

공룡의 멸종 관련 불일치자료에 대한 중학생의 반응유형

김선영^{1,*} · 정철² · 정진우³

¹금천고등학교, 153-030 서울 금천구 시흥 3동 산24-4

²대구대학교 환경교육과, 712-714 경북 경산시 진량읍 내리리 15

³한국교원대학교 지구과학교육과, 363-791 충북 청원군 강내면 다라리 산7

Types of Middle School Students' Responses to Anomalous Data related to Dinosaur Extinction

Sunyoung Kim^{1,*} · Cheol Cheong² · Jinwoo Jeong³

¹Kumchon High School, Seoul, 153-030, Korea

²Department of Environmental Education, Daegu University, 712-714, Korea

³Department of Earth Science Education, Korea National University of Education, 363-791, Korea

Abstract : The purpose of this study is to investigate the types of middle school students' responses to dinosaur extinction inconsistent with the students' previous conceptions. The types of texts about 'the cause of dinosaur extinction' were developed; one that was based on students' previous ideas, while the other was based on conflicting materials. The students' responses to the conflict materials were classified into six types: rejection, reinterpretation, uncertainty, belief decrease, partial theory change, and conceptual change. These results show that the use of conflict materials does not always promote conceptual change. Therefore, teachers will be able to help students change their conceptions in science classrooms by understanding students' various responses to conflict materials and designing instructional strategy concretely.

Keywords : anomalous data, dinosaur extinction, cognitive conflict, conceptual change, types of responses

요약 : 이 연구의 목적은 기존의 학생들이 가지고 있던 기존이론과 일치하지 않는 공룡의 멸종 관련 불일치자료에 대한 중학생의 반응유형을 조사, 분류하는 것이다. '공룡의 멸종원인'이라는 지구과학 소재를 이용해 기존이론과 불일치자료에 해당하는 자료지를 구성하였다. 불일치자료에 대한 학생들의 반응유형을 분석한 결과, 거부, 재해석, 판단불확실, 신뢰감소, 부분적 이론변화, 이론변화 등 6가지로 분류할 수 있었다. 이러한 결과는 불일치자료를 이용한 개념변화 학습에서 불일치자료의 제시로 반드시 개념변화가 이루어지는 것이 아님을 보여준다. 따라서 교사는 학생들이 불일치자료에 대해 다양한 반응을 나타낼 수 있음을 인식하고, 구체적인 교수전략을 구상하여 처치함으로써 학생들의 개념변화를 도울 수 있을 것이다.

주요어 : 불일치자료, 공룡 멸종, 인지갈등, 개념변화, 반응유형

서론

구성주의 학습 견해에 따르면, 학습이란 개념변화 과정이며 학생들은 능동적인 학습활동을 통해 자신의 개념체계에 기초하여 새로운 개념을 구성하게 된다 (Posner *et al.*, 1982). 따라서 학습은 학습자의 개념 체계와 새로운 개념과의 상호작용을 통해 이루어지며

(Pines & West, 1986), 개념변화의 진행은 학습상황에 관련된 여러 요인들의 영향으로 다양하게 나타난다.

과학교육에서 불일치자료(anomalous data)는 학습자의 개념변화를 촉진시키기 위한 수단으로서 중요시되고 있다(Chinn and Brewer, 1998a). 학습자의 선개념에 일치하지 않는 불일치자료는 학습자로 하여금 자신의 선개념에 불만족을 느끼게 함으로써 인지갈등을 유발시켜 개념변화를 이끈다는 것이다(Dreyfus *et*

*Corresponding author: sunyk26@hanmir.com

al., 1990; Posner et al., 1982).

그러나 불일치자료의 제시에서부터 인지갈등 유발을 거쳐 개념변화에 이르는 과정에는 여러 요인들이 복합적으로 작용하기 때문에, 불일치자료를 이용한 전략이 의도했던 개념변화를 이끌어내지 못하는 경우가 많다. 연구에 의하면, 학습자에게 불일치자료를 제시하였을 때 반드시 인지갈등이 유발되는 것은 아니며, 인지갈등이 유발되었다고 해도 항상 과학적인 개념으로 개념변화가 일어나지는 않는 것으로 밝혀졌다(김익균, 1997; Dreyfus et al., 1990). 학습자들은 불일치자료를 접하였을 때 불일치자료를 무시하거나 믿지 않는 등 개념변화 이외의 다양한 반응을 보이는 것으로 나타났다(박종원 등, 1998; Chan et al., 1997; Chinn and Brewer, 1998a; Posner et al., 1982; Trumper, 1997).

Chinn and Brewer(1993)는 과학수업에서의 지식 획득과정을 이해하기 위해서는 학생들이 불일치자료에 대해 반응하는 방식을 조사할 필요성을 강조하고, 사례연구를 통해 불일치자료에 대한 7가지 반응유형을 제안하였다. 대학생을 대상으로 한 연구(Chinn and Brewer, 1998a)에서 불일치자료에 대한 학생들의 반응을 무시(ignoring), 거부(rejection), 불확실(uncertainty), 배제(exclusion), 보류(abeyance), 재해석(reinterpretation), 이론 주변부의 변화(peripheral theory change), 이론변화(theory change) 등 8가지 유형으로 분류하였다.

불일치자료에 대한 학생들의 반응에는 기존이론에 대한 신뢰정도, 배경지식, 형이상학적 신념과 인식론적 관점, 제시되는 불일치사례와 대안이론의 특성, 학습자의 처리전략, 학습자 특성 등 여러 가지 요인들이 복합적으로 작용한다(권난주, 2000; Chinn, 1993; Chinn and Brewer, 1993).

이 연구에서는 선행연구를 기초로 공룡의 멸종원인을 설명하는 2가지의 대립 가설을 이용하여 공룡의 멸종 관련 불일치자료에 대한 중학생의 반응유형을 조사하였다. 즉 학생들이 자신의 기존 생각과 일치하지 않는 불일치자료에 반응하는 반응유형을 분류하고, 각 유형을 분석해봄으로써 개념변화 과정을 알아보고자 하였다.

연구의 제한점

연구 수행에 따른 제한점은 다음과 같다.

첫째, 자료로 이용한 운석충돌설과 화산온실설은 공룡의 멸종원인으로 검증된 과학적 이론은 아니며,

이외에도 다른 많은 가설들이 언급되고 있다. 따라서 기존이론으로 사용했던 운석충돌설이 잘못된 이론이라고 할 수는 없으며, 불일치자료로 사용했던 화산온실설이 옳은 이론이라고 할 수도 없다. 단지 이 연구에서는 서로 다른 주장의 두 가설을 기존이론과 모순되는 불일치자료로 사용하여, 기존이론에 일치하지 않는 새로운 이론에 접했을 때 학생들이 어떤 반응을 보이며, 반응유형 분석으로 개념변화 과정을 알아보고자 하였다.

둘째, 이 연구에서는 학생들에게 기존이론을 자료지로 제시하고 기존이론의 역할을 한 운석충돌설에 대한 신뢰정도가 높은 학생들을 반응유형 분석 대상으로 선정하였다. 학생들은 기존이론에 대한 자료지를 제시받기 전에 이미 공룡의 멸종원인에 대하여 다양한 사실을 알고 있는 것으로 나타났다. 따라서 운석충돌설에 대한 신뢰가 높았다 하더라도 공룡의 멸종원인에 대해 다른 다양한 사실을 알고 있었던 학생의 경우, 공룡의 멸종원인을 설명하는 다른 가설들이 많이 있다는 것을 알고 있었던 점은 불일치자료에 대한 반응방식에 영향을 주었을 것이라 생각된다.

셋째, 이 연구에서는 불일치자료에 대한 학생들의 반응, 즉 불일치자료에 대한 반응유형의 종류를 알아보고자 하였으므로 어떤 반응유형이 더 바람직한가 또는 이론변화가 더 잘 일어나게 하기 위한 조건은 무엇인가 등의 문제는 다루지 않았다.

연구 방법

연구 절차 및 대상

이 연구는 기존이론과 불일치자료에 해당하는 자료지와 개념변화 과정을 조사하기 위한 반응유형 검사를 개발한 후, 서울시 소재 중학교 1학년 158명을 대상으로 본 검사를 실시하여 기존이론으로 제시한 운석충돌설(자료 1)에 대한 응답을 분석하여 자료의 신뢰정도가 높은 학생 95명을 분석 대상으로 선정하였다.

이는 불일치자료로 제시되는 화산온실설(자료 2)에 대한 학생들의 반응유형을 보다 명확히 분류하기 위하여 공룡의 멸종 원인을 운석충돌 때문이라고 인식하고 있는 학생들만을 대상으로 하였다. 설명한 분류기준에 의하여 학생들의 반응유형을 분류하였으며, 이를 개념변화 과정에서의 단계로 구분하였다.

검사도구

검사도구는 기존이론과 불일치자료를 제시하는 자료지와 학생들의 개념변화 과정을 조사하는 반응유형 검사지로 구성하였다. 자료지는 공룡의 멸종원인에 대한 기존이론을 제시하는 자료 1과 불일치자료를 제시하는 자료 2로 구성하였다. 공룡을 소재로 선정된 것은 학생들에게 친숙한 주제이며, 공룡의 멸종원인에 대한 명확한 이론이 정립되어 있지 않음으로 인해 학생들이 다양한 선개념과 배경지식을 가지고 있을 것으로 생각되었기 때문이다.

이 연구에서는 공룡의 멸종원인에 대한 여러 가설 중 보편화된 운석충돌설을 기존이론으로 제시하였으며, 불일치자료로는 화산온실설을 제시하였다. 자료 1의 운석충돌설은 Alvarez and Asaro(1990), 자료 2의 화산온실설은 McLean(1999) and Courtillot(1990)의 주장을 바탕으로 재구성하였다. 자료의 제시 방법과 서술은 학생들의 반응에 직접적인 영향을 줄 수 있으므로(Chinn and Brewer, 1993), 자료 1과 2의 서술 형태나 문장의 길이가 같도록 유의하였다. 또한 불일치자료로 제시한 자료 2에 기존이론을 반박하는 다수의 증거와 증거를 설명하는 새로운 이론을 함께 제시하여 중학교 1학년 수준에서 이해하기 쉽도록 구성하였다.

반응유형 검사지의 질문은 Chinn and Brewer(1998a)의 반응유형 분류 기준을 기초로 하였으나, 이 연구에서는 예비조사를 통해 첫째, 불일치자료를 믿을만하다고 생각하는가? 둘째, 기존이론에 대한 신뢰도가 감소하였는가? 셋째, 이론이 변화하였는가? 등의 3가지 분류 기준을 사용하였다. 반응유형 검사지는 이러한 3가지 분류기준에 해당하는 3개의 문항과 자료지를 읽기 전에 공룡의 멸종원인에 대해 가지고 있던 생각을 조사하는 문항, 그리고 자료 1을 읽은 후 기존이론(운석충돌설)에 대한 신뢰도를 조사하는 문항 등 총 5개의 문항으로 구성하였다. 이 중 3개의 문항은 리커트 척도로 응답하고, 그에 대한

이유를 기록하도록 하여 분석에 이용하였다. 자료지와 반응유형 검사지는 과학교육 및 지구과학 내용 전문가에게 타당도를 의뢰하여 수정하였으며, 예비검사를 통해 검사 도구를 수정, 보완하였다.

자료의 처리

반응유형 검사지에 대한 학생들의 응답을 ‘불일치 자료를 믿을만하다고 생각하는가?’, ‘기존이론에 대한 신뢰도가 감소하였는가?’, ‘이론이 변화하였는가?’ 등의 3가지 분류기준에 의하여 분석하였으며, 보조 기준으로 ‘인지갈등 유발여부’, ‘이론변화 진행정’의 기준을 사용하였다.

결과 및 논의

반응유형과 개념변화 과정

공룡의 멸종 관련 불일치자료에 대한 중학생의 반응유형을 분류한 결과 선행 연구와 차이점이 나타났다. 즉 Chinn and Brewer(1998a)의 8가지 반응유형 중 무시, 보류, 배제 등의 유형은 제외되고, 신뢰감소 유형이 첨가되었으며, 노태희 등(2000)과 비교할 때 배제 유형이 제외되었다. 이러한 차이는 선행 연구가 한 가지 증거만을 불일치자료로 제시한 반면, 이 연구에서는 기존이론에 일치하지 않는 증거뿐만 아니라 기존이론에서 제시된 증거들을 설명하는 새로운 이론을 불일치자료로 제시한 것에서 비롯되었다고 할 수 있다.

분류 결과는 Table 1과 같이 거부, 재해석, 판단불확실, 신뢰감소, 부분적 이론변화, 이론변화 등 6가지의 반응유형으로 분류하였으며, 각 유형에 대한 구체적인 설명과 학생들의 응답의 예를 아래에 제시하였다.

가. 거부 유형

이 연구에서는 Chinn과 Brewer(1998a)의 연구에서

Table 1. The types of students' responses.

Types of responses	Whether or not believe the anomalous data?	Whether or not decrease their belief in the previous theory?	Whether or not change their previous theory?
Rejection	No	No	No
Reinterpretation	Yes	No	No
Uncertainty	Yes	No	No
Belief decrease	Yes	Yes	No
Partial theory change	Yes	Yes	Yes, partially
Theory change	Yes	Yes	Yes, completely

나타난 무시 유형과 거부 유형의 반응을 모두 거부 유형으로 분류하였다. 무시나 거부 유형 모두 기존이론에 대한 강한 신뢰나 기존이론에 기초한 배경지식에 비추어 불일치자료를 무시하거나 거부한다. 따라서 이 연구에서는 개념변화 과정에 비추어볼 때 학생들이 기존이론에 대한 강한 신뢰로 인해 불일치자료를 신뢰하지 않고 거부하는 거부 유형으로 이를 분류하였다. 응답 예는 다음과 같다.

“화산이 폭발한 지역과 멀리 떨어진 곳은 피해를 받지 않았을 것이다. 화산폭발로 인해 전 세계의 모든 공룡이 멸종했다는 것은 타당치 않다.”

“이리듬이 화산폭발에 의한 것이 아닐 수도 있다. KT층의 이리듬이 반드시 화산폭발의 증거라고만 할 수는 없다.”

나. 재해석 유형

재해석 유형의 학생들은 불일치자료의 유효성은 인정하지만 기존이론에 대한 신뢰정도의 변화 없이 기존이론을 그대로 유지하며, 또한 불일치자료를 기존이론의 틀 안에서 재해석하면서 인지갈등을 회피한다.

이 유형의 학생들은 화산분출도 운석충돌 때문에 일어난 것이므로 공룡의 멸종원인은 근본적으로 운석충돌이라고 주장한다. 즉 임시방편적인 설명이나 합리화 등의 방법을 사용하여 기존이론을 유지한다 (Hashweh, 1986). 즉 불일치자료를 접하였을 때 자신의 이론을 바로 폐기하기보다는 불일치자료를 이론에 맞추거나 자신을 조절함으로써 이론을 보존하는 경우가 많다(Koslowski, 1996). 이 유형은 불일치자료의 유효성을 인정한다고 해서 반드시 인지갈등이 일어나는 것은 아님을 보여준다. 응답 예는 다음과 같다. 응답 예는 다음과 같다.

“대량의 이산화탄소가 발생한 것은 운석충돌 때문이다. 화산폭발로 공룡이 멸종하였다 하여도 화산폭발이 일어나려면 운석충돌과 같은 큰 충격이 있어야 하므로, 공룡멸종의 근본원인은 운석충돌이다.”

다. 판단불확실 유형

판단불확실 유형은 기존이론과 불일치자료 중 어느 것을 선택할지 판단을 내리지 못하고 있는 상태의 반응이다. 인지갈등이 유발되었으나 기존이론과 불일치자료 모두 그럴듯해서 이론변화 여부에 대한 판단을 내리지 못하고 이전부터 알고 있던 친숙한 기존

이론을 그대로 유지한다. 따라서 기존이론에 대한 신뢰정도는 그대로이며 이론변화도 일어나지 않는다.

이 유형은 기존이론에 일치하지 않는 매우 그럴듯한 새로운 이론의 등장으로 혼란을 겪고 있는 불안정한 상태를 보여준다. 따라서 새로운 지식을 배우는 과정에서 일관성이나 안정된 지식구조를 갖지 못하는 혼란 상태로 볼 수 있다(Chinn and Brewer, 1998b). 또한 이 유형은 재해석 유형보다는 개념변화 과정에서 좀 더 진행된 단계를 보여준다. Dreyfus 등(1990)의 주장처럼 비록 인지갈등에 의해 의미 있는 변화가 나타나지는 않았지만, 불일치자료가 학습자에게 인지적 혼란을 일으켰다는 점에서 의미가 있다. 응답 예는 다음과 같다.

“자료 2의 주장과 근거도 뚜렷하지만, 여태까지 공룡이 멸종한 이유가 운석충돌이라고 알고 있었기 때문에 화산분출보다는 운석충돌이 더 신뢰롭다.”

라. 신뢰감소 유형

신뢰감소 유형은 불일치자료의 영향으로 기존이론에 대한 신뢰정도가 감소하였지만 기존이론을 그대로 유지하는 반응이다. 불일치자료의 유효성을 인정하는 재해석이나 판단불확실 유형과 마찬가지로 기존이론을 유지하고 있지만, 이들 유형과 다른 점은 기존이론에 대한 신뢰정도가 감소하였다는 점이다.

판단불확실 유형의 사례에서와 마찬가지로 기존이론과 불일치자료 모두 그럴듯하다고 생각하여 판단을 내리지 못하고 친숙한 기존이론을 유지한다. 구체적인 이유를 들어 불일치자료를 인정하지만 기존이론에 대한 신뢰가 기존이론을 쉽게 포기하지 못하게 하는 것으로 보인다. 응답 예는 다음과 같다.

“자료 1은 이전에 TV에서 보거나 배운 것과 일치하여 공룡멸종은 운석충돌 때문인 것으로 생각했지만, 자료 2의 공룡멸종시기는 운석충돌시기와 일치하지 않고 화산활동시기와 일치한다는 점에서, 운석충돌설에 대한 신뢰가 감소하였다.”

마. 부분적 이론변화

부분적 이론변화 유형의 학생들은 불일치자료의 유효성을 인정하여 공룡의 멸종원인에 대한 생각을 수정하고 있다. 기존이론에서 새로운 이론으로 이론변화가 완전하게 일어나지는 않았지만 기존이론과 불일치자료 모두 신빙성이 있으므로 공룡의 멸종원인으로

들 다 채택한다.

운석충돌설과 화산은실설 모두 타당한 증거와 주장을 가지고 있으므로, 기존이론과 불일치자료 중 어느 하나만을 채택하게 되면 다른 쪽의 증거를 설명할 수 없다고 하면서 두 이론을 모두 수용하여 설명한다. 즉 공룡의 멸종은 운석충돌과 화산분출 모두에 의한 것이었다고 설명한다. 운석충돌과 화산분출이 시간적 차이를 가지고 발생하여 공룡을 멸종시켰다고 설명하거나 또는 지구상의 각각 다른 곳에서 운석충돌과 화산분출이 일어나 공룡이 멸종하였다고 설명한다. 이 유형은 기존이론과 새로운 이론을 절충하여 공룡의 멸종원인을 설명한다는 점에서, 기존이론의 중심핵은 유지한 채 이론의 주변부만 변화시킨 Chinn and Brewer(1998a)의 '이론 주변부의 변화'와는 의미가 다르다고 할 수 있다. 응답 예는 다음과 같다.

“나는 그 동안 운석충돌로 알고 있었는데 새로운 사실을 알게 되었다. 인도에서는 화산분출이 일어나고 멕시코에서는 운석이 충돌하여 공룡이 멸종하였을 것이다.”

바. 이론변화 유형

이론변화 유형은 불일치자료의 내용을 인정하여 기존이론에서 새로운 이론으로 이론변화를 하는 경우이다. 학생들은 불일치자료를 신뢰하여 기존이론에 대한 신뢰가 감소했으며, 최종적으로 기존이론을 폐기하고 새로운 이론을 채택하였다.

학생들은 이론변화를 하게 된 대표적인 이유로 공룡의 멸종시기가 운석의 충돌시기와는 일치하지 않지만 화산의 분출시기와는 일치한다는 점을 들었으며, 그 외에도 생물의 대멸종 시기와 지구 역사상의 주요 화산활동 시기가 일치하는 점을 들었다. 불일치자료의 내용 중 보다 중심적이며 포괄적인 증거에 기초하여 판단을 하고 있으며, 이러한 판단에도 학생 개인의 형이상학적 신념이나 인식론적 관점이 강하게

작용하고 있는 것으로 보인다. 응답 예는 다음과 같다.

“운석 충돌 한번으로는 공룡들을 멸종시키기에 부족했을 것이며, 여러 번의 화산활동은 공룡을 멸종시킬 수 있다.”

“생물의 대 멸종시기와 지구 역사상의 주요 화산활동 시기가 맞아떨어진다.”

불일치자료를 이용한 개념변화 연구에 의하면, 개념변화 과정의 진행요소로서 불일치자료의 인정, 인지갈등 유발, 갈등해결에의 노력 등을 들 수 있다 (Chan *et al.*, 1997; Lee *et al.*, 1999; Posner *et al.*, 1982). 이 요소들 중 개념변화가 일어나기 위해 가장 선행되어야 할 조건은 불일치자료의 인정으로 볼 수 있다 (Shepardson and Moje, 1999). 그 다음 단계는 불일치자료에 의해 인지갈등이 유발되고, 인지갈등에 의한 혼란으로 기존이론에 대한 신뢰가 감소하여, 새로운 이론으로 이론변화하는 단계로 진행하게 된다. 따라서 분류한 6가지 반응유형을 개념변화 과정에 적용해 보았을 때 6가지 단계로 구분할 수 있다 (Table 2).

즉 불일치자료에 대한 학생들의 반응유형을 개념변화가 일어나는 과정으로 본다면, 불일치자료의 유효성을 인정하지 않는 거부 유형은 개념변화 과정에서 하위 단계로 볼 수 있으며, 기존이론을 폐기하고 새로운 이론을 선택한 이론변화 유형은 상위 단계라 할 수 있다. 따라서 이 연구에서 학생들의 반응유형을 분석한 결과로 볼 때, 개념변화가 일어나는 과정에는 거부, 재해석, 판단불확실, 신뢰감소, 부분적 이론변화 유형, 이론변화의 단계적인 과정이 포함됨을 알 수 있다.

이러한 개념변화 과정에서의 단계는 각각의 반응유형이 개념변화 과정에서 어느 정도의 진행 단계에 해당하는지를 보여준다. 즉 불일치자료를 이용하는 교수학습 과정에서 교사는 개념변화 과정에서의 단계별 특징을 인식하여 학습자가 개념변화 과정에서 어

Table 2. The stages of students' conceptual changes.

Stages	Acceptance of anomalous data	Cognitive conflict	Belief decrease	Theory change	Types of responses
1	×	-	-	-	Rejection
2	○	×	×	×	Reinterpretation
3	○	○	×	×	Uncertainty
4	○	○	○	×	Belief decrease
5	○	○	○	○ (partial)	Partial theory change
6	○	○	○	○ (completely)	Theory change

Table 3. The frequencies of students' types of responses.

Types of responses	Frequency (number)	Percentage (%)
Rejection	37	38.9
Reinterpretation	3	3.2
Uncertainty	10	10.5
Belief decrease	8	8.4
Partial theory change	16	16.8
Theory change	21	22.1
Total	95	100

면 단계에 있는지를 확인하고, 그에 맞는 적절한 전략을 사용하여 개념변화를 촉진할 수 있을 것이다.

반응유형의 빈도

불일치자료에 대한 분석 대상 학생 95명의 반응유형을 분류한 결과, 각 반응유형별로 다음과 같은 결과를 얻었다(Table 3).

대상학생 중 38.9%의 학생들이 거부 유형으로 반응하여 6가지 반응유형 중 가장 많은 비율을 차지하였다. 또한 불일치자료의 유효성을 인정하였지만 기존이론을 그대로 유지하였던 재해석, 판단불확실, 신뢰감소 유형은 모두 전체의 22.1%를 차지하였다. 결국 불일치자료를 접한 후에도 기존이론을 그대로 유지한 경우는 61.1%에 해당하였다. 부분적 이론변화 유형은 16.8%, 이론변화 유형은 22.1%의 학생들이 반응함으로써, 불일치자료에 의해 약간이라도 이론변화가 일어난 경우는 전체적으로 38.9%에 해당하였다.

Chinn and Brewer(1998a)에서는 4.8%에 해당하는 학생들이 이론변화 유형으로 반응한 반면, 이 연구에서는 분석 대상자 중 22.1%에 해당하는 학생들이 이론변화 유형으로 반응하였다. Chinn and Brewer(1998a)는 불일치자료로서 기존이론에 일치하지 않는 하나의 증거만을 제시한 반면, 이 연구에서는 기존이론을 반박하는 다수의 증거와 이 증거들을 설명하는 새로운 이론을 함께 제시하였다. 따라서 학생들은 보다 자세하고 명확한 불일치자료를 제시했던 이 연구에서 이론변화 반응을 많이 보였던 것으로 생각된다.

즉 학생들은 기존이론을 반증하는 증거들이 많이 있으며 새로운 이론이 이런 반증 증거들을 설명해줄 수 있다는 것을 인식할 때, 불일치자료를 더욱 신뢰할 수 있으며 기존이론을 폐기하고 새로운 이론으로 이론변화할 가능성이 더 커지게 됨을 알 수 있다. 이러한 결과는 불일치자료가 새로운 이론을 수반하지

않을 때 이론변화 반응보다는 이론유지 반응이 일어나기 쉽다는 기존의 연구 결과(Chinn, 1993; Chinn and Brewer, 1993)와 일치한다. 따라서 불일치자료로서 다수의 증거와 이를 설명해주는 새로운 이론을 함께 제시하거나, 새로운 이론이 기존이론보다 더 정확하고 일관적이며 더 많은 증거들을 설명해줄 수 있을 때, 학습자에게 더욱 그럴듯하게 인식되어 개념변화를 쉽게 일으킬 수 있을 것이다.

결론 및 제언

불일치자료를 이용한 개념변화 학습에서 학습자는 불일치자료를 접했을 때 자신의 개념을 변화시키는 반응 이외에 기존 개념을 유지시키는 다양한 반응을 나타낸다.

이 연구에서 분류한 6가지 반응유형 중 기존이론을 그대로 유지하였던 거부, 재해석, 판단불확실, 신뢰감소 유형에서, 학생들이 불일치자료를 거부하는 이유는 기존이론에 대한 강한 신뢰이거나 또는 불일치자료를 기존이론의 입증 증거로 해석하기 때문인 것으로 보인다. 즉 학생들은 불일치자료의 내용을 합리적으로 분석하기보다는 불일치자료를 단순히 무시하거나, 자신의 기존이론을 변화시키지 않기 위해 불일치자료의 내용을 기존이론의 틀 안으로 흡수하여 재해석한다.

불일치자료가 믿을만하다고 인정하면서도 기존이론에 대한 강한 신뢰와 친숙성 때문에 기존이론을 그대로 유지하는 경우는 판단불확실 유형과 신뢰감소 유형에서도 잘 나타난다. 이는 불일치자료가 믿을만하다고 생각하는 경우에도 학생들은 좀처럼 자신의 기존이론을 변화시키려 하지 않음을 잘 보여준다. 불일치자료를 접한 후 기존이론에 수정을 가했던 부분적 이론변화 유형은 두 이론 사이에서 발생한 갈등을 두 이론을 적절히 절충하여 수용함으로써 해결하고 있다.

불일치자료에 대한 이러한 반응유형들은 불일치자료의 제시만으로 개념변화가 이루어지지 않음을 보여준다. 따라서 학생들의 성공적인 개념변화를 위해서는 불일치자료의 제시와 더불어 보다 구체적이며 단계적인 교수 전략과 학생들의 기존이론에 대한 강한 신뢰를 제거하는 조치도 함께 수반되어야 하며, 불일치자료의 신뢰도를 높이는 과정도 필요하다.

이 연구와 선행연구를 통해 자신의 기존이론과 모

순되는 불일치자료에 대한 학생들의 반응에는 기존이론에 대한 신뢰도와 불일치자료의 특성이 영향을 미침을 알 수 있었다. 따라서 불일치자료에 대한 반응에 영향을 미칠 수 있는 다른 요인들에 대한 후속 연구들이 수행되어야 할 것이다. 또한, 이 연구에서는 현재 과학적 이론으로 확립되지 않은 공룡 멸종의 원인에 대한 두 가지 가설을 불일치자료로 이용하였다. 따라서 후속 연구에서는 과학적 이론으로 정립된 지구과학 개념에 대한 학생들의 반응유형에 따른 개념변화 과정을 보다 상세히 조사하는 연구가 필요하다.

참고문헌

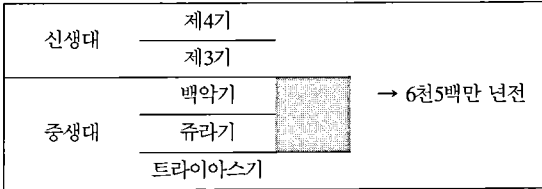
- 권난주, 2000, 인지갈등에 의한 중학생의 과학 개념변화에서 학습자특성의 영향. 한국교원대학교 박사학위논문. 75-83 p.
- 김익균, 1997, 꼬마전구 실험에서 자신의 생각과 불일치하는 실험결과에 대한 대학생들의 반응. 물리교육, 15(2), 88-99.
- 노태희, 임희연, 강석진, 2000, 변칙 사례에 대한 학생들의 반응 유형. 한국과학교육학회지, 20(2), 288-296.
- 박종원, 1992, 인지적 갈등의 이론적 모형. 전남대학교 과학교육연구소 과학교육연구지, 16(1), 17-35.
- 박종원, 김익균, 이무, 김명환, 1998, 학생 선개념을 지지하는 증거와 반증하는 증거에 대한 학생의 반응. 한국과학교육학회지, 18(3), 283-296.
- Alvarez, W. and Asaro, F., 1990, October, An extraterrestrial impact. *Scientific American*, 78-84.
- Chan, C., Burtis, J. and Bereiter, C., 1997, Knowledge building as a mediator of conflict in conceptual change. *Cognition and Instruction*, 15(1), 1-40.
- Chinn, C.A., 1993, The role of anomalous data in theory change: A cognitive analysis. The proceedings of the third international seminar on misconceptions and educational strategies in science and mathematics. Ithaca, NY: Cornell University, August 1-4.
- 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.
- Chinn, C.A. and 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. and Brewer, W.F., 1998b, Theories of knowledge acquisition. In B. J. Fraser and K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education (Part 1)* (pp. 97-113). Dordrecht, Holland: Kluwer.
- Courtillot, V.E., 1990, October, A volcanic eruption. *Scientific American*, 85-92.
- Dreyfus, A., Jungwirth, E. and Eliovitch, R., 1990, Applying the 'cognitive conflict' strategy for conceptual change - some implications, difficulties, and problems. *Science Education*, 74(5), 555-569.
- Hashweh, M., 1986, Toward an explanation of conceptual change. *European Journal of Science Education*, 8(3), 229-249.
- Koslowski, B., 1996, *Theory and evidence: The development of scientific reasoning*. Cambridge, MA: MIT Press. 17-47.
- Lee, G.H., Kwon, J.S., Park, S.S., Kim, J.W., Kwon, H.G. and Park, H.K., 1999, The development of an instrument for the measuring of students' cognitive conflict levels. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Boston, MA, March 31.
- McLean, D., 1999, Dinosaur extinction: The volcano-greenhouse theory. http://filebox.vt.edu/artsci/geology/mclean/Dinosaur_Volcano_Extinction/index.html.
- Pines, A. and West, L., 1986, Conceptual understanding and science learning: An interpretation of research within a sources-of-knowledge framework. *Science Education*, 70(5), 583-604.
- 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), 211-227.
- Shepardson, D.P. and 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.
- Trumper, R., 1997, Applying conceptual conflict strategies in the learning of energy. *Research in Science & Technological Education*, 15(1), 5-18.



부 록

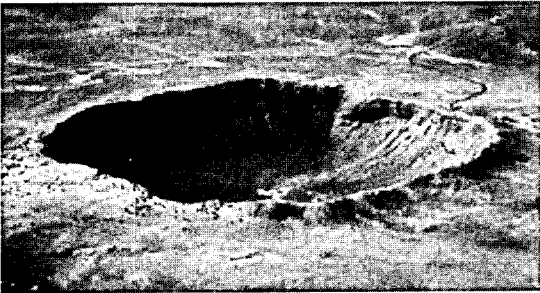
[자료 1]

공룡은 운석 충돌에 의하여 멸종하였다!!



■: 공룡 생존 기간

중생대 트라이아스기 중엽에 나타나서 약 1억 6천 만년 동안이나 지구상에 군림하던 공룡은 약 6천 5백만 년 전인 중생대 백악기 말에 멸종하였다. 이 시기에는 공룡뿐만 아니라 암모나이트 등 동식물의 반 이상이 지구상에서 갑자기 사라져버렸는데, 이 대규모 멸종 사건은 운석 충돌에 의한 것이었다.



운석충돌로 생긴 크레이터

우주 공간을 떠돌던 운석들은 지구 근처에 오면 지구 중력에 이끌려 지구로 떨어지게 된다. 지금도 하루에 수백 톤의 운석이 지구에 떨어지고 있지만, 그 크기가 비교적 작아 지구 대기권을 통과하면서 타버리게 되므로 지상에 큰 피해를 주지는 않는다. 그러나 과거 지구에는 비교적 큰 운석이 떨어진 경우가 있었으며, 이런 큰 운석은 대기권을 통과하는 동안 다 타버리지 못하고 그 일부가 지표에 떨어져 크레이터(운석이 지표에 충돌하여 생긴 둥근 구덩이)를 만들었는데, 현재 지구에서는 약 200여 개의 크레이터가 발견되고 있다.

공룡이 운석 충돌에 의해 멸종했다는 이론은 1970

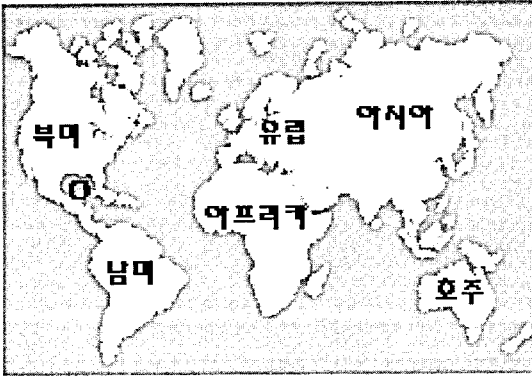
년대 말 노벨상 수상자인 미국의 물리학자 알바레즈(Alvarez)에 의해 주장되었으며, 그는 공룡을 비롯한 백악기 말의 대규모의 멸종을 다음과 같이 설명하고 있다.



중생대 말에 지름 10km 이상의 운석이 지표에 충돌하였다. 충돌시의 열과 압력으로 운석 물질과 충돌 지점의 암석들은 기체상태의 먼지로 변하여 대기 중으로 흩어졌으며, 대기 대순환을 타고 지구 전체에 퍼지게 되었다. 대기권 전체에 퍼진 먼지는 햇빛을 가려 지구는 수개월동안 칠흑 같은 암흑 속에 묻히게 되었다. 지구가 암흑 속에 묻히자 광합성에 의존하는 식물이 멸종하게 되었고, 이어서 초식공룡과 육식공룡이 멸종하게 되었다. 암흑은 또한 여러 해 동안 지구에 '충돌 겨울(impact winter)'을 가져왔는데, 이는 핵전쟁의 결과로 발생하는 '핵의 겨울'과 같은 것으로 공룡을 비롯한 많은 생물들이 추위 속에서 죽어가게 되었다.

'운석충돌설'이 발표된 이후, 많은 과학자들이 공룡을 멸종시킨 운석이 떨어진 크레이터를 찾기 시작했으며, 1991년 인공위성에 의해 멕시코 유카탄 반도에서 공룡의 멸종 시기에 생성된 크레이터가 발견되었다. 이 크레이터는 지름이 310km이며 육지와 바다에 걸쳐서 둥근 모양을 이루고 있다.

운석충돌설을 증명하는 증거들은 많이 있다. 지질 기록에서 공룡이 번성했던 중생대 백악기와 포유류가 번성하기 시작하는 신생대 3기 사이의 경계층을 'KT 경계층'이라고 하는데, 과학자들은 세계 여러 곳에서



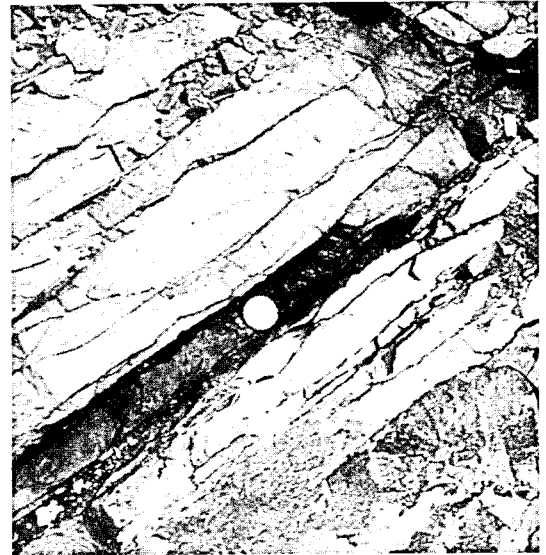
공룡을 멸종시킨 운석이 떨어진 지점 (○ 표시)

KT 경계층을 찾아냈으며, 이 층에 대한 조사로 운석 충돌설을 뒷받침하는 증거들을 많이 수집하였다.

신생대	제4기	K: 백악기 T: 제3기
	제3기	
KT 경계층		
중생대	백악기	
	쥬라기	
	트라이아스기	

운석충돌설을 증명하는 가장 강력한 증거로 ‘이리듬’이라는 원소가 있다. 이 원소는 지구의 지각에는 별로 들어있지 않으며 보통 운석에서 많이 발견되는데, KT 경계층에는 이 원소가 다른 지층에 비해 10-100배정도 더 많이 들어있다는 것이 밝혀졌다. 따라서 KT 경계층에 들어있는 이리듬은 이 시기에 운석 충돌이 있었다는 것을 증명해준다. 많은 과학자들이 전 세계 여러 지점의 KT 경계층에서 다량으로 들어있는 이리듬을 발견하였다.

KT 경계층에서는 또한 많은 양의 검댕(그을음)들



KT경계층 : 검은 부분

이 발견되는데, 이것은 운석이 지구에 충돌할 때 발생한 대규모의 화재에 의한 것이며, 그 양으로 미루어볼 때 충돌한 운석의 크기는 10km 정도로 추정된다고 한다. 지름 10km의 거대한 운석이 충돌할 때 발생하는 에너지는 충돌지점으로부터 반지름 1000km에 달하는 지역의 식물을 태워버리기에 충분하며, 이 때 발생한 검댕이 대기 중에 섞여 들어가면 햇빛을 더욱 효과적으로 차단하므로 지구에 심각한 추위를 가져올 수 있다. 이외에도 KT층에서 발견되는 지름 수 mm 정도의 둥근 모양의 광물은 운석 충돌시의 고열에 의해 만들어진 것이며, 변형구조를 보이는 석영결정들은 운석 충돌시의 엄청난 압력조건에서 만들어진 것이다. 이러한 증거들은 모두 운석충돌에 의해 공룡이 멸종했다는 운석충돌설을 강력하게 뒷받침하고 있다.

2002년 7월 10일 원고 접수
2002년 9월 9일 수정원고 접수
2002년 9월 28일 원고 채택