

과학사 활용 과학 교육에 대한 전문가 의견 조사

이봉우 · 신동희*

단국대학교 · ¹이화여자대학교

Professionals' Opinion of Science Education Using History of Science

Lee, Bongwoo · Shin, Donghee^{1*}

Dankook University · ¹Ewha Womans University

Abstract: The purpose of this study was to analyze professionals' opinion about science education using history of science. For this purpose, we surveyed professionals in the field of science education and history of science (HOS), 30 professionals in the first survey and 84 professionals in the second survey. The results are as follows: First, they focused the nature of science in the science education using HOS. Second, they suggested the need for development of teaching and learning materials for using HOS in class. Third, they proposed action-based science teacher training for using HOS. Fourth, there appeared differences of professionals' opinion in some areas. Lastly, they did not make a high agreement in the need of history of eastern science including history of Korean science. It is necessary to develop teaching and learning materials in the history of eastern science.

Key words: professionals' opinion, history of science, history of eastern science

I. 연구의 필요성

과학의 인식론, 과학의 과정, 과학적 방법, 과학 지식의 발전에 영향을 미치는 가치나 신념 등을 뜻하는 '과학의 본성' (Lederman, 1992)에 대한 교육이 최근 많은 관심을 받고 있다. 교육 현장에서 과학의 본성에 대한 이해가 소홀히 다루어지고 있으며, 과학 내용에 대한 지식만을 중요시하는 경향이 강하여, 과학 지식이 만들어지는 과정에서 인간의 창의적인 역할을 무시하게 되어 결국 과학에 대한 올바른 이미지 형성이 이루어지지 못하고 있다(Duschl, 1990). 즉, 과학의 성장 과정과 과학적 지식의 구조를 고려하지 않고 오로지 과학적 지식의 전수만을 강조한 최근의 과학 교육이 과학의 사회적 측면은 말할 것도 없고 과학의 지식적 지식의 전수라는 면에서조차 성공적이지 못했다.

여러 선행 연구(Duschl, 1990; Matthews, 1994; Solomon, 1992)에서 학생들의 과학의 본성에 대한 이해를 향상시키기 위한 방안으로 과학사를 통한 교

수 학습 방법을 제안했다. 연구자들은 과학사를 수업에 활용하는 것이 여러 가지 면에서 긍정적인 결과를 나타낸다고 주장했다. 과학사는 과학적 이론이나 법칙들의 형성 과정을 포함하고 있기 때문에 학생들에게 과학 철학의 현대적 관점을 제공하는데 도움을 줄 수 있으며 이론의 형성과 발달 과정을 고찰함으로써 과학 이론이 잠정적이라는 것을 보여주며, 또한 학생들의 개념 발달을 위한 다양한 사례를 제시해 줄 수 있어 학생들이 과학을 보다 잘 이해할 수 있게 도와줄 수 있을 뿐만 아니라 개념 발달의 새로운 가능성도 제시해 줄 수 있다(Matthews, 1994).

과학사 활용 과학 교육이 과학에 대한 흥미와 동기 유발에 효과적이라는 연구 결과들도 있다(Matthews, 1994; Sequeira & Leite, 1991; Solomon, 1992). 과학사를 과학 수업에 활용함으로써 학생들은 과학자들의 인간적 측면, 업적이 나오기까지의 다양한 에피소드를 알게 되고 이를 통해 과학과 과학자들에 대한 거리감을 좁힐 수 있다. 또한 과학의 인간적 측면을 강조하는 과학사를 통해 과학주의나 독단주의를 경계

*교신저자: 신동희(donghee@ewha.ac.kr)

**2011.06.06(접수) 2011.07.11(1심통과) 2011.07.25(최종통과)

***이 논문은 2009년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2009-32A-B00208).

하는 역할도 가능하다(Matthews, 1994).

우리나라의 2007년 개정 과학과 교육 과정(교육인적자원부, 2007)에서는 교수 학습 방법에서 과학자와 과학사와 관련된 자료를 활용하여 과학에 대한 흥미와 호기심을 증진시키도록 권장하고 있으며, ‘모든 사람을 위한 과학(American Association for the Advancement of Science, 1994)’이나 미국의 ‘국가과학교육기준(National Research Council, 1996)’에서도 과학사를 강조하고 있다. 영국에서도 수 년에 걸친 노력 끝에 1988년 국가 과학 교육 과정에서 과학사와 과학 철학 내용을 5% 이상 할당하도록 정했다(이면우, 2003).

과학사를 수업에 도입하는 교수 학습 연구도 많이 진행되어 왔다. Monk와 Osborne(1997)은 제시(presentation), 유도(elicitation), 과학사 학습(historical study), 테스트 고안하기(devising tests), 과학적 아이디어와 실험적 테스트(scientific idea and empirical tests), 비평과 평가(review and evaluation)의 6가지 단계로 된 과학사 활용 교수 학습 모형을 제시했으며, 이기영과 안희수(1999)는 과학사를 이용한 지구과학 개념 학습 지도를 위한 수업 방식을 개발하면서 과학사 활용 강의식 수업, 과학사를 선행 조직자로 이용하는 수업, 과학사를 이용한 수정된 순환 학습 모형, 역할극 모듈 등의 다양한 교수 학습 모형을 제시했다.

교과서 속에 포함된 과학사 내용을 분석한 연구(이봉우, 신동희, 2010; 최윤희 등, 2010)를 보면, 우리나라 과학 교과서 속에는 인지적인 내용과 서양 과학사의 내용이 주를 이루고 있으며, 동양(한국) 과학사의 내용은 많이 도입되지 못하고 있다. 외국의 과학 교과서 속에 제시된 과학사 내용 분석에 대한 연구(이봉우와 신동희, 2011; Justi & Gilbert, 1999; Leite, 2002; Stocklmayer & Treagust, 1994)도 많이 진행되었으며, 과학사를 활용한 다양한 교수 학습 모형의 효과에 대한 연구(강석진 등, 2004; 윤혜경, 2007)도 진행되어 왔다. 그러나 과학교육학자와 과학사학자들이 과학사를 과학 교육에 활용하는 다양한 방안에 대해서 심도 깊게 논의된 연구는 찾아보기 힘들었다. 따라서 본 연구에서는 과학사를 과학 교육에의 활용에 대하여 과학교육학자와 과학사학자들의 의견을 분석하고자 한다.

II. 연구 방법

본 연구는 과학교육학자와 과학사학자들을 대상으로 과학 교육에서 과학사 활용에 대한 의견을 조사하는 것이다. 이를 위해서 총 두 차례의 의견 조사를 실시했다. 1차 조사는 대학 교수 또는 대학에서 강의를 하고 있는 박사급 전문가 30명을 대상(표 1)으로 실시되었다. 1차 조사지는 과학사 활용 과학 교육 관련 선행 연구를 바탕으로 과학 교육 연구자 2명과 과학사 학자 2명이 공동 개발했으며, 표 2와 같이 과학사 활용 교육의 필요성(동의 여부와 이유), 과학사 활용 교육의 어려움(동의 여부와 이유, 근거, 개선 방안), 과학사 활용의 방법적 측면, 동양(한국) 과학사의 도입, 과학사를 교과서 또는 수업에 활용하는 방법, 과학사 활용교육 연수 등에 대한 질문으로 구성되었다.

각 질문들에 대해 전문가들이 제시한 의견을 범주화하여 2차 조사지를 개발했다. 2차 조사지는 표 3과 같이 과학사 활용 과학 교육의 장점, 학교에서 과학사를 활용하지 못하는 이유, 학교 과학에서 동양(한국) 과학사를 도입할 필요성, 학교 과학에 동양(한국) 과학사 도입의 어려움, 과학사를 활용한 교수 학습 프로그램 내용 또는 교수 학습 방법, 과학사 활용 교육 연수 프로그램(내용 및 방법) 등 7가지 영역에 대해 총 55개의 7점 리커트 척도로 구성된 질문으로 구성했다. 1차 조사에 응답한 전문가를 포함하여 박사급 과학교육학자 및 과학사학자 84명에 대해 2차 조사를 실시했다. 필요한 경우 일부 조사자에 대해 추가 면담을 실시하여 자료의 정확도를 높였다. 본 연구에서는 조사 결과를 바탕으로 과학교육학자와 과학사학자들의 과학사 활용 교육에 대한 의견을 분석했다.

III. 연구 결과 및 논의

과학교육학자와 과학사학자를 대상으로 실시한 과학사의 과학 교육에의 활용에 대한 의견의 첫 번째 질문은 과학 교육에서 과학사 교육의 장점이다. 1차 조사에서 과학사 교육의 장점에 대하여 30명의 전문가에게 질문했다. 다음은 과학사를 과학 교육에 활용했을 때의 장점에 대해서 한 전문가가 이야기한 내용을 제시한 것이다.

- 학생들이 과학의 본성 측면을 배울 수 있다고 생

표 1
조사에 참여한 전문가 정보

전공		1차 조사 참여자수 (%)	2차 조사 참여자수 (%)
과학교육학자	물리교육	7 (23.3)	21 (25.0)
	화학교육	6 (20.0)	17 (20.2)
	생물교육	4 (13.3)	21 (25.0)
	지구과학교육	5 (16.7)	8 (9.5)
	소계	22 (73.3)	67 (79.8)
과학사학자		8 (26.7)	17 (20.2)
계		30 (100.0)	84 (100.0)

표 2
1차 조사의 질문 내용

질문 범주		질문 내용	응답 방법
과학사 활용 교육의 필요성	동의 여부	• 과학사를 교육(과학 교육)에 활용하는 것에 대해 동의하십니까?	4점 리커트
	이유	• 동의한다면 과학사를 과학 교육에 활용하는 것이 어떤 측면에서 도움을 준다고 생각하기 때문입니까? • 동의하지 않는다면 그 이유는 무엇입니까?	서술식
과학사 활용의 어려움	동의 여부와 이유	• 현재 학교에서 과학사가 잘 활용되고 있다고 생각하십니까? • 그렇게 생각한 이유는 무엇입니까?	Yes/No 서술식
	어려움과 해결 방안	• 학교에서 과학사를 활용하는데 어려움은 무엇이라고 생각하십니까? • 학교에서 과학사의 활용을 높이기 위해서 필요한 것은 무엇이라고 생각하십니까?	서술식
동·서양 과학사 활용		• 동·서양 과학사를 과학 교육의 어느 측면에 활용하는 것이 좋다고 생각하십니까? 그 이유는?	서술식
동양 과학사	동양 과학사 도입 필요성	• 동양 과학사(한국 과학사)를 도입할 필요가 있다고 생각하십니까? 그 이유는? • 동·서양 과학사를 과학 교육의 어느 측면에 활용하는 것이 좋다고 생각하십니까? 그 이유는?	Yes/No 서술식
	동양 과학사 도입의 어려움	• 학교 과학에 동양 과학사(한국 과학사)를 도입하는데 어려움은 무엇이라고 생각하십니까?	서술식
새로운 콘텐츠		• 어떤 종류(내용)의 과학사 사례를 발굴하면 도움이 될까요?	서술식
교과서에 도입 방안		• 교과서에 과학사를 도입하는 방안으로 적절한 것은? 그 이유는?	서술식
과학사 활용 방안	교수 학습 방법	• 과학사를 수업 시간에 활용하는 교수 학습 방법으로 가장 적절하다고 생각하는 것은? 그 이유는?	서술식
	교수 학습 프로그램	• 과학사를 활용하는 교수 학습 프로그램을 개발한다고 할 때, 어떤 것(내용 및 형식)이 좋을까? 그 이유는?	서술식
	교사 연수	• 과학사 활용 교육 교사 연수를 한다면 연수 과정에 어떤 프로그램 또는 내용이 필요할까요?	서술식

표 3

2차 조사의 질문 영역 및 질문의 수

질문 영역	질문 수
과학사 활용 교육에 대한 장점	8
학교에서 과학사를 활용하지 못하는 이유	13
학교 과학에 동양(한국) 과학사를 도입할 필요성	7
학교 과학에 동양(한국) 과학사 도입의 어려움	9
과학사를 활용한 교수 학습 프로그램의 내용 또는 교수 학습 방법	9
과학사 활용 교육 연수 프로그램(내용 및 방법)	9
계	55

각합니다. 예를 들어, 과학 지식이 발견되는 것이 아니라, 과학자라는 인간의 창의적 산물로서 과학자 집단의 사회의 합의로 통해 형성되는 것이므로 언제든지 바뀔 수 있다는 점이라든지, 과학자들의 과학적 탐구 과정을 간접적으로 경험함으로써 이에 대해서도 이해할 수 있다고 생각합니다. 뿐만 아니라, 과학사 속에 담긴 과학자들의 끊임없는 실패와 노력의 과정이라든지, 그 속에 담긴 고민(학문적, 사회적, 윤리적 등)들에 대해서도 엿볼 수 있으므로, 과학-기술-사회의 관련성에 대해서도 생각해볼 수 있는 기회를 학생들에게 줄 수 있다고 생각합니다. 또한, 내용이 잘 구성되면 학생들의 학업 성취 등에도 긍정

적인 영향을 줄 수도 있다고 생각합니다.

전문가들의 응답을 유형별로 묶어 총 8개로 정리했고, 2차 조사를 통해 84명의 전문가 응답을 표 4에 정리하여 제시했다. 과학교육학자와 과학사학자로 구분하여 7점 리커트 척도의 점수(평균 4점)로 제시했다.

전문가들은 학생들이 과학사를 통해서 과학 개념이 발달하고 과학 지식이 생성되는 과정을 배울 수 있다는 점, 과학사에 제시된 과정을 통해서 과학적 탐구 방법을 익힐 수 있다는 점, 과학사에 제시된 사례를 통하여 과학 기술 사회를 이해할 수 있다는 점, 과학 개념의 이해 등의 순서로 높은 동의를 나타냈다.

표 4

과학사를 과학 교육에 활용할 때의 장점에 대한 전문가 의견

과학사를 과학 교육에 활용할 때의 장점	전체	과학교육학자	과학사학자
과학 개념이 어떻게 발달했는지 또는 과학 지식이 어떻게 생성되는지를 아는데 도움이 된다.	6.5	6.5	6.7
과학자들의 과학적 발견이나 개념에 이르기까지 겪었던 다양한 경험들과 논리적인 과정을 추적하는 과정을 통해서 과학적 방법(탐구 방법)을 이해하는데 도움이 된다.	6.4	6.4	6.4
과학 기술이 사회에 미친 영향을 이해하고 역사를 이끌어 온 사회적 변화를 과학 기술의 측면에서 이해하는데 도움이 된다.	6.2	6.1	6.5
학생들이 갖는 과학 오개념이 과학자들의 시행착오와 유사하다는 것을 이용하여 학생들의 오개념을 올바른 개념으로 변화시키는데 도움이 된다.	5.9	6	5.5
과학의 윤리적 책임에 대한 인식을 고양시킬 수 있다.	5.9	5.3	5.6
과학사는 과학의 학문 분야들이나 각 주제들 간의 연관성을 증진시키며, 인문학과 자연 과학의 통합(융합) 분야로서 의미가 있다.	5.8	5.6	6.3
과학에 대한 학생들의 학습동기 유발 및 흥미 증진에 도움을 줄 수 있다.	5.7	5.8	5.8
과학자의 생애를 통해 과학을 인간적으로 바라보면서 과학에 대한 불필요한 거리감을 줄여 과학에 대한 긍정적인 태도를 갖게 하는데 도움이 된다.	5.4	5.8	5.9

과학교육학자와 과학사학자들의 의견에서 가장 큰 차이를 나타낸 부분이 과학사를 통한 개념 변화에 대한 내용이었다. 과학교육학자들은 학생들이 갖는 오개념을 올바른 개념으로 변화시키는 것을 과학사 활용 교육의 비교적 큰 장점으로 생각하고 있었다. 이는 선행 연구 결과(Matthews, 1994, Wandersee, 1985)에서 나타난 것과 동일한 결과이며, 우리나라 교과서에서 과학사의 내용이 인지적인 목적에서 진술된 것이라는 연구 결과(이봉우, 신동희, 2010; 최윤희 등, 2010)에 당위성을 부여하는 것이다. 과학사학자들도 과학사를 통하여 오개념을 올바른 개념으로 바뀌는 것을 과학사 교육의 장점이라고 동의하고는 있지만, 상대적으로 낮은 수준의 동의를 나타내었다. 전체적으로 인지적인 부분과 탐구적인 부분에서 과학사를 도입하는 것이 장점이 된다고 인식하고 있었으며, 정의적인 영역에서는 상대적으로 약한 동의를 나타냈다.

이상과 같이 과학사가 과학 교육에서 여러 가지 측면에서 장점을 지니기 때문에 학교 과학에 포함하는 것이 필요하다고 많은 전문가들이 생각하고 있었다. 그러나 1차 조사에서 응답자 모두가 현재 학교에서 과학사가 잘 활용되지 못하다고 인식하고 있었다. 그렇게 생각한 이유에 대하여 질문을 하고, 30명이 응답

한 사례를 유형별로 분석한 결과, 모두 12가지 유형이 발견되었다. 다음은 전문가의 응답 사례 중 하나다.

- 개인적으로 가장 큰 문제는 과학사 내용 자체에 대한 정보의 부족과 과학사를 실제 수업에서 효과적으로 활용하는 구체적이고 실질적이며 현장성 있는 전략 및 이와 관련된 교수-학습 자료들에 대한 이해나 정보 부족이라고 생각합니다. 어느 정도 영향을 미칠지는 잘 모르겠지만 과학사 내용 자체가 서구적인 측면이 강한 것도 동양인인 우리나라 학생들에게 친근감이나 동기를 유발하는데 제한적으로 작용할 수 있다고도 생각합니다.

전문가들을 대상으로 한 2차 조사 결과는 표 5와 같다. 과학교육학자와 과학사학자 간 가장 높은 동의를 보인 부분은 과학사 관련 자료의 부재였다. 그 다음으로 높은 동의를 나타낸 부분은 교사와 관련된 내용이었다. 교사들이 과학사를 활용하는 방법을 잘 모르고, 과학사에 대한 지식이 부족하고, 과학사 활용 교육에 대한 예비 교사 교육 또는 연수 등이 부족하다는데 높게 동의했다. 반면, 교육과정이나 교과서에 과학사가 많이 제시되지 않았기 때문이라는 의견은 비교적 낮게 동의했는데, 과학사학자들은 이 부분에서 비교적

표 5
과학사가 학교에서 활용되지 못하는 이유에 대한 전문가의 의견

과학사가 학교에서 활용되지 못하는 이유	전체	과학교육학자	과학사학자
교사들이 활용할 수 있을만한 적합한 과학사 관련 자료가 충분하게 보급되지 않았기 때문	6.2	6.2	6.2
교사들이 과학사를 활용하는 방법을 잘 모르기 때문	6.0	6.0	6.1
교사들의 과학사에 대한 지식이 부족하기 때문	6.0	6.0	6.1
예비 교사 교육에서 과학사 활용 교육이 잘 이루어지지 않기 때문	6.0	6.0	6.1
과학사를 활용하는 교수 방법에 대한 교사 연수가 잘 이루어지지 않기 때문	5.9	5.9	5.9
과학사를 활용하는 교수 학습 방법 개발 또는 연구가 진행되지 않아서	5.9	5.8	6.2
교사들이 과학사를 수업에 활용해야 하는 필요성을 인식하지 못하거나 관심이 없기 때문	5.8	5.7	6.1
과학사가 교과서에 비중 있게 다루어지지 않아서	5.7	5.6	5.9
교육과정에 과학사가 강조되지 않았기 때문	5.6	5.5	6.2
과학 시수가 적어 개념 학습만으로도 시간이 부족하기 때문	5.6	5.7	5.4
수업 시수가 부족하고 배워야 할 과학 내용만도 너무 많기 때문	5.6	5.6	5.5
과학사가 입시나 시험 준비에 도움이 되지 않기 때문	5.5	5.3	6.3
학교 과학이 통합적이지 않고 물/화/생/지로 나뉘어져 있기 때문	4.4	4.2	5.5

높은 동의를 나타냈다. 과학사가 입시나 시험 준비에 도움이 되지 않기 때문에 과학사가 학교에서 활용되지 못한다는 부분에 과학교육학자는 비교적 낮은 수준으로 동의했지만, 과학사학자들은 가장 높게 동의했다. 연구 과정에서 만난 많은 과학사학자들은 과학사를 정규 교과목으로서 편성하여* 지도해야 한다고 주장했는데, 이는 과학사 활용의 측면을 교육 과정 속에서 해결해야 한다는 생각이 반영된 결과로 생각할 수 있다. 과학 수업 시수의 부족에 대해서는 평균적인 수준의 동의를 나타내었으며, 학교 과학 내용이 통합적이지 않기 때문이라는 데는 별로 동의하지 않았다.

1차 조사에서 학교 과학에서 과학사 활용을 높이기 위한 방법을 질문했다. 전반적으로는 표 5에서 제시된 문제점을 해결하는 방안을 제시했다. 특히 과학사를 수업에 활용할 수 있는 교수 학습 자료를 개발하여 보급하여야 한다는 의견이 가장 많았으며, 과학사 교육에 대한 인식, 내용 이해, 교수 학습 방안 등을 교사들(예비 교사 포함)에게 적극적으로 연수할 필요성이 있다는 의견이 많이 제시되었다. 다음은 전문가의 응답 사례다.

- 현재 교과서에서 제시되는 형태의 과학사는 읽기 자료 이상의 역할을 하지 않는다. 이는 교직 과정에서 과학사에 대한 과목을 이수하지 않은 대다수의 과학 교사로 하여금 과학사의 이해에 대한 필요성을 갖지 못하게 하며, 계속해서 대수롭지 않은 읽기 자

료로 인식될 것이다. 과학사의 내용이나 장면이 유기적으로 과학 개념에 포함될 수 있는 자료의 개발이 필요할 것이다.

- 과학 교사 양성이나 연수 프로그램에 과학사를 좀 더 적극적으로 도입할 필요가 있습니다. 또한 과학사의 활용을 높이기 위해서는 교사 양성 과정의 학부 프로그램에서부터 ‘교사들을 위한 과학사 교육’이 이루어져야 한다고 생각합니다.

이봉우와 신동희의 연구(2010)에서 드러난 바와 같이 우리나라 과학 교과서에 제시된 과학사 관련 내용은 주로 서양 과학사를 중심으로 기술되었다. 학생들이 학습하는 과학의 내용이 주로 서양에서 발달된 내용을 중심으로 기술되는 것이 당연하다고 생각할 수 있겠지만, 동양 과학사, 특히 우리나라의 과학사를 활용하는 것은 좋은 방안이 될 수 있다. 이것은 한국 과학사를 이용한 과학 교육의 가능성에 대한 이면우(2003)의 연구 결과나 한국 근현대사 과학사의 초등 교육 활용 방안에 대한 문만용(2008)의 연구 결과로부터 알 수 있다. 본 연구에서는 과학 교육 및 과학사 전문가들에게 동양 과학사를 학교 과학에 도입할 필요성에 대하여 1차 질문을 통하여 7가지를 추출했고, 그에 대한 동의 여부를 2차 조사를 통해서 질문하여 그 결과를 표 6에 정리하여 제시했다.

동양(한국) 과학사를 통해 우리 조상들의 과학 지식, 사고 및 기능, 과학적 태도를 배울 수 있고, 과학

표 6
동양(한국) 과학사를 과학 교육에 도입할 필요성에 대한 전문가의 의견

동양(한국) 과학사를 과학 교육에 도입할 필요성	전체	과학교육 학자	과학 사학자
동양(한국) 과학사를 통해 우리 조상들의 과학 지식, 과학적 사고 및 기능, 과학적 태도 등을 접할 수 있기 때문에	5.7	5.7	5.6
과학이 서양 문화권만의 산물이 아니라, 인류 모두의 산물임을 이해시키기 위해서	5.7	5.7	5.9
한국(동양) 과학사를 학습함으로써 민족 과학에 대한 인식을 제고하고 자긍심을 가질 수 있기 때문에	5.5	5.6	5.2
정신 세계와 인간의 삶을 강조하는 동양 과학사의 학습을 통해 과학에 대한 조화로운 안목을 길러줄 수 있기 때문에	5.1	5.1	5.3
동양(한국) 과학사는 사회 문화적 친근감이 있어 쉽게 접근할 수 있기 때문에	5	5.2	4.6
동양(한국) 과학사를 통해 과학지식 학습에 도움이 되는 예가 다수 있기 때문에	4.7	4.7	4.7
학생들이 동양(한국) 과학사에 관심이 많아 흥미도가 높기 때문에	4.3	4.3	4.6

* 현재도 과학 계열 전문 교과 교육 과정에는 ‘과학사’가 교과목으로 편성되어 있다.

이 서양만의 산물이 아니고 인류 모두의 산물임을 이해시키고, 동양 과학을 통해 민족 과학에 인식 재고를 통해 자긍심을 가질 수 있다는 등의 필요성에 대해서 비교적 높은 인식을 나타냈다. 정신 세계와 인간의 삶을 강조하는 동양(한국) 과학사의 학습을 통해 과학에 대한 조화로운 안목을 길러줄 수 있다는 것과 동양(한국) 과학사가 사회 문화적인 친근감이 있어 쉽게 접근할 수 있다는 데에는 약하게 동의했다. 반면, 동양(한국) 과학사를 학습함으로써 과학 지식 학습에 도움을 준대거나 동양(한국) 과학사에 관심이 많은 학생들에 대해서 흥미도가 높을 것이라는 점에는 동의했지만, 다른 내용에 비해서 높지 않았다. 이면우(2003)는 과학 교육에 한국 과학사를 도입하면 과학 개념을 학습하는데 도움을 주거나 흥미를 유발시키는데 도움을 줄 것이라고 주장했는데, 본 연구에서 응답한 전문가들의 전체적인 의견에 의하면 동양(한국) 과학사를 과학 교육에 도입하는 목적에 다른 차원의 접근이 필요할 것으로 생각된다.

동양(한국) 과학사를 학교에서 활용하는데 어떤 어려움이 있는지에 대하여 질문했는데, 1차 서술식 조사에서 모두 5가지 유형의 응답이 있었고 이를 2차 조사에서 응답한 결과를 표 7에 제시했다. 학교에서 배우는 과학 개념이 주로 서양 과학 위주로 되어 있기 때문에 동양 또는 한국의 과학과 연결하기 어렵기 때문에 도입하기 어렵다는 응답, 과학 교과서에 동양(한국) 과학사가 많이 제시되지 않아서 수업에 사용할 수 없다는 응답, 교사들이 동양(한국) 과학사에 대해서 잘 알지 못하기 때문이라는 응답, 동양(한국) 과학사에 대한 교수 학습 자료가 보급되지 않았기 때문이라는 응답이 매우 높은 비율로 제시되었다. 상대적으로

낮기는 하지만 동양(한국) 과학사를 학교에 활용하는데 적합한 교수 학습 모형(모델)이 개발되지 않았기 때문이라는 응답도 많은 전문가들이 과학사가 활용되지 못하는 이유로 동의했다.

실제로 학교 과학은 교과서를 중심으로 이루어지고, 교과서는 교육 과정에 맞추어 개발된다. 우리나라 교육 과정을 살펴보면 대부분 과학의 내용이 과학의 기본 개념을 이해하는 것을 가장 큰 목적으로 하고 있다. 따라서 동양(한국) 과학사는 그런 관점에서 살펴보았을 때 교과서에 포함될 수 있는 여지가 많지 않고, 결국 활용되기 어려운 측면이 있다. 우리나라 교과서를 분석한 이봉우와 신동희(2010)의 연구에 따르면, 초등학교 3학년부터 10학년까지를 대상으로 한 과학 교과서에 나타난 과학자 103명 중에 동양 과학자는 우리나라 과학자인 정약용과 장영실 2명만이 제시되었다. 물론 우리가 배우는 과학의 개념이 서양의 과학에 토대를 두고 있기 때문에 서양 과학사가 과학 교과서에 많이 포함되는 것이 당연할 것이다. 그러나 우리나라를 포함한 동양에서도 오래 전부터 과학 활동이 이루어져왔고, 세계적으로도 앞서 갔던 영역도 있다. 다만 이런 사례가 과학교육자들에게 많이 알려지지 않았고, 결국 과학 교과서 또는 교수 학습 자료 속에 동양(한국) 과학사가 포함되지 못하는 결과를 낳은 것으로 생각된다. 과학의 기본 개념은 서양 과학사를 중심으로 기술되는 것이 바람직하겠지만 동양(한국) 과학사의 내용도 일부 포함될 수 있을 것이며 특히 과학적 탐구 능력, 또는 과학의 정의적 영역, 과학 지식의 형성 과정과 같은 과학의 본성에 있어서는 동양(한국) 과학사의 내용을 발굴하여 교과서 또는 교수 학습 자료에 포함될 수 있도록 할 필요가 있다.

표 7
동양(한국) 과학사가 학교에서 활용되지 못하는 이유에 대한 전문가의 의견

동양(한국) 과학사가 학교에서 활용되지 못하는 이유	전체	과학교육 학자	과학 사학자
학교에서 배우는 과학 개념이 주로 서양과학 위주로 되어 있어, 동양(한국) 과학과 연결하기 어려워서	6.0	5.9	6.3
과학 교과서에 동양(한국) 과학사 내용이 부족하기 때문	6.0	6.0	5.9
동양(한국) 과학사에 대한 교사들의 지식과 활용 능력이 부족하기 때문	5.9	5.9	5.9
동양(한국) 과학사 사례의 발굴이 어려워 다양한 자료가 개발되지 않았기 때문	5.9	5.9	5.6
동양(한국) 과학사를 과학 교육에 도입하는 적절한 교수 학습 방법 또는 모델이 개발되지 않았기 때문	5.5	5.3	6.2

현재 과학 교과서에 포함되어 있는 과학사 내용은 과학자의 업적 또는 과학 내용과 관련된 영역으로 과학의 개념을 이해하는데 도움을 주는 자료의 역할을 하고 있다. 본 연구에서는 1차 조사를 통하여 전문가들이 생각하는 의미 있는 과학사 자료로 무엇이 가능할 것인지를 질문했다. 전문가들이 제시한 내용을 묶으면 표 8과 같다.

기존에 많이 제시되어 왔던 과학사 자료인 '대표적 과학자와 그 업적'이나 '과학 기구의 발달 과정', '과학 기술 사회의 상호 관련성'에 대한 요구도 제시되었지만, 자연 현상에 대해서 관찰하고 탐구하는 근원적인 내용이나 과학 지식(이론) 형성 과정과 같이 과학의 본성과 관련된 내용이나 과학자들의 역경을 극복하는 사례나 과학과 윤리에 대한 내용과 같은 정의적인 측면에 대한 요구도 많이 제시되었다. 또한 자연 현상을 설명하는 다양한 이론에 있어 동양과 서양의 관점의 차이를 제시하는 내용, 동양에서 자연 현상을 관찰 기록한 사례 등과 같이 동양의 과학사에 대한 내용 소개에 대한 요구도 많았다.

과학 교육에 과학사를 도입하는 가장 기초적인 방법은 과학 교과서 속에 과학사 내용을 포함하는 것이다.

그러나 최근 이루어진 연구(이봉우, 신동희, 2010; 최윤희 등, 2010)에 의하면 과학 교과서 속에 제시된 내용은 주로 과학자의 업적 위주로 되어 있다. 본 연구에서는 전문가들에게 교과서 속에 과학사를 도입하는 방안에 대해서 1차 질문을 했고, 전체 의견을 9가지 내용으로 정리하여 2차 조사를 실시했다(표 9).

가장 높은 동의를 나타낸 것은 과학의 개념을 학습하는데 그 개념과 관련된 과학사적 내용을 제시하는 방안이었다. 이는 현재 과학 교과서에서 주로 사용하는 방법으로 과학사 학습의 가장 큰 장점이 과학 개념 이해를 도울 수 있다는 점과 관련이 깊다. 그 다음으로 높은 동의를 나타낸 항목은 과학 개념이 형성되는 탐구 과정을 소개할 수 있는 과학사 자료를 제시하는 방안이다. 제7차 과학과 교육과정(교육부, 1997)에서는 10학년 과학에 '탐구' 단원 속에 과학사 사례를 이용하여 탐구 과정에 대해 소개하는 내용이 이와 관련된 내용이다. 그 후에 고시된 2007년 개정 교육과정(교육인적자원부, 2007)에 제시된 '자유 탐구'를 기술하는 과정에서 탐구의 과정을 과학사 사례로 제시한 내용도 관련이 있다.

시대적 배경이 과학의 발달에 영향을 끼치는 내용

표 8
전문가들이 개발 요구한 과학사 자료 주제

과학사 자료 주제	세부 내용
1. 자연관 · 자연 인식의 다양성	- 동·서양 자연 인식의 비교 - 자연 현상을 설명하는 다양한 이론 - 동일 사례에 대한 다양한 해석
2. 자연 현상에 대한 역사적 기록	- 자연 현상을 관찰(관측), 기록하는 이유 - 자연 현상에 대한 다양한 관찰(관측) 기록 - 자연 현상에 대한 해석의 문제
3. 과학지식(이론)의 형성 과정	- 과학자들의 탐구(내지 지식 창출) 과정 - 많은 과학자들의 노력을 통해 하나의 이론이 성립되어 가는 사례 - 과학 지식의 가변성 - 과학 이론의 역사적 진화 과정
4. 과학자의 과학 활동	- 과학자들의 역경 극복 사례 - 과학자가 겪는 어려움 - 하나의 이론에 일생을 바친 과학자
5. 대표적 과학자와 그 업적	- 학교 과학 개념과 과학자의 활동이 연결된 사례
6. 과학 기구의 발달 과정	- 도구를 중심으로 하는 발달 사례
7. 과학과 기술, 사회의 상호 관련성	- 과학과 기술, 사회와의 상호 연관성을 보여주는 사례 - 과학의 발전과 논쟁 - 과학이 주변 요인에 미치는 영향
8. 과학과 윤리	- 과학자의 윤리성, 과학 윤리

표 9
교과서에 과학사를 도입하는 방안에 대한 전문가의 의견

교과서에 과학사를 도입하는 방안	전체	과학교육 학자	과학 사학자
과학의 개념을 학습하는데 그 개념과 관련된 역사적 기원 및 과정을 포함하는 내용을 담도록 함	6.1	6.1	6.3
과학 개념이 형성되는 탐구 방법 및 과정을 소개	6.1	6.1	6.1
시대적 배경이 과학의 발달에 영향을 끼치는 내용 포함	5.9	5.9	5.9
업적 위주의 내용보다 과학 철학을 포함하여 과학의 본성을 보여줌	5.7	5.8	5.4
동기 유발의 보조 자료로 제시	5.5	5.4	5.6
사례를 중심으로 한 읽기 자료의 형태	5.2	5.1	5.5
과학적 사고력과 탐구력을 평가할 수 있는 탐구 문제 형태로 제시	4.8	4.7	5.2
수업의 한 차시로 과학사를 구성하거나 별도의 단원으로 구성	4.7	4.6	4.9
별도의 교과서(과학사)를 개발하여 교육	4.1	3.8	5.5

과 같이 과학기술사회(STS)와 관련된 과학사를 과학 교과서에 포함하자는 의견도 높은 동의를 나타내었으며 과학 철학과 연관된 과학의 본성에 대한 내용도 비교적 높은 동의를 나타냈다. 또한 동기 유발의 보조 자료, 읽기 자료의 형태로 제시하는 것에는 상대적으로 평균적인 수준의 동의를 나타냈다.

반면 수업의 한 차시로 과학사 내용을 구성하는 단원이 포함되어야 한다거나 별도의 과학사 교과서를 개발하여 교육해야 한다는 의견에는 상대적으로 낮은 수준의 동의를 했다. 과학사 교과서의 개발에 대해서 과학교육학자들은 부정적이었지만, 과학사학자들은

긍정적 의견을 제시했다.

그 다음 질문은 과학 수업에 과학사를 활용하는 교수 학습 방법 또는 내용에 대한 내용이었다. 과학사를 이용한 교수 학습 모형도 개발되어 있을 만큼 과학사를 수업에 활용하는 다양한 방법이 존재한다. 전문가들이 제시한 의견을 모두 9가지로 정리하여 2차 질문했고 그 결과는 표 10과 같다.

전체적으로 9가지의 의견에 대해서 고르게 동의했고, 그것은 과학교육학자나 과학사학자들 간에 큰 차이가 없었다. 상대적으로 높게 동의한 영역은 과학사의 탐구 과정을 통하여 탐구 능력을 신장시키는데 활

표 10
과학사를 수업에 활용하는 방안에 대한 전문가의 의견

과학사를 수업에 활용하는 방안	전체	과학교육 학자	과학 사학자
과학자의 탐구 과정을 살펴봄으로써 탐구의 과정을 이해하는데 활용	6.2	6.2	6.5
과학사에 제시된 여러 논쟁을 활용한 토론 수업에 활용	6.0	5.9	6.5
교육 과정의 내용과 수준에 잘 들어맞는 내용으로 제시	5.8	5.8	5.9
동기 유발 자료로 활용	5.7	5.8	5.5
과학사와 관련된 과학관, 문화 유산 탐방 수업에 활용	5.7	5.6	6.0
과학사의 내용으로 과학 개념을 학습하는데 활용	5.4	5.3	5.6
읽기 자료나 수업 보조 자료로 활용	5.3	5.3	5.4
과학자의 탐구 과정을 따라서 직접 수행하는 활동에 활용	5.3	5.2	5.5
과학사의 내용을 역할놀이(과학 연극)를 통하여 활용	5.2	5.1	5.5

용하는 내용과 과학사에 제시된 논쟁을 이용하여 토론 수업에 활용하는 의견이었다. 반대로 낮게 동의한 것은 과학 개념 학습에 활용, 보조 자료로 활용, 과학자의 탐구 과정을 그대로 수행, 역할 놀이 등이었다.

과학 교육에서 과학사의 활용을 높이는 방안으로 많은 전문가들이 과학 교사에 대한 과학사 연수 과정이 필요하다고 응답했다. 본 연구에서는 과학사 활용 교사 연수에서 필요한 연수 내용 및 연수 방법을 질문했고, 그 응답을 모두 9가지로 정리하여 질문하여 그 결과를 표 11에 제시했다.

전체적으로 1차 조사에서 제시된 9가지 의견에 대해서 대부분 긍정적이라는 결과를 나타냈다. 전문가들이 가장 필요하다고 생각한 교사 연수 프로그램은 과학사 활용 수업의 실제 사례를 제시해주고 이에 대해서 논의하는 것이었다. 같은 맥락으로 과학사 활용 교육의 교수 학습 방법을 학습하거나 교수 학습 프로그램을 개발하는 교사 연수 프로그램에는 많은 전문가들이 강하게 긍정했다. 많은 전문가들은 이론적인 학습보다는 실제적인 연수가 교사들에게 큰 효과가 있다는 것을 지적했다. 다음은 한 전문가의 의견이다.

- 이론에 치우친 연수보다는 실제로 학교 현장에서 활용할 수 있는 생동감 있는 경험을 제공하는 것이 필요하다고 생각합니다. 예를 들어, 교사들이 직접 과학사를 조사해보거나, 교사들에게 관련 정보를 제공하고 실제로 그것을 바탕으로 수업을 구성하여 발표하는 내용이 포함되어야 할 것 같습니다.

과학사학자들은 과학사의 사례를 설명하는 내용의 교사 연수에 대해서 과학교육학자에 비해 높게 동의했다. 이것은 교사들이 과학사에 대한 지식이 부족하기 때문에 과학사가 과학교육에 잘 활용되지 못한다고 생각한 것과 연결된다. 한국 과학사나 동양 과학사에 대한 내용을 설명하는 방식의 연수에 대해서는 상대적으로 낮게 동의했는데, 과학교육학자들이 과학사학자보다 더 낮았다. 또한 과학사 활용 교육에 대한 평가 방법에 대해서는 가장 낮은 수준의 동의를 보였다.

IV. 결론

본 연구에서는 과학 교육에서 과학사 활용에 대한 전문가의 의견을 분석했다. 박사급 전문가로 과학교육학자와 과학사학자를 대상으로 1차 조사를 통하여 과학사 활용 교육에 대한 여러 의견을 받아 이를 정리한 후 6개 영역의 55문항으로 구성된 2차 조사를 실시했다. 이상에서 얻은 결론과 제언은 다음과 같다.

첫째, 과학사 활용 교육에서 과학의 본성과 관련된 의견이 많이 제시되었다. 최근 과학의 본성이 과학 교육에서 관심을 받으면서 그 방안으로서 과학사가 관심을 받고 있기는 하지만, 교과서 속에서 제시된 과학사 관련 내용은 대부분 과학의 개념을 이해하기 위한 자료에 불과했다. 전문가들은 과학사를 과학 교육에 활용했을 때 과학 지식의 생성 과정을 알 수 있고, 과학 개념이 발달해 온 과정을 통해서 과학적 방법을 이해할 수 있다는데 높게 동의했고 관련 자료의 개발이 이루어지기를 기대했다.

표 11
과학사 교사 연수 내용 및 방법에 대한 전문가의 의견

과학사 교사 연수 내용 및 방법	전체	과학교육학자	과학사학자
과학사 활용 수업의 실제 사례, 수업 시연	6.4	6.5	6.1
과학사 활용 교육의 교수 학습 방법(이론/토론)	6.3	6.3	6.4
과학사 활용 교수 학습 프로그램 개발 워크숍	6.2	6.2	6.1
다양한 서양 과학사 사례 설명	5.9	5.8	6.4
과학사에 제시된 과학 실험 재현하는 활동	5.8	5.9	5.8
과학사 활용 교육의 필요성 및 장점(이론/토론)	5.8	5.8	5.9
다양한 한국 과학사 사례 설명	5.8	5.7	6.0
다양한 동양 과학사 사례 설명	5.7	5.7	5.8
과학사 활용 교육에 대한 평가 방법(이론/토론)	5.6	5.6	5.4

둘째, 과학사를 학교 수업에서 활용하기 위한 교수 학습 자료의 개발을 요구했다. 과학사가 학교 교육에서 많이 활용되지 못하는 이유 중에서 가장 큰 것은 교사들이 활용하기에 적합한 과학사 관련 자료가 부족하다는 점이었다. 2007년 개정 과학과 교육과정의 교수 학습 방법에 과학사 자료를 과학 교과에서 활용하도록 권장하여 많은 교과서에서 과학사 자료를 포함하고 있다. 그러나 현재 제시된 과학사 자료는 대부분 읽기 자료의 형태로 제시되어 어떤 과학 개념이 학습될 때 그와 관련된 배경 이론으로서 제시될 뿐 과학사 활용 교육의 장점이 잘 드러나지 않는 수준이다. 따라서 과학사를 활용했을 때 얻을 수 있는 장점과 연계하여 명시적으로 과학사를 과학 교육에 활용할 수 있는 방안이 필요하며 그에 따른 교수 학습 자료의 개발이 이어져야 한다.

셋째, 실행 중심의 과학사 활용 교사 연수가 필요하다. 일반적으로 과학사 교사 연수라고 생각하면 과학사 내용을 알기 쉽게 설명하는 내용이 연수의 주된 내용이 될 것으로 기대한다. 물론 과학사 내용을 잘 아는 것이 중요하지만 전문가들의 의견은 과학사 자체의 내용보다는 과학사 활용 교육의 방법적인 측면에 대한 연수와 교사들이 직접 과학사 활용 교육의 사례를 직접 경험함으로써 실제적인 연수의 과정이 유의미하다는 것이다. 최근 교사 연수과정에도 일방향적인 연수가 아니라 교사들이 직접 프로그램을 개발하고 이를 논의하는 실행중심의 쌍방향적인 연수가 많은 교사들의 높은 호응을 받고 있는데, 과학사 활용 교육에 대한 연수도 실제 사례를 중심으로 실행하거나, 프로그램 개발에 직접 참여하는 워크숍 형태의 연수가 큰 도움이 될 것으로 생각한다.

넷째, 일부 영역에 대해서 과학교육학자와 과학사학자 간 의견 차이가 나타났다. 전반적으로 과학교육학자나 과학사학자 간 차이는 크지 않았지만 과학교육학자들은 과학사를 통해서 과학 개념 변화를 할 수 있다는 것을 큰 장점으로 여긴 반면 과학사학자들은 이 점을 의미 있게 생각하지 않는 경향이 있었다. 또, 과학사학자들은 과학사를 학교 과학의 틀 속에 넣기 위해서는 '과학사' 교과목이 일반 학교에 편성되기를 강하게 희망했다. 또한 과학사학자들은 교사들이 과학사 내용에 대한 이해가 부족하기 때문에 교사 연수에서 과학사 내용에 대한 교육이 많이 포함되어야 한다고 생각했다.

마지막으로 전문가들은 동양(한국) 과학사에 대한 교육 필요성에 대해 그리 높지 않은 동의를 나타냈다. 동양(한국) 과학사를 교육할 필요성에 대해서 긍정적으로 응답을 했지만 다른 영역에 비해서는 상대적으로 높지 않은 수준이었다. 특히 현재 과학사 활용 교육이 가장 많이 적용되는 영역인 과학의 개념 이해 부분에 대해서는 동양(한국) 과학사를 활용할 필요성에 동의하지 않는다는 의견도 많았다. 우리는 과학 교육에서 과학사 자체를 배우는 것이 목적이 아니라, 과학 교육의 목적을 달성하기 위한 한 가지 방법으로서 과학사를 도입하려는 것이다. 따라서 서양 과학사를 활용할 것인지 또는 동양(한국) 과학사를 활용할 것인지는 이전의 목적을 우선 고려하여 적절한 것을 택할 필요가 있다. 이에 대한 한 전문가의 의견은 많은 내용을 함축하여 시사한다.

“동양(한국) 과학사가 좋다? 서양 과학사가 좋다?”의 맥락보다는 그동안 서양 과학사에 치우친 과학사 활용 교육의 제한점을 극복하는 맥락에서 연구가 진행되는 것이 좋을 것 같습니다. 즉, 특정 교육 목표에 서양 과학사의 사례가 더 좋은데 상대적으로 덜 좋은 동양(한국) 과학사를 제시할 필요는 없다고 생각합니다. 또한 교사들이 활용할 것을 생각하면 동일한 교육 목표에 대해 서양 과학사와 동양(한국) 과학사를 활용한 자료를 함께 개발하는 것도 좋을 것 같습니다.”

이전에 기술한 바와 같이 과학의 기본 개념은 서양 과학사로 진술해야 한다. 그러나 과학의 본성이나 정의적인 측면에 있어서는 동양(한국) 과학사의 내용이 오히려 서양 과학사 내용보다 더 좋은 사례가 있을 수 있다. 다만 서양 과학사 사례에 비해서 동양(한국) 과학사 사례가 극히 부족하기 때문에 적합한 사례의 개발이 시급히 이루어져야 할 것이다.

국문 요약

본 연구의 목적은 과학 교육에서 과학사 활용을 활성화 시키기 위한 방안에 대한 전문가 의견을 조사하는 것이다. 이를 위하여 과학교육학자와 과학사학자를 대상으로 2단계 조사(1차 조사 30명, 2차 조사 84명)를 실시했다. 주요 연구 결과는 다음과 같다. 첫째,

과학사 활용 교육에서 과학의 본성과 관련된 의견이 많이 제시되었다. 둘째, 과학사를 학교 수업에서 활용하기 위한 다양한 교수 학습 자료의 개발을 요구했다. 셋째, 실행 중심의 과학사 활용 교사 연수를 요구했다. 넷째, 일부 영역에 대해서 과학교육학자와 과학사 학자간의 의견 차이가 발견되었다. 다섯째, 동양(한국) 과학사에 대한 교육 필요성에 그리 높지 않은 동의를 나타냈다. 특정 영역에 대한 동양(한국) 과학사 교수 학습 자료의 개발이 필요하다.

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*. 교육부 고시 제 1997-15호.
- 교육인적자원부 (2007). *과학과 교육과정*. 교육인적자원부 고시 제 2007-79호.
- 문만용 (2009). 한국 근현대 과학사의 초등교육 활용 방안. *초등과학교육*, 28(2), 197-212.
- 윤혜경 (2007). 과학 연극 활동이 과학 실험의 이해에 미치는 영향. *초등과학교육*, 26(3), 260-266.
- 이면우(2003). 한국과학사 자료를 이용한 과학교육의 가능성. *초등과학교육*, 22(2), 211-222.
- 이봉우, 신동희 (2010). 제7차 교육과정 '과학' 교과서의 과학사 관련 내용 분석. *새물리*, 60(5), 488-496.
- 이봉우, 신동희 (2011). 일본과 싱가포르 교과서에 제시된 과학사 내용 분석: 한국 과학 교과서와의 비교. *학습자중심교과교육연구*, 11(1), 229-246.
- 최윤희, 최경희, 진희경 (2010). 제7차 초중등 과학 교과서의 과학사 내용에 도입된 과학의 본성 분석. *새물리*, 60(3), 273-282.
- American Association for the Advancement of Science (1994). *Benchmarks for Scientific Literacy: Project 2061*. New York, USA: Oxford University Press.
- Duschl, R. A. (1990). *Restructuring science education: The importance of theories and their development*. NY: Teachers College Press.
- Justi, R. & Gilbert, J. (1999). A cause of a historical science teaching: the use of hybrid models. *Science Education*, 83(2), 163-177.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
- Leite, L. (2002). History of science in science education: development and validation of a checklist for analysing the historical content of science textbook. *Science & Education*, 11, 333-359.
- Matthews, R. (1994). *The role of history and philosophy of science*. NY: Routledge.
- 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.
- National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Solomon, J. (1992). Teaching about the nature of science through history: action research in the classroom. *Science Teaching*, 29(5), 409-421.
- Stocklmayer, S. & Treagust, D. (1994). A historical analysis of electric currents in textbooks: A century of influence on physics education. *Science & Education*, 3(2), 131-154.
- Wandersee J. H. (1985). Can the history of science help science educators anticipate students' misconceptions? *Journal of Research in Science Teaching*, 23(7), 581-597.