통합연구 제17권 2호(통권 43호)
VIEW의 기독교세계관 연구

일반논문
1

생명의 기원과 진화의 맥락에서 세계관에 기초한 수업 모형의 연구

A Study on Worldview Based Instruction in the Context of Origin of Life and Evolution

조정일(교수, 전남대 과학교육학부)

Ⅰ. 연구의 필요성과 목적

Ⅱ. 세계관에 기초한 수업 모형

Ⅲ. 결론과 제언

Abstract

A Study on Worldview Based Instruction in the Context of Origin of Life and Evolution

Jung Il Cho

The purpose of this study is to describe the rationale about worldview approach in teaching origin of life and evolution and to introduce worldview based instruction model. Mega-evolution or macro-evolution, which refers to formation of new different kinds of life forms through long ages, has metaphysical aspects such as worldview, philosophy and value as well as scientific aspects such as scientific theory and evidence. Creation and evolution are core elements of two major worldviews, theism and naturalism, respectively. Evolution theory has been introduced as the only valid explanation for the origin of life and species in science textbooks. However it is certain that macro-evolution is not testable via scientific method and contains metaphysical aspects. On the other hand, creation model can be considered as the alternative scientific explanation for the origins. Creation model and evolution model can be used as alternative scientific explanations for the origin of life and species. Considering both creation and evolution models give students an opportunity to collect circumstantial evidence for or against predictions drawn deductively from two models regarding a given topic or condition. In worldview based instruction, students' beliefs are honored by fellow students and teachers. They are supposed to compare their predictions with evidence and judge the predictions. During the process, students may change their beliefs based on

evidence, but teachers should not show any preference to a specific view. Teacher's role in this instructional model is to present a question about the origin, to provide various sources of information or materials for students to investigate, and to guide student's inquiry and discussion. In this model, teachers assess student's involvement in the inquiry, logical argument, relating various kind of evidence supporting their belief, and understanding of concepts related to topics. Worldview based instruction and the topics of origin of life and species may contribute in establishing goals of science education in that they put an emphasis on reasoning, inquiring and communication. In the future study, students' and teachers' perceptions about and effects of the instructional model are to be studied.

Key words: Worldview, instruction model, creation, evolution, scientific method, nature of science, origin of life, species

* 본 연구는 2002년도 전남대학교 연구년 교수연구비에 의하여 수행되었음

Ⅰ. 연구의 필요성과 목적

최초의 생명은 어떻게 생겨났을까? 수백만의 생물 종들은 어떻게 출현하게 되었을까? 이 질문은 19세기와 20세기 생물학의 많은 이론과 연구의 주제이었다. 어쩌면 모든 생물학적 주장이 이 질문과 관련을 갖고 있는 것 같기도 하다. 생명의 기원에 대한 스팔란차니와 레디의 주장과 실험, 라마르크의 용불용설, 다윈의 자연선택설, 멘델의 유전 법칙, 드브리스의 돌연변이 발견, 뮬러의 인공돌연변이와 염색체설, 왓슨과 크릭의 DNA 구조 발견, 밀러의 아미노산 합성 실험, 맥클린톡의 공생기원설, 러브록의 가이아설, 미토콘드리아 DNA의 염기서열을 바탕으로 확인한 아프리카의 이브, 인간게놈프로젝트의 개가, 화성의 생명체 탐사 등 생물학의 획기적인 발전은 직접, 간접으로 생명의 기원과 다양한 생물 종들의 기원과 연관되어 있다 (임번삼, 2002).

진화론은 생명의 기원과 생물 종의 다양성을 설명하는 과학 이론이면서 동시에 세계관적 성격을 담고 있다 (Deckard, 2002; Morris, 2000). 진화론은 우주와 생명의 기원을 물질에 기초하여 설명함으로써 기원에 대한 논의에서 지적 존재의 필요나 개입 가능성을 원천적으로 배제한다. 이러한 전제는 많은 종교와 철학의 기반을 형성하며 유신론을 제외한 다른 세계관의 이론적 근거를 제공한다. 인류가 가지고 있는 세계관은 자연주의, 범신론, 유신론, 다신론, 포스트모더니즘으로 구분된다 (DEW, 2004). 자연주의는 모든 것이 자연법칙에 기초해서 설명될 수 있으며 사람은 생물학적 진화과정의 우연한 산물로 본다.

반면 창조는 유신론으로 분류되는 그리스도교와 유대교의 세계관의 기초를 형성하고 있다. 만물과 인간의 기원을 영원부터 스스로 존재하는 창조주에서 찾는다. 창조와 진화는 우주, 지구, 생명의 기원에 대해 대조적인 설명을 제공한다. 이 설명체계들은 세계관과 같은 형이상학적 차원과 생명의 기원 추론과 화석의 생성 같은 과학적 차원을 포함하고 있다. 근대 과학에서 기원에 대한 과학적 논의는 생물속생설과 자연발생설, 오파린의 가설과 밀러의 실험, 과학적 창조론을 통해 계속되어 왔다.

우리나라 생물 교육과정은 생명의 기원과 진화에 대한 설명으로 오직 진화론적 설명만을 과학적으로 타당한 가설로 취급한다. 1980년 이후 일부 과학자들은 과학적 창조론을 기원에 대한 대안적 설명이라고 주장해 왔다(한국창조과학회, 1997; Ackerman & Williams, 1999). 그 근거는 과학의 본성과 현대 과학의 특성에서 찾는다. 과학자는 과학적 방법을 적용하여 물질과 생명 현상을 설명하고자 한다.

과학적 방법은 제기된 문제에 대한 우리의 생각을 실험 설계, 자료 수집, 결론 도출 단계에 따라 체계적으로 검증하는 과정이다. 일반적으로 과학적 방법과 그 산물은 논리성, 경험성, 객관성을 특징으로 한다고 여겨진다(Ratzsch, 1986). 과학자의 주장은 오직 논리와 증거에 의해 판단되어야 한다.

한편, 현대 과학에 다루는 물질과 생명 현상은 과거와 현재, 그리고 반복가능성 여부에 따라 과학적 방법의 적용 정도에 있어서 차이가 있다. 물리학, 화학, 생물학, 지구과학에서 다루는 대부분의 현상은 관찰 가능하고 반복적으로 일어나는 현상으로, 관찰과 실험을 통해 그 현상에 대한 설명을 검증할 수 있다. 하지만 별은 관찰 가능하나 변인이 통제된 실험을 수행할 수 없으며, 양자역학의 현상들은 실험할 수는 있으나 동일한 현상이 반복적으로 일어나지는 않는다. 미국 천문학자 故 새이건 (Carl Sagan)은 외계 지적 존재 탐색 프로젝트(Search for Extraterrestrial Intelligence, SETI Project)를 수행하였다. 이 연구는 외계로부터 오는 전파를 수신하여 단 한 건의 '의미 있는' 전파도 외계에 지적 존재가 있다는 증거로 볼 수 있다는 전제 아래 수행되었다 (Geisler & Anderson, 1987). 또한 고생물학과 고지질학은 과거에 살았던 생물이나 과거에 형성된 지형을 연구하는데, 과거에 형성된 화석, 지층의 관찰을 통해 그 생물들의 생리나 그 시대의 환경을 추리한다. 과거에 형성된 지층이나 암석 연구에서는 현재 일어나는 현상을 토대로 그 지형의 형성 원인과 과정을 추론한다. 현대 과학은 실험을 통해 검증된 사실과 설명으로 구성된 분야가 대부분이지만, 관찰과 실험이 불가능하고 제한된 자료와 지식에 기초한 추론과 주변적 증거들로 구성된 분야도 포함되어 있다 (표 1).

<표 1> 자연 현상에 과학적 방법을 적용할 수 있는 정도

재현	과거	현재
불가능	생명의 기원 종의 기원	SETI Project, 양자역학 현상들
재현 가능	지질학적 지층과 암석 형성, 화석의 형성	우주, 지구, 생명의 대부분의 현상들

* 현재 관찰가능하고 재현가능성이 높을수록, 과학적 방법을 통해 검증할 수 있는 가능성이 높다.

현재 지구에 있는 생물들은 과거 어떤 시기의 단 한 번의 특별한 사건 - 그것이 자연 발생이든지 특별 창조[1]이든지 - 에 의해 생겨났

음을 대부분의 사람들이 인정하고 있다. 하지만 어느 누구도 최초의 생물이나 특정한 생물군이 생겨나는 것을 관찰한 적이 없다. 현재는 그와 같은 일이 일어나고 있지 않으며 이론적으로도 우리가 관찰할 수 있는 단 기간 내의 생물군 형성가능성을 가정하지 않기 때문에 생물과 종의 기원을 과학적 방법으로 검증할 수 없다. 비록 스탠리 밀러 (Stanley Miller)와 폭스 (Fox)같은 과학자들이 생명의 기원과 관련된 실험을 하였지만, 그 실험들은 과거에 대한 가정에 기초하여 실제 일어났을 것으로 생각되는 과정을 확인해 본 시도들이다. 이 실험들을 통해 그들이 바라는 결과를 얻었다고 할지라도 최초의 생명체들이 그런 방법으로 생겨났다고 말할 수는 없다. 생명의 기원은 이미 과거에 일어난 일회적 사건이며, 어떤 사람도 그 현장에서 최초의 생명체가 출현하는 장면을 목격하지 않았다.

이런 점에서 기원에 대한 진화 설명만의 소개는 과학적인 귀납적 결과이기보다는 과학계의 지배적인 세계관인 자연주의에 기초한 선택으로 볼 수 있다. 학생들에게 기원에 대한 대안적 설명을 배제하지 않음으로써 각자가 갖고 있는 기원관을 존중하여 구성주의적 학습을 수행할 수 있도록 할 수 있다 (Brooks & Brooks, 1993). 실제 일부 교사와 학생들은 기원에 대해 창조론적 관점을 갖고 있으며 일선 교사의 경우 창조론적 관점을 소개하는 것에 대해 많은 비율이 긍정적으로 보고 있다 (박신영, 조정일, 2002; Kim, 2004; Ray, 2001; Zimmerman, 1987).

본 논문에서는 생명의 기원과 종의 기원에 대해 창조와 진화를 대안적 설명체계로 제시하고 학생들에게 비판적 사고를 통해 각 증거들을 비교 검토해 보도록 하는 수업 모형을 소개하고자 한다. 다윈의 전제들과 창세기의 진술로부터 생물이 지구상에 어떻게 출현했는지를 보여주는 모델[2]을 구성할 수 있다. 진화모델에서 생물은 무생물에서 출발하며 무척추동물로부터 척추동물인 어류로 진화했고, 다시 어류로부터 양서류, 파충류를 거쳐 조류와 포유류로의 점진적 진화과정을 거쳐 출현했다고 주장되었다. 창조모델에서 생물은 갑자기 완전한 모습으로 처음부터 종류대로 출현했고 종류를 따라 번식해 왔으며 생물의 변이는 오직 종 내의 변화에 국한된다.

모델은 서로 유관한, 기능적인 명제들의 집합으로 검증 가능한 예측과 해석 및 설명을 제시한다. 모델은 어디까지나 어떤 사건, 사물 혹은 현상을 좀 더 간단하게 나타내는 정신적 모형일 뿐이며 참과 거

1) 특별창조는 성경 창세기 1장에 기록된 사건에 기초하여 우주와 그 안의 만물이 6일 동안에 창조되었다는 관점이다.

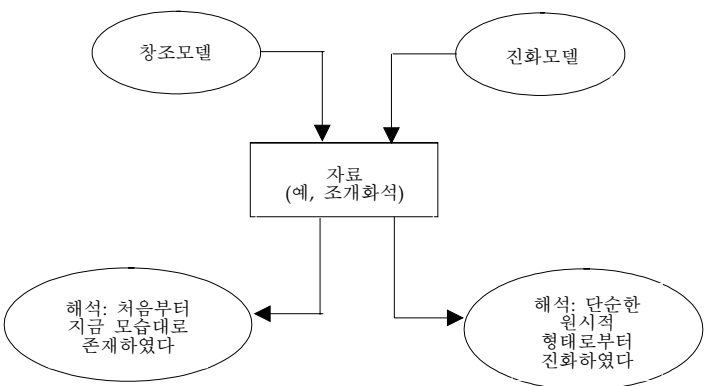
2) Longman Dictionary of American English (1983년 판)에 따르면 모델은 어떤 것의 작은 표상이라고 정의되었다.

짓으로 구분될 수 있는 것은 아니다. 다만 실제에 더 부합하느냐 덜 하느냐가 모델 채택의 기준이다. 창조와 진화 모델은 생명과 종의 기원과 관련된 증거들을 예측하며, 얼마만큼 그 예측이 잘 들어맞는지에 따라 더 좋은 모델로 판단된다.

증거에 대한 접근에서 학생들은 자신의 가설 - 창조, 진화 혹은 절충적인 관점-을 갖고 있고 이에 따른 연역 - 특수한 조건에서 예상-을 통해 실제 자료 (예, 과거 생물의 출현 양태 혹은 현재 생물의 구조와 기능 등)와 비교 검토한다. 그 후 실제 자료가 예측을 지지하는지 그렇지 않은지를 기초로 두 모델의 타당성을 평가한다. 이 수업 모형을 사용하여 중학교 3학년 진화의 교수학습 과정안을 개발하였다. 비록 학생들의 활동은 과학적 활동이지만 그 가설 자체는 세계관 -자연주의와 유신론-에서 비롯된 것이기 때문에 이 수업 모형을 '세계관에 기초한 수업 모형'이라고 표현하였다.

Ⅱ. 세계관에 기초한 수업 모형

조개 화석이 주어졌을 때 이것이 언제 어떻게 형성되었는가에 대한 해석은 주로 조개 화석을 분석하는 사람의 세계관에 따라 달라진다. 그가 창조 모델을 갖고 있다면 조개 화석은 기껏해야 수천 년 전 빠른 시간 내에 화석화가 이루어졌다고 해석할 것이며, 진화 모델을 갖고 있는 사람이라면 지질 시대의 시준 화석과 대비하여 조개 화석의 연대를 정하고 대개 수백만, 수천만, 혹은 수억 년 전의 것으로 해석할 것이다 (그림 1). Gish (1995)는 과학적 증거에 기초하여 창조와 진화모델을 비교할 수 있다고 하였다. 그는 상동 기관의 증거, 발생학적 증거, 흔적 기관, 화석의 증거들을 창조와 진화 모델에 비추어 해석하고 비교하는 수업방식을 제안하였다.



<그림 1> 창조모델과 진화모델 그리고 그 해석들

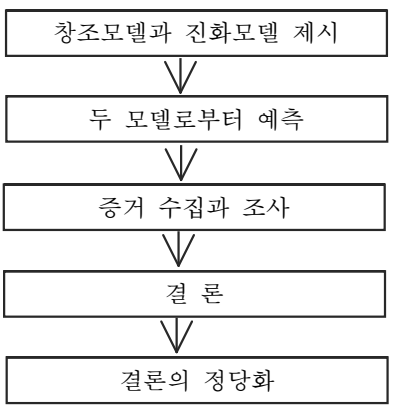
진화 모델은 식물과 동물 모두 오랜 시간에 걸쳐 진화해서 현재 2백만 종 이상의 생물로 발달했고 백 만종 이상이 그 과정에서 멸종했다고 본다. 화석의 증거에 대한 진화 모델의 예측은 화석 기록이 한 생물로부터 다른 생물로 변화하는 모습의 전이 형태를 무수히 보여줄 것이라는 것이다. 예를 들어 무척추 동물과 물고기 사이의 전이 형태, 어류와 양서류 사이의 전이 형태, 파충류와 새 그리고 포유류 사이의 전이 형태, 원숭이와 사람 사이의 전이 형태 등 뚜렷이 구분되는 생물 종류 사이의 전이형태가 화석으로 나올 것이다. 반면 창조모델은 각 식물과 동물 종은 독립적으로 창조되었기 때문에 화석 기록에서도 처음 출현할 때부터 완전한 모습으로 그리고 나머지 형태와는 분명한 차이를 가진 모습으로 나타날 것이다. 예를 들어 포유류에 32목이 있는데 그 중에는 날 수 있는 포유류 즉 박쥐, 수서 포유류 (고래와 돌고래 등), 설치류, 굽이 갈라진 동물, 육식 동물, 원숭이, 영장류, 사람 등이 있다. 창조모델은 이들 32목의 포유류들 사이에 어떤 중간단계도 발견되지 않을 것이라고 예측한다. 진화 모델의 예측은 화석의 출토가 하등에서 고등 동물로의 점진적 변화, 많은 전이 형태를 보여주는 것이다. 창조 모델의 예측은 화석의 출토가 완전한 형태의 갑작스런 출현, 전이 형태를 구성하는 것으로 해석될 수 있는 생물의 부재를 보여준다는 것이다 (Gish, 1995).

다른 주제들도 이와 같이 창조모델과 진화모델에 따라 해석되고 과학적 증거에 기초하여 그 해석과의 일치성 여부를 조사할 수 있다. 즉, 먼저 두 모델을 제시하고 이에 대한 예측을 연역하고 과학적 증거들을 조사하여 두 모델의 타당성을 비교하는 수업의 순서는 Lawson (1999)의 가설-연역적 순환학습 모형과 유사하다. 실제 Lawson은 화석의 출토에 대한 설명으로서 창조와 진화 두 모델을 비교하는 수업 모형을 소개한 바 있다. 두 설명 체계에 기초해서 "만약…이라면…이다"라는 가설 연역적 논리를 따라 예측을 연역한다. 진화론에 따른 화석의 출토를 이 논리를 따라 전개한다면 이렇다. "만약 현재의 종들이 오랜 시간에 걸쳐서 점진적인 변화를 통해 생겨났고 (진화론), 암석층에서 발견되는 화석들을 수집해보면 (검증 조건: 화석의 출토), 많은 전이 형태의 화석을 발견할 수 있을 것이다 (예측, 혹은 예상된 결과)." 예측은 한 개 이상이 가능하기 때문에 교사와 학생의 관심에 따라 다르게도 진술할 수 있다. 위의 경우 또 다른 예측, 즉 '아래 지층으로부터 위 지층으로 간단한 생물로부터 복잡한 생물로 점차적으로 변해가는 모습을 발견할 수 있다' 라고 진술할 수도 있다.

이 수업의 탐색 단계는 <인과적인 질문을 제기>, <인과적인 질문에 대답하기 위해 대안적 설명들의 고려>, <대안적 설명들에 기초한

예측>, <증거 수집>, <증거와 예상의 비교를 통한 결론>의 순서로 되어 있다 (Lawson, 1999). 탐색단계에서 학생들은 설명에 기초한 예측을 하고, 증거를 수집하고, 증거와 예상의 비교를 통한 결론을 내리는 활동을 한다. 교사는 진화론적 입장에 서서 개념 도입단계, 적용단계를 통해 화석의 진화적 증거를 설명하고 이를 확장한다. 이 접근은 탐색단계에서 두 모델을 소개하기는 하지만 수업 전에 교사가 이미 한 모델을 지지하고 그 모델에 맞도록 자료를 제시하고 학생활동을 이끈다는 점에서 학생들이 두 모델을 모두 검토해볼 수 있는 기회를 제한한다. 또한 학생들이 교사의 처음 의도와는 달리 과학적 증거들이 다른 설명에 더 부합한다고 결론을 내릴 가능성은 고려하지 않았다.

세계관에 기초한 수업 모형은 학생들의 관점을 나름대로 인정하고 주제에 대한 이해와 자신의 관점을 과학적 증거를 가지고 지지하도록 기회를 제공한다. 이 수업모형에서는 두 모델의 예측을 과학적 증거를 통해 검토하고 어느 모델의 예측이 적절한지 판단하고 그 이유를 말해보도록 한다. 생명과 종의 기원에 대한 수업에서 진화론자나 창조론자 모두 학생들이 자유롭게 의견을 개진하고 논의해야할 필요성에 대해서는 공감 한다 (Lawson, 1999; Simpson & Anderson, 1981). 이런 점에서 두 가지 모델을 소개할 필요성은 있다. 오하이오 주에서 채택한 논쟁 (The Controversy) 수업 모형은 자료를 제시하고 진화론적 관점에서 분석하고 진화론적 관점을 도전하는 요소를 찾아 쓰고 지지와 도전의 요소를 비교하여 자신의 결론을 내리도록 하고 있다 (Ohio Department of Education). <그림 2>는 본 연구에서 개발하여 적용해 본 수업모형의 절차를 보여준다.



<그림 2> 세계관에 기초한 수업 절차

중3 과학에 나오는 진화 내용 중 화석의 증거에 이 수업 모형을 적용해 보았다 (부록 1). 화석 출토에서 나타난 대표적인 현상 중의 하나는 '생물의 대폭발'이라고 불리는 캄브리아기 화석 출토이다. 캄브리아기 지층에서 많은 해양 무척추 동물의 화석들이 발견되는 것을 두고 일컫는 말이다. 이 주제는 1995년 주간지 Time에서도 표지 기사로 다룰 만큼 잘 알려져 있다 (Time, 1995년 12월 4일자). 수업의 절차는 먼저 두 모델에 따라 가설-연역적 진술을 하고, 제공한 과학적 증거와 필요하다면 학생들이 스스로 찾은 자료를 가지고 예측과의 일치 여부를 조사한다. 학생들이 조사하는 자료로는 선캄브리아기와 캄브리아기 지층에서 발견된 화석들이며, 학생들은 이 자료들을 가능한 한 많이 수집하고 조사해보는 활동을 한다. 그리고 예측과의 비교를 통해 결론을 내린다. 전 과정을 통해 교사는 학생들의 협력자이며 토의와 조사의 인도자로서의 역할을 한다. 가능한 한 많은 자료들을 제시하고 자료의 출처를 알려주어 학생들이 확인하도록 할 수도 있다.

이 수업 모형에서 중요한 것은 교사의 역할이다. 세계관에 기초한 수업 모형에서는 일단 학생들에게 과학적 방법에 대한 이해가 먼저 따라올 필요가 있다. 이것은 과학적 방법을 이해할 때 생명의 기원과 진화 주제의 과학적 성격을 바로 이해할 수 있기 때문이다. 또한 학생들에게 자료를 찾을 수 있는 기회를 줄 뿐 아니라 주제에 적합하면서도 학생들이 읽고 이해할 수 있는 자료들을 수집하여 제시할 필요가 있다. 각 모델에 따라 분명하게 해석될 수 있는 자료들을 가능한 한 많이 제공한다. 교사는 결론을 어느 한 방향으로 이끌어가기보다는 학생들이 나름대로의 견해를 가질 수 있도록 돕는다. 이 분야에서 수업의 목표는 학생들이 주제의 요점이 무엇인지를 분명히 이해하는 것과 자신의 관점을 과학적 증거를 사용하여 지지하는 것이다. 따라서 평가 영역은 각 주제의 기본적인 개념의 이해 (예, 화석의 정의, 시준화석의 정의와 예, 각 모델에서 화석이 보는 관점 등), 주어진 자료의 읽기와 이해, 추가적으로 의미 있는 자료의 발굴, 자신의 관점의 명료화, 그리고 학생들의 발표 능력으로 구성된다.

Ⅲ. 결론과 제언

본 연구에서는 생명의 기원과 진화 (대진화)가 과학적 연구에서 갖고 있는 위치와 대안적 설명으로서 창조모델의 가능성을 살펴보고 세계관 (두 모델)에 기초한 수업 모형을 제시하고자 하였다. 창조와 진화가 각각 유신론과 자연주의 세계관을 구성하는 핵심 요소인 점에서 생명의 기원과 종의 기원[3]의 수업에서는 지식의 차원뿐 아니라

가치 혹은 관점을 반영해야할 필요성이 제기되었다. 여러 연구에서 이 주제는 종교적 신앙, 도덕적 가치와 관련되어 있음이 확인되었다 (박신영, 조정일, 2002; Dagher & Boujaoude, 1977). 이러한 점에서 학생들의 세계관을 반영한 수업 모형을 연구하고자 하였다. 꼭 같은 맥락은 아니지만 학생들의 관점을 반영한 수업 접근은 Gish (1995), Lawson (1999), 정은영, 김영수 (2000) 등에서 논의되었다. 생명과 종의 기원의 주제는 다양한 관점과 관련이 있음에도 불구하고 지배 패러다임인 자연주의적 관점만이 과학적 개념으로 인정되고 있다. 그래서 여러 관점을 반영한 수업 모형을 활용하는 것이 쉽지 않은 상황이다.

세계관에 기초한 수업 모형은 창조와 진화라는 두 개의 세계관으로부터 파생되는 생명과 종의 기원에 대한 설명 모델에 기초한 연역적 접근이다. 이 수업에서 학생들은 두 설명 모델을 이해하고 구체적인 조건에서 예측하며 관련 자료들을 기초로 그 예측의 정확성을 판단하기를 요구받는다. 세계관은 각 자의 고유한 신념체계로서 과학적 증거에 의해 재단(裁斷)될 수는 없다. 그러나 생명과 종의 기원과 같이 과학적 증거가 제시될 수 있는 주제들은 구체적인 조건에서 예측하며 그 예측이 과학적 증거와 일치하는지를 확인해 볼 수 있다. 여기에서도 그 예측은 과학적 증거에 의해 반박되거나 지지될 수는 있어도 창조 모델과 진화 모델은 폐기되거나 진리로 입증되는 것은 아니다. 학생들이 했던 예측이 과학적 증거에 비추어 타당하지 않다고 결론 내려져 자신들의 관점을 바꿀 수는 있어도 그런 개념적 변화는 어디까지나 학습자 개인의 문제이지 교사에 의해 의도적으로 추구되어서는 안된다.

이 수업 모형에서 의미 있는 수업의 조건은 각 주제와 관련하여 다양한 자료들이 준비되고 학생들에 의해 편견 없이 읽힐 수 있도록 혹은 조사해 볼 수 있도록 학습 환경을 만드는 것이다. 추가적으로 학생들이 스스로 자료를 찾아 볼 기회를 줄 수도 있다. 학습자들의 준비성도 수업의 조건이다. 하나의 자료에 대해 하나 이상의 해석이 가능하며 이러한 해석은 자신들의 설명 모델에 따라 좌우된다는 것을 스스로 인식할 필요가 있다. 또한 학생들은 연역적 사고를 할 수 있어야 하고 예측과 증거를 비교하여 결론을 내릴 수 있는 탐구 능력을 수행할 수 있어야 한다. 왜 자신의 예측이 지지 혹은 부정되었는지를 논리적으로 표현할 수 있어야 한다. 이러한 능력들은 현재의 과학교육에서 강조하는 목표들이기 때문에 본 수업 모형은 과학교육

3) 종의 기원에 대한 주된 이론이 진화론이기 때문에 수백 만 종의 생물들의 기원은 생물의 진화라고 표현되기도 한다. 이 논문에서 주장한 바와 같이 기원에 대한 대안적 이론을 고려한다면 생물의 진화라는 표현보다는 종의 기원이라는 표현이 더 중립적이고 타당하다.

목표를 성취하는데 기여할 수 있다고 보여 진다.

이제까지의 연구들이 교사들과 학생들이 기원에 대해 다양한 의견을 갖고 있다고 제시하였지만 이러한 관점을 반영하여 수업을 실시하고 그 결과를 분석한 연구들은 매우 적다 (양승훈, 우현기, 1988; 조정일, 1991; Kim, 2004; Zimmerman, 1987). 세계관에 기초한 수업 모형을 실제 적용하여 보았을 때 교사들과 학생들은 그 수업에 대해 어떤 인식을 가지며 이 수업 모형에서 추구하였던 관점의 명료화, 가설-연역적 사고의 활용, 일어날 수 있는 관점의 변화 등이 실제 있어나는지는 앞으로 연구되어야 한다. 또한 기원과 관련하여 학생 수준에 맞는 논문이나 기사, 시청할 수 있는 비디오 자료, 인터넷 정보 등이 확보되어 학생들이 읽어 볼 수 있도록 준비되어야 할 것이다.

Ⅳ. 참고문헌

박신영, 조정일 (2002). 생물의 진화에 대한 고등학생들의 관점. 전남대학교 과학교육연구지, 26(1), 15-30.

양승훈, 우현기 (1988). 기원에 관한 고교생들의 의식구조 조사. 경북대논문집, 45, 231-238.

임번삼 (2002). 잃어버린 생명나무를 찾아서(상). 도서출판 두란노.

정은영, 김영수 (2000). 생물교육에서의 가치 탐구 모형 개발. 한국과학교육학회지, 20(4), 582-598.

조정일 (1991). 기원 문제에 대한 바른 수업 방법 탐색. 창조과학 국제 심포지움 논문집. 1991. 8. 22-23. 서울.

한국창조과학회 편 (1997). 자연과학. 생능출판사.

Ackerman, P. D. & Williams, B. (1999). Kansas tornado: The 1999 Science Curriculum Standards battle. El Cajon, CA: Institute for Creation Research.

Decakard, S. W., DeWitt, D., Filakouridis, M. and Iverson, T. (2002). Toward the development of a model for integrating a YEC Worldview into Christian-based education. A document to be submitted to Journal of Christian Education.

Dagher, Z. R. & BouJaoude, S. (1997). Scientific Views and religious beliefs of college students: The case of biological evolution. Journal of Research in Science Teaching, 34(5), 429-445.

DEW (2004). 기독교세계관 학교 1: 마음을 새롭게 함으로. DEW 기독교세계관 사역부.

Geisler, N.L. and Anderson, J.K. (1987). Origin science: A proposal for the creation-evolution controversy. Baker Book House.

Gish, D. T. (1995). Teaching creation science in public schools. El Cajon, CA: Institute for Creation Research.

Kim, B. (2004). A peek behind the policy veil: Ohio bilogy teachers on teaching evolution in the aftermath of the 2002 state standards debate. A presentation paper at NARST, Vancouver, B.C. Canada. April 2.

Lawson, A. E. (1999). A scientific approach to teaching about evolution and special creation. The American Biology Teacher, 61(4), 266-274.

Morris. H. (2000). The long war against God: The history and impact of the creation/evolution conflict. Green Forest, AZ: Master Books.

Ohio Department of Education. www.ode.state.oh.us (academic content standards 중 benchmarks by standards 문서 38쪽)

Ratzsch, D. (1986). The philosophy of science. Downers Grove, Ill.: InterVarsity Press.

Simpson, R. D. and Anderson, N. D. (1981). Science, students and schools: A guide for the middle and secondary school teacher. John Wiley & Sons, Inc.

Zimmerman, M. (1987). The evolution-creation controversy: Opinions of Ohio high school biology teachers. Ohio Journal of Science, 87(J), 115-125.

부록1. 교수학습과정안의 예

제목: 최초의 동물들은 어디로부터 왔는가? - 무엇이 최초의 동물을 생성시켰는가?

서론
지구상에서 생명체들이 거쳐 온 역사적인 모습을 확실하게 보여 주는 자료는 화석이다. 따라서 화석은 생명의 기원에 대한 질문에 대한 답을 줄 수 있는 가장 확실한 자료이다. 화석이 발굴되는 제일 밑바닥 암석층의 동물 화석들을 조사해 보면 이 동물들이 어떻게 출현하였고 생명의 역사를 시작했는지 추리할 수 있을 것이다. 일반적으로 생물의 기원에 대한 설명으로는 창조론과 진화론이 있다.

생명의 기원에 대해 창조론이 주장하는 것은 다음과 같다.
1. 모든 생물은 처음부터 종류대로 창조되었다.
2. 모든 생물은 오직 종류 안에서의 변화에 국한되는 여러 한계를 가지고 있다.
3. 모든 생물은 처음의 종류대로 번식해왔으며 일부는 멸종되었다.

생명의 기원에 대한 진화론의 주장은 다음과 같다.
1. 모든 생물은 무생물로부터 유래하였다.
2. 모든 생물은 하나의 공통 조상으로부터 유래하였다.
3. 진화 과정에서 하나의 종은 다른 종으로 변화하였다.
4. 오랜 시간이 지나면서 간단한 생물들이 크고 복잡한 생물로 진화하였다.

위의 주장들은 생물의 기원과 종의 기원에 대한 설명과 예측을 제공하는 모델로서 기능한다. 즉 창조 모델과 진화 모델이다. 최초의 동물 화석의 출토에 대해 창조 모델과 진화 모델은 어떤 예측을 하는가? 가설 연역적 사고에 따라 진술해 보기로 한다. 동물이 처음부터 종류대로 창조되었고 오직 종류 안에서의 변화만이 가능하며 (창조론), 우리가 제일 밑바닥 지층의 화석들을 수집한다면 (검증 조건: 최초의 동물 화석), 우리는 처음부터 종류대로 구분될 수 있는 동물의 화석을 발견할 수 있을 것이다 (예측, 혹은 예상된 결과). 혹은 진화론에 따른 가설 연역적 사고 진술을 해보자. 동물이 하나의 공통 조상으로부터 유래하였고 하나의 종으로부터 다른 종으로 진화하였으며 (진화론), 우리가 제일 밑바닥 지층의 화석들을 수집한다면 (검증 조건: 최초의 동물 화석), 우리는 공통조상으로부터 여러 동물 종

으로 변화하는 생물들의 화석을 발견할 수 있을 것이다 (예측, 혹은 예상된 결과).

화석은 과거에 살았던 생물의 유해나 흔적이다. 가장 광범위한 화석 출토의 예는 고생대 캄브리아기 지층에서 출토되는 해양 무척추동물의 화석들이다. 거의 모든 종류의 해양 무척추동물의 화석들이 이 지층에서 발굴되었다. 고생물학자들은 초기 캄브리아기 동안에 100종류(문, phylum)의 새로운 동물들이 출현했다고 추정한다. 그 문들 중 현재는 오직 30여 문만이 남아 있고 나머지는 멸절되었다. 『동아 원색 세계 대백과 사전』에는 캄브리아기 지층에서 척추동물을 제외한 모든 동물군이 출현하였다고 진술하고 있다. 유공충, 방산충 (원생동물), 해면 (해면동물), 해파리 (강장 동물), 바다 나리 (극피 동물), 완족류, 고둥, 앵무 조개 (연체 동물), 삼엽충 (절지 동물), 필석류 (원색 동물) 등의 동물 화석이 다량으로 발견된다. 삽엽충은 그 후 멸종된 여러 부류들 중 하나이다. 영국 웨일즈 지방의 캄브리아기 지층은 주로 사암과 셰일로 구성되고 약 3Km의 두께를 가진다.

캄브리아기 아래 지층은 선캄브리아기 지층으로 약 7Km 두께에 해당하며 잘 보존되어 있어 화석을 담기에 적절한 조건이다. 과학자들은 100여년 동안 이 지층에서 화석을 조사하여 왔다. 최근에 애디아카라 화석군으로 알려진 화석들이 처음 오스트레일리아에서 발견된 이후, 남아프리카, 영국, 소련, 뉴파운랜드(Newfoundland)에서 발견되었다. 캄브리아기보다 훨씬 이전에 퇴적되었다고 여겨지는 이 에디아카라 생태계는 모래로 된 퇴적층에 잘 보존되어 있었다. 그 대부분은 캄브리아기 지층에서 발견되는 동물들과 전혀 다른 모습을 하고 있었으나 그 중 어떤 화석들은 나중에 해파리, 갯지렁이, 불가사리, 혹은 산호와 조금 연관이 있을 수도 있는 것처럼 보인다. 일반적으로 초기 캄브리아기 동물 군락과 에디아카라 집단 사이에는 형태학적 간격이 있다. 생물학자들은 선캄브리아기와 캄브리아기 사이에서 일어난 큰 변화에 대해 계속 연구 중이다.

학습 목표

1. 가설과 초기 조건이 주어질 때 각 모델에 따른 예측을 할 수 있다.
2. 자료를 조사하여 과학적 증거를 토대로 예측이 옳은지를 판단할 수 있다.
3. 최초의 동물의 기원을 화석 증거들을 토대로 추론할 수 있다.

학습 과정

1. 캄브리아기 지층은 동물의 화석이 본격적으로 출토되는 가장 밑에 위치하는 암석층이다. 이 지층에서 발견되는 화석들은 어떤 모습일까? 왜 그렇다고 생각하는가? 각 자의 생각을 가능한 한 분명하게 제시해 보라.

---

2. 화석의 생성에 대한 비디오를 보고 아래 질문에 답을 해보자. 상영시간 (10분)

· 화석은 어떻게 만들어지는가?

· 캄브리아기 지층에서 발견되는 화석에는 어떤 것들이 있는가?

· 캄브리아기 지층에서 발견되는 화석들의 특성을 써 보자.

---

3. 추가적으로 캄브리아기 지층에서 발견되는 화석들을 조사하고 그 이름을 써 보자. 아래는 그 지층에서 발견되는 화석들이다.

(캄브리아기 암석층에서 발견된 화석들의 예)

4. 선캄브리아기 지층에서 발견되는 화석들을 조사해 보자.

스트로마톨라이트 (선캄브리아기 시대에 살았다고 하는 조류의 일종)

5. 창조 모델과 진화 모델에 기초한 예측과 캄브리아기의 화석 출토 양상을 비교해보고 자신의 생각을 써 보라.

추가 질문

1. 지난 100년 동안 전 지구에 걸쳐 지층을 조사해본 결과, 캄브리아기 지층에서는 모든 해양 무척추동물의 화석들이 발견되는 반면, 그 아래 지층에서는 거의 화석이 발굴되지 않았다. 이에 대한 자신의 생각을 말해보자.

※교사를 위한 지침

다음 시간에 시조새, 말의 화석을 다룰 것이지만 이 시간에는 화석이 가장 많이 그리고 광범위하게 출토된 캄브리아기 생물 폭발을 다룬다. 이 수업에서 교사들은 각 모델에 기초한 예측을 학생들과 함께 하는데, 검증조건이 제시되면 그에 따른 예측을 할 수 있다는 논리를 가르친다. 화석의 경우에는 중간단계의 유무, 지층에 따라 간단한 구조로부터 복잡한 구조로의 점진적인 변화 아니면 지층의 위아래에 무관하게 독립적이고 완전한 형태의 생물의 출현 등이 진화론과 창조론에서 다르게 예측하는 것들이다.

자료들은 할 수 있으면 모형 화석들을 제공하고 아니면 그림이나 사진으로 제시한다. 이와 같은 활동을 통해 학생들은 자기들 나름대로 화석을 관찰하고 분류할 수 있는 기회를 가지고 자기들의 주장을 지지하기 위한 증거들을 찾고 주장과 증거들을 논리적으로 연관 짓도록 한다. 이런 활동은 탐구에서 가장 중요하게 생각하는 요소들이다.

교사가 수업 후 학생들에게 물을 수 있는 형성평가 문항으로는 다음과 같은 것들이 있다.

· 화석 출토에 대한 창조론의 예측과 진화론의 예측은 각각 무엇

인가?
· 캄브리아기 지층에서 발견된 대표적인 화석의 이름을 말할 수 있는가?
· 화석이 진화의 증거라는 주장에 동의하는가? 왜 그런가? 왜 그렇지 않은가?

생물학 용어
고생대, 캄브리아기, 선캄브리아기, 무척추동물, 삼엽충, 애디아카라 화석군, 문 (phylum), 가설 연역적 사고

사고 기능
가설 연역적으로 사고하기
증거를 가지고 자기 관점을 주장하기
예측을 검증하기 위한 자료 검색, 수집하기

준비물: 교과서, '화석의 생성' 비디오 (한국창조과학회가 감수한 '기원' 시리즈 총 6권 중 1권), 비디오 시청을 위한 학습자료물 (교사가 질문을 만든다)

평가 내용

1. 기본 개념 이해 평가 (화석, 두 모델의 구성 요소, 캄브리아기, 무척추 동물, 척추동물 등)

2. 가설 연역적 사고 능력 평가 (가설 연역적 사고 과정: 모델을 구성하는 요소-가설로서 작용, 특별 조건 설정-캄브리아기 화석 출토, 증거 수집과 해석, 결론의 정당화)

3. 수업에 임하는 자세 평가 (체크리스트로 평가)

조별 혹은 개인별 평가 항목	평 정		
	아주 잘했다	잘했다	노력필요
학급 토론에 적극 참여하였는가?			
다른 관점에 대해 경청하였는가?			
자신의 관점을 말할 때 예의바르게 했는가?			
증거 수집에 적극적이었는가?			
발표를 잘 준비하였는가?			
자신의 결론을 논리적으로 정당화하였는가?			
다른 사람의 발표에 주의를 집중하였는가?			
질문을 하였는가?			

조정일 교수

서울대 및 동대학원 생물교육학 석사
미국 오하이오 주립대 생물교육학 박사
전남대 생물교육과 교수
통합연구학회 연구이사
한국창조과학회 학술위원