

과학의 본성의 측면에서 10학년 과학의 탐구 단원 분석

조정일*

전남대학교

Analysis of Inquiry Unit of Science 10 in Terms of Nature of Science

Cho, Jungil*

Chonnam National University

Abstract: An analysis on the Inquiry unit of Science 10 textbooks was conducted in terms of nature of science (NOS). The subject of the analysis was instructional objectives, activities and sentences in the unit of ten Science 10 textbooks. Contents of the instructional objectives could be grouped into nature of science, nature of scientists, scientific methods, and Science-Technology-Society. The concrete nature of scientific knowledge (SK) and constructing scientific theory or model, however, were not found in the objectives. The total number of activities in the Inquiry unit was 38. Seventeen out of them were presented without any supplemental or introductory materials, and 21 activities were provided with information followed by questions, discussions or investigations. For the most activities, any clear statements about NOS elements and desired/informed views of NOS were not made. The sentences of the Inquiry units were mixed up with constructivist and inductive views on NOS. The definition of science tended to be described based on the inductive view. And the generation of SK tended to be described as discovering regularities in natural phenomena rather than constructing theories. For science teachers who want to teach NOS effectively, stating clear learning objectives and elements of NOS and presenting reading materials with relevant views on nature of science were necessary.

Key words: Nature of science, science textbook, scientific method, tentativeness, scientific knowledge, constructing model

I. 서 론

과학교과서는 학생들에게 제일 중요한 과학지식의 원천이다 (Weiss, 1977; Harms and Yager, 1981). 1960년대 출판된 고등학교 생물교육과정인 Biological Sciences Study Curriculum (BSCS)은 학생들이 탐구로서의 과학을 이해하고 체득하도록 여러 전략을 활용하였다. 그 중 하나는 교과서의 내용에 압축된 결과만을 포함하지 않고 지식 형성 과정을 구체적으로 진술하는 것이었다. 학생들이 교과서를 읽으면서 과학자들이 어떻게 문제를 제기하며 실험을 설계하고 결론을 도출하는지를 이해하며, 더 나아가 과학 지식의 본성을 이해할 수 있기를 기대하였다 (Schwab, 1963). Tamir (1985)는 BSCS의 이러한 접근을 반영한 과학적 탐구 내용 분석표를 만들어 과학교과서에 반영된 탐구 성향

을 판단하였다. 분석 내용은 과학 지식의 특성과 역사, 과학적 방법의 특성, 과학자들의 사회적 배경, 과학적 탐구 과정들로 구성되었다.

과학교과서의 진술 방식 및 내용이 과학의 본성 학습에 어떤 영향을 주는지 구체적인 연구는 아직 실행된 바 없다. 하지만 일반적으로 과학 교과서가 교사와 학생의 주된 지식 출처라는 점에서 교과서가 과학의 본성의 관점에 미치는 영향은 있을 것이다. 이러한 가정 아래 전경문, 박현주, 노태희 (2004)는 과학의 탐구 단원에 들어 있는 과학사 내용을 분석하였다. 과학적 지식의 속성, 과학적 탐구 과정, 과학 지식 생성과 관련된 심리적·사회적·문화적 요인의 3차원에서 각 교과서의 과학의 탐구 소단원의 과학사 진술 내용을 분석하였다. 6차 교육과정보다는 7차 교육과정이 과학사 내용의 빈도에서와 위의 3차원적 분석에서 더 높은 빈

*교신저자: 조정일(jcho@chonnam.ac.kr)
**2008.08.12(접수) 2008.09.10(1심통과) 2008.09.18(2심통과) 2008.09.25(최종통과)

도를 보였다. 이 결과는 7차 교육과정보다 과학의 본성을 강조하고 있음을 보여주었다.

10학년 과학의 탐구 단원과 관련하여 제기될 수 있는 연구 질문들 중 몇 가지는 다음과 같다. 그 단원의 소단원 제목을 구성하고 있는 3가지 요소, 즉 ‘과학자가 하는 일,’ ‘과학에서의 탐구,’ ‘과학이 인간 생활에 미치는 영향’은 과학의 본성 내용을 얼마나 반영하고 있는가? 여러 교과서들에서 소개된 활동들은 실제로 과학의 본성을 이해하는데 얼마나 효과적인가? 이 단원을 위해 추천될 수 있는 교수 방법들은 무엇인가? 그리고 교과서의 진술들은 최근의 과학의 본성에 관한 연구나 문헌들이 제시하는 관점을 어느 정도 반영하고 있는가 등이 있을 수 있다.

최승희(2007)의 석사학위 논문은 첫째와 둘째 질문에 대한 초보적 분석을 수행하였다. 연구 결과 탐구 단원 중 과학 지식의 본성을 다루는 내용이 61%, 과학 탐구의 본성을 다루는 내용이 32%이었고, 과학적 사고의 본성을 다루는 내용이 7%이었다. 9개 과학교과서의 활동 유형의 빈도는 토의와 조사가 약 60%로 가장 많았다. 이런 활동들이 과학의 본성을 가르치는데 적절한가에 대해서는 60%가 적절한 것으로 나머지가 부족하거나 부적절한 것으로 분류되었다.

김준예, 전은경, 백성혜 (2007)는 네 번째 질문에 대한 부분적 분석을 수행하였다. 그들은 7차 교육과정의 한 교과서를 이용하여 과학의 정의, 과학의 발달, 과학적 방법에 대한 견해를 분석하였다. 그리고 각각의 주제에 대해 귀납주의, 상대주의, 반증주의의 견해를 보인다는 결과를 제시하였다. 한 교과서의 몇 단락을 근거로 그런 결과를 얻었다는 점에서 결론의 타당성에 의문이 제기될 수 있지만, 교과서의 진술을 토대로 그 교과서가 채택하고 있는 과학의 본성에 대한 관점을 조사한 점에 있어서는 새로운 접근으로 보인다.

김안나(2008)의 석사학위 논문 역시 네 번째 질문에 대한 분석을 수행한 것이다. 그는 5종의 과학 교과서 탐구 단원의 문장을 가지고 Nott & Wellington (1993)의 분석틀과 Lederman *et al.* (2002)의 분석틀을 사용하여 분석하였다. 그 결과 과학의 본성에 대한 현대적 관점의 빈도가 48, 전통적 관점의 빈도가 68이었다. 또한 Lederman *et al.*의 분석틀을 사용하였을 때, 과학 지식의 본성과 관련하여 전문가적 관점 60개, 소박한 관점 18개, 섞여 있거나 분류 불가능한 것이 17개로 분류하였다. 과학 지식의 본성 요소 중 과학 지식의 사회적 가치 반영이 33개로 가장 많았고, 과학 지식의 경험적 속성이 16개로 많았다. 과학 지식 생성의 창의적,

상상적 측면은 1개였다. 두 틀 사이의 결과의 차이는 어떤 분석틀을 사용하느냐에 따라 과학 지식의 본성의 일면만을 보여줄 수 있음을 시사한다.

이 연구 결과들은 탐구 단원이 과학의 본성 중 과학 지식의 본성을 비교적 많이 다루고 있고, 과학 철학에서 하나의 일관된 관점을 보여주지 않음을 보여주었다. 또한 과학의 본성을 다루는 활동으로는 조사와 토의가 가장 많았다.

한편, Rudolph(2000)는 과학교과서에 포함되어야 할 과학의 본성에 관한 내용에 대해 문제를 제기하였다. 일반적으로 과학의 본성에 대한 경쟁적인 다양한 견해들이 존재하는 상황에서 과학교육자들은 보다 참되거나(authentic) 여러 해석들의 종합적인 견해라고 할 수 있는 것을 교육과정 혹은 교과서 속에 포함시킬 수 있으리라는 소망을 가져 왔지만 이런 바람은 제대로 실현될 수 없는 것 같다고 그는 진단하였다. 이는 이 보편적인 과학의 본성 (예를 들어 과학 지식의 잠정성)에 대한 구체적인 실재적인 예를 개별 학문이나 일과적인 수업 그리고 실험실 활동에서 제시할 수 없기 때문이라고 하였다.

그래서 Rudolph는 구체적인 일상의 과학자 활동을 들여다보고, 그들이 추구하는 뚜렷하고 분명한 인지적 목적이 무엇인지를 인지하는 것이 과학의 본성을 구성하는 실제 내용이 될 수 있다고 하였다. 과학자들이 실행하는 두 개의 인지적 목적은 신뢰할만한 이론적 모델을 개발하는 것과 과거 자연적 사건들을 재구성하는 것이라고 하였다. 과학자들의 모델 형성 활동에 기초한 교육과정은 추상적인 과학의 본성을 포함한 교육과정보다 과학의 일상적 작업에 보다 가깝게 학생들을 이끌 것이라고 주장하였다.

과학의 본성에 관한 관점이 다양하고 공통된 분모를 찾기 어렵다는 Rudolph (2000)의 주장은 설득력이 있다. 실제 과학교과서의 진술에도 여러 관점을 반영하는 진술들이 혼재해 있기 때문이다. 김문선(2008)의 연구에 따르면, 우리나라에서 수행한 과학의 본성에 관한 관점 연구를 분석하여 볼 때 Rubba and Anderson (1978)의 ‘과학적 지식의 본성 척도’를 사용한 연구들에서 연구 대상에 무관하게 전체적으로 과학의 본성에 대해 ‘현대적 관점’을 가진 것으로 나타났다. 또 Nott and Wellington (1993)의 ‘과학의 본성 프로파일’을 사용한 연구들에서는 상대주의, 연역주의, 과정주의, 도구주의가 대세로 나타났다. 한편, Aikenhead and Ryan (1992)의 ‘과학-기술-사회에 대한 견해’를 사용한 논문들에서는 고전적 견해와 현대적 견해가 혼재되어 있는

결과를 보여주었다.

학생들에게 가르칠 내용으로서 과학의 본성 요소를 언급한 것을 보면, Lederman *et al.* (2002)은 과학 지식의 감정적 특성, 경험적 기초, 주관성, 창의성, 사회문화적 내재성, 관찰과 추론에 기초함, 산물로서 법칙과 이론, 이 요소들 간의 상호 의존성을 제시하였다. 이 요소들은 과학 지식의 형성 원리와 그 지식의 특성을 강조한다. Khishfe & Abd-El-Khalick (2002)도 초등학교 6학년을 위한 연구에서 위의 첫 4개의 요소들을 그 수준에서 유관한 것으로 판단하였다.

이 문헌들이 제시하는 과학의 본성 요소들은 모두 포스트모던 관점 혹은 구성주의 관점을 반영한 것들이며 과학 지식의 형성 과정과 그 산물인 과학 지식의 특성들이다. 그 지식의 형성 과정은 모델의 개발이 주된 내용으로서 여기에서 파생된 다양한 활동의 속성과 지식의 속성이 교육과정에서 과학의 본성을 구성하는 내용으로 볼 수 있을 것이다.

이러한 문제의 인식을 기초로 본 연구에서는 세 개의 연구 질문들을 제기하였다. 첫째, 7차 교육과정에 따른 과학교과서들의 10학년 과학의 탐구 단원의 학습 목표들은 과학의 본성 중 어떤 요소들로 구성되어 있는가? 둘째, 과학의 탐구 단원에 포함된 활동들은 과학의 본성 중 어느 요소들을 다루고 있으며 그에 대한 구체적인 자료들을 제공하는가? 셋째, 활동을 포함한 단원의 진술 내용들은 과학의 본성에 대해 어떤 관점을 반영하는가?

II. 연구 내용 및 방법

1. 10종 교과서의 학습목표 분석

7차 교육과정 10종의 10학년 교과서의 과학의 탐구 단원을 가지고 분석하였다 (Table 1). 그 교과서들에는 총 55개의 소단원이 있으며, 각 소단원의 학습 목표를 조사하였다. 학습목표를 가지고 각 단원에서 다루는 중요 요소가 무엇인지 확인하고자 하였다. 학습 목표는 학습 내용과 관련하여 중요한 단어들을 포함하고 있기 때문에, 그 단어들을 추출하여 본문 내용과 활동에서 다루고 있는 과학의 본성의 요소를 파악하였다. 즉 학습 목표에서 반복적으로 사용된 단어일수록 그와 관련된 본문과 활동 내용의 비중이 많을 것이라고 보았다. 교과서별로 조금씩 다른 용어들을 사용하는 것들은 하나의 항목으로 분류하였다. 예를 들어 학습 목표에 과학의 본질, 과학의 정의, 과학의 본성, 과학의 특성 등의 용어는 과학의 본성이라는 항목 아래 분류하였다.

Table 1

Textbooks used for analysis of science inquiry unit

	First author	Publishing Company	Year
A	Lee, K.-S.	Daehan Textbook	2006
B	Kim, C.-J.	Didimdol	2006
C	Woo, K.-H.	Central Educ. Devel. Inst.	2006
D	Lee, M.-W.	Gemsung	2006
E	Lee, Y.-W.	Ejen Media	2006
F	Kang, M.-S.	Kyohaksa	2006
G	Sung, M.-W.	Moonwongak	2006
H	Song, H.-B.	Hongjin P&M	2006
I	Cha, D.-W.	Chonjae Education	2006
J	Lee, M.-W.	Jihaksa	2006

유사한 용어들을 분류하는데 특별한 어려움은 없었다. 이러한 분석에서의 제한점은 단위별 학습목표의 수가 일정하지 않으며, 그에 따라 학습 목표의 수준 또한 다르다는 점이다. 따라서 학습목표에 따른 내용 분석은 전체적인 경향을 아는데 목적이 있으며, 이 자료를 가지고 각 요목별로 배정된 학습목표의 비율을 파악하는 것은 적절하지 않다.

2. 10종 교과서의 활동 분석

문헌을 통해 과학의 본성에 대한 학습은 교사의 주입식 교수방법으로는 제대로 이루어지지 않음을 볼 수 있다. 대신 학생들이 직접 활동에 참여하되 교사가 가르치고자 하는 내용에 대해 명시적으로 지적하고 학생들이 그 활동과 관련하여 반성적인 사고를 할 기회를 주도록 촉구한다 (Khishfe and Abd-El-Khalick, 2002; Sandoval and Morrison, 2003; Schwartz, Lederman and Crawford, 2004). 이런 근거에서 탐구 단원의 학습 목표는 주로 활동을 통해 성취된다고 할 수 있다.

과학의 탐구 단원에 포함된 활동을 과학의 본성에 대한 내용과 자료제시 유무로 분석하였다. 10종의 교과서에서 확인된 활동은 총 38개이었다. 특히 과학의 본성에 대한 관점은 해석 틀에 따라서 현대적 관점과 고전적 관점으로 나누기도 하고, 전문가적 관점과 초보적 관점으로 나누기도 한다. 이런 측면을 고려하여 탐구 단원의 활동은 자료 제시를 통해 학생들이 갖기를 고취하는 관점을 제시할 필요가 있다. 그래서 이 연구에서는 각 주제별로 활동의 수와 자료 제시 유무를 통해 과학의 본성에 대한 활동을 분석하였다. 이 활동 내용의 분류 기준은 학습목표 분류를 통해 확인된 것과 일치하였다.

3. 4종 교과서를 기초로 과학의 본성에 대한 관점 분석

학습목표 분석과 활동 내용 분석을 통해 탐구 단원에서 다루어지는 내용은 크게 과학의 본성, 과학자의 특성, 과학적 탐구 과정과 과학적 지식의 특성, STS로 확인되었다. 교과서에 진술된 관점의 분석에서 과학자의 특성과 STS는 배제하였다. 먼저 STS에 대해서는 모든 교과서가 과학과 기술 혹은 과학과 사회의 활발한 상호작용을 분명하게 기술하고 있기 때문에 현대과학철학의 관점에서 적절한 관점을 보이고 있고 교과서별 관점의 차이가 나지 않기 때문이었다. 과학자의 특성에 관한 관점도 교과서에서 뚜렷한 관점의 차이를 발견하기 어렵고 아직 체계적인 분석의 틀이 개발되지 않았다는 점에서 제외하였다.

본 연구에서는 과학의 본성과 과학적 탐구 과정과 과학적 지식의 특성을 중심으로 교과서가 보이는 관점을 분석하였다. 이 주제들은 현재 NOS에 대한 연구들에서 가장 빈번하게 연구되고 있는 것이기도 하다 (김준예, 전은경, 백성혜, 2007; Khishfe and Abd-El-Khalick, 2002; Schwartz, Lederman and Crawford, 2004). 구체적으로 과학의 정의, 과학적 방법, 과학 지

식의 잠정성 및 가설·법칙·이론의 차이 등이 분석을 위한 적절한 주제로 확인되었다.

본 연구가 교과서별 비교 연구가 아니고 교과서에서 보여주는 과학의 본성에 대한 일반적 관점을 확인하는 것이기 때문에, 과학 교과서 10종 가운데 과학의 본성을 가장 많이 담고 있는 교과서들로부터 구체적인 예를 들었다. 사용된 교과서는 Table 1의 C, D, F, G 교과서들이다. 인용된 문장들은 모두 ‘탐구’ 단원에서 발췌하였다.

문장 분석을 위해서 기존의 논문들에서 과학의 정의, 과학적 방법, 과학 지식의 잠정성 및 가설·법칙·이론의 차이들을 어떻게 기술하고 있는지를 알아보았다. Table 2는 본 연구에서 분석하고자 하는 내용들에 대해 기존 논문들이 제시한 현대적 정의 혹은 기술을 정리한 것이다. 과학의 정의는 과학의 목적 혹은 과학 지식의 특성으로도 표현된다. 현대적 관점에서 과학은 설명을 찾으며 사상을 검증하고 이해하고 개발하는 활동으로 소개된다. 또한 과학은 주로 경험에 기반하며 기존의 지식과 경험에 의해 영향을 받는 활동으로 소개된다.

과학적 방법은 과학 지식의 생성이라는 말과 연관되

Table 2
Current Understandings of Some Aspects of Nature of Science

Aspects of NOS	Definitions or Criteria of Sound Understandings	Related Papers
Definition of Science	Science has an empirical basis, and is affected by existing theories and laws. Science is finding out explanations, testing ideas, understanding ideas, and developing ideas which should be fit to evidence and needs to be revised.	Schwartz, Lederman & Crawford (2004) Smith <i>et al.</i> (2000)
Scientific Method or Development of Scientific Knowledge	Scientific knowledge is generated through various inquiry methods in which scientists observe, compare, measure, test, hypothesize, create ideas and conceptual tools, and construct theories and explanations. However, these processes are not conducted stepwise according to a strict sequence. Development of scientific knowledge includes imagination and creativity as well as observation. The essential part of scientific method is making models.	Park (2007) Lederman <i>et al.</i> (2002) Rudolph (2000)
Tentativeness of Scientific Knowledge	Scientific knowledge is subject to change with new observations and reinterpretation of existing observations.	Schwartz, Lederman & Crawford (2004)
Hypothesis, Theory and Law	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. Scientific knowledges are partly products of human imagination and creativity.	Schwartz, Lederman & Crawford (2004) Khishfe & Abd-El-Khalick (2002)

며, 어떤 특정한 단계를 밟아가는 과정이라기보다는 다양한 탐구 방법을 활용하며, 그 과정에는 상상력과 창의력이 요구된다는 것으로 소개된다. 실제 과학적 방법의 핵심은 기계적 과정에 있지 않고 모델 형성에 있다. 과학 지식의 잠정성은 과학 지식의 특성으로서 보편적으로 언급되는 것으로, 새로운 관찰이나 기존 관찰의 재해석에 의해 과학 지식이 바뀔 수 있다는 것으로 진술된다.

과학 가설, 이론, 법칙의 차이는 먼저, 가설이 많은 지지 증거와 과학계의 수용에 의해 이론과 법칙으로 발전할 수 있다고 소개된다. 이론과 법칙은 서로 다른 유형의 지식으로 제시된다. 법칙은 자연 현상에서의 관계를 기술한 것으로 정의되며, 이론은 자연 현상의 인과관계에 대한 설명이다. 그래서 과학 이론은 자연을 설명하지만 과학 법칙은 자연의 규칙성을 기술한다고 표현한다. 4가지 주제에 대한 이런 인식에 기초하여 우리나라 교과서의 진술 내용을 분석하였다.

III. 결과 및 논의

1. 학습 목표 분석

과학의 탐구 단원의 55개 소단원에 포함된 학습목표에서 핵심 단어들을 추출하였다. 이것에 기초해서 10종의 교과서의 학습목표에서 이런 단어들을 사용하는 빈도를 조사하였다. 대부분 교과서의 소단원 제목과 같이 학습 목표의 대분류는 과학의 본성, 과학자의 특성,

과학적 탐구, STS로 구분될 수 있었다. Table 3에 따르면 대분류별 빈도가 순서대로 17, 15, 16, 22이었다. 각 대분류 안에서 소분류별로는 과학의 정의, 과학자가 하는 일, 과학적 탐구와 과학적 방법, 과학과 기술이 사회에 미치는 영향이 가장 자주 언급되는 단어 혹은 문구들이었다.

이 결과는 탐구 단원의 소단원별 학습 목표가 매우 추상적으로 기술되고 있음을 보여준다. 즉, 학습 목표에 과학의 정의, 과학적 탐구, 과학적 사고와 같은 용어들이 포함되어 있지만, 과학 지식에 과학자의 가치가 반영될 수 있다든가, 과학적 지식은 변화가능하다든가, 학생들은 탐구 결과 과학적 모델을 형성할 수 있어야 한다는 등의 구체적인 관점이 반영된 진술 방식을 채택하지 않았다. 비록 소단원별 학습 목표로서 추상적인 혹은 일반적인 수준의 진술이 요구되기는 하지만, 그러한 수준에서도 과학의 본성에 관한 관점을 반영하여 학습목표를 진술할 수 있다. 또한 최근 과학의 본성을 다루는 문헌에서 강조하는 과학 지식의 잠정적 특성, 과학 지식의 경험적 기초, 주관성, 창의성, 사회 문화적 내재성, 과학 지식의 관찰 및 추론에 의지함, 법칙과 이론의 차이 등의 요소들은 소단원의 수업 목표 진술에는 포함되지 않았다.

2. 활동 분석 결과

활동 분석을 통해 활동 내용과 그 제시 방식을 살펴 보았다. Table 4는 탐구단원의 활동 내용이 크게 과학

Table 3
Instructional Objectives of Inquiry Unit of 10 Science Textbooks

Key Themes of Instructional Objectives		Frequency	Subtotal
Large Category	Concrete Category		
Nature of Science	Definition of science	6	17
	Type of scientific research	5	
	Variety of Inquiry	5	
	Science related careers	1	
Nature of Scientists	Things scientists do	8	15
	Contributions scientists made	4	
	Social role and responsibility of scientists	3	
Nature of Scientific Methods and Scientific Knowledge	Scientific inquiry and method	10	16
	Conducting inquiry (in a real life)	4	
	Scientific thinking/attitude	2	
Science-Technology-Society	Science / Techonology → Society	9	22
	Soceity → Science / Techonology	7	
	Science → Techonology / Society	4	
	Relations of Science with Technology	2	
Total			70

Table 4
Themes of Activities and Presentation Methods

	Themes and Contents	Frequency of presentation methods	
		A	B
Nature of Science	Definition and the examples	2	0
	Difference from other disciplines	1	0
	Types of science studies	1	2
Nature of Scientists	What do they do?	6	3
	What kind of careers are there?	1	0
	What kind of behaviors do they show?	2	3
Scientific Knowledge & Scientific Method	How does scientific knowledge develop?	1	3
	Characteristics of scientific knowledge	0	3
	Effects of science on society	0	1
STS	Ethical issues of science	1	3
	Contributions of scientists on society	2	3
		17	21

Note. A: Questions, discussions, presentations, investigations and searching asked to be answered or done without reading materials. B: Questions, finding commonality, discussions and investigations asked to be answered or done with reading materials

의 본성 6개, 과학자의 특성 15개, 과학 지식의 생성 과정과 과학적 지식의 특성 관련 활동 7개, 과학, 기술, 사회 관련 활동 10개로 구성되었음을 보여준다.

과학의 본성과 과학 지식의 본성보다는 과학자 그리고 STS 관련 활동이 더 많았다. 이 점은 과학의 본성에 대한 다양한 문헌에서 강조하는 것과 차이가 있다. 많은 문헌들이 과학자나 과학의 사회적 가치 내재성보다는 과학 자체의 의미 및 과학적 지식의 특성을 더 강조하고 있다.

각 주제별 구체적인 내용을 보면 과학의 본성에서는 과학의 정의와 그 예들 그리고 과학 연구의 유형이 주된 내용이었고, 과학자의 특성에서는 과학자가 하는 일과 그들의 고유한 행동들이 주된 내용이었다. 과학 지식의 생성 과정 및 과학적 지식의 특성은 두 주제가 비슷한 빈도로 소개되었다. STS 주제에서는 과학의 윤리적 측면과 과학자의 사회에의 기여가 주로 다루어졌다.

활동 중 자료를 주고 활동해보기가 21개이었다. 자료를 주고 해보는 활동들은 과학자가 하는 일, 과학자가 보이는 행동 특성, 과학이 사회에 미치는 영향과 윤리적 측면, 과학자의 사회에의 공헌, 과학 연구의 종류, 과학 지식의 생성 및 지식의 특성에 대한 것들이었다. 상대적으로 STS와 과학 지식 영역에서 자료를 제공한 후 질문하거나 토의를 하도록 하는 활동이 많았다.

자료를 주지 않고 스스로 찾아서 알아보고 발표해 보도록 하는 활동이 17개이었다. 자료를 제시하지 않고서 단지 질문하거나 토의를 해보도록 하거나 발표와

조사 혹은 알아보는 활동의 경우는 어떤 관점에 대한 명확한 제시가 없어 교사나 학생 모두 과학의 본성에 대한 분명한 관점을 알 기회가 없어 보인다. 반면, 자료를 제시하고 활동 내용이 구체적인 경우, 분명한 관점을 제시하는 경우들이 있었다. 이와 같은 활동에서 학급에서 충분한 토의를 거쳐 교사가 통일된 그리고 정확한 내용을 전달하지 않는다면 학생들은 교사가 기대하는 과학의 본성에 대한 관점을 얻지 못할 것이다.

3. 탐구 단원 문장 분석

연구방법에서 제시한 현대적 이해 혹은 관점에 기초하여 과학의 탐구 단원의 문장들을 분석해 보았다. 여기에 언급한 것들은 대표적인 성격을 띠며, 과학의 본성에 관한 현대적 관점과 고전적 관점을 대표하기 위해 선택한 문장들이다. 문장들의 내용 분석은 크게 4개의 영역, 즉 과학의 정의, 과학적 방법, 과학 지식의 잠정성, 그리고 가설·법칙·이론의 차이로 구분될 수 있었다.

1) 과학의 정의

과학의 정의에 대한 소박한 수준의 예들은 주로 과학을 귀납적 방법에 의한 지식 발견으로 정의하고, 지식 발전은 점진적으로 축적되는 것으로 기술한 문장들이다. 각 인용된 문장의 강조된 부분은 연구자에 의해 추가된 것이다.

과학이란 자연을 체계적으로 이해하고 예측하기 위하여 자연 현상의 규칙성과 이를 설명할 수 있는 법칙을 찾아내는 과정이다. (D)

과학은 모든 자연 현상에 대한 이치와 자연의 질서를 발견하여 지식을 쌓아가는 인간의 활동이라고 할 수 있다. (C)

자연과학은 자연에 존재하는 물질과 자연에서 일어나는 여러 가지 현상들을 탐구하여 자연의 질서와 그 속에 숨어 있는 규칙성을 찾아내는 학문이다. (C)

실제 한 문장으로 과학이 무엇인지를 정의하는 것은 적절하지 않다. 그런 시도는 위의 문장에서 보듯, 대부분 귀납주의 내지 매우 제한적인 특성만을 반영할 수 밖에 없어 학생들에게 과학에 대한 구성주의적 혹은 현대적 관점을 갖도록 하는데 방해가 되었다. 차라리 여러 논문에서 과학을 기술하는 것처럼 과학의 특성이나 과학 지식의 특성의 측면에서 기술함으로써 과학이 무엇인지를 이해하도록 하는 접근이 필요하다.

위의 교과서 문장들은 과학 법칙에 초점을 맞추어 진술한 반면, 아래 문장은 여전히 귀납주의적 성격을 보이지만 과학을 이론 생성으로 정의하였다. 이 정의는 보다 현대적 관점을 담고 있다.

자연 현상에 대한 탐구를 통해 자연 세계의 원리, 법칙을 찾아 이를 해석하여 일반화된 이론을 이끌어 내는 것을 과학이라 하고 그 과정에서 얻어진 지식을 과학적 지식이라고 한다. (G)

한편, 교과서에서 제시된 부분적이고 소박한 과학의 정의는 교사들에게는 학생들에게 보다 적절한 정의를 가르칠 수 있는 좋은 소재일 수 있다. 먼저는 교과서에 대한 맹신을 불식시키기 위한 사례로 사용할 수 있고, 이 문장으로부터 시작하여 과학 및 과학 지식의 특성에 대해 토의할 수 있다. 구성주의는 원래 교과서에 대한 전폭적 신뢰를 지양한다. 구성주의 교사는 교과서에서 오류를 발견하면 그것을 토의의 재료로 삼으며, 학생들이 갑론을박하여 나름대로의 결론을 내리기를 기대한다 (Yager, 1996).

2) 과학적 방법

구성주의적 관점에서 과학적 방법의 핵심은 자료를 설명하기 위한 모델 형성이다 (Rudolph, 2000). 그러나 우리 교과서들은 과학 지식이 구성되기 보다는 발견되며 다양한 자료로부터 일반화된다는 표현을 사용한다. 이런 표현은 앞의 과학의 정의에서 귀납주의 견해를 취하는 것과 일관적임을 알 수 있다. 예를 들어

귀납주의의 문장들은 다음과 같다.

과학자들은 수집한 자료를 체계화함으로써 결과를 명료하게 해석할 수 있다. (F)

탐구 활동의 제목: 새로운 과학지식은 어떻게 찾아지나; 탐구 활동에 대한 고찰 질문: 새로운 과학 지식은 어떻게 찾아지나 (D)

한편 과학적 방법과 관련하여 잘 진술된 예들도 많이 있다. 과학의 과정으로서 과학을 정의하고, 연역적 과정으로 과학적 방법을 기술하며, 과학적 탐구 방법이 다양하다는 문장 등이 그러한 예들이다.

자연 현상에 의문을 갖고 그 의문을 해결하기 위해서 여러 가지 활동을 할 때, 우리는 이미 과학자와 같은 활동을 하는 것이다. (D)

과학의 탐구가 이루어지는 과정은 연구 주제에 따라 매우 다양하며, 정해진 한 가지만 있는 것은 아니다. (D)

과학적 탐구의 본성과 관련된 과학 교육의 문헌들은 과학적 탐구의 본질은 지식 발견보다는 수집된 자료를 가지고 어떤 작품을 만들어 내는데 있음을 강조한다. 예를 들어, 조정일과 이현옥 (1997)은 “선별된 사실들인 실험결과는 과학에서 가공하지 않은 원료와 같은 것이다. 과학자들이 실험결과를 가지고 무엇인가 만드는 것이 과학의 절정이다” (p. 82)라고 하였다.

권재술 등 (1998, pp. 94-95)도 클로퍼의 과학교육 목표 분류 요목에 대한 논의에서 탐구 과정 중 이론적 모델의 설정, 검증 및 개선이 과학의 절정이라고 하였다. Martin-Hansen (2002)은 탐구의 본질적 요소로서 과학적 문제 제기, 문제 해결을 위한 증거 수집, 증거로부터 설명의 구성, 설명을 과학적 지식과 관련짓기, 설명의 소개 및 정당화를 제시했다. 나열한 요소들 중 나중 3가지는 모델의 구성과 검증에 대한 것이다.

미국의 각 주의 과학 교육과정의 기초가 되는 국가 과학교육기준 (National Research Council, 1996)은 과학적 탐구의 본질이 귀납적 경험주의가 아니고, 과학하는 사람의 생각에서부터 출발하여 정신적 모형의 구성으로 이어지는 과정이라는 것을 분명히 말해주고 있다. 예를 들어, 9-12학년의 과학적 탐구 수행에 필요한 능력으로서, 1) 과학적 탐구를 유도하는 문제와 개념의 확인, 2) 과학적 탐구의 설계와 수행, 3) 탐구의 개선과 원활한 의사소통을 위한 과학 기술 및 수학의 사용, 4) 논리와 증거를 이용한 과학적 설명 및 모형의 구성과

수정, 5) 대안적인 설명 및 모형에 대한 인식과 분석, 6) 과학적인 주장의 전달과 변론을 들고 있다 (pp. 236-238).

과학교육 문헌들은 과학적 방법의 주된 내용이 관찰로부터의 일반화가 아니라 제기된 문제에 대한 해결을 모델 형성을 통해 설명하는 과정임을 제시하고 있다. 따라서 교과서도 이런 추세에 따라 모델을 형성해 보고 증거를 가지고 정당화하는 활동이나 진술이 강조되어야 한다. 한 예로 표1의 B교과서의 활동인 “과학자의 활동 들여다보기: 천체의 운동을 알아낸 케플러”는 행성궤도 모형과 증거와의 일치에 대한 노력을 통한 과학의 본성을 이해하는 활동을 소개하고 있다.

3) 과학 지식의 잠정적 속성

아래에서 인용한 교과서 문장과 같이 과학 지식이 바뀔 수 있다는 인식은 매우 보편적이다. 그러나 과학 지식의 잠정성은 단순한 관찰에 의해 지식이 바뀔 수 있다는 의미보다는 과학사적 관점에서 논의되어지는 주제이다. 그 대신 작은 규모의 과학 활동에서는 과학 지식의 내구성이 보다 두드러진 과학 지식의 특성이다 (American Association for the Advancement of Science, 1990). 게다가 반박적인 증거에 의해서 이론이 바뀌기보다는 다른 이론이 제안되고 그것을 지지하는 증거들에 의해 이전 이론이 새로운 이론으로 교체된다고 한다. 그런 점에서 일상의 활동에서 과학지식이 관찰에 의해 변한다는 진술은 피상적인 이해를 나타내는 경우가 많다. 적어도 교과서에서 학생들이 배우는 대부분의 개념들은 오랫동안 변하지 않는 채로 유지되는 것들이다. 그런 상황에서 지식이 변한다는 관점은 거시적이고 역사적인 측면에서 그렇다는 것을 강조할 필요가 있다.

관찰은 감각 기관을 통하여 자연 현상이나 사물을 자세히 살피고 기록하는 활동이고 추리는 과거의 경험이나 근거를 바탕으로 결론을 이끌어 내는 활동이다. 관찰을 잘 설명할 수 있는 추리라도 확신할 수 없으며, 새로운 관찰이 이루어지면 바뀔 수 있다. (F)

과학자는 가설이나 법칙, 또는 원리와 상반되는 증거를 발견하게 되면 생각을 바꾸거나 포기할 준비가 되어 있어야 한다. 그리스의 아리스토텔레스는 ‘무거운 물체가 더 빨리 떨어진다고 주장하여 이 생각이 2000년 동안 사실로 인정되었지만 갈릴레이는 실험을 통하여 얻은 증거로 이에 대한 생각을 바꾸었다. (G)

조선 시대 천문도인 천상열차분야지도는 지난날에 관측한 결과들의 오류를 수정하고 보완하여 만든 귀중한 자료이며 문학

유산이다. 이처럼 과학 지식은 수정과 보완을 계속하여 더욱 정확한 체계를 갖추게 된다. 오늘날에도 과학 지식이 끊임없이 바뀌어 가고 있는 것은 바로 그러한 과정이 대단히 중요하다는 것을 말해준다. (C)

과학은 자연현상을 객관적으로 연구한 것이므로 결코 변하지 않는 학문이 아니라 새로운 사실이 발견되면 수정될 수 있는 잠정적인 지식이다. (G)

한 과학자가 기존의 과학 이론을 바꾸는 데는 과학자 개인만이 아니라 다른 과학자들의 업적과 시대적 상황 등도 중요하다. (D)

4) 과학 지식의 유형 - 가설, 법칙, 이론

지식 유형에 대한 교과서의 진술은 대부분 경험으로부터의 일반화에 기초하고 있다. 구성주의적 관점에서 가설 검증이나 설명 모델 형성을 통해 이론의 형성으로 과학 지식의 형성을 진술한 교과서는 드물었다. 법칙과 이론의 차이를 현대적 관점에서 잘 설명해 주는 것이 필요하며 교과서의 문장들을 이 설명을 위해 적절히 활용할 필요가 있다. 관련된 문장들을 인용해 보았다.

과학이란 자연을 체계적으로 이해하고 예측하기 위하여 자연 현상의 규칙성과 이를 설명할 수 있는 법칙을 찾아내는 과정이다. (D)

과학자들이 수행한 일을 단계적으로 살펴보면 먼저 자연 현상을 객관적으로 진술하고(과학적 사실), 서로 의사소통이 가능한 뜻이 포함된 적절한 용어(개념)를 선택한 후, 이들 개념들 간의 관계에서 규칙성을 찾아(원리, 법칙), 이를 해석하여 일반화된 이론을 이끌어 낸다. (G)

위의 문장은 법칙과 이론 사이의 위계적 의미의 차이나, 법칙으로부터 이론의 유도를 인정하는 측면에서 현대적 관점이라고 볼 수 없다. 하지만 이론 속에는 법칙이 포함되는 경우가 있다.

교과서 중에서 과학 지식의 생성을 이론을 만들거나 이끌어내는 것으로 서술한 몇 가지 예를 제시한다.

과학자들은 자기의 연구 분야에서 자연의 신비를 밝히고, 자연 현상에 대한 이론을 세우거나 법칙을 발견하여 과학을 발전시키며, 인간의 지적 호기심을 만족시키는 일을 한다. (C)

자연 현상에 대한 탐구를 통해 자연 세계의 원리, 법칙을 찾아 이를 해석하여 일반화된 이론을 이끌어 내는 것을 과학이라 한다. (G)

과학자들은 문제 해결의 실마리나 이론을 수립할 때 중요한

실험적 증거를 기존의 연구나 옛 이론에서 찾아내기도 한다.
(D)

과학 지식 유형의 생성 및 특성과 관련하여 일반 문헌에서 진술하고 있는 내용들로서, 권재술 등 (1998)는 법칙은 공리, 명제, 가설, 일반화와 같이 관계연명의 하나이며, 이론의 가장 초보적인 형태인 법칙 집합형 이론을 구성하는 요소라고 하여 법칙이 이론을 구성하는 요소로 보았다 (pp. 38~48). 그렇다고 하여 법칙이 이론이 된다는 의미는 아니다. 위의 교과서 문장들은 법칙으로부터 이론이 일반화될 수 있는 것 같은 오해를 줄 수도 있는 것 같다. Park (2007)은 과학적 이론은 자연을 설명하고 예측하며, 과학적 법칙은 자연의 규칙성을 기술한다고 하여 이론과 법칙을 기능상의 차이로 구별하였다.

Carey (1998)은 이론은 가설과 같이 과학적 설명인데, 설명을 구성하는 요소들로는 원인 기제, 법칙, 수반된 과정 (underlying processes), 기능이나 역할이 있다고 하여 법칙을 이론을 구성하는 요소로 보았다. Lederman, et al.(2002)은 과학적 이론과 법칙 사이에는 어떤 위계적 관계가 존재하지 않는다고 하였다. 이론과 법칙 사이의 관계에 대한 보다 나은 견해로서 “과학적 법칙은 물체 사이의 인력과 같은 현상 사이의 정량적 관계를 기술하고, 과학적 이론은 공통의 관찰과 일치하는 개념으로 구성되거나 더 나가 세계를 위한 새로운 설명 모델을 제안한다”를 들었다 (p. 515).

Aikenhead(1987)은 과학 이론과 법칙의 차이를 그 형성 과정에 두어, 과학적 가설과 이론은 발명되는 것이며, 과학적 법칙은 발견된다고 하였다.

이러한 내용을 종합해 보면, 법칙은 지식의 크기에서 이론이나 가설보다 작으며, 보통 정량적으로 표현되는 반면, 이론은 과학자의 추리의 산물이며 포괄적인 지식 체계라고 할 수 있다. 하지만 학자들마다 법칙과 이론을 보는 관점이 달라서 이에 대한 보다 체계적이고 많은 사람들의 집합적 동의가 수반된 진술이 연구되어야 할 것으로 보인다.

IV. 결론과 제언

탐구 단원의 학습목표, 활동, 문장을 과학의 본성 측면에서 분석해 본 결과, 탐구 단원은 과학의 본성 교수에 필요한 여러 내용을 담고 있음을 확인하였다. 10종의 과학 교과서 탐구 단원의 학습목표들은 과학의 본성, 과학자의 특성, 과학적 탐구 및 과학적 지식의 특성, STS로 분류되었다. 한편 과학의 본성 논문에서 강

조하는 과학 지식의 구체적인 특성과 모델 형성으로서의 과학 과정 같은 개념은 학습 목표에 포함되지 않았다.

탐구 단원의 활동에서는 과학의 본성, 과학자의 특성, 과학적 탐구 및 과학적 지식의 특성, STS가 각각 6, 15, 7, 10 개씩 소개되었다. 활동 속에서 학생들이 알아야할 과학의 본성이 명시된 활동이 있는가하면, 과학의 본성에 관한 어떤 관점이 바람직한 것인지를 전혀 명시하지 않고 단지 ‘해보기’의 활동도 있었다.

여러 연구 결과들은 분명한 학습 목표를 의식하고 명시적이고 반성적으로 가르칠 때 과학의 본성에 대한 이해가 생긴다고 하였다 (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; Schwartz, Lederman & Crawford, 2004). 이 점에서 일부 자료가 제공되고 그것을 가지고 질문하거나 공통점을 찾거나 토론할 때조차도 분명하게 학습할 내용이 주지되고 반복과 반성이 수반되지 않으면 과학의 본성에 대해 학생들이 바른 이해를 가질 수 없다.

문장 분석은 과학의 정의, 과학적 방법, 과학 지식의 잠정성, 그리고 가설·법칙·이론의 차이에 대해 수행되었다. 교과서들은 과학을 한 문장으로 정의하였는데, 이는 대부분 부족하고 잘못된 진술로 귀착되었다. 참고한 문헌들은 과학의 목적을 진술하거나 과학 지식의 특성을 언급함으로써 과학이 무엇인지에 대한 이해를 갖도록 하였다. 한 문장으로 무리하게 과학을 정의하는 것은 지양되어야 한다.

우리 교과서에서 과학적 방법은 주로 지식 생성단계와 관련하여 설명되었다. Schwab (1963)가 과학하는 것을 발견의 맥락과 정당화의 맥락으로 구분하고 각각을 정적 탐구와 동적 탐구로 명명하였다. 지식 생성 단계는 발견의 맥락에 해당되는 것으로 정적 탐구이다. 하지만 Rudolph(2000)를 포함하여 여러 논문과 문서들은 구체적인 상황에서 모델을 형성하고 그것을 정당화해보는 동적 탐구가 과학의 본질을 더 잘 나타낸다고 한다.

과학 지식의 잠정성은 모든 교과서가 동일하게 강조하였다. 과학 지식의 발달은 실제로 가설, 이론, 법칙의 차이에 대한 것이며, 기존 연구들은 이 지식 종류에 대해 상당한 동의에 도달하였다 (Table 2 참고). 우리 교과서는 이 지식의 차이를 명확히 구분하지 않고 과학 지식을 주로 법칙을 위주로 설명하고 있다. 이런 경향은 과학을 정의할 때, 귀납주의적으로 정의하는 결과를 가져왔다.

전반적으로 탐구 단원은 현대적 관점에 부응하여 과학의 본성을 강조하였다. 현대적 관점을 반영한 과학

이론의 형성, 과학 지식의 잠정성, 과학자의 역할, 윤리적 측면을 포함하고 있었다. 소위 도구주의, 상대주의, 구성주의의 특성이 일부 확인되었다. 한편, 귀납주의, 객관주의도 과학의 정의, 과학적 방법, 과학 지식의 특성 속에 확실하게 자리매김하고 있었다.

이렇게 우리나라 과학교과서 탐구 단원은 과학의 본성에 대해 다양한 관점이 반영되어 있음을 알 수 있다. 구성주의 교사는 학생들에게 비판적 관점에서 교과서 문장과 활동에 대해 접근하도록 동기를 부여하고 수업 환경을 조성해야 한다. 또 가르쳐야 할 NOS의 내용과 지향하는 관점을 명시적으로 제시하여 교사가 기대하는 관점이 무엇이며, 배워야 할 NOS 내용이 무엇인지를 학생들이 분명히 이해할 수 있도록 해야 한다. 이런 노력은 탐구 단원뿐 아니라 전 단원에서 수행되어야 하고 그럴 때 과학의 본성에 대한 현대적 관점의 이해가 성취될 수 있다.

국문 요약

과학의 본성의 관점에서 과학의 탐구 단원의 내용 분석을 실시하였다. 10종의 10학년 과학 교과서 탐구 단원 속에 있는 학습 목표, 활동, 문장에서 과학의 본성에 대한 내용, 관점, 제시방법을 분석하였다. 10종 교과서의 학습 목표들은 과학의 정의, 과학자의 특성, 과학적 방법, STS로 대분류되었다. 한편 과학 지식의 특성과 모델 형성 등과 같은 구체적인 과학 지식의 본성에 대한 관점은 학습목표에 포함되지 않았다. 활동 총 38개 중 17개가 어떤 정보도 주지 않은 과제형으로 제시되었다. 21개는 기본 자료를 제공하고 그것을 기초로 활동하는 형식이었다. 어느 경우이든 그 활동을 통해 배워야 할 NOS 요소와 그에 대한 타당한 관점에 대한 명시적 언급이 없거나 부족했다. 과학 교과서 문장도 4영역으로 분류될 수 있었으며 현대적 관점과 고전적 관점이 혼재되어 있었다. 특히 과학의 정의는 귀납주의적 진술이 많았고, 과학 지식의 생성은 이론 형성보다는 법칙의 발견으로 표현되었다. 교사 수준에서 NOS에 대한 학습 목표와 학습 내용 제시와 함께 분명한 관점이 반영된 읽을거리를 제공해야만 효과적인 과학의 본성 수업이 가능함을 제시하였다.

참고 문헌

권재술, 김범기, 우종욱, 정완호, 정진우, 최병순 (1998). 과학교육론. 교육과학사.
김문선 (2008). 과학의 본성에 대한 견해 조사들의

메타 분석. 전남대학교 교육대학원 석사 학위 논문.

김안나 (2008). 고1 과학 교과서 탐구 단원의 과학의 본성 요소 분석. 전남대학교 교육대학원 석사학위 논문.

김준예, 전은경, 백성혜 (2007). 과학 교과서 및 과학 교사, 고등학생들의 과학의 본성에 대한 관점 분석. 한국과학교육학회지, 27(9), 809-817.

전경문, 박현주, 노태희 (2004). 고등학교 과학 교과서의 과학의 탐구 단원에 제시된 과학사 내용 분석: 6차와 7차 교육과정에서 개발된 교과서 비교. 한국과학교육학회지, 24(5), 825-832.

조정일, 이현욱 (1997). 생물학 탐구의 원리. 서울: 교육과학사.

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

Aikenhead, G. S. (1987). High school graduates' beliefs about science-technology-society III: Characteristics and limitations of scientific knowledge. Science Education, 71(4), 459-489.

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.

American Association for the Advancement of Science (1990). Science for all Americans. New York: Oxford University Press.

Carey, S. S. (1998). A beginner's guide to scientific method (2nd Ed.). Wadsworth Publishing Company.

Harms, N. C. & Yager, R. E. (Eds) (1981). What research says to the science teacher. Vol. 3. Washington, D. C.: National Science Teachers Association.

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., 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.

Martin-Hansen, L. (2002). Defining Inquiry. The Science Teacher, February, 34-37.

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

Nott, M., & Wellington, J. (1993). Your nature of science profile: an activity for science teachers. School Science Review, 75(270), 109-112.

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.

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

Rudolph, J. L. (2000). Reconsidering the 'nature of science' as a curriculum component. *Journal of Curriculum Studies*, 32(3), 403-419.

Schwab, J. J. (1963). *Biology teachers handbook*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

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.

Smith, C. L., Maclin, D., Houghton, C. & hennessey, M. G. (2000). Sixth-grade students' epistemologies of science: The impact of school science experiences on epistemological development. *Cognition and Instruction*, 18(3), 349-422.

Tamir, P. (1985). Content Analysis focusing on inquiry. *Journal of Curriculum Studies*, 17(1), 87-94.

Weiss, I. R. (1977). Report of the 1977 national survey of science, mathematics and social studies education. U.S. Government Printing Office.

Yager, R. E. (1996). *Science/Technology/Society as reform in science education*. State University of New York Press.