

한국과학사 자료를 이용한 과학교육의 가능성

이면우

(춘천교육대학교)

The Possibility of Science Education Using the History of Korean Science

Lee, Myon-U

(Chuncheon National University of Education)

ABSTRACT

Science has developed along with human society and history. In today's society ruled by pluralism, an educational approach using the historical materials which represent their own cultures will make science education more effective. The purpose of this study was to search for the meaning of science education related with a history of science, and to suggest the possibility for science education based on Korean history of science. The conclusions of this study is below: (1) The history of science is useful to teaching science in K-12 setting. That is because it was helpful to make a scientific concept and to invite student's interest about learning science. Moreover, it was most suitable to teach the nature of science as well as the relation between science and society. (2) A model which consists of 15 types of science education materials using Korean history was suggested. This model plays a potential role as a R&D framework of developing teaching & learning materials based on the history of Korean Science.

Key words : science education, history of science, teaching & learning materials

I. 서 론

과학은 사회나 역사와 분리하여 생각할 수 없다. 사회 속에서 역사적인 발전과 더불어 과학이 진행해 왔기 때문이다. 한편 서양 문화에 바탕한 과학과 우리의 전통 문화는 다소 이질적이다. 그렇기에 전통 문화의 구조 위에서 과학을 보는 관점이 중요하다(Ogawa, 1986). 뿐만 아니라 다원사회에서는 학습자가 속한 문화에 따라 과학교육의 내용도 달라질 필요가 있다(Reiss, 1993). 더욱이 오늘날 우리의 과학교육이 우리 문화와 유리되어 있다는 점이 큰 문제점으로 지적된다(박성래, 1991).

이러한 과학의 특성을 이해한다면 과학교육도 과학의 개념이나 과정 및 태도만 강조할 것이 아니라 사회와 역사의 관련 속에서 교육시켜야 할 것이다(교육부, 1997). 이 연구에서는, 우리 문화와 친숙한 과학교육을 실현하기 위한 방안의 하나로, 과학사를 이용

한 과학교육의 의미를 탐색하고 우리 과학사 자료를 활용한 과학교육의 가능성을 제시하고자 한다.

이 글에서는 먼저 과학사와 과학교육을 연계시키려는 국내외의 연구 현황을 소개한다. 다음에는 과학교육에서 과학사 도입에 대한 장단점과 과학사를 도입한 과학수업의 사례를 제시한다. 이어 우리 역사 자료를 활용한 과학교육의 가능성과 과학수업의 유형을 제안한다.

II. 과학사와 과학교육의 관계

1. 과학사와 과학교육의 연계- 1980년 이전 영국과 미국을 중심으로

과학사와 과학교육의 관계에 대한 논의는 주로 과학사를 과학교육에 이용하려는 노력으로 귀결된다. 이와 같은 노력은 19세기 중엽 유럽에서 시작되었다. 1855년 영국과학진흥협회(BAAS, British Association

이 연구는 2001년도 과학문화연구센터 연구비 지원에 의해 수행되었음.

2003.8.1(접수), 2003.8.20(최종 통과)

E-mail: leemaner@cnu.ac.kr(이면우)

for the Advancement of Science)에서 당시 총재였던 아질(Argyll)이 과학교육에서 ‘과학의 방법, 무엇보다도 과학사’를 교수해야 한다고 주장한 것이 그 대표적인 예이다(Matthews, 1991). 1917년 영국과학진흥협회의 『중등학교 과학교육 보고서』(Science Teaching in Secondary Schools)나 1918년 톰슨(Thomson)의 『정부위원회 보고서』(Natural Science in Education)에서도 과학교육에서 과학사에 대한 학습이 필요하다고 했다(Brock, 1989; 박종원 등, 1999).

이러한 주장이 20세기 초반에 나온 이유는 19세기 말에 과학교과가 초·중등 교과목으로 처음 편입되었다는 사실에서 찾을 수 있다. 그 결과 고전교과들의 가졌던 독점적인 지위를 과학교과가 위협했다. 이러한 갈등 속에서 고전교과들은 과학교과가 인류문화와 유리된 비인간적인 분야라고 비난했던 것이다. 특히 제1차 세계대전에서 과학이 위력을 보이자 더욱 강한 비판이 있었다. 이에 대응하여 과학을 ‘인간화’하고 하나의 ‘문화’로 인식시키며 과학의 인문적인 가치를 보이기 위한 방편의 하나로 당시 진보적인 과학자와 과학교육자에 의해 과학교육에 과학사를 도입할 것을 적극적으로 고려하기 시작했다(Brock, 1989). 1920년대부터 과학교육에 과학사를 도입하려는 또 하나의 동기는 암스트롱(Armstrong)이 주장한 발견적 교수법(heuristic methods)에 대한 내부 비판 때문이었다(박종원 등, 1999). 발견적 교수법을 강조한 나머지 학생들은 실험활동에 몰두할 수 있었지만, 과학의 본성이나 과학적 방법을 효율적으로 학습하지 못한다는 것이었다. 뿐만 아니라 당시 중등 수준의 과학교육은 너무 전문적이었으므로 학생들에게 흥미를 주는 교과가 아니었다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 모든 학생들에게 물리학, 화학, 생물학 등으로 구분되는 개별 학문이 아니라 종합적인 ‘일반과학(general science)’으로 교수해야 한다는 주장이 나왔다. 이러한 일반과학 운동의 일환으로 과학교육에 과학사를 도입할 필요가 있다고 주장했으며, 그 결과 영국의 과학교육에 과학사 요소가 상당수 포함되었다. 대표적인 성과로 『시민을 위한 과학』(Science for the Citizen)의 출판을 들 수 있다(Hogben, 1938; 김영식 등, 2002에서 재인용).

영국과 달리 미국은 1940년대 말까지 진보주의 영향을 받아 실용적인 과학교육을 강조했었다. 그러나 제2차 세계대전 이후부터 미국의 실용적인 과학교육은 학문의 구조를 강조하는 과학자와 과학의 인문학

적 측면을 강조하는 학자로부터 비판을 받았다. 후자의 대표적인 학자가 하버드 위원회(Harvard Committee)의 코넨트(Conant)였다. 그는 ‘과학교육은 문화적·역사적·철학적 맥락을 통한 교양교육이어야 한다’고 주장했다. 또한 일반인에게 과학을 가르치는 지름길은 과학사를 통한 것이라고 했다. 특히 사례사(case history)를 통한 과학 학습은 과학의 전략과 전술을 배울 수 있다는 이점이 있다는 것이다(Conant, 1945). 1957년 소위 스푸트닉 쇼크(Sputnik Shock) 이후 실용적인 과학교육에 대한 강한 비판이 나왔고 곧이어 미국은 새로운 과학교육과정 개발에 몰두했다. 전문 과학자들이 대거 참여한 과학교육과정 개발에서 과학교육의 목적은 실용적인 일반인의 양성이 아니라 전문 과학자의 양성으로 바뀌었다. 이러한 학문중심 교육과정 운동 속에서 하버드 프로젝트·물리(HPP, Harvard Project Physics; Rutherford et al., 1970)의 경우는 과학교육에서 과학사를 강조한 예외적인 사례가 된다.

1980년대 이후부터 과학교육에서 과학사에 대한 관심은 STS교육 운동과 밀접한 관계가 있다(Ziman, 1980). STS교육은 과학과 그것을 응용하는 기술과 과학을 적용하는 사회와의 관련성을 강조한 교육으로 과학의 본성, 과학 개념의 변천 과정, 과학과 기술 및 사회와의 관계가 핵심적인 내용이었다. 그러므로 구미 각국에서는 STS 교육운동과 함께 다시 과학사를 적용한 과학교육이 강조되는 추세였다(조희형, 1994; 최경희, 1996; 김효남 등, 1998).

영국의 경우 1986년 영국과학교육협회(ASE, Association for Science Education)에서는 과학의 역사적 측면을 통해서 과학을 보다 문화적인 활동으로 인식시키기 위한 위원회를 구성했다. 위원회의 설립 이후 영국과학교육협회와 영국과학사학회(BSHS, British Society for the History of Science) 사이에 활발한 논의가 있었으며, 구체적인 방안을 제시하기 시작했다. 그 성과로는 쇼트랜드와 워윅(Shortland & Warwick, 1989)의 『과학사 교육』(Teaching the History of Science), 호니 등(Honey et al., 1990)의 『과학 본성의 탐색』(Investigating the Nature of Science), 솔로몬 등(Solomon et al., 1991)의 『과학 본성의 탐구』(Exploring the Nature of Science) 등이 있다(김영식 등, 2002에서 재인용). 그 결과 영국과학교육과정(British National Science Curriculum)에서는 과학 교과에 과학사 및 과학철학에 관련된 내용으로 5% 이

상 할당하도록 정했다(NCC, 1988; 송진웅, 1999, 2000).

미국의 경우에도 1980년대에 이르러 과학교육에서의 과학사를 다시 강조하기 시작했다. 그 전형적인 예가 미국과학재단(NSF, National Science Foundation)의 지원으로 1987년에 시작된 “과학사, 과학철학 및 과학교육(The History and Philosophy of Science and Science Teaching)” 프로젝트이다(Matthews, 1991; 양승훈 등, 1996). 이 프로젝트에서는 과학교사, 과학자, 역사학자, 철학자, 교육행정가들이 국제학술대회를 통하여 과학교육에서 과학철학이나 과학사를 도입하려는 실제 전략을 수립했다. 또한 미국과학진보협회(AAAS, American Association for Advancement of Science)가 주도한 『프로젝트 2061』(Project 2061)에서는 과학교과과정에 과학사를 도입할 것을 강력하게 추천했으며(AAAS, 1989), 이어 『과학적 소양을 위한 벤치마크』(Benchmarks for Scientific Literacy)에서도 과학사 탐구방법을 적용한 프로그램을 소개하였다(AAAS, 1993). 또한 국가 수준의 교육과정에 상응하는 미국과학교육표준(National Science Education Standards)을 제정했는데, 여기에 역시 과학사를 적용한 과학과 교수학습을 과학교과의 중요한 내용이자 전략으로 제시했다(NRC, 1996).

이처럼 영국과 미국에서는 20세기초부터 과학을 하나의 문화로 간주하려는 시각에서 과학사의 중요성이 강조되어 왔다. 1980년대 이르러 STS교육 운동으로 연결되면서 현재 구미 각국의 과학 교육과정에서 과학사는 중요하게 취급하고 있다.

2. 과학교육에 과학사를 도입하려는 논의 - 최근 연구와 일본의 경우

1980년대 이후에 구미 과학교육계에서는 과학사를 과학교육에 이용하고자 하는 다양한 연구와 접근이 이루어졌다. 특히 영국의 자이먼(Ziman, 1980)은 처음으로 STS교육 방법의 하나로 역사적 접근을 제시했다. 매튜스(Matthews 1989, 1990, 1991, 1994, 1998, 2000; Matthew & Agassi, 1996)도 계속해서 과학사나 과학철학을 과학교육에 이용해야 한다는 논거와 이론적인 배경을 제공했다. 그 밖의 많은 학자들(Brackenridge, 1989; Brush, 1989; Cohen, 1993; Monk & Osborne, 1997; Chang, 1999)도 과학사를 이용한 과학교육의 의미에 대하여 논의하였다.

과학사와 과학교육을 관련짓는 주장의 대부분은 효

과적인 과학 학습 지도와 새로운 과학교육의 방향 설정을 위한 방안의 하나로 과학사를 과학교육에 도입해야 한다는 것(Arons, 1988; Cushing, 1989; Kauffman, 1989; Jenkins, 1991)과, 학생의 과학개념의 확인과 교정을 위해 과학사의 개념적 변천과정을 점검하고 이를 학습 과정에 도입하는 것이 바람직하다는 것(Nersessian, 1991; Sequeira & Leite, 1991)으로 요약된다.

1990년대 이후에도 과학교육과 과학사를 관련짓는 논문들이 계속해서 나오고 있다. 그 중 과학교육에서 역사의 역할이나 가치에 관한 총체적인 언급을 한 논문이 비교적 많다(Ciparick, 1995). 또한 교사교육에서 과학사 역할을 강조한 논문(DeBoer, 1991; Kipnis, 1996; Riess, 2000)도 나오기 시작했으며, 과학사를 분야별로 적용한 연구도 다양하게 보고되고 있다. 예를 들어 물리학 분야에서는 물리학 전반에 대한 과학사와의 관계를 다룬 논문(Cushing, 1989), 운동에너지에 대한 과학사자료의 이용 사례(Justi & Gilbert, 1999) 등이 있다. 화학 분야에서는 화학교육과정과 과학사의 관계를 다룬 논문(Kauffman, 1989)과 원자론을 이용한 과학교육의 가능성을 연구한 것(Justi & Gilbert, 2000)을 찾을 수 있다. 이 밖에 생물 교육과 과학사 관계를 다룬 논문(Tamir, 1989), 지구과학 분야에서는 태풍에 관한 역사적 고찰(Kutzbach, 1979), 지질학적 시간에 관한 역사적 자료를 이용한 교사교육(Trend, 2000) 등도 발표되었다. 최근에는 과학사를 도입한 과학교육이 학생들의 개념 이해에 도움을 준다는 보고가 상당히 많은 연구자에 의해서 발표되었다(Bent, 1977; DeBerg, 1989; Nielsen & Thomson, 1990; Selley, 1996) 또한 과학사를 이용한 수업이 학생들의 문제해결 능력에 도움을 준다는 연구 결과도 나왔다(Lin et al., 2002).

한편, 일본에서 이루어진 과학사와 과학교육 관련 연구로는 오쿠라(小倉金之助)의 주장이 가장 앞선다. 유물사관에 입각한 오쿠라는 1938년에 발표한 논문에서 과학교육의 정확한 이론을 세우고 더불어 실천 방법을 확립하기 위해 가장 필요한 것은, 자연과학자, 과학사학자, 교육학자, 심리학자, 교사들의 협력을 하는 것이라고 주장했다(田中實, 1956에서 재인용). 타나카 역시 과학교육에 과학사의 도입을 강조했다(田中實, 1978a, 1978b). 일찍부터 시작된 이러한 논의는 과학사학자나 과학교육사상가들에 의해 상당히 이른 시기에 제기된 주장이었지만 당위성이나 필요성을

선언적으로 언급했을 뿐 심층적인 자료 개발이나 실천 사례를 다룬 것은 아니었다.

과학사를 과학교육에 이용할 수 있는 방법을 제시한 사람으로는 과학교육학자인 스즈키를 들 수 있다(鈴木善次, 1978). 그는 과학교육에서 과학사를 이용하는 방법을 간접적인 이용과 직접적인 이용으로 나누었으며, 미국의 HOSC(History of Science Cases for High Schools)를 직접적인 이용 사례로 자세하게 설명했다. 이보다 앞서 스즈키는 과학교육과 과학사의 관계를 논하는 글을 발표한 바 있다(鈴木善次, 1973).

특이한 연구 성과로는 1989년 일본과학사학회 정기학술발표회에서 이루어진 과학사 교육에 대한 토론을 들 수 있다. 여기서 鈴木善次와 玉卷佐和子(1989)는 STS교육의 일환으로서 대학과 고교 수준에 과학사교육이 필요하다고 역설하였다. 高橋哲郎(1989)은 과학사 교재 이용의 의의를 ① 과학사는 과학교육을 활기차게 만든다. ② 과학사나 과학교육 모두 과학적 인식의 형성과정을 취급하는 점은 같다. ③ 과학사는 과학을 발전시켰던 선인들의 고심한 흔적이 있고, 이러한 의미에서 과학적 방법의 보고가 된다. ④ 과학의 사회적 기능을 이해시키는 데 유효하다. ⑤ 과학자 인물상을 통해 학문의 존경심을 알게 한다고 했다. 또한 과학사교육의 방법으로 ① 과학사 자체의 학습, ② 케이스 히스토리 이용법, ③ 과학사가 투입된 교재의 사용의 세 가지를 들었다. 渡邊正雄(1989)은 시험을 치르기 위한 과학교육과, 결과만 강조하는 과학교육이 과학을 전공하지 않는 학생들에게 과학을 싫어하게 만드는 역효과를 가져왔다고 비판하면서 과학사를 도입한 과학교육이야말로 과학을 전공하는 학생에게 과학의 기초지식을 얻게 할뿐만 아니라 넓은 시야를 갖게 한다고 주장했다. 西村秀雄와 渡邊正雄(1989)는 일본 대학에서의 과학사 교육의 실천 사항을 소개하는 글을 발표했고, 中川徹(1989)은 과학박물관과 과학기술사의 관계를 논하였다.

과학사와 과학교육을 강조한 단행본으로는 高橋哲郎(1985)의 『교사를 위한 과학사교육 입문』을 찾을 수 있다. 이 책은 총 3부로 구성되어 있는데 제 1부에는 “과학교육과 과학사”, 제 2부는 “고등학교에서 과학사와 과학론을 어떻게 가르칠 것인가”, 제 3부는 “자연과 인간”이라는 주제로 다루었다. 이 책은 과학사와 과학교육을 접목시키는 주제를 종합적으로 다룬 일본 최초의 단행본으로 보인다. 최근까지도 과학사

와 과학교육을 접목시키려는 시도가 계속되고 있다. 예를 들어 板倉聖宣(2000)의 『科學と科學教育の原流-いたずら博士の科學史學入門』과 江澤洋(2001)의 『理科を歩む-歴史に學ぶ』 등이 그것이다.

3. 우리 나라에서의 논의

우리 나라에서 이루어진 과학사 교육의 의미에 대해서는 송상용(1971, 1984에서 재인용)의 선구적인 연구가 있다. 그는 과학에 별 흥미가 없는 인문계 학생들에게 교양 과학을 가르칠 수 있는 방안으로서, ‘어떤 과학적 결과가 나온 여러 단계를 다시 더듬어 보는 역사적 방법과, 결과를 분석해서 그 구조적 패턴과 구성 성분 사이의 논리적 관계를 드러내는 논리적 방법’을 제시했다. 또한 과학사를 과학철학이나 현대 과학과 관련시켜 교수하면, 과학은 넓은 과학의 회고에만 그치는 것이 아니라 과학의 개념적 구조와 과학 연구의 방법을 이해시킬 수 있을 것이라고 주장했다. 이어서 송상용 등(1991)은 대학 교양과학교육에서의 목적을 달성하기 위한 방법의 하나로 과학사 중심의 교양 교육이 중요하다는 점을 강조했고 구체적인 교수 요목을 제시하였다.

과학사와 과학교육을 관련시킨 연구서로는 양승훈 등(1996)의 『과학사와 과학교육』이 있다. 여기서는 과학교육과 과학사의 간학문적인 접근을 총체적으로 다루었고, 이어 물리학, 화학, 생물학 및 지구과학의 각 영역에 전문 학자에 의해 과학사를 과학 교과에 이용할 수 있는 사례를 제시하였다. 이보다 앞서 양승훈(1993, 1995)은 역사적 교수법을 이용한 물리학 개념학습을 강조하였다.

최근에는 과학사와 과학교육을 접목시키려는 노력이 여러 경로를 통해 이루어지고 있다. 그 중 한가지는 교육부나 시도 교육위원회를 중심으로 한 과학사 관련 자료집이나 과학사 교과서의 출간이다. 과학사 교과서는 제 5차 교육과정 중 과학고등학교에 교과목으로 선정되면서 처음으로 개발되었다(김범기 등, 1993). 제 6차 교육과정에서는 교육부 예산 관계로 개발되지 못했고, 제 7차 교육과정에서 다시 개발되었다(교육인적자원부, 2003). 이 밖에 교육부에서는 교사용 지도 자료로 『과학의 역사』(김영식 등, 1992)를 개발했으며, 서울시교육위원회(1987)에서도 과학사 지도 자료로 『과학이 걸어온 길』을 발간한 바 있다.

또 한가지 경향은 1990년대를 전후하여 과학사와

과학교육을 관련시키는 석사 논문이 활발하게 나온 점을 들 수 있다. 대표적인 예로는 과학사와 과학교육에 관한 전반적인 연구(이선경, 1994)와 과학사 수업모형에 관한 연구(장주희, 1998), 과학교육과정과 과학사를 관련시킨 연구(이안태, 1997; 홍진기, 1996) 등이 있다. 또한 우리 나라 전통과학과 과학교육을 접목시킨 오인진(2000)의 연구도 주목된다. 과학사교육에 대한 교사 인식을 조사한 정현례(1995)의 논문, 과학의 본성과 과학사 교육을 연관시킨 유진숙(1998)의 연구도 있다. 태도 영역과 과학사를 접목시킨 연구로는 중학생을 대상으로 한 김미리(2001)와 김은선(1997)의 연구와 고등학생을 대상으로 한 심창섭(1999)의 논문이 있다. 이 밖에 구체적인 과학교과와 내용과 관련지은 것으로 물리 분야에서는 물리교과서에서의 과학사 도입 유형을 다룬 김현주(1999)의 연구, 관성 개념을 다룬 김은경(1995)의 논문, 낙하 개념을 다룬 김홍중(1997)과 장기웅(1999)의 연구, 에너지 개념을 다룬 한승희(2001)의 논문이 있다. 화학 분야에서는 물질 단위를 다룬 유미현(1999)의 논문과 산소와 이산화탄소 개념을 다룬 민경숙(2000)의 논문이 있다. 생물 분야에서는 전반적인 개념을 다룬 이지은(2000)의 논문과 진화 개념과 과학사 관계를 연구한 박남이(2000)의 논문이 있다. 지구과학 분야에서는 전반적인 지구과학 개념학습을 다룬 이기영(1998)의 논문, 대기압에 관한 오개념을 다룬 이일형(1998)의 논문, 지구의 모양이나 우주관과 과학사적 사례를 대응시킨 선은초(1999)의 논문 등이 있다.

최근에는 과학교육학자 중심으로 과학사를 과학교육에 이용하고자 하는 다양한 노력이 진행되고 있다. 이중 한국학술진흥재단이 지원하고 한국교원대학교 교과공동연구소에서 주관하는 연구 프로젝트에서 종합한 보고서 중 일부가 과학사와 과학교육에 관련된 성과물이다. 먼저 송진웅 등(1997)은 쿤이나 라카토스와 같은 현대 과학철학자의 저서나 논문들을 분석하여 이를 통한 과학교육의 시사점을 제시했다. 김학수(1999)는 19세기에 이루어진 열소론과 열기관에 관한 역사적 추적과 이러한 자료를 과학교육에 응용할 수 있는 방안을 연구하였다. 정병훈 등(1999)은 헉슬리, 암스트롱, 마하와 같은 과학자들이 가진 과학교육 사상과 이미지에 대한 연구를 수행하였다. 박종원 등(2000)은 갈릴레오의 낙하 실험과 같은 물리학사에 나타난 사고실험의 특성을 분석하고 이를 물리학습에 적용할 수 있는 방법을 탐색하였다. 정원우 등(2001)

은 과학사를 통한 과학적 가설검정과정 중심의 교수학습 모형 및 자료 개발하였다. 이길재 등(2001)은 과학사를 이용한 유전 개념의 교수학습 전략 개발하였다. 이러한 연구들은 최근에 과학교육과 과학사(또는 과학철학)의 연계를 강조한 간학문적인 접근이라 할 수 있다.

이 밖에 간헐적으로 학술 논문에서도 과학사와 과학교육의 관련성을 강조하는 논문을 볼 수 있다. 이중 몇 가지 예를 들면 다음과 같다. 이선경과 김우희(1995)는 열에 대한 오개념 교정을 위하여 과학사 도입의 문제를 다루었고, 길학균과 이길재(1998)는 과학사를 이용한 멘델 유전 개념의 교수 학습에 관한 연구를 했다. 이어 박남이와 이길재(2000)는 과학사를 이용한 진화 개념의 교수 학습 효과를 다루었다. 이와는 성격이 다르지만 우리 전통 기술과 과학교육을 연계시킨 논문도 살펴 볼 수 있다. 예를 들면 김현희와 이종희(2001)는 구성주의적 관점에서 한국의 전통생활과학을 유아과학교육에 적용하는 문제를 다루었다.

III. 과학교육에서 과학사 이용 가능성

1. 과학사를 이용한 과학교육의 장단점

선행 연구에 의하면 과학사를 과학교육에 도입하면 여러 가지 장점이 있다는 것이다. 예를 들어 매튜스(Matthews, 1994)는 다음과 같은 일곱 항목을 구체적으로 들었다. 첫째, 과학사는 과학 개념과 과학적 방법을 포괄적으로 이해하는 데 도움을 준다. 둘째, 역사적 접근은 학습자 개인의 사고의 발전 과정과 과학적 아이디어의 발전 과정을 관련지어 준다. 셋째 과학사는 그 자체로서 고유한 가치를 지닌다. 과학혁명, 다윈주의 페니실린의 발견 등과 같은 과학사에서의 중요한 내용들은 모든 학생들이 잘 이해해야 하는 것들이다. 넷째, 과학사는 과학의 본성을 이해하는 데 반드시 필요하다. 다섯째, 과학사는 우리 주위에서 흔히 접할 수 있는 과학주의나 독단론 등을 경계하게 한다. 여섯째, 개별 과학자들의 삶과 그 시대를 살펴봄으로써 과학사는 과학을 인간 중심의 것으로 만들고, 이를 통해 보다 덜 추상적이고 학생들에게는 더욱 매력적인 것으로 만들어준다. 일곱째, 과학사는 과학의 학문 분야들이나 각 주제들 간의 관련성을 증진시키며 과학과 다른 교과와의 연관성도 높여준다. 즉 과학사는 인류가 이룬 것들의 통합적이

고 상호 관련된 본성을 잘 드러낸다.

비슷한 맥락에서 다카바시(高橋哲朗, 1985) 역시 비슷한 주장을 하고 있다. 첫째, 학생들은 과학사에 매우 흥미를 가지며 수업에 활기를 띠게 된다는 점이다. 둘째, 과학사도 과학교육도 모두 과학적 인식의 성립 과정을 다루는 있다는 점에서는 같다. 그러므로 과학사 가운데는 학생들의 좌절의 원인이나 그것을 어떻게 해결해 가면 되느냐를 시사하는 풍부한 재료를 발견할 수 있다. 셋째, 원자, 힘, 에너지 등과 같이 직접 눈으로 보거나 만지거나 할 수 없는 개념이 역사적으로 형성되어 온 과정을 밝힘으로써 학생에게 개념을 이해시키는 데 도움을 준다. 넷째, 원자론과 같은 과학사의 논쟁점은 개념이나 법칙의 형성되는 역사를 추적하게 함으로써 과학의 내용이나 구성하는데 강력한 도구가 된다. 다섯째, 과학사는 고심하고 노력하며 자연에 도전하고, 그 우여곡절을 거쳐서 현대의 자연과학에 도달한 선구자들의 노력의 발자취이므로 과학사는 과학적 방법의 보물창고라고 할 수 있다. 여섯째, 과학은 버널(Bernal, 1954)이 주장하듯이 '과학의 사회적 기능'의 이해와 그것이 있어야 할 올바른 모습을 아는 데 중요한 역할을 한다. 일곱째, 과학사에서 볼 수 있는 진리에 대한 박해와 그것과 싸워서 오늘날의 과학을 쌓아온 사람들의 모습을 배우는 것은 학문의 존엄과 진리를 수호하여 투쟁한다는 것의 중요성을 이해하는 것이다. 과학자의 인간상에 접한다는 것은 그들의 다양한 인간적 측면과의 교감에 의해서 과학을 배우는 것의 의미를 보다 인간적인 것으로서 이해하기를 가능하게 하고, 그것은 학습의욕을 높이는데 도움이 된다.

한편, 일반적으로 과학교육 프로그램에 역사 자료를 도입하는 것을 적극적인 지지하는데 반하여 반대 의견도 있다. 반대하는 주장은 역사학 분야와 과학 분야로 나눌 수 있다. 먼저 역사학자들은 과학 수업에서의 역사는 빈약한 역사에 불과하고 현재의 과학 이데올로기를 지지하기 위해서 역사를 완전히 위조하고 있는 주장이다(Matthews, 1994). 클라인(Klein, 1972)은 역사적 자료를 선택하여 사용하는 과학교사가 교육적인 의도에서 역사를 위조하고 있으며, 그러한 선택이 훌륭한 역사를 왜곡하는 경우가 있다는 것이다. 그러므로 역사를 이용하여 과학(물리학)을 교수할 때 역사 또는 과학(물리학)에, 아니면 모두에게 부정적인 영향을 끼칠 위험이 있다고 지적한다. 또한 그는 과학의 정신과 역사의 정신에는 근본적인 차이

가 있으므로 결합할 수 없음을 강조한다. 휘테커(Whitaker, 1979)도 역시 같은 논지로 교육학적 목적뿐만 아니라 과학적 목적에서 역사를 위조하는 사실을 밝혀냈다. 과학 분야에서는 과학사를 도입하는 과학교육에 반대하는 MIT 협의회 의견에서 볼 수 있다(Matthews, 1994). 또한 부러쉬(Brush, 1974)도 과학사는 어려운 임무를 수행하는 열정을 유지시켜주는 데 필요한 과학적인 신념의 확실성(객관성)을 잘라내기 때문에 학생들에게 나쁜 영향력을 끼친다고 주장했다.

그럼에도 불구하고 과학사를 과학교육에 도입할 필요가 있다는 것이 과학교육학자들의 일반적인 견해이거나 인식이다. 이에 대한 이유로는 과학사가 과학교육에 도움을 준다는 소극적인 의미에서의 근거를 찾는 경우가 가장 많다. 예를 들어 과학학습에서 과학사를 적용하면 학생들의 흥미나 동기 유발이 된다는 주장이다(Sequire & Leite, 1991). 또한 과학 수업에 과학사를 이용하는 것이 오개념을 발견하고 치료하는데 효과가 있다는 것이다(Wandersee, 1985). 이와 달리 보다 적극적인 의미에서의 옹호론도 있다. 예를 들면 과학의 발전 과정을 통해서 학생들에게 과학기술의 사회적 측면을 바르게 인식시켜 바람직한 과학적 태도를 갖게 하는데 도움을 준다는 것이다(Sequire & Leite, 1991; Matthews & Agassi, 1996). 그러므로 오늘날 주요한 과학교육의 목표 중 하나인 과학의 본성을 가르치려면 과학사를 과학교육에 반드시 도입해야 한다는 주장이다.

2. 과학사를 도입한 과학수업 연구 사례

과학사를 과학교육에 도입하는 문제에 대해 많은 과학교육자들은 지지하고 있다. 반면에 초·중등교육에 있어서의 과학사 교육의 실천이나 과학사 수업 연구나 실천 사례는 그다지 많은 편이 아니다.

먼저 생각할 수 있는 것은 과학사를 이용한 수업이 학생들의 오개념을 해소하는 데 도움을 줄 것이라는 관점이다. 이러한 관점에서 송진웅(1996a)은 과학사 자료를 이용하여 낙하 운동을 교수하는 수업 모형을 제시했다. 그는 ① 학습 내용의 안내 → ② 오개념 조사 → ③ 소집단 및 대집단 토론 → ④ 오개념 인식 → ⑤ 과학사 내용의 학습 → ⑥ 평가 및 수업 마감의 순서를 따르는 것으로, 학생들의 오개념과 낙하 운동에 대한 역사적 사고의 추이가 비슷한 것에 착안하여(Sequire & Leite, 1991), 개념 극복에

과학사가 도움을 줄 것이라는 주장을 반영한 것이다. 계속해서 원자 모형에 대한 학생들의 오개념을 조사하고, 토론을 시킨 다음에 학생 개념의 과학사적 분류를 함으로써 과학지식의 가변성과 과학모형의 역할 및 성격 등 과학철학적 측면의 학습을 할 수 있는 수업지도안도 제시했다(송진웅, 1996b). 또한 밀리컨의 기름방울 실험을 통한 발견의 예를 들어 과학에서의 윤리적인 측면을 강조한 역할극 모델을 제시하기도 했다. 여기서는 과학사 사례를 도입한 과학교육 효율성을 강조한 것이다. 여기서 그는 에피소드를 곁들이면서 그것의 역사적 맥락 속에 학습하게 하는 것은 ① 과학지식의 발전 과정과 그것의 배경에 대한 포괄적 이해가 가능하므로 학습내용의 개념적 이해 자체에 많은 도움을 준다는 것과 ② 과학 지식과 그것의 학문적 구조만을 강조하는 현재의 과학 교과서를 얻을 수 없는 측면, 즉 과학의 가치와 책임과 같은 개인적인 측면이나 과학의 사회성에 대해서 학습할 수 있다는 장점을 들었다(송진웅, 1996c)

양승훈(1993, 1995)은 『물리학과 역사』에서 물리학 개념 형성의 역사적 과정을 살펴봄으로써 효과적인 물리학 학습을 시도해보고자 했다. 이 책의 주된 대상은 대학 교양과목을 듣는 학생이었지만 초·중등 교사들에게도 수업에 응용할 수 있는 참고자료가 될 것이다.

과학사의 많은 사건이나 개념들이 선행조직자로서 사용될 수 있다는 생각을 제시한 연구도 있다(조정일, 1996a). 예를 들어 생물학의 각 주제마다 발전되어 온 과정이 있고 획기적인 발전의 계기가 되었던 개념의 출현이 있었다는 것이다. 또한 탐구로서의 과학을 강조하는 입장을 반영하기 위해서는 생물 수업에서 과학사를 도입하는 것이라고 주장한다. 이러한 이유 때문에 BSCS에서는 일찍부터 생물교육에 과학사를 도입했다는 것이다. 이런 맥락에서 조정일은 세포설에 대한 자료를 학생들에게 미리 읽게 한 다음에 토의를 하는 수업 방식을 제시했다(조정일, 1996b).

과학사를 과학교육에 이용하는 방법에 대해서는 여러 가지 제안이 있다. 예를 들면 묵시적으로 과학사를 도입하는 것이 이롭다고 주장하기도 하지만(Sanchez, 1989), 대부분의 학자들은 명시적으로 도입하는 것이 좋다고 생각한다(양승훈 등, 1996).

과학사를 도입한 과학수업 연구 사례로 오개념을 해소하기 위한 방법, 과학에서의 윤리의 측면을 강조한 방법, 물리학의 개념을 이해하기 쉽게 하는 방법,

새로운 개념을 쉽게 이해시키기 위한 선행조직자로서 활용 방법 등이 있다. 또한 과학사를 도입하는 유형으로는 명시적인 방법과 묵시적인 방법으로 양분되며, 개발 유형이나 수업 모형에 따라 다양한 주제로 개발될 수 있음을 알 수 있다.

3. 우리 과학사 자료를 이용한 과학교육

일반적으로 현직 교사들이 현행 과학교육을 수행하는 데에 대한 어려운 점을 다음과 같이 들고 있다(이면우, 1998). 첫째, 과학 교과서의 내용이 너무 어렵고 추상적이며 왜 그러한 내용을 공부하는지에 대한 분명한 목적이 제시되어 있지 않다. 둘째, 과학 교과의 내용은 실생활과 관련이 없는 지식이 대부분이다. 셋째, 과학은 자연과 인간의 밀접한 관계를 가르쳐 주지 못하고 있다. 넷째, 과학의 개념에 커다란 틀이나 흐름이 제시되지 않고 있다는 지적이다.

이러한 지적들은 사실 동양과 서양이 다른 문화적 배경에서 찾을 수 있다. 예를 들면, 우리는 하늘과 인간의 상호 작용 속에서 자연의 일부로서 하늘을 살펴봄에 인간과 자연이 더불어 사는 유기체적인 자연관에 익숙해 있다(이문규, 2000). 그러나 교과서에 제시된 내용이나 서술 방식은 자연을 기계적으로만 파악하는 서구의 과학 전통을 그대로 따르고 있다. 서양인들에게는 천문학을 포함한 과학이 그들의 전통 속에서 출발했기 때문에 문화적 충격이 적겠지만, 아직 우리에게 많은 문화적 충격을 주고 있다. 그렇기에 과학을 공부하면 할수록 점점 재미를 잃게 되는 기현상이 나타난다.

이에 대해 오가와(Ogawa, 1986)는 서양 문화에 바탕을 둔 과학과 전통 문화가 충돌할 수밖에 없는데, 그것을 극복하기 위한 방안으로 전통 문화의 구조 위에서 과학을 보는 것이 중요하다고 주장한다. 라이스(Reiss, 1993)는 과학교과에서 무엇을 가르쳐야 하는 것은 문화에 따라 다르다고 한다. 박성래(1991)는 ‘민족 과학’이라는 용어를 도입하여 한국적인 과학 기술의 발전을 강조한 바 있다.

그렇다면 우리는 문화적 차이를 인정하고 우리의 체질에 맞도록 과학의 내용이나 체제를 나름대로 편성하여 교육할 필요가 있다. 그러한 방법 중 하나가 바로 우리의 과학사를 이용한 과학교육일 것이다(이면우, 1998). 예를 들면 초등 과학교육 현장에서 “망통을 이용한 별관측”, “규표를 이용한 시간 측정과 방위 알기”, “천상열차분야지도에서 볼 수 있는

별자리 관측”, “측우기 탐구”, “첨성대 탐방” 등의 수업 모듈을 개발하여 교수할 필요가 있다. 특히 첨성대의 경우는 첨성대 해석에 따른 역할놀이를 제시하여 우리 문화재에 대한 올바른 판단 뿐만 아니라 과거의 유물을 역사적으로 해석하는 능력을 키울 수 있다. 나아가 궁극적으로는 서구의 과학 기술 문화와 우리의 전통 과학기술의 문화가 분명히 다른 점을 착안하여, 우리 나름대로의 교육 방법을 찾고 과학교육에서의 ‘우리화’가 이루어져야 할 것이다.

한국 과학사 자료를 과학교육에 이용하는 방법은 여러 가지가 있을 수 있다. 우선 생각할 수 있는 것은 한국 과학사 자체를 교수하는 방법과, 과학 교육의 현장에서 한국 과학사를 이용하는 방법이다. 이중 한국 과학사 자체를 교수하는 것은 과학고등학교와 같은 특수한 학교나 특별 강연 등을 통해 가능할 것이다. 한국 과학사를 과학교육에 이용하는 방법으로는 ① 한국 과학 문화재 및 전통 과학기술 기구를 이용하는 법, ② 과학적인 역사 기록물을 이용하는 법, ③ 과학에 관한 문헌을 이용하는 법, ④ 특별활동이나 프로젝트 학습(project learning)으로 활용할 수 있는 과학 탐방 등을 생각할 수 있다(이면우, 1998). 최근에는 궁궐이나 과학문화재가 있는 장소에 가서 여러 가지 과학 활동을 해보고 아울러 역사적인 의미를 찾아보는 과학탐방에 관한 다양한 연구가 이루어졌다(박상우 등, 1999; 윤혜경, 1999; 이정원, 1999; 최재혁, 1999; 이기훈, 2000; 정덕희, 2000; 박승재 등, 2001; 한효순, 2001; 김은식, 2002).

역사 자료를 이용한 과학수업의 가능성은 많은 연구자들에 의하여 시도되어 왔다. 특히 한국 과학사 자료를 이용한 과학수업은 과학교육을 우리 문화와 친숙하게 만들 것이다.

4. 과학교육에서 우리 역사 자료 활용법

과학교육에서 우리 역사 자료를 활용할 수 있는 소재로는 측우기와 같은 실물인 과학문화재를 생각할

수 있다. 실제로 7차 교육과정에서는 측우기, 첨성대, 앙부일구 등의 문화재가 초등학교에서부터 고등학교까지 다양하게 활용되고 있다(오인진, 2000; 이용복 등, 2001; 이면우, 2001; 이해주, 2002). 그러나 과학 문화재의 반드시 현존하는 실물만 이용할 필요는 없다. 다양한 문헌 자료에서 찾아볼 수 있는 과학 기구 등도 다시 제작하여 활용할 수 있을 것이다(정동찬, 1999). 예를 들면, 혼천의, 간의, 규표, 망통과 같은 망실된 천문 기구 등도 이용할 수 있는 좋은 자료가 된다. 이러한 실물 자료는 정규 과학 수업에서 도입, 전개 및 정리 단계에 언급하거나 수업의 중요 내용으로서 이용할 수 있다. 뿐만 아니라 과학문화재 자체를 주제 또는 소재로 하여 재량활동, 특별활동 및 영재교육에 이용할 수 있다. 최근에는 과학 문화재를 탐방하는 활동이 사회과에서도 강조되고 있다(방지원, 2001; 강문환, 2001). 현존하는 과학문화재로는 천상 열차본야지도, 풍기대, 측우기, 수표, 혼천의, 혼상 등을 들 수 있다(남천우 등, 1984; 전상운, 1987; 박성래, 1990; 한국과학문화재단, 1997).

다음으로 생각할 수 있는 것이 문헌 자료이다. 문헌에는 『삼국사기』 등과 같은 역사책에 서술된 과학 관련 기록과 홍대용의 『의산문답』과 같이 자연 현상을 설명하고 나름의 관점에서 언급한 구체적인 내용을 포함할 수 있다. 이 밖에 선조들이 남긴 그림도 문헌 자료로서 다양하게 이용할 수 있다.

한편, 수업 방식은 학습 형태에 따라 교사가 학생에게 일방적으로 설명하거나 활동을 시키는 방식(교사중심), 학생이 나름대로의 연구 주제나 문제를 인식한 다음에 스스로 탐구해 가는 과정을 교사가 도와주는 방식(학생중심), 교사와 학생이 의견을 주고받으며 연구 주제를 인식하고 구성해 가는 방식(상호중심)으로 세분할 수 있다.

수업 방식과 우리 나라 역사 자료의 성격을 조합하면, 우리 역사 자료를 활용한 과학수업의 유형은 표 1과 같이 정리할 수 있다.

표 1. 한국 과학사 자료를 이용한 과학교육 유형

수업 방식	자료 유형	과학문화재(M)		문헌(L)		과제 연구(P)
		현존(E)	망실(N)	역사적 기록(H)	과학적 언급(S)	
교사중심 : 하방식(d)		MEd	MNd	LHd	LSd	Pd
상호중심 : 쌍방식(i)		MEi	MNi	LHi	LSi	Pi
학생중심 : 상방식(u)		MEu	MNu	LHu	LSu	Pu

M (scientific cultural materials); E (existence); N (nonexistence); L (literature); H (historical record); S (scientific description); P (project learning); d (teacher-centered; downward); i (interaction); u (student-centered; upward)

표 2. 자료 유형에 따른 과학교육 자료 개발의 예

자료유형	수업방식(코드)	자료 개발의 예	비 고
현존하는 과학문화재 이용법	교사중심(MEd)	양부일구의 사용법과 양부일구에 관한 역사적 사례를 설명하기.	강의법
	상호중심(MEi)	첨성대에 대한 여러 의견이 제시된 자료를 읽고 이를 토대로 자신의 생각을 발표하기.	역할 놀이 협동 학습
	학생중심(MEu)	측우기에 대한 자료를 인터넷이나 신문 등을 이용하여 조사하여 보고서 작성하기.	보고서법
방실된 과학문화재 이용법	교사중심(MNd)	망통의 기능과 실제 사용 사례를 설명하기.	강의법
	상호중심(MNi)	혼천의와 혼상의 모형을 생각해보고, 쓰임새의 차이점을 조사하여 발표하기.	보고서법 토의법
	학생중심(MNu)	자격루의 원리를 탐구하여 보고서 작성하기.	보고서법
역사적 기록이 있는 문헌 이용법	교사중심(LHd)	『서운관지』 「고사」 편에 실린 내용과 그것의 가치는 과학적 의미를 설명하기.	강의법
	상호중심(LHi)	『삼국사기』에 기재된 천문현상을 정리하고, 그것의 의미를 토론하기.	토의법
	학생중심(LHu)	지진과 화산에 대한 기록을 조사하여 보고서 작성하기.	보고서법
과학적인 언급이 있는 문헌 이용법	교사중심(LSd)	최한기의 『지구전요』에서 볼 수 있는 세계관과 우주관을 설명하기.	강의법
	상호중심(LSi)	홍대용의 『의산문답』의 내용을 조사하고, 구체적인 내용의 사례를 가지고 토론하기.	토의법 보고서법
	학생중심(LSu)	이익의 『성호사설』 「천지문」에 나타난 내용을 조사하여 보고서 작성하기.	보고서법
과제 연구	교사중심(Pd)	우리나라 인쇄술의 발달 과정을 설명하기 위하여 청주의 고인쇄박물관을 탐방하기.	강의법 과학탐방
	상호중심(Pi)	첨성대를 탐방하고, 이에 대한 전문가의 설명을 들은 다음에, 자신의 생각이나 조사한 내용을 보고서로 제출하기.	보고서법 과학탐방
	학생중심(Pu)	우리나라 과학사 자료 중 관심이 있는 영역을 스스로 지정하여 과제연구를 수행하기.	보고서법 과학전

표 1에 근거하여 역사 자료를 활용한 과학 수업의 주제와 방식을 표 2와 같이 다양하게 제시할 수 있다.

이와 같이 과학 문화재나 문헌 자료를 이용하는 방법과 이를 종합한 과제연구 방식을 통해 초·중등 수준에서 다양한 자료들이 정규 수업이나 기타 활동에 다양하게 활용될 수 있다.

IV. 요약 및 결론

이상에서 과학사와 과학교육을 연계시키려는 노력에 대한 국내외의 연구 현황, 과학사를 활용한 과학교육의 장단점, 역사 자료를 활용한 과학 수업의 연구 사례, 과학교육에서 우리 역사 자료의 활용 방법 등을 논의하였다. 특히 한국 과학사 자료의 종류와 수업방식에 따라 15가지의 과학교육 유형을 분류하였고, 개발할 수 있는 구체적인 예를 제시하였다. 이 상에서 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 과학교육에 과학사를 도입하면 소극적으로 과학 개념을 학습하는 데 도움을 주거나 흥미를 유발시키는 자료로서 유용하다. 뿐만 아니라 적극적으로 과학의 본성이나 과학과 사회와의 관련성을 가르

치는 데 가장 적절하다. 그러므로 구미 각국이나 국내에서도 다양한 시도와 연구들이 계속되어 왔다. 앞으로는 과학사를 과학교육에 연계시키려는 연구가 보다 심층적이루어질 필요가 있으며, 보다 실천적인 현장연구와 평가가 요구된다.

둘째, 우리 역사 자료를 활용할 수 있는 수업을 역사 자료의 형태나 수업 방식에 따라 15가지로 유형화 시켰다. 이러한 모형은 앞으로 우리 역사 자료를 이용한 과학교육을 실천하는 데 필요한 교수학습자료 개발에 하나의 틀로서 역할을 할 것이다.

참고문헌

강문환(2001). 세종대의 과학 기술 문화재. 청람사학, 4, 한국교원대학교 청람사학회, 301-334.
 교육부(1997). 제7차 교육과정 과학과 교육과정, 대한교과서주식회사.
 교육인적자원부(2003). 고등학교 과학사, 한국교원대학교 과학교육연구소(지학사).
 길학균, 이길재(1998). 과학사를 이용한 멘델 유전 개념의 교수·학습에 관한 연구. 한국생물교육학회지, 26(2), 한국생물교육학회, 167-177.
 김미리(2001). 과학사를 도입한 전기와 자기 수업이 중학생

- 의 과학에 대한 태도와 인식에 미치는 영향, 서울대학교 석사논문.
- 김범기, 박성래, 송상용, 김명자, 송진웅, 이면우(1993). 과학고등학교 과학사, 한국교원대학교 과학교육연구소.
- 김영식, 박성래, 송상용, 성영곤(1992). 과학의 역사, 교육부.
- 김영식, 송진웅, 윤혜경, 박희주, 고인석, 오동훈(2002). 청소년의 이공계 진출 기피현상의 과학문화적 분석과 그 개선방안, 새로운 과학문화의 시대를 열며 - 과학기술의 미래와 과학문화의 역할 -, 과학문화연구센터, 123-126.
- 김은경(1995). 과학사적 수업이 관성 개념의 지속에 미치는 효과, 경북대학교 석사논문.
- 김은선(1997). 과학사를 이용한 수업이 중학생의 과학과 관련된 태도에 미치는 영향, 이화여자대학교 석사논문.
- 김은식(2002). 과학 탐구 활동으로서 전통 문화재 과학 탐방의 실제, 대구교육대학교 석사논문.
- 김학수(1999). 19세기 열 과학사와 이의 과학교육에의 응용 연구, 교과교육관련 자유연구, 한국교원대학교 교과교육공동연구소, 863-866.
- 김현주(1999). 고등학교 물리 II 교과서의 과학사 도입유형 분석 연구, 건국대학교 석사논문.
- 김현희, 이종희(2001). 한국전통생활과학의 유아과학교육적 적용: 구성주의의 관점, 미래유아교육학회지, 9(1), 미래유아교육학회, 45-76.
- 김홍중(1997). 과학사적 학습지도에 의한 중학생들의 낙하운동 개념 이해, 제주대학교 석사논문.
- 김효남, 이현주, 김준태, 추교형, 박춘길, 허용철, 허은규(1998). STS식 수업의 실제, 교육과학사.
- 남천우, 박홍수, 김정흠, 유경로, 나일성, 이은성, 박익수, 박성래, 송상용, 이태녕, 전상운, 김성삼(1984). 한국의 과학문화재 조사보고, 한국과학사학회지, 6(1), 한국과학사학회, 58-118.
- 민경숙(2000). '산소 이산화탄소' 단위 학습에서 과학사 도입의 효과, 인천교육대학교 석사논문.
- 박남이(2000). 과학사를 이용한 진화 개념의 교수-학습 효과에 관한 연구, 한국교원대학교 석사논문.
- 박남이, 이길재(2000). 과학사를 이용한 진화 개념의 교수-학습 효과에 관한 연구, 한국생물교육학회지, 28(2), 한국생물교육학회, 85-99.
- 박상우, 박승재, 오경진, 조광희(1999). 한국 역사 속 과학 탐방에 대한 교사의 인식, 한국과학교육학회지, 19(3), 한국과학교육학회, 461-470.
- 박성래(1990). 빛나는 우리 과학 문화재, 대교출판.
- 박성래(1991). 민족과학의 뿌리를 찾아서, 동아출판사.
- 박승재, 장병기, 유준희, 강은형, 김형석(2001). 과학 탐방의 안내 방식에 따른 중학생의 탐구수행 과정 분석, 한국교원대학교 교과교육공동연구소, 595-698.
- 박종원, 김익권, 권성기(2000). 물리학사에 나타난 사고실험의 특성 분석과 물리학습에의 적용 탐색, 한국교원대학교 교과교육공동연구소, 1209-1249.
- 박종원, 김익균, 박운배, 지찬수, 최경희, 송진웅(1999). 교원양성대학의 물리과 교육학 교재개발 연구, 한국교원대학교 교과교육공동연구소, 593-1143.
- 방지원(2001). 세종대의 과학 기술 문화재, 청람사학, 4, 한국교원대학교 청람사학회, 255-300.
- 서울시교육위원회(1987). 과학이 걸어온 길, 서울시교육위원회.
- 선은조(1999). 지구의 모양과 우주관에 관한 학생개념과 과학사적인 개념의 비교 연구, 한국교원대 석사논문.
- 송상용(1984). 교양과학사, 우성문화사.
- 송상용, 박성래, 김명자, 김영식, 신만교, 이필렬, 임경순(1991). 대학 교양과학교육의 현황 및 개선방안에 관한 연구보고서, 한국과학기술진흥재단.
- 송진웅(1996a). 낙하운동 개념의 역사적 변천과 학생의 오개념, 양승훈 외, 과학사와 과학교육, 민음사, 53-82.
- 송진웅(1996b). 원자모형에 대한 과학사적 학습, 양승훈 외, 과학사와 과학교육, 민음사, 105-124.
- 송진웅(1996c). 밀리칸의 기름방울 실험과 과학의 윤리적 측면, 양승훈 외, 과학사와 과학교육, 민음사, 83-104.
- 송진웅(1999). 영국에서의 과학기술/사회 교육의 태도와 발전 과정(I) - 19세기 초반에서 20세기 중반까지를 중심으로 -, 한국과학교육학회지, 19(3), 한국과학교육학회, 409-427.
- 송진웅(2000). 영국에서의 과학기술/사회 교육의 태도와 발전 과정(II) - 20세기 후반을 중심으로 -, 한국과학교육학회지, 20(1), 한국과학교육학회, 52-76.
- 송진웅, 정병훈, 권성기(1997). 현대과학철학에 나타난 과학교육의 이미지, 한국교원대학교 교과교육공동연구소, 811-884.
- 심창섭(1999). 과학사 수업을 통한 공업계 고등학생들의 과학에 대한 태도 변화, 충북대학교 석사논문.
- 양승훈(1993). 물리학과 역사: 역사적 교수법을 이용한 물리학 개념학습, 하늘기획 (재판, 1995, 청문각).
- 양승훈, 송진웅, 김인환, 조정일, 정원우(1996). 과학사와 과학교육, 민음사.
- 오인진(2000). 전통과학의 과학교과의 도입, 단국대학교 석사논문.
- 유미현(1999). 과학사 프로그램의 개발 및 중학교 과학 수업에의 효과 - 중학교 2학년 물질의 구성 단위를 중심으로, 서울대학교 석사논문.
- 유진숙(1998). 과학의 본성에 대한 인식 조사 및 인식 변화에 미치는 과학사 프로그램의 효과, 서울대학교 석사논문.
- 윤혜경(1999). 확장적 과학 탐구 활동을 통한 중학생의 탐구 동기 변화 과정, 서울대학교 박사학위 논문.
- 이기영(1998). 과학사를 이용한 지구과학 개념학습 지도에 관한 연구, 서울대학교 석사논문.
- 이기훈(2000). 진주성 과학 탐방을 통한 공통과학 지도 사례 분석, 서울대학교 석사논문.
- 이길재, 김경호, 동효관(2001). 과학사를 이용한 유전 개념의 교수학습 전략 개발, 교육개혁 및 교육정책 추진 과제, 한국교원대학교 교과교육공동연구소, 39-79.
- 이면우(1998). 한국 과학사와 과학교육, 98 과학교육자 큰 모임, 한국과학교육단체연합회, 125-141.
- 이면우(2001). 역사자료를 활용한 과학교육, 2001년도 한국과학사학회 가을발표회 자료집, 한국과학사학회, 13-31.
- 이문규(1999). 과학문화 프로그램 개발 I: 과학문화진흥을 위한 대학교양 프로그램 개발 연구 - 우리의 전통문화와

과학, 한국과학문화재단.

이문규(2000). 고대 중국인이 바라본 하늘의 세계, 문학과 지성사.

이선경(1994). 과학사 도입을 위한 과학교육, 단국대학교 석사논문.

이선경, 김우희(1995). 열의 오개념 교정을 위한 과학사 도입에 관한 연구. 한국과학교육학회지, 15(3), 한국과학교육학회, 275-283.

이안태(1997). 과학교육과정의 과학사 교육 개선에 관한 연구, 고려대학교 석사논문.

이용복, 이용삼, 이혜주, 이성환(2001). 과학 학습 활동에서 활용할 수 있는 해시계의 제작과 활용방안, 한국교원대학교 교과교육공동연구소, 1-111.

이일형(1998). 과학사적 수업을 통한 대기압 오개념 개선, 경북대학교 석사논문.

이정원(1999). 영릉 과학 탐방을 통한 중학생들의 문화재에 대한 개방적 탐구활동 분석, 서울대학교 석사논문.

이지은(2000). 고등학교 생물교과서 내 과학사 도입 유형 분석 및 과학사적 수업 모형 개발, 연세대학교 석사논문.

이혜주(2002). 양부일구의 모형 제작과 활용 효과에 대한 연구, 서울교육대학교 석사논문.

장기웅(1999). 과학사적 수업을 통한 낙하운동 관련 오인 변화에 관한 연구, 전남대학교 석사논문.

장주희(1998). 공동과학 교과서의 과학사 도입 유형 분석 및 과학사적 수업모형과 교재시안, 연세대학교 석사논문.

전상운(1987). 한국의 과학문화재, 정음사.

정덕희(2000). 초등학생을 위한 남산골 한옥마을 과학 탐방 자료 개발, 한국교원대학교 석사논문.

정동찬(1999). 과학문화재에 대한 새로운 인식. 화학세계, 40(1), 대한화학회, 44-46.

정병훈, 송진용, 권성기(1999). 과학자들이 지니고 있는 과학교육 사상과 이미지에 관한 연구, 한국교원대학교 교과교육공동연구소, 91-160.

정원우, 권용주, 전태식, 이일형(2001). 과학사를 통한 과학적 가설검정과정 중심의 교수학습 모형 및 자료 개발, 한국교원대학교 교과교육공동연구소, 509-549.

정현례(1995). 과학사교육에 대한 과학교사들의 인식 조사, 한국교원대학교 석사논문.

조정일(1996a). 생물학습과 과학사. 양승훈 외, 과학사와 과학교육, 민음사, 211-217.

조정일(1996b). 세포의 발견. 양승훈 외, 과학사와 과학교육, 민음사, 223-240.

조희형(1994). 과학-기술 사회와 과학교육, 교육과학사.

최경희(1996). STS교육의 이해와 적용, 교학사.

최재혁(1999). 화성 탐방을 통한 문화재에 대한 과학적 안목 형성 지도, 서울대학교 석사논문.

한국과학문화재단(1997). 우리의 과학문화재, 서해문집.

한승희(2001). 과학사를 도입한 에너지 보존 법칙 수업 자료 개발과 그 효과, 서울대학교 석사논문.

한효순(2001). 과학문화탐방을 통한 화학지도. 화학교육, 28(2), 대한화학회, 47-56.

홍진기(1996). 과학사의 도입을 통한 현행 중등학교 과학 교육과정의 개선, 연세대학교 석사논문.

江澤洋(2001). 理科を歩む-歴史に学ぶ, 新曜社.

高橋哲朗(1985). 教師のための科学史教育入門, 新生出版.

高橋哲朗(1989). 科学史教育の意義と中高校教育における活用に對して. 科学史研究, 214.

渡邊正雄(1989). 科学史教育に關する一考察. 科学史研究, 214-215.

西村秀雄, 渡邊正雄(1989). わが國の大學における科学史教育の現状. 科学史研究, II(28), 215.

鈴木善次(1973). 理科教育と科学史との再論. 科学史研究, 日本科学史學會, 44-47.

鈴木善次(1978). 科学史と科学教育, 現代理科教育大系 2, 日本理科教育學會, 52-66.

鈴木善次, 玉卷佐和子(1989). 學生・生徒の科学觀とSTS教育. 科学史研究, 213-214.

田中實(1956). 科学史と科学教育, 科学史と科学教育, 小倉金之助先生古稀記念出版編輯委員會編, 188-197.

田中實(1978a). 思想として科学教育, 國民文庫.

田中實(1978b). 科学教育の原則と方法ある史的展開, 新生出版.

中川徹(1989). 科学博物館と科学技術史. 科学史研究, II(28), 215-216.

板倉聖宣(2000). 科学と科学教育の原流- いたずら博士の科学史學入門, 假説社.

AAAS(1993). Benchmarks for Science Literacy, Oxford University Press.

AAAS(1989). Science for all American, American Association for Advancement of Science.

Arons, A.B.(1988). Historical and Philosophical Perspectives Attainable in Introductory Physics Courses. Educational Philosophy and Theory, 20(2), 13-23.

Bent, H.A.(1977). Uses of history in teaching chemistry. Journal of Chemical Education, 54(8), 462-466.

Bernal, J.D.(1954). Science in History, Watt & Co.

Brackenridge, J.B.(1989). Education in Science, History of Science, and the Textbook: Necessary vs. Sufficient. Interchange, 20(2), 71-80.

Brock, B.(1989). Past, Present, and Future, in M. Shortland & A. Warwick (eds.) Teaching the History of Science, BSHS & Blackwell; London, 30-41.

Brush, S.G.(1974). Should the History of Science be Related X?. Science, 18, 1164-1172.

Brush, S.G.(1989). History of Science and Science Education. Interchange, 20(2), 60-70.

Chang, Hasok(1999). History and Philosophy of Science as a Continuation of Science by Other Means. Science and Education, 8(4), 413-426.

Ciparick, J.(1995). The role of culture in science education. Mercury, 24, 35-37.

Cohen, I.B.(1993). A Sense of History in Science. Science and Education 2(3), 251-277.

Conant, J.B.(1945). General Education in a Free society: Report of the Harvard Committee, Harvard University Press.

Cushing, J.T.(1989). A Tough Act-History, Philosophy, and

- Introductory Physics: An American Perspective. *Interchange*, 20(2), 54-59.
- DeBerg, K.C.(1989). The emergence of quantification in the pressure – volume relationship for gases: a textbook analysis. *Science Education*, 73(2), 115-134.
- DeBoer, G.E. (1991). *A History of Ideas in Science Education: Implications for Practice*, Teachers College, Columbia University.
- Hogben, L.(1938). *Science for the Citizen*, George Allen & Unwin Ltd.
- Jenkins E.(1991). The History of Science in British Schools: Retrospect and Prospect. *History, Philosophy, and Science Teaching*, Michael R. Matthews(ed.), Teachers College Press.
- Justi, R. & Gilbert, J.(1999). History and Philosophy of Science through Models: The Case of Chemical Kinetics. *Science and Education*, 8(3), 287-308.
- Justi, R. & Gilbert, J.(2000). History and philosophy of science through models: some challenges in the case of the atom. *International Journal of Science Education*, 22(9), 993-1010.
- Kauffman, G.B.(1989). History in Chemistry Curriculum. *Interchange*, 20(2), 81-94.
- Kipnis, N.(1996). The Historical-Investigative Approach to Teaching Science. *Science and Education*, 5(3), 277-292.
- Klein, M.J.(1972). Use and Abuse of Historical Teaching in Physics, in S. G. Bush & A. L. King (ed.) *History in the Teaching Physics*, University Press of New England, Hanover.
- Kutzbach, G.(1979). *The Thermal Theory of Cyclones: A History of Meteorological Thought in the Nineteenth Century-Historical monograph series*, American Meteorological Society.
- Lin, H.S., Hung, F.Y. & Hung, S.C.(2002). Using the history of science to promote students' problem-solving ability. *International Journal of Science Education*, 24(5), 453-464.
- Matthews, M.R.(1989). A Role for History and Philosophy in School Science Teaching. *Interchange*, 20(2), 3-15.
- Matthews, M.R.(1990). History, Philosophy and Science Teaching: What can be Done in an Undergraduate Course?. *Studies in Philosophy and Education*, 10(1), 93-98.
- Matthews, M.R.(1991). *History, Philosophy and Science Teaching*, Teachers College Press.
- Matthews, M.R.(1994). *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*, Routledge.
- Matthews, M. & Agassi, J.(1996). Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science. *Science and Education*, 5(1), 69-78.
- Matthews, M.R.(1998). How History and Philosophy in the US Science Education Standards Could Have Promoted Multidisciplinary Teaching. *School Science and Mathematics*, 98(6), 285-293.
- Matthews, M.R.(2000). *Time for Science Education: How Teaching the History and Philosophy of Pendulum Motion Can Contribute to Science Literacy*, Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- 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.
- NCC(1988). *Science in the National Curriculum*, National Curriculum Council.
- Nersessian, N.J.(1991). Conceptual Change in Science and in Science Education. *Syntheses*, 80(1), 163-184.
- Nielsen, H. & Thomson, P.V.(1990). History and philosophy of science in physics education. *International Journal of Science Education*, 12(3), 308-316.
- NRC(1996). *National Science Education Standards*, National Research Council.
- Ogawa, M.(1986). Toward a new rationale of science education in a non-western society. *European Journal of Science Education*, 8, 113-119.
- Reiss, M.(1993). *Science Education for a Pluralist Society*, Open University Press; 신재영, 김영수 역(2001). 「다원주의 사회를 위한 과학교육」, 양서원.
- Riess, F.(2000). History of Physics in Science Teacher Training in Oldenburg. *Science and Education*, 9(4), 399-402.
- Rutherford, F.J., Holton, G. & Watson, F.G.(1970). *The Project Physics Course-Text*, Holt, Rinehart and Winston.
- Sanchez, L.(1989). On the Implicit Use of History of Science in Science Education. *The History and Philosophy of Science in Science Teaching*, (ed.) by Don Emil Herget, Florida State University, 306-311.
- Selley, N.F.(1996). Children's ideas on light and vision. *International Journal of Science Education*, 18(6), 713-723.
- Sequire, M. & Leite, L.(1991). Alternative Conceptions and History of Science in Physics Teacher Education. *Science Education*, 75(1), 45-56.
- Tamir, P.(1989). History and Philosophy of Science and Biological Education in Israel. *Interchange*, 20(2), 95-98.
- Trend, R.(2000). Conceptions of geological time among primary teacher trainees, with reference to their engagement with geoscience, history, and science. *International Journal of Science Education*, 22, 539-555.
- Wandersee, J.H.(1985). Can the history of science help science educators anticipate student's misconceptions?. *Journal of College Science Teaching*, 23(7), 581-597.
- Whitaker, M.A.B.(1979). History & Quasi-history in Physics Education Parts I, II. *Physics Education*, 14, 108-112, 239-242.
- Ziman, J.(1980). *Teaching and learning about science and society*, Cambridge University Press.