

중·고등학생이 이해하는 달의 위상 변화 모델 분석을 통한 보완 모델 제안

이미애 · 최승언*

서울대학교 사범대학 지구과학교육과, 151-742 서울시 관악구 관악로 599

Complementary Models for Helping Secondary School Students to Develop Their Understanding of Moon Phases

Miae Lee and Seung-Urn Choe*

Department of Earth Science Education, College of Education, Seoul National University,
Seoul 151-742, Korea

Abstract: We investigated the textbook model explaining a phase of the Moon and compared it with student models at the secondary levels in Korea. 20 high school students and 36 middle school students from suburb area participated in this study. Participants were interviewed to explain understandings about the cause of the Moon's phase with drawing their models. The results of this study showed that the textbooks now in use explain the phase of the Moon with one unique scientific model, while students displayed 6 different kinds of models including the scientific model. Furthermore the students tend to have comparatively scientific model modes as their grades increase and their scholastic ability levels become higher. Although the students have learned the Moon's phase in school, they still have alternative models because the textbook does not explain enough for the students to overcome their alternative conceptions. In the textbook, the model presented without explanation of the limitation of the model, so there can be a gap between the model in the textbooks and the models in the mind of students. With these findings, we propose complementary models for helping secondary school students to develop their understanding of moon phases.

Keywords: Moon Phases, Model, Complementary Models, Scientific Model

요약: 본 연구에서는 달의 위상 변화에 대한 교과서 모델과 중·고등학생이 표현하는 모델의 비교·분석을 통해 보완 모델을 제안하고자 한다. 수도권 지역의 일반계 고등학교 1, 2학년 학생 20명과 중학교 1, 2, 3학년 학생 36명을 무선 표집하고 구두 인터뷰를 통해 달의 위상 변화 모델을 그리도록 하였다. 현행 중·고등학교 교과서의 달의 위상 변화 단원에서 직접적으로 달의 위상 변화를 설명하는 모델은 대체로 한가지로 제시되어 있는 것에 비해, 학생들의 모델은 크게 6가지 유형으로 나타났다. 학생들의 모델을 분석한 결과 낮은 학년의 학생일수록 유연적 개념과 대안적 개념이 많이 포함된 모델을 가지고 있는 것으로 나타났으며, 달의 위상 변화 단원을 배운 후에도 이러한 대안적 모델을 여전히 가지고 있는 학생들이 많은 것으로 나타났다. 이것은 교과서에서 제시하고 있는 과학적 모델의 설명이 학생들의 선개념을 극복하기에 충분치 못하기 때문인 것으로 보인다. 교과서에서는 달의 위상 변화 모델이 가지고 있는 제한점에 대한 설명 없이 모델이 제시되어 있으며, 이런 부분이 학생들에게 대안적 개념을 유발 할 수 있는 것으로 보인다. 따라서 본 연구에서는 다양한 모델을 사용함으로써, 교과서 모델의 제한점을 보충하고 학생들의 달의 위상 변화에 대한 이해를 도울 수 있도록 보완 모델을 제안하고자 한다.

주요어: 달의 위상, 모델, 보완 모델, 과학적 모델

*Corresponding author: suchoe@snu.ac.kr

Tel: 82-2-880-1486

Fax: 82-2-874-3289

서 론

학교 교육과정에서 개념 교육의 중요성에 따라 학생들의 과학적 개념에 대한 연구는 계속되어 왔다(구자홍, 2000; 김종희, 2006; 소원주 외, 1998; 심기창, 2004). 구성주의의 관점에서 구성이란 학습자 개인이 외적 세계와의 상호작용에서 지식을 획득하고 스스로 의미를 부여하는 의미의 구성을 말하며, 학생들은 같은 상황과 정보를 받아들여도 학생들 개인이 이해하는 개념은 매우 다양하다(조희형과 최경희, 2002). 구성주의자들은 학습은 학생들의 머리 속에 이미 형성된 개념과 새로 배우게 될 개념과의 상호작용에 의해서 이루어지며, 학습 과정은 학습자 스스로가 의미를 구성해 나가는 능동적 과정이라고 보고 있다(권재술 외, 1998). 학생들이 과학현상에 대하여 가지는 생각인 학생 개념을 반드시 과학적 개념에 대해 열등한 하위의 개념으로 보는 것이 아니라, 학생들이 주변 자연 세계를 대상으로 그들 나름대로 의미를 구성해 낸 것으로서 과학자들의 개념과는 다르지만 함께 양립 가능한 대안적 개념의 위치를 부여하는 것이다(곽영순, 2003). 본 연구에서는 학생들에게서 나타나는 개념 중, 과학적 개념이 아닌 것을 ‘대안적 개념’이라는 용어로 사용하였으며, 교과서를 통해 나타나는 개념 중 과학적 개념이 아닌 개념을 유발할 수 있는 것을 ‘오개념’이라는 용어로 사용하였다. 따라서 학생들은 과학과 관련하여 다양한 대안적 개념을 가지고 있으며, 대안적 개념이 함축하고 있는 의미를 조사하기 위해서 학생들은 대상에 대해 어떻게 이해하고 있는지 조사할 필요가 있다.

달의 운동과 위상 변화에 대한 개념은 천문 분야에서 학생들의 어려워하는 주제 중의 하나로 외국 뿐 아니라 국내에서도 학생들의 개념에 대해 다음과 같은 많은 연구가 이루어져왔다.

달의 위상 변화의 원인에 대한 오개념 연구(김찬종과 이조옥, 1995; 민준규, 1991; 채동현, 1992)에서 확인된 오개념으로는 ‘지구의 그림자가 달을 가려서 달의 위상이 나타난다’, ‘구름이 달의 위상을 만든다’, ‘달은 스스로 빛을 낸다’, ‘반달은 달 표면의 1/2이다’, ‘달의 위상 변화는 15일 동안 일어난다’ 등이 있다. 위와 같은 선행 연구로부터 달의 위상 변화에 대하여 학생들이 많은 오개념을 가지고 있다는 것을 알 수 있다. 또한 인지 수준에 따른 천체의 운동에 대한 연구(변재성 외, 2004)에서는 학생의 인지 수준

이 높을수록 지구와 달의 공전과 자전에 대한 개념이 비교적 논리적이고 과학적으로 정립되어 있다고 했으며, 달의 모양 변화와 운동에 관한 학년에 따른 개념변화 연구(지나현, 2001)에서는, 개념이 복잡해지고 배경지식을 많이 요구하는 개념일수록 고학년으로 갈수록 그 개념을 잘 형성하고 있다고 하였다. 천문현상들을 설명하는 예비 초등 교사들의 정신 모형에 대한 연구(오준영과 김유신, 2006)에서는 예비교사들이 천문현상을 이해하는 데 어려움을 느끼는 것은 구체적인 지식의 부족이라기보다는 큰 규모의 공간과 그것에 비해서 관계를 이해하는 것이 부족하기 때문이라고 하였다. 이와 같은 선행 연구로부터 달의 위상 변화와 같은 천문현상에 대한 개념은 인지 수준이 높거나 고학년에게 이해 가능한 어려운 개념이며, 매우 복잡하고 어려운 주제라는 것을 알 수 있다.

외국 연구로는 수업 전후에 나타나는 학생들의 개념 변화에 대한 연구에서(Stahly et al., 1999) 수업 전후의 개념 변화는 수업을 통해서 학생들의 개념을 변화시킬 수 있다는 것을 보여주지만, 달의 위상에 대한 개념은 완전히 이해하기에는 복잡한 주제라고 했다. 또한 예비교사를 대상으로 한 개념 변화 연구(Trundle et al., 2007)에서도 달의 위상 수업 후 6개월 혹은 그 이상의 시간 후에도 참가자들의 대부분이 과학적 이해를 계속 가지고 있었으나, 몇몇 참가자들은 수업 이전의 대안적 개념으로 돌아가기도 했다. 이러한 결과는 현대의 개념 변화 이론의 활용을 설명해주고 있다. 이와 같은 선행 연구로부터 학생들이 이해하기 어려운 주제인 달의 위상 변화에 대해 현재 중등학생들이 이해하고 있는 개념을 알아보고, 학생들의 이해를 도울 수 있는 방안에 대해 연구하고자 한다.

학생들이 이해하고 있는 개념을 알아보기 위해서 학생들의 말이나 글을 통해 분석하거나, 여러 가지 표상 형식들 중에서 모델(model)을 통해 학생들의 개념을 확인할 수 있다. 모델은 표현하고자하는 대상(target)의 특징을 표상하는 또 다른 사물이나 기호, 그림(image) 또는 그들의 체계라고 할 수 있다. 모델은 우리의 현실세계의 모든 것들보다 우리의 일상에서 보다 일반적이며 대화, 학습, 실험, 예상(prediction)을 하거나, 생각을 표현할 때 우리는 모델을 사용한다(Gilbert and Ireton, 2003). 이러한 모델은 과학을 배우는데 필수적이며, 과학 교육 분야에서 과학적 모델의 활용이 중요한 주제로 연구 되고 있다(오필석

외, 2007; 강훈식 외, 2007). 특히 지구과학적 현상들은 오랜 시간과 넓은 공간에 걸쳐 일어나므로 학습자가 실제 관찰하고 분석하면서 학습하기가 어렵다. 또한 자연에서 이루어지는 특수성 때문에 제한된 실험실 상황에서는 재현이 거의 불가능하다. 이러한 지구과학적인 특성으로 과학적 모델의 사용은 지구과학에서 매우 중요한 역할을 한다(김희정 외 2006).

따라서 본 연구에서는 먼저 학생들이 이해하고 있는 달의 위상 변화 개념을 연구하기 위해 학생들이 표현하는 달의 위상 변화 모델에 대하여 조사하였다. 달의 위상 변화를 설명하는 중등학생들의 모델과 교과서에 제시된 모델의 관련성과 차이점을 알아보고, 나아가 달의 위상 변화에 대한 개념 이해를 돕기 위해 보완 모델을 제안하고자 한다. 본 연구에서 제시하는 보완 모델은 교과서 모델의 이해를 돕기 위해 제시하는 것으로 교과서 모델을 대체하는 것이 아니라 교과서 모델과 보완 모델이 함께 상호 보완적으로 제시되었을 때 학생들의 이해를 도울 수 있다는 의미에서 보완 모델이라는 용어를 사용하였다. 이를 위한 본 연구의 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 달의 위상 변화를 설명하기 위해 교과서에서 제시되어 있는 달의 위상 변화 모델의 유형은 어떠한가?

둘째, 중등학생들이 이해하고 있는 달의 위상 변화 모델은 어떻게 표현되고 있으며, 학년에 따라 어떠한 차이가 있는가?

셋째, 교과서 달의 위상 변화 모델의 보완 모델을 제시했을 때, 그 효과는 어떠한가?

연구 방법 및 절차

연구 대상 및 절차

본 연구를 위해 수도권 지역의 일반계 고등학교 1, 2학년 학생 20명과 중학교 1, 2, 3학년 학생 36명을 무선 표집하였다. 이들을 대상으로 구두 인터뷰를 실시하여 달의 위상 변화 개념을 직접 설명하게 하고, 답변지에 학생들이 이해하고 설명하는 모델을 그리도록 하였다.

1단계에서는 무선 표집한 학생들을 대상으로 학년에 따라 학생들이 현재 가지고 있는 달의 위상 변화에 대한 개념과 학생들이 이해한 것을 외적으로 표현한 모델(expressd model)의 유형 분석을 실시하였다. 교육과정 상에서 달의 위상 변화는 중학교 3학년과 고등학교

2학년(지구과학1)에서 학습하므로 중학교 1, 2, 3학년과 고등학교 1, 2학년을 대상으로 하였다.

전 단계에서 수집한 학생 모델의 분석을 통해, 교과서에서 제시된 달의 위상 변화 모델을 보완할 수 있는 보완 모델을 개발하고, 이 보완 모델에 대한 효용성을 검증하는 2단계 면담을 수행하였다. 2단계 면담 대상은 서울·경기 지역의 중·고등학교 교사 8명(중학교 4명, 고등학교 4명)을 대상으로 하였으며, 면대면 인터뷰를 실시하였다.

3단계에서는 2단계 교사 면담을 통해 수렴한 내용을 바탕으로 보완 모델을 보강하여, 1단계 학생 면담에 참여했던 학생 중, 수업을 받은 후에도 달의 위상 변화를 완벽하게 이해하고 있지 않은 학생 2명을 선정하여 보완 모델을 제시한 후 심층 면담을 수행하였다. 선정된 학생들은 1단계 면담 당시에는 중학교 3학년이었으나, 심층 면담이 수행된 시기에는 고등학교 1학년에 진학한 상태였다. 이는 교육과정상 해당 단원이 3학년 2학기에 편성되어 있어 시기상 1단계 면담 후 고등학교에 진학하게 되어 있기 때문이었다.

마지막으로 4단계에서는 이제까지 수행한 면담을 바탕으로 보완 모델을 수정하고, 수업에 활용할 수 있는 프리젠테이션 자료를 구성하여, 교육과정상 해당 단원인 3학년 2학기 수업에 실제로 적용해 보았다. 이를 위해 서울 지역의 중학교 3개 학급을 대상으로 수업을 진행하고, 보완 모델에 대한 의견을 설문지를 통해서 수집하였다. 본 연구의 제한점으로는 개발한 보완 모델의 효과를 검증하기 위해서 교사, 학생의 인터뷰를 진행하여 질적으로 분석하였으며, 학교 현장에서 수업을 통해 보완 모델에 대한 의견을 수렴하여 보완 모델의 적용 가능성에 대해 검증하였다. 구체적인 연구절차를 정리하면 Table 1과 같다.

검사 도구

학년에 따른 달의 위상 변화에 대한 개념과 모델을 조사하기 위해서 구두 면담을 통해 개념을 설명하고 직접 모델을 그리도록 하였다. 개념 조사에서 사용된 설문 문항은 Trundle et al.(2007)의 달의 위상 변화에 대한 개념 변화 연구를 위해 개발된 인터뷰 내용을 한국 실정에 맞게 번역·수정하여 사용하였다. 또한 교육과정에서 제시하고 있는 달의 위상 모델 분석을 위해 중학교 3학년 과학 교과서 9종, 고등학교 지구과학 1 교과서 6종, 미국 교과서 4종에 대해서 분석을 수행하였다.

Table 1. Description of task

Task	Participants	Data Collection	Method	Period
1st task	In Seoul, Incheon, GyeongGi-Do -High school: 1st grade 9 students, 2nd grade 11 students -Middle school: 1st grade 10 students, 2nd grade 10 students, 3rd grade 16 students	Random sampling. Interview	Drawing models of Moon's phase in their understanding and explaining the conceptions	2007. 1 ~2007. 5
2nd task	In Seoul, Incheon, GyeongGi-Do 8 Earth Science teachers -High school teacher: 4 -Middle school teacher: 4	Interview	Comment about models of Moon's phase and complementary model	2007. 6 ~2007. 8
3rd task	Two students who displayed alternative model in 1st interview	Indepth- interview	Interview of the students on their opinion after instructing about complementary model	2007. 8
4th task	In Seoul -middle school: 3 class of 3rd grade (86 students)	Pre- and post- instruction questionnaire	Questionnaire of the students on their opinion and how their conception be changed during instruction	2007. 8 ~2007. 9

자료 수집 및 분석

1단계에서 수행한 면담을 녹음 전사하고, 학생들이 직접 종이 위에 그린 모델과 함께 분석하였다. 전사된 자료는 연구자가 개발한 코드표(Table 2)를 사용하여 개념과 모델을 각각 코딩 하였다. 분석틀은 Trundle et al.(2002, 2007)의 연구에서 사용된 코드를 기초로 하여 연구자를 포함한 전문가 집단 8명(지구 과학교육 전공 석사과정 3명, 박사과정 2명; 현직 지

구과학교사 3명)의 회의와 협의를 거쳐 최종 코드표를 완성하였다. 사용된 코드표는 Table 2와 같다. 분석을 위해 3명씩 팀을 이루어 독립적으로 전사 자료를 코딩하는 작업을 하였다. 1차 코딩의 결과가 3명 모두 일치하는 것을 확인한 후, 불일치한 사례에 대해서는 협의를 거쳐 분석 원칙을 최대한 공유하도록 하였다. 같은 코드표와 방법을 사용하여, 우리나라와 미국 교과서의 달의 위상 변화 모델의 개념을 분석

Table 2. Concept code key

Code	Meaning of Concept Code
1 SciOrb	The Moon orbits the Earth.
2 SciHaf	Half of moon illuminated that half toward the sun.
3 SciEMS	Relative positions of the Earth, the Sun, and the Moon in space determines the illuminating part we can observe.
4 SciSee	Part of the illuminated half we see determines phase.
5 SciEcl	The lunar eclipse occurs at the full moon when the Moon moves across the shadow of the Earth.
6 SciAcc	For eclipses to occur, the Moon must reach full or new moon just as it passes across the plane of Earth's orbit; otherwise, the shadows miss.
7 NavSee	Without other scientific concepts, he/she has only the concept about the phases of the Moon.
8 AltSha	Dark part of the lunar phase is caused by the Earth's shadow.
9 AltRot	The Earth's rotation on its axis causes the lunar phases.
10 AltETilt	Tilt of the Earth on its axis causes the lunar phases.
11 AltGeo	The lunar phases are up to an observer's geographic position on the Earth, and peoples at different geographic locations observe different moon phases.
12 AltOrb	Understanding about motion of the Moon is not clear.
13 AltEcl	Understanding about the lunar eclipse is not clear.
14 AltAcc	The concept about the planes of the Moon's and Earth's orbits intersecting at the line of nodes is not clear.
15 AltScl	There is no spatial conception about the position and scale of the Sun-Earth-Moon system.
16 AltPrl	The Sun's rays in the Earth-Moon system draw radial. The concept about assuming that the Sun's rays go parallel in the Earth-Moon system is not clear.
17 AltOth	Other reason except any of above. Provide its descriptions and add it to the coding system.
18 USciPrl	Incomplete conception. The Sun's rays in the Earth-Moon system goes radial in drawing, but there is scientific conceptual understanding in explaining.

하였고, 각 팀별로 지구과학교육 전문가 3명이 삼각 검증을 통해 분석에서 상이한 내용이 나타날 시 연구원간 토론을 통해 의견을 조정하였다.

위와 같은 과정을 거쳐 분석한 자료를 바탕으로 연구자 외에 전문가(지구과학 전공 박사과정 2명)와의 토론을 통해 보완 모델을 개발하였다. 현직 교사 8명의 면담을 통해 실제 달의 위상 변화 수업에서 일어나는 학생들의 이해 정도와 수업 진행 시 특이 사항에 대해서 질문하였으며, 개발한 보완 모델에 대한 장·단점 및 보완 점과 수업 적용 시 고려할 점에 대한 의견을 수집하고, 이를 바탕으로 보완 모델을 보강하였다. 이렇게 개발된 보완 모델은 2명의 학생과 심층면담을 통해 그 적용가능성을 검증하였다. 선정된 2명의 학생은 1단계 면담 참여자로 면담 당시 달의 위상 변화에 대해 수업을 받은 학생들이었으나, 달의 위상 변화에 대해 명확히 이해하고 있지 않은 학생들로 선정하였다. 심층 면담에서는 학생들이 이해하고 있는 달의 위상 변화 모델을 다시 그려보게 한 후, 보완 모델을 제시하고 간단히 달의 위상 변화에 대해 수업을 진행하였다. 보완 모델 수업 후에 느낀 점을 자세히 이야기 하도록 하였으며, 보완 모델의 유용성에 대한 답변을 분석하여 최종 보완 모델을 완성하였다. 완성된 보완 모델을 이용하여 수업을 진행하였으며, 보완 모델 수업 전·후의 학생들의 개념변화를 비교해 보고, 보완 모델에 대한 학생들의 의견을 수집·분석하였다.

연구 결과 및 논의

달의 위상 변화를 설명하기 위해 교과서에서 제시되어 있는 달의 위상 변화 모델의 유형은 어떠한가?

학생들이 이해하는 달의 위상 변화 모델을 분석하기에 앞서, 교과서에 제시되어 있는 달의 위상 변화 모델은 어떤 방식으로 표현되어 있는지 분석하였다. 이를 위해 우리나라 중학교 3학년(9학년) 과학 교과서 9종과 고등학교 2학년(11학년) 지구과학 1 교과서 6종, 미국 교과서 4종의 달의 위상 관련 단원에서 제시되어 있는 달의 위상 모델을 수집·분석하였다. 우리나라 과학 교육과정(교육부 1998, 2001) 상의 해당 학년은 Table 3과 같으며, 달의 위상 관련 단원을 볼드체로 표시하였다.

교과서 달의 위상 변화 모델 분석은 학생 개념을 조사하기 위해 만들어진 Table 2의 코드표를 동일한 방법으로 사용하여 분석하였다. 중학교 3학년의 9종, 지구과학 1의 6종 교과서의 해당 단원의 모델을 분석한 결과, 중·고등학교 교과서에서 사용되는 모델은 대체로 동일한 것으로 나타났다. 해당 단원의 모델 중 대표적으로 가장 많이 사용되고 있는 모델은 다음과 같이 세 가지로 볼 수 있다.

초저녁 하늘에서 달의 위치와 모양 변화를 나타낸 모델: 중·고등학교 구분 없이 대부분의 교과서에서 초저녁 하늘에서의 달의 위치를 나타내는 모델 Fig.

Table 3. Unit of Moon phases on curriculum

Grade	Unit of Moon phases
9th	<p>(7) The solar system</p> <p>(a) Observing the diurnal motion and explaining it with the rotation of the Earth.</p> <p>(b) Understanding the ecliptic and solar annual motion, and explaining it with the revolution of the Earth.</p> <p>(c) Observing the lunar phases and explaining it with the motion of the Moon.</p> <p>(d) Using a model experiment to explain the lunar and solar eclipses.</p> <p>(e) Finding out a orbital period of each planet and its orbital radius, and comparing their relative sizes.</p> <p>[Further Study] Modifying the lunar phase. Drawing positions of the Sun, the Moon and the Earth in space at the partial, total and annual eclipses</p>
11th (Earth Science I)	<p>(3) Mysterious Universe</p> <p>(a) Observation</p> <p>① Examining observing tools and learning how to operate them.</p> <p>② Observing the surface of the Sun with a tool like telescope, and describing the phenomena seen on its surface.</p> <p>③ Observing motion of the Moon and its phases to understand the positional relation among the Sun, the Moon and the Earth, and observing and describing the surface of the Moon with observing tools.</p> <p>④ Understanding observed movements of planets with given data, and describing characteristics of the planets with their own observations.</p> <p>⑤ Calculating distance between stars with an annual parallax in the photographs, using a constellation map to find familiar constellations, and understanding the relation of luminosity with magnitude.</p>

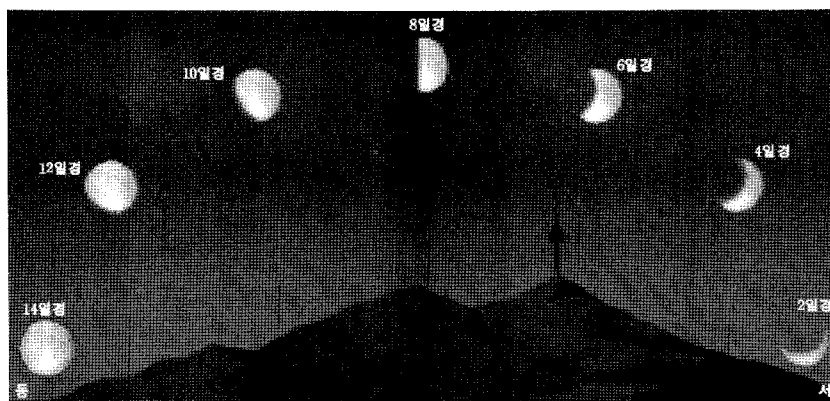


Fig. 1. The model of Moon's phases in the sky at sunset (source: Earth science 1 textbook A).

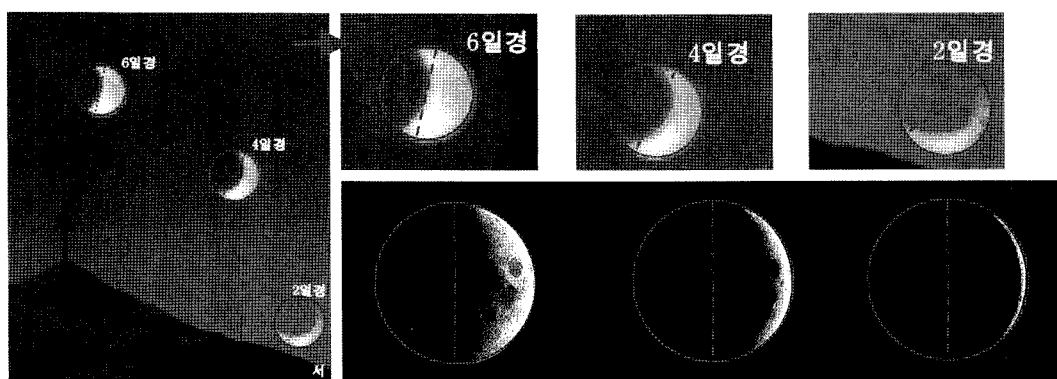


Fig. 2. Moon phases at lunar day 2, 4, 6 (source: www.astrosurf.com).

1을 사용하고 있었다. 위 모델에서 사용된 개념은 NavSee로 나타났다. 이 개념은 과학적인 개념 없이 관찰되는 달의 위상에 대한 개념만 있는 것으로, 과학적 개념도 대안적 개념도 아닌 순진한(naïve) 개념으로 볼 수 있다. 달의 위상 변화 원리 설명에 앞서 실제 초저녁 하늘에서 관측되는 달의 모습을 제시함으로써 학생들에게 친숙하게 다가가기 위한 것으로 보인다. 그러나 Fig. 1에 제시한 A 출판사의 모델에서는 오개념을 유발할 수 있는 요소가 나타났다.

달의 위상 변화 모습을 그림으로 표현하였으나, 실제 관측될 수 없는 달의 위상 변화 모습을 나타내고 있다. Fig. 1에서 2, 4, 6일경의 위상은 Fig. 2의 확대 그림과 같이 달이 빛나는 가장자리 부분이 실제 달의 크기에 반이 넘게 표현되어 있다. 실제 2, 4, 6일경에 관측되는 달의 위상은 Fig. 2의 아래 부분의 사진과 같다. 달은 태양 빛을 반사하여 빛나는 천체로, 반달이 되기 전에 위상에서는 빛나는 부분이 전체의 반을 넘을 수 없다. Fig. 1에 제시된 위상은 실

제 식이 일어날 때 관측 가능한 모습이다. 이것은 학생들에게 식현상이 일어날 때의 위상을 달의 위상으로 혼동하여 오개념을 유발할 수 있는 요소가 될 수 있다. 물론 일부 출판사에서 위 모델과 같이 잘못된 그림을 통해 설명하고 있었으며, 실제 다른 출판사의 경우 달의 사진을 이용해서 올바른 달의 위상을 표현한 모델을 사용하고 있었다.

달의 공전과 위상 변화 모습을 나타낸 모델: 이 Fig. 3의 모델은 중·고등학교 구분 없이 달의 위상 변화를 설명하는데 있어서 가장 많이 사용되며, 달의 위상 변화를 설명하는 주된 모델이라고 할 수 있다. 달의 공전과 달의 위상, 태양-지구-달의 위치를 표현하고 있으며, 이 모델에 사용된 개념 코드는 SciOrb (달이 지구 궤도를 공전한다. 달의 공전, 자전에 대한 과학적 개념을 갖고 있다.), SciHaf(태양을 향하고 있는 달의 반쪽이 빛난다.), SciEMS(지구, 태양, 달의 상대적인 위치가 우리가 보는 부분을 결정한다.),

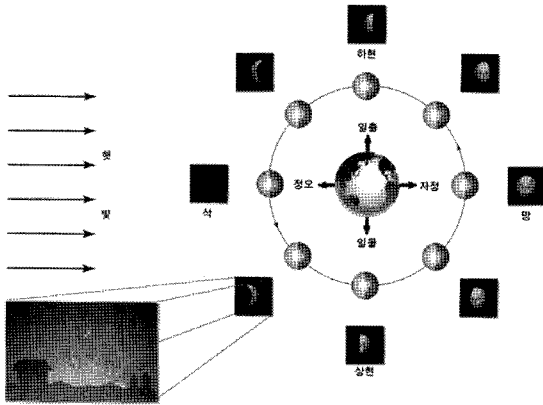


Fig. 3. The model of Moon's phases with its orbit (source: 9th grade science textbook B).

SciSec[우리가 보는 빛나는 부분이 상(Phase)을 결정한다. 보통 SciHaf, SciEMS 개념과 결합되어 나타나게 되며, 위치 관계에 대한 과학적인 개념을 가진 후에 달의 위상 개념을 인지하는 복합적인 코드이다.]의 과학적인 개념이 사용되었다. 위 네 가지의 코드는 달의 위상 변화를 이해하는 데 꼭 필요한 과학적인 개념이다. 달의 위상 변화를 이해하는 데에 있어 어느 하나의 개념만이 필요한 것이 아니라 위의 네 가지 개념이 복합적으로 작용하여, 달의 위상 변화에

대한 학생들의 이해를 도와준다. 그러나 이 모델에서 오개념을 유발할 수 있는 요소가 나타난다.

첫째, 태양이 지구-달 계에서 평행으로 입사한다는 가정을 설명하고 있지 않다. 둘째, 공간에서 모델(태양, 지구, 달)을 바라보는 시점이 정확히 표현되어 있지 않다. 셋째, 태양-지구-달의 상대적 크기에 대한 설명이 없다. 특히, 공간에서 모델을 바라보는 시점에서 살펴보면, 그림에서 지구 위의 관찰자의 모습을 작게 표현하여 제시된 달의 위상이 지구상의 관찰자가 볼 수 있는 달의 모습이라는 관점을 나타내주고 있다. 그러나 전체적인 태양-지구-달의 운동과 위치의 표현에서 보면, 모델에 나타난 태양-지구-달의 위치와 운동이 우주상에서 황도의 북극(황도에 수직하게) 방향의 관점에서 바라보고 있는 것이라는 설명이 없다. 또한 Fig. 3에서 표현되어 있는 지구 그림을 보면, 지구 안의 지도가 옆에서 바라 본(황도에 평행하게) 모습으로 나타나 있다. 이 경우 태양-지구-달의 위치와 운동이 옆에서 바라 본 모습이라고 혼동할 수 있다. 나아가, 공간에서의 운동이나 규모에 대한 개념이 부족한 학생들은 관점에 대한 정확한 설명이 없다면 이 모델에서 나타나는 두 가지 관점 즉, '지구에서 관찰할 수 있는 달의 위상'과 '우주상에서 바라본 태양-지구-달의 위치와 운동에 대한 관점'을 명확히 구분하기 어렵다.

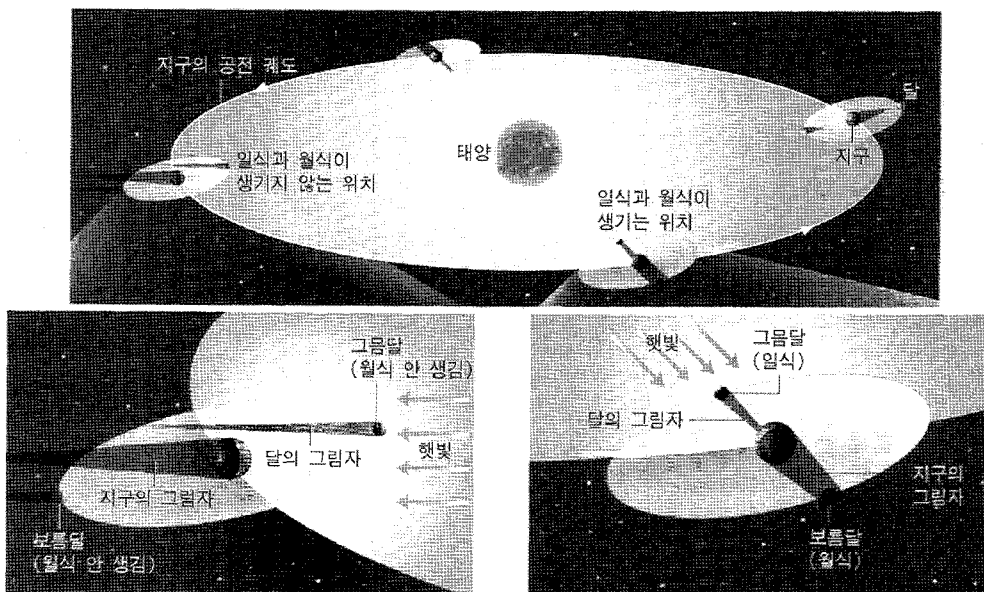
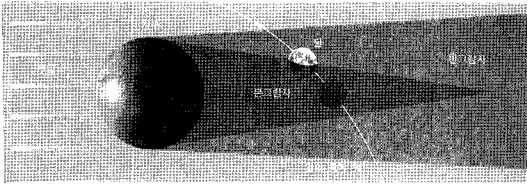


Fig. 4. The model of eclipses with its positions of Earth, the Moon and the Sun (source: 9th grade science textbook C).



A. 그림 25 월식의 발생

Fig. 5. The model of lunar eclipse(source: 9th grade science textbook C).

위 모델은 기능적 구체 모델*로 볼 수 있으며, 이 모델의 특성상 지구-달 시스템의 규모를 나타내고 있지 않다. 대신 이 모델의 목적은 지구-달의 관계와 운동을 나타내고자 한다. 그러나 이러한 모델의 사용에 있어서, 학생들이 이 모델에서 사용된 공간의 왜곡에 대한 자각이 없는 한 대안적 개념을 유발할 수 있는 요소가 된다(Gilbert and Ireton, 2003). 실제로 위에서 지적한 것과 같이 이 모델을 사용하고 있는 교과서 내의 설명에서는 규모와 공간의 왜곡이나, 관찰자의 위치에 대한 언급이 없으며, 교사용 지도 자료에도 이런 모델을 사용할 때의 유의점에 대한 내용이 없기 때문에, 교사와 학생 모두에게 오개념을 유발할 수 있는 요소가 될 수 있다. 기능적 구체 모델의 특성상 이 모델의 사용에서 나타내주지 못하는 부분과 제한점에 대한 자세한 설명과 그에 대한 올바른 이해가 필요하다.

태양-지구-달 위치 관계를 나타낸 월식의 원리: Fig. 4와 5는 월식을 설명하는 모델로, 교육과정상 중학교 교과서에서만 등장하는 모델이다. 이 모델에 사용된 개념 코드는 USciPr1가 나타난다. 이 코드는 불완전한 개념으로 모델에서 태양 광선은 평행하게 표현하였지만, 지구 그림자의 표현에서 태양 광선을 반경방향(방사형, radial)으로 표현하였다. 모델의 표현 방법에 있어서 공간의 왜곡이 자주 일어나기는 하지만, 태양 광선을 평행하다고 가정하는 이유에 대한 설명이 없기 때문에 오개념을 유발할 수 있는 요소가 된다. 중학교 3학년 교육과정에서는 달의 위상 변화 수업 바로 다음 차시에 월식에 대한 내용이 나오게 되는데, 학생 모델 분석에서 월식 수업 후 학생들이 중 일부는 월식 모델과 달의 위상 변화 모델을 혼동하여 대안적 모델을 갖게 되는 경우가 나타났다. 따

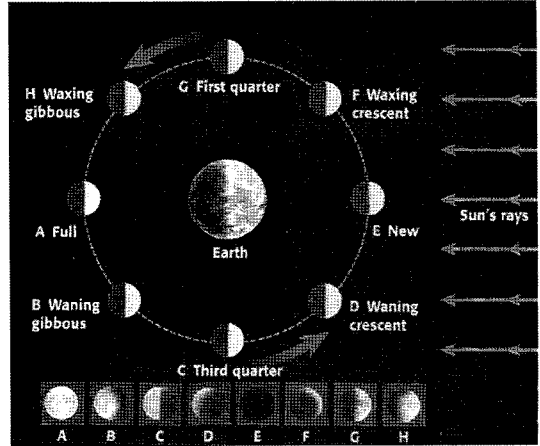


Fig. 6. The model of Moon's phases with its orbit in a textbook of US (source: textbook of US A).

라서 월식 수업에서 달의 위상 변화 모델의 원리와 월식 모델의 원리를 명확히 구분하여 이해할 수 있도록 위 모델의 사용에서 태양 광선을 평행광선과 반경방향으로 다르게 나타낸 이유에 대한 설명이 필요할 것이다.

미국 교과서의 달의 위상 변화 모델 분석: 미국 교과서의 달의 위상 변화를 설명하는 모델은 우리나라의 모델과 대체로 같다. 달의 위상 변화 원리 자체를 직접적으로 설명하고 있는 모델은 우리나라(Fig. 3)와 미국 모두 Fig. 6와 동일한 모델을 사용하여 설명하고 있다.

중등학생들이 이해하고 있는 달의 위상 변화 모델은 학년에 따라 어떻게 나타나며, 그 유형별 특징은 어떠한가?

학년에 따른 개념의 변화: 중등학생들이 구두 면담에서 직접 그린 달의 위상 변화 모델 분석을 위해, 개발된 코드표를 사용하여 모델에서 나타나는 개념을 분석하였다. 개념 분석을 위해서 학년별 모델에서 나타나는 개념의 총 개수에 대한 해당 개념의 분포를 퍼센트로 나타내었다. 대안적 개념(코드; Alt000) 코드는 그래프로 나타낼 때, 유의미한 결과 해석을 위하여 코드 AllAlt로 묶어서 나타내었다. 학년에 따른 개념의 경향은 다음 Fig. 7과 같이 나타난다.

*기능적 구체 모델(functional concrete models): 대상의 확실한 기능적인 관계를 나타내기 위해 의도된다. 실제 크기나 거리에 대한 정밀성이 비교적 덜 강조된다(Gilbert and Ireton, 2003).

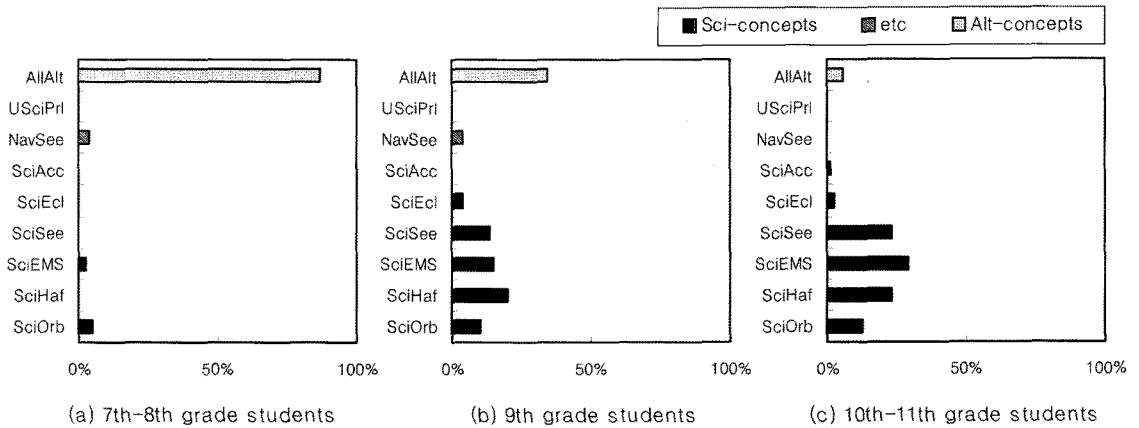


Fig. 7. Students' conceptual changes according to the grades.

달의 위상 변화에 대한 정규 수업을 받은 적이 없는 중학교 1, 2학년 학생들의 달의 위상 변화 모델의 개념은 Fig. 7-(a)에서 보는 것과 같이 대안적 개념(AllAlt)이 월등히 높게 나타난다. 또한 관측되는 달의 위상 모습에 대한 개념인 NavSee 개념을 가지고 있었으며, 과학적인 개념은 거의 나타나지 않는다는 것을 알 수 있다.

중학교 3학년 학생들의 달의 위상 변화 모델의 개념은 Fig. 7-(b)에서 보는 것과 같이 나타난다. 중학교 3학년의 경우 달의 위상 변화 수업을 받은 후에 나타나는 개념으로 중학교 1, 2학년에 비해 대체로 과학적 개념(Sci00)이 증가한 것을 볼 수 있으며, 대안적 개념의 비율이 줄어들게 되었다. 이것은 달의 위상 수업을 통해 학생들은 완벽하지는 않지만, 달의 위상 변화에 대한 과학적인 개념을 획득한다고 볼 수 있다.

고등학교 학생들의 달의 위상 변화 모델의 개념은 Fig. 7-(c)에서 보는 것과 같이 나타나며, 고등학생의 경우 2학년 지구과학 1에서 달의 위상 관련 내용을 다시 한 번 학습하게 된다. 무선 표집된 대상 중 고등학교 2학년 학생의 경우 인문사회계열, 이공계열을 구분하지 않았으며, 지구과학1 수업을 받은 학생과 그렇지 않은 학생들이 모두 포함 되어 있다. 따라서 고등학생의 경우 중학교 3학년 때 달의 위상 수업을 받은 후의 시간이 흐른 상태라고 볼 수 있으며 고 1, 2학년의 경우 개념의 빈도에 있어서 큰 차이가 나타나지 않아, 고 1, 2학년의 개념을 한꺼번에 살펴보기로 한다. Fig. 7-(c)와 같이 과학적인 개념이 중학교에 비해 증가하였으며, 대안적 개념의 비율이 확연히 감소한 것을 볼 수 있다. 이는 달의 위상 단원 수업

을 지구과학 1에서 직접적으로 받지 않는다고 하더라도, 천체의 운동이나 공간에 대한 단원을 배우면서 기존에 배운 달의 위상의 이해에 영향을 미치는 것으로 보인다. 이것은 기존의 선행연구와 일치하는데 ‘학생들의 인지 수준이 높을수록 천체의 운동에 대한 과학적 개념 체계가 잘 정립된다(변재성 외 2004).’ ‘중·고등학생의 경우 과학적 개념에 근접한 응답에 있어서는 비슷한 비율을 보였으나 정확한 과학적 개념은 고등학생이 월등히 높은 비율을 보여서 복잡하고 정확성을 요구하는 과학적 개념에 있어서는 학년이 갈수록 그 개념이 바로 형성되고 있었다(지나현, 2001).’는 결과와 부합하는 것으로 보인다.

전체적인 개념의 흐름을 살펴봤을 때, 대체로 중학생들의 모델에서 대안적 개념의 비율이 높았으며, 오히려 월식을 배운 중3 학생들의 경우 공간적 개념이나 태양 광선의 개념을 혼동하고 있는 경우가 많았다. 또한, 학생들의 모델에서 한 가지 개념이 주로 나타나는 것이 아니라 여러 가지 과학적 개념이 서로 연관되어 학생들이 표현한 모델에 사용되고 있었다. 특히 과학적 개념으로는 교과서 설명 모델이 제시하는 SciHaf, SciEMS, SciSee, SciOrb의 네 가지 개념이 연관되어 나타났다. 그러나 한두 가지의 과학적 개념이 나타나더라도 학생의 모델에서 대안적 개념 요소가 하나 이상 있을 경우, 한 달 동안의 달의 위상 변화 모습을 완벽히 이해하지 못하는 것으로 나타났다.

모델 유형에 따른 분류: 학생들이 실제로 표현한 모델, 이미지 자체의 분석을 통해 그 형태를 분류하였다. 학생들이 실제로 이해하고 있는 달의 위상 변

Table 4. Type of students models about Moon phases

Type of students models	# of models	%
(i) Models explaining as using scientific models	19	34%
(ii) The model with the concept about relative positions of the Sun, the Earth, and the Moon is indistinct	5	9%
(iii) The model with unclear understanding about concepts of orbital motions	6	11%
(iv) The model that the Earth's rotation on axis causes phases	6	11%
(v) The model that the lunar phases are caused by variations in the Earth's shadow	10	18%
(vi) The model with confusions about positions of the lunar phases	7	13%
Others	3	5%
Total	56	100%

화 모델은 매우 다양한 형태로 나타나고 있으며, 그 중에서 가장 많이 등장하는 유형을 (i) 과학적 모델을 사용하여 설명하는 모델, (ii) 태양, 지구, 달의 위치 관계 개념이 불분명한 모델, (iii) 태양, 지구, 달의 공전 개념이 불분명한 모델, (iv) 지구 자전에 의해 달의 위상 변화가 나타나는 모델, (v) 지구 그림자로 인해 달의 위상 변화가 나타나는 모델, (vi) 달의 위상 변화 위치를 혼동하는 모델의 여섯 가지로 분류하였으며, 각 유형의 비율은 Table 4와 같다.

(i) 유형의 모델의 경우, 교과서에서 제시된 달의 위상 변화 모델을 모방하여 표현한 경우로 과학적인 모델이라고 할 수 있다. 이 유형은 특히 고등학생 집

단에서 많이 나타났다.

(ii), (iii), (iv)의 유형은 태양-지구-달의 위치관계 및 달의 공전 개념 등 기본적인 개념을 이해하지 못하여 달의 위상 변화를 설명하지 못하는 경우에 해당한다. 이 유형은 대체로 중 1, 2학년 학생들의 집단에서 많이 나타났으며, 과학적 개념이 드러나지 않는 유형이다.

(v), (vi)의 유형은 과학적 개념과 대안적 개념들이 공존하여 나타나는 것이 특징이다. 달의 위상 변화를 명확히 이해하지는 못하지만, 태양-지구-달의 위치 관계 및 달의 공전 개념 등, 천체의 운동에 대한 기초적인 이해를 하고 있는 상태로 분석된다. 이 유형은

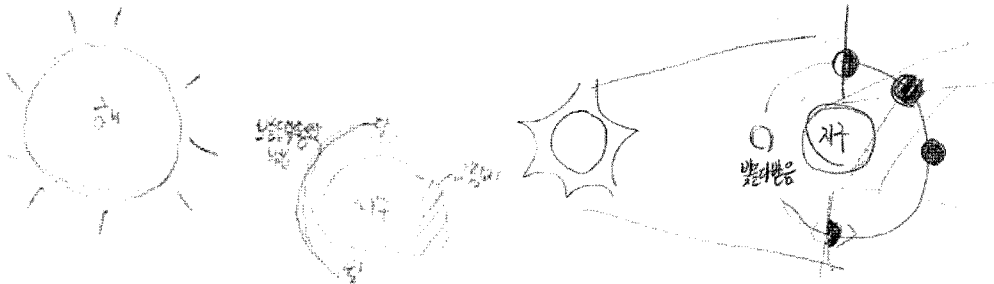


Fig. 8. Example: models of type (v).

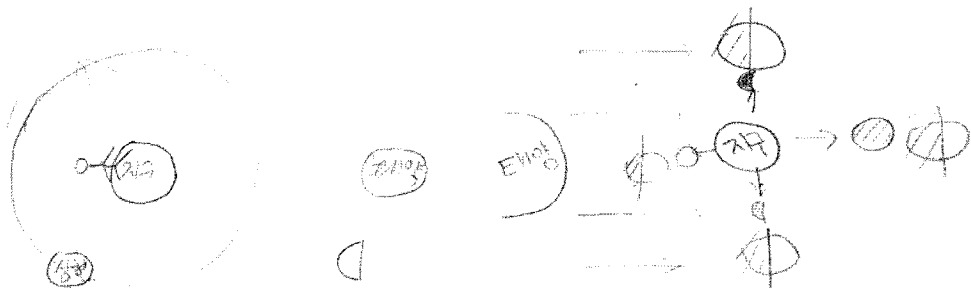


Fig. 9. Example: models of type (vi).

대체로 중학교 3학년 집단에서 많이 나타났다.

(v) 유형의 모델(Fig. 8)은 지구 그림자로 인해 달의 위상 변화가 나타난다고 생각하고 있기 때문에 식의 개념과 혼동을 일으키는 경우가 많다. 이 경우에는 SciOrb(달의 공전) 개념은 가지고 있지만, 그 외의 과학적 개념은 드러나지 않는다. (vi) 유형의 모델(Fig. 9)은 상현과 하현의 위치를 반대로 이해하고 있으며, SciOrb(달의 공전) 개념은 가지고 있으나 SciHaf(달의 반쪽이 빛난다)나 SciEMS(지구-태양-달의 위치관계)에 대한 개념이 명확하지 않은 경우이다. 이 경우에도 일부의 과학적 개념을 가지고 있다고 하더라도 달의 위상 변화를 올바르게 이해할 수 없다.

이를 바탕으로 (v), (vi) 유형에 해당하는 학생들은 공간과 천체의 운동에 대해 어느 정도 기초 개념을 가진 학생으로 분석하였다. 이 유형의 집단에는 기존에 달의 위상에 관해 수업을 받았으나, 달의 위상 변화 원리를 명확히 이해하지 못하는 학생과 선지식의 영향으로 달의 위상 변화를 이해하지 못하는 학생이 포함된다고 보았다. 이렇게 과학적 개념과 대안적 개념이 공존하고 있는 학생들의 명확한 이해를 돕기 위해서 교과서 모델을 보완해 줄 수 있는 보완 모델을 제안 하고자 한다.

교과서에서 제시하는 달의 위상 변화 모델을 보완할 수 있는 보완 모델을 사용한 수업을 진행했을 때, 그 효용성은 어떠한가?

보완 모델의 제안: 달의 위상 변화를 직접적으로 설명하는 교과서의 모델은 대체로 하나의 모델을 사용하며, 모델의 특성상 대상의 특징을 나타내는데 많은 제한점이 있다. 따라서 교과서의 모델을 보완하기

위한 다양한 모델이 필요할 것이다. Gilbert and Ireton (2003)은 교수 학습 상황에서 학생들이 어떤 현상에 대하여 좋은 정신 모델(rich mental model)을 형성하게 하기 위해서는 학생들이 그 현상의 서로 다른 특징들을 보여주는 다양한 모델(multiple models)을 접할 필요가 있다고 했으며, 모델은 그것이 나타내고자 하는 대상의 완벽한 표현이라고 여겨서는 안 되며, 모델은 그들이 표현하고자 하는 기준에 대해서만 적합하다는 것을 인지해야 한다고 했다. 오피셜 외 (2007)는 지구과학에서 사용되는 과학적 모델 및 모델링(modeling) 과정에 대해 아는 것은 지구과학과 지구과학 학습의 본성을 이해하는 데 매우 중요하다고 했다. 따라서 교과서 모델이 모두 표현하고 있지 못하는 특성을 보충해줄 수 있는 다양하고 효과적인 보완 모델을 적절한 과학적인 설명과 함께 활용한다면, 달의 위상 변화에 대한 학생들의 이해에 도움이 될 것으로 보인다.

먼저, 교과서의 달의 위상 변화 모델(Fig. 3)에서 대안적 개념을 유발할 수 있는 요소에 대해서 살펴보면 첫째, 태양-지구-달의 상대적 크기 및 거리에 대한 올바른 축척 개념을 알려주지 않아 식 현상과 혼란을 일으킬 여지가 있으며 SciHaf(태양을 향하고 있는 달의 반쪽이 빛난다.) 개념에 대한 이해를 어렵게 한다. Fig. 3의 교과서 모델은 평면적으로 그려져 있어 황도와 백도가 5° 가량 기울어져 있다는 표현이나 설명이 없기 때문에, 삭과 망 때마다 식 현상이 일어나게 될 것이라는 대안 개념을 유발할 수 있는 요소가 있다. 둘째, 모델의 태양-지구-달의 위치와 운동관계가 황도의 북극에서(수직으로) 바라보는 시선이라는 언급이 없으며, 지구-달-태양의 위치 관계에서 관측자의 위치

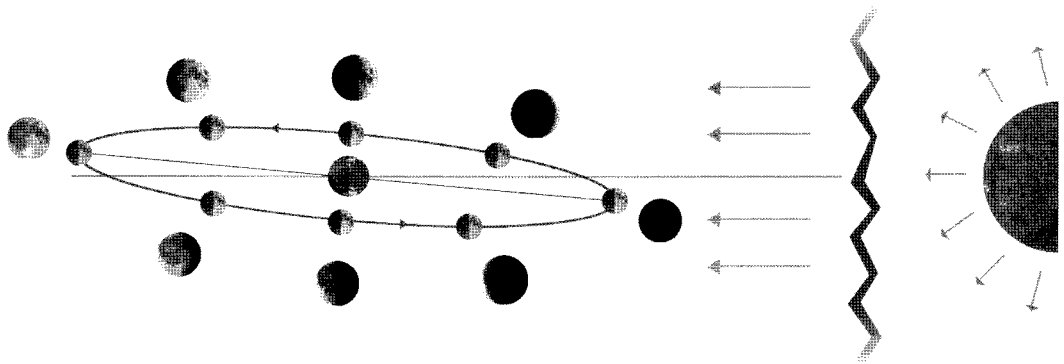


Fig. 10. The model of Moon phases when you look at from the side.

에 따른 달의 위상 결정방법이 제대로 언급되어 있지 않아 SciSee(우리가 보는 빛나는 부분이 상을 결정한다.) 개념에 대한 이해를 어렵게 한다. 따라서 학교 현장에서 활용할 수 있는 달의 위상 변화에 대한 보완 모델을 다음과 같이 제안하고자 한다.

(1) 측면에서 바라보는 달의 위상 변화를 나타낸 모델(Fig. 10)

[모델에 대한 설명]

- 태양, 지구, 달의 위치와 운동을 측면(황도 방향)에서 바라보는 모습으로 나타내었다.
- 제시된 달의 위상 사진은 각 태양, 지구, 달의 위치가 그림과 같을 때, 지구상의 관찰자가 관측할 수 있는 달의 위상을 나타낸다.
- 태양의 거리가 매우 멀기 때문에, 지구-달계에서는 태양빛을 평행 광선으로 가정한다는 것을 표현하였다.

기존 교과서의 모델(Fig. 3)은 황도의 북극 방향에서 바라보는 모습으로 표현되어 있으나, 교과서에 따라 지구의 이미지는 측면으로 그려진 경우가 많다. 이는 측면에서 바라보는 시점으로 혼동할 수 있는 요인이 될 수 있다. 또한 지구상에서 관측되는 달의 위상 변화 모습과 태양-지구-달의 위치를 나타낸 우주 공간상의 관점에 대한 구분이 없어, 학생들은 이 두 가지 관점에 대해 혼동을 하게 된다. 따라서 Fig. 10과 같은 첫 번째 보완 모델을 제안 하고자 한다. 이 모델에서는 달의 궤도를 옆(황도의 적도)에서 바라보는 모습으로 표현함으로써, 교과서 모델과의 비교를 통해 우주 공간상에서 태양-지구-달을 바라보는

시점에 대해서 생각해 볼 수 있는 기회를 갖게 한다. 이 모델에서 두 가지 관점에서의 이해가 필요한데, 표현된 달의 위상 변화 모습은 지구상의 관측자가 바라보는 모습이라는 것과 태양-지구-달의 위치와 운동 모습은 우주 공간상의 시점에서 바라보는 태양-지구-달의 위치 관계라는 두 가지 관점에서 이해하여야 할 것이다. 따라서 교과서 모델과 보완 모델이 함께 사용될 때, 모델이 표현하고 있는 공간적인 관점에 대한 이해를 도울 수 있다. 보완 모델을 통해 우주에서 바라보는 관점에서 태양-지구-달의 위치가 모델처럼 제시될 때, 각각의 위치에서 지구상의 관측자가 바라본 달의 위상 변화가 나타난다는 것을 이해하는데 도움을 줄 수 있다.

(2) 실제 태양, 지구, 달의 크기와 거리를 상대적으로 나타낸 모델(Fig. 11)

[모델에 대한 설명]

- 태양, 지구, 달의 실제 크기를 규모에 맞게 축소하여 나타냈다.
- 지구-달의 실제 거리를 규모에 맞게 축소하여 나타냈다.
- 단, 태양-지구 거리는 약 1.5×10^8 km로 한정된 평면상에 축소하여 나타낼 수 없으므로, 축척을 무시하여 나타냈다.

교과서에서 태양-지구-달의 크기나 거리에 대한 공간적인 개념을 강조하는 모델은 거의 없으며, 달의 위상 변화 모델에서도 거리에 대한 설명을 제시하고 있지 않다. 또한 학생들은 모델 그 자체를 받아들임으로 기능적 구체 모델의 오개념 유발의 가능성이 크다. 그

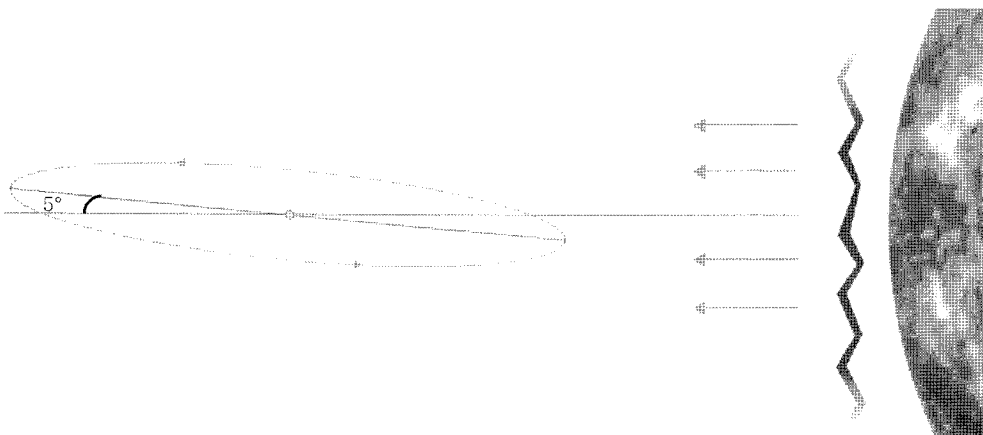


Fig. 11. The model is to scale (The diameters of Earth and the Sun are exaggerated).

에 비해 대부분의 규모 모델은 오개념 유발의 가능성이 적다(Gilbert and Ireton, 2003). 따라서 Fig. 11과 같이 두 번째 보완 모델을 제안하고자 한다. 이 모델은 실제 달-지구의 크기와 거리를 같은 비율로 축소하여, 상대적으로 나타냄으로써 공간상에서 태양, 지구, 달의 크기 및 거리 차이를 인식할 수 있다(단, 지구-태양간의 거리는 과장되게 축소되었다. 태양의 크기는 실제 축척임). 크기에 대한 상대적인 표현을 통해, 황도와 백도의 경사를 나타냄으로써 지구, 달의 크기에 비해 실제 우주 공간상에서 5° 차이가 매우 넓은 공간임을 확인할 수 있도록 하였다. 지구에서 바라본 달의 시직경이 0.5°이므로 5°의 차이에 의해 삭과 망 때마다 식 현상이 일어나지 않는다는 것을 알 수 있다. 이 보완 모델은 교과서 모델 중 월식을 설명하는 Fig. 4 모델과 함께 제시되었을 때, 공간상에서 식 현상이 일어나는 위치와 그렇지 않은 위치를 구분할 수 있을 것으로 보인다. 또한 우주 공간상에서 실제 크기와 거리를 생각해 볼 수 있는 기회를 제공함으로써 우주 공간상에서 천체의 모습에 대해 지각할 수 있으며, 태양의 크기에 비해 지구와 달의 크기는 매우 작다는 것을 나타냄으로써, 지구-달계에서 태양 광선을 평행하다고 가정하는 이유를 확인할 수 있다.

본 논문에서 제안하는 모델은 교과서 모델이 나타내고 있지 못한 특징을 다른 차원에서 나타낸 것이며, 교과서 모델과 함께 사용될 때 상호 보완 작용을 하여 학생의 이해를 도울 수 있다. 이러한 모델을 사용할 때 주의할 점은 모델이 표현하고자 하는 목적과 표현된 방법에 대한 설명을 잊지 말아야 한다는 것이다. 모델의 사용에 있어서 모델이 가지고 있는 제한점을 바르게 이해하고, 모델이 표현하는 특징에 대해 자세한 설명이 함께 제시 되었을 때 효과적으로 모델을 사용할 수 있을 것이다. 또한 본 논문의 보완 모델이 나타내지 못하는 특징을 보완 할 수 있는 다른 차원의 모델이 사용될 수 있다. 2차원적인 평면 모델의 특성상 시간의 흐름에 따라 관측되는 달의 위상 변화 모습을 완벽하게 설명할 수는 없으며, 위의 보완 모델이 설명하고 있지 못하는 특징을 보완하기 위해서는 교과서의 달의 위상 변화 실험(탐구)과 동영상 모델이 함께 사용되는 것이 좋다.

보완 모델에 대한 의견

(1) 교사 의견

개발된 보완 모델에 대해 현직 교사 8인의 인터뷰

를 통해 장단점과 활용방안에 대한 의견을 수렴하였다. 먼저 첫 번째 보완 모델인 ‘측면에서 바라보는 달의 위상 변화를 나타낸 모델’에 대한 교사 인터뷰는 다음과 같다.

연구자: 교과서 모델을 사용하시면서 학생들이 이해하기 힘들어 하거나 가르치실 때 불편했던 점이 있다면 무엇이 있나요?

교사 A: 원래 황도와 백도가 기울어져 있지만, 교과서 모델에서는 일직선으로 표현되어 있잖아요. 그래서 이렇게 삭과 망 때 마다 일·월식이 일어나지 않는 이유가 무엇인지에 대해서 물어보는 아이들이 가끔 있어요.

(중략)

연구자: 네, 지금 선생님이 지적해 주신 것 중에서, 교과서 모델에서는 평면적으로 일직선으로 표현되어 있기 때문에, 삭과 망 때 일·월식이 일어나게 되는 원인과 혼동할 수 있는 여지가 있는데요. 그래서 이렇게 측면에서 그려준 모델을 제시하면서, ‘이것은 측면에서 바라본 것이다.’라는 공간적인 관측 위치에 대한 개념을 주면 학생들이 이해하는데 도움이 되지 않을까하는 의도에서 보완 모델을 제시한 것인데요. 이것에 대해서는 어떻게 생각하시나요?

교사 A: 네, 이렇게 측면에서 제시를 해 주면 아이들이 이해하는데 도움이 되요. 저도 학생들을 가르치기 전에는 어느 위치에서 바라보고 있는 그림인지에 대해서 생각해 본 적이 없었어요. 학생들은 실제로 교과서 모델 익숙해서 있어요. 태양의 방향이 교과서 표시처럼 이쪽에(왼쪽 방향) 있을 때의 모습에 익숙해요. 그래서 태양의 방향도 다른 쪽에서 그려보도록 수업을 해요. 이렇게 여러 방향에서 그려보도록 하면, 학생들의 이해에 도움이 되는 것 같아요.

연구자: 그러면 이렇게 보완 모델에서처럼 다른 측면에서 바라보는 모델을 사용하면 학생들에게 도움이 될까요?

교사 A: 네, 공간적인 위치에 대한 개념을 설명하고, 여러 방향에서 그려보게 하면 확실히 이해하는 것 같아요.

이 인터뷰의 응답자는 고등학교 교사로 교과서 모델이 삭과 망의 위치에서 매달 일·월식이 일어나지 않는 이유를 설명하기 힘들다는 것을 지적하고 있으며, 이러한 부분을 보완할 수 있는 보완 모델의 필요성을 긍정적으로 생각하고 있으며, 실제 교수 현장에서 관찰자의 관측 위치에 대한 설명의 필요성을 느끼고 있었다.

연구자: (첫 번째 보완 모델에 대한 설명 후) 이 모델에 대해서 어떻게 생각하시나요?

교사 B: 이 모델을 보면 교과서 모델과 크게 다르다는 느낌이 들지는 않지만, 사용하지 않는 것보다는 나올 것 같아요. 측면에서 바라보는 모델은 기존에 생각 못 해본 것이어서 좋은 것 같아요. 그러나 그림은 어쨌든 2차원의 한계는 뛰

어념을 수 없어서 동영상으로 구현하는 것이 더 좋을 것 같긴 하지만, 교과서에서 2차원의 한계를 보완 할 수 있다는 것이 괜찮은 것 같아요. 어쨌든 시험에서처럼 이렇게 지면에서 학생들이 2차원 모델을 접하기 때문에 지면상 이해할 수 있는 이런 2차원 모델이 필요한 것 같아요.

이 응답에서 교사는 첫 번째 보완 모델이 기존의 교과서 모델과 크게 다르지는 않지만, 2차원의 평면에서 표현할 수 있는 공간적인 위치에 대한 한계를 보완 모델을 통해 극복할 수 있다고 보고 있다. 동영상으로 설명을 한다 하더라도 지필 고사를 보는 현실에서는 지면상에서 학생의 이해를 도울 수 있는 이러한 보완 모델의 필요성을 긍정적으로 받아들이고 있다.

실제 태양, 지구, 달의 크기와 거리를 상대적으로 나타낸 두 번째 보완 모델에 대한 교사 인터뷰는 다음과 같다.

연구자: (두 번째 보완 모델에 대한 설명 후) 이러한 보완 모델에 대해 어떻게 생각하시나요?

교사 C: 실제 수업에서 황도와 백도가 5° 차이가 난다는 사실을 설명해주는 것은, 실제로는 학생들이 이해하기 보다는 외웠다고 생각할 수밖에 없죠. 일단, (보완 모델을) 제시해 주는 것 자체는 좋은 것 같아요. 위상 변화를 이해하는 데에는 더 도움이 되는지는 확실히는 모르겠지만, 일식과 월식의 이해와 위상 변화를 구분하는 데는 도움이 될 수 있을 것 같아요.

(중략)

연구자: 네, 보완 모델만을 사용하지는 것이 아니라 교과서 모델과 보완 모델을 함께 사용할 때 효과를 높일 수 있다고 저희는 생각하고 있습니다.

교사 C: 일단, 달의 공전 궤도 면이 지구의 공전 궤도 면과 기울어져 있다는 것을 보여주는 것 (두 번째 보완 모델)은 필요할 것 같고요. 첫 번째 모델은 기존 교과서 모델과는 크게 다르지 않아 보이구요. 시간까지 고려한 모델을 만들 수 있다면 좋을 것 같아요.

인터뷰에서 교사는 실제 교수 현장에서 많은 학생들이 달의 위상 변화에 대해 이해를 하기 보다는 외우는 경우가 많다고 지적하고 있으며, 두 번째 보완 모델의 경우 달의 위상 변화와 일·월식을 구분하는데 도움이 될 수 있을 것이라고 보고 있다. 첫 번째 보완 모델에서는 관측 시간까지 고려한 모델을 만들 수 있다면 좋을 것 같다고 지적하고 있다.

보완 모델에 대한 교사들의 의견을 정리하면 다음과 같다. ‘거리, 공간 개념을 보여주는 모델의 사용이 효과적이다’, ‘측면에서 바라보는 시점을 제시해주는

모델의 관점이 새롭다’, ‘일·월식과 달의 위상 구분에 도움이 된다’, ‘첫 번째 모델의 경우 기존 교과서 모델과 크게 다르지 않으며, 이해력이 부족한 학생들에게는 혼동을 유발할 수도 있을 것이다’, ‘보완 모델을 통해 학생 뿐 만 아니라 교사 스스로에게도 공간과 거리에 대해 자각할 수 있는 기회가 되며, 이를 통해 교사가 학교 현장에서 이 부분을 강조하고 활용할 수 있을 것이다.’ 등의 의견을 수렴하였다.

(2) 학생 의견

1단계 면담에 참여했던 학생들 중 대안적 개념과 과학적 개념이 공존하는 모델을 가지고 있었던 학생 2명을 선정하여, 보완 모델을 제시한 후 의견을 묻는 심층 면담을 진행하였다. 이 두 명의 학생은 1단계 면담 당시에는 중학교 3학년이었으나, 심층 면담 당시에는 고등학교에 진학한 상태였다. 그러나 달의 위상 변화에 대해서 중3 이후로 다시 배운 적이 없었으며, 심층 면담 당시에도 역시 달의 위상 변화에 대해서 명확히 이해하고 있지 못했다. 보완 모델을 제시하고, 간단한 설명을 통해 학생들 스스로 달의 위상 변화에 대해서 이해할 수 있도록 하였으며, 보완 모델에 대한 학생들의 인터뷰는 다음과 같다.

(보완 모델에 대한 수업 후)

연구자: 달의 위상 변화를 이해하고자 할 때, 가장 이해하기 힘든 부분은 무엇이 있었나요?

학생 A: 보름달에서 삭으로 가는 방향이나 위치가 여전히 기억나지 않고, 부분 월식은 여전히 혼동돼요. 정확한 개념을 잡지 못해서 굉장히 혼동되고요. 막상 수업을 들었을 때는 다 안다고 생각했었는데, 몇 달 밖에 안 지났어도 시간이 흐르고 나니 하나도 모르겠어요. 정확한 개념이 잡혀 있지 않으면 기억하기가 힘든 것 같아요. 그리고 태양 빛의 방향이 다르면 달라지는 달의 위치 부분이 기억하기 어려워요.

연구자: 태양 빛의 방향이 다르다는 것이 어떤 의미인가요?

학생 A: 태양 빛이 이렇게 왼쪽에서 들어올 때와 오른쪽에서 들어올 때, 달의 어느 부분이 태양 빛을 받는지에 대해서 혼란스러워요.

연구자: 아. 그림에 제시된 태양의 위치에 따라서 위상 변화를 이해하는데 혼란스럽다는 건가요?

학생 A: 네, 맞아요.

(중략)

연구자: 보완 모델로 설명을 듣고 난 후, 달의 위상 변화에 대해 이해하는데 도움이 되었나요? 자신의 생각을 자유롭게 말해주세요.

학생 B: 관찰자의 위치를 생각해 볼 수 있는 기회가 무척 새로웠어요. 위에서 보는 건지 옆에서 보는 건지에 대한 그 생각이 무척 새로웠어요. 한 번도 관찰자의 위치를 생각해 본적이 없었는데, 교과서에도 그냥 평면적으로 옆에서 봤겠구나 생각을 했었는데 전혀 다르게 위에서 본 거였잖아요.

연구자: 그렇죠.

학생 B: 이렇게 평면적인 면은 순간적으로 그때 당시에는 이해하기 쉽겠지만, 시간이 지나면 기억하기 힘든 것 같아요. 교과서에서 조금 더 공간적인 개념을 이해하게 해줄 수 있는 그런 것이 있었으면 좋겠어요.

연구자: 그럼 보완 모델을 보고 나니 달의 위상이 3차원의 공간이라는 개념이 이해하기 쉬웠나요?

학생 B: 네, 맞아요. 그 전에는 생각해 보지도 않았는데, 공간적으로는 이렇게 되겠구나 생각할 수 있는 기회가 되었어요.

연구자: 학생A의 생각은 어땠는지 들어볼까요?

학생 A: 관찰자의 위치를 생각하고 나니까 달의 위상 변화를 이해하는 데 좀 더 쉬웠어요. 보완 모델을 보고 나서 확실히 이해가 됐어요. 우주에서 본다는 생각이 없고, 내가 보는 대로만 달의 위상을 생각했었는데, 그것을 지구에서 보는 모습이라고 생각하니 이해하기 쉬웠어요.

학생 B: 그런데 공간이라고 해도 제가 직접 우주에서 보지를 못했잖아요. 그래서 이해하기 힘든 것 같아요. 그런데 우주 공간에서의 모습을 직접 볼 수 없고, 달의 위상 자체만 볼 수 있는 것인데요. 우주 공간의 모습을 머릿속에서 상상해야 되는데 그것을 이해해야 하니까 그게 어려운 것 같았어요.

연구자: 맞아요. 우리가 실제 보는 것은 달의 위상 모습 뿐인데, 이런 모델을 아무 설명 없이 그냥 이해하려고 하니까 어려웠던 것이예요.

학생 B: 네, 그래서 정말 이런 관점에 대해서 생각해 볼 수 있는 기회를 갖는다는 게 정말 센세이션 했어요. 그리고 달의 위상 변화를 이해하고 나니, 월식 일식에 대해 더 쉽게 이해할 수 있었어요.

위의 응답에서 학생들은 중3과정에서 배울 때는 잘 아는 것 같았지만, 몇 달이 흐르고 나니 전혀 기억나지 않는다고 했다. 수업 시간에는 교과서 모델을 그냥 외운 것이 불과 하며, 개념에 대한 이해는 전혀 없었다고 했다. 우주 공간에서 바라보는 관점을 제시한 보완 모델에 대해 무척 충격적이었다고 했으며, 전에 그러한 생각을 해 본 적이 없었기 때문에 그런 관점에 대한 생각이 달의 위상 변화에 대해 '이해'를 할 수 있는 좋은 계기가 되었다고 했다. 공간적인 위치에 대한 이해를 명확히 하고 나니, 달의 위상 변화에 대해서 이해할 수 있었고 나아가 식 현상에 대해

서도 쉽게 이해할 수 있었다고 했다.

학생들의 인터뷰를 정리하면 다음과 같다. '기존에 공간적인 개념을 생각해 본 적이 없기 때문에, 이런 개념을 생각해 볼 수 있는 기회가 새로웠다.', '달의 위상 변화 모델의 원리를 생각해 본 적이 없었으나, 그런 모델이 그려지게 된 원리를 생각해 볼 수 있는 계기가 되었다.', '수업시간에는 다 안다고 생각하고 넘어갔으나 시간이 지난 후에 면담을 해보니 이해하지 못하고 그림 자체를 외웠던 것에 불과 했다.', '실제 달의 위상 변화에 대해 정확히 이해하고 있는 부분이 거의 없었다는 것을 알게 되었다.', '교과서에 제시된 모델을 그냥 받아들이려고만 할 것이 아니라, 공간적, 규모적 개념을 생각해 보면서 달의 위상 변화에 대해 이해할 수 있었다.', '관측자의 위치에 대한 생각을 정리할 수 있었다.' 등의 의견을 수렴하였다. 위와 같이 이러한 보완 모델의 제시가 학생들의 생각의 관점을 새롭게 하여 달의 위상 변화 이해에 도움을 주는 것으로 보인다.

학교 현장에 투입: 개발된 보완 모델을 사용하여 학교 현장에서 활용할 수 있는 프리젠테이션 자료를 개발하고, 해당 단원을 배우게 되는 중학교 3학년, 3개 학급에 보완 모델을 활용하는 수업을 실시하였다. 각 학급당 총 2차시 수업으로 진행되었으며, 1차시 수업에서는 교과서 모델을 사용하여 달의 위상 변화 수업을 진행하는 일반적인 수업을 한 후, 2차시 수업 전에 지난 시간에 배운 달의 위상 변화에 대한 이해도 검사를 설문지를 통해 실시하였다. 설문 후에 보완 모델에 대해 설명하고 다음 단원인 월식 수업을 진행하였다. 그 후 3차시 수업 전에, 다시 한 번 달의 위상 변화에 대한 이해도와 보완 모델에 대한 의견을 묻는 검사를 설문지를 통해 실시하였다. 보완 모델에 대한 학생들의 주요 의견은 태양-지구-달의 거리와 크기를 실제적으로 표현하여 이해하는데 도움이 되었으며, 황도와 백도의 궤도의 차이가 실제 달의 크기에 비해 매우 크다는 것을 확인할 수 있었다는 의견이 많았다. 그러나 오히려 많은 그림을 사용하여 이해하는데 혼란스러웠다거나 달의 위상 변화 자체가 이해하기 힘들다는 의견도 제시되었다. 학생들의 의견을 정리하면 다음 Table 5와 같다.

위와 같이 학생들의 의견을 통해서, 보완 모델의 사용이 대체적으로 학생들의 이해에 도움이 되는 것을 확인할 수 있었으며, 보완 모델을 도입하여 수업할

Table 5. Student's responses about complementary models

	Type of students' responses	# of students	%
It is helpful (57 students, 66%)	Understanding that the inclination of the lunar orbit to the ecliptic plane is very large (5°), and because of it, the eclipses do not occur every new Moon or every full Moon.	11	13%
	Using various pictures is more helpful for understanding than using just a textbook.	9	10%
	I have a clear understanding of spatial distance	6	7%
	The picture on the textbook looks two-dimensional, but Complementary Models looks three-dimensional that they are more helpful.	5	6%
	I clearly understand variations the lunar phase seen from the Earth.	2	2%
	I had been thought that the size of the Moon is similar to the Earth, but I can identify the difference between them by the model.	2	2%
	It is helpful (simple answer)	22	26%
	It is not helpful (simple answer)	15	17%
	No answer (I don't know)	14	16%
	Total	86	100%

때 모델이 표현하고자 하는 내용을 정확히 설명하는 것이 중요함을 시사한다. 그림으로 표현된 모델을 그냥 제시만 하는 것이 아니라 모델의 표현 의도를 정확히 설명할 때, 해당 모델을 통해 학생들의 이해를 효과적으로 도울 수 있었다. 본 연구에서 제안하는 보완 모델은 교과서 모델과 함께 사용하여, 학생의 이해를 풍부하게 할 수 있도록 도와주는 역할을 하는 모델로 학교 현장에서 활용될 수 있음을 시사한다.

결론 및 제언

본 연구에서는 달의 위상 변화에 대한 학생들의 이해를 연구하기 위해, 학생들이 표현한 달의 위상 변화 모델에 대해 분석하고, 교과서에서 제시된 달의 위상 변화 모델 분석을 통해 학생들의 모델과의 관련성과 차이점을 알아보았다. 또한 달의 위상 변화에 대한 학생들의 개념 이해를 돕기 위한 보완 모델을 제안 하였다. 연구 결과 도출되는 논의점과 시사점은 다음과 같다.

첫째, 우리나라 및 미국의 교과서에서 제시하는 달의 위상 변화 모델은 대체로 유사한 한 가지 모델을 사용하고 있었다. 이 모델이 달의 위상 변화를 설명하는 주된 모델이라고 할 수 있으며, 달의 공전과 달의 위상, 태양-지구-달의 위치를 표현하고 있다. 이 모델에 사용된 개념 코드는 ‘달이 지구 궤도를 공전한다.’는 SciOrb, ‘태양을 향하고 있는 달의 반쪽이 빛난다.’는 SciHaf, ‘지구-태양-달의 상대적인 위치가 우리가 보는 부분을 결정한다.’는 SciEMS, ‘우리가 보는 빛나는 부분이 상(Phase)을 결정한다.’는 SciSee

이며, 이 네 가지 개념은 달의 위상 변화를 이해하는데 꼭 필요한 과학적인 개념으로서 이 개념들이 결합되어 달의 위상 변화에 대해 학생들이 정확하게 혹은 과학적으로 이해할 수 있도록 도와준다. 그러나 교과서 모델에서 오개념을 유발할 수 있는 요소가 나타나며, 모델의 특성상 한두 가지의 모델로는 나타내하고자 하는 대상을 완벽히 설명하지 못한다. 오개념을 유발할 수 있는 요소 중에는 모델을 그림으로 나타냄에 있어 실제 대상을 잘못 표현하는 경우가 있으므로 편집 시, 제시하는 그림이나 사진 자료에 대한 정확한 검토가 필요할 것이다. 또한, 모델의 사용에 있어 해당 모델이 나타내는 특징과 그 제한점에 대해 자세한 설명이 함께 제시되어야 한다.

둘째, 우리나라 중등학생들이 과학적으로 올바른 달의 위상 변화 모델을 제시한 경우는 약 34%였으며, 그 이외의 학생들은 한 가지 이상의 대안적 개념을 포함하는 모델을 제시하였다. 학년별 개념의 흐름을 살펴보면 대체로 중학생들의 모델에서 대안적 개념의 비율이 높았으며, 고등학생들의 모델에서는 과학적 개념이 높게 나타났다. 학생들이 표현하는 모델을 분석한 결과 한 가지 개념이 주로 나타나는 것이 아니라, 여러 가지 과학적 개념과 대안적 개념이 결합되어 나타났다. 그러나 한두 가지의 과학적 개념이 나타나더라도 대안적 개념 요소가 하나 이상 포함되어 있을 경우, 한 달 동안의 달의 위상 변화 모습을 완벽히 이해하지 못하는 것으로 분석되었다. 학생들이 실제로 표현한 모델은 매우 다양한 형태로 나타나고 있었으며, 그 중에서 가장 많이 등장하는 유형을 분류하면 다음과 같다. ‘과학적 모델을 사용하여

설명하는 모델', '태양, 지구, 달의 위치관계 개념이 불분명한 모델', '태양, 지구, 달의 공전 개념이 불분명한 모델', '지구 자전에 의해 달의 위상 변화가 나타나는 모델', '지구 그림자로 인해 달의 위상 변화가 나타나는 모델', '달의 위상 변화 위치를 혼동하는 모델'로 나타났다.

셋째, 교과서에서 제시하는 달의 위상 변화 모델이 표현하지 못하는 특징에 대해, 제한점을 보충할 수 있는 보완 모델이 필요하다. 달의 위상 변화를 직접적으로 설명하는 교과서의 모델은 크게 보아 하나로 나타나며 모델의 특성상 대상의 특징을 나타내는데 많은 제한점이 있다. 교수-학습 상황에서 학생들이 어떤 현상에 대하여 좋은 정신 모델을 형성하게 하기 위해서는 그 현상의 서로 다른 특징들을 보여주는 다양한 모델을 접할 필요가 있다 (Gilbert and Iretton, 2003). 따라서 본 연구에서 제안하는 보완 모델을 교과서 모델과 함께 사용하여 공간, 거리 규모와 공간 상에서 모델이 만들어지게 된 위치에 대해 생각해 볼 수 있는 기회를 제공할 수 있으며, 크기에 대한 상대적인 표현을 통해, 황도와 백도의 경사를 나타냄으로써 지구, 달의 크기에 비해 실제 우주 공간상에서 5° 차이가 매우 넓은 공간임을 확인할 수 있도록 하였다. 본 연구의 보완 모델은 교과서 모델이 설명하고 있지 못하는 부분을 보충해 줄 수 있는 모델로 교과서 모델과 함께 사용될 때, 다양한 차원의 모델이 상호 보완작용을 하여 학생의 이해를 풍부하게 할 수 있도록 도와주는 역할을 하는 것으로 나타났다.

이와 같이 본 연구에서는 교과서에서 제시하는 모델과 함께 다양한 모델을 사용할 때, 모델의 제한점을 상호 보완하는 작용을 하게 되어 학생들의 이해를 돕는다는 것을 시사해 주고 있다. 달의 위상 변화를 과학적으로 올바르게 이해하기 위한 개념을 소개하고 이들을 적절히 결합할 수 있도록 다양한 모델을 활용해야 하며, 나아가 2차원의 평면적 모델이 가지고 있는 한계를 극복하기 위해 동영상이나 실험을 통한 동적 모델과 함께 사용될 때, 학생들은 좋은 정신 모델을 형성할 수 있을 것으로 보인다. 이를 위해, 본 연구에서 제안하고 있는 보완 모델 뿐 아니라 달의 위상 변화의 이해를 돕기 위한 다양한 모델과 동영상 모델이 개발되어야 할 것이며, 이러한 모델의 사용에 있어 해당 모델의 특성과 제한점을 파악하고 그 의도를 명확히 이해하고 전달하려는 노력이 필요할 것으로 보인다.

사 사

이 연구에 참여한 연구자는 2단계 BK21 사업의 지원비를 받았다.

참고문헌

- 강훈식, 김유정, 노태희, 2007, 제 7차 중학교 1학년 과학 교과서의 물질 단원에서 외적 표상들의 활용 실태 분석. 한국과학교육학회지, 27 (3), 290-200.
- 곽영순, 2003, 질적 연구로서 과학 수업비평. 교육과학사, 서울, 302 p.
- 교육부, 1998, 과학과 교육과정. 대한교과서, 서울, 101 p.
- 교육부, 2001, 고등학교 교육과정 해설: 6 과학. 대한교과서, 서울, 244 p.
- 구자홍, 2000, 고등학생들의 공간능력과 천체운동개념과의 상관관계. 한국교원대학교 교육대학원 과학교육학과 중등과학교육전공 석사학위논문, 78 p.
- 권재술, 김범기, 우종욱, 정완호, 정진우, 최병순, 1998, 과학교육론. 교육과학사, 서울, 451 p.
- 김중희, 2006, 달의 위상 작도 모듈 활용 수업에 의한 고등학생들의 달의 위상 개념 변화. 한국지구과학회지, 27 (4), 353-363.
- 김찬중, 이조옥, 1995, 달의 위상 변화와 빛에 대한 중등학교 학생들의 개념 사이의 관계. 한국지구과학회지, 17 (1), 8-21.
- 김희정, 최성연, 황운진, 이재은, 김성원, 이미경, 2006, 과학적 소양에 근거한 제 7차 중학교 과학 교과서의 분석. 한국과학교육학회지, 26 (4), 601-609
- 민준규, 1991, 중등학생 및 과학교사의 지구와 달의 운동에 관한 개념. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문, 128 p.
- 변재성, 정재구, 문병찬, 정진우, 2004, 지구와 달의 운동에 대한 고등학생들의 생각. 한국지구과학회지, 25 (7), 519-531.
- 소원주, 김범기, 우종욱, 1998, 중등 학교 학생들의 과학의 본성 개념을 측정하기 위한 도구 개발. 한국과학교육학회지, 18 (2), 127-136.
- 심기창, 김희수, 정정인, 2004, 인지갈등 수업모형을 적용한 중학생의 달의 운동 개념 변화. 한국지구과학회지, 25 (5), 348-363.
- 오준영, 김유신, 2006, 천문 현상들을 설명하는 예비중등 교사들의 정신모형의 구조: 계절과 달의 위상 변화. 한국과학교육학회지, 26 (1), 66-87.
- 오필석, 전원선, 유정문, 2007, 10학년 과학 교과서 지구과학 분야에 등장하는 과학적 모델 분석. 한국지구과학회지, 28 (4), 393-404.
- 조희형, 최경희, 2002, 구성주의와 과학교육. 한국과학교육학회지, 22 (4), 820-836.
- 지나현, 2001, 달의 모양 변화와 운동에 대한 초·중·고 학생들의 학년에 따른 개념변화. 연세대학교 교육대학원 지구과학전공 석사학위 논문, 69 p.

채동현, 1992, 계절변화의 원인에 관한 학생들의 유년적 사고. 한국지구과학회지, 13 (3), 283-289.

Gilbert, S.W. and Ireton, S.W., 2003, Understanding Models in Earth and Space Science. NATA Press, Arlington, VA, USA, 124 p.

Trundle, K.C., Atwood, R.K., and Christopher, J.E., 2002, Preservice Elementary Teachers' Conceptions of Moon Phases before and after Instruction. Journal of Research in Science Teaching, 39 (7), 633-658.

Trundle, K.C., Atwood, R.K., and Christopher, J.E., 2007, A Longitudinal Study of Conceptual Change: Preservice Elementary Teachers' Conceptions of Moon Phases. Journal of Research in Science Teaching, 44 (2), 303-326.

Stahly, L.L., Krockover, G.H., and Shepardson, D.P., 1999, Third Grade Students' Ideas about the Lunar Phases. Journal of Research in Science Teaching, 36 (2), 159-177.

Antonio Cidadao의 달과 행성 관측과 CCD 이미지: <http://www.astrosurf.com> (검색일: 2007. 7. 1)

분석 대상 교과서

강만식, 정창희, 이원식, 한인섭, 박은호, 이창진, 김일회, 장병기, 정병훈, 윤용, 이태욱, 한천욱, 2002, 중학교 과학3. 교학사, 311 p.

경재복, 윤일희, 이경훈, 김기룡, 황원기, 이기영, 2002, 고등학교 지구과학 1. 중앙교육진흥연구소, 267 p.

김정률, 고현덕, 김재현, 김남일, 임용우, 동효관, 김선주, 남철주, 김영순, 이준용, 2002, 중학교 과학 3. 블랙박스, 328 p.

김찬중, 김희백, 박시진, 오차환, 양재철, 장홍식, 정진문, 조현수, 최후남, 한송희, 현종오, 홍경희, 2003, 중학교 과학 3학년. 도서출판 디딤돌, 327 p.

김희수, 정남식, 신동원, 박정웅, 이정식, 한홍열, 박용선, 2002, 고등학교 지구과학 1. 천재교육, 247 p.

박봉상, 김윤우, 홍달식, 박문수, 정대영, 심국석, 심중섭,

최진복, 장정찬, 최병수, 진만식, 2002, 중학교 과학3. 동화사, 336 p.

소현수, 안태인, 최승언, 박건식, 목창수, 김종권, 김득호, 구수길, 박완규, 김완섭, 김영산, 이미하, 2002, 중학교 과학 3. 두산, 303 p.

우종욱, 정진우, 위수민, 임청환, 홍성일, 이석형, 2002, 고등학교 지구과학 1. 교학사, 221 p.

이광만, 허동, 이경운, 정문호, 방태철, 이기성, 안태근, 정상운, 복완근, 정익현, 2003, 중학교 과학 3. 지학사, 295 p.

이규석, 이창진, 김정률, 이용준, 강진찬, 김재현, 2002, 고등학교 지구과학1. 대한교과서, 247 p.

이문원, 전성용, 권석민, 진만식, 신석주, 임부철, 2002, 고등학교 지구과학 1. 금성출판사, 283 p.

이성목, 채광표, 김기대, 이문원, 권석민, 손영운, 노태희, 정지오, 서인호, 김영수, 2002, 중학교 과학 3. 금성출판사, 335 p.

정완호, 권재술, 김범기, 김성하, 백성혜, 우종욱, 이봉호, 이석형, 정진우, 최병순, 2002, 중학교 과학3. 교학사, 318 p.

최돈형, 김동영, 김봉래, 김재영, 노석구, 신영준, 이기영, 이대형, 이면우, 이명제, 이상인, 전영석, 2002, 중학교 과학 3. 대일도서, 336 p.

허창희, 박병훈, 정성표, 김병국, 2002, 고등학교 지구과학 1. 지학사, 255 p.

Dobson, K., Holman, J., and Roberts, M., 2001, Holt science spectrum: A Physical approach. Holt, Rinehart and Winston, 728 p.

Feather, R.M. and Snyder, S., 1999, Glencoe earth science. Glencoe McGraw-Hill, 792 p.

Sager, R.J., Ramsey, W.L., Phillips, C.R., and Watenpugh, F.M., 1998, Modern earth science. Holt, Rinehart and Winston, 714 p.

Smith, M.J., Southard, J.B., Demery, R., and Crum, E., 2006, Earth Comm: Earth system evolution. It's About Time, Inc., 674 p.

2007년 10월 9일 접수

2007년 12월 4일 수정원고 접수

2008년 1월 7일 채택