

Lakatos의 방법론에 의한 예비 중등 교사의 계절 변화에 대한 설명의 근원 연구

오준영^{1,*} · 강용희¹ · 이효녕¹ · 김용기²

¹경북대학교 과학교육학부, 702-701 대구광역시 북구 산격동 1370

²충북대학교 천문우주학과, 361-763 충북 청주시 흥덕구 개신동 12

The Sources of Preservice Secondary Teachers' Explanations about Seasonal Changes Investigated with the Lakatosian Methodology

Jun-Young Oh^{1,*}, Yong Hee Kang¹, Hyonyong Lee¹ and Yonggi Kim²

¹Department of Earth Science Education, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

²Department of Astronomy and Space Science, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

Abstract: The purpose of this study was to investigate the alternative models of seasonal changes that preservice secondary teachers presented using the Lakatosian methodology. Participants included 74 undergraduate students who majored in science education within the college of education. Their responses to these questions revealed students' alternative models were inconsistent with scientific models. A great deal of this apparent inconsistency could be explained by assuming that the students used, in a consistent fashion, a alternative core belief on seasonal changes. This study also discussed the core beliefs and the possible sources held by preservice teachers in order to overcome their alternative models. The sources of alternative models may lie in the contents used in textbooks.

Keywords: seasonal changes, alternative models, core belief, the sources of alternative models

요약: 이 연구는 예비 중등 교사들을 대상으로 Lakatos의 방법론에 따라서 “계절 변화의 설명”에 대한 대안 모형을 조사하였다. 조사대상은 사범대학 과학교육학부 74명이다. 조사 결과 계절 변화에 대한 예비 중등 교사들의 설명은 과학적 모형과 불일치하는 대안 모형들을 가지고 있었다. 이러한 명백한 불일치의 대안 개념은 어떤 일관성 있는 방향으로, 자신들이 가지고 있는 대안 모형의 핵심 신념을 사용한다고 가정함으로써 설명되어 진다고 우리는 주장한다. 따라서 이 연구에서는 예비 교사들의 대안 모형을 극복하기 위해서 먼저 그들이 가지고 있다고 가정할 수 있는 핵심 신념들과 가능한 근원들을 알아보는 것이다. 그러한 근원들 중에서 교과서가 예비 교사의 대안 모형의 근원을 제공할 가능성을 배제할 수는 없다.

주요어: 계절 변화, 대안 모형, 핵심 신념, 대안 모형의 근원

서론

통상적으로 과학적 연구 활동은 연구를 조직하고 있는 관점, 다시 설명하면, 연구 문제를 정의하고, 그 문제를 해결하는 전략을 지시하고, 어떤 것이 문제의 해답이 될 수 있는가의 기준을 규정하는 역할을 하

고 있는 중심적 관점(central commitments)을 바탕으로 이루어져왔다. Lakatos(1970)는 과학자들의 중심적 관점을 “견고한 핵”이라 칭하고, 이 중심적 관점은 이것이 적용되고 경험에 의하여 지지 되도록 고안된 소위 연구 프로그램(research program)을 만들어 낸다는 것을 제안하였다. 개념변화는 이러한 중심적 관점이 수정되어야 할 요구가 있을 때 일어난다. 여기에서 과학자들은 자신의 기본적인 가정들에 대한 도전에 직면한다. 과학 탐구를 계속 진행시키려면 과학자는 새로운 개념들과 세계를 보는 새로운 방법을

*Corresponding author: jyoh3324@hanmail.net

Tel: 82-53-950-5916

Fax: 82-53-950-5946

습득해야 된다. Lakatos는 이것을 연구프로그램의 변화라고 보았다(Posner et al., 1982). Kuhn의 패러다임 전이의 혁명과학, Lakatos의 연구프로그램의 견고한 핵의 변화와 유사한 큰 규모의 변화에 초점을 맞추었다. 이는 어려운 개념변화 유형으로 조절, 개념 교환, 강한 재구성, 급격한 재구성을 포함한다. 근본적이지 않은 변화를 Kuhn의 정상과학내의 변화, Lakatos의 연구프로그램내의 보호대의 변화로 분류하였다(Harison et al., 1999).

어떤 종류의 개념변화는 하나의 개념 구조상에서 새로운 정보를 단순히 추가하지만, 다른 것들은 존재하는 신념들과 가정들이 개정될 때만이 개념변화가 이루어진다. 이러한 물리학의 기준틀 이론은 연구 프로그램들(research programs)과 패러다임들(paradigms)이 과학적인 이론의 발달을 규제한다고 생각되어지는 것들과 유사한 방법으로 물리 세계에 대한 지식 획득과정을 규제한다고 하였다(Kuhn, 1970; Lakatos, 1970).

개념변화에 관한 많은 연구 결과에서 인지갈등을 개념 변화에 중요한 요소로 여긴다(권재술, 1989; 권재술, 1992; Hashweh, 1986; Posner et al., 1982; Strike and Posner, 1992). 그러나 교사가 학생들의 대안개념이 부적절하다는 것을 드러내는 반대 예나 불일치 자료를 제시할 때조차도 이런 생각들은 많은 경우 변하지 않는다(Chinn and Brewer, 1993; Park and Kim, 1998; Shepardson and Moje, 1999). 물론 학생들은 자신들의 개념변화가 일어나야 된다면 대부분의 학생들은 자신의 개념에서 별로 중요하지 않은 부분에 변화를 시도하여, 보조가설을 제공함으로써, 그 핵심 되는 부분에 저항한다는 보고가 있었다(Niaz, 1998).

학생들이 계절변화에 대한 설명이 학교 수업의 영향력이 작고 확실하지 않다고 한다(Kikas, 1998a; 1998b). 일상적인 개념들이 나타나는 것은 역시 성인들도 마찬가지이다(Atwood and Atwood, 1996). 계절의 변화를 설명하는 유년적 설명을 변화시키는 데 가장 변화에 저항적이라는 것은 바로 거리 이론(distance theory)이다(오준영과 김유신 2006; 장명덕 외, 2001; 채동현, 1993; Baxter, 1995). 이 거리 이론에 따르면, 지구와 태양사이거리가 다르기 때문에 여름과 겨울의 온도가 다르다는 것이다. 아울러, 계절 변화에 대한 국내의 선행연구의 내용은 거의 대부분 오개념의 유형을 보여주는 연구들이다(정홍식, 2005).

따라서 오개념의 유형뿐만 아니라 그 근원을 조사하는 연구가 필요하다.

이 연구에서는 예비 중등교사들을 대상으로 계절변화에 대한 설명 구조와 유형을 탐색한다. 개인적 이론과 모형을 발달하게 하는 원인과 개인적 이론과 모형이 발달에 따른 개념 변화의 정도에 대해 조사하는 것이 이 연구의 주목적이다.

구체적으로 Lakatos(1970)의 방법론을 기초로 하고, Niaz(1998)가 제안한 대안 개념의 분류 기준에 따라, 계절변화에 대하여 예비교사들이 설명하는 틀의 구조와 유형을 탐색하기 위해서 다음과 같은 연구 문제를 설정하였다:

첫째, 예비 중등교사들의 계절변화 설명의 중심 이론은 무엇인가?

둘째, 예비 중등교사들은 계절 변화 설명에 대한 어떤 일정한 설명 구조와 유형이 있는가? 또한 이전의 초등예비교사에 대한 연구(오준영과 김유신, 2006) 결과와의 차이점은 무엇인가? 끝으로, 예비 중등교사들의 계절변화 설명의 가능한 근원들은 무엇인가?

연구 방법 및 절차

연구 대상

이 연구는 국립대학교 사범대학 과학교육학부에 재학 중인 2학년(23명), 3학년(23명), 4학년(28명)으로 74명의 학생들을 대상으로 하였다. 2학년은 지구과학 교육이 전공이며, 3, 4학년은 생물, 화학, 물리교육을 전공하는 학생들이다. 연구 대상들은 공통적으로 초, 중학교 과학교과에서 계절변화를 학습했으며, 대학 1학년 과정에서 교양 필수인 일반지구과학을 필수 교과목으로 이수한 학생들이다.

검사 도구

이 연구에서는 우선 학생들이 주로 가지고 있는 생각들을 조사하기 위해서 기존에 개발된 검사도구를 사용하였다. 검사도구의 결과를 토대로 면접법을 실시하여 그들의 생각들을 심층적으로 분명하게 알아보았다. Spelke(1991)는 사물에 대한 어린 아동의 지각과 추론을 유도하는 물리적 사물에 대한 초기 표상이 사물에 대한 성인의 직관적 개념의 핵으로 남는다고 하였다. 그의 주장을 받아들여 초등학생과 중등학생을 대상으로 Kikas(1988a; 1988b)가 개발한 문항들 중에서 오준영과 김유신(2006)이 사용한 지구의

공전궤도상에 계절을 나타내는 문항을 선택하여 사용하였다.

면접법은 지필 검사를 토대로 실시하였으며 기록들은 녹음을 하고 전사하여 분석하였다. 면담은 다음과 같은 질문들로 시작되었다:

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

다음 단계, 학생의 설문지에서 이러한 지구의 공전 궤도 위에 계절별 지구의 위치를 이러한 계절 변화가 일어나는 원인과 연결해서 설명할 수 있습니까? 아니면 또 다른 원인이 있습니까?

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

대안 모형의 구조 분석 및 유형의 분류 기준

첫 번째 단계에서는 처음 모형들 중에서 가장 핵심이 되는 중심 이론을 확인하였다. 그 다음 중심 이론의 고수 정도에 따라, 과학적 이론의 접근 정도에 따라 유형을 구분하였다. 먼저 대안모형의 분류기준으로 학생들과 상호작용(예, conflicts, controversies, and arguments)을 통해 학생들 스스로의 견고한 핵의 발전 정도를 반영하는 정도에 따라, 대안 모형(alternative model), 과도기 모형(transitional model), 그리고 과학적 모형(scientific model)으로 분류하였다(Laburu and Niaz, 2002). 그 기준은 다음과 같이 설정하였다(Table 1). 여기에서 거리이론을 보호하는 보조가설을 애드후크(ad hoc)로 보았으나, 새로운 이론인 경사이론은 ad hoc이 아니다. 그러나 이 연구에서

는 Laburu and Niaz (2002)의 제안에 따라서, 중심이론의 발달정도만 선택하여 대안모형, 과도기모형, 과학적 모형, 그리고 무 모형으로 분류하였다.

기존의 초등예비교사에 대한 연구(오준영과 김유신, 2006)에서는 Vosniadou(1994)의 제안에 따라 학생들의 개념을 크게 틀이론/framework theory)과 특정이론(specific theory)으로 구성된 구조물로 보고, 계절 변화 설명을 중심이론인 틀이론의 종류에 따라 모형 유형을 분류하였다. 그와 마찬가지로 이 연구에서는 Lakatos의 연구프로그램의 견고한 핵의 발달정도에 따라 동일한 기준으로 유형을 분류하였다.

대안 모형의 구조와 유형의 분석 절차

이 연구에서는 다음의 3단계 절차를 통하여 예비 교사들의 대안 모형의 구조와 유형을 분석하였다.

첫 번째 단계, 제일 먼저 기존의 문헌들을 통해서 계절의 변화를 설명하는 학생들의 중심이론을 찾고 확인하는 단계이다. 구체적인 조사 자료의 분석은 예비 초등교사에 대한 연구(오준영과 김유신 2006; Atwood and Atwood, 1996)에서 조사된 어린 시절의 경험이 믿음화된 '거리이론'의 유무를 우선 순위로 하였다. 면담을 통하여 일차적인 조사를 하고, 결과 분석을 바탕으로 심층적인 개별면담을 하여 태양과 지구 사이의 거리로 계절의 변화를 설명하거나, 혹은 다른 설명들에 대해 응답하는가를 조사하였다.

두 번째 단계, 처음의 중심이론을 보호하는 보조가설을 찾는 단계이다. 학교에서 습득한 지식들(예, 타원

Table 1. Criterion for the classification of students' responses as model types

견고한 핵의 발전 정도	중심이론의 종류	임시방편의 보조 가설의 수 (ad hoc의 수)	모형의 유형
가장 높다	하나의 과학적 중심이론	없다	과학적 모형
	인터뷰 도중, 처음에 가지고 있던 비과학적 이론이 잠시 정지되거나, 과학적 이론과 상호보완 관계로 상존	없다	과도기 모형
	과학적 중심이론 ≥ 비과학적 이론	1	
		2 이상	
↑	처음의 비과학적 중심이론을 고수하거나, 약하지만 과학적 이론을 추가	1개이거나, 새로운 이론을 단순히 추가	대안 모형
		2개이거나, 새로운 이론을 단순히 추가	
	비과학적 중심이론 > 과학적 이론	3개이거나, 새로운 이론을 단순히 추가	
가장 낮다	뚜렷한 중심이론 없음		무 모형

지구 공전궤도, 자전축의 경사, 등근 지구모양)이 거리 이론을 선택하는 데 어떻게 영향을 주는가를 조사하였다. 한사람이 자신의 중심이론을 보호하기 위해서 사용되는 천문학적 지식의 종류와 수가 다르기 때문에 총인원의 수는 다르나 전체적으로 어떤 천문학적 지식이 가장 많은 영향을 주는지를 알 수 있다. Table 2는 핵심 믿음(중심이론)과 그것을 강화하는 요인인 보조 가설들을 나타내는 것이다. 수를 '0'으로 표시한 것은 그런 응답이 없다는 것을 말한다.

세 번째 단계, 거리 이론으로는 설명되지 않는 일종의 변칙현상인 태양의 남중고도와 낮의 길이를 설명하기 위하여 '자전축의 경사'를 어떻게 사용하는지 면담으로 알아본다. 자전축의 경사도 태양과 지구사이 거리에 영향을 준다는 설명을 불완전한 설명으로 분류하고(대안개념의 확장형), 반면에 태양광선을 평행하다는 경사 이론을 지지하는 방향으로 자전축의 경사를 설명하는 것은 완전한 과학적 설명으로 분류하였다.

어떤 경우에, 학생들은 태양과 지구사이의 거리와는 무관하게 자전축의 경사도 남중고도와 낮의 길이에 영향을 준다고 하여 단순히 변칙사항을 설명하기 위해서 새로운 이론을 추가하여 사용한다. 그런 경우에는 ■로 표시 하였다(대안개념의 개정형). 다른 경우

는 자신의 처음 거리이론을 잠시 포기하고 경사이론으로 바꾸는 경우도 있다. 아니면 자신의 거리이론을 의심하지만 경사이론과 상존하는 경우도 나타난다. 이런 경우에는 ()의 표시는 처음에 거리이론을 지지하는 일종의 보호대가 나타나고 있으나, 변칙사항을 제시한 후에 자신의 생각을 의심하여 새로운 과학적 이론으로 바꾸었으나 확고한 변화는 없기 때문에 거리이론의 일시정지 혹은 경사이론과 상존하는 과도기 모형을 나타냈다(대안개념의 축약형 혹은 과도기 형).

이 연구에서는 일종의 임시방편의 보조가설 수는 고려하지 않고 처음의 중심이론의 수와 처음 이론의 고수여부만 고려하여 모형의 유형을 분류하였다. Fig. 1은 대안모형을 구성하는 요소들을 추출하는 방법을 순서대로 표현하였다. 중심핵을 지지하는 천문지식과, 새로운 변칙사항을 제시했을 경우에 나타나는 응답들은 서로 영향을 주기 때문에 역동적인 관계이다. 그러한 관계를 화살표로 나타내었다. 그리고 그 순서에 따라 코딩하는 예를 대화형식에 따라 제시하였다.

분석의 예:

1단계: 중심핵의 탐색

연구자: 우리나라에서 일 년을 주기로 태양에너지의 변화를 어떻게 설명합니까?

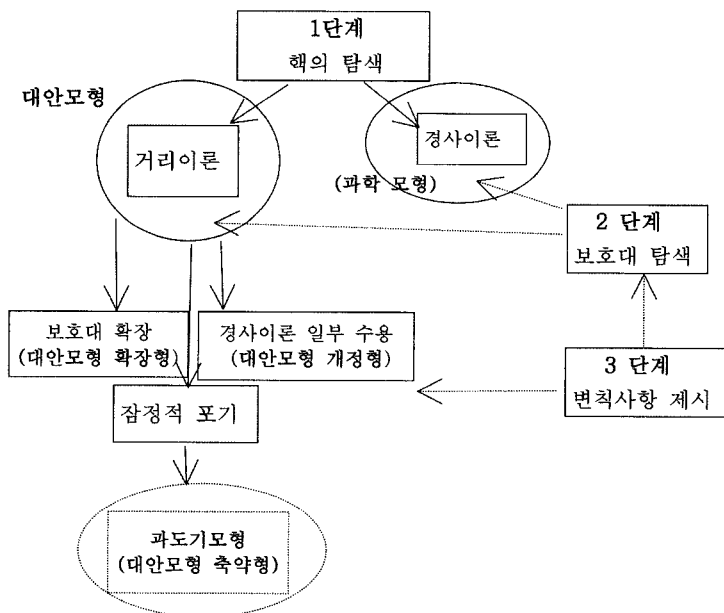


Fig. 1. Analyzing the process of the structure of students' alternative models.

응답자 1: 아무래도 태양자체의 변화보다는 태양과 지구사이의 거리가 변화가 가장 크다고 생각합니다.
(거리 이론의 중심핵 확인)

2단계: 중심핵의 보호대 탐색

연구자: 그러한 거리 변화에 따라 에너지가 변화한다면 학생이 그린 이런 타원궤도에서 설명해주세요.

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

(보호대인 타원궤도 확인)

3단계: 변칙사항 제시

연구자: 그렇다면 북반구가 여름이면 남반구도 같은 계절인 여름이 됩니까?

응답자1: (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?

응답자 1: 그것은 자전축이 기울어져 있기 때문이라고 생각합니다. 남중고도가 높으면 당연히 낮의 길이가 길지요. 또한 태양에너지가 지구로 많이 들어오지요.**(보호대의 확장: 자전축의 경사도 보호대)**

연구 결과 및 해석

연구 결과

이 연구에서는 초등예비교사의 연구(오준영과 김유신, 2006)를 통하여 계절변화의 설명에 영향을 주는 요인들인 중심 이론들이 중등예비교사들에게도 존재하고 있음을 확인하였다. 그러한 중심이론은 계절변화 설명에서 대부분 태양과 지구 사이의 거리 변화에 의한 ‘거리 이론’이 초등 예비교사 뿐만 아니라 중등 예비교사에도 나타남을 알 수 있었다. 학년이 높아질수록 증가함을 알 수 있다.

학생들의 구체적인 천문현상에 대한 핵심 믿음을 다시 확인하는 근거로 구체적인 천문현상의 핵심 믿음을 제거 하면, 자신들의 설명 틀을 포기하거나, 보조가설을 사용한다. 적어도 그러한 핵심믿음은 학생들이 현상들을 설명하기 위한 필요조건임을 확인 할 수 있다.

그 다음에 그 핵심이론에 따라 분류된 모형의 유형의 특징을 탐색하였다.

대안 모형의 핵심 이론 확인

대안 모형의 핵심신념을 다시 확인하는 방법은 Niaz(1998)가 제시한 Lakatos의 핵심신념 확인방법을 사용하였으며, 그 기준은 다음과 같다:

제거 기준: Beilion(1985)는 Piaget의 이론에서 하나의 유사한 문제에 직면할 때, 중요하지 않은 문제를 제거하는 기준을 제안하였다. 그 이론에서 하나의 구조물이 그 이론의 정체성에 명백한 손실 없이 제거될 수 있다면, 그것은 견고한 핵의 역할이 아니다. 한편, 제거로 인하여 실질적으로 그 이론에 손상이 되어 치료될 수 없는 방법으로 변경된다면, 그건 견고한 핵의 일부분이다.

견고한 핵과 보호대의 가정들: Lakatos(1970)는 하나의 이론 안에 견고한 핵과 보호대가 존재함을 제안 하였다. 견고한 핵은 전체 이론을 해체하지 않고는 수정될 수 없으나, 보호대는 기본적인 중심 가정들을 보존하는 동안 변경되어 질 수 있다. 보호대는 개념변화에 대한 기회가 주어진다면, 보조가설을 제 공함으로써 그 견고한 핵의 변화에 저항한다(Chinn and Brewer, 1993).

제거기준(criterion 1)의 적용함으로 핵심신념의 이해를 제거하게 되면, 학생들의 이해의 전 기준들(criterion 2)의 포기를 유도하게 된다. 그리고 나면 학생들 자신의 핵심신념을 보호하기 위해서 바로 보조 가설들을 사용한다(criterion 3). 이를 적용한 분석 예시를 보면 다음과 같다.

지구가 명백한 타원궤도로 태양주위를 공전함에 의하여 태양사이의 거리가 변화하지 않는다면(**제거 기준의 적용: criterion 1**), 지구는 태양주위를 공전하는 행성이 아니다. 그렇게 된다면 지구에서 일어나는 현상들을 설명을 할 수 없다(**학생들 이해의 전 기준들 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 거리효과는 계속 남아있다(**핵심 신념을 보호 하기위한 보조 가설: criterion 3**).

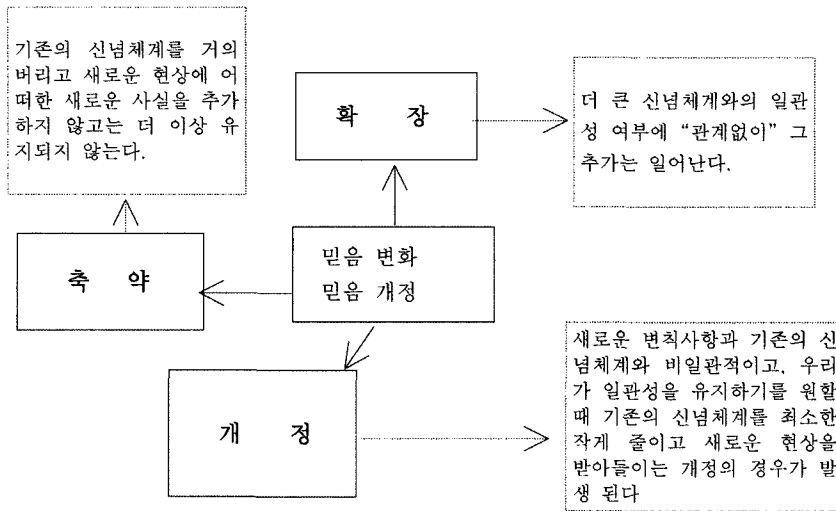


Fig. 2. Belief revision (Magnani, 2001).

예비 교사들의 대안 모형의 구조와 유형

Vosniadou(1991)에 따르면, 학생들은 천문학에서 질문이 요구되어 문제를 풀 때, 학생들이 당면한 문제 해결을 위해서 자신들의 정신 모형을 구성한다고 하였다. 지식이 습득되는 과정에서, 견고한 핵을 중심으로 보호대가 나타난다는 것이 Lakatos(1970)의 방법론이다. 이를 이용하여 Niaz(1998)가 제안한 학생들의 핵심신념의 발달정도에 따른 대안개념의 분류 기준에 따라 예비교사들의 대안 모형의 유형을 분류하였다. 그러한 유형은 대안 모형과 과도기 모형, 그리고 과학적 모형으로 구분하였다.

기존의 연구인 초등 예비교사들(오준영과 김유신, 2006)과 중등 예비교사들이 계절변화를 설명하는 설명체계는 구조와 유형에는 거의 차이가 없다는 점이다. 공통점으로 학년이 올라 갈수록 근일점에 태양을 일치시켜 거리이론을 가지고 지구에서 나타나는 계절 변화를 설명하는 경향이 초등과 중등 예비교사들에게서 같이 나타나고 있었다. 과도기 모형에서는 자신의 이론이 처음에는 자전축의 경사로 거리이론에 영향을 준다고 주장한 후 면담 도중에 경사이론으로 변화되는 경우가 동일하게 나타나고 있었다.

이 연구에서 예비교사들의 대안모형을 분류하기 위해서 Magnani(2001)가 분류한 믿음 개정 틀을 기준으로 하였다. 의심과 믿음사이의 인식적인 전이(transition)의 이론을 구성하기 위해서 Aliseda(2000)가 제안한 귀추적인 추론의 많은 관점들을 고려해서 Magnani(2001)는 믿음 개정 틀을 설정하였다(Fig. 2 참조).

Table 2에서 ■표시는 처음에 거리이론으로 설명하였으나 변칙사항이 제시된 후 처음의 거리이론을 계속 고수(확장형), 혹은 처음이론에 새로운 이론을 추가한다(개정). '()'안의 의 숫자는 처음에 거리이론을 주장하면서 일종의 보호대를 제시하였으나, 변칙사항을 제시한 후에 자신의 생각을 의심하여 새로운 과학적 이론으로 바꾸든지 서로 상존하지만 확고한 변화는 없기 때문에 거리이론의 일시정지 혹은 과도기 모형으로 분류하였다(축약형).

연구 결과의 해석

예비 교사의 설명의 구조와 형성 과정

Vosniadou and Brewer(1994)는 아이들의 우주관 개념발달에 영향을 주는 최소한의 두 가지 차원의 제한 조건들을 가정하였다. 첫 번째 차원의 제한조건은 물체의 본성에 대한 내재적인 가정들로부터 온다. 그것들은 선천적일 수도 있고 습득되어질 수도 있다. 그러나 현재 아이들에서 나타난다는 것이다. 이러한 제한 조건은 다양한 우주의 존재들에 관하여 구성될 수 있는 정신 모형의 종류를 제한을 한다는 것이다. 이는 Lakatos의 견고한 핵에 해당한다. 기존의 연구인 예비초등교사에 대한 연구(오준영과 김유신, 2006)에서는 Vosniadou의 제안을 받아들여 첫 번째 차원들을 심층적인 전제로 하였다.

그러나 일단 첫 번째 조건에 따라 개념이 구성되기 시작한다면 특정 천문현상 설명의 개념구성에 있

Table 2. The classification of explanatory models of preservice secondary teachers on seasonal changes

Lakatos (1970)	변화되기 어려움 견고한 핵 (hard core)	핵심 신념을 보호				변칙 사건을 제시		예비 중2 (23명)	예비 중3 (23명)	예비 중4 (28명)	
		보호대(ad hoc)				태양의 남중고도와 낮의 길이 설명					
모형의 종류		지구공전 궤도 모형	거리 이론의 강화 요인들			불완전 설명	완전함 (ad hoc 아님)				
			타원공전	자전축 경사	동근 지구						
대안모 형	열원(태양)의 거리 이론	확 장 형	측면형	1	3	1	4	1■	1	1	3
			과장된 원형 (근일점 여름)	1	0	0	1	0	1	0	0
		개 정 형	과장된 케플러 형 (근일점 여름)	23	6	1	27	5■	6	13	13
과도기 모형	열원(태양)의 거리이론을 일시정지(suspension)	축 약 형	과장된 케플러 형 (근일점 겨울)	0	(12)■	0	2	17	8	6	5
과학적 모형	천체(태양)의 경사 이론		거의 원형	0			0	9	5	2	2
무모형	뚜렷하지 않음							2	1	5	

어서 제 2차적 제한조건의 근원이 된다. 이는 Lakatos의 보호대를 구성한다고 할 수 있다.

Lakatos의 견고한 핵: 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 무의식 깊이 간직하고 있다. 이는 대안 모형의 종류를 한정시킬 뿐만 아니라 과학적 모형으로 변화하기 어려워지는 결정적인 역할을 한다. 결국 성인이 되면 이러한 신념만 남는다.

Lakatos의 보호대: 마음 깊이 새겨진 위의 견고한 핵에 통제되어진 보조가설로 문화적인 맥락에서 태양 에너지의 세기가 변화된다는 관측적인 사실과 습득되어진 태양중심설의 케플러 법칙(열원의 거리 이론이 잘 맞는다)이 변질되어 보호대를 구성한다고 할 수 있다.

핵심 이론인 거리 이론으로는 설명할 수 없는 일종의 변칙현상인 남중고도와 낮의 길이 변화는 위의 핵심이론에 제한을 받아 단위면적당 받는 에너지보다는 자전축의 경사로 닿는 면의 거리에 따라 태양 에너지(열원)가 변화한다는 내용이므로 과학적 개념이 왜곡되어 Lakatos의 보호대로 나타나는 것이다. 즉 변칙사항만을 해소하기 위해서 새로운 이론을 도입하여 문제를 해결하지만 여전히 거리이론이 주요한 핵

으로 남아있다. 위의 타원공전궤도(고교과정 중 공통 과학, 물리2, 지구과학2)보다 과학적 개념(초등학교 과학 6-2)은 시기상으로 먼저 습득하게 되지만, 핵심 이론인 거리이론의 통제를 받기 때문에 습득이 어렵고 시험용으로 암기하기 때문에 쉽게 잊게 된다.

계절 변화 설명에 대한 응답

예비 중등교사들이 계절변화를 설명하는 과정을 인터뷰를 통해서 가장 빈도가 높은 사항들로 재구성하여 다음과 같이 정리하였다. 질문의 내용은 어떻게 예비교사 자신이 가지고 있는 대안모형의 핵심 신념을 보호하려고 어떻게 시도하는가에 주요한 초점을 두었다.

대안 모형: 다음은 과장된 타원공전궤도를 선택 후 근일점에 여름을 위치시킨 예비교사들과의 인터뷰이다. 우리가 중요하게 다루고 있는 대안모형이다. 지축의 경사와 공전을 가지고 남중고도의 변화를 설명하지만 거리변화를 지지하는 불완전한 과학적인 설명으로 나타나는 경향이 있다(**대안 개념의 확장형**).

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

응답자1: 제가 알기로는 음..... 지구가 타원 궤도를 가지고 태양주위를 공전한다는 것은 당연하지 않을까요?

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

응답자1: 아무래도 태양과 가까운 거리에서 있으면, 여름, 먼거리에 있으면 겨울이 되지 않겠어요?

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

응답자1: 그것은 자전축이 기울어져 있기 때문이라고 생각합니다. 남중고도가 높다면 당연히 낮의 길이가 길지요. 그리고 음.... 또한 이렇게 지구의 자전축이 기울어져 있기 때문이지요. 정확하게 알지는 못하지만, 계절의 변화는 지구의 자전축이 기울어져 있어서라는 것이 생각나는군요.

연구자: 남중고도가 높으면 지표면에 어떤 영향을 줍니까?

응답자1: 태양빛이 바로 위에서 비추니 강해져서 지표면의 온도가 올라갑니다.

연구자: 어떻게 강해집니까?

응답자1: (잠시 머뭇거림), 아무래도 태양이 강해졌지요.

(대단한 생각을 한 듯) 아하! 자전축이 기울면 이렇게 가까워지기 때문에 여름이 됩니다.

다음 응답을 보면, 적은 수지만 지축이 기울어져서 단위 면적당 받는 에너지의 변화로 태양의 남중고도와 낮의 길이를 설명하면서도 여전히 거리의 효과가 잔존함을 알 수 있다. 결국 이 개념도 거리이론이 핵심이론이기 때문에 **대안 개념의 개정형**으로 분류하였다.

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

응답자2: (약간 망설이며), 지구를 포함한 모든 행성은 타원 궤도를 가지고 공전한다고 배웠습니다.

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

응답자2: 태양에서 멀어지면 겨울이 되기 때문입니다.

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

응답자2: 정확하게는 모르지만, 자전축이 기울어지

면, 같은 면적당 받는 에너지가 다르기 때문입니다.

연구자: 거리의 변화가 일어나고, 빛의 경사도 영향을 준다는 설명인 것 같은데 어떤 영향이 크다고 생각되니까?

응답자2: (잠시 생각하다) 경사보다는 거리가 영향이 크지 않겠어요.

위와 같은 개념을 가지고 있는 예비교사들은 ■표시로 처음에 거리이론으로 설명하였으나 변칙사항이 제시된 후 새로운 이론을 추가하였으나 거리이론이 더 중요하다는 것을 알 수 있다.

과도기적인 모형: Vosniadou(1994)에 따르면 하나의 유년적 이론에 속하는 전제들의 제한, 개정들을 통하여 개념들의 재구조화가 이루어진다고 하였다. 여기서 제한 혹은 중지라는 내용은 적용범위를 제한시킨다는 것을 뜻하고, 개정이라는 것은 설명 틀의 변화를 가져온다는 것이다. 지구는 명백한 타원궤도를 가지고 공전하면서, 태양에 가까운 경우에는 오히려 겨울이라는 내용을 암기 했을 뿐, 태양의 남중고도와 낮의 길이의 변화는 선연적인 지식으로 전에 학습한 지구의 자전축의 경사로 설명하려는 설명 체계를 가지고 있었다. 그러나 처음 관점인 핵심 이론인 거리 이론을 인터뷰 중에 바꾸었지만, 언제나 잠재되어 있고 새로운 이론을 확신하지 않는 경우이다. 또한 새로운 설명체계를 재구축하기에는 추가적인 교육이 필요한 **대안 모형의 축약형**이다.

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

우리는 편의상 거리 이론을 일시 정지된 과장된 타원궤도의 대안개념 모형으로 분류하였다. 기초적인 천문학 내용을 이수한지 1년 미만인 학생들[23명중 8명(2학년), 23명중 6명(3학년), 28명중 5명(4학년)]이 상대적으로 많이 가지는 개념이며, 학년이 증가할수록 감소하였다. 이러한 결과를 보여주는 면담 예시는 다음과 같다.

연구자: 학생은 어떤 이유로 약간 과장된 타원궤도를 선택 했습니까?

응답자3: (자신 만만하게)지구의 공전궤도의 선택은 당연히 타원궤도죠. 모든 행성의 공전궤도는 타원궤도가 아닐까요?

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

응답자3: 가까운 경우는 겨울이고 먼곳에 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?

응답자3: 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 자전축의 경사에 의한 거리의 영향보다도 자전축의 경사로 인하여 빛의 경사로 인하여 에너지의 변화라는 생각이 들지만.....어렵군요.

연구자: 남중고도가 높으면 왜 지표면의 온도가 올라갑니까?

응답자3: 고도가 높아지면 같은 면적에 비추는 태양 에너지의 세기가 강해지는 것으로 알고 있습니다.

과학적 모형: 적은 수의 예비교사들은 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. 저학년에서 상대적으로 많으나 학년이 증가할수록 감소한다.

예비 교사들에 대한 대안 모형의 근원

교사는 그들이 가르치는 주제들에 대한 과학적인 이해를 가져야된다. 또한 그들은 과학적 모형과 비과학적 모형을 구별해 내야한다. 그러나 연구결과들을 보면 교사들 스스로 학교에서 가르치는 영역에 대한 다양한 비과학적 모형들을 가지고 있다(Gooday and Wilson, 1996; Summers, 1992; Taylor and Coll, 1997; Trumper, 1996).

이런 대안모형(오개념)이 발생하는 원인은 개념들의 특성들과 그들이 배운 방식에 따라서 다르게 나타날 수 있다. Kikas(2004)는 아이들과 교사를 포함한 성인들의 과학적 개념의 이해를 방해하면서 다양

한 오개념을 유발하는 네 가지 원인을 기술하였다. 이 연구에서도 그의 주장에 따라 예비교사들의 대안 모형의 근원을 Lakatos의 연구프로그램의 방법론에 따라서 점검하였다.

비유를 기초로 한 과장된 일반화: 학생들과 성인들은 계절변화 이유를 설명하는 데 비유를 사용하기도 한다. 가장 많이 사용되는 설명 중에 하나가 거리이론(distance theory)이다(Atwood and Atwood, 1996; Kikas, 1998b; Kikas, 2000; Kikas, 2003; Ojala, 1992; Ojala, 1997; Parker and Heywood, 1998). 이 이론은 여름과 겨울의 온도가 다른 이유는 지구(혹은 지구상에서 하나의 고정된 위치)와 태양사이의 거리가 두 계절 동안 다르다는 것이다. 이러한 설명은 열원(heat sources)이라는 일상생활의 경험을 비유로 사용하여 유도해 낸 것이다. 주로 저학년 보다 고학년에 나타나는 사실은 결국 학교에서 배운 과학적 지식과 일상적인 생활의 경험과 혼재된 상태에서 시간이 흐르면서 일상적인 생활에서 경험한 것을 비유로 사용하고 있다는 사실을 말해준다. Lakatos의 견고한 핵에 해당하는 중심이론이 학교에서 습득한 지식보다는 일상적인 생활을 기초로 하고 있다는 점이다. 그 견고한 핵이 변화될 때만 과학적 이론을 가질 수 있다는 점을 예상할 수 있다.

존재론적으로 다른 범주에 속하는 개념들: Chi(1992)는 존재론적으로 일상생활의 개념과 다른 과학적 개념을 습득한다는 것은 특히 어렵다고 주장한다. Chi(1992)는 세 가지 존재론적 범주(물질, 과정, 정신적인 수준)로 분류하였는데 이것들은 존재론적으로 겹치지 않게 정의 되었다. Chi et al.(1994)에 따르면 오개념은 학생들이 과학적 개념을 그것들이 속하지 않는 용어 부류 속에 포함시키기 때문에 만들어진다고 한다. 예를 들어 학생들은 '열'의 개념을 사실은 '과정'부류에 속하지만 '물질'로 분류한다는 것이다. 물질은 시간에 변화가 없고 단순히 채우면 양이 증가한다는 물질과, 시간에 따라 변화한다는 과정과, 생각과 감정들을 나타내는 정신적인 수준으로 범주를 나누었다.

Vosniadou(1999)에 따르면, 부류화의 변화는 지식의 습득과정 동안에 일어나는 변화의 한 유형인 것은 의심의 여지가 없다. 이러한 점에서 Chi et al.(1994)의 주장이 옳다. 그들도 아동의 지구에 대한

초기 개념이 지구를 ‘천체’ 부류로 보기 보다는 ‘물체’로 분류한다는 것을 지적한 바 있다.

연구결과를 바탕으로 대안 모형이 어떻게 해서 만들어지며 과학적 모형을 이해하기 어려운 것에 대한 설명은 서로 다른 부류 속에 놓여있는 가정과, 신념의 모순적 체계사이에 존재하는 불일치 속에서 찾을 수 있을 것이라 생각된다. 대안모형은 태양을 물체인 ‘가까운 열원’으로, 과도기적 모형은 ‘가까운 열원’로부터 먼 천체의 전이과정, 과학적인 모형은 ‘먼 천체’의 범주로 보았기 때문에 개념변화의 어려움을 생각할 수 있다.

지식이 학교 교과서에서 기술되는 방법: Mayer (2001)는 오개념의 또 다른 원천은 교과서에서 사용되어진 도표와 모형들로부터 유래될 수 있다고 하였다. 이러한 도구들은 더 좋은 이해를 얻는 데 사용되곤 하지만, 적절하게 만들어지지 않았다면 그것들은 잘못된 개념을 유발 할 수도 있다는 것이다.

National Science Teachers Association(NSTA, 1992)에서는 대부분의 과학교과서 및 교재에서 공전 궤도를 측면에서 본 형태로 제시와, 공전궤도 모양의 과장된 이해로 지구와 태양사이의 거리가 변하기 때문에 계절이 변한다는 오개념을 형성하는 근원이 될 수 있다고 경고했다. 이 연구의 분석 결과는 지구의 공전궤도를 측면에서 본 형태로 이해한다는 NSTA의 주장과는 차이가 있으나 공전궤도를 과장된 타원형으로 이해하고 있다는 점은 의견을 같이 한다. 그렇기 때문에 측면에서 본 지구의 공전궤도 모양은 적어도 예비 중등교사에는 영향이 적다고 할 수 있

기 때문에 조사에서 제외되었다.

Lakatos의 중심핵인 거리이론은 사방으로 방사하는 열원이 가깝게 비추면서 거리를 변화시킨다는 생각은 그 근원이 일상적인 생활중심에서 오는 경험에서도 오지만, 상당한 부분이 배우는 교과서에 있다고 주장한다. 실제 천체의 크기는 거리에 비해서 너무 과장되어 있다는 내용이다. 시각적으로 보여주기 위해서는 어쩔 수가 없다고 하지만 실제로 거의 원에 가깝고 오히려 근일점에서는 북반구의 겨울이라는 사실을 반드시 기술할 필요가 있다. 왜냐하면 견고한 핵을 보호하는 보조가설들은 잘못 왜곡된 학교지식이 대부분을 차지하고 있다는 점이다.

Table 4, 5에서 제시된 것처럼 지구의 공전궤도 모양을 명확하게 설명하지 않고 지구자전축의 경사로만 계절변화를 설명하려는 것이 7차 교육과정의 교과서에서 나타나고 있다. 9학년 과학에서의 이런 기술 방법으로 학습한 학생들이 고교 과정에서 타원궤도를 나타내는 케플러 법칙에 대한 학습을 통하여 잘못된 핵심 신념을 더욱 공고히 해줄 가능성이 크다고 할 수 있다. 반복해서 나타나는 것이 보호대의 변화를 일으키기 위한 설명이 나타나고 있었다.

조사된 대부분의 예비교사들의 핵심신념을 살펴보면 교과서에 나오는 과학지식은 여러 과학자들에 의하여 현재 객관적이며 옳은 것으로 인정된 것이라는 절대적이고 확실하다는 관점을 중요하게 생각하였다. 그리고 지식의 근원과 얽매에 대한 정당화로 권위에 의해 과학 지식을 받아들이는 것은 예비교사들의 인식론적인 신념에 영향을 주었다는 것을 알 수 있다. 결국 예비교사들이 처음에 교사가 되면 교과서에 의

Table 4. Analysis of the subjects of ‘Seasonal Changes’ in the earth science 2 textbook

지구과학 2(7차 교육과정)	계절변화 설명	오히려 조금 가까울 때 겨울	거의 원에 가까운 타원궤도	Kepler 법칙
교과사(우종욱 외, 2004)	교과과정상 빠져있음			학습
금성출판사(이문원 외, 2004)	교과과정상 빠져있음			학습
대한교과서(이규석 외, 2004)	교과과정상 빠져있음			학습
천재교육(김희수 외, 2004)	(천문학적인 원인)계절 변화는 지구의 자전축이 황도면에 대해 66.5도 기울어진 상태로 태양주위를 공전하므로, (현상)계절에 따라 태양의 남중고도와 일조시간이 달라지기 때문이다.	없음	없음	학습
중앙교육(경제복 외, 2003)	(천문학적인 원인)지구의 자전축이 지구의 공전궤도면에 따라서 66.5도 기울어진 상태에서 태양의 돌레를 돌기 때문에, (현상)태양의 남중고도 변화와 일조시간의 변화에 따라 지표면이 받는 태양 복사에너지의 양이 다르기 때문에 계절변화가 일어난다	없음	없음	학습

Table 5. Analysis of the subjects of ‘Seasonal Changes’ in science textbook for the 9th grader

9학년 과학(7차 교육과정)	계절변화 설명	오히려 조금 가까울 때 겨울	지의 원에 가까운 타원궤도
교학사(강만식 외, 2004)	(전문학적 원인) 계절의 지구의 자전축은 지구의 공전 면에 수직인 축과 23.5도 기울어져 자전하면서 태양둘레를 공전하고 있다. (현상) 공전궤도상의 위치에 따라 남중고도가 달라지고 지표면에 도달되는 태양복사에너지 양이 변하고, 태양의 남중고도 변화는 낮과 밤의 길이를 변화시킨다.	없음	없음
교학사(정완호 외, 2004)	(전문학적인 원인) 태양이 뜨고 지는 위치가 계절에 따라 변하는 것은 지구의 자전축이 지구의 공전궤도면에 66.5도 기울어짐 채로 공전하기 때문이다. (현상) 그 결과 태양의 고도와 낮의 길이가 달라지기 때문에 계절의 변화가 생기게 된다.	없음	없음
두산(소현수 외, 2004)	(전문학적인 원인) 지구의 자전축이 공전궤도면에 약66.5도 기울어진 채로 공전하여, (현상) 태양의 뜨고 지는 위치가 달라지면 태양의 고도도 달라진다. 태양의 고도가 높을수록 일정한 면적의 지표면에 도달하는 태양에너지양이 증가한다. 또한 낮의 길이도 길어진다. 이로 인해 지표면이 받는 태양에너지 양이 달라져 계절의 변화가 생긴다.	없음	없음
지학사(이광만 외, 2003)	(전문학적인 원인) 황도는 천구의 적도와 23.5도 기울어져있다. 그로인하여 태양의 일주운동 경로가 달라지면, (현상) 태양의 고도와 낮의 길이도 차이가 나므로 계절의 변화가 생긴다.	없음	없음
블랙박스(김정률 외, 2004)	(전문학적인 원인) 지구의 자전축은 지구 공전 궤도면의 수직인 방향에 대하여 23.5도 기울어져있다. (현상) 그로인하여 태양의 남중고도와 밤낮의 길이가 1년을 주기로 변하면 계절의 변화가 나타난다. 북반구에서는 하지에 남중고도가 높아서 단위면적당 지표면에 도달되는 태양복사에너지가 많아지고, 낮의 길이도 가장 길어 여름이 된다.	없음	없음

존하는 경향이 크기 때문에 스스로의 생각이 배제된 교과서의 기술방법을 따른다고 볼 수 있다.

교사 훈련: 교사들의 지식은 그들이 대학에서 교육 받는 방법에 달려있다. 물론, 그들이 가지고 있는 지식의 내용뿐만 아니라 그들의 수업에 영향을 주는 교수 학습과정 대한 지식을 말한다(Parker and Heywood, 2000).

교사들은 지식의 내용 뿐 만아니라 교과서에서 기술되어있지 않는 학생들의 생각, 더 나아가 핵심인해를 알아내고, 거기에 알맞은 교수 학습전략을 세우는 방법을 알아야 된다는 것이다. 앞에서 지적한 대로 교과서 내용이라는 것은 과학자의 생각이, 학생들의 내면에 있는 생각은 아니라는 것이다. Lakatos의 견고한 핵은 학습 후에도 남아있기 때문에 교사들은 교과내용뿐 만아니라 학생들의 생각을 담을 수 있는 교사교육은 필요하다.

결과의 논의

대안개념이 왜 생기고 과학적 모형이 왜 학습하기 어려운가를 설명하기 위해서는 초기의 모형구조가,

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.

개념변화에서 가장 중요한 체계 중에 하나는 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 메커니즘에 의한 살찌우기(Vosniadou, 1994)로서 기술 되어진다. 대신, 단순한 추가보다는 오히려 기존의 개념구조에 변화를 수반하는 개념구조의 변화가 있다. 이러한 개념의 변화를 소위 개정(Vosniadou, 1994), 재구조화를 수반하는 지식의 축적(Carey, 1985)라고 한다.

이 연구에서 조사한 대안모형은 어린 시절에 형성된 개념이 현재 개념의 중심을 이루고 있음을 알 수 있다. 그 개정은 단순한 추가 혹은 약한 개정임을 보여준다. 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.

천문 현상을 이해하는 데 학생들이 어려움을 느끼는 것은 구체적인 지식의 부족이라기보다는 큰 규모의 크기와 그들과의 관계를 이해하는 것이 부족하기 때문이라고 생각한다. 예를 들면, 학생들은 지구의 곡률을 무시하고 태양을 천체가 아닌 열원으로부터 발산하는 방법으로 지구에 떨어지는 태양광선을 상상한다는 것이다. 그러한 원인의 제공은 천체상이의 거리에 비해 너무 과장된 크기의 천체로 표현된 교과서에 기인된다는 점이다. 이 연구 결과를 보면 Lakatos 연구프로그램의 견고한 핵은 태양을 천체가 아닌 “가까운 열원” 중심으로 보는 것이다. 이것은 모든 대안 모형의 출발점이라고 생각한다.

결론 및 제언

결론

본 연구는 이상과 같이 중등학교 예비교사들의 계절 변화에 대한 사고를 알아보기 위하여 Lakatos의 연구 방법론에 따라서, 사범대학 과학교육학부의 74명을 대상으로 핵심신념과 보호대를 조사한 결과를 비교·분석하였다. 또한 기존의 연구인 예비 초등교사에 대한 연구(오준영과 김유신, 2006)와 비교하였다.

이러한 결과를 토대로 계절 변화를 설명하는 예비 중등교사 교사들의 대안 모형의 구조와 종류를 알아 보았다. 또한 Kikas(1998a; 1998b)가 주장한 예비교사들의 대안개념의 근원을 확인하였다.

첫째, 계절 변화를 설명: 계절 변화 이유 등의 개념 유형을 조사하였다. 그 결과, 초등과 마찬가지로 중등예비교사에게도 정확한 설명은 상대적으로 아주 작을 뿐만 아니라 학년이 증가할수록 점점 낮아지고 있었다. 반면에 예비교사 대부분이 명백한 대안모형인 거리이론이 대단히 높은 비율을 보였다.

둘째, 예비 중등교사들의 대안 모형에 대한 핵심 신념과 그들의 모형의 종류: 예비 중등교사들에게도 초등과 마찬가지로 계절변화 설명으로 지구가 과장된

타원 궤도를 가지고 있기 때문에 거리에 따른 에너지의 변화라는 핵심신념을 가지고 있다. 지구의 자전축이 기울어져 있다는 거리 효과를 약화시키지 않은 채로, 정확하지는 않지만, 단순히 자전축의 경사도 거리에 영향을 주든지 햇빛의 경사도 조금은 영향을 준다는 내용만 추가시켜서 계절의 변화를 설명하려는 경향이 나타나고 있었다.

예비교사들은 거리이론이라는 핵심신념을 보호하기 위해서 과장된 타원궤도와는 관계없는 남중 고도와 일사 시간이 달라지는 현상을 설명하기 위해서 이미 선언적인 지식으로 암기하고 있는 지구의 자전축이 기울어져 있다는 일종의 보호대를 가지고 있었다. 지구는 이심률을 고려하지 않은 타원 궤도를 가지고 지축이 기울어진 채로 공전한다는 비과학적 개념과 자전축이 기울어져서 공전한다는 과학적 개념이 합성된 모형구조를 가지고 있다고 할 수 있다. 그 내용은 Kikas(1998a, 1998b)가 조사한 내용과 대체로 일치하는 내용이다.

과학적 개념으로 가는 중간 단계에 있는 예비교사에게는 아직 핵의 변화가 없이 타원궤도라는 핵심신념에 의심(불만족)을 가지는 과도기 단계를 가진다는 것을 발견할 수 있었다. 의심(불만족)은 어떤 개념에 대한 이해하고 있는 상태를 변화시키기 위한 중요한 핵이라고 하였다(Hewson, 1982; Tyson, et al., 1997). 연구 결과에서 나타난 것처럼, 기초 천문학을 이수한 저학년이 이러한 생각을 많이 가지고 있다는 사실은 시사 하는바가 크다. 고학년으로 가면 암기된 사실을 잊고 다시 거리 효과로 되돌아오는 경향을 보여주었다. 결국 학생들의 지식에는 단계, 즉 지위가 있다는 바를 시사한다. 초등 예비교사와 중등 예비교사들이 계절변화를 설명하는 설명체계는 구조와 유형에는 거의 차이가 없다는 점이다. 공통점으로 고학년으로 갈수록 근일점에 태양을 일치시켜서 거리이론으로 지구에서 나타나는 계절 변화를 설명하는 경향이 다 같이 나타나고 있었다. 또한 대안모형에서 거리이론을 고수하면서 새로운 경사이론을 단순히 추가해서 사용하는 경우가 나타나고 있었다.

셋째, 예비교사들이 가지고 있는 대안 개념의 근원: 대안개념의 근원은 일상적인 생활의 경험을 왜곡된 학교수업에서 배운 지식들이 그것을 보호하고 있었다. 또한 잘못된 교과서가 예비교사의 대안개념일 가능성이 크다. 물론 예비교사들도 아동의 지구에 대

한 초기 개념이 지구를 “천체”로 분류로 보기 보다는 “물체”로 분류한다는 것을 알 수 있다.

제언

예비교사들은 일상생활의 경험과 왜곡된 교실 수업에서 획득한 지식과 혼합된 대안 모형을 나타내고 있다. 예를 들면, 일상생활에서 근원을 둔 소위 “거리이론”을 보호하는 교실 수업에서 습득한 왜곡된 행성의 궤도는 “과장된 타원 궤도”라는 잘못된 인식을 가지고 있었다. 그것은 Kikas(1998b)의 지적인 대로 시간이 지남에 따라 정확한 과학적 현상을 잊어버려서 일상적인 생활 경험으로 설명하려는 경향, 즉, 초등학생과 중등학생들이 어린이들이 가지고 있는 개념과 유사해진다는 것과 대체적으로 일치함을 볼 수 있다. 오준영과 김유신(2006)이 제안한 심층적인 전제인 전등이론이 거리이론으로 발전했다고 할 수 있다.

아울러, 견고한 핵을 보호하는 보호대의 어떠한 한 부분을 교정한다고 해서 핵이 변화되는 것이 아니다. 핵의 변화를 목표로 하기 위해서, 교과서의 내용을 강조하기 전에 학생들의 핵심신념을 고려할 것을 제안한다.

예비교사의 지식에는 핵심신념의 발달정도와 기존의 개념의 불만족 정도에 따라 지위가 있다는 것을 한꺼번에 지식이 습득되고 발달하지 않는다는 것을 암시한다. 또한 불만족을 일으키는 불일치 사건이 필요할 뿐만 아니라, 이 사건에는 학생들의 핵심신념이 포함되어야 한다고 제안한다.

감사의 글

이 논문의 원고를 세세하게 검토하여, 부족한 부분을 보완하도록 좋은 조언을 해주신 전남대학교 김종희 교수님과 다른 한분의 심사자님께 감사드립니다.

참고문헌

- 강만식, 정창희, 이원식, 한인섭, 박은호, 이창진, 김일희, 장병기, 정병훈, 윤용, 이태욱, 한천옥, 2004, 중학교 과학3. 교학사, 서울, 311 p.
- 경재복, 윤일희, 이경훈, 김기룡, 황원기, 이기영, 2003, 고등학교 지구과학 2. 중앙교육진흥연구소, 서울, 347 p.
- 권재술, 1989, 과학 개념의 한 인지적 모형. 물리교육, 7, 1-9.
- 권재술, 1992, 과학 개념 학습을 위한 수업 절차와 전략. 한국과학교육학회지, 12, 19-29.
- 김정률, 고현덕, 김재현, 김남일, 임용우, 동효관, 김선주, 남철주, 김영순, 이준용, 2004, 중학교 과학 3. 블랙박스, 서울, 335 p.
- 김희수, 정남식, 신동원, 박정웅, 이정식, 한홍열, 박용선, 2004, 고등학교 지구과학 2. 천재교육, 서울, 367 p.
- 소현수, 안태인, 최승언, 박진식, 이영만, 목창수, 김종권, 김득호, 구수길, 박완규, 김완섭, 김영산, 이미하, 2004, 중학교 과학 3. 두산, 서울, 303 p.
- 오준영, 김유신, 2006, 천문 현상들을 설명하는 예비초등 교사들의 정신모형의 구조: 계절과 달의 위상변화. 한국과학교육학회지, 26(1), 68-87.
- 우종욱, 정진우, 위수민, 임청환, 홍성일, 이석형, 2004, 고등학교 지구과학 2. 교학사, 서울, 303 p.
- 이광만, 허동, 이경운, 정문호, 방태철, 이기성, 안태근, 정상운, 복완근, 정의현, 박병훈, 박정일, 정수도, 김경수, 박지극, 송양호, 이천기, 2003, 중학교 과학 3. 지학사, 서울, 295 p.
- 이규석, 이창진, 김정률, 이용준, 강진철, 김재현, 2004, 고등학교 지구과학 2. 대한교과서, 서울, 351 p.
- 이문원, 전성용, 권석민, 진만식, 신석주, 임부철, 2004, 고등학교 지구과학 2. 금성출판사, 서울, 391 p.
- 장명덕, 정철, 정진우, 2001, 계절변화에 대한 초등학생들의 선 개념과 개념변화 양상. 한국지구과학회지, 22(4), 268-277.
- 정완호, 권재술, 김범기, 김성하, 백성혜, 우종욱, 이봉호, 이석형, 정진우, 최병순, 2004, 중학교 과학 3. 교학사, 서울, 318 p.
- 정홍식, 2005, 초인지 학습전략이 초등학생의 계절의 변화 개념형성과 자기 효능감에 미치는 영향. 부산교육대학교 석사학위 논문, 108 p.
- 채동현, 1993, 계절변화 원인에 대한 학생들의 유년적 사고. 한국지구과학회지, 4(1), 34-43.
- Aliseda, A., 2000, Abduction as epistemic change: A Peircian model in artificial intelligence, In Flach, P.A. and Kakas, A.C. (eds.), Abduction and induction: Essays on their relation and integration, Kluwer Academic, Boston, USA, 45-48.
- Atwood, R. and Atwood, V., 1996, Preservice elementary teachers' conceptions of causes of seasons. Journal of Research in Science Teaching, 33, 553-563.
- Baxter, J., 1995, Children's understanding of astronomy and Earth sciences. In Glynn, S. M. and Duit, R. (eds.), Learning science in the schools. Erlbaum, NJ, USA, 155-178.
- Beilion, H., 1985, 'Dispensable and indispensable Elements in Piaget's theory: On the core of Piaget's research program', In Evans T.S., (ed.), Genetic epistemology: Yesterday and today. State University of New York Press, New York, USA, 107-125.
- Carey, S., 1985, Conceptual change in childhood. MIT Press. MA, 226 p.
- Chi, M., 1992, Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discov-

- ery in science. In Giere, R. (ed.), *Cognitive models of science*. University of Minnesota Press, Minnesota, USA, 129-187.
- Chi, M. and Slotta, J.D., and De Leeuw, 1994, From things to process: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4, 27-43.
- Chinn, C.A. and Brewer, W.F., 1993, The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63, 1-49.
- Lakatos, I., 1970, Falsification and the methodology of scientific research programs. In Lakatos, I. and Musgrave, A. (eds.), *Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge University Press, New York, USA, 91-196.
- Mayer, R., 2001, *Multimedia learning*. Cambridge University Press, Cambridge, England, 210 p.
- Laburu, C.E. and 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(3), 211-219.
- Gooday, M. and Wilson, J., 1996, Primary pre-service course in science: A basis for review and innovation. *Journal of Education for Teachings*, 22, 95-111.
- Harrison, A.G., Grayson, D.J., and Treagust, D.F., 1999, Investing a grade 11 student's evolving conceptions of heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 55-87.
- Hashweh, M.Z., 1986, Toward and explanation of conceptual change. *European Journal of Science Education*, 8, 229-249.
- Hewson, P.W., 1982, A case study of conceptual change in special relativity: The influence of prior knowledge in learning. *European Journal of Science Education*, 4, 61-78.
- 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.
- Kikas, E., 2000, The influence of teaching on students' explanations and illustrations of the day/night cycle and seasonal changes. *European Journal of Psychology of Education*, 15, 281-295.
- Kikas, E., 2003, University students' conceptions of different physical phenomena. *Journal of Adult Development*, 10, 139-150.
- Kikas, E., 2004, Teachers' conceptions and misconceptions concerning three natural phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 432-448.
- Kuhn, T.S., 1970, The structure of scientific revolutions. Chicago University Press, Chicago, USA, 210 p.
- Laburu, C.E. and 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.
- Magnani, L., 2001, *Abduction, reason, and science - Process of discovery and explanation*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, USA, 205 p.
- Niaz, M., 1998, A Lakatosian conceptual change teaching strategy based on student ability to building models with varying degrees of conceptual understanding of chemical equilibrium. *Science and Education*, 7(2), 107-127.
- National Science Teachers Association (NSTA), 1992, *Project Earth Science: Astronomy*. Wilson Boulevard, Virginia, USA, 155 p.
- Ojala, J., 1992, The third planet. *International Journal of Science Education*, 14, 191-200.
- Ojala, J., 1997, Lost in space? The concepts of planetary phenomena held by trainee primary school teachers. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 6, 183-203.
- Park, J. and Kim, I., 1998, 'Analysis of students' responses to contradictory results obtained by simple observation or controlling variables. *Research in Science Education*, 28(3), 365-376.
- Parker, J. and Heywood, D., 1998, The earth and beyond: Developing primary teachers' understanding of basic astronomy events. *International Journal of Science Education*, 20, 503-520.
- Parker, J. and Heywood, D., 2000, Exploring the relationship between subject knowledge and pedagogic content knowledge in primary teachers' leaning about forces. *International Journal of Science Education*, 22, 89-111.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W., and Gertzog, W.A., 1982, Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-277.
- Shepardson, D.P. and Moje, E.B., 1999, 'The role of anomalous data in restructuring forth graders' frameworks for understanding electric circuits. *International Journal of Science Education*, 21(1), 77-94.
- Spelke, E.S., 1991, Physical knowledge infancy: Reflections on Piaget's theory. In Carey, S. and Gelman, R. (eds.), *The epigenesis of mind*. Lawrence Erlbaum Associates, NJ, USA, 133-170.
- Strike, K.A. and Posner, G.J., 1992, A revisionist theory of conceptual change, In Duschl, R.A. and Hamilton, R.J. (eds.), *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory in practice*. State University of New York Press, New York, USA, 147-176.
- Summers, M., 1992, Improving primary school teachers'

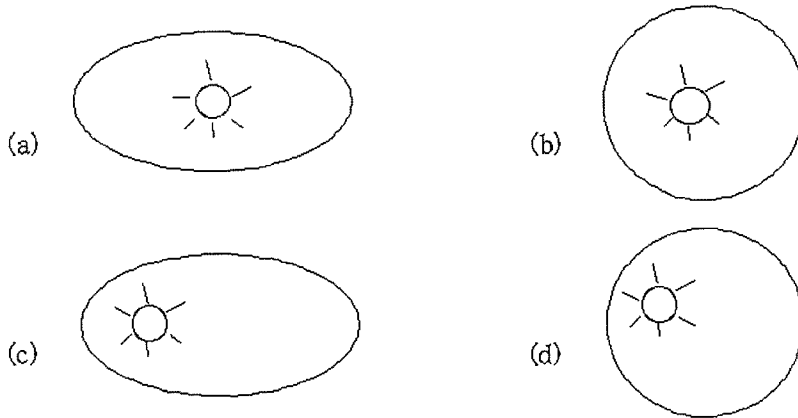
- understanding of science concepts - Theory into practice. *International Journal of Science Education*, 14, 25-40.
- Taylor, N. and Coll, R., 1997, The use of analogy in the teaching of solubility to pre-service primary teachers. *Australian Science Teacher Journal*, 43, 58-65.
- Trumper, R., 1996, A survey of Israeli physics students' conceptions of energy in pre-service training for high school teachers. *Research in Science and Technological Education*, 14, 179-193.
- Tyson, L.M., Venville, G.J., Harrison, A.G, and Treagust, D.F., 1997, A multidimensional framework for interpreting conceptual change events in the classroom. *Science Education*, 81, 387-404.
- Vosniadou, S., 1991, Designing curricula for conceptual restructuring: Lessons from the study of knowledge acquisition in astronomy. *Journal of Curriculum Studies*, 23, 219-237.
- Vosniadou, S., 1994, Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45-69.
- Vosniadou, S., 1999, Conceptual change research: State of the art and future directions. In Schnotz, W., Vosniadou, S., and Carretero, M. (eds.), *New perspectives on conceptual change*. Pergamon, NL, USA, 3-13.
- Vosniadou, S. and Brewer, W.F., 1994, Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 18, 123-183.

2006년 2월 8일 접수
2006년 4월 24일 수정원고 접수
2006년 6월 28일 채택

부 록

계절 변화에 대한 천문학적인 기초 설문

1. 코페르니쿠스는 지구가 태양 주위를 공전한다고 한다고 하였다. 지구가 공전을 하는 경로는 대략적으로 어떤 모양인가? (공전궤도의 위에서 내려다보고 이심률을 고려함)



2. 위의 그림을 선택 후 봄, 여름, 가을, 그리고 겨울의 위치를 선택 한 그림의 위치에 나 타내 보시오. 그러한 이유들을 자세하게 기술하시오.