

통합적 접근이 필요한 지구과학 개념에 대한 예비 교사의 이해: 현상론적 초안과 국면 분석을 통한 식 현상에 대한 정신모형 탐색

이 기 영*

강원대학교 과학교육학부, 200-701, 강원도 춘천시 강원대학길 1

Pre-Service Teachers' Understandings on Earth Science Concept needed for an Integrated Approach: Exploring Mental Models about Eclipse Phenomena by Analyzing Phenomenological Primitives and Facets

Ki-Young Lee*

Division of Science Education, Kangwon National University, Gangwon 200-701, Korea

Abstract: This study explored pre-service teachers' mental models about eclipse phenomena to investigate their understandings on the earth science concept needed for an integrated approach. We conducted in-depth interviews with two different contexts on 30 secondary and 36 primary pre-service teachers participants, and analyzed phenomenological primitives (p-prims) and facets of causal explanations about eclipses. Based on this study, we identified four different levels of mental models about eclipses. Four mental models were categorized as (1) Screening model, (2) Orbital plane model, (3) Hybrid model, and (4) Shadow cast model. Screening model is a flawed mental model, orbital plane model is an incomplete correct mental model, and shadow cast model is a scientifically correct mental model. Hybrid model, composite of two or more mental models, use multiple mental models simultaneously. Orbital plane model was the most widespread mental model in secondary pre-service teachers group, whereas screening model was used frequently in primary group. It was found that the level of mental model could be determined by the level of facet and p-prims. We confirmed context sensitivity of the mental models and perceived the necessity of integrated approaches to promote progression of mental models. Implications of our findings for enhancing pre-service science teachers' topic-specific pedagogical content knowledge (PCK) associated with eclipse phenomena are also discussed here.

Keywords: mental model, pre-service teacher, facet, eclipse, earth science

요약: 본 연구에서는 통합교과적 접근이 필요한 지구과학 개념에 대한 예비 교사들의 이해를 알아보기 위하여 식 현상에 대한 예비 교사들의 정신 모형을 탐색하였다. 본 연구에는 30명의 중등 예비 지구과학 교사와 36명의 초등 예비 교사들이 참여하였다. 정신 모형의 분석을 위해서 서로 다른 맥락의 질문지에 대한 예비 교사들의 응답 및 질문지를 토대로 한 심층 면담 과정에서 나타난 현상론적 초안과 전략적 국면을 분석하였다. 연구 결과, 식 현상에 대해 예비 교사들은 4개의 서로 다른 수준의 정신 모형을 가진 것으로 분석되었다: (1) 차폐 모형, (2) 공전궤도면 모형, (3) 혼성 모형, 그리고 (4) 그림자 모형. 차폐 모형은 결합이 있는 모형이며, 공전궤도면 모형은 불완전한 모형, 그림자 모형은 과학적으로 옳은 모형이다. 혼성 모형은 두 개 이상의 정신 모형을 동시에 사용한다. 중등 예비 교사의 경우는 공전궤도면 모형이 40%로 가장 우세한 반면, 초등 예비 교사의 경우는 차폐 모형이 67%로 가장 많았다. 국면의 수준이 정신 모형의 수준을 결정하며, 국면의 수준은 현상론적 초안에 의해 결정되는 것으로 분석되었다. 이 연구를 통해 정신 모형의 상황 의존성을 확인하였으며, 식 현상에 대한 낮은 수준의 정신 모형들이 개념적 모형으로 바뀌기 위해서는 광학과 기하학이 통합된 새로운 접근이 필요함을 알 수 있었다. 또한 정신 모형의 규명을 통한 예비 과학 교사의 주제 특정적 교과교육학 지식의 향상 가능성을 시사하였다.

주요어: 정신모형, 예비 교사, 국면, 식, 지구과학

*Corresponding author: leeky@kangwon.ac.kr

Tel: 82-17-424-8098

Fax: 82-33-242-9598

서론

과학 개념(concepts)은 물리, 화학, 생물, 지구과학과 같이 특정 교과에만 한정되지 않으며, 과학의 과정(process) 또한 모든 과학 교과에 공통으로 적용된다. 과학은 그 자체로 통합적(integrated) 교과이며, 과학을 제대로 가르치기 위해서는 이러한 통합적 특성이 반영되어야 한다(Hall, 1972). 특히, 지구과학의 경우는 이러한 통합적 성격이 다른 과학 교과에 비해 강하며, 지구과학에서 다루는 개념이나 현상 또한 여러 과학 분야의 개념이 통섭된(interdisciplinary) 것이 많다. 본 연구에서는 이러한 특성을 가지는 지구과학 개념의 예로 식 현상을 선정하였으며, 통합적 접근의 근거를 제시하기 위해 정신 모형(mental model)을 분석하고자 하였다. 정신 모형의 심층적인 분석을 위해서는 특정 개념과 관련된 상황에 대한 인과적 설명(causal explanation)에 포함된 현상론적 초안(phenomenological primitives)과 국면(facet)의 규명이 필요하다.

정신 모형이란 어떤 현상에 대한 인과적 이해(causal understanding)를 위한 수단으로, 외부 세계와의 상호작용을 통해 형성된 내적 표상(internal representation)이다(Greca and Moreira, 2002; Johnson-Laird, 1983). 또한 무엇을 표현하기 위한 인지적 요소들의 조합 양식으로, 정신 모형은 과학적으로 받아들여지는 지식에 부합되는 간결하고 완전한 표상인 개념적 모형(conceptual models)으로 변화가 가능하다(Redish, 1994). 이러한 관점에서 학습의 과정은 정신 모형의 발전(progression)으로 간주된다(Snow, 1990).

현상론적 초안이란 물리적 세계에 대한 직관적 지식 또는 논리적 구성 조각들(logical building blocks)로 주제에 무관하게 통용될 수 있는 관찰 가능한 추론의 조각이다(diSessa, 1993). 예를 들면, ‘무엇에 가까울수록 효과적이다.’ 같은 것이 초안에 해당된다. 이와는 달리 국면은 특정 현상이나 시스템을 기술하기 위한 구체적 진술(concrete statement)로서, 현상론적 초안에 대한 주제-특정적인(topic-specific) 해석이다(Minstrell, 1992). 국면의 예로는 ‘지구가 태양에 가까우면 더 덥다.’가 해당된다. Minstrell은 오개념(misconception)이 이러한 국면들을 잘못 해석한 맥락에 적용하기 때문에 발생된다고 보았으며, 개념 변화(conceptual change)를 국면들이 추가 또는 수정되거나, 국면들간의 관계가 정교화되는 것으로 간주하였다(박지연과 이경호, 2004).

현상론적 초안들은 특정한 상황에서 국면으로 발현되게(mapping) 되는데, 이 때 무수히 많은 다양한 국면으로의 발현이 가능하다. 국면은 발현의 수준에 따라 일반(보편)적(generic and cross content) 국면, 내용-특정적(content specific) 국면, 그리고 전략적(strategic) 국면으로 구분된다(Minstrell, 1992).

지구과학 분야에서 정신 모형과 관련된 연구는 지구의 모양에 대한 정신 모형에 관한 연구에서부터 시작되었다(Vosniadou and Brewer, 1992). 이후 지질학 영역에서는 판구조론과 관련하여 지구 내부 구조에 대한 연구(정구송, 2007; Gobert, 2000; Lillo, 1994)가 있었으나 그 외 다른 주제나 개념에 대한 연구는 거의 이루어지지 못하고 있다. 천문학 영역에서는 주로 달과 관련된 연구가 진행되어 왔다(변재성 외, 2004; 오준영과 김유신, 2006; 이호 외, 2007). 이동 수준에서 식 현상에 관련된 오개념 연구(Barnett and Morran, 2002)가 있긴 하였지만 식 현상과 관련된 심층적인 정신 모형에 관한 연구는 아직 없는 실정이다. 이기영(2006)이 국면 분석을 통해 조석 현상에 대한 정신 모형을 밝힌 연구를 제외하면 국면과 현상론적 초안을 동시에 분석하여 특정 개념에 대한 정신 모형을 심층적으로 규명한 연구 또한 국내에서는 이루어진 것이 없다. 이에 본 연구에서는 보다 심층적인 정신 모형 분석을 위해서 지구과학 개념 속에 내재된 다중 국면과 현상론적 초안을 분석할 필요가 있다고 판단하였으며, 다중 국면을 가진 통합 개념으로 식 현상을 선정하였다.

본 연구에서는 지구과학 개념의 올바른 이해를 위한 통합적 접근의 필요성에 대한 근거를 제시하기 위해 식 현상에 대한 예비 교사들의 정신 모형을 탐색하고자 한다. 이를 위해 다음과 같은 연구 문제를 설정하였다:

첫째, 식 현상에 대한 중등 및 초등 예비 교사의 정신 모형은 어떻게 분류되는가?

둘째, 각 정신 모형을 구성하는 현상론적 초안과 국면에는 어떤 것들이 있는가?

셋째, 식 현상에 대한 올바른 정신 모형 개발을 위해서는 어떤 통합적 접근이 필요한가?

연구 방법

연구 대상

본 연구에는 중등 예비 교사 30명과 초등 예비 교

Table 1. Participants of the study

School grade	Major	No. of pre-service teacher
Secondary	Earth science education	30
Primary	Science education	36

사 36명이 참여 하였다(Table 1). 중등의 경우는 강원도 춘천시 소재한 국립 사범대학 과학교육학부에서 지구과학 교육을 전공하고 있는 2, 3, 4학년 학생들을 대상으로 하였으며, 초등의 경우는 동일 지역의 교육대학 과학교육과 4학년 학생들을 대상으로 하였다.

정신 모형 규명을 위한 분석틀

Fig. 1은 식 현상에 대한 예비 교사들의 정신 모형을 규명하기 위한 분석틀의 구조를 나타낸 것이다. 이 분석틀은 기본적으로 위계 구조(hierarchical structure)로 되어 있다. 여기서는 하나의 정신 모형이 서로 다른 여러 국면들의 집합체(aggregation)이며, 각각의 국면들 또한 서로 다른 여러 현상론적 초안들로 이루어져 있는 것으로 본다. 그러므로 현상론적 초안과 국면들이 수준과 구성 방식에 따라 정신 모형이 결정된다고 볼 수 있다.

분석 방법

먼저, 정신 모형의 상황 의존성(context sensitivity)을 확인하기 위해 서로 다른 두 개의 상황(context)에서 식 현상에 대한 심층 면담을 실시하였다. Fig. 2는 심층 면담에 사용된 프로토콜을 나타낸 것이다. 첫 번째 상황은 피면담자가 일식과 월식을 제대로 구별할 수 있는가를 알아보기 위한 것으로 두 개의 세부 질문으로 구성되어 있다. 두 번째 상황은 식의 원리와 개기식과 부분식의 차이를 어떻게 알고 있는지 알아보기 위한 것으로 일식과 월식의 원리를 각각 그려보도록 하였으며, 그 그림을 토대로 개기식과 부분식의 차이를 설명하도록 하였다. 이 때 그림이나 설명이 명료하지 않을 경우, 다음과 같은 탐침 질문(probing question)을 추가로 제시하였다: (1) 이 그림에서 ~부분이 의미하는 것이 무엇인가? (2) 설명한 내용 중 ~부분이 구체적으로 어떻게 개기식(부분식)과 연관되는가?

심층 면담의 전 과정은 녹음하였으며, 이를 전사(transcription)한 후 식 현상과 관련된 다양한 국면들과 각 국면들 속에 포함되어 있는 현상론적 초안들을 분석하였다.

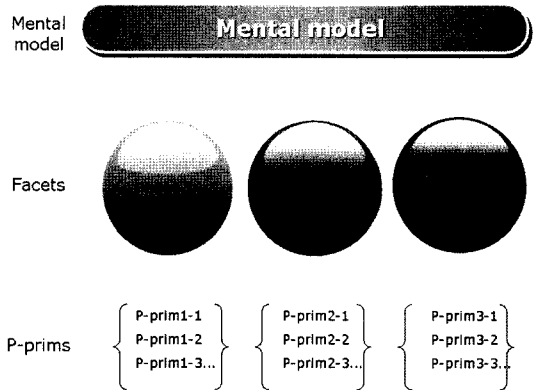


Fig. 1. Analytic frame for identifying mental models.

❖ Context 1 (discrimination)

- Q1: Is this picture represent solar eclipse or lunar eclipse?
- Q2: Why do you think so?

❖ Context 2 (sketching)

- Q1: Draw a picture showing the principles of solar and lunar eclipse, respectively.
- Q2: What makes the difference between total and partial eclipse in your drawing?

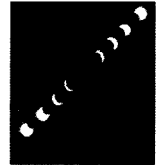


Fig. 2. Interview protocol.

결과 및 논의

식 현상에 대한 예비교사들의 정신 모형 분석

Table 2는 예비 교사들의 식 현상에 대한 정신 모형을 분석한 것이다. 식 현상에 대해 예비 교사들은 4개의 서로 다른 정신 모형을 가지는 것으로 분석되었으며, 중등 예비 교사와 초등 예비 교사 간 정신 모형의 차이가 매우 큰 것으로 나타났다. 규명된 4개의 정신 모형은 공전궤도면 모형, 그림자 모형, 차폐 모형, 그리고 혼성 모형이었다.

중등 예비 교사들이 식 현상에 대해 가장 많이 가진 정신 모형은 불완전한 모형으로 간주되는 공전궤도면 모형으로 전체 참여자의 40%를 차지하였다. 중등 예비 교사의 경우는 지구과학을 전공하는 학생들 입에도 불구하고 과학적으로 옳은 모형의 비율이 34%(그림자 모형 17%+그림자 모형과 공전궤도면 혼성 모형 17%)밖에 되지 않았으며, 결합이 있는 차폐 모형은 18% 정도인 것으로 나타났다. 또한 혼성 모형이 25%로 공전궤도면 모형 다음으로 많은 비율을 차지하였다. 이것은 연구에 참여한 예비 지구과학 교사들의 식 현상과 관련된 교과내용학 지식(subject

Table 2. Comparison of pre-service teachers' mental models between secondary and primary school grade

	Secondary				Primary			
	Solar eclipse	Lunar eclipse	Sum	%	Solar eclipse	Lunar eclipse	Sum	%
Orbital plane model (incomplete correct)	12	12	24	40	4	3	7	10
Shadow cast model (correct)	5	5	10	17	1	1	2	3
screening model (flawed)	4	7	11	18	24	24	48	67
Hybrid model (depends on combination)	9	6	15	25	0	1	1	1
Not available (no response, reverse)	-	-	-	0	7	7	14	19
Sum	30	30	60	100	36	36	72	100

matter knowledge, 이하 SMK¹⁾)이 부족함을 의미하며, 이것은 SMK를 교수에 효과적으로 변환시킬 수 있는 능력인(Shulman, 1986, 1987) 교과교육학 지식 (pedagogical content knowledge, 이하 PCK²⁾)에 올바르게 연관시키지 못함으로써 과학 교사의 교수 전문성 개발에 부정적인 영향을 미칠 수 있음을 시사한다.

한편, 초등 예비 교사의 경우는 참여자의 67%에 해당하는 학생들이 결합이 있는 차폐 모형을 가진 것으로 나타났으며, 과학적으로 옳은 그림자 모형은 3%에 불과하였다. 특징적인 것은 답을 하지 않았거나 일식과 월식을 반대로 그려 정신 모형으로 분류하기 불가능한 경우가 두 번째로 많은 19%를 차지하였으며, 혼성 모형이 거의 나타나지 않았다는 점이다. 이와 같은 결과는 초등 예비 교사의 경우 천문학과 관련된 SMK를 심층적으로 배울 기회가 없었기 때문인 것으로 판단된다.

일반천문학 수준 이상의 학습을 한 중등 예비교사의 상당수가 과학적으로 불완전하거나 결합이 있는 정신 모형을 가진 원인을 탐색하기 위해서는 정신 모형을 구성하는 다양한 국면들과 그 국면들의 원천 (sources)으로 생각되는 현상론적 초안을 분석해보아야 할 것이다. 다음은 참여 예비 교사들로부터 규명된 각 정신 모형의 국면과 현상론적 초안을 분석틀에 적용한 결과이다.

그림자 모형: Fig. 3은 그림자 모형의 분석틀 적용 결과를 나타낸 것이다. 이 모형에는 크게 3개의 국면

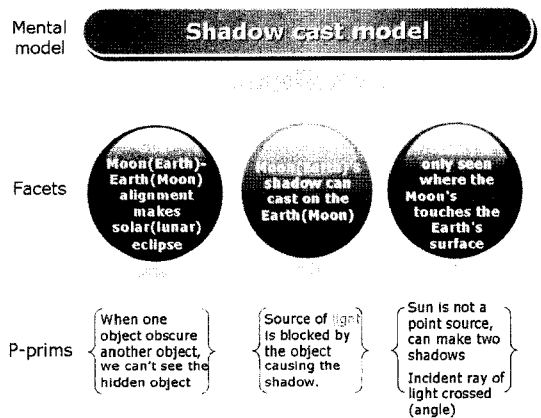


Fig. 3. Identified mental model 1 (shadow cast model).

이 통합되어 있는 것으로 나타났다. 3개의 국면 중 1개는 내용-특정적 국면이며, 2개는 전략적 국면에 해당한다. 그림자 모형을 구성하는 내용-특정적 국면은 ‘일식(월식)은 태양-달(지구)-지구(달) 순서로 배열될 때 일어난다(F1).’로 나타났다. 전략적 국면은 ‘달(지구)의 그림자가 지구(달)에 드리워질 수 있다(F2).’와 ‘개기일식은 달의 본영에 의해 가려지는 지구 표면에서 관측 가능하며, 개기월식은 달이 지구 본영에 완전히 들어갈 때 일어날 수 있다(F3).’인 것으로 나타났다. F1~F3 각 국면의 현상론적 초안을 분석한 결과, F1 국면에는 ‘물체가 일직선상에서 서로 겹쳐질 때 한 물체가 다른 물체에 의해 가려질 수 있다.’는 초안이 드러났다. 한편, F2와 F3 국면의 근원에는 광

1) SMK는 실체론적(substantive) 영역과 구문론적(syntactic) 영역으로 나누어진다(Schwab, 1987; Grossman, 1990). 실체론적 SMK는 특정 과학 내용 영역에서 개념(concepts), 원리(principles), 법칙(laws) 그리고 모형(models)을 의미하며, 구문론적 SMK는 현재 과학자들에 의해 받아들여지는 새로운 지식의 정립 과정(ways), 패러다임(paradigm), 규준(norms), 합의(agreements)에 관한 지식을 의미한다.

2) PCK는 교육학적 지식(pedagogical knowledge)을 이용하여 내용 지식(content knowledge)을 나타내는 방법과 관련된 지식 또는 학생이 특별한 교과 내용 지식을 이해하도록 하기 위한 방법에 대한 지식으로, 과학 교수를 위한 방향(orientation), 과학 교육과정 에 대한 지식과 신념, 과학에 대한 학생의 이해에 대한 지식과 신념, 과학에서의 평가에 대한 지식과 신념, 과학 교수 전략에 대한 지식 과 신념이 포함된다(Magnusson et al., 1999).

학에서의 그림자 생성 원리와 관련된 초안이 있는 것으로 나타났다. 특히, F3 국면에서는 개기식과 부분식의 차이를 설명하기 위해서 ‘본영(umbra)과 반영(penumbra)이라는 두 개의 그림자가 생기며, 이 두 개의 그림자는 점광원(point source of light)으로부터는 생성될 수 없다. 그러므로 태양은 점광원이 아니며, 태양 표면의 서로 다른 위치에서 출발한 광선이 서로 교차할 수 있다.’라는 초안이 자리 잡고 있는 것으로 분석되었다.

부록 1과 2는 그림자 모형의 실례로 응답자가 일식의 원리를 스케치한 것이다. 본 연구에 참여한 중등 지구과학 예비 교사들 중 부록 1의 예처럼 완전하게 이해하고 있는 경우는 매우 드물었다. 그림자 모형으로 분류된 상당수의 학생들이 면담 과정에서 응답은 참여자 S9와 동일하였지만 부록 2의 예처럼 스케치에서는 본영과 반영의 생성 원리나 태양 광선의 교차에 대해 정확하게 이해하고 있지 못하고 있었다. 또한 그림자 모형을 가진 대부분의 학생들의 스케치에서 공통적으로 천체들의 기하학적인 거리와 크기 척도(scale)에서 문제점이 발견되었다. 이 학생들은 자신의 스케치에서 태양, 지구, 달의 상대적 거리와 크기를 그다지 고려하지 않았으며, 이로 인해 태양 광선의 교차 각도와 지구(달)에 드리워지는 본영과 반영의 범위가 응답자에 따라 큰 차이를 나타내었다.

다음은 그림자 모형을 가진 중등 예비 교사(S9와 S2)의 심층 면담 내용의 일부이다.

- 연구자: 일식은 어떤 경우에 생기나요?
 참여자(S9): 태양, 달, 지구가 위치할 때 일식이 일어납니다.
 연구자: 그러면, 그림에서 개기일식과 부분일식의 차이를 어떻게 설명할 수 있나요?
 참여자(S9): 태양에서 나온 빛이 달에 비추었을 때 본그림자와 반그림자를 만드는데 지구가 본그림자 안에 있을 때, 개기일식과 금환일식이 일어나고 반그림자에 있을 때는 부분일식이 일어납니다.
 연구자: 그림에서 빛의 진행 경로를 좀 더 정확하게 표현하여 설명해주겠습니까?
 참여자(S2): 음. 지구 표면에 본그림자와 반그림자가 생겨 개기일식과 부분일식을 관찰하는 것은 설명할 수 있겠는데, 그림으로 표현하려니 좀 헛갈리네요.
 연구자: 그럼, 이 그림에서 본그림자와 반그림자는 어떻게 만들어지죠?
 참여자(S2): 태양 빛이 달에 의해 완전히 가려지는 곳에서 개기일식이 관찰되고, 완전히 가려지지 않는 곳에서는 부분

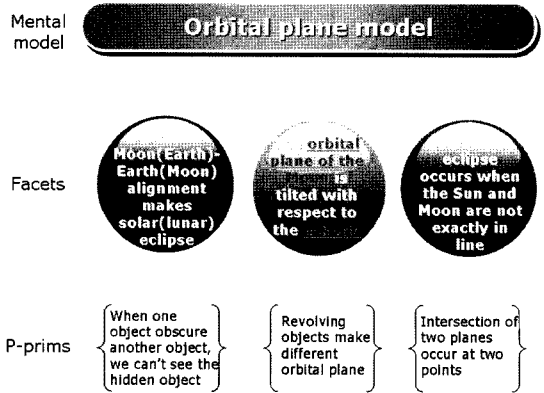


Fig. 4. Identified mental model 2 (orbital plane model).

일식이 관찰되는 것 같은데, 그림으로 정확하게 표현하지 못하겠습니다.

공전궤도면 모형: Fig. 4는 공전궤도면 모형의 분석틀 적용 결과를 나타낸 것이다. 이 모형 또한 3개의 국면이 통합되어 있는 것으로 분석되었다. 그림자 모형에서와 마찬가지로 3개의 국면 중 2개는 전략적 국면이며, 하나는 내용-특정적 국면이다. 공전궤도면 모형을 구성하는 내용-특정적 국면(F1)은 그림자 모형과 같았다. 하지만 두 전략적 국면은 완전히 달랐으며, ‘달의 공전궤도면이 황도면에 대해 기울어져 있다(F2).’와 ‘부분일식(월식)은 태양, 지구, 달이 정확히 일직선상에 있지 않을 때 일어난다(F3).’로 나타났다. 전략적 국면인 F2와 F3 국면의 현상론적 초안을 분석한 결과, F2 국면에는 ‘공전하는 물체들은 서로 다른 궤도면을 만든다.’는 초안이 드러났으며, F3 국면의 근원에는 ‘두 개의 궤도면은 두 점에서 교차한다.’는 초안이 있는 것으로 나타났다.

부록 3은 공전궤도면 모형의 실례로 응답자 S29가 일식의 원리를 스케치한 것이다. 이 스케치에서는 황도와 백도면의 차이에 의해 달이 태양의 일부분만을 가려 부분일식이 일어남을 표현하고 있다.

다음은 공전궤도면 모형을 가진 중등 예비 교사(S29)의 심층 면담 내용의 일부이다.

- 연구자: 일식은 어떤 경우에 생기나요?
 참여자(S29): 태양빛이 전달될 때 달이 지구 주위를 공전하다가 달이 태양빛을 가리게 되면 일식이 일어나게 됩니다.
 연구자: 그러면, 그림에서 개기일식과 부분일식의 차이를 어떻게 설명할 수 있나요?
 참여자(S29): 개기일식과 부분일식 차이가 나는 이유는 공전궤도면이 기울어져 있기 때문에 일어나는데요, 개기일식은

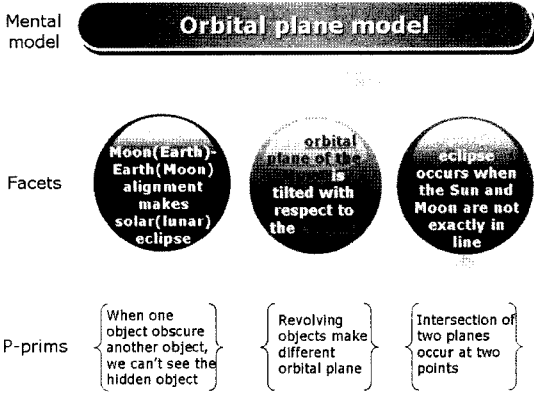


Fig. 4. Identified mental model 2 (orbital plane model).

공전궤도면이 일치할 때, 부분일식은 궤도가 어긋나서 태양 빛을 부분적으로만 가릴 때 일어납니다.

차폐 모형: Fig. 5는 차폐 모형의 분석틀 적용 결과를 나타낸 것이다. 이 모형 또한 앞의 두 모형과 마찬가지로 3개의 국면이 통합되어 있는 것으로 분석되었으며, 3개의 국면 중 2개는 전략적 국면, 하나는 내용-특정적 국면이었다. 차폐 모형을 구성하는 내용-특정적 국면(F1)은 앞의 두 모형과 같았다. 차폐 모형을 구성하는 전략적 국면은 ‘달이 태양 앞에서 태양을 가릴 때 일식이 일어난다(F2).’와 ‘개기일식은 달이 태양을 완전히 가리는 것이고, 부분일식은 태양을 부분적으로 가리는 것이다(F3).’로 나타났다. F3의 경우는, 얼핏 보면 과학적으로 옳은 것 같이 보이나 현상론적 초안을 분석해보면 결함이 있음이 드러난다. 전략적 국면인 F2와 F3 국면의 현상론적 초안을 분석해보면, 하나의 물체가 다른 물체 앞을 지날 때 뒤의 물체는 앞의 물체에 의해 차폐가 되는데, 시직경이 비슷하면 완전히 차폐될 수 있다고 생각한다. 하지만 이 경우 완전 차폐는 두 물체가 정확하게 일직선상일 때만 발생하므로, 태양(달)이 완전하게 가려진 시점만을 개기일식(월식)이라고 생각한다. 따라서 완전 차폐되기 전과 후에 완전히 가려지지 않은 상태는 부분식이 된다. 차폐 모형의 F3 국면은 3개의 모형에서 분석된 전략적 국면들 중 다른 두 국면에 비해 상대적으로 낮은 수준인 것으로 판단된다.

부록 4는 차폐 모형의 실례로 응답자 S6이 일식의 원리를 스케치한 것이다. 이 스케치에서는 개기일식

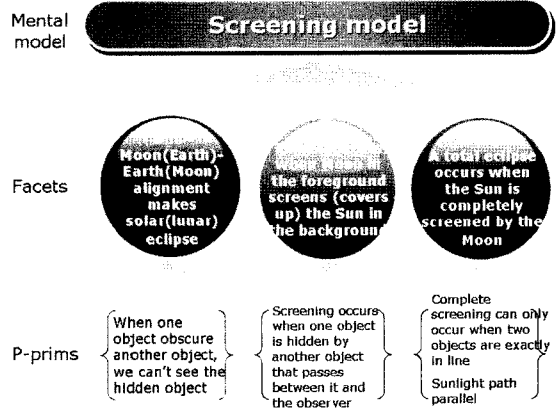


Fig. 5. Identified mental model 3 (screening model).

이 일어날 때 달의 이동에 따른 개기 위상(total phase) 전과 후의 부분 위상(partial phase)을 부분일식이라고 표현하였다.³⁾

다음은 차폐 모형을 가진 중등 예비 교사(S6)의 심층 면담 내용의 일부이다.

연구자: 일식은 어떤 경우에 생기나요?

참여자(S6): 일식은 태양, 달, 지구로 달이 태양을 가린 것입니다.

연구자: 그러면, 그림에서 개기일식과 부분일식의 차이를 어떻게 설명할 수 있나요?

참여자(S6): 부분일식이 일어날 땐 완전하게 일월이 아닌 빗겨났을 때 일어나는 것으로 달의 이동에 따라 달라질 것입니다.

연구자: 그림, 어떤 경우든 달이 태양을 일부만 가리는 것이 부분일식이란 말인가요?

참여자(S6): 네, 그런 것으로 알고 있습니다.

혼성 모형: Table 3은 혼성 모형에서 중등 및 초등 예비 교사들의 정신 모형의 조합을 나타낸 것이다. 혼성 모형은 크게 3가지의 조합으로 분류할 수 있었다. 중등의 경우, 월식보다는 일식에서 혼성 모형이 더 많은 것으로 나타났다. 가장 많은 비율을 차지한 조합은 공전궤도면 모형(Or)과 그림자 모형(Sh)의 조합으로 전체 혼성 모형의 67%에 해당하였으며, 과학적으로 옳은 모형으로 간주된다. 나머지 두 개의 조합은 Or-Sh 조합에 비해 상대적으로 낮은 비율을 차지하며 불완전한 모형에 해당된다. 반면, 초등의 경

3) 부분 위상을 부분 일식과 동일한 개념으로 보는 관점도 있으나, 본 연구에서는 보다 다양한 정신모형의 규명을 위해 두 가지를 구별하였다.

Table 3. Association of mental model in hybrid model

	Secondary				Primary			
	Solar eclipse	Lunar eclipse	Sum	%	Solar eclipse	Lunar eclipse	Sum	%
Or-Sh (correct)	6	4	10	67	0	0	0	0
Or-Oc (incomplete correct)	1	1	2	13	0	0	0	0
Oc-Sh (incomplete correct)	2	1	3	20	0	1	1	100
Sum	9	6	15	100	0	1	1	100

우는 월식에서 단 1개의 불완전한 혼성 모형만이 발견되었는데, 이것은 식 현상의 원리에 대한 심층적인 이해가 부족하여 개념의 분화(differentiation)나 정교화(articulation) 정도가 낮기 때문인 것으로 판단된다.

부록 5와 6은 서로 다른 조합의 혼성 모형 예를 나타낸 것이다. 부록 5는 Or-Sh 조합의 혼성 모형으로 스케치는 그림자 모형에 해당하였지만, 심층 면담 과정에서 공전궤도면 모형이 드러났기 때문에 혼성 모형에 해당된 경우이며, 부록 6은 Or-Oc 조합의 혼성 모형으로 스케치는 차폐 모형이나 면담 과정에서 공전궤도면 모형이 드러난 경우이다.

참여자(S28): 일식은 태양, 달, 지구 순으로 일직선상에 놓여 있을 때 일어나며, 달이 태양을 가려서 지구에서 완전히 태양을 볼 수 없을 때 개기일식이 일어나며. 부분만 가렸을 때에 부분일식이라고 한다. 부분일식은 백도와 황도가 일치하지 않을 때 일어난다.

참여자(S5): 월식 또한, 지구의 자전과 달의 공전에 의해 일어나게 된다. 부분월식의 위치는 그림에서 보았듯이, 황도면과 백도면의 각도차로 이루어지는데 각도차가 있을 경우 부분월식이 일어나고, 각도차가 없을 경우 개기월식이 일어난다. 그림자로 설명한다면 다 가려진 게 개기월식이고, 다 가려지지 않은 것이 부분월식이다.

정신 모형의 수준

Fig. 6은 본 연구 결과 규명된 식 현상에 대한 4개 정신 모형들의 수준을 비교한 것이다. 상대적으로 가장 낮은 수준은 차폐 모형이며, 가장 높은 수준은 그림자 모형과 공전궤도면 모형의 혼성된 것이다. 독립적인 공전궤도면 모형은 식 현상을 설명하기에는 완전하지 못하며 그림자 모형보다 낮은 수준으로 볼 수 있으나, 공전궤도면 모형이 그림자 모형과 혼성될 경우는 부분식과 개기식 차이의 요인을 가장 잘 이해하고 있는 것으로 볼 수 있다. 혼성 모형의 경우는 조합에 따라 수준이 달라지며 차폐 모형 수준 이상의 범위를 가지는 것으로 판단된다. 이러한 정신 모

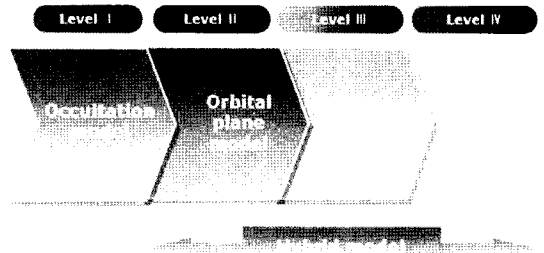


Fig. 6. Level of mental models.

형의 수준을 결정하는 것은 전략적 국면으로, 이 전략적 국면의 수준이 정신 모형의 수준을 결정하며, 국면의 수준은 현상론적 초안에 의해 결정되는 것으로 분석되었다.

정신 모형의 상황의존성

Table 4는 상황 1과 상황 2에서 예비 교사들의 정신 모형의 일치도를 분석한 것이다. 분석 결과는 주어지는 상황에 따라 학생들의 응답이 다를 수 있으며, 정신 모형이 상황에 무관하게 안정적인 것이 아니라 상황에 따라 달라짐을 보여주고 있다. 예를 들면, 중등 예비 교사의 경우, 상황 1의 두 개의 물음에 정확한 답을 하였더라도(○-○) 상황 2에서는 과학적으로 옳은 그림자 모형뿐만 아니라 불완전하거나 결합이 있는 공전궤도면 모형과 차폐 모형도 나타나고 있다. 초등의 경우도 마찬가지로 상황 1에서 옳은 답을 한 4명이 상황 2에서는 모두 응답을 하지 못했거나 일식과 월식 원리를 거꾸로 그린 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 이기영(2006)의 연구와 일치하는 것으로, 보다 명확한 정신 모형의 규명을 위해서는 두 개 이상의 서로 다른 상황에서의 다각적인 분석이 필요함을 시사한다.

한편, Table 5는 상황 2에서 일식과 월식에 대한 정신 모형의 일치도를 분석한 것이다. 중등과 초등 모두 70% 안팎의 예비 교사들이 정신 모형이 완전

Table 4. Consistency between context 1 and context 2

Context 1	Context 2	Frequency			
		Secondary	%	Primary	%
○-○	Shadow cast model	9	15	0	0
	Orbital plane model	13	21.6	0	0
	screening model	9	15	0	0
	Hybrid model	11	18.3	0	0
	Not available	0	0	4	5.5
○-×	Shadow cast model	1	1.7	0	0
	Orbital plane model	0	0	0	0
	screening model	1	1.7	0	0
	Hybrid model	0	0	0	0
	Not available	0	0	2	2.8
×-○	Shadow cast model	1	1.7	0	0
	Orbital plane model	10	16.6	3	4.2
	screening model	1	1.7	19	26.4
	Hybrid model	2	3.3	0	0
	Not available	0	0	2	2.8
×-×	Shadow cast model	0	0	2	2.8
	Orbital plane model	1	1.7	4	5.5
	screening model	0	0	29	40.2
	Hybrid model	1	1.7	1	1.4
	Not available	0	0	6	8.4
Sum		60	100	72	100

Table 5. Consistency of mental model between solar eclipse and lunar eclipse in context 2

Context 2	Frequency			
	Secondary	%	Primary	%
Complete consistent	20	67	26	72
Incomplete consistent	6	20	1	3
Complete inconsistent	4	13	2	6
Not available	0	0	7	19
Sum	30	100	36	100

히 일치하는 것으로 나타났으나, 나머지 30% 정도는 완전히 불일치하거나 부분적으로 일치하는 것으로 나타나 일식과 월식 간의 정신 모형이 차이가 있는 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과는 그리기에서는 잘 드러나지 않았으며 심층 면담을 통해 보다 구체적으로 드러났다. 이를 통해 정신 모형의 분석에서 그림만 그리게 하여 분석하는 방법은 정확하지 않으며 심층 면담이 병행되어야 함을 알 수 있었다.

지구과학 개념에 대한 통합적 접근의 필요성

하나의 자연 현상 속에는 여러 가지 다양한 측면의 과학적 개념들이 연관되어 있다(손연아와 이학동,

1999). 지구과학에서는 현재 특정 영역에서 가르쳐지고 있는 모형이나 개념이라 할지라도 다중적인 지식과 개념이 필요한 사례가 많은데, 본 연구에서는 식 현상을 그 예 중 하나로 보고 정신 모형을 탐색하는 과정에서 식 개념에 대한 다중 국면을 분석하였다. 그 결과, 식 현상을 학생들이 제대로 이해하기 위해서는 광학, 기하, 천체의 운동 개념이 요구되며, 광학에서는 반그림자와 본그림자의 생성 원리라는 국면이, 기하학에서는 천체의 거리와 크기에 따른 척도(scale)의 원리라는 국면이 혼성되어(compounding) 있음을 알 수 있었다. 더 근본적으로 반그림자와 본그림자를 이해하기 위해서는 광학 개념 중에서 광원과 물체의 관계에 따른 그림자 생성에 대한 이해가 선행되어야 한다. 즉, 이러한 다중 국면은 개념에 대한 이해가 정교화 될수록 구체화될 수 있으며, 이러한 구체적인 다중 국면을 이해함으로써 식 현상에 대한 완전한 이해에 도달할 수 있을 것이다. 이러한 다중 국면을 포함하고 있는 개념의 경우, 특정 개념에 포함된 다중 국면에 대한 체계적 이해가 필요하며, 각 국면에서 어떤 교수 방법을 사용하여 접근할 것인가에 대한 연구가 선행되어야 할 것이다.

결론 및 제언

본 연구에서는 지구과학 개념의 올바른 이해를 위한 통합적 접근의 필요성에 대한 근거를 제시하기 위해 식 현상에 대한 예비 교사들의 정신 모형을 탐색하였다. 이를 위해 서로 다른 두 개의 상황에서 심층 면담을 통해 현상론적 초안과 국면을 분석하였다. 연구 결과 다음과 같은 결론에 도달할 수 있었다.

첫째, 지구과학 개념에 대한 다중 국면의 존재를 확인하였다. 정신 모형을 규명하는 과정에서 여러 수준의 국면들이 드러났으며, 예비 교사들이 이런 개념에 대한 올바른 이해에 도달하기 위해서는 다중 국면들에 대한 분석이 필수적이라는 것을 알 수 있었다. 이것은 앞으로 과학교육에서 통합의 방향이 통합 주제를 중심으로 관련 개념을 체계적으로 조직하는 것이 아니라 통합적 접근이 필요한 과학 개념들이 어떻게 가르쳐져야 하고, 또한 어떤 방식으로 학습되는가 하는 것임을 시사한다.

둘째, 정신 모형의 수준을 결정하는 것은 국면의 수준이며, 국면의 수준을 결정하는 것은 현상론적 초안을 알 수 있었다. 식 현상에 대한 국면 분석 결

과, 규명된 정신 모형 간 내용-특정적 국면에서는 차이가 나지 않았으나 전략적 국면에서는 상당한 차이가 있었다. 이런 전략적 국면들의 조합이 결국 정신 모형의 유형을 결정하며, 각 전략적 국면들의 수준은 그 속에 내재된 현상론적 초안들에 의해 달라지는 것으로 분석되었다. 또한 혼성 모형의 존재로 특정 개념에 대해 하나의 정신 모형이 아닌 다수의 모형을 동시에 사용하는 것을 알 수 있었다.

셋째, 정신 모형의 상황의존성을 확인하였다. 본 연구에 참여한 예비 교사들의 정신 모형이 상황에 따라 안정적이지 않고 달라지는 것으로 나타났다. 그러므로 보다 명확한 정신 모형의 규명을 위해서는 하나의 상황이 아닌 다수의 상황이 필요할 것으로 판단되며, 방법적인 면에서도 설문이나 그리기에 그칠 것이 아니라 추가적인 심층 면담이 병행되어야 할 것이다. 특히, 일식과 월식에서 사용하는 정신 모형이 서로 다르게 나타나는 것은 이러한 상황의존성의 원인에 대한 추가적인 연구가 필요함을 말해준다.

위와 같은 결론으로부터 다음과 같은 몇 가지 함의를 도출하였다.

첫째, 본 연구에서 규명된 국면과 현상론적 초안들은 보다 효과적으로 학생들의 이해를 돕는 교육과정 자료(curriculum materials) 개발에 활용 가능할 것이다.

둘째, 적절하고 효과적인 개념 변화를 위한 통합적 교수의 필요성을 제안한다. 식 현상을 이해하는데 지구과학적 측면으로만 접근하는 것은 효과적이지 못하며, 연구 결과로 규명된 광학이나 기하학 등과 같은 다중 국면을 통합하여 교수하는 것이 바람직할 것이다.

셋째, 국면 분석을 통한 정신 모형의 규명은 예비 과학 교사들의 학교 교과로서의 SMK를 향상시켜줌으로써 궁극적으로 주제-특정적(topic-specific) PCK 향상에 도움이 될 수 있을 것이다. 또한 사범대학의 교사 양성 교육과정에서 교과내용학과 교과교육학을 통합하여 강좌를 개설하는 것에 대한 근거가 될 수 있을 것이다.

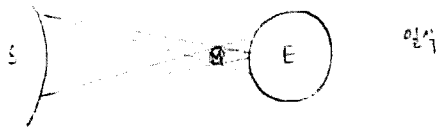
참고문헌

- 박지연, 이경호, 2004, 과학개념변화 연구에서 학생의 개념에 대한 이해: 오개념에서 정신모형까지. 한국과학교육학회지, 24, 621-637.
- 변재성, 정재구, 문병찬, 정진우, 2004, 지구와 달의 운동에 대한 고등학생들의 생각. 한국지구과학회지, 25, 519-531.
- 손연아, 이학동, 1999, 통합과학교육의 방향 설정을 위한 이론적 고찰. 한국과학교육학회지, 19, 41-61.
- 오준영, 김유신, 2006, 천문 현상들을 설명하는 예비 초등 교사들의 정신 모형 연구: 계절과 달의 위상 변화. 한국과학교육학회지, 26, 68-87.
- 이기영, 2006, 상황에 따른 개념 유형의 국면 분석을 통한 중학교 과학 영재아들의 조석에 관한 정신 모형 탐색. 한국지구과학회지, 27, 6-14.
- 이호, 조현준, 이효녕, 2007, 달 크레이터 생성에 대한 대학생들의 정신모형 분석. 한국지구과학회지, 28, 655-672.
- 정구송, 2007, 지구 내부에 대한 고등학교 학생들의 정신모형 탐색. 한국지구과학회지, 28, 645-654.
- Barnett, M. and Morran, J., 2002, Addressing childrens' understanding of the Moon's phases and eclipses. International Journal of Science Education, 24, 859-879.
- diSessa, A.A., 1993, Toward an Epistemology of Physics. Cognition and Instruction, 10, 105-225.
- Goert, J.D., 2000, A typology of causal models for plate tectonics: Inferential power and barriers to understanding. International Journal of Science Education, 22, 937-977.
- Greca, I.M. and Moreira, M.A., 2002, Mental, physical, and mathematical models in the teaching and learning of physics. Science Education, 86, 106-121.
- Grossman, P.L., 1990, The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education. Teacher College Press, NY, USA, 185 p.
- Hall, W.C., 1972, Integrated Science: A patterns approach to science teaching. Physics Education, 7, 45-47.
- Johnson-Laird, P.N., 1983, Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness. Harvard University Press, MA, USA, 513 p.
- Lillo, J., 1994, An analysis of the annotated drawings of the internal structure of the Earth made by students aged 10-15 from primary and secondary schools in Spain. Teaching Earth Sciences, 19, 83-89.
- Magnusson, S., Krajcik, J., and Borko, H., 1999, Nature, Sources, and Development of PCK. In Gess-Newsome J. and Lederman N.G. (eds.), Examining Pedagogical Content Knowledge. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 95-132.
- Minstrell, 1992, Facets of students' knowledge and relevant instruction. In Duit, R., Goldberg, F., and Niedderer H. (eds.), Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies. Institute for Science Education at the university of Kiel, Germany, 110-128.
- Redish, E.F., 1994, The implications of cognitive studies for teaching physics. American Journal of Physics, 62, 796-803.
- Schwab, J., 1978, Education and the structure of the disci-

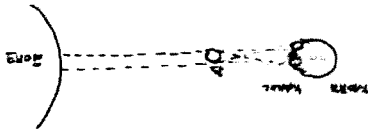
- pline, In Estbury, I. and Wilkof, N.J. (eds), *Science, curriculum and liberal education*. University of Chicago, Chicago, USA, 229-272.
- Shulman, L.S., 1986, Those who understand; Knowledge growth in teaching, *Educational Researcher*, 15, 4-14.
- Shulman, L.S., 1987, Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57, 1-22.
- Snow, R.E., 1990, New approaches to cognitive and conative assessment in education. *International journal of Educational Research*, 14, 455-473.
- Vosniadou, S. and Brewer, W.F., 1992, Mental models of the Earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognition and Instruction*, 24, 535-585.

2008년 5월 6일 접수
2008년 6월 17일 수정원고 접수
2008년 7월 2일 채택

부록 1. An example of shadow cast model (S9)



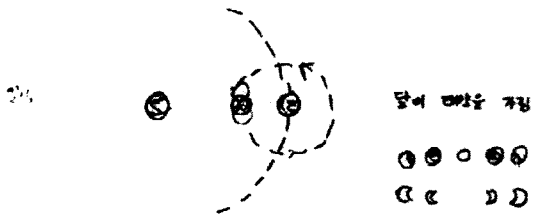
부록 2. An example of shadow cast model (S2)



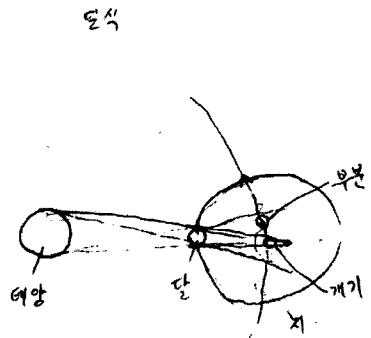
부록 3. An example of orbital plane model (S29)



부록 4. An example of screening model (S6)



부록 5. An example of Or-Sh association hybrid model (S28)



부록 6. An example of Or-Oc association hybrid model (S5)

