

## 달의 위상변화에 대한 예비 초등교사의 가능한 정신모형

오준영<sup>1†</sup>, 강용희<sup>1</sup>, 유계화<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>경북대학교 사범대학 지구과학교육과  
<sup>2</sup>이화여자대학교 사범대학 지구과학교육과

### THE STRUCTURES AND POSSIBLE SOURCES OF PRESERVICE ELEMENTARY TEACHERS' MENTAL MODELS ABOUT MOON PHASES

Jun-Young Oh<sup>1†</sup>, Yong-Hee Kang<sup>1</sup>, and Kye-Hwa Yoo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Earth Science Education, College of Education, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Earth Science Education, College of Education, Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea

E-mail: jyoh3324@yahoo.co.kr

(Received June 21, 2005; Accepted August 12, 2005)

#### 요 약

본 연구에서는 예비 초등 교사들을 대상으로 달의 위상변화에 대한 정신모형과 그 모형에 영향을 주는 요소들을 조사하였다. 본 연구에 참여한 예비교사는 교육대학교 1학년(22명)과 2학년(21명) 학생이다. 자료 수집은 지필 검사와 개별 면담을 통해 이루어졌다. 연구 결과, 예비 초등 교사들은 달의 위상변화에 대한 설명들이 과학적 모형과는 다른 합성 정신모형들을 가지고 있었으며, '가리기 이론'이 그들의 정신 모형에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 예비 초등 교사들이 갖는 천문현상의 합성 정신모형의 구조와 근원을 알아보기 위하여 그들의 정신 모형들을 형성하는 틀 이론과 특정 이론을 집중적으로 탐색하였다.

#### ABSTRACT

This study was to understand the components that influence preservice elementary teachers' mental models about 'astronomical phenomena' such as the Seasons of the year, and the Lunar Phases of the month. We selected university of education students among whom 23 were in the second year. The data collected from the paper-pencil test and individual interview with students. The results of this study show that the students had apparent synthetic Mental models, and that the 'distance theory, and occultation theory' had most important effects on their Mental Models. It can be said that preservice elementary teachers' initial mental models of the 'astronomical phenomenon' have their origin in their belief sets (specific theory) related to 'astronomical phenomenon', on the basis of which they can interpret their observations and cultural information with the constraints of a naive framework of physics. The structures and possible sources of their mental models for overcoming these synthetic mental models were also discussed.

*Keywords:* astronomical phenomena, mental model, framework theory, specific theory

<sup>†</sup>corresponding author

## 1. 서론

과학교육자들은 학생들의 비과학적 개인적 믿음을 공인된 과학적 지식으로 변화시키고자 한다. 이를 위해 그들은, 학생들이 공통적으로 가지고 있는 그들의 믿음들을 확인하려는 활동을 많이 한다고 할 수 있다. 그러나 보다 중요한 것은 학생들이 공인된 과학지식과 상충되는 그러한 믿음을 왜 갖게 되는지를 찾는 것이다.

이런 상충된 믿음들은 학생들의 소위 '정신모형(Mental model)'으로 나타난다. 학생들이 정신모형들은 예측력과 설명력의 원천으로 비과학적 개념의 형성의 도식이 될 수 있으나, 기존의 이론들을 개정하고 새로운 이론들을 구성하기 위하여 조절하는 메커니즘으로서 사용되어 질 수 있다. 그렇기 때문에 정신모형이 개념 발달과 개념 변화에 중요한 이유가 된다. Vosniadou(2002)에 의하면, 하나의 질문에 답하고, 어떤 문제를 풀기 위해서 나타나고, 들어오는 정보를 이해하는 데 심층적으로 내재하는 믿음들이 사용되어지는 상황에서 정신모형들은 형성된다고 하였다.

빠르게 변화하는 현대에서는, 인간에 의하여 조성된 학교 외적인 사회 문화적 상호작용(Glaser et al. 1995)이 학생들의 최초의 개념에 매우 큰 영향을 준다. 뿐만 아니라, 대부분의 모든 학생들은 쉽게 관측되는 천문현상들은 일찍 경험한다. 그렇기 때문에 대부분 학교에 입학하기 전부터 이러한 현상들에 대한 그들 자신의 설명을 구성해왔다. 천문현상에 대하여 교사들도 학생들과 유사한 오개념을 가지고 있다는 연구들(오준영과 채동현 2004), 그러한 사고는 예비교사들에게도 존재(강용희 외 2004, 오준영과 박성호 2005)하여 예비교사들의 문제 해결의 실패 요인(명전옥 2001)이 된다는 연구가 있었다.

Vosniadou(1994)에 따르면, 천문학 분야(지구의 모양, 낮과 밤의 순환)에 대한 연구에서 학생들은 개인이 구성하는 한정적인 몇 개의 정신적인 모형을 보여줄 뿐만 아니라, 다양한 질문에 답하기 위해 사용되어진 정신모형을 이해하는 것은 사고의 기반이 되는 지식구조의 중요한 정보를 제공한다고 하였다. 따라서 천문현상의 가능한 사고의 근원을 알아보기 위해서 그가 제안한 틀 이론과 특정 이론을 적용하여 집중적으로 탐색하였다.

하나의 사건을 설명하는 것은 마음속의 눈과, 그것의 발생의 유래에 따라서 다시 재현 하는 것이다. 이러한 것은 컴퓨터 프로그램을 수행하는 유사한 과정으로부터 그 이름을 얻게 되는 과정처럼, 당면한 문제와 관련 있는 정신모형을 좀 더 분명히 하고 평가하기 위해서 다시 실행해 보는 것이다(Ohlsson 1999). 이러한 연구의 목적을 위해서, 달의 위상(Phases of the Moon)에 대한 예비 초등교사에 대한 정신모형들이 무엇인가 확인하였다.

그 다음에 그 정신모형을 분명히 하고 평가하기 위해서 재현하였다. 이러한 목적을 수행하기 위해서 예비 초등교사들이 이미 가지고 있는 천문학적인 기초개념이 천문현상을 설명하는 데 어떤 영향을 주었고, 그 중심이 되는 개념은 무엇인지? 그들의 설명이 현재의 과학적 설명과 무엇이 다른지? 더 나아가 정신모형의 근원을 알아보는 것이다. 그 구체적인 연구 문제를 다음과 같이 설정했다.

첫째, 학교수업 전에 이미 가지고 있는, 범 천문 현상에 대한 심층적인 전제는 무엇인가?

둘째, 구체적인 천문현상 중, 달의 위상변화에 대한 학교에서 습득한 지식에 의한 설명들은 앞의 심층적인 전제들과 어떤 관련이 있는가?

셋째, 달의 위상변화 설명에 대한 어떤 일정한 패턴의 정신모형의 설명 체계를 가지고 있는가? 또한 그 정신 모형들은 어떻게 발달되었는가?

끝으로, 연구 결과와 관련된 예비교사의 교육의 시사점과, 다음에 우리가 연구할 문제들을 논하였다.

## 2. 연구 방법과 해석의 근거들

본 연구는 교육대학교 1학년(22명), 2학년(21명) 학생들을 연구의 대상으로 달의 위상변화의 설명에 대한 그들의 생각들을 조사하였다.

### 2.1 검사 도구

이 검사는 Feigenberg et al.(2002)이 개발한 문항들(1, 2번 문항-태양과 관련된 질문)과, Hermann & Lewis(2003)가 개발한 문항(3번 문항-달과 관련된 질문)을 도구로 사용하였다. 이의 지필검사를 기준으로 인터뷰를 통하여 달이 지구로부터 멀리 떨어진 천체의 개념과, 가까이 있어서 마치 인간이 만든 인조물인 전등 개념의 존재 여부를 조사하였다(부록 2).

분류한 기준: 지구의 곡률을 무시하고, 입사하는 태양빛이 평행하지 않고, 사방으로 방사여부를 조사하였다. 곡률보다는 사방으로 방사하는 마치 가까운 전등처럼 생각하는가 여부를 우선 조사하였다.

달의 위상변화의 설명은 Hermann & Lewis(2003)가 개발한 질문지(물음 4, 5, 6)를 사용하여 학생들의 생각들을 조사하였다(부록 2 참조) 이를 토대로 면접을 실시하여 그들의 생각들을 분명하게 알아보았다. 면접은 지필 검사를 토대로 실시하였으며, 기록들은 테이프로 녹음을 하였다(부록 1).

분류한 기준: 우리가 보는 보름달이 동시에 다른 나라에서도 보름달로 보이는가를 조사하였는데 다른 나라는 다른 모양으로 보인다는 관점은 달을 가까운 인공위성처럼 생각한다는 관점으로 분류하였다.

### 2.2 예비교사들의 가능한 정신모형의 이해를 위한 근거들

#### 2.2.1 Vosniadou의 유년적 틀이론(Vosniadou 1994)

학생들의 개념구조를 크게 틀 이론(frame work theory)과 특정 이론(specific theory)으로 구성된 구조물로 보았다.

① 틀 이론: 마음 깊이 새겨진 전제들(entrenched presuppositions)인 존재론적 그리고 인식론적인 가정들(Ontological and Epistemological assumptions)로 구성되어 있으며 물질세계의 행동 방식을 설명하는 데 관련된다.

② 특정 이론: 물질의 특성과 행동을 기술하는 일련의 내적으로 연관된 제안들, 믿음으로 구성되어 있다. 이러한 특정 이론은 틀 이론의 통제 하에서 문화적 맥락에 근거하여 관찰한 것을 설명하거나 정보를 표현할 때 생성되어진다.

③ 오 개념: 학생들이 과학적 관점에 반하는 정보를 가지고 있는 기존의 틀이론 안에서 조화롭게 시도과정에서 만들어진 것으로 볼 수 있다.

이러한 내용은 모든 물리현상을 설명하는 학생들의 생각의 구조를 분석할 수 있고 해석 할 수 있는 근거를 제공한다. 우리는 이러한 근거를 토대로 친문 현상을 설명하는 틀인 정신 모형을 제안하여 그것들의 발달 과정을 이해 하고자 한다.

그림 1은 학생들은 특정 현상(달의 위상변화)들의 설명을 요구 받으면, 틀 이론의 심층적인 전제

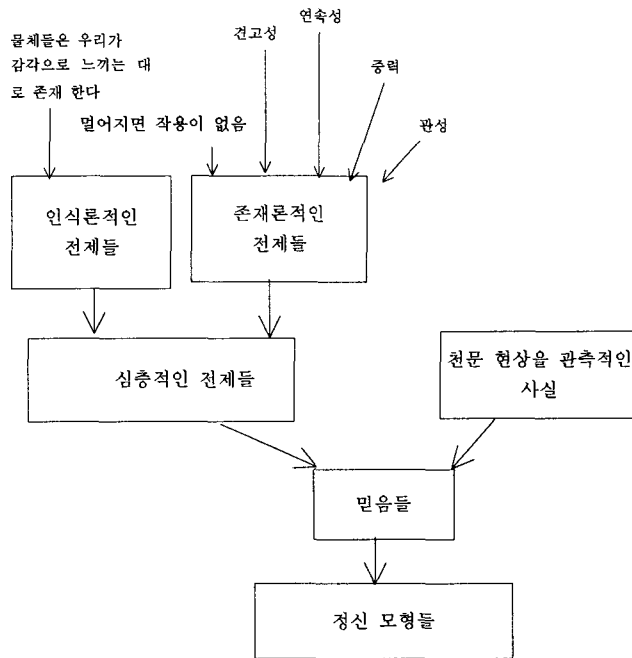


그림 1. 물리적인 세계에 대한 지식의 영역(Vosniadou 2001).

들의 통제하에 문화적인 맥락에서 습득한 지식과 경험들을 이용하여 가설들을 발명하고, 특정 이론의 믿음들을 통하여 가설을 선발하여 특정 현상들을 설명하고자 시도하는 것이다. 이 도식은 아직 발달되지 학생들의 정신모형의 형성을 표현이다.

### 2.2.2 학생들의 특정 이론의 핵심 믿음을 확인하는 Lakatos의 기준들(Niaz 1998)

왜 필연적인가하는 것은 설명의 충분조건이다. 반면 어떻게 가능한가라는 물음은 설명의 필요조건이다. 또한 어떻게 가능한가라는 물음에 대한 설명은 또한 간접적인 방법으로 예측할 수 있다. 만약 우리가 어떤 현상의 필요조건을 알고 있다면 우리는 그것을 억제하거나 그것이 제거한다면 문제의 현상이 발생하지 않을 것이라고 예측할 수 있다. 학생들의 설명은 가능한 설명이지 필연적인 설명은 아니다.

Lakatos의 핵심믿음의 역할로서 학생들의 응답을 분류하는 기준들(Niaz 1998).

삭제 기준: Piaget의 이론에서 하나의 유사한 문제에 직면할 때, Beilin(1985)는 하나의 제거 기준을 제안하였다. 그 이론에서 하나의 구조물이, 그 이론의 정체성에 명백한 손실없이 제거될 수 있다면, 그것은 hard core의 역할이 아니다. 한편, 삭제로 인하여 실질적으로 그 이론에 손상이 되어 치료될 수 없는 방법으로 변경된다면, 그뎨 hard core의 일부분이다.

Hard core와 보호대의 가정들: Chinn & Brewer(1993)에 따르면: Lakatos(1970)는 하나의 이론 안에 두 가지 형태의 제안들을 구별하였다: hard core와 protective belt[soft core]제안들. Hard core 제안들은 전체 이론을 해체하지 않고는 수정될 수 없으나, 보호대 제안은 기본적인 중심 가정들을 보

존하는 동안 변경되어 질 수 있다.

보조 가설들: 개념 변화에 대한 기회가 주어진다면, 그들의 기준틀(soft core)에 변화를 주는 경향이 대부분이지만, 보조가설을 제공함으로써 그 hard core에의 변화에 저항한다.

요약하면, 삭제기준(criterion 1)의 적용으로 핵심신념의 이해를 제거하면 학생들의 이해의 전 기준틀(criterion 2)의 포기를 유도한다. 그래서 자신들의 핵심신념을 보호하기 위해서 바로 보조가설들을 사용한다(criterion 3).

이러한 기준은 학생들의 구체적인 전문현상에 대한 핵심 믿음을 확인하는 근거이다. 구체적인 전문현상의 핵심 믿음을 제거하면, 자신들의 설명 틀을 포기하거나, 보조가설을 사용한다. 적어도 그러한 핵심믿음은 학생들의 믿음은 설명하기 위한 필요조건임을 확인 할 수 있다.

### 2.2.3 설명 일관성

설명 일관성은 인식론적인 확신근거의 한 형태로서(Posner et al. 1982), 개념간의 내적 논리성을 보여준다. 학생들은 기존의 개념을 조직하고 이를 타당화하는 과정에서 설명 일관성의 양상을 나타낸다. 이 때 설명 일관성은 과학적 개념의 논리성을 의미하는 것이 아니라 학생들 나름대로의 일관성을 뜻한다. 설명 일관성은 갈등상황에 대하여 기존 개념의 유지 및 방어, 또는 임시방편적 가설 등의 특징으로 나타난다. 이 논문에서는 어떤 질문에 대한 학생들이 자신의 응답을 일관성을 가지고 대안적인 설명을 하는지를 조사하였다. 이러한 3가지 가능성을 조사 하였다(Watson et al. 1997).

1. 많은 학생들은 자신의 설명에 대한 이론적 근거(an underlying ratiounaire)를 가지고 있다.
2. 그 이론적 근거는 부분적으로 제한된 범위를 갖는다는 점에서 비과학적이지만, 학생들은 자신의 용어를 일관적으로 사용하여 개념을 설명한다.
3. 학생들은 한 이론으로부터 또 다른 이론을 받아들이는 전이 상태(a state of transition)에 있을 수 있다.

우리가 설명해야할 어려운 문제가 주어졌을 때, 최선의 설명(가장 그럴듯한 설명)을 하는 것이라 할 수 있다. 예를 들면, 우리가 여러 해 동안 알고 있던 준영이라는 사람이, 새롭고 오히려 이상한 방법으로 행동하기 시작했다. 그가 전에 전혀 어떠한 흥미도 가지고 있지 않던 과목들의 수업들을 받기 시작했고, 더 나아가 모든 이러한 수업들에서 동회라는 어떤 젊은 여학생이 있었다; 준영은 여학생이 속해있는 학교에서 강사로 직업을 잡았다; 준영은 동회와 학과 과목들에 대하여 전화로 수 시간 동안 대화하였다; 등 등 모든 이러한 사실들이 주어졌다면, 최선의(가장 그럴듯한) 설명은 무엇인가? 최선의 설명은 준영이 동회가 사랑에 빠져 있는듯(혹은 낭만적으로 그를 향하여 끌려 있는듯)한 것이다. 물론 그의 행동들에 다른 설명들이 존재할 수도 있다. 즉, 그들은 정확히 선후배 관계일 수도 있다. 등 등... 그러나 직관적으로 가장 그럴듯한 설명은 낭만적인 끌림이다: 그것은 다른 경쟁적인 설명들보다 더 좋게 행동의 패턴을 설명하는 것이다. Miller(1987)는 이러한 인과개념을 설명하기 위해서 “핵심개념(core concept)”을 사용한다. 그는 수 개념이나 예술작품 개념 같은 타당성과 통일성을 가지면서 실증주의자의 규칙에 의해 기술되지 않는 개념의 존재를 아주 매력적인 단초로 생각한다. 그 각각은 기초적인 여러 형태의 다양한 핵심에 기초를 두고, 합리적인 그러나 발견과 비판의 예측되지 않는 과정에 의해 확장된다. 마찬가지로 인과 개념도 각 분야마다, 그 분야의 이론에 의해 인과 개념이 형성된다(Boyd 1985, 김유신 2000). Boyd(1985)같은 실재론자들은 이러한 이론 의존성이 다음과 같은 방법으로 과학에 영향을 미친다고 본다:

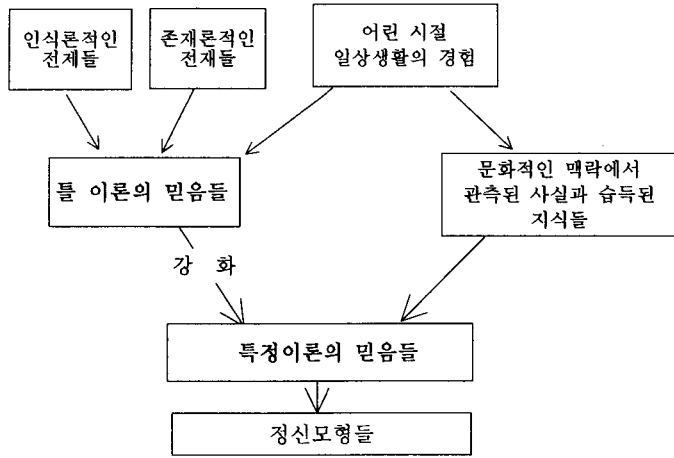


그림 2. 우리가 제안한 정신모형의 형성과정.

(a) 일정수의 자료로부터 무수히 많은 일반화가 이루어질 수 있다. 이론은 일반화를 축소함으로써 그럴듯한 후보 이론의 범위에 제한을 가한다. 그럴듯함은 새로운 일반화가 전통적인 이론 메커니즘과 일치한다는 범위 내에서 결정된다.

(b) 실험결과들은 방법론적으로 관련성이 있는 추측 가능한 것에 한한다. 그럴듯함을 판단하는 것은 현 과학 공동체의 이론적인 주장에 따라서 이루어진다.

(c) 제시된 이론을 평가할 때 사용되는 검증절차는 이론 의존적이다. 제안된 실재, 메커니즘, 그리고 새로운 이론 절차의 대안은 관련 연구 단체의 이론적 제약에 의해 만들어 진다.

우리는 학생들은 자신의 믿음들, 혹은 이론들(Carey & Spelke 1994)에 따라 자연 현상을 설명하기 때문에 과학자들과 마찬가지로 수가 많은 설명 틀을 가질 수가 없다고 가정한다. 그리고 점점 발달하면 그 믿음에 따른 설명의 일관성을 가진다고 할 수 있겠다.

### 3. 연구 결과 및 해석

우리는 학생들은 응답이 요구되는 문제를 해결할 때, 학생들은 먼저 여러 가설들을 발명하고 그 중에서 최선의 가설을 선정하여 정신적인 모형을 구성하여 설명하고자 한다. 그렇기 때문에 최초로 발명한 가설의 종류와 가설 선택과정은 정신모형의 종류를 결정한다고 가정하였다.

우리들은 어떤 특정한 천문현상을, 심층적인 믿음들의 제한을 받으며 일상적인 경험과 과학적 지식들로부터 받은 정보들을 가지고, 자신 나름대로 어떤 이론을 가지고 일관성 있게 설명하는지를 조사하였다. 학생들이 정신모형을 형성하는 과정을 그림 2에서 보여주고 있다. 또한 Vosniadou(1994)는 발달단계에 따라 최초모형(Initial model), 합성모형(Synthetic Model), 그리고 과학적 모형(Scientific Model)으로 분류하였다. 그러나 어린 학생들이 아닌 대학생들에게는 원시모형은 나타나지 않았다. 합성적인 모형이라는 것은 학습전의 비과학적 모형에 학습한 불완전한 과학적 사실들을 자신의 나름대로 일관성 있게 나타내는 모형을 말한다. 우리도 그러한 분류에 따랐다.

표 1. 예비 초등 교사들의 정신모형의 분류: 달의 위상변화.

(수)인원

정신 모형의 종류	틀 이론 (Framework theory)		특정 이론 (Specific theories)							
	심층적인 전제들 (entrenched presuppositions)		가정과 믿음들 (propositions or beliefs)		가리기 이론의 강화 요인들		반사면의 변화			
	정신 모형 분류의 근거 (정신모형, 설명, 일관성의 근거)		달의 공전에 의한 월식		달의 타원공전 궤도, 혹은		불완전한 설명		과학적 개념	
	태양 인식		달의 인식		1년	2년	1년	2년	1년	2년
합성 모형	< 1년 - 22명 - 2년 - 21명 >									
	가까운 열원	가까운 위성	가리기 이론		8	6	3	1		
	가까운 물체와 먼 천체라는 믿음의 혼재	가까운 위성 천체인 먼 위성	가리기 이론에서 완전한 반사면으로 전이 단계		(2)	(2)			2	2
과학적 모형	천체로서 열원	천체인 먼 위성	볼 수 있는 반사면의 변화		0	0		2	7	4
혼합형	1년(0), 2년(4)									

### 3.1 깊이 박혀 있는 심층적인 믿음들과 달의 위상 변화를 설명들은 관련이 있는가?

#### 3.1.1 모든 천문현상에 관계되는 심층적인 믿음들은 무엇인가?

Spelke(1991)는 사물개념의 발달 역사는 직관적인 성인의 물리적 추론의 일부가 모든 개념의 전형이라고 말하였다. 즉 사물에 대한 어린 아동의 지각과 추론을 유도하는 물리적 사물에 대한 초기 표상이 사물에 대한 성인의 직관적 개념의 핵으로 남는다. 우리는 이 개념을 심층적인 믿음들이라고 하여 ‘틀 이론’이라고 하였다.

달의 위상 변화의 배경이 되는 심층적인 믿음: Feigenberg et al.(2002)이 개발한 문항들과 Hermann & Lewis(2003)가 개발한 문항들과, 인터뷰를 통하여 3개의 문항들 사이의 일관성을 다시 확인하였다. 먼저 앞의 두 문제를 이용하여 태양의 가까운 열원, 혹은 먼 천체여부를 먼저 조사하였다. 그러나 두 번째 문항은 참고로만 쓰였다. 대학생들에게는 좁은 범위에서는 태양의 천체 여부가 드러나지 않고 큰 규모에서만 잘 드러난다,

마지막 세 번째 문항은 달을 가까운 광원으로 인식 하느냐 혹은 먼 천체로 인식 하느냐를 조사하였다. 그 결과는 표 1에서 틀 이론인 심층적인 전제들로 나타내었다.

#### 3.1.2 달의 위상변화의 설명의 핵심 믿음들은 무엇이고 그것들을 어떻게 보호하는가?

먼저 Hermann & Lewis(2003)가 개발한 질문들을 사용하여 학생들이 주로 가지고 있는 생각들을 조사하였다. 이를 토대로 면접법(Interview)을 실시하여 그들의 생각들을 분명하게 알아보았다. 면접법은 지필 검사를 토대로 실시하였으며 기록들은 테이프를 녹음을 하였다. 그러한 인터뷰 내용은 다음과 같은 질문들로 시작되었다. 그 결과는 표 1의 특정 이론에 나타내었다: 첫 단계, 당신이 달의 위상이 변화한다는 그림을 선택한 보기의 그림을 자세히 설명해 주시오. 다음 단계, 상현에서 하현까지 얼마나 걸리니? 어떻게 매번 지구의 그림자로 달이 들어가니?

위와 같이 지구의 그림자에 의한 소위 ‘가리기 이론’을 달의 위상변화를 설명하는 특정 이론의 핵심 믿음으로 나타나고 있다. 표 1의 특정 이론의 핵심 믿음으로 나타난다. 그러한 이론들을 주장하는 예비교사들에 불일치 사건으로 제시되면, 달의 타원궤도를 동원해서 혹은 또한 달이 지구의 위성이라는 용어는 매번 월식이 일어난다는 관점들과, 교과서에 그렇게 학습했다고 주장해서 그들 나름대로 이론을 보호하기 위해서 일관성이 있게 표현을 하고 있었다.

그렇다면, 우리나라에서 본 반달은 다른 나라에서도 반달인가?

우리가 연구하는 가장 중요한 부분으로 예비교사들은 먼 천체의 반사구로 보지 않고, 가까운 위치에 있는 반사구로 인식하고 있다는 것이다. 표 1의 틀 이론의 달의 인식으로 구분하였다.

다음 표 1은 달의 위상변화 설명에 대한 학년별 예비 초등 교사들의 정신모형을 분류하여 나타낸 것이다. 물음 1, 2는 태양을 천체, 혹은 가까운 열원 여부를, 물음 3의 물음은 달을 가까운 물체, 혹은 먼 천체로 인식하는가를 조사하였다. 심층적인 전제들로 정신모형의 핵심을 이루는 틀 이론으로 분류하였다. 앞에서 제시한 정신모형의 틀 이론과, 이것을 강력히 지지하는 믿음들의 하나인 ‘가리기 이론’, 그리고 ‘반사면의 변화’는 특정 이론의 역할을 하고 있다.

태양을 먼 천체로 보아서 반사면의 면적에는 변화가 없고, 실제로 우리가 볼 수 있는 반사면의 변화가 과학적 설명인데, 태양이 가까이에서 달을 비추기 때문에 실제로 반사면의 면적이 변화한다는 주장을 불완전한 설명으로 분류하였다.

처음에 가리기 이론을 가지고 있으나, 생각에 반하는 현상을 제시하면 표면상으로는 달의 반사면 변화로 설명하지만, 그 설명은 불완전한 설명으로 일관성이 결여되어 있다. 가리기 효과는 제한 혹은 일시 정지(suspension)되어 있다고 할 수 있다. 일종의 과도기(Laburu & Niaz 2002), 혹은 전이 과정의 모형(Watson et al. 1997)이라고 할 수 있다. 괄호로 나타낸 것은 처음엔 그렇게 생각했으나, 다음 질문에서 표현을 바꾸었다는 것을 의미한다. 그러나 완전히 생각이 바뀌었다는 것은 아니다. 그 관점은 잠재되어 있다고 할 수 있다.

표 1은 정신모형에서 과도기를 제외한 합성정신모형은 어린 시절에 형성된 개념이 현재의 합성정신모형의 중심을 이루고 있음을 알 수 있다. 그 개정은 단순한 추가 혹은 약한 개정임을 보여준다. 사물에 대한 어린 아동의 지각과 추론을 유도하는 물리적 사물에 대한 초기 표상이 사물에 대한 성인의 직관적 개념의 핵으로 남는다는 Spelke(1991)의 주장이 우리의 연구에서도 나타난다. Gagne et al.(1993)에 따르면, 전문가와 초보자 모두 기술적 개념에서는 비슷한 정도의 이해를 하고 있으나 인과관계 원리는 전문가가 잘 안다고 하였다. 그러나 우리의 교과서에서 사용되어진 모형은 천문 현상을 인과관계로 설명 할 수는 있으나, 너무 크게 그린 천체와 너무 가깝게 모형화 시킨 그림들이다. 즉, 학생들은 시간과 공간의 제약 때문에 직접 경험할 수 없고 2차원 그림이나 3차원 모형 등 소규모의 간접적인 경험(명전옥 2001)을 통해서 배운다. 그러한 소규모의 간접적인 경험들은 어린 시절의 틀 이론과 결합되어 오랫동안 존속되어질 가능성이 크다.

예측이 아니라 설명이라는 것은 과거를 되돌아보면서 정신모형을 재현하기 때문에 다음 과정은 반드시 필요한 과정이다. 또한 정신모형을 분명히 하여 일반화하는 과정이다. 그러한 일환으로, Vosniadou(1994)가 개발한 설명 틀인 유년적 틀 이론을 토대로, 예비교사들의 달의 위상변화를 재구성하여 현재의 정신 모형이 어떻게 발달해 왔는가를 재현하였고, 그 현상을 설명하는 핵심 믿음을 Niaz(1998)가 제안한 Lakatos(1970)의 틀을 사용하여 다시 확인 하였다.



3.2 달의 위상변화에 대한, 예비 초등 교사들의 정신모형의 발달을 어떻게 재현하여 설명하는가?

왜 필연적인가는 물음에 대한 설명은 충분조건이 핵심적이다. 반면 어떻게 가능한가라는 물음에 대한 설명에서는 필요조건이 핵심이다. 또한 어떻게 가능한가라는 물음에 대한 설명은 또한 간접적인 방법으로 예측할 수 있다. 만약 우리가 어떤 현상의 필요조건을 알고 있다면 우리는 그것을 억제하거나 그것이 부재 한다는 것을 단지 관찰하는 것만으로써 문제의 현상이 발생하지 않을 것이라고 예측할 수 있다. 또한 그것들은 예측이라기보다는 후측(retrodiction)이라 적절히 부를 수 있는 것을 구성하는 데 사용될 수 있다. 어떤 현상이 발생했을 것으로 인식된다는 사실로부터 우리는 시간상 역으로 그것의 선행하는 필요조건 역시 과거에 반드시 존재했을 거라는 것을 추론할 수 있다. 그리고 “과거를 들여다봄으로써” 우리는 그것들의 자취를 찾아볼 수 있을 것이다(von Wright 1971).

먼저 우리는 학생들이 현재 가지고 있는 정신모형은 다분히 설명을 하기 위한 필요조건이라 보고 최선의 설명을 찾되 돌아보는 방식으로 그들의 설명들을 재구성 하였다. 그 다음에는 그들의 설명요소가 부재하면 어떤 현상이 발생하는가를 알아보았다.

3.2.1 예비 초등 교사 자신들의 이론에 설명의 일관성이 있는 합성적인 정신모형

우리가 적용한 Vosniadou의 유년적 틀이론 : 예비 초등교사의 합성 정신 모형

틀 이론(Entrenched belief: 다른 믿음들 망에 깊이 내재되어 있는 것)

존재론적 믿음들: 물리 세계에 대한 기초적인 범주들과 성격들에 대한 믿음들

1. 연속성(물체들은 계속해서 존재하고 연결된 경로에 따라 움직인다.)
2. 단단함(물체들은 공간에 홀로 자리 잡고 있다. 즉 두 물의 어느 부분도 시간 과 공간상에서 동시에 존재할 수 없다.)
3. 어떤 거리에서는 어떤 영향도 없다(물체들이 시공간에서 만날 수 없다면, 독립적으로 행동한다.).
4. 중력(물체들은 지지 되지 않으면 아래로 움직인다.)
5. 관성(물체들은 방해물이 없으면 그들의 운동을 바꾸지 않는다.).

인식론적 믿음들: 과학적 지식, 좋은 과학적 이론의 판단기준에 대한 믿음들

1. 어떤 것이든 우리의 감각들을 통해서 느꼈을 때만 존재한다.
2. 현상은 일상적인 메커니즘으로 인과적 설명해야 한다.

특정 이론: 틀 이론에 통제를 받는다. 문화적인 맥락에서 관측사항들과 습득한 지식들

1. 태양도 전등, 난로, 등과 같이 직접 열을 내는 1차적인 광원으로, 달과 행성은 반사된 빛을 보내는 2차적인 광원이다.
2. 태양은 언제나 정지되어 있고 모든 행성들은 그 둘레를 공전하고 각각의 위성들이 그 주위를 공전한다. 달과 같은 위성은 행성에 가깝게 공전한다.

관계되는 믿음들: 틀 이론과 문화적인 맥락에서 관측정보들과 습득된 지식에 의하여 형성

1. 케플러 법칙에 의한 지구가 타원 공전궤도에 의하여 지구와 태양 사이 거리가 변화하여 우리가 받는 에너지가 변화한다.
2. 지구 주위를 아주 가깝게 공전하는 위성이기 때문에 태양빛에 의한 지구의 그림자 속으로 반드시 들어가 모습이 변화한다. 그러나 달은 거의 원 궤도이기 때문에 상의 크기는 변화하지 않는다.

정신 모형: 천문 현상의 설명 메커니즘

1. 지구의 그림자, 혹은 태양에 의하여 달의 위상은 변화하나, 다시 태양과 같이 원의 모양으로 변화한다.

2. 달의 위상변화에서 보이지 않는 부분은 밝게 보이는 부분에 비해서 빛이 희미하고 멀어서 보이지 않는다.

그림 2는 천문 현상을 설명하는데 범 천문현상의 심층적인 전제들의 영향 하에 어린 시절 일상생활의 경험을 통하여 형성된 가설들이 믿음들로 자리 잡고, 그 후 성인이 되면서 문화적으로 습득한 경험들이 결합되어 형성된 믿음들을 통해서 더욱 새로운 가설들을 발명하여, 확증 과정을 통한 정신 모형의 형성을 보여준다.

Vosniadou(1994)의 인지구조 이론은 두 수준들(특정 이론과 틀 이론 수준)로 둘러싸여 있다. 그의 개념 변화 이론은 각각의 수준의 지식의 개정을 따른다. 즉 틀 이론의 수준에서 개정은 강한 개정, 특정 이론 수준의 개정은 약한 개정, 단순히 특정 이론의 풍부(축척)는 추가로 나누어질 수 있다. 개념 변화 중 가장 간단한 형태는, 첨가(accretion)라는 메커니즘을 통해서 기존의 이론적인 틀에 새로운 정보를 단순히 추가함으로써 기존 개념구조의 살찌우기(entrench)라고 할 수 있다. 그러나 그의 인지구조 이론은 주로 초등학생들이 지구의 모양과 낮과 밤의 설명 틀이기 때문에, 대학생들이 설명하는 달의 위상변화는 더욱 진화된 정신모형을 우리는 제안하였다. 그렇지만 그의 초기의 주장(그림 1)을 거의 수용하였다. 우리가 제안한 틀 이론과 특정 이론에 따라서 지식이 어떻게 습득되는 과정을 재구성하여 다음과 같이 기술한다.

처음 국면, 어린 시절 달을 하나의 천체가 아닌 가까운 물체인 열원으로 태양보다 차갑지만 따듯한 성질을 가지고 있을 뿐만 아니라 모습은 변하지만 둥그런 모양을 지향하고 연속성(continuity)의 핵심원칙에 따라 원래의 모습을 가지고 있다는 관점을 마음 깊이 간직하고 있다. Mental Model의 종류의 수를 한정시킬 뿐만 아니라 과학적 모형으로 변화하기 어려워지는 결정적인 역할을 한다. 결국 성인이 되면 이러한 믿음만 남는다. 소위 “Vosniadou의 틀 이론”이다.

두 번째 국면, 유아기에 습득되어진 천체가 아닌 “빛을 방사하는 열원 이론”이 더욱 진화하여, 문화적인 맥락에서 달의 크기가 변화된다는 관측적인 사실과 달은 아주 가까운 위성이라는 지식의 습득은 “가리기 이론”으로 변질되어 특정 이론의 믿음들의 핵이 된다. 그러한 핵심 믿음에 잘 맞는 달의 월식현상이 변질되어 자신의 믿음이 더욱 강화된다. 그러나 견고성은 틀 이론보다 작다. 그러나 틀 이론을 보호하는 특정 이론으로 보호대의 구실도 한다고 할 수 있다.

세 번째 국면, 현상은 반드시 설명되기 위해서는 달의 모양이 어떻게 규칙적으로 변화하는가를 과학적 설명이라기 보다는 자기 관점으로 설명 한다는 것이다. 그러나 이러한 설명도 위의 틀 이론에 제한을 받기 때문에 달의 타원공전궤도로 달의 공전속도에 약간의 변화를 주어 설명하려 한다. 또한 달이 지구에 가깝다는 위성이라는 용어는 언제나 월식이 일어난다는 것이다. 즉, 전에 습득한 개념을 추가하여 일종의 합성모형을 형성한다.

틀 이론인 천체가 아닌 가까운 반사체 이론의 제한을 받기 때문에 천체로서 바라보는 부분의 변화는 습득하기 어렵고, 시험용으로 암기하기 때문에 쉽게 잊는다. 즉, 이 부분은 단순히 특정 이론의 추가라고 할 수도 있다. 이미, 달은 태양빛을 반사시키는 반사체라는 것은 습득되었기 때문에 가리기 이론을 반사체의 실제적인 면적의 변화로 보는 것이다.

그러한 분류를 위하여, 견고한 믿음(Hard core: Lakatos 1970)이 나타나는 Lakatos의 방법론을 택하여 그들의 특정 이론의 핵심 믿음들을 다음과 같이 확인하였고 그들이 제거되면 어떤 현상이 발생되는지 살펴보았다.

Lakatos(1970)의 기준들의 적용하여 재구성: 요약하면, 달이 지구의 그림자에 들어가지 않는다[삭제 기준의 적용(criterion 1)], 달은 지구주위를 공전하는 위성이 아니다. 그렇게 된다면 지구에서 관찰되는 달의 현상들을 설명할 수 없다[학생들의 이해의 전 기준들 포기(criterion 2)]. 가리기 이론으로 도저히 설명할 수 없는 상현과 하현 사이의 경과 시간은 자신들이 이미 선언적인 지식으로 알고 있는 달의 타원공전궤도를 추가해서 설명하지만, 자신들의 가리기 이론은 계속 남아있다[핵심 믿음을 보호하기 위한 보조가설(criterion 3)].

학생들이 형성한 가능한 정신모형은 새로운 현상을 설명하기 위한 최소한도의 필요조건임을 확인하고, 그 핵심 믿음은 무엇인지를 보여주는 간접적인 방법이다.

결국 자신의 믿음들을 보호하기 위한 보호대의 증가가 이루어진 것이다. 최선의 설명을 위한 가설들의 평가는 자신들의 설명이 일관성이 있으면 그럴듯한 가설들이 믿음이 된다. 그러한 인터뷰는 다음과 같다.

연구자: 너의 설문지에서 달의 위상들을 가장 잘 설명하는 그림 중에서 학생이 선택한 것은

6-A와 같은 지구의 그림자가 달에 비추어질 때 달의 위상이 변화된다고 했는데, 학생의 생각을 다시 한번 설명해 줄 수 있니?

학생 1: 좋아요, 달의 모양이 변화하기 위해서는 지구의 그림자가 달에 비추어져야 되는 것 아닙니까?

연구자: 구체적으로 지구의 모형과 달의 모형으로 설명하지?

학생 1: 예, 달이 지구주위를 공전해서 지구의 그림자에 들어가 반사되는 면적이 다르기 때문입니다.

연구자: 그렇다면, 지구의 그림자가 달에 비추어지지 않을 때는 언제나 보름달이겠네? 즉 지구가 아주 작다고 가정해서 그림자를 만들 수 없다면....

학생 1: (잠시 생각하다)....., (머뭇거리면서) 그렇다고 봐야겠죠?

연구자: 우리가 보이는 반달의 모양은 중국에서도 같은 모양으로 보이니?

학생 1: 달의 모양은 지역마다 다를 것이다. 그림자가 드리워지는 부분이 우리가 보이는 방향에 따라 다르기 때문이다.

연구자: 좋아, 너의 생각으로 상현에서 하현까지 위상변화가 생기는 데 별로 시간이 적게 걸리는 데 이상하지 않니?

학생 1: (머뭇거리며) 글썄요.....,

연구자: 그러면 달도 지구처럼 타원궤도로 공전하는 것이라 생각하면 되겠네?

학생 1: (대단한 생각이듯이) 그렇게 밖에 설명이 안 되는데요.

연구자: 반드시 지구의 그림자로 달이 왜 들어가니?

학생 1: (음.... 음) 달은 지구와 가까운 위성이 아닙니까?

어떤 질문에 대한 학생들이 자신의 응답을 일관성을 가지고 대안적인 설명을 하는지를 조사하였다. 이러한 3가지 가능성을 조사하였다(Watson et al. 1997).

1. 이론적 근거: 지구의 그림자에 의한 가리기 이론

2. 그 이론적 근거는 부분적으로 제한된 범위를 갖는다는 점에서 비과학적이지만, 학생들은 자신의 용어를 일관적으로 사용 한다: 달의 타원공전궤도와 지구의 위성이라는 이미 습득한 지식을 사용한다.

3. 학생들은 한 이론으로부터 또 다른 이론을 받아들이는 전이 상태에 있을 수 있다: 아직은 다른 이론을 받아들이지 않고 있다.

**3.2.2 예비교사 자신들의 설명에 일관성이 없는 합성적인 정신모형**

연구자: 너의 설문지에서 달의 위상들을 설명하는 그림 중에서 학생이 선택한 것은 6-B를 선택한 후 태양으로부터 받는 빛의 반사부분의 면적에 따라 달의 위상이 변화 된다고 했는데, 학생의 생각을 다시 한번 설명해 줄 수 있니?

학생 2: 좋아요, 달의 모양이 변화하기 위해서는 달이 태양으로부터 받는 반사면의 면적에 따라서 모습이 바뀐다고 생각합니다.

연구자: 우리나라에서 보는 반달의 모양은 중국에서는 다른 모양으로 보이니?

학생 2: (음음.....) 지구가 둥글고 넓기 때문에 다르게 보이지 않을까요?

연구자: 그렇다면, 태양을 밤에 비추는 전등으로 생각한 것 아니니? 왜냐하면, 비추는 면적이 다르다는 생각은.....?

학생 2: (잠시 생각하다)....., 그렇다고 봐야겠죠?

연구자: 너의 생각으로 판단하면, 반달은 보이는 면의 반만 비추고 보름달은 보이는 면의 전부를 비추는 것 아니니?

학생 2: (대단히 기뻐하며) 맞아요!

연구자: 좋아, 태양은 언제나 달의 반 구면을 비추다고 생각하지 않니?

학생 2: (머뭇거리며) 글썽요....., 그런 것 같기도 하고?

연구자: 그러면 달을 태양이 비추는 면이 다르다는 생각은 무엇일까?

학생 2: (물끄러미 쳐다보며) 교수님 우리가 교과서에서 그렇게 배우지 않았나요. 반사된 면을 바라보는 것이 달의 모습이라고... 전제가 설명할 수는 없지만 그렇게 알고 있는 것은 당연하지 않아요?

개념 변화의 중요성은 개념 변화 또한 맥락과 관련되어 있다는 것이다. 종종 학습자들은 한 맥락에서만 과학적 개념을 받아들일지도 모른다, 그 후, 학생들은 한 맥락에서 다른 맥락까지인, 과학적 개념과 초기 개념사이에서 흔들릴지도 모른다. 이때의 개념 변화는 의존적이고 불안정한 맥락이다. 일관성이 적고 상황 의존적인 과도기 모형이 존재한다고 할 수 있다. 그러므로 장기적이고 안정된 개념 변화는 학습자가 맥락들 간의 공통성과 이러한 맥락들 간의 차이점을 깨달을 때 이루어진다(Gunstone & Mitchell 1998)고 할 수 있다.

연구자: 너의 설문지에서 달의 위상들을 가장 잘 설명하는 그림 중에서 학생이 선택한 것은 6-A와 같은 지구의 그림자가 달에 비추어질 때 달의 위상이 변화된다고 했는데, 학생의 생각을 다시 한번 설명해 줄 수 있니?

학생 2: 좋아요, 달의 모양이 변화하기 위해서는 지구의 그림자가 달에 비추어져야 되는 것 아닙니까?

연구자: 구체적으로 지구의 모형과 달의 모형, 그리고 달의 모형으로 설명하지?

학생 2: 예, 달이 지구주위를 공전해서 지구의 그림자에 들어가 반사되는 면적이 다르기 때문입니다.

연구자: 우리가 보이는 반달의 모양은 중국에서도 같은 모양으로 보이니?

학생 2: 달의 모양은 지역마다 다를 것이다. 그림자가 드리워지는 부분이 우리가 보이는 방향에 따라 다르기 때문이다.

연구자: 좋아, 너의 생각으로 상현에서 하현까지 위상변화가 생기는 데 별로 시간이 적게 걸리는 데 이상하지 않니?

학생 2: (머뭇거리며) 글썸요....., 아아!! 생각난다. 교수님, 태양빛의 반사면이 변화하기 때문에 달의 모습이 다르죠?

연구자: 좋아, 반달은 우리가 볼 수 있는 반만 비추고 보름달은 전부 비추어주니?

학생 2: (대단한 것을 발견한 듯) 맞아요!

연구자: 학생은 태양을 밤에 달을 비추어주는 전등으로 보아서 태양의 거리를 변화 시켜준 것이 아니니?

학생 2: (머뭇거리며) 그렇게 밖에 설명이 안되는데, 그러나 전에 저는 반사면의 변화로 배운 것 확실합니다. 저...., 사실은 자신이 없어요.

어떤 질문에 대한 학생들이 자신의 응답을 일관성을 가지고 대안적인 설명을 하는지를 조사하였다. 이러한 3가지 가능성을 조사하였다(Watson et al. 1997).

1. 이론적 근거: 달의 반사면의 변화와 지구의 그림자에 의한 가리기 이론
2. 그 이론적 근거는 부분적으로 제한된 범위를 갖는다는 점에서 비과학적이지만, 학생들은 자신의 용어를 일관적으로 사용하여 개념을 설명을 한다: 두 가지 이론을 동시에 가지고 있다.
3. 학생들은 한 이론으로부터 또 다른 이론을 받아들이는 전이 상태에 있을 수 있다: 아직은 다른 이론을 받아 들이지 않고 있다: 불완전하지만 다른 이론을 받아들이는 전이 상태에 있다.

## 4. 결론 및 제언

### 4.1 결론

본 연구는 예비 초등 교사들의 달의 위상변화에 대한 사고를 알아보기 위하여, 교육대학교 1, 2학년 학생 43명(달의 위상변화)을 대상으로 조사한 결과를 비교·분석하였다. 우리는 이러한 결과를 토대로 달의 위상변화를 설명하는 예비 초등 교사들의 정신모형의 구조와 생성근원, 그리고 종류를 알아보았다.

첫째, 일상생활에서 습득된 경험의 영향: 범 천문 현상의 배경 지식

우리는 천문 현상을 이해하는 데 결정적인 역할의 광학분야에서 학생들이 어려움을 느끼는 것은 구체적인 지식의 부족이라기보다는 큰 규모의 크기와 그들과의 관계를 이해하는 것이 부족하기 때문이다. 학생들은 지구의 곡률을 무시하고, 천체에서 방출되는 빛을 하나의 전등처럼 사방으로 발산하는 방법으로 지구에 떨어지는 태양광선을 상상한다고 할 수 있다. 이러한 점들이 교육을 받지 않고, 혹은 받았다 하더라도 잊게 된 성인 즉 대학생들에게 핵심으로 남게 된다. 처음 정신모형을 형성하는 가설들의 근원이 된다고 할 수 있다.

둘째, 학교 교실에서 습득된 천문학적 개념의 영향

천문현상에 대해 불확실하게 습득한 지식은 앞의 심층적인 전제들의 영향을 받아서, 오히려 처음 가설을 개정하지 않고 더욱 강화시킨다. 예비교사들이 가지고 있는 천문현상의 합성 정신모형의 형성에 학교수업에서 습득한 명확하지 않은 지식이 매우 큰 영향을 주고 있다는 것을 알 수 있다. 이런 명확하지 않은 지식들이 정신모형을 형성하는 가설들을 확고하게 한다.

셋째, 예비 중등교사들의 정신모형에 대한 틀 이론에 의한 심층적인 전제와 믿음 그리고 그들의 정신 모형의 종류를 확인

설명이라는 것은 정신모형을 재현하고 그것을 확실하게 하여 정신모형의 근원을 확인할 뿐만 아니라 평가하여 일반화하는 것이다. Vosniadou & Brewer(1992)는 지구의 모양과 낮과 밤의 순환에 관련된 현상들을 설명하고 예상하기 위해서 일관성 있게 아이들은 자신들이 사용한 한정된 수의 잘 정의된 모형에 의존한다고 하였다. 우리도 그러한 가정이 타당하다고 가정하여 조사한 결과에 의하면, 달의 위상변화에 대한 설명은 가리기 이론과 연속성 이론에 따라서 잠시 가린다 하더라도 변화하지 않는다는 중심지식이 예비교사의 중심으로 남아서 가설을 발명하고 선택하는 결정적인 역할을 한다는 것이다.

결국, 심층적으로 어린 시절 형성되었던 틀 이론을 중심으로 학교에서 잘못 전달된 비과학적 개념과 과학적 개념이 혼합된 합성 모형을 가진 정신모형의 구조를 가지고 있다'라고 할 수 있다. 예비교사의 개념 변화는 혁명적이거나 보다는 점진적이었다. 일시적으로 일어나는 "개념 변화" 보다는 오히려 "개념 첨가"의 과정으로 고찰하는 것이 적절하다.

정신모형을 재구성하는 것은 학생들의 정신모형을 재현하여 그러한 모형의 발달과정을 알아낼 수 있을 뿐만 아니라, 그러한 사실들을 학생들에게 반드시 확인해야 된다. 왜냐하면 학생들은 자신들의 이론을 겉으로 드러나지 않고 내재되어 있기 때문에 새로운 과학적 개념들을 제시하면 자신들의 이론을 그대로 보존하면서 새로운 개념을 첨가하여 자연현상을 설명하게 된다. 결국 두 이론이 혼재되는 다음과 같은 정신모형이 나타난다.

위와 같이 과학적 개념으로 가는 중간 단계에 있는 예비교사에게는 아직 믿음에는 변화가 없이 믿음에 의심을 가지는 과도기 단계를 가진다는 것을 발견할 수 있었다. Hewson(1982)은 불만족이라는 것은 하나의 개념에 대한 지위 변화에 대한 핵이라고 하였다. 특히 저학년에 이러한 생각을 많이 가지고 있다는 사실은 시사하는 바가 크다. Watson et al.(1997)은 설명의 일관성이 없는 단계를 전이 단계로 설정하여 개념 변화의 지시자(indicator)라고 주장하였다. 우리도 일관성이 없이 설명하는 정신모형을 중요하게 생각한다. 그 단계를 틀 이론의 전이 단계, 혹은 일시 정지 단계라고 하였다. 하나의 개념이 완전히 없어지고 다른 개념으로 대체되는 것이 아니라 어떤 형태든 잔존되어있다는 것을 알 수 있다.

#### 4.2 제언 및 시사점

대체적으로 예비교사들은 유아기에 이미 생득적 혹은 일상생활의 경험에 의하여 형성된 심층적인 믿음과 잘못 이해된 학교의 지식과 혼합된 합성 모형을 나타내고 있다. Spelke와 그의 동료들은 소위 핵심 원리들(Core Principles)이 성인들의 비과학적 개념의 핵으로 남는다고 주장한다(Spelke et al. 1992, 1995). 그러한 이유로 오 개념을 찾고 그것에 따른 불일치 사건들을 제시하면 갑자기 통찰력이 생긴다는 사고는 학생들을 너무 이성적 사고의 소유자라는 좁은 관점이라고 연구자는 생각

한다. 학생들은 일상적인 경험을 통해서 자기류의 해석을 하는 최초의 정신모형이 끊임없이 경험들과 학습들을 통해서 풍부해(enriched)지고, 재구축(restructured) 되어지는 점차적인 과정으로 변화한다고 볼 수 있다. 우리는 학습이 진행되는 과정에서 학생들이 이미 가지고 있는 기존의 믿음들과 전제들을 인식하도록 도와주어야 한다. 결국 더 좋은 적절한 설명을 가진 정신모형이 구축되도록 도와주어, 여러 다른 관점들을 고려하는 데 필요한 유연성을 성취할 수 있도록 해야 한다.

과학자들은 자신들의 이론들을 분명하게 인식하고 그것을 밖으로 드러내지만, 학생들은 자신들의 이론들을 암묵적으로 내재하고 있어 그것을 드러낼 수 없기 때문에, 현재 그들이 가지고 있는 정신모형을 재현하여 보여주어야 한다. 예측과는 다르게 설명이라는 것은 과거를 되돌아보는 형식이 되어야 된다. 이러한 과정을 거치지 않으면 자신도 모르게 두 이론을 가지고 있기 때문에 일관성이 떨어지는 과도기 단계에 머무르게 된다. 그 단계가 오래 유지되면 변화되기 어려운 학생들 나름대로의 일관성이 비교적 높은 정신모형으로 굳어진다.

우리는 앞서서도 이야기 했듯이 천문 현상을 이해하는 데 학생들이 어려움을 느끼는 것은 구체적인 배경 지식의 부족이라기보다는 큰 규모의 공간과 그것에 비해서 작은 천체들과의 관계를 이해하는 것이 부족하기 때문이라고 주장한다. 예를 들면, 학생들은 지구를 중심으로 태양과 달을 천체가 아닌 가까운 열원으로부터 발산하는 방법으로 지표면에 혹은 달에 떨어지는 태양광선을 반사하여 우리한테 보여주고 있다고 상상한다는 것이다. 그리하여 반드시 태양은 거리를 변화시켜서 에너지 세기를 변화시키고, 달은 반드시 지구의 그림자 속으로 들어가야 된다는 정신모형을 가지고 있다.

개념 변화의 중요성은 개념 변화의 전체 맥락과 관련되어 있다. 종종 학습자들은 한 맥락에서만 과학적 개념을 받아들일지도 모른다. 그리하여 학생들은 한 맥락에서 다른 맥락과의 사이에서 흔들릴지도 모른다. 이때의 개념 변화는 불안정한 맥락이다. 장기적이고 안정된 개념 변화는 학습자가 맥락들 간의 공통성과 이러한 맥락들 간의 차이점을 깨달을 때 이루어진다. 천문현상은 매일 매일의 일상생활에서 얻은 경험에 의한 직관을 통해서 세상을 살피고 그 직관에 비추어 옳고 그름을 판별한다. 불행하게도 그러한 직관에 거스르는 과학적 관점들은 학생들이 바르게 이해하기 어렵고, 전파력도 약하기 때문에 잘못된 개념들로 변하기 쉽다.

다음 후속연구로는 두 관점들을 비교해서 학생들의 관점들은 점점 지위를 낮추고, 과학적 관점의 유리한 점을 부각시키는 수업전략을 세우는 것이다. 우리가 다음 연구에서 강조할 것은 학생들은 자신의 이론들이 자신도 모르게 잠재되어 있기 때문에, 그 정신모형을 반드시 재현하여 자신의 이론을 정확히 알도록 보여주어야 한다. 그런 다음이어야만 새롭게 마주치는 변칙적인 사건에 자신의 관점이 문제가 있다는 불만이 고조될 수 있다. 이는 과학자들과 마찬가지로 학생들도 나름대로 이론을 가지고 있으나 과학자들의 개념 변화와 학생들의 개념 변화는 반드시 일치하지 않기 때문이다. 이런 현상이 학생들에게 어떻게 일어나고 어떤 반응을 보이며, 변칙적 사건을 보여주었을 때 어떤 변화를 보이는지를 구체적으로 탐색하는 것이다.

## 참 고 문 헌

- 강용희, 임성규, 오준영 2004, *중등교육연구*, 52, 613  
 김유신 2000, *인과와 인과이론* (서울: 철학과 현실사), pp.279-334  
 명전옥 2001, *한국지구과학회지*, 22, 339

- 오준영, 박성호 2005, 한국우주과학회지, 23, 69
- 오준영, 채동현 2004, 중등교육연구, 52, 427
- Beilin, H. 1985, in *Genetic Epistemology: Yesterday and Today*, ed. T. S. Evans (New York: City University of New York), p.107
- Boyd, R. 1985, in *Images of Science*, eds. P.M. Churchland & C. A. Hooker (Chicago: University of Chicago Press), pp.3-34
- Carey, S. & Spelke, E. 1994, in *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture*, eds. L. A. Hirschfeld & S. A. Gelman (New York: Cambridge University Press), pp.169-200
- Chinn, C. A. & Brewer, W. F. 1993, *Review of Educational research*, 63, 1
- Feigenberg, J., Lavrik, L., & Shunyakov, V. 2002, *Science & Education*, 11, 377
- Gagne, E. D., Yekovich, C. W., & Tekovich, P. R. 1993, *The cognitive psychology of school learning* (New York: Haper Collins College Pub.), p.512
- Glaser, R., Ferguson, E., & Vosniadou, S. 1995, in *International perspectives on the construction of technology-supported learning environments*, eds. S. Vosniadou, E. De Corte, R. Glaser, & H. Man (Hillsdale, NJ: Erlbaum), pp.13-24
- Gunstone, R. F. & Mitchell, I. J. 1998, in *Teaching science for understanding*, eds. J. Mintzes, J. H. Wandersee, & J. D. Novak (New York: Academic Press), p.133
- Hermann, R. & Lewis, B. F. 2003, *The Science Teacher*, 70, 51
- Hewson, P. W. 1982, *European Journal of Science Education*, 4, 61
- Laburu, C. E. & Niaz, M. 2002, *Journal of Science Education and Technology*, 11, 211
- Lakatos, I. 1970, in *Criticism and the growth of knowledge*, eds. I. Lakatos & A. Musgrave (New York: Cambridge University Press), pp.91-196
- Miller, R. 1987, *Fact and Method* (Princeton: Princeton University Press). pp.73-83
- Niaz, M. 1998, *Science & Education*, 7, 107
- Ohlsson, S. 1999, *Science & Education*, 8, 559
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. 1982, *Science Education*, 66, 211
- Spelke, E. S. 1991, in *The epigenesis of mind*, eds. S. Carey & R. Gelman (Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates), p.133
- Spelke, E. S., Breinlinger, K., Macomber, J., & Jacobson, K. 1992, *Psychological review*, 99, 605
- Spelke, E. S., Phillips, A., & Woodward, A. L. 1995, in *Casual cognition: A multidisciplinary debate*, eds. D. Sperber, D. Premack, & A. J. Premack (Oxford, England: Clarendon Press), pp.44-78
- von Wright, G. H. 1971, *Explanation and understanding* (New York: Cornell University Press), pp.1-3
- Vosniadou, S. 1994, *Learning and Instruction*, 4, 45
- Vosniadou, S. 2001, in *Research in Science Education-Past, Present, and Future*, eds. H. Behrendt, H. Dahncke, R. Duit, W. Graber, M. Komoek, A. Kooss, & P. Reiska (Dordrecht, Nether-



- lands: Kuwer Academic Publishers), p.177
- Vosniadou, S. 2002, *Learning and Instruction*, 6, 95
- Vosniadou, S. & Brewer, W. F. 1992, *Cognitive psychology*, 24, 535
- Watson, J. R., Pristo, T., & Dillon, J. S. 1997, *Science Education*, 81, 425

**부록 1. 달의 위상변화에 대한 인터뷰**

첫 단계, 당신이 달의 위상의 변화를 선택한 보기의 그림을 통해서 자세히 설명해 줄 수 있니?

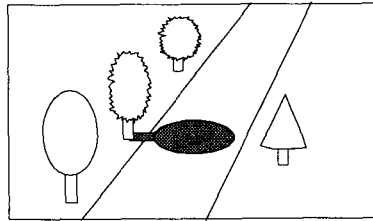
다음 단계, 상현에서 하현까지 얼마나 걸리니?

그렇다면, 우리나라에서 본 반달은 다른 나라에서도 반달인가?

**부록 2. 달의 위상의 변화**

1. 하지 날 정오, 이집트의 아스완(Aswan)에서 태양빛이 바로 머리 위 천정으로부터 비추어진다. 반면에 아스완으로부터 북쪽 800km 떨어진 알렉산드리아(Alexandria)에서, 천정으로부터 7도 경사져서 비추어진다. 이 현상을 하나의 도표(Diagram)로 설명하시오.

2. 밑의 그림은 햇빛이 비추는 날에 하나의 나무의 그림자를 그렸다. 다른 나무들의 그림자를 그려 보시오.



3. 당신이 현재 보름달을 볼 수 있다면, 다른 나라에서도 보름달로 보이는가?
4. 당신의 현재의 지식을 이용해서, 달이 다양한 모습을 주기적으로 나타내는지를 하게 기술하시오(적어도 두 가지 이상의 응답).
5. 달의 위상의 원인을 다음 중에서 가장 큰 원인 인가를 선택 하시오.
  - A. 구름이 달을 부분적으로 가린다.
  - B. 행성들이 달 위에 그림자를 드리운다.
  - C. 달의 그림자가 달 위에 드리워진다.
  - D. 비추어진 부분 중 볼 수 있는 부분이 변화한다.
6. 다음 그림 중, 달의 위상변화의 원인을 가장 잘 보여주는 그림은?

