

지구계 교육의 현장적용에 관한 연구

임은경¹ · 홍상욱¹ · 정진우¹

¹한국교원대학교 지구과학교육과, 363-890 충북 청원군 강내면 다락리 산7

Field Application of Earth Systems Education

Eun-kyoung Lim¹ · Sang-wook Hong¹ · Jin-woo Jeong¹

¹Department of Earth Science Education, Korea National University of Education,
Cheongju 363-890, Korea

Abstract: The purpose of this study is to investigate Earth Systems Education, its matter and also its possibility of practical application in Korea. Some attempts are made to see the value of the Earth Systems Education. Adopting two kinds of Korean science textbooks of middle school and activity of Earth Systems Education were analyzed. The interview with teachers is implemented for the study on objective, the structure of matter and teaching strategy in Earth Systems Education. The program is given to 96 students(2 classes, the first grade at middle school). To analyze the effect of Earth Systems Education program, students were interviewed by their teacher.

The conclusions of this study are as follows: 1. The Earth Systems Education is contributed to the way to enable students to have a cognitive perspective about the earth and to look for the nature. Earth Systems Education is to use interdisciplinary approaches for integration in science. 2. The result of analysis in the contents of Korean science textbooks, the viewpoints about Earth Systems Education were not found, but the accounts about the interactions among subsystems were found. 3. According to the results of interview with teachers, they approve of system approach, the structure of matter and teaching strategy of Earth Systems Education. 4. According to the results of interview with students, they understand the interactions among subsystems which are elements of Earth Systems. As a results, Earth Systems Education is a effective method for informed judgements about Earth and science and manner for work for integration in science curriculum. So Earth Systems Education be applied to science education in Korea.

Key words: Earth Systems Education, subsystems, system approach

요약: 본 연구는 지구계 교육을 고찰하고, 내용을 분석한 후, 우리 나라에서 지구계 교육의 적용 가능성을 알아보는 데 그 목적이 있다. 먼저 지구계 교육을 고찰하여 교육적 의의를 알아보았다. 지구계 교육의 현장적용 가능성을 알아보기 위해 우리 나라 현행 중학교 교과서 2종과 지구계 교육의 활동 프로그램과 내용을 비교·분석하고, 지구계 교육의 목표, 내용 구성, 수업 전략 등에 관한 교사 설문을 실시하였다. 중학교 1학년 2학년 96명에게 지구계 교육의 활동프로그램을 투입한 후 면담을 실시하여 그 결과를 분석하였다.

본 연구의 결과는 다음과 같다. 1. 지구계 교육은 지구적 소양의 향상에 기여하며, 지구계를 중심으로 과학 과목을 간학문적으로 통합하여, 학생들이 자연을 통합적으로 탐구할 수 있도록 돕는다. 2. 현행 우리 나라 교과서의 내용에서 지구계나 하위계와 같은 관점은 나타나지 않지만, 하위계 간의 상호 작용과 그로 인한 변화에 대해 설명하고 있다. 3. 교사 설문 결과 지구계 교육의 시스템적 접근(system approach)이나 내용 구성, 수업 전략 등에서 긍정적인 반응을 나타내고 있다. 4. 학생 면담 결과 지구계를 구성하는 하위계와 각 하위계 간의 상호 작용에 대해 잘 인식하고 있는 것으로 나타나 지구계 교육의 적용이 가능할 것으로 판단된다. 따라서 지구계 교육은 지구와 과학에 대한 새로운 인식을 심어 주는 효과적인 수업으로서, 나아가 통합 과학교육 과정을 구성하기 위한 새로운 방안으로서 우리 나라에 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

주요어: 지구계 교육, 하위계, 시스템적 접근

서론

연구목적 및 필요성

미국의 오하이오 주립대학과 북콜로라도 대학을 중심으로 한 최근 10여 년간의 연구를 통하여 개발되어 온 지구계 교육은 지구적 소양의 향상을 강조하며, 과학교육과정을 구성하는 새로운 초점과 철학을 제시하고 있다. 이 연구의 책임자인 Mayer는 지구계 교육이란 지구계를 주제로 하여 거시적인 관점에서 물리, 화학, 생물, 지구과학 등을 통합한 것이며, 21세기의 바람직한 시민들이 지녀야 하는 지구적 소양과 자연을 탐구하는 전체론적인 관점을 양성하기 위하여 지구계 교육이 필요하다고 주장하였다(Mayer, 1991a, 1992, 1995). Fortner(1992, 1993)는 지구계 교육을 생물과 연결시킨 BESS(Biological Earth Systems Education)의 책임자로서, 오하이오 고등학교(Central Ohio high school)의 9학년과 10학년을 대상으로, 생물과 지구계 교육을 통합시키는 연구를 수행했으며, 학생, 교사, 학부모를 대상으로 BESS 프로그램의 적용 효과를 알아보기 위한 연구를 실시하였다. 현재 지구계 교육은 50개 주의 K-12 교사들이 팀을 이루고 있는 PLESE(Program for Leadership in Earth Systems Education)에 의해 활발히 연구되고 있다. PLESE에 속해 있는 교사들은 지구계 교육의 틀을 작성하고 지구계 교육의 지도서(resource guide)를 개발하였다(Mayer, 1995). 또한 지구계 교육의 활동 프로그램은 미국 도처에서 실행되었고, 미국 전역에서 약 200여명의 교사가 국가 과학 재단의 지구계 교육 지도성 프로그램에 참여하였으며, 만 여명 이상의 교사가 지구계 교육과정을 수료했다(Mayer, 1995).

우리 나라에서는 1996년 5월 국제 과학교육 세미나에 지구계 교육의 연구 책임자인 Mayer가 참가하여 연구 논문을 발표한 바 있고, 1995년 경기도 중등교사 자격 연수교재에 정진우에 의해 소개된 바 있다.

지구계 교육은 과학 과목을 통합하는 새로운 방안을 제시하고 있다. 우리 나라에서 과학 과목을 통합하여, 학생들이 통합적으로 자연을 탐구하도록 하기 위하여 탄생된 것이 현재 시행되고 있는 고등학교 '공통 과학' 과 중학교 '과학' 이라고 할 수 있다. 그러나 고등학교 '공통 과학' 이나 중학교 '과학' 은 물리, 화학, 생물, 지구과학 과목의 내용을 한 권의 책에 모아 놓은 것으로

통합 과학교육과정이라고 보기에는 무리가 있다.

독특한 학문 체계와 내용을 갖고 있는 각각의 과목들을 통합하려면 각 과목들을 하나로 묶을 수 있는 공통 주제가 필요하다. 지구계 교육에서는 그런 역할을 지구계가 담당하고 있다. 지구계 교육은 과학 과목을 통합하여 학생들로 하여금 자연을 탐구하는 통합적 시각을 갖게 하기 위한 새로운 시도이지만 우리 나라에서는 지금까지 이에 대하여 연구된 바 없다.

따라서 본 연구에서는 지구계 교육을 고찰하고, 그 내용을 분석한 후 우리 나라에서 지구계 교육의 적용 가능성을 알아보려고 한다.

연구 문제

- 1) 지구계 교육의 교육적 의의는 무엇인가?
- 2) 지구계 교육의 내용은 우리 나라에서 적용하기에 적합한가?
- 3) 지구계 교육에 대한 교사들의 인식은 어떠한가?
- 4) 지구계 교육을 수업에 적용하였을 때 나타나는 결과는 어떠한가?

용어의 정의

지구계 교육: 지구계 교육(earth systems education)이란 물리, 화학, 생물, 지구과학을 거시적 관점에서 지구계로 통합하려는 새로운 통합 교육과정이다. 지구계 교육은 우리를 둘러싸고 있고, 우리의 생활기반이 되는 지구계에 대한 시민의 이해를 증진시키고, 지구의 가치를 인식시키기 위하여 고안되었다. 지구계 교육은 모든 과학 교과에 초점을 맞추며, 지구를 과학교육과정의 중심에 위치하게 한다.

지구적 소양: 지구적 소양(earth literacy)이란 지구계를 구성하는 여러 하위계들의 상호 작용의 과정과 그 영향에 대한 이해를 말한다. 지구적 소양을 지닌 사람은 정책적이거나 경제적인 선택을 해야 할 때 그것이 지구계와 그 하위계에 미치는 영향에 대해 먼저 고려하게 될 것이며, 그것은 지구의 미래에 중대한 영향을 미치게 된다.

하위계: 지구계를 구성하는 기본 요소로서 기권, 수권, 암권, 생물권을 지칭한다. 지구계에서 일어나는 모든 현상들은 하위계(subsystems)들간의 상호 작용에 기인한 것이다.

연구 방법 및 절차

내용 분석

지구계 교육 활동 프로그램 선정 → 비교 교과서 선정
→ 개념 추출 → 비교·분석할 개념 선정 → 개념분석

교사 설문 및 면담 실시

현장에 투입된 지구계 교육의 활동 프로그램의 적절성과 현장에 투입했을 때 예상되는 문제점 및 해결 방안 등에 대한 질문을 작성하여, 설문 조사와 면담을 함께 실시하였다.

지구계 교육의 적용

지구계 교육의 활동 프로그램 선정 → 지구계 교육의 활동 프로그램 수정, 보완 → 현장 투입 → 면담 대상 선정 → 면담 내용 선정 → 면담 실시 → 결과 분석

연구결과

지구계 교육의 교육적 의의

21세기와 우주 시대의 도래를 앞두고 국가과학교육 과정의 재구성을 위한 많은 연구가 이루어지고 있다. 미국의 AAAS에서는 1987년에 새로운 과학교육과정의 개발을 위한 연구를 실시하여 "Science for All American"이라는 제목의 보고서를 발표하였다(AAAS, 1989). NSTA의 'Scope, Sequence and Coordination'도 이와 같은 목적에서 실시되었는데(NSTA, 1992), 새로운 과학교육과정의 개발 연구에서 공통적으로 강조한 것은 과학 과목간의 통합이었다. 이러한 과정에서 지구과학 교육자들은 1988년 워싱턴에서 회의를 개최하여 현대 사회를 살아가는 시민들이 알아야 하는 지구과학의 목적과 내용을 개발하였다(Mayer and Armstrong, 1990).

회의 참석자들의 활동 프로그램과 NSTA의 지구과학 교육자들의 토론을 통하여 과학교육과정의 새로운 초점과 철학이 제시되었는데, 이를 지구계 교육이라 명명하였다. 지구계 교육은 과학교육과정의 현대화를 위한 새로운 접근법을 제공한다(Mayer, 1995). 물리, 화학, 생물, 지구과학을 거시적인 관점에서 지구계로 통합하려는 새로운 통합 과학교육과정이 지구계 교육이다. 지구계 교육은 모든 과학 교과에 초점을 맞추며, 지구를 새

Table 1. The framework of Earth Systems Education.

목표 1: 지구는 유일하며, 아름답고 매우 가치 있는 행성이다.
목표 2: 인간의 활동은 집단적이거나, 개인적이거나 그리고 의식적이거나 무의식적이거나 지구에 심각한 영향을 준다.
목표 3: 과학적 사고와 기술의 개발은 지구와 우주를 이해하는 능력을 발달시킨다.
목표 4: 지구계는 상호 작용하는 기권, 수권, 암권, 생물권 등의 하위계로 구성되었다.
목표 5: 지구는 나이는 40억년 이상이며, 그 하위계는 끊임없이 진화한다.
목표 6: 지구는 광활하고, 오랜 역사를 지닌 우주 내에 있는 태양계의 작은 하위계이다.
목표 7: 많은 사람들이 지구의 기원 및 진화의 연구에 많은 관심을 가지며 이와 관련된 직업을 가지고 있다.

로운 과학교육과정의 중심에 위치하게 한다(Mayer et al., 1992).

1990년 PLESE 기획위원회(Planning Committee)는 개념적 틀을 마련하였다. 지구계 교육의 틀(Framework for Earth Systems Education)을 구성하고 있는 7가지 목표들은 각 영역에서 지구계 교육을 실현시키기 위한 내용들을 선택하여, 교육과정 지침서를 구성하기 위한 기초를 제공하였다(Mayer, 1991b).

목표 1은 문학, 음악, 미술과 관련된 지구의 심미적 가치를 강조하는 것이다(Mayer, 1989). 지구에 대한 심미적 감상을 포함하는 창조적 활동 프로그램과 다양한 기술은 학생들을 자연스럽게 지구계에 대한 책임의식으로 이끌 것이다.

목표 2는 책임의식을 강조한 것이다. 지구계에 대한 올바른 인식에 의해 학생들은 지구에 대한 올바른 책임의식을 갖게 된다. 학생들은 인간의 활동이 지구계에 어떤 영향을 미치는지 이해하게 되고, 지구계를 보호하기 위하여 우리가 무엇을 해야 할지도 알게 될 것이다.

목표 3은 과학적 문제 해결에 관련된 것이다. 지구계의 전체적인 이해를 위해서는 거시적인 관점에서 지구계에서 일어나는 현상들과 그 관계를 연구해야 할 것이며, 반면에 각 하위계 안에서 일어나는 여러 가지 물리, 화학, 생물, 지구과학적 현상들은 분석적이고 귀납적인 방법에 의해 연구될 필요가 있다.

목표 4는 하위계간의 상호 작용에 대한 것이다. 지구계 교육에서 지구계를 구성하는 하위계간의 상호 작용과 그 결과에 대해 강조하고 있음을 알 수 있다. 학생들은 각 하위계의 특징과 변화에 대해 알게 되고, 그

안에서 자신의 역할에 대해 느끼게 될 것이다. 그러므로 목표 2와 4는 서로 관련되어 있음을 알 수 있다.

목표 5는 지구계가 지나온 긴 시간에 대한 개념을 강조한다. 지구계와 그 하위계들은 매우 긴 시간 동안 서로 상호 작용하여 오늘날의 모습을 지니게 되었고, 그것은 앞으로도 계속될 것이다.

목표 6에서는 지구계도 태양계에 속해 있는 하나의 하위계라는 사실을 설명하고 있다. 이는 학생들의 관심을 지구로부터 벗어나 거대한 우주에 이르게 한다.

목표 7은 직업과 관련하여 학생들의 흥미와 직접적인 관심에 초점을 두고 있다(Mayer, 1992). 학생들은 지금까지 배워 온 지구계와 각 하위계들에 대해 본인이 직접 참여하고 연구할 수 있는 많은 기회가 있다는 것을 알게 되고, 보다 많은 관심을 갖게 될 것이다.

앞에서 밝힌 바와 같이 지구계 교육은 자연을 탐구하는 새로운 관점을 제시하며, 지구계를 중심으로 한 간학문적 접근을 통하여 과학과목을 통합하고자 한다. 그렇다면 이러한 지구계 교육의 의의는 무엇인가?

첫째, 지구적 소양을 양성한다. 과학적 소양과 함께 지구적 소양은 현대를 살아가는 지구촌 시대의 시민들에게 매우 중요하다. 이러한 때에 지구계 교육은 학교 현장에서 지구적 소양을 양성하는데 주도적인 역할을 할 것이다.

둘째, 학생들의 과학적 탐구 방법을 귀납적이고 분석적인 것에서 전체적인 사고로 전환시킨다. 학생들이 학교에서 배우게 되는 모든 참여(hands-on) 과학교육과정은 학생들에게 자료를 수집하고, 실험하고, 해석하는 것을 강조하는데, 이는 과학자들이 하는 활동 프로그램을 실현해 보는 것이 될 수도 있지만, 학생들에게 과학이라는 것은 분석적인 사고를 통하여 정해진 방법대로 자연을 연구하는 것이라는 편협한 사고를 갖게 할 수도 있다. 지구계 교육은 실험적 방법 외에 역사적이고, 기술적인 여러 방법들을 제시할 수 있으며 그로 인하여 학생들에게 자연을 탐구하는 보다 전체적인 접근법을 제공한다. 지구계 교육에서는 지구계를 구성하는 하위계들을 분석하고 그들 각각을 연구하는 것이 아니라, 그것들은 전체를 이루는 부분이고, 상호 의존적이며, 끊임없이 상호 작용하는 커다란 계로 바라보는 거시적인 관점을 갖게 한다.

셋째, 지구계 교육은 훌륭한 통합의 주제를 제공한다. 근본적으로 과학의 연구 대상인 자연은 통합적인 것이

다. 따라서 자연을 연구하는 과학도 통합적인 시각을 갖는 것이 바람직하다. 과학자들은 전통적인 과학의 영역을 고수하는 것에 한계를 느끼고, 과학을 각 영역에 묶어 두는 것이 불필요함을 역설하였다(Mayer & Richmond, 1977). 미국을 비롯하여 전세계적으로 과학 교육과정을 위한 새로운 노력으로 과학 과목을 통합하려는 움직임이 강하게 나타나고 있다. 이것은 Project 2061의 목적에도 명확하게 나타나 있다(AAAS, 1989).

지구계 교육에서는 통합의 주제로서 지구계를 제시하고 있다. 과학적 소양을 지닌 시민들이 과학에 대해 이해해야 하는 것으로서 물리, 화학, 생물, 지구과학에서 다루는 거의 대부분의 내용들은 지구에 속해 있는 사물과 현상에 대한 것이다. 그러므로 지구를 통합의 주제로 삼는 것은 매우 자연스러운 일이라고 할 수 있다. 통합 교육과정을 구성하고자 하는 많은 노력이 있어 왔지만 그 결실을 보지 못했던 것은 통합의 과정에서 우위를 차지하고자 하는 교과간의 갈등과 여러 과학과목을 원만하게 통합할 수 있는 개념적 주제의 부족에 기인한 것이라고 생각한다. 새로운 통합의 노력에 있어서 통합의 주제는 바로 지구계이다(Mayer, 1989).

지구계 교육의 내용 분석

우리 나라에서 지구계 교육의 적용이 가능한지를 알아보기 위한 한 가지 방법으로 지구계 교육에서 다루고 있는 내용과 우리 나라 교과서에서 다루고 있는 내용이 비교 분석되어야 한다고 판단된다. 이를 위하여 지구계 교육의 활동 프로그램 자료 중 우리 나라 교과서와 유사한 내용이 다루어지고 있는 것을 선택하여 그 내용과 수준을 비교한다.

비교 자료로는 중학교 1학년 교과서 2종(A, B)을 선택하였고, 그 중 지구의 역사 단원을 선정하였다. 지구계 교육은 활동 프로그램 중심의 교재이며, 우리나라의 교과서는 개념 중심의 교과서이므로 비교하기가 어렵다.

내용 분석은 지구계 교육에서 핵심적으로 다루고 있는 개념과 지구계 교육의 활동 프로그램과 선정된 2종의 교과서에서 공통적으로 다루고 있는 내용을 중심으로 하였다. 비교 분석 결과는 Table 2와 같다.

지구계 교육과 우리 나라 교과서의 분석 결과를 보면 지구를 계(System)의 입장에서 보는 시각은 우리나라의 교과서에서는 찾아보기 어려웠고, 마찬가지로 하위계에 대한 내용도 다루지 않고 있다. 상호 작용과 그에

Table 2. Contents analysis of Korean textbook and Earth Systems Education.

개념	교과서	내 용
지구계	ESE	· 지구계를 여러 가지 하위계들이 상호 작용하는 지구계로 본다
	A	· 지구계에 대한 언급 없음.
	B	
하위계	ESE	· 지구계를 구성하는 4가지 하위계로서 생물권, 암권, 수권, 대기권이 있다.
	A	· 하위계에 대한 언급 없음.
	B	
상호작용	ESE	· 지구계 내에서는 다양한 하위계 간의 상호 작용이 존재하며 그 상호 작용들은 시·공간 규모에 있어서 다양함을 보인다.
	A	· 기후와 환경, 생물간의 상호 작용에 대해 다룬다.
	B	
변화	ESE	· 지구계에서 일어나는 변화는 하위계들의 상호 작용의 결과이고 계속적으로 일어나고 있으며 매우 다양하게 나타난다.
	A	· 생물계의 변화에 가장 큰 영향을 미치는 것은 기후의 변화.
	B	· 수륙 분포나 기후의 변화에 의해 환경의 변화가 일어나고 생물의 번성과 멸종의 원인.
퇴적암	ESE	· 퇴적암에는 화석이 들어 있다.
	A	· 퇴적암은 여러 겹의 지층이 순서 있게 쌓여 있는 것이다. · 퇴적물의 모양이나 크기를 통하여 퇴적 당시의 환경에 대해 알 수 있다.
	B	· 퇴적암 층의 두께, 색상, 구성 알갱이들을 살펴보면 지층이 생성될 당시의 환경을 추측할 수 있다.
화석	ESE	· 화석은 과거 생물들의 흔적.
	A	· 화석은 과거 생물체의 흔적, 화석의 생성 조건, 시상화석, 표준 화석 등의 정의와 예.
	B	· 화석은 생물체의 유해, 화석의 생성 조건, 표준화석, 시상화석의 정의와 예, 이용 방법, 화석은 진화의 증거.
지질시대	ESE	· 가장 오래된 암석의 나이는 38억 년이며 그때가 지질시대의 시작으로 물과 암석의 순환이 시작됨. · 지질시대를 나누는 기준은 해수면의 변화, 대기의 변화, 생물체의 변화 등. · 선캄브리아대, 고생대, 중생대, 신생대의 시작 연대를 제시.
	A	· 가장 오래된 암석의 나이는 38억 년이며 지질시대는 그때부터 역사 시대 전까지임. · 부정합, 생물계의 변화 등이 지질시대를 구분하는 기준. · 지질시대를 선캄브리아대, 고생대, 중생대, 신생대로 구분한다는 것과 그 기준은 생물의 화석이라는 것을 설명. · 선캄브리아대, 고생대, 중생대의 시작 연대를 제시.
	B	· 가장 오래된 암석의 나이는 38억 년이며 지질시대는 그 이후로 1만년 전까지. · 지질시대를 선캄브리아대, 고생대, 중생대, 신생대로 구분하며 구분의 기준은 생물이 크게 변화된 시기. · 선캄브리아대, 고생대, 중생대의 시작 연대를 제시.

* ESE : earth systems education.

따른 변화에서는 교과서 A, B에서도 언급하고 있으나, 그 상호 작용의 범위가 기후와 생물간의 상호 작용에 그치고 있고, 지구계에서 생기는 여러 가지 변화가 하위계들 간의 상호 작용에 의한 것이라는 관점은 찾아볼 수 없었다. 퇴적암과 화석에 관한 부분에서는 교과서 A, B가 더 자세하게 설명하고 있었다. 지구계 교육에서는 퇴적암에서 화석이 산출된다는 사실과 화석이 과거 생물의 흔적이라는 것만을 언급하고 있으나, 교과서 A, B는 퇴적암으로부터 알 수 있는 사실과 화석의 생성

조건과 이용 방법 등을 자세하게 다루고 있다. 지질시대에 대해 다루고 있는 내용은 유사하다.

지구과학의 연구를 미국 정부 기관으로부터 위임받은 과학자 위원회에 의해 개발된 Brenthem Report에서는 지구계를 두 개의 시간 규모로 분류하였다. 그 중 하나는 수백 만 년의 시간이 소요되는 판구조론이나 생물의 진화와 같은 것과(Earth System Science Committee, 1988), 다른 하나는 수십 년이나 수 세기 정도인 것으로 지구 온난화나 산성비 같은 것으로 인간

Table 3. Comparison of teaching method of geological timescale.

개념	교과서	내 용
지질학적 시간	ESE	1) 2,000개의 점이 찍혀 있는 종이를 사용한다. 점 하나는 1년을 나타내며 따라서 한 장의 종이에 2천년에 해당하는 역사를 표시할 수 있다. 종이에 자신이 태어난 해를 비롯하여 여러 가지 역사적 사건들이 일어났던 연대를 표시하여 역사 연대표를 만든다. 2) 2,000개의 점이 찍힌 종이 한 장으로는 전체 지질시대를 나타낼 수 없으므로 종이 묶음을 사용한다. 종이 한 묶음은 500장이고 두께는 5cm 정도이다. 그러므로 종이 한 묶음이 나타낼 수 있는 시간을 계산하고 전체 지질시대와 선캄브리아대, 고생대, 중생대, 신생대를 표시하려면 종이가 얼마만큼 소요되며 전체 지질시대를 나타내기 위해 소요되는 종이의 두께가 얼마인지 계산한다. 전체 지질시대를 나타내기 위해 사용되는 종이의 두께는 225m이다.
	A	모눈종이를 길이 50cm가 되도록 이어서 지질학적 시간의 띠를 만든다. 선캄브리아대, 고생대, 중생대, 신생대의 시작을 표시하고, 각 지질시대의 길이를 비교한다.
	B	지질시대 달력 만들기. 지나간 달력을 이용하여 지질시대 연대를 작성한다. 1월 1일은 지구의 탄생일이며 12월 31일을 현재로 가정하여 각 지질시대의 시작을 달력에 표시한다. 단세포 생물과 인류의 출현 시기를 월, 일, 시, 분까지 계산하도록 한다.

의 활동과 생물계에 영향을 주는 것이다. 이와 같이 지구계에서 일어나는 변화는 넓은 범위에 걸쳐서 긴 시간 동안 서서히 일어나는 것도 있고, 반면에 짧은 시간 동안 좁은 범위에 걸쳐서 일어나는 것도 있다. 그러므로 학생들이 지구계 내에서 일어나는 여러 가지 상호 작용과 그로 인한 변화를 이해하기 위해서는 시간에 대한 개념이 필요하다. 이해하기 어려운 시간의 개념 중 하나는 지질학적 시간의 개념이다. 38억 년이나 되는 지질시대는 상상하기조차 어려운 긴 시간이고 거기에 비하면 인간의 삶은 매우 짧은 것이다. 그러므로 학생들은 전체 지질시대의 길이와 선캄브리아대, 고생대, 중생대, 신생대의 길이를 인식하기가 매우 어렵고, 나아가 그 시간 중에 일어나는 여러 가지 변화에 대해 이해하기 어렵다. 그러므로 지구계 교육의 활동프로그램과 우리나라의 교과서에서 학생들의 지질학적 시간에 대한 이해를 돕기 위하여 제시해 놓은 방안들을 Table 3과 같이 비교해 보았다.

지구계 교육은 지질학적 시간을 이해하도록 하기 위한 방안으로 2,000개의 점이 찍힌 종이를 이용하였고, 교과서 A는 모눈종이를 이용하여 만든 띠를 이용하여 그 위에 지질시대를 표시하였다. 교과서 B는 지질시대 달력을 만들도록 하고 있었다. 지구계 교육의 경우에는 200개의 점이 찍힌 종이를 이용하여 지질시대를 학습할 경우 지질학적 시간이 매우 길다는 것과 각 지질시대가 차지하는 비율에 대해 인식할 수 있을 것으로 보인다. 반면 교과서 A의 경우 모눈종이를 이용

하여 시간 띠를 만드는 것은 어렵지도 않고 지질시대의 길이를 비교해 볼 수는 있겠으나 지질학적 시간이 얼마나 긴지를 표현하지 못한다. 지질시대의 달력을 만드는 방법은 지질시대에 일어났던 사건들을 시, 분까지 환산하여야 하므로 세 가지 방법 중 가장 어려운 방법으로 판단된다.

지구계 교육에 대한 교사들의 인식

지구계 교육의 활동 프로그램 중 일부를 선정하여 대전시 소재 중학교 2학년 96명에게 투입하였다. 투입된 활동 프로그램을 근거로 하여 지구과학교육을 전공하고 있는 박사 과정 3명에게 지구계 교육과 투입한 활동 프로그램에 대한 설문과 면담을 실시하였다.

교사들에게 지구계 교육에 대해 질문한 결과, 학년 수준은 우리나라의 중학교 수준과 공통 과학의 수준으로 보고 있다. 내용 선정에 대한 의견을 살펴보면 내용이 축소될 가능성이나 보강해야 할 면을 지적하고 있어서 지구계 교육의 내용이 기존의 교육과정과 비교해 볼 때 부족하다고 여기고 있다. 내용 구성과 수업 전략에 대해서는 적절하다는 반응을 보이고 있으나, 평가 전략은 우리나라 실정에 맞지 않으므로 새로운 평가 전략의 필요성을 지적하고 있는 것으로 나타났다.

학생 면담 분석

지구계 교육의 활동 프로그램 중 일부를 선정하여 대전시 소재 중학교 2학년 96명에게 투입한 후 지구계 교

육의 핵심인 지구계와 하위계에 관한 이해가 이루어졌는지, 하위계간의 상호 작용에 대해 어느 정도 인식하고 있는지 알아보기 위하여 18명의 학생을 무작위로 추출하여 면담을 실시하였다. 면담 결과를 정리·분석한 것은 다음과 같다. 먼저 학생들이 갖고 있는 지구계에 대한 생각은 Table 4와 같다.

학생들은 지구계에 대해 생각할 때 제일 먼저 떠오르는 것에 대해 기술한 것을 보면 여러 가지 하위계가 상호 작용하는 장이라는 개념보다는 단편적인 개념을 갖고 있는 것으로 나타났다.

지구계를 구성하고 있는 하위계는 어떤 것이 있는지 질문하여 생각나는 대로 모두 응답하게 하였다. 지구계를 구성하는 하위계에 대해서 질문한 결과는 Table 5와 같다.

학생들은 대부분 지구계를 구성하는 하위계에 대해 잘 알고 있었는데 대기와 물이 가장 많이 언급되었다.

다음으로 학생들에게 인간과 지구를 구성하는 하위계들 간의 관계에 대해 질문하였다. 지구계 내에서 하위계간에 일어나는 상호 작용은 매우 다양하며 인간과 다른 하위계간의 상호 작용은 그 중 일부분이라고 할 수 있다. 학생들에게 인간과 하위계 간의 상호 작용에 대해 질문한 것은 인간은 생물권 중에서 각 하위계에 가장 많은 영향을 미치고 있고, 인간과 하위계 간의 상호 작용은 다른 하위계 간의 상호 작용에 비해 쉽게 인식할 수 있으리라 판단되었기 때문이다. 인간이 하위계에 미치는 영향에 대한 답변은 Table 6과 같다.

Table 4. Ideas of Earth systems.

	사례	사례수
지구계에 대한 의견	물, 바다	4
	생물	3
	화산 폭발	4
	인간	2
	기타	5

Table 5. Ideas of subsystems.

	사례	사례수
지구계를 구성하는 하위계에 대한 의견	대기	13
	육지	12
	물	15
	생물	12

Table 6. Ideas of the influence of human on the subsystems.

	사례	사례수
상호 작용 (인간 → 하위계)	식수 사업	6
	환경 보호	6
	개발 통제	1
	동물 보호	5
	환경오염	25
	자원 고갈	7
	자연 파괴	8
	기타	7

Table 7. Ideas of the influence of subsystems on the human.

	사례	사례수
상호 작용 (하위계 → 인간)	식량 공급	12
	산소 공급	7
	삶의 터전제공	11
	자원 공급	10
	태풍	7
	해일	6
	화산, 지진	6
	병균, 독	6
	홍수, 가뭄	7
	기타	11

인간이 하위계에 미치는 영향에 대한 학생들의 의견을 보면 환경오염에 대해 가장 많이 응답하였으며, 개발에 의한 자연 파괴와 자원고갈의 순이었다. 이 결과를 보면 학생들은 인간이 지구를 구성하는 하위계에 좋지 못한 영향을 더 많이 미치는 것으로 인식하고 있음이 나타났다. 하위계가 인간에게 미치는 영향에 대한 응답은 Table 7과 같다.

학생들은 지구계를 구성하는 하위계가 미치는 영향 중에 식량의 공급과 삶의 터전을 제공한다는 응답 순이었다. 전체적으로 보아 지구계를 구성하는 하위계들은 인간에게 살아갈 수 있는 기반을 제공해 주는데 비해 자연 재해의 위험도 안고 있으나, 인간이 하위계에 미치는 영향은 부정적인 것으로 인식하고 있는 것으로 나타났다. 이는 인간과 하위계가 서로 조화를 이루지 못하는 것으로 인식하고 있다는 것을 보여준다.

학생들이 가지고 있는 하위계 간의 상호 작용에 대한 생각도 많은 차이가 있다. 구체적인 응답을 예로 들면

제형이는 다음과 같이 응답하였다.

제형: 중생대에는 공룡이 가장 번성했고요, 내룡이나 감룡같은 종류가 있었어요. 그런데 빙하기에 멸망했어요.

교사: 공룡이 왜 빙하기에 멸망했을까?

제형: 빙하기에 먹을게 없어서요.

제형이는 공룡이 멸망한 것이 단순히 먹을 것이 없어서라고 말하였다. 그렇다면 진수의 답변을 살펴보자.

진수: 중생대에는 공룡과 암모나이트가 번성했고 중기에는 시조새가 출현했어요. 말기에는 환경이 변해서 공룡이 멸망했어요.

교사: 어떤 환경의 변화를 말하는 거지?

진수: 빙하기요. 운석이 지구에 충돌해서 먼지가 쌓이고, 날씨가 추워져서 식물이 번성을 못해서 먹을 것이 없어졌어요.

진수는 제형이에 비해 지구계를 구성하는 하위계 간의 상호 작용에 대해 잘 이해하고 있는 것으로 보인다. 진수는 운석의 충돌이 원인이 된 대기권의 먼지와 재의 증가, 그로 인한 태양 광선의 차단과 기온 강하, 식물의 멸종과 이에 따른 동물의 멸종에 대해 설명하고 있다. 운석의 충돌이 원인이 되어 기상의 변화가 일어나고, 이것이 식물계와 동물계에 영향을 주었다는 사실을 알고 있다.

인간과 하위계 간의 상호 작용에 대한 학생들의 응답의 예를 살펴보면 다음과 같다.

교사: 지구를 이루는 자연 환경은 무엇이 있지?

진영: 대기, 물, 생물, 토양 같은 것들이요.

교사: 사람들은 이런 자연 환경에 어떤 영향을 줄까?

진영: 사람들은 동물들과 상호 교류를 해야 하는데, 사회를 발전시키려고 동물들이 사는 터전을 없애요. 그렇지만 두더지가 땅 속을 이동할 수 있게 구멍을 만들어 주고 동물들이 다니는 통로를 만들어 주기도 해요.

교사: 자연 환경이 사람들에게 미치는 영향은 뭘까?

진영: 식물을 가꾸면 자연에서 거름 같은 것을 주고, 사람은 광합성을 하지 못하지만 식물을 먹으면 에너지가 되요. 화산 폭발이나 지진 같은 피해도 있어요.

진영이는 사람이 동물들과 상호 교류해야 한다고 말하고 있다. 사람이 동물들에게 피해를 주기도 하지만 개발의 과정에서 그들을 보호하기 위해 노력하고 있음을 이해하고 있다.

교사: 사람들은 이러한 환경에 어떤 영향을 줄까?

인석: 손해를 많이 끼쳐요. 지나친 파괴, 자기 생활만 좋게 해요. 예전에 생물들이 이뤄 냈던 좋은 환경을 사람들이 자손에게 물려주지 않고 자원도 다 쓰고... 하지만 나무를 좋은 곳에 심어 주기도 하고 토양을 기름지게 거름도 뿌려 주지요.

교사: 자연 환경은 사람에게 어떤 영향을 주지?

인석: 태풍이 불고요. 화산 폭발 같은 것은 기상에 변화를 일으켜요. 살수 있는 터전을 오염시킨 것을 자연이 다시 회복시키고요.

인석이는 화산 폭발과 기상 변화와의 관계에 대해 인식하고 있는 것으로 보인다.

교사: 인간이 지구에 미친 영향은 무엇이 있을까?

동호: 자동차 오염, 공장 폐수, 쓰레기. 그렇지만 쓰레기를 분리하고 나무를 고쳐 주고, 산불을 꺼 주기도 해요.

교사: 자연이 지구에 미치는 영향은?

동호: 산소나 공기를 제공해 주고, 물도 있고, 사람이 살 수 있는 공간을 만들어줘요. 사람이 의외로 때 조그만 다람쥐를 보아도 즐거워지고, 음식을 제공해 주죠. 태풍이나 해일, 화산 폭발, 지진이 일어나기도 해요.

동호는 인간과 대기권, 암석권, 생물권, 수권 등 지구의 여러 하위계간의 상호 작용에 대해 골고루 인식하고 있는 것으로 보인다.

결론 및 제언

본 연구는 지구계 교육을 고찰하여 그 의의를 알아보고, 내용 분석과 교사 설문 및 면담, 학생 면담 등을 통하여 우리나라에서 지구계 교육의 적용 가능성을 알아보고자 하는 것이다.

지구계 교육은 지구계를 공통 주제로 하여 물리, 화학, 생물, 지구과학에서 다루고 있는 내용을 간학문적으로 통합하고자 한다. 학생들은 지구계 교육을 통하여

자연을 통합적으로 이해하게 되고, 거시적이고 전체적인 관점에서 과학의 본성을 재인식하게 될 것이다. 또한 지구계를 구성하는 하위계 간의 상호 작용에 대해 알게 되고, 지구적 소양을 지닌 시민으로 성장하도록 도울 수 있을 것이다.

지구계 교육의 내용을 우리 나라 교과서와 비교·분석해 보았을 때, 우리 나라의 교과서는 지구계라는 관점을 찾아보기 어려웠으나, 하위계 간의 상호 작용과 그 결과로 나타나는 변화에 대하여 언급하고 있음을 확인하였다.

지구계 교육에 대한 교사들의 반응을 보면 학년 수준은 우리 나라에서 적용하기에 적절하고 내용 구성, 수업 전략 등은 좋지만 목표 설정이 보다 구체적으로 이루어져야 하며, 우리 나라에서 적용하기에 적합한 평가 방법이 개발되어야 한다고 지적하였다.

지구계 교육의 활동 프로그램을 학생들에게 적용한 후 실시한 면담 결과를 살펴보면, 학생들은 지구계에서 일어나는 인간과 다른 하위계 간의 상호 작용에 대해 비교적 잘 인식하고 있으며, 면담 도중 인간과 지구계와의 상호 작용 외에 다른 하위계 간의 상호 작용에 대해 잘 인식하고 있는 학생도 있음을 알 수 있었다. 이상의 연구 결과를 종합해 보면 지구계 교육은 지구계를 중심으로 과학 과목을 통합하고자 하는 시도로서, 우리 나라에서 통합 과학교육과정을 구성하는 새로운 방법을 제시해 줄 수 있을 것으로 여겨진다.

현행 우리 나라 교과서의 내용을 살펴보면, 지구계나 하위계와 같이 지구를 계의 관점에서 바라보는 시각은 없지만 환경과 생물권 간의 상호 작용과 그 결과에 대한 인식은 이루어지고 있으므로, 여기에 지구계 교육을 접목시키는 것은 충분히 가능하다고 본다. 교사 설문 결과 지구계 교육의 계를 이용한 접근법(system approach)이나 내용 구성, 수업 전략 등에서도 긍정적인 반응을 나타내고 있으며, 학생 면담 결과 하위계 간의 상호 작용에 대해 잘 인식하고 있는 것으로 나타나 지구계 교육의 계를 이용한 접근이 가능할 것으로 보인다.

따라서 지구계 교육은 지구와 과학에 대한 새로운 인식을 심어 주는 효과적인 수업으로서, 나아가 통합 과학교육과정을 구성하는 새로운 방안으로서 우리 나라의 과학교육과정 구성에 적용될 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구를 수행하는데 있어 교사 설문 조사는 소수

의 지구과학 전공자만을 대상으로 하였으므로 일반화되기 어려운 면이 있다. 또한 수업에 적용한 지구계 교육의 활동 프로그램은 오하이오 주립대학에서 개발한 것을 수정·보완한 것으로 우리 나라 학생들에게 적용할 때 약간의 무리가 있을 수 있다.

따라서 우리 나라에서 실제로 지구계 교육을 수업에 적용하고, 지구계 교육의 효과를 조사하기 위해서는 우리 나라의 실정에 맞는 지구계 교육의 활동 프로그램과 교육과정의 개발, 그리고 계속적인 현장연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- 권재술, 김범기, 최병순, 현종오, 이길재, 임건일, 정진우, 이연우, 홍성일, 1995, 중학교 과학 I, 한샘출판사. 13-88.
- 공우영, 김진규, 이광만, 허동, 김택중, 정문호, 이기성, 김병국, 안태근, 김영국, 김수웅, 정익현, 박병훈, 1995, 중학교 과학 I, 지학사. 89-162.
- American Association for the Advancement of Science, 1989, Science for All Americans.
- Earth System Science Committee, 1988, Earth System Science. Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration.
- Fortner, R. W. and Mayer, V. J., Science is a Study of Earth - A Resource Guide for Science Curriculum Restructure. Columbus, OH: The Ohio State University.
- Fortner, R. W., 1992, Biological and Earth Systems Science. The Science Teacher, 59, 32-37.
- Fortner, R.W., 1993, The biological and Earth Systems Science curriculum. Report to the Worthing Board of Education.
- Mayer, V. J. and Richmond, J. M., 1977, Evaluation instrument for integrated science teaching. A chapter in New Trends in Integrated Science Teaching. Vol. 4.
- Mayer, V. J., 1989, Earth Appreciation. The Science Teacher, 56, 60-63.
- Mayer, V. J., and Armstrong, R. E., 1990, What every 17-years old should know about planet Earth. Science Education, 74, 155-165.
- Mayer, V. J., 1991a, Earth systems science: A planetary perspective. The Science Teacher, 58, 34-39.
- Mayer, V. J., 1991b, A framework for Earth Systems Education. Science Activities, 28, 8-9.
- Mayer, V. J., 1992, Earth System education: Origins and Opportunities, Columbus, OH: The Ohio State University, 11-21.

Mayer, V.J., Ronald, E. A., Uoyd, H. B., Shirley, M. B., Jane, N. C., Rossane, W. F., Mildred, G., William, H. H., Susan, E. H., Danniel, W. J., Edwin, L. S., and Kenneth, L. S, 1992, The role of planet earth in the new science curriculum. *Journal of Geological Education*, 40, 66-73.

Mayer, V. J, 1995, Using the Earth Systems education for integrating the science curriculum. *Science Education*, 79, 375-391.

The National Science Teachers Association, 1992, *Scope, Sequence, and Coordination of secondary school science*.

1999년 12월 27일 원고 접수

2000년 3월 25일 원고 채택