 설명은 별도로 하지 않고 다른 주제의 개념도와 개념도 작성 과정들을 실험실 양 벽에 전시해 두었다.
- (5) 탐구활동 A와 마찬가지로 탐구 안내서에 탐구 활동의 평가기준을 간략하게 기입하여 학생들에게 객관성 있는 평가임을 인지 시켜주고, 탐구활동에 적극적이고 자발적인 활동의 동기를 부여하고자 한다.

4) 지도상 유의점

가. 활동에 들어가기 전: 이 활동은 지구과학과 화학, 생물, 환경 단원이 통합적이고 유기적으로 관련되어있는 것이므로 과학 교과를 다 마친 후에 실시하는 것이 유리하며, 한 단원에 집중된 것이 아니고, 시간이 많이 요구되는 학습이므로 재량시간이나 특별활동에 실시하는 것이 현실적이다.

나. 탐구활동 A: 탐구활동 전에 화산 폭발 시 분출과 현상들의 사진을 보여주고, 단순히 그래프에 기입하는 것만이 아닌 조별로 토의를 할 수 있도록 유도한다. 또 기후변화는 한 가지가 아닌 복잡하고 다양한 요인에 영향을 받고 있음을 깨닫도록 이끌어 준다.

다. 탐구활동 B: pH와 산성비에 관한 내용은 이미 과학 시간에 배운 후 실시하도록 하고, 물 샘플은 직접 강이나 시내, 바닷물 등에서 채취하고 토양 샘플은 운동장, 산, 논, 밭 등에서 채취하도록 한다. 토양의 pH는 직접 측정이 곤란하므로 토양을 거름종이 위에 두고 증류수와 산성용액을 번갈아 가며 흐르게 한 후에 측정한다. 산성비 용액은 비를 받거나 교사가 산성비 용액을 만들어도 무방하다. 개념도를 그리고 시간 여유가 있다면 조별로 발표하도록 하면 더욱 효과적이다.

수업에 대한 반응 검증 단계

프로그램의 효과성을 확인하기 위해 실시한 과학적 태도 검사는 인식, 흥미, 태도의 하위척도에 대한 것으로, 인식에서는 '과학에 대한 인식', '과학교육에 관한 인식', '과학자와 과학관련 직업에 대한 인식', '과학-기술-사회의 상호관련성에 대한 인식' 등의 하위영역에 걸쳐, 흥미에서는 '과학에 대한 흥미', '과학 학습에 대한 흥미', '과학과 관련된 활동에 대한 흥미', '과학과 관련된 직업에 대한 흥미', '과학 불안'

등의 하위 척도로 구분해 검사하였다. 또 과학에 대한 태도에서는 호기심, 개방성, 비판성, 협동성, 자신성, 끈기성, 창의성 등의 하위 척도로 구분해 사전검사를 실시하였다. 일주일 후 실험처치를 하고 사전검사와 동일한 검사지를 사용하여 사후검사를 실시하였다. 사전·사후검사로 활용한 과학적 태도 검사지는 김효남과 양민(1996)이 개발한 80개 문항으로 이루어진 검사지이며, 검사도구의 신뢰도는 0.83~0.86이다. 검사지는 긍정적인 문항인 경우 매우긍정 5점, 긍정 4점, 보통 3점, 매우부정 1점으로 채점하였고, 부정적인 문항의 경우는 역산하였다. 통계자료의 처리는 엑셀로 작성하여 SPSSWIN 8.0 통계프로그램을 이용하여 유의미한 차이를 검증하였다. 학업 성취도의 평가는 14문항을 개발하여 현직 지구과학 교사 5명에게 내용 타당도를 검증을 받아 사용하였으며, 사전 비교를 위해 중간고사의 공통과학 성적을 활용하였다.

결과 및 논의

앞서 개발한 자료를 실제 수업에 적용하고 그에 따른 학생들의 반응을 과학에 대한 인식, 흥미, 태도의 세 하위영역에 걸친 과학적 태도 검사와 학업성취도 결과를 통해 ESE 프로그램의 객관적 효율성을 검토하였다. 또 수업에 대한 학생들의 주관적 반응을 통해 프로그램의 활용의 타당성을 확보하였다.

1) 과학적 태도 검사

(1) 인식(C; cognition): 과학에 대한 인식(CS; cognition of science), 과학교육에 관한 인식(CL; cognition of science learning and teaching), 과학자와 과학 관련 직업에 대한 인식(CC; cognition of science related careers), 과학-기술-사회의 상호관련성에 대한 인식(CT; cognition of importance related to STS problems) 등의 하위 척도로 구분해 조사한 결과는 Table 2와 같다.

통계집단은 큰 변화가 없거나 오히려 부정적인 변화가 있었지만, 실험집단은 CS는 0.70점, CL은 0.72점, CC는 0.70점, CT는 0.21점의 향상을 보였으며 이러한 점수변화는 CS를 제외한 나머지 영역에서 통계적으로 유의미한 결과였다. 따라서 과학의 Cognition은 전체적으로 0.50점의 향상을 보였고 통계적으로 유의미한 결과였다($p=0.003$). 이는 과학 교과에서의 ESE 적용 프로그램을 적용한 통제집단이 과학의 인

Table 2. Result of cognition about science

하위 척도	집단	사례수	사전 검사		사후 검사		점수 비교	유의도
			평균	표준편차	평균	표준편차		
CS	통제집단	59	15.43	1.58	15.46	1.65	0.03	0.110
	실험집단	59	15.34	1.49	16.03	2.43	0.70	
CL	통제집단	59	15.46	2.18	14.80	1.96	-0.54	0.011
	실험집단	59	15.08	2.06	15.80	2.13	0.72	
CC	통제집단	59	17.08	1.69	16.10	1.70	-0.98	0.009
	실험집단	59	16.32	2.23	17.02	1.58	0.70	
CT	통제집단	59	19.39	1.83	17.90	1.71	-0.49	0.038
	실험집단	59	18.42	1.71	18.63	1.54	0.21	
Cognition	통제집단	59	16.78	1.07	16.31	1.02	-0.47	0.003
	실험집단	59	16.22	1.32	16.72	0.94	0.50	

식에 대한 긍정적인 변화를 주는데 효과적임을 알 수 있다.

(2) 흥미(I; Interests): 과학에 대한 흥미(IS; Interests toward science), 과학 학습에 대한 흥미(IL; Interests toward science learning), 과학과 관련된 활동에 대한 흥미(IA; Interests toward science activities), 과학과 관련된 직업에 대한 흥미(IC; Interests toward science related careers), 과학불안 (IX; Interests/anxiety)등의 하위 척도로 구분해 조사한 결과는 Table 3과 같다. 과학에 대한 흥미란 과학과 관련된 어떤 대상이나 활동에 대하여 특별히 관심이 있거나 감정적으로 좋아하느냐 싫어하느냐, 재미가 있느냐 없느냐에 관한 내용으로 실험집단이 통제집단 보다 1.43점 향상되어 긍정적인 변화를 보였다($p < 0.001$). 통제집단의 학생들은 과학에 대한 흥미의 하위척도인 IS에서 1.43점, IL는 1.38점, IA는

1.07점, IC는 1.32점, IX는 1.54점씩 향상되었다. 이는 딱딱한 수업보다는 ESE 수업을 적용하여 학생들에게 동기유발을 일으켜 더 적극적으로 참여함으로 과학에 대한 흥미가 증가함을 시사해준다.

(3) 과학에 대한 태도(A; Attitudes about science): 호기심(AU; curiosity), 개방성(AP; Open-mindedness), 비판성(AR; Critical-mindedness), 협동성(AO; Cooperation), 자진성(AV; Voluntariness), 끈기성(AE; Endurance), 창의성(AC; Creativity) 등의 하위 척도로 구분해 조사한 결과 Tabel 4와 같았다.

전통적인 수업을 한 통제집단에 비해 ESE 프로그램을 적용한 실험집단의 학생들이 과학에 대한 태도에 있어서 1.62점이 향상됨을 뚜렷하게 볼 수 있었다($p < 0.001$). 통제집단은 호기심에서 2.15점, 개방성은 1.14점, 비판성은 1.84점, 협동성은 1.83점, 자진성은

Table 3. Result of interests about science

하위 척도	집단	사례수	사전 검사		사후 검사		평균점수 비교	유의도
			평균	표준편차	평균	표준편차		
IS	통제집단	59	13.61	2.68	13.35	2.72	-0.26	0.038
	실험집단	59	12.57	2.70	14.00	3.27	1.43	
IL	통제집단	59	16.32	2.68	15.58	2.36	-0.65	0.008
	실험집단	59	14.10	2.08	15.48	2.30	1.38	
IA	통제집단	59	13.53	2.99	13.22	2.33	-0.31	0.124
	실험집단	59	12.25	2.22	13.32	2.67	1.07	
IC	통제집단	59	10.31	1.79	10.81	2.26	0.50	0.247
	실험집단	59	10.13	1.87	11.45	2.87	1.32	
IX	통제집단	59	17.44	2.51	17.03	2.34	-0.41	0.022
	실험집단	59	16.19	2.79	17.73	2.61	1.54	
Interests	통제집단	59	13.61	2.68	13.35	2.72	-0.26	<0.001
	실험집단	59	12.57	2.70	14.00	3.27	1.43	

Table 4. Result of attitudes about science

하위 척도	집단	사례수	사전 검사		사후 검사		평균점수비교	유의도
			평균	표준편차	평균	표준편차		
AU	통제집단	59	15.24	2.27	14.93	2.42	-0.31	0.001
	실험집단	59	14.14	2.32	16.2	92.25	2.15	
AP	통제집단	59	18.73	1.84	18.00	2.07	-0.73	0.002
	실험집단	59	17.53	2.23	18.66	2.02	1.14	
AR	통제집단	59	16.05	2.15	15.88	1.86	-0.17	0.002
	실험집단	59	14.29	2.11	16.15	2.11	1.84	
AO	통제집단	59	15.23	2.35	15.39	2.65	-0.54	0.002
	실험집단	59	14.44	2.44	16.27	2.15	1.83	
AV	통제집단	59	14.31	2.56	14.03	2.58	-0.27	0.003
	실험집단	59	13.14	2.55	15.30	1.99	2.17	
AE	통제집단	59	14.85	2.05	14.32	2.18	-0.53	0.007
	실험집단	59	14.15	2.32	15.25	2.01	1.10	
AC	통제집단	59	14.11	2.61	13.55	2.49	-0.53	<0.001
	실험집단	59	14.55	2.62	15.12	2.61	0.63	
Attitudes	통제집단	59	15.54	0.90	15.27	1.03	-0.44	<0.001
	실험집단	59	14.55	1.37	16.17	1.07	1.62	

2.17점, 끈기성은 1.10점, 창의성은 0.63점씩 향상되었다. 따라서 ESE 적용 프로그램이 과학적 태도를 긍정적으로 변화에 많은 기여를 한 것으로 판단된다.

2) 학업 성취도 결과

실험집단과 통제집단의 사전 학업 성취도 비교는 2001년 9월에 실시한 중간고사 성적으로 대신하였으며, 사후 학업 성취도 평가는 연구자가 개발한 14문항을 통제집단과 실험집단에 똑같이 투입하여 측정하였다. 그 결과는 Table 5와 같다.

사전 검사 점수는 통제 집단이 실험 집단보다 1.64점이 더 높게 나타났지만 연구자가 개발한 사후검사에서는 실험집단이 5.6점 높게 나타났고, 통계적으로 유의미한 결과였다($p = 0.038$). 이를 통해 화산 폭발과 지구 기후변화의 ESE 적용 프로그램이 학업 성취도에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단할 수 있다.

3) 학생들의 수업에 대한 반응

‘화산 폭발과 기후의 영향’을 주제로 한 탐구활동 A와 B로 이루어진 ESE 활동 프로그램을 ‘과학’ 교

과에 적용해본 결과, 통제집단에 비해 실험집단이 수업에 흥미를 가지고 적극적으로 참여하였다.

탐구활동 A는 화산의 위치를 세계 지도에 표시하고, 화산이 폭발한 지점을 세계기온편차 그래프에 직접 기입함으로써 화산과 기온의 영향을 분석하는 활동이었는데, 처음에는 학생들이 생소하고 어려움을 호소하기도 하였다. 그러나 자료 분석을 하는 과정에서 자기 주도적 수업이 이루어짐에 따라 학생들의 진지한 태도와 질문 및 반응을 엿볼 수 있었다. 또한 더 생각해보는 심화과정에서는 논리적이고 과학적인 사고를 기술하였다.

이어진 탐구활동 B는 탐구활동 A와 같이 화산이라는 공통적인 주제로 시작하여 산성비에 관한 실험으로 발전함에 따라 학생들의 흥미와 호기심을 더욱 유발할 수 있었다. 탐구활동 A와 탐구활동 B를 모두 마친 후, 학생들의 반응은 대부분 긍정적인 반응을 보였고 과학적 태도와 학업 성취도에서 바람직한 변화를 보였다. Fig. 1은 수업과정에서 학생들이 작성한 개념도이고, Fig. 2는 수업 후 학생들의 반응을 살펴본 보고서 내용의 예이다.

Table 5. Result of learning accomplishment

집단	사례수	사전 검사 점수		사후 검사 점수		평균점수 비교	유의도
		평균	표준편차	평균	표준편차		
통제집단	59	72.64	13.53	69.64	14.38	-2.59	0.038
실험집단	59	71.07	13.49	73.27	12.56	2.20	

개념도 응지

[조

조원 번호 : 1, 7, 13, 19, 25

조원 이름 : 강선영, 김호식, 박용수, 이윤락, 김수민

학습 주제 : 화산 폭발

<개념표>

화산 폭발, 보존물, 화산권, 이산화탄소, 마그마, 연동, 지진, 산성비, 두껍의 산성화, 수질의 산성화, 건물들의 붕괴, 인공 지진, 지열발전, 가열, 지열열은

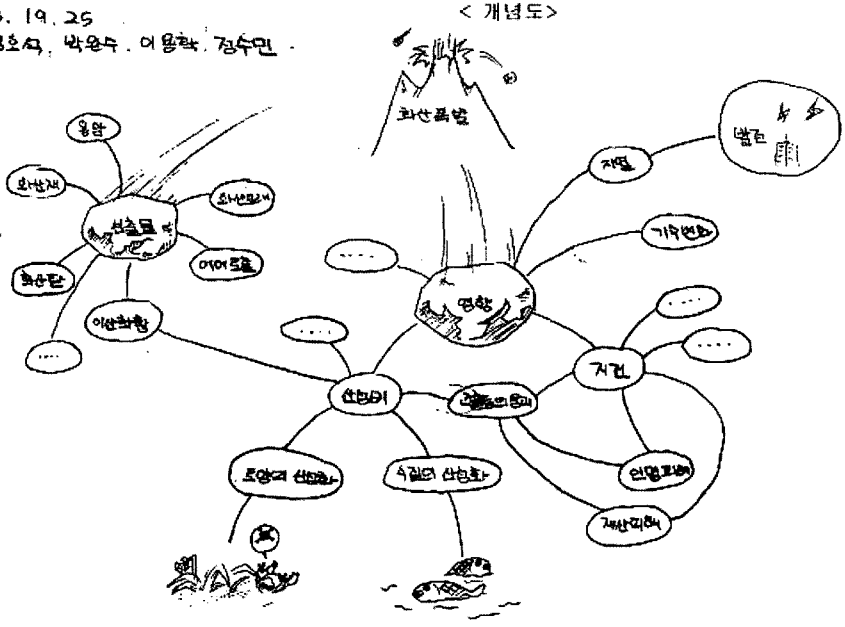


Fig. 1. Concept mapping that students manufacture.

8. 실험을 마치고 하고픈 말(탐구활동 A와 탐구활동 B 모두)

구스에서 자주보던 이상 기후현상의 원인에 대해서 조금이나마 알수 있었다. 화산이라고 떠올리면 폭발하는 그 모습만 떠올랐었는데, 그후의 지구환경에 대한 영향을 알수 있었다. 산성비에 대한 실험에서는 정말 흥미로움이 심각히구나 하는 생각이 들었다. 심각한 대기오염이 결국 우리 인간에게 직접적으로 영향을 준다는 것을 알았다. 여러모로 좋은 경험이 된 실험이었다고 생각한다.

8. 실험을 마치고 하고픈 말(탐구활동 A와 탐구활동 B 모두)

다소 생소한 주제를 이번 실험 활동을 통해서 생각할 수 있는 계기가 된 것 같아 보람있었고, 화산 활동이 우리의 생활과 환경에 미치는 영향을 간접적으로나마 알 수 있었다. 앞으로 좀 더 심도있는 이런 탐구 활동을 통해 지구환경의 위해를 최소화할 수 있는 방안을 마련해야 하겠다.

Fig. 2. Examples of responses after lessons.

탐구활동의 과정에서 지구환경에 대한 높은 관심을 보이고 개념도의 제작과정에서 창의적 사고를 하는 학생들의 반응을 통해 과학적 및 반성적 사고에 지구계 교육이 효과적임을 확인할 수 있었다.

결론 및 제언

본 연구는 ESE 프로그램을 선정, 우리 실정에 맞게 수정, 개발하여 이를 수업에 적용한 후 학생들의 반응을 알아보았다. 10학년 '과학' 교과와 '화산 폭발과 기후 변화'에 대한 ESE 프로그램을 선정하고, 학생들의 흥미 유도를 위한 학생활동 위주의 새로운 내용을 첨가하는 등 현실에 맞게 수정·보완하였다.

자료의 제작 후 이를 학생들에게 적용하여 수업을 실시한 결과, 과학에 대한 인식($p=0.003$), 과학에 대한 흥미($p<0.001$), 과학적 태도($p<0.001$) 등의 과학 태도의 변화는 실험 집단이 통제 집단에 비해 거의 모든 영역에서 유의미한 긍정적인 변화가 있었다. 학업성취도면에서는 ESE 프로그램을 적용한 실험집단이 전통적인 수업을 적용한 통제 집단보다 높은 학업성취도를 보였다($p=0.038$). 실험집단 학생들의 정의적 영역의 변화를 살펴보면 수업에 임하는 동안 지구과학을 친밀하게 느끼게 되었고, 개념도의 제작 과정 및 실험설계, 실험 수행까지 자기 주도적 학습이 이루어진 것으로 나타났다. 이를 토대로 전통적인 지식 전달의 수업 보다 ESE 활동 프로그램이 '과학'

교과에서의 학업 성취도에도 효과가 있다는 것을 알 수 있었다. 즉 교과서 중심의 획일화된 주입식 교수-학습 방법을 탈피하여 지구계 소재를 통한 학생이 중심이 되는 토의식, 협력식 수업진행으로 학생들의 높은 호응을 얻을 수 있었다.

따라서 7차 교육과정의 '과학' 수업에 ESE 활동 프로그램의 적용은 '과학' 교과의 통합과학 교육과정의 수행 및 올바른 자연관 육성에 효과적일 것으로 판단된다.

학생 선택중심이 주요 특성인 7차 교육과정에서 ESE 프로그램의 활용은 지구과학과목의 선호도를 높여 지구과학의 입지를 공고히 하는데 효과적일 뿐만 아니라 통합과학의 소재인 지구계를 활용한 수업이 학생의 태도변화 및 학업성취도에 긍정적 변화를 초래하는 것으로 보아 과학교육의 발전에도 활력을 불어넣어줄 수 있을 것으로 기대된다. 또한 이공계 대학 기피현상이 심화되는 현 상황에서 이공계에 대한 흥미와 관심을 불러일으키는 매개로서의 역할도 기대할 수 있다.

다만 ESE 프로그램 활용에 따른 시간확보 문제와 통합과학적 성격의 장점을 최대한 살리기 위해서는 대단원의 마무리단계에 실시하는 것이 효과적이라는 현실적 과제가 남는다. 따라서 교육 여건의 개선과 교사의 개방적인 태도 등 적극적 대안을 찾아야 한다. 실제 수업에서 어렵다면 특별활동이나 재량 활동을 통해 수행하는 것도 하나의 방안이라 할 수 있다. 또한 다양한 ESE 활동 프로그램을 개발하기 위한 교사의 노력이 이어져야 한다. 본 논문에서 개발한 화산폭발과 기후변화뿐만 아니라 지진, 해수의 이용 등

최근 이슈가 되고 있는 지구계의 소재들을 중심으로 간학문적 통합과학교육을 구상하고 학생 주도적 수업이 이루어질 수 있도록 프로그램을 개발해야 한다.

ESE는 통합과학교육에 적절히 이용될 수 있을 뿐만 아니라 지구과학교육에서도 현상을 중심으로 관련 개념들을 연결시켜 교육하기에 적합하다. 따라서 차기 교육과정 10학년에 도입될 예정인 지구계 단원에서 지질, 해양, 기상 분야를 통합한 교육프로그램을 적용한다면 좋은 효과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- 김효남, 양민, 1996, 초등학교 고학년 학생들의 기초 과학 적성 수준과 과학에 대한 태도 연구. 한국초등과학교육 학회지, 15(2), 251-262.
- 임은경, 홍상욱, 정진우, 2000, 지구계 교육의 현장적용에 관한 연구. 한국지구과학회지, 21(2), 93-102.
- 조규성, 강현아, 2002, 지구계 교육 프로그램의 적용에 따른 학습자의 반응(지구기후게임을 중심으로). 한국지구과학회지, 23(4), 299-308.
- Fortner, R.W., 1992, Biological and Earth Systems Science. *The Science Teacher*, 59 (9), 32-37.
- Mayer, V.J., 1991, Earth Systems Science; A planetary perspective. *The Science Teacher*, 58 (1), 34-39.
- Mayer, V.J., 1995, Using the Earth Systems education for integrating the science curriculum. *Science Education*, 43, 395-400.
- IPCC (the Intergovernmental Panel on Climate Change), 2001, Technical Summary of Working Group I Report, 1000 p.

2005년 9월 14일 접수

2006년 3월 3일 수정원고 접수

2006년 3월 27일 원고 채택