

# 물의 순환에 대한 고등학생들의 지구시스템 관련 개념과 시스템 사고의 분석\*

강천덕 · 이효녕 · 윤일희 · 김은주\*\*  
(경북대학교)

## Analysis of Conceptions Related to Earth System and Systems-Thinking of High School Student about Water Cycle

Chun-duk Kang · Hyo-nyong Lee · Ill-Hee Yoon · Eun-ju Kim  
(Kyungpook National University)

### (Abstract)

The purpose of the study is to research students' proficiency with systems-thinking approach concerning water cycles and to acquire data on Earth System-related concepts based on students' feedback. To achieve the purpose of the study, I chose 4 mid-level high school juniors living in Pohang, where the high school equalization policy has not been implemented, and the students answered a questionnaire about water cycles. Then, based on the results, I created a causal map and evaluated it using systems-thinking analysis. The results of the study are as follows: First of all, among the answers of the subjects, there were 21 concepts related to the conception of the earth system : 14 of the conceptions were linked scientifically, and 7 of the conceptions were not linked scientifically. Secondly, results of the causal map of what the subjects described showed that only two students'(A and C) feedback loops were completed, and that student C's feedback loop included unscientific reasoning. In conclusion, this study indicated that the students failed to understand the water cycle with the systems-thinking approach, or alternatively they applied low-level systems-thinking approach and had a lower understanding of it.

Key word: Earth system, water cycle, systems-thinking, causal map

## I. 서론

### 1. 연구의 필요성 및 목적

현재 과학 교육과정의 개발과 운영의 공

통된 변화의 초점은 교수 중심에서 학습  
중심으로, 분과 학습에서 통합 학습으로의  
변화 양상이 나타나고 있다. 이런 과학 교  
육과정의 방향 전환에 동참하여 지구과학

\* 이 논문은 2008 경북대학교 과학교육연구소의 지원을 받아 수행된 연구임.

\*\* 교신저자 김은주(kej6601@hanmail.net)

은 교육으로서의 목표와 지구적 소양의 함양이라는 목표를 함께 제시하여야 할 것이다. 이를 위하여 대안적으로 제공된 것이 바로 지구시스템 교육이다. 미국의 오하이오 주립대학과 북콜로라도 대학을 중심으로 한 최근 10여 년 간의 연구를 통하여 개발되어 온 지구시스템 교육은 지구적 소양의 함양을 강조하며, 과학 교육과정을 구성하는 새로운 초점과 철학을 제시하고 있다(임은경 외, 2000). 기본적인 아이디어는 물리, 화학, 생물, 지구과학을 거시적인 관점에서 지구시스템이라는 전체적인 테두리 내에서 통합하려는 것이다(이효녕, 2004). 각 과학 과목 내용 중에서 공통된 주제를 중심으로 과학 내용을 통합함으로써 학생들로 하여금 지구를 통합적 관점에서 탐구하도록 하는 것이다(조규성, 강현아, 2002)

구성주의 관점에서 학생들의 사고 활동이 중요하게 인식되어짐에 따라 학생들의 사고 기술(thinking skill)에 대한 관심도 높아지고 있다(문병찬 외, 2004). 지구시스템 교육은 학생들에게 복잡한 상호 작용을 이해하기 위한 사고 기술로 시스템 사고(systems-thinking)를 요구한다. 과학 교수-학습에서는 학생들의 지식, 이해 그리고 더욱 더 높은 사고 기술을 개선하기 위해서는 논쟁의 여지가 있는 사례를 발굴하여 학습에 이용해야 한다(Dori et al., 2002). 지구시스템에서는 다양한 물질과 에너지가 하위계를 순환한다. 그 중에서 물의 순환은 기후변동과 밀접한 관계가 있다. 물의 순환과 같은 복잡한 순환을 바르게 이해하는데 있어서는 각 요소간의 상호 작용과 이

작용들이 시스템에 미치는 피드백 효과를 고려한 시스템 사고의 적용이 필수적이다(문병찬 외, 2004).

따라서 본 연구에서는 지구과학 I에서 학습한 바 있는 물의 순환에 대한 학생들의 시스템 사고의 정도를 알아 보고자하는데 그 목적이 있으며, 그에 따른 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 학생들이 물의 순환에 대해 기술한 내용에서 지구시스템과 관련된 과학적 또는 비과학적 개념 연결들은 어떤 것이 있는가?

둘째, 학생들이 물의 순환에 대해 시스템 사고를 수행하고 있는가?

## 2. 이론적 배경

1990년대 초반부터 미국에서의 지구시스템 교육은 학교 과학 교육을 재구성하려는 주요한 노력으로 인식되어 왔다(Lee et al., 2004). 지구시스템교육은 자연 현상을 탐구하는 새로운 관점을 제시하며, 지구시스템을 주축으로 물리, 화학, 생물, 지구과학을 통합하려는 시도이다. 또한 지구시스템의 하위계인 기권, 암권, 수권, 생물권 간의 상호 작용은 물론, 지구와 우주의 상호 작용을 종합적으로 다루려는 시도이다(이창진, 2003). 지구시스템 교육의 의의는 첫째, 지구적 소양의 함양을 들 수 있는데, 지구에서 살아가고 있는 지구인들의 지구에 대한 소양의 함양은 생존에 있어서도 중요한 덕목이라 할 수 있다. 둘째, 학생들의 과학적 탐구 방법을 귀납적이고 분석적인 것으로부터 전체적 사고로 전환시킨다. 지구시스

템의 하위계들을 분석하고 그 것들을 각각 연구하는 것이 아니라 지구시스템 전체를 상호 의존적이며 물질과 에너지가 끊임없이 순환하며 상호 작용하는 거대한 시스템으로 바라보는 거시적인 관점을 갖게 한다. 셋째, 지구시스템 교육은 훌륭한 통합의 주제를 제공한다. 근본적으로 과학의 탐구 대상인 자연은 통합적인 것이며, 따라서 자연을 탐구하는 과학도 통합적인 시각을 갖는 것이 바람직하다.

위에서 살펴본 지구시스템교육은 새로운 과학교육 개혁의 중심에 서 있다. 지구를 이해하는데 시스템적인 접근 방법과 사고 능력은 통합과학을 효과적으로 가르치고 배우는데 있어서 핵심적인 역할을 하고 있다(Mayer 외, 2007). 이러한 통합과학교육이 효과적으로 이루어지기 위해서 가장 강조되어야 할 학생들의 사고 능력이 시스템 사고이다. 시스템 사고란 모든 존재와 활동 일체를 시스템으로 간주하는 사고이며, 시스템의 활동은 상호 유기적으로 이루어진다고 보는 사고 또는 철학적 견해이다. Forrester(1961)가 시스템의 특성을 이해하고 그 결과를 예측하는 도구로서 시스템 다이내믹스(system dynamics)를 소개한 이후, 시스템 사고는 시스템의 특성을 분석하는 유용한 방법으로 활용되어 왔다(문병찬 외, 2004). 시스템 사고 및 인과지도의 중요성에 대한 재인식은 1990년대에 들어 급격히 확산되었으며, 시스템 다이내믹스를 시스템 사고와 시뮬레이션으로 이원화 시키는데 이르고 있다(김동환, 2000).

시스템 사고의 특징을 다음과 같이 요약

할 수 있다.

첫째, 목적 지향의 사고

둘째, 전체 지향의 사고

셋째, 관계 지향의 사고

넷째, 중점 지향의 사고

다섯째, 미래 지향의 사고이다.

Richmond(1993)는 시스템 사고는 적어도 일곱 가지의 사고 트랙의 동시 작용이 요구된다고 제안 하였다. 그의 업데이트된 일곱 가지 사고 기술은 다음과 같다(Maani, Kambiz E. and Maharaj, Vandana, 2004).

첫째, 동태적 사고(Dynamic thinking)

둘째, 원인-시스템사고(System as cause thinking)

셋째, 숲 사고(Forest thinking)

넷째, 전략적 사고(Operational thinking)

다섯째, 닫힌 루프 사고(Closed-loop thinking)

여섯째, 양적인 사고(Quantitative thinking)

일곱째, 과학적 사고(Scientific thinking)

시스템 사고를 통해 단일 시스템을 이해하는 과정에서 첫 번째 단계는 전체 시스템에 대한 구성 지도, 즉 인과 지도(causal map)를 작성하는 것이다. 인과 지도는 시스템을 구성하는 각각의 개념들 간의 인과 관계 측면에서 연계된 상호 관계를 설정하고, 단일 시스템의 내부와 내부적 구성의 경계를 분명히 하는 역할 뿐 아니라 개념들에서 나타나는 인과 관계, 즉, 강화(+)되거나, 약화(-)되는 것에 따라 전체 시스템의 특성을 결정한다(문병찬 외, 2004).

김동환(2000)은 김대중 대통령의 담화문



다. 답변지 작성 시간은 제한하지 않았다.

### 3. 검사 도구

본 연구에 사용한 검사 도구는 연구자가 작성하였으며, 포항시에 근무하는 경력 15년 이상의 지구과학 교사 5인으로부터 검증 받은 질문지(Appendix 1)를 사용하였다. 검증 전 질문지에는 물의 순환에 대한 그림이 없었으나 조사에 참여한 학생들의 학업 수준을 고려하여 그림을 넣는 것이 좋겠다는 검증 요원들의 의견이 우세하여 본 연구에 사용한 질문지에는 물의 순환에 관한 그림을 제시하였다.

### 4. 결과 처리 및 분석

학생들이 작성한 답변지의 내용을 인과 지도로 작성하기에 적합한 형태로 요약 정리하였다. 적용된 개념이 인과 관계 상 적절하게 상호 연결되었는지에 따라 과학적 연결과 비과학적 연결로 분류하였으며, 분류된 개념들 간의 인과 지도를 작성한 후 피드백 루프의 완성 여부에 따라 시스템 사고의 외형적 구성에 대한 적정성을 판별하였다(문병찬 외, 2004). 인과지도 작성 시 비과학적 개념 연결도 학생들이 진술한 대로 삽입하여 작성하였다.

<표 1> 학생들의 진술 요약

대상	진술 요약
A	1. 무분별한 화석 연료의 사용으로 지구 온난화가 일어나고 있다. 2. 해수면 상승으로 저지대가 바다 속에 잠기는 현상이 더더욱 심해질 것이다. 3. 태양 에너지에 의해 물의 순환이 일어나고 있는데 변화가 일어날 것이라 본다. 4. 내 생각으로는 전체적인 강수량과 증발량의 비율은 변화가 없을 것 같다. 5. 지구의 기온이 높아질수록 수온이 상승하면 해수면이 상승하여 증발량이 많아질 것이다. 6. 또한 증발된 물은 강수로 내려 다시 토양 속에 침투하여 바다로 빠질 것이다. 7. 결론적으로 강수량과 증발량의 비율은 유지하되 그 양이 많아질 것이다. 8. 현재 강수량과 증발량이 30이라면 지구 온난화로 인해 50이든 60이든 그 양이 변할 것이다.
B	1. 화석 연료의 사용으로 우리 지구는 점점 뜨거워지고 있다. 2. 지구온난화로 인해 먼저 지구의 연 평균 기온이 상승하게 되고 그로인해 해수의 열팽창과 빙하가 녹음으로서 해수면이 점점 높아지게 된다. 3. 또한 해수의 수온도 높아지므로 한류성 어종보다는 난류성 어종이 많아지게 될 것이다. 4. 온난화로 인해 대륙과 해양에서의 증발량이 많아질 것이며, 대기에는 지금보다 더 많은 수증기가 존재하게 된다. 그로인해 비나 눈, 우박 등이 대륙과 해양으로 떨어질 것이다. 5. 기온이 높아지면 습도가 높아짐으로 비가 많이 내릴 것이고, 기후가 열대성 기후로 점점 변할 것이다. 우리나라에서 머지않아 야자나무를 볼 수 있지 않을까 6. 지구온난화로 인해 증산작용도 많아지고 물의 순환은 증가할 것이다.

대상	진술 요약
C	1. 화석 연료의 사용으로 지구의 평균기온이 점점 올라간다면, 바다에서는 물의 열팽창으로 해수면이 상승하면 수온이 올라가 더 많은 수증기가 증발할 것이다. 그렇게 되면 육지에는 평소보다 많은 양의 비가 내리게 되어 평균습도가 올라가게 되어 사람들이 습한 더위를 느끼게 될 것이다. 2. 어쩌면 지구 전체가 기온이 높고, 습도가 높은 열대성 기후로 바뀔지도 모른다. 3. 기온이 높아짐에 따라 극에 있는 빙하들이 녹아 해수면은 점점 상승하고 구름을 만들 수 있는 수증기의 양이 점점 더 많아질 것이다. 4. 바다의 물뿐만 아니라 육지내의 지하수, 강물 등도 높은 온도에 의해 더 많이 증발되어 작물도 열대성 작물 등으로 한정되어 인간이 먹을 수 있는 음식이 한정될 수도 있다. 5. 기온이 높아지면 식물들의 증산작용도 더 활발히 진행 될 것이다. 수증기의 응결이 잘 되지 않아 찬비가 아닌 더운 비로 바뀌어 구름이 생성 될 것이다.
D	1. 화석연료의 사용으로 지구가 점점 온난화해지고 있는 지금 이대로 지구가 더워진다면 해양의 증발량은 109보다 더 높아 질 것이다. 높은 수온으로 물고기들은 한류를 찾을 것이고 증발량이 많아져 이슬점에 빨리 도달해서 상승응결고도가 낮아져 구름의 생성도 촉진될 것이고 강수량도 증가할 것이다. 2. 내리는 비는 pH5.6 미만의 산성비가 내려 철 구조물을 부식시킬 것이다. 3. 해양의 많은 증발로 인해 대륙으로 내린 강수가 흐르거나 흡수되어서 다시 해양에 물을 공급할 것이다. 해빙한 양과 더해져서 해양 4. 대륙으로 내린 강수가 찬비일 경우 대륙의 공기는 차가운 공기가 되고 따뜻한 해양을 지나갈 때에 역전층이 생겨 대류가 일어나지 않을 것이다. 즉, 무분별한 화석 연료의 사용으로 초래된 지구온난화는 태양복사 에너지의 영향으로 잘 순환되고 있던 물의 순환을 끊기게 할 것이다.

### Ⅲ. 연구 결과 및 논의

#### 1. 물의 순환에 대한 학생들의 진술

화석연료의 무분별한 사용으로 지구 온난화가 가속되어 지구의 기온이 점점 높아진다면 지구시스템 내의 물의 순환 패턴이 어떻게 변하겠는가에 대하여 다양한 답변이 제시되었다. 그러나 학생들의 진술 내용을 토대로 인과 지도를 만들기에는 부적

합한 진술이 많았다. 학생들의 진술 내용을 요약 정리한 것을 <표 1>에 나타내었다. 학생들의 진술은 4명 모두 일치하는 부분이 많았으며, 수업 시간에 배운 내용에서 진일보된 내용은 찾아보기 어려웠다. 이러한 사실은 학생들이 물의 순환에 대하여 이해가 부족하거나 높은 수준의 사고 기술을 구사하는데 한계가 있는 듯 했다.

학생들의 진술 내용에서 지구온난화로 인하여 기온이 점점 상승하면 결국 물의 순환이 멈춘다고 진술한 학생이 있는 반

면, 정량적인 분석을 시도 하려는 학생도 있었다. 기온과 습도에 관한 진술에서 비과학적인 관계를 진술하는 학생도 있었으며, ‘산성비’, ‘야자수 나무’ 등의 물의 순환과 관련성이 적은 내용을 진술한 학생도 있었다.

## 2. 개념들의 인과 관계

물의 순환과 관련된 학생들의 진술에서 나타나고 있는 개념들을 과학적인 연결과 비과학적인 연결로 구분하였다.

분석 결과 <표 2>와 같이 21개의 개념 연결이 나타났으며 이 중 과학적 개념 연

결은 14개였으며, 비과학적 개념 연결은 7개로 나타났다. 과학적 개념 연결 중 ‘화석 연료의 사용→ 지구 온난화→ 해수면 상승’은 4명 모두에게서 공통적으로 나타났다. 해수면 상승이 빙하의 용해와 해수의 열팽창이 원인이 된다는 사실도 모두 주지하고 있었다. 해수의 부피가 늘어나면 저지대가 물에 잠기고 증발량이 많아져 물의 순환이 현재 보다 더 활발해진다고 생각하는 학생이 3명 있었으며, 나머지 1명은 오히려 물의 순환이 중단될 것이라고 생각하고 있었다. 비과학적인 개념 연결의 경우를 보면 ‘기온의 상승→ 습도의 증가’, ‘지구온난화→ 증산작용 활발’, ‘찬 공기가 따

<표 2> 물의 순환에 관하여 학생들이 진술한 개념 연결 분석.

대 상	과학적 개념 연결	비과학적 개념 연결
A	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 화석 연료의 사용→ 지구 온난화</li> <li>* 해수면 상승→저지대가 바다 속에 잠김→ 증발량 증가</li> <li>* 기온 상승→수온 상승</li> <li>* 증발량 증가→강수량 증가</li> </ul>	
B	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 화석 연료의 사용→지구 온난화</li> <li>* 기온 상승→해수의 열팽창, 해빙</li> <li>* 증발량 증가→대기에 지금보다 더 많은 수증기가 존재</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 기온 상승→습도가 높아짐</li> <li>* 지구온난화→증산작용 활발</li> </ul>
C	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 화석 연료의 사용→ 기온 상승</li> <li>* 기온상승→ 물의 열팽창으로 해수면상승</li> <li>* 강수량 증가→ 습도 높아짐</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 해수면 상승→ 수온 상승</li> <li>* 수증기의 응결이 잘 이루어지지 않음→ 더운 비로 바뀌어 구름이 생성 될 것</li> <li>* 습도 상승→ 기온 상승</li> </ul>
D	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 화석연료의 사용→ 지구 온난화</li> <li>* 기온 상승→ 증발량 증가→ 강수량 증가</li> <li>* 강수량 증가→ 해수면 상승</li> <li>* 증발량 증가→ 상승응결고도 낮아짐</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 찬 공기가 따뜻한 해양을 지나갈 때→ 역전층 생성</li> <li>* 지구온난화→ 물의 순환이 중단됨</li> </ul>

뜻한 해양을 지나갈 때→ 역전층 생성’, ‘지구온난화→ 물의 순환이 중단됨’ 등의 사고가 대표적이다.

### 3. 인과 지도

학생들이 물의 순환에 관하여 진술한 내용에서 주요 변수들을 추출하여 <그림 2>와 같이 인과 지도를 작성하였다. 완성된 인과 지도의 외형적 특징은 물의 순환 과정에서 순환성이 강조되기 보다는 분산적이고 단선적인 특징이 나타났으며 약화(-) 작용은 전혀 없었고 강화(+ ) 작용만이 나타났다. 이는 학생들이 물의 순환이 다양한 구성요소 들이 관여하여 복잡한 과정

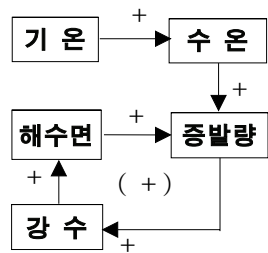
속에서 이루어지고 있는 시스템의 순환적 특성에 대하여 이해도가 낮은 것에 기인한다고 생각한다.

4명 중 2명은 피드백 루프가 1개씩 나타났으나 나머지 두 명은 다양한 개념을 동원하였음에도 피드백 루프가 보이지 않았다.

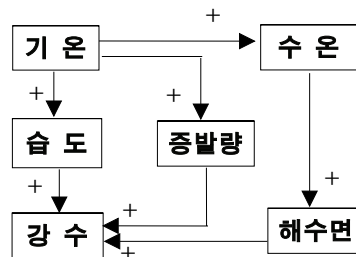
A 학생은 양(+ )의 피드백 루프가 1개 나타났는데 그 것 것은 ‘증발량 증가→ 강수량 증가→ 해수면 상승→증발량 증가’의 루프이다.

B학생의 인과 지도는 다양한 사고를 하였으나 피드백 루프는 나타나지 않았다.

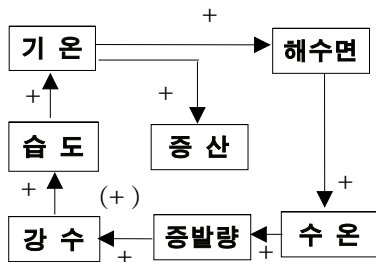
C학생의 인과 지도도 A학생처럼 양(+ )



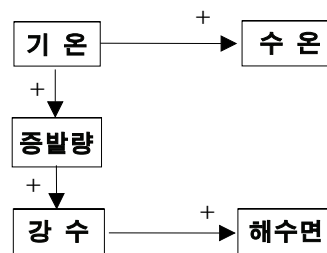
A학생의 인과 지도



B학생의 인과 지도



C학생의 인과 지도



D학생의 인과 지도

<그림 2> 학생들의 인과 지도.



의 피드백 루프가 나타났는데 그 것은 '기온 상승→ 해수면 상승→ 수온상승→ 증발량 증가→ 강수량 증가→ 습도 상승→ 기온 상승'의 루프이다. 그러나 여기서 '해수면 상승→ 수온 상승'의 개념 연결과 '습도 상승→ 기온 상승'의 개념 연결은 비과학적 연결에 가깝다.

D학생의 인과지도는 피드백 루프가 나타나지 않았으며 가장 단선적 사고를 하는 것으로 나타났다.

김동환(2000)은 시스템 사고를 수행하기 위해서는 피드백 루프가 완성되어야 한다는 것을 강조 하였다. 그러므로 피드백 루프가 나타나지 않은 학생들은 시스템 사고를 거의 수행하지 못한다고 할 수 있다. A와 C의 학생에게서 나타난 피드백 루프도 높은 수준의 피드백 사고라고 할 수 없다.

## Ⅶ. 결론 및 제언

지구시스템에서 일어나는 물의 순환에 관하여 고등학교 3학년 학생 4명을 대상으로 실시한 시스템 사고 여부를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

첫째, 연구에 참여한 4명의 학생들은 지구시스템에 관련된 개념 중 21개의 개념 연결이 나타났으며 이 중 과학적 개념 연결은 14개, 비과학적 개념 연결은 7개로 나타났다.

둘째, 학생들의 진술을 토대로 변인들

간의 인과지도를 작성한 결과 피드백 루프가 완성된 학생은 A, C학생 2명 뿐이었으며 그 중 C학생의 피드백 루프는 비과학적 개념 연결을 포함하고 있다.

전체적으로 학생들이 물의 순환에 대하여 시스템 사고를 수행하지 못하고 있거나 낮은 수준의 시스템 사고를 하고 있으며 내용에 대한 이해가 부족한 것으로 나타났다.

지구시스템 교육의 취지에 부합하는 교수-학습 활동에서 시스템 사고의 수행에는 교사의 역할이 무엇보다 중요한 요인적 역할을 하게 된다. 본 연구에서 나타난 바와 같이 학생들의 시스템 사고가 미흡한 수준이므로 물의 순환과 같은 지구시스템 개념이 풍부한 교수-학습에서는 교사가 시스템 사고를 염두에 두고 학생들을 지도한다면 더 좋은 결과를 얻을 수 있을 것이다.

## 〈참고 문헌〉

- 김동환(2000). 김대중 대통령의 인과지도: 1997년도 금융위기의 원인과 극복에 관한 김대중 대통령의 시스템 사고. 한국 시스템 다이내믹스 연구 창간호, 5-28.
- 문병찬 · 정진우 · 경제복 · 고영구 · 윤석태 · 김해경 · 오강호(2004). 예비 교사들의 탄소 순환에 대한 지구시스템의 관련 개념과 시스템 사고의 적용. 한국지구과학회지 25(8), 685-686.

- 이창진(2003). 지구과학의 정체성과 학문 분류. 한국지구과학회지 24(7), 651p.
- 이효녕(2004). 지구환경시대를 대비한 과학 교육의 방향: 미국의 사례를 중심으로. 대구과학, 12-15.
- 임은경 · 홍상욱 · 정진우(2000). 지구계 교육의 현장 적용에 관한 연구. 한국지구과학회지 21(2), 94-95.
- 조규성 · 강현아(2002). 지구계 교육 프로그램의 적용에 따른 학습자의 반응-지구 기후 게임을 중심으로-. 한국지구과학회지 23(4), 300p.
- Dori, Yehudit, J., Tal, Rehudit T., Tsaushu, Masah(2002), Teaching biotechnology through case studies- Can we improve high order thinking skill of non-science majors? Science Education, 87(6), 767-793.
- Forrester, J. W.(1961), Industrial Dynamics. Cambridge, M.I.T. Press, MA, 464p.
- Ison, Ray(1999), Applying system thinking to higher education. Systems Research and Behavioral Science, 16(2), 108p.
- Lee, Hyonyong, Fortner, Rosanne W., Mayer, Victor J.(2004), Earth System Education: An Integrated Science Curriculum Construct for Korea. 중등교육연구, 52(1), 397p.
- Maani, Kambiz E. and Maharaj, Vandana (2004), Links between system thinking and complex decision making. System Dynamics Review, 20(1), 21-48.
- Mayer, V. J. · 남정희 · 이효녕(2007). 통합 과학의 이해: 지구시스템적 접근. 자유아카데미.
- Richmond, B.(1993). System Thinking: critical thinking skills for the 1990's and beyond. System Dynamic Review, 9(2), 113-134.

## 요 약

본 연구의 목적은 물의 순환에 대한 고등학생들의 시스템 사고의 정도를 알아보고, 학생들이 물의 순환에 대해 기술한 내용 중에서 지구시스템과 관련된 개념들은 어떤 것들이 있는지 알아보려고 하는 것이다. 연구 대상은 비평준화 지역인 포항시에서 성적이 중간 정도인 고등학교 3학년 학생 4명을 선정하여 물의 순환에 대한 질문지를 작성하게 하고 그 결과를 토대로 인과지도를 작성한 후 시스템 사고의 관점에서 분석하였다. 연구의 결과는 첫째, 학생들이 기술한 내용 중에 지구시스템과 관련된 개념은 모두 21개였으며, 이 중 과학적 개념 연결은 14개, 비과학적 개념 연결은 7개로 나타났다. 둘째, 학생들이 기술한 내용을 인과지도로 작성한 결과 피드백 루프가 완성된 학생은 A, C학생 2명 뿐이었으며 그 중 C학생의 피드백 루프는 비과

학적 개념 연결을 포함하고 있었다. 전체적으로 학생들이 물의 순환에 대하여 시스템 사고를 적절하게 수행하지 못하고 있거나 낮은 수준의 시스템 사고를 하고 있으며 내용에 대한 이해가 부족한 것으로 나타났다.

**주요어:** 지구시스템, 물의 순환, 시스템 사고, 인과지도

2008년 5월 6일 접수  
2008년 6월 16일 수정원고 접수  
2008년 6월 18일 채택

## &lt;Appendix 1&gt;

## 물의 순환에 대한 질문지

지구시스템 내에 존재하는 물은 지구시스템의 하위계(기권, 수권, 암권, 생물권)를 끊임없이 순환하고 있다. 인류의 무분별하고 지속적인 화석연료의 사용으로 지구가 점점 온난해진다면 물의 순환에 어떠한 변화가 일어나게 될지 다음에 제시된 그림을 참고하여 아는 대로 서술하시오.(왜 그렇게 생각하는지 이유를 진술하고, 필요하면 그림을 그려도 좋습니다.)

