한국과학교육학회지, 27권 3호, pp. 169-179(2007. 04) J Korea Assoc. Res. Sci. Edu, Vol. 27, No. 3, pp. 169-179(2007. 04)

가설 연역적 탐구 실험 수업이 학생들의 과학의 본성에 대한 관점에 미치는 영향

김지영 · 강순희*

이화여자대학교

The Influence of Hypothetical Deductive Experiment upon Students' Views on the Nature of Science

Kim, Ji Young · Kang, Soonhee*

Ewha Womans University

Abstract: We investigated the effects of hypothetical deductive experiment on students' views about the nature of science (NOS). Participants were 212 eighth graders from a middle school and they were assigned to a control group and an experimental group. Students of the control group did guided experiment in small group and students of the experimental group did hypothetical deductive experiment in small group. The results revealed that both students of the control group and the experimental group possessed similar views about NOS in a pretest. But the experimental group exhibited more sophisticated views about the theory of dependance of observation, scientific reasoning and hypothesis in the posttest. Students who used mainly surface learning strategy within the experimental group exhibited more sophisticated views about hypothesis in the posttest. On the other hand, students who used mainly deep learning strategy within the experimental group exhibited more sophisticated views about the theory of dependance of observation, scientific reasoning and hypothesis in the posttest.

Key words: hypothetical deductive experiment, nature of science, deep learning strategy, surface learning strategy

Ⅰ. 서 론

과학 교과의 주요 목표 중 하나는 관찰과 실험을 통해 과학 지식 생성 과정에 참여함으로써 과학의 본성을 경험하는 것이다. 현재 우리나라의 제 7차 과학 교육과정에서도 과학 지식의 형성 과정이나 과학 지식의 잠정성 등 과학의 본성을 다루어야 함을 명시하고 있다(교육부, 1997). 우리나라뿐 아니라 미국에서도 일반적으로 과학의 본성에 대한 이해는 중요한 과학교육 목표로 강조되고 있으며 과학적 소양의 성취에 중요한 요소로 간주되고 있다(AAAS, 1993; NRC, 1996).

일반적으로 과학의 본성이란 과학에 대한 인식론, 앎의 방법으로서의 과학, 과학 지식과 그 발전에 대한 가치나 신념을 가리키며, 과학 지식의 속성과 그 지식이 이루어지는 과정, 그 과정에 의해서 과학 지식을 구성하고 정당화하는 과학자, 그러한 과학자가 있게 한 사회 문화적 배경 등과 관련되어 있다(하병권, 2000). 과학의 본성에 포함되는 요소들은 일반적으로 받아들여질 만한 몇 가지 공통적인 요소들이 있으며 이러한 요소들은 다음의 내용들에 대한 이해를 포함한다. 과학 지식은 잠정적이며, 자연세계에 대한 관찰로부터 온 경험적인 것이고, 과학자들의 배경지식이나 경험 편견에 의해 영향을 받으며, 부분적으로 상상과 창의성의 산물이고, 사회적이고 문화적으로 구조화된 것이다. 또한 관찰과 추론 사이의 구분과 과학적 이론과 법칙의 기능 및 관계가 포함된다(Khishfe & Lederman, 2006; Lederman, 1999). 또한 과학의 본성은 과학 철학, 과학 사회학, 과학사, 과학 심리학과 같은 학문의 공통 영역에 바탕을 두고 있다(MaComas & Olson, 1998).

과학 교육을 통하여 과학의 본성을 이해하는 것은

*교신저자: 강순희(shkang@ewha.ac.kr)
**2006.06.17(접수) 2006.11.19(1심통과) 2007.03.10(2심통과) 2007.03.23(최종통과)

다양한 사회 문제에 대한 의사 결정을 내리는데 필요한 지식, 기술, 태도 등을 함양하기 위해 필수적이다(Meichtry, 1992). 과학의 본성에 대한 이해가 중요함에도 불구하고 학생들이 가지고 있는 과학의 본성에 대한 관점을 조사한 결과들은 대체적으로 학생들의 관점이 현대적인 관점과 차이가 있다고 보고되고 있다(Khishfe & Lederman, 2006; Khishfe & Abd-Ei-Khalick 2002; Solomon *et al,,* 1992; 강석진 등, 2004). 이는 학교 현장에서 과학의 본성에 대한 교육이 과학적 개념에 대한 교육에 비하여 상대적으로 소홀히 다루어져 온 영향이라고 할 수 있다. 과학의 본성에 대한 이해를 통해 과학적 소양을 기르는 것이 과학 교육의 목표 중에 하나라고 볼 때 과학의 본성에 대한 수업이 과학 교육에서 이루어져야 한다.

과학의 본성을 가르치기 위한 방법으로 과학사 프로그램을 이용한 연구들이 시행되어 왔으며 이러한 프로그램들은 대체적으로 학생들의 과학의 본성에 대한 인식을 대체적으로 긍정적인 방향으로 변화시키는 것으로 나타났으나(Irwin, 2000; Solomon *et al,* 1992; 강석진, 2004), 거의 영향을 미치지 않는 경우도 있었다(Tao, 2003).

과학의 본성을 가르치기 위한 다른 방법으로 과학적 탐구를 수행하는 것과 관련된 연구들이 이루어졌다. 이러한 연구들은 학생들이 과학적 탐구 활동을 수행함으로써 자연적으로 과학의 본성에 대한 관점이 변화되지 않는다고 하였다(Khishfe & Abd-Ei-Khalick, 2002; Meichtry, 1992; Tamir, 1972). Tamir(1972)는 BSCS Yellow Version, PSCS 물리, 전통적인 과학 과정을 통하여 수업을 실시한 후 집단 간에 과학의 본성의 변화에 차이가 나타나는지 조사하였으나 유의미한 차이가 나타나지 않았다. Meichtry(1992)는 BSCS(Biological Sciences Curriculum Study) BSCS 과정을 통하여 학습한 실험 집단과 전통적인 생물 수업을 진행한 통제 집단의 과학의 본성에 대한 변화를 살펴본 결과 오히려 실험 집단의 학생들이 일부 영역에서 과학의 본성에 대한 이해가 유의미하게 감소한 것으로 나타났다. Khishfe와 Abd-Ei-Khalick(2002)는 탐구 수업을 실시한 후, 수업과 연관된 내용을 토대로 과학의 본성에 대하여 토론 하는 과정을 거친 집단이 탐구 수업만을 실시한 집단과 달리 과학의 본성에 긍정적인 변화가 나타났다고 하였다. 그들은 탐구 수업을 실시하는 것만으로 과학의 본성에 대한 이해가 부산물로 얻어질 수 없다고 하였다.

한편, 과학의 본성을 가르치기 위한 수업 방법에 대한 연구 외에 과학의 본성에 대한 이해와 연관성이 있는 변인에 대한 연구들이 일부 수행되어졌으며 그 한 변인으로 학습 전략과의 연관성에 대한 연구들이 있다(Davis, 2003; Edmondson & Novak, 1993; 차정호 등, 2005). 학습 전략은 학습 과정에서 사용하게 되는 인지적 전략으로 피상적인 학습 전략과 심층적인 학습 전략이 있다. 심층적 학습 전략은 새로운 지식을 기존 지식과 연관지어 이해하려는 학습 전략이며 피상적 학습 전략은 단편적인 지식을 암기하는 학습 전략이다(Anderman & Young, 1994). 대체적으로 과학 지식을 단순히 외우기보다는 이해하려고 하는 심층적 학습 전략을 주로 사용하는 학생들일수록 과학의 본성에 대하여 적절한 견해를 지니고 있는 것으로 보고되었다(Davis, 2003; Edmondson & Novak, 1993). 그리고 과학의 본성에 대한 이해가 심층적 학습 전략 및 피상적 학습 전략과 상호 관련성이 있다는 연구 결과도 보고되고 있다(차정호 등, 2005).

탐구를 수행하는 것과 관련되어 과학의 본성을 조사한 연구들은 가설의 설정과 검증 과정에서 학습될 수 있는 가설의 역할이나 기능, 가설에 기초한 과학적 예측, 가설의 수용이나 기각을 결정하기 위한 추론 등과 같은 관점에 대한 조사가 이루어지지 않은 것이 대부분이다. 또한 이러한 탐구들은 가설의 설정 과정에 대한 구체적인 안내가 이루어지지 않은 채 진행되는 것이 대부분이었다.

가설 설정 탐구 과정 요소를 가장 낮은 빈도로 사용하는 우리나라 중등 과학 교사들(김지영, 강순희, 2006)을 위하여, 가설 설정에 많은 시간을 할애하여 흡족한 가설을 생성한 학생들은 가설 검증을 더 잘하였으며 가설 설정에 적은 시간을 할애하거나 미흡한 가설을 생성한 학생들은 가설을 검증하는데 제한점을 가진다는(Adist, 1997; Klahr & Dunba, 1988) 연구 결과나 본 연구 결과에서 나타나는 관련 자료들은 과학 교사들로 하여금 탐구 교수 전략에서 가설 설정이 잘 이루어질 수 있도록 하는 구체적인 안내가 될 것이다.

이에 가설 연역적 탐구 실험이 효과적으로 이루어질 수 있도록 가설 설정 과정에 대한 구체적인 안내를 포함한 실험 전략을 개발하고 적용하여, 가설 연역적 탐구 실험이 가설설정과 검증 과정과 관련되어 학습될 수 있을 것으로 판단되는 과학의 본성에 대한 관점 변화에 미치는 영향을 알아볼 필요가 있다고 판단된다. 또한 과학의 본성에 대한 인식과 상호 연관성이 있는 학습 전략에 따라 학생들의 과학의 본성에 대한 관점의 변화에 차이가 있는지 알아보는 연구가 필요하다고 판단된다.

따라서 본 연구에서는 중학교 2학년 학생들을 대상으로 실시할 수 있는 가설 연역적 수업 전략을 개발하여 적용하여보고 과학의 본성 중에서 관찰의 이론 의

존성, 과학 이론의 사회적 구성, 과학 지식의 잠정성 등과 같은 관점 뿐 아니라 가설의 역할, 과학적 예측, 추론 등과 같은 관점에 미치는 영향을 살펴보았다. 또한 학습 전략에 따라 학생들을 군집별로 구분한 후, 각 군집별로 과학 지식의 형성 과정과 관련된 과학의 본성에 대한 이해의 변화에 차이가 있는지 조사하였다.

Ⅱ. 연구내용 및 방법

1. 연구 대상

이 연구는 서울시에 위치한 중학교 2학년 212명을 대상으로 실시하였다. 총 6학급을 선정하였으며 그 중에서 3학급은 실험 집단으로 3학급은 통제 집단으로 배치하였다. 실험 집단과 통제 집단 모두 GALT사고력 검사지를 이용하여 인지 수준을 측정하였다. 두 집단 간에 인지 수준에 차이가 있는지 알아보기 위하여 χ^2 검증을 실시하였으며 그 결과는 Table 1과 같다. 실험 집단과 통제 집단 모두 과도기의 학생들이 각각47.2%, 51%로 가장 높은 비율을 차지하였으며 구체적 조작기 학생의 비율과 형식적 조작기 학생의 비율이 거의 비슷하게 나타났다. 통계 분석 결과 두 집단 간에 인지 수준에 차이가 없는 것으로 나타났다. 실험을 모둠별로 수행하기 위하여 학생들을 모둠별로 편성하였다. 한 학급의 인원수는 평균 36명 이었으므로 한 모둠을 4명씩으로 구성하여 총 9개의 소집단으로 편성하였다. 대체적으로 한 소집단에 성과 인지 수준이 이질적으로 편성되도록 하였다.

통제 집단 학생들을 대상으로 안내된 탐구 실험 수업 실시하였으며 실험 집단 학생들을 대상으로 가설 연역적 탐구 실험 수업을 실시하였다. 학생들이 수업을 받은 기간은 2005년 3월 중순부터 2005년 9월 초까지였다.

Table 1

The result of χ^2 test about cognitive level

Cognitive Level	Experimental group	Control group	df	χ^2	p
concrete operational state	28(25.9%)	29(27.9%)	2	.942	.624
transition state	51(47.2%)	53(51.0%)			
formal operational state	29(26.9%)	22(21.2%)			
total	108(100%)	104(100%)			

2. 검사 도구

1) 과학의 본성에 대한 검사지

본 연구에서는 학생들의 과학의 본성에 대한 인식을 조사하기 위하여 VOSTS(Views On Science-Technology -Society, Aikenhead & Ryan, 1992)를 기초로 문항을 수정, 보완 한 검사지를 사용하였다. VOSTS는 STS와 과학의 본성에 관한 영역으로 구성되어 있으며 각 영역 내에는 다시 소영역으로 분류된 문항들이 있다. VOSTS는 총 114개의 선다형 문항으로 구성되어 있으며 연구자가 초점을 두고 검사하고자 하는 영역의 문항을 선정하여 사용할 수 있다. 연구에서 사용한 검사지의 문항은 총 7개이며, 5문항은 VOSTS의 9개 영역 중 제 9영역인 과학 지식의 본성에서 선택하였고, 2문항은 7영역인 과학 지식의 사회적 구성에서 선택하였다. 9영역에 해당하는 문항들은 관찰의 이론 의존성, 과학 지식의 잠정성, 과학적 추론, 가설, 과학적 예상에 관한 것이고, 7영역에 해당하는 문항들은 과학적 의사결정, 과학 이론의 사회적 구성에 관한 것이다. 각 문항의 내용을 중학생 수준에 맞게 수정하여 중학교 2학년 1개 학급 학생들을 대상으로 예비 조사를 실시한 후, 수정 보완한 문항들로 검사지를 구성하였다. 또한 학업 성취도가 중간정도인 남녀 학생 4명을 대상으로 면담을 실시하여 문항에 포함된 용어의 이해 정도와 질문의 의도를 바르게 이해하였는지 등을 확인하여 최종 수정하였다. 이러한 과정을 거쳐 본 연구에서 개발한 검사지의 구성은 Table 2와 같다. 이렇게 구성한 검사지를 이용하여 3월초에 사전 검사를 실시하였으며 모든 수업이 끝난 9월 말에 사후 검사를 실시하였다.

2) 학습 전략에 대한 검사지

학생들의 학습 전략은 PALS(patterns of adaptive learning survey)검사 도구의 일부 문항을 이용하여 측정하였다. PALS는 Ames와 Archer(1988) 등이 주창한 목적 이론을 기본으로 하여 만든 검사 도구로 Anderman과 Young이 제작한 동기 검사도구이다(Ander -man & Young, 1994). PALS 검사지에는 여러 버전

Table 2

Items about the nature of science

Item	Content
1	Theory Dependance of Observation
2	Tentativeness of Scientific Knowledge
3	Scientific Decision
4	Social Construction of Scientific Theory
5	Scientific reasoning
6	Hypothesis
7	Scientific Prediction

이 있는데 여기서는 과학 영역 버전(science-specific version)에 해당하는 것을 번역하여 사용하였다. 이 버전은 모두 8개 영역 33문항으로 이루어져 있는데 이 중에서 학습 전략에 해당하는 2개 영역 총 12문항을 선정하였다. 피상적 전략에 해당하는 문항이 5개, 심층적 전략에 해당하는 문항이 7개이다. 학습 전략에 대한 검사는 과학의 본성에 대한 사전 검사를 실시하는 3월 초에 같이 실시하였다. 본 연구에서 검사의 신뢰도(Cronbach's α)는 피상적 전략은 .76 심층적 전략은 .88이었다.

3. 자료의 수집 및 분석

본 연구에서는 과학의 본성 검사지에 대한 학생들의 응답을 세 가지 범주로 구분하였다. 첫 번째는 과학의 본성에 대하여 현대의 인식론적 견해를 가진 범주로, 두 번째는 부분적으로 현대의 인식론적 관점을 가지고 있으나 전통적인 관점에서 벗어나지 않은 견해를 가진 범주로, 세 번째 범주는 전통적인 인식론적 견해를 가진 범주로 구분하였다. Table 3에 나타낸 것과 같이 각각의 범주는 2, 1, 0의 점수가 부여되었다. VOSTS에 대한 이러한 점수 체계는 Rubba *et al.* (1996) 과 Choi *et al.* (2005)에서 사용되었다. 각 범주에 대해 점수를 부여한 것은 등간 척도가 아니므로 비모수 통계 방법인 Wilcoxon test를 사용하여 사전 검사와 사후 검사에서의 과학의 본성에 대한 이해에 차이가 나타나는지를 알아보았다. 학생들의 학습 전략을 구분하기위해서 심층적 전략, 피상적 전략 점수에 대해 K-mean 군집분석을 실시하여 개인을 동질적인 하위 집단인 군집별로 구분하였다. 군집 분석은 단순히 점수를 중간으로 나누어 집단을 구분하는 것보다 더 효과적으로 방법으로 자료에 근거하여 더 적합도를 가지는 구조화된 집단을 구분하는데 사용된다. 각 군집별로 사전 검사와 사후 검사에서의 과학의 본성에 대한 이해에 차이가 나타나는지를 알아보기 위해서 Wilcoxon test를 사용하였다. 모든 통계 분석은 SPSS 12.0 프로그램을 사용하였다.

Tabel 3

Categories of student responds and scoring system.

Category	Respond	Score
Realistic	The choice expresses an view based on modern epistemology	2
Has Merit	The choice expresses a number of legitimate points	1
Naive	The choice expresses a view based on traditional epistemology	0

4. 수업 자료의 개발 및 적용

본 연구에서는 중학교 2학년 학생들을 대상으로 가설을 형성하고 검증하는 탐구 실험 수업을 실시할 수 있는 수업 안을 강순희 등(2005, p. 25)의 모델을 토대로 하여 개발하였다. 총 7개의 수업 안을 개발하였으며 각 수업은 2차시 분량으로 총 14차시에 걸쳐 수업을 진행하도록 하였다. 각 탐구 실험은 교과에 포함된 과학 내용으로 구성하였으며 조별 토론과 교실 전체 토론을 통해 문제를 해결하도록 하였다. 수업 자료의 구성은 가설이 생성되는 단계로 '인과적 질문 제시', '유사 경험 찾기', '가설 설정하기' 과정으로 이루어지도록 하였다. 이러한 구성은 가설이 인과적 의문에 대한 잠정적인 해답이라는 정의와 가설의 생성이 귀추적인 과정을 통해 형성된다는 견해를 바탕으로 하였다(Lawson, 2005; Fisher, 2001; 권용주 등, 2003). 귀추란 이전의 어떤 한 상황에서 성공적이었던 설명을 새로운 의문 상황에 빌려와 적용한 임시적인 가설을 생성하는 정신적인 과정으로 의문 상황과 이전 경험사이의 유사성이 중요하다고 하였다(권용주 등, 2003). 그러므로 가설이란 인과적 의문을 해결하기 위하여 과거의 경험을 떠올려 유사성을 바탕으로 추론해낸 것이라고 할 수 있다. 단계별로 수업이 진행되는 과정을 살펴보면 먼저, '인과적 질문의 제시' 단계에서는 의문현상의 제시와 함께 의문 현상을 보고 제기될 수 있는 인과적 질문을 제공하였다. 학생들이 직접 인과적 질문을 제기하는 과정이 포함되도록 하는 것이 좋으나 시간상의 이유와 조별로 같은 인과적 의문을 해결하는 것을 수업의 목표로 하였기 때문에 학생들에게 직접 질문을 제시하였다. '유사경험 찾기' 단계에서는 학생들이 의문현상을 해결하기 위하여 과거의 경험 상황을 떠올릴 수 있도록 하기 위하여 의문 상황과 관련된 다양한 질문들을 제공하였다. 이 단계를 통하여 학생들이 가설을 설정하는데 구체적인 안내를 제공 받을 수 있도록 하였다. '가설 설정하기' 단계에서는 유사 경험 찾기 단계에서 떠올린 경험 상황이나 자신의 배경 지식에 기초하여 인과적 의문의 잠정적인 해답인 가설(강순희 등, 2006, p. 28)을 세우도록 하였다.

가설을 설정한 후에는 가설을 검증하는 과정을 거치도록 하였는데, 가설이 검증되는 과정은 '실험 설계하기', '예측하기', '실험하기', '가설의 수용과 기각 결정하기' 순서로 구성하였다. 이러한 구성은 가설을 검증하는 과정을 추론도로 나타낸 White(2004)의 과정과 Lawson(1995)의 가설 연역적 과정이 공통적으로 가설, 실험 설계, 예측된 결과, 실험 결과, 결론의 순으로 나타낸 것에 근거하였다. '실험 설계하기' 단계에서는 설정한 가설의 수용과 기각을 결정하기 위하여 적절한

Table 4

The title and content of Hypothetical deductive experiment

The title of Experimental	Content
Why did it happened?	Definition of hypothesis, Controling variables
Why was the speed of a car different?	Speed of an object
Why was the return frequency of pendulum different?	Motion of a pendulum
Why did oil rise from the bottom to the surface of liquid?	Density
Why did the number of bubble generated differ in clear soda pop?	Solubility of a gas
Why did water decrease?	Transpiration
Why did an egg expand?	Osmosis

실험 과정을 구상하는 단계이다. 실험 설계에 있어서 학생들이 변인통제를 잘 하지 못한다는 선행의 연구 결과를 토대로(Campbell & Lubben, 2000; 김선자, 최병순, 2005) 학생들에게 실험에서 일정하게 유지되어야 하는 요인과 변화시켜야 하는 요인을 구별하여 적도록 하였다. '예측하기'단계에서는 가설이 옳다고 가정하였을 때 실험의 결과를 예상하도록 하였다. '실험하기' 단계에서는 설계한 실험을 직접 실행하도록 하는 단계로 실험을 직접 실시하기 전에 교사의 허락을 받도록 하였다. 실험 설계가 잘못되었을 경우라도 실험상의 위험이 없다면 그대로 실시하도록 하였는데 그 이유는 마지막에 실시될 교실 토론에서 자신의 조에서 수행한 실험에 오류가 있음을 깨닫도록 하기 위해서였다. '가설의 수용과 기각 결정하기' 단계에서는 실험을 통해 얻은 결과와 예측 결과를 비교하여 가설의 수용하거나 기각하는 과정을 거치게 된다. 이러한 과정이 모두 진행된 후에는 교실토론이 이루어지는데 교사가 발표가 필요하다고 생각되는 조를 선별하여 설정한 가설의 검증 및 가설의 수용과 기각 여부를 발표하도록 하였다. 발표 내용들을 토대로 실험의 설계 과정이 바른지 혹은 오류가 있는지 좋은 아이디어는 무엇인지에 대하여 토론을 거친 후 인과적 의문에 대하여 전체적으로 결론을 내렸다. 본 연구에서 연구자가 개발한 7개의 가설 연역적 탐구 실험 수업의 제목과 관련 내용은 Table 4와 같다.

통제 집단이 수행한 안내된 탐구 실험은 실험 집단의 학생들이 수행한 가설 연역적 탐구 실험과 주제는 같으나 내용의 전개 방식과 실험 도구에서 일부 차이가 있었다. 통제 집단의 학생들은 제시된 실험의 과정을 따라서 실험을 실시하고 결론을 내리는 실험을 수행하였다면 실험 집단의 학생들은 현상을 제시하고 그러한 현상이 일어난 이유에 대하여 가설을 세우고 검증하는 실험을 실시하였다. 예를 들어 진자 운동 실험의 경우 통제 집단 학생들은 추의 무게, 진폭, 실의 길이를 달리하여 추의 속력을 측정해 보는 과정이 주어진 실험을 실시하고 진자의 속력에 대하여 결론을 내리는 과정을 거쳤다. 반면 실험 집단의 학생들은 동전과 클립 및 실을 이용하여 조별로 각기 하나의 진자를 만든 후 같은 시간 동안에 왕복하는 횟수를 측정하여 왕복 횟수가 다른 이유에 대하여 가설을 세우고 실험을 설계하면 문제를 해결하는 과정을 거쳤다. 또한 삼투 현상과 관련된 실험의 경우 통제집단 학생들은 당근과 설탕물을 이용해 주어진 과정대로 실험을 한 후 관찰 결과를 토대로 결론을 내리는 실험을 실시하였다면 실험 집단의 학생들은 달걀껍질이 제거되어 세포막이 노출된 달걀을 물속에 넣었을 때 달걀이 커진 현상을 관찰하고 그러한 현상이 일어난 이유에 대하여 가설을 설정하고 검증하는 실험을 실시하였다.

Ⅲ. 결과 및 논의

1. 가설 연역적 탐구실험 후 과학의 본성에 대한 관점의 변화

안내된 탐구 실험을 실시한 통제 집단과 가설 연역적 탐구 실험을 실시한 실험 집단의 과학의 본성에 대한 관점의 변화를 알아보기 위하여 탐구 실험을 실시하기 전과 실시한 후에 같은 검사지를 이용하여 학생들의 과학의 본성에 대한 인식을 측정하였다. 학생들의 관점에 변화가 나타났는지 알아보기 위하여 Wilcoxon test를 실시하였으며 통제 집단에 대한 검증 결과는 Table 5와 같다. 전체의 문항 중에서 사전과 사후에 가장 평균 점수가 낮은 것은 가설에 관련된 인식이었다. 가설에 대한 현대적인 관점은 과학이 발달하는데 있어서 이론 구성의 첫 단계로 설정되는 가설의 사실성 여부는 중요하지 않다는 것이다. 그러나 많은 학생들이 이러한 현대적인 관점 대신 가설이 사실이어야 한다는 전통적인 견해를 가지고 있었다. 전체 문항 중에서 높은 평균 점수를 나타낸 것은 관찰의 이론 의존성에 대한 문항과 과학 이론의 사회적 구성에 대한 문항이다. 관찰 언명은 지각 경험과 달리 어느 정도 일반화된 이

Table 5

Wilcoxon test analysis for item response: Control Group (n=104)

Content	pretest		posttest		Z
	Mean	Standard Deviation	Mean	Standard Deviation	
Theory-ladenness of Observation	1.41	.69	1.39	.68	-0.48
Tentativeness of Scientific Knowledge	1.16	.76	1.19	.71	-1.09
Scientific Decision	1.03	.56	1.00	.61	-0.41
Social Construction of Scientific Theory	1.40	.92	1.30	.96	-0.63
Scientific reasoning	1.21	.66	1.31	.59	-1.04
Hypothesis	.90	.63	.88	.68	-0.09
Scientific Prediction	1.10	.70	1.08	.75	-0.65

론을 포함하고 있어 서로 다른 이론을 가지고 있을 경우 같은 자연 현상을 다르게 관찰할 수 있으며, 이론이 오류를 범할 수 있듯이 관찰도 오류를 범할 수 있다는 인식이 관찰이 이론에 의존한다는 현대적인 관점이다. 이 문항에 대한 평균이 높게 나타난 것에서 관찰이 이론에 의존한다는 현대적인 관점을 가진 학생들의 비율이 다른 문항에 비해 높은 것을 알 수 있다. 또한 과학이론이 나올 경우 과학자들은 동료 과학자들과 사회적 합의에 의해 이론이 구성된다는 관점이 현대적인 관점이며 이 문항에 대한 학생들의 응답 또한 다른 문항에 비해 현대적인 관점을 가진 학생들의 비율이 높았다. Wilcoxon test 결과에서 볼 수 있듯이 실험의 과정이 모두 주어져 안내된 과정대로 실험을 수행하고 결과를 확인하는 실험을 실시한 통제 집단의 경우에는 과학의 본성에 대한 인식은 전 문항에서 사전과 사후에 전혀 차이를 나타내지 않았다.

가설 연역적 탐구 실험을 실시한 실험 집단에 대하여 과학의 본성에 대한 인식의 변화를 알아보기 위하여 Wilcoxon test를 실시하였으며 그 결과는 Table 6과 같다. 거의 모든 문항에서 실험 집단과 통제 집단의 과학의 본성에 대한 사전 검사 점수의 평균이 비슷하게 나타났다. 통제 집단의 검사 결과와 같이 가장 평균 점수가 낮은 것은 가설에 대한 인식이었으며 가장 평균 점수가 높은 것은 관찰의 이론 의존성에 대한 인식이었다. 가설 연역적 실험을 실시한 후 학생들의 관점이 통계적으로 유의미하게 변화된 것은 관찰의 이론 의존 문항과 과학적 추론 문항과 가설 문항이었다. 구체적인 안내를 통해 가설을 세우고 검증하는 과정을 경험하도록 한 것이 과학의 본성에 대한 일부 관점의 변화에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단된다.

학생들이 세운 가설 중에 옳은 가설도 있고 옳지 않은 가설도 있었으므로, 가설의 옳고 그름과 관계없이 실험적 검증을 통해 가설을 수용하고 기각하게 되는 이론의 형성 과정을 경험함으로써 가설의 참과 거짓이 중요한 것이 아니라는 것을 인식하는데 영향을 미쳤을 것으로 보인다. 실제로 가설 연역적 수업을 처음 실시하였을 때 학생들은 옳은 가설을 세우는데 주의를 기울였으나 실험을 수행해 가면서 학생들의 그러한 생각들은 많이 감소하는 것을 관찰할 수 있었다.

과학적 추론에 대한 현대적인 관점은 과학적 실험을 실시한 후 얻어진 결과를 이용해 과학적 현상의 원인을 추론할 경우 추론에 오류가 있을 수 있다는 것이다.

Table 6

Wilcoxon test analysis for item response: Experimental Group(n=108)

Content	pretest		posttest		Z
	Mean	Standard Deviation	Mean	Standard Deviation	
Theory-ladenness of Observation	1.39	.68	1.57	.64	-2.20*
Tentativeness of Scientific Knowledge	1.19	.71	1.31	.68	-1.32
Scientific Decision	1.00	.61	.94	.61	-0.68
Social Construction of Scientific Theory	1.30	.96	1.39	.92	-0.80
Scientific reasoning	1.31	.59	1.52	.56	-2.50*
Hypothesis	.88	.68	1.26	.72	-3.97**
Scientific Prediction	1.08	.75	1.28	.68	-1.85

*$p<.05$, ** $p<.01$

과학적 추론에 대한 관점이 유의미하게 변화된 것은 가설 연역적 탐구 실험을 수행하는 가운데 학생들은 자신의 조에서 수용된 가설이 다른 조에서 기각되는 경험을 하였는데 이러한 경험이 실험 결과를 통한 추론이 반드시 정확한 것은 아니라는 인식을 갖게 되는데 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 예를 들면, 속력과 연관된 실험에 있어서 '자동차의 무게가 다르기 때문에 자동차의 속력이 다르다'라고 가설을 세운 조들의 경우 실험을 통해 가설을 수용한 조도 있었고 기각한 조도 있었다. 또한 밀도와 연관된 실험에 있어서 '알코올에 밀도가 큰 물을 부으면 섞인 액체가 식용유보다 밀도가 커져서 식용유가 떠오를 것이다'라는 가설을 세운 경우에도 물을 조금 부어 식용유가 떠오르지 않은 조는 가설을 기각하였으나 물을 많이 부어 식용유가 떠오른 조는 가설을 수용하였다. 이와 같이 학생들은 같은 가설을 세웠으나 실험을 통해 얻은 결과를 바탕으로 내린 가설의 수용과 기각 여부는 다를 수 있다는 경험을 하였으며 이러한 경험이 학생들의 추론에 대한 관점의 변화에 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

학생들이 실험을 수행하는 과정에서 자신의 가설에 기초하여 타당하다고 생각되는 실험 결과만을 받아들이고 자신의 가설에 기초하여 타당하지 않다고 생각되는 실험 결과를 버리는 것을 관찰할 수 있었다. 특히 기각될 가설을 설정한 경우에도 자신의 실험 결과에 기초하여 잘못된 실험 결과를 받아들이는 것을 볼 수 있었다. 가설을 학생들이 가진 이론으로 볼 때 이러한 경험은 학생들이 관찰이 이론에 의존한다는 관점을 갖도록 하는데 영향을 미쳤을 것으로 판단된다.

가설 연역적 탐구 실험을 수행하는 과정에서 조별 토론과 교실 전체 토론을 통하여 과학적 문제를 해결하도록 하는 것이 학생들의 과학 이론의 사회적 구성과 과학적 의사 결정에 대한 인식의 변화에 영향을 미칠 것으로 판단하였으나 두 가지 인식 모두 변화가 나타나지 않았다. 과학 이론의 사회적 구성에 대한 현대적인 관점은 과학 이론이란 과학자들의 합의에 의해서 받아들여지는 것으로 여러 과학자들이 그 이론을 믿도록 해야 한다는 것이며, 과학적 의사 결정에 대한 현대적인 관점은 과학자들이 의사를 결정할 때 주관적인 느낌이나 개인적인 동기에 의해 영향을 받는다는 것이다. 가설 연역적 실험을 수행함에 있어서 단순히 토론 통하여 문제를 해결하는 것만으로 이러한 관점을 현대적 관점으로 변화시키는 것이 쉽지 않은 것으로 판단된다. 또한 가설 연역적 탐구 실험을 수행한 학생들의 과학 지식의 잠정성에 대한 관점과 과학적 예상은 확실하지 않다는 관점에 있어서도 유의미한 변화가 나타나지 않았다. 옳은 탐구 과정을 통해 얻어진 과학적 지식도 미래에는 변할 수 있다는 관점이 과학 지식에 대한 현대적인 관점이며, 과학적 지식에 바탕을 두고 예측을 하였을 경우 예측은 확실할 수 없다는 것이 과학적 예상에 대한 현대적인 관점이다. 가설을 설정하고 검증하는 과정을 경험하는 것만으로 이러한 관점이 쉽게 현대적인 관점으로 변화되지 않는다고 할 수 있다.

2. 학습 전략에 따른 학생들의 과학의 본성에 대한 관점의 변화

학생들의 학습 전략을 확인하기 위하여 학습 전략 검사지의 피상적 전략과 심층적 전략 점수에 대하여 K-means 군집 분석을 실시하였으며, 각 군집의 특성을 확인하기 위해 학습 전략 점수에 대해서 일원 변량 분석을 실시하였다(Table 7). 분석 결과 피상적 전략, 심층적 전략에서 두 군집 간에 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 피상적 전략에서 군집 1은 5단계 리커트 척도 중 3점 이상으로 점수가 높게 나타났으며 군집2의 점수와 유의미한 차이가 있었다($p<.01$) 심층적 전략에서 군집 2는 5단계 리커트 기준 3.57로 군집 1의 점수보다 유의미하게 높은 것으로 나타났다($p<.01$). 이러한 결과로부터 군집 1은 피상적 전략을 많이 사용하는 집단, 군집 2는 심층적 전략을 많이 사용하는 집단이라고 정의 내릴 수 있다.

군집 1에 속하는 학생들 중 실험 집단에 속한 학생들은 41명이며 통제집단에 속한 학생들은 52명으로 나타났다. 군집 2에 속하는 학생들 중 실험 집단에 속한 학생들은 67명이며 통제 집단에 속한 학생들은 52명으로 나타났다.

안내된 탐구 실험을 실시한 통제 집단의 학생들 중 피상적 전략을 많이 사용하는 군집 1에 속한 학생들의 과학의 본성에 대한 인식의 변화를 알아보기 위해 Wilcoxon test를 실시하였다. 그 결과 모든 문항에서

Table 7

Analysis of cluster difference on learning strategy

Learning Strategy	Cluster 1 (N=93)		Cluster 2 (N=119)		MS	df	F
	M	S. D	M	S. D			
Surface learning strategy	3.24	0.41	2.59	0.42	21.79	1	128.32**
Deep learning strategy	2.69	0.43	3.57	0.39	40.78	1	243.77**

**$p<.01$

사전 검사 점수의 평균과 사후 검사 점수의 평균사이에 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았다($p>.05$). 즉, 안내된 탐구 실험을 실시한 후 피상적 전략을 주로 사용하는 학생들의 과학의 본성에 대한 인식에 변화가 나타나지 않은 것을 알 수 있다. 안내된 탐구 실험을 실시한 통제집단의 학생들 중 심층적 전략을 많이 사용하는 군집 2에 속한 학생들의 과학의 본성에 대한 인식의 변화를 알아보기 위해 Wilcoxon test를 실시하였다. 그 결과 모든 문항에서 사전 검사 점수의 평균과 사후검사 점수의 평균사이에 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았다($p>.05$) 피상적 전략을 주로 사용하는 학생들과 심층적 전략을 주로 사용하는 학생들 모두 안내된 탐구 실험을 통하여 과학의 본성에 대한 관점에 변화가 나타나지 않았다. 단순히 안내된 탐구를 수행하는 것만으로는 과학의 본성에 대한 관점에 변화가 나타나지 않으며 다른 학습 전략을 사용하더라도 과학의 본성에 대한 관점에 변화가 없다고 할 수 있다.

가설 연역적 탐구 실험을 실시한 실험 집단의 학생들 중 피상적 전략을 많이 사용하는 군집 1에 속한 학생들의 과학의 본성에 대한 인식의 변화를 알아보기 위해 실시한 Wilcoxon test결과는 Table 8과 같다. 피상적 전략을 많이 사용하는 학생들의 경우 과학의 본성 중에서 가설에 대한 인식의 평균 점수가 통계적으로 유의미하게 향상된 것으로 나타났다($p<.01$).

가설 연역적 탐구 실험을 실시한 실험 집단의 학생들 중 심층적 전략을 많이 사용하는 군집 2에 속한 학생들의 과학의 본성에 대한 관점의 변화를 알아보기 위해 실시한 Wilcoxon test결과는 Table 9와 같다. 심층적 전략을 많이 사용하는 학생들의 경우 과학의 본성 중에서 관찰의 이론 의존, 과학적 추론, 가설에 대한 평균 점수가 유의미하게 향상된 것으로 나타났다. 이러한 결과에서 심층적 전략을 사용하는 학생들은 가설 연역적 탐구 실험의 수행한 후에 관찰의 이론 의존, 과학적 추론, 가설에 대한 관점이 현대적인 관점으로 변화되었다고 할 수 있다.

실험의 결과 피상적 전략을 많이 사용하는 학생들과 심층적 전략을 많이 사용하는 학생들 모두 가설 연역적 탐구 실험을 수행한 후에 가설에 대한 관점이 현대적으로 변화되었다고 할 수 있다. 그러나 심층적 전략

Table 8

Wilcoxon test analysis for item response: Students of experimental group in cluster 1(n=41)

Content	pretest		posttest		Z
	Mean	Standard Deviation	Mean	Standard Deviation	
Theory-ladenness of Observation	1.39	.70	1.48	.64	-0.74
Tentativeness of Scientific Knowledge	1.21	.72	1.21	.70	-0.04
Scientific Decision	1.07	.52	0.90	.59	-1.33
Social Construction of Scientific Theory	1.12	.99	1.31	.96	-1.00
Scientific reasoning	1.34	.56	1.49	.58	-1.02
Hypothesis	0.78	.64	1.12	.72	-2.26**
Scientific Prediction	1.14	.75	1.27	.74	-0.72

** $p<.01$

Table 9

Wilcoxon test analysis for item response: Students of experimental group in cluster 2(n=67)

Content	pretest		posttest		Z
	Mean	Standard Deviation	Mean	Standard Deviation	
Theory-ladenness of Observation	1.39	.67	1.62	.57	-2.20*
Tentativeness of Scientific Knowledge	1.16	.71	1.26	.64	-1.63
Scientific Decision	0.96	.66	0.97	.63	-0.17
Social Construction of Scientific Theory	1.40	.92	1.44	.89	-0.21
Scientific reasoning	1.30	.60	1.55	.58	-2.17*
Hypothesis	0.98	.68	1.34	.71	-3.28**
Scientific Prediction	1.04	.75	1.28	.62	-1.89

*$p<.05$, ** $p<.01$

을 많이 사용하는 학생들은 가설 외에 관찰의 이론 의존, 과학적 추론에 대한 관점까지도 현대적인 관점으로 변화되었다. 이러한 결과에서 과학 수업에서 공부한 것을 실제 세상의 사물과 어떻게 연관되는지 이해하려고 노력하고, 수업에서 배우는 과학 내용을 전에 배운 것과 연결시켜 생각하는 심층적 학습 전략이 피상적 학습 전략보다 학생들의 과학의 본성에 대한 인식 변화에 더 효과적으로 작용하고 있음을 볼 수 있다. 심층적 학습 전략이 학생들의 본성에 대한 적절한 이해와 긍정적인 상관이 있다고 보고한 연구의 결과(Davis, 2003; Edmondson & Novak, 1993)와 비슷하게 심층적 학습 전략이 학생들이 가진 과학의 본성에 변화에 긍정적인 영향을 미친다고 할 수 있다.

Ⅳ. 결론 및 제언

본 연구는 가설을 설정하고 검증하는 과정을 통하여 과학 지식의 생성 과정을 경험하도록 하는 것이 학생들의 과학의 본성에 대한 인식 변화에 긍정적인 영향을 미칠 것이라는 가설 하에 수행되었다. 먼저 가설 설정 과정이 구체적으로 안내된 가설 연역적 수업 안을 개발하였으며, 이렇게 개발한 수업 안으로 중학교 2학년 학생들을 대상으로 수업을 실시하고 과학의 본성에 대한 관점의 변화를 알아보았다.

가설 연역적 탐구 실험을 실시한 실험 집단은 실험의 과정이 안내된 탐구 실험을 실시한 통제 집단과 다르게 과학의 본성에 대한 관점 중 일부에서 변화가 나타났다. 통계적으로 유의미한 변화가 나타난 것은 가설, 과학적 추론, 관찰의 이론 의존성에 대한 관점이었다. 가설을 설정하고 검증하는 과정을 경험하도록 한 것은 가설의 사실성 여부보다는 실험 결과에 기초하여 가설을 수용하고 기각하는 것이 중요하다는 인식을 갖도록 하는데 긍정적인 영향을 미쳤다고 할 수 있다. 그리고 가설 연역적 실험의 수행에서 학생들은 서로 다른 가설을 가진 학생들이 같은 현상을 다르게 관찰하는 것을 경험을 할 수 있었는데, 이러한 경험은 관찰이 이론에 의존한다는 인식을 갖도록 하는데 긍정적인 영향을 미쳤다고 할 수 있다. 또한 학생들은 같은 가설을 설정하였으나 모둠별로 가설의 수용과 기각 여부에 대한 결정이 다르게 나타나는 것을 경험을 할 수 있었는데, 이러한 경험은 실험 결과를 통한 추론이 반드시 정확한 것은 아니라는 인식을 갖도록 하는데 긍정적인 영향을 미쳤을 것으로 판단된다.

가설 연역적 탐구 실험 후에 과학의 본성에 대한 관점의 변화가 나타나지 않은 것은 과학 지식의 잠정성, 과학적 의사 결정, 과학 이론의 사회적 구성, 과학적 예상에 관한 인식이었다. 이러한 관점들은 가설 연역적 실험을 수행하는 것만으로는 변화되기 어렵다는 것을 알 수 있다.

학생들이 주로 사용하는 학습 전략에 따라 과학의 본성에 대한 인식의 변화에 차이가 있는지 살펴본 결과 실험 집단 내에서 심층적 전략을 주로 사용하는 학생들과 피상적 전략을 주로 사용하는 학생들 간에 차이가 있었다. 심층적 전략을 사용하는 학생들의 경우 관찰의 이론 의존성, 과학적 추론, 가설에 대한 인식이 모두 현대적인 관점으로 변화되었으나 피상적 전략을 주로 사용하는 학생들의 경우 가설에 대한 인식만이 현대적인 관점으로 변화되었다. 심층적인 전략을 주로 사용하는 학생들은 피상적인 전략을 주로 사용하는 학생들보다 과학지식의 형성과정에 대한 경험을 통하여 자신이 가지고 있던 과학의 본성에 대한 전통적인 관점을 현대적인 관점으로 더 잘 변화시킨다고 할 수 있다. 이러한 결과에서 학생들이 학습하는 과정에서 사용하는 학습 전략은 과학의 본성에 대한 인식의 변화에 영향을 주는 한 요인이라고 할 수 있겠다.

수업 관찰이나 면담 등을 통하여 학습 전략에 따라 과학의 본성에 대한 이해에 차이가 나타나는 이유에 대하여 면밀한 조사가 진행되어야 할 것이다.

국문 요약

이 연구에서는 가설 연역적 탐구 실험이 학생들의 과학의 본성에 대한 관점 변화에 미치는 효과를 조사하였으며, 그 효과는 학습 전략에 따라 분석되었다. 연구 대상은 중학교 2학년 학생 212명이며 학생들은 실험집단과 통제집단으로 무선 배치되었다. 통제집단의 학생들은 안내된 탐구 실험을 실시하였으며, 실험집단의 학생들은 가설 연역적 탐구 실험을 실시하였다. 연구 결과 사전 검사에서 실험 집단과 통제 집단은 과학의 본성에 대한 관점이 거의 비슷하게 나타났다. 수업을 실시한 후 실험 집단은 과학의 본성 중에서 관찰의 이론 의존성, 과학적 추론, 가설에 대한 관점이 유의미하게 변화되었다. 실험집단 중에서 피상적 전략을 주로 사용하는 학생들은 과학의 본성 중에서 가설에 대한 관점만이 유의미하게 변화되었다. 반면, 실험집단 중에서 심층적 전략을 주로 사용하는 학생들은 과학의 본성 중에서 관찰의 이론의존성, 과학적 추론, 가설에 대한 관점이 유의미하게 변화되었다.

참고 문헌

강석진, 김영희, 노태희 (2004). 과학사를 이용한 소

집단 토론 수업이 학생들의 과학의 본성에 대한 이해에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 24(5), 996-1007.

강순희, 김지영, 박은미, 방담이, 채명희, 이은주, 이윤하, 김효진(2005). 혼합물의 분리는 어떻게 할까요?-중학교 2학년 과학 탐구수업 지도자료④, 서울; 교육인적자원부·서울대학교 과학교육연구소.

강순희, 김덕희, 김효진, 박인숙, 윤이진, 이선향, 이윤하, 이은주, 홍혜인(2006). 물질 변화에서의 규칙성-중학교 3학년 과학 탐구수업 지도자료⑤, 서울; 교육인적자원부·서울대학교 과학교육연구소.

김지영, 강순희 (2006). 중등학교 과학 교사들의 탐구 과정의 활용 정도와 가설에 대한 인식. 한국과학교육학회지, 26(2), 258-267.

교육부(1997). 과학과 교육 과정-교육부 고시 제 1997-15호 [별책 9] . 서울: 대한교과서 주식회사.

권용주, 정진수, 박윤복, 강민정(2003a). 선언적 과학 지식의 생성 과정에 대한 과학 철학적 연구-귀납적, 귀추적, 연역적 과정을 중심으로-. 한국과학교육학회지, 23(3), 215-228.

김선자, 최병순 (2005). 변인통제 문제해결 과정에서 나타난 초등학생의 실험설계 및 증거제시 특성. 한국과학교육학회지, 25(2), 111-121.

하병권(2000). 초등학교 예비교사들의 과학의 본성에 대한 인식 조사. 과학과 수학교육, 26, 13-31.

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

Adist, D. J. (1997). Effects of hypothesis generation on hypothesis testing in rule-discovery tasks. The Journal of General Psychology, 124(1), 19-34.

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

Aikenhead, G. S., & Ryan, A. G. (1992), The Development of a New Instrument : "Views On Science -Technology-Society" (VOSTS), Science Education, 76(5), 477-491.

Anderman, E. M., & Young, A. J. (1994). Motivation and strategy use in science: Individual differences and classroom effects. Journal of Research in Science Teaching, 31(8), 811-831.

Campbell, B. & Lubben, R. (2000). Learning science through contexts: Helping pupils make sense of everyday situations. International Journal of Science Education, 22(3), 239-252.

Choi, K., Chong. H. J., & Chang, H. (2005). Need and significance of STS education at the university level. Journal of the Korean Association for Research in Science Education, 25(6), 650-657.

Davis, A. (2003). Untangling dimensions of middle school students' beliefs about scientific knowledge and science learning. International Journal of Science Education, 25(4), 439-468.

Edmondson, K. M. & Novak, J. D. (1993). The interplay of scientific epistemology views., learning strategies, and attitudes of college students. Journal of Research in Science Teaching, 30(6), 547-559.

Fisher, H. R.(2001). Abductive reasoning as a way of worldmaking. Foundations of Science, 6, 361-383.

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

Khishfe, R., Abd-Ei-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.

Khishfe, R., Lederman, N. (2006). Teaching Nature of science within a controversial topic: integrated versus nonintegrated. Journal of research in science teaching, 43(4), 395-418.

Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. Cognitive Science, 12, 1-48.

Lawson, A, E. (1995). Science teaching and the development of thinking. Belmont, CA; Wadworth Publishing Company.

Lawson, A. E.(2005). What is the role of induction and deduction in reasoning and scientific inquiry? Journal of Research in Science Teaching, 42(6), 716-740.

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.

McComas, W. F. & Olson, J. K. (1998). The nature of science in international science education standards documents. The Nature of Science Educations: Rationales and Strategies. Dordrecht: Kluwes Academic Publishers.

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

Rubba, P. A., Schoneweg, C., & Harkness, W. L. (1996). A new scoring procedure for the views on science -technology-society instrument. International Journal of Science Education, 18(4), 387-400.

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

Solomon, J., Duveen, J., McCarthy, S., & Scott, L.(1992). Teaching about the nature of science through history: Action research in the classroom. Journal of

Research in Science Teaching, 29(4), 409-421.

Tamir, P. (1972). Understanding the process of science by students exposed to different science curricula in Israel. Journal of Research in Science Teaching, 9(3), 239-245.

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

White, B.(2004). Reasoning Maps: A generally applicable method for characterizing hypothesis-testing behaviour. Science Education, 26(14), 1715-1731.