

## 계절 변화에 대한 예비 중등교사의 대안개념의 구조

오준영<sup>1†</sup>, 박성호<sup>2</sup>

<sup>1</sup>전남대학교 지구과학교육과

<sup>2</sup>전주대학교 과학기술학부

### THE STRUCTURES OF THE ALTERNATIVE CONCEPTIONS OF PRESERVICE SECONDARY TEACHERS ON SEASONAL CHANGES

Junyoung Oh<sup>1†</sup> and sungho Park<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Earth science Education, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea

<sup>2</sup>School of Science & Technology, Jeonju University, Jeonju 560-759, Korea

E-mail: jyoh3324@yahoo.co.kr, shpark@jeonju.ac.kr

(Received October 7, 2004; Accepted January 27, 2005)

#### 요 약

본 연구에서는 예비 중등교사들을 대상으로 “계절 변화의 설명”에 대한 대안 개념과 그 개념에 영향을 주는 요소들을 조사하였다. 본 연구에 참여한 예비교사는 대학교 과학교육학부 2학년 23명, 3학년 23명, 그리고 4학년 28명으로 총 74명이다. 자료 수집은 지필 검사와 개별 면담을 통해 이루어졌다. 연구 결과, 예비 중등교사들은 계절변화 설명에 대한 과학적 개념과 불일치하는 대안 개념들을 가지고 있었으며, ‘거리 이론’이 그들의 설명에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 예비 중등교사들이 갖는 ‘계절변화’의 대안개념의 구조와 근원을 알아보기 위하여 그 개념들을 형성하는 틀 이론과 특정 이론을 집중적으로 탐색하였다. 끝으로 연구 결과와 관련된 예비 교사교육에의 시사점을 논하였다.

#### ABSTRACT

This study was to understand the components that influence preservice secondary teachers' conceptions about 'seasonal changes'. We selected 74 university science education students among whom 23 were in the second, 23 in the third, and 28 in the fourth year. The data collected from the paper-pencil test and individual interview with students. The results of this study show that the students had considerable apparent alternative conceptions, and that the 'distance theory' had most important effects on their alternative conceptions. It can be said that preservice secondary teachers' initial models of the seasonal change have their origin in their belief sets (specific theory) related to 'seasonal change', 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 alternative conceptions for overcoming these alternative conceptions were also discussed. Implications for preservice science teacher education related to the results were discussed.

---

<sup>†</sup>corresponding author

*Keywords:* seasonal changes, alternative conceptions, framework theory, distance theory

## 1. 서론

계절변화에 대한 학생들의 설명이 학교 수업의 영향력이 적을 뿐만 아니라(Kikas 1998a,b), 학생들과 마찬가지로 예비 초등 교사들에게도 과학적 개념이 아닌 일상적인 개념들이 나타난다고 하였다(Atwood & Atwood 1996). 계절의 변화를 설명하는 유년적 설명을 과학적 개념으로 변화시키는데 가장 저항 적이라는 것은 바로 소위 “거리 이론”(distance theory: Baxter 1995) 혹은 “거리 모형”(distance model: Parker & Heywood 1998)이다. 이 이론에 따르면, 지구와 태양사이거리가 다르기 때문에 여름과 겨울의 온도가 다르다는 것이다.

Kikas(1998a)는 초등학생 3학년과 5학년, 중학생 1학년과 3학년을 대상으로 학생들의 계절변화에 대한 학생들의 사고를 조사하였다. 우리도 그의 조사방법을 따랐다. 그 조사에 의하면, 학년이 올라갈수록 학교에서 배운 지식이 점점 증가하지만, 거리에 따른 계절변화 이론(distance theory)은 변화가 없다고 보고 하였다. 그러한 사고는 예비교사들에게도 존재하여, 후에 그들이 교사가 되어 가르치게 될 학생들의 사고에도 영향을 준다는 가정 하에 예비 중등교사들의 사고를 조사하였다. Lakatos(1970)의 연구 프로그램의 방법론을 기초로 하여, Niaz(1998)가 제안한 대안 개념의 핵심신념을 구별하는 기준과, 마음 깊이 형성된 심층적인 전제들(오준영과 채동현 2004, 강용희 등 2004)을 가정한, Vosniadou(1994)의 틀 이론에 따라서 그들의 사고의 구조를 분석 하였다.

Lakatosian의 틀 이론: Kuhn(1970)의 혁명과학은 Lakatos(1970)의 연구 프로그램의 견고한 핵(부정적 발견법, negative heuristic)을 포기하는 것과 같은 것으로, 일종의 강한 재구성(strong restructuring)으로 나타내는 개념 변화로 보았다. 유사하게, 정상과학 동안의 변화라는 Kuhn의 아이디어는 하나의 연구프로그램의 “주변의 핵”(soft core)에서 변화라는 Lakatos의 아이디어에 대응되는 약한 재구성(weak restructuring)과 같은 것이다(Duschl & Gitomer 1991).

천문 지식의 발달을 제한하는 역할: Vosniadou(1994)에 따르면, 학생들의 개념구조를 크게 틀 이론/framework theory)과 특정이론(specific theory)으로 구성된 구조물로 보았다. 틀 이론은 마음 깊이 새겨진 전제들(entrenched presuppositions)인 존재론적, 인식론적인 가정들(Ontological and epistemological assumptions)로 구성되는데 이미 어린 시절에 형성되었으며, 지식의 습득과정을 제한한다. 전제들은 무의식적인 것이고 시험되는 가정도 아니다. 또한, Vosniadou(1991)에 따르면, 천문 분야에 대한 연구에서 학생들은 개인은 구성하는 몇 개의 한정적인 정신적인 모형이 보여준다고 하였다. Lakatos의 연구프로그램들(Lakatos 1970)과 Kuhn의 패러다임들(Kuhn 1977)이 과학이론의 발달을 제한하는 것들과 유사한 방법으로 물리학의 틀 이론이 물질세계에 관한 지식의 획득과정을 통제한다고 하였다.

무엇이 개인적 개념을 발달하게 하였는가? 그리고 왜 이런 개인적 개념이 발달하면 그 토록 변화되기 어려운가? 가능한 그러한 답을 찾고자, 장차 그들 학생들에게 영향을 주는 예비 중등교사들이 이미 가지고 있다고 가정되는 천문학적인 기초개념이 계절변화를 설명하는 데 어떤 영향을 주었고, 그 중심이 되는 개념은 무엇인지, 또한 예비 중등교사들의 계절변화의 설명이 현재의 과학적 개념과 무엇이 다른지, 더 나아가 그 가능한 근원을 알아보기 위해서 그 구체적인 연구 문제를 다음과 같이 설정했다.

첫째, 계절변화에 배경지식이 되는 천문학적인 개념들 중 무엇이 예비 중등교사들의 기존 개념에 영향을 주었는가?

둘째, 계절변화에 대하여 어떻게 설명하는가?

셋째, 예비 중등교사들은 계절 변화 설명에 대한 어떤 일정한 패턴의 대안 개념의 구조를 가지고 있는가? 또한 어떤 종류가 있는가?

## 2. 연구 내용 및 방법

### 2.1 연구 대상

본 연구의 대상은 전남 광역시 소재의 대학교 과학교육학부 2학년(지구과학전공 23명), 3학년(지구과학전공과 복학생들을 제외한 전공 23명)과 4학년(지구과학전공과 복학생들을 제외한 28명) 학생들을 연구의 대상으로 하였다. 그들은 이미 학년 별로 같은 대학 신입생 시절(2학기)에 일반 지구과학에서 기초천문학을 이수한 예비교사로만 선택하였다. 이 연구에서는 연구대상이 같고 조사 시간이 순차적으로 매 해 이루어져야 하는 점들을 극복하기 위하여 신입생 시절에 기초 천문학을 이수한 예비교사로 한정하였다.

### 2.2 검사 도구

#### (1) 계절 변화에 대한 배경지식이 되는 천문학적 개념

연구는 초등학교 학생들과 중등학생들이 계절변화에 대한 배경지식이 되는 천문학적 지식이 어떻게 영향을 주는 가를 알아보기 위하여 Kikas(1998a,b)가 개발한 문항들에 내용을 추가하여 이용하였다. 그러한 사고는 예비교사들에게도 존재하여서 장차 그들이 교사가 되어 학생들의 사고에 영향을 준다는 가정으로 초중등학교에 사용된 검사 도구를 사용하였다. 이를 바탕으로 하여 예비 중등교사들의 천문학적 개념을 과학적 개념, 대안 개념으로 분류하였다. 따라서 도구의 내용 타당도는 제시하지 않았다.

#### (2) 계절 변화를 어떻게 설명하는가?

Lakatos(1970)는 역사적으로 과학 이론은 실제로 결정적 실험에 의하여 쉽게 거부되지 않는다는 데 동의했다. 대립 증거에 직면했을 때, 항상 과학자는 이론을 수호하기 위해 보조 가설을 제안한다고 하였다(Nussbaum 1989). 이러한 내용은 학생들의 개념이 왜 과학적 개념으로 쉽게 변하지 않는 가를 암시해준다고 할 수 있다. 학생들도 자신의 선 개념에 새로운 현상을 경험하는 불일치 사건에 직면해도 쉽게 자신의 개념을 버리는 것이 아니라 적당한 보조 가설을 도입하여 자기 기존 개념을 유지한다. 즉, 연속성을 강조했다.

먼저 질문지 법(부록 1)을 사용하여 학생들이 주로 가지고 있는 생각들을 조사하였다. 이를 토대로 면접 법(Interview)을 실시하여 그들의 생각들을 분명하게 알아보았다. 면접법은 지필 검사를 토대로 실시하였으며 기록들은 테이프에 녹음을 하였다. 그러한 인터뷰 내용은 다음과 같은 질문들로 시작되었다. 질문의 주 초점은 자신의 생각을 어떻게 정당화 하는가에 있기 때문에 연속성이 있다.

① 학생은 이 설문지에서 이러한 지구의 공전궤도를 왜 선택했습니까?

(응답의 핵이 되도록 질문)

② 그렇다면 그 궤도에 계절별로 지구의 위치를 나타낸 이유를 설명할 수 있습니까?

(제 일차적으로 첫째 질문을 직접적으로 보호함)

③ 그렇다면, 여름에 다른 계절에 비하여 남중고도가 높고 낮의 길이가 긴 이유를 설명할 수 있습니까. (제 2차적으로 질문에 대한 보호)

조사 자료의 분석은 학생들의 반응들에 따라 Kikas(1998a)가 분류한 방법에 의하여 일상적인 경험(Everyday), 거리 이론(Distance theory), 미완성(Incomplete), 정확한 법칙들(Exact rules), 그리고 권위적인(Authoritative)으로 분류하였다. 그러나 이들 응답 중에서 거리 이론 유무를 우선으로 하였다. 이들 응답은 비슷한 유형의 응답을 묶어 인원수(%)로 하였다. 정확한 법칙의 기준은 윤희식 등이 번역한 Fraknoi, A., Morrison, D., & Wolff, S.의 우주로의 여행(Voyages through the universe)중 다음과 기술을 기준으로 정했다:

태양 주위의 지구 궤도는 타원이지만, 태양으로부터 거리는 단지 약 3%정도만 변화 한다. 이것은 태양열의 상당한 변화를 유발하기는 충분치 않다. 실제로 계절이 발생하는 것은 실은 태양 주위를 공전하는 궤도면에 수직한 축에 대해 지구 자전축이 23도 기울어져서 공전하기 때문이다.

(3) 예비교사들의 대안 개념의 구조를 분석 및 대안개념의 종류를 분류기준

① 예비 교사들의 대안 개념의 구조를 분석하는 방법은 Niaz(1998)가 제안한 “Lakatos의 핵심신념의 역할로서 학생들의 응답을 분류하는 기준들”을 따랐다.

② Laburu & Niaz(2002)의 제안에 따라 학생들과 상호작용(conflicts, controversies, and arguments)을 통해서 자신들의 견고한 핵에 일종의 발전을 반영하는 정도에 따라, 대안 모형(Alternative Model), 과도기 모형(Transitional Model)그리고 과학적 모형(Scientific Model)으로 분류하였다.

③ Vosniadou의 틀이론(Vosniadou 1994)에 따라서 학생들의 개념구조를 크게 틀이론/framework theory)과 특정이론(specific theory)으로 분류하였다.

### 3. 연구 결과 및 해석

#### 3.1 계절변화에 관계되는 천문학적인 개념

개념은 인지구조 속에 단독으로 존재하는 것이 아니다. 하나의 지식체계를 형성하는 개념들은 상호 관련을 맺고 있기 때문에, 학습목표 개념을 구성하는 개념 중 어느 특정한 단일 개념에 대한 이해가 정확하다고 하더라도, 다른 여러 개념들이나 신념이 잘못된 경우는 목표가 되는 개념 이해에 지장이 있다(김찬종과 이조옥 1996, 명전옥 2001, Diakidoy et al. 1997, Vosniadou & Brewer 1994)고 할 수 있다. 즉, 여러 요소로 되어 있는 개념생태는 개념들이 따로 떨어져서 독립적으로 존재하기 보다는 한 생태계의 일부로 학생들의 인지구조에 존재하며 그 관계성 때문에 개념변화가 어려운 이유를 설명한다(Strike & Posner 1985). 그러한 이유로 우리는 계절변화에 대한 예비 중등교사들의 설명에 영향을 줄 수 있는 천문학적인 기초지식이 무엇인가 알아보았다.

【문항1-1,2,3,4,5】대부분(70% 이상)이 과학적 개념을 가지고 있기 때문에 이미 계절변화를 설명하는 기초 천문개념의 배경지식을 가지고 있었다.

【문항 1-5】지구가 태양주위를 공전한다고 가정하면, 지구가 공전하는 궤도는 대략 어떤 모양에 가까운 모양인지 보기 문항 중 선택하시오.

과장된 타원공전궤도라고 응답한 비율은 74.3%(74명중 55명)로 가장 많이 나타난다. 이에 대한 응답 결과는 표 1과 같다.

표 1. 【문항 1】계절 변화에 관계되는 친문학적 개념의 응답 결과.

| 문항        | 응답   | Type    | No. of answers |                |                |
|-----------|--|---------|----------------|----------------|----------------|
|           |  |         | 예비중등2<br>(23명) | 예비중등3<br>(23명) | 예비중등4<br>(28명) |
| 자전축       | 지구의 중심을 통과 하는 선으로<br>공전궤도면에 기울어진 채, 지구는<br>그 축을 따라 자전한다. | 과학적 개념  | 23             | 21             | 25             |
|           | 기타   | 대안 개념   | 0              | 2              | 3              |
| 적도        | 지구의 자전축을 남극과 북극의<br>위치를, 그리고 이들의 중간에<br>적도의 위치를 정의 한다.   | 과학적 개념  | 19             | 17             | 24             |
|           | 기타   | 대안 개념   | 4              | 6              | 4              |
| 태양의<br>고도 | 태양빛은 여름에 더 수직에<br>가까이 비추어 지표면을<br>효과적으로 덥히게 된다.          | 과학적 개념  | 23             | 23             | 26             |
|           | 기타   | 대안 개념   | 0              | 0              | 2              |
| 낮의<br>길이  | 태양이 천의 북쪽에 위치하기 때문에<br>남중고도가 높다.                         | 과학적 개념  | 11             | 10             | 11             |
|           | 태양의 낮의 일주거리가 길므로   |         | 4              | 0              | 2              |
|           | 기울어진 자전축   |         | 3              | 6              | 6              |
|           | 과학적 개념의 합  |         | 18             | 16             | 19             |
|           | 기타   | 대안 개념   | 5              | 7              | 7              |
| 공전        | 측면 형   | 대안 개념   | 1              | 2              | 6              |
| 궤도        | 거의 원형  | 과학적 개념  | 5              | 2              | 2              |
| 모양        | 과장된 타원형(근일점이 여름)   | 대안 개념   | 6              | 13             | 13             |
|           | 과장된 타원형(근일점이 겨울)   | 대안 개념   | 9              | 6              | 6              |
|           | 중심이 약간 치우친 원형  | 대안 개념   | 1              | 0              | 0              |
|           | 측면형과 과장된 타원궤도  | 뚜렷하지 않음 | 1              |                | 1              |

【문항 1-6】계절에 따른 위치를 선택한 보기 문항의 지구의 공전궤도 위에 나타내보시오. 과장된 타원공전궤도에 여름을 근일점에 나타난 인원은 그 그림을 선택한 인원 중 응답한 비율은 58.2%(55명 중 32명)로 나타난다. 이에 대한 응답 결과는 표 1과 같다. 그리고 과장된 타원공전궤도에 겨울을 근일점에 나타난 인원은 그 그림을 선택한 인원 중 응답한 비율은 38.2%(55명 중 21명)로 나타난다.

### 3.2 계절 변화의 설명

표 2는 응답의 예를 범주에 따라 나타낸 것이다. 그리고 등급에 따른 범주들의 빈도를 표 3으로 나타낸 것이다. 각각의 범주에 따른 설명이다.

【문항 2】우리나라에서는 무엇 때문에 차가운 겨울에서 무더운 계절로 변화하는가?

#### 1) 일상적인 생활(Everyday)

예비 중등교사인 경우, 일상적인 생활에 대한 응답은 초 중등학생과는 달리 거의 나타나지 않는 것으로 나타났다. 간혹 천문현상이 아닌 지구대기에 의한 열의 전달로 설명하는 경우가 있었다. 그것은 Kikas(1998a)의 자료에 나타나는 것처럼 일상적인 생활에 대한 응답은 학년이 올라갈수록 급격

표 2. 응답의 예들(여름에는 왜 더 따뜻해집니까?).

| 범 주     | 예  |
|---------|--|
| 일상적인 생활 | 1. 태양은 강해진다.<br>2. 바람은 남쪽으로부터 따뜻한 공기를 날라 온다.   |
| 거리 이론   | 1. 태양은 지구로부터 가까워진다.<br>2. 지축이 기울어진 채로 공전하기 때문에 북반구와 태양사이의 거리가 가까워진다.                         |
| 불완전한 응답 | 1. 지구의 자전축이 기울어져있다. 그래서 계절변화가 일어난다.<br>2. 지구가 공전한다.<br>3. 지구가 태양 주위를 공전함에 따라 지축의 경사방향이 달라진다. |
| 정확한 응답  | 1. 지구가 태양주위를 거의 원에 가까운 타원 궤도로 공전할 때,<br>그 축은 항상 공전궤도에 대하여 같은 방향으로 기울어져 있다.                   |
| 권위에 의존  | 1. 이 궤도는 교과서에 그려져 있다.<br>2. 과학 선생님한테 배운 결과로 이러한 궤도를 선택했다.                                    |

표 3. 등급에 따른 범주들의 빈도.

| 등급             | 범 주        |          |            |           |           |
|----------------|------------|----------|------------|-----------|-----------|
|                | 일상적인 생활(%) | 거리 이론(%) | 불명확한 응답(%) | 정확한 법칙(%) | 권위에 의지(%) |
| kikas(1998a) 3 | 61         | 12       | 26         | 0         | 1         |
| kikas(1998a) 5 | 38         | 21       | 34         | 6         | 1         |
| kikas(1998a) 7 | 16         | 13       | 46         | 21        | 3         |
| kikas(1998a) 9 | 16         | 18       | 40         | 23        | 4         |
| 예비중등2          | 4.3        | 43.3     | 30.4       | 21.7      | 0         |
| 예비중등3          | 0          | 61.4     | 30         | 8.7       | 0         |
| 예비중등4          | 4          | 67       | 33         | 7.1       | 0         |

히 줄어드는 것과 맥을 같이 한다.

## 2) 거리 이론(Distance theory)

Atwood & Atwood(1996)는 예비 초등교사의 계절의 설명에서 거리효과가 53.1%로 나타났을 뿐만 아니라, 우리가 조사한 예비중등교사의 전체평균(57.2%)으로 높은 비율로 나타난다. 거리 이론이 있으면 거리 이론으로 분류하였다. 즉, 먼저 거리 이론 유무가 우선이었다.

## 3) 불명확한 응답(Incomplete)

불명확한 응답이 점점 증가하는 원인은 시간이 흐름에 따라 잊어버린다는 사실이다. 그러나 우리의 경우도 조금 나타났다.

## 4) 정확한 법칙(Exact rules)

Atwood & Atwood(1996)에 따르면, 질문지법과 인터뷰를 이용하여 초등 예비교사의 계절변화에 대한 설명은 49명중 오직 1명만이 정확한 과학적 응답을 하였고, Schneps(1988)도 심지어 하버드 학부졸업생중 23명중 2명만 과학적 개념이 있다고 보고 되었다. 우리의 연구에서도 74명중 9명만 정확한 응답을 하였다. 물론 거리 이론은 없었다.

## 5) 권위에 의지(Authoritative)

권위에 대한 의존은 작은 수(Kikas 1998a)가 있으며. 우리의 자료는 남아 있지 않다는 사실을 알 수 있다.

Atwood & Atwood(1996)는 예비 초등교사의 계열의 설명에서 거리효과가 53.1%로 나타났을 뿐만 아니라, 우리가 조사한 예비중등교사의 전체평균(57.2%)으로 높은 비율로 나타난다. 거리 이론이 있으면 거리 이론으로 분류하였다. 즉, 먼저 거리 이론 유무가 우선이었다. Atwood & Atwood(1996)에 따르면, 질문지법과 인터뷰를 이용하여 초등 예비 교사의 계열변화에 대한 설명은 49명중 오직 1명만이 정확한 과학적 응답을 하였다. 우리의 연구에서도 74명중 9명만 정확한 응답을 하였다.

### 3.3 예비교사들의 대안 개념의 구조와 종류를 분류하는 기준과 적용

Lakatos의 방법론을 사용한 Niaz(1988)의 대안개념의 분류는 그 개념이 왜 그렇게 만들어지는가에 대한 명확한 정보가 없다. 그것은 Lakatos가 제안한 견고한 핵(Hard core)을 형성하는 근원을 확실하게 명시하지 않은 연구프로그램의 성격에서 나타나기 때문이다. 그러한 이유로 우리는 Vosniadou(1991, 1994)의 소위 틀 이론을 받아들여 적절한 정신 모형들이 될 수 있는 예비 교사가 가지고 있는 대안 개념의 구조를 찾도록 하였다.

#### (1) 개념변화 수업을 위한 하나의 Lakatos의 기준의 적용(Niaz 1998)

Lakatos의 핵심신념의 역할로서 학생들의 응답을 분류하는 기준들(Niaz 1998)

삭제 기준(Deletion criterion) 그 이론에 속한 하나의 구조물이 그 이론의 정체성에 명백한 손실 없이 제거될 수 있다면, 그것은 이 이론의 견고한 중심 핵(hard core)이 아니다. 한편, 삭제로 인하여 실질적으로 그 이론에 손상이 되어 치료될 수 없는 방법으로 이론이 변화된다면, 그때 그 이론의 중심핵의 일부분이다(Beilin 1985).

Hard core와 보호대의 가정들(Hard core and protective belt propositions): Lakatos(1970)는 하나의 이론 안에 두 가지 형태의 제안들을 구별하였다: 중심의 견고한 핵(Hard core)의 제안들은 전체 이론을 해체하지 않고는 결코 수정될 수 없으나, 보호대 제안들은 기본적인 중심 제안들을 보존하는 동안 계속해서 변경되어 질 수 있다(Chinn & Brewer 1993).

보조 가설들(Auxiliary hypotheses) 개념변화가 일어나야 할 상황이 주어진다면, 보조가설을 제공함으로써 그들의 보호대(soft core)에 변화를 주어, 가장 중요한 견고한 핵(hard core)에의 변화에는 저항적이다.

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

#### (2) Vosniadou의 유년적 틀이론(Vosniadou 1994): 학생들의 개념구조를 크게

틀 이론/framework theory)과 특정이론(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. Lakatos의 연구프로그램들(Lakatos 1970)과 Kuhn의 패러다임들(Kuhn 1977)이 과학이론의 발달을 통제하는 것들과 유사한 방법으로 물리학의 틀 이론이 물질세계에 관한 지식의 획득과정을 통제한다고 하였다.

② 특정 이론: 물질의 특성과 행동을 기술하는 일련의 내적으로 연관된 제안들, 신념으로 구성되어

있다. 이러한 특정이론은 틀 이론의 통제 하에서 문화적 맥락에 근거하여 관찰한 것을 설명하거나 정보를 표현할 때 생성되어진다. 틀 이론은 특정이론에 비하여 어린 시절부터 일상생활을 통해서 오랫동안 확증되었기 때문에 그 변화가 훨씬 어렵다.

③ 오 개념: 학생들이 과학적 관점에 반하는 정보를 기존의 틀 이론 안에서 조화를 시도과정에서 만들어진 것으로 볼 수 있다. 특정 이론의 개정은 틀 이론의 개정보다 쉽다. 특정이론의 신념이 틀 이론에 통제되어질 때 개념 변화는 이루어지기 어렵다. 존재론적이고 인식론적인 전제들은 우리의 지식의 기초를 형성한다. 그들의 개정은 그들의 기초에 구성되어진 모든 연속적인 지식의 구조에 심각한 관련성을 가지고 있는 것 같다(Vosniadou 1994)

### 3.4 계절변화에 대한 예비교사들의 대안 개념의 구조와 종류

Piajet(1954)와 관계있는 구성주의적 입장(constructive perspective)에서는 영아들은 몇 가지 중요한 지각 능력과 운동능력을 가지고 태어난다고 본다. 그 수도 적고 적용의 범위도 제한되어 있지만, 영아들은 이 능력들을 사용하여 환경과 상호작용하고 또 점차 더 복잡한 기술과 표상을 만들어 간다.

그러나 아주 어린 영아들도 이전에 생각해 왔던 것보다 훨씬 더 다양한 지각 기술을 갖고 있고 개념을 이해하고 있다. 이러한 능력 때문에 영아들은 세계를 더 분명하게 지각하고 또 나이가 많은 아동들과 성인들과 같은 동일한 차원으로 경험을 분류하게 된다.

최근에 연구에서 밝혀진 놀라운 능력들 가운데 하나는 거리 지각이다. 철학자들은 오랫동안 사람들이 어떻게 자신과 사물사이거리를 지각하는가를 생각해 왔다. George Berkely와 같은 18세기 일부 연합주의 철학자들은 영아들이 세상을 돌아다니면서 사물들이 어떻게 보이는가와 그 사물에 도달하기위해 거리를 연합함으로써 거리를 지각한다고 보았다. 그러나 Granrud(1989)은 영아들이 태어난 다음 날 이미 더 가까이 있는 물체와 더 멀리 있는 물체를 구별할 수 있음을 밝혔다. 거리를 지각하기위해서 주위를 기어 다니고 걸어 다니는 경험이 반드시 필요한 것 같지가 않다. 우리도 이미 거리 개념은 생득적으로 타고난 능력이라고 가정한 것은 타당하다고 본다.

(1) 계절변화에 대한 대부분의 예비 중등교사의 대안개념 모형: 틀 이론 적용(Vosniadou 1994)

① 틀 이론(entrenched belief: 다른 신념들 땅에 깊이 내재되어 있는 것)

존재론적 신념들: 물리 세계에 대한 기초적인 범주들과 성격들에 대한 신념들

1. 물체는 성질들을 가지고 있다. 즉 따뜻함과 차가움은 물체의 성질중의 하나이다.
2. 물체의 뜨거움의 세기에 따라서 주어진 물질의 양이 달라진다.
3. 물체의 위치와 크기는 우리를 기준으로 한다.

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

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

② 특정 이론: 틀 이론에 통제를 받는다.

문화적인 맥락에서 관측사항들과 습득한 지식들

1. 태양의 남중고도가 클 때 태양 빛이 강하고, 남중고도가 작을 때, 태양 빛이 약하게 느껴진다.
2. 모든 행성들은 정지되어 있는 태양 둘레를 타원궤도로 공전한다.
3. 지구는 자전축이 공전궤도면에 기울어져있다.



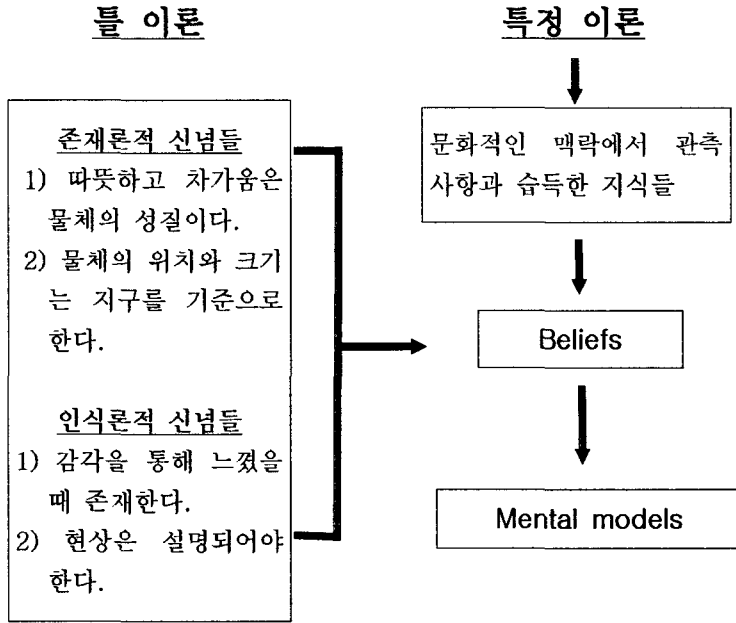


그림 1. 계절변화의 설명을 위하여 가정된 대안개념.

관계되는 신념들: 문화적인 맥락에서 관측된 사항과 습득된 지식들에 의하여 유도

1. 태양의 남중고도가 높을 때, 태양은 더욱 강해진다.
2. 태양의 남중고도가 낮을 때, 태양은 더욱 약해진다.

3. 지구가 정지된 태양주위의 타원 공전궤도에 의하여 지구와 태양사이 거리는 반드시 변화해야 한다.

정신적인 모델: 따뜻하고 차가워지는 기후 변화를 설명하는 메카니즘

1. 지구의 타원공전 운동에 의하여 태양이 가까워질 때, 남중고도도 높아지고 낮의 길이가 길어져서 따뜻해지고, 태양이 멀어질 때, 남중고도도 낮아지고, 밤의 길이가 길어져서 추워진다.

2. 태양 쪽으로 북반구가 기울어지면 남중고도가 높아진다. 태양 쪽에서 멀어지는 쪽으로 북반구가 기울어지면 남중고도가 낮아진다.

계절변화에 대한 대안개념의 구조를 앞의 제안에 적용한다면 다음과 같다. 앞의 그림 1과 같이 틀 이론은 존재론적이고 인식론적인 전제들과 특정이론인 문화적인 맥락 하에 학생들이 가지고 있다는 가정들이다. 예를 들면 열 개념에 대하여 “물체는 뜨거움이나 차가움 같은 성질을 가지고 있다.”라는 존재론적인 기본가정과 “어떤 물체가 존재하는 가는 단지 감각을 통해서만 알 수 있는데 거리에 따라 느낌도 다르다.”라는 인식론적인 기본 가정이 존재함을 알 수 있다. 또한 문화적인 맥락에서 학교 교실에서 습득되어진 우주관인데 그 것은 소위 ‘과장된 케플러 태양계 모델’이다. 그것은 틀 이론의 통제를 받은 특정이론으로 그러한 신념이 계절변화를 설명하는 정신 모형의 기초가 된다.

우리의 조사에 의한 계절변화에 대한 대안 개념의 구조를 이러한 제안에 적용한다면 다음과 같

표 4. 대부분의 중등 예비교사들이 가지고 있는 대안개념의 구조.

|                               |                  | 예비 2학년<br>(23-18-16명) | 예비 3학년<br>(23-21-19명) | 예비 4학년<br>(28-26-20명) | 응답<br>(전체-대안개념-타원<br>공전 궤도를 선택한 인원)        |
|-------------------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| 견고한 핵<br>(거리강화요인)             | 타원 공전            | 6                     | 12                    | 13                    | 과장된 타원 공전궤도를<br>선택한 예비교사들 중<br>거리이론을 가진 인원 |
|                               | 자전축 경사           | 1                     | 1                     | 1                     |  |
|                               | 계                | 7                     | 13                    | 14                    |  |
| 보호대<br>(거리 이론을<br>견지한<br>응답자) | 남중고도와            | 7                     | 9                     | 12                    | 자전축이 기울어짐<br>다른 설명                         |
|                               | 낮의 길이를           | 0                     | 4                     | 2                     |  |
|                               | 설명하기 위한<br>추가 설명 |                       |                       |                       |  |

다. 틀 이론은 존재론적이고 인식론적인 전제들과 문화적인 맥락 하에 학생들이 가지고 있다는 가정들이다. 예를 들면 열 개념에 대하여 “물체는 뜨거움이나 차가움 같은 특성을 가지고 있고 있다.”라는 존재론적인 기본 가정과 “어떤 물체가 존재하는가는 단지 감각을 통해서만 알 수 있는데 거리에 따라 느낌이 다르다.”라는 인식론적인 기본 가정이 존재함을 알 수 있다. 또한 문화적인 맥락에서 습득되어진 우주관인데 그 것은 소위 과장된 케플러 태양계 모델이다.

(2) 계절변화에 대한 대부분의 예비교사들이 가지고 있는 대안개념 모형: Lakatos의 기준틀의 적용(Niaz 1998)

요약하면, 지구가 명백한 타원궤도로 태양주위를 공전하지 않는다면[삭제 기준의 적용(criterion 1)], 지구는 태양주위를 공전하는 행성이 아니다. 그렇게 된다면 지구에서 일어나는 현상들을 설명할 수 없다[학생들의 이해의 전 기준틀 포기(criterion 2)]. 거리의 이론이 나타나는 명백한 타원궤도로 도저히 설명할 수 없는 지표면 중위도에서 일어나는 현상인, 남중고도의 차이로 인한 낮의 길이의 변화는 자신들이 이미 선언적인 지식으로 알고 있는 자전축이 기울어진 것을 추가해서 설명하지만, 자신들의 타원궤도에 의한 거리 이론은 계속 남아있다[핵심신념을 보호하기위한 보조가설(criterion 3)].

표 4와 같이 대부분의 예비교사들이 가지고 있다고 가정할 수 있는 대안개념의 견고한 핵과 보호대를 구분하여 구별한다면 다음과 같은 가능성들을 말할 수 있다.

예비교사들의 핵심 신념: 대부분의 예비교사들[전체 인원 중 74.3%, 대안개념을 가진 인원 중 82%)은 과장된 타원공전궤도를 선택한 후, 계절의 변화를 태양과 지구사이의 거리에 따른 태양복사 에너지의 차이(타원의 공전궤도)로 소위 거리의 이론(거리 변화 1)으로 설명하고, 일부분의 예비교사들은 자전축이 기울어지면, 그것도 또한 거리가 변하는 요인이 되어 거리효과(거리 변화 2)가 있다고 설명하려한다. 즉, 타원궤도에 의한 공전은 거리 이론에 강력한 영향력을 받고 있다는 것을 알 수 있다.

예비교사들의 보호대: 위와 동일한 핵심신념을 가진 예비 교사들 중 대부분은 계절 변화에 대한 전문학적 개념인 지구의 자전축이 공전궤도면에 기울어져서 자전과 공전을 한다는 사실로, 태양의 남중고도와 낮의 길이 등을 설명하지만 거리 이론에 영향을 받는 태양에너지의 열원의 증가로 불완전한 응답을 하였다. 그러나 지구의 공전 궤도 모양은 대부분 과학적 개념과 다른 이심률이 큰 타원

궤도를 선택하여 계절 변화를 설명한다는 것으로 나타난다. 그 결과는 이미 예비교사들은 위의 천문학적 개념은 학습한 결과로, 지구도 다른 행성처럼 동일한 타원 궤도를 가지고 있지만, 이심률이 작은 타원체라는 사실을 강조하지 않았거나, 잊었기 때문에 나타난다고 할 수 있다.

### (3) 계절변화에 대한 예비 중등교사의 대안 개념 모형의 구조와 형성과정

Vosniadou & Brewer(1994)는 아이들의 우주관의 개념발달에 영향을 주는 최소한의 두 가지 차원의 제한 조건들을 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 정신 모형의 종류를 제한을 한다는 것이다.

그러나 일단 구성되어진다면, 지구와 같이 특정한 천체의 표현은 개념변화에 있어서 제 2차적 제한조건의 근원이 된다. 하나의 특정 이론은 물질의 특성과 행동을 기술하는 일련의 내적으로 연관된 제안들, 신념으로 구성되어 있다. 이러한 특정이론은 틀 이론의 통제하에서 문화적 맥락에 근거하여 관찰한 것을 설명하거나 정보를 표현할 때 생성 되어진다.

① 어린 시절 태양을 하나의 천체가 아닌 물체인 열원으로 지구보다 뜨거운 성질을 가지고 있을 뿐만 아니라 에너지의 세기는 열원의 양의 크기로 생각하기 때문에 그 열원이 멀고 가까워지면 다르다는 관점을 마음 깊이 무의식속에 간직하고 있다.

정신 모형의 종류를 한정시킬 뿐만 아니라 과학적 모델로 변화하기 어려워지는 결정적인 역할을 한다. 결국 성인이 되면 이러한 신념만 남는다. 이것이 바로 Lakatos의 견고한 핵에서도 견고성이 강력한 틀 이론이다.

② 마음깊이 새겨진 위의 틀 이론과 그 틀 이론에 통제되어진 특정이론으로 문화적인 맥락에서 태양에너지의 세기가 변화된다는 관측적인 사실과 습득되어진 태양중심설의 케플러 법칙(열원의 거리 이론이 잘 맞는)이 변질되어 자신의 신념이 되어 소위 Lakatos의 견고한 핵을 구성한다고 할 수 있다. 그러나 견고성은 틀 이론보다 작다.

핵을 가장 잘 보호하기 때문에 우리의 연구에서는 견고한 핵의 일부라고 가정하였다. 그러나 틀 이론을 보호하는 특정 이론으로 보호대의 구실도 한다고 할 수 있다.

③ 현상은 반드시 설명되기 위해서는 남중고도와 낮의 길이 변화는 지구 자전축의 경사가 고정된 채로 공전과 자전을 해야 한다는 것이다. 그러나 이러한 특정이론은 위의 틀 이론에 제한을 받아 단위면적당 받는 에너지보다는 자전축의 경사로 닿는 면의 거리에 따라 태양 에너지(열원)를 많이 받는다는 것이므로 불안정한 과학적 개념이 추가된, 일종의 합성모형을 형성한다. 그리고 이 모델이 Lakatos의 보호대로 작용하는 것이다. 위의 타원공전궤도(6차 교육과정의 고교과정 중 공통과학, 물리2, 지구과학2)보다 과학적 개념(초등학교 과학 6-2)은 시기상으로 먼저 습득하게 되지만, 틀 이론인 거리이론의 통제를 상대적으로 덜 받기 때문에 습득이 어렵고 시험용으로 암기하기 때문에 쉽게 잊게 된다. 이 부분은 단순히 특정이론의 추가라고 할 수 있다.

Kikas(1998b)에 따르면, 실제로 고등학교에서 수업은 단순히 암기하는 과학의 내용(암기될 일련의 사실들, 정의들, 그리고 도표들로서 태양계의 구조와 천문 현상)이 되었다고 하였다.

예비 중등교사들이 계절변화를 설명하는 과정을 인터뷰를 통해서 가장 빈도가 많은 사항들로 재구성하여 다음과 같이 정리하였다. 질문의 내용은 어떻게 예비교사 자신이 가지고 있는 대안개념의

핵심 신념을 보호하려고 어떻게 시도하는가에 주요한 초점을 두었다. 다음은 과장된 타원공전궤도를 선택 후 근일점에 여름을 위치시킨 예비교사들과의 인터뷰이다. 우리가 중요하게 다루고 결국에는 부서트려야하는 대안개념이다. 보호대의 지축의 경사와 공전을 가지고 남중고도의 변화를 설명하지만 열원의 에너지 증가로 불완전한 과학적인 설명으로 나타나는 경향이 있다.

ex)

연구자: 학생은 어떤 이유로 이와 같이 약간 과장된 타원공전궤도를 선택 했습니까?

응답자 1: 제가 알기로는 음..., 지구가 타원 궤도를 가지고 태양주위를 공전한다는 것은 당연 하지 않을까요?

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

응답자 1: 아무래도 태양과 가까운 거리에서 있으면, 여름 먼 거리에 있으면 겨울이 되지 않겠어요?

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

응답자 1: 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?

응답자 1: 태양빛이 바로 위에서 비추니 강해져서 지표면의 온도가 올라갑니다.

연구자: 어떻게 강해집니까?

응답자 1: (잠시 머뭇거림...) 아무래도 태양이 강해지겠지요.

응답을 보면, 적은 수지만 지축이 기울어져서 태양의 남중고도와 낮의 길이를 설명하면서도 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 나타내기 때문에 위와 같은 종류로 분류하였다.

ex)

연구자: 학생은 어떤 이유로 약간 과장된 타원 공전궤도를 선택 했습니까?

응답자 2: (약간 망설이며...) 지구를 포함한 모든 행성은 타원 궤도를 가지고 공전 한다고 배웠습니다.

연구자: 그렇다면, 그 궤도위에 계절별로 지구의 위치로 계절 변화가 일어나는 설명을 설명할 수 있습니까?

응답자 2: 지구의 자전축이 기울어져 있기 때문에 가까운 쪽으로 기울어지면 여름이고 먼 쪽으로 기울어지면 겨울이겠지요.

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

응답자 2: 정확하게는 모르지만, 자전축이 기울어지면, 낮의 길이와 태양의 남중고도가 변한다고 알고 있습니다.

위와 같은 개념을 가지고 있는 예비교사들[23명중 7명(2년), 23명중 13명(3년), 28명중 14명(4년)]은 학년이 올라갈수록 그 수가 증가하는 경향이 있다.

(4) 예비교사들이 가지고 있는 과도기적인 개념 모형

Vosniadou(1994)에 따르면, 하나의 유년 적 이론에 속하는 전제들의 제한, 개정들을 통하여 개념들의 재구조화가 이루어진다고 하였다. 여기서 제한 혹은 중지라는 내용은 적용 범위를 제한시킨다는 것을 뜻하고, 개정이라는 것은 설명 틀의 변화를 가져 온다는 것이다. 지구는 명백한 타원궤도를 가지고 공전하면서, 태양에 가까운 경우에는 오히려 겨울(55명중 21명)이라는 내용을 암기했을 뿐, 태양의 남중고도와 낮의 길이의 변화는 선언적인 지식으로 전에 학습한 지구의 자전축의 경사로 설명하려는 설명 체계를 가지고 있었다. 그러나 틀 이론에 해당하는 거리 이론은 억제되어 나타나지 않으나, 특정이론에서 중요한 위치를 차지하는 이심률이 큰 타원인 공전궤도를 가진다는 신념에는 아직은 변화가 없다. 기초천문학을 이수한지 1년 미만인 학생들이 가지는 개념이다.

과장된 타원궤도를 가지고 있으나, 거리효과는 제한 혹은 일시정지(suspension)되어 있으며 표면상으로는 빛의 경사로만 계절변화를 설명하기 때문에 논리적으로 매우 불완전한 단계로 대체적으로 일반천문학을 이수한지 1년 미만인 예비교사에서 상대적으로 많이 나타난다.

Laburu & Niaz(2002)은 학생들과 상호작용(conflicts, controversies, and arguments)을 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 핵(hard-core)에 의문을 제기해서, 하나의 과도기적인 모형(Transitory Model)을 구축한다. 우리는 그 단계에 해당하는 개념이 있다고 주장한다.

우리는 편의상 거리 이론을 일시 정지된 과장된 타원궤도의 대안개념 모형으로 분류하였다. 기초천문학을 이수한지 1년 미만인 학생들[23명중 8명(2년), 23명중 6명(3년), 28명중 5명(4년)]이 많이 가지는 개념이며, 학년이 증가할수록 감소한다. 그러한 인터뷰는 다음과 같다.

ex)

연구자: 학생은 어떤 이유로 약간 과장된 타원궤도를 선택 했습니까?

응답자 3: (자신 만만하게)지구의 공전궤도의 선택은 당연히 타원궤도죠. 모든 행성의 공전 궤도는 타원궤도가 아닐까요?

연구자: 그렇다면, 그 궤도위에 지구의 위치로 계절 변화를 설명하는데, 명백한 타원궤도인데 어떤 이유로 가까운 곳에 겨울입니까?

응답자 3: 가까운 경우는 겨울이고 먼 곳에 위치할 때는 여름이라는 사실은 전부터 알고 있었습니다. 아....., 그 이유는 정확하게 잘 모르겠습니다.

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

응답자 3: 지구의 자전축이 바로 서있지 않고 경사져 있다고 알고 있죠. 지금 생각하니 그것으로 인하여 남중고도가 변하는 효과가 있다는 것을 이해할 수 있습니다. 음.....음, 아마도 계절의 변화는 지구의 타원궤도 영향보다도 자전축의 경사라는 생각이 들지만...., 어렵군요

연구자: 남중고도가 높으면 왜 지표면의 온도가 올라갑니까?

응답자 3: 고도가 높아지면 같은 면적에 비추는 태양에너지의 세기가 강해지는 것으로 알고 있습니다.

#### (5) 과학적 개념 모형

적은 수의 예비교사들(12.2%)은 원에 가까운 지구의 공전궤도를 선택한 예비교사들은 거리의 효과는 나타나지 않고, 과학적인 개념인 햇빛이 비추어진 경사에 따른 효과로 계절 변화를 정확하게 설명하고 있었다. 우리가 목표로 하는 개념이다. 기초 천문학을 이수한 1년 미만인 2학년[23명중 5명(2년), 23명중 2명(3년), 28명중 2명(4년)]이 상대적으로 많으나 학년이 증가할수록 감소한다. 그러한 인터뷰는 다음과 같다.

ex)

연구자: 학생은 어떤 이유로 거의 원에 가까운 공전궤도를 선택 했습니까?

응답자 4: 지구는 원에 가까운 타원궤도라고 알고 있습니다. 이심율을 고려하라고 했기 때문입니다.

연구자: 그 궤도위에 지구의 위치로 계절 변화를 설명할 수 있습니까? 거의 원에 가까운 타원 궤도인 데 어떻게 계절이 변화합니까? 대안이 있습니까?

응답자 5: 음음... 거리보다는 자전축이 공전궤도 축에 대하여 기울어져서 공전하기 때문에 빛의 경사각이 다르기 때문에 지표면 같은 면적에서 받는 에너지가 다를 뿐만 아니라 쬐여주는 시간도 다르죠.

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

응답자 5: 앞에서 말씀드린 것처럼 태양은 지표면상의 거리보다 상대적으로 멀기 때문에 빛이 나란하다고 가정하면 지구의 자전축이 기울어져서 공전하기 때문에 북반구에서 남반구보다 상대적으로 빛의 경사각이 크기 때문에 남중고도가 클 뿐만 아니라, 낮의 길어집니다.

표 5는 계절변화 설명에 대한 학년별 예비중등교사들의 개념을 분류하여 나타낸 것이다. Vosniadou(1994)에 따르면, 그들이 가지고 있다고 가정할 수 있는 대안개념의 틀 이론과 그것을 강력히 지지하는 신념, 그리고 남중고도와 낮의 시간을 결정하는 ‘자전축의 경사’는 특정이론의 역할을 하고 있다. 태양의 고도와 남중고도의 설명하는 자전축의 경사가 태양을 먼 천체로 보는 경사이론이 나타나면 과학적 설명으로, 거리이론을 지지 혹은 다른 설명들은 불완전한 설명으로 분류하였다.

과장된 타원궤도를 가지고 있으나, 거리효과는 제한 혹은 일시 정지(suspension)되어 있으며 표 면상으로는 빛의 경사로만 계절변화를 설명하기 때문에 논리적으로 매우 불완전한 단계로 대체적으로 일반천문학을 이수한지 1년 미만인 예비교사에서 상대적으로 많이 나타난다. 거의 원에 가까운 타

표 5. 예비 중등교사들의 개념의 분류: 계절변화 설명.

| 개념의<br>종류 | 틀이론                       | 특정이론                                 |  | Vosniadou(1994,<br>1996, 2002) |           |               |              |              |  |
|-----------|---------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------|-----------|---------------|--------------|--------------|--|
|           |                           | 가정과 신념들                              |  | 태양의 남중<br>고도와 낮의<br>길이 설명      |           | Lakatos(1970) |              |              |  |
|           |                           | 핵심 신념(hard core)                     |  | 보호대                            |           | 예비            | 예비           | 예비           |  |
|           |                           | 지구공전<br>궤도모형                         | 거리 이론의<br>강화요인 순서<br>타원 자전축 등근<br>공전 경사 지구 | 불완전<br>설명                      | 과학적<br>설명 | 중등2<br>(23명)  | 중등3<br>(23명) | 중등4<br>(28명) |  |
| 대안<br>개념  | 열원(태양)의<br>거리 이론          | 측면형<br>과장된 원형<br>과장된 타원형<br>(근일점 여름) | 1 3<br>1 0<br>21 1 0                       | 1 4<br>0 1<br>0 30             | 2 17      | 1 1<br>1 6    | 1 13         | 3 0<br>0 13  |  |
|           | 열원(태양)의<br>거리 이론을<br>일시정지 | 과장된<br>케플러형<br>(근일점 겨울)              | 0 2<br>0 2                                 | 0 2                            | 17        | 8             | 6            | 5            |  |
| 과학적<br>개념 | 천체(태양)의<br>경사 이론          | 거의 원형                                | 0  | 0                              | 9         | 5             | 2            | 2            |  |
| 혼합형       | 뚜렷하지 않음                   |                                      |  |                                |           | 2             | 1            | 5            |  |

원궤도를 가지며, 열원의 거리이론이 천체의 경사이론에 의한 개정(revision)으로 정확한 과학적 개념을 가진 인원은 기초 천문학을 이수한 1년 미만인 2학년이 상대적으로 많으나 학년이 증가할수록 감소한다.

그러나 Kikas(1998a)가 조사한 초 중등학교 학생들의 분류는 계절변화의 설명들을 조사 했으나 핵심 신념에 따른 분류는 하지 않았기 때문에 엄격하게 중등 예비교사의 개념과 비교하기는 무리지만, 거리 이론은 학년이 올라간다 하더라도 줄어들지 않고 상존하고 있을 뿐만 아니라 오히려 상승하고 있다고 보고하였다. 이러한 사실은 우리도 발견되었다. Atwood & Atwood(1996)는 예비 초등교사의 계절의 설명에서 거리효과가 53.1%로 나타났을 뿐만 아니라, 우리가 조사한 예비중등교사의 전체평균(57.2%)으로 높은 비율로 역시 나타난다. 숫자는 핵심 신념의 핵이 동일한 경우의 응답자 수를 표현 한다. 동일하지 않은 경우는 혼합형을 분류하였다.

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

개념변화의 다양한 기술들을 요약하는 가장 눈에 띄는 테제는 큰 변화가 존재하고 작은 변화가 있다는 것이다. 가장 기본적인 수준에서, 지식의 단순한 추가를 수반되는 개념구조에서 일어날 수 있는 변화가 존재한다. 이러한 개념의 종류를 재구조화를 수반하지 않는 지식의 축적(Carey 1985), 추가의 메카니즘에 의한 살찌우기(Vosniadou 1994)로서 기술 되어진다. 대신, 단순한 추가보다는 오

히려 기존의 개념구조에 변화를 수반하는 개념구조의 변화가 있다. 이러한 개념의 변화를 소위 개정(Vosniadou 1994), 재구조화를 수반하는 지식의 축적(Carey 1985)라고 한다. 후자의 학습의 종류는 개념의 변화로서 가장 공통적으로 기술되어지고, 대부분의 이론가들에 의하여 강한 개정과 약한 개정으로 나누어진다.

표 5는 대안개념에서 과도기를 제외한 대안개념은 어린 시절에 형성된 개념이 현재 개념의 중심을 이루고 있음을 알 수 있다. 그 개정은 단순한 추가 혹은 약한 개정임을 보여준다. Spelke(1991)는 사물에 대한 어린 아동의 지각과 추론을 유도하는 물리적 사물에 대한 초기 표상이 사물에 대한 성인의 직관적 개념의 핵으로 남는다고 하였다. 따라서 물리적 사물에 대한 인지발달은 Piaget(1954)이 언급한 급진적 변환이 아니라 모든 초기개념이 풍요로워 지는 것을 의미한다고 볼 수 있다. 또한 Spelke(1991)는 사물개념의 발달 역사는 직관적인 성인의 물리적 추론의 일부인 모든 개념의 전형이라고 말하였다. 게다가 일상적인 물리적 지식의 습득은 과학적 지식의 습득과 다르다고 하였다. 과학적 지식의 발달은 급진적인 개념변화를 포함한다. 반대로 직관적인 개념들은 정신적으로 표상된 세계의 실체를 결정하는 이론의 특성 때문에 제한을 받는다.

우리는 천문 현상을 이해하는 데 학생들이 어려움을 느끼는 것은 구체적인 지식의 부족이라기보다는 큰 규모의 크기와 그들과의 관계를 이해하는 것이 부족하기 때문이라고 주장한다. 예를 들면, 학생들은 지구의 곡률을 무시하고 태양을 천체가 아닌 열원으로부터 발산하는 방법으로 지구에 떨어지는 태양광선을 상상한다는 것이다. 우리는 그것을 전등 개념이라 하였다

## 4. 결론 및 제언

### 4.1 결론

본 연구는 이상과 같이 중등학교 예비교사들의 계절 변화에 대한 사고를 알아보기 위하여, J대학교 사범대학 과학교육학부의 74명을 대상으로 조사한 결과를 비교·분석하였다.

우리는 이러한 결과를 토대로 계절 변화를 설명하는 예비 중등교사 교사들의 대안 개념의 구조를 알아보았다

첫째, 계절변화에 대한 천문학적 개념: 계절변화의 배경지식이 되는 천문학적인 개념간의 관계를 알아보기 위하여 제시한 각각의 항목 중에서, 가장 많은 대안 개념을 보인 항목은 명백한 타원 궤도를 나타내는 지구의 공전궤도의 선택이 가장 높은 비율을 차지했다. 반면에 원 궤도를 선택한 학생들 전부는 정확한 개념을 가지고 계절변화를 설명하고 있었다. 그것은 대부분의 예비 교사들의 계절 변화의 대안 개념의 기원이 이심률이 큰 타원인 공전궤도가 계절 변화를 설명하는데 매우 큰 영향을 주고 있다는 것을 알 수 있다. 과학적 개념이나 이론들이 개념 간에 서로 관련되는 소위 “개념 생태학적”(Toulmin 1972)으로 의존적인 관계를 맺고 있음을 확인 할 수 있다.

둘째, 계절 변화를 설명: 계절 변화 이유 등의 개념 유형을 조사하였다. 그 결과, 예비 교사는 정확한 설명은 예비 2학년 21.7%, 예비 3학년 9%, 예비 4학년 7%로 아주 작을뿐만 아니라 점점 낮아지고 있었다. 반면에 예비교사 대부분이 57.2%가 명백한 대안개념인 거리의 이론이 대단히 높은 비율을 보였다. “계절에 대한 학생의 설명은 태양과 지구사이의 거리에 관계한다(Lightman & Sadler 1993)”라고 보고한 것처럼 소위 “거리이론”이 대단히 중요하게 나타남을 알 수 있다. 그 내용은 Kikas(1998a,b)가 조사한 내용과 대체로 일치하는 내용이다:



학생들은 거리 이론(distance theory)은 변화에 매우 저항적이라는 내용이다. 그 이유는 계절 변화를 학교에서 과학적 설명을 배운다 하더라도, 잘 이해하지 못하든지, 잊어버리는 것이라고 하였다(Kikas 1998a). 또한 장시간에 걸친 조사에 의하면, 학생들은 과학적인 정의, 설명들, 사실들을 잊고서, 그들의 일상적인 지식을 사용한다는 것이다(Kikas 1998b).

셋째, 예비 중등교사들의 대안 개념에 대한 틀 이론에 의한 심층적인 전제와 신념, 그리고 그들의 개념의 종류: Vosniadou & Brewer(1992)는 지구와 낮/밤의 순환에 관련된 현상들을 설명하고 예상하기 위해서 일관성 있게 아이들은 자신들이 사용한 한정된 수의 잘 정의된 모형에 의존한다고 주장하였다. Vosniadou(1991)는 다음과 같이 기술하고 있다:

학생들은 그들의 확실한 신념들이 세계에 대한 명백한 진실들이라고 고려하기 때문에 (어른들에게도 명백하게 진실들이 되는 것처럼), 그들은 어른들이 실제로 이해하는 것들은 어른들이 잘못 이해한다고 생각한다. 그들의 신념들에 어긋나지 않는 방법으로, 반-작관적인 정보(counter-intuitive information)를 해석하는 데에, 학생들은 일종의 오 개념인 합성모델(synthetic models)을 구성 한다.

“틀 이론(Vosniadou & Brewer 1994)”를 적용하면, 예비교사들은 계절변화 설명으로 거리 이론(틀 이론)을 강력히 지지하는 과장된 타원공전궤도에 의한 태양에너지의 변화라는 신념(특정이론)을 견지하며, 거리 이론이 상대적으로 약한 지축이 기울어지므로 햇빛의 경사도 영향을 준다는 설명을 추가시켜서 계절의 변화(특정이론)를 설명하려는 경향이 나타나고 있었다. 이미 선언적인 지식인 지축이 기울어져 있다는 일종의 보호대를 가지고 있었다.

또한 Lakatos(1970)의 연구프로그램으로 해석하면, 심층적으로 어린시절 형성되었던 거리이론과 이심률을 고려하지 않은 타원 공전 궤도라는 신념으로 학교에서 잘못 전달된 비과학적 개념(핵), 그러한 핵을 보호하기 위하여 자전축이 기울어져서 공전 한다는 과학적 개념(보호대)을 추가하는 나름대로의 일관성이 있는 개념구조를 가지고 있다고 할 수 있다. 또한 예비교사에게는 아직 타원궤도라는 신념에 의심을 가지는 과도기 단계를 가진다는 것을 발견할 수 있었다. 특히 저학년(2년)에 이러한 생각이 나타난다.

#### 4.2 제언 및 시사점

대체적으로 예비교사들은 유아기에 이미 형성되고 일상생활의 경험에 의하여 형성된 심층적인 신념과, 잘못 전달된 학교의 지식과 혼합된 합성 모형을 나타내고 있다. 예를 들면, 소위 거리이론을 지지하는 행성의 궤도에서 이심률을 고려하지 않고 극단적인 타원 궤도라는 신념을 가지고 있었다. 시간이 지남에 따라 정확한 과학적 현상을 잊어버려서 일상적인 생활 경험인, 열을 내는 열원이 가까우면 따뜻하고 멀면 추워진다는 아주 기초적인 일상적인 생활 경험으로 되돌아간다. 이러한 개념은 그들 나름대로 일관성이 있기 때문에 오랫동안 견고하게 남아있을 수 있다고 하겠다. 그러한 이유로, 교과서의 내용을 강조하기 전에 적어도 학생들의 잘못된 핵심신념을 교정할 수 있는 교과서의 내용을 담아주어야 한다. 예를 들면, “많은 학생들은 거리 효과가 계절변화라고 하지만, 사실은 지구의 공전궤도가 거의 원에 가까운 타원 궤도다.”라는 교과서 서술이 절대적으로 필요하다고 할 수 있다. 이러한 내용은 국내의 교과서에서는 거의 찾아보기 어려운 실정이다. 일관성이 적은 과도기 모형은 개념변화의 지시(Watson et al. 1997)로서 우리가 연구해야 할 문제라고 생각된다.

우리는 천문 현상을 이해하는 데 결정적인 역할의 광학분야에서 학생들이 어려움을 느끼는 것은 구체적인 지식의 부족이라기보다는 큰 규모의 크기와 그들과의 관계를 이해하는 것이 부족하기 때

문이라고 주장한다. 천문현상을 이해하는데 구체적인 지식(Kikas 1998a)과 연결되어 있다는 다른 학자들의 연구와 우리의 연구의 차이점이다. 예를 들면, 학생들은 지구의 곡률을 무시하고 발산하는 방법으로 지구에 떨어지는 태양광선을 상상한다는 것이다. 우리는 그것을 전등 개념이라 하였다.

끝으로, 학습과정에서 교사들의 개념은 중요하다. 특히 훈련받지 않은 예비교사들은 그들의 학생들과 비슷한 대안 개념을 가지고 있다는 것은 시사하는 바가 크다.

### 참고 문헌

- 강용희, 임성규, 오준영 2004, *중등교육연구*, 52, 613
- 김찬종, 이조옥 1996, *한국지구과학회지*, 17, 8
- 명전옥 2001, *한국지구과학회지*, 22, 339
- 오준영, 채동현 2004, *중등교육연구*, 52, 427
- Atwood, R., & Atwood, V. 1996, *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 553
- Baxter, J. 1995, In *Learning Science in the schools*, eds. S. M. Glynn & R. Duit (Mahwah, NJ: Erlbaum), pp.155-178
- Beilin, H. 1985, in *Genetic Epistemology: Yesterday and today*, ed. T. S. Evans (New York: City University of New York ), pp.107-125
- Carey, S. 1985, *Conceptual change in childhood* (Cambridge, MA: MIT Press)
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. 1993, *Review of Educational Research*, 63, 1
- Diakidoy, I., Vosniadou, S., & Hawks, J. D. 1997, *European Journal of Psychology of Education*, 12, 159
- Duschl, R. A., & Gitomer, D. H. 1991, *Journal of research in science Teaching*, 28, 839
- Granrud, C. E. 1989, In *Visual perception and cognition in infants*, ed. C. E. Granrud (Hillsdale, N.J.: Erlbaum), p.66
- Kikas, E. 1998a, *British Journal of Educational Psychology*, 68, 505
- Kikas, E. 1998b, *Learning and Instruction*, 8, 439
- Kuhn, T. S. 1970, *The structure of scientific revolutions* (Chicago: University of Chicago Press)
- Kuhn, T. S. 1977, *The essential tension* (Chicago: University of Chicago Press)
- 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 (London: Cambridge University Press), p.91
- Lightman, A., & Sadler, P. 1993, *The Physics Teacher*, 31, 162
- Niaz, M. 1998, *Science & Education*, 7, 107
- Nussbaum, J. 1989, *International Journal of Science Education*, 11(special issue), 530
- Parker, J., & Heywood, D. 1998, *International journal of science education*, 20, 503
- Piajet, J. 1954, *The construction of reality in child* (New York: Basic Books)
- Schneps, M. H. 1988, *A private universe [video tape]* (CA: Pyramid Film and Video)

- Spelke, S. E. 1991, In *The epigenesis of mind: Essays on biology and cognition*, eds. S. Carey & R. Gelman (Hillsdale, NJ: Erlbaum), p.133
- Strike, K. A., & Posner, G. J. 1985, In *Cognitive structure and conceptual change*, eds. L. H. T. West & A. L. Pines (Orlando, FL: Academic Press), p.211
- Toulmin, S. 1972, *Human Understanding*, Vol.1: General introduction and Part I. (Princeton, NJ: Princeton University Press), pp.300-318
- Vosniadou, S. 1991, *Journal of Curriculum Studies*, 23, 219
- Vosniadou, S. 1994, *Learning and Instruction*, 4, 45
- Vosniadou, S. 1996, *Learning and Instruction*, 6, 95
- Vosniadou, S. 2002, In *Model based reasoning. Science, technology, values*, eds. L. Magnani & N. Nersessian (New York: Kluwer Academic/plenum Publishers), p.353
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. 1992, *Cognitive Psychology*, 24, 535
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. 1994, *Cognitive Science*, 18, 123
- Watson, J. R., Prieto, T., & Dillon, J. S. 1997. *Science Education*. 81. 425

부록 1. 천문 강좌에 대한에 대한 기초설문

이 조사는 강의에 도움이 되고자 하오니 성의 있는 답변을 요구 합니다. 그러나 여러분의 학점과는 무관합니다.

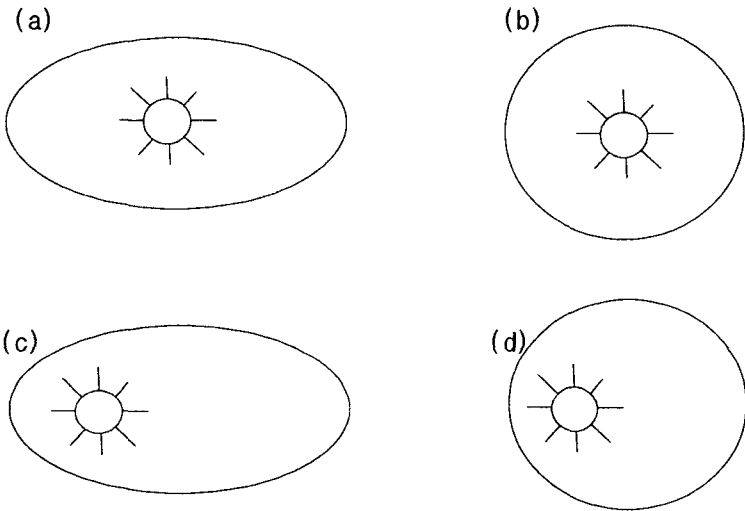
1-1. 지구의 자전축은 무엇이며 무엇을 기준으로 자전축의 경사를 설명 할 수 있습니까?

1-2. 지구의 적도는 무엇인가?

1-3. 우리나라에서 낮 12시에 겨울과 여름 중 어느 계절에 태양의 고도가 높은가?

1-4. 무엇 때문에 겨울 보다 여름에 낮의 길이가 더 길죠?

1-5. 코페르니쿠스는 지구가 태양 주위를 공전한다고 한다고 한다. 지구가 공전을 하는 길은 대략적으로 어떤 모양인가(공전궤도의 위에서 내려다보고 이심률을 고려함)?



1-6. 위의 그림을 선택 후 봄, 여름, 가을, 그리고 겨울의 위치를 선택 한 그림의 위치에 나타 내 보시오.

1-7. 우리나라에서 무엇 때문에 차가운 겨울에서 무더운 여름으로 변하는가?

부록 2. 설문지에 대한 인터뷰

2-1. 학생은 이 설문지에서 이러한 지구의 공전궤도를 선택한 이유는 무엇입니까?

2-2. 그렇다면, 그 궤도에 표시된 지구의 위치로 계절변화를 설명할 수 있습니까?

2-3. 또한, 여름에 남중고도가 높고 낮의 길이가 긴 이유도 설명할 수 있습니까?