

지구와 달의 운동에 대한 고등학생들의 생각

변재성¹ · 정재구^{2,*} · 문병찬² · 정진우²

¹효원고등학교, 443-848 경기도 수원시 매탄3동 1154

²한국교육원대학교 지구과학교육과, 363-791 충북 청원군 강내면 다라리 산7

High School Student Conceptions on the Motion of the Earth and Moon

Jae-Sung Byun¹, Jae-Gu Jung^{2,*}, Byoung-Chan Moon², and Jin-Woo Jeong²

¹Hyowon High School, 1154 Maetan 3-dong Suwon Gyeonggido, 443-848, Korea

²Department of Earth Science Education, Korea National University of Education,
Cheongwon, Chungbuk, 363-791, Korea

Abstract: The purpose of this study was to ascertain high school student ideas on the motion of the Earth and moon by cognitive level. For this study, five students determined to be of high, middle and low cognitive level selected from 73 10th-grade students at a high school located in Suwon, Gyeonggido. The results of this study were as follows: first, students at the high cognitive level had comparatively more logical and scientific conception on the revolution and rotation of the Earth and moon. second, students at the middle cognitive level, generally had a passive learning attitude to unconditionally memorize learned contents, so they were apt to forget learned contents, also their recognized conception was not enlarged. In addition, they had naive theories, intuitive ideas and misconceptions as well as made logical errors in the course of explanation for the motion of the Earth and moon. In the course of explanation for the phases of the moon and the cause of change of season, because of their scientific conception, the students made more and more errors in conception. finally students at the low cognitive level were not willing to think logically and positively and were very passive in the attitude to recognize conception. In addition, they have learned helplessness on the grounds that they have low scholastic achievement specially in science.

Keywords: motion of the Earth and moon, cognitive level

요약: 본 연구의 목적은 인지 수준에 따른 고등학생들의 지구와 달의 운동에 대한 생각을 알아보는 데 있다. 연구를 수행하기 위하여 경기도 수원시에 소재한 일반계 고등학교 10학년 학생 73명을 선정하여, 인지 사고 수준이 상, 중, 하인 학생 5명을 표집, 질적 분석의 대상으로 삼았다. 연구 결과, 학생의 인지 수준이 높을수록 지구와 달의 공전과 자전에 대한 개념이 비교적 논리적이고 과학적으로 정립되어 있었다. 인지 수준이 중간인 학생의 경우, 보편적으로 수업 시간에 학습한 내용을 비판 없이 무조건 수용하고 암기하려는 수동적인 학습 태도를 가지고 있었으며 파지된 개념이 확장되지 못하고 쉽게 망각되었다. 또한, 지구와 달의 운동을 설명하는 과정에서 유년적 개념 및 직관과 오인이 나타났으며 논리적 오류를 범하는 경우도 있었다. 특히 달의 위상 및 계절 변화의 원인에 대한 설명에서 학생들의 오개념이 심한 것으로 나타났다. 인지 수준이 낮은 학생들은 대체로 과학을 비롯한 학업 성취도가 낮음을 이유로 의욕적인 논리적 사고를 하려고 하지 않았으며, 개념을 인지하고자 하는 태도에서도 소극적이었고, 수동적인 '학습된 무기력'이 나타났다.

주요어: 지구와 달의 운동, 인지 수준

*Corresponding author: jjaegu@hanmail.net

Tel: 82-43-230-3794

Fax: 82-43-232-7176

서 론

예로부터 하늘에서 일어나는 천체 현상은 인류의 관심과 동경의 대상이 되어 왔으며, 과학의 발달에 따라 천체의 여러 가지 현상이 단순한 관심과 동경의 대상을 넘어 그 원인을 규명하고 현상을 이해하려는 노력으로 이어져왔다(Baxter, 1989; Bisard et al., 1994; NRC, 1996; Philips, 1991).

지구와 달의 공전과 자전 운동은 학생들의 공간 지각 능력과 상상력을 필요로 하는 3차원의 공간에서 이루어지는 회전 운동 현상으로 학생들에게 비교적 이해하고 접근하기 어려운 부분으로 인식되어 온 것이 사실이다(NRC, 1996; 조희형, 1994). 많은 학생들은 천체의 운동에 대한 개념 접근을 꺼리며 개념 습득 정도를 확인하기 위한 평가에서도 단순 암기에 의한 응답을 제시하거나 피상적 직관만으로 응답을 하고 있다. 또한 어려서 접한 비과학적이고 유년적인 개념에서 벗어나지 못한 채, 천체의 운동을 과학적으로 사고하지 못하고 이해하지 못하는 부분으로 남겨 놓는 것 또한 현실이다(AAAS, 1993).

실제로 고등학생들은 지구과학 과목에서 가장 어렵고 고민스러운 학습 단원으로 주저하지 않고 천체의 운동 단원을 지목하고 있으며, 성취도 평가에서도 천체의 운동 단원이 가장 낮은 결과를 나타내고 있다(신동희와 박정, 2002). 이는 교과내용에서 다루는 '지구와 달의 운동' 단원 학습이 학생들의 인지적 발달에 따른 공간지각 능력의 수준을 전체로 한다는 점에서 볼 때, 전통적 교수 학습 활동에서 초래된 시·공간적 감각의 미비가 개념 이해를 방해하는 요인으로 작용하고 있기 때문이다(구자홍, 2000; 명전옥, 2001). 또한 학생들이 경험하는 천체와 관련된 자연현상을 개인 나뭇대로의 개념으로 정립하고자 하는 경향과 교과서를 비롯한 참고서의 잘못된 그림과 용어(Sadler, 1987), 각종 미디어의 오류와 교사의 잘못된 설명 등이 이러한 개념을 정착시키는데 영향을 주고 있다. 이는 새로운 과학적 개념 유입을 방해(Chinn and Brewer, 1998; Pintrich et al., 1993)하는 동시에, 일반적 학습방법으로는 치유할 수 없을 만큼 후속 학습에 막대한 지장을 초래하고 있다(채동현 외, 2003).

지구와 달의 운동에 대한 선행 연구를 살펴보면, Sadler(1987)는 미국의 9학년 학생들을 대상으로 한 연구에서 밤과 낮이 생기는 이유에 대해 면담을 통해 다양한 오개념이 존재함을 밝혔으며, Schoon

(1989)은 미국의 초·중·고 및 성인을 대상으로 한 연구에서 태양, 지구, 달에 관해 21가지의 오개념이 존재함을 밝혔다. Treagust and Smith(1989)는 10학년 학생의 연구에서 중력과 행성의 운동에 대해 다양한 오개념이 존재함을 언급하였으며, Cathy Ann(1989)은 예비교사 142명을 대상으로 한 연구에서 교사, 교과서 지문, 그림, 경험, 추측 등이 오개념의 기원임을 밝혔다.

국내 연구로, 민준규(1991)의 지구와 달의 운동에 관한 연구, 김영문(1994)의 지구 및 행성의 운동에 관한 연구, 장태환(1994)의 지구와 달의 운동에 대한 초등학생의 개념, 김순걸(1995)의 지구와 달의 운동에 대한 오개념 연구 등이 있다.

현재 과학교육 연구 방법의 패러다임은 양적 연구에서 질적 연구로 변하고 있음에 주목할 필요가 있다. 양적 연구는 일반적인 경향성을 취하는 입장이며서 예외적인 특성을 배제하는 입장이다. 또한 복잡한 심리작용에 의해 일어나는 제반 현상에 대해서는 측정하기 어렵다는 제한점을 지닌다. 따라서 이 연구는 자연 상태를 변화시키거나 통제하는 입장에서 벗어나 자연 상태 그대로를 관찰하고 기술하는 질적 연구 방법으로 접근하고자 하였다. 이에 학생들의 선행 학습 개념 정도를 확인하는 과정에서도 단순히 문제 제시에 따른 답안의 정오만을 판단하는 수준을 넘어 오답이 나오는 다양한 배경을 분석하고 학생 개인의 인지 수준과 개념을 파악하여 처치할 필요성이 대두되었다(Merriam, 1988).

따라서, 이 연구에서는 질적 연구의 한 방법인 비구조적인 면담법을 통하여, 고등학생들의 지구와 달의 운동에 대한 생각을 인지 수준에 비추어 알아보는 데 있다.

연구 방법 및 절차

연구 대상 및 절차

본 연구는 경기도 수원시에 소재한 일반계 H고등학교의 1학년 2개 학급 73명을 대상으로 논리적 사고력 검사지인 GALT(Group Assessment of Logical Thinking) 축소본을 이용하여 인지 수준 검사를 실시하였다. 본 연구가 질적 연구의 성격을 띠고, 연구 수행 대상이 고등학생이라는 점, 지구와 달의 운동에 관한 폭넓은 분야를 인터뷰하는 관계로 다수의 학생을 인터뷰함에 있어 현실적인 한계가 따르기에 질적

분석의 연구 대상을 인지 사고 수준이 각각 상, 중, 하 2명씩 총 6명의 학생으로 표집하였다. 그러나, 연구 수행도중 상 수준인 학생 1명이 부득이한 개인사정으로 인하여 중도에 탈락함으로써 최종 5명만을 대상으로 질적 연구를 수행하였다.

구체적인 연구 절차를 살펴보면, 1단계로 자료 수집 및 문헌을 연구하였다. 국내외 학위논문, 과학잡지, ERIC, 저널, 과학학회지, 학술지, 출판 서적을 중심으로 공간지각 능력과 논리적 사고력 관련 연구 및 친문분야 관련 연구를 수집 정리하고 전문가의 조언을 구하였다. 2단계로 선행 학습 내용 및 개념의 위계를 분석하였다. 학생들이 초·중·고 교육과정을 통하여 학습하게 되는 천체운동 단원에서의 학습내용을 분석하고 학습 요소를 추출하여 위계적 개념을 분석하였다. 3단계로 인지 수준 검사 및 연구 대상을 선정하였다. 인지 수준의 차이가 있는 연구 대상 학생을 선정하기 위하여, 논리적 사고력 검사지인 GALT(Group Assessment of Logical Thinking) 축소본을 고등학교 1학년 학생 73명에게 투입하고 검사 결과를 분석하여 그 중 인지 수준이 각각 상, 중, 하인 연구 대상 학생 6명중 최종 5명을 질적 분석의 대상으로 삼았다. 4단계로 임상 면담 및 천체 운동의 개념을 조사하였다. 천체운동에 대한 개념을 알아보기 위하여 표집 선정된 학생을 대상으로 임상 면담을 실시하였으며, 면담 전에 연구자와 학생의 허용적 분위기(rapport)를 형성하기 위하여 친밀감과 자연스런 관계를 구축하였다. 마지막 5단계로 인지 수준 차이에 따른 천체 운동의 개념을 공동 연구원간 토론을 통해 분석하였다.

검사 도구 및 내용

인지 수준 검사: 인지 수준 검사 도구는 Roadrangka 등이 개발한 GALT(Group Assessment of Logical Thinking)를 우리말로 번역한 것을 활용하였다(최영준 외, 1985). GALT 검사도구는 조합 논리, 보존 논리, 상관 논리, 비례 논리, 확률 논리, 변인통제 논리 등 6가지의 논리에 관련된 총 21개의 문항으로 이루어져 있다. 한편, Roadrangka 등은 그들의 연구 결과를 바탕으로 총 21개의 문항 중에서 각 논리별로 2문항씩 모두 12개의 문항을 사용해도 무방하다고 제안하였고(권재술 외, 1987), 본 연구에서는 그 제안에 따라 6가지의 논리 유형에 관련된 문항을 각 2개씩 선정, 모두 12개의 문항으로 이루어진 축소본

(shorter-test)을 이용하여 학생들의 인지 수준을 검사하였다.

학생들의 선행 학습 개념 인지 수준 검사: 표집된 학생을 대상으로 임상 면담을 통하여 선행 학습요소에 대한 개념 인지 수준 및 생각을 분석하였다. 임상 면담은 학생의 논리를 그대로 이어가면서 사고를 유도하는 비구조적 면담으로 진행되었다. 주요 내용으로 천체의 운동과 관련된 지구의 공전과 자전, 달의 공전과 자전, 계절의 변화 등 학생들의 지적 개념을 필요로 하는 내용은 가급적 피하고, 사고능력을 추출할 수 있는 내용으로 하였다. 또한 교육과정에서 이미 학습한 내용으로만 제한하였다.

자료 수집 및 분석

학생들의 인지 수준에 따른 지구와 달의 운동 개념을 알아보기 위하여 인지적 사고력 검사를 위주로 학교에서의 학업성취도, 기타 과학의 관심도를 종합하여 공동연구자와 담임교사가 판단하여 논리적 사고력이 높은 학생 1명, 중간인 학생 2명(A, B), 낮은 학생 2명(C, D) 등 모두 5명을 최종 분석의 대상으로 삼았다. 학생의 불안감을 해소하고 허용적인 분위기(rapport)를 형성하기 위하여 사전에 일상 생활의 이야기, 친구들 이야기 등을 통하여 자연스럽고 부담 없는 분위기를 형성한 후 면담을 시작하였다. 학생들을 대상으로 천체의 운동과 관련된 선행학습 개념 및 사고 내용을 알아보기 위하여 항성과 행성, 위성에 대한 개념, 지구의 공전과 자전, 달의 공전과 자전, 달의 위상 변화, 계절 변화의 원인을 주제로 임상 면담을 실시하였으며, 학생들의 응답에 필요할 수 있는 백지와 펜, 투명 천구의, 삼구의, 지구본, 구면 흑판, 실로 매달아놓은 구 등을 제공하여 이를 자유롭게 이용하면서 응답할 수 있도록 하였다. 또한, 연구자의 의도에 따라 응답을 하였을 때 나타날 수 있는 개념 상호간의 단절 현상을 감소시키고 부자연스러움을 극복하기 위하여 학생의 논리를 연구자가 따라가면서 질문을 하는 비구조적 면담법을 실시하여 학생들의 개념 및 사고 내용을 분석하였다.

이 과정에서 연구자 개인의 주관에 따른 학생들의 반응한 개념에 분석의 오류를 방지하기 위하여, 연구자와 지구과학 교사 1명, 지구과학교육 전문가 2인이 참여하였다. 면담 녹취 자료 및 응답자의 그림을 보면서 분석할 내용별로 공동 연구원들의 정기적인 모

임이 진행되었으며, 공동 연구원 각자 학생들이 반응한 내용에 대해 자신이 분석한 내용을 연구원 서로 간 각자의 견해를 밝히면서 상이한 분석의 내용이 나타날 시 공동 연구원간 90%의 일치도에 도달될 때까지 계속 토론을 하였으며 약 2개월 정도의 시간이 소요되었다. 이 과정을 통해 자료 분석의 타당도와 신뢰도를 확보하였다.

연구 결과 및 논의

항성과 행성, 위성에 대한 개념

인지 수준이 높은 학생의 경우, 성간운이 모여 별을 이룬다는 사실과 별의 일생을 통하여 나타나는 신성이나 블랙홀 등의 진화과정에 대한 개념이 있으며, 미디어 매체나 과학잡지 등을 통하여 습득한 개념을 지니고 있었다. 완전한 개념 체계를 갖추지는 못하였으나 과학에 대한 호기심이 동기 유발되어 인지된 사실에 대해 파지하고 있었다. 다만 천체 현상과 관련하여 항성과 행성의 특성에 대한 구분을 명확하게 인지하고 있지는 못했다.

또한, 별을 이루는 물질의 성분과 중학교까지의 학습내용에 포함되지 않은 별의 진화 부분까지 개념이 확장된 일부도 있었으나, 부분적으로 별을 이루는 물질의 상태가 액체와 고체의 유동적 상태라든지, 혹은 별이 다른 천체와의 충돌에 의해 깨져 나가 구를 칼로 잘라놓은 것처럼 되어있다는 유년적 개념을 가지고 있었다(Fig. 1).

인지 수준이 중간인 학생(A)의 경우, 별의 모양이 구형임을 인지하고 있었으나, 별의 물질 성분에 대한 개념은 전혀 정립되지 않은 무개념 상태였다. 별을 이루는 물질의 상태 등에 대하여 고체가 가장 많을 것이라는 유년적 개념을 가지고 있으며, 물질의 상태에 대하여 그 형태가 일정하고 가시적이며, 뚜렷하게 나타나는 고체 물질이라는 선입견을 가지고 있었다. B의 경우, 별의 형태가 오각형이 아니라는 사실을 중학교 2학년 때 인지하였다고 하였으며, 별을 이루는 물질의 상태가 가스라는 사실도 인지하고 있었다. 그러나 항성과 행성의 차이를 구별하지 못하고, 천체는 대체로 모두 같을 것이라는 선입견을 갖고 있었다.

인지 수준이 낮은 학생(C)의 경우, 별의 모양이 구형이라고 응답했다. 지구나 태양을 닮았을 것이라는 직관과 별의 크기를 학교에 비유하고, 별에서 나오는 빛을 필라멘트에 비유하는 등 유년적 개념을 가지고



Fig. 1. Conceptions about the star (student in high cognitive level).

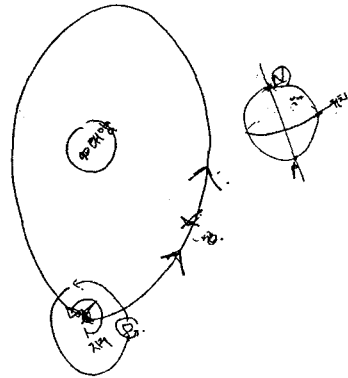


Fig. 2. Picture of the earth's orbit around the sun (student in high cognitive level).

있었으며, 선입견에 의존한 응답을 하고 있었다. 물질 상태에 대한 기본적 개념이 전혀 없는 등 심각한 개념 부재를 드러내고 있었다.

D의 경우, 태양이 하나의 항성에 불과하다는 사실을 인지하지 못한채 특별한 존재인 것으로 막연히 인식하고 있었다. 뜨겁게 이글거리고 있다는 선입견과 유년적 개념을 가지고 있으며, 낮과 밤의 현상을 태양이 주관한다는 신약적인 개념을 가지고 있었다. 이와 같은 결과는 별에 대한 논리적 개념 정립이 어려운 이유에 대해 천문분야의 연구 대상이 매우 먼 거리에 있으며, 실험실에서의 동일 실험과 반복 실험이 불가능하다는 점에 있어서 유년적 개념을 유발할 소지가 매우 크다고 지적한 임청환과 정진우(1993)의 연구 결과와 맥락을 같이한다.

지구의 공전에 대한 개념

인지 수준이 높은 학생의 경우, 교과서 등에서 태양 및 지구와 달의 운동 방향을 동·서로 표현하거나 시계·반시계 방향으로 표현하는 등 이전의 학습이 다소 인지에 혼란을 주었으나, 비교적 지구의 공전에 관한 개념이 논리적으로 정립되어 있었으며, 지구의



Fig. 3. Picture of the earth's orbit around the sun (student in middle cognitive level-B).

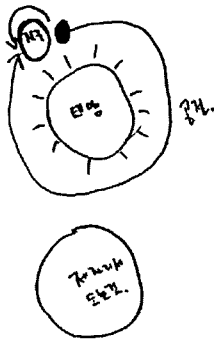


Fig. 4. Picture of the earth's orbit around the sun (student in low cognitive level-C).

공전주기와 방향에 대해 과학적인 개념을 가지며 사고하고 있었다(Fig. 2).

인지 수준이 중간인 학생(A)의 경우, 지구의 공전이 태양을 중심으로 이루어진다는 사실과 공전 주기는 인지하고 있었으나, 공전의 방향에 대해서는 제대로 인지하지 못했다.

B의 경우, 지구의 공전에 대한 개념과 공전주기를 인지하고 있었으며, 공전의 방향도 인지하고 있었다(Fig. 3).

인지 수준이 낮은 학생(C)의 경우, 지구의 공전과 자전에 대한 용어에 혼동을 보였다. 개념 인지가 거의 이루어지지 않았으며, 공전의 방향과 주기에 대해 무개념 상태에서 추측에 의존하였다. 태양계의 행성과 항성의 개념이 모호하여 천체에 대한 개념이 정립되어 있지 않았으며, 학교에서의 수업보다는 대중매체를 통해 경험한 사실이 개념을 오히려 더욱 혼란스럽게 만들고 있었다(Fig. 4).

D의 경우, 지구의 공전 운동이 단지 돌고 있다는 개념 이외에는 인지된 개념이 거의 없었다. 지구의



Fig. 5. Picture of the earth's orbit around the sun (student in low cognitive level-D).

공전 방향에 대한 개념이 없으며, 공전의 주기에 대해서도 막연한 추측을 하고 있는 상태였다(Fig. 5).

- [연구자]: 지구가 공전한다는 것이 뭔지 설명해봐.
 [학 생]: 도는 거... 지구가 태양 주위를 도는 거요.
 [연구자]: 그림으로 한번 그려봐.
 [학 생]: (그림을 그린다) 태양이 여기 있으면, 이렇게 동그랗게 도는 거...
 [연구자]: 어느 방향으로 돌아?
 [학 생]: 시계 방향으로요.
 [연구자]: 화살표로 방향을 표시해 볼래? 한바퀴 도는 데 시간이 얼마나 걸려?
 [학 생]: 하루요.

지구의 자전에 대한 개념

인지 수준이 높은 학생의 경우, 자전 주기와 방향에 대하여 과학적이고 논리적인 사고 체계를 지니고 있었으며, 지구가 자전하면서 관찰하게 되는 현상을 상대운동의 논리적 개념으로 인지하고 있는 등 지구의 자전 현상에 대한 개념이 매우 잘 정립되어 있었다. 아래는 연구자와 학생간의 면담 결과를 제시한 것이다.

- [연구자]: 지구의 자전에 대해서 설명해볼래?
 [학 생]: 자전은 공전과 동시에 지구가 스스로 도는 것이죠.
 [연구자]: 어느 방향으로 돌지?
 [학 생]: 반시계 방향으로 돌아요.
 [연구자]: 그러면, 자전을 한번 하는데는 시간이 얼마나 걸리지?
 [학 생]: 24시간이 걸려요.
 [연구자]: 반시계 방향으로 표현한 것을 동, 서로 표현한다면 어느 방향으로 돈다고 표현할 수 있을까?
 [학 생]: 일단은 제가 태양을 보고있다고 가정한다면, 지구는 서쪽에서 동쪽으로 돈다고 말할 수 있

을 것 같아요.

[연구자]: 자전이나 공전방향이 모두?

[학 생]: 예.

[연구자]: 태양은 어느 쪽에서 뜨지?

[학 생]: 태양은 동쪽에서 뜨고 서쪽으로 저요.

[연구자]: 그 이유는 뭐지?

[학 생]: 아까 제가 지구가 서에서 동으로 자전한다고 생각한 것은, 우리가 보는 방향과 태양하고는 반대쪽에 있을 테니까, 지구가 서에서 동으로 돌아야 우리는 거의 한자리에 서있는 셈치는 거니까, 태양이 동에서 서로 떠오르는 것처럼 보이는 것이죠. 태양이 실제로 동에서 서로 움직이는 것은 아니니까, 지구가 반대쪽으로 움직여줘야지요. 상대운동과 같은 개념으로 보는 거지요.

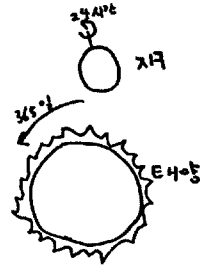


Fig. 6. Picture of rotation on the earth's axis (student in middle cognitive level-B).

소위 ‘학습된 무기력(learned helplessness)’을 보였다.

달의 공전에 대한 개념

인지 수준이 높은 학생의 경우, 중학교 3학년 때 학습한 항성월과 삭망월에 대한 개념을 체계적으로 가지고 있었다. 달의 공전 주기를 360° 회전 주기로 표현하였으며, 황도와 백도에 대한 개념에서 둘이 엇갈려 있다고 응답하는 등 다소 불분명하게 인식하고 있었다. 천체의 운동에 대한 개념에서 달의 공전뿐만 아니라 지구의 공전을 연관지어 체계적인 개념을 가지고 있었다. 지구의 공전과 자전 및 달의 공전과 자전 방향이 모두 같은 방향임에 흥미를 가지고 있었으며, 지구의 공전 궤도가 황도로 관측된다는 사실도 인지하고 있었다. 투명 천구에서 황도를 정확히 찾아내었으며, 달의 공전 궤도가 황도와 약간의 차이로 교차하고 있음을 인지하고 있었다.

인지 수준이 중간인 학생(A)의 경우, 논리적 사고로 인한 개념은 없는 것으로 판단되며, 단지 수업 시간에 암기한 천체의 운동 개념만이 있을 뿐이었다. 달의 공전이 지구를 중심으로 이루어지고 있음은 알고 있지만, 공전 주기와 방향에 대한 개념이 형성되어 있지는 않았다.

B의 경우, 달의 공전 방향을 반대로 알고 있었으며, 보름달이 보름을 주기로 뜬다고 하는 오개념을 가지고 있었다. 달의 공전주기를 15일로 이해하고 있었으며, 달은 자전운동을 하지 않는다고 하는 등 대체로 달의 운동에 대하여 무개념 상태이며, 직관에 의해 주로 응답하였다(Fig. 7).

인지 수준이 낮은 학생(C)의 경우, 처음에 달이 공전하지 않는다고 말했다가, 달의 모양이 변하는 것을 상기하면서 공전한다고 했다가 다시 자전은 하는데 공전은 하지 않는다고 하는 등 여러 번 진술을 번복

인지 수준이 중간인 학생(A)의 경우, 비교적 지구의 자전에 대한 개념은 양호하였다. 지구의 자전은 공전과 동시에 이루어지고 있는 회전 운동임을 알고 있었으며, 자전주기와 공전주기를 알고 있었으나, 지구의 자전 방향을 정확히 인지하고 있지는 못했다. 지구의 자전 방향을 동·서나 시계·반시계 방향으로 표현하는 것에 혼란을 일으키고 있었다. 실제로 면담 결과, 지평면에서의 방위 개념은 인지하고 있으나, 공간에서의 방위는 다소 혼란스러워 하였으며, 행성의 위치 관계에 있어서 동방, 서방 최대이각이나 동구, 서구의 위치가 좌우로 바뀌어져 표현되는 것을 매우 혼란스러워 하고 있었다.

B의 경우, 지구의 자전과 공전이 동시에 이루어지고 있음과 지구의 자전과 공전의 방향이 같음을 이해하고 있었으며, 자전과 공전의 주기도 인지하고 있었다(Fig. 6).

인지 수준이 낮은 학생(C)의 경우, 지구의 자전 주기에 대한 개념이 전혀 없었으며, 과학적인 사고 개념없이 지구의 자전 방향을 응답하였다. 지구의 자전 방향을 응답한 이유에 대해 그저 지구도 시계방향으로 돌면 이상할 뿐이라는 피상적 직관으로 답을 하고 있었다. D의 경우, 자신이 과학 공부를 못한다는 이유만으로 천체의 운동과 같은 논리적이고 과학적인 사고를 할 의욕없이 피상적 직관으로 일관하는 상태를 보였으며, 빨리 연구자의 앞에서 벗어나 곤란한 입장을 피하고 싶어하는 기색을 드러냈다. 개념을 인지하고자 하는 태도에 소극적이며, Schoon(1989), Sharp(1996)의 연구에서도 밝혀진바 있는 수동적인

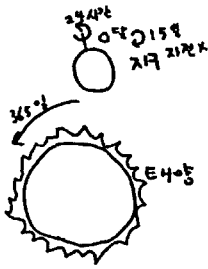


Fig. 7. Picture of the moon's orbit around the earth's (student in middle cognitive level-B).



Fig. 8. Picture of the moon's orbit around the earth's (student in low cognitive level-D).

하였다. 결국 달은 공전을 하지 않는다고 결정을 하였으며, 그 이유로 달의 모양 변화가 다른 별에 가려서 나타난다고 하였다(Baxter, 1989).

D의 경우, 본 연구자가 학생의 개념이 달이 자전하는 쪽으로 갈등을 일으킨다고 판단되어 응답을 좀더 유도하기 위해 달이 공전한다는 사실을 알려주었는데, 이 학생은 달이 지구 둘레를 도는 것은 인지하고 있었으나, 공전이라는 단어와 연관시키지는 못하였다. 달의 공전방향을 시계방향으로 알고 있었으며, 지구의 공전 주기를 하루로 생각하였고, 밤에만 달을 볼 수 있는 이유를 들어 달의 공전주기도 하루로 생각하였다. 즉, 지구의 자전과 달의 공전으로 인한 현상에 대하여 과학적 개념이 결여되었다(Fig. 8).

달의 자전에 대한 개념

인지 수준이 높은 학생의 경우, 달의 공전주기와 자전주기가 같아 달의 한쪽 면만 관측된다는 사실을 인지하고 있으며, 달의 자전 주기를 항성월을 기준으로 설명하는 등, 달의 자전 현상에 대한 논리적 개념 체계를 형성하고 있었다. 아래는 연구자와 학생간의

면담 결과를 제시한 것이다.

[연구자]: 달도 자전을 하나?

[학 생]: 달..., 자전해요.

[연구자]: 달은 어떻게 도나?

[학 생]: 똑같아요. 달도 공전과 함께 똑같이 도는 데요, 재미있는 건 자전주기가 공전주기와 똑같아서 우리는 늘 달의 앞면만 봐요.

[연구자]: 달의 자전주기는 얼마일까?

[학 생]: 그것도 같아서 항성월로 잡는 게 정확할 것 같아요. 한 27일 정도...

[연구자]: 달은 자전을 어느 방향으로 하지?

[학 생]: 지구의 자전과 같은 방향이요.

[연구자]: 네 생각에 의하면 지구의 자전, 공전과 달의 자전, 공전 방향이 모두 같네?

[학 생]: 예.

인지 수준이 중간인 학생(A)의 경우, 달이 자전한다는 사실을 알고 있었으나, 지구와 달의 크기 차이가 달의 자전주기를 하루보다 적게 걸리게 한다고 판단하고 있었으며, 작은 것이 빠르게 움직인다는 선입견을 가지고 있었다.

B의 경우, 지구가 공전과 자전을 모두 한다고 응답을 했음에도 불구하고, 달의 한쪽 면만을 항상 관측할 수 있는 이유를 정지된 지구에서 보기 때문이라고 생각하였다. 태양·지구·달의 회전 시스템을 유기적이고 전체적으로 사고하지 않고 부분적으로만 생각하는 데서 발생하는 오류로 판단되었다. 달이 자전한다는 사실을 깨닫게 하기 위한 반응을 좀더 살펴보면 다음과 같다.

[연구자]: 아까 달이 자전은 하지 않고, 공전만 한다고 말했는데, 그러면 지구에서 달의 모든 면을 다 볼 수 있나?

[학 생]: 아니요. 자전을 안 하기 때문에 한쪽 면만 봐요.

[연구자]: 그래? 자전을 안 하면 한쪽 면만 보게 되나?

[학 생]: 예. 그냥 지구는 이렇게 있고, 달만 움직이니까.

[연구자]: 그럼 한번 보자. (구면후판을 회전하지 않도록 들고 학생의 주위를 한바퀴 돈다) 자, 구 표면에 한 점을 분필로 표시하고 바라보자. 네가 지구라고 생각하고 제자리에서 따라 돌면서 봐. 자, 그

러면 분필로 찍은 점이 보이니?

[학 생]: 안 보여요.

[연구자]: 그 점이 어디 있어?

[학 생]: 저 반대편에 점이 있어요. (무언가를 깨달은 듯이) 아! 달의 모든 면을 다 볼 수 있어요.

[연구자]: 그럼 지구에서 달의 한쪽 면만 볼 수 있다는 말이 맞아, 아니면 모든 면을 다 볼 수 있다는 말이 맞아?

[학 생]: 달의 모든 면을 볼 수 있다는 게 맞아요. 어? 그게 아닌데... 달의 한쪽 면만 볼 수 있다는 말이 맞는데... 제가 잘못 생각한 거 같아요. 달이 자전하는 게 맞는 거 같아요.

자신의 과거 경험에 비추어 볼 때, 달의 모든 면을 볼 수 있다고 학습한 경험이 없었다고 생각하며, 머리 속으로 자신이 보여준 현상과 달의 한쪽 면만을 볼 수 있는 조건을 생각하여 아주 짧은 시간에 개념을 재정리하고 있는 것이 관찰되었다.

[연구자]: 자, 그러면 내가 구를 들고 돌아볼 테니까 분필로 찍은 점이 항상 내게 보이도록 구면후판을 움직여봐.

[학 생]: 예.

[연구자]: 한쪽 면만 보았어? 그 동안 구는 어떻게 움직였어?

[학 생]: 한바퀴 돌아어요. (점연쩍게 웃어 보인다) 달이 자전하는 게 맞아요.

본 연구자가 구면후판에 점을 찍고 돌아보았을 때 달이 자전하기 때문에 한쪽 면만을 보게 된다는 개념과 아울러 달이 지구둘레를 한바퀴 도는 동안 한바퀴 자전한다는 개념을 동시에 형성하였다. 짧은 순간에도 구체물을 이용한 활동적 표현으로 개념을 쉽게 형성하였다.

인지 수준이 낮은 학생(C)의 경우, 달은 지구보다 크기가 작으므로 지구보다 짧게 걸려 200일 정도의 자전 주기를 갖는다고 응답하였으며, 크기가 작으면 빠르게 운동한다는 선입견을 가지고 있었다(Fig. 9). D의 경우는 지구의 자전 주기를 500일이라고 응답하는 등 논리적이고 과학적인 개념이 없이 막연한 추측에 의해 응답을 하고 있었다. 이는 달의 운동에 관한 민준규(1991), 채동현(1996)의 연구에서도 유사한 결과가 밝혀졌다.

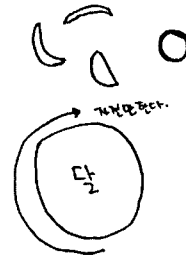


Fig. 9. Picture of rotation on the moon's axis (student in low cognitive level-C).

달의 위상 변화에 대한 개념

인지 수준이 높은 학생의 경우, 지구의 공전과 자전 및 달의 공전과 자전에 대하여 논리적 개념을 가지고 있었으나, 달의 위상 변화가 나타나는 이유의 응답에서 지구의 그림자에 달이 가려 나타나는 월식 현상과 일시적 혼동을 일으키는 유사 개념간의 간섭이 일어났다. 그러나 자신이 그러한 이유를 설명하는 과정에서 개념적 오류를 즉시 발견하고 반복하였다(Fig. 10).

태양 빛을 달이 받아 반사하는 부분을 우리가 보는 것이라고 설명을 하였으며, 삭과 망 그리고 상현과 하현의 위치는 올바르게 설명한 반면, 지구에서 볼 때 상현과 하현의 모양을 반대로 나타내었다. 관측자가 지구에서 떨어져 보는 상태로 인지하였으며, 지구에 서있는 사람의 위치에서 보게되는 달의 모양은 인지하지 못하였다.

인지 수준이 중간인 학생(A)의 경우는, 수업 시간에 이루어지는 교수 학습 활동에 대해 논리적이고 과학적인 개념으로 받아들이려 하지 않았다. 이 학생은 단지 교사가 내리는 결론을 수동적으로 받아들이기만 할 뿐이며, 비판적이고 반성적인 사고를 할 생각도 전혀 하지 않았다. 달의 공전궤도와 지구의 공전궤도를 구분하지 못하며, 다음의 대화에서 보듯이, 달의 위상 변화에서도 기억에 의존한 혼동 상태를 보였다.

[연구자]: 그럼 달은 스스로 빛을 내지 못하는데, 왜 이쪽은 그늘지고 여기는 왜 밝지?

[학 생]: 그것은 낮에 태양 빛을 반사해서. 태양 빛 때문에...

[연구자]: 그럼 태양 빛이 어느 쪽에서 들어오는 거야? 지금 여기 달 네 개를 네가 그린 건데. 여기서 어떤 거는 반달이고 어떤 거는 보름달인가?

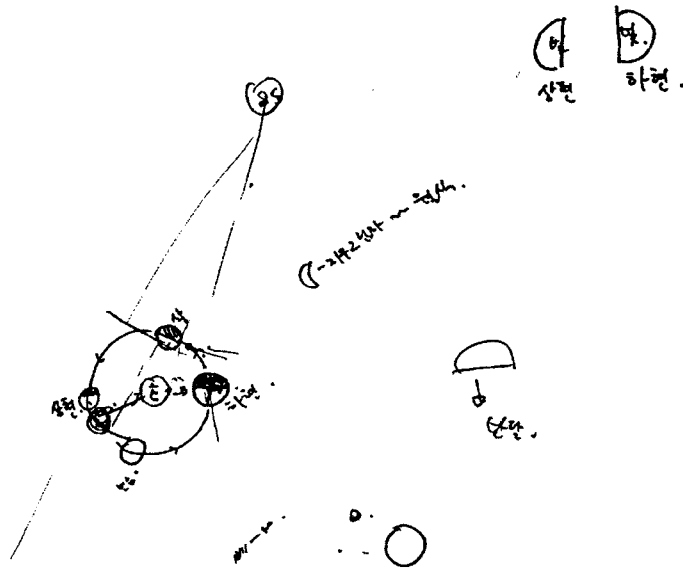


Fig. 10. Picture of the moon's phases (student in high cognitive level).

[학 생]: 아! 이거는 봄, 여름, 가을, 겨울 계절을 써놓고요. ... (잠시 망설인다) 이거 헛갈리네요...
 [연구자]: 아! 계절 변화를 나타낸 그림하고 달의 모양 변화 그림하고 헛갈리는구나.
 [학 생]: 예.
 [연구자]: 그건 중학교에서 공부할 때 외워서 그런가 아니면 이해하면서 공부했는데도 그런가?
 [학 생]: 외우는 공부를 많이 했고요, 과학은 별로 흥미가 없어서...

B의 경우, 달의 위상 변화에 대해 달이 지구의 그림자에 가려 나타나는 현상으로 인식하고 있었다(Baxter, 1989). 달의 위치가 지구의 그림자에 얼마나 가려지느냐에 따라 반달과 초승달 모양으로 보이고, 그림자에 가려지지 않으면 보름달 모양으로 보인다고 설명하고 있었다. 이러한 운동이 달의 공전이나는 질문에 응답을 못하고, 다만 보름달 위치의 반대쪽에서는 태양을 가린다고만 응답하였다. 달이 지구 둘레를 공전하는 주기를 보름으로 인지하고 있으며, 달의 위상변화 주기를 15일로 생각하는 오인을 보였다(Fig. 11).

인지 수준이 낮은 학생(C)의 경우, 달이 태양계의 행성들보다 훨씬 멀리 있어 행성들이 공전하면서 달의 앞을 가리는 현상을 달의 위상 변화라고 인지하고 있었다. 달이 행성들보다 멀리 있음에도 불구하고 행성들보다 훨씬 크게 보이는 것은 달의 크기가 위

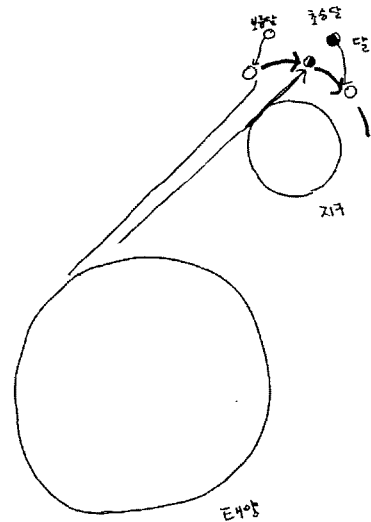


Fig. 11. Picture of the moon's phases (student in middle cognitive level-B).

낙 크기 때문이며, 태양의 크기에 비금간다고 생각하고 있었다. 자연 현상을 설명하기 위하여 유년적 사고와 상호 접목이 된 유형이라 할 수 있다.

D의 경우, 천체 운동 개념은 유년적 개념에서 출발하는 것으로 판단되었다. 지구가 태양계의 중심이고 달과 태양이 지구 주위를 돈다고 응답하였다가 (Fig. 12), 곧이어 태양이 중심이고 달과 지구가 태양

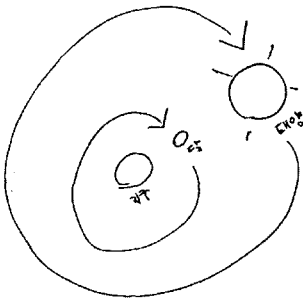


Fig. 12. Picture of the sun-earth-moon's orbit (student in low cognitive level-D).

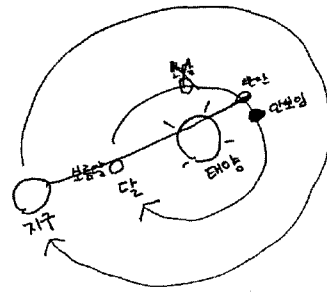


Fig. 14. Picture of the modified moon's phases (student in low cognitive level-D).

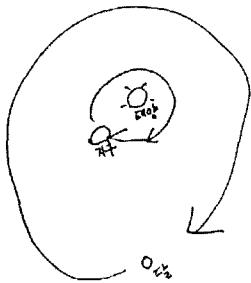


Fig. 13. Picture of the moon's phases (student in low cognitive level-D).

주위를 도는 것으로 반복하는 등(Fig. 13), 태양계 천체의 운동 궤도에 대한 개념이 혼란스러운 상태였다. 달의 위상은 달이 태양에 가려져서 나타난다는 선입견을 가지고 있으며, 상현과 하현달의 모양에 대해 위가 보이면 상현, 아래가 보이면 하현이라고 답하는 등 언어적 의미로 임의로 해석하는 오류를 범하고 있었다(Fig. 14). 이와 같은 결과는, 유년적 사고는 학년, 과학 성취도와도 관계없이 과학적 사고보다는 유년적 사고를 더 많이 의존한다고 밝힌 채동현(1996)의 연구 결과와 일치한다고 볼 수 있다.

계절 변화의 원인에 대한 개념

인지 수준이 높은 학생의 경우, Fig. 15에서처럼, 개념 체계가 부분적으로는 논리가 있지만, 일교차가 누적되어 계절의 변화가 일어난다고 설명하는 등 계절의 변화 원인에 대해 완전한 개념 체계를 형성하고 있지는 못하였다. 교과서 등에 흔히 삽입되어 있는 그림을 기억에 의하여 그렸으며, 지표면에 대한 태양복사에너지의 입사각 크기에 따라 계절이 변화함을 설명하는 부분은 비교적 과학적 개념 체계를 가지고 있는 것으로 판단된다.

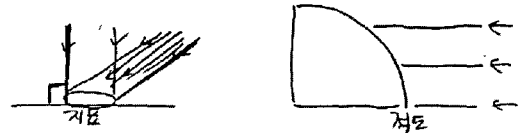


Fig. 15. Picture about the cause the change of season (student in high cognitive level).

또한, 하지 때 낮의 길이가 긴 이유로 지표면 위로 지나가는 태양의 일주운동 경로가 길기 때문이라는 것을 명확하게 설명하지 못하였으며, 태양의 남중고도가 높다는 표현도 사용하지 못했다. 그러나 계절의 변화가 지구의 자전축이 기울어진 채 공전한다는 사실과 일조 시간의 차이 때문에 일어난다는 개념은 인지하고 있었다. 다만 표현의 능력 차이와 정확한 용어의 개념이 부족하여 논리적인 설명은 다소 부족함을 보였다.

인지 수준이 중간인 학생(A)의 경우, 교육심리학자들이 정의한 이른바 ‘학습된 무기력(learned helplessness)’의 전형적인 예를 보여주었다. 즉 자신의 무능력 때문에 어떠한 과제도 성공적으로 수행할 수 없을 것 이란 생각을 가지고 있었으며, 과거에 학교에서 실패(과학 성적이 낮음)한 경험으로 인하여 더욱 소극적이고 수동적인 학습 습관이 되어 버렸다. 다음은 이와 관련된 연구자와 학생간의 면담 내용 일부이다.

[연구자]: 태양하고 지구하고 어떻게 관계가 되어서 기온이 변하고 계절이 변하게 되지?

[학 생]: 잘 모르겠어요. (사고하기를 체념하였다)

[연구자]: 중학교 때 배우기는 했는데, 네가 잊었나 보다.

[학 생]: 과학을 못했었어요.

B의 경우, 지구 자전축이 기울어진 채로 공전하기 때문에 태양 빛이 지표면에 들어오는 각도 차이로 인해 계절 변화가 생긴다는 개념을 인지하고 있었다. 그러나 지구가 기울어진 축을 기준으로 자전하는 현상으로 인하여 태양의 고도가 하루를 주기로 달라지는 사실을 계절 변화의 개념과 별개의 것으로 구분하지 못하는 혼란스러움을 보였다. 따라서 지구의 공전궤도 상에서 춘분, 하지, 추분, 동지의 개념과 연관짓지 못하였으며, 지구의 자전과 공전의 개념이 상호 간섭을 일으켜 논리적 사고를 방해하는 것으로 판단되었다.

인지 수준이 낮은 학생(C)의 경우, 지구의 계절 변화 원인에 대한 개념이 없는 상태였다. 계절에 따라 기온이 높고 낮음을 일상생활에서 고기압 중심에 있을 때 날씨가 맑고, 저기압 중심에 있을 때 날씨가 흐림으로 설명하려 하였다. 고기압과 저기압 중심에서 구름의 유무에 따라 일사량의 변화가 일어난다는 유사한 개념을 계절 변화의 개념과 혼란을 일으키고 있었다.

D의 경우, 지구의 기온 변화를 일으키는 것이 태양복사 에너지량 차이임은 인지하고 있으나 여름과 겨울의 변화를 낮과 밤의 개념과 혼동하고 있었다(Fig. 16). 지구의 공전 궤도에서 여름과 겨울의 위치에 대한 응답을 보면 지표면 중에서 태양을 향하고 있는 쪽이 여름이고, 반대쪽이 겨울이라는 생각을 하고 있는 것으로 보아, 낮과 밤의 현상에 따른 일교차를 계절 변화와 유사 개념으로 혼동하고 있었다(Fig. 17). 계절 변화에 대한 학생들의 개념에 대해 Sharp (1996)는 직관과 오인에 의하여 계절의 변화가 태양의 온도가 달라지기 때문이라거나, 지구가 태양 쪽으로 접근하거나 멀어지기 때문이라거나, 구름 또는 바람 때문이라는 응답 등 다양한 오개념이 있었다고 하였으며, 국내에서도 채동현(1992)은 초, 중, 고등학생을 대상으로 한 계절 변화에 대한 개념 연구에서 지구와 태양의 상대적 거리의 변화 때문이거나 태양복사의 상대적인 차이 때문이라는 응답을 얻어 본 연구자의 결과와 유사함을 알 수 있다.

인지 수준에 따른 개념 및 사고 특징

지구와 달의 운동에 관한 개념 및 사고의 특징을 학생들의 인지 수준에 따라 종합하여 유목화하면 Table 1과 같다.

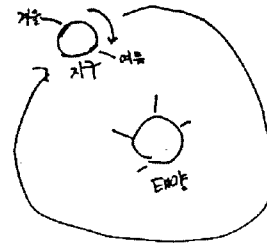


Fig. 16. Picture about the cause the change of season (student in low cognitive level-D).

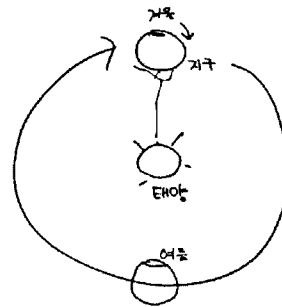


Fig. 17. Picture about the cause the change of season by modified (student in low cognitive level-D).

결론

인지 수준이 높은 학생과 중간인 학생, 그리고 낮은 학생들이 가지고 있는 지구와 달의 운동 개념을 항성과 행성, 위성, 지구의 공전과 자전, 달의 공전과 자전, 달의 위상 변화, 계절 변화의 원인으로 나누어 질적 분석한 결과, 다음과 같이 결론을 내릴 수 있다.

첫째, 학생들의 인지 수준이 높을수록 천체의 운동에 대한 과학적 개념 체계가 잘 정립되어 있었으며, 인지 수준이 낮은 학생일수록 천체의 운동에 대한 개념이 오인과 유사 개념의 간섭에 의해 과학적 개념 체계가 부족하였으며 무개념이 누적되어 무기력한 응답을 하였다.

둘째, 초등학교 저학년에서부터 학습이 이루어지기 시작한 지구와 달의 운동에 대한 생각에서 학생들의 비과학적인 개념이나 수동적인 학습태도, 낮은 성취도, 무비판적인 사고, 반성적인 사고의 부재 등 여러 요인들에 의해 받아들이는 개념이 쉽게 망각되었다. 이로 말미암아 고등학교 1학년 학생의 인지구조에 적절한 과학적 체계를 갖춘 논리적 개념으로 정립되

Table 1. Characteristic of conceptions and thinking based on cognitive level

Cognitive level	Characteristic of conceptions and thinking
student in high cognitive level	<ul style="list-style-type: none"> • have comparatively scientific thinking but don't completely understand the concept for the stars • have the concept mixed childish thinking and intuition or partially misunderstanding it due to their experience of mass media • have a logical system about the concept for the earth's rotation and revolution • have the concept that direction where the sun rises from and sets toward, and day and night are kinds of relative phenomena by the earth's rotation • have a confused concept about change of the moon's phase by interruption of the concept for eclipse • often make an error in the shape of the first quarter of the moon and the last quarter of the moon • know change of season is caused by decline of the earth's axis and an incidence angle • explain the difference of hours of sunlight by the 24 solar terms and the relation of change of season • generally have scientific concept and system for previous learning comparatively logically arranged
student in middle cognitive level (A, B)	<ul style="list-style-type: none"> • think fixed stars are in the state of solid • have childish thinking caused by misunderstanding the concept between fixed stars and planets • confuse the direction of the earth's rotation and revolution • can't explain the relation between the sun's diurnal motion and the earth's rotation • know the moon's motion is done by its rotation and revolution but misunderstand or have no concept for its direction and cycle (period) • tend to have passive learning attitude to unconditionally memorize learned contents without criticizing • can't distinguish the earth's orbit from the moon's orbit and have a wrong concept that the reason why the sun rises from the east is that the earth rotates toward the west • think the earth's shadow covering the moon causes change of the moon's phase (the lunar phase's change) or have an additional wrong concept that the moon's motion is a kind of independent phenomenon which is not related to the moon's revolution
student in low cognitive level (C, D)	<ul style="list-style-type: none"> • have unscientific concept or no concept for celestial sphere (heavenly body) • vaguely think the sun is a special kind of fireball and give it separate meaning • have a religious recognition that the sun is a special celestial sphere different from the stars • not willing to think something scientifically or positively and have very passive and helpless attitude in understanding the concept • concept for the moon's motion is not formed • can't tell rotation from revolution • mistake the phenomenon by the earth's rotation for the phenomenon by the moon's revolution • show very serious conceptional loss for the sun's, the earth's and the moon's motion • have a lot of difficulty forming the conceptional system about change of season which should be recognized by connecting the earth's motion with radiant energy

지 못하는 하나의 요인으로 작용하였다.

셋째, 계절의 변화는 지구의 운동 개념 뿐만 아니라 복사에너지 개념까지 연계되어 인지해야 하는 부분이기 때문에 지구 및 달의 운동에 대한 개념보다 달의 위상 변화와 계절 변화의 원인에 대한 개념에서 인지 수준이 낮은 학생일수록 더욱 비과학적이며, 오개념이나 무개념 상태로 존재하였다.

참고문헌

구자홍, 2000, 고등학생들의 공간능력과 천체운동개념과의 상관관계. 한국교원대학교 석사학위논문, 78 p.

권재술, 최병순, 허명, 1987, 중학교 과학과 교육과정 및 그 운영진단-지적 발달 수준과 학업성취도. 한국과학교육학회지, 7 (2), 1-14.

김순걸, 1995, 지구와 달의 운동에 대한 오개념 연구. 강원대학교 석사학위논문, 109 p.

김영문, 1994, 고등학생의 지구 및 행성의 운동에 관한 개념. 한국교원대학교 석사학위논문, 73 p.

명전옥, 2001, 예비교사들의 지구과학 문제 해결 실패 요인: 달과 행성의 운동을 중심으로. 한국지구과학회지, 22 (5), 339-349.

민준규, 1991, 중등학생 및 과학교사의 지구와 달의 운동에 관한 개념. 한국교원대학교 석사학위논문, 128 p.

신동희, 박정, 2002, 국제 비교 연구에 나타난 우리 나라 학생들의 지구과학 성취도: 성 차이를 중심으로. 한국지구과학회지, 23 (3), 207-220.

임청환, 정진우, 1993, 국민학교 자연과 천문 내용 분석과 문제점. 한국과학교육학회지, 13 (2), 257-266.

장태환, 1994, 지구와 달의 운동에 대한 아동들의 개념 조사 연구. 한국교원대학교 석사학위논문, 79 p.

조희형, 1994, 잘못 알기 쉬운 과학 개념. 전파과학사, 192 p.

- 채동현, 1992, 계절변화의 원인에 관한 학생들의 유년적 사고. 한국지구과학회지, 13 (3), 283-289.
- 채동현, 1996, 달 위상변화의 원인에 대한 학생들의 개념 조사. 한국초등과학교육학회지, 15 (1), 45-55.
- 채동현, 변원섭, 손연아, 2003, 초등예비교사들의 계절변화 원인에 대한 질적 연구. 한국초등과학교육학회지, 22 (1), 109-120.
- 최영준, 최병순, 이원식, 1985, 중·고등학생들의 논리적 사고력 형성에 관한 연구 I. 한국과학교육학회지, 5 (1), 1-9.
- American Association for the Advancement of Science, 1993, Benchmarks for science literacy. New York: Oxford University Press, 448 p.
- Baxter, J., 1989, Children's understanding of familiar astronomical events. International Journal of Science Education, 11 (special), 502-513.
- 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.
- Cathy Ann, 1989, Science misconceptions held by preservice elementary teacher. Unpublished doctoral dissertation, University of Pittsburgh, 129 p.
- Chinn, C.A. and Brewer, W.F., 1998, Theories of knowledge acquisition. In Fraser, B.J. and Tobin, K.G. (eds.), International handbook of science education (pp. 97-113). London: Kluwer Academic Publishers, 1216 p.
- Merriam, S.B., 1988, Case study research in Education; A Qualitative Approach San Francisco: Jossey-bass Publishers. 허미화 역 (1994). 질적 사례 연구법. 양서원, 서울, 299 p.
- National Research Council, 1996, National science education standards. Washington, DC: National Academic Press, 262 p.
- Philips, W.C., 1991, Earth science misconceptions. The Science Teacher, 58, 21-23.
- Pintrich, P.R., Marx, R.W., and Boyle, R.A., 1993, Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. Review of Educational Research, 63 (2), 167-199.
- Sadler, P.M., 1987, Misconceptions in Astronomy. In Second International Seminar on Misconception and Educational Strategies in Science and Mathematics, J.D. Novak, ed. Ithaca, NY: Cornell University, 422-425.
- Schoon, K.J., 1989, Misconceptions in the earth and space sciences: A cross-age study. Unpublished doctoral dissertation, Loyola University of Chicago, 151 p.
- Sharp, J.G., 1996, Children's astronomical beliefs: a preliminary study of year 6 children in south-west England. International Journal of Science Education, 18, 685-712.
- Treagust, D.F. and Smith, C.L., 1989, Secondary students' understanding of gravity and the motion of planets. School science and Mathematics, 89 (5), 380-391.

2004년 3월 29일 원고 접수
 2004년 7월 5일 수정원고 접수
 2004년 9월 18일 원고 채택