

예비 과학교사의 과학의 본성에 대한 인식

남정희* · Mayer, V. J.¹ · 최준환 · 임재항

부산대학교 · 오하이오 주립대학교¹

Pre-service Science Teachers' Understanding of the Nature of Science

Nam, Jeonghee* · Mayer, V. J.¹ · Choi, Joonhwan · Lim, Jaehang

Pusan National University · The Ohio State University¹

Abstract: This study is an investigation regarding the understanding of the nature of science among pre-service science teachers majoring in science education. We interviewed 22 senior students in science education who finished their internship courses. Students were interviewed individually for approximately 20 minutes each. Data from semi-structured interview were audio-recorded and transcribed for the analysis. Findings indicated that participants held more complete understanding of the nature of scientific knowledge than the nature of scientific enterprise. Their understandings of the nature of scientific method was that hypothetical-deductive method is more scientific than descriptive-narrative method and there is a single stepwise scientific method to solve problems. These results showed that they have a narrow view of the nature of science. Thus, teacher education programs need to integrate the understanding of the nature of science throughout.

Key words: pre-service science teacher's understanding, the nature of science, scientific knowledge, scientific method

I. 서론

오늘날 과학교육의 목표는 학생들에게 단순히 과학 지식만을 전수하는 것이 아니라 급변하는 사회 및 과학 기술의 변화에 대처하기 위한 과학적 소양을 갖추도록 하여 이러한 정보 사회에서 학생들이 잘 적응하고 대처할 수 있도록 준비시키는 것이다(Millar & Osborne, 1998). 이러한 목표의 달성을 위하여 과학교육 과정에 어떤 내용을 포함시키고 이를 어떻게 가르쳐야 할지에 대해서는 여러 의견이 있으나, 이를 위해 과학의 본성에 대한 이해를 과학교육 과정의 중요한 목표를 포함시키는 데는 어느 정도 합의에 도달한 것으로 보인다.

우리나라에서도 제 5차 과학 교육과정에서부터 본격적으로 과학의 본성에 대한 이해를 강조하고 있으며, 미국의 프로젝트 2061과 과학교육 국가기준에서도 과학적 소양을 성취하기 위한 핵심 요소로서 학생들의 과학의 본성에 대한 이해의 개발을 목표로 하고 있다(AAAS, 1989; NRC, 1996). 이러한 강조는 사회 내에

서 과학의 역할을 과약하고 민주주의 체제하에서 총명한 의사 결정자가 되기 위해서 학생들은 과학의 본성에 대한 폭 넓은 이해를 해야 한다는 측면에서 이루어지고 있다(Collette & Chiappetta, 1984; Driver *et al.*, 1996; Osborne *et al.*, 2003).

그러나 위에서 언급하였듯이 과학교육 과정에서 이러한 과학의 본성의 중요성에 대해서는 대체적으로 합의에 도달한 반면, 과학의 본성으로 무엇을 가르쳐야 할 것인가에 대해서는 다양한 의견이 있다. Lederman 등(2002)은 과학의 본성의 측면으로 과학의 경험적인 본성, 과학적 방법, 실험의 일반적인 구조와 목적, 관찰에 기반을 둔 이론과 훈련의 타당성, 과학의 가변적인 본성, 이론과 법칙 사이의 차이와 관계, 과학의 창의성과 상상력, 추론과 이론적인 실재, 과학의 이론 의존적인 본성, 과학의 사회적이고 문화적인 측면 등 매우 구체적인 측면을 제시하였다. Osborne 등(2003)은 이를 더 포괄적인 범주로 묶어 과학의 본성에서 다루어야 할 내용으로 과학적 지식, 과학의 방법, 과학의 관례와 사회적 실행이라는 세 가지 측면으로 범주화하였다. 각

*교신저자: 남정희(jnam@pusan.ac.kr)

**2006.12.06(접수) 2007.03.02(1심통과) 2007.03.23(2심통과) 2007.03.23(최종통과)

***이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음

측면 중 과학적 지식의 측면에는 과학적 지식의 역사적인 발전과 과학과 확실성이라는 두 가지 주제가 포함되며, 과학적 방법의 측면에는 실험 방법과 비판적 검증, 창의성, 과학적 질문, 과학적 방법의 다양성, 그리고 자료의 분석과 해석과 같은 주제들이 포함되어 있다.

이러한 과학의 본성에 대한 이해의 중요성에 따라 과학의 본성에 대한 연구가 다양하게 이루어져 왔으며, 주로 과학의 본성의 측면들(Lederman *et al.*, 2002; Osborne *et al.*, 2003), 교사와 학생들의 과학의 본성에 대한 인식(Abell *et al.*, 2001; Cobern *et al.*, 2002), 과학의 본성에 대한 인식에 영향을 미치는 요인(Lederman, 1999; Schwartz & Lederman, 2002; Abd-El-Khalick *et al.*, 2004), 과학의 본성에 대한 교수방법(Abd-El-Khalick *et al.*, 1998; Khishfe & Abd-El-Khalick., 2002; Bell *et al.*, 2003), 과학의 본성에 대한 이해를 향상시키기 위한 수업전략(강석진 등, 2004; Bartholomew *et al.*, 2004) 등 다양한 측면으로 광범위하게 연구가 이루어져왔다.

지금까지 이루어진 연구에서는 과학교사의 과학의 본성에 대한 이해나 인식론적 관점이 실제 수업에 반영되지 못하고 있다는 것이 대체적인 결론이다(Lederman & Zeidler, 1987; Duschl & Wright, 1989; Lederman & O'Malley, 1990; Moss *et al.*, 2001; Bartholomew *et al.*, 2004). 이러한 이유로는 대부분 교사들의 과학의 본성에 대한 이해의 부족과 이를 실제 수업에 적용할 수 있는 방법에 대한 문제점을 들고 있다. 이러한 문제점은 또한 이들이 과학의 본성에 대한 이해를 습득하는 교사양성 과정 프로그램에서 구체적인 학습상황과의 연계의 부족에서도 기인한다(Moss & Kochler, 2004).

교사 자신의 과학에 대한 생각은 학생들의 교과과정 경험을 결정하는 데 있어서 가장 중요한 요인이며(Evans & Baker, 1977), 교사들의 과학의 본성에 대한 개념이 이들의 실제 수업에 반영된다(Brickhouse, 1989; Gallagher, 1991). 또한 과학에 대한 교사들의 인식은 학생들이 가지고 있는 개념에도 영향을 줄 뿐만 아니라 교사들의 수업행동이나 교실 환경에 반영되며(Abd-El-Khalick *et al.*, 1998; 조정일, 주동기, 1996), 특히 초임 과학교사들의 교수에 대한 신념과 철학은 예비교사 교육과정에서 받았던 교육 철학에 강하게 영향을 받는다(Simmons *et al.*, 1999).

우리나라에서 과학의 본성에 대한 과학교사들의 인식을 조사한 연구는 주로 과학 철학적 관점에서 과학의 본성에 대한 인식을 알아보았는데, 과학교사들이 귀납주의 관점을 가지고 있으며(소원주 등, 1998; 박윤

배, 2000), 초등 및 중등학교 교사들 대부분 과학의 본성에 대해 올바른 개념을 가지고 있다고 보기 어렵다고 하였다(장병기, 1995; 한지숙, 1996). 또한 초등 신규교사들의 인식조사에서도 이들이 과학의 본성 및 이에 관련된 용어에 대한 이해가 부족하며, 이들의 신념이 다양함을 보고하였다(양일호 등, 2005). 예비교사들을 대상으로 한 연구에서는, 이들이 비교적 과학 지식의 본성에 대해서는 잘 이해하고 있는 것으로 나타났으나 전통적 관점과 현대적 관점을 동시에 가지고 있는 것으로 나타났다(임청환 등, 2004; 박현주, 이금희, 2005).

과학적 소양이 과학학습을 통해서 길러질 수 있다고 보았을 때, 이를 담당하는 과학교사의 이에 대한 인식 및 역할이 매우 중요하다. 따라서 앞으로 과학교육을 담당할 예비과학교사들의 과학의 본성에 대한 인식을 파악해서 이를 교사교육 과정에 반영할 필요가 있다고 본다. 그러나 이제까지 이루어진 과학의 본성 관련 인식조사 연구들은 대부분 설문지를 통한 양적인 연구들이며 면담을 통하여 심층적인 교사들의 인식을 조사한 연구는 초등 신규 교사를 대상으로 극히 일부 이루어졌다(양일호 등, 2005). 이러한 설문지를 이용한 인식조사 연구는 전반적인 인식을 파악할 수 있다는 장점이 있으나 구체적인 학생들의 인식을 알아보기 어려운 문제점도 가지고 있다. 특히 과학의 본성에 대한 예비교사들의 인식이 수업을 통해서도 잘 변화되지 않음을 보고한 연구를 통해서 볼 때(임청환 등, 2004), 예비교사들의 이에 대한 인식을 더 구체적으로 알아 볼 필요가 있다고 본다.

이 연구에서는 교사들의 과학의 본성에 대한 인식의 향상을 추구하기에 앞서 교사양성 과정에 있는 예비과학교사들의 과학의 본성에 대한 인식을 면담을 통하여 구체적으로 알아보고자 하였다. 이를 통하여 교사교육 과정에서 강조되어야 할 점을 파악할 수 있을 것이라고 생각한다.

II. 연구 방법

1. 연구 참여자

이 연구는 사범대학 과학교육학부 4학년에 재학 중인 학생들을 연구참여자로 선정하였다. 물리교육 전공, 생물교육 전공, 지구과학교육 전공, 화학교육 전공에서 각 8명씩 무작위로 선정한 후 면담에 응해 줄 것을 요청하였으나 시간적인 이유 등으로 일부 학생이 불참하여, 최종적으로 물리교육 전공 5명, 생물교육 전공 8명, 지구과학교육 전공 1명, 화학교육 전공 8명으로 총 22명의 학생을 면담하였다. 이 학생들은 면담 당시 모

두 졸업 이수 학점의 대부분을 이수하였으며, 지역 중등학교에서 4주간의 교육실습을 마쳤다.

2. 자료수집

인식 조사는 면담을 통하여 이루어졌으며, 면담을 위하여 Lederman 등(2002)과 Osborne 등(2003)이 제시한 과학의 본성에 대한 측면을 바탕으로 개방형의 질문지를 개발하였다. 개발된 질문지는 과학 지식의 본성, 과학적 방법의 본성, 과학이 미치는 영향의 세 가지 영역으로 이루어졌다. 질문지 문항은 과학적 지식의 가변성, 과학이 개인적 사회적으로 미치는 영향, 과학적 탐구 방법, 과학의 본성에 대한 학생들의 전반적인 인식을 묻는 4개의 문항으로 구성되었다.

질문지의 개발은 과학의 본성과 관련된 논문들을 바탕으로 하여 과학교육 전문가 2명, 과학교육 박사과정 2명이 공동으로 하였으며, 우선 1차 질문지를 개발하여 본 연구 참여자가 아닌 같은 학년의 학생 10명을 대상으로 면담을 실시하여 개발된 질문지의 타당성 및 인터뷰 진행 과정을 점검하였다. 1차 질문에서의 학생들의 응답을 바탕으로 문항을 수정하여 본 연구 참여자들을 대상으로 면담을 실시하였다.

면담은 반구조화된 형식으로 이루어졌으며, 참여자 1인당 평균 20분 정도 소요되었다. 면담에 앞서 참여자에게 질문지를 미리 주고 5분 정도 각 문항에 대해 생각할 시간을 주었다. 면담은 개별적으로 이루어졌고, 면담 내용을 모두 녹음한 후 분석을 위하여 전사하였다.

3. 면담 자료의 처리와 분석

자료 분석의 타당도와 신뢰도를 확보하기 위하여 면담 전사본에 나타난 응답을 과학교육 전문가 2명과 과학교육 박사과정 5명이 공동으로 분석하였다. 1차적으로 공동 분석자 각각 면담 전사본을 이용하여 분석 범주를 만들었으며, 6주의 기간 동안 6번의 모임을 통해 2차 분석을 실시하였다. 2차 분석에서는 각자 개발한 분석 범주에 대해 의논하면서 분석 범주를 통일시켰고, 최종 분석 범주에 따라 면담 전사본을 공동으로 분석하였다.

논문에서 제시한 학생들의 면담 내용에 제시한 분류 번호는, ES1은 지구과학교육 전공 1번 학생, CS2는 화학교육 전공 2번 학생, PS3은 물리교육전공 3번 학생, BS4는 생물교육전공 4번 학생의 응답을 의미한다.

Ⅲ. 연구결과 및 논의

면담 분석 결과는 면담 질문지의 영역에 따라 과학 지식의 본성, 과학이 미치는 영향, 과학적 방법의 본성

으로 구분하여 나타내었으며, 마지막으로 과학의 본성에 대한 학생들의 전반적인 인식에 대해 제시하였다.

1. 과학 지식의 본성

첫 번째 질문은 ‘과학이란 자연계에서 일어나는 현상이나 과정에 대한 진실을 발견하는 것이다’라는 것에 대한 생각을 묻는 것이었다. 이 질문은 과학 지식의 본성에 대한 학생들의 생각을 이끌어 내기 위한 의도였다. 16명(72.7%)의 학생들이 이와 같은 정의에 동의하였고, 이들 중 일부는 진실이라는 용어의 적절성에 대해 문제를 제기하였다.

“네, 맞습니다. 과학에는 진실이 있지만..., 사람들이 받아들이는 것에 따라서 변한다고 생각합니다. 과학적 발견은 계속 데이터가 축적되면서, 변화된다고 생각합니다.”(ES1)

“진실은 원래부터 존재하는 것이고, 과학은 그것을 발견해 나가는 과정이라고 생각합니다. 과학적인 지식에 대해선... 100% 믿지는 않죠. 계속 수정이 되고, 다른 의견과 다른 새로운 원리가 나오니까.”(CS6)

학생들은 과학에서 많은 법칙과 원리가 발견되고 있기는 하지만 그것들은 변하지 않는 진실은 아니라고 설명했다. 또한 어떤 현상을 완벽하게 설명할 수 있는 이론은 없으며, 과학적 지식은 가변적인 것이고 계속 발달해간다는 것이다. 위와 같은 응답을 한 학생들은 과학 지식은 변한다고 생각을 하지만(13명), 우리가 아직 발견하지 못한 진실이 존재하기 때문에 언젠가는 그 진실에 도달할 것이라는 생각을 가지고 있었다. 이러한 학생들은 과학 지식의 가변성을 인정하면서 과학 기술이 발전하면 언젠가는 이러한 진실을 발견할 것이라는 생각을 가지고 있어 과학 진실이 존재하지 않는다는 다른 학생들의 생각과 대조적이다. 이와 관련된 독특한 응답으로 한 학생은 현재 우리는 진실에 80% 정도 가까이 접근하였다고 응답하였다. 이러한 생각은 학생들이 과학지식의 가변성 및 임시성을 인식하면서 동시에 절대적인 과학 지식이 어딘가에 존재하므로 언젠가는 발견될 것이라는 생각을 가지고 있음을 보여주는 것으로, 이전의 연구에서 예비 중등교사들이 대부분 과학 지식의 가변성에 대해 잘 이해하고 있다는 연구 결과와는 대조된다(박현주, 이금희, 2005; Lee & Choi, 2002). 또한 어떤 학생은 과학 지식이 변하고 발달해간다고 하지만 실제 본인은 이러한 점을 구체적으로 이해하기 어렵다고도 하였다.

“과학 지식은 변한다고 생각해요. 왜 보통 많이 얘기하잖아요. 과학지식은 변화한다고. 그런데 솔직히 잘 모르겠어요. 정말 변하는 것인지.”(BS6)

양일호 등(2005)은 초등 신규교사를 대상으로 한 연구에서 신규교사들이 과학의 임시성을 인정하면서도 분명하고 자신있는 신념과 근거는 제시하지 못한다고 제시하였는데, 위와 같은 응답이 바로 이러한 신념의 부족을 보여주는 것으로 이는 학생들이 과학 지식의 본성에 대한 것을 단순히 지식으로만 받아들이고 이를 내면화시키지 못했기 때문이라 생각된다.

27.3%(6명)의 학생들은 과학이 자연계의 현상에 대해 설명하려는 시도이기는 하지만 과학적 진실이 존재한다는 것에 대한 의문을 제기하면서, 과학은 합리적인 설명체계를 만들어 나가는 과정이며 따라서 과학 지식은 가변적이라는 생각을 갖고 있었다.

“과학이라는 것은 자연에서 일어나는 현상들에 대하여 어떤 진실을 찾는다고보다는 좀 더 합리적이고 체계적인 설명체계를 만들어내는 학문이라고 생각한다. 즉 진실이라기보다는 진실을 만들어내는 하나의 과정이라고 생각한다. 과학은 절대적인 것이 아니라 변화해 간다.”(BS7)

“제 생각에는 과학은 관찰하는 수준에서 시작해서, 그 관찰을 일반화시키고 합리화시키기 위해 우리만의 방법으로 정리해 놓은 것일 뿐... 과학이 지금보다 얼마나 발전한다 하더라도, 자연을 완전히 이해하고 해석한다는 것은 불가능하지 않을까. 단지 우리의 언어와 방법으로, 조금 더 알기 쉬운 상태로 정리하고 합리화시켜 가는 정도가 되지 않을까.”(PS4)

위의 학생들은 과학적 진실이 존재한다고는 생각하지 않고 다만 과학 지식은 변화하고 발전해가며, 과학은 진실을 만들어가는 과정과 삶의 한 방법으로 그 특성을 묘사하는 경향이 있다.

이러한 응답으로부터 볼 때, 이제까지의 예비교사를 대상으로 한 과학의 본성에 대한 연구결과와는 달리 학생들은 과학지식의 가변성에 대해 혼동되는 인식을 가지고 있는 것으로 볼 수 있다. 즉, 과학지식이 변화한다고 생각하면서도 언젠가는 절대적인 과학지식을 발견할 수 있을 것이라는 생각을 동시에 가지고 있다.

2. 과학이 개인 및 사회에 미치는 영향 및 과학과 기술의 관계

두 번째 질문은 과학이 개인 및 사회생활의 어느 측면에 가장 크게 영향을 미쳤다고 생각하는가에 대한 것이었다. 학생들은 이에 대한 과학의 일차적인 공헌으로 기술의 발전을 위한 기초를 제공하고 있다고 생각하고 있었다(16명, 72.7%). 학생들은 그 예로서 IT산업과 관련된 사례들을 주로 언급했다.

“과학은 우리 주변을 둘러싸고 있는 모든 것이다. 우리나라에서는 인터넷과 정보통신, 세계적으로는 건강과 관련된 분야에

서 가장 많은 변화가 있었던 것 같다. 기술은 과학을 바탕으로, 과학에서 얻어진 지식이나 법칙을 실생활에 활용하는 것이다.”(BS8)

“과학의 발견을 통해 우리생활에 편리를 제공하고, 과학을 토대로 기술 등이 발전한다.”(PS5)

일부 학생들이 과학이 인간의 가치체계 및 사회의 변화에 영향을 미친다고 응답하였다.

“과학을 공부함으로써 의식자체가 변화된 것 같다.”(BS1)

“과학은 사람들의 가치체계를 바꿔서, 예전에는 생각지도 못했던 일들을 당연한 것으로 받아들여지는 것과 같이, 사회를 변화시키는 힘을 가지고 있다고 생각한다. 과학이 인류에게 긍정적인 영향만을 주고 있다고 생각지 않는다. 과학의 발전이라는 이면에는 과학을 절대적인 것으로 생각하거나, 사람의 사고를 단순화시키고, 물개성화 시키는 등의 영향을 미치고 있다.”(PS4)

“과학의 직접적인 영향은 아니지만, 주변의 사물에 대해 기계적인 생각을 가지게 되는 등 사고에 많은 영향을 미치는 것 같다.”(CS3)

18명(81.8%)의 학생이 과학과 기술의 관계에 대해 언급하면서 새로운 과학의 발견은 새로운 기술에 달려있고, 새로운 과학은 새로운 기술을 가능하게 하는 서로 상호의존적이라는 인식을 가지고 있었으나, 과학과 기술을 동일시하는 학생도 있었다.

“과학과 기술은 서로 상보적인 관계다. 또한 현상을 이용해서 이론이 발전하거나 추출해내고, 또 그것을 이용해서 기술이 발전하고, 또 그 기술로 인해 과학이 한 단계 더 발전한다.”(CS1)

“과학이 발전하면서 어떤 현상에 대한 과학적 원리를 발견해 주고, 그것을 이용하여 기술이 발전하고, 또 그 기술을 이용하여 다시 현상을 관찰하는 것과 같이, 어느 것이 우위에 있다고 말할 수 없는, 과학과 기술은 상호보완적인 관계를 가진다.”(CS3)

위와 같이 대부분의 학생들은 과학이 개인 및 사회생활에 미친 영향으로 기술의 측면을 언급하고 있는데 이는 매우 편협한 인식이라고 볼 수 있다. 강석진 등(2001)은 교육대학 학생들의 과학, 기술과 사회의 관계에 대한 인식 연구에서 전반적으로 학생들의 이해 수준이 낮은 편은 아니나 좀 더 사실주의관점을 가져야 할 것을 강조하였다. 이러한 학생들의 생각은 이제까지 과학과 기술의 관계에 대한 인식의 중요성을 과학교육 과정에서 강조해온 결과라 볼 수 있다. 그러나 이러한 관계의 강조에 있어서 과학이 미치는 영향에 대해 좀 더 다양한 시각을 가질 수 있도록 해야 할 것이다.

과학과 기술이 생활에 미치는 영향에 대해서, 과학이 부정적인 영향을 미친다고 생각하는 학생들(10명, 45.5%)이 기술이 부정적인 영향을 미친다고 생각하는 학생들(3명, 13.6%)에 비해 더 많았다. 과학의 부정적인 영향에 대해 학생들은 주로 환경오염의 사례를 들었다. 이것은 과학과 기술 사이의 차이점에 대한 인식의 부족과 이제까지 과학의 내용과 그 성취 결과만을 지나치게 강조하는 과학교육을 받아 온 학생들이 교과서 등에 실린 환경오염의 문제들을 과학 자체의 문제로 받아들인 영향으로 생각된다.

3. 과학적 방법의 본성에 대한 학생들의 견해

과학적 방법에 대한 학생들의 생각을 알아보기 위해 실제 과학 연구에서 사용했던 두 가지의 연구사례를 제시한 후, 이들을 과학적 연구라고 생각하는지에 대해 질문하였다.

연구사례 A는 연못 속에 사는 유기체들의 상호관련성에 대한 연구의 사례로 연못에서 위치를 다르게 하면서 깊이가 다른 장소에서 일정 면적을 정한 후 주의 깊은 관찰을 하면서 기록하고 이들로부터 다양한 유기체들 사이의 관계에 대한 잠정적인 결론을 이끌어내는 과정을 묘사했다. 이 연구방법의 특징은 서술적인 형태로 이야기 식으로 결론을 이끌어내고 있다.

연구사례 B는 영국의 농업 지역에서 양들이 알려지지 않은 병으로 죽어가고 있는 상황을 제시하고, 이 질병의 원인과 양들의 죽음에 대한 원인을 밝히기 위한 연구로 양들의 체내에 간원생동물이 있을 것이라는 잠정적인 가설을 세운 뒤 이를 알아보기 위한 연구방법과 이로부터 내린 결론을 제시하고 있다. 이 연구는 변인을 통제하면서 원인균에 대한 결론을 이끌어간다.

대부분의 학생(19명, 86.4%)이 두 가지 연구사례 모두 과학적인 연구가 될 수 있다고 응답했으며, 이 두 연구사례 중 어느 연구사례가 더 과학적이라고 생각하는지에 대해서는 이 19명 학생 중 9명이 연구사례 A, 6명은 연구사례 B가 더 과학적인 방법이라고 응답하였다. 나머지 4명은 과학 연구 방법은 주제에 따라서 달라질 수 있기 때문에 어떤 것이 더 과학적인 방법이라 말할 수 없다고 응답했다.

연구사례 A가 더 과학적인 연구라고 응답한 학생들 중 일부는 자연을 있는 그대로 탐구해야하기 때문에 A가 더 과학적이라고 생각하였다. 그러나 이들 중 일부는 A가 더 과학적인 연구라고 생각하는 이유로 B가 변인통제가 잘 되었으면 더 과학적인 연구이나 그렇지 않기 때문에 A를 선택한다고 응답하였다.

“우리가 실험실에서 많이 하는 방법은 두 번째 방법인 것 같다. 그런데 제 생각에는 A가 더 좋은 방법인 것 같아요. 이유는 자연을 있는 그대로 분석하니까...”(PS4)

“A는 있는 그대로의 현상을 조사하려는 것 같고, B는 문제가 발생했을 때 문제해결과정을 보여주는 것 같은데, 아무래도 과학은 자연현상을 탐구하는 것이니까 A가 더 과학적인 연구인 것 같아요.”(PS5)

“두 가지 모두 과학적이기는 한데, A가 더 과학적이라고 생각한다. 왜냐하면 B는 변인통제가 제대로 안되어서...”(BS4)

연구사례 B가 더 과학적인 연구라고 응답한 학생들은 그 이유로 가정이나 가설을 설정하고 연구를 수행하였고, 변인통제가 더 잘 되었기 때문이라고 응답하였다. 또한 연구사례 A는 감각에만 의존하고 있기 때문에 객관성과 신뢰성이 떨어진다고 응답하였다.

“두 가지 모두 과학적인 연구사례라고 생각한다. 하지만 막연하게 어떤 것을 관찰하고 예상하는 것보다는, 어떤 현상의 원인으로 의심했던 병원체를 병든 양의 세포를 채취해서 발견하는 결과를 얻었으니까, 어떤 가정으로부터 얻어낸 결과가 너무 명확하다는 점에서 두 번째 것이 더 좋은 연구라고 생각한다.”(CS5)

“두 번째 것이, 가설을 검증하는 단계를 거치는 등, 실험실에서 더 많이 사용하는 방법인 듯 하다.”(PS2)

“첫 번째 연구는 조사하는 사람의 감감기관에 의존하기 때문에 연구의 객관성을 떨어뜨리는 영향이 있다. 두 번째 연구는 어떤 가설을 설정하고 이론 부분에 의존하기 때문에, 과학적 연구 방법으로는 두 번째 연구가 더 맞다고 생각한다.”(BS7)

3명(13.6%)의 학생이 두 연구사례 모두 과학적인 연구가 될 수 없다고 응답하였고, 그 이유로 두 사례 모두 연구방법에 문제가 있다고 하였다.

“두 가지 다 과학적인 연구는 아닌 것 같다. A는 탐구한 것의 결과와 얻으려는 결론이 다른 것 같다. B는 결론을 내리는 방법이 잘못된 것 같다. 결론을 얻으려면 변인 통제를 더 잘 해야 한다.”(PS1)

“두 가지 다 문제점이 있어 과학적인 연구사례라고 보기 힘들다. A는 일정한 면적을 정했다고 해도 관찰하고자 한 유기체들이 움직일 수 있기 때문에 문제가 있고, B는 표본을 정할 때 무작위로 선정했다는 점이 문제가 있다.”(BS2)

위의 질문에 이어 무엇이 가장 과학적인 방법인가라는 질문에 대해 가장 많은 비율을 나타낸 것이 실험을 통한 가설-연역적 방법이 가장 과학적인 방법이라는 응답이었다(15명, 68.2%). 이러한 응답을 한 학생들은 과학은 증명해 보여야 하므로 이를 위해서는 실험이

가장 논리적이고 타당한 방법이라고 생각하는 경향을 나타냈다.

“실험이 과학적인 연구방법인 것 같다. 어떤 가설을 세우고, 나머지 변인들을 통제한 후 연구하려는 변인만 변화시킨 후 종속변인이 어떻게 변화되는지를 연구하는 과정이 실험이라고 생각한다.”(PS2)

“두 가지 연구사례를 보면, 첫 번째 것은 귀납법의 최대 단점인 일반화를 보여주고 있다고 생각한다. 두 번째 것은 가설을 먼저 세운 다음, 그것을 검증하고, 만약 가설이 맞지 않으면 다른 가설을 세우는 과정을 따르고 있으므로 두 번째 것이 더 합리적이라고 생각한다.”(CS2)

“과학의 방법 중에서는 가설연역법이 가장 과학적인 것 같다. 그 이유는 어떤 현상에 대해 새로운 가설을 설정하고, 실험을 통해 검증하는 과정을 거쳐야만 더 생산적이며, 더 과학자다운 것이라고 생각하기 때문이다.”(PS3)

“과학의 연구방법으로는 일단 변인통제실험이 가장 많이 사용되고 있다고 생각하며, 또 쉽게 눈으로 확인하기 어려운 이론 부분을 다루는 논리적인 체계성도 과학을 연구하는 방법에 중요하다고 생각한다. 가장 과학적인 연구방법은 먼저 자연현상을 관찰하고, 거기에 대해 논리적인 가설을 세우고, 그것을 실험을 통해서 확인하는 것이다.”(CS1)

“가장 과학적인 방법은 변인을 바꿔가면서 여러 조건에서 실험을 해보고 결론을 찾아 가는 것이라고 생각한다.”(BS2)

“과학의 방법은 먼저 계획을 세우고 가설을 세운 다음 그 가설을 검증하기 위해 실험을 실시하는 것이다.”(BS3)

“과학적인 방법은 변인통제가 잘 되어 있는 실험이며, 실험환경이나 통제가 잘 갖추어진 실험실에서 하는 실험이 가장 과학적이라고 생각한다.”(BS5)

학생들은 또한 과학적인 방법을 언급할 때 귀납적 방법과 연역적인 방법으로 구분하면서, 귀납적인 방법은 관찰을 한 후 이를 바탕으로 이론을 이끌어내고, 연역적인 방법은 가설을 세우고, 이를 검증하기 위해 실험을 행한 후 결론을 이끌어 내는 과정이므로 더 논리적이라고 생각하는 경향이 있었다. 이것은 학생들이 과학적인 방법과 실험에 대해 매우 편협한 인식을 갖고 있음을 보여준다.

또한 학생들은 과학적인 방법에서 실험의 단계로 가설설정, 실험방법 계획, 변인통제, 가설검증, 결론도출의 일련의 단계를 제시하였다. 이는 학생들이 과학의 방법을 매우 구조화된 일련의 단계들로 구성되어 있는 것으로 생각하고 있음을 보여준다. 학생들은 자신이 중학교, 고등학교와 대학을 거치면서 경험한 과학 수업이나 과학 실험으로부터 이와 같은 생각을 갖게 된 것으로 추측된다. 또한 실험이 수업이나 강의를 통해 배운 이론을 검증하는 과정으로 생각하고 있었다. 이는 대부

분의 과학실험에서 행해지는 실험의 형태가 대부분 학습한 이론을 검증하는 것이어서 이로 인해 학생들에게 매우 제한된 과학의 경험을 제공하고 있기 때문이라고 생각된다(Rudolph, 2000; Reiff, 2004).

4. 과학에 대한 학생들의 견해

여기에서는 과학이 무엇이라고 생각하는지 과학의 정의에 대한 질문을 하였다. 이 질문의 의도는 과학에 대해 생각할 때 무엇을 먼저 생각하는 지를 알아보기 위한 것이었다. 이러한 질문을 통해서 예비 과학교사인 학생들이 생각하는 보편적인 과학의 본성이 무엇인지를 알아볼 수 있다.

학생들의 응답을 보면, 과학이란 자연현상에 대한 연구, 물질, 우주 등에 대한 연구라고 하여 과학이라는 학문의 대상을 언급하였고(7명, 32%), 인류복지나 생활의 발전 등 과학의 목적을 언급하였고(6명, 27%), 자연을 탐구하는 방법, 탐구방법 등이라 하여 탐구방법으로서의 과학을 언급하였다(4명, 18%). 앞의 방법이나 사고 방법으로써 과학을 언급한 학생은 1명(5%)에 불과하였다. 또한 1명의 학생만이 과학지식, 구조, 과학관련 태도 등에 대해 언급하였다.

“과학은 자연현상과 물질에 대해서 연구-즉 관찰하고 실험-하는 것이며. 자연 현상의 진실을 알아내려고 하는 것이다.”(PS2)

“과학은 자연현상을 다루는 학문이다. 자연현상을 보고 가설을 세우고 실험을 통해서 확인하는 것이 과학이다.”(CS1)

“줄게는 미생물에서부터 크게는 우주 전체를 대상으로 하는 것이 과학이다.”(BS5)

“자연현상을 설명할 수 있는 법칙을 과학이라고 생각한다.”(CS4)

“과학은 현재 인류가 자연을 탐구하는 하나의 방법일 뿐이다.”(PS4)

“좀 더 나은 생활을 할 수 있도록 도와주는 것이 과학이다.”(BS4)

위에서 보듯이 대체적으로 학생들이 과학을 정의할 때 연구의 대상, 목적, 과정이나 방법으로서 과학을 정의하는 경향이 있는데, 과정이나 방법으로서 과학을 정의하는 학생들조차도 과학의 본성에서 매우 중요하게 간주되는 새로운 질문을 만들어 내고 이에 대한 답을 찾아가는 과정으로서의 과학에 대해서는 언급하지 않았다. 이러한 응답은 또한 양일호 등(2005)이 초등 신규교사를 대상으로 한 연구에서 보여준 결과와 같이

자연세계의 숨겨진 규칙과 원리를 규명하는 방법, 실험과 조작활동을 통한 탐구과정, 자연현상을 설명하는 방법, 생활 등으로 정의하는 경향이 있다는 것과 유사하다.

Sanders(2001)의 연구에서도 이와 비슷한 결과를 보여주고 있는데, 과학이란 무엇인가라는 질문에 대해 대학교수와 교사들은 사과의 방법, 낚시의 방법으로 과학을 정의하는 반면에, 학생들은 과학이라는 학문의 대상을 언급하는 경향이 있었다. 이것은 일반적으로 과학이 소개될 때 ‘과학은 ...에 대해 연구하는 학문이다’라는 표현에서 연유하는 것이라 하였다.

예비교사들의 과학의 본성에 대한 위와 같은 인식은 이제까지 이들이 받아온 교육, 즉 과학교사와 교재로부터 받은 영향일 수 있다. 이는 또 다시 이들이 과학교사로서 과학을 가르칠 때 같은 결과를 낳게 될 가능성을 나타낸다.

과학에 대한 정의와 관련하여 몇몇 학생들이 ‘모든 것이 과학’이라고 말하기도 하였다. 이들은 과학적 활동의 산물이 우리 주변을 둘러싸고 있다고 생각하고 있는데, 이것은 학생들이 과학의 산물을 우리 생활을 둘러싸고 있는 기술로 이해하고 있음을 말해준다.

“우리를 둘러싸고 있는 생활 자체가 과학이기 때문에, 우리 주변의 모든 기기가 과학이라고 볼 수 있다.”(BS2)

“과학은 우리 주변을 둘러싸고 있는 모든 것이다.”(BS8)

이들은 왜 모든 것이 과학이라고 생각하는가에 대해서는 인간의 생활을 윤택하게 만들려는 것이 과학의 목적이요, 우리 주변의 모든 것들이 이러한 목적을 위해 만들어진 과학 활동의 결과라고 응답하였다. 이러한 일부 학생들의 응답은 과학에 대한 도구주의적 관점을 보여주는 것으로 고등학생들이 가지고 있는 과학의 정의에 대한 관점과 별 차이가 없으며(노태희 등, 2003), 대학과정에서 다양한 과학관련 과목을 이수했음에도 불구하고 이러한 관점을 그대로 유지하고 있음을 보여준다.

Moss 등(2001)의 고등학교 11학년과 12학년을 대상으로 한 연구에서도 ‘모든 것이 과학이다’라는 믿음을 갖고 있는 학생이 많음을 보고하였다. 이는 과학을 알아가는 과정이나 방법이라고 단순하게 생각하는 과학에 대한 이해의 부족에서 비롯된 것이라고 하였다. 우리를 둘러싸고 있는 모든 것에 과학이 존재한다는 믿음은 문제를 해결해나가는 모든 과정이 과학이라는 생각과 우리 주변의 생활 관련 물질들이 과학으로 인한 것이라는 생각에서 연유한 것이라 생각된다.

IV. 결 론

과학의 본성에 대한 이해는 과학교육에서 중요한 목표로 인식되어 왔다. 미래의 시민으로서 과학과 기술에서 파생되는 많은 논쟁거리에 참여하고 합리적인 의사 결정을 내릴 수 있도록 하기 위해 과학의 본성에 대한 이해를 갖출 필요가 있다. 따라서 앞으로 과학을 가르칠 예비 과학교사들이 가지고 있는 과학의 본성에 대한 인식을 알아보는 것은 교육현장에서 교육과정의 최종 전달자가 바로 교사임을 고려할 때 의미 있는 것이라고 본다.

이 연구에서는 일차적으로 예비 과학교사들의 과학의 본성에 대한 전반적인 인식을 파악하고자 하였다. 이를 통하여 앞으로 과학 교사교육 과정에서 무엇을 강조해야 하고, 또 이를 어떤 방법으로 교수해야 할 것인가에 대한 통찰력을 얻을 수 있을 것이다.

이 연구로부터 예비 과학교사들은 과학적 지식의 가변성에 대해서는 대체적으로 잘 이해하고 있음을 알 수 있었다. Moss 등(2001)의 연구에서와 같이, 일반적으로 예비교사들은 과학적 사건의 본성보다 과학적 지식의 본성에 대해 보다 완전한 이해를 가지고 있다. 대부분의 학생들은 과학 지식이 가변적이고 발달적이라는 개념에 대해 잘 이해하고 있었다. 그러나 여기에는 이제까지 다른 연구에서는 나타나지 않았던 과학적 진실의 존재 여부에 대한 예비 과학교사들의 인식도 함께 존재하고 있음을 볼 수 있었다. 이것은 예비 과학교사들이 이제까지 과학교육과정의 목표로 강조해 온 과학지식의 가변성에 대해 피상적으로는 이해하고 있으나 절대적인 진리에 대한 개념도 동시에 가지고 있는 이중성을 보여준다. 학생들의 이러한 생각은 과학의 본성에 대한 다른 측면을 이해하는데도 영향을 미칠 수 있으므로 교사교육을 담당하는 과학교육자들이 이에 대해 진지하게 고려해야 할 점이라고 본다.

따라서 이러한 결과는 실제 과학 교사 교육과정에서 과학지식의 가변성 및 발달적 속성에 대한 측면을 어떻게 학생들에게 보여주고, 과학지식에 대한 진실이 존재하는가의 여부에 대해 예비 교사들에게 생각해 볼 기회를 제공해주어야 할 필요성을 제시한다. 이러한 기회를 통해서 예비 교사들이 과학 지식의 가변성 및 발달적 속성에 대해 더 정확하게 인식 할 수 있을 것이다.

과학이 미치는 영향에 대해서는 대부분의 학생들이 기술의 측면을 언급하여 매우 편협한 인식을 갖고 있음을 보여주었다. 이러한 학생들의 생각은 이제까지 과학과 기술의 관계에 대한 인식의 중요성을 과학교육과정에서 강조해온 결과라 볼 수 있다. 기술은 실제적인 문제를 해결하고 인간의 요구를 들어주는 측면에서 과

학보다 직접적으로 사회에 영향을 준다. 반면에 과학은 인간의 호기심을 자극하고 충족시키며 우리가 세상을 보는 관점을 확장시켜준다(AAAS, 1993). 따라서 과학과 기술의 관계의 강조에 있어서 과학이 미치는 영향에 대해 이와 같은 좀 더 다양한 시각을 가질 수 있도록 해야 할 것이다. 이러한 점이 바로 교사교육에서 강조되어야 할 부분이라고 생각한다.

과학적 방법의 본성에 대해서 예비 과학교사들은 제한된 인식을 가지고 있음을 보여주었다. 과학연구는 가설을 설정하고 실험을 통해서 이를 검증하는 방법이 가장 과학적이라는 인식이 지배적이었다. 또한 이러한 연구의 단계로 가설설정, 실험방법 설계, 실험 수행, 결론 도출 등의 일련의 단계를 제시하여 예비 과학교사들이 과학적 연구방법에 대한 획일화된 단계가 있다고 믿고 있었다. 이러한 인식은 다른 과학적 방법의 본성에 대한 인식 연구에서도 많이 나타나는 대표적인 경향으로 과학에 관한 가장 정형화된 통념 중의 하나이다(McComas, 1996). 실제로 과학자들이 사용하는 과학적인 연구방법에는 한가지의 정형화된 방법이 없음에도 불구하고 학생들이 위와 같은 일련의 단계를 과학연구의 방법으로 제시한 것은 이제까지 이들이 경험한 과학교과서와 과학 수업으로부터 온 것으로 추측된다(Reiff, 2004). 또한 실험은 이론을 검증하는 과정으로 생각하고 있었으며, 이는 과학실험에서 행해지는 실험의 형태가 대부분 이미 학습한 이론을 검증하는 것이어서 이로 인해 학생들에게 매우 제한된 과학의 경험을 제공하고 있기 때문이라고 생각된다.

과학을 단순히 앞의 방법이라고 정의하는 것은 과학과 과학이 아닌 것을 구분하지 못하는 것이다. 과학은 단순히 알아가는 방법이 아니라 체계적인 일련의 과정으로 경험적 자료를 고찰하고, 새로운 과학적 지식 및 이해를 발달시켜 나가는 인간의 사회적인 노력, 이러한 노력을 통해 결국은 우리가 살고 있는 세상을 이해하고자 하는 노력이다(Mayer & Kumano, 2002). 그러나 학생들은 과학 수업에서 이러한 경험을 할 기회를 제공받지 못하고, 과학이 다른 탐구의 방법과 무엇이 다른지 생각해 볼 기회를 갖지 못했기 때문에 이에 대해 제한된 인식을 가지고 있다고 생각된다.

과학의 본성에 대한 이해는 단순히 과학을 배움에 의해서 획득되는 것은 아니다. 학생들이 실제로 과학 활동에 적극적으로 참여함으로써 과학의 본성에 대한 정확한 이해를 발달시킬 수 있다. Ryder와 Leach(1999) 등이 대학생들을 대상으로 수행한 연구에서, 학생들이 실제 과학 연구 활동에 참여함으로써 과학의 본성에 대한 이해를 발달시킬 수 있었다고 보고하였다. 이러한 결과와 함께 이들은 과학의 본성에 대한 이해는 길으

로 명백하게 드러나는 측면과 묵시적인 측면이 있는데 학생들의 과학 연구 활동에의 직접적인 참여를 통해서 묵시적인 측면에 대한 이해도 향상되었음을 보여주었다.

앞으로 과학을 가르칠 예비 과학교사의 과학의 본성에 대한 견해는 그들이 과학을 가르치는 방법의 질에 영향을 미칠 수 있다. 교육과정에 제시된 교과내용들은 중개자인 과학 교사의 해석을 통해 학생들에게 전달되기 때문에 과학의 본성에 대한 교사의 관점은 그들의 수업내용과 방법에 영향을 준다. 따라서 과학 교사교육 과정을 통해서 중등학교 학생들을 가르치게 될 예비 과학교사들이 과학의 본성에 대한 폭넓은 이해를 갖추도록 해야 할 것이다. 이를 위해서는 교사교육 과정에서 예비 과학교사들이 다양한 구체적인 상황 속에서 과학의 본성에 대한 여러 측면을 토론하고 경험해 볼 수 있는 기회를 제공해야 할 것이라고 본다.

국문 요약

이 연구에서는 교사양성 과정에 있는 예비 과학교사들의 과학의 본성에 대한 인식을 알아보려고 하였다. 연구참여자는 사범대학 과학교육학부 4학년에 재학 중인 학생 중에서 선정하였으며 물리교육 전공 5명, 생물교육 전공 8명, 지구과학교육 전공 1명, 화학교육 전공 8명으로 총 22명으로 구성되었다. 인식을 조사하기 위하여 개방형의 질문지를 개발하였다. 개발된 질문지는 크게 과학 지식의 본성, 과학적 방법의 본성, 과학이 미치는 영향의 세 가지 영역으로 이루어졌다. 면담은 반구조화된 형식으로 이루어졌으며, 참여자 1인당 평균 20분 정도 소요되었고, 면담 내용은 모두 녹음한 후 분석을 위하여 전사하였다. 대부분의 예비 과학교사들은 과학 지식의 가변성 및 발달적인 속성에 대해서는 비교적 이해를 잘 하고 있었으나 과학적 진실의 존재에 대한 이중적인 생각을 가지고 있었다. 대부분의 학생들은 과학이 개인 및 사회생활에 미친 영향으로 기술의 측면을 언급하고 있으며, 과학과 기술과의 관계에 대한 제한된 인식으로 가지고 있었다. 과학적 방법에 대해서는 가설연역적 방법을 이용할 실험연구가 더 과학적이라고 생각하는 경향이 있었으며 실험의 과정에 대해 일련의 정형화된 단계가 있는 것으로 인식하고 있었다. 이로부터 볼 때 예비 과학교사들은 과학의 본성의 다양한 측면들에 대해 제대로 이해하지 못하고 있으며 매우 제한된 인식을 갖고 있다고 생각된다.

참고 문헌

강석진, 한수진, 김재현, 노태희 (2001). 과학 . 기술과 사회의 관계에 대한 교육대학 학생들의 견해. 한국과

학교교육학회지, 21(3), 537-546.

강석진, 김영희, 노태희 (2004). 과학사를 이용한 토론 수업이 학생들의 과학의 본성에 대한 이해에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 24(5), 996-1007.

노태희, 김희백, 김영희, 성을선, 홍정림 (2003). 고등학교 과학 이수 과정에서 학생들의 과학 . 기술과 사회의 관계에 대한 견해 변화. 한국과학교육학회지, 23(6), 650-659.

박윤배 (2000). 중등과학교사들의 과학관과 학습관. 한국과학교육학회지, 20(2), 244-249.

박현주, 이금희 (2005). 과학적 소양의 관점에서 본 대학생들의 과학의 본성에 대한 이해. 한국과학교육학회지, 25(3), 390-399.

소원주, 김범기, 우종욱 (1998). 과학교사들의 과학 철학적 관점이 중학생들의 과학의 본성개념에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 18(1), 109-121.

양일호, 한기갑, 최현동, 오창호, 조현준 (2005). 초등 신규 교사의 과학 본성에 대한 신념. 초등과학교육, 24(4), 360-379.

임청환, 김현정, 이성호 (2004). 과학의 본성에 대한 예비 교사와 현직 교사의 인식. 초등과학교육, 23(4), 297-304.

장병기 (1995). 과학수업 및 과학의 본성에 대한 초등 교사의 인식. 초등과학교육, 14(1), 1-15.

조정일, 주동기 (1996). 과학교사들의 과학의 본성에 관한 관점 조사. 한국과학교육학회지, 16(2), 200-209.

한지숙 (1996). 중고등학교 과학교사와 학생들의 과학의 본성에 대한 인식 조사. 이화여자대학교 교육대학원 석사학위논문.

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.

Abd-El-Khalick, F. S., & Akerson, V. L. (2004). Learning as conceptual change: Factors mediating the development of preservice elementary teachers' views of nature of science. *Science Education*, 88(5), 785-810.

Abell, S., Martini, M., & George, M. (2001). 'That's what scientists have to do' : Preservice elementary teachers' conceptions of the nature of science during a moon investigation. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(11), 1095-1109.

American Association for the Advancement of Science. (1989). *Project 2061: Science for all Americans*, New York: Oxford University Press.

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

Bartholomew, H., Osborne, J., & Ratcliffe, M. (2004). Teaching students "ideas-about-science" : Five dimensions

of effective practice. *Science Education*, 88(5), 655-682.

Bell, R. L., Blair, L. M., Crawford, B. A., & Lederman, N. G. (2003). Just do it? Impact of a science apprenticeship program on high school students' understanding of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 487-509.

Brickhouse, N. W. (1989). The teaching of the philosophy of science in secondary classrooms: Case studies of teachers' personal theories. *International Journal of Science Education*, 11(4), 437-449.

Cobern, W. W., & Loving, C. C. (2002). Investigation of preservice elementary teachers' thinking about science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(10), 1016-1031.

Collette, A. T., & Chiapetta, E. L. (1984). "Science instruction in the middle and secondary schools," *Times Mirror/Mosby*, St. Louis.

Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Milton Keynes: Open University Press.

Duschl, R. A. & Wright, E. (1989). A case study of high school teachers' decision making models for planning and teaching science. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(6), 467-501.

Evans, M. D. & Baker, D. (1977). How secondary pupils see the sciences. *School Science Review*, 58, 771-774.

Gallagher, J. J. (1991). Prospective and practicing secondary school science teachers' knowledge and beliefs about the philosophy of science. *Science Education*, 75(1), 121-133.

Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. S. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth grader's views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551-578.

Lederman, N. G. (1999). Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: Factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 916-929.

Lederman, N. G., & Zeidler, D. L. (1987). Science teachers' conceptions of the nature of science: Do they really influence teaching behavior? *Science Education*, 71, 721-734.

Lederman, N. G., & O'malley, M. (1990). Students' perceptions of tentativeness in science: Development, use, and sources of change. *Science Education*, 74, 225-239.

Lederman, N.G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L., & Schwartz, R. (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.

Lee, E. A. & Choi, S. H. (2002). Pre-service teachers' conceptions of the nature of science. *Journal of Korean Earth Science Society*, 23(2), 140-146.

Mayer, V. J. & Kumano, Y. (2002). The philosophy of science and global science literacy. In Mayer, V. J.(Ed.), *Global science literacy*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

McComas, W. F. (1996). Ten myths of science: Reexamining what we think we know about the nature of science. *School Science and Mathematics*, 96(1), 10-16.

Millar, R & Osborne, J. (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. King's College, London.

Moss, D. M., Abrams, E. D. & Robb, F. (2001). Examining student conceptions of the nature of science. *International Journal of Science Education*, Vol. 23, 8, 771-790.

Moss, D. M. & Koehler, C. M. (2004). Teaching the nature of science in preservice programs: When, where, and how? Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Vancouver, BC.

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

Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., & Duschl, R. (2003). What "ideas-about- science" should be taught in school science? A delpi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.

Reiff, R. (2004). The methods of science: Exchanging myth for authenticity. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (Rev. ed). Great Britain: Kluwer Academic Publishers.

Rudolph, J. L. (2000). Reconsidering the "nature of science" as a curriculum component. *Journal of Curriculum Studies*, 32, 403-419.

Ryder, J. & Leach, J. (1999). University science students' experiences of investigative project work and their images of science. *International Journal of Science Education*, 21, 945-956.

Saunders, W. L. (2001). Alternative conceptions of the nature of science responses from students, teachers and professors. *Education*, 107(1), 98-104.

Schwartz, R. S., & Lederman, N. G. (2002). "It's the nature of the beast" : The influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 205-236.

Simmons, P. E., Emory, A., Carter, T., Coker, T., Finnegan, B., Crockett, C., Richardson, L., Yager, R., Craven, J., Tillotson, J., Brunkhorst, H., Twiest, M., Hossain, K., Gallagher, J., Duggan-Haas, D., Parker, J., Cajas, F., Alshannag, Q., McGlamery, S., Krockover, J., Adams, P., Spector, B., LaPorta, T., James, B., Rearden, K., & labuda, K. (1999). Beginning teachers: Beliefs and classroom actions. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 930-954.