과학 교재의 조직 형태가 과학 교재 학습에 미치는 효과

문선모 · 박병호
(경상대학교) · (진주고등학교)

I. 서 론

1. 이론적 배경

우리는 교재(text), 산문 또는 담화를 통하여 대부분의 지식을 습득한다. 우리들이 교과서의 한 장을 학습하거나 신문 기사를 읽거나 또는 담화를 나누고 있을 때 지식을 습득하게 된다. 학교 교육의 언어는 대체로 교재 중심으로 치우쳐있다고 볼 수 있다면 학습은 주로 교재의 바탕 위에서 일어난다고 할 수 있을 것이다. 학생은 학교 교육을 시작할 때부터 마칠 때까지 교재로부터 추출된 정보를 학습하고 또 그 정보를 회상해내는 것이 무엇보다도 중요하다(문선모, 1985). 특히, Jackson에 의하면 미국의 경우 교실 수업의 98% 정도가 교사보다 교과서 자료에 기초를 두고 있으며 그리고 학생들이 숙제에 소요하는 시간의 90% 정도는 이런 교과서를 이용하여 수행되는 것으로 밝혀진 바 있다(Sawyer, 1991). 이와 같이 대부분의 학교 학습은 교재를 통하여 의사 소통되기 때문에 교육자들은 교재 학습의 연구에 많은 관심을 가져왔었다.

교재는 공통적인 주제 또는 토픽에 의하여 결합되는 문장들의 계열로서 일관성과 구조를 갖고 있다. 교재 구조(text structure)는 교재 내용간의 관계를 기술하는 것으로서 저자가 자신의 메시지를 전달하기 위하여 자신의 아이디어를 어떻게 조직했는가를 보여준다. 그러므로 교재의 이 구조적 차원은 교재를 특징짓는 중요한 변인이다. 그리고 저자가 쓴 교재의 특성은 독자가 그 교재를 이해 · 학습하는데 크게 영향을 미치기 때문에 교재의 구조 또는 조직을 효율적으로 기술하는 것이 연구자들에게 기대되는 하나의 과제이기도 하다(문선모, 1997).

문선모(1984a, b)의 분석에 의하면, 비교적 초기의 교재 학습 연구에서 주요 관심사는 교재 조직 또는 구조 변인들로서 논리적 구조, 아이디어의 중요성, 토픽 조직, 맥락조직, 신호법, 개념명 또는 속성 조직, 수사적 구조, 표면 구조 그리고 분산 조직 등이 이에 해당한다. 그런데 이런 교재 구조 변인들은 비교적 짧은 길이의 그리고 단순한 내용의 교재에 제한되었었다.

교육 및 수업 실제에서의 적용 가능성 면에서 보면 길이가 비교적 길고 복잡한 내용의 교재 자료에 대한 연구가 더욱 필요하다. 그런데 그러한 연구는 최근에 와서야 문선모(1996)와 Rukavina & Daneman(1996)에 의해 시도되고 있다.

수업 교재(instructional text)는 동일한 내용이더라도 다른 방식으로 조직될 수 있기 때문에 저자는 자신이 강조하고자 하는 정보를 전달하는데 가장 효과적인 조직 형태를 결정해야 한다. 저자는 대개 특정의 학습 목표를 마음속에 가지고 있기 때문에 이 목표에 비추어 볼 때 가장 중요한 정보를 강조할 듯한 조직 형태를 선택할 것이다. 특정의 조직 형태는 또한 학습자에게 특정의 처리 부담을 부과할 것이다. 그러므로 학습 과정에는 저자가 의도하는 처리의 종류가 사실상 내포될 것이다.

초기의 연구들(예컨대, Frase, 1973; Myers, Pezdek, & Coulson, 1973; Yekovich & Kulhavy, 1976)에서는 100단어 정도의 아주 짧은 교재에 대해 '개념명(concept name) x 개념 속성(concept attribute)'의 행

렬표에 의거해 단락의 문장들을 개념명 중심으로 조직하거나 개념 속성 중심으로 조직하는 처치의 효과를 검증하였었다(문선모, 1997). 그런데 이런 짧은 교재에 대한 조직 형태는 상호관계성에 대한 깊은 이해가 요구되지 않기 때문에 오히려 기계적 방식으로 학습될 수 있다.

한편, Schnotz(1984)는 대학생을 대상으로 수업 교재에서 자주 사용되는 두 가지 조직 형태를 비교한 바 있다. 교재는 정신 분석 치료와 행동 치료를 내용으로 하는 1,079개 단어로 구성된 비교적 긴 것이었다. 두 치료법은 각각 이론적 기초, 치료의 원리, 신경증의 성격, 증상의 문제, 그리고 과학적 지향성이라는 5개 측면들로 구성되어 있다. 하나의 조직 형태는 대상별 조직(organization by object)으로서, 먼저 정신 분석 치료에 대해 5개 측면들을 모두를 기술한다. 그 다음에 행동 치료에 대해서도 5개의 측면들을 모두 기술한다. 즉, 두 치료법별로 5개 측면들이 순서대로 나열식으로 기술된다. 다른 하나의 조직 형태는 측면별 조직(organization by aspect)으로서, 먼저 위의 5개 측면들 중 첫 번째 측면(이론적 기초)에 대해 정신 분석 치료를 기술한 다음 행동 치료를 기술한다. 즉, 5개 측면들별로 두 치료법이 차례로 기술된다. 연구 결과 전반적 읽기 시간과 회상 수행에서는 두 조직 형태간에 차이가 없었다. 그러나 학습 과정에는 차이가 있었다. 즉, 대상별 조직은 대상 내의 관계에 특별히 주목하게 한 반면에, 측면별 조직은 대상들 간의 관계를 강조하였다. 그리고 조직 형태는 개인차 변인으로서 선행 지식 수준과 유의한 상호작용 효과를 보였다. 즉, 선행 지식 하위 수준의 학습자들에게는 대상별 조직이 그리고 선행 지식 상위 수준 학습자들에게는 측면별 조직이 더욱 효과적이었다.

본 연구의 목적은 이상의 관련 연구들의 연구 결과들에 기초하여 과학 교재(scientific text)의 경우 조직 형태가 교재 학습에 미치는 효과를 검증하고자 함에 있다. 대부분의 연구들에는 설명적 교재(expository text) 또는 이야기 교재(story text)가 주로 사용되었다. 고등학교 과학 교과서에 대해 분석한 비교적 최근의 Eltinge & Roberts(1993)의 연구에 의하면, 과학이 탐구 과정(process of inquiry)으로 묘사되기보다는 오히려 사실들의 수집(collection of facts)으로 묘사되는 경향이 지배적이었다. 많은 학생들은 과학의 지식은 사실들로 구성되는 것으로 알고 있다. 그러므로 대부분의 학생들은 과학적 아이디어들에 대해 깊은 이해를 하지 못한다(Chinn & Brewer, 1993; Perkins & Simmons, 1988). 비록 탐구에 의한 수업 즉 탐구 수업의 효과를 검증하려는 연구는 광범위하게 이루어져 왔을지라도, 과학이 교과서에 탐구로 제시될 때 학생들이 과학을 어떻게 학습하는지를 검증하려는 연구는 별로 수행되지 않은 것 같다. 따라서 과학을 사실들의 수집으로보다는 탐구로서 제시할 때 학생들이 과학 교재로부터 어떻게 학습하는지를 규명하는 연구가 무엇보다도 필요할 것이다.

본 연구에서는 고등학생을 대상으로 과학 교과서에서 발췌한 약 2,000단어 길이의 비교적 복잡한 생태학적 타당성이 충분한 교재에 두 가지 조직 형태를 처치하여 과학교재 학습의 효과를 검증하고자 하였다. "공룡의 소멸"에 관한 두 가지 경합적인 과학 이론들(competing scientific theories)을, 즉 공룡의 소멸에 대한 대변동 이론과 점진적 이론을, 제시하는 방식을 달리할 경우 그 상대적 효과를 확인하고자 하였다.

하나의 교재는 통합형으로 조직하는 것이다. 통합형 교재(integrated-text format)는 과학을 탐구로 묘사하며, 복잡한 과학적 아이디어들의 습득과 통합을 촉진시키도록 설계되었다. 첫 단락에서 공룡 소멸의 문제를 두 가지 경합적인 설명이 가능한 탐구로 제시하여 습득할 지식이 논쟁적이며 문제적임을 학습자에게 알려준다. 마지막 단락에는 두 이론의 강점과 약점을 요약하는 결론적인 내용을 제시한다. 그리고 두 경합 이론의 관련성을 시사한 단서로서 신호법(signaling technique)을 처치한다. 교재에 개관 문장, 요약 문장, 밑줄친 표제, 논리적 연결구, 아이디어 관계 또는 개념의 중요성을 단락 내에 신호로 제시하면 학습자로 하여금 중요하게 여겨지는 정보에 주의를 기울이게 하여 회상 수행을 촉진시키며 정보의 통합에 효과적인 것으로 밝혀졌다(예컨대, Loman & Mayer, 1983; Lorch, Lorch., & Inman, 1993; Spyridakis & Standal, 1987). 반면에 분리형 교재(separate-text format)에서는 갈등적인 이론들이 있다는 사실에 대한 명시적인 언급없이 단지 학습자에게 두 이론을 연속적으로 소개하였다. 물론, 신호법도 처치하지 않

았다.

그리고 교재 학습에 영향을 미치는 것은 교재의 조직 형태만이 아닐 것이다. 학습자의 특성도 영향을 미칠 것이다. 개인차 변인으로서 Schnotz(1984)는 선행 학습 수준을 그리고 Rukavina & Daneman(1996)은 인식론적 지식과 작업기억(working memory)을 고려한 상호작용 효과를 밝혔다. 본 연구에서는 탐구 능력 수준을 개인차 변인으로 하여 과학 교재의 통합형과 분리형에 따른 조직 형태와의 주효과와 상호작용 효과를 고등학생을 대상으로 검증하고자 하였다.

본 연구에서 밝히고자 하는 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 과학 교재의 조직 형태(통합형·분리형)에 따라 과학 교재 학습 효과는 차이가 있는가? 둘째, 탐구 능력 수준(상위·하위)에 따라 과학 교재 학습 효과는 차이가 있는가? 셋째, 과학 교재의 조직 형태와 탐구 능력 수준간에 교재 학습에 미치는 상호작용 효과가 있는가?

2. 가 설

본 연구에서 검증하고자 하는 가설은 다음과 같다.

가설 1. 과학 교재를 통합형으로 조직하는 것이 분리형으로 조직하는 것보다 교재학습을 더 촉진시킬 것이다.

가설 2. 탐구 능력이 높은 학생은 낮은 학생보다 교재 학습 효과를 더 촉진시킬 것이다.

가설 3. 과학 교재의 조직 형태와 탐구 능력 수준간에 교재 학습에 미치는 상호작용 효과가 있을 것이다.

3. 용어의 정의

본 연구에서 사용된 주된 용어는 다음과 같다.

가. 과학 교재의 조직

두 가지 경합적인 과학 이론을 실험용 교재 자료에 제시하는 방식을 뜻하며, 본 연구에서는 통합형 교재와 분리형 교재로 구분된다.

① 통합형 교재 : 탐구로서의 과학과 통합적 이해를 촉진하기 위해 두 경합 이론의 관련성과 대조점을 시사하는 신호법과 문단을 사용하여 제시한 교재(부록의 교재에서 진한 고딕 글꼴로 된 부분을 포함하고 있는 교재로서, 실제 본 실험에 사용한 교재에서는 진한 고딕 글꼴을 사용하지 않고 다른 부분들과 동일한 글꼴을 사용하였음).

② 분리형 교재 : 단순히 두 경합 이론을 순서대로 나열하여 제시한 교재(부록의 교재에서 진한 고딕 글꼴 부분을 제외한 교재 내용임).

나. 탐구 능력

대학입학 수학능력 시험 모의 고사의 과목 중 수리탐구II 영역(과학, 사회)의 성적을 뜻한다. 탐구 능력은 상위 및 하위 수준으로 구분된다.

II. 연구 방법

1. 실험 대상

본 연구의 피험자는 진주시 소재 진주고등학교(인문고) 2학년 500명 전원을 모집단으로 하여 대학입학 수학능력 시험 모의 고사의 수리탐구II 영역 점수를 개인차 변인으로 하여 무선표집된 80명이었다. 수리탐구II 영역 점수는 4회분의 성적을 합산하여, 평균치를 기준으로 모집단을 상위 및 하위 집단으로 분류한 다음 상위 집단에서 40명 그리고 하위 집단에서 40명을 각각 무선표집하여 실험 집단에 각 20명씩 무선배정하였다. 따라서 4개 집단별 구체적인 실험 대상은 <표 1>과 같다.

<표 1> 실험 대상

탐구 능력 수준	과학 교재의 조직 형태	
	통합형	분리형
상 위	20	20
하 위	20	20

2. 실험 도구

본 연구에서 사용된 실험 도구는 지시문, 교재 자료 및 검사 자료 등이 포함된 소책자로 구성되었다.

가. 교재 자료

본 실험에 사용된 교재 자료는 미국 고등학교 교과서에서 채택하여 Rukavina & Daneman(1996)이 사용한 것을 연구자가 번안하여 관련 전공 교수와 고등학교 과학 교사들의 자문을 받아 예비 실험을 거쳐 수정·보완된 것이다. 본 교재 자료는 "공룡 소멸에 관한 이론들"을 주제로 하는 경합적인 과학 이론 두 가지를 내용으로 한다. 교재의 길이는 23개 단락, 90개 문장, 2,000여 단어로 구성되었으며, 교과서 크기로 약 8페이지 정도이다.

본 교재 자료는 통합형과 분리형의 두 가지 형태로 제작되었다. 두 교재 형태에는 경합적인 두 이론(공룡 소멸의 대변동 이론과 점진적 이론)에 관한 본질적 정보가 제시되었다. 그러나 다음과 같은 주요 차이가 처치되었다.

① 통합형 교재

통합형 교재에는 (a) 과학을 탐구적으로 묘사하였다. 그리고 (b) 복잡한 과학적 아이디어들의 습득과 통합을 촉진하도록 고안된 부가적인 속성들이 포함되었다. 즉, 두 이론의 관련성을 독자에게 알리는 단서로서 단락 차원에서 신호법이 처치되었다. (c) 두 이론 각각의 강점과 약점을 요약하는 결론적인 단락을 교재의 마지막에 제시하였다. 그러나 이 단락은 어떤 결론도 제공하지 않는다. 예컨대, 통합형 교재의 첫 단락에는 다음과 같은 질문들이 제시되었다 :

> 공룡이 대량으로 소멸한 이유는 무엇인가? 많은 이론들이 제시되었지만 확실하게 아는 사람은 없다. 공룡의 수수께끼를 가장 잘 설명해 주는 두 경합 이론은 점진적 변화 이론과 대변동 이론으로 불려진다.

이 단락은 공룡 소멸의 문제를 두 경합적인 설명을 갖는 탐구로 제시하였으며, 그러므로 습득될 지식은 논쟁적이며 문제적임을 학습자에게 즉시 알려주었다. 후속되는 단락들은 두 이론들에 관하여 정교화하였다. 통합형 교재의 구체적인 내용은 <부록>과 같다.

② 분리형 교재

대조적으로, 분리형 교재는 단지 문제를 첫 문장("공룡이 대량으로 소멸한 이유는 무엇인가?")에 진술한 다음 대립적인 이론 또는 경합 이론이 있다는 사실에 대한 아무런 언급도 없이 두 이론들 중 하나(예컨대, 대변동 이론)를 바로 제시하였다.

분리형 교재의 색조는 대부분의 교과서에서 채택되는 전통적인 사실 기반 접근 방법(fact-based approach) 즉, 일반적으로 과학적 탐구의 결과만을 보고하고 과정 그 자체를 보고하지 않는 접근 방법을 반영하였다. 분리형 교재의 구체적인 내용은 통합형 교재인 <부록>에서 진한 고딕 글꼴로 한 진술문들을 제외한 나머지이다.

나. 검사 자료

본 실험의 효과를 측정하기 위한 검사들은 단답 서술형 검사와 선다형 검사로서 다음 4가지로 구성되었다.

① 이론명 인식도 검사 (단답 서술형)

읽은 교재 자료에 나오는 공룡 소멸을 설명한 이론의 개수와 해당하는 이론들의 이름을 적게 하였다.

② 이론의 통합적 이해 검사 (단답 서술형)

공룡 소멸의 점진적 변화 이론과 대변동 이론에 대하여 각각의 주요점 설명, 뒷받침하는 증거, 그리고 약점을 서술하게 하는 4개 문항으로 구성되었다.

③ 세부사항 이해 검사 (선다형)

읽은 교재에 명시적으로 언급된 특징, 사태, 상황, 아이디어들을 포함하는 세부사항들에 대한 이해를 측정하는 것으로서 10개 문항으로 구성되었다.

④ 통합적 이해 검사 (선다형)

읽은 교재에서 연속되는 단락들 간에 그리고 두 이론들 간에 아이디어들을 통합하거나 관련지움으로써 도출되는 지식과 이론에 대한 통합적 이해를 측정하는 것으로서 10개 문항으로 구성되었다.

3. 실험 설계

본 연구의 독립 변인은 교재의 조직 형태(통합형·분리형)와 탐구 능력 수준(상위·하위)이다. 종속 변인은 선다형 검사에서 획득한 점수(세부사항 이해점수·통합적 이해 점수)와 단답 서술형 검사에서 획득한 점수(이론명 인식도 점수·이론의 통합적 이해 점수)이다. 따라서 본 연구의 실험 설계는 교재의 조직

형태와 탐구 능력 수준의 요인 설계로서 실험 요인의 배치는 2 × 2이다.

4. 실험 절차

실험 처치는 본 연구자와 2명의 실험 보조자에 의해 집단적으로 실시되었다. 실험은 먼저 안내문, 지시문, 교재 자료 및 검사 자료 등이 포함된 소책자를 배부한 다음 안내문 읽기→지시문 읽기→검사용 교재 자료 읽기→이론명 인식도 검사→이론의 통합적 이해 검사→교재 이해 검사의 순서로 진행되었으며, 그 구체적 절차는 다음과 같다.

가. 교재 자료 학습

소책자로 된 교재 자료를 배부한 후 교재 자료 학습 후에 검사가 실시됨을 사전에 알렸으며 교재를 충분히 이해할 수 있도록 자신의 정상적인 읽기 속도로 읽되 읽는 횟수는 반드시 1회만 읽도록 한정하였으며, 시간은 제한하지 않았다.

나. 검사의 실시

교재 자료를 학습한 후에 단답 서술형 검사로서 이론명 인식도 검사와 이론의 통합적 이해 검사를 먼저 실시하고, 이어서 선다형 검사로서 교재 이해 검사를 실시하였다.

5. 결과 처리

검사에서 반응한 피험자들의 답지로서 선다형으로 된 a) 세부사항 이해 검사와 b) 통합적 이해 검사의 반응은 각 문항당 1점씩 전체 10점 만점으로 각각 채점하였다. 단답 서술형 검사로서 c) 이론명 인식도 검사의 반응은 이론명당 1점씩으로 하여 2점 만점으로 채점하였다. d) 이론의 통합적 이해 검사의 반응은 각 이론별로 주요점 설명에서 공룡 소멸의 원인, 시간적 관점, 결과 등이 옳으면 3점 만점, 지지하는 증거와 이론의 약점들이 옳게 진술되면 각 1점으로 하여 총 10점 만점으로 채점하였다.

각 실험 집단별 평균과 표준 편차를 계산하였다. 그리고 교재의 조직 형태와, 탐구 능력 수준의 주효과와 상호작용 효과를 검증하기 위해 2×2 이원배치 변량분석법을 적용하였다. 이상의 모든 통계처리는 SPSS 프로그램에 의해 수행되었다.

III. 결 과

1. 선다형 검사의 결과

가. 세부사항 이해 검사의 결과

세부사항 이해 검사에서 획득한 실험 집단별 평균과 표준 편차는 다음 <표 2>와 같다.

<표 2> 집단별 평균과 표준 편차

탐구 능력 수준		통합형 교재	분리형 교재
상 위	M	7.75	6.65
	(SD)	(1.25)	(1.63)
하 위	M	6.70	5.75
	(SD)	(1.63)	(1.62)

첫째, <표 2>에서 통합형 교재 학습 집단(M = 7.26)이 분리형 교재 학습 집단(M = 6.20)보다 세부사항 이해 점수가 높은 경향을 보였으며, 이것은 변량분석 결과 통계적으로 유의한 차이를 보였다[F(1, 76) = 8.86, MSe = 2.37, p < .05]. 이러한 결과는 '가설 1'을 수용하였다. 이것은 두 개의 경합적 과학 이론을 탐구 과정으로 서술한 통합형 교재가 그렇지 않은 분리형 교재보다 교재에 명시적으로 언급된 세부사항들의 이해를 더 촉진시켰음을 의미한다.

둘째, 탐구 능력 상위 집단(M = 7.20)이 탐구 능력 하위 집단(M = 6.26)보다 세부사항 이해 점수가 높은 경향을 보였으며, 이는 변량분석 결과 통계적으로 유의한 차이를 보였다[F(1, 76) = 8.02, MSe = 2.37, p < .05]. 이러한 결과는 '가설 2'를 수용하였다. 즉, 탐구 능력 상위 집단이 하위 집단보다 세부사항들의 이해를 더 촉진시켰음을 의미한다.

셋째, 과학 교재의 조직 형태와 탐구 능력 수준간에 유의한 상호작용 효과가 나타나지 않았다[F(1, 76) = 0.05, MSe = 2.37]. 이러한 결과는 '가설 3'을 기각하였다. 이것은 통합형 교재가 학생들의 탐구 능력 수준에 관계없이 세부사항들의 이해를 촉진시켰음을 뜻한다.

나. 통합적 이해 검사의 결과

통합적 이해 검사에서 획득한 실험 집단별 평균과 표준 편차는 다음 <표 3>과 같다.

<표 3> 집단별 평균과 표준 편차

탐구 능력 수준		통합형 교재	분리형 교재
상 위	M	6.85	5.21
	(SD)	(1.42)	(1.70)
하 위	M	5.60	3.50
	(SD)	(2.11)	(2.16)

첫째, <표 3>에서 통합형 교재 학습 집단(M = 6.26)이 분리형 교재 학습 집단(M = 4.36)보다 통합적 이해 점수가 높은 경향을 보였으며, 이것은 변량분석 결과 통계적으로 유의한 차이를 보였다[F(1, 76) = 19.97, MSe = 3.52, p < .05]. 이러한 결과는 '가설 1'을 수용하였다. 이것은 두 개의 경합적 과학 이론을 탐구 과정으로 서술한 통합형 교재가 그렇지 않은 분리형 교재보다 단락들 간 그리고 이론들 간에 아이디어들을 통합하거나 관련지움으로써 도출되는 지식에 대한 통합적 이해를 더 촉진시켰음을 의미한다.

둘째, 탐구 능력 상위 집단(M = 6.03)이 탐구 능력 하위 집단(M = 4.55)보다 통합적 이해 점수가 높은 경향을 보였으며, 이것은 변량분석 결과 통계적으로 유의한 차이를 보였다[F(1, 76) = 12.36, MSe = 3.52, p <. 05]. 이러한 결과는 '가설 2'를 수용하였다. 즉, 탐구 능력 상위 집단이 하위 집단 보다 통합적 이해를 더 촉진시켰음을 의미한다.

셋째, 과학 교재의 조직 형태와 탐구 능력 수준간에 유의한 상호작용 효과가 나타나지 않았다[F(1, 76) = 0.29, MSe = 3.52]. 이러한 결과는 '가설 3'을 기각하였다. 이것은 통합형 교재가 학생의 탐구 능력의 수준에 관계없이 통합적 이해를 촉진시켰음을 의미한다.

2. 단답 서술형 검사의 결과

가. 이론명 인식도 검사의 결과

이론명 인식도 검사에서 획득한 실험 집단별 평균과 표준 편차는 다음 <표 4>와 같다.

<표 4> 집단별 평균과 표준 편차

탐구 능력 수준		통합형 교재	분리형 교재
상 위	M	1.80	1.05
	(SD)	(0.41)	(0.69)
하 위	M	1.65	0.55
	(SD)	(0.59)	(0.69)

첫째, <표 4>에서 통합형 교재 학습 집단(M = 1.73)이 분리형 교재 학습 집단(M = 0.80)보다 이론명 인식도 점수가 높은 경향을 보였으며, 이것은 변량분석 결과 통계적으로 유의한 차이를 보였다[F(1, 76) = 47.53, MSe = 0.36, p < .05]. 이러한 결과는 '가설 1'을 수용하였다. 이것은 통합형 교재가 분리형 교재보다 이론명 인식을 더 촉진시켰음을 의미한다.

둘째, 탐구 능력 상위 집단(M = 1.43)이 탐구 능력 하위 집단(M = 1.10)보다 이론명 인식도 점수가 높은 경향을 보였으며, 이것은 변량분석 결과 통계적으로 유의한 차이를 보였다[F(1, 76) = 5.86, MSe = 0.36, p < .05]. 이러한 결과는 '가설 2'를 수용하였다. 즉, 탐구 능력 상위 집단이 하위 집단 보다 이론명 인식을 더 촉진시켰음을 의미한다.

셋째, 과학 교재의 조직 형태와 탐구 능력 수준간에 유의한 상호작용 효과가 나타나지 않았다[F(1, 76) = 1.69, MSe = 0.36]. 이러한 결과는 '가설 3'을 기각하였다. 이것은 통합형 교재가 학생의 탐구 능력 수준에 관계없이 이론명 인식을 촉진시켰음을 의미한다.

나. 이론의 통합적 이해 검사의 결과

이론의 통합적 이해 검사에서 획득한 실험 집단별 평균과 표준 편차는 다음 <표 5>와 같다.

<표 5> 집단별 평균과 표준 편차

탐구 능력 수준		통합형 교재	분리형 교재
상 위	M	6.05	3.30
	(SD)	(2.39)	(2.45)
하 위	M	4.40	2.45
	(SD)	(3.14)	(2.96)

첫째, <표 5>에서 통합형 교재 학습 집단(M = 5.23)이 분리형 교재 학습 집단(M = 2.88)보다 이론의 통합적 이해 점수가 높은 경향을 보였으며, 이것은 변량분석 결과 통계적으로 유의한 차이를 보였다[F(1, 76) = 14.31, MSe = 7.72, p <. 05]. 이러한 결과는 '가설 1'을 수용하였다. 이것은 통합형 교재가 분리형 교재보다 이론의 통합적 이해를 더 촉진시켰음을 의미한다.

둘째, 탐구 능력 상위 집단(M = 4.68)이 탐구 능력의 하위 집단(M = 3.43)보다 이론의 통합적 이해 점수가 높은 경향을 보였으며, 이것은 변량분석 결과 통계적으로 유의한 차이를 보였다[F(1, 76) = 4.05, MSe = 7.72, p <. 05]. 이러한 결과는 '가설 2'를 수용하였다. 즉, 탐구 능력 상위 집단이 하위 집단보다 이론의 통합적 이해를 더 촉진시켰음을 의미한다.

셋째, 과학 교재의 조직 형태와 탐구 능력 수준간에 유의한 상호작용 효과가 나타나지 않았다[F(1, 76) = 0.41, MSe = 7.72]. 이러한 결과는 '가설 3'을 기각하였다. 즉, 이것은 통합형 교재가 학생의 탐구 능력 수준에 관계없이 이론의 통합적 이해를 촉진시켰음을 뜻한다.

Ⅳ. 논 의

과학 교재의 조직 형태와 탐구 능력의 수준이 과학 교재 학습에 미치는 효과를 검증하였던 바 얻어진 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 과학 교재의 조직 형태간에 과학 교재 학습은 유의한 차이가 있었다. 즉, 통합형 교재는 분리형 교재보다 과학 교재 학습을 촉진시켰다. 2) 탐구 능력 수준간에 과학 교재 학습은 유의한 차이가 있었다. 즉, 탐구 능력 상위 집단이 하위 집단보다 과학 교재 학습을 촉진시켰다. 3) 과학 교재의 조직 형태와 탐구 능력 수준간에는 과학 교재 학습에 미치는 상호작용 효과는 유의하지 않았다. 즉, 탐구 능력 수준에 관계없이 통합형 교재는 과학 교재 학습을 촉진시켰다.

이러한 주요 결과에 대해서 선행 연구와 비교·논의하기로 한다. 첫째, 교재에 신호법을 제시한 통합형 교재는 단순히 경합 이론들을 순서에 따라 나열식으로 서술한 분리형 교재보다 과학 교재 학습을 촉진시켰다. 즉, 교재 내에 명시적으로 언급된 특징, 사태, 상황, 또는 아이디어들을 포함하는 세부사항 선다형 문항의 이해, 연속되는 단락들 간에 그리고 두 경합적인 이론들 간에 아이디어들을 통합하거나 관련지움으로써 도출되는 지식과 이론에 대한 통합적 이해를 측정하는 통합적 선다형 문항의 이해, 읽은 교재에서 설명되는 두 경합적 과학 이론에 대한 단답 서술형의 이론명 인식 정도, 그리고 공룡 소멸을 설명하는 경합적인 점진적 변화 이론과 대변동 이론 각각의 주요점을 설명하고, 뒷받침하는 증거를 제시하고, 이론의 약점을 진술하는 단답 서술형의 이론의 통합적 이해 점수가 통계적으로 유의하게 높았다.

이러한 결과는 분리형 교재에서는 대부분의 교과서에서 채택되는 사실에 기반을 두는 전통적인 접근 방법임에 비하여, 통합형 교재에서는 과학을 탐구 과정으로 접근하여 두 경합 이론의 관련성을 독자에게 알리는 단서로서 기능하는 신호법을 단락 차원에서 처치하였으며, 또한 두 경합 이론의 강점과 약점을 요약하는 결론적인 단락을 교재의 마지막에 제시함으로써 교재 처리에 상위 구조를 제공하여 통합적 이해를 유발하여 과학 교재 학습을 촉진시킨 것으로 해석된다. 이러한 본 연구의 결과는 고등학생과 대학생을 대상으로 경합적 과학 이론들을 내용으로 하는 통합형 교재의 효과를 입증한 Rukavina & Daneman(1996)의 연구 결과와 일치하였다. 또한 신호법을 통한 교재 형태를 조작하여 교재 학습의 촉진 효과를 확인한 Loman & Mayer(1983), Meyer & Freedle(1984), Rossi(1990), Spyridakis & Standal(1987)의 연구 결과와도 일치하였다.

따라서 본 연구 결과는 습득되어야 할 지식이 어떻게 구조화되어야 하는가에 대한 정보를 학생들에게 제공하는 것의 촉진 효과에 대한 강력한 증거를 제공하는 것으로 여겨진다.

둘째, 본 연구에서는 개인차 변인으로서 탐구 능력을 대학입학 수학능력 시험 모의 고사 중 수리탐구II 영역(과학, 사회) 점수를 기준으로 상·하위 수준으로 구분하였던 바 탐구 능력 수준은 과학 교재 학습에 영향을 미쳤다. 한편 Rukavina & Daneman(1996)은 개인차 변인으로서 과학에 관한 인식론적 지식 수준은 경합적 과학 이론들의 세부사항 이해와 통합적

이해에 유의한 효과가 있음을 입증하였다. 또한 Ferguson-Hessler & DeJong(1990)은 우수한 문제 해결자는 물리 교재에서 교재내 구조의 부과, 관계의 강조, 논리적 결론 도출 등의 통합적 학습 행동에 더 많이 관여함을 밝혔다.

셋째, 과학 교재의 조직 형태와 탐구 능력의 수준간에는 과학 교재 학습에 미치는 상호작용 효과는 유의하지 않았다. 즉, 탐구 능력의 수준에 관계없이 과학 교재의 조직 형태 중 통합형 교재가 과학 교재 학습에 더 효과적인 것으로 나타났다. 이러한 결과는 선행 연구 결과가 없어 직접 비교하기는 어렵다.

끝으로, 과학 수업을 위한 함의를 간단히 언급하고자 한다. 학생들에게 한 현상에 대한 두 경합 이론을 통합형으로 제시하는 것은 과학을 실제 그대로 묘사할 뿐만 아니라, 이론들 자체 내의 아이디어들의 통합, 그리고 이론들에 걸친 아이디어들의 통합을 촉진시키며, 각 이론과 과학적 문제 그 자체에 대한 깊은 이해로 유도한다.

그러므로 탐구 과정으로서 과학 수업에 대하여 과학 교과서 및 과학 수업 자료의 저술 또는 설계에 통합형 교재 조직 형태가 도입되어야 할 것이다. 그리고 후속 연구에서는 과학 교재의 조직 형태를 더욱 다양하게 처치하고 다양한 개인차 변인들을 고려한 심화된 연구가 기대된다.

V. 결 론

본 연구의 결과와 논의를 통하여 얻어진 결론은 다음과 같다.

1. 과학 현상을 설명하는 경합적인 이론들을 상호 관련성에 대한 언급 없이 별도로 분리하여 조직하는 분리형 교재 형태에 비하여 경합 이론들의 관련성과 통합을 촉진하도록 신호법을 처치하여 과학을 탐구 과정으로 접근하는 통합형 교재 형태는 세부사항 문항의 이해, 통합 문항의 이해, 이론명의 인식, 그리고 이론의 통합적 이해를 포함하는 과학 교재 학습을 더 촉진시킨다.

2. 탐구 능력이 높은 학생은 낮은 학생보다 과학 교재 학습 효과가 더 촉진된다.

3. 과학 교재의 조직 형태와 탐구 능력 수준간에 과학 교재 학습에 미치는 상호작용 효과는 유의하지 않다. 즉, 통합형 교재 형태는 학생의 탐구 능력 수준에 관계없이 과학 교재 학습을 촉진시키는 것으로 해석된다.

참 고 문 헌

문선모. 교재기억에 있어서 교재구조의 연구: 방법론적 분석. 「경상대논문집(사회계편). 23(1)」, 1984, 303-314. (a)

문선모. 교재구조가 교재이해 및 기억에 미치는 효과의 분석. 「경상대논문집(사회계편), 23(2)」, 1984, 261-273. (b)

문선모. 교재구조의 거시방략과 거시명제의 회상, 박사학위논문, 경북대학교, 1985.

문선모. 제목, 표제, 주제문: 설명적 교재 처리에 미치는 효과. 「학생생활연구소보(경상대학교), 22」, 1996, 3-21.

문선모. 「교재학습 연구: 교재구조의 접근」. 서울: 학지사, 1997.

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, 1-49 .

Eltinge, E. M., & Roberts, C. W. (1993). Linguistic content analysis: A method to measure science as inquiry in textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 65-83.

Ferguson-Hessler, H. G. M., & deJong, T. (1990). Studying physics texts: Differences in study processes between good and poor performers. *Cognition and Instruction, 7,* 41-54.

Frase, L. T. (1973). Integration of written text. *Journal of Educational Psychology,* 65, 252-261.

Loman, N. L., & Mayer, R. E. (1983). Signaling techniques that increase the understandability of expository prose. *Journal of Educational Psychology,* 75, 402-412.

Lorch, R. F., Lorch, E. P., & Inman, W. E. (1993). Effects of signaling topic structure on text recall. *Journal of Educational Psychology*, 85, 281-290.

Meyer, B. J. F., & Freedle, R. O. (1984). Effects of discourse type on recall. *American Educational Reseatch Journal,* 21, 121-143,.

Myers, J. L., Pezdek, K., & Coulson, D. (1973). Effects of prose organization upon free recall. *Journal of Educational Psychology*, 65, 313-320.

Perkins, D. N., & Simmons, R. (1988). Patterns of misunderstanding: An integrative model for science, math, and programming. *Review of Educational Research*, 58, 303-326.

Rossi, J. P. (1990). The function of frame in the comprehension of scientific text. *Journal of Educational Psychology*, 82, 727-732.

Rukavina, I. & Daneman, M. (1996). Integration and its effect on acquiring knowledge about competing scientific theories from text. *Jounal of Educational Psychology*, 88, 272-277.

Sawyer, M. H. (1991). A review of research in revised instructional text. *Journal of Reading Behavior,* 23, 307-332.

Schnotz, W. (1984). Comparative instructional text organization. In H. Mandl, N. L. Stein, & T. Trabasso (Eds.). *Learning and comprehension of text* (pp. 53-81). Hillsdale, NJ.: Erlbaum.

Spyridakis, J. H., & Standal, T. C. (1987). Signals in expository prose: Effects on reading comprehension. *Reading Research Quarterly*, 22, 285-298.

Yekovich, F. R., & Kulhavy, R. W. (1976). Structural and contextual effects in the organization of prose. *Journal of Educational Psychology*, 68, 626-635.

ABSTRACT

Effects of Scientific Text Format on Scientific Text Learning

Seon-Mo, Moon
(Kyungsang University)
Byung-Ho, Park
(Jinju High School)

The purpose of this study was to investigate the effects of scientific text format on scientific text learning. Two text formats for presenting competing scientific theories were an integrated-text format and a separate-text format. The integrated-text format was designed to portray science as inquiry.

Main research problems to be tested were as follows:

(1) Is there a significant difference between two text formats in scientific text learning?

(2) Is there a significant difference between levels of inquiring ability?

(3) Is there a significant interaction effect in scientific text learning between text formats and levels of inquiring ability?

Subjects of this study were 80 high school students selected randomly on the levels of inquiring ability. And they were randomly assigned to four experimental conditions.

Experimental text was about scientific problem: "What caused the dinosaurs to become extinct?" The text was adapted from high school textbooks of America and approximately 2,000 words in length.

To test the hypotheses, 2(scientific text formats: integrated vs. separate) x 2(levels of inquiring ability: high vs. low) ANOVA was applied.

Main findings of this study were as follows:

(1) Presenting science as inquiry through the integrated-text format enhanced performance on the items that tapped integrated knowledge. On the other hand, the separate-text format did not showed such facilitating effects.

(2) Students with more inquiring ability showed such facilitating effects.

(3) There was not a significant interaction effect in such performance between text formats and levels of inquiring ability of students.

Keywords: Scientific text format, Text organization, Text structure, Scientific text learning, Text processing, Text comprehension

공룡 소멸에 관한 이론들

육천오백만년전을 과학자들은 백악기라고 한다. 공룡이 이 시대에 모두 사라졌으며, 다시는 보이지 않았다. 그렇게 오래 전에 살았고, 거대하게 성장한 것을 고려해 볼 때, 많은 사람들이 공룡의 멸망에 대해 흥미를 가졌다. 그리고 인간이 출현하기 전 수백 만년 전에 공룡이 존재했다는 것은 놀랄만한 것은 아니다. 공룡의 소멸에 대한 수수께끼는 오늘날에도 과학자들의 주된 관심사이다. 공룡이 대량으로 소멸한 이유는 무엇인가? 많은 이론들이 제시되었지만 확실하게 아는 사람은 없다. 공룡의 수수께끼를 가장 잘 설명해주는 두 경합 이론은 점진적 변화 이론과 대변동 이론으로 불려진다.

화석을 연구하는 고생물학자와 과학자들의 이론은 지구 내의 변화 과정이 천천히 일어나고 이러한 과정은 오랜 기간 환경을 바꾸어 놓았으며, 이로 인해 대량 소멸이 일어났을 것이라는 것이다. 공룡이 어떻게 소멸되었는가에 대한 이러한 견해를 점진적 변화 이론이라고 한다.

대변동 견해를 가진 과학자들은 이러한 종의 동물들이 살았던 환경이 갑자기 극적으로 바뀌었고, 공룡을 포함한 수천 종류의 생물들이 새로운 환경에 생존하도록 강요되어졌다고 주장한다. 이 새로운 환경에 적응할 수 없었던 종들은 소멸하게 되었다. 공룡이 죽어버린 대량 소멸은 갑작스런 천재 지변의 결과였다는 이 견해를 대변동 이이라고 한다.

각 이론에 대한 더욱 자세한 설명을 살펴보면 다음과 같다. 먼저, 점진적 변화
이론을 설명하고 뒤이어 대변동 이론을 설명할 것이다.

점진적 변화론자들에 의하면, 세상은 매우 복잡한 환경이어서 공룡의 대량 소멸이 하나의 원인으로 일어난 것은 아니다. 그 소멸 과정은 수백 만년 동안 일어났음직하다는 사실에 동의한다. 더욱이 화석 기록은 공룡의 소멸이 긴 시간 동안 일어났다는 그들의 견해를 지지하는 듯하다.

점진적 변화 입장을 갖고 있는 사람들 사이에 상당한 지지를 받는 한 이론은 Robert. T. Bakker의 것이다. Bakker는 공룡 소멸의 주범은 보이지 않는 일련의 자연 규칙 때문이라고 주장한다. 공룡의 죽음을 가져 왔다고 Bakker가 제안하는 사태들의 역사적 진행 과정에 대한 설명은 아래와 같다.

Bakker는 공룡이 대량으로 소멸되기 이전의 시기는 세계적으로 생태계가 악화된 시기라고 주장한다. 어떤 이유로 안정된 환경이 쇠퇴하기 시작하고, 공룡의 대량 소멸이 일어나기에 적합한 환경으로 된다. 이 형태는 백악기 말 이전까지 나타나며 이 시기에 공룡이 소멸하게 되었다는 것이다. 기온이 낮아짐에 따라 얕은 바닷물이 고갈되기 시작했고, 그 결과로 얕은 바닷물에 사는 생물들이 좋은 서식지를 잃어버리게 되자 대량 소멸이 시작되었다. 이러한 기온의 저하는 깊은 바다에도 마찬가지로 영향을 끼쳤다. 이러한 변화가 얕은 바다 생물뿐만 아니라 깊은 바다 생물의 죽음을 가져왔을 것이다.

이러한 냉기후는 또 다른 심각한 영향도 끼쳤을 것이다. 얕은 바다가 고갈됨에 따라 바다가 육지로 되어 마르고 서로 분리되었던 지역이 육지로 연결되고 육계화 되었다. 동시에 산맥을 형성하는 힘이 약화되어 육지가 평탄하게 되었다. 이같은 변화는 수백만년동안 일어났다. 그 결과 여러 종류의 동물은 대륙에서 다른 쪽의 대륙으로 쉽게 이동할 수 있었다. 이러한 대륙간 변화는 백악기 말에 구체적으로 발견될 수 있다. 백악기 말에 아시아 포유류와 공룡들이 북아메리카에 나타나기 시작했다.

거대한 동물들이 대륙을 건너다닐 수 있었던 시기와 같은 시기에 소멸이 극심하게 일어났다. 과연 동물들이 대륙을 이동하는 것이 소멸의 원인이 되었을까? 그렇다. 다른 지역의 동물이 새로운 지역에 옮겨왔을 때 예상하지 못했던 결과는 일어날 수 있다. 파충류, 조류, 포유류는 독특한 기생충과 질병을 가지고 있다. 인간과 가축을 휩쓸어 버린 가장 극심한 유행성 질병은 궁극적으로 외부 종들의 유입으로부터 생겨나게 되었다. Osborn에 따르면, 외부에서 들어온 한 질병이 전 대륙을 파괴시키고, 그 결과로 식물과 동물에게 최악의 상태를 가져오는 일이 있을 수 있다고 한다.

후기 백악기가 이러한 참사가 일어난 것을 설명하기에 적합하다. 수심이 얕은 바다는 고갈되었고 염분

이 높은 바닷물로 인해 일련의 소멸이 확산되었다. 아시아 공룡이 북아메리카로 옮겨가고 북아메리카 동물이 아시아로 옮겨왔다. 지구상의 전지역에서
이런 변화가 일어났고, 크고 작은 재해도 발생했다.

아주 광범위하게 일어난 이동에서 가장 나쁜 영향이 나타났다. 큰 육지 동물들은 쉽게 이동할 수 있어서 더욱 많이 파괴되고 더 많은 고통을 받게 되었다. 작은 동물들은 쉽게 옮겨다닐 수 없었다. 왜냐하면, 작은 강조차도 이동하는데 방해만 되었기 때문이다. 그러므로 외부 종들의 유입으로 야기된 소멸은 언제나 가장 크고, 가장 활동적인 동물들에게서 가장 심할 것이다. 활발한 신진 대사를 하는 온혈 동물인 공룡은 그런 방해에 대해 더욱 위험에 처할 것이다. 낮은 신진 대사를 하는 냉혈 동물은 잘 이동할 수 없다. 공룡처럼 많은 에너지를 필요로 하는 것들만 넓은 영토를 필요로 하고 끊임없이 이동을 한다.

덧붙이면, 온혈 동물의 불리한 점은, 더 높고 더욱 일정한 체온을 가져야 하므로 세균이나 기생충을 많이 배양하게 되어 위험을 안고 있다. 온혈 동물인 공룡은 냉혈이면서 낮은 신진 대사를 하는 악어보다 훨씬 더 위험을 안고 있다는 것이다.

그와 같은 시나리오에는 공룡의 대량 소멸과 점진적 소멸을 모두 자세히 설명하고 있다. 그러나 점진적 변화론자들은 스트라타 암석 속에 있는 이리디움 원소 층이 백악기 말과 연관되어진 하나의 현상들에 대해서는 설명 할 수 없었다. 이리디움은 금속이지만 지구 표면에서 발견되는 것이 아니라 유성이나, 별, 혜성들에서 발견되어지는 것이다. Bakker는 물이 왜 차가워지기 시작하는가에 대해 우선적으로 설명하지 못하고 있다. 그럼에도 불구하고 점진적 변화론자에 의하면 지구 자체의 영향력으로 공룡의 나머지가 소멸됐다는 의견이 압도적이다.

그러나 대변동론자들은 공룡이 소멸하게 된 원인을 다르게 설명하고 있다. 지구로 돌진해 오는 우주로부터의 큰 물체와 같은 대변동을 일으키는 원인들이 있다고 믿는 과학자들이 많다. 그런 것이 공룡을 소멸시킬 정도로 지구를 파괴한다. 화학자 Walter Alvarez가 이리디움 층을 발견할 때까지는 이렇다 할 직접적인 증거는 없다. 이리디움은 금속이지만 지구 표면에는 거의 없다. 하지만 유성이나 죽은 별과 같은 우주 공간에 있는 천체에는 풍부하다.

이탈리아에서 Alvarez와 그의 팀은 백악기 말에 형성된 퇴적층 내에서 아주 얇은 이리디움 층을 발견했다. 이것은 지구와 거대한 유성 — 우주에서 떨어진 돌 — 이 충돌하여 발생된 것이라고 설명할 수 있다. 그와 같은 유성은 어디서 온 것일까? 천문학자에 의하면 때때로 유성이 지구 궤도 안으로 들어와 행성길을 가로지르다 충돌이 일어난다고 한다. 이리디움 이상이 백악기 말에 일어났다는 사실은 거의 우연의 일치가 될 수 없었다. Alvarez와 그의 협동 연구자들은 이리디움 층 발견으로부터 거대한 유성이 공룡 세계를 파괴시켜 버렸다는 주장을 하여 과학계를 놀라게 하였다.

만약 소행성이 땅에 떨어졌다면, 거대한 먼지를 일으킬 것이고, 만약 바다에 떨어졌다면 증기 구름이 피어올랐을 것이라고 그들은 주장하였다. 먼지 구름이든 증기 구름이든 간에 그 구름 물질은 지구 대기권으로 방출되었을 것이고, 이것은 수개월 또는 수년동안 그 장소에 남아 있었을 것이다. 소행성 충돌의 결과는 이 지구상에 있는 생명을 황폐화시켰을 것이다. 태양이 거의 비치지 않았을 것이고 지구의 온도도 급강하하였을 것이다. 갑작스런 변화는 빙하기를 초래하였을 것이며, 에너지를 햇빛으로부터 얻었던 많은 지구상의 생물들이 죽었을 것이다. 큰 바다 표면에 살았던 작은 생명체도 영향을 받았을 것이고, 식물과 작은 바다 동물들이 죽었을 것이며, 식물을 먹는 작은 동물과 바다 동물은 심한 기근으로 죽었을 것이다. 이와 같은 이유로 먹이 사슬이 산산조각이 났을 것이다. 어떤 생명체가 존재하느냐, 존재하지 못하느냐를 결정하는데 가장 큰 요인으로 작용한 것은 아마 운이었을 것이다.

거의 몇 해가 지나지 않아서, Alvarez의 이론을 지지해주는 더 많은 이론이 나오기 시작했다. 지질학자들은 다른 지역에 있는 바위 층을 조사했고 백악기 말에 형성된 지층에서 이리디움과 유사한 층을 찾아냈다.

이리디움 이상을 증명할 증거를 확보했음에도 불구하고 Alvarez의 이론과 대변동 이론에는 여전히 문제점이 있었다. 그 문제는 소멸이 너무 갑작스럽게 일어났다는 점이고, 모든 공룡은 24년에서 36년 사이에 죽었다는 것이다. 그러나 대부분의 고생물학자들은 소멸

이 수십 년에서 수천 년이 넘게 진행되었으며, 소멸의 형태를 제시하고 있는 화석에서는 더 많은 증거들을 볼 수 있다고 믿는다.

Alvarez의 소행성 충돌이 소멸의 여러 요인 중 하나였으며 공룡의 환경을 파괴 시켰다고 한다. 다시 말해서, 만약 소행성 충돌이 일어나지 않았더라도 몇몇 종류는 이 시기에 소멸되었을 것이다.

그러나 더욱 최근에 공룡 소멸뿐만 아니라 다른 대량 소멸을 잘 설명하는 대변동이론을 지지하는 증거가 두 과학자 Raup와 Sepkoski에 의해 발견되었다. 외계로부터의 충돌은 우리가 생각한 것보다 훨씬 더 자주 일어났을 수도 있고, 이러한 충돌은 주기적으로 일어났을 수도 있음을 제시한다. Raup과 Sepkoski의 연구는 해저 생활의 역사를 설명하기도 했고, 대량 소멸의 주기적 기간을 설명하기도 했다. 다른 과학자들은 똑같은 자료를 각자 분석하였던 바, 소멸은 규칙적으로 일어나고 있다고 결론지었다.

이천육백만년마다 지구가 우주의 혜성으로부터 연속적으로 부딪힌다고 가정하자. 먼지와 증기는 충돌에 의해 대기권 위로 분사된다. 충돌 후 지구상은 빙하시대로 떨어지고, 수천 종류가 죽는다. Alvarez의 소행성은 이런 혜성 중의 하나였었다.

대량 소멸의 확실한 주기성은 재미있을 뿐만 아니라 과학자들을 당황하게 하기도 했다. 그러나 이 이론의 약점 중의 하나는 과학자들은 그 시기를 일으킨 원인에 대한 기제를 설명할 수 없다는 것이다. 이런 천재 지변이 이천육백만년마다 일어나는 원인이 무엇이며 왜일까? Sepkoski는 태양과 세상 밖에서 이루어지는 은하의 영향력이라고 믿는다. 만약 우리가 이 이론을 믿는다면, 우리는 대변동론자들의 여러 이론을 믿어야만 하고, 또 공룡의 죽음을 포함한 자연 역사의 과정을 설명할 수 있어야만 한다.

요약하면, 이 이론들 각각은 타당성 있는 설명을 제공하고 공룡이 소멸하게 된 원인이 무엇인지를 지지하는 증거를 제시하고 있다. 그러나 각 이론에는 약점이 있다. 대변동론자들은 화석 기록 및 이천육백만년의 소멸 주기를 일으키는 원인을 설명하는데 어려움을 가지고 있다. 반면에, 점진적 변화론자들은 이리디움 이상과 온도를 매우 급격하게 떨어뜨린 원인을 설명하는데 어려움을 갖고 있다.