

10학년 과학 탐구 단원의 맥락에서 모델구성과 규칙발견을 통한 명시적 수업이 과학의 본성의 관점에 미치는 효과

조정일* · 김진희¹ · 홍행화²

전남대학교 · ¹광주동성여자중학교 · ²Western Michigan University

Effects of Model Construction and Pattern Identification Activities on Views on the Nature of Science in the Context of Science 10 Inquiry Unit

Cho, Jungil* · Kim, Jinhee¹ · Hong, Hanghwa²

Chonnam National University · ¹Gwangju Dongsung Girls' Middle School · ²Western Michigan University

Abstract: This study was conducted to assess any change in students' views on the nature of science (NOS) after lessons through the activities of model construction and pattern identification. The instrument used to examine NOS views was the Views of Nature of Science questionnaire (VNOS). Four students' responses on VNOS before and after instruction were analyzed. The two levels of their views, novice and expert, were judged by the authors based on criteria set by several science educators. The instruction consisted of six hours of the so-called black box and cube activities developed for model construction and pattern identification, respectively. Students' views were at the novice level in definition of scientific theory, tentativeness of scientific knowledge, difference of hypotheses, theories and laws, model construction, and creativity and imagination in experiments and investigations. Students' views on NOS knowledge such as model and theory have improved for two students after instruction. The improvement seemed to be due to an explicit approach using the activities of model construction and pattern identification. The factors of changes and no-changes of views on NOS were identified and discussed in terms of improvement of the views.

Key words: nature of science, scientific theory, tentativeness, creativity, model construction, pattern identification, explicit approach

I. 서론

과학교육의 목표는 과학적 소양을 갖춘 사람을 육성하는 것이다. 우리나라 과학교육과정의 학습목표는 기본적인 과학 개념의 이해와 활용, 과학적 탐구 능력 습득과 문제 해결, 자연 현상에 대한 호기심과 과학 학습에 대한 흥미, 그리고 과학과 기술 그리고 사회와의 상호관계 이해로 구성되어 있다. 이 과학적 소양의 요소 속에는 과학의 본성도 포함되어 있다. National Research Council (1996)의 국가과학교육기준은 교과 기준으로서 과학의 본성을 탐구로서의 과학, 물상 과학, 생명 과학과 같이 독립적인 요소로 다루고 있다.

7차 교육과정의 10학년 과학은 탐구, 에너지, 물질, 생명, 지구, 환경의 6개 단원으로 구성되어 있으며, 탐구 단원은 탐구활동도 포함하지만 과학의 본성을 학습하도록 의도된 단원이다. 이 단원은 ‘과학자가 하는 일,’ ‘과학에서의 탐구,’ ‘과학이 인간 생활에 미치는 영향’으로 구성되었다. 이 단원은 국민공통기본 교육과정의 과학 교과에서 과학의 본성을 독립적으로 다루는 유일한 단원이라고 할 수 있다. 물론 모든 과학 내용은 과학의 본성을 다룰 수 있는 맥락 (context)을 제공한다. 제7차 과학교육과정은 탐구단원을 독립된 단원으로 다루거나 다른 단원 속에서 포함하여 다루도록 선택권을 주고 있지만, 모든 교과서들이 탐구 단원을 독립된 단

*교신저자: 조정일(jcho@chonnam.ac.kr)

**2008.10.18(접수) 2008.11.20(1심통과) 2008.11.27(2심통과) 2008.11.29(최종통과)

***이 논문은 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2006-기초연구지원인문사회(창의주제연구)-B00827)

원으로 설정하였다.

최근 과학의 본성을 어떻게 효과적으로 가르칠 것인지에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그 결과들은 한결 같이 과학의 본성 요소를 구체화하고 가르칠 내용을 직접 분명하게 강조해야 하며, 학생들이 경험한 탐구활동과 관련짓는 노력을 통해 효과적으로 과학의 본성 (이하에서는 NOS로 부르기로 한다)을 학습할 수 있음을 보여준다 (김경순 등, 2008; Khishfe and Abd-El-Khalick, 2002; Bartholomew *et al.*, 2004; Schwartz *et al.*, 2004). 이러한 접근을 명시적이고 반성적인 접근이라고 하는데, 김경순 등 (2008)은 명시적 접근을 과학의 본성에 대한 적절한 관점을 학생들에게 분명하게 제시하는 것이라고 하였고, 반성적 접근을 학습 과정에서 학생들의 과학의 본성에 대한 자신의 관점을 검토할 수 있는 토론 등의 구조화된 활동을 제공하는 것으로 기술하였다.

국내 과학교육 관련 학회지에 발표된 과학의 본성에 대한 연구들 중, 수업 처치를 통해 NOS의 관점 변화를 본 연구들은 그 수업 방법과 내용이 매우 다양하였다. 예를 들어 강석진 등(2004)과 김경순 등 (2008)은 과학사의 소재를 활용하여 NOS의 관점에 미치는 영향을 조사하였다. 나지연과 장병기 (2005)는 과학 연구 수업을 사용하였다. 임희준과 여상인(2006)은 생활 속의 화학 강좌를 통해, 최경희와 조희형(2002)은 과학의 윤리적 특성 교수-학습을 통해 NOS의 관점에 미치는 영향을 조사하였다. 김미경과 김희백(2007)은 개방적 탐구에 인식론적 측면에서 참 과학의 특성을 반영한 참 개방적 탐구 실험을 실시하여 NOS에 대한 관점 변화를 조사하였다. 김지영과 강순희(2007)는 가설 설정과 검증 활동이 NOS에 대한 관점 변화에 미치는 효과를 조사하였다.

이런 국내의 연구들은 일반 탐구 수업 활동이 NOS에 어떤 영향을 미치는지를 조사하였으며, 최근 외국 문헌에서 강조하는 바 NOS를 명시적이고 반성적으로 가르치는 방법을 사용하지 않았다. 한편, 박종원과 김두현 (2008)은 42개의 NOS 언명을 기초로 NOS에 대한 이해를 높이기 위한 자료를 만들고, 이 자료 중 일부를 적용한 결과 학생들의 창의성을 높이는데 기여했음을 보고하였다. 아직까지 국내에서는 NOS 이해를 위해 개발된 교재를 사용하면서 수업 중 NOS를 강조하며 그 활동과 NOS를 연결지어 NOS 이해를 높이고자 하는 시도는 충분히 수행되지 않았다.

외국의 경우, Sandoval and Morrison(2003)은 컴퓨터 프로그램의 보조를 받는 탐구활동을 4주 동안 실시

하였다. 학생들의 과학의 본성에 대한 사상은 그 수업을 통해 유의하게 변하지 않았다. 그 결과에 대한 논의에서 연구자들은 학생들의 NOS에 대한 관점을 향상시키기 위해서 NOS 요소에 대해 직접 설명하고 학생들이 인지할 수 있도록 하는 단계가 필요하다고 하였다. Khishfe and Abd-El-Khalick(2002)는 개방적 탐구 수업만으로는 NOS에 대한 관점을 개선시키지 못했으며, 탐구활동의 맥락에서 NOS를 구체적이고 의도적으로 언급하고 토론함으로써 소기의 성과를 얻을 수 있었다. Schwartz *et al.*(2004)의 연구에서 예비교사들에게 과학자의 활동과 유사한 탐구 활동에 참여하고 NOS를 분명히 언급하고 탐구활동과 NOS를 연결시켜 생각하게 함으로써 효과적으로 NOS 학습을 이끌 수 있었다.

위의 연구들을 종합해 볼 때 수업에서 NOS 요소를 명시적으로 다루고 학습 내용을 NOS와 연관 짓는 수업 방법이 다양한 맥락에서 수행될 때, NOS 이해가 향상될 수 있을 것이다. Lederman & Abd-El-Khalick (1998)은 중, 고등학교 수준에서 적용할 수 있는 NOS 활동을 개발하였다. 소위 ‘암상자 활동’과 ‘정육면체 활동’인데, 암상자 활동이란 학생들이 현상을 볼 수는 있지만 그 현상을 일어나게 한 원인과 과정은 볼 수 없다는 점에서 암상자라고 불린다. 정육면체 상자 활동은 규칙성을 찾고 그 규칙성과 관련된 과학의 본성을 명시적으로 학습하도록 돕는 활동이다. 암상자활동이 모델 구성을 통한 설명을 해보는 활동이라면 육면체 상자 활동은 관찰을 통한 규칙 발견 활동이다. 이 활동들은 과학 이론과 법칙의 형성 및 특성을 이해할 수 있는 요소들을 담고 있다.

한편, 최근 연구들은 10학년 과학 탐구 단원이 과학 지식의 본성과 과학적 방법을 상당히 많이 다루고 있음을 보여 준다 (김준예 등, 2007; 최승희, 2007). 즉, 과학의 정의, 과학적 방법, 과학 지식의 잠정성, 가설, 법칙, 이론의 차이 등을 다루고 있다. 그러나 그 내용들이 구체적이지 않으며 가르치고자 하는 분명한 NOS 언명에 대한 언급이 없을 뿐 아니라 교과서의 진술들이 현대적 관점과 함께 사실주의적 관점 그리고 귀납주의적 관점이 혼재되어 있다 (조정일, 2008). 본 논문에서 언급한 과학 지식의 본성은 NOS의 중요 부분 집합으로서 과학 지식인 가설, 이론, 법칙, 모델에 대한 제반 특성을 의미한다 (Lederman *et al.*, 2002; Park, 2007).

본 연구에서는 암상자 활동과 정육면체 활동이 과학 이론의 정의, 과학 지식의 잠정성, 과학 가설, 이론과 법칙의 차이, 모델의 구성과 증거 제시, 창의성의 영역에

서 학생들의 이해를 높이는지를 알아보았다. 또한 NOS에 대한 관점의 변화와 그 변화의 원인을 확인해 봄으로써 NOS 수업 내용 및 방법에 대한 시사점을 얻고자 하였다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 대상

이 연구에 참여한 학생들은 한 대학 부설 과학영재교육원 생물반에 다니는 중 3학생들이었다. 이 학생들은 2년째 과학영재교육원에 다니고 있었다. 수업에는 총 9명이 참석했으나 학생들의 출석 상황이 불규칙하여, 수업 전과 후에 과학의 본성 관점 조사에 답한 4명을 중심으로 분석하였다. 이 연구에 참여한 학생들은 높은 경쟁률을 보인 시험을 통과한 학생들이며 그 점에서 같은 학년의 학생들 중에서는 가장 우수한 학생들이라고 인정된다. 학생들은 임의로 준석, 현주, 미란, 상일로 지칭하였다. 준석과 상일은 남학생이며 현주와 미란은 여학생이다.

2. 연구 절차

2007년 8월부터 10월 사이에 격주로 3회에 걸쳐 2시간씩 암상자 및 정육면체 활동을 하였다. 첫 번째 수업을 하기 2주 전에 VNOS 중 5개 문항을 가지고 NOS 관점 조사를 실시하였고, 마지막 수업을 한 후 다시 동일한 문항을 가지고 NOS 관점 조사를 실시하였다. 3

종류의 암상자 활동과 4종류의 정육면체 활동을 수행하였다. 먼저 암상자 활동으로 ‘튜브,’ ‘가설 상자,’ ‘물 제조기’ 활동을 수행하였다. 이 활동들의 주된 내용은 학생들이 앞에서 시범 보인 현상이 어떻게 일어났는지를 학생들에게 설명해보도록 요구하고 그에 관한 실제적인 모델을 만들어 보거나 그려보도록 요구하는 것이었다.

튜브 활동은 2개의 줄이 통 안의 원형의 링 1개를 함께 통과하면서 가로로 평행하게 통을 관통하도록 하였다. 통 밖에서는 4개의 매듭만을 볼 수 있다. 한 매듭을 잡아당길 때 다른 매듭이 어떻게 움직이는지를 관찰하도록 하였다. 학생들은 관찰한 것을 토대로 추리하여 통 안의 모델을 만들도록 한다. 학생들에게 원형의 링은 주지 않은 채 통과 줄을 주고 방금 보인 것과 같은 것을 만들어 보도록 한다.

가설상자에서 학생들은 하드보드 위에 부착된 하나의 깔때기와 하드보드 아래로 노출된 한 관만을 볼 수 있다. 그 외의 것들은 보드 뒤쪽에 있기 때문에 학생들은 볼 수 없다. 학생들은 투명한 물을 깔때기에 붓는 것과 아래 관에서 빨강색, 녹색, 혹은 투명한 색의 물이 나오는 것을 관찰한다. 그리고서 투명한 물을 부었는데 어떻게 빨강색, 녹색 혹은 투명한 색의 물이 나올 수 있는지를 생각하고 그것을 가능하게 하는 장치를 그려보도록 하는 활동이다.

물 제조기는 하드보드 위로 나와 있는 두 개의 깔때기와 하드보드 아래 양 옆으로 나와 있는 두 개의 관이

Table 1

Description of black box and cube activities and NOS elements contained in the activities

Activities	Description of procedures	Relevant elements of NOS
Black Boxes	Three activities, Tube, Hypothesis Box and Water Maker, were conducted following such steps as: Presenting discrepant phenomenon through the box activities and providing students with open inquiry such as observing and inferring, hypothesizing, testing hypotheses, designing and testing models, and discussing.	<ul style="list-style-type: none"> - The distinction between observation and inference - The scientific theory partly as a product of human inference, imagination, and creativity - The empirical basis of the scientific knowledge - That scientific models not as copies of reality, but as inferred constructs that help to explain observable phenomena
Cubes	Place the cubes on the center of the tables. Ask the question: “What is on the bottom side of the cube?” Ask students in each group to make observations and to collect the data which are observable from his/her position. Based on their observations, students figure out the patterns on the sides of the cube, and conclude about what figure or letter is on the bottom. Present to the class their suggested answer and the way to reach the conclusion.	<ul style="list-style-type: none"> - Similar to black box activities. -In addition, the search for pattern is another creative activity that scientists often undertake. - That pattern are partly based on evidence, but are also partly the product of the scientists' imagination and creativity. - Scientific knowledge is tentative.

보이게 되어 있다. 교사가 두 깔때기에 같은 양의 물을 부었음에도 불구하고, 한 관에서는 부은 양보다 훨씬 많은 양의 물이 나오는 것을 관찰한다. 시범을 보인 뒤 학생들에게 보드 뒤에 있는 장치를 나름대로 그려보고 설명해 보도록 한다.

정육면체 상자 활동은 규칙성을 찾고 그 규칙성과 관련된 과학의 본성을 명시적으로 학습하는 활동이다. 암상자활동이 모델 구성을 통한 설명을 해보는 활동이라면 정육면체 상자 활동은 관찰을 통한 규칙 발견 활동이다. 과학자들은 자주 그들이 수집한 자료를 보고 어떤 유형 혹은 규칙을 찾고자 한다. 이런 규칙성에 기초하여 과학자들은 그 자료들이 연구 중인 현상의 미래 모습을 예측하기 위해 외삽할 수 있다.

이 정육면체의 각 면에 표시된 숫자나 글자들이 실제 어떤 패턴 혹은 규칙성이 있는가 그렇지 않은가는 암상자현상에 대해 설명할 수 있는 모델이 실제 상자 안에 있는 것과 똑 같은 것인가라는 질문과 유사하다. 강조점은 그 유형 혹은 규칙성들이 한편으로 증거에 기초하지만 다른 한편으로는 사람들의 상상과 창조의 산물이라는 점이다. 그 활동의 목적은 학생들에게 과학 지식은 부분적으로 인간 추리와 창의성의 산물이며, 경험에 기초하고 있고, 잠정적이라는 개념을 전달하는 것이다. 각 활동에 포함된 NOS의 요소들을 Table 1에 정리하였다.

이 활동을 위해서 3명 혹은 4명 1조로 조를 구성하

였다. 책상 각 면에 학생들이 앉고 가운데에 정육면체 상자를 둔다. 모든 정육면체는 바닥에 같은 면이 오도록 하였다. 각 조별로 주사위 각 면에 표시된 글자나 선을 관찰하고 바닥 면에 있는 것을 추리하는데, 이 때 각 학생은 자기 위치에서 그 관찰을 기록하고 그 관찰을 조별로 서로 공유하였다. 학생들은 그 주사위의 패턴과 그에 대한 근거를 설명한다. 정육면체 중 하나는 육면체의 서로 마주보는 면에 철수-정희, 영수-성희, 병수-명희라고 쓰고 명희라고 쓰인 면이 바닥을 향하도록 놓고 그 면에 어떤 이름이 적혀 있는지를 예측해 보는 것이었다. 또 다른 하나는 영어 알파벳 (a, e, i, o, u, w)이 알파벳에서 차지하는 순서대로 번호 1, 5, 9, 15, 21, 23을 각 면에 쓴 다음 그 중 한 면을 바닥을 향하도록 한 후, 그 면에 올 숫자를 예측해 보게 하는 것이었다.

활동을 위한 수업은 현상 제시, 관찰과 추리, 가설 제시, 가설 검증, 모델(혹은 규칙)을 만들고 검증하기, 토의 순으로 진행되었다. 이 활동을 통해 얻을 수 있는 NOS의 속성들 (과학 지식은 부분적으로 추리, 상상 그리고 창의력의 산물임에 대한 인식, 과학 지식 (이론과 법칙)의 잠정성 및 변화 가능성, 추리된 구성물로서의 과학 모델, 과학 가설, 이론, 법칙의 차이 등)을 수업 중에 강조하였고, 수업 마지막 부분에 학생들의 이해를 확인하기 위해 질문하고 정리하는 시간을 가졌다. 이 활동은 연구자 중 한 사람에 의해 진행되었으며, 그는

Table 2
Descriptions of NOS elements relevant to this study

NOS	Description
Definition and generation of scientific theory	Scientific theory is knowledge system to explain and predict natural phenomena. Both deductive and inductive thinking are required for generating scientific theory and in the thinking process, subjective factors such as scientists' philosophy are involved.
Tentativeness of scientific theories and laws	Scientific theories are subject to change due to new discovery or change of scientists' perspectives. Since theories are partly the products of scientists' creative invention and also of their consensus, acceptance of a theory may vary according to prevailing idea or consensus in a certain age.
Hypotheses, Theories and Laws	Theories and laws are different kinds of scientific knowledge. Laws describe relationships of natural phenomena. Theories are inferred explanations for natural phenomena and mechanisms for relationships among natural phenomena. Hypotheses in science may lead to either theories or laws with the accumulation of substantial supporting evidence and acceptance in the scientific community.
Construction of scientific models and supporting evidence	Scientific models are constructed to emphasize certain aspects of scientific theories, which can be predicted and tested based on evidence. They are creative products of scientists and do not necessarily reflect all of the corresponding natural phenomenon. Selection of suitable models depend on evidence as well as usefulness in terms of a specific purpose of the developer.
Use of creativity and imagination in scientific research	Scientific knowledges are partly products of human imagination and creativity, which imagination in scientific research are required every step of scientific research.

현재 중학교 과학 교사이며, 3년의 경력을 가진 여교사이다.

3. 검사 도구

Lederman *et al.* (2002)이 개발한 the Views of Nature of Science (VNOS) 질문지를 사용하였다. 이 연구에서 VNOS의 사용은 본 수업에서 강조하는 NOS의 요소들이 VNOS에 잘 반영되어 있기 때문이었다. 질문지 문항 중 본 수업과 관련이 있는 5개의 문항을 가지고 학생들의 대답을 분석하였다. 5개의 문항은 과학 이론의 정의, 과학 지식의 잠정성, 과학 가설, 이론, 법칙의 차이, 모델 형성 및 증거의 제시, 실험 및 조사에서 상상력과 창의력의 필요에 대한 것이었다. 각 요소에 대한 현대적 관점이 Table 2에 제시되었다.

개방형 질문지의 경우 채점의 일관성이 문제가 되며, 채점자가 학생들의 대답을 정확한 기준에 따라 채점할 수 있어야 한다. 채점자의 전문성을 높이기 위해 채점 기준에 대해 숙지하고, 대학생들에게 실시한 질문지 응답을 가지고 채점하고 채점자 간 기준에 대한 이해 및 학생들의 응답에 대한 일관적인 채점을 할 수 있는 훈련을 하였다. 수업 전과 후에 실시한 질문지에 대해 두 과학교육학자가 독립적으로 학생들의 응답을 평정하였고, 학생들의 응답을 초보적 견해와 전문가의 견해로 구분하였다. 두 사람의 채점 일치도는 93%이었다.

III. 결 과

1. 수업 이전의 학생들의 관점

수업 이전에 학생들은 과학 이론의 정의, 과학 지식의 잠정성, 과학 이론과 법칙의 차이, 모델 형성, 상상력과 창의력 사용의 측면에서 어떤 관점 혹은 지식을 갖고 있는지 확인하였다. 학생들은 과학 이론에 대해 부분적이거나 사실주의적 (realist) 관점을 갖고 있었다. 예를 들어 준석은 간단히 “자연 현상을 설명할 수 있는 이론”이라고 했고, 상일은 “가설을 발달시켜 더 확실하고 정확도가 높아진 것”이라고 과학 이론을 정의했다. 사실주의적 관점을 보이는 것들로서 현주는 “과학에 대한 자신의 생각으로 사실로 증명된 것”이라고 했고, 미란은 “실험을 통해 어떤 정보를 발견했을 때 공식적으로 인정된 것”이라고 정의했다.

과학 이론의 변화 가능성에 대해서는 현주는 변하지 않는다고 했고, 다른 학생들은 변한다고 하였다. 변한다고 한 학생들은 단지 새로운 사실의 발견을 통해서 변한다고 했다. 과학 지식의 잠정성은 단순한 관찰에

의해 과학 이론이 바뀐다는 의미보다는 과학사적 맥락에서 논의되는 주제이다. 사실 과학 지식의 잠정성 만 큼이나 과학 지식의 내구성이 과학 지식의 특성이다 (American Association for the Advancement of Science, 1990). 이 점에서 실험 결과에 의해 과학 이론이 바뀔 수 있다는 인식은 과학 지식의 잠정성에 대한 피상적인 이해라고 할 수 있다.

과학 가설, 과학 이론, 과학 법칙의 차이와 관련하여 가설은 검증되어야 할 주장인데 확인되지 않고 근거가 없는 것으로 기술하여 가설이 단지 막연한 추측과 같게 생각되는 경향이 있었다. 학생들은 가설이 실험을 거쳐 사실, 진실, 혹은 증명이 된 것이 과학 이론이라고 하여 앞의 과학 이론의 정의에서와 같이 사실주의적 관점을 보여주었다. 이론과 법칙의 차이에 대해서는 과학 이론은 변할 수 있지만 법칙은 확실하다고 하는 오개념을 갖고 있었다.

모델 형성에 대해서는 정전기 현상으로부터 귀납적으로 원자모형이 유도되었다고 하여, 모델형성에서 과학자들의 창의적 사고와 지식의 구성주의적 견해를 이해하지 못했다. 과학자들의 창의와 상상이 실험 및 조사에서 어떻게 사용되는가에 대해서는 주로 실험을 계획하고 설계하는데 사용된다고 하고 데이터 수집이나 데이터 해석 및 결론은 오직 사실에 입각해서 이루어져야 한다고 대답했다. 전체적으로 학생들은 사실주의적 관점을 갖고 있었고 과학의 본성에 대한 이해가 매우 부족하였다.

2. 수업 후 NOS 관점의 변화

수업 후에 과학의 본성에 대한 이해의 변화는 NOS에 대한 보다 상세한 진술이 이루어지고, NOS에 대한 현대적 관점을 보이거나 근접하는 방향으로 일어났다. 과학 이론의 정의와 관련하여 사실주의적 관점이 도구주의적 관점과 구성주의적 관점으로 변화되었다. 학생들은 이론이 자연현상을 ‘설명’하기 위한 지식임을 강조하였고, 사실 혹은 자연 그대로와는 차이가 있음을 강조하였다. 또 과학 이론은 과학자들이 구성한 것임을 인식하였다. 네 명의 학생 중 두 명이 과학 이론을 정의할 때 모델이라는 용어를 사용하였다. 모델은 과학자가 자연현상을 설명하기 위해 구성한 구성물이며 자연현상 자체의 복사가 아닌 것임을 잘 인식하였다. 학생들은 과학 이론을 단순히 가설의 검증을 통해 확인된 것이라는 인식에서 벗어나 “단지 가설들을 종합하여 이론을 만들 수 있다”는 이해와 확률의 개념을 사용하여 이론을 “맞을 확률이 높아질 뿐 사실이라고 증명된 것

은 아니다”고 하거나 “더 정확한 것으로 발전한 것”이라고 기술하였다.

과학 이론의 잠정성은 수업 전에도 4명 중 3명이 피상적이라고 할 수 있지만 정확한 이해를 나타냈었다. 수업 후 준석은 매우 구체적으로 과학 이론의 잠정성을 다음과 같이 언급하였다. “과학 이론은 우리가 직접 확인할 수 없는 자연 현상에 대해서 가능한 한 그 현상에 근접하도록 설명할 수 있는 모델을 만든 것과 같기 때문에 변할 수 있다.” 가설, 이론, 법칙의 차이에 대해서는 네 명 중 2명은 정확하고 구체적인 이해를 보였고 다른 두 학생은 부분적인 이해를 보였다. 준석과 현주는 과학 이론과 법칙의 차이에 대해서 과학 이론이 자연 현상을 설명하기 위해 인간이 구성한 모델과 같은 것이라면, 법칙은 자연 현상에서 찾은 규칙성에 대한 지식이라고 하였다. 한편 상일은 가설, 이론, 법칙을 변화 가능성의 척도에 따라 변화 가능한 것에서 변하지 않는 것으로 구분하여 여전히 오개념을 갖고 있었다.

모델 형성에 대한 이해에서는 준석과 현주가 모델의 특성으로서 보이지 않는 현상을 가시적으로 나타낸 것, 인간의 구성물이라는 점 (가장 합리적인 모형 선택, 여러 모델 중 가장 자연 현상과 부합되는 것 선택 등), 과학자들은 모델 형성 후 그에 대한 지지 증거를 찾는 점에서 정확하고 구체적인 이해를 보였다. 한편, 다른 두 학생은 수업 전에 비해 그들의 이해를 더 구체화시키지 못했다. 실험과 조사에서 인간의 상상력과 창의력의 사용에서는 수업 이전보다 향상된 이해를 보였다. 준석은 계획과 설계, 데이터 수집, 결론 도출 세 단계 모두에서 상상력과 창의력을 필요로 한다고 했다. 상일은 계획과 설계, 데이터 수집에서 필요하다고 했다. 현주와 미란은 오직 계획과 설계에서만 상상력과 창의력이 요구된다고 하였다.

Table 3은 수업 전과 후에 변화된 학생들의 관점을 보여준다. 전체적으로 수업 후 준석은 4명중 가장 전문가적 관점을 보인 학생이다. 과학 이론의 정의, 과학 이론의 변화 가능성, 가설과 법칙과 이론의 차이, 모델

형성 및 지지 증거, 창의력과 상상력에서 모두 전문가적인 관점을 보여주었다. 현주는 과학 이론의 정의, 과학 가설과 이론과 법칙의 차이, 모델 형성 및 지지 증거에서 전문가적 관점을 보였다. 다른 지식내용에서는 초보적 관점을 보였다. 미란은 잠정성을 제외한 다른 영역에서 초보적 관점을 보였다. 상일은 과학 이론의 정의와 잠정성에서만 전문가적 관점을 나타냈다. 4명의 학생 중 한 명은 수업을 통해 현대적 혹은 구성주의적 관점의 과학의 본성을 이해한 반면, 두 명은 부분적으로 과학의 본성에 대한 이해를 보였고, 나머지 한 학생은 수업을 통해 현대적 관점의 과학의 본성에 대한 학습이 제대로 이루어지지 않았다.

3. NOS 관점의 변화의 요인들

이 연구에서 검사한 NOS의 다섯 요소들은 학생들이 수행한 활동에서 직접 혹은 간접으로 강조된 것들이다. Table 1에 제시한 암상자 활동을 통해 학생들은 과학 이론의 형성, 과학적 모델의 구성과 특성을 직접 학습하였다. 이 활동은 과학 이론의 정의, 과학 지식의 잠정성, 과학 이론과 법칙의 차이, 모델 구성 및 지지 증거 등에 대한 이해에 도움을 주는 활동이었다. 정육면체 활동을 통해 학생들은 자연 현상에서 규칙성을 찾는 활동의 특성, 규칙성은 부분적으로 증거에 기초하지만 또한 부분적으로는 과학자의 상상과 창의력에 기초한다는 사실을 학습하였다. 또한 하나의 자연 현상에서 두 개 이상의 규칙을 찾을 수 있다는 사실과 그러한 규칙성은 증거에 기초해야 함을 배웠다. 이 활동을 통해 학생들은 특히 과학 이론과 법칙의 차이, 과학 지식의 잠정성, 상상력과 창의력의 필요성 등을 학습할 수 있었다.

학생들에게서 나타난 NOS 관점의 긍정적 변화는 학습 내용과 연관이 있다. 즉 배운 내용을 제대로 이해했다고 할 수 있다. 문헌 연구에서 확인했듯이 NOS를 수업에서 직접 가르쳐야 효과가 있다는 것을 부분적으로 확인할 수 있었다. 학생들이 배웠던 내용이 바로

Table 3
A summary of students' change of views on nature of science before and after instruction

	Definition of Scientific Theory	Tentativeness	Difference of Theories and Laws	Model and Evidence	Creativity
준석	N → E	E → E	N → E	N → E	N → E
현주	N → E	N → N	N → E	E → E	N → N
미란	N → N	E → E	N → N	N → N	N → N
상일	N → E	E → E	N → N	N → N	N → N

NOTE. N: NOVICE'S VIEW E: EXPERT'S VIEW

NOS 내용이었기 때문에 준석과 현주의 경우 NOS의 여러 요소에 대해 구성주의적 혹은 현대적 관점을 갖게 되었다.

4. NOS 관점의 무변화의 요인들

미란과 상일은 수업에 계속 참석했음에도 불구하고 질문에 대한 답이 짧고 내용도 수업 전과 비교하여 크게 바뀌지 않았다. 미란은 사실주의자의 관점이 확고했으며 수업 후에도 그런 관점이 여전하였다. 미란에게 과학 지식은 오직 실험을 통해 증명된 사실이었다. 이 관점은 여러 질문에 대한 대답에서 반복적으로 나타났다. 상일은 가설, 이론, 법칙을 변화 가능성의 기준에 따라 구분하였고, 이론과 법칙의 본질적 차이에 대해서는 무시하였다. 현주는 과학 지식은 변하지 않는다는 개념을 계속 유지하고 있었다. 이런 사례들은 과학 지식을 구성하는 가설, 법칙, 이론에 대한 잘못된 이해를 보여준다. 특히 과학 지식에 대한 학생들의 생각이 수업 후에도 변하지 않는 것은 이 지식들에 대한 학생들의 관점이 견고하며, 이는 많은 오개념 연구에서 보여주는 것처럼 처치를 위한 개념변화 이론의 적용이 필요한 부분이다.

과학 지식의 잠정성과 실험과 조사에서 창의력과 상상력의 필요 부분에서 학습의 효과가 눈에 띄지 않았다. 과학 지식의 잠정성과 관련하여, 과학 지식이 변할 수 있다 라는 수준에서는 바른 대답을 보이는데, 그 근거나 이유로서 단지 “새로운 발견이 이루어지면” 혹은 “과학의 발전이 그렇게 이루어지니까”라고 응답하였다. 그 자체 바른 이해이긴 하지만 준석 이외의 다른 학생들은 준석과 같이 과학 이론의 본성에 기초해서 대답하거나 좀 더 구체적인 이유를 제시하지 못했다. 수업에서 과학 지식의 잠정성을 좀 더 구체적으로 다루지 않은 것이 학생들이 피상적인 대답을 하게 한 원인일 수 있다. 학생들에게 과학 이론에 근거한 변화 가능성을 언급하도록 요구하는 것은 충분한 학습이 이루어진 후나 가능할 것이다.

과학 연구의 각 단계에서 창의력과 상상력이 필요하다는 부분은 학생들이 직접 과학 연구를 경험해 보지 않은 상태에서 단지 활동만을 통해 학습시키는 데는 한계가 있다. 준석은 바람직하게 모든 단계에서 상상력과 창의력이 필요하다고 했고, 상일은 계획과 설계 그리고 결과의 해석에서 필요하다고 했다. 두 학생의 경우 이해의 진전이 있었으나 모든 단계에서 창의력과 상상력이 필요하다고 인식한 학생은 한 명이었다. 학생들이 참 혹은 진정한 탐구에 참여할 기회를 제공하는 것이

이 부분에 대한 인식에 도움을 주었다는 연구 결과가 있다 (Khishfe and Abd-El-Khalick, 2002).

학습의 효과는 학습 내용과 수업 방법 이외에도 학생의 자세, 교사의 준비도 및 능력에 따라 좌우된다. 본 수업을 담당한 교사는 과거에 NOS를 가르쳐본 적이 없었고 이번 연구를 위해 NOS를 공부하고 활동의 내용을 익혀서 수업을 했다. 명시적이고 반성적인 수업이 되도록 노력했지만 충분하지 못한 점이 있었다. 학생들은 이 활동에 흥미를 가지고 참여하였지만 성과는 무관한 활동이었고 토요일 오전에 실시된 점도 NOS 관점의 변화에 방해할 수 있다. 학생 개인의 내적 요인들과 수업과 관련된 이런 요인들이 4 학생의 이해 정도를 다르게 하였을 것이다.

IV. 결론 및 논의

본 연구에서 사용한 암상자 활동과 정육면체 활동은 과학 이론의 정의, 과학 지식의 잠정성, 가설, 이론, 법칙의 차이, 모델 형성과 증거 제시, 그리고 실험과 조사의 각 단계에서 창의성과 상상의 필요에 대한 학생들의 이해를 높이는데 효과적이었다. 수업 전에는 4명 모두 과학 이론의 변화가능성을 제외한 대부분의 요소에 대해 초보적인 이해를 나타냈었다. 수업 후 4명 중 1명은 모든 요소에 대해 전문가적인 이해를 보였고, 다른 2명은 과학 이론의 정의, 과학 이론의 변화가능성, 가설, 이론, 법칙의 차이, 모델 형성과 증거 제시에서 전문가적인 이해를 보였다. 나머지 1명은 초보적인 이해에 머물렀다. 이 결과는 암상자 활동과 정육면체 활동이 적어도 NOS를 이해하도록 하는데 잠정적 효과가 있음을 보여준다.

암상자 활동은 과학 탐구의 핵심 요소인 모델의 구성과 지지 증거 그리고 과학 지식의 한계를 학습하는 활동이고, 정육면체 활동은 규칙의 발견과 과학자들 사이의 타당한 지식에 대한 합의 그리고 과학 지식의 한계를 학습하는 활동으로서 NOS의 세 요소인 과학 이론의 정의, 과학 이론과 법칙의 차이, 모델 구성과 증거에 대해 준석과 현주의 NOS의 이해에 기여한 것으로 보인다. 다만 학생에 따라 효과가 다르다는 점에서 수업 방법의 문제와 학생 자신의 동기 부여 및 사전 지식 등이 영향을 줄 수 있었다. 따라서 이 활동들이 NOS를 다루는 10학년 과학 탐구 단원에서 가르쳐진다면 학생들의 과학의 지식의 본성을 이해하는데 효과가 있을 것이다.

수업 후에도 미란과 상일은 과학 이론을 증명된 사실로 생각하고, 법칙을 불변의 확실한 사실로 생각하였

다. 이 생각은 수업 전에도 보였던 것으로서 수업을 통해 개선되지 않았다. 이 수업에서 채택한 명시적이고 반성적인 접근은 NOS에 대한 현대적 관점을 어떻게 가르칠 것인가에 초점을 맞추고 있는 반면, 이미 학생들이 갖고 있는 NOS에 대한 고전적인 관점을 어떻게 다룰 것인가에 대해서는 강조하지 않았다. 이 수업에서 NOS에 대한 학생들의 개념은 여타 과학 현상에 대한 오개념과 같이 지속성 내지 수업에 대한 저항성이 있음을 보여주었다. 이를 위해서는 개념변화이론이 강조하듯이 학생들이 자신의 견해를 나타내 보이도록 할 필요가 있다.

과학 지식의 잠정성은 이 활동들을 통해 변화가 없는 유일한 NOS 요소인데, 이는 학생들이 피상적이거나 과학 지식이 변한다는 생각을 하고 있기 때문이었다. 현주만이 과학지식의 불변성을 말했는데, 수업 후에도 동일한 관점을 갖고 있었다. 이는 이 활동들이 과학 지식의 잠정성을 가르치지 않거나 효과적이지 않음을 보여준다. 기존 연구 중 가설 연역적 탐구 실험 수업은 과학 지식의 잠정성에 대한 이해를 향상시키지 못하였지만 (김지영과 강순희, 2007), 과학사적 맥락에서 명시적이고 반성적 수업은 과학 지식의 잠정성에 대한 이해를 향상시켰다고 보고하였다 (김경순 등, 2008; Schwartz *et al.*, 2004). 이 결과는 과학 지식의 잠정성은 과학사의 거시적 측면에서 보다 효과적으로 학습될 필요가 있음을 보여준다.

이 연구 결과는 탐구 활동의 맥락에서 다양한 NOS 관점을 명시적이고 반성적으로 가르치는 접근이 효과적이라는 이전 논문들의 주장에 더하여, 그 활동을 이끄는 교사도 NOS와 관련하여 중요한 요소임을 시사하였다. 학생들과의 대화 방법, 탐구 활동에서의 자유도, 끝이 열린 질문 등 일반적으로 구성주의 교사의 교수기법으로 알려진 것들이 NOS 수업에도 요구되었다 (Bartholomew *et al.*, 2004).

이러한 논의를 종합해 볼 때, NOS를 가르치는데 잠정적 효과가 있는 활동들을 명시적으로 가르칠 필요가 있으며, 가르치고자 하는 NOS 요소를 담고 있는 활동을 선택하여 가르칠 때 효과가 있다. 또한 학생들의 선 개념 파악과 처치도 현대적인 NOS 관점 학습에 중요한 요소로 여겨진다. 이런 특성을 이해하고 실제 수업에 적용할 수 있도록 과학 교사들을 교육하는 것 또한 NOS의 효과적인 학습에서 고려해야 할 요소이다.

특히 10학년 과학 탐구 단원은 과학적 방법, 과학 지식의 생성, 이론과 법칙 등 과학 지식의 본성을 다루고 있기 때문에 이 활동들을 적절하게 적용할 수 있을 것

으로 보인다. 10학년 과학 교과서들의 탐구 단원이 과학 지식의 잠정성이나 과학 이론의 본성 등 NOS의 구체적 요소를 가르치는 활동보다는 단지 토의 해보기나 조사 해보기 등으로 되어 있어 분명한 관점을 인식하는데 어려움이 있다. 그런 점에서 NOS에 대한 구체적인 관점을 포함하고 있는 암상자 활동이나 정육면체 활동이 학생들의 NOS 이해에 효과적일 것이다.

국문 요약

본 연구는 과학의 본성에 대한 관점을 개선하기 위해 개발된 활동들인 암상자 활동과 정육면체 활동을 가지고 수업을 한 후, 학생들의 관점의 변화를 알아본 것이다. 이 활동들이 과학 이론의 정의, 과학 지식의 변화가능성, 과학 가설, 이론, 법칙의 차이, 모델 형성, 그리고 실험 및 조사에서 상상력과 창의성의 필요에 대한 이해를 향상하는지를 조사하였다. 이 내용들은 10학년 과학 탐구 단원에서 강조하는 요소들이다. 4명의 학생들을 대상으로 변화를 살펴 본 결과, 2명은 수업 후 전문가적인 관점을 가진 반면, 다른 두 명은 여전히 초보적인 관점에 머물렀다. 이 연구는 암상자 활동과 정육면체 활동이 학생들의 과학의 본성을 이해하는데 도움을 줄 수 있는 잠재성을 갖고 있음을 보여주었다. 학생에 따른 차이는 수업 방법, 학생들의 기존 지식 및 동기 부여와 관련하여 설명할 수 있다. 이 활동을 통한 과학의 본성에 대한 인식의 개선은 이 활동들이 직접 과학 지식의 본성을 가르치는 데 초점을 맞추고 있기 때문이라고 보여진다. 과학 지식의 변화가능성과 실험 및 조사에서 창의력과 상상력의 필요는 거의 모든 학생들에 의해 전문가적 관점을 보이지 않은 것으로서 그 요소를 포함한 수업 자료의 개발이 필요할 것으로 보인다.

참고 문헌

- 강석진, 김영희, 노태희 (2004). 과학사를 이용한 소집단 토론 수업이 학생들의 과학의 본성에 대한 이해에 미치는 영향. *한국과학교육학회지*, 24(5), 996-1007.
- 김경순, 노정아, 서인호, 노태희 (2008). 중학교 과학 '물질의 구성' 단원에서 과학사 소재를 활용한 명시적, 반성적 과학의 본성 수업의 효과. *한국과학교육학회지*, 28(1), 89-99.
- 김미경, 김희백 (2007). 고등학교 생물 교과의 개방적 참탐구 활동 프로그램 개발 및 적용. *한국생물교육학회지*, 35(4), 521-535.
- 김준예, 전은경, 백성혜 (2007). 과학 교과서 및 과

학 교사, 고등학생들의 과학의 본성에 대한 관점 분석. 한국과학교육학회지, 27(9), 809-817.

김지영, 강순희 (2007). 가설 연역적 탐구 실험이 과학 탐구 능력과 과학의 본성에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 27(3), 169-179.

나지연, 장병기 (2005). 과학 연극 수업이 과학 본성에 대한 초등학생의 인식에 미치는 영향. 초등과학교육, 24(5), 558-570.

박종원, 김두현 (2008). 과학의 본성 지도 자료 개발과 과학 영재를 대상으로 한 시험 적용. 한국과학교육학회지, 28(2), 169-179.

임희준, 여상인 (2006). ‘생활속의 화학’ 강좌가 예비 초등교사의 과학교수 효능감과 과학의 본성에 대한 신념에 미치는 효과. 초등과학교육, 25(4), 374-382.

조정일 (2008). 과학의 본성의 측면에서 10학년 과학의 탐구 단위 분석. 한국과학교육학회지, 28(6), 685-695.

최경희, 조희형 (2002). 과학의 윤리적 특성 교수 학습이 중학생들의 과학의 본성에 대한 인식에 미친 영향. 한국생물교육학회지, 30(2), 105-113.

최승희 (2007). 10학년 과학교과서의 과학의 본성 내용 분석. 전남대학교 교육대학원 석사학위 논문

American Association for the Advancement of Science (1990). Science for all Americans. 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, 655-682.

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

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

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.

National Research Council (1996). National Science Education Standards. Washington, D. C.: National Academy Press.

Park, J. (2007). A study of new models for scientific inquiry activity through understanding the nature of science (NOS): A proposal for a synthetic view of the NOS. Journal of Korea Association for Research in Science Education, 27(2), 153-167.

Sandoval, W. A. & Morrison, K. (2003). High school student's ideas about theories and theory change after a Biological Inquiry Unit. Journal of Research in Science Teaching, 48(4), 369-392.

Schwartz, R. S., Lederman, N. G. & Crawford, B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. Science Education, 88(4), 610-645.