

예비 중등교사들의 방사성 동위원소에 대한 대안개념의 구조와 개념변화

오준영^{1,*} · 김상수¹ · 강용희²

¹창원대학교 과학영재교육원, 641-773 경남 창원시 사림동 9

²경북대학교 과학영재교육원, 702-701 대구광역시 북구 산격동 1370

The Structure and Conceptual Changes of Preservice Secondary Teachers' Alternative Conceptions on Radioactive Isotopes

Jun-Young Oh^{1,*}, Sang Su Kim¹, and Yong Hee Kang²

¹Center for Gifted Education in Science and Technology, Changwon National University, Changwon 641-773, Korea

²Science Education Institute for Gifted Youth, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

Abstract: This study was aimed to understand the structures of preservice secondary school teachers' alternative conceptions on radioactive isotopes in the interior of earth. The structure of their conceptions were analyzed by the suggestions of Niaz (1988) based on the Lakatosian frameworks. The survey was carried out on a group of seventeen students who were major in science education. The research method was open-ended written questionnaire. The results of this study show that students had apparent alternative conceptions. The 'high temperature and pressure' explanation for radioactive decay in earth's interior had most import effects on their alternative conceptions. It was also intended to survey their conceptional change by our teaching strategies of the philosophy of science in order to construct science concepts.

Keywords: alternative conception, radioactive isotopes, Lakatosian frameworks

요약: 본 연구는 예비 중등교사들을 대상으로 지구 내부에서의 방사성 동위원소에 대한 예비 중등교사의 대안개념의 구조를 이해하는 것이다. 그들의 대안개념의 구조를 Lakatos의 방법론을 기준으로 한 Niaz(1988)의 제안을 사용하여 분석하였다. 이 연구는 사범대학 과학교육과 3~4학년 17명을 대상으로 하였다. 연구 방법으로는 개방형 질문지법(open-ended written questionnaire)을 사용하였다. 연구 결과, 예비 중등교사들은 지구내부에서 방사성 동위원소의 붕괴의 설명은 지층의 높은 열과 압력이 그들의 대안개념에 가장 큰 영향을 주고 있었다. 또한 우리가 제안한 과학개념구성을 위한 과학 철학적 수업전략에 따른 그들의 개념변화를 조사하였다.

주요어: 대안개념, 방사성 동위원소, Lakatos의 기준틀

서론

Linn and Songer(1991)는 과학자와 마찬가지로 학생들이 자연현상의 이해를 구성하는 설명 체계는 개념 변화에 저항하는 핵심 신념과 쉽게 변화될 수 있는 상대적으로 중요하지 않는 관념들로 구성되어 있

다고 하였다. 이러한 학생들의 핵심적인 아이디어는 자연현상에 대한 자신의 이해를 위해 사용하든지 혹은 새로운 변칙적인 자료 혹은 정보를 해석하고 평가하는 하나의 기준 틀로 제공된다는 주장이다.

그러한 자연현상을 이해하는 학생들의 사고는 학생들의 머리에 오래 동안 잠재되어 있으므로 일반적인 교실 수업으로는 치유할 수 없을 만큼 견고하다고 하였다(Champagne and Kloper, 1983). Lederman and Zeidler(1987)에 따르면, 예비교사와 교사들의 자연현상에 대한 유년적 사고에 대한 연구의 필요성을

*Corresponding author: jyoh3324@chanwon.ac.kr

Tel: 82-55-213-2749

Fax: 82-55-279-8144

강조하였다. 최근에 자연현상에 대하여 학생들뿐 만 아니라 교사들도 학생들과 유사한 오개념을 가지고 있다는 연구들(오준영과 채동현, 2004)이 있다. 또한 그러한 사고는 예비 교사들에게도 존재하여 문제 해결의 실패 요인이 된다는 연구들(오준영과 박성호, 2005; 명전옥, 2001)이 보고되었다.

이러한 자연 현상을 주로 다루고 있는 지구과학 영역 중 최근에 낮과 밤(Baxter, 1989), 달의 위상(오준영과 김유신, 2006; 오준영, 2006; Sharp, 1996), 계절변화 설명(오준영과 김유신, 2006; 오준영 외, 2006; Baxter, 1989, 1991)에 대한 학생들의 대안 개념에 대하여 비교적 많은 연구가 있었다.

지구과학에서 다루고 있는 화산과 지진 활동, 맨틀 대류의 원동력으로 지구내부 열원의 근원으로서 방사성 동위원소는, 과거 지구의 역사에서 일어난 사건의 연대를 무수히 밝혀내는데 이러한 방사성 동위원소의 역할은 매우 중요하다(Lutgens and Tarbuck, 2002). 또한 지구는 지구 내부에서 원자핵이 방사성 분열을 일으켜서 지구 내부는 여전히 뜨겁게 달궈지고 있기 때문에 지구는 우리 태양계에서 내부적으로 아직은 운동중인 유일한 행성이다. 이러한 사실들은 태양계 천문학에서는 중요하게 다루어지고 있다. 이러한 열원의 발견으로 지각의 수축설은 쇠퇴하고 본격적인 대륙이동설이 등장하는 계기가 되었다. 우주의 대폭발 이후 우주 물질은 끊임없이 진화되어 왔으며, 태양계도 진화되어 왔다. 지구는 분화작용으로 맨틀에서 진화되었음이 최근에 동위원소의 연구에서 밝혀지고 있다. 태양계의 구성 물질과 형성 시기는 우리의 형제 행성의 하나의 파괴된 부분으로 생각되는 운석의 성분, 형성의 연구에서 동위원소의 연구가 큰 역할을 하고 있다. 특히, 납(Pb) 동위원소 연구는 여기서 얻어지는 납 동위원소의 성장곡선과 아이소크론으로부터 지각이나 맨틀의 진화과정, 지각의 화학적 추적하는 자료로 사용되고 있다(한국지구과학회 편저, 2000, 298-299.).

그러한 중요한 점에도 불구하고 지구내부에서의 방사성 동위원소에 대한 학습이 충분히 이루어지고 있다고 할 수 없다. 현재 중2의 과학(이성목 외, 2006)에서 지각변동의 증거 단원에서 대륙이동과 고1 과학(이규석 외, 2006)에서 지각의 변동단원에서 판구조론이, 그리고 지구과학 I(경제복 외, 2006)에서 지각변동단원에서 반복해서 판구조론이 학습되고 있으며, 지구과학 II(이문원 외, 2007)에서 지각변동 단원

에서 중2의 대륙이동과 고1과학과 지구과학 I에서 학습하는 판구조론, 새롭게 해저확장설이 추가되어 지각변동의 현상이 종합적으로 학습되고 있었다. 또한 지질시대에서 암석의 연령측정에서 방사성 동위원소가 거론되고 있다. 그러나 그러한 지각변동의 원인과 방사성 동위원소의 연결과 무관하게 암석의 연령 측정에만 쓰이고 있었다. 즉 그러한 지각변동의 원인이 되는 에너지 생성에는 직접적으로 거의 다루지 않는다.

채동현(1995)이 예비 중등교사를 대상으로 방사성 동위원소의 유년적 개념을 탐색하였다. 그의 연구에서 유년적 사고의 근원은 단 하나의 문항으로 예비 교사 자신들이 스스로 표현한 응답 형식의 전략을 사용하였다. 그러나 심층적인 전제는 간단한 설문 형식으로 나타나지 않기 때문에 심리적이고 과학 철학적 전략(Niaz, 1998)이 필요하다고 제안한다. 왜냐하면 소위 오개념이라는 것은 학생들이 과학적 관점에 반하는 정보를 가지고 있는 기존의 틀 이론 안에서 조화롭게 동화하고자 시도하는 과정에서 만들어진 것이다. 유년적 물리학의 틀이론을 조직하는 그러한 심층적인 전제는 보통의 의식적인 표현이 아니기 때문에 가설 테스트에 의하여 실험되는 내용이 아니다(Vosniadou, 1994). 따라서 우리는 이러한 근거를 토대로 자연 현상들을 설명하는 틀인 가능한 대안개념의 구조를 제안하여 그것들의 발달 과정을 이해하고자 한다.

전체 이론이 흔들리지 않고는 제거되지 않는다는 견고한 핵과 그 핵심 가점들은 보존되는 반면에 쉽게 변화가 가능하다는 보호대의 존재를 강조하는 Lakatos(1970)의 전략을 받아들여 예비교사의 대안개념의 근원을 탐색할 필요성이 있다고 하겠다. Lakatos의 연구 프로그램 이론에 비유하면, 학생들이 가지고 있는 견고한 심층적인 생각은 이론의 핵이라고 할 수 있고, 상황 의존적인 반응은 보호대에 의하여 이루어지는 상황 의존적 반응이 될 수도 있다(권재술 외, 2003). 따라서 전체 문항을 하나의 설명체계의 틀로 하여 그들의 대안 개념을 찾는 것이 타당하다고 할 수 있겠다.

따라서 이 연구에서는 Niaz(1995, 1998)가 제안한 Lakatos의 기준 틀을 적용하여 예비교사들의 방사성 동위원소와 관련된 대안개념의 구조를 조사하고, 과학 개념을 구성하기 위한 Lakatos의 발견법적 원리를 수용한 과학 철학적 수업전략(오준영과 강용희, 2005)을 제시 적용하여 예비 중등교사의 방사성 동위원소

에 대한 개념변화를 탐색함을 목표로 한다. 그러한 목표를 위하여 본 연구의 연구문제는 구체적으로 다음과 같다.

첫째, 연구의 출발점으로 방사성 동위원소에 대한 예비중등교사들이 가지고 있는 대안개념의 중심적인 관점은 무엇인가?

둘째, 방사성 동위원소에 대한 중등 예비교사의 개념변화를 위하여 수업전략을 어떻게 적용하였는가?

셋째, 그러한 수업전략의 적용하여 어떻게 개념변화의 효과를 알아보는 것이다.

이론적 배경

개념변화 유형은 개념변화정도와 조건에 따라서 학자마다 다양한 정의를 내린다. 초기 개념변화는 Kuhn의 패러다임 전이나 Lakatos의 연구프로그램의 변화와 유사한 큰 규모의 개념변화에 초점을 맞추었다. 이런 큰 규모의 개념변화는 조절이라고 정의를 내리고, 근본적인 개념변화가 요구되지 않은 종류의 학습을 동화라고 하였다(Posner et al., 1982). 이는 어려운 개념변화 유형으로 혁명과학, 견고한 핵, 조절, 개념교환, 강한 재구성, 급격한 재구성을 포함한 다. 반면에 Carey(1986)와 Vosniadou(1994)는 이러한 약한 개념변화도 중요한 학습의 일환으로 간주하였다. 이 관점은 개념변화 유형에서 동화 또는 개념 획득에 해당한다.

Lakatos와 Toulmin은 과학개념의 발달은 점진적 변화의 누적으로 발달하며 실제로 혁명적 개념변화는 점진적 변화들의 누적에 의하여 일어난다고 보았다. 즉, 혁명적인 변화의 기저에는 그 동안 누적되어 왔던 작은 변화들이 있어야 한다고 하였다.

Barker and Gholsion(1984, p. 228)에 따르면, Lakatos에 의하여 기술된 연구프로그램들은 교육 심리학의 역사에 쉽게 확인할 수 있고, 지난 50년 동안의 과학발달의 패턴은 Lakatos의 모형에 잘 일치한다는 것을 보여주고 있다(Blanco and Niaz, 1998). 또한 Hashweh(1986)는 새로운 현상이 나타나면 그 현상을 조절 혹은 왜곡하여 받아들이기 때문에 어떠한 대안개념도 변화하지 않는다는 주장에 반하여, Niaz(1998)는 학생들이 개념변화 기회가 주어진다면 변함없이 자신들의 별로 중요하지 않은 부분(soft core)에 변화를 시도할 뿐, 보조가설을 제공해서 그 견고한 핵의 변화에 저항한다고 하였다. 즉, 겉으로 개념

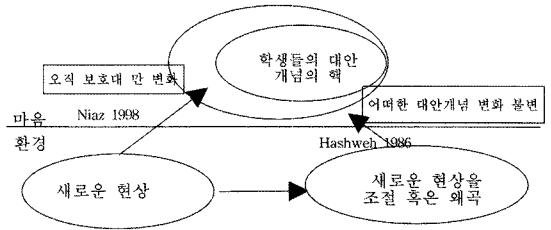


Fig. 1. Students' typical responses of abnormal phenomena.

변화가 이루어진 것처럼 가장하는 것과 같은 것이다. Fig. 1에 두 과정을 비교하여 보여 지고 있다.

위와 같은 관점을 잘 나타나는 Lakatos의 관점이 개념변화의 전략에 적합하다고 하면서 Nussbaum(1989)는 다음과 같이 기술하고 있다:

Popper나 Lakatos의 이론을 따르는 조건이 무엇인지 알아보기 위해서, 갈등 상황이 개념변화를 일으키는지 일으키지 않는지에 관한 연구를 재평가하는 것은 흥미로운 일이다. Nussbaum and Novick(1982)은 갈등 전략 사용에 대한 이론적 근거를 제시했다. 첫 단계로서, 그들은 교실에서 유력한 경쟁 선 개념을 도출하는데 열중하며, 각각의 경쟁 선 개념을 공공의 것으로 만드는데 열중한다. 경쟁 개념은 결정적인 사건에 대해서 평가되며, 이것은 다음 단계에서 소개된다. 이 전략은 단체에서의 개념변화를 시작하는데 상대적으로 매우 성공적이다. 이런 사례는 Lakatos 주의자들의 관점을 소급해서 지지하는 것처럼 보여 진다. 교수에 있어서 의도된 갈등의 본성과 결정적 실험은 더 연구할 가치가 있다(p. 538)

제한된 과학 교육자에 의하여 Lakatos의 과학철학은 과학 교육에서 주요한 수업전략으로 적용되어왔다(Chinn and Brewer, 1993; Gilbert and Swift, 1985; Linn and Songer, 1991; Niaz, 1995, 1998; Blanco and Niaz, 1998; Laburu and Niaz, 2002).

Chinn and Brewer(1993)에 따르면, 그러한 변칙적인 자료들에 대한 반응들 중에 자신들의 현재의 이론에 상대적으로 작은 조정만이 이루어진다는 것이다. 각 개인은 그 자료들을 받아들이지만, 이론 A를 버리고 이론 B를 받아들여려고 하지는 않는다는 것이다. 그러한 내용은 하나의 이론 안에는 두 가지의 제안이 있는데 전체 이론이 흔들리지 않고는 제거되지 않는다는 견고한 핵과 그 핵심 가정들은 보존되

는 반면에 쉽게 변화가 가능하다는 보호대의 존재를 강조하는 Lakatos(1970)의 제안이 나타난다고 하였다.

본 연구는 Lakatos의 연구프로그램의 기준들에 기초하여, Niaz(1998)가 학생들의 화학평형에 대하여 다음과 같이 적용한 예를 사용하여 지층에서의 방사성 동위원소에 대한 예비 중등교사의 대안개념을 분석하였다. 따라서 이러한 예를 이론적 배경으로 제시하였다.

Niaz와 그의 동료들의 연구 중에 주요한 목적들은 다음과 같은 기준 틀에 기초하여 화학적 개념에 대한 학생들의 이해에서 개념의 구조를 분석하였다.

- a) 과학의 역사를 경쟁하는 연구프로그램간의 역사로 보았다.
- b) 실제적인 과학적 역사에서는, 반례들은 단순히 변칙적인 사례들로 가정하였다(Blanco and Niaz, 1998).

그러한 가정 하에서, 화학 반응 속도에서 정 반응 속도에 대한 학생들의 오개념을 학생들의 견고한 핵(부정적 발견 법)으로 보았다, 그리고 대다수의 학생들은 역 반응 속도가 처음에는 “0”이고 생성물의 농도가 증가함에 따라 점차 증가한다고 이해한다. Lakatos의 틀에 의하면, 이것에 대한 이해는 개념변화에 상대적으로 덜 저항적임을 제공했기 때문에 주요하지 않은 핵으로 가정하였다(Niaz, 1998).

연구방법

사전 질문지는 우리가 제시하는 흐름도를 디자인하기 전에 사용되지만 반드시 예비 조사를 거쳐서 질문지를 수정하여야 한다. 수정된 질문지를 이용하여 재투입한 후 학생들의 대안개념의 구조를 파악한다. 그리고 학생들의 응답에 따른 흐름도를 작성한다. 흐름도에 따른 수업을 진행한 후, 같은 설문지를 사용하여 개념변화를 본다. 이 설문지의 초점은 정답율이 아니라 학생들의 견고한 핵이 얼마나 변화하였는가를 탐색하는 것이다. 아래의 과정은 간단하게 이리

한 연구 절차를 요약한 흐름도이다. 본 연구에서 사전 설문지를 이용하여 흐름도를 작성하고, 흐름도에 따른 교사와 학생과의 상호작용에 따라 수업을 진행하는 단계가 연구의 가장 중요한 단계이다. 그러한 흐름도는 학생들의 아이디어와 과학자의 아이디어가 포함되기 때문에 흐름도(Fig. 5)는 계속해서 수정 사용하여 한다. Fig. 2는 전체적인 연구의 흐름을 표현하였다.

연구대상

2007년도 봄 학기에 방사성 동위원소에 대한 대안개념과 그 변화를 조사하기위해서 00대학교, 사범대학 과학교육과 3~4학년학생들(지구과학교육 전공 제외) 17명을 연구 대상으로 하였다. 또한 이미 그들은 일반지구과학을 이수하면서 방사성 동위원소에 대한 기본원리를 학습한 학생들을 대상으로 하였다. 일반 지구과학은 2학년, 계열기초로 지구과학1, 2로 나누어 이수하였다. 지구과학 1은 고체지구과학으로 방사성 동위원소에 의한 지층연대 측정법을 학습하였다. 일반물리는 신입생으로 1학년 봄 학기에 이수하였다. 그러나 방사성 동위원소를 다루는 핵물리는 학습하지 않은 것으로 조사되었다. 따라서 물리교육 전공을 제외한 학생들은 2학년 때 고체 지구과학의 기본적인 개념을 학습하였으나 완전한 물리적인 개념으로 발전하지 않았다고 할 수 있다. 그 대상은 물리교육전공 5명(3년 1명+4년 4명), 화학교육전공 2명(전부 4년), 생물교육전공 10명(3년 6명, 4년 4명)이었다.

검사 도구

본 연구를 수행하기위해서 개방형 질문지법으로 채동현(1995)이 사용한 질문지를 수정하여 사용하였다. 이 검사 도구는 원래 5문항으로 이루어졌다. 첫째, 둘째, 셋째까지는 거의 그대로 사용하였으나, 넷째의 경우는 방사와 복사의 용어의 차이를 알아보는 문항이었으나, 여기에서는 개념의 변화를 목표로 하기 때문에 생략하였다. 또한 다섯째의 문항인 양 변화 원

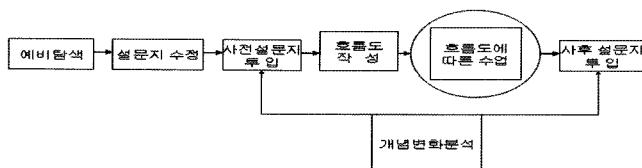


Fig. 2. A typical flow chart of our research procedure.

인에 대한 문항으로 우리의 첫 번째 문항과 통합하여 사용하였다. 그 질문지는 다음과 같다.

방사성 동위원소에 대한 예비 교사들의 응답에 대한 설문지

첫째. 지구내부에서는 우라늄이 납으로 변하면서 에너지를 생산하고 있다. 그러한 변화의 환경요인을 설명 하시오.

둘째. 우라늄 1g이 한 번의 반감기 후에 0.5g의 납으로 변하였다. 나머지 0.5g은 무엇으로 변화하는가?

셋째. 우라늄이 붕괴하여 납으로 변한다는 사실을 알고 있습니다. 여기에서 붕괴란 무엇인가?

넷째, 지구 내부에서 에너지를 사용하여 나타나는 현상들 중 중요한 현상은?

자료 분석 방법

응답지의 응답문항은 넷째 문항을 제외하고는 채동현(1995)이 조사한 응답 내용을 사용하였고 다른 내용이 있으면 추가하였다. 그러한 응답의 분석은 사전과 사후로 구분하였으며 사후는 수업직후와 2주 경과후로 나누어 실시하였다. 다음의 Table 1은 본 연구에서 학생의 응답에 따른 자료 분석과 자료해석후의 교수 학습 방법의 제안관계를 채동현(1995)의 연구와 비교하여 표현한 것이다.

분석 결과

이 연구는 물리, 화학, 생물교육전공들을 대상으로 방사성 동위원소에 대한 대안개념의 구조와 그 변화를 목표로 하기 때문에 채동현(1995)의 연구 결과 중, 전공자인 지구과학전공자(14명)를 제외한 비전공자의 수(7명)만 비교대상으로 하였다. 이 연구대상자들은 실제적으로 비지구과학전공자들을 위한 지구과학 강좌이기 때문이다.

첫째. 지구내부에서는 우라늄이 납으로 변하면서 에너지를 생산하고 있다.

그러한 변화의 환경요인을 설명하시오.

(해석) Table 2에서 우리의 연구 결과는 안○진(6%)을 제외한 나머지 16명(94%)은 방사성 원소의 붕괴원인을 높은 열과 압력이라고 응답하였다. 채동현의 연구 결과에서도 차이는 있었으나 가장 많은 대안개념으로 나타나고 있었고, 정확한 과학적 개념은 한명도 나타나지 않았다.

둘째. 우라늄 1g이 한 번의 반감기 후에 0.5g의 납으로 변하였다.

나머지 0.5g은 무엇으로 변화하는가?

(해석) Table 3에서 17명중 3명이 열이나 압력에 의한 연소반응과 연결되는 반응으로 연소 후 열과 에너지로 변화한다는 초보적인 연소반응에 머물고 있다는 사실을 주목 할 필요가 있다. 따라서 가장 낮은

Table 1. The relations of pre-research and Our research

	채동현 (1995)	본 연구
학생의 아이디어	유년적 사고	대안개념의 구조
학생의 아이디어의 근원	단 하나의 문항에 의한 직접적인 응답에 의하여 확인	주어진 전체 문항들을 대상으로 하였고 간접적인 방법의 응답에 의하여 가능한 확인
학생의 아이디어를 분류, 해석하는 기준	Vosniadou (1989)	Vosniadou (1989), Niaz (1998)
교수 학습 방법의 제안	내용 의존적인 방법으로 좁은 영역의 시공간	규범적이고 범 내용적인 방법으로 확장된 시공간
치지 결과	뚜렷하지 않음	타당성 확보
과학철학적인 배경	뚜렷하지 않음	Lakatos (1970)

Table 2. The types of Preservice Secondary Teachers' Alternative Conceptions on the source of Radioactive Isotope

응답군	사전 검사 (17명)	채동현 (1995) (7명)	사후 검사 (17명)	사후 일주일 경과 (17명)	분류
1. 시간에 따라 변화한다.	1명(안○진, 6%)		17명	17	과학적 개념
2. 지층의 열, 혹은 압력으로 인하여..	16명 (94%)	2명			대안개념
3. 방사선의 방출로 질량 변화로..		2명			대안개념
4. 원자의 구조 변화로..		1명			대안개념
5. 물리적 화학적인 요인에 의해...					대안개념
6. 공기 속에 있는 기체에 의해...		1명			대안개념
7. 모르겠다.		1명			무개념

Table 3. The types of Preservice Secondary Teachers' Alternative Conceptions on the variations of Radioactive Isotope

응답군	사전 검사 (17명)	채동현(1995) (7명)	사후 (17명)	사후 2주일경과 (17명)	비고
1. 그대로 남아있다	12+1명(안○진), 약 77%	1명	17명	17	과학적 개념
2. 열이나 에너지로 변화	3명	1명			대안개념
3. 알파, 베타로 붕괴하기 위한 에너지로 이용된다.		2명			대안개념
4. 없어진다.		1명			대안개념
5. 다른 식물체에 흡수된다.		1명			대안개념
6. 모르겠다.	1명	1명			무개념

Table 4. The types of Preservice Secondary Teachers' Alternative Conceptions on the collapse of Radioactive Isotope

응답군	사전 (17명)	채동현(1995) (7명)	사후 (17명)	사후 2주일 경과 (17명)	비고
1. 안정한 핵종으로 변화	12+1명(안○진), 약 77%	6명	17명	7	과학적 개념
2. 물리적인 변화를 의미					대안개념
3. 없어지거나 사라짐을 의미	3명	1명			대안개념
4. 원소들의 분리 결합을 의미					대안개념
5. 모르겠다.	1명				무개념

Table 5. The types of Preservice Secondary Teachers' Alternative Conceptions on the phenomena by earth interior energy

응답군	사전 (17명)	채동현(1995) (조사 없음)	사후 (17명)	사 후 2주경과 (17명)	비고
1. 맨틀 대류에 의한 판의 이동에 의한 현상	13+1명(안○진), 약 82%		17명	17명	과학적 개념
2. 화산, 지진 등	1명				대안개념
3. 지구의 온난화	1명				대안개념
4. 태양 복사에너지	1명				대안개념
5. 모르겠다.					무개념

단계의 대안 개념으로 분류하였다. 오히려 현재 대부분의 예비 중등교사가 가지고 있는 다음과 같은 개념은 과도기 단계라고 설정하였고 내용은 다음과 같다.

대부분 지하 깊은 장소에서 방사성 동위원소의 붕괴는 열이나 압력(화학변화의 요인?)이라는 명백하게 잘못된 개념을 가진 예비교사들 16명 중에서, 12명(12/16, 75%)이 우리나라가 납으로 변화한 후 나머지는 우리나라로 존재한다는 과학적 개념을 가지고 있었다.

그러나 채동현(1995)의 연구 결과는 한명 이외는 대부분 대안개념을 가지고 있었다. 왜냐하면 그들은 생물교육전공으로 방사성 동위원소의 개념을 적게 다룬 결과도 있지만 최근(2007년)에 임용고사준비를 과거(1995년)보다 미리 철저히 준비하기 때문으로 해석되지만, 이 연구에서는 초보적인 연소반응에 머물고 있는 가장 낮은 단계로 분류할 수 있다.

셋째, 우리나라가 붕괴하여 납으로 변한다는 사실을 알고 있습니다. 여기에서 붕괴란 무엇인가요.

(해석) Table 4에서 우리의 연구 결과 대부분의 학

생들이 (13/17명)이 안정한 핵종으로 변화한다는 붕괴라는 과학적 개념을 가지고 있었으며 채동현의 결과(6/7)와도 일치한다.

대부분 지하 깊은 장소에서 방사성 동위원소의 붕괴는 열이나 압력(화학변화의 요인?)이라는 명백하게 잘못된 개념을 가진 예비교사들 16명 중에서, 12명(12/16, 75%)이 방사성 동위원소의 붕괴라는 정확한 용어의 정의를 가지고 있었다.

그러나 앞에서 조사된 17명중 3명이 역시 초보적인 연소반응으로 붕괴를 설명한다는 내용은 가장 낮은 단계에 머물고 있음을 보여준다.

넷째, 지구 내부 에너지에 의하여 일어나는 현상들 중 가장 중요한 현상은?

(해석) 우리의 연구에서 지구 내부 에너지에 의하여 일어나는 현상들 중 가장 중요한 현상에 대하여 맨틀 대류에 의한 판의 이동 현상이라고 정확하게 이해하고 있었다. 그러나 채동현(1995)의 연구에서는 조사되지 않았기 때문에 새롭게 추가하였다.

대부분 지하 깊은 장소에서 방사성 동위원소의 붕괴는 열이나 압력(화학변화의 요인?)이라는 명백하게 잘못된 개념을 가진 예비교사들 16명 중에서, 13명(13/16, 약 81%)이 지구내부에서 일어나는 현상 중 맨틀대류에 의한 판의 이동에 의한 현상들이라고 응답하였다.

자료 해석과 교수 학습 전략의 적용

우리의 연구에서는 채동현(1995)의 연구와는 다르게 Niaz(1998)의 제안을 방사성 동위원소에 대한 예비 중등교사의 대안개념의 구조를 탐색하기 위한 기준을 사용하였다. 또한 교수-학습전략은 Lakatos의 발견법을 적용하여 오준영과 강용희(2005)의 제안을 수정하여 사용하였다.

방사성 동위원소에 대한 예비교사들의 사전 대안개념의 구조: Niaz(1998)의 방법 적용

과도기 단계의 대안개념: 방사성 동위원소에 대한 응답에서 우리늄이 납으로 변화하는 데 주위의 압력과 열의 영향이 크다는 명백한 비과학적 사고를 가지고 있다는 데 반하여(대안개념의 견고한 핵: Fig. 3의 중심 원으로 표현). 동시에 핵 변화에 관계되는 다른 각도들(대안개념의 보호대: Fig. 3의 주위 원으로 표현)은 극단적으로 잘 수행되고 있다는 것을 나타낸다. 예를 들면, 우리늄이 납으로 변화하는 데 주위의 압력과 열의 영향인 화학변화는 명백한 오개념임에도 불구하고(첫번째 질문에서 학생들이 정확하게 응답한 사람은 오직 6%);

- 1) 학생들의 약 77%는 우리늄이 납으로 변화한 다음 나머지 그대로 존재한다고 이해한다(두 번째 질문).
- 2) 학생들의 77%는 붕괴란 핵이 변화한다고 이해하고 있었다(세 번째 질문).

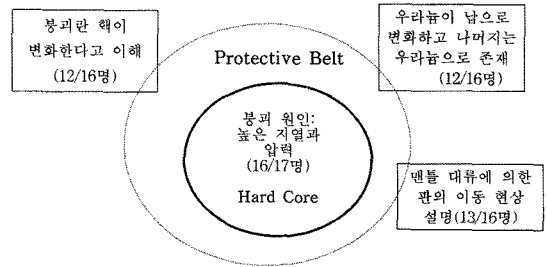


Fig. 3. Most students' alternative conception about the understanding of radiative isotope: a transitional stage.

3) 학생들의 82%는 지구내부에너지의 주요한 생산은 핵 변화라고 이해하고 있었다(네 번째 질문).

4) 우리늄이 납으로 변화하는 것은 좀 더 안정한 원소로 변화하기 위해서는 온도와 압력에 관계없다고 정확하게(6%) 생각했던 학생들 중에서 100%는 우리늄이 납으로 변하고 나머지는 그대로 존속한다고 이해하고 있었고, 100%는 붕괴란 열과 압력과 관계없이 원자핵이 변화한다고 알고 있었다. 물론 대부분 100%는 지구내부에너지의 주요한 생산방법은 핵 변화라고 알고 있었다.

결론적으로 대부분 지하 깊은 장소에서 방사성 동위원소의 붕괴는 열이나 압력(화학변화의 요인?)이라는 명백하게 잘못된 개념을 가진 예비교사들 16명중에서, 12명(12/16, 75%)이 우리늄이 납으로 변화한 후 나머지는 우리늄으로 존재한다는 과학적 개념을 가지고 있었을 뿐만 아니라, 같은 인원인 12명(12/16, 75%)이 방사성 동위원소의 붕괴라는 정확한 용어의 정의를 가지고 있었고, 또한 13명(13/16, 약81%)이 지구내부에서 일어나는 현상 중 맨틀대류에 의한 판의 이동에 의한 현상들이라고 응답하였다.

따라서 우리는 다음과 같은 방사성 동위원소에 대

Table 6. The initial structures of Preservice Secondary Teachers' Alternative Conceptions on Radioactive Isotope

	대안개념의 구조 (Lakatos의 연구프로그램의 구조)	
	견고한 핵(공통) (Hard core)	과도기 단계(Fig. 3) 보호대 (Protective belt, Soft core)
첫번째 질문	높은 지열과 압력 (16/17명)	중심핵은 화학변화 혹은 핵 변화? 우리늄이 납으로 변화한 다음 나머지 그대로 존재, (12/16 명)
두번째 질문		중심핵은 화학변화 열이나 에너지로 변화, (3/16)
세번째 질문		붕괴란 핵이 변화한다고 이해, (12/16명)
네번째 질문		붕괴란 없어지거나 사라짐을 의미, (3/16)
		맨틀 대류에 의한 판의 이동에 의한 현상, (13/16 명)

한 3~4학년의 예비 중등교사의 대안개념의 구조를 확인하였다. Table 6에서 분모는 전체인원을, 조사하여 알고자 하는 인원은 분자에 해당한다. 진하게 표현된 16명은 대부분 지하 깊은 장소에서 방사성 동위원소의 붕괴는 열이나 압력(화학변화의 요인?)이라는 명백하게 잘못된 개념을 가진 예비교사들로 17명 중 16명이다(Fig. 3).

요약하면 Beilin(1985)의 ‘삭제’ 기준(기준 1)의 적용은 지층에서 방사성 동위원소의 붕괴의 환경요인이라는 핵심신념에 대한 학생들의 이해를 삭제한다면 지하 내부에서 발생하는 에너지 생산이라는 학생들의 이해에 대한 전체 기준 틀이 지워지는 결과(기준 2)를 가져와서, 학생들은 자기들의 핵심 신념을 보호하기 위해서 바로, 원인이 명확하지 않은 핵 변화에 의한 결과를 ‘보조 가설들’로 사용한다(기준 3)(Niaz, 1998, p. 115).

위의 Table 6은 예비 중등교사의 사전 대안개념의 구조를 보여주고 있다. 즉, 지하에서 화학변화에 필요한 주요한 환경에 의하여 과도기 단계로 명확하지 않은 핵 변화로 설명하고자 하고 있었다. 그러한 대안개념의 핵을 변화 시켜야 한다는 사실을 보여주고 있다. 즉 주위환경이 변화요인이라는 심층적인 전체에 교실 수업에서 습득한 화학변화 혹은 핵변화가 결합하여 “견고한 핵”이 되어 자리 잡고, 명확하지 않은 핵 변화가 “보호대”로 결합되어있다. 따라서 과도기 단계이다.

상대적으로 낮은 단계의 대안개념: 중심핵이 오직 화학변화라면 다음(Fig. 4의 견고한 핵으로 중심 원으로 표현)과 같이 상대적으로 낮은 단계라고 할 수 있다. 즉 적은 수(16명중 3명)지만 모든 현상을 연소반응에서 일어난 현상으로 설명하고 있다. 3명은 전부 연소반응에 동반하여 나타나는 현상으로 설명하고 있었다(Fig. 4의 주위의 원으로 표현).

제안된 교수 학습 전략: Lakatos의 발견법의 수업전략의 과정

사범대학 과학교육과 3~4학년으로 이미 교과과정에서 방사성동위원소에 대한 개념을 이미 학습한 예비 중등교사의 대안개념을 알아보고, 기존에 제안한 과학 철학적 학습전략(오준영과 강용희, 2005)에 Lakatos(1970)의 발견법의 원리를 적용하여, 강화 수정하여 그 효과를 알아보았다. 또한 지구과학에서의

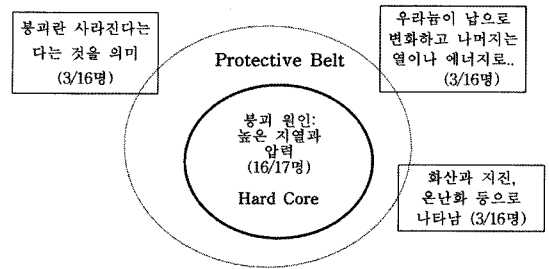


Fig. 4. Students' alternative conception about the understanding of radiative isotope: a relative low stage.

방사성 동위원소를 학습하기 때문에 그와 관련된 개념을 통합하여 학습하도록 계획하였다.

우리가 제안한 수업전략의 구조와 수업순서는 (Fig. 3)에서 보여준다. 대안 개념과 과학적 개념과는 경쟁적인 관계일 뿐만 아니라, 서로 다른 견고한 핵을 가지고 있다, 그러나 최초의 대안개념과 과도기 대안개념(약화된 대안개념)은 동일한 견고한 핵을 가지고 있다. 결국은 하나의 연구프로그램의 발달(과학적 개념)은 다른 경쟁자(학생들의 대안개념)의 쇠퇴가 결정적으로 중요한 요소이다.

1) 학생들의 최초의 대안개념의 이해: 연구프로그램(대안개념)의 핵과 보호대 확인

Pre-Phase 1: 예비 조사

<교사 활동>

문헌들을 통해서 설문지를 작성하여 투입하여 확인한다.

: 조석 현상에 대한 문헌(채동현, 1995)에 따르면 대안모형의 가장 큰 영향은 지층에서 방사성 동위원소의 붕괴 원인의 설명

<학생 활동>

샘플 반 학생들 학생들에게 개별적으로 예비적으로 설문지에 응답한다.

모든 학생들 혹은 적절한 학생에게 설문지에 응답한다.: 17명의 학생들이 응답지에 응답한다.

Pre-Phase 2: 대안개념에 대한 핵심 신념 찾기

<교사 활동>

1. 특정 토픽에 대한 핵심적인 신념을 찾는 것이 수업전략의 시작이다.

: 이 연구에서는 Phase 1의 핵심 신념을 문항들 중에서 확인

2. 학생들이 자신의 핵심 신념을 방어하기 위해서 학생들이 보조 가설을 어떻게 사용하는가를 확인한다.

: 그러한 핵심 믿음을 보호하는 보호대 역할의 문항들에서 보조가설들을 확인

<학생 활동>

1. 응답된 설문지를 통하여 수업 중에 학생 자신의 관점을 확인한다.

Pre-Phase 3: 과도기적인 대안모형 설정

<교사 활동>

대안 개념에 대한 핵심 믿음의 불만족에 의한 다른 경쟁적인 핵심 신념을 고려하는 과도기적인 대안 모형(Laburu and Niaz, 2002)으로 설정한다.

: 현재 대부분의 예비 중등교사의 대안개념을 과도기 단계로 설정

<학생 활동>

1. 설문지를 통하여 학생 자신의 관점을 표현하는 과정에서 자신의 처음 생각에 불만족을 수업 중에 확인한다.

2) 불일치 사건을 제시하여 최초의 대안개념의 지위를 낮춤: 연구프로그램의 쇠퇴

Phase 1: 불일치 사건들을 차례로 제시

<교사 활동>

1. 불일치 사건들을 차례로 제시하여 과도기적인 대안 모형으로 접근하여 대안개념의 핵을 약화시킨 후, 연속적으로 핵의 교체를 가져올 필요성뿐만 아니라 어떤 경쟁 모형의 핵을 예비적으로 설정하도록 한다.

불일치 사건 1: 핵의 약화

열과 압력은 화학 변화의 요인으로 산소의 공급되어야 한다.

그러나 지하 깊숙한 곳에서는 산소공급이 원활하게 이루어진가?

혹시 원자핵 변화와 화학변화의 요인을 혼동하고 있지 않은가?

불일치 사건 2: 핵의 교체

그렇다면 열이나 압력과 관계없는 안정한 변화란?

<학생 활동>

1. 학생이 스스로 재현한다.

열과 압력은 연소반응에 필요한 화학 변화 요인임을 스스로 확인한다.

지하 깊은 곳에서는 그러한 산소가 풍부하지 않음

을 확인한다.

그 결과 열이나 압력과 관계없는 변화가 필요하다.

3) 과학적 개념의 소개 및 재구성: 연구프로그램의 발전적 전이

Phase 2: 과학적 모형의 핵심 개념을 소개: 연구프로그램의 선택과 부정적 발견법

<교사 활동>

학생들의 최초의 대안개념의 대안으로 새로운 과학적 모형의 핵심 믿음들을 소개

: 산소가 필요하지 않고 좀 더 지속적인 에너지 생산이 필요한 핵종의 변화

<학생 활동>

1. 새로운 과학적 개념의 핵심이 필요함이 적절하다고 느낀다. 결국 그러한 핵심 개념들을 받아들인다.

Phase 3: 새로운 핵의 보호대를 세련 화: 연구 프로그램의 긍정적 발견법

<교사 활동>

1. 핵에 의하여 예측된 현상에 대한 이론적인 개념을 제시(이론적인 전진)

방사선 방출에 의한 지표면 현상 예측:

특정지역에 에너지 방출에 의한 화산과 지진 활동

2. 핵에 의하여 예측된 현상과 이론적인 개념을 확증하는 자연현상을 제시

(경험적인 전진)

가장 지속적인 에너지 생성: 맨틀대류에 의한 지각 판의 지속적인상호작용

<학생 활동>

1. 핵을 보호하기 위한 이론적인 개념을 제시(이론적인 전진)

방사선 방출에 의한 지표면 현상: 지진과 화산 활동을 예측 가능함을 말한다. 그리고 그 이론적인 배경인 맨틀의 대류를 이해한다.

2. 이론적인 개념을 확증하는 자연현상을 제시(경험적인 전진)

가장 지속적인 에너지 생성에 의한 지표면현상을 확인: 판과 판의 상호작용이 일어난 장소에서 지진과 화산 활동 집중됨을 확인

4) 학생들의 대안 개념의 변화 평가: 연구프로그램의 평가

Phase 4: 학생들의 대안개념의 변화정도 평가

<교사 활동>

1. 학생들의 최초의 대안개념의 핵으로부터 과학적 모형의 핵의 변화정도를 확인 : 대안 개념의 핵심신념이 들어있는 문화의 변화정도 검토.

2. 전체적인 개념의 변화가 단순히 개념의 추가인가? 혹은 완전한 개정인가를 확인해야 한다.

: 핵뿐만 아니라 보호대가 어떻게 수정 되었는가를 확인한다.

<학생 활동>

1. 자신의 처음 개념의 문제점을 검토한다.

: 자신의 처음 개념을 자신이 스스로 재현하여 검토하도록 한다.

2. 새로운 개념이 훨씬 효과적임을 안다.

: 새로운 개념이 처음 개념보다 훨씬 폭넓게 적용됨을 이해한다.

Fig. 5는 본 연구에서 제시한 방사성 동위원소에 대한 대안 개념을 과학적 개념으로 재구성하는 수업 절차를 과도기 단계를 도입하여 표현한 일종의 수업 모형의 전략에 대한 수업절차에 대한 흐름도로 표현하였다. 과도기 단계를 점선으로 표현한 것은 실선으로 표현된 완고하고 강화된 대안개념의 지위가 낮아져

최초의 믿음이 적어도 약화되었다는 것을 의미한다.

중심핵은 사고세계만을 표현하지만 그를 보호하는 보호대는 관련되는 이론과 그를 나타내는 자연현상을 포함하기 때문에 현실세계까지 확대된다. 과도기 단계에 약화되었을 뿐만 아니라 개념지위가 낮아진 대안개념은 보호대를 첫 번째 불일치 사건으로 공격했기 때문에 보호대가 상대적으로 축소 되었음을 나타낸다. 마지막 오른쪽에 위치한 큰 원은 우리가 재구성해야 할 과학적 개념에서는 보호대가 점점 세련됨을 의미하기 때문에 보호대의 크기가 상대적으로 커졌다.

마지막 단계이후의 굵은 점선은 피드백을 나타낸다. 조용한 산출은 전혀 변화 없는 경우, 강화된 산출은 완고한 대안개념으로 낮은 단계로 혼합된 산출은 자신의 신념에 의문을 가진 상태를 말한다. 예를 들면, Fig. 3과 같은 상대적으로 낮은 단계의 대안개념은 불일치 사건을 제시하여 기존개념에 의문을 가지는 단계로 되돌아가야 하고, Fig. 2와 같은 과도기 단계에 머무는 경우는 결정적 사건부터 진행하여야 한다. 또한 과학적 개념의 초소한의 이해(암기식 과학개념)는 이론적 개념의 보충과 현상들의 예시로 보호대를 강화해야 한다.

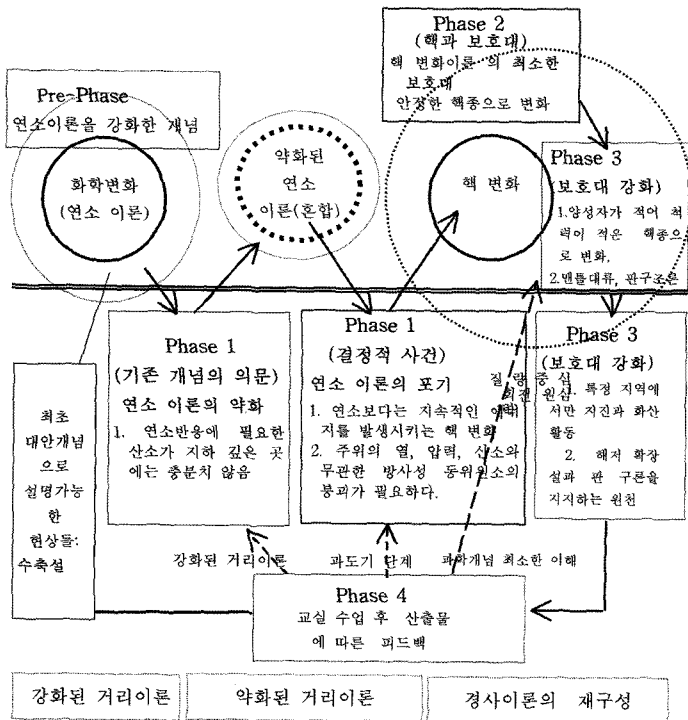


Fig. 5. The flow chart of the research and teaching strategies procedure of on radioactive isotopes in the interior of earth.

그러나 이 연구에서는 실제로 대부분의 예비 중등교사는 핵을 제외한 보호대는 정확한 과도기 단계의 대안개념을 사전에 가지고 있었고, 사후 대부분 과학적 개념으로 개념변화가 일어났기 때문에 피드백 단계를 사용하지 않았다. 따라서 과도기 단계가 중요하다는 내용을 간접적으로 말해주지만 예비교사 저학년이나 중고등 학생들을 대상으로 연구할 필요성이 제기된다.

수업 전략의 사용한 효과

방사성 동위원소인 우라늄은 주위의 온도와 압력에 관계없이 일정하게 붕괴되어 작은 원자량의 원소로 변하며, 최종에는 안정된 원소인 납이 된다. 결과적으로 방사성 동위원소에 대한 응답에서 우라늄이 납으로 변화하는 데 안정한 핵종인 납으로 변화하는 데는 주위의 높은 열과 압력과 관계없다는 개념뿐만 아니라 다른 응답에서 나타나는 관점들은 잘 수행되고 있다는 것을 나타낸다.

즉 우라늄이 납으로 변화하는 것은 좀 더 안정한 원소로 변화하기 위해서는 온도와 압력에 관계있다고 생각했던 학생들 중(16명), 100%가 과학적 개념으로 변화 되었으며 나머지 응답도 우라늄이 납으로 변하고 나머지는 그대로 존속한다고 이해하고 있었고, 붕괴란 열과 압력과 관계없이 원자핵이 변화한다고 하였다.

우리의 교수 학습 전략사용 절차상 적어도 불일치 사건을 제시하여 자신의 핵심신념에 강한 의문을 가지도록 하는 과도기 단계를 설정하고, 그 후에 결정적 사건을 제시하여 핵심신념과 경쟁관계에 있는 새로운 과학적 개념이 필요함을 느끼도록 하여야 된다. 그 결과 Table 7에서 표현 된 것처럼 대안개념의 견고한 핵에 반하는 불일치 사건을 제시한 후 처음 대

안개념을 가지고 있었던 16명중에서 10명이 자신의 신념에 변화가 일어났고, 5명은 자신의 신념에 강한 의문을 가지고 있었다. 그러나 나머지 한명만 지표면 가까이에는 산소가 공급된다는 표현으로 자신의 처음 신념을 고수 하였다. 처치 후 조사된 설문지에 17명이 방사성 붕괴의 원인은 지층의 온도와 압력과는 무관하다고 표현 하였다.

그러나 사후 2주 후 다시 조사한 결과는 대부분의 예비교사들은 정확한 방사성 동위원소 변화의 원인을 과학적 개념으로 설명하고 있었다.

이러한 변화 결과를 다음과 같은 해석을 할 수 있다.

첫째, 우리가 제한한 수업전략의 주요한 초점은 핵의 변화에 맞추어 연속적으로 불일치 상황을 제시하여 자신의 개념에 의문을 가지게 하여 완고한 기존의 개념 지위를 낮추어서, 새로운 과학적 개념을 필요로 하는 중간단계가 반드시 필요하다는 점이다.

둘째, 이 연구에서 조사된 대부분의 예비교사들은 이미 자신의 최초개념에 대하여 아직은 확고하지 않은 중간단계에 있었기 때문에 본격적인 수업의 흐름도에 따른 수업을 진행 전에 특히 결정적 사건을 제시한 후 개념변화가 일어났고, 진행 후에는 모두 과학적 개념으로 변화하였다는 것을 말해준다. 이러한 사실은 자신의 개념에 아직은 확고하지 않은 단계인 비과학적 개념과 과학적 개념이 혼재된 상태에서는 결정적 사건을 제시하는 단계부터 피드백을 수행하여야 한다는 것을 말해준다.

셋째, 초보단계에 있던 3명(물론 5명에 포함)도 자신의 처음 개념에 강한 의문 상태를 거쳐 핵뿐만 아니라 보호대도 전부 과학적 개념으로 변화 되었다. 이러한 사실은 핵변화가 가장 중요하다는 점이고, 자신의 최초개념에 아무런 변화가 없는 개념이 산출되면 적어도 자신의 개념이 약화되는 불일치 사건부터

Table 7. The variations of Preservice Secondary Teachers' Alternative Conceptions on the hard core of Radioactive Isotope's conceptions

응답군	사 전 (17명)	불일치 사건 제시 후 (강한 의문)	사 후 (17명)	사 후 2주 경과	비고
1. 시간에 따라 변화한다.	1명(안○진, 6%)	(1+10)명(변화됨)	(1+16)명	(1+16)명	과학적 개념
2. 지층의 열이나 압력으로 인하여..	16명 (94%)	6명(5명은 변화되지 않았으나 강한 의문)			대안개념
3. 방사선의 방출로 질량변화로..					대안개념
4. 원자의 구조변화로..					대안개념
5. 물리적 화학적 요인에 의해...					대안개념
6. 공기 속에 있는 기체에 의해...					대안개념
7. 모르겠다.					무개념

다시 피드백을 수행하여야함을 암시한다.

결론 및 제언

학생들이 자연현상을 설명할 때, 심층적인 전제는 문화적으로 형성된 배경지식과는 무관하게 어린 시절부터 자리 잡고, 후에 개념을 형성하는 지대한 영향을 준다(Vosniadou, 1994). 또한 그 영향은 대안 개념의 종류를 다양하기 보다는 되도록 적은 수의 유형들이 나타난다고 한다.

첫째, 온도가 높은 것은 양이 많은 물질이라는 사고가 학생들의 마음속에 심층적으로 자리 잡고 있다는 Vosniadou(1994)의 보고가 이 연구에 잘 보여주고 있었다. 즉 지층에서 방사성 동위원소의 붕괴 요인들을 지층의 높은 압력과 열이라는 환경적인 요인의 심층적인 전제에, 교실수업에서 습득한 화학변화 혹은 핵변화의 내용들이 보호대로로 추가되어 하나의 설명체계로 표현되는, 예비 중등교사의 대안개념의 구조를 확인하였다. 또한 채동현(1995)의 연구와는 다르게 하나의 문항이 아니라 전체문항들의 관계에서 대안개념을 탐색하였다. Lakatos의 연구프로그램은 한 하나의 이론이 아니라 여러 가지 개념과 이론들의 연합체이기도 하다.

둘째, Hewson(1982)은 불만족이라는 것은 하나의 개념에 대한 지위에서 변화에 대한 핵이라고 하였다. 학생들은 일반적으로 그들의 개념 변화에 저항하지만, 자신들의 견고한 믿음에 의문을 가지고 과도기적인 모형을 구축한다고 하였다. 우리가 그 단계에 해당하는 개념이 나타나고 있다. 그러한 과도기 단계를 강조하는 수업전략을 제안하는 것이다. 이 연구의 중요한 관점은 학생들이 개념변화에 대한 자신들의 기존 개념에서 어떤 핵심 믿음이 개념변화에 가장 저항적 인가에 있을 뿐만 아니라 그것을 효과적으로 대처하는 적절한 교수-학습방법의 전략이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 일종의 절차 모형인 과학 철학적 수업전략(오준영과 강용희, 2005)에 각각의 역할들을 추가, 제안한 절차에 따라 수행하였다. 대부분 고학년인 예비 중등교사는 사전에 이미 과도기 단계에 머무르고 있기 때문에 처치 후 대부분 개념변화가 일어나고 있었다. 때문에 기존의 대안개념을 과도기 단계를 거쳐서 개념변화를 유도할 필요가 있다는 내용을 말해준다.

셋째, 하나의 지식체계를 형성하는 개념들은 상호

관련을 맺고 있다. 그렇기 때문에, 학습목표 개념을 구성하는 개념 중 어느 특정한 단일 개념에 대한 이해가 정확하다고 하더라도, 다른 여러 개념들이나 신념이 잘못된 경우는 목표가 되는 개념이해에 지장이 있다(Diakidoy et al., 1997; Vosniadou and Brewer, 1994). 하나의 지식체계를 형성하는 개념들은 상호 관련이 있다는 관점을 적극적으로 수용한 지금까지의 기존의 연구(오준영과 강용희, 2005; 오준영과 김유신, 2006; 오준영 외, 2006; 오준영, 2006)와 본 연구에서 사용한 우리의 수업 전략의 흐름도의 사용은 학생들의 대안개념으로부터 우리가 목표로 하는 과학적 개념으로 안정적이고 바람직한 개념변화가 일어날 수 있다고 일관성 있게 제안한다. 즉 기존의 연구들은 학생들의 최초의 대안개념의 구조를 분석한 내용이기 때문에 이 연구에서 제안한 본격적인 교수 학습 전략인 흐름도를 적용함으로써 개념변화를 유도할 수 있다는 관점이다.

다섯째, 이 연구에서는 방사성 동위원소의 개념을 맨틀의 대류와 판구조론 같은 지질학적인 현상과 함께 학습하도록 구성하였다. 즉 지구과학은 비교적 좁은 시공간을 무대로 하는 물리, 혹은 화학보다는 시공간이 대단히 길고 넓은 영역에서 직접적인 자연현상과 연결시킬 때 유의미한 학습이 이루어진다고 할 수 있다. 자연 현상(result)를 설명하기위해서 규칙(rule)을 추리해내고 그로부터 그 결과를 발생시킬 수 있는 경우(case) 또는 조건(condition)을 이끌어내는 구조, 귀추법(abduction)의 구조를 가진다(오필석, 2007). 귀추론의 구조는 지구과학처럼 범위가 넓고 장시간에 이루어지는 자연현상을 설명하기 위해서 되 돌아보는 형식(retroduction: RD)을 취하기 때문에 논리적으로 취약하다. 그러나 물리학이나 화학에서 생성된 법칙이나 이론을 전체로 하여 다시 현상에 적용하고 더 발전된 이론을 추리하는 방법을 사용하는 것은 타당하다(오준영과 김상수, 2007).

제한점으로 우리의 연구가 지구과학 비전공자를 대상으로 하였고, 장기적인 종단연구로 우리가 제안한 수업전략의 효과를 알아보지 못했다는 점이고, 3-4학년의 예비 중등교사를 대상으로 하였기 때문에 저학년에서 나타나리라 예상되는 낮은 단계의 대안개념이 아니라 중간단계에 있었다는 점이다. 우리의 앞으로의 연구는 지구과학전공자를 포함한 예비 중등교사의 저학년의 연구가 필요하다.

참고문헌

- 경제복, 윤일희, 이경훈, 김기룡, 황원기, 이기영, 2006, 고등학교 지구과학 I. (주)중앙교육진흥연구소, 서울, 268 p.
- 권재술, 이경호, 김연수, 2003, 인지 갈등과 개념변화의 필요조건과 충분조건. 한국과학교육학회지, 23(5), 574-591.
- 오준영, 김상수, 2007, 가설 생성과 확증과정의 프로그램의 제안: 과학영재 교육을 중심으로. 제 5회 전국대학교 과학영재교육원 학술 발표회 논문집, 128-139.
- 오준영, 2006, 달의 위상변화에 대한 예비 중등교사의 설명적 일관성. 한국지구과학회지, 27(6), 606-619.
- 오준영, 강용희, 2005, 과학개념구성을 위한 하나의 과학 철학적 수업전략의 제안. 중등교육연구, 53(2), 479-512.
- 오준영, 김유신, 2006, 천문 현상을 설명하는 예비 초등교사의 정신모형의 구조. 한국과학교육학회지, 26(1), 68-87.
- 오준영, 강용희, 이효녕, 김용기, 2006, Lakatos의 방법론에 의한 예비 중등교사의 계절변화에 대한 설명의 근원 연구. 한국지구과학회지, 27(4), 374-389.
- 오준영, 박성호, 2005, 계절변화에 대한 예비중등 교사의 대안개념의 구조. 한국우주과학회지, 23, 69-88.
- 오준영, 채동현, 2004, 별에 대한 초등교사와 초등학생들의 핵심심념 비교. 중등교육연구, 52, 427-452.
- 오필석, 2007, 중등학교 지구과학 교사들의 과학적 설명: 논리적 형식과 담화적 특징 분석. 한국과학교육학회지, 27(1), 37-49.
- 이규석, 조희형, 박봉상, 박문수, 심국석, 심중섭, 최진복, 장전찬, 이창진, 이용준, 2006, 고등학교 과학. (주)대한 교과서, 서울, 263 p.
- 이문원, 전성용, 권석민, 진만식, 신석주, 임부철, 2007, 고등학교 지구과학 II.- (주)금성출판사, 서울, 392 p.
- 이성목, 채광표, 김기대, 이문원, 권석민, 손영운, 노태희, 정지오, 서인호, 김영수, 김운택, 이세영, 2006, 중학교 과학2. (주)금성출판사, 서울, 304 p.
- 명전옥, 2001, 예비교사들의 지구과학 문제 해결 실패 요인: 달과 행성의 운동을 중심으로. 한국지구과학회지, 22, 339-349.
- 채동현, 1995, 예비교사들의 방사성 동위원소에 대한 유년적 사고. 한국지구과학회지, 16(6), 469-476.
- 한국지구과학회 편저, 2000, 지구환경과학 I. (주)대한교과서, 서울, 105 p.
- Barker, P. and Gholson, B., 1984, The history of psychology of learning as a rational process: Lakatos versus Kuhn. In Reese, H.W. (ed.), Advances in child development and behavior (Vol. 18). Academic Press, New York, USA, 227-244.
- Baxter, J., 1989, Children's understanding of familiar astronomical events. International Journal of Science Education, 11 (5), 502-513.
- Baxter, J., 1991, A constructivist approach to astronomy in the National Curriculum. Physics Education, 26 (1), 36-45.
- Beilin, H., 1985, Dispensable and Indispensable Elements in Piaget's Theory: On the core of Piaget's Research Program. In Reser, H.W. (ed.), Genetic Epistemology: Yesterday and Today. City University of New York, New York, USA, 107-125.
- Blanco, R. and Niaz, M., 1998, Baroque Tower on a Gothic Base: A Lakatosian Reconstruction of Students' and Teachers' Understanding of Structure of the Atom. Science and Education, 7 (4), 327-360.
- Carey, S., 1986, Cognitive science and science education. American Psychologies, 1, 1123-1130.
- Champagne, A.B. and Klopfer, L.E., 1983, Naive theories and science learning. Paper presented at the annual meeting of the American Association of Physics Teachers, New York. (Eric Document Reproduction Service No. ED 225 825).
- 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), 1-49.
- Diakidoy, I., Vosniadou, S., and Hawks, J.D., 1997, Conceptual change in astronomy: Models of the earth and day/night cycle on American-Indian children. European Journal of Psychology of Education, 12 (2), 159-184.
- Gilbert, J.K. and Swift, D.J., 1985, Towards a Lakatosian Analysis of the Piagetian and Alternative Conceptions Research Programs. Science Education, 69, 681-696.
- Hashweh, M.Z., 1986, Toward an explanation of conceptual change. European Journal of Science Education, 8 (3), 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.
- 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 Educational Technology, 11 (3), 2002, 211-219.
- Lakatos, I., 1970, Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes. In Lakatos, I. and Musgrave, A. (eds.), Criticism and the Growth of Knowledge. Cambridge University Press, New York, USA, 91-196.
- Lederman, N.G. and Zeidler, D.L., 1987, Science teachers' conceptions of the nature of science: Do they really influence teaching behavior? Science Education, 71 (5), 721-734.
- Linn, M.C. and Songer, N.B., 1991, Teaching thermodynamics to middle school students: What are appropriate cognitive demands? Journal of Research in Science Teaching, 28, 885-918.
- Lutgens, F.K. and Tarbuck, E.J., 2002, Foundations of

- earth science. In Pearson Education. Inc.(ed.), Prentice Hall Press, New York, USA, 252-253.
- Niaz, M., 1995, Progressive transitions from algorithmic to conceptual understanding in student ability to solve chemistry problems: A Lakatosian interpretation. *science education*, 79 (1), 19-36.
- Niaz, M., 1998, A lakatosian conceptual change teaching strategy based on student ability to build models with varying degrees of conceptual understanding of chemical equilibrium. *Science and Education*, 7 (2), 107-127.
- Nussbaum, J. and Novick, S., 1982, Alternative frameworks, conceptual conflict, and accommodation: Toward a principled teaching strategy. *Instructional Science*, 11, 183-200.
- Nussbaum, J, 1989, Classroom conceptual change: Philosophical perspectives. *International Journal of Science Education*, 11 (special issue), 530-540.
- 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, 211-277.
- Sharp, J.G, 1996, Children's astronomical beliefs: a preliminary study of Year 6 children in south-west England. *International Journal of Science Education*, 18 (6), 685-712.
- Vosniadou, S., 1989, Knowledge acquisition in observational astronomy (Technical report No. 468). (ERIC Document Processing Service No. ED 316 408).
- Vosniadou, S., 1994, Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45-69.
- Vosniadou, S. and Brewer, W.F., 1994, Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 18, 123-183.

2007년 3월 28일 접수
2007년 5월 8일 수정원고 접수
2007년 11월 14일 채택