

고등학교 천체관측 관련 개념의 지식상태 분석에 따른 교수-학습 효과

윤 마 병*

전주대학교 과학교육과, 560-759, 전북 전주시 완산구 천잠로 303

Investigating the Effects of Teaching Based on an Analysis of High School Students' Knowledge State of Concepts Associated with Astronomical Observation

Ma-Byong Yoon*

Department of Science Education, Jeonju University, Jeonbuk 560-759, Korea

Abstract: The purpose of this study was to investigate the effects of teaching based on analysis of a hierarchy of the concepts associated with astronomical observation as well as each learner's status of knowledge through analytical methods of the knowledge state. A test instrument was developed to measure high school students' concepts associated with astronomical observation before instruction. The learners' psychological hierarchy associated with astronomical observation that the participants possessed showed the order of 'motion of the earth → coordinate system → astronomical observation (mechanism of the telescope → installation of the telescope → observation through the telescope)', and so was the hierarchy of teaching (70.6%). The learners' knowledge state that is supposed to be similar each other in the ability of observing celestial bodies was different even through they scored the same on the concept test. There were cases with the knowledge state well-structured and not well-structured, which suggests that differentiated instruction with appropriate teaching-learning prescriptions be prepared. An analysis of the knowledge state can play the role of both preparing individualized learning prescriptions and formative evaluation. In the unit dealing with astronomical observation of Earth Science I, teaching according to the psychological hierarchy of learners rather than the order in which the textbook syllabi were presented scored significantly higher ($p < 0.05$) on the level of concept achievements. This result suggests that the teacher can help students achieve more efficient in learning by analyzing the learner's knowledge state and reordering the syllabi of the textbook in teaching the concepts associated with astronomical observation.

Keywords: concepts associated with astronomical observation, knowledge state, hierarchy

요약: 본 연구는 고등학교 천체관측 관련 개념 검사지를 개발하여 지식상태 분석법으로 천체관측 개념의 위계와 개별 학습자의 지식상태를 분석하였고, 이에 따른 교수-학습 효과를 알아 보았다. 학습자가 갖고 있는 천체관측 관련 개념의 심리적 위계는 '지구운동 → 천구좌표계 → 천체관측(망원경 원리 → 망원경 설치 → 망원경 관측)' 순이었으며, 교수 위계(70.8%)도 같은 순 이었다. 개념 검사에서 같은 점수를 획득하여 천체관측 능력이 비슷할 것으로 추정되는 학습자의 지식상태가 서로 다르게 나타났다. 지식상태의 구조화가 잘 이루어진 경우와 그렇지 못한 사례가 있었는데, 이는 서로 다른 교수-학습 처방이 이루어져야 함을 시사한다. 즉, 지식상태 분석을 통하여 학습자의 개별화 학습 처방과 형성평가의 역할을 할 수 있다. 지구과학 I의 천체관측 단원에서 교과서의 내용 제시 순서 보다 학습자의 심리적 위계에 따라 수업한 경우가 개념의 성취도 수준에서 유의미($p < 0.05$)하게 더 높았다. 이는 교사들이 천체관측 관련 개념을 지도할 때, 교육과정을 토대로 학습자의 지식상태를 파악하여 교과서의 학습 내용을 재순서화 함으로써 더 효과적인 학습이 이루어질 수 있음을 보여준다.

주요어: 천체관측 개념, 지식상태, 위계

서 론

하늘과 우주에서 일어나는 천체 현상은 인류의 시작부터 동경과 관심의 대상이 되어 왔으며, 과학이 발달하면서 단순한 흥미를 넘어 원인을 규명하고 탐사하려는 노력으로 이어져 왔다(Bisard et al., 1994; Baxter, 1989; NRC, 1996; Philips, 1991). 또한 천문학은 과학에 대한 관심과 흥미를 유발하여 학생들에게 무한한 비전과 올바른 우주관을 키울 수 있는 중요한 학문 영역이다(변재성 외, 2004; Lightman et al., 1987). 하지만, 천문학은 학생들에게 높은 관심과 흥미의 대상이면서도 학습하는데 가장 어려워하는 영역 중 하나이며, 교사들에게도 가르치기 어렵고, 자신 없어 하는 분야이다(신동희와 박정, 2002; 이양락 외, 2007). 중학생의 모든 학년에서 천문학을 어렵게 느끼고 있으며(임청환과 김학목, 1994; 최호순, 1999), 고등학생들도 천체의 운동과 공간 개념 등에 관한 이해가 부족한 것으로 밝혀졌다(구자홍, 2000; 윤마병과 김희수, 2010). 이러한 원인 중 하나는 교과서의 천문학 교과 내용이 위계적인 계열성을 갖지 못하고, 또 학생들의 인지적 발달 수준에 따라 교수-학습되지 못하는데 있다고 볼 수 있다(윤마병, 2010). 즉 학습자의 천문 개념 형성의 비구조화와 이전의 시·공간적 감각의 미비가 새로운 개념의 이해를 방해하는 요인으로 작용할 수 있고(구자홍, 2000; 명진옥, 2001; Smith and Schroeder, 1979; Tracy, 1990), 천문학에 대한 개념의 위계가 제대로 규명되지 못했기 때문이라고 볼 수 있다(이양락 외, 2007; 채동현, 2000). 과학 개념의 위계 구조는 학습자가 직면한 학습과제에서 좀 더 높은 수준에 있는 기능을 성공적으로 수행하기 위한 필수적인 요소이다(임청환, 1992; 정진우 외, 1996; Bergan, 1980). 또한 개념의 위계 구조는 최종적인 학습목표에 도달하기 위해서 어떤 학습 요소나 기능을 먼저 학습해야 하는지를 명확히 알 수 있게 한다. 즉 과학 개념의 위계는 상·하위 간 기능들 사이의 유기적 관련성과 순서를 제시함으로써 학습목표 도달을 더욱 쉽게 이루어질 수 있게 한다(김범기 외, 1996).

과학 개념에 대한 위계 분석은 주로 서열화 이론에 의해 분석되어 왔으나(임청환, 1992; Bart, 1976; Bart and Krus, 1973), 최근에는 개념의 위계 구조뿐만 아니라, 학습자의 지식상태까지도 알 수 있게 하는 지식공간론의 활용 가능성이 제기되고 있다(김석

천 외, 2007; 김승동 외, 2002; 박상태 외, 2005; 변두원 외, 2004; 송하영과 김영신, 2010; 윤마병, 2010; 윤마병과 김희수, 2010; Albert and Lukas, 1999; Albert et al., 1995; Doignon and Falmagne, 1998). Wilson(1985)은 개념의 위계를 학생에 의해서 학습되어지는 순서인 '심리적 계열'과 교수-학습 순서인 '교수 계열', 학습 과제의 배열 순서인 '논리적 계열'로 분류하였다. 보통 과학 교과서는 논리적 계열에 따라 개발되지만(임청환, 1992), 학생들에게 학습되어지는 심리적 계열은 논리적 계열과는 매우 다르다는 연구 결과들이 많다(김영신과 정완호, 1994; 정진우와 박진홍, 1997; Siedal and McKeen, 1974). 경험적 논리에 근거를 둔 교수 제시 순서가 성취도에 미치는 효과를 조사한 김경호와 김영수(1996)의 연구 결과에서는 경험적 논리에 의한 교수 제시 순서가 교과서에서 제시된 순서보다 더 효과적이라는 결과도 얻었다. 개념 위계에 따른 교수-학습의 효과에 대한 연구로서 정진우와 박진홍(1997)은 지구과학 개념에 대하여 중학교 학생들이 지니고 있는 심리적 개념 위계 구조를 밝히고, 교과서에서 제시한 교수 순서와 학생들의 심리적 위계에 따른 교수 순서의 교수-학습 효과를 비교함으로써 심리적 위계 순서로 수업한 경우가 교과서의 수업 순서 보다 개념의 성취도가 더 높았음을 밝혔다. 정경화(2000)는 천문현상 개념에 대한 초등학교 학생들의 심리적 위계에 따른 교수 효과 연구에서 학생들의 심리적 위계와 논리적 위계 구조가 꼭 일치하지는 않으며 심리적 위계 순서로 수업한 실험집단이 더 유의미한 향상을 보였다. Bergan(1980)은 학습 위계가 복잡한 학습 내용을 간단하고 다양한 학습으로 기술할 수 있게 하고, 교수 목표를 달성하기 위하여 기능을 분류함으로써 진단평가를 위한 자료를 제공한다고 하였다. Griffiths and Grant(1985)는 먹이그물이 학습위계에 적용될 수 있는지에 대한 타당화에 관심을 갖고 학생들이 갖고 있는 오개념 형성 원인 중 하나가 교육과정에서 제시하고 있는 개념들의 잘못된 제시나 내용의 계열성이 명료하지 못하기 때문이라 하였다. 이러한 오개념을 해소하기 위하여 학습위계를 활용한 수업을 한 결과, 매우 효과적이었음이 밝혀졌다(정완호 외, 1993).

지구과학 영역에서 천문학과 관련된 개념학습 연구는 아직까지 부족한 실정이다(정남식, 1996). 과학교사가 갖고 있는 과학개념에 대한 교수 위계는 교사가 학생의 성취에 영향을 미치는 자신의 능력에 관

한 신념인 교사 효능감을 높이는 데 매우 중요하다 (Ashton, 1984; Bandura, 1997). 교사 효능감이 높은 교사는 학생의 성취에 큰 영향을 미치며, 또 자신에게 그런 능력이 있다고 강하게 믿는 경우인데, 교과 교육학 지식이 많은 교사가 교사 효능감이 높았으며, 교사 효능감이 높은 교사의 교수-학습 효과가 그렇지 못한 경우보다 높게 나타났다(임청환, 2003; Ashton and Webb, 1986; Brookover et al, 1978; Gibson and Dembo, 1984; Ross, 1992). Nussbaum and Novak (1976)은 초등학교 2학년 학생들에게 면담을 통해서 지구에 대한 개념을 조사하였다. 지구에 대한 개념이 2학년 학생들에게 잘못 형성되었다는 것을 알았으며 이러한 사실은 개념학습이 한 개의 개념만으로서 보다 비슷한 연속적 과정을 통해서 위계적 학습이 실시되어야 한다는 것을 제시하고 있다. John and Lynch(1987)는 미국의 초등학교 3학년과 6년을 대상으로 면담을 실시하여 지구와 달, 태양의 운동에 관한 5가지 모델을 제시했고, 학생들의 개념 형성이 단계적으로 확장되어 감을 밝혔다. Finegold and Pundark(1991)은 이스라엘 고등학생들의 천문 개념을 조사하여 약 5% 정도만 과학자적 개념인 우주관을 갖고 있으며 우주관에 대한 위계적 개념 확장 교수-학습이 필요함을 제시 하였다.

제6차교육과정 이전에는 고등학교의 천체관측 단원에 대한 학습 위계가 천구좌표계, 망원경의 원리와 조작, 지구의 운동, 태양과 달, 행성의 관측 등으로 구성되어 있었다(차영과 권재술, 2004). 그러나 지구과학을 처음 접하고, 평면적 사고에 길들여진 고등학생들에게 수업 시작부터 3차원적인 공간 개념과 천구좌표계를 이해시켜야 하는 어려움이 있었다(김상달 외, 2005; 김희수 외, 2003; Del Grande, 1990; Linn and Peterson, 1985; McGee, 1979; Pallrand and fred, 1984). 천구좌표계 단원은 추상적이며 공간적인 개념이 많고, 새로운 용어와 무미건조한 개념들 때문에 고등학교에서 처음 접하는 천문학에서 학생들에게 우주에 관한 관심과 흥미를 심어주는 것이 아니라, 오히려 우주에 대한 동경과 상상을 빼앗아 가는 결과를 초래했다(김영문, 1993; 김희수, 1997). 이에 제7차교육과정에서는 학생들이 어렵게 느꼈던 추상적, 공간적 개념이 많이 포함된 지구의 운동(자전과 공전)과 천구좌표계를 지구과학 II로 미루고, 지구과학

I에서는 천체관측의 역사, 망원경의 원리와 조작, 태양과 달, 행성 관측 등을 학습하도록 했다(교육부, 1997). 그러다 보니 지구과학 I 수업에서는 망원경의 원리와 관측 단원에서 적도의식 망원경이나 극축 맞추기 등을 교수하기 위해서는 천구좌표계와 지구의 자전에 대해 언급하거나 다루지 않을 수 없게 되었다. 2007개정교육과정에서도 천체관측 도구(망원경)와 관측(달, 행성 등)은 지구과학 I에서 다루지만, 천구좌표계는 지구과학 II에서 학습하도록 되어 있다(교육인적자원부, 2007). 다만, 지구의 운동은 2007과 2009개정교육과정에서 10학년 과학으로 내려왔다(교육과학기술부, 2009). 즉, 천체관측과 관련된 고등학교 과학의 학습 내용 제시 순서는 지구의 운동, 천체관측의 역사, 망원경의 원리, 망원경 관측, 천구좌표계 순으로 구성되어 있다.

현행 고등학교 지구과학의 천문학 단원에서는 천체관측과 관련하여 망원경 관측과 지구 운동, 천구좌표계에 대한 개념의 위계가 모호하고, 교과서에서도 체계적인 계열성을 이루지 못하는 것으로 추정된다. 교사가 교과서에서 제시된 개념의 위계를 정확하게 이해하고 있을 때, 학습이 효율적으로 이루어지며 개념에 대한 교실에서의 논의와 제시 수준이 결정된다(Carlson, 1999). 교사가 교과 내용의 개념 위계가 모호한 단원을 가르치는 경우 효과적인 수업은 이루어지지 않는다(Airasian and Bart, 1975; Childs and McNicholl, 2007)는 문제인식에 따라, 본 연구에서는 고등학생들의 천체관측 개념의 위계 관계를 밝히고, 그 교수-학습 효과를 알아보고자 한다. 이를 위해 천체관측 관련 개념 검사지를 개발하고, 평가 결과로부터 지식공간론을 이용하여 천체관측 개념의 위계 구조를 밝히고자 한다. 또한 본 연구에서는 천체관측 관련 개념의 구성 요인들 사이에 존재하는 절대적이고 불변적인 위계 관계를 규명하기 보다는 지식공간론을 활용하여 문항 사이 또는 학습과제 속에서 내재되어 있는 천체관측 관련 개념에 대한 개별 학습자의 지식상태를 찾아내고자 하며 다음과 같은 연구 문제를 해결하고자 한다.

첫째, 천체관측 관련 개념의 위계 구조와 개별 학습자가 갖고 있는 지식상태는 어떠한가?

둘째, 천체관측 관련 개념의 위계에 따른 교수-학습의 효과는 어떠한가?

O_1	X_1	O_2
O_3	X_2	O_4

X_1 : Lesson based on a psychological hierarchy
 X_2 : Lesson based on the order in which the textbook syllabuses are presented
 O_1, O_3 : pretest O_2, O_4 : post-test

Fig. 1. Experimental design.

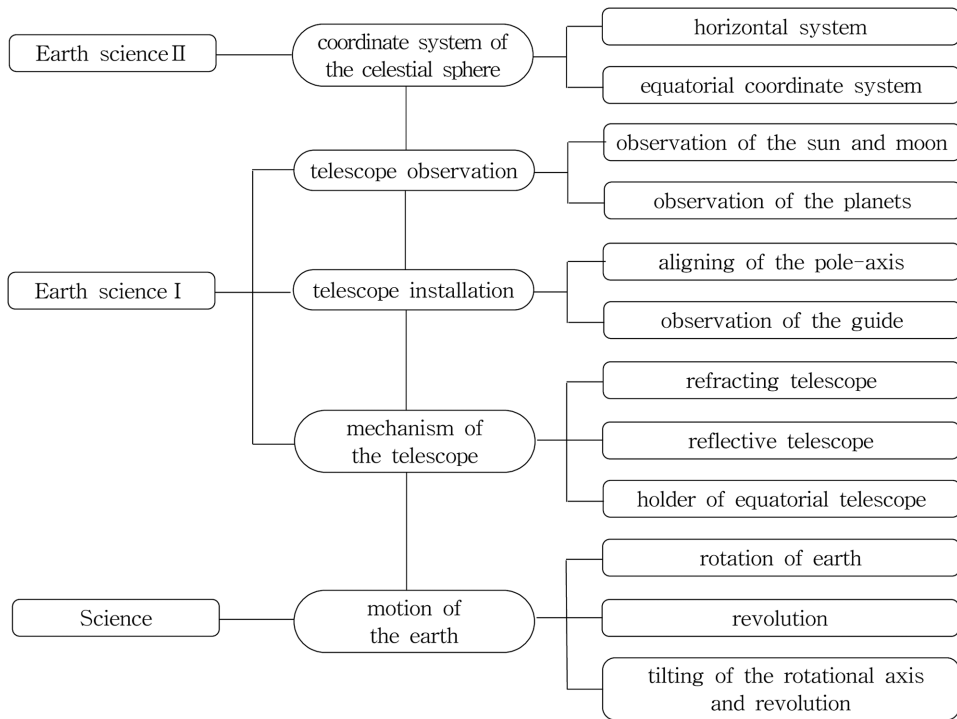


Fig. 2. The order in which syllabi of the unit of astronomical observation are presented.

연구 방법 및 절차

연구 대상

본 연구는 고등학교 천체관측 관련 개념의 위계 분석과 학습자의 지식상태를 알아보기 위하여 지구과학을 선택한 대전의 5개 고등학교 2학년 학생, 총 365명과 지구과학 교사 48명을 대상으로 하였다. 학생들이 갖고 있는 심리적 위계에 따른 교수-학습 후의 개념 성취도 차이를 알아보기 위하여 학생들의 심리적 위계에 따른 수업집단(2개 학교 4개 반)과 교과서에서 제시한 순서에 따라 수업한 집단(2개 학교 4개 반)을 설정하였다(Fig. 1).

수업에 있어서 제반 변인은 특별히 통제되지 않았으며 교사가 수업목표에 따라 수업을 하되 교수 순서만 통제하였다. 실험반은 A, B 학교 각 2개 반을

대상으로 심리적 위계(지구운동 → 천구좌표계 → 천체관측(원리 → 설치 → 관측))에 따라 수업을 실시하고, 통제반은 C, D 학교 각 2개 반을 대상으로 교과서 제시 순서(지구운동 → 천체관측(원리 → 설치 → 관측) → 천구좌표계)대로 수업하였다. 실험에 참여한 학생들은 2009년 10-11월 동안 16차시에 걸쳐 연구 단원을 이수하였다. E는 과학고등학교 학생들로서 천체관측 이론 및 실기 과정을 이미 마친 학생들로서 천체관측 관련 개념이 이미 잘 형성된 집단으로 분류하여 실험하였다.

검사 도구

천체관측 관련 개념 검사는 15문항의 선다형 지필고사 형태로 개발하였다. ‘천체 관측’ 단원의 주요 개념 요소를 선정하기 위해 2007개정 과학과교육과

Table 1. Concepts associated with astronomical observation of the testing tool and specifics of evaluation

Concepts associated with astronomical observation	Questions	Specifics of Evaluation
Motion of the earth	①	Phenomenon arising from the rotation of the earth
	②	Evidence of the rotation of the earth
	③	Evidence of the revolution of the earth
Mechanism of the telescope	④	Mechanism of the refracting telescope
	⑤	Magnification and field of the telescope
	⑥	Aligning of the pole-axis of the equatorial telescope
Installation of the telescope	⑦	Balancing of the body tube
	⑧	Finder aligning
	⑨	Tracing observation
Astronomical observation	⑩	Diurnal motions of celestial bodies
	⑪	Observation of the sun
	⑫	Interpreting observations of celestial bodies
Coordinate system	⑬	Reference point of the celestial sphere
	⑭	The horizontal System
	⑮	The equatorial Coordinate System

Table 2. Validity and reliability of the test sheets for concepts associated with astronomical observation

Concept factors	Questions	Validity index (CVI, %)	Reliability (Cronbach α)	Percentage of correct answers (%)	
				Before learning	After learning
Motion of the earth Coordinate system Astronomical observation (mechanism, installation, observation)	① ② ③ ⑬ ⑭ ⑮ ④ ~ ⑫	100	0.69	49.89	62.72

정의 고등학교 지구과학 내용에서 천체관측 관련 개념을 추출하였다. 과학은 2011학년도부터 적용되는 2009개정 과학과교육과정 내용을 분석하였다. 이를 통해 현재 적용되고 있는 교육과정에서 고등학교 천체관측 관련 개념의 제시 순서는 Fig. 2와 같다.

천체관측 관련 개념 검사지를 개발하기 위하여 Fig. 2를 기초하여 천체관측 관련 주요 5개 개념을 찾았고, 각 개념에 관련한 평가 목표와 내용을 각 요소별로 5개씩 정하여 총 25문항을 개발하였다. 개발된 문항을 천문학 내용 전문가 2명과 지구과학 교육학자 1명, 지구과학교사 2명에게 연구자가 제시한 천체관측 개념과 평가목표를 안내하면서 검사 문항들의 내용타당도, 정답의 객관도, 문항의 명료성을 검토하도록 1차 의뢰하였다. 검토된 의견을 반영하여 20문항으로 수정, 보완하였고, 이 문항들을 다른 5명의 지구과학 교사에게 2차 검토를 의뢰하였다. 2차에 걸친 전문가 의견과 검토를 통하여 최종적으로 15문항을 개발하였다. 1차 검토에서 검사지의 내용타당도(CVI)는 87.2%를 얻었고, 정답의 객관도는 96.8% 이

었다. 문항의 명료성에 관한 의견을 반영하여 5개 문항(3, 8, 13, 16, 22)을 삭제하고, 전문가들의 지적대로 평가 문항을 수정·보완하였다. 2차 검토에서 CVI 96.7%를 얻었으며 정답 객관도는 98.3%였다. 문항의 명료성 점검과 전문가 의견을 반영하여 5문항을 제거하고, 최종적으로 15개 문항을 천체관측 개념 검사지로 완성하였다(Table 1).

이 검사지의 내용타당도는 지구과학 교육 전문가 3명이 검토하였고, 검사지의 신뢰도와 현장 검증을 위해 지구과학 1을 선택한 2학년 학생(262명)을 대상으로 분석한 결과, 신뢰도(Cronbach α)는 0.69이었다. 수업에 참여하는 학생들을 대상으로 한 정답률은 교수·학습 전에 49.89점(100점 만점), 학습 후에는 62.72점이다(Table 2).

자료 처리 및 분석

본 연구의 자료처리 및 분석은 SPSS V15.0 프로그램을 활용하였고, 검사도구에 의한 학생들의 지식

상태 분석을 위해서 지식공간론을 이용한 Visual basic excel programming(윤마병과 김희수, 2010)을 활용하였다. 본 연구에서 취급하는 평가문항은 모두 ‘맞음’과 ‘틀림’으로 판명할 수 있는 이분문항이며 어떤 학생이 맞힌 문항의 집합을 지식상태(knowledge state)라고 한다. 이 집합은 그 학생에 대한 지식정보를 갖고 있으며, 충분히 많은 학생이 같은 평가문항으로 평가를 받았다면 다른 학생의 지식상태와 비교하여 그 학생의 지식 수준을 알 수 있다(변두원 등, 2002). 천체관측 관련 개념의 위계 분석 과정은 평가문항의 구체적 내용과 직접적인 관련이 없으며, 단지 이들 내용이 학생들을 통해서 나타나는 간접적 반응을 분석한다는 것에 관심을 가져야 한다.

본 연구에서 사용한 검사도구는 각 개념 당 3개 문항으로 이루어져 있어서 2개 이상 맞춘 경우를 개념이 형성된 것으로 보고 ‘1’로, 1개 또는 0개 맞춘 경우를 개념이 형성되지 않은 것으로 보고 ‘0’으로 입력하여 지식상태도를 작성하였다. 모든 문항의 순서 관계에서 추이적 관계를 제외하여 컴퓨터 처리를 단순화시킨 학제 정보를 얻고, 이를 평면에 도식화(hasse diagram)하여 문항 간 또는 개념 간의 위계도를 작성하였다.

연구 결과 및 논의

학습 전 천체관측 개념의 지식상태

천체관측 관련 개념에 대한 학습이 이루어지기 전에 고등학교 2학년 학생들의 심리적인 위계 구조가 어떠한가를 분석하기 위해 지식상태도를 분석하였다(Fig. 3). 즉 학생들의 지식상태도에서 망원경의 원리에 해당하는 4, 5, 6번 문항이 하위의 위계를 이루고 있으며, 망원경 관측에 해당하는 10, 11, 12번 문항은 상위 위계에 위치한다. 8학년 과학에서 망원경의

원리를 이미 학습하여 개념을 형성하고 있으나, 실제로 태양이나 달 등 천체를 관측한 경험이 없어서 아직 망원경 관측과 관련된 개념은 형성되어 있지 않음을 의미한다. 1번(지구운동)과 14번(천구좌표계)은 11번(망원경 관측) 보다 하위의 위계로 분석되어 지구운동과 천구좌표계 개념은 천체관측보다 더 익숙한 것으로 보인다. 천체관측 단원을 학습하기 전에는 학생들의 지식상태가 위계적으로 구조화되어 있지 못하며 학습자의 선행 개념의 구조 또는 위계 관계를 보이는 문항이 어느 정도인지 파악하는 정도에 불과하다. 3, 7, 8, 9, 13은 특정한 위계 관계를 형성하지 않고 있어서 천체관측에 관련된 학습 이전의 지식상태에서는 천체관측의 실제적인 분야인 망원경 설치(7, 8, 9번 문항)에 관한 개념이 전혀 형성되어 있지 않음을 보여준다.

이와 같은 학습 전의 지식상태도에 가치를 부여하기 위해서는 예상위계도가 필요한데, 교과서에서 제시하는 논리적 위계와 지구과학 교사들의 교수 위계, 천체관측 개념을 이미 형성하고 학생들의 위계구조를 분석하여 비교할 수 있다. 먼저 2009개정교육과정의 교과서에서 제시하는 개념 위계를 찾기 위해 천체관측과 관련된 내용을 분석하였다. 초등학교 5학년에서는 달과 별자리에 대해서 다루며, 중학교 2학년에서 태양계와 별, 우주 단원과 ‘망원경으로 달 관측하기’ 탐구활동이 제시되어 있다. 고등학교 과학에서는 지구의 운동(자전과 공전)이 다루어지고, 지구과학 I에서 망원경의 원리와 실제적인 관측(태양, 달, 행성 등), 지구과학 II에서는 천구의 좌표계를 다루고 있다. 즉, 천체관측 관련 개념에 대하여 교과서에서 제시하는 논리적 위계는 화살표의 방향이 상위의 개념으로서 지구 운동 → 망원경 원리 → 망원경 설치 → 망원경 관측 → 천구좌표계 순으로 제시되고 있다(Fig. 4).

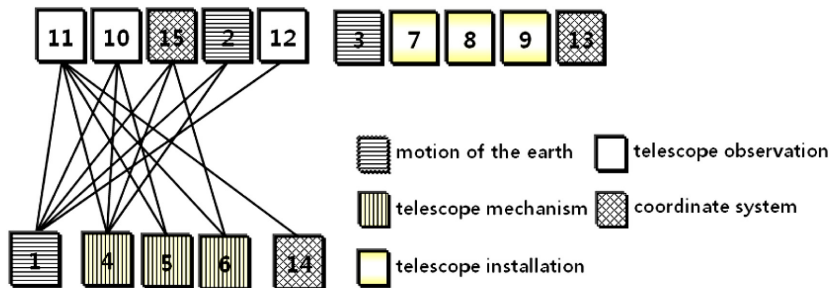


Fig. 3. Diagram of knowledge state prior to the learning of astronomical observations.

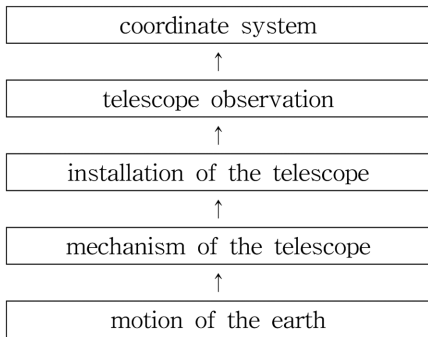


Fig. 4. Logical hierarchy of concepts associated with astronomical observation.

지구과학 교사들이 갖고 있는 개념 위계(교수 위계)를 분석하기 위해 대전시의 지구과학 교사 142명에게 email 설문을 조사하여 응답한 48명에 대하여 천체관측에 대한 개념의 위계 유형을 분석하였다(Table 3). 지구과학 교사들은 천체관측 관련 개념의 교수 위계 순서를 ‘지구운동 → 천구좌표계 → 천체관측’으로 보고 있다(70.8%). 교과서에서 제시하는 논리적 위계와 같은 생각을 하고 있는 경우는 8.3%로서 교수 위계와 상당한 차이가 나타난다. 12.5%의 교사들은 천구좌표계를 먼저 교수·학습하고 난 후, 지구운동, 천체관측 순으로 지도해야 한다고 생각하였다. 즉, 대부분의 지구과학 교사들은 천체관측 이전에 지구운동과 천구좌표계에 대한 개념을 먼저 학습해야 하는 것으로 보고 있다.

학습 후 천체관측 개념의 지식상태

천체관측 관련 단원의 학습과 망원경 관측 경험까지도 이미 갖고 있는 학생들의 지식상태와 개념의 위계 구조를 알아보기 위하여 과학고 학생들의 천체관측 개념 상태를 분석하였다. Fig. 5는 천체관측 개념이 잘 형성되어 있는 학생들의 지식상태도이다. 가장 하위의 위계 개념은 지구 운동(1, 2, 3번)이고, 망원경 원리(4, 5, 6번)와 천구 좌표계(13, 14, 15번)가

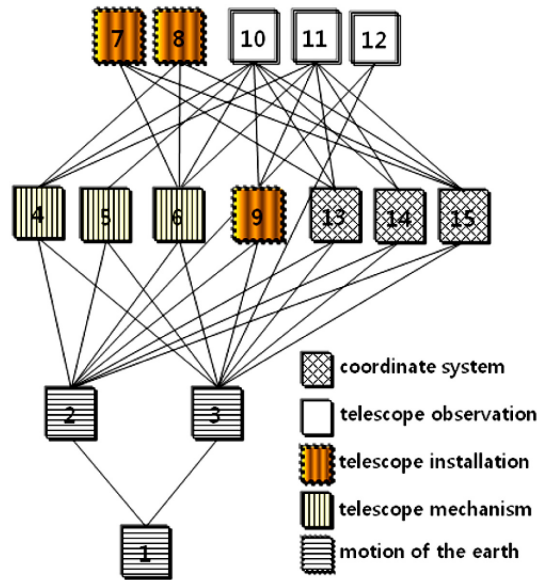


Fig. 5. Diagram representing each item's knowledge state of concepts associated with astronomical observation.

중간 단계의 위계, 망원경 설치(7, 8번)와 망원경 관측(10, 11, 12번)이 상위 위계를 나타낸다. 문항 간 위계 관계가 연결되지 않는 망원경 원리(4, 5, 6번)와 천구좌표계(13, 14, 15번)는 상호 간의 위계가 성립하지 않는 것으로 볼 수 있다.

Fig. 6과 7은 천체관측 개념 검사에서 9점(60%)으로서 천체관측 능력이 비슷할 것으로 생각되는 두 학생에 대한 지식상태도인데, 천체관측 개념의 구조화가 잘되어 있는 학생(Fig. 6)과 그렇지 못한 학생의 사례(Fig. 7)를 알 수 있다. 34번 학생은 최하위 개념인 1, 2, 3번 문항과 중간 개념인 4, 5, 6, 13, 14, 15번 문항을 맞추고, 최상위 개념을 모두 틀린(7, 8, 10, 11, 12) 경우로서 개념의 구조화가 안정적으로 이루어져 있다고 볼 수 있다(Fig. 6). 34번 학생과 같은 천체관측 평가 점수를 받았던 52번 학생의 지식 상태는 하위 개념인 2번 문항과 중간 개념 4, 9, 14

Table 3. Type of the hierarchy of concepts associated with astronomical observation that teachers of earth science have in mind

Hierarchy	A→B→C	A→C→B	B→C→A	B→A→C	C→B→A
No. of teachers (persons)	34	4	2	6	2
Percentage (%)	70.8	8.3	4.2	12.5	4.2

A: Motion of the earth (only simple concepts such as rotation and revolution of the earth, diurnal motion are included)
 B: The coordinate system of the celestial sphere (simple concepts such as the celestial sphere, the right ascension, declination and so forth required for astronomical observation are included)
 C: Astronomical observation (mechanism of telescope → installation of telescope → telescope observation)

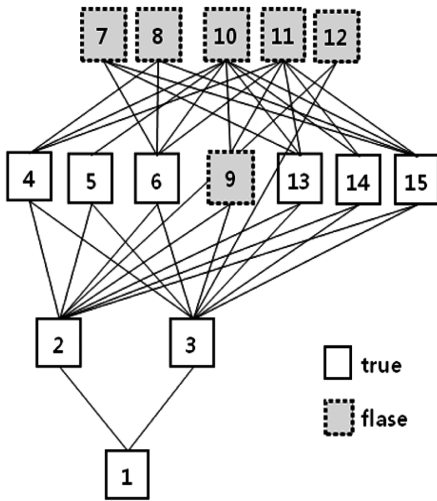


Fig. 6. Diagram representing knowledge state of student number 34.

번 문항은 틀렸지만, 최상위 위계를 이루는 7, 8, 10 번 문항은 맞춘 경우로서 천체관측 개념의 구조가 잘 형성되지 않은 학생으로 판단된다(Fig. 7).

천체관측 개념 검사지에서 동일한 점수를 얻은 학생일지라도 지식상태가 다를 수 있는데, 이를 학습자의 지식상태도 분석을 통하여 확인할 수 있다. 또한 이에 따라 각 개인에 맞는 적절한 학습 처방이 가능하다. 그리고, 학습 후의 지식상태도는 학생들의 개념 획득 수준을 알 수 있게 한다. 학습 전 후에 나타나는 학생들의 지식상태를 비교하여 학생들이 학습한 과학개념의 구조를 가시적으로 파악할 수 있으며, 학습자 개개인에 대한 학습전후 진단도 가능하다. 또한 개개인의 지식상태도는 그 학생의 지식상태뿐만 아니라, 학습 지도 자료로도 활용할 수 있다. 즉, 학습 후에 얻어진 지식상태 분석을 통해서도 추후 학습자의 보충, 심화 학습을 위한 시사점을 얻을 수 있겠다. 과학지식은 학습자 스스로 구성해가는 것으로 수동적으로 수용되는 것이 아니라, 만들어진다는 구성주의 관점(Noddings, 2006; Wood, 1998)에서 학습자 개별의 지식상태 분석은 개별화 수업 처방을 위해 매우 의미 있다고 할 수 있다. 또한 학습자는 학습과제에 대하여 관련된 개념을 갖고 있지 않았던 경우가 부분

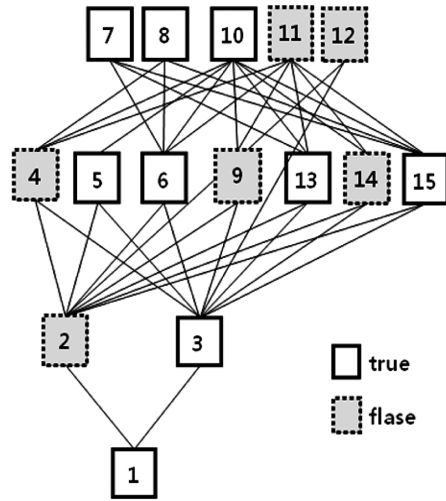


Fig. 7. Diagram representing knowledge state of student number 52.

적인 개념을 갖고 있는 경우보다 개념 항상 정도가 더 높았던 사례(김희수와 정지영, 2004)에서 보듯이, 지식상태 분석을 이용하여 학습자들이 갖고 있는 선 개념을 미리 파악하여 이를 반영한 교수 설계 과정이 매우 중요하다고 할 수 있다.

위계 학습 효과

사전 검사의 분석에서 실험반과 비교반의 평균 차이를 t-검정한 결과, 두 검사에서 집단 간에는 유의미한 차이가 없었으므로 통계적으로 실험반과 비교반이 동일한 집단이라고 규정할 수 있다(Table 4).

실험반과 비교반의 천체관측 관련 개념의 위계 학습 효과를 알아보기 위한 사후 검사는 사전 검사에서 사용한 동일 검사를 투입하였다. 실험집단의 천체관측 개념 정답률은 62.72점으로서 비교(통제)집단 보다 평균 5.01점 더 높은 점수로서 통계적(유의도 0.05 수준)으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 5).

천체관측 단원에서 학생들의 지식상태에 의한 심리적 위계에 따라 수업한 경우가 교과서의 논리적 위계에 따라 수업한 경우보다 개념의 형성률이 평균 5.01%(천체관측 개념) 더 높아서 교수-학습의 효과가

Table 4. t-test between pretest groups

Group	Average score	Standard deviation	t value	p value*
Experimental group (n=131)	49.89	15.48	.557	.578
Control group (n=131)	48.73	16.95		

*p<0.05

Table 5. t-test between post-test groups

Group	Average score	Standard deviation	t value	p value*
Experimental group (n=131)	62.72	12.67	2.309	.022
Control group (n=131)	57.71	16.67		

*p<0.05

더 컸다. 채동현(2000)도 초등학교 예비교사를 대상으로 한, 천체관측 학습을 통한 천문성취도에 관한 연구에서 천체관측과 관련한 교수-학습 개념 위계를 친구좌표계, 망원경의 원리와 조작, 지구의 운동, 태양과 달, 행성 관측 순으로 하였더니 매우 효과적이었음을 보고하여 친구좌표계를 먼저 가르쳐야 함을 시사하였다.

결론 및 제언

본 연구에서 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 고등학생들의 천체관측 관련 개념 위계는 ‘지구운동 → 친구좌표계 → 천체관측(망원경 원리 → 망원경 설치 → 망원경 관측)’ 순이었다. 지구과학 교사들이 갖고 있는 위계 유형도 ‘지구운동 → 친구좌표계 → 천체관측’ 순이었으며(70.8%), 교과서에서 제시하는 개념의 위계에 대해서는 8.3%의 교사만이 동의하고 있었다. 그러므로 교육과정이나 천체관측 단원의 수업에서 지구운동과 친구좌표계에 대한 내용을 먼저 제시하고, 그 다음으로 망원경의 원리와 설치, 관측에 대하여 교수-학습하는 것이 더 효과적일 것으로 판단된다.

둘째, 천체관측 개념 검사지의 점수가 같다고 하더라도 지식상태가 다른 두 학생의 천체관측 능력은 비슷한 수준이라고 말할 수 없다. 개념의 구조화가 잘 이루어진 학생의 경우에는 하위 위계를 이루는 지구운동과 친구좌표계, 망원경 원리에 관한 문항을 잘 맞추고, 상위 위계에 있는 망원경 설치와 관측 문항에서는 정답률이 낮았다. 그러나 개념의 구조화가 덜 이루어진 학생의 지식상태는 하위 위계의 지구운동 관련 문항은 많이 틀렸고, 오히려 최상위 위계(망원경 설치, 관측)를 이루는 문항은 잘 맞추었다. 이는 학습 내용이 학습자의 인지구조 속에 반드시 위계적으로 내면화되지 않을 수 있음을 시사한다. 따라서 하위개념을 잘 맞춘 학생에게는 상위개념을 잘 연결시켜 주는 개념연결 수업을 제공해 주어야 하고, 상위 개념만 잘 알고 있는 학생에게는 하위 개념에 대

한 개념정착 수업을 적절히 제공하여 보다 체계적이고 안정화된 수업이 지속적으로 수행되어야 할 것이다. 따라서 교수-학습 전에 이루어지는 학습자 개별의 지식상태 분석은 학생의 출발점 상태 확인과 진단평가 역할을 함으로서 개별화 학습의 기초 자료로 활용될 수 있고, 학습 후에 얻어지는 지식상태도는 형성평가와 향후 교수-학습의 시시점을 얻을 수 있다.

셋째, 지구과학 I의 천체관측 단원에서 학습자가 갖고 있는 심리적 위계(지구운동 → 친구좌표계 → 천체관측)에 따라 학습 내용을 제시한 경우와 교과서의 논리적 위계에 따라 제시한 경우를 교수-학습한 결과, 천체관측 개념의 형성률은 학습자의 심리적 위계에 따라 수업한 경우가 유의미(p<0.05)하게 더 높았다. 이러한 결과는 교사들이 과학 개념을 지도할 때, 국가 수준의 교육과정에서 제시하는 논리적 위계를 토대로 학습자의 지식상태를 파악하여 교과서의 학습 내용을 재순서화 함으로써 더 나은 교수-학습 효과를 얻을 수 있음을 보여준다.

본 연구에서 친구좌표계 관련 개념은 천체관측에 관한 개념보다 하위 위계를 이루고 있어서 지구과학 I에서 천체관측 단원을 수업하기 전에 친구좌표계에 대하여 먼저 수업하는 것이 효과적일 것이다. 그러나 친구좌표계는 시공간적 개념과 공간추리 능력을 필요로 하고, 일상생활에서 경험의 기회가 적어서 학생들이 어려워한다. 그러므로 친구좌표계에 관하여 학습자가 쉽게 이해할 수 있는 교수-학습 프로그램 개발과 동일한 성적을 보이면서도 개념 위계가 상이한 학생에 대해 심층적인 비교 연구가 필요함을 제언한다.

참고문헌

- 구자홍, 2000, 고등학생들의 공간능력과 천체운동 개념과의 상관관계. 한국교원대학교 석사학위논문, 87 p.
- 김경호, 김영수, 1996, 고등학교 유전 학습에 효과적인 교수 순서와 교수 방법. 한국생물교육학회지, 24, 107-124.
- 김범기, 이항로, 김기정, 1996, 천문 개념 성취도와 공간능력과의 상관관계에 관한 연구. 한국초등과학교육학회

- 지, 15, 315-325.
- 김상달, 이용섭, 이상균, 2005, 초등학교 학생들의 공간능력 과 천체운동개념 및 과학탐구능력과의 관계. 한국지구과학회지, 26, 461-468.
- 김석천, 박상태, 이희복, 정기주, 2007, 지식상태분석법을 이용한 학습 진단평가도구로의 활용성 분석. 한국과학교육학회지, 27, 346-353.
- 김승동, 김용환, 김태균, 노영순, 박달원, 변두원, 이덕호, 2002, 지식공간론 입문. 보성, 대전, 148 p.
- 김영문, 1993, 고등학생의 지구 및 행성의 운동에 관한 개념. 한국교원대학교 석사학위논문, 73 p.
- 김영신, 정완호, 1994, 생명의 연속성 개념에서 학습위계에 따른 수업효과에 관한 연구. 한국과학교육학회지, 15, 233-240.
- 김희수, 1997, 고등학교 지구과학 '천문학 분야'의 WBI CD-ROM 개발. 한국지구과학회지, 17, 149-165.
- 김희수, 서창현, 이항로, 2003, 천문학적 공간개념 수준에 관한 검사도구 개발. 한국지구과학회지, 24, 508-523.
- 김희수, 정지영, 2004, 중학교 과학 '달의 운동' 단원의 상호작용형 WBI 개발 및 적용. 한국지구과학회지, 25, 663-673.
- 교육부, 1997, 제7차과학과교육과정고시. 88 p.
- 교육인적자원부, 2007, 2007개정 과학과교육과정고시. 89 p.
- 교육과학기술부, 2009, 2009개정 과학과교육과정고시. 302 p.
- 명전옥, 2001, 예비교사들의 지구과학 문제 해결 실패 요인. 한국지구과학회지, 22, 339-349.
- 박상태, 변두원, 이희복, 김준태, 육근철, 2005, 지식상태 분석법을 통한 예비교사들의 학년별 물리개념 위계도 분석. 한국과학교육학회지, 25, 746-753.
- 변두원, 박달원, 이덕호, 2002, 지식공간론에 기초한 학습경로 탐색 알고리즘 연구. 공주대학교 과학교육연구, 33, 175-188.
- 변두원, 정인철, 박달원, 노영순, 김승동, 2004, 수학 교육에서 평가결과에 기초한 개별화 학습과정의 위계도. 한국수학교육학회지, 43, 75-85.
- 변재성, 정재구, 문병찬, 정진우, 2004, 지구와 달의 운동에 대한 고등학생들의 생각. 한국지구과학회지, 25, 519-531.
- 신동희, 박정, 2002, 국제 비교 연구에 나타난 우리나라 학생들의 지구과학 성취도: 성 차이를 중심으로. 한국지구과학회지, 23, 207-220.
- 송하영, 김영신, 2010, 지식상태분석법을 이용한 고등학생의 유전관련 개념의 위계 분석. 과학교육연구지, 34, 237-245.
- 이양락, 광영순, 김동영, 2007, 제7차 지구과학 I, II 교육과정 개선 방안 연구. 한국지구과학회지, 27, 328-336.
- 임청환, 1992, 서열화 이론을 이용한 논리적 사고력의 위계 분석. 한국지구과학회지, 13, 290-303.
- 임청환, 2003, 초등교사의 과학 교과교육학 지식의 발달이 과학 교수 실제와 교수 효능감에 미치는 영향. 한국지구과학회지, 24, 258-272.
- 임청환, 김학목, 1994, 대기압과 달의 운동에 관한 중학생들의 개념 분석. 한국지구과학회지, 15, 157-169.
- 윤마병, 2010, 지식공간론을 활용한 천문학 개념의 위계 분석. 공주대학교 대학원 박사학위논문, 105 p.
- 윤마병, 김희수, 2010, 지식공간론에 기초한 천문학적 공간개념의 위계 분석. 한국지구과학회지, 31, 259-266.
- 정경화, 2000, 천문현상 개념에 대한 초등학생들의 심리적 위계에 따른 교수효과. 한국교원대학교 석사학위 논문, 85 p.
- 정남식, 1996, 소집단 역할놀이와 토의를 통한 고등학생들의 지구와 달의 운동 개념변화. 한국교원대학교 박사학위논문, 285 p.
- 정완호, 차희영, 강석본, 1993, 고등학교 학생들의 생리학적 오개념. 한국생물교육학회지, 21, 35-53.
- 정진우, 박진홍, 1997, 지구과학 개념에 대한 중학교 학생들의 심리적 위계에 따른 교수 효과. 한국지구과학회지, 18, 138-145.
- 정진우, 조선형, 임청환, 1996, 과학개념의 위계적 분석 및 그 적용을 통한 교수 효과와 과학교육과정 계열성의 타당화 평가 연구. 한국과학교육학회지, 16, 1-12.
- 차영, 권재술, 2004, 제7차과학과 고등학교 교육과정의 개정 내용 및 문제점(제6차 과학과 교육과정과 비교 중심으로). 청담과학교육논총, 14, 14-31.
- 채동현, 2000, 천체관측을 통한 학습이 천문성취도와 천문 교수효능에 대한 신념, 과학적 태도에 미치는 효과. 한국초등과학교육학회지, 18, 79-101.
- 최호순, 1999, 중학생들의 공간능력과 천체운동 개념 및 과학탐구능력과의 관계. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문, 55 p.
- Airasian, P.W. and Bart, W.M., 1975, Validating a priori instructional hierarchies. Journal of Educational Measurement, 12, 163-173.
- Albert, D., Falmagne, J.C., and Doignon, J.P., 1995, Knowledge Structures. Lawrence Erlbaum, NY, USA, 256 p.
- Albert, D. and Lukas, J., 1999, Knowledge Spaces: Theories, Empirical Research, and Applications. Lawrence Erlbaum, NY, USA, 240 p.
- Ashton, P.T., 1984, Teacher efficacy: A motivational paradigm for effective teacher education. Journal of Teacher Education, 35, 28-32.
- Ashton, P.T. and Webb, R.B., 1986, Making a difference: Teacher's sense of efficacy and student achievement. Longman, NY, USA, 225 p.
- Bandura, A., 1997, Self-efficacy: The exercise of control. W.H. Freeman, NY, USA, 604 p.
- Bart, W.M., 1976, Some results of ordering theory for Guttman scaling. Educational and Psychological Measurement, 36, 41-148.
- Bart, W.M. and Krus, D., 1973, An ordering-theoretic method to determine hierarchies among items. Educational and Psychological Measurement, 33, 281-300.
- Baxter, J., 1989, Children's understanding of familiar astronomical events. International Journal of Science

- Education, 11, 502-513.
- Bergan, J.R., 1980, The Structural analysis of behavior: An alternative to the learning-hierarchies model. Review of Educational Research, 50, 625-646.
- Bisard, W.J., Aron, R.H., Francek, M.A., and Nelson, B.D., 1994, Assessing selected physical science and earth science misconceptions of middle school through university preservice teachers. Journal of College Science Teaching, 24, 38-42.
- Brookover, W., Schweitzer, J., Schneider, J., Beady, C., Flood, P., and Wisenbaker, J., 1978, Elementary school social climate and school achievement. American Educational Research Journal, 15, 301-318.
- Chalson, W.S., 1999, Domains of teacher knowledge. In Gess-Newsome, J. and Lederman, N.G. (eds.), Examining Pedagogical Content knowledge. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, 133-144.
- Childs, A. and McNicholl, J., 2007, Investigating the relationship between subject content knowledge and pedagogical practice through the analysis of classroom discourse. International Journal of Science Education, 29, 1629-1653.
- Del Grande, J., 1990, Spatial sense. The Arithmetic Teacher, 37, 14-20.
- Doignon, J.P. and Falmagne, J.C., 1998, Knowledge Spaces. Springer-verlag, USA, 300 p.
- Gibson, S. and Dembo, M., 1984, Teacher efficacy: A construct validation. Journal of Educational Psychology, 76, 569-582.
- Griffiths, A.K. and Grant, B.C., 1985, High school student understanding of food webs: Identification of a learning hierarchy and related misconceptions. Journal of Research in Science Teaching, 22, 421-436.
- Finegold, M. and Pundark, D., 1991, A study of change in student's Conceptual frameworks in astronomy. Studies in Evaluation, 17, 151-166.
- John, B.L. and Lynch, P.P., 1987, Children's conceptions of the Earth, Sun, and Moon. International Journal of Science Education, 9, 43-53.
- Lightman, A.P., Miller, J.D., and Leadbeater, B.J., 1987, Contemporary cosmological beliefs. Proceedings of the second international seminar: Misconceptions and educational strategies in science and mathematics, Cornell University, NY, USA, 309-321.
- Linn, M.C. and Peterson, A.C., 1985, Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. Child Development, 56, 1479-1498.
- McGee, M.C., 1979, Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal and neurological influence. Psychological Bulletin, 86, 889-918.
- Noddings, N., 2006, Philosophy of education (Second Edition). Westview Press, CO, USA, 288 p.
- NRC(National Research Council), 1996, National science education standards. National Academic Press, Wasington DC, USA, 262 p.
- Nussbaum, J. and Novak, J.D., 1976, An assessment of children's concepts of the earth utilizing structured interviews. Science Education, 60, 35-550.
- Pallrand, G.J. and Fred, S., 1984, Spatial ability and achievement in introductory physics. Journal of Research in Science Teaching, 21, 507-516.
- Phillips, W.C., 1991, Earth Science misconceptions. The Science Teacher, 58, 21-23.
- Ross, J.A., 1992, Teacher efficacy and the effect of coaching on student achievement. Canadian Journal of Education, 17, 51-65.
- Siedal, N.W. and McKeen, R.L., 1974, More on the use of student generated learning hierarchies. Improving Human Performance, 3, 71-80.
- Smith, W.S. and Schroeder, C.K., 1979, Instruction of fourth grade girls and boys on spatial visualization. Science Education, 63, 61-66.
- Tracy, D.M., 1990, Toy-playing behavior, sex-role orientation, spatial ability, and science achievement. Journal of Research in Science Teaching, 27, 637-649.
- Wilson, M., 1985, Measuring stages of growth: A psychometric model of hierarchical development. Australian Council Educational Research (ACER), Occasional Paper 19, 83 p.
- Wood, W.J., 1998, Epistemology: Becoming Intellectually Virtuous. Inter Varsity Press, UK, 216 p.

2011년 8월 16일 접수

2011년 9월 16일 수정원고 접수

2011년 12월 20일 채택