

중학교 2학년 학생들의 순환개념 이해에 대한 연구

이동은 · 한 신

한국교원대학교

An Understanding of Cycle Concept and A Composition Element of the Middle School Student

Dong-Eun Lee · Shin Han

Korea National University of Education

ABSTRACT

This study explored different concepts by handing out the questionnaires asking the 6 students of the second year of junior high school who had no lesson on cycle "which words related to cycle are suggested?" In regard to the stimulation of the word 'cycle', students relate it to different fields that they learn at school such as biology, environmentology, and earth science. The analyzed results from the answers by students are as follows. First, it resulted in from analysis on the questionnaire and the half-structured interviews that students were unable to expand the concept of cycle to the scientific concept, and perceived it fragmentarily. Secondly, their understanding on the system of the earth was low and they understood the concept of cycle with a unilinear thought rather than a systematic thought. Therefore, we need to synthesize the students' unilinear thoughts on cycle shown through this study and an effective educational strategy for their continuous, systematic thoughts, is essential.

Key words : cycle, concept, System Thinking

I. 서론

현대과학의 목표가 과학적 소양인 양성에 있고 지구계 교육(Earth Systems Education)이라 부르는 새로운 과학교육 과정의 철학이 제시되고 있다. 지구계 교육은 상호작용하는 많은 부분들이 모여 있는 계로써 지구를 이해하며, 각 부분들 사이에 일어나는 변화에 초점을 맞추어 연구하는 과학이다. 인간을 포함한 다양한 지구계와 그들이 어떻게 상호작용하는지 이해하여야 하며 과학의 본성에 대해 학생들에게 전체론적 접근법을 제공하여야 한다. 지구계를 구성하는 하위계의 구성요소를 분석하고, 상호 의존적인 각 부분들의 끊임없는 상호작용을 이해하도록 거시적 관점에서 교육이 이루어져야 한다(정진우 등, 2007).

이러한 시스템적 특성을 가지는 자연 현상을 전

체적인 측면에서 이해하려면 보다 효과적이고 높은 수준의 사고기술이 요구된다. 높은 수준의 사고 기술에는 시스템 사고, 합리적 사고, 비판적 사고 등이 포함된다(Hogen et al., 2000; Zeddler et al., 1992). 이 중 시스템 사고(System Thinking)가 시스템의 특성을 통찰하는데 매우 효과적인 사고기술이라는 연구 결과가 있다(Ison, 1999; Maani and Maharaj, 2004).

시스템 사고(System Thinking)란 어떤 공통의 과정에서 부분으로 작용하는 힘을 파악하고 그 힘들의 상호관계성을 분석할 수 있는 모든 방법, 기법, 원칙 등을 총망라한 상당히 광범위한 지식 체계를 말한다(Mayer et al, 2007). 시스템 사고는 시스템의 구성 요소 및 그 상호 관계를 규명하고, 이들 구성 요소들이 어떠한 상호 작용을 통해 성과에 어떠한 영향을 미치는지를 전체 시각에서 파악함으로써 시스템의 동적 운영 구조를 이해하고, 이를 바탕으로

* 교신저자 : 한 신(geoscience@naver.com)

2011. 8. 13 (접수) 2011. 8. 26 (1심통과) 2011. 8. 31 (게재확정)

로 효과적인 의사결정을 추구하며 문제 해결의 효과적인 수단으로 인식될 수 있다. 그리고 복잡한 현상이나 주제들에 대해 일상적으로 생각하거나 말하는 방법들을 바꿀 수 있고 보강할 수 있는 하나의 언어체계이다(Mayer et al, 2007). 또한 시스템 사고는 현상을 보고 이에 내재된 원리와 구조를 파악하여 문제를 해결하려는 수단이다. 따라서 단편적이고 단면적인 문제인식에서 벗어나 전체적인 관계를 통하여 문제를 바라보고 해결하려는 관점이다. 즉 전체를 인지하고 이에 포함된 부분들 사이의 순환적인과관계 또는 역동적인 관계를 이해하려는 사고의 틀이다(손태원, 1996). 즉, 시스템 사고는 단편적인 부분에 집중되지 않고 시스템 전체를 개관하고 상호관계를 파악하는 특성이 있다(Chen and Stroup, 1993; Zeidler et al., 1992).

시스템 사고를 통한 문제 해결을 위해서는 시스템 사고를 통해 문제를 발생시키는 시스템 구조를 발견하고 이를 수정해나가야만 문제를 발생시키는 요인을 영원히 제거할 수 있게 된다. 어떤 현상에 대한 문제를 파악이 끝났다면 내재되어 있는 요인을 찾아내는 것 외에도 각 요인들이 어떠한 상호작용으로 어떻게 문제를 야기되고 있는가에 대한 시스템적인 사고가 필요하다. 전체를 이해하면서 부분의 역할을 중시하고 부분간의 상호연관성 및 의존성을 파악하는 능력이 필요하다(이동은, 2007).

최근 시스템 사고와 관련된 연구들이 빠르게 증가하고 있으며, 이와 관련된 선행 연구를 살펴보면 다음과 같다. 문병찬 외(2004)는 6명의 예비교사들을 대상으로, 탄소 순환을 이해하는데 적용되는 개념들의 인과지도를 작성하여 분석한 것으로 탄소 순환에 대하여 시스템 사고를 적절히 수행하고 있는지를 조사하였다. 이 연구에서는 6명의 예비교사들이 탄소순환과 관련하여 시스템 사고 수준이 높지 않았다고 밝히고 있다. 정진우 외(2007)는 지구과학 예비 교사들의 물 순환의 구성 요소와 순환 과정에 대한 인식을 밝히는 것으로 개념그리기 방법을 적용하여 물 순환의 구성요소인 수권, 기권, 암권, 생물권의 범주로 나누어 이들 하위계의 상호작용에 대하여 분석하였다. 이 분석에서 예비 지구과학 교사들은 수권과 기권에 한정하여 물 순환을 인식하고 있으며, 특히 생물권에서 물의 순환에 미치는 영향에 대한 인식이 극히 드물다고 하고 있다. Boschhuizen & Brinkman(1995)는 환경교육을 위한

순환개념을 알아보기 위해 교수 상황 이전에 순환과 관련되어 연상되는 단어에는 어떤 것들이 있는가 조사하여 학생들은 순환이라는 단어 자극에 대하여 학교에서 배우는 생물학, 환경학 지구과학 등 다양한 분야와 관련시켜 보는 연구를 수행하였다. 안현복(2009)은 초등학교 5학년 20명의 학생들의 물 순환 구성요소와 물 순환 과정에 대한 이해도를 알기 위해 개념 그리기를 통해 지구 시스템의 상호작용을 이해하는 정도를 알아보려고 연구를 하였다. 학생들은 물 순환을 과도하게 단순하게 이해하고 있으며 수권, 기권에 한정하여 순환을 이해 지구 시스템의 하위계의 상호작용을 단편적으로 이해하고 있었음을 연구를 통해 밝혀냈다.

위에서 살펴본 그 동안의 연구들은 물 순환, 탄소 순환 등 개별적인 분석은 이루어졌으나 순환이라는 통합 주제를 가지고 학생들이 가진 개념을 조사한 연구는 없었다. 따라서 학생들이 순환이라는 통합적 주제를 가지고 시스템 사고를 하고 시스템의 특징에 대해 얼마나 이해하고 있는지 연구해 보는 것은 의미가 있을 것이다.

본 연구에서는 중학교 2학년 6명의 학생들이 교수 상황 이전에 순환과 관련되어 연상되는 단어에는 어떤 것들이 있으며, 학생들은 순환이라는 단어 자극에 대하여 학교에서 배우는 생물학, 환경학, 지구과학 등 다양한 분야와 관련시키게 될 것이다. 학생들이 얼마나 시스템 사고를 적용하고 있는지 살펴보고자 하였으며, 이를 연구하기 위한 구체적인 문제는 다음과 같다.

첫째, 중학교 2학년 학생들은 순환 개념을 어떻게 이해하고 있는가?

둘째, 중학교 2학년 학생들은 순환 구성요소에 대해 어떻게 이해하고 있는가?

II. 연구절차 및 방법

1. 연구 대상 및 방법

본 연구는 U시 소재 국립 중학교 2학년 학생 6명을 임의적으로 선정하여, 학기말에 순환에 관한 교수 상황을 주지 않고 평상시 가진 순환이라는 단어에 관해 학생들이 가진 생각들을 정리하였다.

본 연구의 목적이 순환에 대해서 중학교 학생들이

의 관련 개념과 시스템 사고의 적용여부를 알아보고자 함이므로 질문지를 투입하기 전에 학생들에게 순환에 대해 지식 정도를 파악하는 것이 아니고, 점수화하지 않음을 이해시킨 후, 질문지를 투입하였다. 이 후 물 순환에 관해 개념그림을 그려보도록 질문지를 추가 투입하였다.

학생들은 2장의 질문지를 60분에 걸쳐서 작성하였으며, 학생들의 답변의 객관성을 높이기 위해 학생들 사이는 적당한 거리를 유지하였다.

2. 조사 도구

1) 순환에 관한 마인드 맵

학생들이 인식하고 있는 순환에 대한 개념을 알아보기 위해 순환에 관계되는 학생들이 떠오른 모든 개념들을 질문지에 적도록 요구하였다.

2) 물 순환에 관한 개념그리기(Concept sketch)

좀 더 구체적인 과학적인 순환 개념을 알고 있는지 알아보기 위해 대표적으로 소개되는 물의 순환을 그림으로 표현하고 순환개념에 대해 설명해줄 것을 요구하였다.

3. 자료 처리 방법

1) 순환에 관한 마인드 맵

순환개념과 관련해 거론될 가능성이 높은 단어들은 그림 1과 같다.

중학교 2학년들의 교수 상황 이전 '순환'과 관련하여 거론될 가능성이 높은 개념들을 위의 그림 1과 표 1을 기준으로 개념을 분류하여 언어학적 진술, 천문학적 진술, 물리학적 진술, 생물학적 진술, 지구과학적 진술, 환경학적 진술, 화학적 진술, 철학적

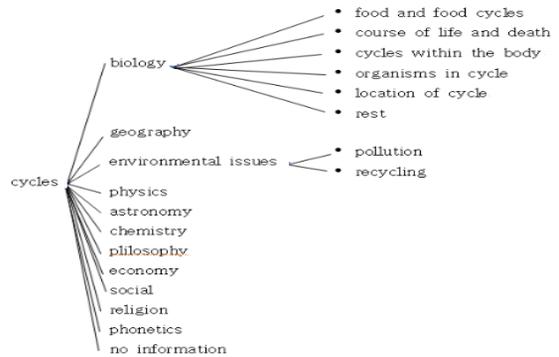


그림 1. 순환에 관한 개념 그룹(Boschhuizen & Brinkman, 1995)

표 1. 순환에 관한 개념 유형

category	내용 및 예
1. 언어학적 진술	어휘로 표현된 것, 원을 따라 걷는 것 (예 - 숲을 따라 걸을 때 계속 같은 나무를 규칙적으로 본다면 나는 돌고 있는 것이다.)
2. 천문학적 진술	천체에 관한 언급 (예 - 별의 일생, 행성이 태양주위를 도는 것)
3. 물리학적 진술	열, 빛, 전기, 자기 화학 반응없이 환경에서의 현상 (예 - 전자는 도선을 순환하고 중앙 집중방식의 난방에서 물은 순환한다.)
4. 생물학적 진술	삶, 자연, 유기체에 관한 언급 (예 - 혈액순환, 생태계 순환, 삶과 죽음의 반복)
5. 지구과학적 진술	지구, 기상에 관한 언급 (예-물의 순환: 증발, 강수, 바다로 이동, 압축, 승화 등)
6. 환경학적 진술	환경에 관한 언급(예 - 유리, 폐휴지 재활용)
7. 화학적 진술	화학반응, 물질 이동 (예 - 철은 물과 산소에 의해 산화된다)
8. 철학적 진술	철학적인 언급 (예 - 삶과 죽음이나 천지 창조 등)
9. 종교적 진술	종교적 특징을 가진 언급(예 - 윤회사상 등)
10. 학습된 진술	학교에서 학습된 내용(예 - 유기체와 환경의 상호작용)
11. 경제학적 진술	돈과 무역
12. 게임, 스포츠, 레크레이션과 관계된 진술	운동장에서 도는 것
13. 집안, 정원, 부엌과 관련된 진술	먹고 마시고 매일 우리가 하는 일상. 부엌에서 일어나는 순환기기
14. 그 외	위의 카테고리에 없는 것들(광고가 계속 사용되고 휴일)

진술, 종교적 진술, 학습된 진술, 경제학적 진술, 게임, 스포츠와 관계된 진술, 집안기구들과 관련된 진술, 그 외 14가지 그룹으로 분류하고 개념 그룹에 속하는 개념수를 표시하였다. 각 개념 유형의 내용과 각 유형에 해당되는 예들은 표1에 제시되어 있다. 순환과 관련하여 교수 학습 상황을 주지 않은 학생들이 가지고 이미 있는 순환 개념이 무엇인지 알아보고 가지고 있는 순환개념들이 올바른 과학적 의미를 가지고 있는지 분석하였다. 또한 순환이라는 주제를 가지고 시스템 사고를 하고 있는지 시스템의 특징에 대해 이해하고 있는지 연구하였다.

2) 물 순환에 관한 개념그리기(Concept sketch)

표 2는 물 순환에 관한 하위개념들에 관해 제시하였다. 지구 시스템에 해당하는 개념을 수권, 대기권, 암권, 생물권으로 구분하고 그 하위개념들을 제시하였다. 수권에 해당하는 개념을 바다, 강, 지하수, 호수, 빙하(만년설 포함)로 구분하고, 대기권에 해당하는 개념을 구름, 강수(비, 눈), 수증기, 태양으로 구분하고 암권에 해당하는 개념을 육지(땅), 산, 암석, 틈으로 구분하고 생물권에 해당하는 개념을 식물, 동물 생물, 유기체, 인간으로 구분하여 학생들

표 2. 물 순환의 하위 개념들

유형	개념	비고
수권	바다, 강, 지하수, 호수, 빙하	
대기권	구름, 강수(눈/비), 수증기, 태양	
암권	육지, 산, 암석, 틈	
생물권	식물, 동물, 유기체, 인간	

의 개념그리기 속에 포함된 그림이나 단어를 하위 요소로 구분하였다.

학생들이 물 순환과 관련하여 개념그리기 속에 각 개념이 포함되어 있는 경우를 ○로 표기하고, 포함되어 있는 않은 경우를 ×로 표기하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 순환과정에 대한 학생들의 인식 분석

순환에 관한 마인드 맵을 통하여 학생들에게 순환과 관련하여 생각나는 개념에 대해 모두 적어보도록 한 후 설명을 덧붙이도록 하였다. 학생들이 마인드 맵을 통해 순환개념들을 그린 대표적인 예는 그림 2와 같다.

이를 바탕으로 학생들(A, B, C, D, E, F)이 순환에 대해 나열한 개념들은 학생별로 정리한 것이 표 3이다.

구성요소의 수가 많은 학생들의 경우 다양한 사고의 수행능력과 시스템 특성에 대한 이해정도가 높았음을 제시한다. 이 학생들의 경우 다양한 분야에 적용하여 순환개념과 관련지어 생각할 수 있는 학생들이다. 하지만 비록 대담한 개념의 수는 적지만 참신하고 새로운 대답을 하고 다양한 개념과 함께 각 하위 구성 요소들을 포함하여 답한 학생들도 하위계의 상호작용을 정확하게 이해하고 시스템 특성에 대한 이해정도가 높음을 의미한다.

각각의 학생들은 물리화학적인 진술, 생물학적인

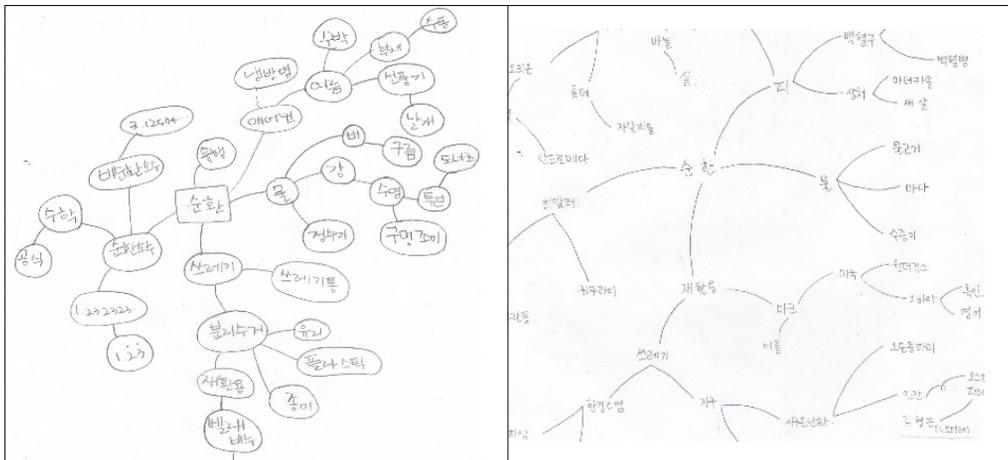


그림 2. 학생들이 그린 순환 개념

표 3. 학생별 순환에 관한 개념

학생	성 별	개념 개수	내 용
A	여	10개	유행, 에어컨, 여름, 선풍기, 물·비·구름·강, 정수기, 쓰레기·분리수거(유리, 플라스틱, 종이), 재활용(빨래비누, 폐식용유), 순환소수, 수학·공식
B	남	9개	돈, 피(몸속), 공기(바람), 쓰레기(자원), 물, 배품(선형), 스위치가 연결된 전기회로의 전기, 약행, 빛
C	남	9개	공기청정기, 분리수거·쓰레기, 재활용, 우심방·우심실·좌심방·좌심실, 폐순환·폐, 체순환·몸, 혈액, 공기, 산소·나무
D	남	7개	생태계, 약육강식, 혈액·심장, 물, 자연, 탄생·소멸, 반복·성질, 역사·재창조
E	여	13개	피·백혈구, 상처, 물·물고기·바다·수증기, 재활용, 쓰레기, 환경오염, 이산화탄소, 지구온난화·오존층파괴·인간, 인공위성, 보일러, 헌혈, 별, 태양계·오리온·안드로메다
F	여	24개	유행, 분리수거, 재활용, 칭찬, 환경, 심장·혈관·혈액, 도로, 바다, 소수, 전차, 기차, 분수, 물레방아, 경제, 헌혈, 피비우스의 띠, 공기의 대류, 해류·난류·만류, 냉각기, 돈, 엘리노와 라니냐 현상, 보일러, 맨틀의 대류이동, 관람차

진술, 지구과학적 진술, 화학적인 진술, 환경학적 진술 등 다양한 분야의 개념을 응답하고 있다. 가장 대표적으로 순환으로 인식되는 개념은 혈액순환, 재활용-분리수거, 물의 순환이 대표적이다. B, C, D, E, F 학생 5명은 혈액 순환에 관한 생물학적 진술을 하고 있으며, A, B, C, E, F 학생 5명은 쓰레기 분리수거, 재활용이란 단어를 언급하였다. 또한 A, B, D, E, F 학생 5명은 물 순환과 관련된 지구과학적 개념을 말하였다.

B학생의 경우 9가지 순환 개념을 진술하였으며 간단하지만 과학적 개념의 수는 많았다. 공기(바람)을 표현한 것으로 보아 대기권의 순환을 진술, 재활용-분리수거, 물의 순환, 전기회로의 전기 등 많은 과학적 개념을 가지고 있다. 하지만 빛이 순환하고 있다고 진술하고 있는 것으로 보아 잘못된 대안개념으로 생각된다. E학생은 혈액의 순환, 물의 순환, 재활용-분리수거, 환경오염, 인공위성, 별, 태양계를 순환 개념을 진술하였으며 다른 학생과는 달리 천문학적 개념을 진술하고 있다. F학생은 24개의 많은 순환개념을 진술하고 있으며 다양한 분야로 확대되고 있다. 재활용-분리수거, 환경, 혈액의 순환, 바다, 공기의 대류, 해류, 엘리노와 라니냐, 맨틀의 이동 등 다양한 분야의 진술이 이루어지고 있다. 해양의 운동 뿐만 아니라 기상학적으로 지구 물리적으로도 연결시키고 있다.

6명의 학생들 중 5명의 학생은 공통적으로 '물의 순환', '재활용과 분리수거'에 대한 대답을 하고 있다. 대부분의 학생은 물의 순환을 인식하고 있지만 그 외 천문학적, 기상학적 현상에 관한 진술, 지구

내부 운동과 관련된 진술은 거의 이루어지지 않고 있다. 6명의 학생들 중 4명의 학생은 피 또는 혈액이라고 직접적으로 표현하였으며 1명의 학생은 심장으로 표현하였다. 이들 5명의 학생은 모두 혈액의 순환에 대해 언급한 것으로 볼 수 있다.

2. 물 순환에 관한 개념 그리기를 통한 학생들의 인식

6명의 학생 중 5명의 학생이 지구과학에서 중요 주제인 물 순환을 직접 순환개념으로 진술하였으므로 물 순환과 관련된 하위개념들을 어떻게 인식하고 있는지 조사할 필요성이 있었다. 그래서 물 순환과 관련된 개념그리기를 추가 실시하였다. 학생들이 알고 있는 물의 순환에서 관계되는 모든 개념들을 그림으로 그리거나 글로 표현하도록 요구하였다. 학생들이 그린 대표적인 그림은 그림 3과 같다.

물 순환의 하위 구성요소의 분석 기준의 위의 표 4와 같다.

질문지 응답지 속에 표현된 각 개념을 수권, 대기권, 암권, 생물권 등의 개념 그룹으로 분류하였다. 학생들의 질문지 응답지를 분석하여 학생들이 가진 개념들은 아래 표 5와 같다.

표 4. 물 순환 구성요소 분석 기준

범 주	개 념
수 권	바다, 강, 지하수, 호수, 빙하, 계곡
기 권	구름, 강수(비/눈), 수증기, 태양
암 권	육지, 산, 암석, 틈
생물권	식물, 동물, 유기체, 인간

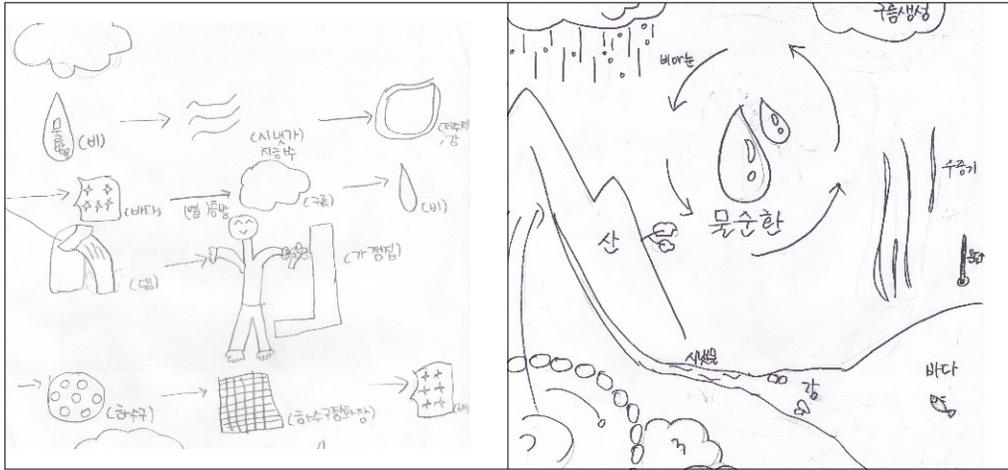


그림 3. 학생들이 그린 물 순환 과정 그림

표 5. 물 순환에 관한 학생들이 가진 하위개념

유형	개념	A학생	B학생	C학생	D학생	E학생	F학생
수권	바다	○	○	×	○	○	○
	강	○	×	○	×	○	○
	지하수	×	○	×	×	×	○
	호수	×	×	×	×	×	○
	빙하	×	×	×	×	×	×
	계곡	×	○	×	×	○	○
대기권	구름	○	○	○	○	○	○
	강수(눈/비)	○	○	○	○	○	○
	수증기	○	○	○	○	○	×
	태양	×	×	○	×	×	×
암석권	육지	×	○	×	×	×	×
	산, 암석	×	×	○	×	○	×
	틈	×	×	×	×	×	×
	식물	×	×	×	×	○	×
생물권	동물	×	○	×	×	○	×
	유기체	×	×	×	×	×	×
	인간	○	×	×	×	×	○

수권에 관한 하위개념으로는 바다, 강, 지하수, 호수, 빙하, 계곡 등 비교적 많은 개념그림을 가지고 있었으나 대부분 바다나 강으로 한정하여 생각하고 있었다. 6명 중 5명이 바다에 대해 언급하였고 4명이 강에 대해 언급하였다. 하지만 지하수에 대해 언급한 학생은 2명뿐이었고 호수에 대해 언급한 학생은 1명뿐이었고 빙하에 대해서는 언급한 학생이 전혀 없었다. 이와 같은 분석이 나온 이유는 교과서에 제시된 순환 과정이 바다와 강으로 나오기 때문인 것으로 보인다. 안현복(2009)의 연구에서 초등학교

들이 물 순환 구성요소로 바다와 강에 한정되어 인식하는 것과 비슷한 경향을 보인다.

6명의 학생들 모두는 대기권에 관한 하위개념으로 구름과 강수에 대한 개념그림을 포함하고 있었다. 수증기는 84%학생이 인식하였으나 태양의 작용을 인식한 학생은 1명뿐이었다. 물 순환 구성요소로 태양이 있어야만 물이 증발한다는 사실을 간과하고 있는 것이다. 이와 같은 결과가 나온 이유로는 교과서에 제시된 물의 순환 그림에서 태양의 역할을 강조하지 않았기 때문으로 보인다. 정진우 등(2007)의

연구에서 예비교사들의 물 순환에 관한 인식에서 증발한 물이 구름으로 바뀌고 강수현상으로 지표면으로 이동하여 강과 지하수를 통해 바다로 순환된다는 대규모의 순환 고리만을 인식할 뿐, 각각의 순환 과정에서 소규모의 순환 고리를 인식하지 못하고 상호작용을 설명하지 못하고 있다는 연구 결과가 비슷한 경향을 보인다. 초등학교에서 중학교 예비교사인 대학생이 되기까지 물 순환과 관련하여 인식되는 수준은 너무나 비슷하다. 그 이유로는 항상 교과서에 제시되는 그림이 한정되고 비슷한 개념만을 강조한 탓이다.

반면 암석권은 1명만이 육지를, 2명이 산으로 하위개념으로 표현하였고 암석, 틈은 표현되지 않았다. 이동은(2007)의 연구에서도 고등학생 10명을 대상으로 물 순환 구성요소를 조사하였을 때 육지와 산을 대표적으로 인식하고 있다는 비슷한 결과가 나왔다. 안현복(2007)의 연구에서 학생들이 물이 수권과 기권으로 순환하면서 이동하는 과정으로 암권의 구성요소로 인식할 뿐 지표수가 암권을 침투하여 지하수로 이동하고, 토양에 흡수되어 생물권인 식물로 이동하는 등 암권에서의 물의 순환 작용에 대한 이해가 부족했던 것과 비슷한 결과를 보인다.

또한 생물권에 관한 하위개념은 대부분이 개념그림에 포함되어 있지 않았다. 식물과 인간을 표현한 학생들이 2명 이내로 생물권의 영향을 거의 무시되고 있었다. Ben-Zvi-Assaraf 외(2005)의 연구에 의하면 10% 내외의 고등학생들이 물의 순환에서 생물권과 인간 활동의 영향을 인식하고 있다는 측면과 차이를 보이지 않고 있다.

이와 같이 학생들은 물 순환에 대해서 지구 시스템 중에 수권과 기권에 편중되어 있으며 암석권이 나 생물권에서 가진 개념의 수는 현저하게 적은 것으로 보아 암석권과 생물권에 대해서는 잘 알지 못하였다.

IV. 결론 및 제언

이 연구는 6명의 중학교 2학년 학생들을 대상으로 교수학습 상황을 주지 않은 상황에서 순환에 관해 가지고 있는 개념들을 조사하여 시스템 사고를 적용하는지를 알아보고자 하였다. 본 연구에서 얻어진 결과를 요약하고 종합하여 결론을 내리면 다음과 같다.

첫째, 학생들은 순환에 관하여 잘못된 대안개념들을 가지고 있었고 개념들의 인식이 불완전하고 많은 오해들을 가지고 있었다.

둘째, 학생들은 순환의 개념 예에 대하여 물의 순환을 가장 대표적으로 인식하고 있었고 환경교육과 관련된 재활용과 분리수거, 혈액의 순환을 순환으로 인식하고 있었다. 인간을 포함한 자연은 하위계의 상호작용이 일어나므로 전체론적 접근으로 인식되어야 한다. 주변 환경을 시스템적 사고로 인식하여야 한다. 그러나 학생들을 순환을 단편적인 주제로만 연결시킬 뿐이고 천문학적 진술, 물리학적 진술, 생물학적 진술, 지구과학적 진술, 환경학적 진술과 관련시켜 대답한 개념의 수가 제한적이다. 순환을 다양한 과학개념으로 확대하지 못하는 것이다. 뿐만 아니라 탄소의 순환, 암석의 순환은 지구과학 영역에서 이미 학습한 상태임에도 학생들이 가진 개념은 존재하지 않았다.

본 연구에서 학생들은 순환에 대해서 물의 순환, 재활용과 분리수거, 혈액의 순환을 공통적으로 인식하고 있었고 그 외에도 다양한 의견이 제시되고 있었지만 순환의 예를 보다 다양한 과학개념으로 인식으로 확대시켜야 한다. 다양한 순환개념들을 교과 내용에 접목시켜 학생들의 확산적 사고를 이끌어내야 할 것이다. 또한 탄소의 순환, 암석의 순환은 지구과학 영역에서 이미 학습한 상태임에도 학생들이 가진 개념은 존재하지 않았다. 이들 주제에 관련하여 시스템적인 사고를 하도록 적극적으로 교육해야 한다. 천체, 기상, 지구 내부 운동 등 다양한 순환과 관련된 내용을 시스템 사고로 확대해야 하며, 지구과학적 언급으로 물의 순환을 넘어서 암석의 순환, 탄소 순환에 대한 확대가 필요하며 환경교육의 일환으로 엘리뇨와 라니냐 현상 등 대기과 해수의 순환과 관련된 교육이 필요하다. 천문학 관련하여 천체 물질들의 기원, 진화, 별의 일생, 기상현상과 지구 내부 운동 등 다양한 분야의 순환과 관련된 내용을 순환과 관련하여 교육할 필요가 있다.

참고 문헌

- 문병찬, 정진우, 경제복, 고영구, 윤석태, 김해경, 오강호, 2004, 예비교사들의 탄소 순환에 대한 지구시스템의 관련개념과 시스템 사고의 적용. 한국지구과학회지, 25, 684-696.
- 손태원, 1995, 학습조직과 시스템 사고의 이론적 배경. 한

- 양대학교상경대학 석사학위논문.
- 안현복, 2009, 초등학교 5학년 학생들의 물 순환 구성요소와 물 순환 과정에 대한 이해. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 이동은, 2007, 고등학교 2학년 학생들의 물 순환 과정과 구성요소에 대한 이해. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 정진우, 김윤지, 정구송, 2007, 물의 순환에 대한 예비 지구과학 교사들의 인식. 한국지구과학회지, 28, 697-704.
- Ben-Zvi-Assaraf, O. and Orion, N.(2005). A study of junior high students' perception of the water cycle. *Journal of Geoscience Education*, 53, 366-373.
- Boschhuizen, R. and Brinkman, F., 1995, The Concept of Cycles for Environmental Education. *Journal of Environmental Education Research*, 1.
- Chen, D. and Stroup, W., 1993, General system theory: Toward conceptual framework for science Education and Technology, 2, 447-459.
- Hogan, K. M., Nastasi, and Pressley, M., 2000, Discourse patterns and collaborative scientific reasoning in peer and teacher-guided discussions. *Cognition and Instruction*, 17, 379-432.
- Ison, R., 1999, Applying System Thinking to Higher Education. *Systems Research and Behavioral Science*, 16, 107-112.
- Manni, K. E. and Maharaj, V., 2004, Links between systems thinking and complex decision making. *System Dynamic Review*, 20, 21-48.
- Zeidler, D. L., Lederman, N, G., and Taylor, S.C., 1992, Fallacies and students discourse: Conceptualizing the role of critical thinking in science education. *Science Education*, 76, 437-450.