

예비 과학교사의 과학의 본성에 대한 인식 조사: 생물과 비생물 교사와의 비교

김 선 영*
부산대학교

Exploring Preservice Science Teachers' Views of the Nature of Science: Biology vs. Non-Biology Teachers

Sun Young Kim*
Pusan National University

Abstract: This study aims to explore preservice teachers' overall views of nature of science and compare their views by gender and certificate area (biology vs. non-biology teachers). In addition, a comparison with American preservice teachers' views was also implemented. The Views of Nature of Science (Abd-El-Khalick, 1998), an open-ended questionnaire, is utilized to explore participants' views of nature of science. Along with 'definition of science', six aspects of the nature of science, (1) theories and laws, (2) tentativeness, (3) social and cultural embeddedness, (4) creativity, (5) theory-laden, and (6) inference, were investigated. The qualitative result indicates that the participants' first image of science was about the method of science such as observations and experiments. Furthermore, these preservice science teachers particularly have a difficulty in differentiating between scientific theories and laws, and understanding the importance of creation and imagination in developing scientific knowledge. In addition, compared to American preservice teachers' view of the nature of science, Korean preservice teachers possess naive views in creative and imaginative aspect. Interestingly, biology teachers demonstrated lower understanding in theories and laws as well as tentativeness of scientific knowledge. However, there is no difference by gender.

Key words: nature of science, preservice teachers, gender

I. 서 론

오늘날 과학교육의 목표는 단순한 과학적 지식의 전달에서 탈피하여 과학적 소양(scientific literacy)을 기르는데 있다. 과학적 소양은 기본적인 개념·법칙·원리의 이해, 다양한 과학적 방법들에 대한 이해와 그의 적절한 사용, 과학적 이론의 일상생활 접목, 과학·기술·사회의 이해 및 문화·도덕·종교적 영향을 받으면서 형성된 과학사의 이해를 포함한다(Matthews, 1994).

과학의 본성(Nature of science)은 과학의 인식론, 즉 앞의 한 방법으로서의 과학, 또는 과학적 지식과 그것의 발달 과정에 대한 믿음과 가치로서 정의되며(Lederman, 1992), 따라서 과학의 본성에 대한 이해는 과학적 소양을 기르기 위한 중요한 요소이다

(AAAS, 1993; NRC, 1996).

우리나라의 현행 제7차 과학교육과정에서도 학생들의 과학적 소양의 함양을 명시하고 있다. 그러나 미국의 과학교육과정과 달리 과학의 본성에 대한 명확한 정의가 언급되어 있지 않은 실정이다. Abd-El-Khalick & Lederman(2000)에 따르면 과학자, 과학철학자, 그리고 과학교육학자들 사이에 올바른 과학의 본성에 대한 이견이 있기는 하지만, 경험적(empirical), 잠정적(tentative), 창의적(creative), 사회적·문화적(social and cultural), 이론 의존적(theory laden), 유추(inference), 그리고 이론과 법칙(theory and law) 등 몇 가지 측면에 대해서는 일치점을 보이고 있다.

학생 및 교사의 과학의 본성에 대한 인식을 조사하기 위해 다양한 설문지가 개발되어져왔다. 초기에는

*교신저자: 김선영(syk519@pusan.ac.kr)

**2009.09.29(접수) 2010.03.08(1심통과) 2010.03.10(최종통과)

NOSS(Kimball, 1967-1968)와 NSKS(Rubba & Anderson, 1978) 등 주로 Likert형 문항 또는 다항 선택식 문항 등이 이용되어져 왔으나, Likert형 및 선다형 설문지는 학생들의 다양한 의견을 알 수 있는 기회를 제한한다는 문제점이 제기되어왔다. 그 이후 개방형 설문지인 VNOS (Abd-El-Khalick, 1998)가 개발되어져 광범위하게 이용되고 있다. VNOS는 과학이 무엇인가에 대한 질문, 과학적 이론과 법칙의 차이, 과학적 이론의 임시성, 과학의 사회적·문화적 영향, 그리고 과학자들의 창의력과 상상력의 사용 등의 문항들을 포함하고 있다.

과학의 본성에 대한 강조에도 불구하고 학생과 교사 모두 과학의 본성에 대한 올바른 관점을 가지지 못하고 있는 실정이다(Lederman, 1992; Rubba *et al.*, 1981). 교사의 과학의 본성에 대한 잘못된 인식은 수업에 반영되며 이는 학생의 과학 개념 형성에도 영향을 미친다. 따라서 예비 과학교사의 과학의 본성의 여러 측면들에 대한 이해도 조사를 통해 이를 교사 교육 과정에 반영하여 학생들이 과학에 대한 올바른 이해를 가지도록 할 필요가 있다.

우리나라에서도 교사와 초·중고등학생의 과학의 본성의 이해도에 대한 다양한 조사가 이루어져 왔다. 과학교사들의 과학의 본성에 대한 관점 조사(조정일 & 주동기, 1996), 대학생들의 과학의 본성에 대한 이해도 조사(박현주 & 이금희, 2005), 중학생의 과학적 탐구 및 과학의 본성 영역에서의 국제 성취도 분석(홍미영, 2002), 초등학생의 과학의 본성에 대한 견해 조사(노태희 등, 2002), 과학 영재의 과학의 본성에 대한 인식 조사(김경대 등, 2006), 및 예비과학교사의 과학의 본성에 대한 인식 조사(남정희 등, 2007) 등이 이루어져 왔다.

이와 같이 과학의 본성에 대한 연구는 다양한 대상들을 토대로 이루어져왔을 뿐만 아니라, 다양한 방법들, 예를 들어 면담(남정희 등, 2007), 선다형문항(조정일과 주동기, 1996), 개방형 질문지(Seung *et al.*, 2009)를 이용하여 과학의 본성의 이해도를 조사해왔다. 또한 연구마다 과학의 본성의 영역들에 대한 조사도 다양하게 이루어져왔다. 예를 들어, 남정희 등(2007)은 과학의 본성 영역 중 과학지식의 본성, 과학과 기술의 관계, 과학적 방법의 본성, 그리고 과학에 대한 견해로 나누어 조사하였으며, 조정일과 주동기(1996)는 과학의 정의, 과학자의 성품, 과학지식과 실

제세계와의 일치성, 좋은 과학이론의 특성 등에 대해 조사하였다. 노태희 등(2002)은 과학의 목적, 이론의 정의 등과 더불어 모델의 성질에 대한 이해도를 조사하였다. 또한 소원주 등(1998)은 과학교사들의 철학적 관점이 학생들에 미치는 영향을 조사하였다.

뿐만 아니라 과학 교육 영역에서 성별의 차이에 관한 연구는 광범위하게 이루어져 왔으며 그 중요성이 강조되고 있는 실정이다(Barton, 1998). 성별에 따른 과학의 본성에 관한 조사는 초등학생(노태희 등, 2002), 과학영재(김경대 등, 2006), 중·고등학생(한지숙과 정영란, 1997) 및 대학생(박현주와 이금희, 2005)을 대상으로 이루어져 왔으나, 예비 과학 교사의 성별에 따른 과학의 본성인식 조사는 거의 이루어지지 않았다. 또한, 박현주와 이금희(2005)는 대학생들의 과학의 본성의 세 가지 측면(과학적 세계관, 과학적 탐구, 및 과학적 기업)에 대해 조사하고 성별 및 전공(과학교육, 외국어학과, 사회체육학과)에 따른 차이가 있는지 연구하였다.

이와 같이 과학의 본성에 대한 연구는 다양한 연구대상(초등학생, 중고등학생, 대학생, 예비과학교사)으로 과학의 본성의 다양한 영역들에 대한 연구가 이루어져왔으나, 예비과학교사의 성별에 따른 차이 및 전공영역별(생물 대 비생물교사) 차이를 조사한 연구는 거의 없는 실정이다. 생물 영역은 다른 영역과는 달리 이론과 법칙에 대한 논의가 물리나 화학 교과에 비해 드문 실정이며, 특히 생물학에서 진화론이 차지하는 중요성에도 불구하고(Dobzhansky, 1973) 진화론에 대한 이해 부족은 과학의 본성에 대한 이해부족으로 이어지는 경향을 보여(Clough, 1994; Rutledge & Warden, 2008), 전공영역별 비교에서 생물과 비생물교사의 과학의 본성에 대한 이해의 차이를 조사하였다. 뿐만 아니라 본 연구는 한국예비과학교사와 가장 비슷한 특성을 가진 교사들을 대상으로, 본 연구와 동일한 검사도구(VNOS)(Abd-El-Khalick, 1998)로 연구한 Abd-El-Khalick (2005)의 연구결과를 이용하여, 한국과 미국의 예비과학교사의 과학의 본성에 대한 관점을 비교를 통해 여러 과학의 본성의 영역 중 어떤 영역에서 이해도가 낮은지 조사하여 우리나라 예비과학교사의 과학의 본성 교육 시 중점을 두어야 될 부분을 제시하고자 하였다.

따라서 본 연구는 예비 과학교사들의 과학의 본성에 대한 관점을 VNOS (Abd-El-Khalick, 1998) 개

방향 설문지를 이용하여 학생들의 과학의 대한 전반적인 정의와 함께 6가지 측면의 과학의 본성, 즉 (1)과학적 이론과 법칙, (2)과학적 이론의 임시성(tentativeness), (3)과학자들의 창의력과 상상력의 사용, (4)과학의 사회적·문화적 측면, (5)과학 지식의 이론 의존성(theory laden), 및 (6)유추(inference)에 대해 조사하였다. 또한 예비 과학교사들의 전공분야(생물 vs. 비생물 교사) 및 성별에 의한 관점의 차이 조사 및 미국의 예비 과학교사와의 비교를 통해 여섯 가지 과학의 본성의 측면들 중에서 어떤 영역에서 이해도에 차이가 나는지를 연구하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

총 115명의 사범대학 과학교육학부에 재학 중인 학생들이 이 연구에 참여하였다. 참여자들은 사범대학 2, 3학년 학생들이며 평균나이는 23세이며, 일반 생물학 실험을 수강하였다. 참여자들은 생물교육 전공(n=33), 물리교육 전공(n=24), 화학교육 전공(n=36), 및 지구과학 전공(n=22)의 학생들로 구성되었다. 따라서 연구결과를 일반화하기에는 제한이 따른다. Table 1은 연구대상 학생들의 분포를 나타낸다. 또한 이들 학생들은 과학관련 영역 중 일반 물리학, 일반 화학, 일반 생물학, 지구과학과 더불어 각 영역별(물리, 화학, 생물, 지구과학)로 실험과목을 16~32학점 가량 수강하였으며, 과학교육론 내에서 Kuhn, Lakatos, Popper에 대한 논의를 일부 학생들이 공부하였으나 과학의 본성 관련 과목이나 과학철학 과목을 수강한 학생은 없었다.

Table 1
Demographic information

| Bio vs. non-bio preservice teachers | | Gender | n |
|-------------------------------------|---------------|--------|----|
| Bio. | | Male | 16 |
| | | Female | 17 |
| Non-bio. | Chemistry | Male | 17 |
| | | Female | 19 |
| | Physics | Male | 13 |
| | | Female | 11 |
| | Earth Science | Male | 15 |
| | | Female | 7 |

2. 검사 도구 및 분석 방법

예비교사들의 과학의 본성에 대한 인식을 조사하기 위해 View of Nature of Science(VNOS-C)(Abd-El-Khalick, 1998)를 사용하였다. VNOS-C는 전문가 집단에 의해 내용타당도가 검사되어졌다(Abd-El-Khalick, 1998). 총 10문항의 개방형 질문들로 구성된 VNOS-C는 한국어로 번역되었으며, 학부 과학교육 전공 학생 2명과 과학교육 석사과정 전공 학생 2명 의해 번역이 검토되어졌다. 설문지 문항은 과학지식의 가변성(tentative), 과학지식 발달에 있어 과학자들의 창의성과 상상력의 사용(creative/imaginative), 과학의 사회적/문화적 측면(social/cultural), 과학지식 발달에 있어 이론 의존성(theory-laden), 유추(inference), 그리고 과학적 이론과 법칙 (scientific theory & law) 등에 대한 학생들의 인식을 묻는 문항들로 구성되었다.

본 설문지 분석은 양적분석과 질적분석을 동시에 하였다. 올바른 과학의 본성이 무엇인가에 대해서는 과학교육학자, 과학자, 그리고 철학자들 사이에서 몇몇 이견이 있지만, 과학교육계에서는 어떤 인식이 올바른 인식인지에 대해서 일치점을 보이고 있다 (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000). 본 논문은 Lederman 등(2002)이 제시한 과학의 본성에 대한 올바른 관점에 대한 코딩 방법(Table 2)을 토대로 학생들의 답변을 informed view와 naive view로 나누었으며, 이 과정에서 학생들의 설문지 답변만으로 informed view인지 naive view인지 판단하기 힘든 경우 학생들을 면담하여 문항에 대한 답변을 명확히 하였다. 또한 자료 분석의 타당도와 신뢰도를 확보하기 위하여 설문지의 응답을 과학교육 전문가 1명과 석사 과정 2명이 공동으로 분석하였다.

또한 근거이론연구(grounded theory)(Strauss & Corbin, 1994)에 의해 학생들의 답변을 좀 더 자세히 분류화(categorization)하였으며, 학생들의 전공분야(생물 및 비생물 교사) 및 성별에 따른 과학의 본성에 관한 인식의 차이를 조사하기 위해 Mann-Whitney U 검증을 사용하였다.

논문에서 제시한 학생들의 응답 분류 번호는, B1은 생물교육 전공 학생 1번, P2는 물리교육 전공 학생 2번, C3는 화학교육 전공 학생 3번, E4는 지구과학 교육 전공 학생 4번을 나타낸다.

Table 2
Coding scheme of students' responses to VNOS

| Classification | Informed view |
|----------------------------|--|
| Tentative | Scientific theories are changing due to new technology or new evidence. |
| Creative/imaginative | Scientists utilize imagination and creativity in their investigation to produce new idea. |
| Social/cultural | Science reflects social and cultural aspects. |
| Theory-laden | Scientific knowledge is theory-laden. |
| Inferential | Science is based on inference. |
| Scientific theories & laws | Scientific theories provide explanations of how natural phenomena work, while scientific laws are regularity of natural phenomena. |

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 예비과학교사들의 과학의 본성에 대한 견해

1) 과학의 정의

첫 번째 질문, '과학이란 무엇입니까? 과학 (예를 들어 물리, 생물, 화학, 등)이 다른 학문 (예를 들어 종교, 철학)과 다른 점은 무엇입니까?' 를 통해 학생들의 과학에 대한 전반적인 인식을 알 수 있었다. 학생들은 과학의 방법론적인 측면을 생각하여 과학은 자연 현상을 관찰이나 실험을 통해 탐구하는 학문이라고 응답하였다. 또한 학생들은 과학을 설명함에 있어 주로 '자연 현상 탐구', '객관적, 논리적, 체계적', 그리고 '관찰, 검증, 실험' 이라는 단어를 사용하였다.

“과학은 다른 학문에 비해 보다 객관적이고, 실험을 통해 자신이 생각한 가설을 검증할 수 있다. 가설이 수차례 맞는 것으로 판명되면 법칙으로 발전될 수 있다.” (B19)

따라서 학생들은 과학에 대한 첫 번째 이미지로 과학의 방법을 떠올렸으며, 이들은 탐구, 실험, 검증이라는 단어를 사용하여 설명하였다. 또한 과학과 종교의 차이점으로 학생들은 과학은 실험을 통해 검증되므로 객관적인데 반해 종교나 철학은 주관적, 관념적이라고 답하였다.

몇몇 학생들은 과학을 목적론적인 측면과 함께 설명하였으며, 그 중 44%의 학생들이 자연현상을 이해하기 위한 것이라고 답하였고, 9%의 학생들이 인간의

생활을 편리하게 하는 기술을 개발하는 것이라고 응답하였다.

“과학이란 자연 현상을 관찰하고 탐구하여 자연현상을 이해하고 원리나 법칙을 찾아내는 학문이다. 따라서 자연에서 일어나는 현상들에서 이론을 뒷받침하는 증거를 찾아내어 그 이론을 정당화한다. 종교는 맹목적인 믿음만 있으면 되지만 과학은 믿음으로 이루어지는 학문이 아니라 체계적이고 합리적인 학문이다. 또한 종교는 불변하지만 과학은 가변성이 있으며 확실히 정립되지 않은 학문이다.” (B2)

“과학이란 자연 또는 자연 현상을 관찰(실험)하여 우리 인간의 생활을 더욱 편리하게 해 줄 수 있는 과학기술을 개발 혹은 자연재해를 예측하여 위험에서 벗어날 수 있게 할 수 있는 학문임에 반해, 종교, 철학은 인간의 본성에 대해서 성찰하여 보다 높은 인간의 정신세계, 이상향을 꿈꾸는 학문 인간의 내면을 연구하여 보다 인간다운 삶을 살 수 있게 도와준다.” (C12)

이러한 연구결과는 남정희 등(2007)에서 보여준 연구 결과에서와 같이 예비 과학교사들이 과학이 미치는 영향에 대해 기술적 측면을 언급한 것과 일치한다. 또한 Kang 등(2005)과 노태희 등(2002)이 초등학생들을 대상으로 조사한 결과 학생들이 과학을 실용적 관점으로 설명한 것과도 일치한다.

2) 과학적 이론과 법칙

약 75%의 학생들이 이론은 주관적이며 증명되지

않은 상태이고, 법칙은 실험에 의해 증명된 객관적 사실이이라고 응답하였다.

“과학적 이론은 아직 검증되지 않은 가설로 정확하게 증명하지 못한 것이고, 과학적 법칙은 많은 과학자들이 연구와 증명, 그리고 토의를 거듭한 끝에 이렇게 정하자고 한 것이 과학적 법칙이다.”(C3)

“이론이 여러 가지 실험적인 증거들에 의해 증명되어 질 때 그것을 법칙이라고 부를 수 있다고 생각한다. 예를 들어 중세시대 지구와 태양의 운동에 관해 천동설과 지동설의 두 가지 의견이 대립되었지만, 티코 브라헤, 케플러, 갈릴레오와 같은 물리학자들의 여러 실험과 관측을 통해 지동설이 맞다고 인정되었다. 즉 논쟁의 초기에는 여러 이론이 존재할 수 있고 이들 중 승리한 것만이 법칙이 된다.”(P2)

“과학적 이론은 어떤 현상을 설명하기 위한 여러 가지 방법들 중 하나이고 그런 이론들이 모여 가장 설득력 있고 타당한 이론이 법칙으로 불려진다. 예를 들어 진화론과 창조론은 현재의 다양한 종을 설명하는 이론들이고 만유인력의 법칙이나 멘델의 유전법칙은 모두에게 인정받으며 실험적으로도 검증이 가능하다.”(B14)

이들 학생들은 과학적 이론이 실험이나 관찰에 의해 입증되면 과학적 법칙으로 바뀌거나, 여러 경쟁 이론들 중 가장 타당한 이론이 법칙으로 불려진다고 설명하여 과학적 이론과 법칙에 대해 제대로 이해하지 못하고 있음을 알 수 있었다. MaComas(1998) 또한 과학적 법칙과 이론에 대한 오개념을 지적하였으며, 학생들은 관찰에 의해 가설이 성립되고, 가설이 이론이 되며, 이론이 법칙이 된다는 계층적 구조 개념을 가지고 있다고 주장하였다.

약 22%의 학생들이 이론은 자연현상의 원리에 대한 설명이며, 법칙은 자연현상의 규칙성 또는 패턴이라고 답하였다.

“열역학을 예로 든다면 분자들의 운동 그리고 그 에너지의 교환 등의 해석적 논의가 이론이고 열역학 제1법칙과 제2법칙 같은 정리가 법칙이다.”(P5)

“과학적 법칙은 쿨롱의 법칙 등과 같이 실험을 통하여 (때로는 작용반작용의 법칙처럼 선형적으로) 알아낸 과학적 사실을 말한다. 이에 반해 이론은 상대성 이론 등과 같이 과학법칙을 잘 설명해주는 모델을 말한다.”(P6)

흥미롭게도 학생들은 과학적 법칙과 이론의 차이점을 잘 설명하지 못하면서도, 이론과 법칙의 예들(이론의 예로 진화론과 천동설, 법칙의 예로 만유인력의 법칙 등)을 이용하여 설명하는 경향을 보였다. 이는 학교 교육에서 다양한 법칙과 이론을 배우기는 하였으나 무엇이 과학적 이론이고 법칙인지에 대한 논의는 이루어지지 않았음을 보여준다.

3) 과학적 이론의 가변성

거의 모든(약 99%) 학생들이 과학적 이론은 변한다고 설명하였다. 그 중 46%의 학생들이 기술이 발달하면 과학 이론은 변한다고 설명하였으며, 24%의 학생들은 현 이론이 설명할 수 없는 예외가 발견되면 이론이 변한다고 설명하였다.

“과학적 이론은 변한다. 과학이 발달함에 따라 이를 연구할 수 있는 기구들도 발달하고, 연구 방법도 다양해지게 되었다. 이를 통해 과거에는 생각하거나 볼 수 없었던 것을 보게 되고, 새로운 연구 방법을 통해 새로운 사실을 알 수 있게 되었다.”(B7)

“과학적 이론은 변할 수 있습니다. 예를 들면 원자론의 경우 과학이 발달하지 않은 과거에는 그 부족분만큼 과학자의 ‘추측’이 포함되고 그것은 정밀성의 손실로 이어졌습니다. 과학이 발달할수록 더 정밀해졌으나 완벽이라고는 할 수 없을 것입니다.”(P7)

그리고 약 26%의 학생들은 이론은 입증되지 않은 가설이므로 변한다고 설명하였다. 이러한 설명은 과학적 이론에 대한 이해 부족에서 기인한 것이라 사료된다. 따라서 학생들은 과학적 이론의 가변성에는 동의하고 있으나, 과학적 이론이 변하는 이유에 대해서는 적절한 설명을 하지 못함을 알 수 있었다. 남정희 등(2007)은 예비 과학교사들이 과학지식의 임시성에 대해 피상적으로 이해하고 있으며 언젠가는 절대적인 지식이 발견될 것이라는 생각을 가지고 있다고 보고

하였다. 노태희 등(2002) 또한 학생들이 과학적 이론이 변한다는 인식을 가지고 있더라도, 그 인식이 반드시 현대적 과학의 본성의 이해와 일치한다는 것이 아니라고 간주하였다.

4) 과학지식 발달에 있어 과학자들의 창의력과 상상력의 사용

95%의 학생들이 과학자들이 창의력과 상상력을 사용한다고 응답하였다. 그 중 16%의 학생들이 모든 단계에서, 45%의 학생들이 계획과 디자인 단계에서, 11%의 학생들이 계획/디자인/데이터 수집 후, 그리고 12%의 학생들이 데이터 수집 후 라고 답하였다.

“모든 단계에서 창의력과 상상력을 동원할 수 있다고 생각한다. 계획과 디자인에서는 남들이 하지 않는 전혀 새로운 방법으로 계획하고 실험 디자인을 할 수 있으며, 데이터 수집을 할 때에도 시간 간격을 일정하게 하지 않고 실험 상태에 따라 한다든지, 데이터 수집 이후에 해석을 할 때에도 자신만의 창의력과 상상력으로 남들이 찾지 못한 결과를 도출해낼 수도 있다고 본다.”(B15)

“창의력과 상상력을 사용한다. 계획과 디자인에서 과학자들은 어떤 현상을 보고 왜 그러한 일이 일어날 것인지에 대해 생각하고, 상상력과 창의력을 발휘해 옳다고 생각하는 가설을 세운다. 그 후 데이터 수집과 수집후의 분석은 철저하게 이성적으로 가설과 비교해 봐야 한다.”(C3)

“과학자들은 계획과 디자인, 데이터 수집 이후에 창의력과 상상력을 사용한다. 벤젠고리의 공명구조를 그린 과학자 케쿨레는 꿈에서 뱀 여섯 마리가 서로 꼬리를 잡아먹으며, 육가 고리 모양을 이루는 것을 보고, 벤젠고리를 생각해 내었다. 이렇듯 과학과 과학자의 창의적 사고는 비늘과 실의 관계인 것 같다.”(B6)

“데이터 수집 후 결론을 도출해낼 때 창의력과 상상력을 사용한다고 생각한다. 예를 들어, 멘델이 완두콩을 이용하여 유전법칙을 알아낸 것을 들 수 있다.”(P1)

5%의 학생들은 과학자들은 창의력과 상상력을 사용하지 않는다고 답하였다. 이들 학생들은 과학이 언

제나 객관적이고 보편타당해야 하므로 창의력이나 상상력이 관여해서는 안 된다고 응답하였다.

“과학자들은 창의력과 상상력을 사용하지 않는다. 실험 및 조사의 과정과 그 결과에 대해서 왜곡해서 안 되기 때문이다.”(E1)

따라서 학생들은 과학자들이 창의력과 상상력을 계획과 디자인 단계에서 주로 사용한다고 인식하고 있었으며 일부 학생들은 창의력과 상상력을 사용하지 않는다고 응답함으로써 과학은 객관적이어야 한다고 생각하는 경향을 보였다.

5) 과학의 사회적/문화적 측면

약 68%의 학생들이 과학은 사회적·문화적 측면을 반영한다고 응답한데 반해, 약 28%의 학생들은 과학은 보편적이라고 답하였다. 조정일과 주동기(1996)의 현직 과학교사를 대상으로 한 연구결과 역시 67%의 응답자가 과학이 문화의 영향을 받는다고 답하였으며, 33%의 교사들이 영향을 받지 않는다고 답하였다.

“과학은 사회적·문화적 가치를 반영한다. 줄기세포 실험의 경우, 그것이 가지는 가능성에도 불구하고, 종교적, 철학적인 이유로 많은 국가에서 그 실험을 금지하고 있지만, 그 사회가 전체적으로 종교나 철학적인 이유보다 과학적, 경제적 이득을 먼저 생각하는 풍토라면 그 실험자체를 허용하는 국가도 존재한다. 이렇듯 과학을 수행하는데 있어서 사회적, 문화적, 정치적 가치가 반영된다고 볼 수 있다.”(B5)

“과학은 사회적·문화적 가치를 충분히 반영한다. 그 시대의 필요에 의해서 각광받는 연구 분야가 달라지고 사람들의 요구에 의해서 새로운 결과물이 탄생하는 것이다. 시대에 따라 과학자들이 관심을 가졌던 연구 분야가 달랐던 것이 이를 증명하는 예이다. 과학은 시대와 그 시대의 문화에 따라 변화하고 영향을 받는다.”(P11)

“과학은 정치, 사회, 문화, 철학적 가치를 반영하지 않는 그 자체로서 독립적인 보편적 진리라고 생각한다. 과학이라는 것은 순수학문이다. 그런데 그 학문에 있어서 다른 외부요인이 결합이 된다는 것은 그

자체로서 이미 학문의 성격을 잃어 버렸다는 것을 의미한다고 본다.”(E18)

“과학은 보편적이다. 사회적, 문화적 가치에 따라 과학이 분류된다면, 그 문화나 사회에 따라 다양한 과학의 성격을 가져야 할 것이다. 하지만 과학자들이 어떤 현상에 대해 실험, 가설 검증하는 단계는 아주 기본적인 특성으로 누구나 받아들일 수 있는 보편타당한 방법에 초점을 두었기 때문에 보편적이라고 본다.”(B17)

과학이 사회·문화적 영향을 받는다고 답한 예비 과학교사들은 과학이 사회·문화적 영향을 받는 예들로 줄기세포 연구, 인간 게놈 프로젝트, 핵무기 등을 꼽으면서 과학이 시대와 문화를 반영한다고 설명하였으며, 영향을 받지 않는다고 답한 응답자들은 ‘보편적 진리’, ‘가설 검증’이라는 용어를 사용하여 과학은 언제 어디서나 독립적이라는 견해를 보였다.

6) 과학지식 발달에 있어 이론 의존성과 주관성

공룡 멸종의 원인을 규명하는데 있어 같은 자료를 보고도 과학자들마다 왜 서로 다른 결론에 도달하였는지에 관한 질문을 통해 학생들의 과학적 지식의 이론 의존성 및 주관성에 관한 견해를 조사하였다. 약 70%의 학생들이 과학이 과학자들 자신의 배경 지식과 주관에 반영하므로 라고 응답한 반면, 26%의 학생들은 불충분한 자료 때문이라고 답하였다.

“과학자들도 사람이므로 사고의 방향이 다르다. 한 가지 그림을 보고 사람마다 다른 생각을 할 수 있듯이 같은 자료를 보더라도 사고의 방향을 달리해서 서로 다른 결론에 도달 가능하다.”(B4)

“하나의 실험적 사실로도 여러 가지 가설을 이끌어낼 수 있다. 공룡 멸종의 단서로서 급격한 기후 변화 그리고 그 시기 암석에서 외계(현재 지구표면에서는 관찰 불가능한) 광물이 발견된다는 사실이다. 그러한 것들을 가지고 가설을 재구성하는 것은 과학자 나름의 배경지식과 가치관, 그리고 상상력의 몫이다.”(C14)

“비록 자료는 똑같지만 고대의 자료이고 충분하지 않은 자료를 가지고서 과거의 사건을 명확히 규명하

는 것에는 한계가 있으므로 두 가지 가설이 나오게 되었다.”(C11)

따라서 자료 불충분 때문에 라고 답한 26%의 학생들은 과학의 이론 의존성에 대해 이해하지 못하는 경향을 보였으며, 이는 역시 과학은 언제나 객관적이며 과학자의 주관에 관여할 여지가 없다는 생각에서 기인한 것으로 사료된다.

7) 유추(inference)에 대한 학생들의 이해

원자의 구조에 대해 과학자들이 얼마나 확신하고 있는지에 대한 질문으로 학생들이 유추(inference)에 대해 얼마나 이해하고 있는지를 알 수 있는 문항이다. 약 30%의 학생들이 과학자들은 원자를 직접 현미경을 통해 관찰한 결과 등으로 원자의 구조에 대해 확신하고 있다고 응답하였으며, 약 63%의 학생들은 현 원자의 구조는 실험을 통해 유추한 결과라고 답하였다.

“원자는 눈에 보이지 않기 때문에 그 모양을 관찰할 수가 없다. 하지만 실험을 통하여 원자들의 구조를 예측해 왔고 그 모양도 점점 변화되어 왔다. 알파 방사선을 쬐어서 튕겨져 나오는 것을 보고 원자핵의 존재를 예측하였다.”(C16)

“원자모형의 발견에 힘입어 20세기에 들어와서 많은 과학자들은 원자는 다시 몇 가지의 입자로 구성되어 있다는 확신을 갖게 되었다. 요즘에 전자 망원경같은 경우는 엄청나게 발전을 거듭해서 현재는 나노수준의 것도 볼 수 있다.”(E14)

노태희 등(2002)의 초등학생을 대상으로 한 연구 결과 대부분의 초등학생들은 모델에 대해 실제로 존재한다는 생각을 가지고 있다고 보고하였다. 이러한 연구결과들은 현 과학교육이 과학적 지식의 전달에 주로 치중하여 학생들이 현재 받아들여지는 과학적 지식을 절대적 진리라고 생각하는데서 기인한다고 사료된다.

2. 예비과학교사의 과학의 본성에 대한 올바른 관점 (Informed view) vs. 순수한 관점 (naive view)의 분류

Table 3에서 나타난 바와 같이 70.4%의 학생들이 과학지식은 기술의 발달 등으로 변한다고 설명하여 6가지 과학의 본성에 대한 측면들 중 과학지식의 가변성에 대해서는 가장 잘 이해하고 있었다. 또한 과학적 지식의 이론의존성(theory-laden)에 대해 69.6%의 학생들이 이해하고 있었으며, 과학의 사회적·문화적 측면에 대한 이해도가 67.8%로 다음으로 높았다. 그러나 과학의 발달에 있어서 과학자들의 창의성과 상상력의 사용과 과학적 이론과 법칙에 대한 이해도는 각각 16.5%와 21.7%로 낮았다. Table 4는 각각의 과학의 본성 영역에 대한 학생들의 대표 답안을 올바른 관점(informed view)과 순수한 관점(naive view)으로 나누어 나타내었다.

3. 한국과 미국의 예비과학교사 과학의 본성에 대한 관점 비교

과학의 본성에 대한 이해도에 문화적 차이가 존재하는가를 살펴보기 위해 한국과 미국의 예비과학교사의 과학의 본성에 대한 관점을 비교하였다. 한국예비과학교사와 가장 비슷한 특성을 가진 교사들을 동일한 검사도구(VNOS)를 사용하여 연구한 Abd-El-Khaklick (2005)의 연구결과를 이용하였다. Table 5에서 보는 바와 같이 한국예비과학교사들은 ‘과학적 법칙과 이론 (scientific theory & law)’ 과 ‘창의성과 상상력 (creative & imaginative)’ 면에서 미국의 예비과학교사들보다 이해도가 현저히 낮았다. 특히 ‘창의력과 상상력’ 면에서의 이해부족은 Table 4의 ‘creative & imaginative’ 영역의 순수한 관점 (naive view)의 대표적 예인 학생 B2의 의견 (“...누구나 공감 할 수 있는 객관적인 정보를 수집하고 데이

터를 산출하기 위한 과정이다. 과학자들이 창의력이나 상상력을 사용한다면 그들의 주관적인 생각이 들어갈 것이고 그렇다면 가설을 증명하는 과정이 합리적이라고 볼 수 없다”)으로 볼 때 과학적 지식과 과학적 지식을 발견하는 과정이 객관적이어야 한다고 생각하는 데서 기인한다고 사료되며, 이러한 결과는 Seung et al.(2009)의 학생들이 과학적 지식은 객관적인 과학적 방법에 의해 설립되어야 하므로 자료를 해석할 때 상상력이나 창의력이 개입될 여지가 없다고 주장한다는 결과와도 일치한다. 그러나 ‘이론의 가변성(tentative)’ 과 ‘이론 의존성(theory-laden)’ 에 관한 한국 예비과학교사들의 이해도는 미국의 예비과학교사들보다 높음을 알 수 있었다. 또한 ‘사회적·문화적 측면(social & cultural aspects)’ 의 이해도는 미국과 한국의 예비과학교사의 이해도가 서로 비슷하였다.

4. 전공 분야 및 성별에 따른 과학의 본성에 대한 관점의 차이

전공분야(생물 vs. 비생물) 및 성별에 따른 예비 과학 교사들의 과학의 본성에 대한 관점의 차이를 조사하였다. Mann-Whitney 검사 결과에 의하면, 예비과학교사들의 성별에 따른 관점 차이는 없었다(Table 7). 이러한 연구결과는 한지숙과 정영란(1997)의 중·고등학교 교사 및 학생의 성별에 따른 차이가 없다는 결과 및 김정대 등(2006)의 과학영재들의 과학의 본성에 대한 성별차이가 없음과도 일치한다. 반면, 전공분야(생물 vs. 비생물)에 의한 결과에 의하면 6개의 과학의 본성에 대한 영역 중 2개의 분야 (이론과 법칙의 차이[U=1148.000, p<0.01] 및 과학적 이론의 가

Table 3
% of students' informed view and naive view

| NOS aspect | % of informed views | % of naive views |
|------------------------|---------------------|------------------|
| Theories vs. laws | 21.7 | 74.8 |
| Tentative | 70.4 | 26.1 |
| Inferential | 62.6 | 30.4 |
| Creative & imaginative | 16.5 | 76.5 |
| Theory-laden | 69.6 | 26.1 |
| Social & cultural | 67.8 | 27.8 |

*The remaining % of participants did not respond.

Table 4
Exemplars of students' informed views and naive views

| | More informed view | More naïve view |
|---------------------------|---|--|
| Inference | -원자는 눈에 보이지 않기 때문에 그 모양을 관찰할 수가 없다. 하지만 실험을 통하여 원자들의 구조를 예측해 왔고 그 모양도 점점 변화되어 왔다. 알파 방사선을 쬐어서 튕겨져 나오는 것을 보고 원자핵의 존재를 예측하였다. (C15) | -원자의 구조는 현미경을 통한 관찰에 의해 밝혀진 것이므로 확신하고 있다고 생각한다. (E13) |
| Theories & laws | -과학적 이론은 주변에서 일어나는 현상을 설명하는 것이고, 과학적 법칙은 현상에 대한 규칙성을 나타낸 것이다. (과학적 이론; 진화론, 과학적 법칙; 만류인력의 법칙) (C15) | -과학적 이론은 현상에 대한 추측 일 뿐 확실한 증거가 없는 것임에 반해, 법칙은 현상에 적용할 수 있고, 사용할 수 있는 확실하고 명백한 사실이다. (B23) |
| Tentative | -과학적 이론은 변할 수 있다. 예를 들자면 원자론의 경우 과학이 발달하지 않은 과거에는 그 부분만큼 과학자의 '추측'이 포함되고 그것은 정밀성의 손실로 이어졌다. 과학이 발달할수록 더 정밀해졌으나 완벽이라고는 할 수 없다. (P7) | -과학적 이론은 법칙과 같이 실험을 통해 사실임을 확인한 것이 아니므로 변할 수 있다고 생각한다. (C7) |
| Creative & imaginative | -과학자들에게 창의력과 상상력은 필수적인 요소이다. 실험과정 중 가설설정과 실험 설계부분에서 창의성이 많이 나타나고 조사과정에서도 어떤 방법이 효과적인지 아이디어 창출을 하는 것이 매우 중요하다. 여태까지 없었던 새로운 아이디어를 개발하는 것이 무엇보다 과학자에게 필요하다. (C4) | -과학자들은 실험이나 조사에서 창의력과 상상력을 사용하지 않는다. 실험이나 조사는 가설을 증명하기 위해 누구나 공감할 수 있는 객관적인 정보를 수집하고 데이터를 산출하기 위한 과정이다. 과학자들이 창의력이나 상상력을 사용한다면 그들의 주관적인 생각이 들어 갈 것이고 그렇다면 가설을 증명하는 과정이 합리적이라고 볼 수 없다. (B2) |
| Subjective & theory laden | -같은 자료를 사용하였다 해도 그 자료를 분석할 때의 과학자들의 관점이 다르기 때문이다. (E21) | -비록 자료는 똑같지만 고대의 자료이고 충분하지 않은 자료를 가지고 과거의 사건을 명확히 규명하는 것에는 한계가 있으므로 두 가지 가설이 나오게 되었다. (C11) |
| Social & cultural | -과학은 사회적 문화적 가치를 반영한다. 국가나 어떤 집단에 따라 관심을 가지는 과학의 분야가 다르고 사회적 문화적 가치에 따라 그 분야의 발전의 정도가 다르다. 예를 들어 줄기세포 복제와 같은 실험에서 윤리적인 잣대가 가해진다면 국가나 집단 별로 가치 있게 생각하는 것이 다르기 때문에 과학적 결과가 다르게 도출될 수 있다. (C6) | -과학은 보편적 지식이라고 생각한다. 과학은 자연현상에서 시작하기 때문에 사회·문화적인 것이 반영될 수 없으며, 어느 곳에서도 적용될 수 있다. 따라서 '과학'의 보편성은 다른 학문과는 차별되는 특징이라고 생각한다. (B18) |

Table 5
Comparison of views of NOS between Korean vs. American preservice science teachers

| NOS aspect | Korean | American (Abd-El-Khaklick 2005) |
|------------------------|---------------------|--|
| | % of informed views | % of informed views of POS group post-instruction |
| Theories vs. laws | 21.7 | 53.6 |
| Tentative | 70.4 | 58.9 |
| Inferential | 62.6 | 71.4 |
| Creative & imaginative | 16.5 | 60.7 |
| Theory-laden | 69.6 | 35.7 |
| Social & cultural | 67.8 | 60.7 |

변성 [$U=1132.000, p<0.01$])에 대해 유의미한 차이를 나타냄을 알 수 있었다(Table 6). 즉 생물 예비 교사는 비생물 예비 교사에 비해 과학적 이론과 법칙의 차이점 및 과학적 이론의 가변성에 대한 이해도가 낮았다. 약 61%의 예비 생물 교사들이 과학적 이론의 예로 진화론을 들었으며, 이론은 현상에 대한 추측일 뿐 확실한 증거가 없기 때문에 변한다라고 설명하였다.

“진화론과 만유인력의 법칙을 예로 생각해보면, 이론은 법칙에 비해 아직도 개선해야 할 점이나 현상에 대한 정확한 답을 제시하지 못한다. 이에 이론은 끊임없이 수정되고 새로 발전하게 되는 것이다. 하지만 법칙은 이러한 이론 중에서 다른 과학자들이 제시한 이론이나 주장을 반박하고 공감대를 얻어나가며 어떤 현상에 대해 명확히 설명할 수 있는 보편 타당한 진리를 갖춰질 때 비로소 법칙으로 인정받고 절대적인 진리로 새로 받아들여진다.”(B17)

“과학적 이론의 예는 진화론이다. 실험과 같은 객관적인 방법으로 증명되지 않는다. 과학적 법칙은 뉴턴의 운동법칙 같이 실험으로, 객관적 방법으로 증명이 가능하다.”(B24)

이들 학생들은 이론이 새로운 증거가 발견됨에 따라 변할 수 있다고 생각하는 것이 아니라 현상에 대한 ‘추측’이며 증명되지 않아 변한다고 주장하여 과학적 이론의 본성에 대한 오개념은 이론의 가변성의 본질에 대한 오개념으로 이어짐을 알 수 있었다. 따라서, Clough (1994)가 주장한 바와 같이 생물학의 대표적 이론인 진화론이 단지 증명되지 않은 가설일 뿐이라는 이해부족이 과학적 이론과 법칙 및 과학적 이론의 가변성의 원인에 대한 이해부족으로 나타났다고 사료된다.

IV. 결론

이 연구는 과학에 대한 정의 및 6가지 측면의 과학의 본성에 대한 (1) 예비 과학 교사들의 전반적인 인식, (2) 전공분야(생물 vs. 비생물 예비 교사)와 성별에 의한 인식 차이 및 (3) 미국의 예비과학교사들과의 관점 차이를 조사하였다. 예비 과학 교사들의 전반적인 과학의 본성에 대한 인식 조사 결과에 의하면, 예비 과학 교사들은 과학을 정의함에 있어 방법적 측면을 우선 떠올리는 경향을 보였다. 이들은 탐구, 실험, 증명이라는 단어를 써서 과학을 설명하고자 하였다. 또한 일부는 과학의 목적론적 측면을 함께 언급하였으며 과학의 목적을 인간의 삶을 편리하게 하기 위한 기술 개발이라고 답하여 과학과 기술을 혼동하고 있

Table 6
Mann-Whitney U test by biology vs. non-biology teachers

| | Inference | Theories & laws | Tentative | Creative & imaginative | Theory-laden | Social & cultural |
|----------------|-----------|-----------------|-----------|------------------------|--------------|-------------------|
| Mann-Whitney U | 1326,500 | 1148,000 | 1132,000 | 1342,000 | 1332,000 | 1352,500 |
| Wilcoxon W | 2361,500 | 3228,000 | 3212,000 | 2377,000 | 3412,000 | 2480,500 |
| Z | -.532 | -2,936 | -2,886 | -.505 | -1,100 | -.983 |
| p | .595 | .003** | .004** | .613 | .271 | .326 |

**p<0,01

Table 7
Mann-Whitney U test by gender

| | Inference | Theories & laws | Tentative | Creative & imaginative | Theory-laden | Social & cultural |
|----------------|-----------|-----------------|-----------|------------------------|--------------|-------------------|
| Mann-Whitney U | 1359,500 | 1419,000 | 1461,000 | 1291,500 | 1485,500 | 1377,500 |
| Wilcoxon W | 2844,500 | 2904,000 | 2904,000 | 2777,500 | 3138,500 | 3030,500 |
| Z | -.548 | -.978 | -.598 | -.1304 | -.194 | -1,011 |
| p | .584 | .328 | .550 | .192 | .846 | .312 |

는 경향을 보였다. 또한, 학생들은 과학적 이론과 법칙의 차이를 제대로 이해하지 못하는 경향을 나타냈다. 즉, 이론이 발전하면 법칙으로 변한다고 답하거나, 이론은 검증되지 않은 가설일 뿐이라고 응답하였다. 따라서 이들은 과학적 지식의 구조에 대해 제대로 이해하지 못하고 있었다.

또한, 과학자들의 창의력과 상상력의 사용에 여부에 있어 대부분(95%)의 학생들이 사용한다고 답하였으나 약 45%의 학생들이 계획과 디자인 단계에서 사용한다고 응답하여, 데이터 수집 단계나 수집 후 단계에서의 창의력의 사용에 대해서는 동의하지 않았다. 뿐만 아니라 과학의 사회적·문화적 영향에 대해서는 28%의 학생들이 영향을 받지 않는다고 답하였다. 뿐만 아니라 각각 약 26%와 30%의 학생들은 과학 지식의 발달에 있어서 이론의존성(theory laden)과 유추(inference)를 제대로 이해하지 못하는 경향을 보였다.

마지막으로 예비 생물 교사와 비생물 교사의 과학의 본성에 대한 관점의 비교 조사 결과에 의하면, 예비 생물 교사들은 ‘과학적 이론과 법칙의 차이’와 ‘과학적 이론의 가변성’에 대한 이해도가 비생물 교사들에 비해 통계학적으로 유의미하게 낮음을 알 수 있었다. 그러나 성별에 의한 과학의 본성에 대한 관점의 차이는 없었다. 따라서 본 연구는 예비 과학교사들의 과학의 본성에 대한 교사 교육 과정에서 성별에 의한 차이보다는 전공 분야내의 다양한 과학적 이론과 법칙의 예들(특히, 생물의 경우 진화론)에 대한 심도 있는 논의 및 과학적 이론과 법칙들이 발달되어온 과정을 통해 과학적 지식의 본성에 대한 고찰을 할 수 있는 교육이 이루어져야 한다고 사료된다. 또한 Abd-El-Khalick(2005)의 연구결과와의 비교에 의하면, 한국 예비 과학교사들의 ‘창의성과 상상력’ 측면의 이해도가 미국의 예비 과학교사에 비해 현저히 낮아 과학이 객관적이고 절대적이라고 생각하는 경향이 보였다. 따라서 무엇보다도 우리나라 학교 현장의 과학 교육이 과학 지식 위주의 교육에서 벗어나 전반적 과학적 소양을 함양할 수 있는 교육으로 전환되어야 한다고 사료된다.

국문 요약

본 연구는 사범대학에 재학 중인 예비 과학교사들

의 과학의 본성에 대한 인식을 개방형 설문지인 VNOS를 이용하여 조사하였다. 학생들의 과학에 대한 정의와 함께, 6가지 측면의 과학의 본성, 즉 (1) 과학적 이론과 법칙, (2) 과학적 이론의 가변성, (3) 이론의존성, (4) 사회적 문화적 측면, (5) 창의성, 그리고 (6) 유추에 대한 학생들의 이해도를 알아보았다. 예비 과학교사들은 과학을 정의내릴 때 대체로 과학적 방법(예를 들어, 관찰과 실험)을 떠올리는 경향을 보였다. 또한 대부분의 학생들이 과학적 이론과 법칙의 차이점을 제대로 인식하지 못하고 있었다. 일부 학생들은 과학이 언제나 보편타당하며 관찰·증명되었다고 생각하여 과학의 사회적·문화적 측면 및 유추에 대해서 제대로 이해하지 못하고 있음을 알 수 있었다. 또한 우리나라 예비 과학교사는 과학적 지식의 형성에 있어서 창의력과 상상력의 사용에 대한 이해도가 미국의 예비과학교사에 비해 현저히 낮았다. 또한 예비 생물 교사들은 비생물 교사들에 비해 과학적 이론과 법칙 및 이론의 가변성에 대한 이해도가 낮았으나, 성별에 의한 관점의 차이는 없었다.

참고 문헌

- 김경대, 강순민, 임재항 (2006). 과학영재들의 과학의 본성에 대한 인식. 한국과학교육학회지, 26(6), 743-752.
- 남정희, Mayer, V. J., 최준환, 임재항 (2007). 예비 과학교사의 과학의 본성에 대한 인식. 한국과학교육학회, 27(30), 253-262.
- 노태희, 김영희, 한수진, 강석진 (2002). 과학의 본성에 대한 초등학생들의 견해. 한국과학교육학회, 22(4), 2002.
- 박현주, 이금희 (2005). 과학적 소양의 관점에서 본 대학생들의 과학의 본성에 대한 이해. 한국과학교육학회, 25(3), 2005.
- 소원주, 김범기, 우종옥 (1998). 중학교 과학교사들의 과학철학적 관점에 관한 연구. 한국과학교육학회지, 18(2), 221-231.
- 조정일, 주동기 (1996). 과학교사들의 과학의 본성에 관한 관점 조사. 한국과학교육학회지, 16(2), 200-209.
- 한지숙, 정영란 (1997). 중·고등학교 과학교사와 학생들의 과학의 본성에 대한 인식 조사. 한국과학교육학회지, 17(2), 119-125.

홍미영 (2002). 우리 나라 중학생들의 과학적 탐구 및 과학의 본성 영역에서의 국제 성취도 분석. *한국과학교육학회지*, 22(2), 336-344.

Abd-El-Khalick, F. (1998). The influence of history of science courses on students' conceptions of the nature of science. Unpublished doctoral dissertation, Oregon State University, Oregon.

Abd-El-Khalick, F. (2005). Developing deeper understanding of the nature of science: The impact of a philosophy of science course on preservice science teachers' views and instructional planning. *International Journal of Science Education*, 27(1), 15-42.

Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057-1095.

American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.

Barton, A. C. (1998). *Feminist science education*. Teachers College Press. New York.

Clough, M. P. (1994). Diminish students' resistance to biological evolution. *The American Biology Teacher*, 56(7), 409-415.

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

Kang, S., Scharmann, L. C., & Noh, T. (2005). Examining students' views on the nature of science: Results from Korean 6th, 8th, and 10th graders. *Science Education*, 89, 314-334.

Kimball, M. E. (1967-1968). Understanding the nature of science: A comparison of scientists and science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 5, 110-120.

Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research*

in Science Teaching, 29(4), 331-359.

Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F. Bell, R. L. & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.

Matthews, M. R. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. New York: Routledge.

McComas, W. F. (1998). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education* (pp. 53-70). Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers.

National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.

Rubba, P., & Anderson, H. (1978). Development of an instrument to assess secondary students' understanding of the nature of scientific knowledge. *Science Education*, 62(4), 449-458.

Rubba, P., Horner, J., & Smith, J. M. (1981). A study of two misconceptions about the nature of science among high school students. *School Science and Mathematics*, 81, 221-226.

Rutledge, M. L., & Warden, M. A. (2008). Evolutionary theory, the nature of science & high school biology teachers: Critical relationships. *The American Biology Teacher*, 62(1), 23-31.

Seung, E., Bryan, L. A., & Nam, J. (2009). Korean pre-service teachers' understanding about the nature of science. *Journal of Korean Association of Science Education*, 29(3), 314-328.

Strauss, A. L., & Corbin, J. (1994). Grounded theory methodology: An overview. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *Handbook of qualitative research* (pp. 273-285). Thousand Oaks, CA: Sage.