

# 과학의 윤리적 특성 교육의 필요성과 그 실태

조희형·최경희<sup>1</sup>

(강원대학교) · <sup>1</sup>(이화여자대학교)

## The Necessities and Current States of Educating Ethical Characteristics of Science

Hee-hyung Cho · Kyunghee Choi<sup>1</sup>

(Kangwon National University) · <sup>1</sup>(Ewha Womans University)

### ABSTRACT

This paper is based on a literature review in the areas of philosophy of science, sociology, psychology, scientific research and development in technology, and new ethics established in recent years. The study was performed in order to achieve two-fold goals: to identify any necessity of teaching ethical aspects of science, and to investigate the current instructional states of the ethical aspects of science. The results of the literature review showed that teaching ethical aspects of science was necessary in all school levels, and the analyses of the actual states of the ethical education revealed that the majority of science educators considered the ethical characteristics of science as major goals and contents of science curriculum.

**Key words** : philosophy of science, sociology, psychology, ethics, science curriculum.

### I. 서론

우리 나라의 각급학교 과학교육 현장에서 윤리적인 문제가 중요시된 것은 어제·오늘의 일이 아니지만, 특별히 과학 및 과학기술과 관련이 있는 윤리적 문제가 현직 과학교육학자나 과학교사들의 관심을 끌기 시작한 것은 1980년대 이후이다. 그런데, 그렇게 부각된 윤리적 문제조차도 주로 학문적·도덕적 관점에서만 다루어졌을 뿐 과학교육학적 차원에서는 중요하게 다루어지지 않았다. 즉, 각급학교에서는 과학 및 과학기술과 관련된 윤리적인 문제에 관한 직접적인 학습지도가 거의 이루어지지 않았다. 그러나 현재는 과학기술의 발달과 그 응용으로 인한 환경파괴와 자원고갈에 의한 위기意識, 그리고 특히 작년에 공개된 돌리의 탄생으로 윤리적 문제

가 절박한 현실적인 문제로 인식되고 있으며, 학교교육에서의 윤리적 문제에 대한 교육의 필요성이 과거 어느 때보다도 강조되고 있다.

과학의 윤리적 특성에 관한 교육은 과학교육학적 관점에서 불지라도 당연히 필요하다. 윤리학이 과학철학의 한 분야라는 점에서 과학과 윤리학은 밀접한 관계를 맺고 있으며, 과학을 대상으로 하는 과학교육과 윤리적 문제를 다루는 도덕교육 사이에도 밀접한 관련이 있을 수밖에 없다(Lipman *et al.*, 1980). 과학교육은 사회학과 심리학에도 그 이론적 배경을 두고 있다. 그러므로 과학의 윤리적 특성에 대한 교육의 필요성은 과학철학뿐만 아니라 사회학과 심리학에 대한 분석을 통해서도 확인할 수 있다. 더욱이, 그것은 과학지식과 기술이 응용됨으로써 여러 가지 문제가 생겨나는 일상생활과 사

<sup>1</sup>1998년 7월 8일 받음

회에서도 제기되고 있다. 또한, 윤리적 측면에 대한 교육은 과학교육의 여러 측면에서 비공식적으로나마 이루어지고 있는 실정이다. 다만, 각급학교에서 실제로 가르쳐야 할 윤리적인 문제의 특성, 그에 대한 학습지도에 이용할 내용·소재·방법, 그리고 그 결과를 평가하기 위한 방법 등에 대한 체계적인 연구가 미흡할 뿐이다.

이 논문은 과학의 윤리적 특성에 대한 교육의 필요성과 그 교육의 실태 및 문제점을 확인함에 일차적인 목적을 두었다. 과학의 윤리적 특성에 대한 교육의 필요성은 과학철학, 사회학, 심리학, 과학적 연구 및 기술의 개발, 새로 형성된 윤리학 등의 문헌을, 그리고 그 교육의 실태 및 문제점은 과학교육의 목적과 교육과정에 관한 문헌을 조사·분석하여 확인하였다. 이 연구에서는 이와 같은 결과를 바탕으로 윤리교육을 위한 방법과 내용의 개발을 제안하였다.

## II. 과학의 윤리적 특성에 대한 교육의 필요성

현대의 과학철학은 윤리적인 문제를 각급학교의 과학 교육 과정에서 중요하게 다루어야 함을 강력하게 암시한다. 한편, 과학교육학의 이론적 배경에 비추어 볼 때, 각급학교의 과학교육 현장에서 윤리적인 문제를 다룰 학습지도의 내용은 과학과 과학기술에서 선정하고 그 방법은 사회학과 심리학을 준거로 결정해야 한다. 이 절에서는 과학철학이 말하는 과학의 윤리적 속성, 사회학에서 말하는 과학 및 과학지식의 사회성과 그에 따른 윤리적 문제, 심리학이 암시하는 과학의 윤리적 특성과 그 교육 방법, 과학적 연구 및 기술 개발과 그 과정에서 생기는 윤리적 문제, 새로운 윤리학의 형성 및 윤리교육의 당위성에 관하여 조사·분석한 내용을 기술한다.

### 1. 과학철학이 제시하는 과학의 윤리적 속성

과학철학은 과학을 고려하고 비판적으로 분석하는 철학의 한 분야로서(Salmon *et al.*, 1992), 과학지식, 과학적 방법과 절차, 과학적 이론의 속성 등을 다룬다(Riggs, 1992). 보다 더 구체적으로 말하면, 과학철학은 과학의 정의와 기원, 과학의 기능, 과학지식의 출처와 구성요소, 과학적 방법 및 절차 등을 다룬다. 그러므로 과학의 본성은 물론이고 그 윤리적 측면도 이런 영역에 관한 분석을 통해서 확인할 수 있다. 한편, 아래의 논의로부터 알 수 있듯이, 윤리적 측면이 과학의 한 구성요

소가 된다는 말에는 과학교육과 윤리교육 또는 도덕교육이 서로 긴밀한 관계를 맺고 있다는 주장(Martin, 1991)의 근거가 되기도 한다. 그러므로 이 소절에서는 과학의 정의와 특성, STS 과학관 및 접근법(Yager, 1996), 과학지식의 출처와 그 정의 및 특성, 과학적 방법의 종류와 그에 따른 윤리적인 문제에 관하여 조사·분석한 결과를 기술한다.

과학철학자들은 과학을 자연에 관해, 그리고 그것을 이해하기 위해, 사고하고 조사하는 방법, 즉 과학적 방법과 그런 과학적 방법을 통해 형성되거나 검증된 지식 체계(Collette & Chiappetta, 1989), 그리고 자연과 인체의 현상에 관한 조사 및 그 해석(Jacobson & Bergman, 1980)으로 정의한다. 그러나 과학과 철학은 그 기원이 같으며, 19세기 중엽 이후에야 서로 분리되었고(Bynum, Browne, & Porter, 1981), 과학은 지식과 과정 그리고 그 가치로 구성되어 있다는 점(Abruscato, 1988; Klemke *et al.*, 1980), 철학은 형이상학·인식론·논리학·윤리학·미학의 분과로 구성되어 있다는 점(박의수 외, 1993; 박종대, 1993; Honer & Hunt, 1987) 등에서 과학이 윤리적 측면을 포함한 여러 가지 측면으로 이루어져 있음을 추정할 수 있다.

현대의 과학철학자들은 전통적 과학철학자들이 적용했던 논리학적·수학적 분석법을 거부하고, 그 대신에 과학사적 분석법을 통해 과학의 본성을 밝히려는 경향이다(Brown, 1977). 즉, 그들은 과학을 논리적 구조와 보편적 과정으로 보는 전통적 과학철학자들의 견해를 부정하고, 특히 1970년대 이후부터는 상대주의·합리론·관념론 등을 수용하여(Klee, 1997) STS라는 새로운 과학관의 기틀을 마련하였다. 그들은 과학을 도구로 봄과 아울러 STS를 한 가지의 학문적 영역으로 규정한다. STS는 과학-기술-사회(science-technology-society)의 복합어로서(Ziman, 1980) 과학·기술·사회의 상호작용을 의미한다. 그 용어는 과학기술(S & T)이 사회속에서 일어나며 주된 활동인 연구개발(R & D)도 사회에 영향을 미칠 뿐만 아니라 사회로부터 영향을 받기도 한다(Ziman, 1984)는 가정을 전제로 구성되었다. 내용·사회·상황에 중립적인 전통적 과학교육에서와 달리, STS의 교육에서는 과학과 기술의 응용에 가치가 영향을 미치며, 가치·윤리·도덕의 학습지도가 필요함을 제시한다(Cheek, 1992; Layton, 1986).

경험론과 합리론, 논리실증주의와 논리경험주의로 분파되는 실증주의, 포퍼(K. Popper)의 반증주의 등 전통적 과학철학자들과 쿤(T. Kuhn)·라카토스(I.

Lakatos) · 라우든(L. Laudan) · 파이어아벤트(P. Feyerabend) 등 현대의 과학철학자들은 과학지식의 출처, 그 본성, 과학지식을 구성하는 과학적 사실과 정보에 관해 서로 견해를 달리한다(Riggs, 1992). 과학지식의 출처로 경험론과 실증주의는 경험을, 합리론은 이성을, 반증주의는 직관적 추리를(Moser & Nat, 1987), 그리고 현대철학은 사회적 합의(Radder, 1996)를 제시한다. 한편, 과학지식의 특성에 관하여는 경험론과 논리 경험주의가 확률성과 개연성을, 합리론과 논리실증주의는 필연성과 절대성을, 현대의 과학철학자들은 잠정성과 임시성을 제시한다. 또한, 전통적 과학철학자들이 과학지식을 '정당화된 참된 신념(justified true belief)'으로 정의함에 비해(Moser & Nat, 1987; Phillips, 1987; Riggs, 1992), 실용주의자를 포함한 현대의 대다수 과학철학자들은 인간의 행위를 통제·조절하는 원리(Bynum *et al.*, 1981)나 사회적 과정을 통해 구성되는 설명체계(Brown, 1977; Mulkay, 1979)로 해석한다. 그리고 전통적 과학철학자들이 과학적 사실과 정보를 객관적 특성을 지닌 것으로 봄에 비해, 현대의 과학철학자들은 주관적인 것으로 생각한다(Jardins, 1997).

전통적 과학철학자와 현대의 과학철학자들은 과학적 방법에 관한 견해에 의해서도 달라진다. 과학지식을 형성·검증하는 방법으로 경험론은 귀납법을, 합리론은 연역법을, 논리실증주의는 절대적 검증을 의미하는 확증법(verification)을, 논리경험주의는 통계적·확률적 검증을 의미하는 입증법(confirmations)을, 실증주의와 반증주의는 입증법을 근간으로 하여 전체에 대한 의심에서 출발하는 가설-연역법을 제시했다. 한편, 쿤은 패러다임(paradigm)의 변화를, 라카토스는 연구프로그림의 변화를, 파이어아벤트는 '제멋대로의 원리(anything goes)'를, 라우든은 목적·내용·절차·전략이 함께 변하는 종합적 원리를 과학이 변화·발달하는 과정으로 제시했다(Brown, 1977; Kourany, 1987). 과학적 방법으로 전통적 철학자들이 논리적 추리와 수학적 접근법을 활용했음에 비해, 현대의 철학자들은 사회적 합의의 원리 또는 무원칙을 제시함으로써 과학적 방법에 윤리적 문제가 개재될 수밖에 없음을 시사한다.

이와 같이, 전통적으로는 과학이 보편적 진리나 법칙으로 구성된 과학지식과 자연세계를 아는 합리적 방법으로 인식되었다. 과학지식은 절대적 진리이며, 과학적 방법은 논리적·수학적 추리를 근간으로 하는 탐구법이라는 견해였다. 과학지식과 과학적 방법을 이와 같이 본다면, 즉 과학지식과 과학적 방법을 가치중립적이고 내

용에 보편적인 속성으로 가정한다면, 과학에 대한 윤리적 분석은 불가능하다(Fullick & Ratcliffe, 1996). 그러나 오늘날에는 과학지식을 개인적이고 주관적이며 인위적이고 편익된 견해로 보고, 과학적 방법도 가치중립적인 것이 아니라 그런 견해에 따라 선정된, 그럼으로써 지식에 특수한, 절차와 전략으로 본다. 그들은 또 나름의 윤리나 도덕률에 따라 과학적 방법을 적용해야만 불편부당하고 정확하며 합리적인 결과를 수집할 수 있다고 본다(Jardins, 1997). 이처럼, 과학을 함목적 수단으로 특징지을 경우에는 과학을 응용하는 과정에서 여러 가지의 윤리적인 문제가 제기될 수 있는데, 이는 과학지식과 과학적 방법 사회와 일상생활에 응용함으로써 생겨나는 많은 문제들에 의해서도 입증된다(Fullick & Ratcliffe, 1996).

## 2. 사회학에서 말하는 과학의 사회성과 그에 따른 윤리적 문제

현대사회에서는 과학과 관련된 학회나 단체가 매우 중요한 역할을 한다. 그러나 그런 학회와 단체의 한 주체가 되는 과학과 과학지식의 사회학은 1960년대에 이르러서야 학문적 분야로 성립되었다(Cole, 1992). 과학에 관심을 가진 일부의 사회학자들은 과학의 사회학(Merton, 1973) 또는 과학지식의 사회학(Mannheim, 1954)을 제시했다. 과학의 비인지적 사회학으로 불리기도 하는 과학의 사회학은 제도적 과학의 조직체나 사회를 구성하는 과학자들의 사회적 연결망(network)과 그들의 위계적 구조에 관심을 가지며, 과학의 인지적 사회학으로 불리기도 하는 과학지식의 사회학은 사회가 과학적 방법에 미치는 영향과 과학자의 지식에 관한 주장이 차지하는 지위에 관해 관심을 가진다(Riggs, 1992). 과학의 사회학 및 과학지식의 사회학은 기본적으로 상대론적 인식론과 반실재론적 형이상학에 바탕을 두며(Klee, 1997), 그 두 사회학적 이론은 쿤(Kuhn, 1997)·라카토스(Lakatos, 1970)·라우든(Laudan, 1990)·파이어아벤트(Feyerabend, 1978) 등에 의해서도 받아들여지고 있다. 한편, 이들이 인식하는 과학·기술·사회의 상호작용 과정에서는 언제나 윤리적인 문제가 제기되고 있다(Collins, 1993).

과학 및 과학지식의 사회학이 성립되기 전까지의 전통적 과학철학자들은 대부분 과학의 내용을 이루는 지식과 방법이 어떤 사회적 영향도 받지 않고 궁극적으로는 자연에 의해서 결정된다고 믿음으로써 과학의 사회

성에 관심을 갖지 못했다. 전통적 과학자들은 과학과 과학지식의 발달을 과학철학과 과학사의 한 분야로 다루었으며, 자신들이 자연법칙을 탐구·발견하려는 방법조차도 특수한 과학적 준거와 합리적 절차를 따르는 것으로 생각하였다(Richards, 1987). 그런 전통적인 의미의 과학 및 과학적 방법과 과학지식에는 사회적 과정을 관련시킬 여유가 없었으나, 포퍼·쿤·라카토스·툴민 등 현대의 과학철학자들은 과학의 분석 도구로 과학사(Brown, 1977)와 사회적 환경(Riggs, 1992)을 이용함으로써 과학의 사회적 특성과 그에 따른 윤리적인 문제를 과학과 과학지식의 특성으로 부각시켰다.

특히, 과학지식의 사회학은 관찰의 이론의존성을 받아들임과 동시에 과학적 이론은 자료에 바탕을 두어 구성된 논리적 구조라는 주장을 부정함으로써 확립될 수 있었다(Riggs, 1992). 과학지식의 사회성을 확립한 만하임은 원래 실증주의자였으며, 여러 가지 개념을 막스의 유물론에서 빌려와 그의 이론에 이용하였다. 만하임은, 처음에는 실증주의자들과 마찬가지로, 실재론의 형이상학적·인식론적 신조를 바탕으로 사회과학의 관념은 그것이 형성된 사회적 상황을 분석하여 설명할 수 있지만 자연과학은 사회적 변인의 영향을 받지 않는다고 주장하였다. 그는 자연세계에서 일어나는 현상의 객관성과 불변성을 가정하고, 그 현상에 대한 지식은 사심없고 공평한 관찰을 통해서, 또는 감각적 자료를 이용하여, 그리고 정확한 측정을 바탕으로 얻어질 수 있다고 주장하였다(Mulkay, 1979).

그러나 그들의 실재론적 신조가 1970년대부터는 급격하게 변하였다. 당시의 과학철학자들은 경험론과 절대주의 대신에 합리론과 상대주의를 수용하였으며, 과학지식이 객관적 특성을 띤다는 생각을 버리고 주관적이라는 주장을 받아들였다(Riggs, 1992). 특히, 사회학자들은 과학철학과 과학사에 일어난 혁명적 변화의 영향을 받아 관념과 내용의 설명에 그들의 관심을 집중하였다. 그들의 접근법이 처음에는 '상대주의-구성주의(relativism-constructivism)'로 일컬어졌으나 오늘날에는 '사회구성주의(social constructivism)'로 지칭된다. 사회구성주의는 진리와 표상화로 특징지어지는 과학을 거부하고 과학적 이론과 가설을 정치적·경제적·문화적 환경의 산물로 보는 분석적 프로그램을 제시한다. 사회구성주의는 인식론적 주제에 대한 견해에 따라 사회적 관심만이 연구의 영역과 문제에 영향을 미친다고 보는 겸손한(modest) 입장과 가설이 사회적 관심에 따라 검증된다고 주장하는 보다 엄격한 입장으로 나뉜

다(Longino, 1990).

그런데 사회구성주의는 그 인식론적 신조나 입장에 관계없이 몇 가지의 공통적인 가정을 전제로 연구를 수행한다(Cole, 1992). 첫째, 과학은 규칙에 의해 지배되는 활동이 아니라고 믿는다. 연구가 과학자들에 따라 서로 다른 절차에 따라 수행된다는 것이다. 둘째, 과학적 논쟁은 때때로 경험적 증거가 아닌 다른 것에 의거하여 해소된다고 본다. 증거는 반드시 그것이 생겨나게 한 이론에 비추어 의미가 있다는 신념이다. 셋째, 상대주의의 철학적 입장을 수용하여 과학지식의 내용에 영향을 미치는 자연을 외부 세계의 객관적 존재로 보는 실체론적 견해를 부정한다. 그들에 의하면, 자연이 과학을 결정하지 않으며, 자연법칙도 실험실에서 수행하는 과학자들의 사회적 행동에 의해 정의된다는 생각이다. 사회구성주의는 또한 사회적으로 구성된 자연현상, 사회적 흥미, 인위적 사실만이 존재한다고 보고(Radder, 1996), 쿤(Kuhn, 1997)의 철학적 입장을 상대주의의 인식론에 포함시킨다(Cole, 1992).

이상에서 고찰한 바와 같이, 과학과 과학지식의 사회학은 사회학자들뿐만 아니라 과학철학과 역사학자들도 관심을 갖는 분야이다(McMullin, 1992). 쿤은 「과학혁명의 구조(The Structure of Scientific Revolutions)」를 통해 과학 및 과학지식의 사회학적 관점에서 과학의 본성을 특징지었다. 그는 그 책에서 진리와 논리가 자체의 언어를 지닌 사고세계의 틀에 따라 형성되기 때문에 시대·문화·사회·집단 등에 고유한 특성을 지닌다고 주장하는 상대주의에 입각하여 과학의 표준 견해를 부정하고, 과학지식은 누적적으로 발달하지 않으며 객관적 절차가 아니라 사회적 합의 과정을 통해 형성된다는 가정을 강조한다. 그는 또 관찰의 이론의존성과 자료에 의한 이론의 미결정성을 바탕으로 과학지식은 반드시 진리도 아니고 객관적인 속성도 아니라는 결론을 내림으로써, 과학지식의 형성과 검증 과정에 가치관이 개재되고 그럼으로써 윤리적인 문제가 발생할 수 있음을 암시하였다.

### 3. 심리학이 암시하는 과학의 윤리적 특성에 대한 교육 방법

과학의 윤리적 특성에 대한 교육이 필요하다는 주장은 구성주의의 심리학적 견해도와 부합된다. 구성주의는 과학의 윤리적 특성을 가르쳐야 할 이유를 직접 언급하지는 않지만, 과학계에서 제기되고 있는 과학의 윤리

적 특성에 대한 교육의 필요성을 정당화시켜 줄 뿐만 아니라 그 교육의 목적·방법·내용 등을 제시한다. 구성주의는 지식을 개인의 경험에는 어울리지만 절대적 진리가 아니고 단지 잠정적인 모형에 지나지 않는다고 보며(Tobin & Tippins, 1993), 과학적 방법을 사회적 합의 과정으로 보는(Cole, 1992) 인식론적·방법론적 견해이자 학습을 학습자에 의한 지식의 구성(Rieber, 1993), 또는 개인의 경험에 대한 구성으로 규정하고(Gunstone, 1995), 피아제(J. Piaget)의 동화설과 오슈벨(D. P. Ausubel)의 유의미학습론을 그 예로 제시하는(Duit, 1995) 심리학 이론이다. 구성주의자들은 학습을 능동적 과정으로 특징짓는데, 이런 생각은 전국과학교사협회(National Science Teachers Association; NSTA)가 개발·출판한 「국가과학교육기준(National Science Education Standards; NSES)」(Texley & Wild, 1996)에도 잘 나타나 있다.

현대의 과학철학자들은 경험론·이성론·실증주의의 인식론적·형이상학적·방법론적 신조를 그들의 신념과 견주어 표준적 견해(standard view)(Mulkey, 1979; Riggs, 1992), 또는 상식적 견해(common-sense view)(Chalmers, 1982)로 지칭한다. 표준적 견해는 귀납주의(inductivism)로 일컬어지기도 하며(Losee, 1987), 특히 실재론적·절대론적 관념에 바탕을 두고 있다. 현대의 과학교육학자들은 이와 같은 표준적 견해와 대비되는 현대의 인식론을 총칭하여 구성주의라 한다. 이런 의미의 구성주의는 특히 관념론과 상대주의를 받아들여(Driver *et al.*, 1996; Radder, 1996) 과학적 문제는 사회적 상황에서 일련의 사회적 과정을 통해서 해결된다고 주장한다. 과학지식은 경험적 증거의 평가에 적용하는 일련의 합리적 규칙을 응용한 결과가 아니라 우연한 발생, 특정한 도구의 사용, 특정 물질의 이용, 실험실 내의 사람들 사이나 그들과 실험실 밖의 사람들 사이의 협상 등을 통해 형성된다(Steffe & Gale, 1995)는 주장이다.

구성주의는 인식론적 신념을 강조하는 급진적 구성주의(radical constructivism)(Bettencourt, 1993; von Glasersfeld, 1993), 학습에 미치는 문화적 영향을 중요시하는 상황적(contextual) 구성주의(Coburn, 1993), 그리고 지식의 사회적 구성과 교육의 사회적 과정을 강조하는 사회적 구성주의(Shotter, 1995)로 분류된다. 구성주의는 이외에 전통적 경험주의, 정보처리설, 사소한 구성주의, 사회문화적 인식론, 사회적 구조주의(constructionism) 등의 소분야로 분파된다. 사회적 구

성주의는, 사회적 구조주의가 개인보다 사회를 더 중요시함에 비해, 사회보다 개인을 더 강조한다. 그러나 위에서 말한 구성주의 모두 그 입장에 관계없이 어느 것이나 교육학의 패러다임으로 작용한다. 구성주의는 또 지식을 개인이 세계로부터 의미를 발견한 것이 아니라 그에 관한 의미를 창조함으로써 개인에 의해 구성된 설명 체계로 간주한다(Steffe & Gale, 1995).

과학교육학자나 교육학자에 따라서는 구성주의를 인식론으로부터 심리학적 이론으로 간주한다. 구성주의를 심리학적 이론으로 받아들이는 심리학자들은 지식이 학습자에 의해 능동적으로 구성된다고 보는 인식론적 가정을 바탕으로 인지구조의 변화를 학습으로 정의한다. 심리학적 이론으로서의 구성주의는 또 맥락론(contextualism)·기계론·유기체론(organicism)의 세 가지 세계관 가운데 어떤 것을 이론적 배경으로 받아들이느냐에 따라 급진적 구성주의와 사회적 구성주의로 대별된다(Prawat & Floden, 1994). 전통적 정보처리 이론은 그 이론적 배경으로 기계론에, 급진적 구성주의는 유기체론에, 그리고 사회적 구성주의는 맥락론에 바탕을 둔다. 이런 이론적 배경에 비추어 볼 때, 과학교육학자들이 흔히 말하는 구성주의는 사회적 구성주의임을 알 수 있다. 사회적 구성주의자들은 지식이 개인의 경험이 아니라 집단내 상호간의 협동을 통해 구성된다고 강조함으로써 위에서 말한 구성주의자들과 다름을 주장한다.

지식의 구성과 학습·교수·교육과정 등에 관한 한 구성주의의 견해는 모두 과학의 윤리적 특성에 대한 학습지도에 적절한 방법과 교사의 역할을 제시한다. 이를테면, 학습자가 경험을 통해 자연을 이해하는 방법에 흥미를 가진 구성주의자는 학습자가 의미를 구성하는 과정에 관심을 집중하며, 교수·학습 과정에 관심을 가진 구성주의자는 사회적·문화적 과정을 중요시한다(Tobin & Tippins, 1993). 또한, 학습의 본성에 관심을 가진 구성주의자는 학습을 개인적 구성으로 정의하고, 적절한 교수법으로 예상-관찰-설명(predict-observe-explain; POE) 과정을 제시한다(Gunstone, 1995). 구성주의는 교사의 역할에 대해서도 새로운 의미를 제공하는데, 이와 같은 의미의 구성주의를 받아들이는 과학교사는 전과 달리 자료를 준비하고, 기본적 개념을 선정하며, 수업도 학생들의 이해 수준에서 시작한다(Vance & Miller, 1995).

#### 4. 과학적 연구 및 기술 개발과 윤리적 문제의 생성

과학적 연구 및 기술의 개발과 관련된 윤리적·도덕적 문제는 ① 과학지식을 이용하거나 응용할 때(Rose, 1986), ② 연구·개발·실험에 인간과 동물을 참여시키거나 그 대상으로 이용할 때(AAAS, 1993), ③ 과학자가 연구·개발하는 과정(Rose, 1986)에서, ④ 과학적 연구의 산물(실제적인 것이나 이론적인 것에 상관없이)을 사회에 응용하거나 그것이 사회에 영향을 미칠 때, ⑤ 사회나 집단이 태도를 결정하고 그에 따라 과학활동을 수행할 때(Fullick & Ratcliffe, 1996) 제기된다. 그런 문제는 과학지식과 과학기술이 일상생활과 사회에 응용되고 그 결과가 사회에 영향을 미칠 때에도 제기된다(Jardins, 1997).

첫째 상황에서 제기되는 문제는 과학과 기술이 발달할수록 심각해지며 그만큼 더 활발하게 논의된다. 현재는 핵발전, 인간계놈, 유전자 복제, 인공지능 등과 같이 인간에게 해를 끼칠 수 있는 실험을 제한해야 한다는 주장이 뜨거운 논쟁점이 되고 있다.

둘째 문제는 사람에게서는 물론이고 동물에게 고통을 주는 실험은 도덕적 규범이나 윤리적 원리에 위배되기 때문에 허용되지 않아야 한다는 것이 논의의 핵심을 이룬다. 이 문제는 해를 입은 동·식물에 대해 책임을 져야 한다는 벤담(J. Bentham)의 공리주의(Jardins, 1997)와 생태학적 세계관(박이문, 1997; 한면희, 1997)과도 관련되어 있다.

셋째 문제는 ① 연구 목적의 선택, ② 연구활동의 인력 배정, ③ 연구 방법의 선택, ④ 증거 기준의 구체화, ⑤ 연구 결과의 보급, ⑥ 오보의 통제, ⑦ 연구 성과에 대한 신뢰도 부여 등에 기인한다(Rescher, 1980). 그것은 또한 연구를 계획하고 설계하는 단계(Gay, 1996), 그것을 수행하고 자료를 수집하는 단계(Best & Kahn, 1997; Singleton *et al.*, 1993), 자료를 분석·해석하고 발표하며 보고하는 단계(Gall *et al.*, 1996) 등 연구의 전과정에서 제기된다. 미국교육연구회(American Educational Research Association; AERA)는 <윤리기준(Ethical Standards)>(AERA, 1992)을, 미국심리학회(American Psychology Association; APA)는 <심리학자들의 윤리강령과 행동규약(Ethical Principles of Psychologists and Code of Conduct)>(APA, 1992a)과 <규정과 절차(Rules and Procedures)>(APA,

1992b)를 제정·발표하여 연구자들에게 준수하도록 권고하고 있다. 학생들은 이런 과학적 연구 과정과 방법에 익숙해짐으로써 윤리적인 태도를 가질 수 있다고 한다(Bauer, 1994).

넷째 문제는 과학기술이 환경에 미친 영향을 평가하거나 과학적 연구의 결과를 특정 정치적 이념을 지지하기 위해 이용하려 할 때, 그리고 다섯째 문제는 국가나 각종 사회단체가 특정 연구과제에 대한 연구비의 지원을 결정할 때 제기된다. 이와 같은 상황은 윤리적·도덕적 문제가 생기는 원인이 될 뿐만 아니라 기존의 윤리학의 범위가 더욱 확장·분화되거나 새로운 윤리학이 확립되는 계기가 되기도 한다.

여섯째의 문제, 즉 과학지식과 과학기술이 일상생활과 사회에 응용됨으로써 제기되는 부정적인 문제들은 가치관의 혼돈, 추구해야 할 삶과 존재양식의 종류, 자연에 있어서 살아갈 장소, 건전하게 유지해야 할 세계 등 철학적·윤리적 관점에서 해석·분석해야 할 근본적인 문제를 불러일으키고 있다(Jardins, 1997). 지구의 생태학적 변화, 인간계놈, 유전공학, 핵에너지 개발 등 사회적 정책과 개인적 태도 및 행위의 변화를 요구하는 주제들이 그런 부정적인 문제를 야기하는 좋은 예이다. 그런 문제들을 원만하게 해결하기 위해서는 과학적 방법과 그 기술뿐만 아니라 사회적·문화적·정치적·경제적·윤리적 방법이 통합된 간학문적이고 종합적인 접근법을 적용해야 한다(Fullick & Ratcliffe, 1996).

#### 5. 새로운 윤리학의 형성과 윤리교육의 당위성

한 철학적 격언에 의하면, "윤리가 없는 과학은 맹목적이고, 과학이 없는 윤리는 공허하다"고 한다(Jardins, 1997, p. 9). 이 진술은 과학에 대한 기계론적·환원론적 견해와 상반되며, 목적론적·상황론적·현상론적 과학관을 표현한다. 오늘날에는 이런 대안적 세계관에 따라서 전통적 과학철학, 또는 윤리학이 생물윤리학(bioethics)과 환경윤리학(environmental ethics)으로 분파된다. 생물윤리학은 상황론(contextualism)(Winkler, 1996), 또는 현상론(Shanner, 1996)에 기초한 응용윤리학 또는 실천윤리학(practical ethics)의 한 분야로서 규범적 학문을 이룬다(Sumner & Boyle, 1996). 생물윤리학은 생물학이 발달함으로써(Singer, 1993), 특히 생물공학 또는 유전공학이 발달되고 그 지식이 응용됨으로써(Henderson & Knutton, 1990; Smith, 1996), 제기되는 도덕적·윤리적인 문제를 해

석하고 해결하기 위해 확립되었으며, 의학윤리(medical ethics) · 안락사 · 발생실험 · 건강 · 유산 · 뇌사 등 다양한 주제를 대상으로 한다(Hare, 1993).

윤리학의 생성에 견주어 본다면, 환경윤리학이 생겨난지는 비교적 최근의 일이다. 전문적 · 철학적 관점을 중심으로 한 환경윤리학은 1970년대에, 자연에 내재되어 있는 내재적 · 도구적 가치를 중시하는 환경윤리학은 1980년대 이후에 확립되었다(한면희, 1997). 환경윤리학은 인간과 환경 사이의 도덕적 관계에 대한 체계적인 설명으로서, 그리고 또 규범적 판단에 대한 체계적인 연구와 평가에 주된 관심을 가진 철학의 한 분야로서, 도덕적 규준이 자연에 대한 인간의 행동을 통제한다고 가정한다(Jardins, 1997). 환경윤리학은 이상적인 사회를 그 안에 축적되는 소비재의 양으로 평가하는 유품론을 거부하고 그 사회에 있어서의 성공 정도를 개인의 능력 개발과 실제의 성취도 그리고 그에 따른 만족도로 평가한다. 환경윤리학은 환경오염을 최소화하고 물자의 재생을 보장하기 위한 절약과 검소를 촉진한다(Singer, 1993).

생물윤리학과 환경윤리학은 그 특성상 통합학문, 또는 간학문(interdiscipline)이다. 현재 세계적으로나 국가적으로 또는 사회적으로 논쟁거리가 되고 있는, 그리고 특히 과학 · 과학기술 · 자연 · 환경 등과 관련이 있는, 도덕적 · 윤리적 문제는 윤리학자 · 과학철학자 · 자연과학자 · 사회과학자 · 경제학자 · 과학기술자 · 환경학자 · 농민단체 · 정부관리자 등 여러 분야에서 종사하는 전문가들의 공통적인 관심사가 되고 있다. 이들은 각자 나름의 관점과 가치관을 통해서, 그리고 자신들이 겪은 경험을 바탕으로 그런 문제를 해결하려 한다. 따라서, 과학과 과학기술의 규범적 문제는 그들의 관점과 경험의 수만큼 다양하다(Radder, 1996). 그런 문제를 원만히 해결하도록 하기 위해서는 현대의 과학관에 어울리는 윤리적 가치관과 합리적인 사고방식을 가지게 하는 것이 급선무인데, 이 점에 의해서도 그것은 윤리교육이 절실함을 알 수 있다.

### III. 과학의 윤리적 특성 교육의 실태

과학철학자들이 논의하는 과학뿐만 아니라 학교에서 가르치는 과학의 의미도 과학자 · 과학철학자 · 과학교육학자 · 과학교사들이 지니는 인식론적 · 형이상학적 · 방법론적 신조에 따라 변천을 거듭하였다. 현재 각급 학교에서는 과학과 기술을 사회를 개선시키기 위한 수

단으로 받아들이고 있지만, 1960년대까지는 지식을 탐구하고 현상을 설명하기 위한 수단으로 인식하였다. 한편, 각급학교의 과학에 대한 인식이 변함에 따라 과학교육의 목적도 달라졌다. 1960년대 이전의 과학교육이 인지발달에 그 목적을 두었음에 비해, 오늘날에는 그 외에 정의적 · 윤리적 · 미학적 이해에 그 목적을 둔다. 1960년대까지의 과학교육이 과학자 양성에 적절한 가치중립적이고 경험적인 과학을 강조했다면, 현재의 중등학교 과학은 도덕적 · 윤리적 측면이 부각되는 가치의존적 과목으로 특징지어진다. 또한, 1960년대 이전의 과학이 선형적 사고와 과학적 탐구 기술을 강조한 것에 비해, 현재는 체계적 사고와 의사결정을 중요시함으로써(조희형, 1997) 과학의 윤리적 특성에 대한 교육의 필요성을 더욱 강하게 강조한다.

과학 및 과학지식과 과학적 방법의 본성 또는 그 의미에 대한 견해는 과학교육의 특성을 이해하는 틀이 될 뿐만 아니라 과학교육과 심리철학의 사상적 기저가 되기도 한다. 과학교육 사상에 있어서는 경험주의의 산물인 실용주의(Kneller, 1971)에 바탕을 두어 진보주의가, 관념론과 실재론의 기초 위에 본질주의와 합존주의(서울대학교교육연구소, 1994; 한면희, 1983; Kneller, 1971)가, 그리고 상대주의와 관념론을 근간으로 구성주의(Driver, 1983; Driver *et al.*, 1996)가 세워졌다. 또한, 심리철학적으로는 현상론 · 경험론 · 실증주의를 바탕으로 환원론(Margolis, 1984)이, 실재론과 절대론을 바탕으로 인본주의가, 실증주의를 근간으로 행동주의와 학문중심교육 사상이, 실증주의 이후의 현대과학철학을 근거로 인간중심 교육 사상이 대두되었다. 환원론이 기계론의 극단적 입장을 나타내고 학문중심 교육사상은 학문의 발달에 궁극적 목적을 두었음에 비해, 인본주의와 인간중심 교육사상은 인간에 직접 영향을 미치는 과학기술과 관련된 문제를 중요시한다. 특히, 구성주의와 인본주의 교육사상은 과학과 기술의 윤리적 특성에 대한 교육의 필요성을 제기할 뿐만 아니라 그에 적절한 방법도 암시한다(한국과학교육학회, 1996).

과학의 윤리적 특성에 대한 교육의 필요성과 정당성은 오늘날의 과학교육 현장에서도 다방면으로 강조되고 있다. 각급학교에서는 과학교육의 한 목표로 의사결정력의 함양을 강조하며(한국과학교육학회, 1996), 생물공학과 그로부터 야기되는 법적 · 사회적 · 윤리적 · 도덕적 문제를 중요시해야 한다는 주장도 대두되고 있다(Henderson & Knutton, 1990). 또한, 몇몇 대학교에서는 생물윤리를 새로운 교과로 설정하고 있을 뿐만 아

나라(Fullick & Ratcliffe, 1996), 전통적 과학철학으로는 해결하지 못하는 현대의 환경문제를 다룰 대안으로 제시된 환경윤리(Jardins, 1997)와 과학자들이 연구를 수행할 때 제기되는 윤리적인 문제를 과학과 관련이 있는 각종 프로그램에 포함시키고 있는데(Derting, 1997), 이런 경향은 현대의 과학관 및 그에 바탕을 둔 인간중심 교육사상과도 비교적 잘 일치한다. 특히, 과학자 및 과학적 연구와 관련되어 있는 윤리적 문제는 고등학교의 과학 학습지도 자료에도 포함되었다(Barden, Frase, & Kovac, 1997).

중등학교 과학 교육과정에 윤리적·도덕적 문제를 포함시켜야 한다는 주장은 미국과학진흥협회(American Association for the Advancement of Science; AAAS, 1993)에서 발행한「과학소양표준기표(Benchmarks for Scientific Literacy)」와 국가연구위원회(National Research Council; NRC, 1995)의 「국가과학교육기준」에도 잘 나타나 있다. 「과학소양표준기표」에서는 학생들이 이해해야 할 과학의 요소로 과학의 조직, 사회적 구조, 학문적·제도적 특성, 윤리적 측면, 그리고 과학자의 역할의 다섯 가지 차원을 제시한다. 이 보고서에서는 또 ① 인간을 대상으로 하는 연구에서는 그가 연구의 대상자가 되거나 그 과정에 참여함으로써 얻을 수 있는 이익 또는 피해에 관하여 충분히 이해하고 참여를 거부할 수 있는 권한이 있음을 주지시키고, ② 과학자는 공동연구자·학생·이웃·사회에 알리지 않고 그들의 건강이나 재산에 영향을 미치는 연구를 수행해서는 안되며, ③ 동물을 조심스럽게 다루어야 한다는 등의 도덕적 원리의 중요성을 역설한다.

한편, 「국가과학교육기준」에서는 과학의 윤리적 특성에 대한 교육의 필요성을 직접 언급하거나 제시하지는 않고, 과학 및 STS 교육이 필요함을 강조함으로써 그 필요성을 간접적으로 암시해준다. 「국가과학교육기준」에서는 과학 및 과학교육에 대한 현대적인 견해를 바탕으로 내용기준을 통합개념과 과정, 탐구로서의 과학, 물상과 생물 그리고 지구와 우주, 과학과 기술, 개인적·사회적 관점의 과학, 과학의 역사와 본질의 여섯 영역으로 범주화하여 제시한다. 한편, 과학과 기술의 영역에서는 자연적 사물과 인공적 사물의 구분, 기술적 설계의 이해, 과학과 기술에 관한 이해를 강조하며, 개인적·사회적 관점의 과학 영역에서는 개인적 건강, 인구의 특성·변화·성장, 인구나 자원 및 환경, 자연자원의 형태·위험, 환경의 변화와 위험·편의 그리고 질, 지역·사회·세계에 있어서의 과학과 기술 등에 관한 교육의

중요성을 역설한다. 또한, 과학의 역사와 본질의 영역에서는 인간에 의한 노력으로서의 과학, 과학의 본질과 역사, 과학지식의 본질, 과학의 역사적 관점 등 가치와 윤리적 문제를 다룰 내용을 포함시키고 있다.

#### IV. 윤리적 특성 교육 방법과 과제

앞에서 살펴 본 바와 같이, 윤리적 특성은 과학이라는 체계를 이루는 한 구성요소로서, 현재 그에 대한 교육이 질실히 요망된다. 과학의 윤리적인 특성에 대한 교육의 필요성은 과학철학에서 제기되고, 사회학에서도 그것을 인정하며, 구성주의를 포함한 현대의 심리학은 그에 적절한 학습지도 방법을 암시해 준다. 또한, 과학적 연구를 수행하거나 과학과 기술을 응용함으로써 야기되는 여러 가지의 윤리적·도덕적 문제는 그 교육의 당위성을 더욱 분명하게 보여주고 있다. 윤리학 및 과학철학에서는 그런 문제를 해결해야 한다는 요구에 맞추어 생물윤리학·환경윤리학 등 새로운 윤리학이 확립되었다.

과학의 윤리적 특성에 대한 학습지도의 당위성이 인정되고 그 목적이 확인된 이상, 이제는 현장의 과학교사들이 쉽게 이용할 수 있는 과학의 윤리적 특성 학습지도 내용을 선정·조직하고 그 자료와 방법을 개발하는 일이 필요하다. 현대의 과학기술사회(STS)가 요구하는 과학교육은 경제적·환경적·윤리적·사회적·세계적(global) 요인의 영향을 받으며, 학습지도 내용은 학문과 사회 및 학생의 요구에 그 출처가 있고 그 방법은 철학과 심리학을 준거로 결정된다. 특별히 이 점에 비추어, 과학의 윤리적 특성에 대한 학습지도 내용은 과학기술과 관련된 사회적 논쟁거리로 선정·조직하고, 그 방법은 현대의 과학철학과 구성주의 심리학 그리고 도덕성 발달론을 준거로 개발하는 것이 바람직하다고 하겠다.

그러나 과학철학과 윤리학에서는 과학의 윤리적 특성에 대한 연구가 미흡하고, 과학교육 현장에서는 그에 대한 실질적인 교육이 거의 이루어지지 않고 있다. 일부 연구단체의 보고서에서는 교육과정의 목적으로 의 사결정력을 중요시하고 있으며, 일부 학교에서는 사회적으로 논쟁거리가 되고 있는 문제를 과학 과목이나 교과 프로그램에 포함시키고는 있다. 그러나 현장의 과학 교사들에게 필요한 학습지도 내용과 자료 그리고 그 방법은 구체적으로 제시된 바 없다. 윤리교육을 위한 학습지도 내용과 자료는 단순히 윤리교육만이 아니라 과학 및 과학철학에 관한 교육이 이루어질 수 있도록 개발



되어야 한다.

## 적 요

이 논문은 과학의 윤리적 특성에 대한 교육의 필요성과 그 교육의 실태 및 문제점을 확인하고, 그 결과를 바탕으로 그 교육의 방법을 제시함에 목적을 두었다. 과학의 윤리적 특성에 대한 교육의 필요성은 과학철학, 사회학, 심리학, 과학적 연구 및 기술의 개발, 새로 형성된 윤리학 등의 문헌을, 그리고 그 교육의 실태 및 문제점은 과학교육의 목적과 그 교육과정과 관련한 국내·외의 문헌을 조사·분석하여 확인하였다. 과학의 윤리적 특성에 대한 교육의 필요성은 조사한 다섯 영역 모두에서 확인되었으며, 국내·외 각국 과학교육의 여러 분야에서 그 중요성이 강조되고 있다는 사실도 확인되었다.

## 참고 문헌

- 박의수, 강승규, 정영수, 강선보 (1993). 교육의 역사와 철학. 동문사.
- 박이문 (1997). 문명의 미래와 생태학적 세계관. 도서출판 당대.
- 박종대 (역자) (1993). 윤리학. 사강대학교 출판부.
- 서울대학교교육연구소 (1994). 교육용어사전. 하우.
- 조희형 (1997). 과학의 윤리적 특성 학습지도. 초·중등 과학교육 워크샵(학교현장·적용을 위한 과학 탐구학습 지도방법 개선). 강원대학교등학교. 1997년 10월 31일.
- 한국과학교육학회 (1996). 고등학교 과학교사 공통과 학실협연수교재. 교육부.
- 한면희 (1997). 환경윤리. 철학과현실사.
- 한명희 (1983). 교육철학. 배영사.
- AAAS (1993). Bechmarks for Science Literacy. Washington, DC: The author.
- Abruscato, J. (1988). Teaching children science, 2nd ed. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.
- AERA (1992). Ethical standards of the American Educational Research Association. Educational Researcher, 21(7), 23-26.
- APA (1992a). Ethical principles of psychologists and code of conduct. American Psychologists, 47 (12), 1597-1611.

- APA (1992b). Rules and procedures. American Psychologists, 47(12), 1612-1628.
- Barden, L. M., Frase, P. A., & Kovac, J. (1997). Teaching scientific ethics: A case studies approach. The American Biology Teacher, 59(1), 12-14.
- Bauer, H. H. (1994). Scientific literacy and the myth of the scientific method. Urbana, Illinois: University of Illinois Press.
- Best, J. W., & Kahn, J. V. (1997). Research in Education, 8th ed. Boston: Allyn and Bacon.
- Bettencourt, A. (1993). The construction of knowledge: A radical constructivist view. In K. Tobin (ed.) The practice of constructivism in science education. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Brown, H. I. (1977). Perception, theory and commitment: The new philosophy of science. Chicago: The University of Chicago Press.
- Bynum, W. F., Browne, E. J., & Porter, R. (eds.) (1981). Dictionary of the History of Science. New Jersey: Princeton University Press.
- Chalmers, A. F. (1982). What is this thing called science? 2nd ed. Milton Keynes: Open University Press.
- Cheek, D. W. (1992). Thinking constructively about science, technology, and society education. Albany, New York: State University of New York Press.
- Coburn, W. W. (1993). Contextual constructivism: The impact of culture on the learning and teaching of science. In K. Tobin (ed.) The practice of constructivism in science education. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Cole, S. (1992). Making science: Between nature and society. Cambridge: Harvard University Press.
- Collette A. T., & Chiappetta, E. L. (1989). Science instruction in the middle and secondary schools, 2nd ed. Columbus, Ohio: merrill Publishing Company.
- Collins, R. (1993). Ethical controversies of science and society: A relation between two spheres of

- social conflict. In T. Brante, S. Fuller, & W. Lynch. *Controversial science: From content to contention*. Albany, New York: State University of New York Press.
- Derting, T. L. (1997). Undergraduate views of academic misconduct in the biological sciences. *The American Biology Teacher*, 59(3), 147-151.
- Driver, R. (1983). *The Pupil as Scientist?* Milton Keynes: The Open University Press.
- Driver, D., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young People's Images of Science*. Buckingham: Open University Press.
- Duit, R. (1995). The constructivist view: A fashionable and fruitful paradigm for science education research and practice. In L. P. Steffe, & J. Gale (eds.) *Constructivism in Education*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Feyerabend, P. (1978). *Science in a Free Society*. London: Verso.
- Fullick, P., & Ratcliffe, M. (eds.) (1996). *Teaching Ethical Aspects of Science*. Southampton: The Bassett Press.
- Gall, M. D., Borg, W. R., & Gall, J. P. (1996). *Educational Research: An Introduction*, 7th ed. New York: Longman.
- Gay, L. R. (1996). *Educational Research: Competencies for Analysis and Application*, 5th ed. Columbus, Ohio: Merrill Publishing Company.
- Gunstone, R. F. (1995). Constructivist Learning and the teaching of science. In B. Hand & V. Prain. (eds.) *Teaching and Learning in Science: The Constructivist Classroom*. Sydney: Harcourt Brace & Company.
- Hare, R. H. (1993). *Essays on Bioethics*. Oxford: Clarendon Press.
- Henderson, J., & Knutton, S. (1990). *Biotechnology in Schools: A handbook for teachers*. Milton Keynes: Open University Press.
- Honer, S. M., & Hunt, T. C. (1987). *Invitation to Philosophy: Issues and Options*, 5th ed. Belmont, California: Wadsworth Publishing Company.
- Jacobson, W. J., & Bergman, A. B. (1980). *Science for Children: A Book for Teachers*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Jardins, J. R. (1997). *Environmental Ethics: An Introduction to Environmental Philosophy*, 2nd ed. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.
- Klee, R. (1997). *Introduction to the Philosophy of Science: Cutting Nature at Its Seams*. New York: Oxford University Press.
- Klemke, E. D., Hollinger, R., & Kline, A. D. (eds.) (1980). *Introductory Readings in the Philosophy of Science*. Buffalo, New York: Prometheus Books.
- Kneller, G. F. (1971). *Introduction to the Philosophy of Education*, 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Kourany, J. A. (1987). *Scientific knowledge: Basic issues in the philosophy of science*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.
- Kuhn, T. S. (1997). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: Chicago University Press.
- Lakatos, I. (1970). Falsification and the methodology of scientific research programmes. In I. Lakatos & A. Musgrave. (eds.) *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Laudan, L. (1990). *Science and relativism: Some key controversies in the philosophy of science*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Layton, D. (1986). Science education and values education-An essential tension. In J. Brown, T. Horton, F. Toates, & D. Zeldin. (eds.) *Science in Schools*. Melton Keynes: Open University Press.
- Lipman, M., Sharp, A. M., & Oscanyan, F. S. (1980). *Philosophy in the Classroom*. Philadelphia: Temple University Press.
- Longino, H. E. (1990). *Science as a Social Knowledge*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Loose, J. (1987). *Philosophy of Science and Historical Enquiry*. Oxford: Clarendon Press.
- Mannheim, K. (1954). *Ideology and Utopia*. New York: Harcourt Brace. Cited from S. Cole (1992). *A history of ideas in science education: Implications for practices. op cit.*

- Margolis, J. (1984). *Philosophy of Psychology*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc.
- Martin, M. (1991). Science education and moral education. In M. R. Matthews, *History, Philosophy, and Science Teaching: Selected Readings*. New York: Teachers College Press.
- McMullin, E. (ed.) (1992). *The Social Dimensions of Science*. Notre Dame, Indiana: University of Notre Dame Press.
- Merton, R. K. (1973). The normative structure of science. In R. K. Merton. *The Sociology of Science*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Moser, P. K., & Nat, A. V. (1987). *Human Knowledge: Classical & Contemporary Approaches*. Oxford: Oxford University Press.
- Mulkay, M. (1979). *Science and the Sociology of Knowledge*. London: George Allen & Unwin.
- NRC (1995). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Phillips, D. C. (1987). *Philosophy, science, and social inquiry: Contemporary methodological controversies in social science and related applied fields of research*. Oxford: Pergamon Press.
- Prawat, R. S., & Floden, R. E. (1994). Philosophical perspectives on constructivist views of learning. *Educational Psychology*, 29(1), 37-48.
- Radder, H. (1996). *In and about the world: Philosophical studies of science and technology*. Albany, New York: State University of New York Press.
- Rescher, N. (1980). The ethical dimension of scientific research. In E. D. Klemke, R. Hollinger, & A. D. Kline (eds.) (1980). *Introductory Readings in the Philosophy of Science*. Buffalo, New York: Prometheus Books.
- Richards, S. (1987). *Philosophy & Sociology of Science: An Introduction*. Oxford: Basil Blackwell.
- Rieber, L. P. (1993). A pragmatic view of instructional technology. In K. Tobin (ed.) *The Practice of Constructivism in Science Education*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Riggs, P. J. (1992). *Whys and ways of science: Introducing philosophical and sociological theories of science*. Carlton, Victoria: Melbourne University Press.
- Rose, S. P. R. (1986). The limits to science. In J. Brown, T. Horton, F. Toates, & D. Zeldin. (eds). *Science in schools*. Melton Keynes: Open University Press.
- Salmon, M. H., Earman, J., Glymour, C., Lennox, J. G., Machamer, P., McGuire, J. E., Norton, J. D., Salmon, W. C., & Schaffner, K. F. (1992). *Introduction to the Philosophy of Science*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Shanner, L. (1996). Bioethics through the back door: Phenomenology, narratives, and insights into infertility. In L. W. Sumner, & J. Boyle. (eds.) *Philosophical Perspectives on Bioethics*. Toronto: University of Toronto Press.
- Shotter, J. (1995). In dialogue: Social constructionism and radical constructivism. In L. P. Steffe, & J. Gale (1995). *Constructivism in Education*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Singer, P. (1993). *Practical Ethics*, 2nd ed. Melbourne: Cambridge University Press.
- Singleton, Jr., R. A., Straits, B. C., & Straits, M. M. (1993). *Approaches to Social Research*, 2nd ed. Oxford: Oxford University Press.
- Smith, J. E. (1996). *Biotechnology*, 3rd ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- Steffe, L. P., & Gale, J. (1995). *Constructivism in Education*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Sumner, L. W., & Boyle, J. (1996). Introduction. In L. W. Sumner, & J. Boyle. (eds.) *Philosophical Perspectives on Bioethics*. Toronto: University of Toronto Press.
- Texley, J., & Wild, A. (eds.) (1996). *NSTA Pathways to the Science Standards: High School Edition*. Washington, DC: NSTA.
- Tobin, K., & Tippins, D. (1993). Constructivism as a referent for teaching and learning. In K. Tobin (ed.) *The Practice of Constructivism in Science Education*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence

- Erlbaum Associates, Publishers.
- Vance, K., & Miller, K. (1995). Setting up as a constructivist teacher: Examples from a middle secondary ecology unit. In B. Hand & V. Prain. (eds.) *Teaching and Learning in Science: The Constructivist Classroom*. Sydney: Harcourt Brace & Company.
- von Glasersfeld, E. (1993). Questions and answers about radical constructivism. In K. Tobin (ed.) *The Practice of Constructivism in Science Education*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Winkler, E. (1996). Moral philosophy and bioethics: Contextualism versus the paradigm theory. In L. W. Sumner, & J. Boyle. (eds.) *Philosophical Perspectives on Bioethics*. Toronto: University of Toronto Press.
- Yager, R. E. (ed.) (1996). History of science /technology /society as reform in the United States. In R. E. Yager. *Science/Technology/Society as reform in science education*. Albany, New York: State University of New York Press.
- Ziman, J. (1980). *Teaching and Learning about Science and Society*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ziman, J. (1984). *An introduction to science studies: The philosophical and social aspects of science and technology*. Cambridge: Cambridge University Press.