

# 공룡의 멸종 원인에 대한 고등학생의 생각과 대안적 가설에 대한 반응 유형 분석

박형근\* · 정진우 · 정재구  
(안양고등학교\*) · (한국교원대학교)

## High School Students' Ideas and Analysis of Responses Types to Alternative Hypotheses about Cause of Dinosaur Extinction

Park, Hyeong-Geun\* · Jeong, Jin-Woo · Jung, Jae-Gu  
(Anyang High School\*) · (Korea National University of Education)

### ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate high school students' ideas related with dinosaur extinction, to classify students' responses types with alternative hypotheses of inconsistent with their ideas, and then to examine their cognitive conflict levels and the degree of ideas change. To investigate students' ideas, we analyzed responses 98 eleventh graders of a high school in Anyang area. The results of this study were as follows: First, most of the students responded a large scale asteroid impact with the cause of dinosaur extinction, and rest of them responded changed Earth's climate accompanying tectonic activity, extreme volcanic activity, shortage of food, disease(virus) and decrease of their habitat. Also, they thought that dinosaur was exterminated not by just one reason but by several complex reasons. Second, the students' responses of alternative hypotheses were classified into six types: rejection, reinterpretation, uncertainty, belief decrease, partial theory change, and theory change. Third, except rejection and reinterpretation types, other four types were arousing of cognitive conflict and the percentage of the students who felt cognitive conflict was 62.3% and that of the students who took the theory change was just 6.1%.

**Key words:** dinosaur extinction, alternative hypotheses, responses types

## I. 서론

학습자는 주체적으로 주변 환경과 상호 작용을 하며, 이 과정에서 개인적인 개념이나 이론을 스스로 만들어 낸다(Posner *et al.*, 1982; Appleton, 1997). 학습자가 어떤 선개념을 가지고 있고, 또 수업을 통하여 학생들의 개념이 어떻게 변화되는가에 대한 연구는 구성주의 이론을 배경으로 하고 있다. 특히 지구과학은 지각, 바다, 대기, 천체 등 탐구 대상인 자연환경과 상호작용이 어렸을 때부터

빈번하게 이루어진다. 또한 공간적, 시간적으로 그 규모가 커서 일부분만 경험하거나, 또는 경험할 수 없는 상태에서 자기 나름대로의 생각을 구성하게 되며 이러한 생각은 나름대로 안정적으로 지속된다. 이에 지구과학 관련 내용에 있어서 이러한 다양한 경험의 제약으로 선개념이 비과학적 개념으로 존재할 가능성이 높으며(정진우, 1991), 이러한 비과학적 개념은 학생들이 새로운 과학 개념을 학습하거나 다양한 요인들이 상호 관련되어 나타나는 과학적 현상을 이해하는데 장애 요인이 되기도 한다(Pintrich *et*

al., 1993; Chinn & Brewer, 1998b).

대안적 이론을 이용하는 수업은 학생들이 대안적 이론을 자신의 선개념으로 설명할 수 없으므로 갈등을 느끼고 이 갈등을 해소하기 위해 새로운 과학적 개념을 받아들일게 될 것이라는 가정을 하고 있다. 이에 Posner *et al.*(1982)은 학생들의 선개념을 수정하기 위해 선개념에 대한 불만, 새로운 개념에 대한 이해, 새로운 개념의 그럴듯함, 새로운 개념의 유용성 등을 개념변화의 전제 조건으로 제안하고 있다. Koslowski(1996)는 대안적 가설을 기존의 가설을 수정 또는 거부하게 하거나 정교화시키는 사례를 뜻하는 용어로 사용하였다. 따라서 이 연구에서 사용한 대안적 가설은 학습자의 기존 가설에 일치하지 않는 새로운 증거나 개념을 뜻하며 학습자로 하여금 기존 생각에 불만족을 느끼게 하여 인지갈등을 유발시키는 관점에서 제시하였다.

과학교육에 있어 대안적 이론은 학습자로 하여금 인지갈등을 유발하고, 학습자의 개념변화를 촉진시키기 위한 수단으로서 중요시되고 있으나(Posner *et al.*, 1982; Dreyfus *et al.*, 1990; Thagard, 1992; Chinn & Brewer, 1998a), 선개념에 대한 학생 자신이 자신의 생각에 문제가 있음을 깨닫지 못한다면 새로운 이론을 받아들이지 않을 수도 있다. 그러나 선개념에 대한 불만을 유도하기 위해 흔히 이용하는 것이 대안적 이론이며, 이 대안적 이론은 인지갈등을 유발하여 선개념을 과학적 개념으로 변화시키는 과정에서 중요한 역할을 담당할 수 있다는 것이다. 실제로 개념변화에 근거하여 진행된 많은 연구에서 대안적 이론을 이용한 인지갈등 전략의 효과가 나타나기도 했으며(Dreyfus *et al.*, 1990; Hynd *et al.*, 1994; 김지나 등, 2000), 한편으로 대안적 이론을 접하더라도 이를 무시하거나 선개념의 증거로 왜곡하여 의미있는 인지갈등 유발이 힘들어 인지갈등의 효과성에 대한 의문을 제기되기도 하였다. 구체적인 연구 결과를 살펴보면, 학습자들은 자신의 기존 이론에 일치하지 않는 대안적 자료에 대해 자신의 선개념을 확증해 주는 증거들만 선택하려는 경향이거나(박종원 등, 1993), 무시하거나 믿지 않는 등 의도했던 개념변화를 이끌어내지 못하는 경우도 많다(Chan *et al.*, 1997; Chinn & Brewer, 1998a; 박종원 등, 1998). 또한, 학습자의 선개념에 일치하지 않는 대안적 자료는 제시에서부터 개념변화에 이르는 과정까지 여러 가지 요인들이 복합적으로 작용하기 때문에, 대안적 자료를 이용한 인지갈등 전략이 의도했던 개념변화를 이끌어내지 못

하는 경우도 많다. 이는 기존 이론에 대한 신뢰 정도, 배경 지식, 형이상학적 신념과 인식론적 관점, 제시되는 대안적 자료와 대안 이론의 특성, 학습자의 처리 전략, 학습자의 특성 등 여러 가지 요인들이 복합적으로 작용하기 때문이다(Chinn & Brewer, 1993; Limón, 2001; Mason, 2001).

과학교육 연구에서의 주요한 목표 중의 하나는 효율적인 교수 학습방법의 개발이다. 효율적인 교수 학습 방법의 개발은 학생들의 개념변화 과정을 좀 더 세밀히 분석하는 것으로부터 시작된다고 볼 수 있다. 그러므로 학생들이 갖고 있는 선개념과 일치하지 않는 새로운 정보를 접하였을 때 선개념을 변화시키기 위한 방법을 찾아내는 것과 학생들이 겪는 인지갈등과 개념 변화와의 관계를 이해하는 것이 중요하다(백성혜 등, 1999). 따라서 학생들의 다양한 반응에 대하여 인지갈등과 개념 변화를 효과적으로 유발하고 변화시키기 위한 방안의 기초로 대안적 자료에 대한 많은 연구가 필요하며, 학생들의 개념변화를 도울 수 있도록 과학 교수가 학생들의 개념변화 진행 정도에 맞추어 보다 구체적으로 이루어져야 함을 시사하고 있다.

이 연구에서는 고등학생들이 공통 멸종 원인으로 어떤 생각을 하고 있으며, 이와 관련하여 학생 자신의 생각에 일치하지 않는 대안적 가설을 접하였을 때 나타나는 반응 유형을 분류함으로써 인지갈등과 개념 변화 사이의 관계를 구체적으로 밝혀, 학생들의 다양한 반응 형태에 대해 보다 효율적이고 구체적인 교수 학습 방법을 구상하는데 도움을 주고자 한다.

## II. 연구의 제한점

이 연구의 제한점은 다음과 같다.

첫째, 이 연구에서 사용한 대안적 가설이란 용어는 공통의 멸종 원인으로 운석 충돌설과 화산 온실설 중 대다수의 학생들이 공통의 멸종 원인으로 운석 충돌설을 언급하였기에 이를 기존 가설로 설정하고 화산 온실설을 기존 가설과 대비하기 위해 대안적 가설이라는 용어로 지칭하였다. 즉 대안적 가설이란 학생들의 기존 생각에 일치하지 않는 새로운 가설을 접하도록 하였을 때 어떠한 반응을 보이고, 이러한 반응 분석을 통해 개념 변화 과정을 알아보기 위해 제시한 새로운 이론으로 재해석하였다.

둘째, 기존 가설로 이용한 운석 충돌설이나 대안적 가

설인 화산 분출설은 아직까지 과학적으로 검증된 이론이라고 할 수 없으므로 운석 충돌설이 맞고 화산 분출설은 틀리다고 할 수 없다. 즉 공룡 멸종 원인으로서는 위에서 언급한 운석 충돌설이나 화산 분출설 이외에도 다른 많은 가설들이 많은 과학자들 사이에서 언급되고 있다.

셋째, 이 연구에서는 기존 가설로 운석 충돌설과 이에 일치하지 않는 대안적 가설인 화산 분출설을 이용하여 경기도 안양시에 소재한 인문계 고등학교 2학년 일부 학생들만을 대상으로 공룡 멸종 원인에 대한 생각과 대안적 가설에 대한 반응의 응답을 분석하였으므로, 연구 결과를 일반화하는데 제한이 따른다.

### Ⅲ. 연구 방법 및 절차

#### 1. 연구 대상 및 절차

이 연구는 경기도 안양시에 소재한 평준화 지역의 인문계 고등학교 2학년 187명(남:119, 여:68)의 학생들을 대상으로 설문 조사를 실시하여 공룡 멸종 원인에 대해 분석하였으며, 그 중에서 운석 충돌설로 응답한 114명의 학생 중, 운석 충돌설의 신뢰 정도가 높고, 반응 유형 검사에서 비교적 일관성 있게 응답한 98명(남: 66, 여: 32)을 대상으로 대안적 가설을 이용한 반응 조사를 실시하였다.

공룡 멸종 원인에 관련한 학생들의 생각을 조사하고, 대안적 가설을 이용한 반응 유형의 분류, 인지갈등 및 개념 변화 정도를 알아보기 위하여, 먼저 선행연구 조사 및 검토를 통하여 대안적 가설을 선정하였다. 대안적 가설은 선행연구의 검사지를 근거로 수정, 보완하여 작성한 후, 예비 검사를 실시하여 재수정 및 보완하였다. 공룡 멸종 원인에 관련한 학생들의 생각을 파악하기 위한 검사를 실시하였으며, 그 중 연구 목적에 부합하는 운석 충돌설로 응답한 학생을 선별하여 운석 충돌설(자료 1-부록 1)을 제시한 후, 신뢰하는 정도를 5단계(0~4) 리커트 척도(Likert scale)로 표현하게 하였다. 운석 충돌설에 대한 신뢰 정도가 있다고 판단된 등급 3(대체로 신뢰한다)과 등급 4(매우 신뢰한다)로 응답한 학생을 대상으로 대안적 가설인 화산 분출설(자료 2-부록 2)을 제시한 후, 반응 유형 검사의 응답을 이용하여 반응 유형을 분석하고 인지갈등 및 개념 변화 정도를 알아보았다.

#### 2. 검사 도구

검사 도구는 김선영 등(2002)이 사용한 자료와 반응 유형 검사지를 일부 수정, 보완하여 사용하였으며, 자료를 제시하기 전에 학생들로 하여금 공룡 멸종의 원인이라고 생각되는 것을 답하게 한 개념 검사지, 읽기 자료 형태인 운석 충돌설과 대안적 가설로 제시한 화산 분출설 자료지 그리고 학생들의 개념 변화를 조사하는 반응 유형 검사지로 구성되었다.

먼저, 개념 검사지는 고등학생들이 공룡 멸종 원인으로 어떻게 생각하고 있는지에 대한 조사와 학생들에게 제시될 기존 가설과 일치하는 학생들을 파악할 수 있도록 구성하였으며, “공룡 멸종 원인이 무엇일까?”라는 질문에 공룡이 살았던 시기와 멸종 시기를 표와 함께 제시하는 방식으로 구성하였다. 또한 공룡 멸종 원인으로 대규모 운석 충돌, 대규모 화산 분출, 지각 변동에 의한 기후 변화(기온 저하), 먹이 부족, 서식지 감소, 질병(바이러스), 기타 등을 제시하였으며, 여러 가지 원인중에서 공룡 멸종 원인이라고 생각되는 것을 한가지 선택하도록 하였다.

자료지는 공룡 멸종 원인에 대해 학생들이 가장 많이 응답한 운석 충돌설(자료 1)을 기존 가설 역할로 제시한 자료와 대안적 가설로 제시된 화산 분출설(자료 2)로 구성되었다. 운석 충돌설과 화산 분출설은 학계에서도 끊임없는 논란거리이며, 아직 이론으로 정립된 것은 아니다. 그러나 이 연구에서는 운석 충돌설을 기존 가설로 가지고 있는 학생에게 운석 충돌설을 반박하는 화산 분출설을 대안적 가설로 제시하였다. 따라서 학생들이 기존 가설에 일치하지 않는 새로운 가설에 접하였을 때 어떤 반응을 보이며, 이 반응 유형을 분류하여 개념 변화 과정을 알아 보도록 구성하였다. 자료 1의 운석 충돌설은 Alvarez와 Asaro(1990)의 주장을, 자료 2의 화산 분출설은 Courtillot(1990)와 McLean(1999)의 주장을 바탕으로 과학 잡지와 과학 도서, 인터넷 등을 참조하여 연구의 목적에 맞추어 재구성하였다. 이 연구에서 대안적 가설로 제시한 자료 2에는 운석 충돌설을 반박하는 여러 가지 증거와 이 증거들을 설명하는 이론을 함께 제시하여 증거 하나만을 제시한 Chinn과 Brewer(1998a)와 노태희 등(2000a)과는 다소 차이가 있다. 또한 제시되는 자료 분량은 다소 다르지만 자료지 제시 방법 및 서술 정도에 따라 학생 반응에 영향을 줄 수 있으므로 그 영향을 최소화하기 위해 형태나 설명의 권위 정도가 같도록 유의하였다.

반응 유형 검사지는 김선영 등(2002)의 분류 기준을 토대로 사용하였으며, 다만 이 연구 자료의 특성상 불일치

자료라는 말을 대안적 가설이라는 말로 수정하였다. 그 분류 기준으로 첫째, 대안적 가설이 믿음만하다고 생각하는가?, 둘째, 기존 가설에 대한 신뢰 정도가 감소하였는가?, 셋째, 기존 가설이 변화하였가? 에 대해 리커트 척도(Likert scale)로 응답하고 응답에 대한 이유를 기록하게 하여 분석시 중요한 자료로 활용하였다. 검사가 진행되는 동안 학생들에게 자료를 진지하게 읽고, 질문을 정확하게 파악해 자신의 생각을 솔직하게 표현하도록 하였다.

### 3. 자료의 분석

공룡이 어떻게 멸종하였는지에 대하여 187명 학생들의 개념 검사지 응답 기록을 통해 분석하였으며, 반응 유형 분류는 187명 중 운석 충돌설에 신뢰 정도가 있고 대안적 가설에 대하여 비교적 일관성 있게 응답한 98명을 대상으로 본 연구자와 과학교육 석사과정을 이수한 현직교사 1인 및 과학교육 전문가 1인이 공동으로 학생들의 응답을 분류하였다. 학생들의 응답에 분류 차이가 나는 검사지는 3명의 공동 연구자가 서로 상호 검토하는 과정을 반복하여 일치도를 90% 이상(반응 유형 분류 : 90%) 확보한 후 계속적으로 응답을 분류하였다. 부가적으로 공동 연구자들은 학생들이 반응한 질문지를 토대로 인지갈등 및 개념 변화 진행 정도를 병행하여 분석을 수행하였다.

## IV. 연구 결과 및 논의

### 1. 공룡 멸종 원인에 대한 고등학생의 생각

학생들에게 개념 검사지를 이용하여 공룡의 멸종 원인이라고 생각하는 것을 응답하게 한 후 분석한 결과, Table 1과 같이 운석 충돌, 지각 변동에 의한 기후 변화(기온 저하), 화산 분출, 먹이 부족, 질병(바이러스), 서식지 감소 순으로 응답하였다.

Table 1의 결과에서, 고등학생을 대상으로 한 이 연구와 중학생을 대상으로 한 김선영 등(2002)의 연구와의 공통점은 운석 충돌에 대한 응답이 가장 많았으며, 지각 변동에 의한 기후 변화(기온 저하), 화산 분출, 먹이 부족 순으로 점차 낮게 나타났다는 것이다. 차이점으로는 첫째, 이 연구에서는 공룡 멸종 원인으로 김선영 등(2002)에서는 나타나지 않았던 질병(바이러스)이나 서식지 감소에 응답을 보인 반면 자연 재해나 기타의 응답에서는 응답이 없는 등 멸종 원인 분류에 다소 차이가 있었으며, 둘째, 운석 충돌 61.0%, 기후 변화 26.2%로 김선영 등(2002)보다 빈도 백분율이 상대적으로 높게 나타났다. 이런 차이는 김선영 등(2002)의 연구는 자신이 알고 있는 공룡 멸종 원인을 서술식으로 기록하였던 반면, 이 연구에서는 공룡 멸종 원인을 사전에 여러 가지 제시한 후 학생 본인이 생각하는 원인을 선택하여 응답하게 한 검사 방법과 연구 대상의 차이로 인한 것으로 판단된다. 또한 대안적 가설로 제시하였던 화산 분출은 7.5%로 중학생을 대상으로 한 연구에 비해 상대적으로 낮게 나타남을 보였다.

같은 소재를 이용한 두 연구를 살펴볼 때, 전반적으로 이 연구의 대상인 고등학생은 공룡 멸종 원인으로 다른 원인에 비해 운석 충돌과 지각변동에 의한 기후변화(기온 저하)에 집중적으로 높은 응답을 보인 반면, 중학생의 경우 운석 충돌이 다소 높았지만 지각변동에 의한 기후변화

Table 1. Students' ideas to the cause of dinosaur extinction

Cause of extinction	This study		Kim et al.(2002)	
	Frequency	%	Frequency	%
Asteroid impact	114	61.0	107	36.0
Change Earth's climate accompanying tectonic activity(temperature-down)	49	26.2	52	17.5
Extreme volcanic activity	14	7.5	36	12.1
Shortage of food	5	2.7	45	15.2
Disease(virus)	4	2.1	-	-
Decrease of their habitat	1	0.5	-	-
Disaster of nature	-	-	10	3.4
The others	-	-	47	15.8
Total	187	100	297	100

(기온 저하), 화산 분출, 먹이 부족, 기타 등 다양한 응답을 보였다.

## 2. 대안적 가설에 대한 반응 유형

학생들의 반응 유형은 대안적 가설에 대한 신뢰 여부, 기존 가설에 대한 신뢰 정도의 감소 여부, 기존 가설에 대한 이론 변화 여부 등 세 가지 기준에 따라 거부, 재해석, 판단 불확실, 신뢰감소, 부분적 이론 변화, 이론 변화 등 6가지 반응 유형으로 분류할 수 있었다(Table 2).

Table 2의 반응 유형 분류를 살펴보면, 이 연구는 Chinn과 Brewer(1998a)의 8가지 반응 유형 중 무시, 보류, 배제가 나타나지 않았으나 신뢰감소 유형이 첨가되었으며, 노태희 등(2000a, 2002a)과 비교시 배제 유형이 나타나지 않았다. 반응 유형 분류에 차이가 나는 이유는 학생들에게 제시한 대안적 가설의 성격과 반응 유형 분류의 두 번째 질문이 다르기 때문이라고 판단된다. 이 연구에서도 선행연구(Chinn & Brewer, 1998a; 노태희 등, 2000a; 김선영 등, 2002)와 마찬가지로 다양한 반응 유형이 확인되었다.

Table 2에서, 고등학생을 대상으로 한 이 연구와 중학생을 대상으로 연구한 김선영 등(2002)과 비교하면 공룡 멸종 원인에 대한 대안적 가설의 소재나 성격, 반응 유형 분류가 유사함에도 불구하고 빈도에 있어 차이를 보였다. 또한, 인지갈등이 일어나지 않는 거부 유형과 재해석 유형을 살펴보면 고등학생이 37.7%로 중학생의 42.1%보다

상대적으로 낮았다. 이는 고등학생에 비해 중학생들이 기존의 생각을 안정적으로 지속하려는 경향이 있으며, 반대로 비율상 크게 차이가 있다고는 할 수 없지만 중학생에 비해 고등학생이 다소 생각의 유연성이 높다고 할 수 있겠다. 아울러 단순히 학생들에게 기존의 생각과 일치하지 않는 대안적 가설만을 제시했다고 해서 반드시 갈등이 일어나는 것이 아님을 보여주는 한 예이다.

인지갈등이 일어나는 판단 불확실, 신뢰 감소, 부분적 이론 변화, 이론 변화 유형은 대안적 가설에 신뢰가 있을 때 일어나며 그 비율은 고등학생이 62.3%로 중학생 57.8%보다 상대적으로 높게 나타났다. 이는 학년이 높아질수록 대안적 가설을 제시하였을 때 인지갈등이 효과적으로 유발되었음을 알 수 있다. 또한 이것은 기존 가설과 대안적 가설의 통합과정에서 학년이 높아질수록 인지발달 수준이 높아지고 논리적 판단력과 사고력이 발달하여 기존 가설과 대안적 가설과의 불일치성을 쉽게 인정함으로써 대안적 가설의 정보에 대하여 합리적이고 타당한 반응을 나타내어 인지갈등이 많이 유발된 것으로 해석하는 노태희 등(2000b)의 연구 결과와도 일치한다고 볼 수 있다.

아울러 관련 지식의 형성 정도에 따라 인지갈등 유발의 효과가 달라졌을 가능성도 배제 할 수 없다. 왜냐하면 적절한 배경 지식은 대안적 가설이 주어졌을 때 그것을 받아들일지 혹은 거부할 것인지에 대한 판단 준거가 되기 때문이다. 따라서 공룡 멸종 원인에 대한 다양한 지식이 상대적으로 많을 것으로 판단되는 고학년 학생들이 기존 가설과 대안적 가설을 비교, 대조하는 과정에서 두 정보

**Table 2.** Comparison of the students' responses to alternative hypotheses

Types of responses	This study	Kim S. Y et al.(2002)	Noh, T. H et al.(2000a)
Ignoring	-	-	-
Rejection	30.6	38.9	12.5
Reinterpretation	7.1	3.2	21.9
Exclusion	-	-	5.5
Abeyance	-	-	-
Uncertainty	21.4	10.5	12.5
belief decrease	22.5	8.4	-
Peripheral belief change or Partial belief change	-	-	12.5
Peripheral theory change or Partial theory change	12.3	16.8	7.0
Belief change	-	-	-
Theory change	6.1	22.1	28.1

사이의 불일치성을 쉽게 인식하여 생각의 변화를 보여준 것이라고 생각할 수 있다.

대안적 가설을 접한 후 약간이라도 이론 변화가 일어난 경우에서 고등학생은 부분적 이론 변화 유형이 12.3%, 이론 변화 유형이 6.1%로 전체적으로 18.4%이나, 중학생 38.9% 보다 낮은 비율로 나타났으며, 상대적으로 판단 불확실과 신뢰 감소 유형은 고등학생에서 43.9%로 중학생 18.9% 보다 훨씬 높게 나타났다. 이는 대안적 가설을 접한 후 학생들이 인지갈등을 유발하여 갈등을 해소하는 과정에서 대안적 가설의 특성에 기인한 것으로 생각된다. 즉, 공통 멸종 원인이라는 검증받지 못한 특이한 소재가 완전한 개념 변화를 잘 일어나지 않게 하였을지도 모른다는 추측을 낳을 수 있다. 또한 대안적 가설에 의한 인지갈등 유발이 생각 변화의 필수적 요소라는 주장(Shepardson & Moje, 1999)과는 달리 개념 변화에 인지갈등 영향이 상대적으로 적을 가능성을 암시하기도 한다. 따라서, 학년이 높아질수록 대안적 가설을 제시하였을 때 인지갈등이 많이 유발은 되었지만, 이것만으로 이론 변화나 개념 변화가 효과적으로 일어난다고 하기에는 어려운 것으로 판단된다. 인지갈등이 학습 동기유발의 수단으로 작용하지만, 인지갈등 유발 정도가 반드시 개념 변화 사이의 관계가 유의미하지 않았다는 점을 고려할 때 효과적인 인지갈등이 반드시 개념 변화를 일으키는 것은 아니며, 개념 변화에 인지갈등 유발 이외의 다른 변인이 중요한 역할을 할 가능성도 생각해 볼 수 있다(강석진 등, 2002).

한편, 고등학생을 대상으로 연구한 선행연구 노태희 등(2000a)은 '밀폐된 용기속에서 양초가 연소될 때 수면이 상승하는 원인'을 소재로 하여 이 연구와는 자료의 성격과 반응 유형 분류에 있어서 다소 차이를 보였다. 이 연구에서는 거부, 판단 불확실, 신뢰 감소, 부분적 이론 변화 유형이 노태희 등(2000a) 보다 높게 나타났으며, 재해석, 이론 변화에서는 노태희 등(2000a)보다 낮게 나타났다. 인지갈등이 일어나는 유형의 비율은 이 연구가 62.3%, 노태희 등(2000a)이 60.1%로 비슷한 빈도를 보였으며, 약간의 이론 변화라도 일어난 경우는 이 연구가 18.4%로 노태희 등(2000a)의 35.1%에 비하여 적은 학생들이 이론 변화 유형으로 반응하였다. 이것은 서로 비슷한 인지갈등 정도를 유발하였지만, 이론 변화에는 훨씬 적은 반응을 보였다. 이는 과학 개념의 종류에 따라 학생들의 생각 변화가 다르게 나타날 수 있으며(김범기와 권재술, 1995), 또한 다른 선행연구와 달리 이 연구에서의 기존 가설을

반박하는 새로운 가설과 이를 지지하는 자료 제시 및 제시되는 대안적 가설의 소재나 특이한 성격에 따라 비슷한 연령에도 반응 유형 빈도와 인지갈등 유발 정도, 개념 변화 정도가 달라질 가능성이 제안된다.

다음은 김선영 등(2002)의 분류를 기준으로 대안적 가설의 신뢰 여부, 기존 가설에 대한 신뢰 감소 여부, 학생들이 가지고 있는 기존 가설의 변화 여부에 따라 본 연구의 학생들이 진술한 반응 유형의 예이다.

### ■ 거부 유형

거부(rejection) 유형은 기존 가설에 대한 강한 확신으로 대안적 가설을 무시하고 믿을만하다고 인정하지 않으며, 기존 가설에 대한 신뢰 정도가 변화하지 않아 기존 가설을 유지하며 생각의 변화가 없는 유형으로 인지갈등 유발이 안 된 반응이다. 이런 점에서 인지갈등 유발과 개념 변화 전략 이용시 거부 유형은 대안적 가설이 제시되는 상황이나 권위 수준뿐 아니라, Posner 등(1982)의 개념변화 전제 조건인 선개념에 대한 불만, 새로운 개념에 대한 이해, 새로운 개념의 그럴듯함, 새로운 개념의 유용성 등도 다시 고려되어야 할 것이다.

이 연구에서는 30.6%의 학생들이 해당되며, 박종원 등(1993)의 반응 증거를 거부하는 유형과 김익균(1997)의 자기 생각을 고수하는 유형이 거부 유형에 해당된다고 볼 수 있다. 거부 유형에 따른 학생들의 진술 내용은 다음과 같다.

### -대안적 가설의 무시, 불신

- 화산활동으로 지구 평균 온도가 상승하여 남, 북극의 빙하가 녹아 평균 해수면이 높아지고 해수면의 상승으로 지구의 평균 온도가 화산활동 이전보다 낮아져 이 온도에 적응하는 진화된 새로운 생물이 출현할 수 있었을 것이다.
- 화산이 분출하여 지구상의 공룡을 멸종시키려면 핵폭탄보다 몇 배~몇 십배 강한 힘이 필요한데 화산 분출의 힘은 그렇게 강하지 않기 때문에.
- 공룡이 서서히 멸종했다 하더라도 화산 분출 이외에 환경 변화나 질병, 신체적 결함 등으로 일어날 수 있기 때문에.
- 화산 분출이 크게 일어나서 멸종했다면 공룡이 살던 서식지 모두를 용암이 덮어야 할 텐데 그랬으면 다른 모든 생물도 멸종했을 것이다.
- 화산활동이 그토록 큰 규모로 일어났을지 의문이고 그런 규

모라면 공룡 화석이 발견될 수 없을 것이다.

- 화산재로 덮힌 지구는 다시 재생되기 어려울 것이다. 그래서 화산분출을 믿지 못하겠다.
- 대규모 화산 분출이 전 세계적으로 일어나서 공룡이 멸종했다는 사실은 받아들이기 힘들다.
- 대규모 화산 폭발 흔적에 대한 설명이 부족하여 화산 분출을 믿기 힘들다.
- 화산활동이 아무리 커도 공룡이 멸종되지 않았을 것이다.
- 화산활동으로 기후 변화가 일어나는 것은 비논리적이다.
- 지속적으로 화산 분출이 60만년동안 지속될 것 같지 않다.

### -기존 가설 신뢰

- 공룡이 쉽게 지구상에서 사라진 것은 외부의 영향이 크다고 생각되기 때문에.
- 지구주위를 지나는 운석은 많아 지구와 충돌하지 않으리라는 법은 없다.
- 처음부터 운석 충돌이라고 생각했고 운석충돌설이 더 신빙성이 있어서.
- 아직까지는 운석 충돌설의 증거가 명확하여 가장 신뢰가 간다.

### ■ 재해석 유형

재해석(reinterpretation) 유형은 대안적 가설이 믿음만 하다고 인정하지만 기존 가설에 대한 확고한 생각을 버리지 않고 대안적 가설을 이용하여 나름대로 재해석하여 설명하며, 기존 가설을 그대로 유지하는 반응이다. 대안적 가설이 기존 가설과 일치하므로 기존 가설을 지지하는 다른 증거로 작용하고, 대안적 가설의 사실도 기존 가설에 의한 것으로 설명하거나 합리화시킴으로써 인지갈등을 회피하는 유형으로 분류하였다. 이 유형은 학생들이 기존 가설과 대안적 가설을 거의 동일한 내용으로 해석하여 타당성을 인정한다는 것으로 볼 수 있기 때문에 대안적 가설을 믿는다고 해서 반드시 인지갈등이 일어나는 것이 아님을 보여준다.

따라서 재해석 유형은 대안적 가설을 오히려 기존 가설을 지지하는 증거로 인식된다는 문제점에서 대안적 가설이 기존 가설과 일치하지 않는다는 것을 인정하게 하는 방안을 고려해야 할 것이다. 이 연구에서는 7.1%의 학생들이 해당되며, 박종원 등(1993)의 반응 증거를 왜곡하는 유형이 재해석 유형에 해당된다고 볼 수 있다. 재해석 유형에 따른 학생들의 진술 내용은 다음과 같다.

### -화산 분출은 운석 충돌 때문

- 화산 분출이 여러 곳에서 일어나서 지구 전체적으로 피해를 주었다고 말하기는 힘들지만 만약 그런 화산 분출이 있었다면 운석 충돌과 같은 큰 힘이 있었을 것이다.
- 운석 충돌로 대규모 화산이 일어난 것 같다.

### ■ 판단 불확실 유형

판단 불확실(uncertainty) 유형은 대안적 가설을 믿음만 하다고 인정하지만, 기존 가설에 대한 생각의 유지나 변경에 대해 결정을 내릴 수 없어 기존 가설과 대안적 가설 중 어느 것을 선택할지 판단을 확실하게 내리지 못하며, 신뢰 감소 정도를 결정하지 못하여 기존 생각을 유지하는 상태로 인지갈등이 유발된 반응이다. 이 유형은 새로운 지식을 배우는 과정에서 안정된 지식 구조를 갖지 못하여 혼란을 겪고 있는 상태로 볼 수 있으며, 의미있는 변화가 일어나지는 않았지만 대안적 가설이 학습자에게 인지적 혼란을 일으켰다는 점에서 의미가 있다. 또한 운석 충돌설이나 화산 분출설이 검증 받지 못한 특성 때문에 인지적 혼란이 야기되었을 가능성도 배제할 수 없다. 이 연구에서는 21.4%로 비교적 많은 학생들이 해당되며, 판단 불확실 유형에 따른 학생들의 진술 내용은 다음과 같다.

### -대안적 가설의 일부 수용

- 크레이터 증거가 좀 더 확실한 것 같지만 공룡이 살았던 시대에는 대륙이 지금보다 가까워서 화산의 분출로 엄청나게 피해가 크고 또 그 시대에는 지금보다 화산이 많았을 것으로 생각되어 어느 것이 맞는지 잘 모르겠다.
- 크레이터 증거도 확실하고 화산분출도 맞는 것 같아 고민스럽지만 그래도 운석 충돌을 믿고 싶다.
- 운석 충돌과 화산 분출이 모두 멸종에 영향을 주었을 것이나, 운석 충돌이 더 주요 원인인 것 같다.
- 화산 분출설이 논리적으로 근거가 제시되어 운석 충돌이 아닌가? 라는 생각이 든다.
- 화산 분출설도 맞는 것 같기도 하다. 하지만 뭐가 맞는지 잘 모르겠다.
- 화산 분출시 일어나는 효과와 운석 충돌시 일어나는 효과가 비슷해서 답하기가 어렵다.(초기 원인은 다르지만 과정과 결과를 동일하게 생각)

**-대안적 가설의 특성**

- 운석 충돌과 화산 분출 둘 다 완전히 검증되지 않아서 어느 것이 선택해야 할지 잘 모르겠다.

- 운석 충돌의 증거들이 화산 분출로 설명되기 때문에.
- 운석 충돌 이전부터 공룡이 쇠퇴하고 있어서.

**■ 신뢰 감소 유형**

신뢰 감소(belief decrease) 유형은 대안적 가설에 대한 일부 수용이다. 기존 가설에 대한 신뢰 정도는 감소하였지만 기존 가설을 그대로 유지하는 반응으로 인지갈등이 유발된 것으로 분류하였다. 이 반응은 기존 가설의 문제점을 인정하여 대안적 가설을 믿지만, 대안적 가설이 기존 가설의 대체 개념으로는 부족하여 기존 가설을 포기하지 못하고 확신만 조금 약해진 상태이다. 이것은 재해석이나 판단 불확실 유형과 마찬가지로 기존 가설을 유지하고 있지만, 신뢰 정도가 감소하였다는 점에서 다르다. 또한 기존 가설에 대한 신뢰 정도가 감소하였다는 것은 대안적 가설이 유의미하게 작용하여 대안적 가설이 인지갈등을 유발하고 생각의 변화가 시작되었다는 점에서 의미가 있다. 신뢰 감소 유형은 Chinn과 Brewer(1998a)의 분류 유형에는 포함되지 않았으나, 노태희 등(2000a)의 분류 유형에는 신념의 일부 변화(partial belief change)에 해당된다. 이 연구에서는 22.5%로 많은 학생들이 해당되며, 신뢰 감소 유형에 따른 학생들의 진술 내용은 다음과 같다.

**-기존 가설에 대한 불만족**

- 크레이터로 운석 충돌이 더 신빙성이 있지만 지층구조에 대한 연구가 제시되지 않았고, 이리돔의 분포에 의문이 제시되어.
- 큰 화산 분출이 공룡 멸종에 결정적인 영향을 주었을지 의심스러우나 운석 충돌의 근거들이 다른 요인에 의한 것일 수 있으므로.
- 운석 충돌과 화산 활동으로 진행되는 현상이 같지만 운석 충돌 시기와 멸종 시기가 잘 맞지 않아서.
- 전 세계에 분포하는 이리돔을 운석 충돌설로는 설명하기 어렵기 때문에.

**-대안적 가설의 그럴듯함**

- 거대한 화산 분출이 장기간 유지되었다는 증거는 없지만 화산 분출설이 타당성이 있고 논리적이어서.
- 화산 분출설이 운석 충돌설의 오류를 제시한 것에 신뢰가 가서.

**■ 부분적 이론 변화 유형**

부분적 이론 변화(partial theory change) 유형은 대안적 가설의 타당성과 기존 가설과의 불일치성은 인정하지만, 자신이 신뢰하던 기존 가설의 핵심을 완전히 포기하지 않은 상태에서 기존 가설의 일부를 수정하여 대안적 가설을 수용하는 반응이다. 즉 기존 가설과 대안적 가설 모두 신뢰하여 두 이론을 모두 수용하는 것이다. Chinn과 Brewer(1998a)의 분류 유형과 노태희(2000a)등의 분류 유형에서는 주변 이론의 변화(peripheral theory change)에 해당되며, 박종원 등(1993, 1998)의 인지적 혼란을 느끼는 바람직한 반응과 핵심 원리를 폐기하기보다는 다른 이론을 수정, 보완하는 유형이 부분적 신념 변화 유형에 해당된다고 볼 수 있다.

이 연구에서는 12.3%의 학생들이 해당되며, 부분적 이론 변화 유형에 따른 학생들의 진술 내용은 다음과 같다.

**-두 이론의 수용**

- 운석 충돌을 믿지만 순간적인 운석 충돌로는 이리돔의 분포, 운석 충돌 시기와 생물의 멸종시기, KT 경계층 형성시기를 설명하기 부족하므로 두 가지가 동시에 일어난 것으로 보아야 한다.
- 운석 충돌설이 화산 분출설에서 제시된 근거와는 합리적이지는 못하지만 어느 한 가지 이론으로는 공룡 멸종을 설명하기에 부족하므로 두 가지 모두가 인정된다.
- 운석 충돌설을 믿지만 이리돔이 전 세계적으로 나타나는 것으로 보아 화산 분출도 타당하다.
- 크레이터의 증거를 믿지만 운석이 떨어질 확률이 별로 크지 않아서 화산 분출도 믿을만하다.
- 화산 분출설의 문제점이 있을 수 있기 때문에 두 의견 모두 수용한다.

**■ 이론 변화 유형**

이론 변화(theory change) 유형은 대안적 가설을 신뢰하며, 기존 가설로는 제시된 대안적 가설을 반박하기가 어렵다는 것을 인정하여 기존 가설에 대한 자신의 생각을 포기하고 대안적 가설을 받아들이는 반응 유형이다. 이는 가장 효과적으로 인지갈등이 일어난 반응이다. 학생



들의 생각이 변하게 된 이유로 공룡의 멸종 시기가 운석 충돌 시기와의 불일치, KT 경계층이 형성된 시기를 설명하기 어려운 점과 운석 충돌설로는 반증의 증거들을 설명하기 어려운 점을 들었다. 이 연구에서는 6.1%의 학생들이 해당되며 대안적 가설의 제시를 통하여 개념 변화가 쉽지 않음을 알 수 있었다. 또한 선행연구(Chinn & Brewer, 1998a; 노태희 등, 2000a; 김선영 등, 2002)와 비교시 생각이나 개념 변화가 과학적 개념이나 지식 형태에 따라 다르다는 것을 알 수 있다. 박종원 등(1993, 1998)의 자신의 핵심 원리를 폐기하는 유형, 무조건 수용하는 반응과 김익균(1997)의 자기 생각을 버리고 실험 결과를 수용하는 반응이 이론 변화 유형에 해당된다고 볼 수 있다. 이론 변화 유형에 따른 학생들의 진술 내용은 다음과 같다.

**-대안적 가설 수용**

- 공룡 멸종 시기가 운석이 떨어진 시기와 합리적으로 연결되지 않으며, 운석 충돌로는 KT 경계층이 형성된 시기를 제대로 설명하기 어렵고, 이리듬이 전세계적으로 발견되는 이유를 설명하지 못해서.
- 과거의 생물 대멸종은 화산의 활동시기와 대개 일치하고 화산 분출설이 운석 충돌설에 비하여 논리적이고 타당해서.
- 화산 분출설에서 운석 충돌의 근거가 미약함을 느끼며, 화산 분출의 반박자료가 신뢰를 주어서.
- 공룡 사라지기 전과 후 상황과 시간 상태를 잘 나열해 보면 화산 분출설이 더 타당해서.

**3. 개념 변화 과정의 단계**

대안적 가설에 대한 학생들의 반응을 거부, 재해석, 판

단 불확실, 신뢰 감소, 부분적 이론 변화, 이론 변화 등의 유형으로 분류할 수 있었던 것은 대안적 가설이 제시되었을 때 학습자가 대안적 가설을 거부하거나, 대안적 가설을 인정한다 하더라도 인지갈등이 유발되지 않을 수도 있으며, 인지갈등이 유발되어도 목표한 과학적 개념으로 변화되지 않을 수 있기 때문이다(Chan et al., 1997).

개념 변화가 일어나기 위해 가장 선행되어야 할 것은 대안적 가설의 인정이며(Shepardson & Moje, 1999), 그 대안적 가설에 의하여 인지갈등이 유발되고, 인지갈등에 의한 혼란으로 기존 이론에 대한 신뢰가 감소하여, 점차 새로운 이론으로 변화하는 단계로 진행하는 것이다. 이러한 과정을 개념 변화 과정 단계에 적용하면 Table 3과 같다(김선영 등, 2002).

Table 3을 보면, 개념 변화가 일어나는 과정과 반응 유형 분류가 유사하지만, 차이점은 인지갈등 유발 여부가 추가된 것이다. 개념 변화 과정을 보면, 대안적 가설의 유효성을 인정하지 않는 거부 유형을 가장 하위 단계로, 대안적 가설을 인정하지만 인지갈등이 유발되지 않은 재해석 유형은 2단계로, 판단 불확실, 신뢰 감소, 부분적 이론 변화, 이론 변화 유형 순으로 점차 상위 단계로 볼 수 있다. 또한, 기존 가설을 폐기하고 새로운 가설을 선택한 이론 변화 유형이 가장 상위 단계라 할 수 있다. 개념 변화를 목표로 대안적 가설을 이용하는 수업 상황에서 교사는 개념 변화 과정에서의 단계를 인식할 필요가 있다. 즉 교사는 학습자가 개념 변화 과정에서 어떤 단계에 있는지를 확인하고 그에 맞는 적절한 전략을 사용하여야 개념 변화를 촉진할 수 있을 것이다.

대안적 가설에 대한 학생들의 6가지 반응 유형을 개념 변화가 일어나는 과정 단계로 보고, 대안적 가설의 유효성 인정 여부에 따라 구분하여 Table 4와 같은 결과를 얻

**Table 3.** The stages of students' conceptual changes

Stage	Acceptance of alternative hypotheses	Arousing of Cognitive conflict	Belief decrease	Theory change	Types of responses
1	×	-	-	-	Rejection
2	○	×	×	×	Reinterpretation
3	○	○	○, ×	×	Uncertainty
4	○	○	○	×	Belief decrease
5	○	○	○	○(partially)	Partial theory change
6	○	○	○	○(completely)	Theory change

었다.

Table 4를 보면, 대안적 가설의 유효성을 인정한 재해석, 판단 불확실, 신뢰 감소, 부분적 이론 변화, 이론 변화의 반응을 보인 유형의 학생은 전체의 69.4%로 비교적 높게 나타났으며, 유효성을 인정하지 않은 거부 유형으로 반응한 학생의 비율은 30.6%로 대안적 가설을 신뢰하지 않는 것으로 나타났다.

또한, 대안적 가설의 유효성을 인정한 재해석, 판단 불확실, 신뢰 감소, 부분적 이론 변화, 이론 변화 등 5가지 반응 유형을 인지갈등 유발 여부에 따라 세부적으로 구분하면 Table 5와 같다.

Table 5를 보면, 대안적 가설의 유효성을 인정한 학생 68명중에서 89.7%에 해당하는 학생들은 대안적 가설의 유효성 인정과 함께 인지갈등이 유발되었으며, 10.3%의 학생은 인지갈등이 일어나지 않은 재해석 유형으로 나타났다. 이는 대안적 가설의 유효성 인정이 반드시 인지갈등 유발로 연결되는 것은 아님을 보여주고 있다.

한편, 인지갈등이 유발된 반응 유형인 판단 불확실, 신

뢰 감소, 부분적 이론 변화, 이론 변화 등 4가지 반응 유형을 개념 변화 정도에 따라 구분하면 Fig. 1과 같다.

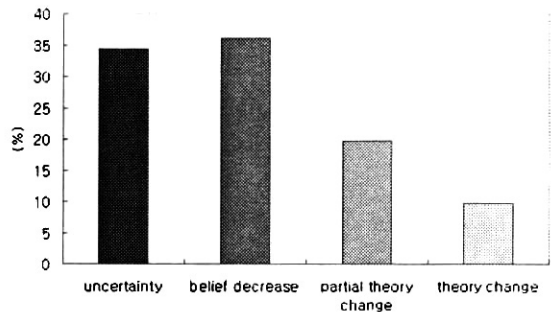


Fig. 1. Degree of conceptual change (N=61)

Fig. 1을 보면, 학생 61명이 인지갈등이 유발되었음에도 불구하고 기존 가설에 대한 신뢰를 그대로 유지하였던 판단 불확실 유형은 34.4%, 기존 가설에 대한 신뢰만 감소한 신뢰 감소 유형은 36.1%로, 모두 70.5%의 학생들이 인지갈등을 유발하였지만 기존 가설을 그대로 유지함을

Table 4. Whether or not acceptance of efficiency to alternative hypotheses

		Types of responses	Frequency	%
Not acceptance of efficiency to alternative hypotheses	Rejection		30	30.6
Acceptance of efficiency to alternative hypotheses	Reinterpretation, Uncertainty Belief decrease, Partial theory change, Theory change		68	69.4
Total			98	100

Table 5. Dimensions about arousing of cognitive conflict and concept change

		Types of responses	Frequency	%	
				Dimensions about arousing of cognitive conflict	Arousing of cognitive conflict → concept change
Not-arousing of cognitive conflict	-	Reinterpretation	7	10.3	-
Arousing of cognitive conflict	Not-concept change	Uncertainty	21	89.7	34.4
		Belief decrease	22		36.1
	Concept change	Partial theory change	12		19.7
		Theory change	6		9.8
Total			68	100	100

보였다. 이러한 결과는 인지갈등 유발이 고등학생들에게 기존에 갖고 있는 생각에 반박의 증거를 제시하는 것만으로 반드시 개념 변화로 이어지는 것은 아니라는 점을 보여주고 있다(Limón 2001). 또한 새로운 가설을 수용하여 기존 가설을 약간 변화시킨 부분적 이론 변화 유형은 19.7%, 기존 가설을 폐기하고 새로운 가설로 수용한 이론 변화 유형은 9.8%로, 약간이라도 개념 변화가 일어난 학생들은 모두 29.5%에 해당하지만, 인지갈등이 유발되었다 하더라도 개념 변화가 쉽지 않음을 보여준다.

따라서 이와 같은 결과는 단지 새로운 가설 즉, 대안적 가설의 1회 제시를 통해 학생들에게 인지갈등을 경험하게 함으로써 오랫동안 안정적으로 지속되어 온 학생들의 개념에 대해 즉각적인 거부나 변화의 결과를 교사가 요구하기 보다는 학생들에게 한걸음 물러난 입장에서 자신의 생각을 충분히 돌이켜보게끔 학생들의 개념을 자극시키는 계기로 삼아야 할 것이다. 또한, 개념 변화를 위한 교수 전략으로 대안적 가설을 사용하고자 하는 교사에게 학생들이 대안적 가설의 유효성을 인정하지 않을 수도 있으며, 대안적 가설의 유효성을 인정한다 하더라도 의미있는 인지갈등이 일어나지 않을 수도 있으며, 인지갈등이 일어났다 하여도 반드시 개념 변화로 이어지는 것은 아니라는 점을 인식할 필요가 있다(Chinn & Brewer, 1998a). 따라서 교사는 각 단계에서 학생들에게 의미 있는 변화가 일어났는지 확인하고 각 단계에 맞는 교수 학습 전략을 수립해야 함을 구체적으로 시사하고 있다.

## V. 결론 및 제언

이 연구는 인지갈등과 개념 변화 사이의 관계를 더 구체적으로 밝혀, 학생들의 반응 형태에 따라 효율적이고 구체적인 교수 학습 방법의 구상에 도움이 되는 방안을 탐색하고자 하였다. 이를 위하여 고등학교 2학년 학생을 대상으로 공룡 멸종 원인이라는 흥미있는 소재를 이용하여 개념을 조사하고, 그와 관련하여 학생의 기존 가설에 일치하지 않는 대안적 가설을 제시하였을 때, 학생들이 나타내는 반응 유형과 인지갈등 유발 및 개념 변화 정도를 알아보았다. 그 결과를 바탕으로 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

첫째, 고등학생들은 공룡 멸종 원인으로 대규모 운석 충돌이 가장 많았으며, 지각 변동에 의한 기후 변화(기온저하), 대규모 화산 분출, 먹이 부족, 질병(바이러스), 서식

지 감소 순으로 응답하였다. 또한, 많은 학생들이 공룡의 멸종은 한가지 원인에 의한 것이 아니라 여러 가지 원인이 복합적으로 작용하여 멸종하였다고 생각하고 있었다.

둘째, 대안적 가설에 대한 분류 기준인 대안적 가설의 신뢰 여부, 기존 가설에 대한 신뢰 감소 여부, 학생들이 가지고 있는 기존 가설의 변화 여부에 따라 학생들이 반응 유형을 분류한 결과 거부, 재해석, 판단 불확실, 신뢰 감소, 부분적 이론 변화, 이론 변화 등 6가지 유형으로 분류할 수 있었다.

셋째, 개념 변화 과정 단계에서 거부와 재해석 유형을 제외한 나머지 유형을 인지갈등이 유발된 것으로 분류하였을 때, 전체의 62.3%의 학생이 인지갈등을 보였으며, 이 중 6.1%만이 개념 변화를 보여 본 연구의 대안적 가설은 효과적인 개념 변화를 이끌어내지 못하는 것으로 나타났다. 즉 운석 충돌설을 지지하는 학생들의 생각이 감소하지 않았다고 말할 수 있다.

인지갈등 유발에 비하여 효과적인 개념 변화로 연결되지 않았던 결과는 인지갈등 유발에 근거한 개념 변화 과정에 대한 심층적인 연구가 필요하며, 인지갈등 유발과 개념 변화에 영향을 미치는 변인이 서로 다를 수도 있으므로 인지갈등 유발 및 개념 변화에 미치는 다양한 교수-학습 변인에 대해 조사할 필요가 있다. 또한, 대안적 가설의 소재나 특성에 따라 인지갈등과 개념 변화에 영향을 줄 수 있으므로 이에 대한 후속 연구가 이루어진다면 개념 변화를 위한 교수 전략 구상에 더 많은 도움을 줄 수 있으리라 생각된다.

## 국 문 요 약

이 연구의 목적은 공룡 멸종 원인이라는 소재로 학생들의 생각을 조사하고, 이 생각과 일치하지 않는 대안적 가설을 제시하여 반응 유형을 분류하고 인지갈등과 개념 변화 정도를 알아보는 것이다. 이를 위해 경기도 안양시에 소재한 인문계 고등학교 2학년 187명의 학생을 대상으로 설문 조사하여 개념을 알아보고, 이 중 개념에 대한 신뢰 정도가 높게 나타난 98명의 학생들을 대상으로 대안적 가설을 제시한 후, 반응 유형 검사지를 이용하여 응답을 분석하였다. 연구 결과, 첫째 공룡 멸종 원인으로 대규모 운석 충돌이 가장 많았으며, 지각 변동에 의한 기후 변화(기온저하), 대규모 화산 분출, 먹이 부족, 질병(바이러스), 서식지 감소 순으로 응답하였다. 또한, 공룡 멸종은 단순히

한 가지 원인에 의한 것이 아니라 여러 가지 원인이 복합적으로 작용하여 멸종하였다고 생각하고 있다. 둘째, 대안적 가설에 대한 학생들의 반응은 거부, 재해석, 판단 불확실, 신뢰 감소, 부분적 이론 변화, 이론 변화 등 6가지의 유형으로 분류할 수 있었다. 셋째, 거부와 재해석 유형을 제외한 나머지 유형은 인지갈등이 유발된 것으로 분류하였으며, 전체적으로 62.3%가 인지갈등이 유발되어 6.1%의 개념 변화를 보였다.

## 참 고 문 헌

- 강석진, 신숙희, 노태희(2002). 변칙사례에 대한 초등학생들의 반응 연구. 한국과학교육학회지, 22(2), 252-260.
- 김범기, 권재술(1995). 과학개념과 인지적 갈등의 유형이 학생들의 개념변화에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 15(4), 472-486.
- 김선영, 정 철, 정진우(2002). 공룡의 멸종 관련 불일치 자료에 대한 중학생의 반응 유형. 한국지구과학회지, 23(7), 543-551.
- 김익균(1997). 꼬마전구 실험에서 자신의 생각과 불일치하는 실험결과에 대한 대학생들의 반응. 물리교육, 15(2), 88-99.
- 김지나, 이경호, 권재술(2000). 갈등상황 제시 유형에 따른 학생들의 물리 개념 변화 유형. 새물리, 40, 84-93.
- 노태희, 임희연, 강석진(2000a). 변칙 사례에 대한 학생들의 반응 유형. 한국과학교육학회지, 20(2), 288-296.
- 노태희, 임희연, 강석진(2000b). 성과 나이에 따른 인지갈등 유발 및 개념 변화의 비교. 한국과학교육학회지, 20(4), 634-641.
- 노태희, 정은희, 강석진, 한재영(2002a). 개념학습에서 변칙사례의 역할. 한국과학교육학회지, 22(3), 586-594.
- 노태희, 김순주, 강석진, 김재현(2002b). 밀도 학습에서 변칙사례의 제시 방식과 권위 수준이 인지 갈등과 개념 변화에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 22(3), 595-603.
- 박종원, 장병기, 윤혜경, 박승재(1993). 중학생들의 빛과 그림자에 대한 증거 평가. 한국과학교육학회지, 13(2), 135-145.
- 박종원, 김익균, 이무, 김명환(1998). 학생 선개념을 지지하는 증거와 반증하는 증거에 대한 학생의 반응. 한국과학교육학회지, 18(3), 283-296.
- 백성혜, 김혜경, 채우기, 권 균, 노태희(1999). 학습자의 학습 동기를 고려한 개념변화 수업 모형의 효과 분석. 한국과학교육학회지, 19(2), 305-314.
- 정진우 (1991). 중학교 학생들의 지구과학 개념에 대한 오개념의 형성원인 분석. 한국지구과학회지, 12(4), 304-322.
- Alvarez, W., & Asaro, F.(1990). An extraterrestrial impact. *Scientific American*, 263(4), 44-52.
- Appleton, K.(1997). Analysis and description of students' learning during science classes using a constructivist-based model. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(3), 303-318.
- Chan, C., Burtis, J., & Bereiter, C.(1997). Knowledge building as a mediator of conflict in conceptual change. *Cognition and Instruction*, 15(1), 1-40.
- Chinn, C. A., & 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.
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F.(1998a). An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 623-654.
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F.(1998b). *Theories of knowledge acquisition*. In B. J. Fraser, & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 97-113). London: Kluwer Academic Publishers.
- Courtillot, V. E.(1990). A volcanic eruption. *Scientific American*, 263(4), 53-60.
- Dreyfus, A., Jungwirth, E., & Eliovitch, R.(1990). Applying the 'cognitive conflict' strategy for conceptual change-some implications, difficulties, and problems. *Science Education*, 74(5), 555-569.
- Hynd, C. R., McWhorter, J. Y., Phares, V. L., & Suttles, C. W.(1994). And others the role of instructional variables in conceptual change in high school physics topics. *Journal of Research in*

- Science Teaching*, 31(9), 933-946.
- Koslowski, B.(1996). *Theory and evidence: The development of scientific reasoning*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Limón, M.(2001). On the cognitive conflict as an instructional strategy for conceptual change: A critical appraisal. In L. Mason, *Instructional practices for conceptual change in science domains* [Special issue]. *Learning and Instruction*, 11(4-5), 357-380.
- Mason, L.(2001). Responses to anomalous data on controversial topics and theory change. *Learning and Instruction*, 11, 453-483.
- McLean, D.(1999). Dinosaur extinction: The volcano-greenhouse theory. [http://filebox.vt.edu/artsci/geology/mclean/Dinosaur\\_Volcano\\_Extinction/index.html](http://filebox.vt.edu/artsci/geology/mclean/Dinosaur_Volcano_Extinction/index.html).
- Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A.(1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63(2), 167-199.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A.(1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Shepardson, D. P., & Moje, E. B.(1999). The role of anomalous data in restructuring fourth graders' frameworks for understanding electric circuits. *International Journal of Science Education*, 21(1), 77-94.
- Thagard, P.(1992). *Conceptual revolution*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

## 부록 1. 운석 충돌설

### 공룡은 거대한 운석 충돌에 의하여 멸종하였다!!

공룡이 운석 충돌에 의해 멸종했다는 이론은 1970년대 말 미국의 알바레즈 (Alvarez)에 의해 주장되었으며 내용은 다음과 같이 설명하고 있습니다.

중생대 말에 지름 10 km 이상의 운석이 지표에 충돌하였다. 충돌시의 열과 압력으로 운석 물질과 충돌 지점의 암석들은 기체상태의 먼지로 변하여 대기 중으로 흩어졌으며, 지구 대기권 전체에 퍼진 먼지는 햇빛을 가려 지구는 칠흑 같은 암흑 속에 묻히게 되었다. 그 암흑은 여러 해 동안 지구에서 핵전쟁의 결과로 발생하는 '핵의 겨울과 같은 상태로 만들어 광합성에 의존하는 식물이 멸종하게 되었고, 이어 먹이 부족으로 초식공룡과 육식공룡이 멸종하게 되었으며, 공룡을 비롯한 많은 생물들이 그 추위 속에서 죽어가게 되었다.

운석 충돌설이 발표된 이후, 많은 과학자들은 공룡을 멸종시켰다는 운석의 흔적 크레이터(운석이 지표에 충돌하여 생긴 둥근 구덩이)를 찾기 시작했으며, 1991년 인공위성에 의해 멕시코 유카탄 반도에서 공룡의 멸종 시기에 생성된 것으로 추정되는 지름 180km 크레이터를 발견하였다.

운석 충돌설을 증명하는 증거로는 첫째, KT 경계층에서는 이리듐이라는 원소의 양이 주변부의 다른 지층에 비해 10~100배 정도 더 많이 포함되어 있다는 사실이다. 이리듐 원소는 백금족에 속하는 비중이 큰 원소로 지각에서는 희귀하지만 운석에서는 흔하게 발견되는 원소의 하나이기 때문이다. 뿐만 아니라 KT 경계층에 포함된 이리듐의 동위원소비가 운석의 포함된 이리듐의 동위원소비와 거의 일치하고 있다는 사실은 KT 경계층에 들어있는 많은 양의 이리듐이 이 시기에 운석 충돌과 관련 있음을 뒷받침해준다.

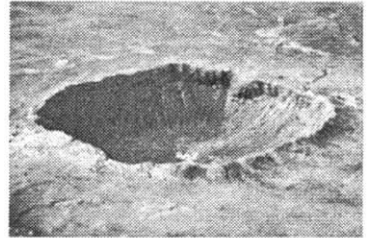
둘째, KT 경계층에서는 많은 양의 숯검댕이(그을음)들이 발견되는데, 이것은 운석이 지구에 충돌할 때 발생한 대규모의 화재에 의한 것이다. 지름 10 km의 거대한 운석이 충돌할 때 발생하는 에너지는 충돌지점으로부터 반지름 1000 km에 달하는 지역의 식물을 태워버리기에 충분하며, 이 때 발생한 숯검댕들이 대기 중에 섞여 들어가면 햇빛을 더욱 효과적으로 차단하므로 지구에 심각한 추위를 가져올 수 있다.

셋째, KT 경계층에서 운석 충돌시 고열에 의해 생성되는 지름 수 mm 정도의 둥근 모양의 광물과 엄청난 압력으로 변형된 구조를 보이는 석영결정(코사이트, cosite)이 발견된다.

이러한 증거들은 모두 운석 충돌에 의해 공룡이 멸종했다는 운석 충돌설을 강력하게 뒷받침하고 있다.



[운석 낙하]



[크레이터]



[공룡을 멸종시킨 운석이 떨어진 지점(○표시)]



[변형된 석영 결정]

## 부록 2. 화산 분출설

### 공룡은 대규모 화산분출에 의하여 멸종하였다!!

공룡이 대규모 화산 분출에 의해 멸종했다는 이론은 1970년대 말 미국의 맥린(McLean)에 의해 주장되었으며 내용은 다음과 같이 설명하고 있다.

공룡이 멸종한 시기인 중생대말 인도 데칸지역에 거대한 화산 분출이 10~100만년 동안 대규모로 지속되었으며, 이 분출로 남한 면적의 20배에 달하는 광대한 데칸고원이 형성되었다. 이 대규모의 화산활동으로 이리듐이 풍부한 용암이 지표에 끌어올려졌으며, 대기 중에는 이산화탄소가 과도하게 증가되어 온실효과로 지구의 평균온도를 상승하게 되었다. 이러한 지구의 온난화는 지구 생태계에 많은 영향을 주었으며, 특히 척추동물의 생식 능력을 손상시켜 생물의 멸종이 서서히 진행되게 되었다. 이 시기에는 해양 생물도 대규모로 멸종하게 되는데, 이는 화산 활동시에 방출된 이산화탄소가 바닷물에 녹아 해양이 산성화되고, 산성화된 바닷물이 석회질 껍질을 가진 해양 생태계를 멸종시켰기 때문이다.

근거로 첫째, 이리듐은 지구의 지각에는 별로 들어있지 않지만 지구 내부 물질(맨틀)에 많이 섞여 있어서 마그마가 분출할 때 지구 내부 물질과 함께 이리듐이 방출되어 KT 경계층에 다량으로 쌓이게 되었다는 것이다. 데칸 고원을 형성했던 마그마의 근원지는 현재 아프리카 동쪽 리유니온(Reunion) 화산에 위치하고 있는데 지금도 여전히 이리듐이 방출되고 있으며, 하와이의 킬라우에아를 비롯한 다른 화산 활동에서도 이리듐이 방출되는 것으로 밝혀졌다.

둘째, KT 경계층에서 발견되는 많은 양의 숯검댕이(그을음)도 데칸의 화산 활동시에 대규모의 화재가 발생하여 생성된 것이며, 뿐만 아니라 지름 수 mm정도인 둥근 모양의 광물도 운석충돌에 의한 것이 아니라, 보통 화산 분출시에 형성된 암석에서 발견되는 것이다. 또한 높은 압력에 의해 변형되어 줄무늬를 보이는 석영결정(코사이트, cosite)도 데칸 화산활동 초기의 폭발적인 분출에 의한 강한 압력으로 생성된 것이다. 약 7만 5천년 전 인도네시아의 수마트라에서 있었던 폭발적인 화산 분출에서도 이러한 변형의 특징이 발견되었다.

셋째, 비정상적으로 많은 이리듐을 함유하고 있는 KT경계층 부위가 보통 30~40cm의 퇴적층 속에서 나타나는데 이 두께는 최대 60만년의 시간 간격을 의미한다. 따라서 이 긴 기간동안 연속적으로 포함된 이리듐은 운석 충돌이 아니라 지속적인 화산 분출로 방출된 것이다.

즉 거대한 화산 작용이 환경에 미치는 영향은 운석 충돌 효과와 매우 유사하다는 것이다.

운석 충돌설이 주장되자, 맥린은 운석 충돌설의 증거들을 면밀히 검토하여 그 근거가 빈약함을 발견하였다. 또한 백악기말의 대멸종에는 생태계의 여러 상호작용이 복합되어 있음에도 불구하고 운석 충돌설에서는 운석의 충돌로만 너무 단순하게 설명한다고 다음과 같이 비판하였다.

· 운석 충돌설에서는 무엇보다도 운석이 떨어진 시기와 생물들의 멸종 시기(KT 경계층의 형성 시기)가 합리적으로 연결되지 않는다. 예를 들면, 북아메리카에서 산출된 공룡 화석의 분석에 의하면, 공룡은 운석이 충돌하고 나서 갑자기 멸종한 것이 아니라, 운석 충돌 이전에 이미 서서히 쇠퇴하고 있었으며 중생대의 대표적인 화석인 암모나이트류도 이미 서서히 감소하고 있었다.



[화산 분출]



[인도의 데칸고원(O표시)]



[KT 경계층]

- 아직까지 운석 충돌설에서는 이리듐과 석영결정(코사이트)이 전세계적으로 발견되는 이유를 잘 설명하지 못한다.
- 과거 지질시대동안 지구에는 여러 번의 생물 대멸종이 있었는데, 그 시기가 지구 역사상의 주요 화산활동 기간과 잘 들어맞는다. 즉 중생대말의 대멸종이 데칸 화산활동과 관련있는 것처럼, 고생대 말에 있었던 대규모의 멸종 사건도 시베리아 지역에서의 광범위한 화산활동과 같은 시기에 일어났다.

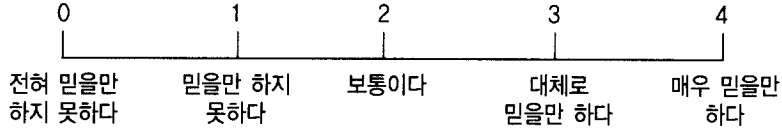
따라서, 이런 사실들은 운석 충돌설에서 주장하는 대멸종의 여러 증거들이 실제로 다른 원인에 의한 것일 수도 있으므로, 공룡은 운석 충돌에 의해 멸종한 것이 아니다라는 것을 말해준다.





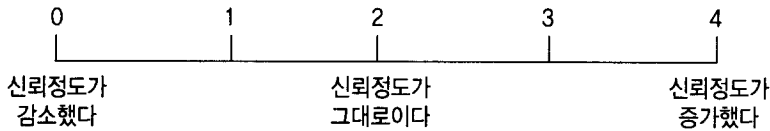
**[질문 2]** 자료 2(화산 분출설)를 읽은 후 여러분의 생각과 같은 번호에 표 해주세요.

자료 2의 내용은 공룡의 멸종이 운석 충돌설이 아니라 다른 원인에 의한 것이었다고 주장하고 있습니다. 여러분은 자료 2의 내용을 어떻게 생각하나요?



\*\* 위와 같이 [질문 2]에 답한 이유를 자세하게 써주시기 바랍니다.

**[질문 3]** 자료 2의 화산 분출설을 읽고 난 후, 자료 1의 운석 충돌설을 신뢰하는 정도가 어떻게 달라졌나요?



\*\* 위와 같이 [질문 3]에 답한 이유를 자세하게 써주시기 바랍니다.

**[질문 4]** 자료 1과 2를 읽고 난 지금, 공룡 멸종의 주원인이 무엇이라고 생각하나요?

\*\* 위와 같이 [질문 4]에 답한 이유를 자세하게 써주시기 바랍니다.