

# 과학 영재 학생들의 사고양식에 따른 지구시스템에 대한 인지 특성

이효녕 · 김승환\*  
경북대학교

## The Recognition Characteristics of Science Gifted Students on the Earth System based on their Thinking Style

Hyonyong Lee · Seung-Hwan Kim\*  
Kyungpook National University

**Abstract:** The purpose of this study was to analyze recognition characteristics of science gifted students on the earth system based on their thinking style. The subjects were 24 science gifted students at the Science Institute for Gifted Students of a university located in metropolitan city in Korea. The students' thinking styles were firstly examined on the basis of the Sternberg's theory of mental self-government. And then, the students were divided into two groups: Type I group(legislative, judicial, global, liberal) and Type II group(executive, local, conservative) based on Sternberg's theory. Data was collected from three different type of questionnaires(A, B, C types), interview, word association method, drawing analyses, concept map, hidden dimension inventory, and in-depth interviews. The findings of analysis indicated that their thinking styles were characterized by 'Legislative', 'Executive', 'Anarchic', 'Global', 'External', 'Liberal' styles. Their preference were conducting new projects and using creative problem solving processes. The results of students' recognition characteristics on earth system were as follows:

First, though the two groups' quantitative value on 'System Understanding' was very similar, there were considerable distinctions in details. Second, 'Understanding the Relationship in the System' was closely connected to thinking styles. Type I group was more advantageous with multiple, dynamic, and recursive approach. Third, in the relation to 'System Generalization' both of the groups had similar simple interpretational ability of the system, but Type I group was better on generalization when 'hidden dimension inventory' factor was added. On the system prediction factor, however, students' ability was weak regardless of the type. Consequently, more specific development strategies on various objects are needed for the development and application of the system learning program. Furthermore, it is expected that this study could be practically and effectively used on various fields related to system recognition.

**Key words:** Earth system, thinking style, cognitive characteristics, science gifted students, system thinking

### I. 서론

지식 기반의 사회, 세계화의 시대, 그리고 첨단 과학과 기술의 시대 (예, 정보기술(IT), 생명공학기술(BT), 나노기술(NT), 우주항공기술(ST)) 라고 불리는 오늘날의 시대적 특징 이외에, 1990년대 초부터 중요하게 다루어지기 시작한 것이 '지구환경' 이다(이창진, 2003; 신동희, 2001; 이효녕, 2006, 2008; 한국지구과학회, 2009; Kim & Kwak, 2004; Mayer,

1991; Mayer & Fortner, 1995). 지구환경이 강조되기 시작한 배경은 1980년대 후반부터 급격하게 발달한 과학과 기술 때문이다. 인공위성을 통하여 지구에 대한 더 많은 양의 정밀한 자료들을 수집할 수 있게 되었고, 슈퍼컴퓨터의 발달에 힘입어서 그동안 정확하게 알지 못했던 여러 현상들을 분석하여 그 원인과 과정 등을 밝혀내게 되었다(이효녕, 2006; ESSC, 1989). 좋은 예로, 전 세계의 많은 사람들은 최근 큰 규모의 자연재해 (예, 허리케인 카트리나, 태풍 매미),

\*교신저자: 김승환(badaoga2@edunavi.kr)

\*\*2009년 05월 10일 접수, 2009년 06월 12일 수정원고 접수, 2009년 06월 13일 채택

\*\*\*이 논문은 2006년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2006-321-B00826).

지구온난화, 엘니뇨 등의 지구환경과 관련되어 발생되는 다양한 현상들을 경험하고 있으며, 과학자들의 노력을 통해 그 원인, 과정, 결과까지 예측하게 되었다. 이러한 지구환경적인 현상들은 지구의 기본적인 구성요소라 할 수 있는 지권(Geosphere), 대기권, 수권, 생물권, 인간 활동 사이의 상호작용에 의한 산물임이 아울러 밝혀졌다. 그리하여, 지구를 하나의 시스템(system)으로 인식하고, 지구환경 연구에 시스템적인 접근(systematic approach)이나 종합적인 해석과 이해 등의 새로운 방법이 적용되었다(이창진, 2003; 신동희, 2002; 이효녕과 권영륜, 2007; Mayer & Kumano, 1999).

최근 들어 많은 국가에서는 이러한 지구환경에 관련된 과학교육 인력 양성과 지구환경 변화에 대비한 과학 영재 교육에 대한 관심이 증가하고 있다(Benzvi-Assaraf & Orion, 2005a, 2005b; Kali, et al., 2003; Kim & Kwak, 2004). 우리나라에서도 영재교육진흥법(2002)이 제정되면서 영재교육에 대한 법과 제도적인 체계를 갖추었고, 1차(2003-2007)와 2차 영재교육진흥종합계획(2008-2012)이 수립되어 영재교육의 질 제고와 내실화를 이룰 수 있게 되었다(국무총리실, 2008; 김미숙과 서혜애, 2005; 김미숙과 이희현, 2008). 아울러 2007년 개정 과학과 교육과정부터는 10학년 학생들을 위해 과학에 지구계(Earth systems)가 첫 단원으로 포함되어 있으며, 필수 탐구 부분에서도 지구환경에 관한 내용을 광범위하게 다루고 있다(교육인적자원부, 2007). 하지만 미래지구환경시대의 주역이 될 과학영재학생들에게 지구환경이나 지구계를 중심으로 구성된 교육프로그램의 적용이나 복잡한 지구환경 시스템을 이해하는데 필요한 통합적인 사고 능력의 신장에 초점을 둔 과학 엘리트 교육은 거의 이루어지고 있지 않는 것이 현실이다.

현재 강조되고 있는 과학 영재교육은 창의성 개발, 탐구 능력의 배양, 과학-수학 문제 해결력의 향상과 과학 지식 학습에서의 심화나 속진에 초점이 맞추어져 있다(서혜애와 이윤희, 2003; 조석희, 2000). 아울러, 지구환경시대를 선도할 과학영재들에게 '지구환경'에 대한 지식과 이해 그리고 한 사람의 시민으로서의 '지구과학적 소양(Earth Science Literacy)'<sup>1)</sup>

을 갖추는 것이 매우 중요하게 부각(교육인적자원부, 2000; 이창진, 2003; 신동희, 2000, 2001; 신동희 등, 2004; 이효녕, 2006; 이효녕과 권영륜, 2008; Mayer, 2002, 2003)되고 있지만, 체계적인 교육을 위한 기초 연구가 부재하며 지구시스템에 대한 사고양식이나 그 특성에 관한 노력은 매우 부족한 실정이다.

따라서 이 연구는 앞에서 제시한 지구환경과 시스템 사고에 관한 시대적 교육 요구를 만족시키기 위해 과학 영재 학생들의 지구시스템에 대한 인지 특성을 조사하고 체계적인 학습 프로그램을 개발하기 위한 기초 자료와 시사점을 얻고자 한다. 이에 이 연구에서 다루고자 하는 구체적인 연구 내용은 다음과 같다.

첫째, 과학 영재 학생들의 사고양식 유형은 어떠한가?

둘째, 과학 영재 학생들의 사고 양식 유형에 따른 지구 시스템에 대한 인지 특성은 무엇인가?

셋째, 지구환경시대의 미래 과학영재에게 필요한 시스템 사고를 기초로 하는 교육 프로그램 개발을 위한 시사점은 무엇인가?

이 연구는 과학 영재 학생들의 사고유형에 따른 지구 시스템에 대한 인지 특성을 분석하기 위해 수행된 것으로 다음과 같은 제한점을 갖는다. 과학 영재 학생들의 사고 유형에 따른 지구 시스템적 인지 특성은 광역시 소재 대학 부설 과학영재교육원 재학생을 대상으로 적용하였으므로 연구결과를 일반화하기에는 제한이 따른다. 또한 검사지의 투입은 연구자들이 직접 피검사자에게 투입하여 실시하였으므로 연구자들과 학생간의 유대감, 검사 진행시 발문 등이 측정 결과에 미칠 수 있는 영향을 배제할 수 없다.

## 1. 이론적 배경

사고 유형이란 개인의 능력을 사용하는데 있어서 더 선호하는 방법을 뜻한다. 지금까지 영재 학생들을 대상으로 한 선행연구에서 영재들은 일반학생들과 다른 사고유형을 지니고 나타났다는(Sternberg, 1997). 이러한 과학 영재 학생들이 일반학생들과 구별되는 특징적인 사고 양식 유형에 따라 지구시스템을 인지하는 특성들도 다르게 나타나지 않을까? 이러한 점을 활용한다면 영재 학생들의 사고양식 유형에 따라 알

1) 기존의 과학적 소양과 같은 맥락 속에 지구환경시대에 더욱 강조되고 필요한 과학적 소양이란 의미로 학자마다 '세계적인 과학 소양(Global Science Literacy)', '지구과학적 소양(Earth Science literacy)', '지구환경적 소양', '지구 소양(Earth literacy)'이라 유사한 의미를 다른 용어를 가지고 사용하고 있지만, 이 연구에서는 과학과 교육과정에서 사용하는 '지구과학적 소양'이란 용어를 선택하여 사용하였다.

맞은 지구 시스템 인지 학습 프로그램을 개발하고 투입할 수 있지 않을까? 실제로 학생들의 지구 시스템 인식에 대한 인지적 특성을 연구했던 문헌들을 분석해 보면, Sternberg(1988, 1990, 1997, 1998)의 정신자치제 이론에서 제시한 인간의 사고 양식 유형들이 지구 시스템을 인식하는 다양한 인지 특성들과 관련지어 해석될 수 있음을 볼 수 있다. (Ben-zvi-Assaraf and Orion, 2005a; 2005b; Orion & Kali, 2005; Zhang, 2002).

예를 들어, 여러 개의 하위계로 구성된 시스템의 구성 체계를 전체적으로 이해하고, 구성하는 하위계 사이의 상호작용에 대한 연속성과 유동성을 파악하기 위해 복합적이고 통합적인 사고 양식이 필요하며 (Type I; Zhang, 2002), 복잡한 시스템의 세부적인 하위 구성요소를 인식하고, 동적 순환 및 하위계 사이의 연쇄 작용 등 시스템 내부의 작은 변화와 그 과정에 대한 이해 등은 분석적인 사고 양식과 관련이 높다 (Type II, Zhang, 2002). 따라서, 이 연구에서는 과학 영재 학생들의 사고 양식 유형을 조사를 위해 Sternberg(1988, 1990, 1997, 1998)의 정신자치제 이론(The theory of mental self-government)에 기초하여 사고 양식을 먼저 조사하였다.

Sternberg(1988, 1990, 1997, 1998)의 정신자치제 이론(The theory of mental self-government)의 기본 가정은 개인이 사고하는 방식이 정치적 통치 형태 및 통치조직의 여러 가지 차원과 유사하다는 것이다. 사회를 지배하는 다양한 방식이 있듯이 일상의 행동을 지배하고 관리하는 다양한 양식이 존재하며 이러한 여러 가지 방식들을 Sternberg(1994a, 1994b)는 '사고양식(thinking styles)'으로 개념화하였다. 이에 따라 개인의 사고 양식을 기능, 형식, 수준, 범위, 경향의 5가지 차원 안에서 총 13개 유형으로 나누어 제안하였다(Sternberg & Grigorenko, 1993; Zhang & Sternberg, 2000; Sternberg et al., 1999). <표 1>은 정신자치제 이론에 의한 13가지 사고 유형의 분류를 나타낸 것이다.

현재 정신자치제 이론에 대한 신뢰도 및 타당도 검증 등을 위한 다양한 연구들이 미국과 홍콩, 중국 등에서 이루어져 왔으며, 그 결과를 근거로 Zhang(2002)은 주요한 사고 양식 특성에 대해 집합적 동시성을 가미하여 Type I(입법적, 사법적, 전체적, 진보적)과 Type II(행정적, 지엽적, 보수적)로 나누어 제시하였

다. 여기서 Type I은 복합적이고 통합적인 사고 성향이 강하며, 반면 Type II는 분석적인 사고와 관련이 높다고 보고되었다.

이 연구에서는 Zhang(2002)의 분류를 토대로 지구 시스템에 대한 인지 능력 측정 항목을 구성하여 보다 구체적인 과학 영재학생들의 능력을 측정 하였다. 표 2에 제시된 것처럼 시스템 사고와 관련된 문헌조사 결과를 기초로 시스템 인지 능력에 대한 7가지 측정 항목을 구분하여 적용하였다(김동환, 2000; Ben-zvi-Assaraf and Orion, 2005a, 2005b; Dori, 2003; Kali, 2003; McFadgen & Goff, 2005).

## II. 연구 절차 및 방법

### 1. 연구 절차

이 연구는 과학영재학생들의 지구시스템에 대한 인지 특성을 규명하여 시스템 교육 및 학습 프로그램 개발에 시사점을 얻기 위한 연구로서 사고양식유형에 대한 기초자료를 알아보기 위해 사고양식 검사도구를 사용하였다. 또한 이를 토대로 상반되는 사고 양식을 지니는 두 집단(Type I과 Type II)에 대해 시스템적 사고 기술과 관련된 인지적 능력을 측정하기 위해 시스템 사고 특성 검사를 실시한 후 그 결과를 분석하였다(Fig. 1).

### 2. 연구 대상

연구대상은 광역시에 소재한 대학 부설 과학영재교육원 초등과학반, 중등 지구과학 기초반(중학교 1학년) 및 심화반(중학교 2학년)에 재학 중인 51명 중 사고 양식 측정을 통하여 전형적인 사고틀에 적합하다고 판별되어 최종 선발한 24명이다. 이 학생들은 서류 전형(1차), 과학영재성 및 창의성 검사, 기초수학능력 평가, 과학탐구능력평가, 창의적 문제해결력 평가의 2차 전형과 실험평가 및 심층면접의 3차 전형을 거쳐 영재원에 선발되었다.

### 3. 측정도구 및 분석 방법

#### 1) 사고 양식 검사

이 연구에서는 과학영재학생들의 사고 양식 유형을

표 1 정신지자체 이론에 따른 사고 양식의 분류(Sternberg, 1994a, 1994b)

	스타일	특징	예
기능	입법형 (legislative)	제시된 구조가 없이 자신의 방식대로 창조, 발견, 설계하는 경향성	발명, 시, 소설, 음악 등의 예술 창작류의 작업
	행정형 (executive)	주어진 구조에 따라 일하는 것을 선호하는 경향성	문제 해결, 주어진 주제에 대한 보고서 작성, 공예, 설계, 건축, 주어진 자료 학습
	사법형 (judicial)	사람과 사물을 판단하고, 평가하기를 선호하는 경향성	타인의 글에 대한 평가, 피드백, 조언 제시
형식	군주제형 (monarchic)	사람과 사물을 판단하고, 평가하기를 선호하는 경향성	예술, 과학, 역사, 경영 어떤 분야든지 하나의 일에만 몰두
	계급제형 (hierarchic)	시간과 노력을 고려하여 일의 우선순위를 두어 동시에 여러 일을 하는 경향성	일의 중요성을 설정하여 우선순위를 계획함
	과두제형 (oligarchic)	동시에 여러 일은 하나 우선순위를 두어 동시에 여러 일을 하는 경향성	독해 문제에 너무 많은 시간을 들여서, 어휘력 문제를 끝내지도 못하기도 함
	무정부제형 (anarchic)	닥치는 문제대로 처리하는 경향성. 체계, 지침, 강제성을 싫어하는 경향성	의식의 흐름 형식으로 글을 씀 : 대화 중에 견해가 확고하지 않고, 많은 일을 시작하지만 마무리하지 못함
수준	전체적형 (global)	전체적이며, 추상적이고 일반적인 것을 다루는 것을 선호하는 경향성	전체적인 메시지와 의미로 글을 씀
	지역적형 (local)	세부적이고 명확하며, 구체적인 예를 다루기를 선호하는 경향성	세부사항들을 설명하고 상호작용하는 과정에 대해 글을 씀
범위	내부지향형 (internal)	혼자 일하기를 선호하며 자부심이 강하여 내부 지향적인 경향성	과학, 사회학 분야의 독립적인 연구를 좋아함
	외부지향형 (external)	함께 일하기를 선호하며 상호 의존적이어서 외부 지향적인 경향성	집단내에서의 공동연구를 좋아함
경향	자유주의형 (liberal)	전통적인 방식을 거부하고 새로운 방식으로 일하는 경향성	좋은 방법은 아닐 지라도 새로운 방법으로 조작하는 방법을 이해하고자 함 : 개방된 교실 상황을 좋아함
	보수주의형 (conservation)	전통적인 방식에 따라 전형적인 방식으로 일하는 경향성	전통적인 방법으로 새로운 장비의 조작법을 이해하고자 함 : 전통적인 교실 상황을 좋아함

파악하기 위해 Sternberg와 Wagner(1991)가 개발하고, 윤미선(1997)이 변안한 사고양식 검사도구(Thinking Styles Questionnaire short version)를 사용하였다. 이 검사는 Sternberg의 정신지자체 이론에 근거하여 문제 해결, 과제수행, 의사 결정 과정에서 나타나는 자신의 평소 성향을 1점(전혀 아니다)부터 5점(매우 그렇다) 사이에 반응하는 자기보고식 검사이다. 이 검사는 5개의 하위척도 내 총 13개의 사고양식으로 세분하여 측정하고 있으며 총 65문항으로 구성되어 있다(표 3). 점수는 해당 문항 점수의 합으로 나타낸다. 본 연구에서 사용한 사고 양식 검사의 13개 사고양식에 대한 전체 신뢰도(Cronbach  $\alpha$ )는 .56~.88 이다.

## 2) 지구 시스템 사고 특성 검사

이 연구는 과학영재학생들의 시스템적 사고기술과 관련된 인지적 능력 특성을 분석하기 위해 리커트형 설문지(Likert type questionnaires) 3종(A, B, C), 단어연상하기(world association), 그림분석하기(drawing analyses), 개념지도(concept map), 숨겨진 차원 파악하기(hidden dimension inventory), 자료해석하기(data analyses) 등 다양한 문항을 개발하였다. 이는 시스템 사고와 관련된 김동환(2000), Dori(2003), 그리고 Kali(2003)의 전체 시스템에 대한 인과 지도 작성 및 분석법과 물의 순환을 주제로 시스템 사고 기술의 발달에 대해 연구한 Ben-zvi-Assaraf and Orion(2005a; 2005b) 등의 자료 분석

표 2 시스템 인지 능력에 대한 7가지 측정 항목

번호	측정 내용
I	시스템의 이해 능력에 관계된 항목
I-1	시스템의 구성요소 및 시스템 안에서의 과정을 알아내는 능력 예) 물 순환 시스템에서 바다, 강, 호수, 빙하, 빙원, 비, 구름과 그 구성 요소 및 증발, 응축, 강수, 침투, 지하·지표 흐름, 용해, 응결, 용해 등과 같은 과정을 알아내는 능력
I-2	시스템 구성요소들 사이의 관계를 알아내는 능력 예) 물의 용해 작용과 빙물이나 지하수가 통과하는 지각과의 관계를 이해하는 것, 또는 오염된 강이 수질에 직접적 영향을 준다는 것을 이해하는 것
II	시스템 내 관계 파악 능력
II-3	관계의 구조 안에서 시스템의 구성성분과 과정을 조직하는 능력 예) 시스템 내의 여러 하위 시스템의 구성요소와 과정을 조직하여 관계 맺음
II-4	시스템 내 동적 관계 파악 예) 시스템 내의 구성요소간의 역동적 흐름을 파악하여 관계 맺음
II-5	시스템 내 순환성 이해 예) 하위 구성 요소끼리의 연관이 결국 순환적 고리를 맺고 있음을 이해
III	시스템 일반화
III-6	일반화하는 능력 예) 지구 시스템 내의 여러 자연 현상에 대해 일반적 시스템 구조를 지남을 이해하는 능력
III-7	시스템적 예측 예) 지구 시스템 안에서 물질의 변형 등과 같이 시스템의 일반적 동적 순환적 관계에 의해 앞으로의 시스템에 대한 일반적 예상 능력

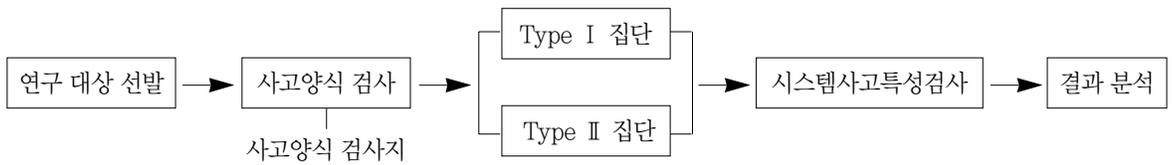


Fig. 1 연구과정

방법을 참조하였다. 개발된 측정 문항과 관계된 시스템 인지적 능력 항목과의 연관성은 (표 4)와 같다.

지구 시스템에 대한 인지 특성 검사지는 과학교육 전문가 및 과학 교사들이 참석한 5차례의 워크숍을 통해 개발되었으며, 5명의 과학영재학생들에 대해 예비투입을 실시하여 목표와의 일치성, 논리성, 어휘의 난이도, 문항의 적절성, 자료의 신뢰수준 등에 대해 수정이 이루어졌다. 또한 지구과학 교육 관련 전문가 10명에게 내용 타당도 검증을 통하여 최종 수정 보완하였다.

**설문지**

각종 문헌 검토와 시스템 관련 사전 준비 카테고리

에 기초하여 연구를 위해 시스템 사고 양식 측정에 관한 세 가지 설문지를 개발하였다. 이 설문지는 시스템 사고 기술과 관련된 세 가지 인지적 측정 항목(I-1, I-2, II-4, II-5)과 관련된 3가지 유형(Type A, B, C)에 대해 30가지 항목으로 구성되었다(표 4). 내용 타당도 평가를 위해 3명의 현직 지구과학 교사 및 지구과학교육 전공 석사, 박사들의 수정을 거쳐 각 항목의 질적 타당도 및 평가 척도에 맞게 교정하였다. 분석 데이터가 적었기 때문에 신뢰도, 타당도의 별도의 통계적 측정은 실시하지 않았다.

측정은 설문지의 문항 모두에서 학생들은 주어진 제시 문에 대해 자신의 생각이 부합되는 정도에 따라 1 ~ 5의 척도에 체크하도록 하였으며, 주어지는 제시

표 3 사고양식 검사지의 측정 항목과 문항 번호

측정 항목		문항 번호	문항 개수
기능	입법적	20, 23, 42, 51, 57	5
	사법적	5, 10, 14, 32, 49	5
	행정적	8, 11, 12, 31, 39	5
형식	균주적	4, 19, 25, 33, 56	5
	계급적	27, 29, 30, 52, 59	5
	과두적	2, 43, 50, 54, 60	5
	무정부적	16, 21, 35, 40, 47	5
수준	전체적	7, 18, 38, 48, 61	5
	지엽적	1, 6, 24, 44, 62	5
범위	내부적	9, 15, 37, 55, 63	5
	외부적	3, 17, 34, 41, 46	5
경향	진보적	13, 22, 26, 28, 36	5
	보수적	45, 53, 58, 64, 65	5
Total			65

표 4 시스템적 인지 능력 측정지의 측정 항목

구 분	리커르트 타입 설문지	그림 분석 (DA)	단어 연상 (WA)	개념 지도 (CM)	숨겨 진차원 (HD)	자료 해석 (DA)	면담 (I)
I. 시스템 이해	1. 구성요소 및 과정 알아내기		○	○	○	○	○
	2. 구성요소 간 관계 알아내기		○		○	○	○
II. 시스템 내 관계	3. 시스템 내 구성성분과 과정의 조직화		○		○		○
	4. 시스템 내 동적 관계 파악		○	○	○		○
	5. 시스템 내 순환성 이해	○		○	○		○
III. 시스템 일반화	6. 시스템 일반화 하기				○	○	○
	7. 시스템적 예측					○	○

표 5 리커르트 설문지에 대한 측정 항목 및 문항 번호

구분	측정 항목	문항번호	문항 개수
A type	II-5. 시스템 내 순환성 이해	8, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19	10
B type	I-2. 구성요소 간 관계 알아내기	20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30	10
	II-4. 시스템 내 동적 관계 파악		
C type	I-1. 구성요소 및 과정 알아내기	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 25	10

문에 따라 그 척도가 달라지므로 비교를 용이하기 위해 100%로 표준화하였다.

단어연상(world association)

단어 연상법(world association)은 개념을 인식하는 일련의 과정을 직접적으로 탐구하는 것으로 개념

들 간의 형성된 관계를 밝혀내기 위해 고안된 절차이다. 따라서 그 관계를 결정할 수 있으면, 그 요소에 대한 이해 정도를 밝혀 낼 수 있다(White & Gunstone, 1992). 본 연구에서 단어 연상법은 학생들의 시스템 구성요소와 과정 및 동적 관계 (I-1, II-5)에 대한 능력을 측정하기 위한 도구로 개발되었다.

측정방법은 먼저 지구 시스템 구조를 갖는 것 중 현재 연구 대상(중1, 2)이 알고 있는 가장 대표적인 시스템 구조를 갖는 “물 순환(Water cycle)”과 관계된 모든 개념들을 주어진 학습지 형태의 질문지에 연상기법을 활용하여 모두 적도록 하였다. 또한 과제 수행시 제시되는 첫 번째 단어를 제시어로 통일시켜 줌으로써, 첫 변수에 의해 민감하게 달라질 수 있는 약점을 보완하였다.

단어 연상에 대한 분석은 먼저 제시된 “물 순환(Water cycle)”과 관계된 구성요소를 지구 시스템적 관점에서 범주화하여 분석하였으며, 특히 생물권에 해당하는 개념 중 인간이 물의 순환에 미치는 작용과 영향을 알아보기 위해 인간 활동 범주를 첨가하여(표 6), 각 구성 범주에 해당하는 구성요소의 단어를 연상하는 횟수로 정량화 시켰다.

특히 피검사자들이 제시한 “물 순환(Water cycle)” 관련된 구성 요소간의 관계 연결은 에너지를 수반한 화학적 상태 변화 개념과 단순한 형태 과정으로 나누어 분석하였다(표 7). (표6, 7)에 제시된 개념범주는 귀납적 방법에 의해 수집된 결과지를 참고하여 작성되었다.

그림 분석(Drawing Analyses, DA)

그림 분석은 학습자의 자연 현상에 대한 이해 정도(Dove et al., 1999) 및 과학적 시각과 학생들의 대안적 개념 사이의 차이를 알아내기 위한 유용한 도구이다(Novick & Nussbaum, 1978). 그러나 이 도구에도 단점이 있는데, 피검사의 그림 그리기 능력에 한정되어 나타난다는 점이다. 즉 피검사자 개인의 이해 정도 깊이와 폭이 그림 그리기 능력에 한정되어 그림 분석만으로 나타날 수 없다는 것이다. 따라서 다른 선행연구에서는 첨부활동으로 그림 그리기와 함께 그림에 대한 간략한 서술과 인터뷰가 함께 이루어져야 한다고 주장한다(Hulland & Munby, 1984).

본 연구에서는 시스템적 사고를 통해 자연현상을 어느 정도 이해하는가?에 대한 학생들의 과학적인 시각과 대안적 개념 사이의 관계를 파악하기 위해 그림 분석을 실시하였다. 개인별로 그림 그리기 능력 차이를 극복하기 위하여 선행 질문지(단어 연상)에서 진술한 “물 순환(Water cycle)”과 관계된 항목들과 항목들 사이의 관계에 대한 먼저 그림을 그리도록 하였다. 특히 그림 그리기의 능력 한계 영향을 줄이기 위해 최대한 많은 항목을 그림에 넣도록 하였으며, 이 항목들은 물의 순환 과정과 물 순환 주요 단계(기권, 수권, 암석권, 생물권, 인간 활동)로부터 제시되었다. 또한 학생들에게 그림을 잘 그리는 것이 평가 목적 아니라고 확신시킴과 동시에 보다 자유롭게 능동적 참여를 유도하기 위해 색연필을 제공하여 다채로운 색감으로 그려보도록 장려하였다.

피검사자의 그림 분석은 먼저 “물 순환”에 대한 구

표 6 단어 연상법에서 각 영역의 포함 구성요소

영역	구성요소
Atmosphere	비, 눈, 우박, 구름, 수증기, 이슬, 태양, 안개
Hydrosphere	바다, 강, 지하수, 호수, 파도, 빙하, 웅덩이, 개울, 우물
Geosphere	육지(land), 산, 암석, 토양, 틈(cracks), 지구
Biosphere	식물, 동물, 유기물, 인간, 음식, 삶, 갈증, 눈물, 자원
Human Activity	물소비, 오물(하수), 물오염, 산성비, 샤워, 요리

표 7 단어연상법에서 나타난 상태 변화 및 단순한 형태 변화 개념 범주

영역	개념
Change of state	상태(액체,기체,고체), 온도, 열, 냉각
Processes	증발, 응결, 강수, 침투, 모세관 작용, 증산, 흡수, 배출(배설), 동결, 융해, 유수, 지하 흐름

성요소를 지구 시스템을 구성하는 하위 부분에 따라 그 구성요소와 과정의 파악 정도를 분석하였다. 특히 물 순환 과정에서 인간 활동 영역을 포함하여 분석하고 있는가를 보다 세밀하게 측정하여 분석하였다.

또한 물 순환 요소 사이의 순환성 정도를 Rennie와 Jarvis(1995)에 의해 설계된 코딩 구조를 이용하여 분석하여, 시스템의 구성요소들을 순환적 관계 속에서 위치시키는 능력을 살펴보았다. 측정된 순환성 인식 정도는 다음과 같이 부호화 하였다(표 8).

표 8 그림 분석에서 순환성 인식 단계

단계	내용
(1)	순환 고리가 나타나지 않음
(2)	증발과 비 등을 통한 대기의 순환과 바다의 연결
(3)	응결과 비 등을 통한 대기의 순환과 육지의 연결
(4)	강을 통한 육지와 바다의 연결
(5)	지각으로의 침투와 지하수로의 연결 식물로부터의 발산 작용을 통한 연결 인간 활동을 통한 연결

개념지도(Concept Map)

개념 지도는 피검사들이 자신의 지식을 재구조화시키는 방법을 밝히는 가장 강력한 도구이다(Ben-zvi-Assaraf and Orion, 2005a). 개념 지도는 학생들의 인식 구조와 인식의 연결에 초점이 맞추므로 이해한 개념들 간의 관계를 밝혀내기 위한 것이다. 또한 개념 지도는 더 정확한 개념 의미 정립과 그에 대한 의미 증가를 나타낸다(Novak and Gowin, 1984). 따라서 개념 지도를 통하여 문제 인식의 틀에 있는 일련의 개념 의미를 도식화하여 펼쳐 보임으로써 보다 정확한 학생들의 잘못된 생각이나 상이한 학습 스타일을 밝힐 수 있다.

이러한 개념지도도 피검사자들의 검사에 대한 이해가 중요하기 때문에, 본 연구에서는 먼저 주어진 목록의 '물 순환' 개념들을 단어 연상을 이용하여 하나의 여러 문장으로 완성한 후 이를 바탕으로 개념지도를 작성하도록 하였다. 또한 개념지도 작성에 있어서도 더 다양한 패턴을 만들어 내는 비계층적 지도를 그리도록 하였다.

실제 여러 선행 연구에서 새로운 개념이나 개념의 의미는 더 크고 포괄적인 개념 아래 포섭될 때 의미 있는 학습이 가장 쉽게 이루어진다고 했다(Novak and

Gowin, 1984). 따라서 개념 지도는 주로 계층적인 형태 띠었는데 대표적인 형태가 포괄적인 개념이 지도의 최상층에 오고 점진적으로 더 구체적이고 덜 포괄적인 개념이 그 아래에 오도록 하는 것이다. 이에 반해 Ruiz-Primo and Shavelson(1996)에 따르면 개념 지도의 내용 구조는 과제의 요구와 지도로 나타나는 주제 영역 구조의 제약과의 교차점을 말한다. 따라서 방법론적으로든 개념적으로든 계층적 구조를 강요할 필요는 없다. White and Gunstone(1992)은 전통적인 누적적 측정 방식과 반대로, 과제의 지적인 요구를 부인할 수는 없지만, 개념 지도에서 학생들은 경쟁적 위협을 잘 느끼지 않는다. 어떤 하나의 지도가 나머지보다 더 명백하게 낫다고 할 수 없다. 하지만 학생들은 관계를 명확하게 적는 것을 가장 귀찮은 부분으로 받아들이고 가능하면 이 과정을 건너뛰고 싶어 했다(Ben-zvi-Assaraf and Orion, 2005a).

따라서 본 연구에서는 다음과 같은 단계에 따라 문항을 구성하여 검사지를 투입하였다.

첫째, 피검사들은 제시된 목록의 '물 순환'과 관계된 20개의 개념들 중 적당한 두 개념들을 선택하여 한 문장으로 연결시킨다(중복 사용 가능).

둘째, 물 순환과 관계된 비계층적인 개념 지도를 작성하도록 한다.

피검사자들의 개념 지도 분석을 통하여, 시스템 요소와 그 과정을 알아내는 능력, 지구 시스템의 양상 파악, 시스템 안에서 동적인 관계들을 알아내는 능력, 인간적 활동 측면 파악, 요소를 조직하고 관계의 틀 안에서 위치시키는 능력 등을 알아낼 수 있었다.

본 연구에서 개념지도 결과에 대한 분석은 양적 평가 기준을 설립하기 위해 지도 그리기에 사용한 개념의 수, 개념들의 연결 고리 수, 개념 지도 내에서 동적인 가치와 순환적 가치를 수치화하여 나타내었다.

사용 개념 및 개념들이 연결고리는 직접 그 수를 헤아려 수치화 하였으며, 앞의 도구들과 마찬가지로 시스템 각 영역별로 사용 개수를 파악하였다.

또한 시스템 내에서 나타난 동적 과정의 이해 정도를 파악하기 위하여 개념 지도의 역동적 정도를 수치화 하였는데, 그 과정은 다음과 같다. ① “동적 개념”의 수 세기 (과정을 나타내는 교점으로 연결되는 개념의 수) ② “분류 개념”의 수 세기 (분류의 형태로 연결된 개념의 수) ③ 동적 개념의 수를 전체 개념의 수(동적 개념과 분류 개념의 합)으로 나눈 값으로 그 값은

0에서 1까지이다.

시스템의 순환적 개념을 나타내는 것은 개념지도에 구성된 순환의 수를 세어서 결정하는데, 주로 다음과 같은 다섯 단계로 나타나며, 그 수를 다시 5로 나누어 수치화 하였다. 따라서 그 값은 0에서 1까지이다. ① 개념 지도에 순환이 나타나지 않음 ② 증발로 인한 대기의 순환과 비를 통한 바다와의 연결 ③ 비를 통한 육지와의 연결 ④ 육지의 강을 통한 바다로의 연결 ⑤ 지하수를 통한 침투와 연결, 식물로부터의 발산 작용, 인간 활동을 포함한 경우로 다섯 단계로 나누었다.

**숨겨진 차원 파악하기(hidden dimension grasp)**

이 도구는 시스템 구조 내의 숨겨진 영역(예, 지표면 아래, 대기 중, 바다 속)에 대한 학생들의 인식을 알아보기 위해 만들어 졌으며, 먼저 생태시스템을 묘사한 그림을 제시하였다. 이 과제 동안 피검자들에게 두 가지 질문을 하였다. ① 제시된 그림에 나타난 이 지역 생태시스템에 대해 설명해 보자. ② 여러분이 이 그림을 마무리 하고 싶다면 어떤 요소를 더 첨가하고 싶은가? 직접 그림에 첨가하여 그리고 설명해 보자.

개발된 도구 검사 결과를 분석하기 위한 분류기준은 Bloom(1956) 등의 교육목표 분류 체계와

Klopfer(1971)의 과학교육목표 분류체계를 근간하여, Park and Kim(2005)이 작성한 과학적 해석과 추론에 관한 판단 기준에 따라 작성되었다(표 9).

이를 바탕으로 본 연구 도구에서는 문항(1)은 제시된 생태 시스템의 과학적 분석에 있어서 단순해석/복합해석/비과학적 해석으로 구분하였으며, 문항(2)는 제시된 생태 시스템 내 숨겨진 차원의 시스템 구성 요소에 의한 시스템 영향에 대해 단순추론/복합추론/비과학적추론으로 나누어 그 사례수를 파악하였다. 또한 각 문항에 관한 분석 기준은 출제자의 실제 응답을 반복적으로 검토하여 시스템 구성요소를 구조를 파악하는 정도를 아래와 같이 작성하였다(표 10).

또한 문항(2)에 대한 추론의 경우 분석기준을 보완하기 위하여 다음 [표 11]과 같이 순환적 요소를 가미, 그 단계를 세분화하여 4단계 이상을 복합 추론으로 판별하였다.

**자료해석하기**

이 연구도구는 주어진 지구시스템에 대한 결과 자료를 활용하여 이와 관계된 각 시스템 구성 요소 파악 및 시스템의 일반화, 그리고 더 나아가 변화에 대한 인과적 결과 예측 능력을 파악하기 위한 것이다. 먼저

**표 9** 해석과 판단의 판단 기준 (Park and kim, 2005)

영역		내용
해석	단순	과학 자료를 단순 요소로 나누어 구조를 파악
	복잡	과학 자료를 복합적인 관계의 요소로 나누어 구조를 파악, 조직적 원리의 분석
	비과학적	과학적 자료를 해석함에 있어 비과학적 원리로 파악
추론	단순	과학 자료의 의미를 단순 인과 관계로 파악
	복잡	과학 자료의 의미를 여러 요소의 인과 관계로 파악
	비과학적	과학적 자료를 추론함에 있어 비과학적 원리로 파악

**표 10** 숨겨진 차원 분석에서 해석과 추론의 판단 기준

Category	Content
단순 해석	제시된 그림의 생태계를 구성하고 있는 요소 중 물 순환 시스템에 관여하고 있는 구성 요소를 파악
복합 해석	물 순환 시스템에 관여하고 있는 구성 요소 간의 관계, 상호작용의 과정 파악
비과학적 해석	비과학적 원리로 해석
단순 추론	물 순환을 설명하기 위해 제시된 그림에 몇 가지 요소를 더 첨가하여 설명하지만 그 설명이 단순한 인과 관계로 파악한 경우
복합 추론	여러 요소의 인과 관계를 순환적 요소를 활용하여 파악한 경우
비과학적 추론	비과학적 원리로 추론

표 11 복합 추론에 대한 세부적 판단 기준

단 계	단계별 내용
0단계	완성된 그림의 시스템 요소에 순환적 연결이 나타나지 않음
1단계	기권의 요소 첨가 ( 증발에 의한 구름 형성과정 포함)
2단계	강수에 의한 기권과 바다와 육지(강, 개울, 호수 등)의 연결 고리 첨가
3단계	강수나 육지의 물이 땅에 스며들어 지하수 형성 첨가
4단계	강이나 개울, 지하수 물이 흘러 바다와 연결 첨가
5단계	생명작용 포함 인간 활동에 의한 폐수, 식물의 증산작용, 동물(젓소) 등의 물 소비

표 12 자료분석에서 해석에 대한 판단 기준

Category	Content
단순 해석	프레온 가스에 의한 오존층 파괴와 피부암 발생률을 연관 지어 생물권에서 유입된 프레온 가스에 의해 기권의 성층권의 오존층이 파괴되어 생물권의 피부암 발생률이 높아진다고 답한 경우
복합 해석 (2가지 이상)	① 피부암 발생률 증가가 1960년대 이후 두드러지게 된 것은 산업화에 따른 프레온 가스 사용량 증가로 성층권내의 오존층이 파괴되어 유해한 자외선이 입사되어 발생하게 된다. ② 이러한 오존층을 파괴시키는 프레온 가스는 지속적으로 성층권 내에 머물면서 오존층 파괴 기작이 계속 되풀이 되고 있다. ③ 피부암 발생률은 저위도가 고위도가 높은 것으로 보아 일조량과 관계되어 있다는 것을 알 수 있다.
비과학적 해석	비과학적 원리로 해석

기권 내 오존층 파괴에 관한 메커니즘이 그려진 그림과 특정 기간 동안 생물권내 인간 영역에서의 피부암 발생률을 나타내는 표가 제시되었으며, 이를 통하여 피검사자들은 자료와 관계된 시스템 구성 요소 및 시스템 관계, 앞으로의 변화 예측을 설명하도록 하였다.

이 영역에 관한 분석은 앞 연구 도구인 “숨겨진 차원 파악하기”와 같이, Bloom(1956) 등의 교육목표 분류 체계와 Klopfer(1971)의 과학교육목표 분류체계를 근간하여, Park and kim(2005)이 작성한 과학적 해석과 추론에 관한 판단 기준에 따라 작성되었다(표 9).

이에 대한 자세한 판단기준은 표 12와 같다.

### 면담 (Interviews)

이 연구도구는 피검사자들의 시스템 사고 능력에 대한 심도 있는 정보와 연구 도구의 해당 능력의 한계를 극복하기 위하여 본 연구의 거의 모든 연구도구에서 있어서 보조적 수단으로 양적 연구방법을 혼용하였다. 인터뷰는 비구조화된 형태로 피검사자에게 주로 작성된 질문지의 미흡한 부분이나 특정 영역에 대한 생각과 의견을 보다 세밀히 얻기 위해 사용되었으

며, 인지적 능력 측정지 분석 후 미흡한 피검사자에 한해 현장 대면 검사, 피검사자의 e-mail을 이용한 서면 검사 형태로 실시되었다.

인터뷰 주요 목적은 ① 측정지의 그림, 개념 지도, 질문지의 답변을 실증하고 첨가할 도구, ② 학생들이 시스템 사고 능력에 관련한 심도 있는 정보 취득이다.

이를 통해 피검사들의 그림에서의 시스템 요소 부재가 그림 그리기 능력 부족에서 기인한 것인지, 그 요소에 대한 부족에 의한 것인지 파악할 수 있었으며, 대면 검사를 통해 과제 수행 결과에 대한 부연 설명을 할 수 있었다.

## Ⅲ. 연구결과

### 1. 사고 양식 유형 검사 결과에 따른 집단 분류

사고양식 검사도구(Thinking Styles Questionnaire short version)에 대한, 연구 대상의 사고 양식 유형 결과를 바탕으로 Type I(입법적, 사법적, 전체적, 진보적)과 Type II(행정적, 직업적, 보수적)집단으로 구분하였다.

이 중에서 지구 시스템에 인지적 특성 분석을 위한 대상으로 각 연구집단[초등반(군집 I), 중등기초반(군집 II), 중등심화반(군집 III)]에서 Type I과 Type II 사고 유형별 그 유형의 경향이 뚜렷한 최고점 3 ~ 5명 씩 총 24명을 선발하였으며, 이에 대한 결과는 표 13과 같다.

과학영재학생들의 사고유형에 따른 지구 시스템에 대한 인지적 특성 분석

이 연구에서는 Type I 집단과 Type II 집단의 사고 유형에 해당하는 과학 영재학생들의 지구 시스템에 대한 인지적 특성을 비교·분석하였다.

1) 시스템 구성 요소 및 과정 알아내기

시스템을 구성하고 있는 요소에 대한 연구 도구 4

종(설문지 C형, 단어연상, 그림 분석법, 개념 지도)에 대한 분석 결과는 다음과 같다. 리커르트 설문지에 대한 시스템 구성 요소에 대한 인식은 집단 Type I (67%) 이 Type II (65.6%) 보다 약간 높았다. 다소 우세하였다(표 14).

단어 연상 도구에 대한 결과는 Type II가 평균 8.2 개로 다소 우세하였으며, 학생들의 반응은 (Fig. 2~3)에 제시와 바와 같다.

그 외 구성요소 인지와 관계된 검사 도구의 분석 값은 그림분석법(11개 / 8.7개), 개념 지도 (14.4개/ 13.5개)였으며, 그림분석에 대한 학생들의 반응 예시는 (Fig. 4~5)에 제시와 바와 같다.

시스템의 구성 요소 간의 과정 즉 흐름에 대한 이해

표 13 선발된 연구 대상자들의 Type I, II 항목 총점

대상		Type I 항목 총점 (100점/80점)	Type II 항목 총점 (80점/60점)	판별
군집 I	1-㉠	81	42	Type I > 81점
	1-㉡	84	41	
	1-㉢	84	41	
	1-㉣	92	37	
	1-㉤	84	40	
	1-a	69	48	Type II > 48점
	1-b	47	48	
	1-c	68	53	
	1-d	75	53	
	1-e	70	50	
군집 II	2-㉠	69	36	Type I > 62점
	2-㉡	62	30	
	2-㉢	65	33	
	2-a	49	45	Type II > 44점
	2-b	55	44	
	2-c	37	51	
군집 III	3-㉠	62	38	Type I > 62점
	3-㉡	68	36	
	3-㉢	66	35	
	3-㉣	68	38	
	3-a	57	43	Type II > 43점
	3-b	53	43	
	3-c	55	50	
	3-d	56	48	

표 14 시스템 구성 요소를 측정한 각 연구 도구의 균집 및 각 집단별 평균

	Type I [Number]				Type II [Number]			
	군집 I [n=5]	군집 II [3]	군집 III [4]	평균 [12]	군집 I [n=5]	군집 II [3]	군집 III [4]	평균 [12]
리커트 설문지 C형 (점/50)	32	30.7	37.8	33.5	31.2	32.3	34.8	32.8
단어연상법 (개)	6.2	6.7	8.8	7.2	6.8	7.3	10.5	8.2
그림분석법 (개)	10	11.7	11.3	11	7.8	10.3	8	8.7
개념지도법 (개)	13.8	14.7	14.8	14.4	11.8	15.67	13	13.5

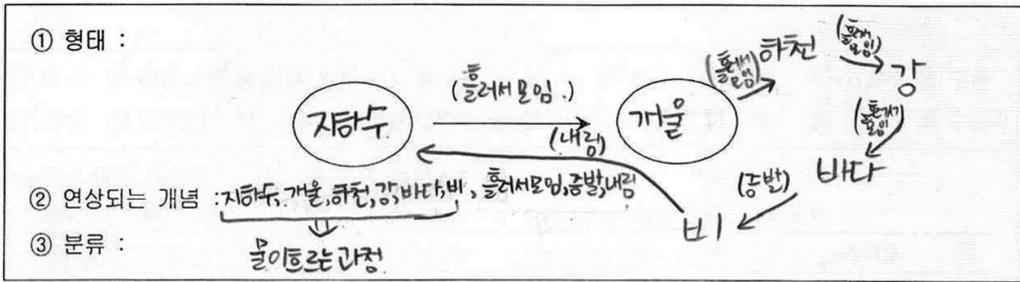


Fig 2. 군집 II - a 학생의 단어연상 (Type I)

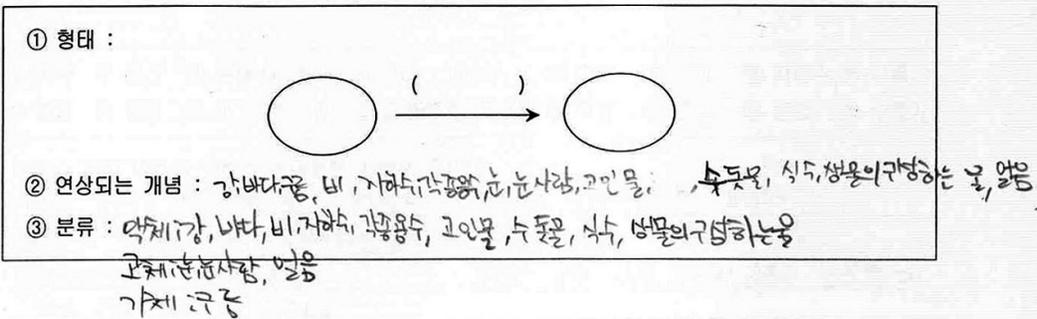


Fig 3. 군집 II - b 학생의 단어연상 (Type II)

양상도 이와 유사한 결과를 나타냈다. 단어연상법 (3.8 개 / 4개), 그림분석법 (3.7개 / 2.5개), 개념 지도법 (4.9개 / 3.6개)으로 구성 요소 파악과 비슷하게 단어 연상 도구에서는 Type II 집단이, 그림 분석 및 개념 지도 도구에서는 Type I 집단이 우세하였다(표 15).

2) 시스템 구성 요소 간 관계 알아내기

리커트 B형 설문지 (63% / 60%), 개념지도 (10.7 개 / 9.8개)에서 볼 수 있듯이 각 집단 간 차이가 거의 나타나지 않았으며, 비교적 낮은 수치로 나타냄을 알 수 있다 (표 16).

3) 시스템 내 구성 요소와 과정의 조직화

시스템 내 구성 요소와 과정의 조직화 정도를 측정하기 위한 연구 도구로는 그림 분석법 중 지하수 및 인간 활동 포함 여부 및 개념 지도법 중 각 영역별 구성 요소의 분포를 이용하여 분석하였다.

이는 '물의 순환'에 대해 대부분의 학생들이 불완전하고 단순한 인식을 갖고 있다는 점에 기인하여 그 분석 기준을 마련하였는데, 주로 대부분의 학생들이 물 순환에 있어 기권과 수권의 영역에 대한 요소와 과정에 대해서만 조직화(증발, 응결, 강우 등)하였고, 지하수의 개념이나 인간 활동적 측면의 영역은 무시하였다.

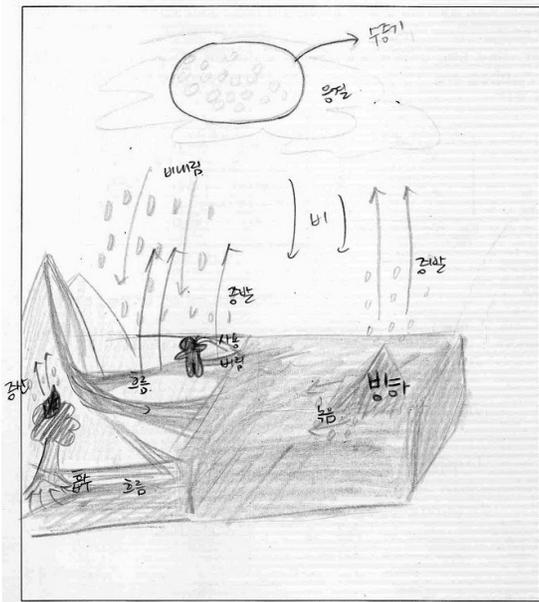


Fig 4. 군집 II - a 학생의 그림그리기 (Type I)

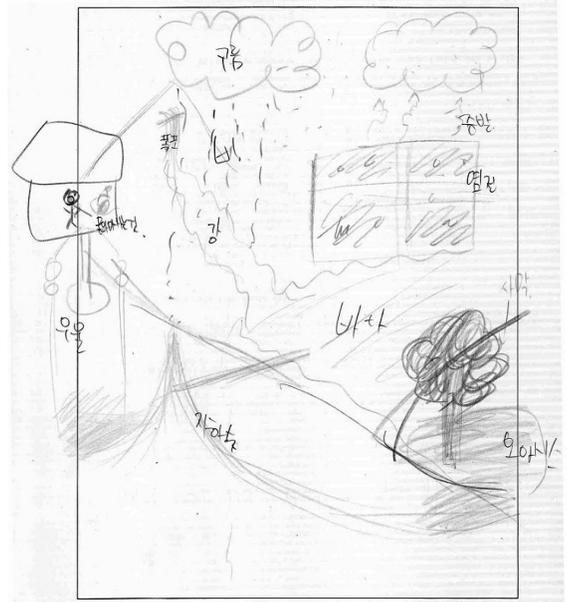


Fig 5. 군집 II - b 학생의 그림그리기 (Type II)

표 15 시스템 구성 요소 간 과정을 측정한 연구 도구의 군집 및 각 집단별 평균

	Type I [Number]				Type II [Number]			
	군집 I [5]	군집 II [3]	군집 III [4]	평균 [12]	군집 I [5]	군집 II [3]	군집 III [4]	평균 [12]
단어연상법 (개)	3	5	3.5	3.8	2.2	5.7	4	4
그림분석법 (개)	3.2	2.8	5	3.7	3.4	1.3	2.8	2.5
개념지도법 (개)	4.2	5	5.5	4.9	1.8	4.3	4.8	3.6

표 16 시스템 구성 요소 간 관계를 측정한 연구 도구의 군집 및 각 집단별 평균

	Type I [Number]				Type II [Number]			
	군집 I [5]	군집 II [3]	군집 III [4]	평균 [12]	군집 I [5]	군집 II [3]	군집 III [4]	평균 [12]
리커트 설문지 B형 (점/50점)	30	28	36	31.3	26	29	35.5	30.2
개념지도 (개)	6.7	11	14.3	10.7	6.8	8.7	13.8	9.8

특히 인터뷰 검사에도 학생들은 대부분이 인간, 동물, 식물과 같은 생물권이 필수적으로 물을 필요로 하고 있으며, 인간들이 주거 용수 등의 물 소비 외에 하수, 수질오염 등을 통하여 물 순환에 영향을 미친다고 인지하고 있었으나 이를 '물 순환' 과 연관 지어 시스

템적 요소로 조직화 하는 능력은 미흡하였다.

#### 4) 시스템 내 동적 관계 파악

시스템 내 동적 관계 파악 정도는 개념 지도법의 유동적 수치 분석으로 이루어졌는데 그 결과는 다음 표

17과 같다.

시스템 내 동적 과정에 대한 이해는 Type I 집단의 유동적 수치가 Type II 보다 높았으며, 이는 개념 지도법의 연결 개념 중에서 분류 개념 수에 비해 동적 개념의 수의 구성이 집단 Type I 이 더 높다는 것으로 시스템 구성에 대한 파악 시 동적인 의미 부여가 더 크다는 것을 알 수 있다.

5) 시스템 내 순환성 이해

그림분석의 순환적 인식 단계(4.4 > 3.03)와 개념지

도의 순환적 수치(0.8 > 0.53)에서 보듯이 Type II 에 비해 Type I 집단의 순환성 이해 정도가 두드러진다 (표 18, Fig. 6~7).

학생들의 시스템의 순환적 특성에 대한 몰이해는 과학 교과 과정 안에서 순환적 현상에 대한 경험이 부족하다는 것을 의미한다(Assaraf & Orion, 2005). 그림분석이나 개념지도법에서 제시된 물 순환적 개념에 대한 순환성 의미 부여에서 살펴보면, 과학교육 과정상에 순환적 현상에 대한 경험이 부족할수록 순환성의 인식은 낮아진다(군집 I < 군집 II < 군집 III).

표 17 시스템 내 동적 관계를 측정된 연구 도구의 군집 및 각 집단별 평균

	Type I [Number]				Type II [Number]			
	군집 I [5]	군집 II [3]	군집 III [4]	평균 [12]	군집 I [5]	군집 II [3]	군집 III [4]	평균 [12]
유동적 수치 [개념지도]	0.6	0.64	0.8	0.68	0.54	0.46	0.5	0.5

표 18 시스템 내 순환성 이해 정도를 측정된 연구 도구의 군집 및 각 집단별 평균

구 분	Type I [Number]				Type II [Number]			
	군집 I [5]	군집 II [3]	군집 III [4]	평균 [12]	군집 I [5]	군집 II [3]	군집 III [4]	평균 [12]
순환적 인식 단계 [1 ~ 5] [그림분석]	4	4.3	4.8	4.4	3.4	2.7	3	3.03
순환적 수치 [0 ~ 1] [개념지도]	0.7	0.9	0.9	0.8	0.4	0.7	0.5	0.53

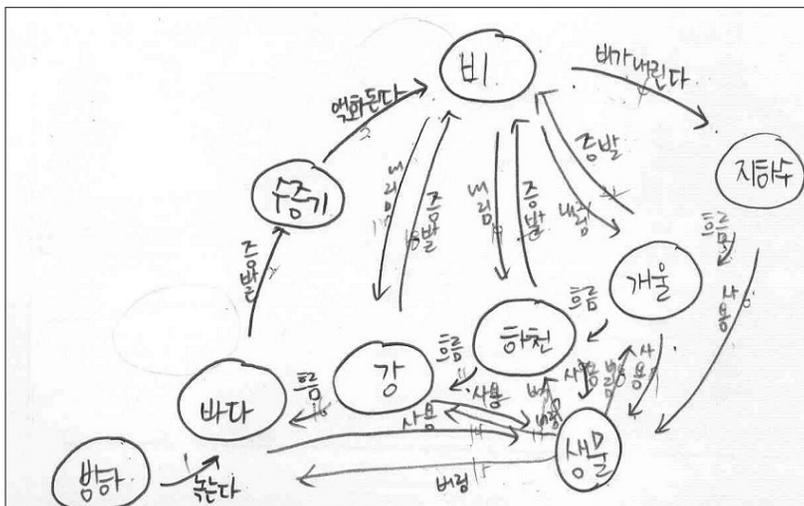


Fig 6. 군집 II - ② 학생의 개념지도(Type I)

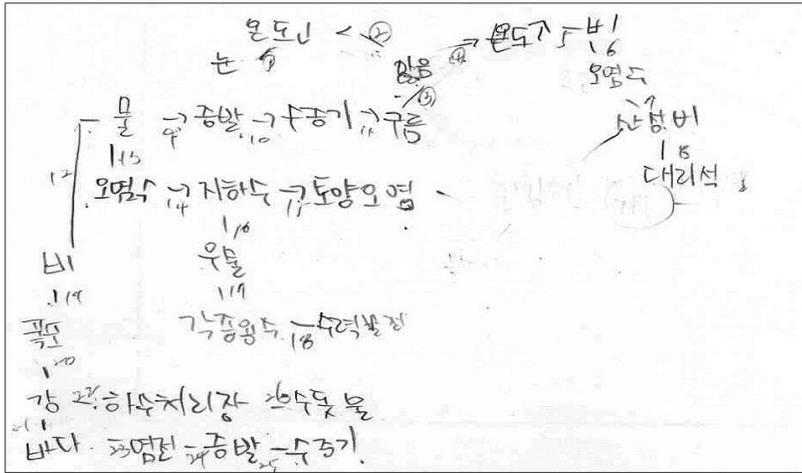


Fig 7. 군집 II -b 학생의 개념지도(Type II)

표 19 숨겨진 차원의 해석에서 제시된 그림에 대한 학생들의 응답 수

구 분	Type I (N = 12)			Type II (N = 12)			비고
	군집 I	군집 II	군집 III	군집 I	군집 II	군집 III	
단순 해석	3	2	3	4	3	4	
복합 해석	1	1	1	1	.	.	
비과학적 해석	1	.	.	.	.	.	

또한 순환성 과정에 대한 인식은 시스템을 전체적 혹은 부분적으로 인식하느냐에 따라서도 달라진다. 즉 설문지 A형 인 (17)번 문항 “물의 순환 시작점은 바다이고 끝은 지하수이다.”에 대한 대답에서도 37.5%의 피검사들이 순환성에서 시작과 끝이 있다고 답했으며, A형 인 (18)번 문항 “인간이 배출하는 쓰레기의 증가로 지구의 무게는 점점 커지고 있다.”에 대한 대답에서도 순환 과정에서 총 물질의 양은 보존된다는 사실을 알지 못하였다. 이를 바탕으로 두 집단의 결과를 살펴보면 전체적 사고 경향이 강한 Type I의 집단이 순환성에 대한 이해 정도가 높다는 것을 알 수 있다.

인터뷰 과정에서 학생들이 제시한 대부분의 순환성에 대한 예는 계절의 순환, 달의 모양 변화, 하루의 반복 등 시간에 관계된 현상만을 제시함으로써 학생들의 경험적 사실이 순환성을 인지시키는데 좋은 자료임을 알게 되었다.

6) 시스템 일반화하기

시스템 일반화에 대한 연구 도구인 숨겨진 차원 해석의 결과를 살펴보면 표 19와 같다. 숨겨진 해석 차원은 두개의 질문으로 구성되었다. 먼저 질문(1)은 제시된 생태 시스템에 관한 그림에 대한 과학적 분석 정도에 따라 단순해석/복합해석/비과학적 해석으로 구분하였으며, 두 집단 모두 주로 단순 해석만을 수행하였다. 질문(2)는 제시된 생태 시스템 내 숨겨진 시스템 구성 요소에 의한 영향에 대해 단순추론/복합추론/비과학적 추론으로 구분하였으며, Type I 집단이 Type II에 비해 복합 추론을 하고 있다.

이는 앞서 다른 도구를 이용한 검사결과에서 살펴본 바와 같이 시스템의 구성요소 파악 및 조직화, 관계 짓기에 있어서 Type I, II 두 집단 모두 비슷하거나 측정도구에 따라서 Type II의 집단이 우세한 면이 있었지만, 시스템 내 감춰진 부분 영역까지 포괄하여 전체적인 구조와 흐름을 파악하는 영역에서는 Type I 집단이 우세함을 알 수 있다.

인터뷰에서도 많은 학생들이 감추어진 제시된 생태 시스템 내에 제시된 구성 요소에 대한 질문, “제시된

표 20 그림 덧붙이기에 대한 학생들의 응답 수

구 분	Type I (N = 12)			Type II (N = 12)			비고
	군집 I	군집 II	군집 III	군집 I	군집 II	군집 III	
단순 추론	2	2	1	3	3	3	
복합 추론	2	1	3	2	.	1	
비과학적 추론	1	.	.	.	.	.	

표 21 자료 분석에서 나타난 학생들의 응답 수

구 분	Type I (N = 12)			Type II (N = 12)			비고
	군집 I	군집 II	군집 III	군집 I	군집 II	군집 III	
단순 예측	3	2	2	4	2	2	
복합 예측	2	1	1	1	1	1	
비과학적 예측	.	.	1	.	.	1	

그림 상에 보여 지는 생태 시스템에는 어떤 것들이 있지요?”에 물의 순환에 기초하여 수계, 기권, 인간 활동 영역과 연관 지어 그림에 나타난 구성 요소에 대한 관계 짓기, 덧붙여 그리기를 통한 조직화 등은 잘 설명하고 있지만, “이 시스템의 에너지원은 무엇일까요?”, “구름에서 내린 비는 바다로만 흘러갈까요?”, “인간 활동은 어떤 영향을 미칠까요?”와 같이 숨겨진 요소에 관한 질문에는 직관적으로 수력, 풍력 등을 에너지원으로 대답하거나, 강물이나 하천, 호수 등과 같이 제시된 그림 상의 요소로만 대답하려는 경향이 강하였다. 특히 인간 활동이 자연의 한 부분으로서 시스템 체계 내에 맞물려 있다는 것을 인식하지 못하고, 단순히 인간의 물의 소비가 크지 않아 큰 영향을 미치지 못한다고 설명하거나, 지구상에는 충분한 물이 있어서 풍족하게 사용할 수 있다고 대답하였다(표 20).

### 7) 시스템 예측하기

시스템 예측에 관한 측정은 제시된 두 시스템 기권, 생물권 간의 관계 분석 및 관계에 의한 앞으로 변화를 예측하는 것으로, 두 집단의 측정치 모두 앞선 “시스템 일반화”와 같이 두 시스템에 대한 관계 분석이 주어진 자료에 대한 단순 해석 즉 ‘오존층 파괴’와 ‘피부암 발병’간의 인과적 관계만을 고려하여 그 외에 제시된 요소 “발생 지역적”, “인간 활동적”, “생성 연도별”, “보존 대책” 등의 관계를 무시한다.

각기 다른 시스템 사이의 관계에서 나타나는 현상

은 단순하게 한 가지 원인에 의한 결과라기보다는 2가지의 이상의 원인과 결과가 유기적인 관계로 맺어져 나타나는 것으로 이를 이해하고 예측하기 위해서는 시스템적 사고가 매우 필요한데, 이 연구 도구의 제시된 자료에 대해 두 집단 모두 주로 단순 해석(62.5%)만을 수행하고 있으며, 비과학적 예측을 한 경우(0.08%)도 있어 시스템적 사고를 활용한 시스템의 예측 기능이 떨어짐을 알 수 있다(표 21).

## IV. 결론 및 제언

연구 결과를 종합해 보면 먼저 연구에 참가한 과학 영재 학생들의 사고 양식은 입법적, 사법적, 무정부적, 전체적, 외부적, 그리고 진보적 사고 양식의 특성을 나타내어 새로운 과제를 선호하며, 창의적인 방식으로 문제를 해결하려는 경향을 보여주었다. 특히 과학영재 학생들의 사고양식별로 시스템 사고 특성을 조사한 결과 시스템 이해에 대한 정도는 Type I, II 모두 비슷하였으며, 시스템 내 관계 파악에 대해서는 Type I 집단이 보다 다각적, 역동적, 순환적으로 접근함을 알 수 있었다. 또한 시스템 일반화 능력의 경우는 시스템 일반적 이해 정도에서 단순 해석 능력은 두 집단 모두 비슷하나, 숨겨진 차원 요소를 가미하여 추정할 경우 일반화 경향이 Type I 이 우수하지만, 시스템 예측 측면에서는 집단에 관계없이 미약함을 알 수 있었다. 또한 이 연구의 결과는 다음과 같은 다양

한 분야에 활용되고 기대 효과가 있을 것이다.

첫째, 우리나라에서 거의 이루어지지 않은 지구시스템 주제 중심의 새로운 교수-학습 전략이나 한국형 수업 모형을 개발하는데 본 연구의 결과는 중요한 준거로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

둘째, 연구 결과를 참고하여 개발될 지구시스템 주제 중심의 모듈과 세부 활동프로그램들을 바탕으로 지구환경시대에 필요한 과학적 소양 교육에 대한 구체적인 사례와 교육 자료를 다른 교육현장에 보급시킬 수 있을 것이다.

## 참고 문헌

- 교육인적자원부(2000). *고등학교 교육과정 해설: 과학*. 대한교과서.
- 김동환(2000). *김대중 대통령의 시스템 사고*. 집문당, 서울.
- 문병찬, 정진우, 경재복, 고영구, 윤석태, 김해경, 오강호(2004). 예비교사들의 탄소 순환에 대한 지구시스템의 관련개념과 시스템 사고의 적용. *한국지구과학회지*, 25(8), 684-696.
- 서혜애, 이운호(2003). 영재교육기관의 교수-학습실태 분석. *중등교육연구*, 51(2), 69-86.
- 신동희(2000). 국내 지구과학교육 연구의 동향과 나아갈 방향. *한국지구과학회지*, 21(4), 479-487.
- 이창진(2003). 지구과학의 정체성과 학문 분류. *한국지구과학회지*, 24(7), 650-656.
- 이효녕(2006). 지구환경시대의 지구과학교육의 중요성과 최근 동향: 미국 사례를 중심으로. *한국지구과학회 2006년 추계학술발표회 논문집*, 11-22.
- 이효녕(2008). 통합과학교육 성공 위한 지구시스템적 접근 필요하다. *과학과 기술*, 476, 90-91.
- 이효녕, 권영륜(2008). 지구계 주제 중심의 지구과학 모듈 개발 및 적용. *한국지구과학회지*, 29(2), 175-188.
- 임은경, 홍상욱, 정진우(2000). 지구계 교육의 현장 적용에 관한 연구. *한국지구과학회지*, 21(2), 93-102.
- 윤미선(1997). 사고양식과 학업성취에 대한 연구-sternberg의 지능자치제 이론을 중심으로-. *고려대학교 석사학위논문*.
- 조석희(2000). 과학영재 교육을 위한 교육과정 개발 연구. *한국과학재단 연구 보고서* (98-14).
- 한국지구과학회(2009). *재미있는 지구과학 이야기*. 이치, 서울.
- Ben-zvi-Assaraf, O., & Orion, N.(2005a). A study of junior high students' perceptions 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.
- Dori, Y.J.(2003). Teaching Biotechnology Through Case Studies-Can We Improve Higher Order Thinking Skills of Non-science Majors?. *Wiley Periodicals, Inc.* 767-793.
- Earth System Sciences Committee[ESSC]. (1988). *Earth system science: A closer view*. Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration.
- Ison, R.(1999). Applying systems thinking to higher education. *Systems Research and Behavioral Science*, 16, 107-112.
- Kali, Y., Orion, N., & Eylon, B-S.(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). 545-556.
- Kim, C-J., & Kwak, Y. (Eds.)(2004). *Seoul conference for International Earth Science Olympiad (IESO) Conference Proceedings*. Seoul, Korea: Seoul National University.
- Mayer, V. J.(1991). Earth-system science: A planetary perspective. *The Science Teacher*, 58(1), 31-36.
- Mayer, V. J.(1997). Science literacy in a global era. *Hyogo University of Teacher Education Journal*, 17(3), 75-89.
- Mayer, V. J., & Fortner, R. W. (Eds.)(1995). *Science is a study of Earth: A resource guide for science curriculum restructure*.

- Columbus, OH: The Ohio State University.
- Mayer, V. J., & Kumano, Y.(1999). The role of system science in future school science curricula. *Studies in Science Education*, 34, 71-9.
- McFadgen, B. G., & Goff, J. R.(2005). An earth systems approach to understanding the tectonic and cultural landscapes of linked marine embayments: Avon-Heathcote Estuary (Ihutai) and Lake Ellesmere (Waihora). New Zealand. *Journal of Quaternary Science*, 20(3), 227-237.
- Orion, N., & Kali, Y.(2005). The effect of an Earth-Science learning program on students' scientific thinking skills. *Journal of Geoscience Education*, 53(4), 387-393.
- Sternberg, R. J.(1988). Mental self-government: A theory of intellectual styles and their development. *Human development*, 31, 197-224.
- Sternberg, R. J.(1990). Thinking styles : Keys to understanding student performance. *Phi Delta kappan*, 71, 366-371.
- Sternberg, R. J.(1994). Thinking styles: Theory and assessment at the interface between intelligence and personality. In R. J. Sternberg & P. Ruzgis(Eds), *Intelligence and personality*(PP.169187). Cambridge University Press: New York.
- Sternberg, R. J.(1994b)., Allowing for thinking styles. *Educational leadership*, 52, 36-40.
- Sternberg, R. J.(1997). *Thinking styles*. Cambridge University press: NY.
- Sternberg, R. J.(1998). Mental self-government: A theory of intellectual styles and their development. *Human Development*, 31, 197-224.
- Sternberg, R. J., & Grigorenko, E. L.(1993). Thinking styles and the gifted. *Roeper Review*, 16(2), 122131.
- Sternberg, R. J., Grigorenko, E. L., Ferrari, M., & Clinkenbeard, M.(1999). A triarchic analysis of an aptitude-treatment interaction. *European Journal of Psychological Assessment*, 15, 1-11.
- Sternberg, R. J ., & Wanger, R. K.(1991). *Thinking Styles Inventory* (Unpublished test, Yale University).
- Zhang, L. F.(2002). Thinking styles: their relationships with modes of thinking and academic performance. *Educational Psychology*, 22(3), 331-348.
- Zhang, L. F., & Sternberg, R. J.(2000). Are learning approaches and thinking styles related? A study in two chinese population. *The Journal of Psychology Interdisciplinary & Applied*, 134(5), 469-489.

## 국문 요약

이 연구의 목적은 과학 영재 학생들의 사고 양식에 따른 지구시스템에 대한 인지 특성을 분석하는 것이다. 연구 대상은 광역시 소재 대학 부설 과학영재교육원에 재학 중인 24명이다. 연구 방법은 먼저 과학 영재 학생들을 대상으로 Sternberg의 정신자치제 이론에 근거로 사고양식 측정 검사를 실시한 후, 그 유형에 따라 Type I(입법적, 사법적, 전체적, 진보적)과 Type II(행정적, 지엽적, 보수적)집단으로 구분하였다. 그 후 각 집단에 대해 설문지 3종(A, B, C형), 단어 연상, 그림 분석, 개념 지도, 숨겨진 차원파악하기(hidden dimension inventory), 자료해석 및 그 결과에 대한 심층 면담을 실시하였다. 과학 영재 학생들의 사고양식 유형은 입법적, 사법적, 부정부적, 전체적, 외부적, 그리고 진보적 사고 양식의 특성을 나타내어 새로운 과제를 선호하며, 창의적인 방식으로 문제를 해결하려는 경향을 보여주었다.

사고 유형에 따른 지구시스템에 대한 인지 특성에 대한 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, '시스템 이해'에서 Type I, II 집단의 양적 측정치는 비슷하였으나, 세부적으로 살펴보면 상당한 차이가 존재한다. 둘째, '시스템 내 관계 파악'은 사고양식 유형과 상당히 밀접한 관계를 가지고 있으며, Type I 집단이 보다 다각적, 역동적, 순환적으로 접근하여 보다 유리하다. 셋째, '시스템 일반화'에서 시스템에 대한 단순 해석 능

력은 두 집단 모두 비슷하나, 숨겨진 차원 요소를 가미하여 추정할 경우 일반화 경향이 Type I 집단이 우수하다. 하지만 시스템 예측 측면에서는 집단에 관계 없이 미약하다.

이러한 결과를 볼 때 시스템 학습 프로그램 개발과 적용에 있어 다양한 대상에 대한 구체적인 개발 전략이 요구되며, 이를 통한 시스템 인지와 관련된 여러

분야에서의 활용성과 기대 효과가 클 것이라 생각된다.

주요어: 지구 시스템, 사고 양식, 인지적 특성, 과학 영재, 시스템 사고