

대학생들이 인식하는 지구계 순환의 구성 개념 분석

김윤지* · 정진우 · 위수민

한국교원대학교

Analysis of Conceptions of Earth System Cycles as Perceived by College Students

Yun Ji Kim* · Jin Woo Jeong · Soo Meen Wee

Korea National University of Education

Abstract: The purpose of this paper is to identify college students' conceptions of the earth system cycles as learners of earth science education (ESE) and draw educational implications. An eight-week creative story writing project was held with 62 non-science students taking a general course on earth science. Their creative stories were categorized by analyzing the conceptions and types of cycle with a story mapping technique. The cycle conceptions of earth systems were expressed diversely into 32; most of the cycle types were circular and complex, while the others were branch-shaped and linear types that fail to complete the cycles. College students' conceptions of the earth system cycles is biased toward natural-abiotic systems; less than 30% of them are shown to be aware of all three categories: natural-abiotic, natural-biotic, and human systems. It is essential to diversify the content of education on earth system cycles and help learners develop systematic methods of thinking so that they will be able to recognize the impacts of feedback from human activities through ESE.

Key words: earth system, cycle, creative writing, story mapping

I. 서 론

지구계는 오늘날 세계를 하나의 복잡한 모델로 재구성하여 자연현상과 사회의 복잡성을 다루고, 하위 계들을 하나의 전체로 보아 한 영역의 변화와 과정은 다른 영역에 작용한다는 관점을 제시한다(Libarkin, Kurdziel, 2006). 지구계 과학의 핵심은 시스템 내의 역동적이고 물리적인 상호작용 과정이며, 지구계 과학에서 인간의 노력과 미래의 요구와 관련하여 행성의 물과 물리적 기후 시스템의 과학적 측면을 이해하는 것이 필수적이다(Johnson *et al.*, 2000).

Boschhuizen, Brinkman(1995)은 순환 개념에 지구화학적 변화와 지구 에너지에 대한 근원적 내용이 포함되어 있으며, 자연적 순환의 교란이 지구의 생명을 유지하는데 주요 문제가 되므로 학교 교육을 통해 다루어져야 할 기본적인 내용이라고 주장하였다. Ben Zvi Assaraf, Orion(2005b)은 과학 교육과정의 체계로서 지구계적 접근으로 암석·물·이 사슬·탄소·에너지 순환의 내용을 포함해야 한다고

하였으며, 중등 과학 교사들의 지구계 교육 연수를 소개한 Owen *et al.*(2004)의 연구에서 지구계 과학의 구조화된 주제 중 순환 내용은 물 순환, 암석 순환, 탄소 순환, 대기 대순환, 해양 대순환으로 구성되어 우리나라의 과학 교육과정과 잘 일치함을 보여준다. 2007년에 발표된 7차 개정 교육과정에서는 초등학교에서 물의 순환, 중학교에서 암석의 순환과 대기 및 해양의 대순환, 고등학교 1학년에서 해당하는 10학년의 지구계 단원에서 탄소와 물 및 에너지 등의 순환을 다루도록 하고 있다(교육과학기술부, 2007).

순환을 환경교육의 관점에서 조사한 Boschhuizen, Brinkman(1995)은 개념도(concept mapping)를 통해 순환의 개념이 어떤 교과와 연계되는지 분석한 바 있고, 지구시스템의 관점에서 Kali(2003)과 Kali *et al.*(2003)의 연구에서는 암석의 순환을 주제로 소프트웨어를 개발하여 이해를 분석하였으며, Ben Zvi Assaraf, Orion(2005a, 2005b)은 물의 순환에 대한 인식을 그리기 도구와 검사지 등으로 조사하였는데, 모두 시스템 사고의 발달과 요인에 초점을 맞추어 이

*교신저자: 김윤지(vegalike@hanmail.net)

**2009.09.07(접수) 2009.10.28(1심통과) 2009.10.29(최종통과)

루어진 연구였다. Sibley *et al.*(2007)은 교수와 평가 도구로 박스 그림(box diagram)을 암석·물·탄소 순환에 적용하는 방안을 제안하고 명백하지 않은 시스템과 화학반응에 대한 학생들의 인지 부족으로 오류가 많다고 하였으며, Townsend *et al.*(2007)은 질소의 순환을 주제로 한 수업에 시 쓰기 방법을 적용하여 학생들에게 보다 많은 지식이 획득되고 흥미와 동기가 부여되는 유익한 수업이라고 평하였다. 또한 Young *et al.*(2001)은 물의 순환을 주제로 ‘물방울의 여행’이라는 제목의 창의적 이야기 쓰기와 읽기를 교수 방법으로 제안하면서, 창의적 이야기 쓰기를 통해 과학적 개념에 대한 이해는 표현과 동시에 획득 가능하고, 창의적 이야기 읽기를 통해 관련 개념들을 친근하게 포용하며 물의 순환에 대한 기본적인 개념을 재검토하게 된다고 하였다.

국내에서는 탄소 순환에 대한 지구과학 예비교사들의 이해가 부족하며 시스템 사고 수준이 낮다는 문병찬 등(2004)의 연구와 물의 순환을 소재로 고등학생, 지구과학 예비교사, 초등 예비교사들의 지구계적 인식을 조사한 연구들이 수행되었다(이동은 등, 2008; 정진우 등, 2007; 정진우, 김윤지, 2008). 대학생이며 초등 예비교사인 연구대상들은 물의 순환을 기권과 수권에서의 주된 작용으로 인식하고, 암권 및 생물권에서의 작용에 대한 이해가 매우 부족하며, 인간이 물의 순환 구성요소로서 미치는 영향에 대한 인식의 표출이 적었다(정진우, 김윤지, 2008). 이는 초등학교에서 가르쳐지는 물의 순환에 대해 시간이 흘러 고등학교에 도달할 때까지 대부분의 학생들이 기초가 되는 과정을 여전히 이해하고 있지 못하다는 Lambert(2005)의 연구와도 일치하는 결과이다.

지구계 교육의 관점에서 순환이라는 주제는 지구 하위계의 상호작용을 설명하고 이해하는데 필수적인 학습 요소가 되지만, 우리나라 교육과정에서 지구계의 구성과 하위계에서의 상호작용 등의 내용을 다루는 고등학교 지구과학 I 교과에서는 탄소와 에너지의 순환을 통해 교수학습이 이루어지도록 언급하고 있을 뿐이다(교육부, 1997). 선행 연구들을 고찰하면 암석의 순환(Kali *et al.*, 2003; Kali, 2003), 물의 순환(Ben Zvi Assaraf, Orion, 2005a, 2005b), 암석·물·탄소의 순환(Sibley *et al.*, 2007), 질소의 순환(Townsend *et al.*, 2007) 등 각각의 순환 유형에 대한 이해 또는 인식이 연구되고 있을 뿐, 교수학습의

현장에서 학습자 또는 교육자가 지구계의 순환으로 인식하는 구성 개념에 대한 연구는 이루어지지 않았다. 하나의 시스템으로서 지구계를 이해하기 위해서는 시스템의 부분들에 대한 이해와 부분들 사이의 관계에 대한 이해 및 하나의 전체로서 시스템에 대한 이해라는 3가지 요소가 일반적인 시스템 사고로 정의되며 또한 요구된다(Kali *et al.*, 2003; Kali, 2003). 본 연구에서는 지구계의 하위계들 사이에서 상호작용으로 나타나는 순환의 구성 개념과 그 유형을 분석하여 지구계의 부분과 부분 사이의 관계에 대한 이해를 풀어내고, 순환 구성 개념의 범주화를 통해 전체로서 지구계에 대한 대학생들의 인식을 들여다 볼 수 있을 것이다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

지구계 교육의 출발지인 미국에서 지구계 과학에 초점을 맞춘 교육은 대학생들을 대상으로 지구의 복잡한 상호작용을 가르치는데 유용한 과정으로 알려져 있으며(Libarkin, Kurdziel, 2006), 역동적인 시스템에 대한 학생들의 관점과 그들의 정신모형은 대학 과정에서 학생들이 무엇을 배워 지식을 구성하는가를 결정하는데 강력하게 작용한다(Raia, 2005).

본 연구는 중부 지역에 소재한 국립 대학교에 개설된 지구과학 교양 선택 교과를 수강하는 대학 2-3학년 학생들 중에서 과학을 전공하지 않는 학생들을 연구 대상으로 진행되었다. 지구과학 수업 시간을 통해 연구 자료 수집이 이루어졌으므로 강의계획서를 통해 해당 학생들에게 창의적 글쓰기 활동에 대해서 미리 안내하고, 첫 시간에 구체적인 수업 내용과 활동에 대해 소개하여 참여를 희망하지 않는 학생들은 선택 수업을 변경하도록 권고하였다.

수업에 참여한 학생들 중에서 과학 전공자 및 결석이 잦아서 활동이 부족했던 일부 학생들이 연구 대상에서 제외되었으며, 최종 연구 대상은 62명이었다. 현행 교육과정에서 지구계 관련 내용을 다루고 있는 고등학교 지구과학 I 교과를 이수한 학생은 일부 연구 대상에 포함되었으나, 전공 심화 수준의 지구과학 내용을 학습하였을 것으로 예상되는 지구과학 II 교과를 이수한 학생은 단 한 명도 포함되어 있지 않았다.

2. 자료 수집

비과학 전공 대학생들의 과학 수업에서 글쓰기와 같은 창의적 프로젝트는 학생들이 과학을 전문 교육의 중요한 요소로 인지하도록 설득하는데 효과적인 방법이 될 수 있으며(Cherif, Gialamas, 2000), 창의적 글쓰기는 현재 대학 수준에서 전공 내용으로 교수가 이루어지고 있다(Lin, 2003). 본 연구는 지구과학 수업 시간에 8주 동안 약 1시간씩 지구계의 순환에 대한 창의적 글쓰기 활동을 실시하였으며, 활동이 끝나면 자료를 제출했다가 다음 주에 연구자로부터 돌려받아 글쓰기를 연장해가는 릴레이 형식으로 활동을 진행하였다.

창의적 글쓰기 활동 중 필요하다면 그리기를 병행하도록 하였는데, 이는 그리기(sketch)가 과학에 대한 개념의 이해를 조사하기 위해 비공식적으로 이용되는 방법으로 물·탄소·질소의 순환 등과 같은 주제에서 주개념 이상의 것을 탐구하는데 이용될 수 있기 때문이다(Dove et al., 1999). 연구대상 A5의 창의적 이야기 중 지구계 순환의 구성 개념으로 탄소를 나타낸 그림에서는 하위계 사이에서의 변화가 표현되었고, A13이 지구계 순환으로 달을 나타낸 그림은 달의 위상 변화에 대한 주관적 개념을 표출한 사례로 볼 수 있다(그림 1).

3. 자료 분석

사과의 창으로써 글쓰기를 연구했던 Fellows (1994)는 과학 학습에 글쓰기 방법을 적용하여 개념의 변화 과정을 이해하고자 하였는데, 학습자가 사전·과정 중·사후에 쓴 글을 분석하기 위해 연구자

들이 개념도(concept map)를 작성하였으며 이는 개념을 발견하여 평가하기에 유용한 방법이라고 제안하였다. 본 연구에서는 대학생들의 창의적 이야기를 분석하기 위한 방법으로 스토리맵(story map)을 도입하여 지구과학교육 전문가 2인의 검토를 받아 적용하였다.

스토리맵 그리기(story mapping) 방법은 이야기의 구성요소들을 지도로 나타내어 구조를 도식화하기에 효과적인 방법이다(Idol, Croll, 1987). 주로 언어 교과에서 읽기 학습을 향상시키기 위한 방법으로 활용되는 스토리맵은 단선형의 한 방향으로 작성되는 형태가 일반적이지만, Davis(1994)는 단선형의 스토리맵을 수정하여 방사형의 형태로 작성한 사례를 소개하였다. 본 연구에서는 대학생들의 이야기 속에 표현된 지구계의 다양한 순환 구성 개념과 유형을 나타내기 적합한 방사형 스토리맵의 중심부에 '지구계의 순환'을 주제로 놓고, 대학생들이 표현한 순환의 구성 개념을 중심부와 연결된 사각형 속에 기재하며, 각 순환 구성 개념을 구성하는 순환 요소들을 사각형과 연결된 원형 속에 기재하여 순환을 표현하는 한편, 순환 과정에서의 특징이나 코멘트는 화살표를 추가하여 기재하였다.

분석 과정에서 신뢰도를 확보하기 위해 동료 연구자 2인과 삼각검증을 실시한 결과, 10 사례의 순환 구성 개념을 분석한 일치율은 91.4%로 계산되었다. 동료 연구자들과 스토리맵을 작성하는 과정에서 순환이 시작된 방향에 대한 역방향의 피드백을 표현하기 위해 화살표 부호가 필요하다는 안이 제시되었고, 특징이나 코멘트는 화살표 없이 적절한 위치에 표기하는 것으로 스토리맵 기재 방식의 수정이 이루어졌다(그림 2). 그러나 본 연구에서 방사형 스토리맵을 통해

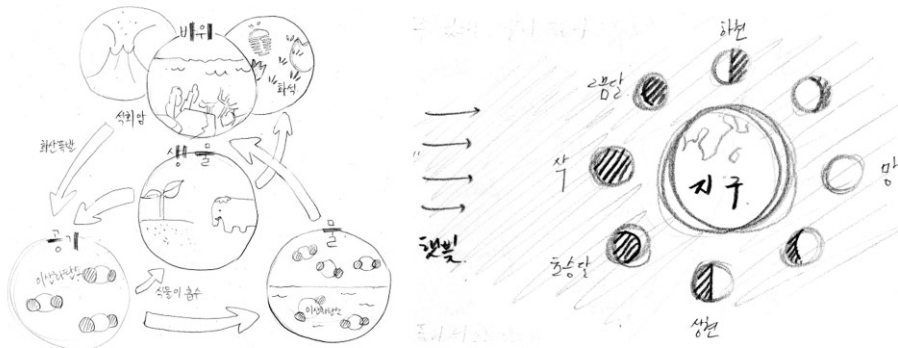


그림 1 지구계의 순환 중 탄소(A5)와 달(A13)을 표현한 그리기 사례

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 지구계의 순환에 대한 구성 개념

창의적 이야기 자료로부터 반복적 비교 분석 방법을 통해 유형화된 지구계의 순환은 암석, 지표, 지각, 맨틀, 지진, 화산, 물(자연), 물(인공), 조석, 해류, 탄

소, 질소, 공기, 바람, 대기, 기후, 에너지, 시간, 일조, 계절, 달, 행성, 별, 먹이사슬, 식물, 동물, 인간, 혈액, 자원, 오염, 오존, 온난화의 총 32 가지 구성 개념으로 분석이 이루어졌다. 순환의 구성 개념을 분석한 스토리맵의 일부 사례를 소개하였고(표 1), 각 구성 개념 별 분석 결과는 범주를 정리하여 나타낸 내용에서 찾아볼 수 있다(표 3).

표 1 지구계 순환의 구성 개념을 분석한 스토리맵 사례

구성 개념	사례	순환 구성 개념의 분석 사례
암석	H8	
지표	A1	
물(자연)	H7	
물(인공)	M6	
해류	M12	
탄소	H5	
질소	M12	
대기	H8	
에너지	H12	
먹이사슬	P5	
자원	M8	
오염	M15	
온난화	P17	

암석의 순환은 화성암-퇴적암-변성암 사이에서 또는 암석의 변화 과정을 2종류 이상 표현한 구성 개념으로 연구 대상 62명 중 13명(21%)이 인식을 표현하였다. 현행 7차 교육과정과 개정 교육과정의 중학교 1학년 과정에서 암석의 순환 내용이 다루어지고 있으나(교육부, 1997; 교육과학기술부, 2007), 일부 학생들만이 지구계에서 순환의 소재로 창의적 이야기를 통해 인식을 표출하였으며 순환의 과정은 비교적 단순하게 표현되었다(표 1). 지표의 순환은 침식-퇴적작용의 반복 현상 또는 토양에서의 풍화로 인한 변화를 표현하거나 지표면에서의 풍화 작용으로 인한 변화를 표현한 구성 개념으로 23명(37%)에 해당하였다. 이들 중 다수는 동요 가사를 인용하여 바윗돌-돌덩이-자갈돌-모래알의 크기 변화에 초점을 맞추어 순환 과정을 표현하고 있다(표 1). 암석의 순환을 소재로 한 Kali *et al.*(2003)의 선행 연구에 따르면 지구 표면에 드러난 암석에서 풍화 등의 물질 변화는 암석 순환의 일부 과정으로 볼 수 있지만, 본 연구에서 대부분의 학생들이 암석의 순환과 지표의 순환을 구분하여 인식을 표현하였으므로 구성 개념을 달리 하였다.

지각의 순환은 연구대상에 의해 판, 대륙, 산, 땅 등으로 표현되어 조산·조륙 운동 등의 변동이나 판 경계 지형에서 나타나는 생성과 변형 및 소멸 과정을 표현하였으며, 9명(15%)의 사례가 해당하였다. 맨틀의 순환은 개념적으로 지각의 순환과 명확한 구분이 어려운 것으로 생각되지만, 연구대상이 맨틀이라는 용어로 표현하거나 지구 내부에서 마그마의 대류 및 상승과 하강 운동을 표현한 경우를 구분하여 7명(11%)이 해당하였다. 지진과 화산의 경우는 지구과학자들이 순환이라는 과정으로 설명하지 않으나, 본 연구에서 연구대상 학생들의 일부는 반복되는 자연 현상의 측면에서 지구계의 순환으로 인식을 표출하였다. 지진 구성 개념은 지진 활동으로 발생하는 진동의 연속성 또는 지형에서의 반복적인 현상을 2명(3%)이 표현하였으며, 화산 구성 개념은 화산 활동으로 발생하는 반복적인 폭발과 화산 작용을 표현한 사례로 3명(5%)이 해당하였다.

대학생들이 가장 많이 표현한 지구계의 순환 구성 개념은 물이었는데, 자연 상태에서의 순환(62명 중 60명, 97%)과 인간 활동에 의한 순환(17명, 27%)으로 구분되었다. 자연적인 물의 순환에 대해 연구대상 학생들은 구름-비-강-바다 등에서의 다양한 과정으로

물의 형태가 전환되고 이동하는 자연 현상을 표현하였는데, 주로 기권과 수권에서의 순환 요소들로 표현되었다(표 1). 이는 물의 순환을 소재로 예비 교사인 대학생들의 지구 시스템적 인식을 조사한 정진우 등(2007), 정진우, 김윤지(2008)의 연구를 통해 암권과 생물권에서 물 순환 과정에 대한 인식이 부족하다는 결과와 일치함을 보였다. 또한 일부 학생들은 자연적인 물의 순환을 고체-액체-기체의 상태 변화로 나타내거나 포화와 불포화 상태로 자연 현상을 표현하기도 하였다. 인공적인 물의 순환은 수도꼭지-인간-공장-하수관 등의 인간에 의한 물의 이동과 오염 및 정화 과정을 표현한 사례들로 일부 학생들은 자연적 물의 순환과 구분하였고, 일부는 자연적 물의 순환 과정 중의 한 부분으로 표현하기도 하였다(표 1).

해류의 순환은 현행 교육과정의 고등학교 지구과학 I 선택 교과에서 그리고 개정 교육과정의 9학년 과정에서 전 지구 규모의 순환으로 다루는 내용이지만(교육부, 1997; 교육과학기술부, 2007), 연구 대상이 표현한 사례는 10명(16%)에 지나지 않았다. 주로 고위도(극)와 저위도(적도) 사이에서 해수의 이동이나 난류와 한류를 통한 전 지구적 해수의 흐름을 표현하였으며, 일부 학생들은 해수 표층과 심층 사이에서의 상승과 하강 운동을 대류 운동으로 표현한 사례도 있었다(표 1). 연구 대상 중 6명(10%)은 밀물-썰물의 반복 현상으로 해수의 지역적 운동을 표현하여 조석을 지구계 순환의 한 구성 개념으로 구분하였다. 이는 지구과학 전공자들이 순환의 유형으로 보지 않으나, 과학을 전공하지 않은 일반인들에게는 지구계에서 관찰되는 반복 현상들이 순환의 일종으로 인식되고 있음을 알 수 있다.

탄소의 순환은 지구계의 하위계들 사이에서 상호작용을 설명하는데 활용되는 소재로서 현행 교육과정에서는 고등학교 지구과학 I 선택 교과에서 다루어졌으나(교육부, 1997), 개정 교육과정에서는 10학년으로 구성된 지구계 단원의 내용에 포함되도록 해설서에 직접 언급되고 있다(교육과학기술부, 2007). 연구 대상 중 14명(23%)이 해당하였으며, 학생들은 대기 중-바다-석회암 등에서 탄소의 다양한 존재 형태와 이동 과정을 순환으로 표현하였고, 이들 중 다수는 인간(동물)의 호흡과 식물의 광합성 작용사이에서의 상호 방향으로 순환 고리를 표현하였다(표 1). 본 연구의 결과 중에서 연구자들이 예측하지 못한 부분은 4명(6%)의

학생들이 대기 중-식물-동물-사람 등으로 질소가 존재하는 형태와 이동 과정을 표현한 질소 순환이었다(표 1). 질소 순환은 지구시스템과학 교육과정을 운영하는 미국 오하이오주의 B중학교 7학년의 수업 주제로서 활용된다는 내용이 소개되었고(이효녕, 2006), 시 쓰기 방법을 적용한 Townsend *et al.*(2007)의 연구에서 소재로 활용된 바 있으나, 우리나라 초·중등 교육과정에서는 학습 경험이 없을 것으로 예상하였다. 해당 학생들에게 구두로 질의한 결과, 대학교 과정의 다른 수업 시간에 뿌리혹박테리아의 뿌리를 통해서 대기 중의 질소가 생물권으로 먹이사슬을 따라 이동하는 과정을 배운 적이 있다는 설명을 들 수 있었다. 또한 5명(8%)의 학생들이 탄소, 질소, 산소 등의 혼합 기체인 공기의 이동을 순환으로 표현하였는데, 이는 공기의 각 성분들에 의미를 둔다는 점에서 공기의 운동에 초점을 맞추어 표현하는 바람과 구분이 되었다.

지구계의 순환 구성 개념으로 바람을 표현한 학생들은 25명(40%)으로 다수였는데, 지역 규모로 고기압과 저기압 사이에서 공기의 대류 운동을 표현하거나 육지-바다의 육풍과 해풍 또는 산등성이-골짜기의 산풍과 곡풍의 형성 과정을 표현한 사례들이 해당하였다. 대기 순환은 전 지구 규모의 공기 운동으로 연구 대상 학생들은 고위도-저위도 사이에서의 무역풍·편서풍·극동풍 개념과 연계하여 표현하였다(표 1). 대기 대순환 개념은 해양 대순환과 더불어 현행 교육과정의 고등학교 지구과학 I 선택 교과에서 그리고 개정 교육과정의 9학년 과정에서 순환의 한 주제로 다루어지지 않음(교육부, 1997; 교육과학기술부, 2007), 13명(21%)만이 지구계의 순환으로 인식을 표현하였다. 또한 연구 대상 62명 중 1명(2%)의 학생은 장기간에 걸친 빙기-간빙기의 반복 현상을 전 지구적 규모에서 기후의 순환이라고 표현한 사례가 있었다. 이는 지구과학자들이 지구계에서의 순환 개념을 주로 물질과 에너지의 순환으로 설명하는 바와는 차이가 있으나, 지구계를 이해하는 주요 개념인 지구의 긴 역사(Mayer, Armstrong, 1990; Mayer *et al.*, 1992; Mayer, 1995)를 통찰하여 기후의 반복 현상을 순환이라는 소재를 통해 인식하였다는데 의미를 둘 수 있을 것으로 생각된다.

에너지의 순환은 현행 교육과정의 고등학교 지구과학 I 선택 교과와 개정 교육과정의 10학년 지구계 단

원에서 지구계를 구성하는 지권·기권·수권·생물권·외권의 상호작용을 이해할 수 있도록 하는 중요한 역할을 담당하고 있다(교육부, 1997; 교육과학기술부, 2007). 본 연구에서 대학생들은 태양으로부터 지구 표면에 도달한 태양복사에너지가 형태를 바꾸며 동식물에게 전달되는 흐름을 표현하였거나 운동에너지 및 위치에너지로부터 전기에너지가 생산되어 사용되는 경로를 표현하였으며, 10명(16%)의 사례가 이에 해당하였다(표 1). 이들 중 대부분이 단순한 에너지의 흐름과 형태의 변형을 표현하고 있어서 지구과학 교육과정을 통해 강조되고 있는 지구계의 하위계들 사이에서 상호작용을 표현한 사례는 찾아보기 힘들었다. 연구 대상 중 8명(13%)의 학생들은 인간이 구성한 개념인 시간을 지구계 순환의 구성 개념으로 표현하였는데, 초·분·시-하루 24시간-한 달 30일-일 년 12월 등의 반복으로 나타낸 사례들이 있었고, 과거-현재-미래 또는 어제-오늘-내일 등의 반복되는 표현으로 나타내기도 하였다. 시간은 지구계에서 순환하는 물질이나 에너지 개념에 해당하지는 있으나, 고등학생들의 순환 개념을 분석한 Boschhuizen, Brinkman (1995)의 연구에서도 한 구성 개념으로 분석된 사례가 있으므로 포함하였다.

지구계의 순환 구성 개념으로 18명(29%)의 대학생들은 낮과 밤 또는 이를 세분하여 아침-점심-저녁-밤 등의 반복 현상을 지구 자전에 의한 낮밤의 순환으로 표현하였다. 본 연구에서 두 번째로 응답수가 높았던 계절 구성 개념의 경우, 연구 대상 62명 중 절반에 가까운 29명(47%)이 봄-여름-가을-겨울의 반복 현상을 지구 공전에 의한 순환으로 표현하였다. 또한 초승달-상현달-보름달(망)-하현달-그믐달-삭 등의 과정을 통해 달의 공전 운동으로 인한 주기적 위상 변화를 지구계의 순환으로 표현한 사례가 14명(23%)에 해당하였다. 연구 대상 학생들 중 일부는 달의 이름을 '왼쪽 반달', '오른쪽 반달' 등으로 언급하여 과학적 용어로 설명하지 못하였으며, 달의 위상이 변화하는 순서를 바르게 연결하지 못한 사례들도 있었다. 지구에서 관측되는 태양계 행성들의 공전 운동을 순환으로 표현한 사례가 3명(5%)이었으며, 지구 표면의 관측자 관점에서 별의 일주 운동과 연주 운동 또는 별의 탄생-진화-소멸의 과정을 표현한 학생들은 9명(15%)에 해당하였다. 다수의 대학생들이 지구계의 순환으로 표현한 낮밤, 계절, 달, 행성, 별의 경우는 지구과

학자들이 지구계의 순환 구성 개념으로 교육과정에 구성하는 물질과 에너지 순환의 개념과는 차이가 있다. 이들 구성 개념은 모두 지구에서 일상적으로 경험하거나 관측하게 되는 반복적인 천문 현상이라는 점에서 지구과학 전공자들과 지구과학을 학습하는 일반인들의 인식 차이를 볼 수 있다.

먹이사슬을 지구계의 순환으로 표현한 사례는 20명(32%)으로 다수의 대학생들이 식물-동물-인간-배설 또는 사체-흙 등의 과정으로 표현하거나 생산자-1차 소비자-2차 소비자-3차 소비자-분해자라는 용어로 생태계 피라미드를 표현하기도 하였다(표 1). 식물의 순환은 11명(18%)에 해당하였는데, 대부분의 학생들이 씨앗에서 열매까지 식물 성장 과정의 일부 또는 전체를 표현하였으며, 일부 학생은 꽃이 피고 지는 과정을 통해서 식물의 생명 활동을 표현하기도 하였다. 이와 유사하게 6명(10%)의 학생들이 동물의 순환으로 탄생-성장-번식-죽음의 생명 활동 과정을 표현하거나 기러기와 연어 등 동물의 반복 행동을 순환으로 인식하고 있음을 나타내었다. 또한 8명(13%)의 학생들은 인간의 순환이라며 탄생-성장-결혼과 출산-사망 등의 일부 또는 전체 인생을 표현하였고, 7명(11%)의 학생들이 인간의 심장-동맥-온몸-정맥-폐-심장으로 순환하는 혈액의 이동 과정을 표현하였다.

자원의 순환을 지구계 순환의 한 구성 개념으로 표현한 연구 대상은 9명(15%)에 해당하며, 금, 금속, 연탄, 나무 등의 다양한 자원이 인간에 의해 활용되는 다양한 사용처들을 표현하거나 또는 종이, 유리, 금속, 플라스틱 등의 자원이 분리수거를 통해 재사용되는 경로를 표현하였다(표 1). 연구 대상 중 1명(2%)이 인간으로부터 대기오염-토양오염-생물오염이 순환하여 다시 인간에게 영향을 미치는 과정을 오염의 순환으로 표현한 사례가 있었고(표 1), 3명(5%)은 인간의 프레온 가스 사용으로 오존 구멍이 생기는 인과 과정을 통해 인간의 작용과 피드백을 오존의 순환으로 표현하였다. 이와 유사하게 6명(10%)의 학생들이 온난화를 순환의 구성 개념으로 인식하였는데, CO₂-지구 온난화-빙하 용융-해수면 상승 등의 과정으로 인간의 작용과 부정적 효과를 표현하였다(표 1). 순환 개념에 대한 Boschhuizen, Brinkman(1995)의 선행 연구 결과에 비해서는 응답 비율이 낮으나, 다수의 학생들이 지구계 순환을 표현하는 소재로서 환경 문제를 인식하여 표현하고 있다는 점은 일치한다고 판단

할 수 있다.

2. 지구계의 순환에 대한 구성 개념의 유형

창의적 이야기 자료로부터 분석한 대학생들이 인식하는 순환의 유형으로서 선형 유형은 순환 요소들이 단일 방향의 선형으로 연관되어 배열되는 35 사례(9.4%), 원형 유형은 순환 요소들이 단일 또는 상호 방향의 원형으로 고리를 형성하여 배열되는 195 사례(52.1%), 가지형 유형은 순환 요소들이 단일 방향의 선형으로 병렬적인 가지를 이루어 배열되는 39 사례(10.4%), 복합형 유형은 순환 요소들이 선형의 가지와 상호 방향의 피드백 고리를 형성하여 배열되는 105 사례(28.1%)로 분석되었다. 자연적인 물의 순환 구성 개념에서 순환의 유형별 스토리맵의 일부 사례를 소개하였고(표 2), 각 구성 개념별 유형의 분석 결과는 범주를 정리하여 나타낸 내용에서 찾아볼 수 있다(표 3).

표 2. 지구계 순환의 유형을 분석한 스토리맵 사례

대학생들이 인식하는 암석의 순환은 주로 복합형으로 표현되어 다양한 순환 요소들과 과정이 드러났으나, 일부 학생들은 암석들 사이의 변형만을 나타내었을 뿐 순환의 고리를 완성하지 못한 가지형으로 표현하였다. 지표 순환의 경우에는 인식을 표현한 연구 대상 23명 중 절반을 넘는 13명이 선형의 유형을 나타내었으며, 지각의 순환 역시 선형으로 표현한 사례가 다수를 차지했다. 지표의 순환을 표현한 유형으로부터 학생들이 지표에서 바위-돌-모래-흙 등으로 풍화되는 과정을 주로 표현하면서 순환의 연결 고리를 형성시키지 못하고 있음을 알 수 있으며, 흙 등의 풍화된 퇴적물이 오랜 시간 동안 지층을 형성하고 다시 풍화 작용을 통해 바위로부터 풍화되는 순환 고리를 형성하여 원형 또는 복합형의 유형으로 과학적 개념으로 표현한 사례는 극히 일부에 해당하였다. Magntorn, Hellden(2007)은 생태계에서 유기체와 생물 요소들 사이의 인과 관계에 대한 중학생들의 이해를 선형·순환형·도미노형·상호형의 관계로 유형화 하였는데, 생태계를 효과적으로 이해하고 추론하기 위해서는 도미노형, 순환형, 상호형의 관계 이해가 포함되어야 하며, 그렇지 못하면 학습자가 새로운 정보를 구성

표 2 지구계 순환의 유형을 분석한 스토리맵 사례

유형	사례	순환 유형의 분석 내용
선형	H16	산골짜기 → 하천 → 강 → 바다
원형	A7	비 → 땅속 → 지하수 → 냇물 → 강 → 바다 → 수증기 → 구름 → 비
가지형	A3	바다 → 수증기 → 구름 → 눈, 비, 냇가, 사람, 땅속, 식물
복합형	H11	구름 → 비 → 땅 → 지하수, 식물, 강 → 바다, 증발 → 구름

할 때 하나가 원인이 되어 다른 하나에 직접 영향을 주는 단순한 선형 관계만을 이해할 수 있을 뿐이라고 주장한 바 있다. 본 연구에서 암석의 순환을 가지형으로 표현한 사례나 지표와 지각의 순환을 선형으로 표현한 사례 등은 지구계에서의 순환 과정과 요소들에 대한 이해를 바탕으로 한 인식의 부족을 드러내는 것으로 볼 수 있다.

우리나라 교육과정에서 지구계의 순환과 관련하여 중요 개념으로 다루는 탄소의 순환에 대해 기권과 수권, 암권, 생물권 사이의 상호작용을 과학적 개념과 유사하게 복합형으로 표현한 사례는 일부이다. 주로 식물과 인간(동물) 사이에서 탄소가 단순하게 순환하는 원형의 유형으로 표현하거나 일부 학생들은 여러 갈래의 순환 과정들을 인식하였으나 순환 고리를 완성하지 않은 가지형의 유형으로 표현하였다. 이는 대학교에 재학 중인 예비 지구과학 교사 6명을 대상으로 탄소 순환에 대한 시스템 사고의 적용을 인과지도로 분석한 문병찬 등(2004)이 예비교사들의 탄소 순환에 대한 피드백 순환 고리가 완성되지 않거나 비과학적 개념으로 연결되었으며, 시스템 사고가 수행되지 않거나 그 수준이 높지 않았다는 결과와 유사하게 볼 수 있다. 대학생들이 표현한 질소와 공기의 순환은 주로 복합형으로 그려졌으나, 맨틀, 조석, 해류, 바람의 순환은 단순한 순환의 고리를 원형으로 표현한 사

례가 대부분이었고, 대기의 순환 역시 원형과 여러 갈래의 원형으로 표현된 복합형으로 나타났다. 반복적인 천문 현상을 지구계의 순환으로 인식한 일조, 계절, 달, 행성, 별의 순환 유형 역시 원형의 순환 고리 유형으로 집중하여 표현되었다.

가장 많은 대학생들이 표현한 물(자연) 순환의 경우에는 다양한 순환 요소들과 여러 갈래의 순환 과정을 통해 복합형으로 나타난 사례가 인식을 표현한 연구 대상 60명 중 42명에 해당하였다. 그러나 단순한 순환 고리 한 갈래의 원형 유형으로 나타난 사례가 10명, 여러 가지 순환의 과정을 나타내었으나 순환 고리를 완성하지 못한 가지형으로 나타난 사례가 6명, 단일 방향으로 순환 요소들을 연결하여 표현한 선형으로 나타난 사례가 2명으로 분석되었다. 초등학교 교육과정에서부터 중학교, 고등학교 교육과정에 이르기까지 지구과학 교과와 화학 교과 모두에서 물의 순환 과정과 상태 변화를 여러 단원에 걸쳐 학습하고 있지만, 다수의 대학생들은 여전히 지나치게 단순화된 유형으로 물의 순환 과정을 인식하고 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 물의 순환에 대한 예비 교사들의 인식을 조사한 정진우 등(2007), 정진우, 김윤지(2008)의 연구 결과와 일치하는 것이며, 교과서의 단순화된 삽화로 인한 영향과 교사의 설명에 기인한 인식 고착 등의 요인들로 논의할 수 있을 것이다. 인간

의 활동으로 물의 순환 과정을 표현한 물(인공) 순환의 경우에도 복합형 8명, 가지형 6명, 원형 2명, 선형 1명으로 분석되어 순환을 표현하면서도 마지막 순환 요소를 시작부로 연결하여 고리를 완성하지 못한 사례가 다수인 것을 볼 수 있다.

먹이사슬을 순환으로 표현한 연구 대상 20명 중에서 복합형으로 표현한 사례가 5명이었고, 생산자에서 소비자까지의 단계를 선형의 인과관계로 표현한 사례가 6명이었으며, 생산자 소비자에 분해자를 인식하여 분해물질이 제공하는 영양분으로부터 생산자인 식물이 탄생하여 순환이 반복되는 원형의 유형으로 표현한 사례가 9명으로 가장 많았다. 식물, 동물, 인간의 순환은 대부분 원형과 복합형의 유형으로 표현하였는데, 생명의 탄생과 성장 및 소멸 그리고 새로운 탄생의 반복 현상을 표현하면서 마지막 순환 요소가 다시 시작 부분의 순환 요소로 연결되는 순환 고리가 형성되었다. 연구 대상 중 일부 학생들은 인간의 혈액 순환을 원형의 유형으로 표현하였는데, 심장에서 온몸을 지나고 심장으로 돌아와 폐를 거쳐 다시 심장의 출발지로 돌아오는 유형을 구체적인 과학적 용어들로 표현한 사례가 많았다.

자원의 순환에 대해서 연구 대상 학생들은 재활용과 재사용 과정을 통해 순환 고리를 형성하여 주로 복합형이나 원형의 유형으로 나타내었고, 일부 학생들은 자원의 다양한 활용 과정만을 인식하여 여러 갈래로 순환 요소들을 표현한 가지형으로 나타내기도 하였다. 또한 대학생들은 지구 온난화 현상을 하나의 순환으로 인식하여 주로 가지형과 선형으로 표현하였는데, 순환 고리가 완성되지 이유는 인간의 활동을 순환의 시작 요소로 두고 온난화 과정을 인과 관계로 표현하여 최종 결과를 온난화가 인간에게 미치는 영향으로 표현하고 있기 때문으로 보인다. 오존 순환의 경우에도 이와 유사하게 인간의 활동에서부터 출발하여 오존층 파괴라는 결과를 선형으로 표현한 사례들이 나타났다. 연구 대상 학생들은 시간의 순환을 선형, 원형, 복합형으로 다양하게 표현하였는데, 선형으로 표현한 사례는 순환이 끝없이 반복된다는 의미에서 무한함을 나타내었고, 복합형은 여러 규모의 시간 단위를 여러 갈래의 원형으로 표현한 사례들에 해당하였다.

지구계의 순환에서 물질의 순환과 구분되어 중요한 개념으로 다루어지는 에너지의 순환에 대한 대학생들의 인식은 주로 가지형의 유형으로 표현되었다. 이는

연구 대상 학생들이 주로 태양 에너지로부터 출발하여 지구상의 동식물과 인간에게로 에너지의 형태가 바뀌어 활용되면서 전파되는 과정을 표현하기 위해 여러 갈래의 순환 과정으로 나타내었지만, 순환 고리의 마지막 요소를 다시 태양 에너지로 되돌릴 수 없었기 때문이다. 현행 7차 교육과정에서 지구계의 순환에 대한 내용을 포함하는 고등학교 지구과학 I 교과서들을 분석한 결과, 일부 교과서에서 태양 에너지, 지구 내부 에너지, 조력 에너지를 지구계의 상호작용에 필요한 에너지원으로 제시하였으나(우종욱 등, 2003; 이문원 등, 2003; 허창희 등, 2003), 주로 탐구 활동을 통해 문제를 제시할 뿐 순환 과정에 대해 충분한 설명이 기술되지 않았다. 또한 일부 교과서에서는 물의 순환 과정을 통해 에너지의 순환을 설명하고 있으며(경재복 등, 2003; 이규석 등, 2003), 암석의 순환 과정과 관련하여 에너지의 출입을 설명하기도 하였다(김희수 등, 2003). 대학생들이 지구계의 순환으로 표현한 에너지의 순환 과정과 요소들이 지극히 단순한 형태로 나타나는 것은 교과서 등을 통한 교수학습 내용이 학습자 인식의 형성에 영향을 끼쳤을 것으로 짐작해볼 수 있다.

3. 지구계의 순환에 대한 구성 개념의 범주

창의적 이야기 자료로부터 구조화된 순환의 구성 개념을 자연-비생물계(Natural-abiotic Systems) · 자연-생물계(Natural-biotic Systems) · 인간계(Human Systems) 영역으로 범주화한 결과, 자연-비생물계에는 암석, 지표, 지각, 맨틀, 지진, 화산, 물(자연), 조석, 해류, 탄소, 질소, 공기, 바람, 대기, 기후, 에너지, 일조, 계절, 달, 행성, 별의 21가지 구성 개념, 자연-생물계에는 먹이사슬, 식물, 동물, 인간, 혈액의 5가지 구성 개념, 인간계에는 물(인공), 자원, 오염, 오존, 온난화, 시간의 6가지 구성 개념으로 분석되었다(표 3).

자연-비생물계를 표현한 사례는 총 278가지로 전체 분석 사례인 374가지 중 74.3%를 차지하였고, 자연-생물계를 표현한 사례 52가지(13.9%)와 인간계를 표현한 사례 44가지(11.8%)로 나타났다. 네덜란드 고등학생들의 순환 개념을 개념도 작성 방법으로 조사하여 교과목을 기준으로 분석한 Boschhuizen, Brinkman(1995)의 연구 결과는 생물(27.5%), 환경

표 3
대학생들이 인식하는 지구계 순환 구성 개념의 범주와 유형

구성 개념의 범주		순환 유형	선형	원형	가지형	복합형	계 (%)
자연계 Natural Systems	비생물계 abiotic Systems	암석	·	1	4	8	13 (21)
		지표	13	7	1	2	23 (37)
		지각	4	4	·	1	9 (15)
		맨틀	·	7	·	·	7 (11)
		지진	1	1	·	·	2 (3)
		화산	·	2	·	1	3 (5)
		물(자연)	2	10	6	42	60 (97)
		조석	·	6	·	·	6 (10)
		해류	·	10	·	·	10 (16)
		탄소	·	7	3	4	14 (23)
		질소	·	1	·	3	4 (6)
		공기	·	1	1	3	5 (8)
		바람	·	22	2	1	25 (40)
		대기	·	7	·	6	13 (21)
		기후	·	1	·	·	1 (2)
		에너지	1	1	7	1	10 (16)
		일조	·	18	·	·	18 (29)
	계절	·	29	·	·	29 (47)	
	달	·	14	·	·	14 (23)	
	행성	·	3	·	·	3 (5)	
별	·	8	·	1	9 (15)		
생물계 biotic Systems	먹이사슬	6	9	·	5	20 (32)	
	식물	·	7	·	4	11 (18)	
	동물	·	2	1	3	6 (10)	
	인간	1	3	2	2	8 (13)	
	혈액	·	6	·	1	7 (11)	
인간계 Human Systems	물(인공)	1	2	6	8	17 (27)	
	자원	·	2	2	5	9 (15)	
	오염	·	·	1	·	1 (2)	
	오존	2	1	·	·	3 (5)	
	온난화	2	·	3	1	6 (10)	
	시간	2	3	·	3	8 (13)	
계 (%)		35 (9.4)	195 (52.1)	39 (10.4)	105 (28.1)	374 (100.0)	278 (74.3)

(26.2%), 철학(12.7%), 사회(12.5%)의 순으로 발표되었으므로 본 연구의 결과와는 차이가 있다. 자연-생물계는 생물 교과에 대한 인식으로 연계될 수 있고, 인간계 중 일부 순환 구성 개념은 환경 교과에 대한

인식으로 연계될 수 있을 것이지만, 본 연구에서는 자연-비생물계로 순환을 표현한 사례들이 주를 이루었다. 이는 지구과학 수업 시간을 통해 연구 활동이 이루어졌으므로 연구 대상 학생들이 지구과학 교과와

연관하여 순환의 소재를 찾았기 때문인 것으로 생각된다. 또한 네덜란드에서 이루어진 선행 연구에서 지구과학을 하나의 교과로서 분석 기준에 포함시키지 않고, 지리·천문·철학·물리 등의 교과에 지구과학 관련 개념을 분산하여 분석한 것도 중요한 이유가 될 것으로 판단된다.

대학생들이 인식하는 지구의 순환 시스템을 자연-비생물계(Natural-abiotic Systems)·자연-생물계(Natural-biotic Systems)·인간계(Human Systems)의 3요소로 삼각도에 도시하였다(그림 3).

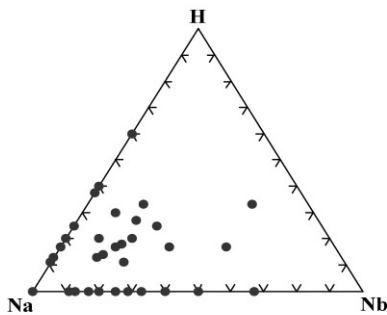


그림 3 대학생들이 인식하는 지구의 순환 시스템
(H: 인간계, Na:자연-비생물계, Nb:자연-생물계)

순환 시스템으로서 지구에 대한 대학생들의 인식은 전체적으로 삼각도의 왼쪽 아래 모서리인 자연-비생물계(Na)를 향해 치우쳐 있음을 확인할 수 있다. 삼각도의 Na 모서리는 자연-생물계와 인간계에 해당하는 순환의 구성 개념을 단 한 가지도 표현하지 않고, 자연-비생물계 순환의 구성 개념만을 표현한 사례가 점시되는 위치이다. (그림 3)에서 Na 모서리에는 하나의 기호가 점시되어 있는 것으로 보이지만, 연구 대상 62명 중 15명(24%)에 해당하는 15개의 기호들이 겹쳐서 점시되어 있는 상태이다. 삼각도의 Na-Nb 모서리를 연결하는 밑면은 자연-비생물계와 자연-생물계에서의 순환을 표현하였으나 인간계의 순환을 표현하지 않은 사례가 점시되는 위치로서, 19명(31%)에 해당하는 기호들이 일부 겹쳐서 점시되어 있다. 이처럼 삼각도의 H-Na 모서리를 연결하는 옆면은 자연-비생물계와 인간계에서의 순환을 표현하였으나 자연-생물계의 순환을 표현하지 않은 사례가 점시되는 위치로서, 10명(16%)에 해당하는 기호들이 일부 겹쳐서 점시되어 있다. 삼각도의 내부는 자연-비생물계와 자

연-생물계 및 인간계에서의 순환을 모두 표현한 사례에서 그 상대적 비율에 따라 위치가 결정된다. 본 연구에서 삼각도 내부에 점시된 사례는 18명(29%)으로 대부분 자연-비생물계에 편향하여 점시되어 있으며, 이는 30% 미만의 대학생들만이 3가지 범주의 지구계 순환 구성 개념에 대한 인식을 모두 표현하였다는 연구 결과를 나타내는 것이다.

IV. 결론 및 제언

지구계에서 하위계들 간의 상호작용을 교수학습 하는 소재로서 중요한 의미를 갖는 순환에 대해서 지구계 교육의 대상인 대학생들이 표현한 여러 순환의 구성 개념과 유형을 분석한 본 연구의 결론 및 지구계 교육 현장으로의 제언은 다음과 같다.

대학생 62명의 인식을 표현한 지구계의 순환 구성 개념은 총 32가지로, 초·중·등 교육과정의 여러 단원에서 천문 현상을 포함한 다양한 내용들을 순환 개념으로 연계시키고 있다. 현행 7차 과학 교육과정에서 언급되어 있는 순환의 구성 개념은 물·암석·에너지·탄소의 순환과 대기 및 해양의 대순환 등이며(교육부, 1997), 지구계 관련 단원이 구성된 고등학교 지구과학 I의 교과서에서도 에너지·탄소·물·암석의 순환 등이 다루어지고 있을 뿐이다. 과학을 가르치는 교육자들은 교육과정과 교과서에 근거하여 수업을 구성하지만, 그 수업의 주체인 학습자의 머릿속에 얼마나 다양한 지구계의 순환 현상들과 개념들이 자리 잡고 있는지 짚어볼 필요가 있을 것이다. 비록 그들의 인식이 과학자들의 객관 개념과 차이가 있다 하더라도 학습자가 인식하는 순환의 개념을 기반으로 지구계에 대한 보다 확장된 이해가 가능하리라 생각한다.

지구계 순환의 유형은 총 374가지 사례 중 원형 195 사례(52.1%), 복합형 105 사례(28.1%), 가지형 39 사례(10.4%), 선형 35 사례(9.4%)의 순으로 분석되었다. 순환이라는 용어는 출발지로 다시 되돌아와 순환의 고리를 형성한다는 의미를 갖고 있지만, 다수의 대학생들은 자신의 인식을 표현하는 과정에서 순환의 고리를 완성하지 못하고 단일 방향의 선형으로 표현하거나 병렬적인 가지를 배열하여 가지형으로 나타내었다. Magntorn, Hellden(2007)은 생태계를 효과적으로 이해하기 위해서 도미노형·순환형·상호형의 관계에 대한 이해가 포함되어야 한다고 하였는

데, 지구계의 순환을 표현하기 위해서는 순환 고리를 형성할 수 있는 복합형과 원형으로 나타낼 수 있어야 할 것이다. 상호 방향의 피드백과 선형의 가치를 모두 포함한 복합형이 보다 상위 수준의 시스템 사고를 표현하였으리라고 짐작할 수 있지만, 일부 순환 구성 개념의 경우에는 병렬적인 과정이 포함되어 있지 않으므로 원형으로 나타낸 사례 역시 지구계의 순환 과정과 요소들을 잘 표현한 유형이 될 수 있다. 선형과 가지형으로 인식을 표현한 학습자에게는 왜 꼬리 부분이 머리 부분으로 다시 연결되지 않는지를 묻는 교육자의 의도적 질문을 통해 순환 고리를 완성할 수 있도록 도와서 지구계의 순환에 대한 이해와 시스템 사고를 보다 촉진할 수 있을 것이다.

지구계 순환에 대한 대학생들의 인식 분석을 통해서 다수의 학생들이 자연-비생물계의 순환만을 인식하여 표현하였고, 지구계 하위계 중 생물권에 대응되는 자연-생물계의 순환 또는 지구계의 중심에 해당하는 인간계에 대한 인식을 표현하지 못하였으며, 3가지 범주의 지구계 순환을 모두 표현한 사례는 30% 미만에 해당함을 알 수 있었다. 현행 7차 교육과정과 개정 교육과정에서 지구계 하위계의 상호작용은 순환을 통해 이해하도록 공통적으로 언급하고 있으나, 순환의 소재는 에너지·탄소·물 등으로 한정되어 있다(교육부, 1997; 교육과학기술부, 2007). 그러나 자연-비생물계의 일부 순환만으로 복잡성과 역동성으로 설명되는 지구계의 특성을 대표하기에는 한계가 있을 것으로 생각된다. 특히 지구계 교육을 받는 학습자는 지구계 구성요소로서 인간의 존재와 인간 활동에 의한 피드백의 영향을 인지하여 지구에 대한 자신의 행동을 결정할 수 있는 적극적인 주체가 되어야 할 것이다. 이를 위해 지구계를 교수하는 과학교육자들은 학습자가 3가지 범주 모두에 해당하는 다양한 구성 개념들을 통해서 지구계의 순환을 인식할 수 있도록 교수 내용을 다양화하고, 학습자의 자율적이고 발산적인 사고를 지원해야 하겠다.

국문 요약

이 연구의 목적은 지구계 교육의 학습자로서 대학생들의 지구계 순환에 대한 인식을 밝혀 교육에의 시사점을 찾는 것이다. 지구과학 교양 수업을 수강하는 62명의 비과학 전공 대학생들을 대상으로 8주 동안

창의적 이야기 쓰기 활동을 실시하였다. 창의적 이야기는 스토리맵 그리기 방법으로 순환의 구성 개념과 유형을 분석하여 범주화 하였다. 지구계의 순환 구성 개념은 32가지로 매우 다양하게 표출되었고, 순환 유형은 원형과 복합형이 다수였으나 일부 사례는 순환 고리를 완성하지 못한 가지형과 선형으로 표현되었다. 지구계 순환에 대한 대학생들의 인식은 자연-비생물계에 편향되어 있으며, 자연-생물계와 인간계의 3 범주를 모두 인식한 사례는 30% 미만으로 나타났다. 지구계 교육을 통해 인간 활동에 의한 피드백의 영향을 인지할 수 있도록 순환을 소재로 교수 내용을 다양화하고, 학습자의 시스템 사고를 지원해야 하겠다.

참고 문헌

- 경제복, 윤일희, 이정훈, 김기룡, 황원기, 이기영 (2003). *고등학교 지구과학 I*. (주)중앙교육진흥연구소.
- 교육부 (1997). 제7차 교육과정 : 과학과 교육과정 및 해설.
- 교육과학기술부 (2007). 제7차 개정 교육과정 : 과학과 교육과정 및 해설.
- 김희수, 정남식, 신동원, 박정웅, 이정식, 한홍열, 박용선 (2003). *고등학교 지구과학 I*. (주)천재교육.
- 문병찬, 정진우, 경제복, 고영구, 윤석태, 김해경, 오강호 (2004). 예비교사들의 탄소 순환에 대한 지구 시스템의 관련개념과 시스템 사고의 적용. *한국지구과학학회지*, 25(8), 684-696.
- 우중옥, 정진우, 위수민, 임청환, 홍성일, 이석형 (2003). *고등학교 지구과학 I*. (주)교학사.
- 이규석, 이창진, 김정률, 이용준, 강진철, 김재현 (2003). *고등학교 지구과학 I*. 대한교과서(주).
- 이동은, 정진우, 김윤지 (2008). 고등학생들의 물 순환 과정과 구성 요소에 대한 이해. *한국과학교육학회지*, 28(1), 24-31.
- 이문원, 전성용, 권석민, 진만식, 신석주, 임부철 (2003). *고등학교 지구과학 I*. (주)금성출판사.
- 이효녕 (2006). 지구환경시대의 지구과학교육의 중요성과 최근 동향: 미국 사례를 중심으로. *한국지구과학회 2006년도 추계학술발표회 논문집*, 11-22.
- 정진우, 김윤지 (2008). 물의 순환에 대한 초등 예비 교사들의 지구 시스템적 인식. *초등과학교육*, 27(4), 319-327.

정진우, 김윤지, 정구송 (2007). 물의 순환에 대한 예비 지구과학 교사들의 인식. *한국지구과학회지*, 28(6), 699-706.

허창희, 박병훈, 정성표, 김병국 (2003). *고등학교 지구과학 I*. (주)지학사.

Ben-Zvi Assaraf, O., & Orion, N. (2005a). A Study of Junior High Students' Perception of the Water Cycle. *Journal of Geoscience Education*, 53(4), 366-373.

Ben-Zvi Assaraf, O., & Orion, N. (2005b). Development of System Thinking Skills in the Context of Earth System Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 518-560.

Boschhuizen, R., & Brinkman, F. G. (1995). The concept of cycles for environmental education. *Environmental Education Research*, 1(2), 147-158.

Cherif, A., & Gialamas, S. (2000). Creative final projects in mathematics and science. *Journal of College Science Teaching*, 29(4), 272-278.

Davis, Z. T. (1994). Effects of prereading story mapping on elementary readers' comprehension. *Journal of educational research*, 87(6), 353-360.

Dove, J. E., Euerett, L. A., & Preece, P. F. W. (1999). Exploring a hydrological concept through children's drawing. *International Journal of Science Education*, 21, 485-497.

Fellows, N. (1994). A window into thinking: Using students' writing to understand conceptual change in science learning. *Journal of research in Science Teaching*, 31(9), 985-1001.

Idol, L., & Croll, V. J. (1987). Story-mapping training as a means of improving reading comprehension. *Journal of the Division for Children with Learning disability quarterly*, 10(3), 214-229.

Johnson D. R., Ruzek, M., & Kalb, M. (2000). Earth System Science, the internet. *Computers & Geosciences*, 26, 669-676.

Kali, Y. (2003). A Virtual Journey within the Rock-Cycle: A Software kit for the Development of Systems-Thinking in the Context of the Earth's Crust. *Journal of Geoscience Education*, 51(2), 165-170.

Kali, Y., Orion, N., & Eylon, S. B. (2003). Effect of knowledge Integration Activities on Students' Perception of the Earth's Crust as a Cyclic System. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(6), 545-565.

Lambert, J. (2005). Students' conceptual understandings of science after participating in a high school marine science course. *Journal of Geoscience Education*, 53(5), 531-539.

Libarkin, J. C., Anderson, S. W., Science, J. D., Beilfuss, M., & Boone, W. (2005). Qualitative analysis of college students' ideas about the Earth: interviews and open ended questionnaires. *Journal of Geoscience Education*, 53(1), 17-26.

Libarkin, J. C., & Kurdziel, J. P. (2006). Ontology, the Teaching of Earth System Science. *Journal of Geoscience Education*, 54(3), 408-413.

Lin, S. G. (2003). The strangeness of creative writing: an institutional query. *Pedagogy: Critical Approaches to Teaching Literature, Language, Composition, and Culture*, 3(2), 151-170.

Magntorn, O., & Hellden, G. (2007). Reading new environments: Students' ability to generalise their understanding between different ecosystems. *International Journal of Science Education*, 29(1), 67-100.

Merriam, S. B. (1998). *Qualitative research and case study application in education*. San Francisco: Jossey-Bass.

Owen, J. C., Norton, S. A., Maasch, K., & Wittmann, M. (2004). Design, implementation, and assessment of an Earth systems science course for secondary teachers. *Journal of Geoscience Education*, 52(4), 379-385.

Pitman, A. J. (2005). On the role of geography in Earth System Science. *Geoforum*, 36, 137-148.

Raia, F. (2005). Students' understanding of complex dynamic systems. *Journal of Geoscience Education*, 53(3), 297-308.

Shepardson, D. P., Wee, B., Priddy, M., & Harbor, J. (2007). Students' Mental Models of the Environment. *Journal of research in Science Teaching*, 44(2), 327-348.

Sibley, D. F., erson, C. W., Heidemann, M., Merrill, J. E., Parker, J. M., & Szymanski, D. W. (2007). Box diagrams to Assess Students' Systems Thinking about the Rock, Water, Carbon Cycles. *Journal of Geoscience Education*, 55(2), 138-146.

Townsend, M., Rule, A. C., Meyer, M. A., & Dockstader, C. J. (2007). Teaching the Nitrogen Cycle, Human Health Interactions. *Journal of Geoscience Education*, 55(2), 158-168.

Young, R., Virmani, J., & Kusek, K. M. (2001). Creative writing, the water cycle. *Science Scope*, 25(1), 30-35.

사 사

연구과정에서 검토를 맡아 조언해주신 대구대학교 정철 교수님, 경북대학교 이효녕 교수님, 공주교육대학교 장명덕 교수님께 깊은 감사의 말씀을 드립니다.