

## 진화 교육 연구 경험 유무에 따른 생명과학 교사의 교수 실행 사례 연구

고유선<sup>1</sup>, 차희영<sup>2\*</sup>, 임미리<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>광양백운고등학교, <sup>2</sup>한국교원대학교

### Case Study of Teaching Practices of Biology Teachers with and without Research Experience in Evolution Education

Yuseon Ko<sup>1</sup>, Heeyoung Cha<sup>2\*</sup>, Mili Lim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gwangyang Baegwoon High School, <sup>2</sup>Korea National University of Education

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 31 July 2017

Received in revised form

17 August 2017

22 August 2017

Accepted 22 August 2017

##### Keywords:

teaching practice, evolution,  
evolution research experience,  
misconception of evolution,  
science teacher education

#### ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze differences in the teaching practices of biology teachers according to their awareness of the importance of evolution. For this purpose, two teachers who experienced study of evolution and recognized its importance, along with two teachers with no experience in evolution education in the comparison group, were included in the sample. To observe teaching practices, two classes each on biological evolution and non-evolution were selected, recorded and transcribed. The content analyzed included the teachers' view on evolution education and teachers' evolution concepts reflected in teaching practice. As a result, the level of understanding of the teachers' evolution concept was unrelated to teachers' awareness of the importance of evolution. Instead, each teacher would not feel the need for religious beliefs or awareness of the importance of evolution to have a negative impact on the awareness of the importance of evolution. Inexperienced teachers tend to reject the retraining opportunities to recognize the importance of evolution. In addition, inexperienced teachers were only superficially aware of the evaluation and improvement of evolution presented in textbooks and curricula. In actual teaching practice analysis, inexperienced teachers' utilizing ratio of the evolution key concept was higher than that of experienced teachers. Only experienced teachers were aware of the misconceptions presented in their execution and described the causes that appear in these misconceptions. Teachers who recognized the importance of evolution were widely using the key concepts of evolution, as well as more practical in preventing the misconceptions related to evolution forms. It indicates that biology teachers who do not realize the importance of evolution in biology education need to experience explicit and practical education programs as well as instructional materials on evolution.

## 1. 서론

지구에 살고 있는 생물들은 진화의 산물이며, 생명 현상에 대한 완벽한 설명은 진화적 역사에 기반하지 않고는 설명할 수가 없다(Cummins & Remsen, 1992). 생물학에서 진화의 관점을 제외하면 그 어떤 것도 의미가 없으므로(Dobzhansky, 1973), 생명 과학 수업에서 진화적인 관점을 포함하지 않는다면 생명 현상의 원인을 궁극적으로 설명할 수 없게 된다. 생명 과학의 유일한 공통 개념으로 진화를 선정(NRC, 2003)한 이래로 미국에서는 생명 과학의 핵심 개념(disciplinary core idea) 중 하나로 '생물학적 진화: 통일성과 다양성(Biological Evolution: Unity and Diversity)'을 포함시켜 왔다(NRC, 2011).

과거 우리 나라 교육과정에서는 진화를 생물학의 중심이 되는 통합 개념으로 다루지 않았을 뿐만 아니라, 진화를 과학교육 목표나 지도상의 유의점에서 언급하고 주의를 기울이지 않고 한 개의 대단원 또는 소단원 내용으로만 국한해서 다루었다(Kim & Chang, 2002). 현재 학교에 적용되고 있는 2009 개정 교육과정에서는 학생들의 계열 및

선택과목 선택에 따라 학습 내용의 연계성을 개선하고자 했는데도 불구하고, 진화의 연계성은 이전 교육과정보다 오히려 더 소홀하게 취급이 되어 왔다(Woo & Cha, 2013). 과거 우리나라 고등학교 생명 과학 교과서의 진화 내용 비중은 10% 미만에 불과했었고(Kim & Chang, 2002), 최근 교과서에 포함되어 있는 진화 관련 내용들은 설명력이 부족한 요소들을 지님으로써 진화 개념 습득에 오히려 장애가 되거나, 학생들이 진화개념을 잘못 이해하게 하는데 일조를 해 왔다(Park, 2013). 미국 교과서의 경우도 진화를 생명 현상을 통합하는 개념으로 보지 않고, 생명 과학 교과 내 일 개 단원으로만 취급함으로써 의미있는 진화 교수·학습을 이끄는 구조적인 역할을 하지 못한다고 한다(Nehm & Schonfeld, 2008). 이와 같이 교육과정 및 교과서에 포함되어 있는 진화의 비중은 낮지만, 그래도 학생들이 생명 과학의 개념을 통합적으로 의미있게 이해하기 위해서는 교수 실행 주체인 교사들이 스스로 진화의 중요성을 인식하고 이를 교수 실행에 적극적으로 반영할 수 있어야 한다.

진화 교육 관련 연구에 따르면, 생물학을 전공하는 대학생들의 70%

\* 교신저자 : 차희영 (hycha@knue.ac.kr)

\*\* 본 논문은 고유선의 2015년도 석사학위논문에서 발췌 정리하였음.  
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2017.37.4.747>

가량이 진화적인 설명에서 오개념을 가지고 있었다(Nehm & Reilly, 2007). 많은 교사들이 진화에 대해 제한된 이해 수준을 가지고 있고 진화를 수용하지 않으며 심지어 생명과학 수업 중 진화 내용을 개인적인 판단에 따라 생략하기도 하고(Smith, 2010b), 심하게는 진화론은 하나의 가설인 뿐 진화론을 뒷받침할 확실한 증거 자료가 부족하다고 생각하고 있다(Lee & Lee, 2008). 학교 현장에서 생물 교사들은 진화 단원을 축소해서 가르치거나 기피하는 경향을 보이는 경향이 있는데, 그 이유는 교사들이 진화론을 개인적으로 거부하거나 창조론을 가르치는 것을 선호하는 경우 때문이며, 그런 교사들은 생물 수업에서 특히 인간을 대상으로 한 진화 현상을 다루려고 하지 않는다(Nehm et al., 2009). 이런 교사들은 진화론에 대한 지식이 충분하지 않거나 더 많은 오개념을 갖고 있는데, 이것이 그들로 하여금 진화를 가르치기 더 어렵게 하는 원인이 됨으로써 진화 교육의 약소화를 가속화시키고 있다.

진화론을 이해하는 데 필요한 핵심 개념을 교사와 학생을 대상으로 분석해 보면, 학생들 뿐 만 아니라 교사들 또한 목적론적, 용불용설 등 많은 오개념을 가지고 있다(Nehm & Schonfeld, 2007; Park et al., 2003; Ha et al., 2006). 교사의 학습 내용에 대한 이해 및 관심 정도는 그 교사의 수업에 영향을 미치며(Smith, 2010b), 진화에 대한 교사의 제한된 지식이나 이해 또한 진화 교수·학습에 부정적인 영향을 미친다(Smith, 2010b). Meadows et al.(2000)은 진화 수용의 결핍이 진화 이해를 방해한다고 하였으며, 교사의 진화 수용을 방해하는 요인 중 하나로 종교적인 신념을 들고 있다. 교사의 창조적 신념이 생명 현상에 대한 개념적인 오류 및 대안 개념을 낳음으로써 학생들의 생물학 학습에 직접적으로 영향을 미치는 것이다(Silva et al., 2014). 또한 Rutledge & Mitchell(2002)은 진화 수용도가 낮은 교사일 수록 진화과정에 대한 피상적 지식 구조를 갖는 반면에 진화 수용도가 높은 교사들은 세분화된 지식 구조를 바탕으로 수업에서 과학적 증거를 들어 진화를 설명하며, 진화 수업에 투자하는 시간도 수용도가 낮은 교사보다 더 높다고 했다.

진화론에 대해 부정적인 인식을 가지고 있는 교사들은 진화가 통계된 실험으로부터 결과를 이끌어낼 수 없으며 진화를 뒷받침하는 증거 또한 부족하기 때문에 완전한 과학으로 볼 수 없다고 한다(Smith, 2010a). 학생들은 일상 언어, 경험 법칙, 심리적인 요인과 같은 원인으로 형성된 대안 개념들로 인해 생명 현상이 목적이나 의도를 갖고 있다거나, 본래 가진 본질에 의한 것이라는 생각을 한다(Smith, 2010b). 이러한 오개념들은 학생들의 개별적인 선행 경험들을 통해 자발적으로 형성되는 것이므로 뿌리가 깊어 쉽게 과학 개념으로 바뀌지 않는다(Bishop & Anderson, 1990). 그러므로, 특히 생명 과학 교사는 진화에 대한 이해를 높이고 진화를 생명 과학을 통합하는 개념으로 인지해야만, 진화적 관점으로 교육과정 및 교과서의 내용들을 재구성하여 가르칠 수 있을 뿐만 아니라, 진화 단원을 간과하지 않을 것이다. 이를 위해서는 무엇보다도 교사들의 진화에 대한 인식에 변화가 있어

야 한다(Lee & Cha, 2011). 하지만, 현재 생명과학 교사 양성 프로그램은 예비 교사들에게 진화의 실용적인 가치를 인식시키는 데 기여하지 못하고 있다(Ha & Lee, 2011). 또한 진화 교수·학습에 부정적인 영향을 미치는 교사 변인에 대한 영향력을 제거하기 위해, 진화의 중요성을 인식할 수 있는 과학 교사 교육 프로그램들이 개발 및 적용되어 왔지만(Lee, 2012; Ku, 2013), 교사들 자신이 진화의 중요성을 인식하는 것에 대한 필요를 느끼지 못함으로 인해 널리 활용되어 오지 못했다.

생명 과학 교사 양성 과정 및 생명과학 교사 재교육 과정에서 진화에 대한 교수·학습 프로그램들이 널리 활용되기 위해서는, 교수 실행 주체인 교사 자신이 진화의 중요성을 인식해야 한다고 본다. 이를 증명하기 위한 것이 본 연구의 목적이다. 진화의 중요성을 인식하고 있는 교사들과 그렇지 않은 교사들의 생명 과학 수업 내용을 심층적으로 들여다 볼 필요가 있다는 것이다. 그러므로 이 연구는 진화의 중요성을 인식하는 교사로서, 진화 교육에 관한 ‘연구 경험이 있는’ 교사들과 진화 교육 ‘연구 경험이 없는’ 교사들의 교수 실행 사례를 비교해 봄으로써 생명과학 교사들의 진화의 중요성 인식이 생명과학 수업에 영향을 미치는 지를 질적으로 알아보려고 한다.

## II. 연구방법

이 연구는 진화 연구 경험이 있는 교사들과 그렇지 않은 생명과학 교사들의 생명과학 수업 내용이 어떻게 다른지를 비교해 보기 위한 것이다. 이를 위해 먼저 진화 연구 경험이 있는 생명과학 교사와 진화 연구 경험이 없는 생명과학 교사를 연구 대상으로 선정했다. 연구대상 교사들의 생명과학 수업 계획과 수업 실행 그리고 진화 수업 계획서를 작성하게 했다. 실제 연구 대상들이 진행하는 생명과학 수업 내용을 녹음하여 전사했다. 연구 대상 교사들의 진화 개념 및 수용 검사를 수행했으며, 수업 계획 및 수업실행 자료들을 분석틀에 따라 그들의 진화 개념 및 수용과 관련이 있는지를 분석했다. 수업내용에 따라 추가 자료수집이 필요한 내용들의 목록을 마련하여 사후 면담을 통해 연구자의 분석 내용이 맞는 지 확인함으로써 자료의 신뢰도를 높였다. 수집된 자료들을 통해 진화 연구 경험이 있는 생명과학 교사들과 없는 교사들 사이에서 수업 내용에 어떤 차이가 있는지 알아보았다. 이를 위해 수행한 연구 절차는 Figure 1과 같다.

### 1. 연구 대상

연구를 위해 네 명의 고등학교 생명 과학 교사를 목적 표집하였는데, 그들에 대한 정보는 Table 1과 같다. 이 연구에서 진화교육연구경험교사는 ‘진화교육 관련 연구 주제로 석사학위 이상을 소지한 교사’를 의미한다. 진화 교육 연구 경험 교사로서 진화교육 관련 주제로 석사학위를 받은 생명과학 교사 풀이 지나치게 제한적이어서 경력이

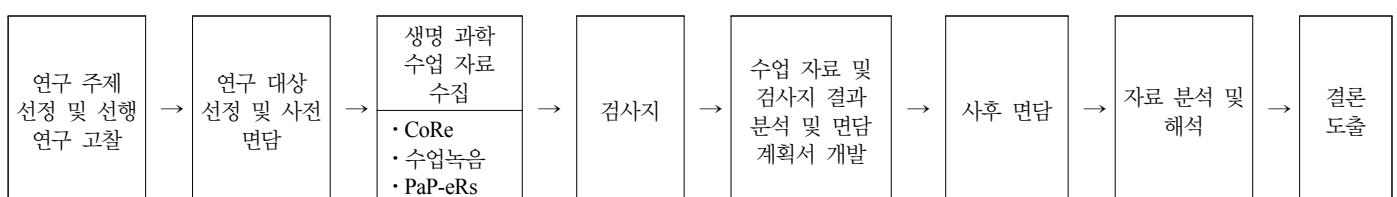


Figure 1. Research procedure

Table 1. Demographic information of the research subjects

	진화 교육 연구 미경험 교사		진화 교육 연구 경험 교사	
	A	B	C	D
성별	남	여	여	여
경력	5년	5년	14년	6년
학력	학사	학사	석사	석사
종교	없음	기독교	천주교	없음
진화 연구 경험	없음	없음	석사과정 2년	석사과정 2년
수업 학년 (과목)	고3(생 I)	고2(생 I) 고1(과학)	고3(생II)	고1,2(생 I)

나 성별 등을 고려하여 체계적인 표집을 할 수가 없었으므로 목적 표집을 하여 사례 연구를 했다.

A와 B는 대학원에서의 연구 경험이 없는 고등학교 생명 과학 교사였고, C와 D는 H대학교 대학원에서 ‘진화교육’ 관련 연구 주제로 ‘교육학 석사’ 학위를 받았다. 경력은 연구 대상 모두 5년 이상이었는 데, 진화교육 연구 경험 교사 C는 14년으로 가장 교직 경력이 많았다. A교사만 남자 교사였다. A와 D교사는 종교가 없었고, B와 C교사는 각각 기독교와 천주교였다. 자료 수집 당시 A와 C교사는 고등학교 3학년들을 대상으로 가르치고 있었고, B와 D 교사는 고등학교 1학년과 2학년 생명과학 I을 가르치고 있었다.

## 2. 자료 수집

### 가. 수업 자료들

연구 대상 교사들의 생명과학 수업 실행 과정은 스스로 녹음해서 전송받았다. 수업 실행에 미칠 영향을 최소화하기 위해, 본 연구가 진화 교육관련 연구라는 사실을 자료수집 전에는 밝히지 않았고, 자료수집 후에 알려졌다. 교사들의 녹화 수업 단원명을 미리 선정하거나 안내하지 않고, 그들과의 자연스러운 사전 면담 과정을 통해 진화 단원과 비진화 단원 수업 각각 2차시 정도씩의 수업 실행 내용을 녹음해서 보내 줄 것을 요청했다. 이 연구에서 수집된 생명과학 수업 주제 들은 Table 2와 같다.

연구 대상 교사들의 수업에 대한 관점 및 수업 진행의 특징을 파악 하여 교수 실행에 반영된 교사의 의도를 더 면밀히 확인하기 위해 수업 전과 후에 교사들로부터 CoRe와 PaP-eRs를 작성하게 하였다. 생명과학 교사들의 교수 실행 시 개념을 인지하고 반응하는 과정을 확인할 수 있는 도구로 Loughrma *et al.*(2004)이 활용했던 CoRe (Content Representation)를 사용했다. CoRe는 수업에서 다루는 주요 개념(Big idea)을 중심으로 수업을 실행하는 교사들이 8가지 항목에 대해 답을 할 수 있게 되어 있다. 주요 개념들의 개요, 대안 개념들에 대한 지식, 이해를 확인하기 위한 통찰력 있는 방법, 혼동되는 부분들

아는 것, 효과적인 배열, 개념들의 구조에 대한 중요한 접근 방법등의 내용으로 구성되어 있다. PaP-eRs (Professional and Pedagogical experience Repertoire)는 교사들이 자신의 수업에서 강조한 특정 수업 부분이나 내용에 대한 담화적 설명으로, Loughrma *et al.*(2004)이 특정 교수 활동에서의 교사의 생각과 행동 및 추론 과정을 확인하기 위해 활용했던 것이다. 이 연구에서는 수업을 실행한 교사 자신이 수업 후 특정 형식 없이 자유롭게 PaP-eRs를 작성하게 하였다.

미경험 교사 A와 경험 교사 D의 경우에는 생명과학 I 수업만 담당하고 있었으므로, 진화에 대한 수업 실행 동영상 수집이 불가능했으므로, ‘진화의 증거’란 주제의 수업계획서를 요청하여 이에 대한 수업 계획서를 작성하게 했다. 작성한 수업 계획서는 교사들의 수업 상황에 대해 좀 더 자세한 상황을 분석하기 위함이었다. 그러므로 수집된 수업 계획서는 기존의 수업 지도안과 유사한 형식으로 요청했지만, 전체 내용을 구어체로 작성하게 함으로써 실제 수업 실행에 준하는 좀 더 상세한 시나리오를 얻을 수 있었다. 연구자가 수업 계획서 예시안을 일종의 양식으로 개발하여 제공했고, 교사들은 그 예시안과 같은 양식으로 작성할 수 있게 했다. 그 예시안은 진화교육 관련 주제로 10년 이상 연구 해 온 생물교육 전공 교수 1인과 생물교육 박사과정 2인, 생물교육 석사과정 2인에게 안면타당도를 의뢰하여 수정 과정을 거쳐 완성한 것이었다.

### 나. 검사도구

모든 수업에 대한 자료 수집이 끝난 후 교사들의 진화 개념 및 수용 검사를 실시했다. 연구 대상 교사들의 진화 개념 및 신념에 따른 교수 실행에 차이가 나타나는지 여부를 분석하여, 차이가 있다면 어떤 차이가 있는지를 질적으로 분석하기 위함이었다. 이 연구에 사용된 진화 개념과 수용 검사지는 Rutledge & Warden(2000)이 진화 수용, 진화 개념, 과학의 본성 사이의 상관관계를 알아보기 위해 사용했던 검사지를 사용하였다. 개념 검사 문항으로 총 21문항 중 진화 개념 이해와 직접적인 관련이 없다고 판단된 방사성 동위원소 연대측정 관련 문항 1개를 제외한 나머지 20문항으로 검

Table 2. Lesson topics in high school biological science classes taught by research subjects

수업	교사	진화 교육 연구 미경험		진화 교육 연구 경험	
		A	B	C	D
비진화	1차시	방어작용	호흡계와 순환계	명반응과 암반응	소화계와 호흡계
	2차시	군집	배설계	DNA 복제, 전사, 번역	순환계와 배설계
진화	1차시	진화의 증거	생물은 모두 DNA를 가지고 있을까?	동물계	진화의 증거
	2차시	-	우리는 부모를 닮지만 왜 똑같은지 않을까?	개체군의 진화	-

사하였다. 최종 확정된 검사지는 진화 수용 검사지는 긍정 문항과 부정 문항이 혼합된 총 20개 문항에 대해 5단계 리커트 척도로 반응하도록 되어 있다. 긍정 문항을 기준으로 1점은 진화론에 대한 낮은 수용 정도를, 5점은 높은 수용 정도를 나타낸다. 점수 범위는 20점에서 100점 사이에서 나타나며, 각각 높고 낮은 수용의 정도를 의미한다.

다. 면담

교사들의 진화에 대한 견해를 심층적으로 분석하기 위해 수업을 모두 마친 후에 심층 면담을 하였다. 면담 시간은 교사 각 개인에 따라 차이가 있었는데, 교사에 따라 약 1시간에서 1시간 반 정도가 소요되었다. Lee & Cha(2011)가 개발한 반구조화된 질문지 양식을 수정하여 본 연구를 위한 면담에 사용할 질문지를 개발하였다. 질문지는 크게 네 가지 범주로 구성을 했는데, 배경질문, 생물 교육과 진화, 수업자료, 생물 교육에서 진화의 역할에 대한 전반적인 인식 등이었다.

‘배경질문’ 범주는 연구를 위한 연구대상 교사의 기초 정보를 수집할 목적으로 교직 경력, 교원자격증, 최종학력, 종교에 대한 질문으로 구성했다. ‘생물 교육과 진화’ 범주는 생명과학 교과를 구성하는 7개 대단원 영역 중에서 중요하다고 여기는 단원을 순서대로 배열하게 함으로써 생명과학 수업에서 진화의 중요성과 진화의 통합적 역할 인식 및 활용에 대해 물었다. 그리고, 교육과정과 교과서 내에서 진화가 어떻게 제시되어 있는지, 진화 교육과 종교는 어떤 관련이 있다고 생각하는

지를 물어 생물 교육에서 진화가 가지는 역할 및 중요성에 대한 교사들의 인식을 알아보았다. ‘생물 교육과 진화’ 범주에 대한 질문들은 Table 3과 같이 네 가지 하위 영역에 대한 세부 질문 내용들을 구성했다.

‘수업자료’ 범주에 관한 질문들은 교사들로부터 제공받은 교수 내용에 따라 다르게 구성했다. 교사들로부터 크게 진화 관련 단원 수업과 비진화 관련 단원 수업 실행 과정을 녹취하였으므로 두 영역에 따라 질문의 내용은 달랐지만, 문항의 형태는 유사했다. 특히, 오개념이 포함된 진화적 설명이 드러난 경우는 발췌하여 면담에 포함시켜 각각의 연구대상 교사들에게 수업 내용에서 설명한 내용이 오개념인지를 스스로 인식하고 있는지 여부도 확인하였다. 각 수업 전후에 교사들로부터 받은 CoRe, PaP-eRs의 내용들도 ‘수업자료’ 범주의 면담 질문 구성에 반영하여 개발했다. ‘수업자료’ 범주의 세부 질문 내용은 Table 4와 같다.

‘전반적 인식’ 범주에서는 진화의 중요성을 인식한 교사와 그렇지 않은 교사의 차이를 확인하기 위해 진화 교육 연구 경험 유무에 따라 두 그룹의 문항 구성을 달리 하였다. 진화 교육 연구 경험 교사에게는 진화의 중요성을 인식하게 된 계기 및 그 이후의 교수·학습 실행 변화에 대해 묻는 질문을 구성했다. 그리고 진화 교육 미경험 교사에게는 진화에 대한 인식 및 진화 개념을 향후 교수·학습 실행에 활용할 의향이 있는지, 진화의 중요성을 인식하고자 하는 의향이 있는지를 묻는 질문을 하였다. 이는 각 교사들이 진화의 중요성을 인식하는 것이 정말 수업 실행에 필요한 요소인 지에 대한 근거를 제공해 줄 것으로 기대했기 때문이다. ‘전반적 인식’ 범주 질문 문항 구성은

Table 3. Questions of 'biology education and evolution' category

영역	세부 질문 내용
진화의 중요성	1. 생명과학 교과의 7개 대단원 영역을 중요한 순서대로 나열한다면? 2. 그렇게 생각한 이유는? 3. ‘진화’가 생명과학 수업에서 중요한 개념이라 생각하는가?
진화의 통합적 역할 인식 및 적용	1. ‘진화’를 생명과학 수업시 전 영역에서 사용할 수 있는가? 2. ‘진화’를 제외하고 생명과학 수업 시 전 영역에서 사용할 수 있는 개념이 있는가? 그 이유는? 3. ‘진화’ 개념을 ‘진화’ 단원 이외 영역에서 사용한 경험이 있는가?
교과서 및 교육과정에서의 진화에 대한 평가	1. 현재 생명과학 교과서 및 교육과정에서 ‘진화’가 어떻게 다루지고 있다고 생각하는가? 2. 현재 ‘진화’를 수업할 때 느끼는 어려운 점은? 3. 교과서 및 교육과정에 ‘진화’가 어떻게 제시되어야 한다고 생각하는가?
종교적 신념과 진화 수업의 관계	1. ‘진화’ 수업시 교사의 종교가 수업에 영향을 미친다고 생각하는가? 2. ‘진화’ 수업시 학생의 종교가 교사의 수업에 영향을 미친다고 생각하는가? 3. 학생의 종교가 ‘진화’ 학습에 영향을 미친다고 생각하는가? 이에 대해 어떻게 대처를 하는가?

Table 4. Questions of 'lessons classes' category

영역	세부 질문 내용
비진화 수업	1. 진화적 설명 방식을 사용한 부분이 있다고 생각하는가? 2. 진화적 설명 방식을 사용하지 않았다면 그 이유는 무엇인가? 3. 「발췌된 수업상황 녹음 제시 후」 이 설명에 진화적인 관점이 있다고 생각하는가? 어떤 측면에서 진화적인 관점이 포함되었는가? 설명에 진화적인 관점이 없다고 생각한다면 그 이유는 무엇인가? 이 부분에서 진화적인 관점을 드러내서 설명하지 않은 이유는 무엇인가? 이를 진화적인 관점으로 설명해 볼 수 있는가? 4. CoRe, PaP-eRs로부터 도출된 질문
진화 수업	1. 학생들이 이 내용을 아는 것은 어떤 점에서 중요하다고 생각하는가? 2. 「발췌된 수업상황 녹음 제시 후」 이 설명의 어떤 측면에서 진화적인 관점이 포함되어 있다고 생각하는가? 3. CoRe, PaP-eRs로부터 도출된 질문

Table 5. Questions to identify 'overall perceptions' category for teachers with research experience of evolution education.

영역	세부 내용
진화의 중요성 인식	1. 진화의 중요성 인식이 중요하다고 생각하는가?
	2. 자신이 진화의 중요성을 인식하고 있다고 생각하는가?
	3. 진화의 중요성을 인식하게 된 계기는 무엇인가?
진화 연구와 생명과학 교수·학습	1. 연구할 때 관심 분야는 무엇인가?
	2. 연구하는 동안 앞으로의 수업에 반영하고자 했던 부분이 있었다면 무엇인가?
	3. 연구를 하고 난 후 수업할 때 달라진 점이 있다면 무엇인가?
	4. 연구를 하고 난 후 수업할 때 어려운 점이 있다면?
	5. 진화적인 관점으로 수업할 때 적용할 수 있는 교수 방법이 있다면 무엇인가?
	6. 진화적인 관점으로 수업할 때 어려운 점은? 이와 관련하여 교과서 및 교육과정 개발자들에게 바라는 점은?

Table 6. Questions to identify 'overall perceptions' category for teachers without research experience of evolution education.

영역	세부 내용
진화의 중요성 인식	1. 생명과학 교수·학습에서 진화가 중요하다고 생각하는가?
	2. 진화의 원리를 통해서 가르칠 수 있는 과목은 무엇이 있는가?
	3. 자신이 진화의 중요성을 인식하고 있다고 생각하는가?
	4. 진화의 중요성을 인식하게 된 계기는 무엇인가?
진화 교수·학습에 대한 인식	1. 생명과학 전 영역에서 진화적 관점을 수업하는 것에 대한 생각은?
	2. 진화적인 관점으로 수업을 할 때 주로 사용할 수 있는 교수 방법은?
	3. 앞으로 수업시 진화적인 관점으로 가르칠 의향이 있는가?
	4. 진화적인 관점으로 수업할 때 예상되는 어려운 점은? 이와 관련하여 교과서 및 교육과정 개발자들에게 바라는 점은?
향후 진화와 관련된 행동의 변화	1. 진화에 대해 연구할 수 있는 기회가 주어진다면?
	2. 진화의 중요성을 인식할 수 있는 연수가 개설된다면?
	3. 진화의 중요성을 인식할 수 있는 연수를 들었을 때 어떤 과목의 교사들에게 도움이 될 것이라 생각되는가?

Table 5 그리고 Table 6과 같다.

#### 4. 자료 처리 및 분석

##### 가. 교수 실행 자료 분석

교사들의 생명과학 관련 수업이 녹음된 자료는 글로 전사하였다. 교사들의 비진화 수업과 진화수업 사이에서 나타나는 진화 주요 개념 및 진화 기작에 대한 대안 개념 차이를 알아보기 위해 수업 실행 전사물을 반복적으로 읽으면서 범주화하였다. 먼저 교사들의 수업에서 나타

나는 진화 주요 개념을 비진화 수업과 진화 수업으로 나누어서 분석하였다. 그리고 수업 실행에서 나타난 진화 관련 오개념을 진화 주요 개념과 진화 기작에 대한 대안 개념에 대하여 각각 분석하였다. 이런 분석 기준을 이원화한 것은 진화 기작에 대한 오개념에 따라 어떤 대안 개념에도 속하지는 않지만, 잘못된 진화 개념인 경우도 있기 때문이다.

##### 1) 진화론을 구성하는 7가지 주요 개념들 추출

교사들의 수업에 포함된 진화 내용을 분석하기 위해 Table 7과 같이 Mayr(1982), Smith(2010b) 그리고 Nehm *et al.* (2010)이 사용한 진화적인 설명을 구성하는 주요 개념들을 추출하여 최종적으로 7가

Table 7. Core concepts of evolution used in the study and the references

Mayr(1982)에 의한 진화 주요 개념들	Smith (2010b)에 의한 진화 주요 개념들	Nehm <i>et al.</i> (2010)에 의한 진화 주요 개념들	자료 분석을 위해 사용한 진화 주요 개념들	
개체군 내 변이	무작위	개체들 사이의 영향력 또는 변이의 원인	⇒ 변이	
변이의 기원	개체들에서 종내 변이의 기원 및 역할	변이의 유전		변이의 유전 및 적응
변이의 유전	개체에서 표현형적 변이의 유전 가능성 개체군에서 많은 세대를 거치면서 변이 축적(적응)	경쟁 제한된 자원		제한된 자원에 대한 경쟁
제한된 자원	개체들에 의한 제한된 자원에 대한 경쟁	개체들의 차등적 생존		자연선택 (차등적 생존률)
제한된 생존 차등적 생존	개체들의 서로 다른 생존률 (적응에 기반)	자손의 높은 생식력 또는 과잉생산		차등적 생식력 및 과잉생산
생물 번식 능력	개체들의 서로 다른 생식력	변이의 분포 또는 빈도에서 세대 간의 변화		개체군 내 빈도 변화
개체군 내 변화	개체군 내에서 특정 유전형질을 가진 개체들의 분포 변화 종들의 분포 및 생물 지리학	변이의 분포 또는 빈도에서 세대 간의 변화		대진화
종의 기원	종분화 및 대진화 멸종			
개체군 안정성				

Table 8. A bibliography of alternative concepts of evolutionary mechanisms

Ha & Cha(2006)	Lee <i>et al.</i> (2007)	Jung & Kim(2009)	Nehm <i>et al.</i> (2010)	자료분석에 사용된 진화 기작에 대한 대안 개념들
용불용설적 설명	용불용설적 사고	용불용적 사고		용불용설적 설명
목적론적 설명	목적론적 사고	목적론적 사고	teleology	목적론적 설명
	예정된방향적 사고			⇒ 예정된 방향적 설명
		직선행 경로		직선행 설명
창조론적 설명	창조론적 사고	창조론적 사고	essentialism	창조론적 설명
내부의지적 설명			intentionality	내부 의지적 설명
	환경적응적 사고			환경 적응적 설명

지 주요 개념을 추출하였다.

연구자 1인이 전사물을 반복적으로 읽으면서 범주화 한 내용을 10년 이상 진화 교육 연구를 해 온 생물교육 전공 교수 1인, 생물교육 박사과정 2인, 생물교육 석사과정 2인에 의뢰하여 안면 타당도를 확보한 후 최종 연구 결과로 확정했다. 또한 분석된 결과물들은 사후 면담 질문지 개발 시에 활용하여 더욱 심층적으로 교사들의 진화에 대한 견해 및 교수 실행에 반영된 진화 내용을 분석하기 위한 준거로 사용하였다.

2) 진화 기작에 대한 대안 개념들 설정

교사들의 수업에 포함된 진화 기작에 대한 대안 개념을 분석하기 위해 Table 8과 같이 Ha & Cha(2006), Lee *et al.*(2007), Jung & Kim(2009), Nehm *et al.*(2010)이 연구에 활용했던 ‘자연 선택’이외의 대안 개념들을 7가지로 압축했다. 예를 들어 ‘예정된 방향적 설명’과 ‘직선행 설명’은 둘 다 생물의 진화 과정을 가지치기형이 아닌 직선행으로 설명한다는 점에 있어서 동일하다. 그러나, ‘예정된 방향적 설명’은 생물의 진화가 어떤 목표를 가지고 있는 것처럼 설명하는 반면, ‘직선행 설명’은 어떤 목표는 없다는 데 그 차이가 있다. ‘환경 적응적 설명’은 생물의 진화를 환경에 반응한 적응현상으로써 설명하는 경우를 말한다. 이러한 ‘환경 적응적 설명’의 대표적인 학생 응답 형태로는 ‘더운 환경에 적응하여 흑인 아이가 태어난다’, ‘계속 절단하기 때문에 몸이 적응하여 짧아질 것이다’ 등을 말한다(Lee *et al.*, 2007).

나. 검사 도구 분석 방법

진화 개념 검사지는 총 20문항에 대해 각 문항당 5점씩 배점하여 총 100점 만점으로 채점했다. 100점에 가까울수록 높고 0점에 가까울수록 낮은 진화 개념 수준으로 해석하였다. 진화 수용 검사지는 5단계 리커트 척도로 총 20문항으로 구성되어 있다. 긍정형 문항의 경우 ‘전혀 아니다’, ‘아니다’, ‘보통이다’, ‘그렇다’, ‘아주 그렇다’에 대해 각각 1점, 2점, 3점, 4점, 5점을 부여하였으며, 부정형 문항에서는 이를 역변환하여 점수화했다. 이러한 과정을 거쳐 합산된 점수는 89~100점은 아주 높은 수용도, 77~88점은 높은 수용도, 65~76점은 보통의 수용도, 53~64점은 낮은 수용도, 20~52점은 매우 낮은 수용도로 해석하였다.

다. 면담 내용 분석 방법

면담 내용은 모두 녹음한 후 전사했다. 전사물은 동일한 1차적으로 범주를 만들어 가면서 분류한 뒤 반복적으로 읽는 과정에서 의미 있는 내용끼리 재차 묶어 나가는 범주화과정인 분별적 비교법을 사용했다. 이러한 과정은 연구자 1인이 1차적으로 반복적으로 수행하여 만든 결과물을 10년 이상 진화 교육 연구를 해 온 생물교육 전공 교수 1인, 생물교육 박사과정 2인, 생물교육 석사과정 2인의 집단 타당도 검토 과정을 거쳐 최종 범주 합의 후에 연구 결과로 삼았다.

III. 결과 분석 및 논의

진화교육 연구 경험이 있는 교사들과 연구 경험이 없는 교사들의 진화에 대한 개념 및 수용 여부와 그들의 교수 실행에 반영된 진화 내용에 차이가 있는지 그리고 진화 교육에 대한 인식에는 차이가 있는지 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 진화 교육 연구 경험 및 미경험 교사들의 진화 개념 및 수용 차이

연구 대상 교사 네 명의 진화 개념 및 수용 검사 결과는 Table 9와 같다. 진화론의 개념 검사 결과 경험 교사가 미경험 교사보다 평균 점수가 더 높긴 했지만 네 명의 교사 모두 높은 진화 개념 이해 수준을 나타냈다. 이렇게 해석한 기준은 Rutledge & Warden(2000)에 미국 인디애나 주의 현직 생명과학 교사 552명을 대상으로 실시한 결과(21문항, 평균 74.45점)보다 훨씬 높기 때문이다. 개념 검사지 내용상으로 응시한 교사들은 적응 방식, 대진화의 증거, 화석 기록과 같이 주로 대진화 개념에서 오답을 하였다. Kim & Cha(2014)도 한국의 생명과학 교사들을 대상으로 한 대진화 개념 조사 연구에서 생명과학 교사들이 가지고 있는 대진화 개념이 우수하지 않다고 하였다. 우리나라 생명과학 교사들이 가르치는 진화 관련 내용이 대진화 개념에 편중되어 있으므로, 그들의 대진화 개념 향상을 도울 교사교육 프로그램이 개발되고 적용될 필요성을 제기한다.

진화론의 수용 검사 결과 미경험 교사 B를 제외하고 모두 매우

Table 9. Comparison test scores for conception and acceptances of evolution theory

	미경험		평균	경험	
	A	B		C	D
진화 개념	90	85	87.5	95	85
진화 수용	95	73	84	96	93
					평균
					90
					94.5

높은 수용도(89~100점)를 나타냈다. 이는 Rutledge & Warden(2000)이 미국 인디애나주의 현직 생명과학 교사 552명을 대상으로 실시한 결과(평균 77.59점)보다 훨씬 높은 수치로 연구에 참여한 교사들이 진화를 높은 정도로 수용하고 있었다. 보통의 수용도(65~76)를 보인 미경험 교사 B는 기독교도로 대부분의 문항에 ‘아주 그렇다’ 또는 ‘전혀 아니다’와 같이 확정적인 답변 대신 ‘그렇다’, ‘보통이다’, ‘아니다’에만 답하는 중립화 경향을 보여줌으로써 가장 낮은 진화수용을 나타냈다. 또한 그는 서로 반대되는 문항들에 대해서도 ‘보통이다’로 답함으로써 다른 교사들에 비해 진화론에 대한 확신이 낮고 이에 대한 극단적인 판단을 꺼려하는 경향이 나타났다. 미경험 교사 B는 진화 개념 접수가 높음에도 불구하고 진화를 소극적으로 수용하는 경향을 나타냈는데, 종교적인 신념이 진화 수용에 영향을 미친다는 기존의 선행 연구(Francis & Greer, 2001; McKeachie et al., 2002; Nehm & Schonfeld, 2007)결과에 따라 이 교사의 종교가 진화를 수용에 영향을 미친 사례로 볼 수도 있다.

2. 진화 교육 연구 경험 및 미경험 교사들의 생명 과학 교수 실행 차이

진화교육 연구 경험 유무에 따른 교사들의 교수 실행과정에서 나타난 진화 주요 개념 활용 양상 및 대안 개념 분석 결과는 다음과 같다.

가. 교수 실행에서 활용된 7가지 진화 주요 개념 양상

수집된 수업과정을 전사한 자료에 따르면, Table 10과 같이 진화교육 연구 경험 교사들은 7가지 진화에 대한 주요 개념 활용 양상에서 미경험 교사들과 달랐다. 진화 연구 미경험 교사들은 총 20번의 진화 주요 개념을 사용한 반면에 진화 연구 경험 교사들은 총 48번 사용한 것으로 나타났다. 미경험 교사 집단은 20번 중 14번 ‘대진화’ 개념만을 주로 사용하여 교수한 반면, 경험 교사 집단은 ‘대진화’ 개념을 17번이나 사용하기는 했으나 대진화 개념 이외의 6가지 진화 주요 개념들도 활용했다.

분석결과 두 그룹 모두 오개념이 8회씩 관찰되었는데, 교사들로부터 제공받은 수업 내용 및 학년이 상이하여 오개념의 횟수 그 자체만으로 비교하는 것은 의미가 없을 수 있으나, 진화 주요 개념별로 사용한 총 횟수에 대한 오개념 수의 비율은 미경험 교사의 수업실행에서는 40%, 경험교사의 경우는 16.7%였으므로, 미경험 교사의 교수 실행과정에서 오개념이 더 높게 나타났다. 미경험 교사에게는 ‘제한된 자원에 대한 경쟁’, ‘자연선택(차등적 생존률)’, ‘대진화’ 개념에서 오개념이 관찰되었으며, 특히 ‘제한된 자원에 대한 경쟁’, ‘대진화’ 개념에서

가장 많은 오개념이 관찰되었다. 경험 교사에게는 ‘변이’, ‘변이의 유전 및 적응’, ‘제한된 자원에 대한 경쟁’, ‘자연선택(차등적 생존률)’, ‘대진화’ 개념에서 오개념이 관찰되었으며, 특히 ‘대진화’ 개념에서 가장 많은 오개념이 관찰되었다.

이러한 진화 개념 활용에 대한 내용상의 차이는 미경험 A와 경험 D 교사로부터 동일한 수업 주제로 받은 수업 계획서를 통해서 더 구체적으로 드러났다. 다음은 고래를 이용한 화석상의 증거에 대해 설명하는 수업 장면에 대한 두 교사의 수업계획서 내용의 일부이다.

<미경험 교사A>

고래의 진화 과정 그림을 보면, 오늘날의 고래와 달리 고래의 조상으로 추정되는 화석에서는 뒷다리가 발달되어 있는 것을 볼 수 있는데, 이와 같은 증거는 <대진화> 현재 수중 생활을 하는 포유류가 육상 생활을 하는 포유류로부터 진화했음을 의미한다고 할 수 있습니다.

<경험 교사 D>

오늘날의 고래는 뒷다리와 발뼈가 몸 속에 흔적으로 남아 있고, 수영하기 적합한 지느러미를 가지고 있습니다. 반면에 고래의 조상인 파키세투스 는 육지에 사는 포유류로 네 개의 다리를 가지고 있었습니다. 수 세대가 지난 뒤, 암볼로케투스는 앞다리와 뒷다리에 물갈퀴를 가지고 있어 수중생활을 하였습니다. 어떤 이유로 육상생활에서 수중생활로 바뀌게 되었는지 모르나 <제한된 자원에 대한 경쟁> 아마도 서서히 물이 유입되는 환경에 처하게 됐거나, 육지에서 점차 바다쪽으로 이동하게 되었고 <차등적 생존률, 자연선택> 세대를 거치면서 물갈퀴를 가진 개체가 더 많이 살아남게 되었을 겁니다. 또 <변이><적응><개체군 내 빈도 변화> 수 세대가 지나 뒷다리가 짧은 형태를 가진 개체들이 뒷다리가 흔적으로만 남은 개체들이 많아졌을 것이고, <대진화> 지금의 고래가 되었을 겁니다. 지금의 고래도 진화 중이겠지만 진화는 수 천 또는 수 만년이라는 오랜 세월이 걸리는 일이라 변하지 않는 것처럼 보일 뿐입니다.

이 두 교사의 설명에서 미경험 교사 A는 과거와 현재의 고래 화석을 비교하여 ‘결과’를 중심으로 설명을 하면서 진화 주요 개념 7가지 중 ‘대진화’ 개념만을 활용하여 단순하게 설명을 하고 있는 반면, 경험 교사 D는 과거와 현재의 고래 화석을 비교하여 그와 같은 형질을 얻게 되기까지의 진화 과정을 중심으로 설명을 하며 진화 주요 개념 7가지 중 6가지 개념들을 활용하여 설명을 했다.

‘비교해부학적 증거’ 중 상사 기관에 대한 설명에서도 다음과 같이 미경험 교사 A는 ‘대진화’ 개념만을 활용한 반면, 경험 교사 D는 ‘적응’ 개념을 함께 활용하여 진화가 일어나는 과정을 포함시켜 설명함으로써 학생들의 진화 과정에 대한 이해를 도왔다.

Table 10. Frequencies and percentages of core concepts and alternative conceptions of evolution used in teaching plan

교사	주요 개념	변이	변이의 유전 및 적응	제한된 자원에 대한 경쟁	자연선택 (차등적 생존률)	차등적 생식력 및 과잉생산	개체군 내 빈도 변화	대진화	합계	전체 진화 개념 수에 대한 오개념 수 비율(%)
미경험	교수 실행에서 나타난 주요 진화 개념 수	1	0	4	1	0	0	14	20	
	오개념 수	0	0	4	1	0	0	3	8	40
경험	교수 실행에서 나타난 주요 진화 개념 수	7	6	2	6	1	9	17	48	
	오개념 수	1	1	1	1	0	0	4	8	16.7

<미경험 교사 A>

<대진화> 감자는 식물의 줄기에서 고구마는 뿌리에서 발생했지만 모양과 기능이 비슷하며, 새의 날개는 앞다리에서 진화한 것이고 곤충의 날개는 표피에서 진화한 것입니다. 이와 같이 발생의 기원은 다르지만 모양과 기능이 비슷한 기관을 상사기관이라고 합니다.

<경험 교사 D>

새의 날개와 곤충의 날개는 기능이 동일하지만 해부학적 구조는 전혀 다릅니다. <대진화> 새의 날개는 앞다리가 변화한 것이고, 곤충의 날개는 표피가 변화한 것입니다. 해부학적 기원이 다름에도 불구하고 비슷한 기능을 수행하는 것은 <적응> 같은 환경에 처해져 오랜 세월이 지나면서 진화했기 때문입니다. 생물이 진화하지 않는다면 상사 기관을 설명하기 어렵겠지요.

이처럼 미경험 교사 A는 진화의 증거 다섯 가지를 설명하면서 모두 ‘대진화’ 개념만을 활용한 반면, 경험 교사 D는 ‘대진화’ 개념 뿐만 아니라 다른 진화의 주요 개념들을 다양하게 활용하여 설명했다. 진화는 개체군 내에서 짧은 시간 동안 세대를 거칠 때 발생하는 개체군 내 유전자 풀의 변화인 ‘소진화’와 오랜 시간 동안 소진화의 축적 및 자연선택을 거쳐 일어나는 종분화 과정인 ‘대진화’로 구분된다. Nieswandt & Bellomo(2009)는 진화에 대한 의미있는 이해는 사실 뿐만 아니라 과정에 입각한다고 했다. 그러므로 종분화에 의한 ‘대진화’ 과정의 이해는 ‘소진화’ 개념에 연결하여 이해할 때 더 쉽고 이해 가능하다. 진화교육 연구 경험이 있는 교사 D는 ‘대진화’를 ‘소진화’에 속하는 다른 진화 주요 개념들과 함께 설명함으로써 과학으로써 진화론이 가지는 잠재적인 설명 능력 및 유용성을 극대화하고 있는 것이다.

나. 교수 실행과정에서 나타난 교사들의 오개념과 그 오개념에 대한 스스로의 인식 차이

교사들의 교수실행 과정에서 드러난 8가지 오개념들을 각각 두 번째 분석 기준인 진화 기작에 대한 대안 개념에 따라 분류하였는데, 결과는 Table 11과 같다. 진화에 대한 오개념은 진화 교육에 대한 연구 경험 유무와는 상관없이 모든 교사들에게 관찰되었으며 미경험 교사에게는 ‘내부 의지적 설명’에서, 경험 교사에게는 ‘예정된 방향적 설명’에서 가장 많은 오개념이 드러났다.

그러나, 자신들의 실행 과정에 오개념이 포함된 사실을 제시했을 때, 두 집단의 반응은 크게 달랐다. 미경험 교사들은 녹취된 교수 실행 자료에서 본인의 설명에 포함된 오개념을 여러 번 들려 주어도 스스로 무엇이 오류인지를 인식하지 못했다. 다음은 미경험 교사 A가 오개념을 나타낸 수업 상황 중 일부이다.

<미경험 교사 A: 비진화 수업 2차시-군집>

황무지, 불모지, 용암대지 이런데서 시작되는 게 바로 건성천이에요. 자 그러면 이런 데는 아직 토양도 없고 토양에 수분도 없죠. 그래서 이러한

척박한 환경에서 살 수 있는 애가 개척자로 들어오게 됩니다. 그래서 그 개척자가 바로 지의류죠. 애가 개척자, 자 지의류는 우리가 조금 있다가 공생에서 다시 한 번 보게 될 거예요. 자 그러면 애가 와가지고 토양이 만들어지기 시작하죠. 그러면은 이제 이끼류가 들어오게 되는 거고, 자 그다음에는 뭐가 들어오죠? 자 어느 정도 토양이 형성이 되고 토양에 수분도 좀 많아졌어요. 자 그럼 여기에 뭐가 들어오게 되나면 초본이 들어오죠, 초본. 자 그래서 초본이 들어와서 초원이 형성된다라고도 합니다.

미경험 교사 A는 건성천이 과정을 설명하는 장면에서 ‘제한된 자원에 대한 경쟁’ 개념 영역에 대해 ‘내부 의지적 설명’을 나타냈다. 미경험 교사 A는 수업 후 면담에서 위와 같은 녹취된 자신의 설명 내용을 듣고, 그 중에 진화 관련 설명과 오개념이 포함되어있는지를 전혀 인식하지 못했다. 또한 사후 면담에서 생물의 다양성 및 생태계 단원이 진화와 관련된 부분임을 인식하고는 있었으나 실제 교수 실행과정에서는 생태적인 측면과 진화적인 측면을 연관시켜 설명하지 못했다. 한편, 경험 교사들은 오개념이 포함된 자신의 교수 실행 녹음 내용을 듣자 마자, 본인의 수업 내용에 오류가 있었음을 인식했고, 자신이 그런 설명을 하게 된 원인까지도 스스로 분석하려 애썼다. 다음은 경험 교사 C가 오개념을 나타낸 수업 실행과정의 일부이다.

<경험 교사 C: 진화 수업 1차시-동물계>

자, 이중에서 누가 가장 그.. 척추동물 중에 3가지 있잖아? 누가 가장 진화된 애들인 것 같지? (학생: 척추!) 척추겠지. 그럼 누가 가장 진화가 안된 애 같니? (학생: 미색!) 그렇지, 미색이야~! 구분을 선생님이 연상적으로 구분을 하기를~! 애는 척색이 머리 쪽에 몰려있고 애는 척색이 꼬리 쪽에 몰려있는 거잖아~! 우리를 기준으로 봤을 때 어디에 신경다발이 더 많이 몰려 있어? (학생: 머리) 머리 쪽에 더 많이 몰려 있지? 애가 인간이랑 더 가까운 거야, 요렇게 요렇게 요렇게 진화된다 생각해 주면 되요.

경험 교사 C는 척추동물을 분류하는 기준을 설명하는 장면에서 ‘대진화’ 영역에 대해 ‘예정된 방향적 설명’을 나타냈다. 경험 교사 C는 사후 면담 시 이 수업 장면에 대해 오개념이 포함된 설명이라는 것을 스스로 인식했다. 면담에서 그는 생물이 예정된 방향으로 진화가 된다는 것을 의도하지는 않았지만 학생들이 개념을 쉽게 기억할 수 있도록 설명하는 과정에서 이와 같은 표현을 쓰게 된다고 하였다. 경험 교사 C는 진화 교육 연구 경험을 통해 진화 관련 오개념을 숙지하고 있었기 때문에 교수 실행 시 잘못된 설명에 대해서도 금방 알아챘었다고 답했다.

Lee et al.(2007)은 진화 관련 오개념을 바로잡기 위해서는 오개념과 관련된 개념적 오류를 바로잡아야 한다고 하였다. 이는 교사가 진화 관련 오개념에 관심을 갖고 관련된 개념적 오류를 파악하고 있어야 가능하다. 교사의 관심사는 교수·학습에 영향을 미치므로 (Smith, 2010b), 수업의 주체인 교사가 진화의 중요성을 인식했을 때 진화 관련 오개념 또한 교수 실행시 의미있게 고려될 수 있다.

Table 11. Teachers' alternative conception about evolution mechanism represented in biology class practices

대안개념	용불용설적	목적론	예정된 방향	직선형	창조론	내부 의지	환경 적응	총합
미경험	0		0	1	1	4	1	8
경험	0	2	5	0	0	1	0	8



## 다. 교사들의 종교성이 생명 과학 교수 실행에 미치는 영향

미경험 교사 B의 경우 교수 실행 시에 나타난 오개념과 과학적 개념이 각 2회, 3회로 다른 교사에 비해 횟수가 적었다. 그런데, 특이할 만한 것으로는 교수 실행 분석 및 면담을 통해 교사 개인의 종교적 신념이 교수 실행에 영향을 준 사례가 드러났다. 다음은 미경험 교사 B의 교수 실행 전사자료 일부이다.

생명의 탄생에 대한 2가지 싸우는 의견이 있어요. 진화론과 혹시 그거 알아요? (학생: 창조?) 오, 맞아요. 창조론이에요. ...(중략)... 그럼 그 생물체가 대체 어떻게 생겨났느냐! 그거에 대한 2가지 대답되는 의견이에요. 자, 진화론을, 이걸 사람들이 모든 생명체는 뭐가 진화되고 진화 되가지고 생겨난 거야. 이런 거야! 공기 중에 무언가가 모여 가지구 세균이 되고, 그 세균 중의 일부가 좀 더 큰 생물이 되고, 뭐 뭐가 변해가지고 이렇게 사람이 생겨난 거야. 이게 지금 진화론이야. 근데 창조론은 아니다~ 이 세상에 생물은 누가? (학생: 만든거다) 어어 신께서 만든 거다. 이게 지금 창조론이야. 자 이거는 생물이 막 진화되어서 생겨난 것이다. 이거는 신께서 만든 거다~! 자 그대들의 의견은 어때요?

‘생명의 탄생에 대한 2가지 싸우는 의견’과 ‘생물체가 대체 어떻게 생겨났느냐’와 같은 설명을 통해 미경험 교사 B는 ‘대진화’ 개념 영역에서 ‘창조론적 설명’을 도입했다. 또한 미경험 교사 B는 수업 중 ‘생명의 탄생’이라고 표현함으로써 화학적 진화와 생물의 진화인 진화론을 혼동하는 양상을 드러냈다.

다윈의 진화론에 따르면, 화학 진화는 진화론에 포함되어 있지 않다. 또한 다윈의 진화와 최초 생명체의 기원을 혼동하여 계획한 수업은 학생 개인의 종교적인 신념에 대한 거부감을 내포하게 되므로(Smith, 2010b) 교사는 수업 계획 및 교수 실행 시 이 부분에 유의해야 한다.

‘공기 중에 무언가가 모여 가지구 세균이 되고, 그 세균 중의 일부가 좀 더 큰 생물이 되고, 뭐 뭐가 변해가지고 이렇게 사람이 생겨난 거야’라는 설명에서 미경험 교사 B는 ‘대진화’ 개념 영역에 대한 ‘직선형 설명’을 나타냈다. 공기 중에 무언가가 모이고 모여서 결국에는 사람이 된다는 설명은 아리스토텔레스의 사다리형 설명에 그 기원을 두고 있다. 이러한 설명은 사람을 생물들 중 가장 고등한 생물로 두고 진화 과정을 궁극적으로는 사람이 되는 직선적인 과정으로 보는 것이다. 면담 시 미경험 교사 B에게 이 교수 실행 녹음 자료를 들려 주었을 때, 교사는 이것이 오개념을 포함하고 있음을 인식하지 못하였다. 오개념이 포함된 설명은 학생들에게도 영향을 미칠 수 있기 때문에 교사는 교수 실행에 앞서 관련된 오개념에 대해 잘 알아 둘 필요가 있다(Smith, 2010b).

미경험 교사 B는 면담에서, 자신은 종교적인 신념 때문에 창조론을 믿는다고 하며, 그럼에도 진화론에 대해 수업하는 것은 과학이 진화론에 기반하고 있기 때문이라고 하였다. 다음은 이에 대한 미경험 교사 B의 면담 내용이다.

음.. 우선 학생들의 흥미를 좀 불러일으킬만한 내용이었구요. 자신의 생각을 좀 정리해 볼 필요도 있었어요, 학생들이. 어.. 그리고.. 이게.. 교과서의 전제이기 때문에 상기시켜 줄 필요가 있었다고 생각을 해요. 그 내용의.. 생명의 진화라는 거, 진화가 포인트이기 때문에 진화한다는 거를 전제로 내용이 쭉 깔려져 있다~ 그거를 처음에 언급해야 한다고 했어요.

미경험 교사 B는 창조론을 언급한 부분에 대해 교과 내용을 설명하

기 전에 흥미 유발 및 진화론을 공고히 하기 위한 목적이었다고 하였다. 즉, 과학자 사회에서 이러한 논쟁이 있었으며 현재는 과학 사회가 진화론을 선택하였음을 학생들에게 알려줌으로써 과학의 사회적 측면을 소개하고자 한 것이라고 했다.

사실 과학은 사회의 영향을 받으며, 잠정적이다(Abd-El-Khalick *et al.*, 1998). 그러나 미경험 교사 B가 언급한 진화론과 창조론에 대한 논쟁은 사회에서 이루어지는 과학관련 논쟁이 아닌, 과학계와 종교계 간의 논쟁이다. 이와 같은 교사의 언급은 학생들에게 창조론이 옳지만 교과서에 나온 내용이 진화론이기 때문에 진화론을 배우는 것이라는 진화론 자체에 대한 잘못된 인식을 심어줄 수 있다.

현재 시행되고 있는 2009 개정 고등학교 과학 및 생명과학II 교육 과정에는 창조론이 포함되어 있지 않다. 과학의 본성을 제대로 이해하고 있지 못했을 때 교사는 창조적인 설명이 왜 과학이 아닌지를 이해할 수 없게 되며(Hokayem & BouJaoude, 2008), 이에 따라 과학 시간에 창조론을 진화론과 함께 설명하는 오류를 범하게 된다. 그렇기 때문에 미경험 교사 B는 나름 객관적인 입장에서 진화론과 창조론을 비교하여 설명한다고는 했지만, 결과적으로 자신의 종교적인 신념이 개입된 생명과학 교수 실행임이 드러났다. 다음은 미경험 교사 B의 면담 내용이다.

나는 나름 객관적으로 이성적으로 그거를 한쪽에 이렇게 쳐버리고 진화론을 설명할 수 있다고 생각을 했어요. 기독교지만은 창조론에 대한 생각을 아예 접어버리고 수업 시간에는 진화론에 대해서 열심히 설명하고 있다고 생각을 한 거 같아요, 스스로. 그렇기 때문에 개인적인 의견이 개입되지 않는다고 생각을 했던 거 같아요.

종교적인 신념은 진화 수용 및 이해에 부정적인 영향을 미친다고 알려져 왔다(Smith, 2010b). 생물을 전공한 미경험 교사 B는 Rutledge & Warden(2000)의 진화론 개념 검사 결과 높은 진화 개념 이해 수준을 보여주었으나, 진화 수용 검사에서는 보통 수준의 수용 정도를 나타냈다. 진화 개념 이해 수준이 높을수록 진화 수용 수준이 높다(Heo, 2010). 미경험 교사 B는 종교적인 신념에 영향을 받아, 진화 개념에 대해서는 잘 알고 있지만, 진화론에 대한 수용 수준이 높지 않아, 교수 실행 시에 생명 현상에 대한 진화적 관점의 설명에 소극적이었던 것이다. 그는 생명 현상을 진화를 중심으로 설명하지 않았을 뿐만 아니라, 진화와 관련된 개념들의 언급 횟수도 다른 교사들에 비해 현저히 낮았다.

## 라. 진화의 증거 설명 방식

수업 계획서를 작성한 미경험 교사 A와 경험 교사 D는 모두 ‘진화의 증거’를 설명하기 위해 동일하게 화석상, 비교해부학적, 생물지리학적, 진화발생학적, 분자진화학적인 5가지 증거를 선정하여 수업을 진행할 계획을 수립했지만, 내용 구성에 있어서는 두 교사가 차이를 나타냈다. 경험 교사 D는 증거들에 대해 설명하기 전에 진화란 무엇인지, 진화가 생물 다양성에 있어서 어떤 의미를 갖는지, 화학 진화와 생물 진화는 어떤 차이가 있는지를 언급함으로써 학생들이 생물학적인 진화를 생명 현상의 큰 그림 내에서 생각해 볼 수 있게 했다. 또한 ‘진화’를 해당 차시에 이해해야 할 핵심 개념으로 선정하여 명확하게 정의하는 과정을 포함시켰다. 그러나 미경험 교사 A는 진화 개념 자

체가 ‘진화의 증거’를 설명하기 위한 핵심 개념이라 보지 않았으며, 화학 진화와 생물 진화를 구분하여 설명하지도 않고 두 현상을 모두 진화론으로 설명하는 범위라는 가정하에 설명을 하였다.

Smith(2010b)는 최초의 생명체 기원에 대한 설명과 다윈의 자연선택 기작에 설명을 구분하지 않는다면, 학생들은 자신의 종교적인 신념에 따른 거부감을 느끼고 진화에 부정적인 감정을 가지게 될 수 있다고 하였다. 그러므로 경험 교사 D처럼 화학 진화와 생물 진화를 구분하여 생물학적 진화를 다시 재정의하는 방식은 진화 교육에서 긍정적인 효과를 가져올 수 있다. 지구상 최초의 생명체 기원에 대한 설명은 아직까지 완전하지는 않다. 그러므로 반드시 물질적인 설명으로만 시도할 필요가 없다(Smith, 2010b).

### 3. 진화 교수 실행에 대한 전반적인 인식 차이 분석 결과

#### 가. 생명 과학 분야에서 진화 영역에 대한 중요성 인식

교사들에게 생명 과학 교과목의 7개 대단원 영역을 제시한 후 중요하다고 생각되는 영역들을 순서대로 나열하게 한 결과는 Table 12와 같다.

생명 과학에서 다루는 내용들을 7개로 구분한 영역들에 대해 중요하다는 인식에 따라 순서를 매긴 결과는 연구대상에 따라 차이가 있었다. ‘과학의 탐구’ 영역은 미경험 B, 경험 C, 경험 D 교사들이 모두 1순위로 배치함으로써 다른 영역들에 비해 상대적으로 중요한 영역으로 인식하고 있었다. 이 교사들은 공통적으로 ‘과학의 탐구’ 영역은 생명 과학이 과학의 한 영역임을 알 수 있게 해주기 때문에 중요한 영역이라고 이야기하였으며 이는 교사들이 과학교육 연구 결과를 바탕으로 하여 최근에 과학교육과정에서 강조해 온 ‘과학의 본성’이 과학 수업에 있어서 중요함을 인식하고 있음을 보여주는 결과였다.

‘진화와 생물의 다양성’ 영역은 미경험 A, 경험 C, 경험 D 교사들이 1순위 또는 2순위로 배치하여 다른 영역들에 비해 상대적으로 중요한 영역으로 인식하고 있음을 확인할 수 있었다. 다음은 ‘진화와 생물의 다양성’ 영역을 중요하다고 보고 이를 우선순위에 둔 교사들의 면담 내용이다.

〈미경험 교사 A〉

졸업하고 나서 사실 이 전공을 살리지 않을 바에 뭐가 중요할까 생각해 보니깐 ‘진화와 생물의 다양성’이 난 제일 중요한 거 같더라구요? 그래서 연관된게 ‘생식과 유전’, ...(중략)... 그리고 요즘 ‘생태계가 중요하니까..

물론 여기 생물의 다양성하고 생태계가 좀 연관되는 거 같아서요.

〈경험 교사 C〉

‘진화와 생물의 다양성’ 단원이 큰 그림을 그려줄 수 있기 때문에 중요하다고 생각을 하기는 해요 ... (중략)... 이 단원의 가장 핵심인 진화는 다른 생물의 반, 생물의 성질이나 혹은 특성을 나타내주는 그런.. 큰 원인, 근원적인 원인이기 때문에 가장 중요하게 다룰, 중요한 거 같구요. ... (중략) 물질 대사, 자극과 반응, 생식과 유전이 왜 이렇게 일어났는지를 설명할 때 가장 설명하기 좋은 도구? 라고 생각을 해요.

〈경험 교사 D〉

생명과학이 바탕이 되는 게 어쨌든 진화를 가지고 바탕이 되고 있어서 ‘진화와 생물의 다양성’을 먼저 배우고(후략)

진화 연구 경험 교사들은 진화론을 생명과학 전 영역을 설명할 수 있는 통합 원리로서 인식하고 있었다. 그들은 진화가 생명 과학의 바탕이 되어 생물의 특성을 설명할 수 있는 근본적인 원인이 되므로, 중요성에서 우선순위에 두었다고 하였다. 반면, 미경험 교사 A는 생물의 다양성과 생태계를 설명하기 위해 진화 개념이 필요한 것으로 보았으며 ‘진화와 생물의 다양성’과 연관된 ‘생식과 유전’, ‘생태계’를 그다음으로 중요한 영역이라 생각한다고 하였다. 미경험 교사 B는 ‘진화와 생물의 다양성’을 생명과학 대단원 7개 영역에 대한 중요도 순서에서 중간 정도인 네 번째로 두었으며, 진화 개념 자체는 중요하다고 생각하나 진화를 통합적 개념으로는 사용할 수 없다고 하였다. 또한 미경험 교사 B는 진화가 과학의 기본이라고 배웠기 때문에 중요하다고 생각함으로써 교수자 권위에 의한 개념화 경향을 보였다. 다음은 이에 대한 미경험 교사 B의 면담 내용이다.

네, 중요한거 같아요. 어.. 모든게~ 진화를 전제로 되어 있는 거니까 중요하다 생각해요. ... (중략)... 그러니까 진화라는 거는~ 그냥 과학의 기본이라고 배웠기 때문에 중요하다고 생각하는 거 같아요. ... (중략)... 만약에 진화가 아니고 다른 창조를 가지고 말을 하면은~ 그냥 신께서 이렇게 만들어줬다 하면은 우리가 설명하고 있는게 좀 더 말이 안되는 거기 때문에~ (후략)

미경험 교사 B는 생명 현상 중 물질대사와 같은 관찰 가능한 현상들에 대해 학생들이 아는 것을 중시하였다. 그러나 이처럼 눈에 보이는 생명 현상들의 인과관계를 연구하는 것은 근인적 설명에 지나지 않으며 생명 현상에 대한 완전한 설명을 위해서는 근인적 인과관계 뿐 만 아니라 근원적 인과관계를 포함해야만 한다(Rosenberg, 1985).

Table 12. Teachers' perceptions about the importance orders of the seven areas of biological science

교사	생명과학 교과목의 대단원에서의 중요성 인식 순서													
미경험	A	진화와 생물의 다양성	-	생식과 유전	-	생명공학	-	생태계	-	자극과 반응	-	물질대사	-	과학의 탐구
	B	과학의 탐구	-	물질대사	-	생식과 유전	-	진화와 생물의 다양성	-	생태계	-	자극과 반응	-	생명공학
경험	C	과학의 탐구 진화와 생물의 다양성 생태계			-	물질대사 자극과 반응 생식과 유전			-	생명공학				
	D	과학의 탐구	-	진화와 생물의 다양성	-	생태계	-	물질대사 자극과 반응 생식과 유전	-	생명공학				

## 나. 진화의 통합적 역할 인식 및 적용

네 명의 교사 모두 진화가 중요한 개념이라고 답한 것과는 달리 진화가 생명 과학에서 통합적 역할을 하고 있는지 대해서는 미경험 A, 경험 C, 경험 D 교사는 ‘그렇다’라고 답하였다. 이에 따른 적용 경험 역시 세 명의 교사들만 있음을 확인할 수 있었다. 그러나 이들이 이야기하는 진화의 통합적 역할은 그 의미에 있어서 차이가 있었다. 다음은 미경험 A교사와 두 경험 교사들의 면담 내용이다.

### <미경험 교사 A>

다 할 수 있죠~ 과학의 탐구는 연역적 뿐만 아니라 귀납적도 있으니까 충분히.. 할 수는 있을 거 같은데.. 말을 언급은 다 할 수 있을 거 같아요. 물질대사 가계 되면 일단 간단히 순환계만 보더라도.. 음.. 포유류 하게 되면 뒤 1심방 1심실부터 2심방 2심실까지 있으니까 이걸 진화와 좀 연관 지어 갖고 설명하면서? (중략) 광합성과 호흡에서 특히 광합성 같은 경우는 진화 과정상에서 언제 등장했는지.. 그러가지고 그때 뭐냐? 원시생명체의 진화과정 해가지고.. 단세포, 무기호흡, 종속영양 생물로부터 진화된 과정도 충분히 다 할 수 있을 거 같고, 자극과 반응에서도 감각기관의 진화과정, 상동상사기관 간단하게만 예를 들더라도.. 나올 수 있을 거 같은데? 신경계도 그.. 뭐냐.. 사다리꼴 신경계인가 뭐 해가지고.. 그러니까 신경계를 들어가기 전에 도입 부분으로 이렇게 다양하다~ 어디든지 다 연관시킬 수 있을 거 같은데~ 그 중에서 우리는 이것만 배울 뿐이다~ 이러면서 말은 다 할 수 있을 거 같아요

### <경험 교사 C>

과학의 탐구 이런 영역은 좀 다를 수 있어요~ 그런데, 생명의 특성과 관련된 부분은 전부 다 사용할 수 있는 부분이고.. 사실상 생물뿐만 아니라 그러니까 모든 생물학을 다루는 영역뿐만 아니라 생명체에서 일어나는 모든 활동에 대해서는 진화로 설명을 할 수 있다고 생각을 해요. 그러니까 하다 못해 심리적으로 행복을 느끼는 이유? 이런 것들도 ... (중략)... 전체적인 흐름 이런 걸 설명을 할 때 그런 얘기를 많이 하게 되고, 애들도 이제 그런 식으로 계속 접근을 하다보니까 비슷한 방식으로 이해를 하는 거 같아요. ...

### <경험 교사 D>

음~ 이런 구조와 기능을 생리학 단원에서 설명을 하는데 있어서 그런 구조가 갖추어지기까지는 진화가 연결되어 있어서 그런 기능이 수행되는 것은 이런 구조가 진화했기 때문이다 이렇게 설명을 해야 되고 기능을 위해서 이런 구조가 생기게 되었다 이렇게 설명을 할 수는 없는 거니까~ 진화를 예를 들어 생리학에서 진화뿐만 아니라 생리학에서도 얘길 할 수 있고, 생태계는 생물이 진화하는 건 아니니까.. 아 그리고 생태계에서는 또 환경만 다루는 건 아니고 환경하고 생물하고의 상호영향을 주고받는 내용이 또 주를 이루고 있어서~ 환경하고 생물 사이에 영향을 주고받는 이게 오랜 시간되면 그것이 또 생물의 진화와 연결이 되어 있어서 기본을 두고 설명할 수밖에 없는 거 같아요.

경험 교사 C와 D는 공통적으로 생명 현상의 특성과 관련된 모든 영역에서 진화적 설명이 가능하다고 하였다. 특히 생리학과 같이 구조와 기능 측면에서 전체적인 흐름을 설명할 때 진화적인 설명을 하게 된다고 하였으며, 이에 따라 생태학, 심리학과 같은 분야의 진화적인 설명 또한 가능하다고 이야기하였다.

반면, 미경험 교사 A는 과학의 탐구, 순환계, 배설계, 물질대사, 신경계와 같이 여러 영역에서 진화적인 설명이 가능하다고 하였는데, 이때 미경험 교사 A가 말하는 진화적인 설명은 진화의 주요 개념들을

포함한 설명이 아닌 생물의 다양성 측면을 강조한 것임을 확인할 수 있었다. 즉, ‘진화 과정을 거쳤기 때문에 현재와 같이 생물들이 다양하게 되었다’라는 측면에서 접근을 한 것이다. 이는 위의 미경험 교사 A의 면담 내용 중 밑줄 친 부분인 ‘도입부분으로 이렇게 다양하다’와 같은 표현에서 확인할 수 있다. 또한 생물의 다양성 측면을 강조한 미경험 교사 A의 면담 내용으로 유추해보았을 때 미경험 교사 A가 진화적 설명의 근거로 들었던 ‘귀납적 탐구’는 진화를 현재 남아있는 흔적을 관찰하여 이를 효과적으로 설명하는 예시로써 이야기한 것임을 알 수 있다. 이로 보아 미경험 교사 A는 실질적으로 진화의 통합적 역할에 대해서 정확히 인식하고 있다고 보기 어렵다. 따라서 미경험 교사 A의 생명 현상에 대한 보다 근원적인 이해를 위해서는 진화의 통합적 역할에 대한 인식을 향상시키고 구체적인 사례를 안내받을 수 있는 명시적인 교사 교육이 필요하다(Lee & Cha, 2011).

미경험 교사 B는 진화의 중요성은 배웠기 때문에 알고 있다고 답하였지만, 통합적 역할에 대해서는 인식하고 있지 못함을 확인할 수 있었다. 다음은 미경험 교사 B의 면담 내용이다.

딱히 연관 지을 만한 걸 못 찾겠어요. 그러니까 전제된다는 건 알긴 알겠는데, 그래서 가르치긴 하겠는데, 학생들한테 설명할 때 소화랑 진화, 이렇게 직접 연결시켜 설명할 만한 게 많이 없는 거 같아요. 그러니까 전제되는 건 알겠는데 뭔가 당위성을 설명하기 힘든 거 같아요. 그러니까 능력 부족인가 같아요, 이거는

미경험 교사 B는 진화에 대한 내용 그 자체를 가르칠 수는 있지만 진화의 원리를 다른 영역과 연결시켜 설명하는 것에 대해서는 어려움을 토로하였다. 미경험 교사 B는 생물 전공자임에도 불구하고 종교적인 신념이 있어서 진화를 자신 있게 설명하지 못하며, 이에 따라 생명 현상과 진화에 의한 근원적인 원인을 적절히 연결하는 것에도 낮은 효능감을 보였다. 물론 실제 수업에 적용한 경험도 없다고 하였다. 그렇지만 생명 과학 전 영역을 통합할 수 있는 개념으로 진화보다 더 적절한 것은 생각나지는 않는다고 하였다.

## 다. 현행 교과서 및 교육과정에서의 진화 비중에 대한 인식

교과서 및 교육과정에서의 진화가 가지는 비중에 대한 교사들의 판단은 크게 둘로 나뉘볼 수 있다. 미경험 교사 A와 B, 그리고 경험 교사 D는 진화 단원이 다른 영역과는 분리된 별 개 단원으로 설정되어 특정 단원에서만 다루지고 있으며, 그 비중 또한 낮다고 했다. 이들은 공통적으로 생명과학 I 이 생명과학 II의 선행과목으로써 진화 내용에서 연계성이 부족하고 생명현상을 설명하는 밑바탕으로 제시되어 있지 않음을 지적하였는데, 이는 2009 개정 교육과정과 교과서에서 진화 개념의 연계성이 잘 이루어지지 않다는 Woo & Cha(2013)의 연구 결과와 같다. 경험 교사 A는 전체적으로 현행 교육과정에서 진화의 비중이 이전 교육과정에서 보다는 증가하였으나, 어떤 측면에서 증가하였는지에 대한 자세한 언급은 없었다. 생명과학 II에서는 세 명의 교사 모두 진화 단원이 비중이 있음을 언급하였으며, 경험 교사 D는 생명과학 II 역시 진화 내용을 별개로 구성하여 생명현상을 설명하는 밑바탕으로 제시되어 있지 않음을 지적하였다.

‘고등학교 과학’에 대해서는 미경험 교사와 경험 교사의 입장이 서로 달랐다. 경험 교사들은 과학이 스토리 중심으로 우주의 기원부

터 생물의 진화까지 연결하여 생물 전반을 진화를 핵심으로 두고 설명하고 있다고 한 반면, 미경험 교사 A는 진화 관련 내용이 자연선택과 현대 종합 진화설 부분만 있다고 하였다. 고등학교 과학은 화석과 같은 지구의 역사와 관련된 내용도 진화 단원에 포함시켜 중요하게 다루고 있으나(Woo & Cha, 2013), 미경험 교사 A는 고등학교 과학에서 진화 단원의 존재조차 인지하지 못했다.

현행 교과서 및 교육과정에서 진화교육의 어려운 점과 개선점으로, 미경험 교사들은 공통적으로 진화 내용을 완벽하게 이해하기 어렵기 때문에 이에 따라 교수 실행 시에 자신감도 떨어지게 된다고 했다. 또한 적절한 예시와 같은 교수·학습 자료의 부족도 진화 교육의 어려움으로 지적하였다. 이는 교사 스스로 진화 내용에 대한 자신감을 가지고 수업에 임하며, 수업을 재구성하여 학생들에게 제시할 수 있는 수업의 주체라는 인식을 가지고 있기 때문으로 생각된다.

경험 교사 D는 교과서의 목적론적 표현에 대한 우려를 나타냈다. 그동안 진화 교수·학습은 목적론적 또는 의인화된 비유적 언어를 사용한 의사소통 또는 일상생활에서 무분별하게 사용되는 단어에 의한 의미 혼돈과 같이 본질적으로 부정확하고 부적절한 언어 사용에 의해 어려움을 겪어 왔다(Moore *et al.*, 2002). 그러므로 교사는 진화 관련 오개념에 대해 알고 이를 학생들에게 명시적으로 알려줄 필요가 있다는 것이다(Smith, 2010a).

이러한 진화 교육의 어려움을 바탕으로 교사들은 모두 교과서 및 교육과정에서 진화 내용이 개선되어야 한다고 하였으며 미경험 B, 경험 C, 경험 D 교사는 진화 단위 뿐만 아니라 비진화 단위에서도 진화 내용을 밑바탕에 두고 연계하여 학생들이 생명과학 내용을 배우면서 자연스럽게 진화의 중요성을 인지할 수 있도록 해야 한다고 하였다.

#### 라. 진화 교수 실행에 영향을 미치는 교사들의 종교적 신념에 대한 인식

교사들은 모두 교사 자신의 종교적 신념이 진화 교수·학습 상황에 영향을 미치지 않는다고 답하였다. 반면, 미경험 A, 경험 C, 경험 D 교사는 학생들의 종교적 신념에 대해서는 진화 교수·학습 상황에 영향을 미칠 수 있다고 하였다. 이러한 상황에 직면하였을 때 교사들은 면담에서 다음과 같이 대처한다고 답했다.

##### <미경험 교사 A>

답은 항상 정해져 있었어요. 그건 과학이 아니라고 그냥, 방법적인 면에서, 그러니까 절대로 내가 언급할 필요는 없다! 질문하면 대답해 주긴 하겠지만..

##### <경험 교사 C>

이거는 양자선택의 문제가 아니죠. 그러니까 하나를 받아들인다고 하나를 버릴 문제가 아니기 때문에 종교와 과학은 관점이 다르다라는 측면으로 설명을 하고, 과학적인 측면에서 봤을 때 너무나 증거가 충분한 이론이라는 것을 여러 사례를 들면서 얘기를 해주고, 그게 비단 생물학 교과서 내에 한정되지 않고 이제 여러 가지 상황에 대해서 대비를 하면서 얘기를 하구요.

##### <경험 교사 D>

설명할 때 그 창조적인 내용에 대해서는 이거 무조건 아니다 이렇게

설명을 하지 않고 이게 이런 사실이나 이론들이 논리적으로 연결되어 진화가 이렇게 된거다 이렇게 얘기를 하면 충분히 받아들일 수 있을 거 같아요.

이 교사들은 공통적으로 과학과 종교의 다른 점을 들어서 학생들이 진화론을 받아들일 수 있도록 설명을 한다고 했다. 즉, 진화론이 과학이 갖는 특징들을 충족하기 때문에 과학이라는, 과학의 본성적인 측면을 강조하여 설명한다는 것이다. 특이한 점은 미경험 교사 B는 ‘과학의 탐구’를 중요한 영역으로 보았음에도 불구하고 진화론이 교과서에 수록되었기 때문에 배워야 한다고 했다. Hokayem & BouJaoude (2008)에 따르면, 과학의 본성을 이해하지 못한 사람들은 창조론이 왜 과학적으로 고려할 수 없는 이론인지에 대해 이해하지 못한다고 한다. 그렇다면, 미경험 교사 B는 과학의 본성에 대해 완벽하게 이해하지 못하고 있어서 과학적 주장과 비과학적 주장을 구별하지 못한 것으로 보인다(Smith & Siegel, 2004). 다음은 이와 같은 추론이 가능함을 보여주는 미경험 교사 B의 면담 내용이다.

음.. 어 창조론은 신이 이렇게 만들었다는 거인데~ 사실 현재 교과서와 있는 어.. 좀 충돌되는 내용이 있다~(웃음) 하지만 교과서로 공부해야 된다 이렇게 말할 수 밖에 없을 거 같아요.

실제로 교사 네 명은 모두 교사 자신의 종교적인 신념이 진화 교수·학습 상황에 영향을 미치지 않는다고 하였지만, 면담 결과 기독교와 천주교를 종교로 가지고 있는 미경험 교사 B와 경험 교사 C는 종교가 없는 교사들과는 다른 특징을 보였다. 종교가 없는 교사들은 진화교육 연구 경험과 관계없이 학생들이 창조론에 대해 묻는 상황이 왔을 때만 진화론과 창조론을 비교하여 설명한다고 한 반면에, 기독교적 기반 종교를 가지고 있는 교사들은 진화론 수업에 교사가 주도적으로 창조론과 진화론을 비교하여 설명하고 있었다. 그들은 진화론과 창조론에 대해 언급할 때 ‘신께서’, ‘신앙’과 같은 단어를 사용하였다. 이러한 종교적인 단어의 사용으로 생명 과학에서 갖는 진화의 중요성 인식 여부와 상관없이 과학과 종교적인 신념의 완벽한 분리가 어려움을 또 다른 측면에서 엿볼 수 있었다. 미경험 교사 B는 본인과 학생들은 종교가 진화 교수·학습에 영향을 미치지 않는다고 답은 했지만, 실제로는 영향을 미치고 있다는 인식을 갖고 있음을 확인할 수 있었다.

#### 마. 진화 교수 개선 방안

경험 교사들은 진화 교육에 대한 연구를 통해 진화의 중요성을 인식하고 난 뒤 수업에 있어서도 변화가 나타났다고 답하였다. 진화 교육 연구 경험 교사 C는 모든 생명과학 수업 시간의 목표가 진화는 아니지만, 생명과학 교수 실행에서 전반적인 진화적 관점의 도입은 그리 어렵지 않다고 답하였다. 다만, 생명과학 수업에 있어서 진화적인 관점을 가지고 있는 것은 중요한데, 아직 진화의 중요성을 인식하지 못하였거나 또는 진화적인 관점으로 수업 내용을 바라보고 재조직하는 데 익숙하지 않은 교사들을 위한 교사재교육 자료나 교사 연수 과정은 필요하다고 했다. 과학 교사의 전문성 신장을 위해서는 실험 연수뿐만 아니라 과학 개념과 관련된 연수도 시행될 필요가 있다(Kim *et al.*, 2012). 또한 연수의 필요성조차 느끼지 못하는 교사들을 위한 다양한 형태의 교사 재교육 및 연수 과정을 개발할 필요가 있다.

진화교육 연구 경험 교사 D는 주로 학생들이 목적론적 사고를 하지 않도록 능동형 표현의 사용에 유의해야 한다고 하였다. 수업은 언어 중심의 의사소통이므로 조심하지 않을 경우 쉽게 목적론적 또는 의인화된 설명으로 돌아갈 수 있다(Moore *et al.*, 2002). 이 교사는 진화에 대한 오개념이 언어 표현에 의해서도 발생할 수 있음을 인지하고 있었으며, 이에 따라 교수 실행 시 언어 표현에 특히 유의하고 있었다. 그리고 교육과정 상에서 진화의 중요성을 강조하기 위해서는 진화 단원을 앞에 배치해야 한다고도 하였다.

한편, 미경험 교사 A는 앞으로 생명과학 교수학습에 진화적 관점을 적용할 의사가 있다고 밝혔으며 경험 교사 C 처럼 교사는 수업 내용을 재조직할 수 있으므로 수업에 진화적인 관점을 도입하는 것은 큰 문제가 되지 않는다고 하였다. 또한 진화의 중요성은 생명과학 교사라면 누구나 당연히 알고 있는 내용이기 때문에 진화의 중요성을 인식하기 위한 연수가 특별히 필요하지는 않다고 하였다. 그는 실제로는 많은 생명과학 교사들이 진화론은 하나의 가설이라고 믿고 있다고 했다. 또한 진화의 중요성을 인식하고 있더라도 부족한 수업 자료 및 시수, 종교적인 신념, 진화론에 대한 불확실성, 진화적 관점이 부족한 교육과정 등에 의해 생명과학 교수에 반영하지 못하는 경우가 많다(Lee & Lee, 2008)고도 했다.

생물 교사가 비생물 교사보다 진화에 대해 더 많은 지식과 더 적은 오개념을 가지고 있으며 진화의 수용도도 높은 것으로 나타났지만(Nehm *et al.*, 2009), 여전히 진화 교수를 거부하고(Lee & Lee, 2008), 다른 영역과 비교했을 때 상대적으로 중요성이 낮다고 생각하는 생물 교사들은 많다(Lee & Cha, 2011). 그리고 미경험 교사 A처럼 교사 스스로는 진화의 중요성을 인식하고 있다고 생각하지만, 실제로는 생명 현상을 설명함에 있어서 진화 주요 개념들을 활용하지 못하고 생명 과학 교수 실행 시 많은 오개념을 드러내는 경우도 있다.

미경험 교사 B는 앞으로 생명 과학을 가르칠 때, 진화적인 관점을 적용할 의사가 있다고 했다. 그는 진화적인 관점을 통해 생명과학 수업을 진행했을 때 예상되는 어려움으로 학생들의 반발을 들었다. 미경험 교사 B는 앞선 질문에서 교사 자신 및 학생의 종교가 생명과학 교수·학습에 영향을 미치지 않는다고 답하였으나 실제로 녹음된 미경험 교사 B의 수업에서는 종교와 생명과학 수업이 분리되지 않았다. 그리고 진화적인 관점을 도입한 수업에 대한 예상에서 ‘학생들의 반발’을 어려움이라 이야기한 것은 교사 스스로 진화를 완전히 수용하지 않기 때문에 학생들도 진화를 수용하지 않는다고 생각하는 것 같다. 진화 수용에 있어서 가장 중요한 것은 과학, 종교, 철학, 예술 등이 서로 다른 지식의 본성을 가지고 있음을 아는 것이며, 이 중 어느 하나를 수용하는 것이 반드시 다른 하나를 거부하는 것이 아님을 교사들이 인식할 필요가 있다(Smith, 2010b).

미경험 교사 B는 현재는 본인이 생명과학 교과 내용을 잘 가르치는 것에 관심이 있으므로 진화의 중요성을 인식할 수 있는 연수는 수강할 의향이 없다고 하였다. 하지만 생명 현상을 인과적으로 설명하기 위해 진화론에 대한 이해는 필수적이므로(Cummins & Remsen, 1992) 교사는 진화의 중요성을 인식하고 진화적 역사에 기반 한 설명을 할 수 있어야 한다. 또한 미경험 교사 B는 연수를 거부한 다른 이유로 과학이라는 잣대로 창조론이 평가받는 것에 대한 두려움을 들었는데 이 또한 과학과 종교는 양자택일의 문제가 아님을 인식시킴으로써 종교적인 신념을 잃는 것에 대한 우려를 불식시켜 줄 필요가

있다(Smith, 2010a). 종교적인 신념에서 비롯된 진화에 대한 저항은 명시적으로 다루어야 한다(Nelson & Southerland, 2010). 그러므로 미경험 교사 B가 앞에서 제안한 바와 같이 생명과학 교과 내용을 잘 가르치기 위해서 그리고 종교적인 신념을 과학과 분리하기 위해서는 진화론의 중요성을 인식할 수 있는 교사 재교육 과정과 프로그램이 반드시 필요하다.

#### IV. 결론

이 연구에서는 진화 교육 연구 경험이 있는 교사 두 명과 경험이 없는 교사 두 명을 목적 표집하여, 그들이 생명과학 교수를 실행할 때, 사용하는 진화 교수 내용과 진화에 대한 인식을 알아보았다. 이 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

먼저 교사들이 진화 개념을 이해하는 정도와 그들이 활용하는 진화 주요 개념들의 빈도는 관련성이 없었다. 진화 개념 검사 결과는 진화에 관한 연구 경험 여부와 관계없이 교사들은 진화 개념을 잘 이해하고 있다는 것으로 드러났지만, 진화 교육 연구 미경험 교사들은 수업에서 생명 현상을 설명할 때 진화 주요 개념들을 다양하게 활용하지 못했다. 생물 교육에서는 생명 현상에 대한 근인적인 설명 뿐 만 아니라 생명 현상이 나타나는 궁극적인 즉, 진화적인 원인을 반드시 포함시켜 설명할 줄 알아야 한다. 진화적 설명은 진화 단원을 수업할 때에만 필요한 것이 아니고, 생명과학 수업 전반에 잠정적으로 포함되어 있기 때문이다. 생물교사가 진화 주요 개념에 대한 명시적인 지식을 이해하는 것은 물론 중요하다. 하지만, 이 개념들을 활용하여 그들이 교수를 실행할 줄 아는 것은 더 중요하다. 그러므로 교사들이 진화 주요 개념들을 활용하여 생명 현상을 의미 있게 설명할 수 있는 전문성을 나타내기 위한 실질적인 교수학습 자료가 필요하다.

둘째, 진화교육 연구 경험이 있는 교사들의 경우에는 교육과정 및 교과서에서 진화가 제시된 형태에 대해 구체적으로 파악하고 있었다. 진화교육 연구 경험이 없는 교사들은 진화의 중요성을 인식하지 못했고, 교육과정 및 교과서 상에서 진화가 한 개의 단원으로 포함되어 있다는 사실은 인지하고 있었지만, 현재 진화 단원이 어떤 내용들로 구성되어 있는지, 이전의 교육과정과 비교하여 어떤 변화가 있는지 등에 대한 관심이 부족했다. 또한, 실제 교수 실행에 교육과정에서 변화된 진화 수업을 실제로 어떻게 적용해야 할 지에 대한 인식이 없었고, 이전 교육과정에 포함되었던 진화 내용에 기반으로 한 교수 계획만 가지고 있는 모습을 보여주었다. 그러므로 교사들이 변화하는 교육과정에서 진화가 어떻게 제시되고 있으며, 이를 수업에서 어떤 형태로 실행해 나가야 되는지에 대한 기회를 제공할 필요가 있다.

셋째, 진화의 중요성을 인식하고 있는 진화 교육 연구 경험 교사들은 진화 관련 대안 개념들에 대해서 잘 알고 있었고, 오개념에 대한 주의를 하면서 수업을 진행했다. 진화 교육 연구 경험이 있는 교사들의 교수 실행 과정에서 많지는 않지만, 오개념이 나타났는데 - 진화 교수 실행에서 오개념없는 수업은 거의 불가능에 가깝음 정도로 어렵다 - 이들은 쉽게 자신들이 수업 실행시 오개념으로 설명했음을 인지했고, 이러한 오개념이 나타나게 된 원인까지 설명을 했다. 하지만 미경험 교사들은 진화에 대한 오개념이 많을 것으로 예상을 하고 있지만, 실제 자신들의 교수 실행 과정에서 진화 오개념이 어떤 형태로

나타나는지, 교사는 이러한 오개념 형성을 막기 위해 어떻게 해야 하는지에 대한 인식은 없었다. 또한, 자신의 수업에서 나타난 오개념을 스스로 인지하지 못했다.

결론적으로 이 연구로 진화 교육에 대한 연구 경험을 통해 진화의 중요성을 인식하고 있는 교사들은 생명과학 교수 실행 시 생명 현상 전반에 진화적 설명을 할 수 있게 되었음을 확인했다. 또한, 그들은 자신들의 생명과학 수업 실행에서 진화 관련 오개념을 배제하는 수업을 하기 위해 노력했다. 교수 실행의 주체인 생명 과학 교사들이 진화의 중요성을 인식하는 진화 교육 연구 과정은 생명과학 교수 실행에 중요한 역할을 하고 있음을 이 연구로 확인할 수 있었다.

## 국문요약

이 연구는 생명 과학 교수 실행에 있어서 진화 교육 연구 경험이 있는 교사가 그렇지 않은 교사와 어떤 차이를 나타내는지 알아보기 위해 수행되었다. 연구를 위해 진화 교육에 대한 연구 경험이 있는 교사 두 명과 이에 대한 비교집단으로 진화 교육에 대한 연구 경험이 없는 교사 두 명, 총 네 명의 생명과학 교사들을 목적 표집하였다. 먼저, 사전면담을 통해 교사들의 배경지식을 수집하였으며, 생명과학 수업 중 진화 단원과 비진화 단원을 각각 2차시씩 선정하였다. 녹음된 수업은 전사하였으며, 교사들의 진화에 대한 견해 및 교수 실행에 반영된 진화 내용을 중심으로 분석하였다. 또한, 연구를 위한 기초자료로 과학 교수내용지식 설문지, 진화론의 개념 검사지, 진화론의 수용 검사지를 사용하여 자료수집 및 분석 하였다. 연구 결과 교사들의 진화 개념에 대한 이해 수준은 진화의 중요성 인식과는 관련이 없는 것으로 나타났다. 다만, 교사 개인의 종교적인 신념이나, 진화의 중요성을 인식하는 것에 대한 필요 자체를 느끼지 못함이 진화의 중요성 인식에 부정적인 영향을 미쳤다. 이 때문에 진화교육 연구 미경험 교사들은 진화의 중요성을 인식할 수 있는 교사 재교육 기회도 거부하는 경향을 보였다. 또한 미경험 교사들은 교과서 및 교육과정에서 나타난 진화 개선점에 대해 피상적으로만 파악하고 있었다. 생명과학 교수 실행 내용을 분석한 결과 경험 교사들의 진화 주요 개념 활용 비율이 더 높게 나타났다. 그리고 경험 교사들만이 자신의 교수 실행에서 나타난 오개념을 스스로 인지하고 이러한 오개념이 나타나게 된 원인에 대해 설명을 했다. 이를 통해 진화 교육 연구 경험 교사가 진화 주요 개념들을 폭넓게 활용할 뿐만 아니라 진화 관련 오개념 방지에 더 실천적임을 확인하였다. 연구 결과는 생물 교육에서 진화의 중요성을 깨닫지 못한 교사들에게 좀 더 다양하고 많은 진화 관련 교사교육 프로그램을 제공할 필요성을 알려준다.

**주제어** : 교수실행, 진화, 진화 연구 경험, 진화 오개념, 과학 교사 교육

## References

Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (1998). The Nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82(4), 417-436.

Bishop, B. A., & Anderson, C. W. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), 415-427.

Cummins, C. L., & Remsenm J. V., Jr. (1992). The Importance of distinguishing ultimate from proximate causation in the teaching and learning of biology. Second international conference on the history and philosophy of science and science teaching, The Faculty of Education Queen's at Kingston University, Ontario, Canada.

Dovzhansky, T. (1973). Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *The American Biology Teacher*, 35(3), 125-129.

Francis, L. J., & Greer, J. E. (2001). Shaping adolescents' attitudes towards science and religion in Northern Ireland: The role of scientism, creationism and denominational schools. *Research in Science and Technological Education*, 19(1), 39-53.

Ha, M., & Cha, H. (2006). Analysis of mis-conceptualizations regarding evolution originating from TV animation and science books for children. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 25(4), 352-362.

Ha, M., Lee, J., & Cha, H. (2006). A Cross-sectional study of students' conceptions on evolution and characteristics of concept connection formation about it in terms of the subjects: Human, animals and plants. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 26(7), 813-825.

Ha, M., & Lee, J. (2011). Pre-service biology teachers' understanding of the real world application of evolutionary theory. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 31(8), 1186-1198.

Heo, Y. (2010). The relationship between Christian belief and the concept of evolution. Master's Thesis. Graduate School of Korea National University of Education.

Hokayem, H., & BouJaoude, S. (2008). College students' perceptions of the theory of evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(4), 395-419.

Jung, J., & Kim, H. (2009). High school students' argumentative and conceptual aspects in evolutionary explanation constructed based on evidences of textbook. *The Korean Journal of Biology Education*, 37(4), 526-542.

Kim, H., & Chang, N. (2002). The Proportion of evolutionary contents in high school biology textbooks. *The Korean Journal of Biology Education*, 30(2), 158-165.

Kim J., & Cha H. (2014). Association analysis of variables affected for macro-evolution conceptions of in-service and pre-service biology teachers. *Biology Education*, 42(4), 428-438.

Kim, J., Kim, K., Lee, J., Hwang, M., & Kim, J. (2012). Effect and recognition of peer instruction in training of in-service science teachers. *Journal of Science Education*, 36(1), 84-93.

Ku, S. (2013). Investigation of the nature of biology with respect to evolutionary theory and development of program for enhancing teachers' understanding of the nature of biology. Doctoral Dissertation. Graduate School of Korea National University of Education.

Lee, C., Lee, M., & Lee, K. (2007). The Analysis of middle and high school students' misconception pattern and cause of each misconception pattern in evolution. *The Korean Journal of Biology Education*, 35(4), 181-195.

Lee, M., & Lee, K. (2008). In-service and pre-service science teachers' perception of evolution and evolution class. *The Korean Journal of Biology Education*, 36(4), 587-599

Lee, S., & Cha, H. (2011). Science teachers's perception of the role of evolution theory in biology. *The Korean Journal of Biology Education*, 39(2), 181-195.

Lee, S. (2012). Development of a teacher education program for improving teachers' perception about the unified role of evolution in biology. Master's Thesis. Graduate School of Korea National University of Education.

Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 370-391.

Mayr, E. (1982). *The growth of biological thought: Diversity, evolution and inheritance*. Cambridge, MA:Harvard University Press.

McKeachie, W. J., Lin, Y. G., & Strayer, J. (2002). Creationist vs. evolutionary beliefs: Effects on learning biology. *The American Biology Teacher*, 64(3), 189-192.

Meadows, L., Doster, E., & Jackson, D. F. (2000). Managing the conflict between evolution & religion. *The American Biology Teacher*, 62(2), 102-107.

Moore, R., Mitchell, G., Bally, R., Inglis, M., Day, J., & Jacobs, D. (2002). Undergraduates' understanding of evolution: Ascriptions of agency as a problem for student learning. *Journal of Biological Education*, 36(2), 65-70.

Nadelson, L. S., & Southerland, S. A. (2010). Development and preliminary evaluation of the measure of understanding of macro-evolution:

- Introducing the MUM. *The Journal of Experimental Education*, 78(2), 151-190.
- Nehm, R. H., & Reilly, L. (2007). Biology majors' knowledge and misconceptions of natural selection. *BioScience*, 57(3), 263-272.
- Nehm, R. H., & Schonfeld, I. S. (2007). Does increasing biology teacher knowledge of evolution and the nature of science lead to greater preference for the teaching of evolution in school? *Journal of Science Teacher Education*, 18(5), 699-723.
- Nehm, R. H., & Schonfeld, I. S. (2008). Does increasing biology teacher knowledge of evolution and the nature of science lead to greater preference for the teaching of evolution in schools? *Journal of Science Teacher Education*, 18(5), 699-723.
- Nehm, R. H., Kim, S. Y., & Sheppard, K. (2009). Academic preparation in biology and advocacy for teaching evolution: Biology versus non-biology teachers. *Science Education*, 93(6), 1122-1146.
- Nehm, R. H., Ha, M., Rector, M., Opfer, J., Perrin, L., Ridgway, J., & Mollohan, K. (2010). Scoring guide for the Open Response Instrument(ORI) and Evolutionary Gain And Loss Test(EGALT). Technical Report of National Science Foundation REESE Project 0909999, 1-40.
- Nieswandt, M., & Bellomo, K. (2009). Written extended-response questions as classroom assessment tools for meaningful understanding of evolutionary theory. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(3), 333-356.
- NRC (National Research Council) (2003). *Improving undergraduate education in science, technology, engineering and mathematics*. Washington, DC. [http://books.nap.edu/openbook.php?recore\\_id=10711&page=R1](http://books.nap.edu/openbook.php?recore_id=10711&page=R1) (accessed 8 March 2008).
- NRC (National Research Council) (2011). *A Framework for K-12 science education: practices, cross-cutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academics Press.
- Park, J., Lee, M., & Lee, G.,(2003). The Effects of activity-centered instruction on understanding of natural selection concept. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*. 23(5), 505-516.
- Park, J. (2013). Comparative study on the content elements and explanation way of evolution presented in science textbooks of Korea and the US. *Biology Education*, 41(3), 406-420.
- Rosenberg, A. (1985). *The structure of biological science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rutledge, M. L., & Warden, M. A. (2000). Evolutionary theory, the nature of science and high school biology teachers: Critical relationships. *The American Biology Teacher*, 62(1), 23-31.
- Rutledge, M. L., & Mitchell, M. A. (2002). High school biology teachers' knowledge structure: Acceptance and teaching of evolution. *The American Biology Teacher*, 64(1), 21-28.
- Silva, P. R., Andrade, M. A. B. S., & Caldeira, A. M. A. (2014). Biology teachers' conceptions of the diversity of life and the historical development of evolutionary concepts. *Journal of Biological Education*, <http://dx.doi.org/10.1080/00219266.2014.882377>.
- Smith, M. U., & Siegel, H. (2004). Knowing, believing, and understanding: What goals for science education? *Science and Education*, 13(6), 553-582.
- Smith, M. U. (2010a). Current status of research in teaching and learning evolution: I. Philosophical/Epistemological issues. *Science and Education*, 19(6-8), 523-538.
- Smith, M. U. (2010b). Current status of research in teaching and learning evolution: II. Pedagogical issues. *Science and Education*, 19(6), 539-571.
- Woo, H., & Cha, H. (2013). A Study on connectivity of the unit of evolution between secondary school biology textbooks reformed according to the 7th and 2009 revised. *Biology Education*, 41(4), 618-637.