

천문 현상들을 설명하는 예비초등 교사들의 정신모형의 구조: 계절과 달의 위상변화

오준영* · 김유신

부산대학교 · 과학학 협동과정

Preservice Elementary Teacher Mental Models about Astronomical Phenomena: Seasons and Moon Phases

Oh, Jun Young* · Kim, Yoo Shin

Department of Science Studies, Pusan National University

Abstract: The aim of this study was to understand the components that influence the mental models of preservice elementary teachers on the astronomical phenomena of seasons of the year and lunar phases of the month. For this, participants were selected from a university of education. Data was collected from a paper-pencil test and individual interviews with the participants. The results of this study showed that the preservice teachers had apparent synthetic mental models, and that the 'Distance Theory' and 'Occlusion Theory' had the greatest effect on their mental models. Furthermore, it was found that preservice elementary teachers' initial mental models of 'astronomical phenomenon' had their origin in personal belief sets (specific theory) related to 'astronomical phenomenon'. It was on these belief sets that they interpreted their observations and cultural information with the constraints of a naive framework of physics. The structures and possible sources for overcoming these synthetic mental models were also discussed in this paper. Lastly, implications for preservice elementary teacher education were presented.

Key words: astronomical phenomena, mental model, framework theory, specific theory

I. 서론

과학교육자들은 학생들의 개인적 믿음을 공인된 과학적 지식으로 변화시키고자 그들이 가지고 있는 가능한 공통적인 대안개념을 확인하려는 활동을 많이 하고 있다. 그러나 보다 중요한 것은 학생들이 인정된 과학지식과 상충되는 믿음을 왜 갖게 되는지를 탐색하는 것이다. 따라서 과학교육자들은 학생들의 개인적 이론과 모형의 발달원인은 무엇인가? 그리고 왜 이런 개인적 이론과 모형이 발달하면 그토록 변화되기 어려운가? 하는 것들을 찾는 것이다.

빠르게 변화하는 현대에서는, 인간에 의하여 조성된 학교 외적인 사회적 문화적 상호작용(Glaser, *et. al.*, 1995)이 학생들의 최초의 개념 형성에 매우 큰 영향을 준다고 하였다. 뿐만 아니라, 대부분의 모든 학생들은 다른 과학적 현상들보다는 경험적으로 쉽게 관

측되는 천문현상들을 경험한다. 그리고 대부분 모든 가능성 안에서, 학교에 입학하기 오래 전에 이러한 현상들에 대한 그들 자신의 설명을 견고하게 구성해왔다.

김효남(1990)은 초등학교 3.4 학년 학생들을 대상으로 개념을 조사하였다. 해에 가까이 가면 낮, 달에 가까이 가면 밤이다. 계절이 변하는 이유는 지구의 온도가 변하기 때문이다. 달의 모양이 변하는 이유는 달이 태양이나 지구에 가려지기 때문이다. 김찬중과 이조옥(1995)은 중1, 중3, 고1 학생들을 대상으로 달의 위상변화와 빛 개념 사이의 관계를 조사하였다. 빛에 대한 오 개념을 가지고 있는 학생들은 달의 위상변화에 대한 정답률이 그렇지 않은 학생보다 2배정도 낮았다. 달의 위상변화를 바르게 이해하기 위해서는 빛 개념의 올바른 이해가 중요하다고 밝혔다. 이조옥(1994)은 중1, 중3, 고1 학생들을 대상으로 달의 위상변화에 대하여 조사하였다. 조사결과 “달의 위상변화

*교신저자: 오준영(jyoh3324@naver.com)

**2005.6.28(접수) 2005.11.1(1심통과) 2005.11.17(2심통과) 2005.12.24(최종통과)

이유는 달이 지구의 그림자에 가리기 때문이다”, “반달은 달 전체의 1/2이다.” 등의 오 개념이 밝혀졌다. 하옥선(1999)은 초등학교 5,6학년 학생들을 대상으로 조사한 결과 계절변화의 원인은 대부분이 태양과 지구사이거리가 변하기 때문이고 특히 공전궤도가 타원형이라고 답한 학생들이 대부분이 지구와 태양사이의 거리가 변하기 때문이라고 답하고 있었다. 또한 과학적 개념과 오 개념이 혼합된 형태가 학습전보다 학습 후에 높게 나타난다고 하였다. 채동현(1993)은, 중, 고 학생들의 개념을 조사한 결과 태양과 지구사이의 상대적인 거리, 지구의 공전, 지구의 자전, 태양복사량 차이, 태양의 이동, 기압의 차이 등으로 나타났다. 또한 학년이 높을수록 과학적 개념에 가까울 뿐만 아니라 응답의 종류도 작아진다고 하였다.

이상의 선행연구에서 학습자의 개념형성에 가장 큰 영향을 주는 요인은 계절변화에서는 “태양과 지구사이거리”, 달의 위상변화에서는 달의 그림자가 지구를 가리기“, 그리고 빛 개념의 부정확한 이해로 볼 수 있다. 또한 고학년으로 갈수록 과학적 개념에 가깝다. 하지만 응답의 유형의 수가 작다고 할 수 있다. 그리고 대부분 오 개념의 유형을 알아보았으나 유형의 구조에 대하여서는 연구가 찾기 어렵다(정홍식, 2005; 김중욱, 2002). 또한 우리는 그들 유형의 근원을 찾기 위해서 그들의 유형을 재구성할 필요가 있다고 제안한다. Leplin(1997)에 따르면, 하나의 이론으로 이어지도록 추리를 재구성하는 것은 그러한 이론을 제안하도록 만들어낸 이론가의 생각을 이상화시키는 것이며, 추리의 연결단계가 적은 경우에는 최소한도로 이상화는 충분하다고 하였다(Ladyman, 2002). 우리의 연구의 주요한 목적은 그러한 개념의 유형뿐만 아니라 구조와 근원을 동시에 탐색하는 것이다.

천문현상에 대하여 교사들도 학생들과 유사한 오 개념을 가지고 있다는 연구(오준영, 채동현, 2004), 그러한 사고는 예비교사들에도 존재하여 문제 해결의 실패 요인이 된다는 연구들(오준영, 박성호, 2005; 명전옥, 2001)이 있다. 그러나 오준영과 박성호(2005)의 연구는 태양의 영향인 계절변화라는 일정한 영역의 연구를 하였으나, 태양보다 더 가까운 천체인 달의 위상변화의 관점들을 함께 연구할 필요가 있다고 하였다. Vosniadou(1994)에 따르면, 천문학 분야에 대한 연구에서 학생들은 개인이 구성하는 한정적인 몇 개의 정신적인 모형을 보여 줄뿐만 아니라, 다양한 질문에 답하기 위해 사용되어진 생생적 정신모형을 이해하는 것은 사고의 기반이 되는 지식구조의 중요한 정보를 제공한다고 하였다. 따라서 장차 교사가 되어 그

들 학생의 개념형성에 영향을 주는 예비교사의 천문현상의 가능한 사고의 근원을 알아보기 위해서 이론적인 틀의 요소인 틀 이론과 특정 이론을 집중적으로 탐색하였다. 이러한 연구에서, 두 가지 천문학적인 영역에 대한 예비 초등교사에 대한 정신모형을 조사하였다:

1. 계절의 변화
2. 달의 위상 변화

그 구체적인 연구 문제를 다음과 같이 설정했다.

- 첫째, 천문현상의 배경 지식이 될 수 있다고 할 수 있는 가까운 천체들을 학생들은 어떻게 인식하는가?
 - 둘째, 천문현상 중, 계절변화와 달의 위상변화에 대한 학교에서 습득한 지식에 의한 설명들은 어린 시절의 경험적인 지식들과 어떤 관련이 있는가?
 - 셋째, 예비초등 교사들은 천문현상 중, 계절 변화와 달의 위상변화 설명에 대한 어떤 일정한 패턴의 정신모형의 구조와 유형들은 존재하는가?
 - 넷째, 분류된 설명적 정신모형은 어떻게 성장하는가? 또한 어떤 설명적 일관성을 가지고 있는가?
- 끝으로, 연구 결과와 관련된 예비교사의 교육의 제안과 시사점을 논하였다.

II. 연구의 이론적인 배경

설명 일관성 (Watson *et. al.*, 1997)이라는 것은 학생들이 어떤 갈등상황에서 자신의 기존 개념의 유지 및 방어, 또는 임시방편적 가설 등의 특징으로 자신의 이론들을 표현함으로써 나타난다. 우리는 어떤 질문에 대하여 학생들이 자신의 응답을 일관성을 가지고 대안적인 설명을 제안하여, 그럴듯한 설명 틀인 정신모형을 구성하는데 그러한 정신모형은 어떤 요소들을 가지고 있는지, 설명적 일관성이 무엇을 말하는지를 이론적인 배경으로 제시하겠다.

Vosniadou(1994)가 제안한 하나의 이론적인 틀: 학생들의 개념구조를 크게 틀 이론 (Framework Theory)과 특정 이론(Specific Theory)으로 구성된 구조물로 보았다.

틀 이론: 틀 이론은 마음 깊이 새겨진 전제들 (Entrenched Presuppositions)인 존재론적 그리고 인식론적인 가정들로 구성되어 있으며 물질세계의 행동 방식을 설명하는 데 관련된다. Lakatos의 연구프로그램들(Lakatos, 1970)과 Kuhn의 패러다임들(Kuhn, 1970)이 과학이론의 발달을 제한하는 것들과 유사한

방법으로 물리학의 틀 이론이 물질세계에 관한 지식의 획득과정을 통제한다고 하였다.

특정 이론: 특정 이론은 물질의 특성과 행동을 기술하는 일련의 내적으로 연관된 제안들, 신념으로 구성되어 있다. 이러한 특정 이론은 틀 이론의 통제 하에서 문화적 맥락에 근거하여 관찰한 것을 설명하거나 정보를 표현할 때 생성되어진다. 틀 이론은 특정 이론에 비하여 어린 시절부터 일상생활을 통해서 오랫동안 확증되었기 때문에 그 변화가 훨씬 어렵다.

오 개념: 오개념은 학생들이 과학적 관점에 반하는 정보를 가지고 있는 기존의 틀 이론 안에서 조화롭게 하는 과정에서 형성되어진 것으로 볼 수 있다. 특정 이론의 개정은 틀 이론의 개정보다 쉽다. 특정 이론의 신념이 틀 이론에 통제되어질 때 개념 변화는 이루어지기 어렵다. 존재론적이고 인식론적인 전제들은 우리의 지식의 기초를 형성한다. 그것들의 개정은 그것들의 기초에 구성되어진 모든 연속적인 지식의 구조에 심각한 관련성을 가지고 있다(p.49)

최선의 설명으로서의 추론과 설명적 일관성: 과학실제론의 대부분 문헌들은 최선의 설명으로서의 추론(Inference to the best explanation, IBE)의 자질에 많은 관심을 가지고 있다. IBE는 우리들이 몇 개의 경쟁적인 가설들이 가지고 있고 이 경쟁이론 모두가 어떤 영역의 현상들에 대해서 경험적으로 충족될 경우에 우리들은 그러한 현상들에 대해 최선의 설명을 제공하는 가설이 진리라고 추론해야한다는 추론 규칙으로 간주되고 있다. 이러한 가설의 선택에 고려할 수 있는 특성들로는 다음과 같은 것을 들 수 있다(Ladyman, 2002):

- 1) 만일 그 가설이 참이라고 하면 놀랄만한 현상도 충분히 예기 할 수 있다.
- 2) 경험적 추론 내용의 예측은 가설로부터 추론해야 하고, 그리고 검사되고 확증되어야만 한다.
- 3) 단순하고 자연스러운 가설이 선호된다.
- 4) 형이상학적 견해들과 정합적으로 일치하는 가설이 선호된다.
- 5) 가설들의 광범위한 적용범위와 다른 이론들을 능력이 선호된다.
- 6) 다른 과학이론들과 정합적으로 일치하는 가설이 선호된다.

정합성의 하나의 중요한 요소로 일관성은 인식론적인 확신근거의 한 형태로서 (Posner *et al.*, 1982), 개념간의 내적 논리성을 보여준다. 학생들은 기존의 개념을 조직하고 이를 타당 화하는 과정에서 설명 일관

성의 양상을 나타낸다. 이 때 설명 일관성은 과학적 개념의 논리성을 의미하는 것이 아니라 학생들 나름대로의 일관성을 뜻 한다 (Watson *et al.*, 1997, p.426).

1. 많은 학생들은 자신의 설명에 대한 이론적 근거를 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.

이 논문에서는 어떤 질문에 대한 학생들이 자신의 응답을 일관성을 가지고 대안적인 설명을 하는지 3가지 가능성을 조사하여 학생들의 설명들의 유형을 분류하였다(표 1,2를 참조). 또한 우리는 학생 자신의 최선의 설명 틀은 가장 일관성이 있게 설명하는 정신 모형들이고 그러한 모형들의 구조와 유형을 탐색하는 것이다.

개념변화에 대한 주요한 관점

과학교육에서 무엇을 개념변화로 볼 것인가의 문제를 다룰 때, 개념변화 정도와 조건에 대한 정의는 학자들마다 다양하다. 초기 개념변화 모델을 제시하였던 Posner *et al.* (1982)과 Hewson(1984)은 과학의 역사와 철학에서 당대의 해석이 과학 공동체 지식에서 변화를 나타내는 것에 비유하여 학습을 합리적 관점에서 취하였다. 다시 말하면, 과학 공동체에서 개념변화 과정과 학생들의 과학개념 학습은 유사성이 있다는 것이다. 이 관점의 철학적 근거는 Kuhn과 Lakatos이다. 이때 ‘패러다임’이나 ‘견고한 핵’은 학습자의 개념 생태 요소 중에서 학습의 중심을 이루는 ‘확신의 근거’를 일컫는다. 이 논리에 따르면, 개념변화가 일어나는 것은 과학 공동체의 사회적 심리적인 배경의 영향과 혁명적인 패러다임의 변화와 같은 것으로서, 학습에서 조절, 개념교환 또는 강한 재구성이 일어나야 한다는 것을 의미한다.

그러나 Carey(1989)와 Vosniadou(1994)는 강한 개념 재구성이나 조절뿐 만아니라 약한 개념변화도 중요한 학습의 일환으로 간주하며, 이 관점은 개념변화 이론에서 동화 또는 개념 획득에 해당한다. 약한 재구성은 새로운 사실이 첨가되거나 기존 개념들 간의 새로운 관계가 생성되는 것을 의미한다. Duschl & Gitomer(1991)는 개념변화는 새 개념의 점진적 혹은 진보적 발달로 간주하였다.

Vosniadou(1994)이 주장한 이론적인 틀의 맥락 하

에서, 가장 단순한 개념변화 형태는 하나의 기존의 구조에서 살찌우기(enrichment)이다. 살찌우기는 부착하여 성장의 체계를 통하여 기존의 이론적인 틀에 새로운 정보의 단순한 추가로서 개념화된다. 이것은 상대적으로 아주 쉬운 개념변화 형태이다. 새로운 사실들이 기존의 지식과 잘 일관성이 있게 일치한다면 기존의 개념구조에 새로운 사실들을 추가한다.

개정(revision)은 새로운 정보들이 기존의 믿음들과 전제들과 일치되지 않을 때, 일어난다. 특징이론의 개정이 상대적으로 틀 이론의 개정보다 쉽다. 하나의 특징이론에 의하여 믿음들은 하나의 틀 이론에 의하여 제한되어질 때, 개념변화가 이루어지기 어렵다.

III. 연구 방법 및 절차

1. 연구 대상

본 연구는 교육대학교 1학년(25명), 2학년(25명)학생들을 연구의 대상으로 계절 변화 설명과, 1학년(22명), 2학년(17명)학생들을 연구의 대상으로 달의 위상변화의 설명에 대한 그들의 생각들을 조사하였다. 달의 위상변화의 연구는 계절 변화의 연구를 한 후 2달 뒤에 조사하였기 때문에 계절변화의 집단의 인원수가 차이가 난다. 즉 집단의 대상들이 정확히 일치하지는 않지만, 계절변화 인원내 달의 위상변화 인원은 전부 포함된다.

2. 검사 도구

연구는 예비초등 교사들이 계절변화와 달의 위상변화인 천문현상을 설명할 때 기존의 지식이 어떻게 영향을 주는지 다음과 같은 검사 도구를 사용하였다.

1) 천문현상의 배경이 되는 심층적인 전제들:

Feigenberg, et. al.(2002)이 개발한 문항들과, Hermann, & Lewis(2003)가 개발한 문항들로 조사하였고, 그에 따라 인터뷰를 통하여 다시 확인 하였다.

2) 특정한 천문현상들

계절 변화의 설명의 검사도구: 먼저 Kikas(1998a,b)가 개발한 질문지를 사용하여 학생들이 주로 가지고 있는 생각들을 조사하였다. 이를 토대로 인터뷰를 실시하여 그들의 생각들을 분명하게 알아보았다:

첫 단계, 추운 겨울에서 무더운 여름으로 변화하는 원인은 무엇이라고 생각합니까?

다음 단계, 학생의 설문지에서 이러한 지구의 공전 궤도에 계절별 지구의 위치를 이러한 계절 변화가

일어나는 원인과 연결해서 설명할 수 있습니까?

그렇다면, 왜 여름에 다른 계절에 비하여 남중고도가 높고 낮의 길이가 긴 이유를 설명할 수 있습니까?

달의 위상변화에 대한 검사도구: Hermann, & Lewis(2003)이 개발한 5개의 문항 중 3가지 문항을 선택하여 사용하였다. 이를 토대로 면접법(Interview)을 실시하여 그들의 생각들을 분명하게 알아보았다. 면접법은 지필 검사를 토대로 실시하였다:

첫 단계, 당신이 달의 모습이 한 달의 주기로 규칙적으로 변화하는 이유는 무엇입니까?

다음 단계, 그렇다면, 설문지에서 학생이 선택한 보기의 그림과 연결해서 말해줄 수 있니?

그렇다면, 상현에서 하현까지 얼마나 걸리니?

3. 예비초등 교사들의 정신모형의 구조와 유형을 분류

우리가 자료를 분석하는 순서는 다음과 같다. 먼저 Vosniadou가 제안한 범 물리현상에 적용하는 이론적인 틀의 구성요소들을 특정 천문현상의 설명들에서 추출하여, 정신모형들을 구성하고 분류하였다. 그 다음의 해석 단계에서, 구체적인 천문현상을 설명하는 특정한 틀 이론을 구성해서, 최선의 설명 틀인 정신모형을 추적하였고, 확인하였다. 그림 1에서 그에 따른 절차와 내용들을 표현하였다. 첫 번째와 두 번째 단계에서는 이론적인 틀의 구성요소를 추출하여 정신모형의 구조를 알아보았다. 세 번째 단계에서는 그들의 정신모형을 유형에 따라 분류하였다. 네 번째 단계에서는 정신모형을 재구성하여 천문현상을 잘 설명하는 설명 틀을 재현하여 확인하였다.

1) 천문현상을 설명하는 심층적인 전제들

천문현상의 배경지식이 될 수 있는 가까운 천체들을 학생들은 어떻게 인식하였는가?

가까운 천체인 태양을 학생들이 어떻게 인식하는가?

표 1은 계절변화 설명에 대한 학년별 예비초등 교사들의 정신모형을 분류하여 나타낸 것이다. 표 1의 틀 이론(Framework Theory)인 심층적인 전제들(Entrenched Presuppositions)로서 지구로부터 멀리 떨어진 천체의 개념과, 가까이 있어서 마치 인간이 만든 전등개념으로 구분하였다. 심층적인 전제로 우리는 예비교사가 가지고 있다고 가정되는 정신모형의 핵심을 이루는 틀 이론으로 분류하였다. 그림 2의 수는 전체인원 중 (분모) 몇 명(분자)인가를 말해준다. 처음분수는 1년을 다음 분수는 2년을 나타낸다.

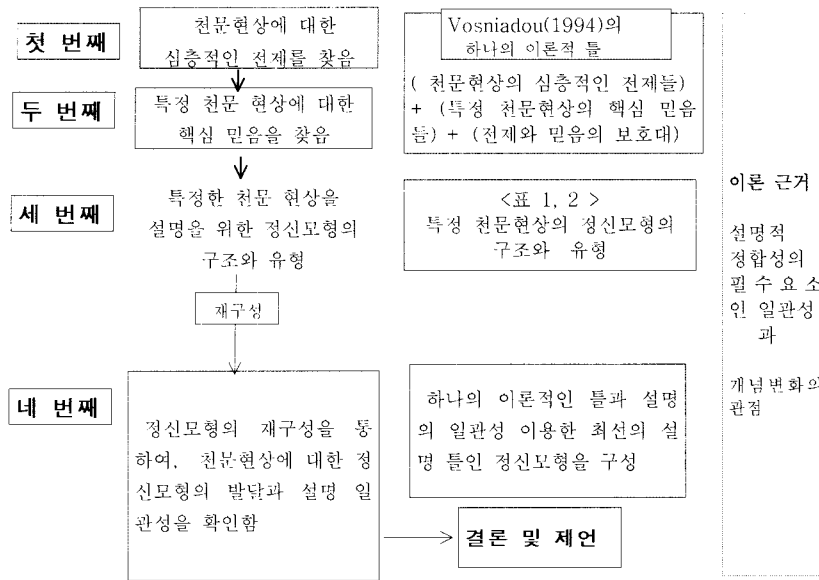


그림 1 자료의 분석과 연구과정

구체적인 방법으로, Feigenberg, et. al.(2002)이 개발한 문항으로, 두 그림(같은 시각에 아스완과 시에네에서 천정에 대한 태양광선의 각도, 가로수의 그림자 모양)이 일치하지 않으면 인터뷰를 통하여 지구로부터 멀리 떨어진 천체의 개념과, 가까이 있어서 마치 인간이 만든 전등개념의 존재 여부를 조사하였다. 인터뷰의 내용은 지필검사를 기준으로 “이 그림은 학생이 이렇게 그린 것은 확실한가? 아니면 다시 그릴 것인가?”로 면담을 하였다. 그러나 <부록1, 물음1-2> 의 가로수 그림자는 참고로만 쓰였다. 왜냐하면 좁은 범위인 그림 3에서는 거의 나타나지 않고(50명 전체 중 1년 2명, 2년은 1명), <부록1, 물음1-1>처럼 범위가 넓은 경우에만 전등개념이 나타나고 있었다. 아래의 그림 2에서처럼 2가지 경우에 묶어서 “전등개념”으로 취급하였다. 그것은 그림 3의 (b)처럼 일상적인 경험

으로 가로수의 램프의 빛은 지표면과 가깝기 때문에 사방으로 퍼지면서 비추어지는 경우이다. 기준은 Feigenberg, et. al.(2002)가 설정한 그림으로 정했고 수는 우리가 조사한 학생의 수이다.

반면에 태양광선을 나란하게 그린 후 지구표면의 둥근 곡면으로 인하여 각도의 차이를 명확하게 그린 경우는 빛의 경사이론으로 분류하였다. 그것은 태양과 가까운 경우는 그림 4의 (a)처럼 빛이 사방으로 방사하지만, 지구에 도착하면 지구와 태양사이의 거리가 매우 멀기 때문에 근사적으로 나란하다는 것을 의미한다.

나머지는 그림으로도 인터뷰로도 구별되지 않은 경우는 분류되지 못함으로 구분하였다.

표 2는 달의 위상변화 설명에 대한 학년별 예비초등 교사들의 정신모형을 분류하여 나타낸 것이다. 먼

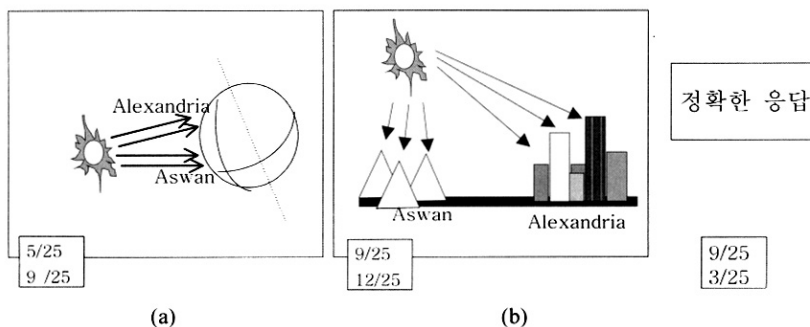


그림 2 정오에 태양의 위치에 대한 학생들의 설명

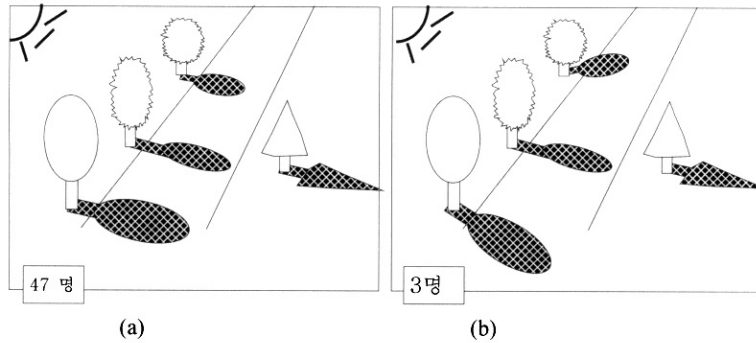


그림 3 가로수의 그림자에 대한 학생들의 설명

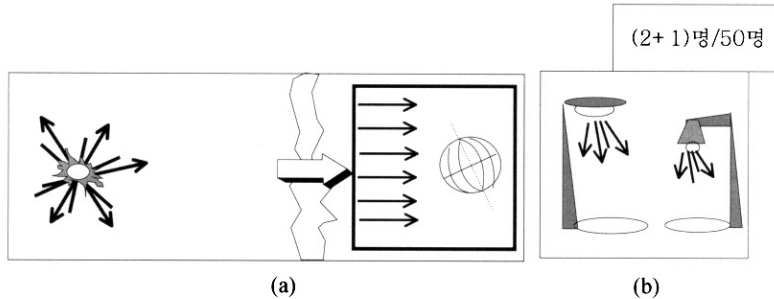


그림 4 (a) 새로운 이해 (b) 일상적인 경험

저 “태양의 인식”을, 다음에는 “달의 인식”으로 달을 가까운 반사체, 혹은 먼 천체의 반사체로 인식하는가를 조사하였다. 심층적인 전제들로 정신모형의 핵심을 이루는 틀 이론으로 분류하였다.

구체적인 방법으로 앞의 내용과 동일한 방법<부록2, 물음 2-1, 2-2>으로 태양의 인식을 먼저 조사한 후, Herman & Lewis(2003)가 개발한 문항<부록2, 물음 3-3>으로, 우리나라에서 본 반달은 다른 나라에서는 어떻게 보이는가? 그리고 직접 동일한 질문으로 인터뷰의 세 번째 질문을 통하여 다시 확인 하였고 차이가 생기면 인터뷰를 선택의 기준으로 하였다. 응답을 분류하는 기준은 “우리나라에서 본 반달은 다른 나라에서는 다르게 보인다.”라는 응답은 달을 아주 가까운 천체로, “우리나라에서 본 반달은 다른 나라에서도 동일하게 반달로 보인다.”라는 응답은 달을 매우 먼 천체로 분류하였다. 달이 인공위성처럼 가까우면 상대적으로 넓을 뿐만 아니라 곡면인 지구에서 바라보는 태양빛에 의한 달의 반사면이 다르게 보일 수 있기 때문이다.

2) 특정한 천문현상의 설명의 정신모형의 핵심 믿음과 구조

천문현상 중, 계절변화와 달의 위상변화에 대한

설명에서 학교에서 습득한 지식들과 어린 시절의 경험적인 지식들과 어떤 관련이 있는가?

계절 변화의 설명: 먼저 Kikas(1998a,b)가 개발한 질문지법을 사용하여 학생들이 주로 가지고 있는 생각들을 조사하였다. 이를 토대로 인터뷰를 실시하여 그들의 생각들을 분명하게 알아보았다. 인터뷰는 지필 검사를 토대로 실시하였으며 기록들은 테이프로 녹음을 하였다. 그러한 인터뷰 내용은 다음과 같은 질문들로 시작되었다:

첫 단계, 추운 겨울에서 무더운 여름으로 변화하는 원인은 무엇이라고 생각합니까?

다음 단계, 학생의 설문지에서 이러한 지구의 공전 궤도에 계절별 지구의 위치를 이러한 계절 변화가 일어나는 원인과 연결해서 설명할 수 있습니까?

그렇다면, 왜 여름에 다른 계절에 비하여 낮중고도가 높고 낮의 길이가 긴 이유를 설명할 수 있습니까?

Vosniadou(1994)에 따르면, 그들이 가지고 있다고 가정할 수 있는 정신모형의 틀 이론과, 그것을 강력히 지지하는 경험적인 믿음들로 특정이론이 형성된다고 하였다. 조사 자료의 분석은 이들 응답 중, 거리 이론(Distance Theory)의 유무를 우선순위로 하였다. 또한 낮중고도와 낮의 시간을 결정하는 ‘자전축의 경사’는

틀 이론의 제한 하에서 특정이론의 역할을 하고 있다. 그렇기 때문에 태양의 고도와 남중고도의 설명하는 자전축의 경사가 태양을 먼 천체로 보는 경사이론이 나타나면 과학적 설명으로, 거리이론을 지지 혹은 다른 설명들은 불완전한 설명으로 분류하였다

구체적인 조사 자료의 분석은 응답 중, 이전의 예비 중등교사에 대한 기존연구(오준영과 박성호, 2005)와 예비 초등교사에 대한 연구(Atwood & Atwood, 1996)에서 조사된 어린 시절의 경험이 믿음화된 “거리 이론(Distance Theory)”의 유무를 우선순위로 하였다. 계절의 변화의 원인에 대한 질문<부록1, 물음 1-5>의 지필검사를 기준으로, 앞에 제시한 인터뷰의 첫 단계와 두 번째 단계를 연결해서 개별면담을 하여 태양과 지구사이의 거리로 계절의 변화를 설명, 혹은 다른 설명들을 조사하였다. 다음에는 학교에서 습득한 지식들(타원 지구 공전궤도, 자전축의 경사, 둥근 지구모양)이 거리이론을 선택하는 데 어떻게 영향을 주는가를 조사하기 위해서, 인터뷰의 두 번째 단계에서 계절의 변화를 거리의 변화로 설명하는 응답자를 대상으로 태양과 지구사이의 거리는 왜 변화하는가? 라고 구체적으로 설명하라고 요구할 때 가능한 설명들이다. 기준은 여러 설명이 있으나 결국은 중심이론이 거리에 의한 변화인지를 판단이다.

‘자전축의 경사’는 단순히 또 다른 변칙현상인 태양의 남중고도<부록1, 물음1-6>와 낮의 길이<부록1, 물음1-7>를 설명하기 위한 방편일 뿐인지를 알아본다. 그렇기 때문에 그러한 자전축의 경사가 어린 시절의 믿음인 거리이론에 전혀 영향을 주지 않으면서 자전축의 경사는 남중고도와 낮의 길이에도 영향을 준다는 설명과 단순히 자전축의 경사도 영향을 준다는 설명들을 불완전한 설명으로, 태양을 먼 천체로 보는 경사이론을 지지하면 과학적 설명으로 분류하였다. 인터뷰의 세 번째로 <부록1의 물음1-6, 7>를 내용을 다시 확실하게 확인하는 것이다.

표 1은 핵심 믿음과 그것을 강화하는 요인들과, 학생들의 관점에서는 거리변화와 관계없는 현상인 남중고도와 낮의 길이 변화만을 설명하기 위한 것으로 자전축의 경사를 사용하되 거리이론의 존속여부를 확인별로 조사하여 나타낸 것이다. 심층적인 전제들의 규제 하에, 그럴듯한 정신모형을 구성하는 기준이 바로 핵심믿음이라고 할 수 있다.

“북반구의 여름은 남반구의 여름과는 동시에 일어날 수 없지 않은가? 혹은 실제로 가까울 때는 북반구의 겨울이 나타나는데 어떻게 설명하는가?” 하는 거리이론으로는 도저히 설명할 수 없는 변칙사항들을

제시하였을 때 대부분의 학생들은 태양과 지구사이의 거리는 고수하기우해서 자전축의 경사도 거리에 영향을 준다고 하고 있다. 다른 경우는 자신의 처음의 거리이론을 변경하여 경사이론으로 바꾸는 경우도 있다. 아니면 자신의 거리이론을 의심하는 경우도 나타난다.

표 1의 정신모형의 종류에서 그러한 핵심 믿음을 나타내는 이론들의 고수와, 두 가지 이론들이 어느 일정한 시간 동안 혼재하는 전이단계를 구분하여 정신모형으로 분류하여 표현하였다. 모든 숫자는 학생 수를 표현한다. 괄호의 수는 처음에는 나타났지만 대화 중 변칙사항을 제시하였을 때 없어졌다는 것을 나타낸다.

달의 위상 변화의 설명: 먼저 Hermann & Lewis(2003)가 개발한 질문지법을 사용하여 학생들이 주로 가지고 있는 생각들을 조사하였다. 이를 토대로 면접법(Interview)을 실시하여 그들의 생각들을 분명하게 알아보았다. 면접법은 지필 검사를 토대로 실시하였으며 기록들은 테이프록 녹음을 하였다. 그러한 인터뷰 내용은 다음과 같은 질문들로 시작되었다:

첫 단계, 당신이 달의 모습이 한 달의 주기로 규칙적으로 변화하는 이유는 무엇입니까?

다음 단계, 그렇다면, 설문지에서 학생이 선택한 보기의 그림과 연결해서 말해줄 수 있니?

그렇다면, 상현에서 하현까지 얼마나 걸리니?

구체적인 조사 자료의 분석은 응답 중, 예비교사와 교사들에 대한 연구(Dai & Capie, 1990)에서 조사된 어린 시절의 경험이 믿음화된 “지구의 그림자에 의한 가리기 이론(Occultation theory)”의 유무를 우선순위로 하였다. 달의 위상변화의 원인에 대한 질문<부록2, 물음2-4, 물음2-5>의 지필검사를 기준으로, 앞에 제시한 인터뷰의 첫 단계의 개별면담을 통하여 지구의 그림자가 달에 드리워져서 달의 위상변화를 설명하는가를 조사하였다. 다음에는 학교에서 습득한 지식들(가까운 위성의 공전, 달의 타원궤도)이 가리기 이론을 선택하는 데 어떻게 영향을 주는가를 조사하기 위해서, 인터뷰의 두 번째 단계에서 달의 위상변화를 지구의 그림자에 의한 지구를 가리기로 설명하는 응답자를 대상으로 왜 반드시 지구의 그림자는 달을 가리는가? 을 구체적으로 설명하라고 요구할 때 가능한 설명들이다.

또한 ‘반사면의 변화’는 상현과 하현사이의 시간을 설명하라는 변칙사항을 제시할 때 나타나는 현상으로 지구의 그림자의 가리는 면적으로 설명하지 않고 태

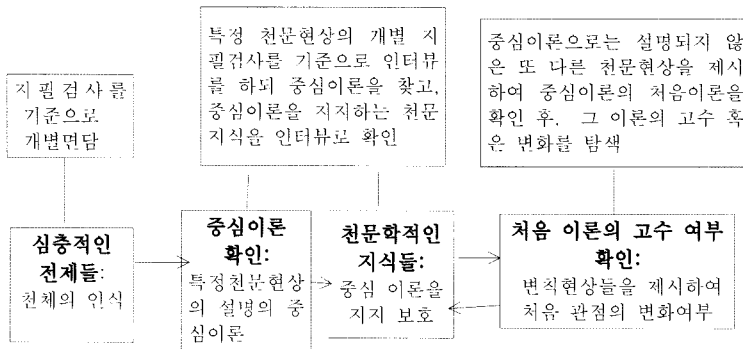


그림 5 하나의 정신모형의 구조를 분석하는 방법

양빛의 반사면의 변화로 전환되는 상황이 나타난다. 그러나 그러한 학생은 반사면의 실제로 변화하다고 설명하기 때문에 불완전한 설명으로 분류하였다. 인터뷰의 두 번째로 변칙사항을 제시할 때 나타나는 경우이다. 그러나 태양빛의 반사면은 일정하지만 우리가 보는 방향에 따라 반사면의 면적이 다르게 보인다고 설명하는 경우는 과학적 설명으로 분류하였다. 괄호는 처음에는 가리기 이론을 가지고 있었지만 두 번째 인터뷰 도중에 반사면의 변화로 바뀌었다는 것을 의미한다.

표 2는 핵심 믿음과 그것을 강화하는 요인들과, 학생들의 관점에서는 새로운 변칙사항인 상현과 하현사이의 시간을 설명하기 위한 것으로 반사면의 변화를 사용하되 우리가 볼 수 있는 반사면의 변화여부를 학년별로 조사하여 나타낸 것이다. 심층적인 전제들의 규제 하에, 그럴듯한 정신모형을 구성하는 기준이 바로 핵심믿음이라고 할 수 있다.

“상현과 하현사이의 거리가 거의 15일에 가까운데 어떻게 그 현상을 설명하는가? 라는 가리기 이론으로는 도저히 설명할 수 없는 변칙사항들을 제시하였을 때, 대부분의 학생들은 달의 공전궤도로 그러한 현상을 설명하고 있다. 다른 경우는 자신의 처음의 가리기 이론을 변경하여 반사면의 이론으로 바꾸는 경우도 있다. 아니면 자신의 가리기 이론을 의심하는 경우도 나타난다. 그 때 달의 위상변화를 설명하는 반사면의 변화가 태양을 먼 천체로 보아서 반사면은 변화가 없는데 우리가 볼 수 있는 반사면의 변화는 과학적 설명으로, 태양이 가까이에서 달을 비추기 때문에 실제로 반사면이 변화한다는 주장을 불완전한 설명으로 분류하였다

표 2의 정신모형의 종류에서 그러한 핵심 믿음을 나타내는 이론들의 고수와, 두 가지 이론들이 어느 일정한 시간 동안 혼재하는 전이단계를 구분하여 정신

모형으로 분류하여 표현하였다, 모든 숫자는 학생 수를 표현한다. 괄호의 수는 처음에는 나타났지만 대화 중 변칙사항을 제시하였을 때 없어졌다는 것을 나타낸다.

그림 5는 우리가 정신모형을 구성하는 요소들을 추출하는 방법을 표현하였으나 중심이론을 지지하는 천문지식과, 새로운 변칙사항을 제시했을 경우에 나타나는 응답들은 서로 영향을 주기 때문에 역동적인 관계이다. 그러나 중심이론을 형성하는데 영향을 주는 심층적인 전제들은 선형적인 관계이다. 그러한 관계를 화살표로 나타내었다.

IV. 연구 결과의 해석

학생들은 어른들 그리고 일상적인 경험으로부터 받은 정보를 일관성 있는 방법을 사용을 시도하는 나름대로 조리가 맞는 정신적인 모형으로 합성을 시도하는 것으로 나타났다. 우리는 예비 교사가 가지고 있는 정신모형의 핵심이 되는 이론과 그 이론의 발달정도에 따라서 정신모형의 종류를 구분하였다.

1. 천문 현상을 설명하는 정신모형의 유형과 특징

1) 천문 현상을 설명하는 정신모형의 유형

예비초등 교사들은 천문현상 중, 계절 변화와 위상변화 설명에 대한 어떤 일정한 패턴의 정신 모형의 구조와 유형들은?

계절변화 설명에 대한 예비초등 교사들의 정신모형의 유형과 특징

표 1에서 태양을 천체 혹은 가까운 열원인 “전등이론”, 전등이론이 발전한 “거리이론”이 정신모형을 구분하는 기준임을 알 수 있다. 처음에 과장된 타원공전궤도로 근일점을 여름으로 위치시킨 상황에서 거리

표 1
예비초등 교사들의 정신모형의 구조와 유형들: 계절의 변화

(괄호는 처음 관점의 변화)

틀 이론		특정 이론 (믿음들 혹은 가설들)														
심층적인 전제들 (Entrenched presuppositions)		핵심 믿음 (Core beliefs)		핵심믿음(거리 이론)을 강화하는 요인들						변칙 현상들 제시: 지구자전축의 경사에 의한 낮의 길이와 남중고도의 변화						
정신모형을 구성하는 전제와 믿음 혹은 이론들 (정신모형의 분류, 설명, 일관성의 근거)				타원 공전궤도		자전축의 경사		등근 지구 모양		불완전		완전함				
합성 모형	태양의 인식	1년 (25)	2년 (25)	거리 이론	공전궤도 모양 측면 형	1년	2년	1년	2년	1년	2년	1년	2년	1년	2년	
	전등	1	5			0	0	1	5	0	0	1	5	0	0	0
천체	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	
과도 기 모형	전등	9	11	과장된 케플러 운동 (근일점: 여름)	9	11	0	0	0	0	5	9	4	2	2	
	전등	3	4		1	(1)	(1)	0	0	0	0	0	1	3	3	3
과학적 모형	전등	1	0	거리이론의 일시정지	과장된 케플러 운동 (근일점: 겨울)	0	0	(1)	0	0	0	1	0	0	0	
	천체	6	2			0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2
과학적 모형		천체	2	1	빛의 경사이론	거의 원운동	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
분류되지 못함		2		1	특정한 이론 없이 기반으로만 계절을 설명함											

이론을 가지고 있었으나, 후에 다시 경사이론으로 바꾸는 사례가 나타난다. 두 가지 이론이 상황에 따라 나타나는 복잡한 상황이다. 그들(1년의 25명중 3명, 2년의 25명중 3명)은 자전축의 경사로 정확하게 남중고도와 낮의 길이를 설명하고 있다.

또한, 처음에는 과장된 타원궤도를 가지고 있으며 근일점을 겨울이라고 했으나, 표면상으로는 빛의 경사로만 계절변화를 설명하기 때문에 거리 이론이 제한 혹은 일시 정지(suspension)되어 있으며 논리적으로 불완전하여 설명의 일관성이 없었다. 대부분(1년 25명중 6명, 2년 25명중 2명), 먼 천체라는 개념을 가지고 있는 예비교사들이다. 그렇기 때문에 우리는 ‘과도가 합성모형 정신모형’으로 분류하였다. 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.

정신모형에서 과도기를 제외한 합성 정신모형은 어린 시절에 형성된 개념이 현재 정신모형의 중심을 이루고 있음을 알 수 있다. 그 개정은 단순한 추가 혹은 약한 개정임을 보여준다. 처음에는 과장된 타원궤도상

에서 근일점을 여름으로 했으나, 북반구의 여름과 남반구의 여름은 동시에 발생하지 않는다는 변칙사항을 제시했을 때, 다시 지구 자전축의 경사로도 설명하였으나, 거리 이론을 약화시키지 않았기 때문이다. 대부분이 가지고 있는 합성모형(1년은 25명중 11명, 2년은 25명중 17명)으로 일관성은 있으나 과학적 모형보다는 일관성이 낮다고 할 수 있다. 이는 학년이 증가할수록 크게 나타난다. 혼합형으로 분류한 것은 계절의 변화를 1차적인 원인인 천문현상으로 설명하지 않고 기반으로, 혹은 남중고도의 변화로 설명하고 있다.

모든 표의 수는 응답자의 수를 나타내며 “0”의 수는 그러한 응답을 하지 않은 경우와 응답할 인원이 없다는 것을 나타낸다. 괄호의 수는 처음에는 그러한 관점을 가졌으나 인터뷰과정에서 관점의 변화가 있다는 것이다.

달의 위상변화 설명에 대한 예비초등 교사들의 정신모형의 유형과 특징

처음에 가리기 이론을 가지고 있으나, 생각에 반하는 현상을 제시하면 표면상으로는 달의 반사면 변화로 설명하지만, 그 설명은 불완전한 설명으로 일관성

표 2

예비 초등교사의 정신모형의 구조와 유형들: 달의 위상변화

(괄호는 처음 관점의 변화)

	틀 이론 (Framework theory)			특정이론 (Specific theories)							
	심층적인 전제들 (entrenched presuppositions)		핵심 믿음 (Core belief)	가정과 믿음들(propositions or beliefs)							
	정신 모형을 구성하는 전제와 믿음 혹은 이론들 (정신모형의 분류, 설명, 일관성의 근거)			핵심 믿음(가리기 이론)의 강화 요인들				변칙 현상들 제시: 반사면의 변화			
	태양 인식	달의 인식		달의 공전에 의한 월식		달의 타원공전 궤도, 혹은 근접한 위성		불완전한 설명		과학적 개념	
합성모형	태양 인식 < 1년 - 22명 > 달의 인식 — 2년 - 21명 >			1년	2년	1년	2년	1년	2년	1년	2년
	가까운 열원	가까운 위성	가리기 이론	8	6	3	1	0	0	0	0
과도기 모형	가까운 물체와 먼 천체라는 믿음의 혼재	가까운 위성 천체인 먼 위성	가리기 이론에서 완전한 반사면 이론으로 전이 단계	(2)	(2)	0	0	2	2	0	0
과학적 모형	천체로서 열원	천체인 먼 위성	불 수 있는 반사면의 변화	(3)	(4)	0	0	0	0	2	0
혼합형	1년 (0), 2년 (4)										

이 결여되어있다. 가리기 효과는 제한 혹은 일시 정지 (suspension)되어 있다고 할 수 있다. 일종의 과도기, 혹은 전이과정의 모형이라고 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 2는 태양의 인식여부에 따라 달의 인식여부, 즉 태양의 “전등이론”과 달의 “가까운 반사체 이론”이 발달하여 “가리기 이론”이 정신모형을 분류하는 기준임을 알 수 있다. 정신모형에서 과도기를 제외한 합성 정신모형은 어린 시절에 형성된 개념이 현재 의 합성 정신모형의 중심을 이루고 있음을 알 수 있다. 그 개념은 단순한 추가 혹은 약한 개정임을 보여준다.

2. 천문 현상에 대한 정신모형의 재구성

설명적인 정신모형들은 어떻게 발달하는가? 설명적 일관성은?

Vosniadou(1994)의 소위 틀 이론을 특정 영역에 맞게 조직하여 대안 개념의 구조를 재구성하였다. 틀 이론은 Vosniadou의 의견을 그대로 받아들였고, 특정 이론은 우리가 조사한 내용을 기준으로, 또한 정신모형은 틀 이론과 특정이론에 따라 재구성한 것이다. 그렇게 하여, 이러한 틀 이론을 통하여 예비교사들이 가지고 있는 천문현상을 최선으로 설명하는 설명 틀인 정신모형을 확인하였다. 또한 설명적 일관성은 어떻게

나타나는지를 재구성하였다.

1) 학생들의 정신모형을 재구성 하는 기준들

이론적 틀의 구성: 천문현상에 대한 예비교사의 최초의 정신 모형

틀 이론(entrenched belief: 다른 신념들 망에 깊이 내재되어 있는 것)

존재론적 신념들: 물리 세계에 대한 기초적인 범주들과 성격들에 대한 신념들

1. 연속성(물체는 계속 존재하고, 연결된 통로로 움직인다).
2. 단단함(물체는 공간에 홀로 자리 잡고 있다. 즉 두 물체 중 어느 부분도 시간과 공간상에서 동시에 존재할 수 없다).
3. 어떤 거리가 떨어지면, 어떤 영향도 없다(물체들이 시공간에서 만날 수 없다면, 독립 적으로 행동한다).
4. 중력(물체들은 지지 되지 않는다면 아래로 움직인다).
5. 관성(물체들은 방해물이 없으면 그들의 운동을 바꾸지 않는다).

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

1. 어떤 것이든 우리의 감각들을 통해서 느꼈을 때만 존재한다.
2. 현상은 설명되어지되, 일상적인 메커니즘으로

주어져야한다.

특정 이론: 틀 이론에 통제를 받는다.

문화적인 맥락에서 관측사항들과 습득한 지식들

1. 태양도 전동, 난로, 등과 같이 직접 열을 내는 1차적인 광원으로, 달은 반사된 빛을 보내는 2차적인 광원이다.
2. 태양은 언제나 정지되어 있고 모든 행성들은 그 둘레를 공전하고 각각의 위성들이 그 가까게 주위를 공전한다.
3. 지구는 자전축이 공전궤도면에 기울어져있고, 지구도 다른 행성처럼 타원 공전 궤도를 공전한다.

관계되는 믿음들: 문화적인 맥락에서 관측된 사항과 습득된 지식에 의하여 유도

1. 케플러 법칙에 의한 지구가 타원공전 궤도에 의해 지구와 태양사이의 거리가 변화하여 우리가 받는 에너지가 변화한다.
2. 지구 주위를 가까게 공전하기 때문에 지구의 그림자 속으로 달이 들어간다.
3. 달은 태양처럼 둥근 모양을 가지나, 지구주위를 공전하기 때문에 태양과 지구의 영향으로 모습이 변화한다.

정신 모형: 계절변화와 달의 위상변화를 설명하는 메커니즘

1. 지구의 타원공전 운동에 의하여 태양이 가까워질 때, 남중고도가 높아지고 낮의 길이가 길어져서 따뜻해지고, 태양이 멀어질 때, 남중고도가 낮아지고, 밤의 길이가 길어져서 추워진다.
2. 태양 쪽으로 북반구가 기울어지면 남중고도가 높아진다. 태양 쪽에서 멀어지는 쪽으로 북반구가 기울어지면 남중고도가 낮아진다.
3. 지구의 그림자, 혹은 태양에 의하여 달의 위상은 변화하나, 다시 태양과 같이 원의 모양으로 변화한다.
4. 달의 위상변화에서 보이지 않는 부분은 밝게 보이는 부분에 비해서 빛이 희미하고 멀어서 보이지 않는다.

우리는 천문 현상을 이해하는 데 결정적인 역할의 광학분야에서 학생들이 어려움을 느끼는 것은 구체적인 지식의 부족이라기보다는 학생들은 지구의 곡률을 무시하고 발산하는 방법으로 지구에 떨어지는 광선을 상상한다는 것이다. 즉, 천문 현상을 설명할 때, 우리

가 느낄 수 있는 가까운 거리에 있는 따뜻한 성질을 가지는 광원이라는 내용이 틀 이론의 중심이라고 할 수 있다. 또한 Spelke(1991)의 연속성의 이론에 따라서, 잠시 가리다고 거리가 다르다 하더라도 변화하지 않는다는 중심원리가 예비교사의 중심으로 남아있다고 할 수 있다.

설명적 일관성: 정합성의 하나의 중요한 요소로 일관성은 인식론적인 확신근거의 한 형태로서 (Posner et al., 1982), 개념간의 내적 논리성을 보여준다. 학생들은 기존의 개념을 조직하고 이를 타당 화하는 과정에서 설명 일관성의 양상을 나타낸다. 이 때 설명 일관성은 과학적 개념의 논리성을 의미하는 것이 아니라 학생들 나름대로의 일관성을 뜻한다 (Watson et al., 1997, p.426).

1. 많은 학생들은 자신의 설명에 대한 이론적 근거(an underlying rationnaire)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.

2) 학생들의 정신모형을 재구성

오 개념이 왜 생기고 과학적 개념이 왜 학습하기 어려운가를 설명하기 위해서는 초기의 개념구조가 비교적 잘 설명되는 일관성이 있고, 체계적인 설명체계(일상세계에서 비교적 잘 작동되어서, 오히려 변화되기 어려운)를 형성하는 서로 밀접한 관계가 있는 관측과 믿음과 전제들이라는 하나의 체계에 의하여 지지된다는 것을 인정해야만 한다.

계절변화에 대한 예비 초등교사의 정신모형을 재구성 이론적인 틀의 재구성: 일반적인 합성적인 정신모형

이론적인 틀의 인지 구조이론은 두 수준들(특정이론과 틀 이론 수준)로 둘러싸여 있다. 틀 이론의 수준에서 개정은 강한 개정, 특정이론 수준의 개정은 약한 개정, 단순히 특정이론의 풍부(축적)는 추가로 나누어질 수 있다. 우리가 찾는 것은 개념 변화 중 가장 간단한 형태는, 첨가(accretion)이라는 메커니즘을 통해서 기존의 이론적인 틀에 새로운 정보를 단순히 추가함으로써 기존 개념구조의 살찌우기(enrichment)라고 할 수 있는 최초의 정신모형이다.

처음 국면. 어린 시절 태양을 하나의 “천체가 아닌

가까운 물체인 열원(전등 이론)”으로 지구보다 뜨거운 성질을 가지고 있을 뿐만 아니라 연속성의 원칙에 따라 그대로 존속하며 거리만 변화할 뿐만 아니라 연속적인 경로를 가고 있다는 사고이다.Mental Model의 종류의 수를 한정시킬 뿐만 아니라 과학적 모델로 변화하기 어려워지는 결정적인 역할을 한다.

두 번째 국면. 마음깊이 새겨진 위의 틀 이론에 통제되어진 소위 특정이론으로 문화적인 맥락에서 태양에너지의 세기가 변화된다는 관측적인 사실과 연속성의 원칙에 따라 열원을 에너지는 단순히 거리에만 영향을 준다는 소위 “거리이론”으로 발전한다. 그 거리이론에 잘 맞는 케플러 법칙이 더해져서, 거리 이론은 자신의 믿음이 되어 소위 Lakatos의 견고한 핵을 구성한다고 할 수 있다.

세 번째 국면. 현상은 반드시 설명되기 위해서는 남중고도와 낮의 길이 변화는 지구 자전축의 경사가 고정된 채로 공전과 자전을 해야 한다는 것이다. 그러나 이러한 특정이론은 위의 “전등이론과 거리이론”에 제한을 받기 때문에 단위 면적당 받는 에너지 보다는 열원인 태양 에너지를 지구 전체가 많이 받는다는 사실이기 때문에 아직은 불안정한 과학적 개념을 추가하여 일종의 합성모델을 형성한다. 소위 Lakatos의 보호대로 작용한다. 그러나 위의 타원공전궤도(고교과정의 물리2, 지구과학2) 보다는 먼저 습득한 과학적 개념(초등학교 6-2)인 태양빛의 경사이론은 전등이론과는 다르기 때문에 습득하기 어렵고, 시험용으로 암기하기 때문에 쉽게 잊는다. Kikas(1998a)에 따르면, 실제로 고등학교에서 수업과정의 실제적인 부분으로 테스트를 하는 것은 단순히 암기하는 과학의 내용이 되었다고 하였다.

우리가 제한한 믿음과 전제는 비교적 쉽게 변할 수 있는 피상적 관찰에 기초한 “믿음들” 과, 더 변화하기 어렵고 더 깊이 있게 구성된 “깊이 새겨진 전제” 사이를 구분한다. 즉, 다양한 믿음들과 전제들은 서로 다른 깊이의 정도가 다르다.

우리는 아이들의 우주관의 개념발달에 영향을 주는 최소한도의 두 가지 차원의 제한 조건들이 나타난다고 가정하였다. 첫 번째 차원의 제한조건들은 물체의 본성에 대한 내재적인 가정들로부터 온다. 그것들은 선천적일 수도 있고, 습득되어질 수도 있다, 그러나 현재 아이들에서 나타난다는 것이다. 이러한 제한 조건들은 다양한 우주의 존재들에 관하여 구성되어질 수 있는 정신적인 모델의 종류를 제한을 한다는 것이다.

그러나 일단 구성되어진다면, 지구와 같이 특정한 천체의 표현은 개념변화에 있어서 제 2차적 제한조건

의 근원이 된다. 하나의 특정 이론은 물질의 특성과 행동을 기술하는 일련의 내적으로 연관된 제안들, 믿음으로 구성되어 있다. 이러한 특정이론은 틀 이론의 통제 하에서 문화적 맥락에 근거하여 관찰한 것을 설명하거나 정보를 표현할 때 생성 되어진다(Vosniadou & Brewer, 1992). 우리의 재구성에 의하여 최선의 설명이라고 할 수 있는 설명 틀을 가정할 수 있다. 계절변화에 대한 대안 개념의 구조를 이러한 제안에 적용한다면 다음과 같다. 제 1차적인 제안조건인 틀 이론이 존재론적이고 인식론적인 전제들과 문화적인 맥락 하에 학생들이 가지고 있다는 가정들이다. 예를 들면 가까운 방사하는 1차적인 열원(전등이론)으로 이라는 존재론적인 기본 가정과 “어떤 물체가 존재하는가는 단지 감각(거리이론)을 통해서만 알 수 있다”라는 인식론적인 기본 가정이 존재함을 알 수 있다. 또한 문화적인 맥락에서 습득되어진 우주관인데 그 것은 소위 과장된 케플러 태양계 모형이다. 이것이 2차적 제한조건으로 작용한다고 가정할 수 있다.

설명적 일관성에 의한 재구성:

첫째, 일반적인 정신모형의 설명적 일관성: 예비초등 교사들이 계절변화를 설명하는 과정을 인터뷰를 통해서 가장 빈도가 높은 사항들로 재구성하여 다음과 같이 정리하였다. 질문의 내용은 어떻게 예비교사 자신이 가지고 있는 정신모형의 틀 이론과 믿음을 보호하려고 시도하는가에 주요한 초점을 두었다. 다음은 명백한 타원궤도를 선택 후 근일점에 여름을 위치시킨 예비교사들과의 인터뷰이다.

- 연구자: 왜 추운 겨울에서 무더운 여름으로 변화하는 지요?
- 응답자: 음... 태양의 에너지가 변하기 때문에 가까우면 여름이 되겠네요.
- 연구자: 그렇다면, 학생의 설문지에서 이러한 지구의 공전궤도에 계절별 지구의 위치를 이러한 계절 변화가 일어나는 원인과 연결해서 설명할 수 있습니까?
- 응답자: 아무래도 태양과 가까운 거리에서 있으면, 여름 먼 거리에 있으면 겨울이 되지 않겠어요? 그리고, 음.. 또한 이렇게 지구의 자전축이 기울어져 있기 때문이지요. 정확하게 알지는 못하지만, 지구의 자전축이 기울어져 있으면 거리가 변화하지요.
- 연구자: 학생은 어떤 이유로 명백한 타원공전궤도를 선택 했습니까?
- 응답자: 지구가 타원 궤도를 가지고 태양주위를 공전한다는 것은 당연 하지요
- 연구자: 그렇다면 북반구가 여름이면 남반구도 같은 계절인 여름이 됩니까?
- 응답자: (난감해 하지만...) 그것은 아니죠. (약간 화가 난 듯...) 전에 말씀드린 것처럼 자전축의 경사로 남반구는 태양으로부터 멀어서 다른 계절이죠.
- 연구자: 그렇다면, 왜 여름에 다른 계절에 비하여 남중고도가

높고 낮의 길이가 긴 이유를 설명할 수 있습니까?

응답자1: 그것은 자전축이 기울어져 있기 때문이라고 생각할니다.. 남중고도가 높으면 당연히 낮의 길이가 길지요. 또한 태양에너지가 지구로 많이 들어오지요

갈등상황에서도, 여전히 거리의 효과가 잔존함을 알 수 있다. 즉, 여름에는 북반구가 태양에 가까운 쪽으로 기울어져 있고, 겨울에는 태양과 먼 쪽으로 기울어져 있기 때문에 계절변화를 설명한다는 것이다. 결국 이 개념도 거리효과를 나타내서 자신의 이론적 근거를 가지고 있을 뿐만 아니라 지속적인 설명 일관성을 가지고 있었다.

어떤 질문에 대한 학생들이 자신의 응답을 일관성을 가지고 대안적인 설명을 하는지를 조사하였다. 이러한 3가지 가능성을 조사하였다(Watson *et. al.*, 1997, p. 426).

1. 많은 학생들은 자신의 설명에 대한 이론적 근거를 가지고 있다.

태양과 지구사이의 거리변화에 의한 거리 이론

2. 그 이론적 근거는 부분적으로 제한된 범위를 갖는다는 점에서 비과학적이지만, 학생들은 자신의 용어를 일관적으로 사용하여 개념을 설명을 한다.

지구의 타원공전궤도와 자전축의 경사를 보조가설을 사용하여 설명

3. 학생들은 한 이론으로부터 또 다른 이론을 받아들이는 전이 상태(a state of transition)에 있을 수 있다: **아직은 다른 이론을 받아들이지 않고 있다.**

둘째, 전이 상태에 있는 과도기적인 정신 모형의 일관성: Laburu & Niaz (2002)은 학생들과 상호작용을 통해서 자신들의 견고한 핵에 일종의 발전적인 과도기를 반영하는 정도에 따라, 대안 모형(Alternative Model), 과도기 모형(Transitional Model), 그리고 과학적 모형(Scientific Model)으로 분류하였다. 학생들은 일반적으로 그들의 개념의 이해를 위한 변화에 저항한다. 어떤 학생들은 자신들의 신념의 견고한 핵에 의문을 제기해서, 하나의 과도기적인 모형(Transitory Model)을 구축한다. 우리는 그 단계에 해당하는 개념이 있다고 주장한다.

지구는 확장된 타원궤도로 공전하면서, 태양에 가까운 경우에는 오히려 겨울이라는 내용을 암기했을 뿐, 그러한 효과를 설명할 수는 없고, 그러나 태양의 남중고도와 낮의 길이의 변화는 선언적인 지식으로 전에 학습한 지구의 자전축의 경사로 설명하려는 복잡한 설명 체계를 가지고 있었다. 그러나 거리 이론은

나타나지 않으나 특정이론에서 중요한 위치를 차지하는 이심률이 큰 타원인 공전궤도를 가진다는 믿음에는 아직은 변화가 없기 때문에, 거리 이론이 잠재되어 있다고 할 수 있다. 자신의 믿음에 의문을 가지는 단계이다. 그러한 인터뷰는 다음과 같다.

연구자: 학생은 어떤 이유로 명백한 지구의 타원공전궤도를 선택 했습니까?

응답자2: 지구의 공전궤도의 선택은 당연히 타원궤도죠. 모든 행성의 공전 궤도는 타원궤도가 아닐까요?

연구자: 그 궤도에 계절별로 지구의 위치를 나타낸 이유를 계절 변화가 일어나는 원인을 설명할 수 있습니까? 또한, 명백한 타원 궤도인데 어떤 이유로 가까운 곳에 겨울입니까?

응답자2: 가까운 경우는 겨울이고 먼 곳에 위치할 때는 여름이라는 사실은 전부터 알고 있었습니다. 그러나 그 이유는 정확하게 잘 모르겠습니다.

연구자: 그렇다면, 왜 여름에 다른 계절에 비하여 남중고도가 높고 한낮의 길이가 긴 이유를 설명할 수 있습니까?

응답자2: (자신 있게) 지구의 자전축이 바로 서있지 않고 경사져 있다고 그냥 알고 있죠. 지금 생각하니 그것으로 인하여 남중고도가 변하는 효과가 있어서 받는 에너지의 변화라고 전에 배운 것 같습니다. 음.....음. 아마도 계절의 변화는 지구의 타원궤도 영향보다도 자전축의 경사라는 생각이 들지만...어렵군요.

이 응답은 자신의 이론적 근거를 갈등상황에서 전환되는 전이 상태를 나타내는 설명의 비밀관성을 나타내고 있었다. 그렇기 때문에 우리는 거리 이론을 일시 정지라는 정신모형으로 분류하였다.

연구자: 학생은 어떤 이유로 지구의 타원공전궤도를 선택 했습니까?

응답자1: 제가 알기로는 음....., 지구가 타원 궤도를 가지고 태양주위를 공전한다는 것은 당연 하지 않을까요?

연구자: 그래요 그렇다면 그러한 타원궤도에 계절별로 계절 변화를 설명할 수 있습니까?

응답자3: 아무래도 태양과 가까운 거리에서 있으면 여름, 먼 거리에 있으면 겨울이 되지 않겠어요?

연구자: 그래, 그렇다면 북반구가 여름이면 남반구도 여름이 되지 않을까?

응답자3: (머뭇거리다) 그건 그렇죠. 음음 (생각하다) 맞아 전에 배운 것이 생각난다. 가까이 때 오히려 겨울이라고!! (대단한 발견을 한 듯) 거리로는 안 된다.

연구자: 그래 그렇다면, 왜 여름에 다른 계절에 비하여 남중고도가 높고 낮의 길이가 긴 이유를 설명할 수 있습니까?

응답자3: 그것은 자전축이 기울어져 있기 때문이라고 생각합니다. 남중고도가 높으면 당연히 낮의 길이가 길지요. 그리고 음. 또한 이렇게 지구의 자전축이 기울어져 있기 때문 이지요. 정확하게 알지는 못하지만, 계절의 변화는 지구의 자전축이 기울어져 있다는 것이 생각나는군요.

연구자: 남중고도가 높으면 지표면에 어떤 영향을 줍니까?
 응답자3: 태양빛이 바로 위에서 비추니 강해져서 지표면의 온도가 올라갑니다.
 연구자: 어떻게 강해집니까?
 응답자3: (잠시 머뭇거림)..... 아무래도 태양이 강해지겠지요. 교수님 거리가 아니고 자전축의 경사로만 설명이 되네요.

과학의 세계와 매일의 실세계(Life world)에서 효과적으로 대처하기 위해서 학생들은 두 가지의 세계를 구분하는 것을 학습한다. 더 나은 학생들은 이러한 두 가지 영역을 더 잘 알고 있으며 적당한 시기에 과학적 세계로 전환하는 것을 더 잘 알고 있다. 학습자는 같은 용어를 쓰면서도 그 용어에 대해서 두 가지 분리된 지식체계를 가지고 있다는 것을 보여준다.

어떤 질문에 대한 학생들이 자신의 응답을 일관성을 가지고 대안적인 설명을 하는지를 조사하였다. 이러한 3가지 가능성을 조사하였다(Watson *et al.*, 1997, p. 426):

1. 많은 학생들은 자신의 설명에 대한 이론적 근거를 가지고 있다:
처음에는 거리이론, 나중에는 경사이론으로 혼재
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:
불완전하지만 다른 이론을 받아들이는 전이 상태가 가능하다.

달의 위상변화에 대한 예비 초등교사의 합성 정신모형의 재구성

하나의 이론적 틀의 재구성: 일반적인 합성적인 정신모형

이론적인 틀의 의 인지 구조이론은 두 수준들로 둘러싸여 있다. 틀 이론의 수준에서 개정은 강한 개정, 특정이론 수준의 개정은 약한 개정, 단순히 특정이론의 풍부(축척)는 추가로 나누어질 수 있다. 개념 변화 중 가장 간단한 형태는, 첨가라는 메커니즘을 통해서 기존의 이론적인 틀에 새로운 정보를 단순히 추가함으로써 기존 개념구조의 살찌우기라고 할 수 있다. 그러한 최초의 정신모형을 우리는 찾는 것이다.

가까운 반사체라는 생각을 가진 예비교사들 중 반사면의 가리기 이론을 가짐

처음 국면: 어린 시절 달을 하나의 천체가 아닌 물체인 열원으로 태양보다 차갑지만 따듯한 성질을 가

지고 있을 뿐만 아니라 모습은 변하지만 등그런 모양을 지향하고 연속성(continuity)의 핵심원칙에 따라 등그런 원래의 모습을 가지고 있다는 관점을 마음 깊이 무의식속에 간직하고 있다.

Spelke와 그의 동료들(Spelke, *et al.*, 1995)은 탄생부터, 유아들은 연속성(continuity)이라는 하나의 핵심원칙(a core principle)에 따라 물리적 사건을 해석한다고 제안하여왔다. 연속성(continuity)이라는 것은 사물이 시간과 공간에 계속해서 존재한다는 것을 말한다. 이 원칙은 많은 당연한 결과들을 가지고 있다. 예를 들면, 정지되어 있는 물체는 보이든 가려있든지, 시간에 계속해서 존재한다는 것이다. 움직이는 사물은 그것이 보이든 가려져 있든지, 공간적으로 연속적인 경로에 따라 여행을 하고, 두개의 사물은 보이든 감추어져 있든지, 정지 혹은 움직이든지, 동일한 시간에 동일한 공간을 차지 할 수 없다는 것이다. 한 사물이 다른 사물의 앞에서 움직이면 더 가까운 사물이 더 멀리 있는 사물의 일부분을 가리게 되는데 이를 가리기(Occlusion) 단서라고 한다. 이러한 단서를 영아들은 생후 3개월 동안에 사용하게 되는 것으로 보인다(Banks, 1980).

두 번째 국면, 마음깊이 새겨진 위의 틀 이론과 그 틀 이론에 통제되어진 소위 특정이론으로 문화적인 맥락에서 달의 크기가 변화된다는 관측적인 사실과 연속성 이론이 “가리기 이론”으로 발전한다. 그 가리기 이론에 잘 맞는 달의 월식현상의 도움을 받아서 자신의 믿음이 되어 특정이론의 견고한 핵을 구성한다고 할 수 있다.

세 번째 국면, 현상은 반드시 설명되기 위해서는 달의 모양이 어떻게 규칙적으로 변화하는가를 과학적 설명이라기보다는 자기 관점으로 설명해야 한다는 것이다. 그러나 이러한 특정이론도 위의 틀 이론에 제한을 받기 때문에 달의 타원공전궤도로 달의 공전속도에 약간의 변화를 주어 설명하려한다. 즉, 전에 습득한 개념을 추가하여 일종의 합성모델을 형성한다.

달의 설명에 대한 정신모형의 형성을 재구성하면, 다음과 같은 최선의 설명 틀이 있다고 가정할 수 있다. 제 1차적인 제한으로 “가까운 등그런 모양의 반사체 이론”과 “가리기이론”의 통제를 받기 때문에, 실제로 반사면의 면적은 변화 없는데 우리가 볼 수 있는 부분의 반사면의 변화라는 설명은 습득하기 어렵고, 시험용으로 암기하기 때문에 쉽게 잊는다. 이미, 달은 태양빛을 반사시키는 반사체라는 것은 습득되었기 때문에 가리기이론을 반사체의 실제적인 면적의 변화로만 보아서 지구의 그림자가 그 역할을 하는 것이다. 이것이 2차적인 제한이다.

설명적 일관성의 고찰에 의한 재구성:

첫째, 일반적인 합성 정신모형의 설명적 일관성:

예비 초등 교사들이 달의 위상변화를 설명하는 과정을 인터뷰를 통해서 가장 빈도가 높은 사항들로 재구성하여 다음과 같이 정리하였다. 질문의 내용은 어떻게 예비교사 자신이 가지고 있는 정신모형의 틀 이론과 믿음을 보호하려고 시도하는가에 주요한 초점을 두었다. 다음은 가까운 반사체라는 생각을 가진 예비교사들 중 반사면의 가리기 이론을 가진 예비교사들과의 인터뷰이다.

- 연구자: 달의 모습이 한 달을 주기로 규칙적으로 변하지?
- 학생1: 아무래도 지구의 그림자에 의한 영향이지 않을까요?
- 연구자: 너의 설문지에서 달의 위상들을 가장 잘 설명하는 그림 중에서 학생이 선택한 것은 S-A와 같은 지구의 그림자가 달에 비추어질 때 달의 위상이 변화된다고 했는데, 학생의 생각을 다시 한 번 설명해 줄 수 있니?
- 학생1: 좋아요, 달의 모양이 변화하기 위해서는 지구의 그림자가 달에 비추어져야 되는 것 아닙니까?
- 연구자: 구체적으로 지구의 모형과 달의 모형, 그리고 달의 모형으로 설명하지?
- 학생1: 예, 달이 지구주위를 공전해서 지구의 그림자에 들어가 반사되는 면적이 다르기 때문입니다.
- 연구자: 그렇다면, 지구의 그림자가 달에 비추어지지 않을 때는 언제나 보름달이겠네? 지구가 아주 작다고 가정해서 그림자를 만들 수 없다면...
- 학생1: (잠시 생각하다)..... (머뭇거리면서)그렇다고 봐야겠죠?
- 연구자: 우리가 보이는 반달의 모양은 중국에서도 같은 모양으로 보이니?
- 학생1: 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?
- 학생1: (머뭇거리며)글쎄요.....
- 연구자: 그러면 달도 지구처럼 타원체도로 공전하는 것이라 생각하면 되겠네?
- 학생1: (대단한 생각이듯이) 그렇게 밖에 설명이 안 되는데요.

어떤 질문에 대한 학생들이 자신의 응답을 일관성을 가지고 대안적인 설명을 하는지를 조사하였다. 이러한 3가지 가능성(Watson et. al., 1997, P.426)이 어떻게 표현되는가?

1. 많은 학생들은 자신의 설명에 대한 이론적 근거를 가지고 있다:
지구의 그림자에 의한 가리기 이론
2. 그 이론적 근거는 부분적으로 제한된 범위를 갖는다는 점에서 비과학적이지만, 학생들은 자신의 용어를 일관적으로 사용하여 개념을 설명을 한

다: 상현에서 하현까지의 시간이 너무 짧다. 그러나 달의 타원공전체도로 설명하려한다.

3. 학생들은 한 이론으로부터 또 다른 이론을 받아들이는 전이 상태(a state of transition)에 있을 수 있다: **아직은 다른 이론을 받아들이지 않고 있다.**

둘째, 전이 상태에 있는 과도기적인 정신 모형의 설명적 일관성

- 연구자: 너의 설문지에서 달의 위상들을 설명하는 그림 중에서 학생이 선택한 것은 S-B 를 선택한 후 태양으로부터 받는 빛의 반사부분의 면적에 따라 달의 위상이 변 화 된다고 했는데, 학생의 생각을 다시 한 번 설명해 줄 수 있니?
- 학생2: 좋아요, 달의 모양이 변화하기 위해서는 달이 태양으로부터 받는 반사면의 면적에 따라서 모습이 바뀐다고 생각합니다.
- 연구자: 우리나라에서 보는 반달의 모양은 중국에서는 다른 모양으로 보이니?
- 학생2: (음음.....) 지구가 둥글고 넓기 때문에 다르게 보이지 않을까요?
- 연구자: 그렇다면, 태양을 밤에 비추는 전등으로 생각한 것이 아니니? 왜냐하면, 비추는 면적이 다르다는 생각은.....?
- 학생2: (잠시 생각하다)....., 그렇다고 봐야겠죠?
- 연구자: 너의 생각으로 판단하면, 반달은 보이는 면의 반만 비추고 보름달은 보이는 면의 전부를 비추는 것이 아니니?
- 학생2: (대단히 기뻐하며)맞아요!
- 연구자: 좋아, 태양은 언제나 달의 반 구면을 비추다고 생각하지 않니?
- 학생2: (머뭇거리며)글쎄요....., 그런 것 같기도 하고?
- 연구자: 그러면 달을 태양이 비추는 면이 다르다는 생각은 무엇일까요?
- 학생2: (울컥리며 쳐다보며) 교수님 우리가 교과서에서 그렇게 배우지 않았나요. 반사된 면을 바라보는 것이 달의 모습이라고... 전 제가 설명할 수는 없지만 그렇게 알고 있 는 것은 당연하지 않아요?

개념변화의 중요성은 개념변화 또한 맥락과 관련되어 있다는 것이다. 종종 학습자들은 한 맥락에서 과학적 개념을 받아들일지도 모른다, 그 후, 학생들은 한 맥락에서 다른 맥락까지 과학적 개념과 초기 개념사에서 흔들릴지도 모른다. 위의 설명은 일관성이 없는 혼란기에 있다고 할 수 있다.

- 연구자: 너의 설문지에서 달의 위상들을 가장 잘 설명하는 그림 중에서 학생이 선택한 것은 S-A와 같은 지구의 그림자가 달에 비추어질 때 달의 위상이 변화된다고 했는데, 학생의 생각을 다시 한 번 설명해 줄 수 있니?
- 학생3: 좋아요, 달의 모양이 변화하기 위해서는 지구의 그림자가 달에 비추어져야 되는 것 아닙니까?
- 연구자: 구체적으로 지구의 모형과 달의 모형, 그리고 달의

모형으로 설명하지?

학생 3: 예, 달이 지구주위를 공전해서 지구의 그림자에 들어
가 반사되는 면적이 다르기 때문입니다.

연구자: 우리가 보이는 반달의 모양은 중국에서도 같은 모양
으로 보이니?

학생 3: 달의 모양은 지역마다 다를 것이다. 그림자가 드리워
지는 부분이 우리가 보이는 방향에 따라 다르기 때
문이다.

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

학생 3: (머뭇거리며)글쎄요..... 아아!! 생각난다. 교수님, 태
양빛의 반사면이 변화하기 때문에 달의 모습이 다르
죠?

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

학생 3: (대단한 것을 발견한 듯) 맞아요!

연구자: 학생은 태양을 밤에 달을 비추어주는 전등으로 보아
서 태양의 거리를 변화시켜준 것 아니니?

학생 3: (머뭇거리며) 그렇게 밖에 설명이 안 되는데, 그러나
전에 저는 반사면의 변화로 배운 것 확실합니다.
저..... 사실은 자신이 없어요.

인과적인 질문에 대한 학생들이 자신의 응답을 일
관성을 가지고 대안적인 설명을 하는지 3가지 가능성
을 조사하였다(Watson et. al., 1997, P.426).

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

V. 결론 및 제언

1. 결론

본 연구는 예비 초등 교사들의 계절 변화와 달의
위상변화에 대한 사고를 알아보기 위하여, 교육대학교
1, 2학년 각각 총50명(계절변화), 39명(달의 위상변
화)을 대상으로 조사한 결과를 비교·분석하였다. 또
한 Vosniadou(1994)가 주장한 틀 이론과 특징이론이
무엇인가 탐색하였다.

우리는 이러한 결과를 토대로 계절 변화와 달의 위

상변화를 설명하는 예비초등 교사들의 정신모형의 구
조와 생성근원을 알아보기 위하여 정신모형의 발달과
정을 재구성하였다.

첫째. 천문현상의 배경 지식이 될 수 있다고 할 수 있는 가까운 천체들을 학생들은 어떻게 인식하는가?

우리는 예비교사들이 천문 현상을 이해하는 데 결
정적인 역할의 광학분야에서 학생들이 어려움을 느끼
는 것은 구체적인 지식의 부족이라기보다는 큰 규모
의 크기와 그들과의 관계를 이해하는 것이 부족하기
때문이라고 주장한다. 우리의 연구에서 학생들은 지구
의 곡률을 무시하고, 천체에서 방출되는 빛을 하나의
전등처럼 사방으로 발산하는 방법으로 지구에 떨어지
는 태양광선을 상상하고 있었다.

결론적으로 태양을 인식하는 데는 천체가 아닌 가
까운 열원인 “전등 이론”이 주로 나타나고 있었다. 어
린 시절 달을 하나의 천체가 아닌 물체인 열원으로
태양보다 차갑지만 따뜻한 성질을 가지고 있을 뿐만
아니라 무엇인가 가려서 모습은 변하지만 둥그런 모
양을 지향하고 연속성의 핵심원칙에 따라 둥그런 원
래의 모습을 가지고 있었다. 즉 가까운 둥그런 지구의
위성인 “가까운 반사체 이론”을 가지고 있었다.

둘째. 천문현상 중, 계절변화와 달의 위상변화에 대 한 설명에서 학교에서 습득한 지식들과 어린 시절의 경험적인 지식들과 어떤 관련이 있는가?

계절변화의 배경지식이 되는 천문학적 개념을 알
아보기 위하여 제시한 각각의 항목 중에서, 가장 많은
비과학적 개념을 보인 항목은 “과장된(이심률이 큰)
타원 궤도를 나타내는 지구의 공전궤도가 가장 높은
비율을 차지했다. 그것은 ”전등 이론“이 발전한 ”거리
이론“을 강하게 지지 하기 때문이다.

달의 위상변화에 가장 많은 비과학적 개념을 보인
개념은 달의 위상변화를 달의 공전에 의한 월식현상
으로 설명한다는 것이다. 그것은 “가까운 위성인 반사
체 이론”에서 발전된 “가리기 이론”을 지지하는 내용
이다. 그러한 개념들은 예비 교사들이 가지고 있는 합
성 정신모형의 핵심 믿음들을 강하게 지지한다. 예비
교사들이 가지고 있는 천문현상의 합성 정신모형의
형성에 교실에서 습득한 지식들이 어린 시절의 경험
에 통제, 왜곡되어 매우 큰 영향을 주고 있다는 것을
알 수 있다.

셋째. 예비초등 교사들은 천문현상 중, 계절 변화와 위상변화 설명에 대한 어떤 일정한 패턴의 정신모형

의 구조를 유형들은 존재하는가?

학생들의 천문 현상 중 계절의 변화에 대한 오 개념을 연구한 국내의 논문들(정홍식, 2005, p.33)은 그러한 개념을 유형들을 탐색하였으나, 그러한 유형의 원인과 구조는 거의 탐색하지 않고 있다. 우리는 그러한 종류뿐만 아니라 원인과 구조를 밝히는 것이다. 또한 초중등학생들의 오 개념의 유형수보다 현저히 줄어드는 현상을 알 수 있었다. 그것은 채동현(1993)의 연구에서처럼 학년이 높을수록 오 개념은 줄어들고 그 유형의 수도 줄어든다는 것과 같은 맥을 가지고 있다고 할 수 있다.

결론적으로 예비교사들은 계절변화 설명으로 “전등이론”이 발전한 “거리 이론”을 강력히 지지하는 명백한 타원 궤도를 가지고 지구의 공전에 의한 태양에너지의 변화라는 믿음을 가지고 있었다. 천체라기보다는 가까운 열원의 거리 효과를 약화시키지 않은 채로 지구의 자전축이 기울어져서, 단순히 태양 광선의 거리뿐만 아니라 경사에 영향을 준다는 내용만 추가시켜서 계절의 변화를 설명하려는 경향이 나타나고 있다.

달의 위상변화에 대한 설명은 “가까운 반사체 이론”이 발전하여 “가리기 이론”은 잠시 가린다 하더라도 변화하지 않는다는 Spelke의 연속성의 원리가 예비교사의 중심으로 남아있다고 가정할 수 있다. 소위 특정이론으로 학교 수업에서 달의 공전에 의한 월식 현상이 가리기 이론을 강하게 지지하는 역할을 하고 있다는 것을 알 수 있다. 결국 심층적으로 어린 시절 형성되었던 생득적이고 경험적인 틀 이론을 중심으로 학교에서 잘못 전달된 비과학적 개념과 과학적 개념이 혼합된 합성 모형을 가진 정신모형의 구조를 가지고 있었다. 예비교사의 개념변화는 혁명적이기보다는 점진적이었다. “개념변화”보다 오히려 “개념 첨가”로서 과정을 고찰하는 것이 적절하다.

공통적으로 복수의 이론들이 나타나서 설명적 일관성이 부족하지만, 오히려 이론의 전이 혹은 과도기 단계가 두 천문현상을 설명하는 정신모형들이 나타나고 있다.

넷째, 설명적인 정신모형들은 어떻게 발달하는가? 또한 어떤 설명적 일관성을 나타내는가?

많은 수의 연구들은 오 개념의 유형을 조사하였으나 그 원인은 뚜렷하지 않다는 것을 보여주었다(정홍식, 2005; 김중옥, 2002). 하나의 사건을 설명하는 것은 마음속의 눈과 그것의 발생의 유래에 따라서 다시 재현하는 것이다. 이러한 것은 컴퓨터의 프로그램을 수행하는 유사한 과정으로부터 그 이름을 얻게 되는

과정처럼, 당면한 문제와 관련 있는 정신모형을 좀 더 분명히 평가하기 위해서 다시 수행해보는 것이다 (Ohlsson, 1999). 그러한 일환으로 우리가 제안한 틀 이론에 따라서 현재 주로 가지고 있는 정신모형의 발달을 재구성하여 보았다. 우리의 재구성에 의하여 가장 설명이 잘 되는 설명 틀(정신모형)이 존재한다는 것을 확인할 수 있었다. 제 1차적인 제안조건인 틀 이론인 존재론적이고 인식론적인 전제들과 문화적인 맥락 하에 학생들이 가지고 있다는 전제들인 “전등이론”, 그리고 “가까운 반사체 이론”이다. 또한 문화적인 맥락에서 습득되어진 우주관인데 그 것은 소위 “태양을 전등으로 간주된 거리이론”을 지지하는 과장된 케플러 운동과 “가까운 반사체를 가리기 이론”을 지지하는 “달의 월식현상”이다.

과학적 개념으로 가는 중간 단계에 있는 예비교사에게는 아직 믿음(이론)에는 변화가 없이 믿음에 의심을 가지는 과도기 단계를 가진다는 것을 발견할 수 있었다. 우리는 일관성이 낮은 정신모형을 중요하게 생각한다. 그 단계를 틀 이론의 전이 단계, 혹은 일시 정지 단계라고 하였다.

2. 제언 및 시사점

오 개념을 찾고, 그것에 따른 불일치 사건들을 제시하면 갑자기 통찰력이 생긴다는 사고는 학생들을 너무 이성적인 사고의 소유자라는 좁은 관점이라고 연구자는 생각한다. 학생들의 일상적인 경험을 통해서 자기류의 해석을 하는 최초의 정신모형이 끊임없이 경험들과 학습들을 통해서 풍부해지고(enriched), 재구축(restructured) 되어지는 점차적인 과정으로 보아야 한다고 할 수 있다. 불일치 사건을 해결하는 과정에서 새로운 이론을 받아들인다는 관점보다는 구체적인 지식인 불일치 사건보다는 이 과정동안 자신들이 이미 가지고 있는 기존의 심층적인 전제들과 믿음들을 인식하도록 도와주는 것이 더 중요하다.

학생들은 자신들의 이론을 분명하게 인식하고 그것을 밖으로 드러낼 수 없기 때문에, 현재 그들이 가지고 있는 정신모형을 재현하여 보여주어야 한다. 이러한 과정을 거치지 않으면 자신도 모르게 두 이론을 동시에 가지고 있을 수 있기 때문이다. 역사적으로 지구중심설과 태양중심설이 공존하고 있었던 시기와 같다고 할 수 있다. 이 과정동안 자신들이 이미 가지고 있는 기존의 전제들과 믿음들을 인식하도록 도와주어야 한다. 결국 더 좋은 적절한 설명을 가진 더 큰 정신모형이 구축되도록 도와주어, 여러 다른 관점들을 고려하는 데, 필요한 유연성을 성취할 필요가 있다.

우리는 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 우리에게, 혹은 달에 떨어지는 태양광선을 반사하여 우리에게 보여주고 있다고 상상한다는 것이다. 그리하여 반드시 태양은 거리를 변화시켜서 에너지 세기를 변화시키고, 달은 반드시 지구의 그림자 속으로 들어가야 된다는 정신모형을 가지고 있다. 이러한 심층적인 전제를 고려하지 않고 구체적인 지식의 하나인 불일치 사건을 제시해서 그 문제를 해결하였다 고 하여 개념변화가 일어나는 것이 아니다. 오히려 하나의 이론만 추가해서 과도기 단계에 머무를 가능성이 크다. 결론적으로 실험실에서 실험이 가능한 물리학이나 화학에서 보다는 큰 규모에서 일어나는 천문 분야에서는 인지갈등을 유발해서 개념변화의 시작이 된다는 사고는 고려해야 한다고 주장한다. 어린 시절부터 일찍 경험했기 때문에 너무 깊은 심층적인 사고는 아주 견고하게 자리 잡고 있기 때문이다.

개념변화의 중요성은 개념변화 또한 맥락과 관련(Gunstone & Mitchell, 1997) 되어 있다는 것이다. 종종 학습자들은 한 맥락에서 과학적 개념을 받아들일 수 있다. 그 후 학생들은 한 맥락에서 다른 맥락까지 과학적 개념과 초기 개념사이에서 흔들릴 수도 있다. 장기적이고 안정된 개념변화는 학습자가 맥락들 간의 공통성과 이러한 맥락들 간의 과학적 개념에 대한 일반성을 깨달을 때 이루어진다. 그러므로 장차 교사가 될 예비교사들은 두 맥락간의 차이점을 명확하게 인식하는 것이 중요하다. 어떤 것을 이해한다는 것은 그와 모순되는 것의 이해를 포함하기 때문에, X를 이해하면서 수행하는 사람은 X가 아닐 가능성을 마음에 그릴 수 있어야 된다는 Winch (1976)의 말은 그와 맥을 같이하고 있다. 그렇기 때문에 예비교사교육에서 교과내용중심의 편제되기보다는 기존의 학생개념의 중요성을 철저히 고려해야 한다고 제언한다. 끝으로 우리가 사용한 검사 도구는 원래 초중등을 대상으로 준비되어진 것을 사용하였다. 왜냐하면 초중등학생들의 관점들이 예비교사(대학생)들에게도 존속되는가를 탐색하기 위해서 사용하였다. 그러나 검사지가 태도나 인식과 같이 대상에 무관한 경우는 괜찮으나, 우리의 연구에서처럼 내용에 상당히 의존적인 검사 도구는 원래의 도구 투입 대상의 연령에 따라 결과 해석이 차이가 날 수 있다. 가령 초 중생을 대상으

로 준비된 도구가 예비교사에게 사용될 경우 예비교사와 초중생의 기본 지식의 차이가 영향을 미쳐 올바른 자료해석이 가능하지 않기 때문이다. 그렇기 때문에 좀 더 예비교사에 알맞은 검사도구의 개발이 필요하다.

감사의 글

본 논문의 원고를 세세하게 검토하여, 부족한 많은 부분을 보완하도록 좋은 조언과 지적을 해주신 세분의 심사자님과 한국과학철학회 부회장이신 박영태 교수님께 감사드립니다.

국문 요약

본 연구에서는 예비 초등 교사들을 대상으로 천문 현상(계절 변화와 달의 위상변화)에 대한 정신모형과 그 모형에 영향을 주는 요소들을 조사하였다. 본 연구에 참여한 예비교사는 교육대학교에 재학 중인 학생이다. 자료 수집은 지필 검사와 개별 면담을 통해 이루어졌다. 연구 결과, 예비 초등 교사들은 천문현상의 설명들이 과학적 모형과는 다른 합성 정신모형들을 가지고 있었으며, ‘거리 이론’ 과 ‘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. 끝으로 연구 결과와 관련된 예비 교사교육에의 시사점을 논하였다.

참고 문헌

- 김중욱 (2002). 달의 운동'에 대한 관찰 및 해석의 문제점과 선지식. 대구교육대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 김찬중, 이조옥 (1995). 달의 위상변화와 빛에 대한 중등학교 학생들의 개념변화사이 관계. 한국지구과학회지, 17(1), 8-21.
- 김효남 (1990). 초등학교 아동의 과학개념에 대한 실태조사 및 교정을 위한 방법 연구. 한국과학교육학회지, 10(2), 11-24.
- 명전옥 (2001). 예비교사들의 지구과학 문제 해결 실패 요인: 달과 행성의 운동을 중심으로. 한국지구과학회지, 22, 339-349.
- 오준영, 박성호 (2005). 계절변화에 대한 예비중등 교사의 대안개념의 구조. 한국우주과학회지, 23, 1-10
- 오준영, 채동현(2004). 별에 대한 초등교사와 학생

들의 유년적 개념과 핵심 신념 비교. *중등교육연구*, 52, 472-452.

이조옥 (1994). 달의 위상변화에 대한 오 개념 연구. 이화여자대학교 교육대학원 석사학위논문.

정홍식 (2005). 초인지 학습전략이 초등학생의 계절의 변화 개념형성과 자기 효능감에 미치는 영향. 부산교육대학교 교육대학원 석사학위논문.

하옥선 (1999). 태양 고도와 계절 변화에 대한 학생들의 개념연구. 서울교육대학교 교육대학원 석사학위논문.

채동현 (1993). 계절변화 원인에 대한 학생들의 유년적 사고. *한국지구과학회지*, 4(1), 34-43.

Atwood, R., & Atwood, V. (1996). Preservice elementary teachers' conceptions of causes of seasons. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 553-563.

Banks, M. S. (1980). The Development of Visual Accommodation during Early Infancy. *Child Development*, 51, 646-666.

Carey, S. (1989). Sources of conceptual change. In E. K. Scholnick, K. Nelson, & P. Miller (Ed.), *Conceptual development: Piaget's legacy* (pp. 293-326). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Dai, M. F., & Capie, W. (1990). Misconception about the Moon by preservice & teachers in Taiwan. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, ED 355 327.

Duschl, R. A., & Gitomer, D. H. (1991). 'Epistemological perspectives on conceptual change: Implications for educational practice'. *Journal of research in science Teaching*, 28, 839-858

Feigenberg, J., Lavrik, L., & Shunyakov, V. (2002). Space Scale: Models in the History of Science and Students' Mental Models. *Science & Education*, 11, 377-392.

Glaser, R., Ferguson, E., & Vosniadou, S. (1995). Cognition and the design of environments for learning: Approaches in this book. In S. Vosniadou, E. De Corte, R. Glaser & H. Manó (Ed.), *International perspectives on the construction of technology-supported learning environments*, (pp.13-24). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Gunstone, R. F., & Mitchell, I. J. (1977). Metacognition and conceptual change. In J. Mintzes, J.H. Wandersee, & J. D. Novak (Ed.), *teaching science for understanding* (pp. 133-163). San Diego: Academic press.

Hewson, P. W., & Hewson, M. G. (1984). The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction. *Instructional Science*, 13, 1-13.

Kikas, E. (1998a). Pupils' explanations of seasonal changes: age differences and the influence of teaching. *British Journal of Educational Psychology*, 68, 505-516.

Kikas, E. (1998b). The impact of teaching on students' definitions and explanations of astronomical phenomena. *Learning and Instruction*, 8, 439-454.

Kuhn, T. S. (1970). *The structure of scientific revolutions*, Chicago: University press

Laburu, C. E., & Niaz, M. (2002). A Lakatosian Framework to Analyze Situations of Cognitive Conflict and Controversy in Students' Understanding of Heat Energy and Temperature. *Journal of Science Education and Technology*, 11, 211-219.

Ladyman, J. (2002). *Understanding philosophy of science*: Routledge.

Lakatos, I. (1970). Falsification and the methodology of scientific research programs. In I. Lakatos & A. Musgrave (Ed.), *Criticism and the growth of knowledge* (pp. 91-196). New York: Cambridge University Press.

Leplin, J. (1997). *A novel defense of scientific realism*. Oxford: Oxford University Press.

Hermann, R., & Lewis, B. (2003). Moon misconceptions bringing pedagogical research of lunar phases into the classroom. *The Science Teacher*, November 2003, 51-55.

Ohlsson, S. (1999). Theoretical Commitment and Implicit Knowledge: Why Anomalies do not trigger Learning. *Science & Education*, 8, 559-574.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-277.

Spelke, E. S. (1991). Physical knowledge infancy: Reflections on Piaget's theory. In S. Carey & R. Gelman (Eds.), *The epigenesis of mind*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates,

Spelke, E. S., Phillips, A., & Woodward, A. L. (1995). Infants' knowledge of object motion and human action. In D. Sperber, D. Premack, & A. J. Premack (Eds.), *Casual cognition: A multidisciplinary debate* (pp. 44-78). Oxford, England: Clarendon Press.

Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: a study of conceptual change in childhood. *Cognitive psychology*, 24, 535-585.

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45-69.

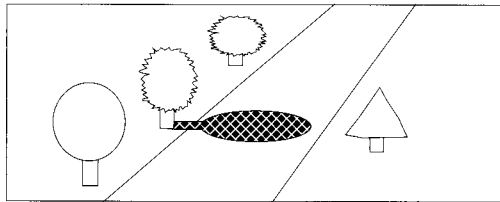
Watson, J. R., Pristo, T., & Dillon, J. S. (1997). Consistency of students' explanations about combustion. *Science Education*, 81, 425-443.

Winch, P. (1976). *The idea of a social science and its relation to philosophy*. London: Routledge & Kegan Paul.

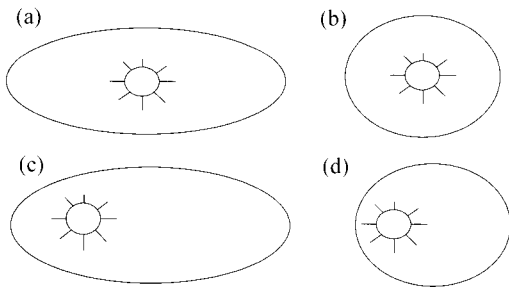
부록 1. 계절의 변화

이 조사는 강의에 도움이 되고자 하오니 성의 있는 답변을 요구합니다. 그러나 여러분들의 학점과는 무관합니다.

- 1-1. 하지 날 정오, 이집트의 아스완(Aswan)에서 태양빛이 바로 머리 위 천정으로부터 비추어진다. 반면에 아스완으로부터 북쪽 800 Km 떨어진 알렉산드리아(Alexandria)에서, 천정으로부터 7도 경사져서 비추어진다. 이 현상을 하나의 도표(Diagram)로 설명하시오.
- 1-2. 밑의 그림은 햇빛이 비추는 날에 하나의 나무의 그림자를 그렸다. 다른 나무들의 그림자를 그려보시오.



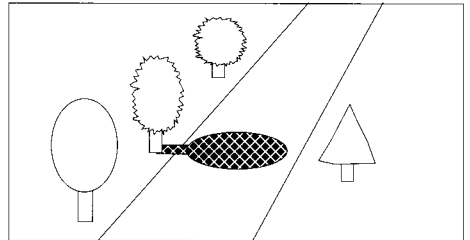
- 1-3. 코페르니쿠스는 지구가 태양 주위를 공전한다고 한다. 지구가 공전을 하는 길은 대략적으로 어떤 모양인가? (공전궤도 위에서 내려다보고 이심률을 고려함)



- 1-4. 위에서 선택한 그림 위에 봄, 여름, 가을, 그리고 겨울의 위치를 나타내 보시오.
- 1-5. 우리나라에서 무엇 때문에 차가운 겨울에서 무더운 여름으로 변하는가?
- 1-6. 우리나라에서 낮 12시에 겨울과 여름 중 어느 계절에 태양의 고도가 높은가?
- 1-7. 무엇 때문에 겨울보다 여름에 낮의 길이가 더 긴가?

부록 2. 달의 위상의 변화에 대한 지필검사

- 2-1. 하지 날 정오, 이집트의 아스완(Aswan)에서 태양빛이 바로 머리 위 천정으로부터 비추어진다. 반면에 아스완으로부터 북쪽 800 Km 떨어진 알렉산드리아(Alexandria)에서, 천정으로부터 7도 경사져서 비추어진다. 이 현상을 하나의 도표(Diagram)로 설명하시오.
- 2-2. 밑의 그림은 햇빛이 비추는 날에 하나의 나무의 그림자를 그렸다. 다른 나무들의 그림자를 그려보시오.



- 2-3. 당신이 현재 보름달을 볼 수 있다면, 다른 나라에서도 보름달로 보이는가?
- 2-4. 달의 위상의 원인을 다음 중에서 가장 기술하는 가를 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.
- 2-5. 다음 그림 중, 달의 위상변화의 원인을 가장 잘 표현 한 것은?

