

중학교 과학 ‘물질의 구성’ 단원에서 과학사 소재를 활용한 명시적·반성적 과학의 본성 수업의 효과

김경순 · 노정아 · 서인호¹ · 노태희*

서울대학교 · ¹구정고등학교

The Effects of Explicit and Reflective Instruction about Nature of Science Using Episodes from the History of Science in ‘Composition of Material’ Unit of Middle School Science

Kim, Kyungsun · Noh, Jeong-a · Seo, Inho¹ · Noh, Taehee*

Seoul National University · ¹Gujeong High School

Abstract: In this study, we investigated the effects of explicit and reflective instruction about nature of science (NOS) using episodes from the history of science upon students' understanding about NOS, achievement, and enjoyment of science lessons. Four classes of ninth graders (N=129) at a coed middle school were divided into the control and the treatment groups. The students were taught about the composition of material for 11 classes. Before the instruction, most of the students in both the control and the treatment groups held naive views about NOS. After the instructions, the views about NOS of the control group students did not change, whereas the students in the treatment group held more adequate views about NOS. The high-level students in the treatment group showed more adequate views about NOS than the low-level students. However, there were no significant differences between the test scores of the two groups in the achievement and the enjoyment of science lessons.

Key words: nature of science, explicit, reflective, history of science, achievement, enjoyment of science lessons

I. 서론

현대 사회에서는 일상생활에서 접하게 되는 다양한 문제들에 대해 합리적인 의사결정을 내리고, 이들 문제를 과학 지식과 과학적 방법을 이용하여 해결하는 능력이 중요한데, 과학의 본성(nature of science: NOS)에 대한 이해는 이러한 능력을 기르기 위한 필수 요소이다(교육부, 1997; AAAS, 1993; NRC, 1996). 또한, 과학의 본성의 한 측면인 과학 지식의 형성과 발달 과정은 과학 학습의 원리와 유사하고(Sequeira & Leite, 1991), 학생들의 과학의 본성에 대한 이해 정도는 과학 개념에 대한 이해도와 밀접한 관련이 있다고 보고되고 있다(차정호 등, 2005; Lin *et al.*, 2004). 따라서 학생들의 과학의 본성에 대한 이해를 향상시키는 것은 중요하며, 이를 위해 교육 현장에서 효과적으로 과학의 본성을 가르치는 방법을 모색하기 위한 다양한 시도가

이루어지고 있다(강석진 등, 2004; 김지영, 강순희, 2007; 유미현 등, 2007; Abd-El-Khalick & Lederman, 2000b; Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002).

과학의 본성에 대한 교수 방법은 암시적(implicit) 접근과 명시적(explicit) 접근으로 나눌 수 있다(Abd-El-Khalick & Lederman, 2000a). 암시적 접근 방법에서는 교사가 과학의 본성에 대해 직접 가르치지 않아도 학생들이 과학 탐구 활동을 수행하는 과정에서 자연스럽게 과학의 본성에 대한 학습이 이루어진다고 가정한다(Moss *et al.*, 1998). 그러나 이러한 소극적인 접근 방법은 학생들이 과학의 본성에 대해 적절한 견해를 갖도록 하는 데 효과가 크지 않았다(Meichtry, 1992). 이는 학생들에게 과학의 본성에 대한 현대적인 관점이 직접적으로 제시되지 않았을 뿐 아니라, 학습 과정에서 과학의 본성에 대해 생각해볼 기회가 제공되지 않았기 때문으로 볼 수 있다.

*교신저자: 노태희(nohth@snu.ac.kr)

**2007.11.27(접수) 2008.01.16(1심통과) 2008.02.07(최종통과)

***이 논문은 2006년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R01-2006-000-10675-0)

한편, 명시적 접근 방법에서는 과학의 본성에 대한 이해를 계획적이고 의도적인 인지적 교수의 결과로 보고, 과학의 역사적, 철학적, 사회·문화적 요소 등의 과학의 본성을 학생들에게 직접 가르쳐야 한다고 가정한다(Akerson *et al.*, 2000). 예를 들면, 과학사(history of science: HOS) 소재를 이용하여 각 시대의 사회·문화적 배경에 따라 과학 지식이 형성되거나 변화할 수 있다는 과학의 본성을 직접 교수한다(Solomon *et al.*, 1992). 이러한 적극적인 방법은 과학의 본성에 대한 학생들의 이해도 향상에 긍정적이라는 연구 결과가 보고되었다(강석진 등, 2004; Irwin, 2000; Solomon *et al.*, 1992).

그러나 과학의 본성을 명시적으로 제시하기 위한 방안으로 과학사 소재를 활용하는 것만으로는 학생들의 과학의 본성에 대한 이해를 향상시키는 데 불충분하다는 지적이 있었다(유미현 등, 2007; Abd-El-Khalick & Lederman, 2000b; Tao, 2003). 학생들은 연구에서 의도한 바와 같이 과학사를 과학의 본성에 초점을 두어 이해하는 것이 아니라, 단순히 과거의 흥미로운 사건이나 이야기 정도로 여기는 경향이 있기 때문이다(Abd-El-Khalick & Lederman, 2000b; Tao, 2003). 또한, 학생들은 과학사의 과학 지식 형성 과정에서 등장하는 과학자들의 사고와 과학적 방법을 그 시대의 사회·문화적 관점에서 이해하는 것이 아니라, 현재의 과학 개념과 비교하여 잘못된 과학 지식으로 무시할 가능성이 높다(Abd-El-Khalick & Lederman, 2000b; Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002).

이러한 문제점을 해결하기 위해 명시적·반성적(explicit and reflective) 접근 방법을 적용한 과학의 본성 수업(Lederman & Abd-El-Khalick, 1998)이 제안되었다. 이때 명시적이라 함은 과학의 본성에 대한 적절한 관점을 학생들에게 분명하게 제시하는 것을 의미하며, 반성적이라 함은 학습 과정에서 학생들이 과학의 본성에 대한 자신의 관점을 검토할 수 있는 토론 등의 구조화된 활동 기회를 제공하는 것을 의미한다(Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002). 실제로 과학의 본성에 대한 명시적·반성적 접근 방법을 적용한 과학 탐구 수업이 초등학교 6학년 학생들의 과학의 본성에 대한 관점을 현대적으로 변화시킨 것으로 나타났다(Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002). 또한, 초등 예비 교사 교육과정에서 과학 과목을 수강하고 있는 예비 교사들을 대상으로 과학의 본성에 대한 명시적·반성적 활동 수업을 실시한 결과, 수업 전보다 과학의 본성에 대한 이해가 향상된 것으로 보고되었다(Abd-El-Khalick, 2001).

그러나 중등 학생들을 대상으로 이 수업 방법을 적용하고 그 효과를 조사한 연구는 찾아보기 어렵다. 또한, 우리나라 중등학교의 정규 교육과정에서 과학 개념 학습과 과학의 본성에 대한 학습을 병행할 수 있는 과학의 본성에 대한 수업 자료 개발은 매우 부족한 실정이다. 한편, 학생들의 과학의 본성에 대한 관점의 변화는 그들이 가지고 있는 과학 지식에 영향을 받으며(Abd-El-Khalick & Lederman, 2000b; Meichtry, 1992; Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002), 과학 수업에서 과학사의 도입은 학생들의 개념 이해(유미현 등, 2007; 차정호 등, 2004)나 과학 학습에 대한 흥미(강석진 등, 2004; Solomon *et al.*, 1992)에 영향을 주는 것으로 보고되고 있다.

이 연구에서는 중학교 3학년 ‘물질의 구성’ 단원에서 학생들의 과학의 본성에 대한 이해를 향상시킬 수 있는 명시적·반성적 과학의 본성 수업 자료를 개발하였다. 이를 현장에 적용하여 과학의 본성 중에서 과학의 목적, 과학 이론의 정의, 모델의 성질, 과학 이론의 잡정성, 과학 이론의 성질, 과학의 사회·문화적 영향에 대한 학생들의 견해에 어떤 영향을 미치는지 알아 보았다. 또한, 이 수업이 학생들의 사전 과학 성취 수준에 따라 과학의 본성에 대한 이해, 학업 성취, 과학 수업에 대한 즐거움에 미치는 영향을 조사하였다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 대상

이 연구는 서울시에 소재한 1개 남녀 공학 중학교의 3학년에서 4학년 129명(남학생: 66명, 여학생: 63명)을 선정하여, 처치 집단(65명)과 통제 집단(64명)에 각각 2학급씩 배치하였다. 두 집단 학생들의 1학기 중간고사 과학 성적에 대해 변량 분석을 실시한 결과($MS=12.93$, $F=.03$, $p=.866$), 사전 과학 성취 수준이 동질한 집단임을 확인하였다. 또한, 연구 대상 학생들의 성취 수준은 1학기 중간고사 과학 성적의 중앙값에 기초하여 상위와 하위로 구분하였고, 성취 수준에 따른 집단별 사례수는 Table 1과 같다.

Table 1

The subjects of two groups by prior science achievement level

	Control	Treatment	Total
High	31	33	64
Low	33	32	65
Total	64	65	129

2. 연구 절차

우선 선행 연구들을 검토하여 중학교 수준에 맞는 과학사 소재를 활용한 명시적·반성적 과학의 본성 수업 활동을 계획하였다. 과학의 본성은 연구자에 따라 매우 다양하게 정의되고 있는데(Elder, 2002), Driver *et al.* (1996)은 과학의 본성에 포함될 수 있는 내용으로 과학의 목적, 과학 지식의 특성, 사회적 산물로서의 과학을 제시하고 있다. 이에 기초하여 이 연구에서는 과학의 본성에 대해 선행 연구(Aikenhead *et al.*, 1989; Solomon *et al.*, 1996; Lederman *et al.*, 2002)에서 공통적으로 제시하고 있는 요소 중에서 중학생에게 적합한 과학의 목적, 과학 이론의 정의, 모델의 성질, 과학 이론의 잠정성, 과학 이론의 성질, 과학의 사회·문화적 영향을 선정하였다. 또한, 과학사를 활용하기에 적합한 중학교 3학년 ‘물질의 구성’ 단원을 대상으로, 연구 대상 학교에서 사용하고 있는 교과서(지학사)의 해당 단원 내용을 분석하여 11개의 학습 주제를 선정하였다. 처치 집단의 경우 각 주제에 적합한 과학사 소재 및 각 주제와 관련된 과학의 본성에 대한 관점을 정한 후(Table 2), 이에 기초하여 교수·학습 자료를 개발하였다. 한편, 통제 집단의 경우에는 처치 집단과의 학습 내용을 통제하기 위해 동일한 학습 주제에 대해 교과서 내용에 충실한 교수·학습 자료를 개발하였다. 개발한 교수·학습 자료는 과학 교육 전문가 2인과 과학 교사 2인의 검토를 받았고, 연구 대상이 아닌 1개 학급 학생들을 대상으로 내용의 이해 여부를 점검한

후 수정·보완하여 사용하였다.

수업 처치 이전에 통제 집단과 처치 집단 학생들에게 과학의 본성 검사와 과학 수업에 대한 즐거움 검사를 실시하였고, 처치 집단 학생들에게는 본 수업 이전에 새로운 수업 방법에 대한 안내를 하였다. 본 수업은 연구자 중 1인이 총 11차시 동안 진행하였고, 수업 담당 교사가 본 수업 이전에 연구 대상이 아닌 1개 학급을 대상으로 처치 집단에 실시할 수업을 연습함으로써 새로운 수업 방법에 익숙해지도록 하였다. 이때, 수업 담당 교사를 제외한 공동 연구자 중 1인이 연습 수업을 참관하여 수업 처치가 연구자의 의도대로 진행되고 있는지 점검하였고, 수업 진행에서 개선할 점이 있을 경우에는 공동 연구자들과 논의를 거쳐 이를 수정·보완하였다. 사후 검사로 모든 집단의 학생들에게 과학의 본성, 학업 성취도, 과학 수업에 대한 즐거움 검사를 실시하였다.

3. 수업 과정

통제 집단에서는 교과서에 제시되어 있는 과학사 및 과학 개념에 대한 탐구 활동 등의 내용에 대해 교사 중심의 전통적인 수업을 실시하였다. 처치 집단에서는 통제 집단과 동일한 학습 주제에 대해 과학사 및 그와 관련된 과학의 본성을 구체적으로 제시하고, 과학의 본성에 대한 자신의 생각을 정리하여 활동지에 적어보게 하거나 조별 및 전체 학급 토론 등을 통해 정교화시키는 반성적 활동을 강조한 명시적·반성적 과학의 본성

Table 2

Theme, Episodes from HOS, and respective view about NOS used in the instructions

	Theme	Episode from HOS	View about NOS
1	Nature of matter of ancient times	Nature of matter of ancients	Nature of theory
2	Element and compound	Change of ideas from Aristoteles to Lavoisier	Tentativeness of theory
3	Elementary symbol	Elementary symbols from ancient to modern times	Nature of theory
4	Law of conservation of mass	Controversy between Stahl and Lavoisier	Influence of sociocultural context in science
5	Law of definite proportions	Controversy between Berthollet and Proust	Influence of sociocultural context in science
6	Nature of matter	Change of ideas from Aristoteles to Democritos	Tentativeness of theory
7	Atomic theory	Dalton's atomic theory	Definition of theory
8	Atomic theory	Discovery of Wustite and isotope	Definition of theory
9	Atomic model	Dalton's atomic model	Nature of model
10	Gay-Lussac's law of combining volumes	Controversy between Gay-Lussac and Avogadro	Purpose of science
11	Molecular model	Avogadro's hypothesis and molecular model	Nature of model

수업을 실시하였다. 명시적·반성적 과학의 본성 수업은 Monk와 Osborne (1997)의 과학사 수업 모형에 기초하여, 도입 질문, 과학사 및 과학의 본성 정보 제시, 과학의 본성 질문, 일반화의 4단계로 구성하였고, 구체적인 활동 과정은 다음과 같다.

도입 질문 단계에서는 ‘라부아지에의 설명 방법은 어떻게 인정받을 수 있었는지 설명할 수 있다’와 같이 과학의 본성과 관련된 학습 목표를 구체적으로 제시하고, ‘유리그릇에 물을 넣고 밀폐한 후 오랜 시간 동안 가열하였더니, 유리그릇 속에 앙금이 형성되었다. 이 앙금의 정체는 무엇이며, 어떻게 생긴 것일까?’와 같은 현상에 대한 질문을 제시하여 생각해보도록 한 후, 2~3명 정도의 학생들에게 자신의 생각을 발표하도록 하였다. 이때 교사는 학생들이 자신의 생각을 자유롭게 발표할 수 있도록 격려했다. 과학사 및 과학의 본성 정보 제시 단계에서는 이전 단계에서 제시했던 현상을 설명하기 위해 과학자들이 수행했던 활동과 문제 해결 과정 및 이와 관련된 과학의 본성에 대한 관점을 제공하였다. 학생들은 과학자들의 탐구 활동과 과학의 본성에 대한 관점을 연결지어보고, 자신의 생각을 과학자들의 생각과 비교해보았다. 과학의 본성 질문 단계에서는 ‘유리그릇에 앙금이 생기는 반응을 눈으로 관찰하는 것만으로 아리스토텔레스와 라부아지에의 설명 중 어느 것이 옳고 어느 것이 틀리다고 말할 수 있을까?’와 같은 이전 단계의 학습 내용과 관련된 과학 이론의 잠정성에 대한 과학의 본성 질문을 제시하였다. 이 질문에 대해 학생들은 조별 토론을 진행하면서 논의한 내용을 활동지에 정리한 후, 이를 전체 학급에 발표하도록 하였다. 이때 과학의 본성에 대한 학생들의 입장이 전통적인 관점에 치우친 경우, 교사는 이전 단계에서 제시한 과학사 및 과학의 본성 내용을 상기시키거나 학생들이 쉽게 이해할 수 있도록 비유를 이용(예, 장님 코끼리 만지기 비유를 통해 아리스토텔레스와 라부아지에의 설명 중 어느 것이 옳고 어느 것이 틀리다고 말할 수 없다는 것을 설명)하여 현대적인 관점으로 전환될 수 있도록 유도하였다. 마지막으로 일반화 단계에서는 앞에서 제시했던 과학의 본성에 대한 적절한 견해를 확고히 하도록 이와 관련된 과학의 본성에 대한 질문을 학생들에게 추가로 제시한 후, 반성적 사고 활동의 기회를 제공하였다. 예를 들어, 「라부아지에의 원소설로 설명되지 않는 현상이 있음에도 불구하고 이 이론이 현대에도 계속 사용되는 이유는 무엇일까?」와 같은 질문에 대해 학생들은 개별적으로 자신의 생각을 적은 후, 전체 학급 토론을 통해 서로의 생각을 공유함

으로써 과학의 본성에 대한 현대적 관점이 정착될 수 있도록 하였다. 자세한 수업 절차 및 활동지는 중학교 3학년 과학 탐구수업 지도자료(교육인적자원부·서울대학교 과학교육연구소, 2006)에 제시되어 있다.

4. 검사 도구

과학의 본성 검사는 노태희 등 (2002)의 연구에서 사용된 과학의 목적, 과학 이론의 정의, 모델의 성질, 과학 이론의 잠정성, 과학 이론의 성질에 대한 5문항에, 1문항을 추가하여 총 6문항으로 구성하였다. 추가한 문항은 Lederman *et al.* (2002)에 의해 개발된 개방형 검사지인 VNOS-C (views of nature of science form C)의 ‘과학의 사회·문화적 영향’(Solomon *et al.*, 1992)에 대한 것으로, ‘과학자들은 동일한 하나의 현상을 서로 다르게 설명하기도 한다. 그 이유는?’이다. 이 문항은 선행 연구의 개방형 문항과 분석틀 및 면담 결과에서 나타난 학생들의 견해를 바탕으로 두 명의 연구자가 선다형 검사지 문항을 제작한 후, 연구 대상이 아닌 중학교 3학년 1개 학급을 대상으로 개방형 문항 형식의 예비 검사를 실시한 후, 학생들의 응답 유형이 제작한 답지들과 일치하는지 점검하여 수정·보완하였다. 또한, 1차 예비 검사 대상이 아닌 중학교 3학년 1개 학급을 대상으로 2차 예비 검사를 실시하여 1차 개발된 선다형 검사지 문항에 대한 학생들의 이해 여부와 가독성을 점검하여 다시 문항을 수정·보완하였다.

과학의 본성에 대한 학생들의 견해를 조사하기 위해 학생들의 견해에 기초하여 개발한 선다형 문항은 개별적인 면담보다는 정확성이 덜하다는 제한점을 가지고 있으나, 개방형 서술 문항보다는 측정에서의 모호함을 줄일 수 있는 방법으로 보고되었다(Aikenhead, 1988). 특히, 이 연구에서와 같이 많은 학생들의 과학의 본성에 대한 견해를 파악하고자 하는 경우에는 효과적인 방법이다. 이 연구에서는 선다형 문항에서 선택할 수 있는 답지가 제한적인 점을 보완하기 위해 모든 문항에 ‘기타’ 답지를 추가하여, 학생들이 각 문항에 제시된 답지 이외의 견해를 가지고 있는 경우에는 이 답지를 선택하게 하고 그 이유를 서술하도록 하였다. 개발된 검사지는 중학교 과학 교사 2인에게 단어 사용의 적절성을 검증 받았으며, 과학 교육 전문가 3인에게 안면 타당도를 검증 받았다.

학업 성취도 검사는 개정된 Bloom의 목적 분류표(Anderson *et al.*, 2001)에 따라 지식 5문항, 이해 8문항, 적용 7문항으로 구성하였다. 제작된 검사지는 과학

교육 전문가 3인과 과학 교사 1인에게 안면 타당도를 검증 받았고, 이 연구에서의 내적 신뢰도(Cronbach's α)는 .82였다.

과학 수업에 대한 즐거움 검사는 Fraser (1981)의 과학에 대한 태도 검사 중 '과학 수업의 즐거움' 영역에 해당하는 10문항을 사용하였다. 모든 문항은 5단계 리커트 척도로 이루어져 있으며, 이 연구에서의 내적 신뢰도(Cronbach's α)는 사전 .89, 사후 .90이었다.

5. 분석 방법

사전 및 사후 과학의 본성 검사의 각 문항에 대한 학생들의 응답을 답지별로 비교하기 위해 빈도 분석을 실시하였다. 그러나 기대 빈도가 5보다 작은 셀의 수가 전체 셀의 20%가 넘는 경우가 있어 χ^2 검증의 기본 가정을 만족하지 않았으므로, 피셔의 정확성 검정(Fisher's exact test) 방법을 사용하여 분석하였다. 또한, 과학의 본성 검사는 현대적인 견해에 해당하는 답지를 선택한 경우 1점, 그렇지 않은 경우에는 0점으로 채점하였다. 과학의 본성 점수는 사전 검사와 사후 검사 간의 상관 정도가 매우 낮게 나타났는데($r=.131$), 이는 학생들의 과학의 본성에 대한 견해가 매우 불안정하기 때문으로 볼 수 있다(노태희 등, 2002). 이에 과학의 본성 검사 점수에 대한 통계 분석은 사전 집단 간 동질성($MS=.76$, $F=2.55$, $p=.708$)을 확인한 후, 수업 처치를 독립 변인으로 하고 학생들의 사전 과학 성취 수준을 구획 변인으로 하는 이원 변량 분석을 실시하였다. 이때 사전 과학의 본성 검사 점수는 변량 분석의 기본 가정인 동변량성($p=.036$)이 만족되지 않아 \sqrt{X} 로 변수 변환한 후, 통계 분석을 실시하였다.

학업 성취도와 과학 수업에 대한 즐거움 검사에 대한 통계 분석은 수업 처치를 독립 변인으로, 학생들의 사전 과학 성취 수준을 구획 변인으로 하고 이 점수들과 각각 유의미한 상관이 있는 1학기 중간고사 수학 점수($r=.65$, $p<.01$)와 사전 과학 수업에 대한 즐거움 검사 점수($r=.76$, $p<.01$)를 공변인으로 하여 이원 공변량 분석을 실시하였다. 상호작용 효과가 있는 경우에는 단순 효과를 검증하기 위해 사전 과학 성취 수준별로 일원(공)변량 분석을 실시하였다. 모든 통계 분석에는 SPSS 12.0 프로그램을 사용하였다.

III. 결과 및 논의

1. 과학의 본성에 대한 학생들의 견해

사전 및 사후 과학의 본성 검사의 각 문항에서 학생

들의 답지별 응답 빈도와 통계 분석 결과를 Table 3에 제시하였다. 사전 과학의 본성 검사 결과에서는 모든 문항에서 현대적인 견해에 대한 학생들의 응답 빈도가 낮았고, 처치 집단과 통제 집단 학생들 간의 응답 빈도는 유의미한 차이가 나타나지 않았다($p>.05$). 반면, 사후 과학의 본성 검사 결과에서는 모든 문항에서 처치 집단 학생들이 통제 집단보다 현대적인 견해에 대한 응답 빈도가 높았고, 특히 '과학의 목적', '모델의 성질', '과학 이론의 잠정성', '과학 이론의 성질', '과학의 사회·문화적 영향'의 5문항에서 그 차이가 통계적으로 유의미하였다($p<.05$). 이는 명시적·반성적 과학의 본성 수업이 학생들이 과학의 본성에 대해 올바르게 인식할 수 있도록 도와준 것으로 해석할 수 있다. 각 문항별 학생들의 응답 양상을 살펴보면 다음과 같다.

과학의 목적을 묻는 문항의 사전 검사 결과에서 통제 집단과 처치 집단 학생들은 모두 '과학자는 자연에 대한 지식을 늘려간다'(통제: 31.3%, 처치: 21.5%)와 '과학자는 살기 좋은 세상을 만들기 위해 발명한다'(통제: 26.6%, 처치: 35.4%)는 과학에 대한 경험주의적이고 도구주의적인 견해를 갖고 있는 경우가 많았다. 이러한 결과는 선행 연구들(강석진 등, 2004; Abd-El-Khalick, 2001)과 일치하는 것으로, 일반적으로 학생들은 과학을 과학적 사실과 동일시하거나 과학과 기술의 발달이 일상생활에 편리함을 제공한다는 인식을 가지고 있기 때문으로 생각된다. 통제 집단의 학생들은 사후 검사 결과에서도 사전 검사에서와 유사한 응답 양상을 보였던 반면, 처치 집단의 학생들은 '과학자는 자연 현상에 대해 탐구하고 설명한다'는 현대적인 견해를 선택한 비율이 사전 검사보다 높아졌다(사전: 35.4%, 사후: 60.0%). 이는 처치 집단 학생들의 경우 명시적·반성적 과학의 본성 수업을 통해 과학자들의 연구 활동 과정과 그것이 갖는 의미에 대해 생각해봄으로써, 과학의 목적에 대해 적절한 견해를 가질 수 있었던 것으로 생각된다.

과학 이론의 정의에 대한 문항에서도 사전 검사 결과에서는 두 집단의 학생들 모두 '실험이나 관찰을 통해 사실로 증명된 것이다'(통제: 39.1%, 처치: 38.5%)와 '그렇듯하지만 아직 증명되지 않은 사실이다'(통제: 23.4%, 처치: 30.8%)라는 경험주의와 실증주의적 관점의 응답 빈도가 높았다. 통제 집단 학생들의 사후 검사 결과에서의 답지별 응답 분포는 사전 검사 결과와 비슷했다. 한편, 처치 집단 학생들은 사전 검사 결과에 비해 '이론은 어떤 현상에 대한 설명이다'라는 현대적

Table 3
Frequencies and percentages of students' responses to the NOS pretest and NOS posttest

Item	group	NOS pretest				p	NOS posttest				p
		1	2	3	4		1	2	3	4	
Purpose of science	C	20 (31.3)	24 ^a (37.5)	17 (26.6)	3 (4.7)	.499	22 (34.4)	22 ^a (34.4)	16 (25.0)	4 (6.3)	.023*
	T	14 (21.5)	23 ^a (35.4)	23 (35.4)	5 (7.7)		14 (21.5)	39 ^a (60.0)	11 (16.9)	1 (1.5)	
Definition of theory	C	15 (23.4)	19 ^a (29.7)	25 (39.1)	5 (7.8)	.678	20 (31.3)	20 ^a (31.3)	22 (34.4)	2 (3.1)	.139
	T	20 (30.8)	14 ^a (21.5)	25 (38.5)	6 (9.2)		29 (44.6)	23 ^a (35.4)	12 (18.5)	1 (1.5)	
Nature of model	C	12 (18.8)	34 (53.1)	15 ^a (23.4)	3 (4.7)	.932	16 (25.0)	34 (53.1)	12 ^a (18.8)	2 (3.1)	.000**
	T	11 (16.9)	37 (56.9)	13 ^a (20.0)	4 (6.2)		3 (4.6)	13 (20.0)	49 ^a (75.5)	0 (0.0)	
Tentativeness of theory	C	10a (15.6)	39 (60.9)	11 (17.2)	4 (6.3)	.078	7 ^a (10.9)	41 (64.1)	13 (20.3)	3 (4.7)	.036*
	T	2 ^a (3.1)	41 (63.1)	17 (26.2)	5 (7.7)		18 ^a (27.7)	27 (41.5)	17 (26.2)	3 (4.6)	
Nature of theory	C	23 (35.9)	28 (43.8)	11 ^a (17.2)	2 (3.1)	.348	27 (42.2)	33 (51.6)	3 ^a (4.7)	1 (1.6)	.000**
	T	32 (49.2)	19 (29.2)	12 ^a (18.5)	2 (3.1)		9 (13.8)	27 (41.5)	29 ^a (44.6)	0 (0.0)	
Influence of sociocultural context in science	C	13 (20.3)	36 ^a (56.3)	6 (9.4)	9 (14.1)	.283	22 (34.4)	32 ^a (50.0)	10 (15.6)	0 (0.0)	.000**
	T	20 (30.8)	27 ^a (41.5)	10 (15.4)	8 (12.3)		7 (10.8)	55 ^a (84.6)	3 (4.6)	0 (0.0)	

C: control, T: treatment, ^a contemporary epistemological view, * p<.05, ** p<.01

인 견해에 대한 응답률(사전: 21.5%, 사후: 35.4%)이 약간 높아졌으나, 사전과 사후 응답 빈도의 차이가 통계적으로 유의미하지는 않았다. 이러한 결과는 대다수의 학생들이 과학 이론을 객관적으로 관찰된 사실로부터 일반화된 불변의 진리라고 믿거나(Abd-El-Khalick, 2001; Tao, 2003), 관찰이나 실험 등을 통해 검증될 수 있는 사실로 생각하는 전통적인 관점(조희형, 최경희, 2005)을 지니고 있음을 의미한다. 이는 전통적으로 교과서 및 과학 수업에서 과학자들에게 인정받은 과학 이론 중심으로 지식을 전달하고, 이론이라는 용어를 법칙, 가설, 사실 등과 혼동하여 사용하고(백성혜, 2006) 있기 때문으로 생각된다.

원자나 분자와 같은 모델의 성질을 묻는 문항에 대한 사전 검사 결과의 경우 두 집단 학생들은 ‘실험을 통해 입자의 존재가 증명되었다’(통제: 53.1%, 처치: 56.9%)는 응답이 가장 많았고, ‘현미경으로 입자를 볼 수 있다’(통제: 18.8%, 처치: 16.9%)는 응답도 적지 않았다. 학생들은 과학자들이 자연 현상이나 어떤 상황

에 대해 잘 알기 위해서는 그것을 직접 봐야한다고 단 순하게 믿는 경향이 있으므로(Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002), 과학적 모델과 실재를 혼동하여 잘못 인식하는 경우가 많다(차정호 등, 2004). 이는 과학 수업에서 실재의 대상이나 현상을 축소한 모델(예, 지구 분, 신체 모형)을 많이 사용하고 있으나, 모델이 실재하는 것만이 아니라 어떤 현상에 대한 추상적인 설명 도구가 될 수 있다는 점(조희형, 최경희, 2005)을 소홀히 다루기 때문으로 생각된다. 사후 검사 결과, ‘입자는 여러 현상을 설명하기 위해 상상한 것이다’라는 현대적인 견해에 대한 응답 빈도는 통제 집단의 경우 여전히 낮았으나, 처치 집단의 경우에는 매우 높아졌다(통제: 18.8%, 처치: 75.5%). 처치 집단 학생들은 과학자들이 눈에 보이지 않는 원자나 분자를 설명하고자 원자 모형이나 분자 모형을 제안했던 과정에 대해 토론하면서 모델의 성질에 대한 적절한 관점을 가질 수 있었던 것으로 생각된다.

과학 이론의 잠정성에 대한 사전 검사 결과에서는

학생들이 '예전 이론이 틀렸다는 것이 증명되어 새로운 이론으로 바뀐다'(통계: 60.9%, 처치: 63.1%)라는 반증주의의 견해를 가장 많이 지니고 있는 것으로 나타났다. 다음으로는 '예전 이론에 과학 지식이 추가되어 새로운 이론처럼 보이는 것이다'(통계: 17.2%, 처치: 26.2%)라는 실증주의의 견해가 많았고, '현상에 대한 설명하는 방식이 예전과 달라졌기 때문이다'라는 현대적인 견해를 지니고 있는 학생은 적었다(통계: 15.6%, 처치: 3.1%). 한편, 사후 검사 결과에서 현대적인 견해를 선택한 학생들은 처치 집단의 경우(27.7%) 약간 증가했으나, 많은 학생들이 여전히 반증주의와 실증주의의 견해를 지니고 있었다. 이는 학생들 대다수가 과학 이론이 실험 등의 검증 과정을 통해 증명될 수 있다고 강하게 믿고 있기 때문(Abd-El-Khalick, 2001)으로 볼 수 있다. 또한, 과학 교과서나 수업에서 과거의 이론들이 그 당시 받아들여졌던 정황과 새로운 이론이 기존 이론과의 대립과 합의를 통해 역동적으로 변화해 온 과정을 제대로 다루고 있지 않았기 때문으로 해석된다.

과학 이론의 성질에 대해서는 사전 검사 결과, 두 집단 학생들의 대부분이 '과학 이론은 발견된다'(통계: 35.9%, 처치: 49.2%)와 '과학 이론은 발견되거나 창조된다'(통계: 43.8%, 처치: 29.2%)는 응답이 많았는데, 이러한 결과는 선행 연구 결과와 일치한다(강석진 등, 2004). 과학에서 주로 다루어지는 이론들은 대부분 성공적인 과학 활동 사례들로서, 독창적인 생각이나 사실들이 우연히 발견되어 기존의 지식에 더해지는 과정만이 상대적으로 두드러져 보일 가능성이 높다(Tao, 2003). 특히, 매스컴이나 과학 관련 도서에서는 과학 이론의 형성 과정에서 우연성을 강조하고 있는데(Ryan & Aikenhead, 1992), 이러한 점이 학생들의 과학의 본성에 대한 견해 형성에 영향을 미친 것으로 생각된다. 통제 집단의 학생들은 사후 검사에서도 이와 비슷한 응답 양상을 보였다. 한편, 처치 집단에서는 과학자의 창의력과 상상력이 과학 이론의 발전에 큰 역할을 담당해 온 점을 강조했다기 때문에 현대적인 견해인 '과학 이론은 창조된다'는 응답 빈도(44.6%)가 높아졌다. 그러나 여전히 처치 집단의 많은 학생들이 과학 이론이 발견 또는 창조된다는 과도기적 관점을 가지고 있어(41.5%) 과학 이론이 발견된다는 학생들의 생각이 견고함을 보여준다.

마지막으로 과학의 사회·문화적 영향에 대한 문항의 사전 검사 결과에서는 과학자들이 한 가지 현상을 서로 다르게 해석하는 이유에 대해 통제 집단이나 처

치 집단의 학생들 모두 '과학자들의 사회·문화적 배경이 다르기 때문'이라는 현대적인 견해가 비교적 높게 나타났다(통계: 56.3%, 처치: 41.5%). 사후 검사 결과에서 현대적인 견해를 선택한 학생들의 응답은 통제 집단의 경우 사전 검사 결과와 비슷한 빈도(50.0%)를 보였으나, 처치 집단의 경우에는 그 빈도(84.6%)가 매우 증가하였다. 이러한 결과는 처치 집단 학생들의 경우, 과학사에서 잘 알려진 몇 가지 논쟁을 소재로 한 토론 활동을 통해 과학자들의 생각은 그들이 살았던 그 당시의 사회·문화적인 영향을 받으며, 이로 인해 동일한 현상에 대해 여러 과학자들이 서로 다르게 해석할 수 있다(Zoller *et al.*, 1990)는 것을 학습할 수 있었기 때문으로 생각된다.

2. 과학의 본성에 대한 이해에 미치는 효과

과학의 본성 검사에 대한 평균과 표준 편차는 Table 4와 같다. 이원 변량 분석 결과(Table 5), 수업 처치의 주 효과($p=.000$) 및 수업 처치와 사전 과학 성취 수준 사이의 상호작용 효과($p=.007$)가 있었다(Fig. 1). 단순 효과 검증 결과, 사전 과학 성취 수준별로는 상위와 하위 학생들 모두 집단 간 점수 차이가 통계적으로 유의미하였다(상위: $MS=87.25$, $F=75.98$, $p=.000$; 하위: $MS=23.57$, $F=15.13$, $p=.000$). 각 집단별로는 통제 집단의 경우 상위와 하위 학생들 간 점수 차이가 통계적으로 유의미하지 않았으나($MS=.14$, $F=.14$, $p=.708$), 처치 집단의 경우에는 상위 학생의 점수(3.79)가 하위 학생의 점수(2.70)보다 높았고 그 점수 차이가 통계적으로 유의미하였다($MS=17.50$, $F=10.25$, $p=.002$).

Table 4
Means and standard deviations of the NOS pretest scores and the NOS posttest scores¹

	NOS pretest				NOS posttest			
	Control		Treatment		Control		Treatment	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
High	1.68	.95	1.46	.83	1.45	.89	3.79	1.22
Low	1.91	1.36	1.34	.97	1.55	1.09	2.75	1.39
Total	1.80	1.17	1.40	.90	1.50	.99	3.28	1.40

¹ Full scores = 6

Table 5
Two-way ANOVA results of the NOS test scores

Source of variance	DF	MS	F	p
Treatment	1	101.01	74.55	.000**
Treatment×Level	1	10.32	7.62	.007**

** $p<.01$

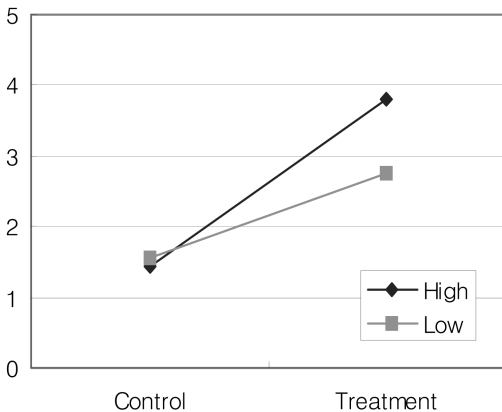


Fig. 1 The NOS posttest scores by prior science achievement level

이러한 결과는 명시적·반성적 과학의 본성 수업이 전통적인 수업 방식에 비해 상위와 하위 학생들 모두에게 효과적이었고, 특히 상위 학생들에게 더욱 효과적일 수 있음을 보여준다. 이는 학생들의 과학의 본성에 대한 관점의 변화 정도가 그들이 가지고 있는 과학 지식에 의존한다는 Khishfe와 Abd-El-Khalick (2002)의 주장과 일치한다. 처치 집단의 상위 학생들은 하위 학생들보다 과학사 및 과학의 본성과 관련된 정보를 잘 이해하고, 토론 등의 수업 활동에도 적극적으로 참여함으로써(Cuccio-Schirripa & Steiner, 2000), 과학의 본성에 대한 이해가 더 향상될 수 있었던 것으로 생각된다.

3. 학업 성취도에 미치는 효과

학업 성취도 점수의 평균, 표준 편차, 교정 평균을 Table 6에 제시하였다. 이원 공변량 분석 결과(Table 7), 수업 처치의 주 효과는 없었고($p=.600$), 수업 처치와 사전 과학 성취 수준 간의 상호작용 효과도 나타나지 않았다($p=.716$).

과학 이론의 형성과 발달 과정은 학생들의 과학 개념 학습 과정과 서로 비슷한 면이 있으므로(조희형, 최경희, 2005; Sequeira & Leite, 1991), 과학 개념의 성립 과정을 명시적으로 보여줄 수 있는 과학사를 도입한 수업이 학생들의 과학 개념 이해를 촉진할 수 있다(유미현 등, 2007; Solomon *et al.*, 1992). 이 연구에서는 과학사를 이용하여 소집단 토론 수업을 진행했던 선행 연구(강석진 등, 2004)와 유사하게 과학사를 이용한 명시적·반성적 과학의 본성 수업이 학생들의 과학의 본성에 대한 이해를 향상시키는 데에는 효과적이었던 반면 학업 성취도에는 별 영향을 미치지 않았다. 그

Table 6

Means, standard deviations, and adjusted means of the achievement test scores¹

	Control			Treatment		
	M	SD	Adj. M	M	SD	Adj. M
High	12.94	3.51	11.75	12.97	3.26	11.84
Low	6.91	3.35	8.08	7.44	3.16	8.58
Total	9.83	4.56	9.87	10.25	4.23	10.21

¹ Full scores = 19

Table 7

Two-way ANCOVA results of the achievement test scores

Source of variance	DF	MS	F	p
Treatment	1	2.79	.28	.600
Treatment×Level	1	1.34	.13	.716

러나 처치 집단에서 과학의 본성과 관련된 내용이 추가로 제시되고 토론 등의 학생 활동을 강조했기 때문에 통제 집단의 수업에 비해 교사의 학습 내용에 대한 설명 비중이 상대적으로 적었지만, 통제 집단과 차이가 없었던 결과는 의미가 있을 것으로 생각된다. 이것은 명시적·반성적 과학의 본성 수업이 정규 교육 과정에 제시된 교과 내용을 충실히 따르면서도 과학의 본성에 대한 학생들의 이해를 향상시킬 수 있음을 의미하므로, 실제 수업 현장에서 유용하게 활용될 가능성이 높다고 판단된다.

4. 과학 수업에 대한 즐거움에 미치는 효과

과학 수업에 대한 즐거움 검사 점수의 평균, 표준 편차, 교정 평균은 Table 8과 같다. 이원 공변량 분석 결과(Table 9), 수업 처치에 의한 주 효과는 없었고($p=.152$), 수업 처치와 사전 과학 성취 수준 사이의 상호작용 효과도 없었다($p=.485$).

과학 수업에서 과학사 소재의 활용은 과학에 대한 태도나 흥미와 같은 정서적 측면에 효과적이라는 선행 연구 결과(강석진 등, 2004; 최경희, 김은선, 2002; Solomon *et al.*, 1992)가 있으나, 이 연구에서는 처치 집단 학생들의 과학 수업에서 느끼는 즐거움이 통제 집단과 차이가 없었다. 이는 통제 집단에서도 거의 매차시 교과서에 제시되어 있는 과학사 내용을 간단히 다루었기 때문에 과학사 자료로 유발되는 흥미는 두 집단에서 비슷했을 것으로 생각된다. 또한, 명시적·반성적 과학의 본성 수업에서는 과학의 본성에 대한 내용을 추가로 제시하여 매 차시마다 학생들이 토론 등의 학생 중심 활동을 해야 하므로, 통제 집단의 학생들

Table 8
Means, standard deviations, and adjusted means of the enjoyment of science lessons test scores¹

	Control			Treatment		
	M	SD	Adj. M	M	SD	Adj. M
High	3.48	.66	3.30	3.25	.73	3.13
Low	3.00	.58	3.27	3.17	.66	3.21
Total	3.23	.66	3.28	3.21	.69	3.17

¹ Full scores = 5

Table 9
Two-way ANCOVA results of the enjoyment of science lessons test scores

Source of variance	DF	MS	F	p
Treatment	1	.40	2.08	.152
Treatment×Level	1	.09	.49	.485

보다 수업 중 수행해야 할 활동이 많았다. 이는 교사 중심의 설명 위주의 수업을 수동적으로 받아왔던 학생들에게 처치 집단의 수업이 다소 부담으로 작용했을 가능성이 있다. 따라서 실제 현장에 적용할 경우에는 명시적·반성적 과학의 본성 수업의 각 단계별 활동량과 시간을 조정하는 등 학생들의 부담을 경감시킬 수 있는 방안을 마련할 필요가 있다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 과학의 본성에 대한 학생들의 이해를 향상시키고자 학생들에게 과학사를 소재로 과학 이론의 형성 및 변화 과정 등의 정보를 제공하고, 학생들의 반성적 사고 활동을 강조한 명시적·반성적 과학의 본성 수업을 고안하였다. 이를 중학교 3학년 과학 ‘물질의 구성’ 단원에 적용한 후, 이 수업이 학생들의 과학의 본성에 대한 이해, 학업 성취도, 과학 수업에 대한 즐거움에 미치는 효과를 조사하였다.

연구 결과, 명시적·반성적 과학의 본성 수업은 전통적 수업보다 과학의 본성에 대해 부적절한 견해를 지니고 있던 학생들의 관점을 현대적인 관점으로 전환하는데 효과적이었다. 즉, 처치 집단의 학생들은 이 수업을 통해 ‘과학의 목적’, ‘모델의 성질’, ‘과학 이론의 잠정성’, ‘과학 이론의 성질’, ‘과학의 사회·문화적 영향’에 대해 수업 전보다 적절한 견해를 지니게 되었다. 그러나 수업 처치 이후에도 많은 학생들은 ‘과학 이론의 정의’에 대해 과학 이론은 관찰이나 실험을 통해 검증될 수 있는 사실이며, 객관적이고 절대적인 속성을 지니고 있다는 부적절한 견해를 지니고 있었다. 이는

일반적으로 과학 교과서나 수업 과정에서는 주요 과학 개념 전달에 치중하여 과학 지식이나 과학 이론의 형성 과정을 소홀히 다룰 뿐만 아니라 과학 이론, 법칙, 가설, 사실 등의 용어를 혼동하여 사용하고 있기 때문(백성혜, 2006)일 수 있다. 이러한 점을 보완하기 위해서는 과학 교과서에 과학의 본성과 관련된 내용을 좀 더 할애하고, 이와 관련된 학습 목표 및 수업 활용 방안을 구체적으로 제시할 필요가 있다. 한편, 명시적·반성적 과학의 본성 수업은 과학의 본성에 대한 학생들의 이해를 향상시켰고 특히 상위 학생들에게 더 효과적이었는데, 이는 상위 학생들이 하위 학생들보다 수업의 각 단계에서 제시한 질문이나 학습 내용을 잘 이해하고, 토론 활동에도 적극적으로 참여했기 때문으로 판단된다. 따라서 교사는 하위 학생들이 학습 과정에서 제공된 과학사 및 과학의 본성에 관한 정보들을 잘 이해할 수 있도록 수업 전에 관련 내용에 대해 안내를 해주거나, 제시된 질문에 자신의 생각을 잘 표현할 수 있도록 힌트를 주는 등의 도움을 제공할 필요가 있다.

명시적·반성적 과학의 본성 수업은 매 차시마다 과학 개념과 함께 과학사 및 과학의 본성과 관련된 내용도 학습해야 하므로 상대적으로 과학 개념 학습에 투입된 시간이 적을 수밖에 없었지만, 기존의 전통적인 수업에 비해 학업 성취도가 낮아지는 않았다. 이러한 결과는 정규 교과 내용에 과학사 및 과학의 본성에 대한 정보를 추가하고 학생 중심의 토론 활동 등을 적용한 과학의 본성 수업이 현장에서 유용하게 활용될 가능성을 보여준다. 한편, 이 연구에서 과학사 소재로 활용했던 유명한 과학사적 논쟁이나 사건 등은 학생들의 흥미를 유발할 수 있는 요소가 될 수 있었음에도 불구하고, 정의적 측면에 미치는 효과는 전통적인 수업과 별 차이가 없었다. 이는 학생들이 수동적으로 교사의 설명을 듣거나 간단한 탐구 활동에 참여했던 기존 수업 방식에 비해, 처치 집단의 학생들은 매 수업 시간마다 많은 활동을 수행해야 했기 때문에 부담을 느꼈을 가능성이 있다. 따라서 추후 연구에서는 학생들의 활동량을 조정하고 학생들의 정의적인 태도를 향상시킬 수 있는 요소들을 도입할 필요가 있다.

이상의 논의로부터 학생들이 과학의 본성에 대해 적절한 관점을 가지도록 하기 위해서는 중등학교 현장에서 보다 적극적으로 과학의 본성을 가르칠 필요가 있음을 알 수 있다. 이 연구에서 개발한 과학사 소재를 활용한 명시적·반성적 과학의 본성 수업 자료는 효과적인 과학의 본성 수업을 위한 유용한 자료가 될 것이다. 한편, 명시적·반성적 과학의 본성 수업은 학생들

의 사전 과학 성취 수준에 따라 그 효과가 다르게 나타날 수 있으므로, 추후 개별 학생들의 인지적인 특성이 수업 처치를 통해 과학의 본성에 대한 이해에 어떤 영향을 주는지에 대한 체계적인 연구가 진행될 필요가 있다. 또한, 이 연구에서는 중학교 3학년 과학 화학 영역의 한 단원에서 과학의 본성의 일부 요소들을 적용한 수업의 직후 효과만을 조사하였으므로 연구 결과를 일반화하는 데에는 신중을 기할 필요가 있으며, 이러한 수업이 학생들의 과학의 본성에 대한 견해에 장기적으로는 어떤 영향을 미치는 지도 알아볼 필요가 있다. 마지막으로 과학의 여러 교과 영역에 대해 과학의 본성에 대한 다양한 요소들을 포함시켜 중등뿐만 아니라 초등이나 예비 교사들을 위한 교수·학습 자료 및 수업 전략들을 개발하고, 교육 현장에서 교사들이 적극적으로 활용할 수 있도록 지속적인 연구가 이루어질 필요가 있다.

국문 요약

이 연구에서는 과학사 소재를 활용한 명시적·반성적 과학의 본성(NOS) 수업이 학생들의 과학의 본성에 대한 이해, 학업 성취도, 과학 수업에 대한 즐거움에 미치는 효과를 조사하였다. 남녀 공학 중학교 3학년 4학급(129명)을 통제 집단과 처치 집단으로 배치하였다. ‘물질의 구성’ 단원에 대하여 11차시 동안 수업을 실시하였다. 수업 처치 전, 두 집단의 학생들은 대부분 과학의 본성에 대해 부적절한 견해를 지니고 있었다. 수업 처치 후, 통제 집단 학생들의 과학의 본성에 대한 견해는 변하지 않았으나, 처치 집단의 학생들은 과학의 본성에 대해 보다 적절한 이해를 나타내었다. 처치 집단의 상위 학생들은 하위 학생들보다 과학의 본성에 대해 보다 적절한 관점을 지니게 되었다. 그러나 학업 성취도와 과학 수업에 대한 즐거움 검사에서는 두 집단 간 점수 차이가 통계적으로 유의미하지 않았다.

참고 문헌

강석진, 김영희, 노태희 (2004). 과학사를 이용한 소집단 토론 수업이 학생들의 과학의 본성에 대한 이해에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 24(5), 996-1007.
 교육부 (1997). 과학과 교육과정. 서울: 대한교과서 주식회사.
 교육인적자원부, 서울대학교 과학교육연구소 (2006). 중학교 3학년 과학탐구수업 지도자료. 서울: 서울 멀티넷.
 김지영, 강순희 (2007). 가설 연역적 탐구 실험 수업이 학생들의 과학의 본성에 대한 관점에 미치는 영향.

한국과학교육학회지, 27(3), 169-179.

노태희, 김영희, 한수진, 강석진 (2002). 과학의 본성에 대한 초등학생들의 견해. 한국과학교육학회지, 22(4), 882-891.

백성혜 (2006). 과학 교과서에 제시된 아보가드로 가설과 법칙에 관한 설명의 문제점. 과학철학, 9(2), 159-184.

유미현, 여상인, 홍훈기 (2007). 기원론적 접근법에 따라 개발한 과학사 프로그램이 학생들의 입자론적 물질관 및 과학의 본성에 대한 이해에 미치는 영향. 대한화학회지, 51(2), 213-222.

조희형, 최경희 (2005). 과학교육의 이론과 실제. 서울: 교육과학사.

차정호, 윤정현, 노태희 (2005). 중학생의 과학 지식 본성에 대한 이해와 개념 이해 및 학습 전략 사이의 관계. 한국과학교육학회지, 25(5), 563-570.

차정호, 김영희, 노태희 (2004). 과학적 모델에 대한 중·고등학생들의 견해. 대한화학회지, 48(6), 638-644.

최경희, 김은선 (2002). 중학교 과학 물리 영역에 과학사를 도입한 효과 - 힘과 운동 단원을 중심으로 -. 새물리, 45(2), 118-122.

Abd-El-Khalick, F. (2001). Embedding nature of science instruction in preservice elementary science courses: Abandoning scientism, but... Journal of Science Teacher Education, 12(3), 215-233.

Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000a). Improving science teachers' conceptions of the nature of science: A critical review of the literature. International Journal of Science Education, 22(7), 665-701.

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

Aikenhead, G. S. (1988). An analysis of four ways of assessing student beliefs about STS topics. Journal of Research in Science Teaching, 25(8), 607-629.

Aikenhead, G. S., Ryan, A. G., & Fleming, R. W. (1989). Views on science-technology-society: Form CDN. mc. 5. Saskatoon: Univ. of Saskatchewan.

Akerson, V. L., Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. Journal of Research in Science Teaching, 37(4), 295-317.

American Association for the Advancement of Science (1993). Benchmarks for science literacy: A project 2061 report. New York: Oxford University Press.

Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Raths, J., & Wittrock, M. C. (2001). A taxonomy for learning,

teaching, and assessing - a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. New York: Longman.

Cuccio-Schirripa, S., & Steiner, H. E. (2000). Enhancement and analysis of science question level for middle school students. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(2), 210-224.

Driver, R., Leach, J., Miller, R., & Scott, P. (1996). Young people's images of science. Open University Press: Bristol, Pennsylvania.

Elder, A. D. (2002). Characterizing fifth grade students' epistemological beliefs in science. In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Ed). *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing* (pp. 347-363). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.

Fraser, B. J. (1981). Test of science-related attitudes: Handbook. Hawthorn, Australia: The Australian Council for Educational Research.

Irwin, A. R. (2000). Historical case studies: Teaching the nature of science in context. *Science Education*, 84(1), 5-26.

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

Lederman, N. G., & Abd-El-Khalick, F. (1998). Avoiding de-natured science: Activities that promote understandings of the nature of science. In McComas, W.(Ed). *The nature of science in science education: Rationales and strategies*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic.

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.

Lin, H.-S., Chiu, H.-L., & Chou, C.-Y. (2004). Student understanding of the nature of science and their problem-solving strategies. *International Journal of Science Education*, 26(1), 101-112.

Meichtry, Y. J. (1992). Influencing student understanding of the nature of science: Data from a case of curriculum development. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 389-407.

Monk, M., & Osborne, J. (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum: A model for the development of pedagogy. *Science Education*, 81(4), 405-424.

Moss, D. M., Abrams, M. D., & Kull, J. A. (1998). Can we be scientists, too? Secondary students' perceptions of scientific research from a project-based classroom. *Journal of Science Education and Technology*, 7(2), 149-161.

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

Ryan, A. G., & Aikenhead, G. S. (1992). Students' preconceptions about the epistemology of science. *Science Education*, 76(6), 559-580.

Sequeira, M., & Leite, L. (1991). Alternative conceptions and history of science in physics teacher education. *Science Education*, 75(1), 45- 56.

Solomon, J., Duveen, J., Scott, L., & McCarthy, S. (1992). Teaching about the nature of science through history: Action research in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 409-421.

Solomon, J., Scott, L., & Duveen, J. (1996). Large-scale exploration of pupils' understanding of the nature of science. *Science Education*, 80(5), 493-508.

Tao, P. K. (2003). Eliciting and developing junior secondary students' understanding of the nature of science through a peer collaboration instruction in science stories. *International Journal of Science Education*, 25(2), 147-171.

Zoller, U., Ebenezer, J., Morely, K., Paras, S., Sandberg, V., West, C., Wolthers, T., & Tan, S. H. (1990). Goal attainment in science-technology-society(S-T-S) education and reality: The case of British Columbia. *Science Education*, 74(1), 19-36.