

SBF Conceptual Representation을 활용한 초등학교 6학년 학생들의 자연현상 개념 분석

문병찬* · 김해경

광주교육대학교

An Analysis of the Conceptions about the Nature Phenomenon Using SBF Conceptual Representation in the 6th Students

Byoung-chan Moon* · Hai-gyoung Kim

Gwangju National University of Education

ABSTRACT

The purpose of this study was to analysis the 6th students' conceptions of the nature phenomenon focused on the systematic characteristics. For this study, 12 students of the 6th grades participated in special class for testing their conceptions about the water cycle in the earth system. And we analyzed the outcomes of students' conceptions based on SBF conceptual representation.

The results indicate that most of the subjects perceived that the water cycle in earth system wasn't complex system maintaining its existence and functions as a whole through the interaction of its parts but simple system maintaining some actions between atmosphere and hydrosphere, geosphere, biosphere(biological world). And they didn't perceive the characteristics of the water cycle whose all parts must be presented the change of volume between vapor and water, glacier proposing the total hydro-volume are established in the earth system.

Based on the results, it was suggested that the main goals of the schools' science education should be to provide students who understand the water cycle system as attaching importance to form with the skills needed to coherent understanding of the essential qualities for the nature phenomenon system.

Key words : earth system, water cycle, science education

I. 서 론

초등학생들은 일상생활 속에서 경험하는 다양한 자연현상들을 감각적 수준에서 인지하고, 한정된 개념으로 추리함으로써, 별개의 독립적인 자연 사건들로 인식할 수 있다. 그러나 지구환경에서 나타나는 자연현상들은 각각 분리된 독립적 사건이기 보다는 지구환경이라는 거대한 시스템의 구성요소인 대기권, 수권, 암석권, 생물권의 단위시스템들 간 가역적인 상호작용에 의해 서로 밀접하게 연관되어 나타나는 복합적인 결과이다(Kali, et.al., 2003; Assaaf

& Orion, 2005).

그러므로 지구의 다양한 자연현상과 자연 사물들을 탐구하는 지구과학교육 분야에서 학생들에게 시스템적 접근법을 통해 자연개념의 복합적인 상호관계를 이해할 수 있도록 도와주는 것이 매우 중요한 교수-학습전략으로서 제안되어 왔다(문병찬 등, 2004; Mayer, 1997; Kali et al., 2003). 시스템적 접근 방법이란 단일 시스템에 대해 단편적인 부분에 집착하거나 피상적인 형식에 얽매이기 보다는, 시스템의 전체적 관점에서 관계된 다양한 요소들의 상호작용 및 피드백을 고려하여 시스템의 본질적 특성

* 교신저자 : 문병찬(mbc@gnue.ac.kr)

2010. 4. 7(접수) 2010. 4. 13(1심통과) 2010. 4. 30(최종통과)

을 파악하려는 고차원적 사고 접근방법을 의미 한다(Ison, 1999; Maani & Maharaj, 2004; Sweeney & Sterman, 2000). 위와 같은 접근 방법은 시스템의 전체구조와 특성을 보다 명확히 이해하는데 유용할 뿐 만 아니라(Ben-Zvi Assaraf & Orion, 2005; Sabelli, 2006), 현재 과학교육에서 중요하게 인식되는 학생들의 과학적 소양의 함양에도 효과적임이 제안되었다(Liu, & Humelo-Silver, 2009).

그럼에도 불구하고, 일부 과학교과서에서 자연현상과 같은 복잡한 시스템을 시스템적 접근방법을 적용하여 설명하기 보다는 학생들에 대한 인지적 평가의 편리성을 위해 단편적인 부분에 한정하여 심화된 분석을 추구하거나 전문 용어만을 강조함으로써 학생들이 복잡계의 특성을 가진 자연현상을 시스템의 본질적 차원에서 이해하는데 저해요소로 작용하고 있음을 지적하기도 한다(Liu, & Humelo-Silver, 2009).

Liu, & Humelo-Silver(2009)는 복잡한 시스템에 대한 효과적인 교수-학습전략을 모색하기 위해 예비 교사들과 중학생을 대상으로 SBF 표상(The structure-behavior-function representation)을 활용한 학습자료들을 개발하여 「호흡」을 주제로 서로 다른 과학수업을 적용한 결과, 「F-hypermedia」가 적용된 과학수업을 받은 학생들이 복잡한 시스템을 이해하는데 효과적이었음을 연구결과로 제시하였다. 「SBF 표상」이란 단일시스템에 대한 개념을 구성요소(Structure), 작용(Behaviors), 기능(Function)으로 구분한 후, 진술된 개념의 내용에서 어느 영역이 개념의 중심을 이루고 있는지를 파악해보는 개념분석의 도구이다. 예를 들면, 인간의 「호흡시스템」에 대한 개념에서 횡경막은 '구성요소' 중 하나이고, 수축과 이완작용은 횡경막의 '작용'으로 볼 수 있으며, 횡경막의 수축과 이완 작용은 흉관의 내부압력을 서로 다르게 함으로써 공기가 출입할 수 있도록 해주는 '기능' 결과로 볼 수 있다(Liu, et al, 2009). 이미 선행연구들에서 복잡한 시스템들을 대상으로 SBF 표상을 적용하여 개념들의 특성을 분석한 결과, 복잡한 시스템의 특성에 대한 수준 높은 이해를 보인 집단의 개념적 특성들은 일반적으로 기능(Function) 내용이 강조된 개념들로 이루어져 있음이 나타난 바 있다(Hmelo-Silver & Pfeffer, 2004; Hmelo-Silver et al., 2007). 선행연구의 결과, 호흡과 수축판이라는 서로 다른 시스템을 대상으로 조사한 개념의 특성

에서 비전문가 집단에서는 일반적으로 구성요소에 대한 내용이 강조되었던 반면, 전문가 집단에서는 작용과 기능에 대한 내용이 우세한 경향이 나타났다(Hmelo-Silver et al., 2007).

위의 연구결과에 근거해 볼 때, 복잡계로 인정되는 자연현상에 대한 학생들의 개념을 대상으로 SBF 표상을 활용하여 학생들의 개념 중 강조된 영역의 내용이 무엇인지를 분석해 보는 것은 학생들이 자연현상에 대한 이해에서 시스템적 특성을 어떻게 반영하고 있는지를 알아보는 데 효과적인 것으로 생각한다. 단위 시스템의 특성을 구성요소들 간의 가역적인 상호작용 및 순환성과 역동성 그리고 총량의 불가변성으로 전제할 때, 자연개념에서 시스템의 특성을 특히 뚜렷하게 나타내는 것들로써 암석의 순환, 물의 순환, 탄소의 순환 등을 들 수 있다(Asaaf & Orion, 2005). 이중, 물의 순환은 초등학교 과학교과에서 다루어지는 내용으로서 대기권과 암석권 수권 및 생물권내에 포함된 다양한 구성요소들이 순환과정에서 역동적으로 상호작용을 하고 있을 뿐 만 아니라 지구환경에서는 물의 순환에 관여하는 기체인 수증기와 액체인 물 그리고 고체인 얼음의 총량이 항상 일정하게 유지된다는 점에서 초등학교 학생들이 과학수업을 통해 자연현상에 내포된 시스템적 특성을 어떻게 재구성하고 있는지를 알아보는 목적에 매우 적절한 자연개념으로 볼 수 있다.

따라서 본 연구에서는 초등학교 6학년 학생들을 대상으로 복잡계로 인식되는 자연현상 중 '물의 순환'에 대해 학생들의 개념을 조사하여 SBF 표상을 적용한 개념분석을 통해 단위시스템으로서의 특성이 어떻게 나타나고 있는지를 알아보는 것이 본 연구의 목적이다.

II. 연구방법

본 연구의 대상은 G광역시 소재 사립학교 6학년 학생, 12명(남학생 10명, 여자 2명)을 대상으로 하였다. 한 학급이 24명으로 구성된 3개 학급에서 과학교과에 대해 특별한 흥미가 있다고 스스로 생각하는 학생들 중, 간단한 선발시험(과학지식, 문제해결력)을 거쳐 최종 12명을 선발하였다. 선발된 학생들에게 B4 크기의 답안지와 30분의 시간을 제공하고, '물의 순환'에 대한 개념을 그림과 글로 서술하도록 하였다. 학생들이 제출한 답안지는 선행연구에서 사

용된 분류와 분석방법(Liu, & Humelo-Silver, 2009)을 활용하여 연구자들이 연구목적에 따라 정리하였다(표 1).

표 1. Coding Example(Liu, & Humelo-Silver, 2009)

Structure	Behavior	Function
Lug	Exchange O ₂ and CO ₂ by differences in concentrations at alveoli.	Bring air into body; get rid of waste.
Alveoli	Gas passes from high concentration to low across semi-permeable membrane	Gas exchange
Blood	Grabs/releases O ₂ /CO ₂ in response to concentration gradients	Carry O ₂ and remove CO ₂ to/from cells

본 연구에서 학생들이 제출한 답안지를 분석하여 개념에서 나타나는 시스템적 특성을 알아보기 위해 선행연구와 같이 SBF 표상의 분석 방법에 따라 ‘물의 순환’에 대한 개념을 ‘구성요소’와 ‘작용’ 및 ‘기능’ 영역으로 분류하였다. 분류된 하위영역의 구체적 내용은 하늘, 땅, 강, 바다 등은 「구성요소」로, 유수, 저장, 증발, 응결 등 역동성을 지닌 내용은 「작용」으로, 총량이 일정한 물의 순환시스템에서 기체, 액체, 고체상태로 변화되는 역동적인 과정에서 필수적으로 나타나는 각각의 상태에 대한 상대적인 양적변화의 내용은 「기능」으로 분류하였다. 기능영역의 내용을 위와 같이 설정한 이유는 지구의 환경에서 ‘물의 순환’이 역동적인 시스템으로서 계속적으로 지속될 수 있는 것은 본질적으로 지구에서의 물의 순환에 관여하는 물의 총량이 항상 일정하다는 것을 가정했을 때, 순환의 모든 과정에서 상태에 따른 양적변화가 작용에 대한 결과로 반드시 이루어지고 있기 때문이다. 즉, 기능을 단위시스템에서 구성요소들 간 상호작용으로 나타나는 결과라고 볼 때, 물의 순환 시스템에서는 서로 다른 물의 상태에 따른 양적변화가 해당되므로, 단위 시스템의 「기능」 영역에 대한 내용으로서 위의 내용이 적절하다고 판단하였다.

III. 연구결과 및 논의

1. 물의 여행 개념의 특성

학생들이 작성한 물의 순환 개념을 분석한 결과,

시스템에 대한 구성요소와 작용에 대한 내용에 있어서는 초등학교 6학년 수준에서 다양한 개념들을 가지고 있는 반면, 시스템의 본질적 ‘기능’으로 분류된 물의 상태에 따른 양적변화에 대한 내용은 모든 학생들에서 전혀 나타나지 않았다. 이는 초등학생들이 지구에서 다양한 자연현상으로 나타나는 물 순환 시스템에 대해서 현상적으로 보여 지는 각각의 부분에 대한 개념은 형성되어 있으나, 그 현상 속에 내재된 본질적 기능인 물의 상태에 따른 양적인 변화개념은 생각지 않고 있음을 나타낸다. 다시 말해서, 학생들은 물의 순환 시스템이 지니고 있는 형식적 순환성과 서로 다른 구성요소 간에 나타나는 물의 역동성에 대해서는 부분적으로 이해를 하고 있으나, 시스템에서 보여 지는 순환성과 역동성의 결과로 나타난 물의 상태변화에 따른 양적변화, 즉 물의 순환 시스템의 내면적 특성에 대해서는 과학적으로 통찰하지 못하고 있는 것으로 판단된다.

학생들이 시스템적 특성을 가진 자연현상 개념에 대해 어떻게 생각하고 있는지를 시스템의 관점에서 분석해 보는 것이 본 연구의 목적이었으므로, 이를 위해서는 학생들의 개념을 SBF 표상에 따라 분류하는 것이 우선 중요하다. 이에, 학생들의 개념에서 「구성요소」와 「작용」의 내용에 근거하여 연구자들이 「기능」의 내용을 적절하게 구성하였다(표 1). 재구성된 SBF 표상을 분석해 볼 때, 학생들이 생각하는 물 순환 개념이 시스템적 관점에서 어떤 특성이 있는지가 보다 명확하게 구분되었다.

예를 들어 ①번 학생의 경우, 「바다에서 증발된 물은 기화하여 응고된 구름 형태를 이루고 이 구름은 다시 산위에서 비로 내려 흘러 흘러 바다로 다시 온다」고 진술하고, 추가로 그림을 통해 물의 순환 시스템에 대한 개념을 설명하였다(그림 1). 학생 ①에서 나타난 물의 순환 개념을 시스템적 관점에서 살펴보면, 대기권과 수권 및 생물권에 속하는 자연과 사람들의 생활환경들이 구성요소들로 작용하고, 각각의 단편적인 부분에서의 상호작용에 의해 물의 형태적 변화가 발생하여 수증기 또는 물이 대기권과 수권의 공간적 이동을 전개함으로써 형식적으로는 물의 순환적 특성을 잘 구성하였다. 그러나 이 과정에서 지구의 물 순환 시스템을 역동적으로 유지하는데 있어서 지구에 존재하는 물의 총량은 일정하다는 핵심적 개념을 고려하지 않음으로써 지상으로 저장된 거대한 물의 양을 생각하지 못하거나

학 생	구성요소	작 용	기 능
① 윤○○	하늘	수증기 모임. 구름, 비 생성.	수증기(일정). 수증기(감소). 물(증가). 물(감소)
	계곡	물이 흐른다.	물 운반(일정)
	저수지	물이 모인다.	물 저장(일정)
	공장	물을 사용한다.	물 사용(감소)
	가정	물을 사용한다.	물 사용(감소)
	발전소	물을 이용한다.	물 이용(일정)
	하천	물이 흐른다.	물 운반(일정)
	호수	물이 모인다.	물 저장(일정)
② 김○○	숲	물이 흡수된다. 증산작용	물(감소). 물(감소). 수증기(증가)
	바다	물이 모인다. 증발한다.	물 저장(일정). 물(감소). 수증기(증가)
	삼각주	물이 흐른다.	물 운반(일정)
	하늘	수증기 모임. 구름, 비 생성.	수증기(일정). 수증기(감소). 물(증가). 물(감소)
③ 박○○	하천	물이 흐른다.	물 운반(일정)
	강	물이 흐른다.	물 운반(일정)
	저수지	물이 모인다.	물 저장(일정)
	숲	물이 흡수된다. 증산작용	물(일정). 물(감소). 수증기(증가)
④ 정○○	땅	물이 흡수된다.	물 저장(일정)
	하늘	수증기 모인다. 구름, 비 생성.	수증기(일정). 수증기(감소). 물(증가). 물(감소)
	땅	강으로 흐른다.	물 운반(일정)
	강	물이 흐른다.	물 운반(일정)
⑤ 한○○	바다	물이 모인다. 증발한다.	물 저장(일정). 물(감소). 수증기(증가)
	하늘	수증기 모인다. 구름, 비 생성.	수증기(일정). 수증기(감소). 물(증가). 물(감소)
	강	물이 흐른다.	물 운반(일정)
	바다	물이 모인다. 얼음이 언 후 다시 녹는다. 증발한다.	물 저장(일정). 물(감소). 얼음(증가). 얼음(감소). 물(증가). 물(감소). 수증기(증가)
⑥ 이○○	하늘	수증기 모인다. 구름, 비 생성.	수증기(일정). 수증기(감소). 물(증가). 물(감소)
	강	물이 흐른다. 물이 증발한다.	물 운반(일정). 물(감소). 수증기(증가)
	호수	물이 모인다. 물이 증발한다.	물 저장(일정). 물(감소). 수증기(증가)
	바다	물이 모인다. 물이 증발한다.	물 저장(일정). 물(감소). 수증기(증가)
⑦ 송○○	하늘	수증기 모인다. 구름, 비 생성 눈이 생성된다.	수증기(일정). 수증기(감소). 물(증가). 물(감소). 얼음(증가). 얼음(감소).
	강	물이 흐른다. 물이 증발한다.	물 운반(일정). 물(감소). 수증기(증가)
	호수	물이 모인다. 물이 증발한다.	물 저장(일정). 물(감소). 수증기(증가)
	바다	물이 모인다. 물이 증발한다.	물 저장(일정). 물(감소). 수증기(증가)
⑧ 남○○	하늘	수증기 모인다. 구름, 비 생성.	수증기(일정). 수증기(감소). 물(증가). 물(감소)
	강상류	물이 흐른다.	물 운반(일정)
	강중류	물이 흐른다.	물 운반(일정)
	강하류	물이 흐른다. 증발한다.	물 운반(일정). 물(감소). 수증기(증가)
⑨ 김○○	하늘	수증기 모인다. 구름, 비 생성.	수증기(일정). 수증기(감소). 물(증가). 물(감소)
	강	물이 흐른다.	물 운반(일정)
	하수처리 시설	물을 정수한다.	물 정수(일정)
	가정	물을 소비한다.	물(감소)
⑩ 이○○	하늘	수증기 모인다. 구름, 비 생성.	수증기(일정). 수증기(감소). 물(증가). 물(감소)
	땅	강으로 흐른다.	물 운반(일정)
	강	물이 흐른다.	물 운반(일정)
	바다	물이 모인다. 증발한다.	물 저장(일정). 물(감소). 수증기(증가)
⑪ 박○○	하늘	수증기 모인다. 구름, 비 생성.	수증기(일정). 수증기(감소). 물(증가). 물(감소)
	땅	강으로 흐른다.	물 운반(일정)
	식물	흡수하여 증산한다.	물(감소). 수증기(증가)
	강	물이 흐른다.	물 운반(일정)
⑫ 이○○	하수도	물이 흐른다.	물 운반(일정)
	하늘	수증기 모인다. 구름, 비 생성.	수증기(일정). 수증기(감소). 물(증가). 물(감소)
	강	물이 흐른다. 증발한다.	물 운반(일정). 물(감소). 수증기(증가)
	바다	물이 흐른다. 증발한다.	물 운반(일정). 물(감소). 수증기(증가)

강이나 하천, 호수 등에서 대기 중으로 증발하는 수증기의 양, 공장이나 가정에서 소비된 물이 다른 조건이나 상태에서 지속적으로 물의 순환 과정을 반복하면서 발생하는 양적변화 등을 생각하지 못하였다.

①번 학생의 개념으로 물 순환 시스템을 전개하면, 대기권에서 구름과 비를 만들기 위해 매우 많은 양의 수증기가 필요한 반면, 수증기는 숲에서의 증산작용과 바다에서의 증발에 의해서만 증가하고, 또한 지상의 공장과 가정에서 계속적으로 소비된 물로 인해 지구에서의 물의 총량이 점차 감소함으로써 이 과정이 반복되면 결국에는 지구에서 물의 순환은 멈추게 된다는 것을 예상할 수 있다. ①번 학생은 개념에서 11개의 구성요소를 가지고 있었다. 그럼에도 불구하고 ①번 학생의 개념에 근거한 물 순환 시스템이 미래에 역동성을 잃게 되는 예상결과가 나타남은 시스템의 내면적 특성을 파악하는데 구성요소의 양적개념은 크게 영향을 미치지 않음을 시사한다.

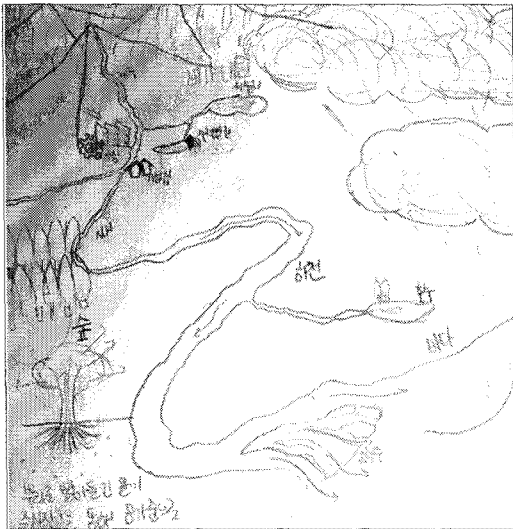


그림 1. ①번 학생의 물의 순환 개념

②번 학생의 개념 또한 ①번 학생과 크게 다르지 않은 결과를 나타내었다. 다만, 물의 순환 과정에서 땅에 물이 흡수된다고 기술함으로써 ①번 학생과는 달리 물의 순환 과정에서 지하수에 대한 개념을 가지고 있었다(그림 2). 즉 ②번 학생의 개념에서 암석권이 구성요소로 추가됨으로써 지구시스템을 구성하는 대기권, 암석권, 수권, 생물권 모두가 구성요소

로 작용하였지만 기능에서 수증기(일정), 수증기(감소), 물(증가), 물(감소), 물 운반(일정), 물 운반(일정), 물 저장(일정), 물 (일정), 물(감소), 수증기(증가), 물 저장(일정)의 내용을 의미하는 것으로 분석되었다. ②번 학생의 개념을 근거로 연구자에 의해 작성된 기능의 내용에 근거해 볼 때, 위 학생의 경우에도 각각의 구성요소들 간 상호작용에 의해 나타나는 물의 상태변화에 따른 양적 변화의 개념을 고려하지 않음으로써 시스템의 특성을 적절하게 파악하지 못하고 있음을 알 수 있다. 구성요소들 간 상호작용의 결과에서 물의 상태에 따른 상대적 양적변화는 대부분의 단계에서 항상 일정할 것으로 생각하여 시스템의 특성 중, 형식적인 부분에 대한 역동성만을 이해하고 있는 것으로 판단된다. ②번 학생의 개념에서 물이 바다로 이동하는 과정과 바다에서 이루어지는 얼음의 생성 및 증발작용 등에 대한 언급이 나타나지 않음으로써, 지구에서 수증기의 증가는 식물에 의한 증산작용 뿐이다. 위 개념에 근거하여 물의 순환 시스템의 역동성을 예상해보면 매우 짧은 시간 내에 비를 만들 수 있는 수증기가 고갈되어 지구에서 물의 순환 시스템이 정지될 것이라는 결과를 예상할 수 있다.

①번과 ②번 학생의 개념을 비교하여 분석한 결과, 비록 시스템에 대한 개념에서 구성요소의 양적인 측면이 시스템의 내면적 특성을 이해하는데 크게 영향을 미치지 못하는 못하지만, 시스템의 내면적인 측면에서 역동성에 큰 영향을 미치는 특정한 구성요소에 대한 개념을 적용하거나 적용하지 않을 경우에 시스템의 역동성의 지속시간은 크게 달라짐을 알 수 있다. 예를 들면, ①번 학생 개념의 구성요소에서 바다와 바다에서의 증발작용이 언급되었지만, ②번 학생의 경우에는 바다의 구성요소와 바다에서의 증발작용이 나타나지 않음으로써 실제로 이루어지고 있는 지구에서의 물의 순환 시스템의 특성에 비추어 볼 때, ②번 학생의 개념에 근거한 물 순환 시스템의 역동성은 ①번 학생의 시스템과 비교하여 매우 짧은 시간 안에 멈추게 될 것이라는 결과가 예상되기 때문이다. 반면, 물의 순환에서 두 학생 간에 공통적으로 나타나는 ‘작용’과 관련된 개념의 특성은 두 학생 모두 바다는 하천이나 강을 통해 운반된 물을 모아서 증발하는 작용만 나타난다고 생각하였다. 그러나 실제 지구에서의 물의 순환 시스템에서는 바다에도 비가 내림으로써 바다에서 이루어지는

증발에 의해 발생된 물의 감소량을 강이나 하천을 통해 유입되는 물의 양으로 보충하는 것 외에도 대기권으로부터 공급되는 강수에 의해서도 보충된다. 그럼에도 불구하고, 하나의 구성요소에서는 하나의 작용에 의해 하나의 기능만을 생각하는 경향이 뚜렷하게 나타나는 것은 ①번과 ②번 학생의 자연현상에 대한 개념특성이 시스템적 관점에서 매우 수준이 낮은 단선적인 사고의 경향을 가지고 있음을 시사한다.

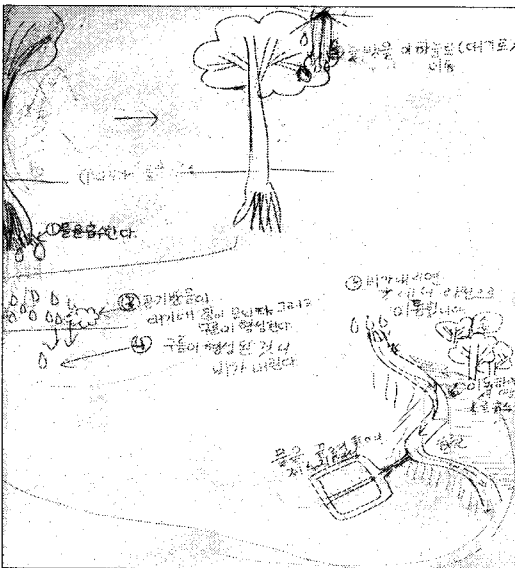


그림 2. ②번 학생의 물의 순환 개념

⑤번 학생의 경우, 다른 학생들과는 달리 물이 모이는 바다와 호수 뿐 만 아니라 강에서 물이 흐르는 과정에서 증발작용도 함께 이루어지고 있음을 개념으로 가지고 있었다(그림 3). 그러나 위 학생은 물의 순환 시스템의 구성요소에 대해 대기권과 수권에 속하는 것들을 언급함으로써, 생물권 및 암석권에 대한 생각은 하지 못하였다. 이는 ⑤번 학생의 경우에도 물 순환에 대한 시스템적 개념을 체계적으로 가지고 있지 않음을 나타낸다.

지구에서의 물의 순환은 다양한 구성요소들 간 역동적인 상호작용에 의해 진행되는 매우 복잡한 순환 시스템의 특성을 가지고 있음에도 불구하고, 연구에 참여한 대부분의 학생들은 대기권인 하늘에서 모인 수증기가 구름을 생성하여 비를 내리고 이 물이 하천과 강을 따라 흘러 호수나 바다에 모이게 되면 비로써 증발작용이 발생하여 수증기가 다

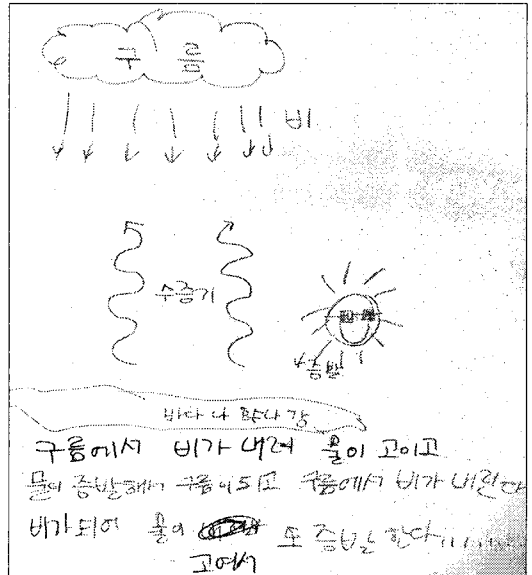


그림 3. ⑤번 학생의 물의 순환 개념

시 하늘에서 모이는 단순한 순환성의 특성을 가진 시스템으로 이해하고 있음을 알 수 있다. 특히, ⑦번과 ⑫번 학생들은 구성요소로 하늘과 땅 또는 하늘, 강, 바다만을 생각함으로써 물 순환 시스템의 복잡성을 이해하지 못하였다. ⑤번과 ⑧번 학생의 경우와 같이 물이 순환하는 과정에 대해 부분적으로 오개념을 가지고 있는 경우도 나타났다. 예를 들면, ⑤번 학생의 경우, 증발에 대한 개념에서 뜨거운 태양과의 관계만 생각하거나, ⑧번 학생의 경우처럼 강 상류와 강 중류, 강 하류 중 강 하류에서만 증발이 이루어진다는 오개념을 가지고 있었다.

12명의 6학년 학생들을 대상으로 물의 순환에 대한 개념을 통해 학생들이 복잡한 시스템적 특성을 가진 자연현상에 대해 시스템적 관점에서 이해하고 있는지를 알아본 결과, 학생들은 자연현상을 매우 단순한 시스템으로 인식하여 시스템을 구성하는 많은 요소들을 생각하고 있지는 않았다. 뿐만 아니라, 전체시스템을 구성하는 부분에 대한 현상들이 조합되어 궁극적으로 어떤 기능을 수행하고 있는지에 대한 시스템의 본질적 특성에 대해서는 거의 이해하지 못하고 있었다. 본 연구에서 위와 같은 결과가 나타난 원인은 학교의 과학수업에서 자연현상을 학습하면서 전체 시스템의 내면에 대한 기능 영역의 내용을 무시하고, 시스템의 단편적인 구성요소에서 감각적으로 쉽게 인지되는 작용영역에 특히 강조하여 개념이 형성되었던 것에 있는 것으로 판단된다.

IV. 결론

최근 과학교육에서 학생들의 사고활동과 사고수준에 대한 관심이 높아지고 있다(Dori, 2003). 학생들의 사고활동에서 과거에는 단편적이고 제한된 원인과 결과의 맥락에서 자연현상을 해석하려는 분석적 사고가 강조되었던 반면, 최근에는 일상적인 자연현상이라 할지라도 많은 원인과 과정들이 상호작용하여 나타내는 복잡한 결과로 해석하는 시스템 사고의 유용성에 대해 많은 연구들이 수행되었다(김만희와 김범기, 2002; Resnick, 1996; Perkins & Unger, 1999; Kali, 2003; Penner, 2000; Orion, 2005). 이에, 시스템의 특성을 잘 반영하고 있는 물의 순환 개념을 통해 학생들의 개념을 분석하여 시스템 사고의 측면에서 그 특성을 알아보기 위한 연구는 과학교육의 측면에서 시기적으로 의미가 있다고 생각한다.

지구에서 물의 순환은 복잡한 시스템의 특성을 가지고 있다. 또한 관련된 구성요소와 작용이 감각 수준에서 쉽게 인지되는 것이 있는 반면, 그렇지 않은 것들 또한 매우 많다. 뿐 만 아니라 다른 자연시스템에 비해 순환주기가 매우 짧고, 사소한 변인들의 상호작용에 따른 영향 또한 민감하게 반응하여 과정의 부분들은 매우 불규칙한 특성을 나타내기도 한다. 그러나 우리에게 다양한 자연현상으로 나타나는 역동적인 물 순환의 모든 과정에서 결과적으로 기체, 액체, 고체의 상태에 따른 물의 양적변화가 일어나고 있다.

그럼에도 불구하고, 본 연구에서 나타난 결과에 비추어 볼 때, 과학수업을 통해 물 순환 시스템을 학습한 학생들이 시스템의 구성요소와 작용에 대해서는 부분적으로 이해를 하고 있으나, 지구에 존재하는 물과 수증기, 빙하를 더한 총량은 항상 일정하다는 물 순환 시스템이 지닌 역동성의 본질을 생각지 않음으로써, 학생들은 상태에 따른 양적변화의 관계를 인지하지 못하였다. 일부 학생의 경우, 수증기의 생산이 제한적인 조건에서도 지속적으로 하늘에서는 수증기가 모여 구름이 생성되고, 구름은 비나 눈을 만들어 하천과 강, 호수, 바다에 계속해서 많은 물을 공급한다는 개념을 가지고 있었다. 또한 가정이나 공장에서 소비한 물이 양적으로 사라지는 조건에서도 강이나 하천 및 바다의 물이 항상 일정한 수준에서 유지된다는 생각을 하기도 하였다. 연

구에 참여한 대부분의 학생들 개념에서 공통적으로 나타난 특성은 물의 순환의 구성요소에서 지하수와 관계된 내용이 언급되지 않았으며, 물의 순환을 복잡한 시스템의 특성으로 인식하지 않고 하늘과 하천, 강, 숲, 바다 등에서 형식적으로 단순한 과정을 거쳐 나타나는 간단한 시스템의 특성을 가진 것으로 생각하였다.

위와 같은 결과에는 여러 가지 원인이 있을 수 있다. 학생들의 사고활동이 단편적인 부분에 대한 분석을 중요하게 여기는 경향도 원인 중의 하나라고 생각한다. 그러나 과학수업에서 시스템적 특성을 가진 자연현상에 대해 부분에 대한 심화된 분석을 요구하는 전통적인 교수-학습방법 또한 결과의 원인으로 작용했을 가능성이 있다. 왜냐하면, 과거에는 학생들의 사고기술이 일반적인 교과수업을 통해 스스로 발전됨을 전제하였지만, 최근에는 학생들의 사고기술이 구체적인 학습을 통해 향상된다는 연구결과에 근거해 볼 때, 사고기술은 교수-학습전략에 의해 많은 영향을 받기 때문이다(Perkins & Unger, 1999)

본 연구는 6학년 84명의 학생들 중, 지원자들 중에서 간단한 선발과정을 거친 12명의 6학년 학생들을 대상으로 하였기 때문에 이 연구에서 얻어진 결과를 일반화 하기에는 많은 한계를 가지고 있다. 그러므로 시스템적 특성을 지닌 여러 가지 자연현상 개념들을 동원하고, 연구에서 얻어진 결과를 일반화 하는데 충분할 만큼 학생들의 수를 확보한 후속연구의 필요성을 제안한다.

참고 문헌

- 김만희, 김범기(2002). 현대과학교육의 동향과 시스템사고 패러다임의 비교 연구. 한국과학교육학회지; 22(1), 64-75.
- 문병찬, 정진우, 경재복, 고영구, 윤석태, 김해경, 오강호(2004). 예비교사들의 탄소 순환에 대한 지구시스템의 관련개념과 시스템 사고의 적용. 한국지구과학회지; 25(8), 684-696.
- American Association for the Advancement of Science. (2000). Big biology books fail to convey big idea, report AAAS's Project 1061. Science books & Films; 36(5), 199-202.
- Ben-Zvi Assaaf, O., & Orion, N.(2005)). Development of System Thinking Skills in the Context of Earth System Education. Journal of Research in Science Teaching; 42(5), 518-560.
- Dori, Y.J., & Tal, R.T.(2003). Teaching biotechnology through

- case studies-Can we improve higher order thinking skills of nonscience majors?. *Science Education*; 87(6), 767-793.
- Humelo-Silver, C.E., & Pfeffer, M.G.(2004). Comparing expert and novice understanding of a complex system from the perspective of structures, behaviors, and functions. *Cognitive Science*; 28, 127-138.
- Humelo-Silver, C.E., Marathe, S., & Liu, L.(2007). Fish swim, rocks sit, and lugs breathe: Expert-novice understanding of complex systems. *Journal of the Learning Sciences*; 16, 307-331.
- Ison, R.(1999). Applying Systems Thinking to Higher Education. *Systems Research and Behavioral Science*; 16, 107-112.
- Kali, Y., Orion, N., & Eylon, S.B.(2003). Effect of knowledge Integration Activities in Students' Perception of the Earth's Crust as a Cycle System. *Journal of Research in Science Teaching*; 40(6), 545-565.
- Liu, L., & Humelo-Silver, C.E. (2009). Promoting Complex Systems Learning through the Use of Conceptual Representations in Hypermedia. *Journal of Research in Science Teaching*; 46(9), 1023-1040.
- Maani, K.E. & Maharaj, V.(2004). Links between systems thinking and complex decision making. *System Dynamic Review*; 20(1), 21-48.
- Mayer, V.J.(1997). Global science literacy. An Earth System View, *Journal of Research in Science Teaching*; 34(2), 101-105.
- Penner, E.D.(2000). Explaining System: Investigating Middle School Students' Understanding of Emergent Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*; 37(8), 784-806.
- Perkins, D.N., & Unger, C.(1999). Teaching and learning for understanding. In Reigeluth, C.M.(ed), *Instructional design theories and models*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 91-144.
- Resnick, M.(1996). Beyond the Centralized Mindset. *Journal of The Learning Sciences*; 5(1), 1-22.
- Sabelli, N.H.(2006). Complexity, technology, sciences, and education. *Journal of the Learning Sciences*; 15, 5-91.
- Sweeney, L.B. & Serman, J.D.(2000). Bathtub dynamics: initial results of a systems thinking inventory. *System Dynamic Review*; 16(4), 249-286.