

지구계 중심의 과학영재교육 프로그램 개발 및 적용

임은숙 · 이효녕 · 박수경*
경북대학교

Development and Application of Science Program for Gifted Students Based on Earth Systems

Eunsook Im · Hyonyong Lee · Sookyong Park*
Kyungpook National University

Abstract: The purposes of this study were to develop an Earth Systems-based program for science-gifted students and to investigate the effects of field application. The developed program was composed of six activities focused on ‘fault and earthquake’. Each step including exploratory step, enrichment step and application step was designed to be associated with aims for Earth Systems Education. Two instruments for experiments were produced and students' activity sheets and teacher's guide of the program were developed. The program was applied to 14 science-gifted students who were 8th grade belonging to an institute for science-gifted at an university. Data was collected from students' activity sheets, outcomes and questionnaires. The findings were as follows. First, the results of analyzing the students' activity sheets and outcomes indicated that the program was helpful in understanding the interactions among subsystems of the Earth. Secondly, the results of the survey indicated that positive responses in acquiring scientific concepts and the results revealed science-gifted students were much interested in this program. Many students perceived that the level of program was appropriate for the science-gifted students, a few students perceived that the level of contents was high.

Key words: Earth Systems, science-gifted students, fault, earthquake, subsystems

I. 서 론

현대 과학교육에서는 지구환경시대를 살아가면서 접하는 환경문제나 이슈에 대하여 학생 스스로의 의사결정이나 문제 해결을 위해 요구되는 새로운 과학적 소양의 함양에 관심이 고조되고 있다. 급격히 발전하는 과학기술 사회를 살아가기 위해서는 지구환경에 관련된 문제와 관련하여 개인적인 의사결정, 사회적 사건의 참여 및 경제적 생산성을 위해 필요한 지식이 강조되고 있다. 아울러 하나뿐인 지구환경을 보존하기 위해 지구환경에 대한 심미적인 가치, 책임의식에 대한 내용이 교육될 필요성이 대두되고 있다. 이러한 지구환경시대에 새롭게 요구되고 강조된 과학적 소양을 배양하기 위한 일환으로 제안된 대표적인 교수·학습 방법이 지구계 교육 프로그램이다(이효녕, 2006; Mayer, 1991a, 1991b, 2002).

미국 오하이오 주립대학과 북콜로라도 대학을 중심으로 한 최근 10여 년간의 연구를 통하여 개발되어온 지구계 교육(ESE; Earth System Education)은 지구적 소양을 강조하며 과학교육과정을 구성하는 새로운 철학을 제시하고 있다. 지구는 단편적인 현상들의 복합체가 아니라 다양한 현상들의 이면에 하나의 체계를 가지고 서로 유기적으로 결합되어 있는 시스템이다. 그러므로 부분적인 현상은 그것에만 머무는 것이 아니라 전반적인 지구 하위계(수권, 대기권, 생물권 등)에 영향을 주고 받는다. 그러나 이러한 상호작용 과정은 매우 복잡하고 쉽게 파악이 되지 않으므로 구체적으로 접근하기가 어렵다. 따라서 지구계 교육이란 지구시스템을 주제로 하여 거시적인 관점에서 물리, 화학, 생물, 지구과학 분야에 대한 통합을 시도하며, 전체론적인 접근법(holistic approach)을 강조하고 있다. 이에 대한 교육적 의의는 우선 현대 시민

*교신저자: 박수경(myskpark@yahoo.co.kr)

**2009년 05월 07일 접수, 2009년 06월 10일 수정원고 접수, 2009년 06월 11일 채택

***이 논문은 2009 경북대학교 과학교육연구소의 지원을 받아 수행된 연구임.

에게 필요한 지구적 소양과 지구환경에 대한 탐구능력의 함양에서 찾을 수 있다(Mayer, 1991a, 1991b, 1995, 2003). 또한 과학 탐구에 있어 실험적 방법 외에 역사적이고 기술적인 여러 방법들을 제시하며 그로 인하여 학생들에게 전체적인 접근방법을 제공할 수 있다. 동시에 지구계를 구성하는 하위계가 전체를 이루는 부분이고 상호 의존적이며, 끊임없이 상호 작용하는 복합적인 시스템으로 바라보는 거시적인 관점을 갖게 한다(AAAS, 1989).

국내에서는 현행 7차 교육과정에서 지구계 교육에 대한 동향을 찾아볼 수 있다. 국민 공통 기본 교육과정의 과학을 이수한 학생들을 대상으로 하는 지구과학 I 은 과학기술, 정보 사회의 시민으로서 지구과학적 소양을 갖추도록 하기 위한 과목이라고 기술되고 있다(교육인적자원부, 2000). 이러한 요구는 과학영재교육에도 동일하게 적용되는 것이며 보다 전체적인 접근법을 지향하는 지구계교육의 원리는 과학 전반에 대한 영재들의 호기심을 자극하고 잠재된 탐구능력을 계발하는데 긍정적인 효과가 있을 것이다. 따라서 지구계 교육을 바탕으로 한 과학 영재교육 프로그램의 개발이 그 어느 때보다 필요하다고 하겠다.

한편, 삼부심화학습 모형(Enrichment Triad Model)은 가장 널리 활용되고 있는 영재 교수·학습 모형중의 하나이며 영재뿐만 아니라 일반 학생들에게 학습 선택의 자유와 개별화 교수의 학습 환경을 제공해 주는 것을 기본 원리로 삼고 있다(Renzulli, 1977; Renzulli & Reis, 1991). 이 모형에서 제1단계의 일반적 탐색활동(general exploratory activities)에서는 학생들은 정규 수업과정에서 다루지 않는 다양한 주제와 흥미로운 분야를 접하게 되고 관심 있는 학생이라면 누구나 참여할 수 있다. Renzulli 와 Reis(1991)는 1단계 심화학습에 적합한 약 200여 가지의 주제들(신화, 지질학, 소수민족, 방송, 시, 정치, 대기오염, 가죽 공예, 로봇, 종교 등)을 제시한 바 있다. 1단계 심화학습이 '내용(contents)' 위주의 심화학습이라면, 2단계 심화학습(집단 훈련 활동; group training activities)은 '방법(process)'을 중요시하는 단계라 할 수 있다. 이 단계는 다양한 그룹단위의 프로그램을 통해 사고력, 창의력 및 문제해결능력, 학습 기술 및 연구기능(청취, 관찰, 설문, 자료분석 및 해석 등), 참조자원 활용 능력, 다양한 의사소통 능력의 개발과 향상을 그 목표로 한다. 마지막으로 3단계

심화(실제문제에 대한 개인 또는 소집단 탐구; individual and small group investigations of real problems)는 상당 수준의 창의력, 지적능력, 그리고 과제 집착력을 요구하므로 주로 소수의 영재들이 그 대상이 된다. 개인 또는 소수그룹으로 이루어지는 3단계 심화학습은 이 모형의 가장 핵심활동이며 영재 학생들의 잠재능력을 개발시킬 수 있는 단계이다. 이 단계에서 학생들은 기존 지식을 재생산하거나 소비하기보다는 새로운 지식을 창출하도록 유도된다. 이 모형은 다양한 수준과 형태의 심화학습 프로그램을 제공함으로써 경쟁적인 분위기보다는 협동적인 분위기를 조성하며 점진적인 심화 단계를 거쳐 가면서 학생들이 체계적으로 주제에 접근할 수 있게 한다(정현철 등, 2002).

과학영재를 대상으로 한 지구계 교육 관련 선행연구로는 야외지질답사 보고서에 나타난 지구계 이해를 탐색한 사례(유은정 등, 2007)가 있으나 지구계에 초점을 둔 과학 영재교육 프로그램 개발은 거의 이루어지지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 지구계교육의 목표에 부합하는 과학영재교육 프로그램을 개발하고 이를 적용하고자 하였다. 본 연구의 구체적인 목적은 지구계 교육에 근거한 과학영재교육 프로그램을 개발하고 이를 중학교 영재학생을 대상으로 적용한 후 학생들의 활동결과와 프로그램에 대한 학생들의 인식을 분석하는 것이다.

II. 연구 방법

1. 연구참여자

본 연구에서 개발된 프로그램은 광역시 소재 대학교의 과학영재교육원 소속 중학교 2학년생 14명에게 적용되었다. 이들은 소속 중학교의 1학년말 과학 학업 성취도가 상위 10%이내인 학생들로 남학생 8명, 여학생 6명이었다. 사전에 조사한 과학 교과에 대한 흥미도 면에서 아주 높다가 9명, 약간 높다가 5명으로 나타났다.

2. 연구 절차

본 연구에서 개발한 프로그램의 주제는 8학년 중학교 과학 교육과정 중 지각변동 단원에서 '단층과 지진'

으로 선정하고 간접 체험을 위한 실험모형을 직접 제작하기로 하였다. 단층과 지진은 전 지구적인 규모의 지각변동을 설명하는 판구조론의 하위 내용으로 전체적인 접근법을 강조하는 지구계 교육에 적합한 주제라 할 수 있다. 일차 개발한 프로그램의 개선을 위하여 교사 워크숍을 실시하였고 최종적으로 수정된 프로그램은 광역시 소재 대학교 부설 과학영재교육원 소속의 학생들을 대상으로 적용하였다. 프로그램 투입은 2주간의 출석수업(8차시)을 통해 이루어졌으며 지도교사는 과학영재를 위한 수업 경력이 2년 이상인 지구과학 전공자였다. 수업 후 본 프로그램에 대한 인식 조사를 실시하였고 수업에서 학생들이 작성한 활동지, 발표 자료와 인식 조사 결과를 분석하였다.

3. 프로그램 개발 및 평가

프로그램 개발은 단층과 지진의 연관성과 아울러 생물권 특히 인간에 미치는 영향을 토대로 하여 하나의 시스템적인 개념을 도출해내는데 초점을 두었다. 선정된 주제를 중심으로 지구계교육의 목표를 달성할 수 있도록 세부 활동을 개발하였고 이를 삼부심화학습 모형에 부합되도록 구성하였다. 선행연구(Mayer, 1991b)에 의한 지구계 교육의 목표별 강조점과 구체적인 내용을 요약하면 표 1과 같다.

단층과 지진에 대한 기존의 탐구활동은 고무찰흙을 사용하거나 막대 구부러뜨리기, 플라스틱 자 부러뜨리기 등의 활동이 있다. 본 프로그램에서는 과학영재들의 높은 탐구 수준에 부합하도록 관련 연구(김영석, 진광만, 2006; American Geological Institute, 2005)를 참조로 두 개의 실험모형과 한 개의 보조모

형을 직접 제작하여 사용하였다. 학생용 활동지는 학생들이 직접 활동을 하면서 생각할 수 있는 문제를 제시하였고, 교사용 지도자료에는 각 활동별 활동 목표와 활동시 유의사항, 지도 내용을 포함시켰다. 대부분의 활동은 팀별 협동학습 형태로 학생 주도적인 탐구 활동이 되도록 하였다.

개발된 프로그램의 내용타당성 검토를 통한 조언과 피이드백을 받기 위하여 교사 워크숍을 실시하였다. 워크숍에 참여한 교사들은 총 13명으로 교직경력이 5년 이상인 여교사 8명, 남교사 5명이었으며 과학영재교육 관련 경험이 있는 교사는 10명이었다. 워크숍은 1차와 2차에 걸쳐 진행되었으며 1차 워크숍에서는 제작된 학생용 활동지와 교사용 지도 자료에 대한 검토가 이루어졌고 실험 모형에 대한 시연과 직접 조작을 실시하였다. 평가의 항목은 개발된 프로그램이 의도했던 목표에 적절한지, 영재 교수·학습 모형에 맞게 각 단계가 개발되었는지, 이 프로그램에서 제공하는 실험이 단층지진에 대한 이해를 돕는지, 중학교 영재 학생의 수준에 적절한지 등이다. 그 결과, ‘지구계 교육의 7가지 목표를 바탕으로 지구계의 이해를 돕는 것’라는 점에서는 긍정적인 평가와 함께 개선의 필요성도 함께 제시되었다. 즉 단층 활동만으로 지구계의 이해를 돕는다고 단정할 수 없으므로 목표를 좀 더 구체적으로 선정했으면 좋겠다는 의견과 7가지 지구계 목표를 모두 다루기보다 관련이 있는 부분만을 상세히 다루는 것이 효과적이라는 의견이 제시되었다. 또한 ‘본 프로그램이 영재 교수·학습모형의 단계에 적절하게 개발되어 있는가’라는 질문에 교사들의 반응은 대체로 긍정적이었으나 적용단계에서 소집단 활동으로 구성할 것과 영재의 과제집착력을 높일 수 있는

표 1 지구계 교육에서 7가지 목표(Mayer, 1991b)

	강조점	내용
목표1	지구의 심미적 가치	지구는 유일하며 아름답고 매우 가치있는 행성이다.
목표2	지구에 대한 책임의식	인간의 활동은 지구에 심각한 영향을 주며 자원은 제한되어 있어 과용 혹은 오용되기 쉽다.
목표3	과학적 문제해결방법	과학적 사고와 기술의 개발은 지구와 우주를 이해하는 능력을 향상시킨다
목표4	하위계간의 상호작용	지구계는 상호작용하는 물, 육지, 공기 및 생물 등 하위계로 구성된다.
목표5	지구의 장구한 시간	지구의 나이는 40억년 이상이며, 그 하위계는 끊임없이 진화한다.
목표6	태양계 속의 지구	지구는 거대하고 오래된 우주 내에 있는 태양계의 작은 하위계이다.
목표7	지구계와 관련 직업	많은 사람들이 지구의 기원, 과정 및 진화의 연구에 관련된 직업을 가지고 있고 많은 관심을 가지고 있다.

좀 더 심화된 내용으로 구성이 필요하다는 의견이 제시되었다. ‘본 프로그램에서 제공하는 실험은 단층 지진에 대한 학생의 이해를 돕는데 적절한가’라는 질문에 대해서는 대체로 긍정적인 평가를 하였다. 그러나 스티로폼 실험에서는 학생들에게 스티로폼이 부서지기 전에 작용했던 힘의 방향을 설명해 주는 것이 좋을 것이라고 평가하였다. ‘프로그램이 중학교 영재학생의 수준에 적절한가’에 대해서 교사들은 긍정적으로 평가하였으며 지진이 발생하는 근본적인 원인을 간략하게라도 설명하는 과정이 필요하다고 제안하였다.

그 결과 처음 개발했던 9가지 활동을 6가지 활동으로 줄여서 재구성하였으며, 지구계 교육의 7가지 목표 중에서 관련되는 목표를 중심으로 교사용 지도 자료를 수정·보완하였다. 2차 교사 워크숍에서는 1차 워크숍 결과 수정·보완된 내용을 설명하고 수정된 교사용 지도 자료, 학생용 활동지와 읽기자료를 검토 받았다. 각 단계의 구체적인 활동과 관련되는 지구계 교육 목표는 표 2 와 같다.

4. 자료 수집 및 분석

본 연구에서 개발한 프로그램을 실시하면서 학생들이 작성한 활동지, 발표 자료, 설문결과 등의 자료를 분석하였다. 프로그램에 대한 인식 설문 조사는 관련 선행연구(이효녕, 권영륜, 2008)에서 사용한 문항을 변형하여 구성하였으며 각 문항에 대해 학생들이 선

택한 이유도 기술하도록 하였다. 설문의 각 문항은 본 프로그램에 참여한 결과 학생들의 흥미, 주제 개념에 대한 이해, 지구계에 대한 이해, 프로그램 수준의 적절성에 관한 것이었다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 개발된 프로그램의 적용 결과

본 연구의 결과 제작된 프로그램의 제목은 ‘지하에 뭔가가 꿈틀 거린다’ 이고 탐색단계-심화단계-적용단계로 이루어진다. 삼부심화학습 모형의 각 단계와 비교해 보면, 탐색단계는 일반적인 탐색활동에 해당하고 심화단계는 집단훈련 활동에 초점을 두었으며 적용단계는 실제문제에 대한 소집단 탐구로 볼 수 있다.


탐색단계의 활동과 적용 결과

탐색단계에서 학생들은 광범위하고 다양한 내용에 접근할 수 있어야 하며 다음 단계 활동을 위한 동기가 부여되어야 한다. 따라서 활동 1에서는 단층과 지진에 대한 본격적인 탐구 이전에 일반적인 힘의 작용에 대하여 스스로 생각해 보는 기회를 제공하였다. 생활 속에서 경험하는 예를 생각하여 힘을 주기 전 모습과 힘을 준 후의 모습을 스케치하고 이 때 작용한 힘에 대해 발표하도록 하였다. 그림 1은 학생들이 활동지에 작성한 탐색단계의 활동 예이다.

표 2 주요 활동 및 지구계 관련 목표

활동명		구체적인 활동 및 지구계 관련 목표
탐색 단계	활동1 힘에 의한 변형 관찰	· 힘을 주기 전 모습과 힘을 준 후의 모습을 스케치하고 어떻게 힘이 가해졌을지 유추한다.
심화 단계	활동2 단층모형을 작동하고 실제 단층과 관련짓기	· 단층모형을 작동하여 관찰하고 실제 지층의 단층 운동과 관련짓는다.(목표 4)
	활동3 단층에 의해 발생하는 2차 적 사건들	· 지진모형 장치를 작동하여 단층에 의한 지진의 발생 메카니즘을 이해한다 (목표 3)
적용 단계	활동4 지진의 영향을 알아보자.	· 인간의 활동이 지구에 미치는 영향을 파악한다.(목표 2) · 활성단층의 중요성을 인식하고, 지진예측을 위한 방법을 모색할 수 있다.(목표 3)
	활동5 어디에서 지진이 발생하기 쉬울까?	· 지진의 예지에 대한 과학적 사고와 기술의 발달을 확인한다.(목표 3) · 지진활동이 오랜 시간에 걸쳐 발생하며, 하위계간의 상호작용 때문임을 도출한다.(목표 4)
	활동6 하나로 연결된 지구	· 지구를 창의적 이미지나 모형으로 표현한다.(목표 4) · 지구의 가치와 소중함에 대해 표현한다.(목표 1)

활동 1-힘에 의한 변형 관찰
1. 어떤 힘이 가해지면 이렇게 될까?

힘을 주기 전 모습 스케치	힘을 준 후의 모습 스케치	어떻게 힘을 가했는지 유추해서 적어보기
		위에서 눌렀다.

활동 1-힘에 의한 변형 관찰
1. 어떤 힘이 가해지면 이렇게 될까?




힘을 주기 전 모습 스케치	힘을 준 후의 모습 스케치	어떻게 힘을 가했는지 유추해서 적어보기
		

그림 1 활동1에서 학생 활동 결과물의 예시

심화단계의 활동과 적용 결과

심화단계의 목적은 탐구능력, 참고자원 활용 능력, 다양한 의사소통 기능 등 여러 가지 능력을 계발하는데 있다. 이를 위하여 지진발생 모형을 작동하여 관찰한 후 토론하도록 하였으며 실제 지진이 발생하기 쉬운 곳을 종합적으로 판단하는 활동을 포함시켰다.

활동 2에서 탐구문제는 ‘힘이 주어진다 고 꼭 단층이 생겨나는 것일까?’, ‘단층의 유형을 분류하는 근거는 무엇일까?’이다. 이 때 사용하기 위하여 제작된 단층모형은 흡이 파여 있는 L자형 나무도막과 스티로폼 판을 사용하여 직접 제작한 것이다. 단층 모형을 사용하여 서로 평행하거나 반대 방향으로 나무도막에 힘을 주어 작동하여 지층에 가해지는 힘에 대해 탐구하도록 하였다. 모형을 작동한 후에 ‘나무도막을 움직인 힘에 해당하는 것이 실제 지구에서는 어떤 힘일까?’라는 토의 주제로 팀별 토론을 실시하였다. 이 단계에서는 모형을 통한 관찰 내용을 실제 지층의 단층 운동과 관련짓도록 함으로써 지구의 하위계간의 상호작용을 다루는 지구계 교육 목표 4를 달성하고자 하였다. 활동 2에서 학생들이 작성한 결과의 예는 그림 2와 같다. 활동 3에서는 단층에 의해 발생하는 2차적 사건들, 어디에 지진이 발생하기 쉬울까라는 주제로 활동을 개발하였다. 단층 때문에 생긴 현상을 설명해주는 모형을 작동해보고 지진의 영향에 대해서 탐구하도록 하였다. 실제 우리나라에서 발생한 지진을 조사하고 어떤 지역에 지진이 발생할 가능성이 있는지 확인하는 방법에 대해 토론하도록 하였다. 활동 3에서 학생들이 작성한 결과의 예는 그림 3과 같다.

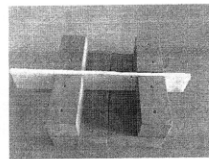
적용단계의 활동과 적용 결과

적용단계는 전체 활동 중에서 가장 핵심적인 부분

활동 2-단층의 유형과 형성원인 알아보기

1. 힘이 주어진다 고 꼭 단층이 생겨나는 것일까?
- 아니다. 힘이 실려서 탄성 한계를 초과하면 경사면만 단층이 생겨난다. 그렇지 않은 경우 암석은 탄성으로 인하여 다시 원래대로 돌아간다.
단층의 유형에 대해 알아보시오. (크게 세가지 유형)-(자료1 참고)
2. 다음과 같이 단층의 유형을 크게 세가지로 분류할 수 있는데 이렇게 분류하는 근거는 무엇일까요?
각각의 단층들을 비교하여 요약하여 봅시다.
경단층: 주위적 방향이 수직, 단층의 경사는 50° 이상, 오래된 암석이 좌반 경향 암석이 상반.
역단층: 주위적 방향이 수평, 경사각으로 인해 생성, 좌반운동이 좌반한 지역, 오래된 암석이 상우로 이동.
주향미동 단층: 최대, 최소 수평적 방향이 수평을 이루어서 형성, 지각에 수평을 일정하게 보존, 상우 이동, 변위가 수평형에 것같음.
× 다음 실험을 해봅시다.

※ 스티로폼 조각을 이용한 단층 실험
실험 준비물: 흡이 파여있는 L자형 나무도막 2개, 얇은 스티로폼조각 (5mm정도)

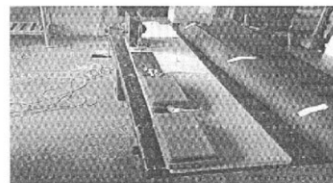


실험 순서
가. 2개의 L자형 나무도막을 나란히 붙이고 흡에 얇은 스티로폼 조각을 끼운다
나. 서로 평행하면서 반대방향으로 나무도막에 힘을 준다.

1. 힘을 잠시 주어 나무도막을 밀었다가 손을 떼면 어떻게 되는가? 그리고 계속 나무도막에 힘을 주면 스티로폼은 어떻게 되는가?
- 힘을 잠시 주었다가 놓으면 스티로폼은 다시 원래 모습으로 돌아온다.
- 그러나 지속적으로 힘을 가하면 스티로폼이 부러진다.

그림 2 활동2에서 학생 활동 결과물의 예시

벽들의 움직임은 어떻게 되는가?
라. 벽들이 움직일 때 혹은 그 전후로 주변에는 어떠한 변화가 있는지



이 실험을 통해 단층지진이 어떻게 발생하는지 정리하여 적어봅시다.

- 단층이 일어날 때 나오는 진동과 지진파에 대하여 단층지진이
- 10년마다 같은 위치를 모여 죽었다가 단시간에 여러대가 부

그림 3 활동3에서 학생 활동 결과물의 예시

이며 실제문제에 대한 소집단 탐구에 초점을 두었다. 이 단계는 지진의 영향을 파악하는 활동 4와 지진이 발생하기 쉬운 곳에 대하여 조사하는 활동 5, 하나로 연결된 지구에 대한 작품을 만드는 활동 6으로 구성된다. 여기서 지구계이해의 목표와 관련성을 살펴보면, 우선 인간의 활동이 지구에 미치는 영향에 대하여 다루고 있으므로 목표 2와 관련된다. 또한 지진예측에 관한 대안을 모색하고 지진의 예지에 대한 과학적 사고와 기술에 대한 접근은 목표 3과 관련된다. 단층과 지진활동이 오랜 시간에 걸쳐 형성되었으며, 끊임없이 하위계간의 상호작용함을 설명함으로써 이는 목표4와 관련된다. 그림 4는 활동 4에서 지진과 인간의 활동과의 관련성에 대하여 참여한 학생이 작성한 예시이다.

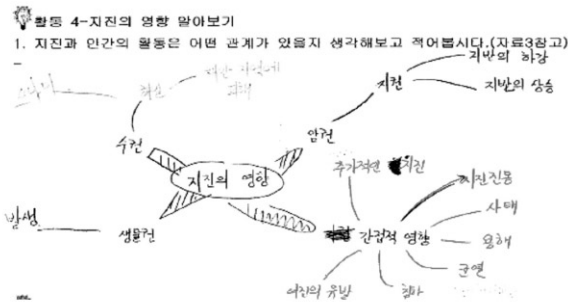


그림 4 활동4에서 학생 활동 결과물의 예시

그림 4에서 나타나듯이 학생들은 단층으로 인해 지진이 발생할 수 있으며 그 지진에 의해 주변에 여러 영향을 미칠 수 있음을 관련지어 사고하는 것으로 나타났다. 특히 단층 지진 모의실험을 통해서 학생들은 오랜 시간에 걸친 응력의 축적에 의해 불연속적인 지진의 발생을 이해함으로써 지구계 교육의 목표5가 잘 적용된 것으로 파악되었다. 또한 학생들이 활동지에 기록한 내용에서 보듯이 지구의 하위권간의 상호작용에 대해서도 어느 정도 인식하고 있음을 알 수 있었다. 활동 4의 지진의 영향 알아보기에서 나타난 그 외 학생들의 응답의 예를 살펴보면, ‘사람이 인공적으로 지진을 일으켜 피해나 이득을 얻는 일이 있다’, ‘핵무기를 사용하여 지진 실험을 하면 자연이 파괴된다’ 등이 있었다. 이는 인간의 행위와 책임의식과 관련된 목표 2가 부분적으로 달성된 경우로 볼 수 있다.

활동6은 ‘하나로 연결된 지구’ 라는 주제로 그리기와 설명으로 표현하는 활동을 실시하였다. 이 단계에

서는 앞에서 했던 활동들을 종합하여 지구의 이미지를 창의적으로 표현하도록 함으로써 지구의 가치와 소중함에 대해 배우는 지구계 교육 목표 1을 달성하고자 하였다. 또한 단층과 지진에 관련된 분야에 종사하는 사람들을 조사하고 토론하도록 함으로써 지구계 교육 목표 7도 다루어진다. 그림 5는 활동6에서 작성한 학생 산출물의 예이다. 이 작품에서는 지구를 물레방아로 표현하였는데 물레방아에 물이 전해지면 물레방아가 돌아가게 되어 각 부분에 계속적인 영향을 미친다는 개념을 포함한다. 이 이미지를 표현한 학생은 처음에 물레방아에 들어가는 물이 외부의 어떠한 힘이나 또는 현상이고 이로 인해 지구는 지속적인 상호연관성과 영향을 받는다고 설명하였다. 특히 이 활동에서는 지구계 교육 목표 1과 해당하는 지구의 가치와 소중함에 대해서 표현되고 있다.

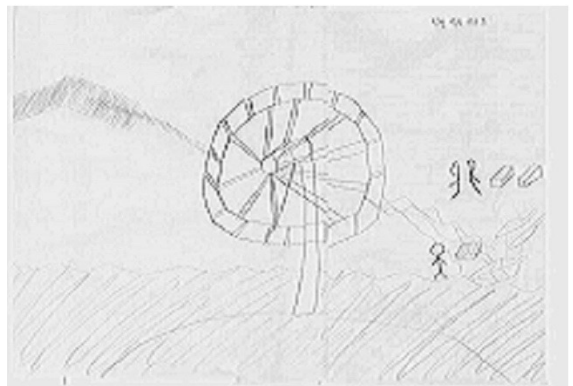


그림 5 활동6에서 학생 활동 결과물의 예시

2. 프로그램에 대한 학생 인식 조사 결과

프로그램에 대한 학생들의 인식을 밝히기 위하여 설문조사를 실시하였다. 설문 조사는 5단계 리커트 척도의 4가지 문항으로 구성되어있으며 각 문항에 대해 학생들이 선택한 이유에 대해 기술하도록 하였다. 설문 문항은 프로그램에 참여한 학생들의 흥미, 주제 개념에 대한 이해, 지구계에 대한 이해, 프로그램 수준의 적절성에 관한 것이며 결과는 표 3과 같다.

‘본 프로그램을 수행하는데 흥미가 있었습니까?’ 라는 첫 번째 문항에 대한 학생들의 응답은 전체 학생 중에 85.7%(12명)정도의 학생들이 매우 흥미가 있거나 흥미가 있었다고 응답하였다. 14.3%(2명)는 보통이라는 의견을 나타냈으며 흥미가 없었다고 대답한

표 3 프로그램에 대한 학생 인식 조사 결과

구분	문항1 (흥미)	문항2 (개념 이해)	문항3 (지구계 이해)	문항4 (수준의 적절성)
응답내용	응답자수(%)	응답자수(%)	응답자수(%)	응답자수(%)
1.매우 그렇다	8(57.1)	9(64.3)	7(50.0)	6(42.8)
2.그렇다.	4(28.6)	4(28.6)	4(28.6)	5(35.7)
3.보통이다.	2(14.3)	1(7.1)	2(14.3)	2(14.3)
4.그렇지 않다.	0(0.0)	0(0.0)	1(7.1)	1(7.1)
5.전혀 그렇지 않다.	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
계	14(100)	14(100)	14(100)	14(100)

학생들은 나타나지 않았다. 학생들이 기술한 구체적인 이유를 살펴보면 다음과 같다.

- 자신의 생각을 창의적으로 풀어낼 수 있었고 수업이 재미있었으며 좋았다(김수○).
- 수업이 재미있었습니다. 지켜줄 수 있을 때 적절한 타임으로 실험을 하여 재미있었습니다(오태○).
- 다른 아이들의 의견을 종합적으로 들어서 여러 방면에서 생각할 수 있어서 좋았다(김소○).
- 원래 암석 지각 이런 내용은 많이 싫었는데 모형으로 작동해보니 자연스럽게 수업에 참여할 수 있었다(정민○).
- 그냥 수업만 하는 것보다 우리가 참여할 수 있어서 좋았다(강혜○).
- 동영상을 봐서 좋았다. 그 동안 동영상을 보는 프로그램이 없어 심심했었다(권재○).
- 진행이 길었던 점을 제외하면 유익한 수업이었습니다(김현○).

위와 같은 학생들의 진술을 근거로 볼 때 강의 위주의 수업에서 탈피하여 모형실험에 직접 참여하는 활동에 흥미 나타낸 경우(오태○, 정민○)가 있었고, 다른 학생들과의 토론이나 학습자 활동중심의 학습과정에 흥미를 나타낸 학생들(김소○, 강혜○)도 있었다. 또한 이러한 일련의 활동에 대해 스스로 창의적이라는 소감을 나타내기도 하였다(김수○).

설문의 두 번째 문항인 ‘단층과 지진에 대한 개념을 잘 이해할 수 있었습니까?’에 대한 결과는 92.8%(13명) 정도가 프로그램에서 다른 개념을 잘 이해할 수 있었다고 응답하였다. 전체 학생의 7.1%(1명)만이 보

통이대로 응답하였고 개념이해에 도움이 되지 않았다고 응답한 학생은 없었다. 학생들의 응답에 대한 구체적인 이유는 다음과 같다.

- 다른 곳에서는 알지 못했던 기본원리를 잘 알 수 있어서 좋았다. 중간에 약간 지루한 때도 있었다(정찬○).
- 모형을 사용한 실험을 통해서 이해하는 데 도움을 주어서 잘 이해할 수 있었다(오태○).
- 모형을 가지고 직접 지진이 생기게 하니깐 개념이 확실하게 박혔다(이희○).
- 스스로 발표를 해야 했기 때문에 더 많은 조사를 필요로 했다. 그래서 내용에 대해 더 잘 알 수 있었다(김수○).
- 마인드맵 형식으로 생각을 이어나가서 이해가 쉬웠다(이태○).
- 우리 스스로 조원들과 얘기하면서 하니깐 그냥 수업한 것 보단 나았다. 그리고 발표를 하면서 내가 몰랐던 것을 알아갔다(강혜○).
- 구체적으로 그림을 그려서 설명을 적어보니까 더욱 머릿속에 오래 남는 것 같다(김단○).
- 조별로 과제 수행에 신경을 쓰다 보니 개념에 대해선 확실한 이해를 못한 것 같다(최영○).

위의 예를 살펴보면, 모형을 사용한 실험활동이 개념 이해에 도움이 되었다는 의견(오태○, 이희○)이 있었고, 발표나 토론 활동이 개념 획득에 도움이 되었다는 의견(김수○, 강혜○)도 나타났다. 반면에 조별 과제 수행에 어려움을 나타낸 경우(최영○)도 있었다. 설문의 세 번째 문항인 ‘지구 안에서 하나의 현상이

단편적인 것이 아니라 상호연관이 있음을 이해하는데 도움이 되었습니까?’ 라는 질문에 ‘매우 그렇다’ 로 응답한 학생이 50%(7명), ‘그렇다’ 로 응답한 학생이 28.6%(4명)로 나타났다. 전체 학생의 14.3%(2명) 정도는 ‘보통이다’ 로 응답하였고 1명이 도움이 되지 않았다고 응답하였다. 학생들의 응답에 대한 구체적인 이유는 다음과 같다.

- 지구의 이미지를 창의적으로 생각하는 활동이 인상 깊었다(권재○).
- 평상시 생각했던 지구의 이미지와는 상당히 다른 지구를 만날 수 있었다(김수○).
- 지구에 대해 그림도 그리고 발표도 하고 실험도 할 수 있어서 좋았다. 하지만 직접 지진을 체험할 수 없어서 아쉬웠다(정찬○).
- 그 동안은 추상적으로만 알고 있었는데 어떤 현상이 어떤 환경에 도움을 주는지에 대해 구체적으로 알 수 있었다(오태○).
- 지구의 상호작용 자체가 우리의 생활과 밀접하다는 것을 알게 되었다(이희○).
- 과제가 너무 복잡하였다(최수○).
- 어느 정도는 이해했는데 확실한 것은 아니라서...(정민○)

위의 결과에서 보듯이 지구계의 어떤 현상이 다른 환경과 상호작용한다는 점을 이해한 응답(오태○, 이희○)이 나타났고, ‘하나로 연결된 지구’ 라는 주제의 그리기 활동에 의미를 부여한 경우(권재○, 김수○, 정찬○)는 지구계 관련 목표를 간접적으로 달성한 것으로 볼 수 있다.

설문의 네 번째 문항인 ‘프로그램의 내용은 자신의 수준에 적절했다고 생각합니까?’ 에 대한 학생들의 응답은 표 3에서와 같이 78.5%(11명)정도가 본 프로그램의 내용이 자신의 수준에 매우 적절하거나 적절하다고 느끼는 것으로 나타났다. 14.3%(2명)는 ‘보통이다’ 로 응답하였고 1명이 수준이 적절하지 못하다고 응답하였다. 학생들의 응답에 대한 구체적인 이유는 다음과 같다.

- 힘든 건 그다지 없었고 유익한 것은 조별 활동을 통해 같이 한 것이 기억에 남는다(김현○).
- 단층과 지진에 대해 눈에 보이는 기구를 사용한

것이 도움이 되었고 지구계를 그리는 것도 재미있었다(김단○).

- 어떤 부분은 내 수준에 높은 것 같다. 단층의 종류 이런 건 너무 자세히 들어가는 같아서...(최영○)
- 우리 조의 아이들이 하는 것이 각기 달라서 힘들었다.(정찬○)

이와 같이 프로그램 수준의 적절성에 대한 설문 결과 다수의 영재학생들이 자신의 수준에 적절하다고 느끼는 것으로 나타났으나, 자신의 수준에 비하여 다소 높다는 의견(최영○)도 있었고 조구성원들 간의 수준이나 활동 정도가 일치하지 않는데 기인한 불만(정찬○)을 드러내기도 하였다.

IV. 결론 및 제언

본 연구의 목적은 지구계 교육에 근거한 과학영재 교육 프로그램을 개발하고 이를 중학교 영재학생을 대상으로 적용한 후 그 효과를 분석하는 것이다. 본 연구의 주요 결과는 다음과 같다.

첫째, 프로그램의 주제는 8학년의 과학교과서의 ‘지각변동’ 단원을 토대로 하여 ‘단층과 지진’ 으로 하였으며 지구계이해의 목표를 달성할 수 있도록 활동을 개발하였다. 활동에 필요한 단층과 지진의 실험모형을 직접 제작하였으며 교사용 지도 자료와 학생용 활동지를 개발하였다. 본 연구에서 개발한 프로그램은 탐색단계-심화단계-적용단계를 거치며 전체 6가지 활동으로 구성된다. 탐색단계에서는 단층과 지진에 대한 본격적인 탐구 이전에 일반적인 힘의 작용에 대하여 스스로 유추하고 토론하도록 하였다. 심화단계에서는 단층모형 작동 결과와 단층 운동을 관련지음으로써 지구의 하위계간의 상호작용을 강조하는 지구계 교육 목표4를 달성하고자 하였다. 또한 이 단계는 인간의 활동이 지구에 미치는 영향에 대하여 다루고 있으므로 목표2와 관련되며, 지진예측에 관한 대안을 모색하고 지진의 예고와 관련하여 과학적 사고와 기술을 다룸으로써 목표 3을 달성하고자 하였다. 마지막으로 적용단계에서는 앞의 활동을 바탕으로 하여 개념들을 연결하여 지구를 표현하는 그리기와 설명 활동으로 구성하였다. 지구의 이미지를 직접 창의적으로 표현하도록 함으로써 지구의 가치와 소중함을 강조하는 지구계 교육 목표 1을 달성하고자 하였다.

둘째, 본 연구에서 개발한 프로그램을 적용한 결과, 학생들이 기록한 활동지 및 산출물에서 지구계 교육의 7가지 목표 중 목표 6을 제외한 전체 목표를 달성하는데 긍정적인 영향을 미친 것으로 나타났다. 목표 6과의 관련성은 태양계에 대한 언급이 요구되어지므로 본 프로그램에서는 직접적으로 적용되지는 못하였으나 활용하는 교사의 재량으로 더 확장하여 적용될 수 있는 부분이다.

셋째, 프로그램에 참여한 중학교 영재학생을 대상으로 인식조사를 실시한 결과, 우선 학생들의 흥미 유발 측면에서 대부분의 학생이 긍정적으로 응답하였고 새로운 실험도구를 사용한 탐구활동 및 조원 간의 토론과 활동중심의 학습과정에 흥미를 느낀 것으로 나타났다. 단층과 지진이라는 주제 개념에 대한 이해측면에서 많은 학생들이 개념 획득에 본 프로그램이 효과적인 것으로 응답하였다. 대부분의 학생들이 모형을 사용한 실험과 그리기 활동, 조별 조사 및 발표 활동이 개념 획득에 도움이 되었다는 의견을 나타내었고 조별 과제 수행에 어려움을 나타낸 학생도 있었다. 지구계에서 나타나는 현상들 간의 연관성을 이해하는데 본 프로그램이 도움이 되었는지 조사한 결과 참여 학생 중 대다수가 긍정적으로 응답하였다. 일부 부정적인 응답이 선택된 이유는 프로그램에서 지구계 하위계간의 상호작용에 관한 내용이 모든 활동에서 다루어지지 않았기 때문인 것으로 판단된다. 또한 프로그램 수준의 적절성에 대한 설문 결과 다수의 영재학생들이 자신의 수준에 적절하다고 느끼는 것으로 나타났다.

본 연구의 결과를 바탕으로 다음과 같은 제언을 하고자 한다. 본 연구에서는 과학 영재교육을 위한 실질적인 프로그램 개발을 위해 삼부심화학습 모형을 근거로 3단계로 구성하였다. 탐색단계는 일반적인 탐색 활동에 해당하고 심화단계는 집단훈련 활동에 초점을 두었으며 적용단계는 실제문제에 대한 소집단 탐구로 볼 수 있다. 실제 삼부심화학습 모형의 1, 2단계가 영재들뿐만 아니라 관심 있는 많은 학생들을 참여시키는 반면, 3단계는 소수의 영재들이 그 대상이 된다. 따라서 본 연구에서 개발된 프로그램을 일반 학교에서 장기적으로 적용한다면 보다 많은 학생들에게 심도있는 교육프로그램을 경험할 기회를 줄 수 있고 과학영재 선발 측면에서도 시사점을 줄 것이다. 또한 개발된 프로그램을 실제 활용하기 위해서는 학습 환경과

제반 시설이 잘 갖추어져야 할 것이다. 특히 과학 분야의 영재교육 프로그램에 있어서는 실험 기자재의 사용, 모형의 사용 등이 요구됨으로 이에 대한 개발 및 적용 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

참고 문헌

- 교육인적자원부(2000). *고등학교 교육과정해설: 과학*. 교육인적자원부, 서울.
- 김영석, 진광만(2006). 트렌치 단면의 단층변위 자료를 이용해 산정한 유계단층의 지진규모. *지질학회지*, 42(1), 79-94.
- 유은정, 이선경, 김찬중(2007). 야외지질답사보고서에 나타난 과학영재학생들의 지구계 이해와 지구계 의미 생성 탐색. *한국지구과학회지*, 28(6), 671-683.
- 이효녕(2006). 지구환경시대의 지구과학교육의 중요성과 최근동향: 미국 사례를 중심으로. *한국지구과학회 2006년 추계학술발표회 논문집*, 11-22.
- 이효녕, 권영륜(2008). 지구계 주제 중심의 지구과학 모듈 개발 및 적용. *한국지구과학회지*, 29(2), 175-188.
- 정현철, 한기순, 김병노, 최승언(2002). 과학 창의성 계발을 위한 프로그램 개발 -이론과 실제-. *한국과학교육학회지*, 23(4), 334-348.
- American Association for the Advancement of Science (1989). *Science for All Americans*. New York: Oxford University Press.
- American Geological Institute(2005). *Earth System Science in the Community (EarthComm): 5unit Edition*. It's About Time, NY, USA.
- Mayer, V. J. (1991a). Earth system science: A planetary perspective. *The Science Teacher*, 58, 31-36.
- Mayer, V. J. (1991b). A framework for Earth System Education. *Science Activities*, 28, 8-9.
- Mayer, V. J. (1995). Using the Earth Systems education for integrating the science curriculum. *Science Education*, 79, 375-391.
- Mayer, V. J. (2002). Global science literacy.

- Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Netherlands.
- Mayer, V. J. (2003). Implementing global science literacy. Columbus, Earth Systems Education Program, The Ohio State University, OH, USA, 293p.
- Mayer, V. J., & Fortner, R. W. (1995). Science is a study of Earth: A resource guide for science curriculum restructure. Columbus, OH, USA: The Ohio State University.
- Renzulli, J. S. (1977). The enrichment triad model: A guide for developing defensible programs for the gifted and talented. Mansfield Center, CT: Creative Learning Press, Inc.
- Renzulli, J. S., & Reis, S. M. (1991). The schoolwide enrichment model: A comprehensive plan for the development of creative productivity. In N. Colangelo & G. A. Davis (Eds.), Handbook of gifted education. Needham Heights, MA: Allyn & Bacon.

국문 요약

이 연구의 목적은 지구계 교육에 근거한 과학영재 교육 프로그램을 개발하고 이를 영재학생을 대상으로

적용한 후 그 효과를 분석하는 것이다. '단층과 지진'이라는 주제에 대하여 6가지 활동을 개발하였고 탐색-심화-적용의 3가지 단계별로 지구계 교육의 목표를 달성할 수 있도록 구성하였다. 활동에 필요한 실험 모형 두 가지를 직접 제작하였으며 학생용 활동지와 교사용 지도 자료를 개발하였다. 개발된 프로그램의 적용에 따른 효과를 조사하기 위해 대학교 부설 과학영재교육원의 중학교 2학년 학생 14명을 대상으로 적용하였고 학생들의 활동지 및 산출물, 프로그램에 대한 인식 조사 결과를 분석하였다. 학생들이 기록한 활동지 및 산출물을 통해 본 프로그램이 지구의 하위계 내의 상호작용을 이해하는데 긍정적인 영향을 준다는 점을 확인할 수 있었다. 인식 조사 결과를 살펴보면, 대부분의 학생이 흥미 유발과 학습주제 개념에 대한 이해 측면에서 긍정적으로 인식하였고, 특히 모형을 사용한 실험과 그리기 활동, 조별 조사 및 발표 활동이 개념 획득에 도움이 되었다는 의견을 나타내었다. 참여한 다수의 학생이 프로그램 수준이 중학교 과학영재학생에게 적절하다고 인식하였으나 일부 소수의 학생은 수준이 약간 높다는 반응을 나타내었다.

주요어: 지구계 교육, 과학영재교육, 단층, 지진, 하위계