

과학의 윤리적 특성 교수-학습 방법

최경희 · 조희형

(이화여자대학교) · (강원대학교)

Ethical Teaching/Learning Methods of Science

Choi, Kyunghee · Cho, Hee-hyung

(Ewha Womans University) · (Kangwon National University)

ABSTRACT

This study addresses the plan and methods of teaching/learning ethical aspects of science in the secondary schools, which were developed by the authors based on their 3 year research on ethical aspects of science and its teaching/learning. The general teaching/learning plan is composed of the instructional objectives of teaching/learning ethical aspect of science, its teaching/learning method and strategies, curricular content, and assessment. The article also attempted to describe a few words of care to keep in mind when apply the model and methods in the science classrooms.

Key words: ethical aspect of science, instructional model, teaching/learning model, teaching/learning strategy, instructional method

I. 서 론

과학교사들은 과학교실, 실험실 등 과학교육 현장에서도 윤리적인 문제를 자주 만난다. 학교 과학수업에서 만나는 윤리적인 문제는 대부분 인구증가, 환경오염, AIDS, 생물 복제, 원자력 폐기물 처리 문제 등 사회적으로 논쟁거리가 되는 과학 및 과학기술 관련 주제이다. 그런 주제는 인류·국가·사회·지역 등의 문제로서 가치관이나 집단이익에 따라 여러 가지 의미로 해석될 수 있다(Trowbridge *et al.*, 2000). 그런 주제가 여러 가지 의미로 해석될 수 있다는 말은 곧 과학이 윤리적인 특성을 지니고 있음을 뜻한다.

한편, 과학이 윤리적 특성을 지니고 있다는 말은 과학의 본성을 제대로 이해시키기 위해서는 각급 학교에서 과학의 윤리적 특성도 교수해야 함을 뜻한다.

외국에는 생명공학과 관련된 윤리적 문제를 다룰 것을 강조한 교사용의 생명공학 지도서(Henderson & Knutton, 1990)와 과학의 윤리적 측면에 관한 교수-학습의 원리와 방법을 제시한 교재(Fullick & Ratcliffe, 1996)가 나와 있다. 이외에 한 과학교육학 교과서(Trowbridge *et al.*, 2000)에서는 과학의 윤리적 교수-학습 원리를 제시한다.

우리나라에서는 조희형(1997a; 1997b)이 강원도 과학교사들에게 과학의 윤리적 특성 교수-학습의 원리와 방법을 소개함으로써 과학의 윤리적 특성과 그 교육에 관한 연구의 결과를 처음으로 발표하였다. 그가 윤리적 특성 교수-학습의 원리와 방법을 소개한 이듬해에는 과학의 윤리적 특성 교육의 필요성과 실태(조희형, 1998), 그 원리와 방법(최경희, 1998)에 관한 논문이 발표되었다. 조희형과 최경희(1998a;

*2002.8.9(접수) 2003.2.6(1차 통과) 2003.2.28(최종 통과) **최경희(khchoi@ewha.ac.kr)

***이 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-1999-00334)지원으로 수행되었음.

1998b)는 그 두 논문을 학회지에도 발표했으며, 3년 간에 걸친 연구를 통해 더욱 구체적인 교수-학습 방법과 자료를 개발하였다(최경희와 조희형, 2000a; 2000b; 2001; 최경희 등, 2000).

조희형과 박승재(2001), 조희형과 최경희(2001)는 과학교육학 교재에서 과학의 윤리적 특성 및 그 교육의 필요성과 방법을 제시하였다. 또한, 정은영과 김영수(2000; 2001)는 가치 탐구 모형을 제시하고, 그에 따른 수업이 생물윤리에 대한 태도에 미치는 영향을 밝혔다. 한편, 박윤복 등(2002)은 생명윤리와 관련된 의사결정 활동이 합리적인 의사결정 능력에 미치는 영향을 조사하였다.

이와 같이 현재 우리나라에서도 과학의 윤리적 특성에 관한 교육의 필요성이 제기되고 있으며, 그 교수-학습의 원리·방법·자료 등도 연구·개발되어 있다. 그러나 실제로 과학교육 현장에서는 과학의 윤리적인 특성에 관한 교수-학습이 제대로 이루어지지 않고 있다고 할 수 있다. 이는 그 교수-학습 방법과 자료를 현장에 적용할 방안이 미흡하기 때문이기도 하다. 이 연구는 특별히 최경희와 조희형이 수행한 연구의 결과를 바탕으로 과학의 윤리적 특성에 대한 교수-학습 방법과 자료를 현장에 투입할 방안을 제시할 목적으로 수행하였다.

II. 기존 연구 결과의 종합

지난 10여 년 동안 과학의 윤리적 특성과 그 교수-학습에 관한 연구가 많이 수행되어 왔다. 이 절에서는 최경희와 조희형이 3년여 년 동안 수행한 연구의 결과와 그것이 과학 교수-학습에 던져주는 시사점을 기술하고자 한다. 연구의 결과는 과학의 윤리적 측면, 윤리적 특성 교수-학습의 필요성과 실태, 원리와 방법, 그 모형, 주제 및 소재로 나누어 기술하고자 한다.

1. 과학의 윤리적 측면

최경희와 조희형(2000a)은 과학의 윤리적 측면을 과학에 관한 현대적인 관점의 산물로 본다. 현대의

과학철학은 과학의 구성요소로 전통적 과학철학에서 제시한 과학지식, 과학적 방법, 과학 및 사회(Reiss & Straughan, 1996) 이외에 기술적·경제적·윤리적·정치적 측면(Ziman, 1980)을 제시한다. 과학교육학에 관심을 가진 윤리학자(Resnik, 1998)는 여기에 인식론적·도덕적·실용적 측면을 포함시키며, 사회학자(Longino, 1990)는 가치와 법률적 판단을 더하기도 한다.

이와 같이 현대 과학의 구성요소에는 윤리적 측면도 포함되는데, 윤리적 측면은 윤리학을 말한다. 윤리학은 도덕철학으로서(Resnik, 1998; Warburton, 1995) 도덕적 토론에 이용하는 논증을 분석하고 명료화하며, 도덕적 주장의 정당성을 조사하는 철학(Straughan, 1999), 또는 도덕적 행위의 규범과 원리, 도덕적 판단의 성격과 기준에 관하여 연구하는 철학의 한 분야이다(서울대학교교육연구소, 1994). 특히, 과학윤리는 공동의 목표를 추구하는 과학자 집단의 행동강령으로 정의할 수 있다(Barden *et al.*, 1997).

윤리적 측면을 포함한 여러 가지 구성요소로 이루어진 과학은 다양한 가치관이 개재된 주관적인 복합학문의 성격을 띤다(Jardins, 1997). 즉, 현대의 과학은 진리로서의 지식이나 객관적 절차와 같은 절대적·불변적 가치로 규정하기 어렵다. 특히, 과학의 윤리적 측면은 과학의 다원성과 다양성을 그대로 나타내며, 과학과 관련이 있는 윤리적 문제의 원인을 제공하거나 그 바탕이 된다(Kelly, 1990). 과학의 윤리적 문제는 이와 같은 과학의 다면적 속성에서 비롯되는데, 그 출처를 구체적으로 제시하면 다음과 같다.

- 과학적 연구를 수행하고 발표하는 과정 (Davis, 1999; Resnik, 1998; Sharader-Frechette, 1994)
- 과학지식을 응용하거나 과학의 산물을 이용할 때(Rose, 1986)
- 연구·개발에 인간을 참여시키거나 동물을 이용할 때(AAAS, 1993)
- 연구·개발의 결과를 응용함으로써 사회에 영향을 미칠 때(Jardins, 1997)

- 사회나 집단이 과학에 태도와 활동을 결정할 때(Fullick & Ratcliffe, 1996).

과학의 윤리적 특성은 과학의 본성에 대한 견해의 차이(Straughan, 1999)에서도 비롯되며, 과학자마다 과학의 의미·목적 등을 다양하게 해석하는 근원이 된다(Kelly, 1990). 과학자는 흔히 과학을 문화적·사회적 가치관에 따라 다른 의미로 해석하는데, 그런 해석상의 차이가 곧 윤리적 문제의 원인이 된다. 윤리적인 문제는 과학자가 사회와의 능동적인 상호작용을 통해 사회적·도덕적·경제적·정치적 결과를 수반하는 과학적 연구를 수행하는 과정에서 일정한 규범을 따르지 못할 경우에도 생겨난다.

2. 윤리적 특성 교수-학습의 필요성과 실태

1) 윤리적 특성 교수-학습의 필요성

과학의 본성과 그것이 인간에게 영향을 미치는 과정과 상황을 파악하기 위해서는 과학의 윤리적 특성과 윤리학과 잘 이해해야 한다. 과학의 윤리적 특성을 배우지 않은 학생일수록 비윤리적 행동을 하는 경향이 높으며, 실험보고서를 작성할 때에도 자료를 실제와 다르게 쉽게 바꾼다(Resnik, 1998).

과학은 윤리적 특성을 지닌 사회적 조직이며 제도이다. 과학자라고 해서, 또는 과학교사면 누구나 과학의 윤리적 측면을 가르칠 수 있는 것은 아니다. 과학의 윤리적 측면도 과학 그 자체 못지 않은 전문적인 지식과 그에 관한 교수-학습이 필요하다. 과학의 윤리적 특성에 관한 전문적인 지식과 그에 관한 교수-학습 기술은 비형식적교육보다 형식교육이 더 적절하다(Resnik, 1998).

안전에 관한 문제는 대부분 사실적·경험적 자료를 근거로 결정할 수 없고, 가치판단을 요구한다. 더욱이, 과학자나 과학기술자가 모두 어떤 문제의 사회적 타당성·유용성·실효성 등을 결정할 권리나 능력을 가지고 있지 않다. 가치판단을 요구하는 문제와 그에 수반하는 윤리적·도덕적 문제는 때때로 전문적 지식과 기술보다 학교의 형식교육을 통해서 해결하는 것이 바람직하다(Reiss & Straughan, 1996).

유전공학·핵물리학 등 현대의 과학은 대부분 가치와 집단이익이 관련되어 있어서 윤리적 문제의 바탕이 된다. 과학의 윤리적 문제는 문제해결법이 적절하며, 그런 문제해결에는 비판적 사고가 필수적이다(Armstrong & Weber, 1991). 문제해결법과 비판적 사고는 비형식교육보다 형식교육이 더 효과적이다. 그러므로 세계 각국의 과학 교육과정에서는 과학교육의 목적에 의사결정력의 함양을 강조한다.

윤리적 특성에는 언제나 형식교육만이 효과적인 것은 아니다. 학생들은 연구하는 과정에서 따라야 할 윤리적 준거도 공부해야 한다. 윤리적 준거는 그들에게 과학적 연구를 수행하는 과정을 직접 보여줌으로써 가르칠 수 있는데, 그런 교육은 행동을 변화시킬 목적으로 그리고 지식과 기능을 강조하는 형식적인 교육과 지식이나 기능보다는 실제의 행동을 더 중요시하는 비형식적 교육을 병용하는 것이 더 바람직하다(Resnik, 1998).

2) 과학의 윤리적 특성 교수-학습 실태

우리나라와 달리, 외국에서는 과학의 윤리적 특성에 대한 교육이 다방면에서 이루어지거나 강조되고 있다. 각급 학교에서는 과학교육의 목적으로 의사결정력의 함양을 강조하며(한국과학교육학회, 1996), 특별히 생물공학과 그로부터 야기되는 법적·사회적·윤리적·도덕적 문제를 중요시해야 한다는 주장도 대두되고 있다(Henderson & Knutton, 1990). 또한, 몇몇 대학교에서는 생명윤리를 새로운 교과로 설정하고 있을 뿐만 아니라(Fullick & Ratcliffe, 1996), 전통적 과학철학으로는 해결하지 못하는 현대의 환경문제를 다룰 대안으로 제시된 환경윤리(Jardins, 1997)와 아울러 과학자들이 연구를 수행할 때 제기되는 윤리적인 문제를 과학과 관련이 있는 각종 프로그램에 포함시키고 있다(Derting, 1997). 특히, 과학자 및 과학적 연구와 관련되어 있는 윤리적 문제는 고등학교의 과학 교수-학습 자료에도 포함되어 있다(Barden et al., 1997).

중등학교 과학 교육과정에 윤리적·도덕적 문제를 포함시켜야 한다는 주장은 미국과학진흥협회(American Association for the Advancement of

Science: AAAS, 1993)의 「과학소양표준기표(Benchmarks for Scientific Literacy)」에도 잘 나타나 있다. 「과학소양표준기표」에서는 학생들이 이해해야 할 과학의 요소로 과학의 조직, 사회적 구조, 학문적·제도적 특성, 윤리적 측면, 그리고 과학자 역할의 다섯 가지 차원을 제시한다. 이 보고서에서는 또한 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.

3. 윤리적 특성 교수-학습 방법

1) 윤리적 특성 교수-학습 원리

윤리적 특성 교수-학습 원리와 방법은 도덕성 발달론과 가치교육 방법론에서 찾아볼 수 있다. 도덕적 의사결정의 기초가 되는 이론과 개념은 철학보다 심리학에서 더 먼저 발달하였다. 도덕성교육 이론은 ① 도덕성-인지 발달, ② 도덕적 동기와 정의적 발달, ③ 도덕적 내면화, ④ 도덕적 사회화의 네 가지 형태로 분류할 수 있다(Cheek, 1992). 과학교육 현장에서는 이 가운데에서도 피아제(J. Piaget)와 콜버그(L. Kohlberg)의 도덕성-인지 발달론을 가장 일반적으로 적용한다(Bybee & Sund, 1982; Cheek, 1992).

피아제의 이론에 따르면, 도덕성은 타율적 수준과 자율적 수준을 거쳐 발달한다. 타율적 수준은 어떤 규칙도 적용되지 않고 아동의 순수한 욕망에 따라 행동하는 운동 단계 또는 개인적 단계(0-2세)와 규칙을 신성시하고 변경이 불가능한 절대적인 것으로 보는 자기중심주의 단계(2-6세)를 거친다. 자율적 수준은 규칙을 따라야 사회적 이익을 얻을 수 있다고 보는 초기 협력 단계(7-11세)와 규칙은 합의의 산물이며 상황이나 필요에 따라 변경될 수 있는 상호 협력 단계(12+세)를 거친다(Bybee & Sund, 1982; Cheek, 1992).

피아제의 도덕성발달론은 도덕성의 발달에 협동적 상호작용이 필수적임을 보여준다. 그의 이론에 따르면, 아동들은 상호작용을 통해서 생활·놀이 등에서 지켜야 할 규칙을 직접 이해한다(Bybee & Sund, 1982). 그런 규칙은 아동들이 자기는 그렇지 않다고 생각하지만 규칙과 그것을 적용할 방법을 알지 못하는 자기중심성(egocentrism) 단계, 규칙을 어느 정도 이해하고 경쟁하기 위해 적용하는 초기협력(incipient cooperation) 단계, 그리고 규칙을 잘 알고 더욱 정교화시킬 수 있는 순수협력(genuine cooperation) 단계로 이루어진 실행 과정을 거쳐 습득된다(Ginsburg & Opper, 1979).

콜버그는 피아제와 마찬가지로 도덕성도 상호간에 위계적인 관계가 있는 세 단계를 거쳐 발달한다고 가정한다(Phillips, 1987). 그에 따르면, 도덕성은 전관례적(preconventional) 수준, 관례적 수준, 후관례적(postconventional) 수준의 세 단계를 거쳐 발달한다. 전관례적 수준은 벌을 피하고 순종하는 단계와 보상을 추구하는 단계로, 관례적 수준은 사회적 인정을 지향하는 단계와 법과 질서를 추구하는 단계로, 후관례적 수준은 합법적 사회계약을 지향하는 단계와 보편적 윤리원리를 지향하는 단계로 구성되어 있다(Carin, 1997).

이와 같은 도덕성발달단계론에 바탕을 둔 도덕성교육은 개인의 도덕성을 기르고 정서를 순화시킴으로써 건전한 인격을 갖추게 할 목적으로(서울대학교교육연구소, 1994), 또는 도덕적 추리력을 계발시킬(Cheek, 1992) 목적에서 이루어진다. 과학 및 과학기술과 관련된 도덕적 가치에 관한 토의에는 학생들의 견해를 반드시 고려해야 한다. 특별히, 그런 교수-학습에서는 협동학습(cooperative learning)법과 집단토론(discussion learning)법을 적용한 도덕성교육이 효과적이다(Barden *et al.*, 1997).

자연에 대한 인식에는 사실적 판단이나 가치판단이 수반된다. 즉, 모든 사물·현상·사건·행동은 사실판단과 가치판단이 가능하다. 관찰결과의 진술이나 과학적 법칙과 이론에 따른 설명은 사실적 판단이며, 옳거나 그름 또는 좋고 나쁨의 기준에 따라 내려진 판단은 가치판단이다. 가치판단의 가치는 사물의 가

치, 지적 가치, 예술적 가치, 윤리적 가치로 대별된다. 학생들이 가지는 윤리적 가치관은 비판적 사고력의 신장에 도움이 되며, 시민정신이나 사회가 요구하는 가치관의 함양에도 효과적이다(Bybee, 1993).

2) 윤리적 특성 교수-학습 모형

과학의 윤리적 특성 교수-학습은 비형식적 수업 모형이나 형식적 수업 모형에 따라 실행할 수 있다. 비형식적 수업 모형은 학교의 정규수업보다는 비정규 수업 과정과 상황에서 수행된다. 이 수업 모형은 보통 교사에게는 역할모형(role model)이 되게 하거나 개인교수 역할을 하도록 하며, 학생들에게는 윤리적 문제에 관한 비형식적 토론에 참여하게 한다. 학생들은 훌륭한 모범을 봄으로써 윤리적인 과학자가 될 수 있으며, 그런 과정을 통해서 윤리적 지식과 태도도 습득할 수 있다. 그런 비형식적 교육은 과학을 가르치기 시작하는 학년의 학생을 시작으로 계속 실시하는 것이 바람직하다(Resnik, 1998).

형식적 수업 모형은 교사가 교실에서 윤리학을 직접 가르치거나, 윤리에 관한 자료를 읽고 쓰게 하며, 문제나 사례를 토의하게 하는 등의 방법으로 이루어지는 교수-학습 과정을 설명한다. 연구의 윤리, 윤리적 문제의 인식 및 반응과 그에 대한 대비, 윤리적 논쟁거리에 대한 사고, 윤리적 진퇴양난의 해결, 윤리적 행동에 관한 동기 유발 등에는 형식적 수업이 효과적이다. 비판적·형식적 사고가 가능한 학생들에게는 비형식적 수업보다 형식적 수업이 더 효과적이다(Resnik, 1998).

최경희와 조희형(2000b)은 도덕성 발달론과 가치 교육론을 바탕으로 형식적 수업 모형을 개발하였다.

그들은 학생들이 직접 가치판단을 실행할 수 있도록, 그리고 설득, 명료화, 도덕성 발달 또는 도덕적 딜레마, 논쟁거리 조사·분석, 현장학습 등의 윤리적 분석법 등을 수정·보완하여 강의법·토론법·조사법의 세 가지로 나누어 개발했다. 강의 모형은 설득법을 기반으로, 토론 모형은 명료화법과 도덕적 딜레마 해결법을 절충하여, 조사 모형은 논쟁거리의 조사·분석법과 현장학습법의 장점을 살려 개발하였다.

Fig. 1은 강의 모형이다. 첫 번째 단계에서는 학생들에 의한 가치판단이 필요한 현상·관념·사건 등을 제시한다. 이를테면, '정자 은행'이 설립된 배경과 실태를 말해주고, 그것에 대한 지지 여부를 생각하게 한다. 두 번째 단계에서는 정자 은행의 설립 목적, 그 필요성, 그것이 인간에 미치는 긍정적·부정적 영향 등을 분석·설명한다. 세 번째 단계에서는 교수-학습의 주제에 대한 입장을 지지하는지 결정하게 한다. 이 단계에서는 또한 학생들에게 자기의 입장을 결정하게 된 근거와 과정을 정리하게 한다. 이 모형이 과학을 이루는 구성요소로서의 윤리학과 그에 의해 나타나는 특성에 관한 한 토론과 역할놀이 그리고 협동학습 모형보다 덜 효과적이다.

Fig. 2의 토론 모형은 가치명료화법 및 도덕적 딜레마 해결법의 원리와 사회적 논쟁거리에 관한 조사·분석법을 바탕으로 구성하였다. 첫 번째의 준비 단계에서는 4-6명의 토의 조를 짜고, 개인마다 회의 진행자, 회의록 작성자, 발표자, 조원 등의 역할을 맡긴다. 두 번째 단계에서는 신문기사·학술논문·삽화(vignette) 등으로 AIDS·약물남용·유산·안락사 등 두 가지 이상의 견해를 표명하거나 딜레마에 빠지게 하는 사회적 논쟁거리를 제시한다. 세 번째 단계

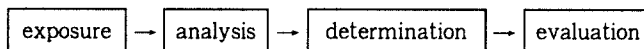


Fig. 1. 과학의 윤리적 특성 강의 모형

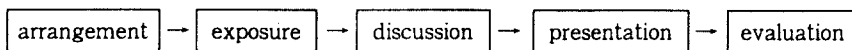


Fig. 2. 과학의 윤리적 특성 토론 모형

에서는 분단별 토의를 통해 주어진 논쟁거리에 대한 입장을 택하게 하며, 네 번째 단계에서는 분단별 입장을 발표하게 하고, 다섯째 단계에서는 각 분단의 입장과 그 입장을 택하게 된 과정의 타당성을 교사와 학생들이 함께 평가한다. 이 모형은 역할놀이나 협동 학습에 의한 수업에도 적절하다.

Fig. 3은 의사결정(decision-making) 과정에 따라 적용할 수 있는 조사 모형이다. 이 모형은 쓰레기 하 치장, 핵폐기물과 그 처리장 등과 같이 여러 집단의 이익과 다양한 가치관이 관련되어 있는 사회적 논쟁 거리에 특히 적절하다. 첫 번째 단계에서는 신문기사·삽화 등을 이용해 지역의 현안이나 사회적 논쟁 거리를 교수-학습의 주제로 제시한다. 둘째 단계에서는 그와 관련이 있는 자료를 수집하고, 그에 관한 다양한 견해를 분석한다. 세 번째 단계에서는 위의 분석 결과를 바탕으로 주제에 대한 입장 또는 그 해결책을 결정하며, 네 번째 단계에서는 교사가 학생들의 결정과 그 과정의 타당성을 평가한다. 이 모형은 협동 학습에 의한 수업에도 효과적이다.

위 세 가지 모형은 모두 토론·역할놀이·협동 학습 수업을 강조하며, 사회적 문제보다는 사회적 논쟁 거리의 이용을 강조한다. 사회적 문제는 인간과 사회에 해를 끼는 상황을 말하며, 사회적 논쟁거리는 사람마다 다른 신념과 가치관을 표명할 수 있는 관념 또는 사상을 말한다(Chiappetta *et al.*, 1998). 사회적 문제는 과학의 다면적 특성과 부정적 측면을 보여 줄 수 있으나, 사회적 논쟁거리는 과학의 다면적·다 기능적 특성을 잘 보여준다. 도덕성의 체득과 가치관의 형성에는 직접적인 경험이 효과적이다. 그러므로 최경희와 조희형(2000b)은 위 모형을 학생들에게 가능한 한 많은 학습 경험을 제공할 수 있도록 개발하였다.

3) 윤리적 특성 교수-학습 전략

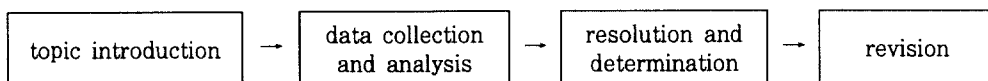


Fig. 3. 과학의 윤리적 특성 조사 모형

윤리적 특성 교수-학습의 전략으로는 토의법, 협동학습법, 그리고 역할놀이가 효과적이다. 토의법은 피아제의 도덕성발달론과도 일치하며, 협동학습법은 윤리적 특성에 관한 토의 과정에서 적용할 수 있다(Armstrong & Weber, 1991). 또한 역할놀이는 여러 견해가 나올 수 있는 주제의 교수-학습에 필수적이다. 양도논법으로 진술할 수 있는 사회적 문제, 도덕적 진퇴양난, 사회적 모순 및 상호작용과 관련이 있는 도덕성 등의 교수-학습에는 토론·협동학습·역할놀이가 효과적이다.

과학윤리(ethics of science)로 불리기도 하는 과학의 윤리적 특성에 관한 교수-학습에는 사례법(case method)도 효과적이다(Barden *et al.*, 1997). 특히 토론에 적용하는 사례법은 실제의 상황에서 일어나는 윤리적 문제에 관하여 논의하는 절차로 이루어져 있다. 여기서 사례는 문제를 제기하는 시나리오로서 윤리적 문제를 안고 있으며, 토론의 주제를 제공한다. 수업은 시나리오에 암시된 윤리적 문제를 토론하고 그 문제를 해결할 수 있는 방법을 제시한 다음 각 방법을 평가하는 절차로 이루어진다.

의사결정 과정을 따르는 교수-학습 방법은 기본적으로 가치에 대한 교수-학습법을 근간으로 한다. 가치를 교수-학습하는 방법은 특정 가치를 학생들의 신념체계에 직접 스며들게 하는 방법에서 학생들에게 자신의 신념을 검토하고 더욱 분화시키는 기회를 주는 방법에 이르기까지 다양하다. 과학교육 현장에서는 그런 방법들 가운데에서도 다음과 같이 그 특성을 요약할 수 있는 설득(inculcation)·명료화·분석·도덕성발달·현장학습 등을 일반적으로 활용한다(Chiappetta *et al.*, 1998).

설득법: 주로 강의를 통하여 학생들에게 가치를 직접 주입시키는 방법이다; 교사는 이 방법을 적용하여 주어진 신념을 확인하고 그것을

학생들에게 전해준다.

명료화법: 논쟁거리에 대한 토의에 효과적인 방법이다; 자신이나 남이 지닌 신념의 인식에 실용적이다; 전통적 과학 교육과정에서 STS를 통합시킬 때에는 필수적인 수단이다.

분석법: 이 방법을 적용하는 탐구에서는 도서 관의 조사, 현장 조사 등을 통해 관련이 있는 신념을 확인한다; 학생들은 이 방법을 사회적 문제와 과학 내용을 다양한 관점에서 이해하게 된다; 사고와 추리를 강조하면서 사회적인 도덕적 가치를 중요시한다.

도덕성발달론: 사회적 논쟁거리를 검토하여 도덕적 추리력을 함양시키는 데 주로 이용한다; 사고와 추리를 강조하지만 공정성 · 정당성 · 평등 · 존엄성 등 개인적인 도덕적 가치를 중요시한다; 가설적인 진퇴양난이나 사실적 진퇴양난을 이용하여 교수-학습한다.

현장학습: 교실의 수업을 능가하는 지역과 관련된 사회적 행동을 강조한다; 학생들을 사회에 적극 참여시키고 유용한 행동을 하게 한다; 과학이 그들에게 관련이 있는 것으로 느끼게 해준다.

과학의 윤리적 특성을 효과적으로 교수하기 위해서는 교사는 최소한 세 가지 조건을 만족시켜야 하거나 그럴 수 있는 자질을 가지고 있어야 한다(Fullick & Ratcliffe, 1996). 첫 번째, 자료를 충분히 수집할 수 있는 문제를 선정하고, 선정한 문제를 명료하게 정의하며, 주제와 관련이 있는 과학은 물론이고 다른 분야의 지식도 잘 이해하고 있어야 한다. 두 번째, 해석 · 분석 · 논증 · 비판 · 의사결정 등이 이루어질 수 있는 전략을 이용한다. 세 번째, 윤리적 분석에는 문제와 관련이 있는 윤리적 개념을 활용한다.

4) 윤리적 특성 교수-학습 주제 및 소재

진보주의는 과학의 교수-학습 주제와 소재를 생활에서, 학습자가 쉽게 경험할 수 있는 것으로, 그리고 그의 수준에 맞는 것으로 선정하였으나 과학의 발달을 지연시키는 결과를 초래하였다(조희형과 최경희,

2001). 그러므로 최경희와 조희형(2000b)은 과학의 윤리적 특성 교수-학습 주제와 소재를 제7차 과학 교육과정 내용에서 확인하였다. Table 1은 중학교의 과학 과목(과학 7 - 과학 9)에서, 그리고 Table 2는 고등학교 과학(과학 10)에서 선정한 주제 및 그와 관련이 있는 교수-학습 소재이다.

Table 1과 Table 2가 보여주는 바와 같이, 과학의 다면적 · 다기능적 특성을 보여줄 수 있는 주제와 소재는 과학지식 및 과학기술의 응용, 국내 · 외적으로 논쟁거리가 되는 현상 · 상황 · 사건 · 개념 등 다양하다. 한편 그 주제와 소재의 효과는 학년에 따라 다르다. 학생들의 관심과 인지수준에 비추어 볼 때 중학생에게는 사회적인 논쟁거리가, 고등학생에게는 과학 지식과 과학기술의 응용 사례가 효과적이다. 더욱이 이와 같은 주제와 소재는 과학과 교육과정에서 선정하였기 때문에 현대의 학문적 영역 및 수준과도 긴밀한 관계를 맺고 있다.

5) 윤리적 특성 교수-학습 모형과 주제 및 소재를 이용한 수업 효과

위에서 제시한 윤리적 특성 교수-학습 모형(그림 1~그림 3)과 주제 및 소재(Table 1과 Table 2)를 연관시켜 윤리적 특성 교수-학습의 효과를 알아보기 위하여 중학교와 고등학교 학생들을 대상으로 실험 수업을 실시하였다.

과학의 윤리적 특성 교수-학습이 중학생들의 과학의 본성에 대한 인식에 미친 영향을 알아보기 위하여 중학교 1학년 학생들을 대상으로 생물 영역인 '호흡과 배설' 단원을 선정하고, 중학교 2학년 학생들을 대상으로 화학 영역인 '혼합물과 화합물' 단원을 선정하여 위에서 제시한 소재를 삽입하면서 윤리적 특성 토론 모형과 조사 모형을 이용하여 수업을 진행하였다. 연구 결과, 윤리적 특성 교수-학습을 실시한 실험반 학생들이 교과서와 전통적인 강의 중심의 통제반 학생들에 비해 통계적으로 유의미한 인식의 차이는 나타나지 않았으나 과학 수업에 흥미와 관심을 갖고 능동적이고 적극적으로 참여하였다(최경희와 조희형, 2002).

또한 과학의 사회성과 윤리적 특성에 대한 고등학

Table 1. Ethics related topics in middle school science textbook

GRADE	UNIT	SECTION	TOPICS	
7	ENERGY	Light	Medical treatment using laser	
		Wave	Harms of electromagnetic wave, Noisy pollution	
	MATTER	Three states of matter	Harms of high pressure gas, Frozen man	
		Motion of molecules	Air pollution	
	LIFE	Phase transition and energy	Use of refrigerants, Global warming, Abnormal weather	
		Construction of living things	Gene modification	
		Digestive and circulation system	School meals and food poisoning, Term of validity, Diet	
	EARTH	Respiration and elimination	Smoking, Air pollution, Yellow sand phenomenon	
		Structure of earth	Ozone layer depletion, Damages of volcano and earthquake, Air pollution	
		Motion and components of earth crust	Underground water pollution, Soil pollution, Exhaustion of natural resources	
		Components of sea water and motion	Wave-force generation, Red tide phenomenon, Ocean pollution	
8	ENERGY	Motions	Overspeed, Traffic accident	
		Electricity	Electric shock, Harm of the high-tension wire, Electric over consumption, Harms of electromagnetic wave	
	MATTER	Properties of material	Drug abuse, Remedial result, Malformed child birth	
		Mixture separation	Waste water treatment, Doping test, Narcotic, Sobriety test	
	LIFE	Construction and function of life things	ecosystem destruction	
		Stimulus and response	Environmental hormone	
	EARTH	Earth and star	Space development and identity of earth	
		History of earth and diastrophism	Creationism vs Darwinism, Historical changes of view of the earth	
	9	ENERGY	Work and Energy	Energy exhaustion, Energy use and environmental disruption, Mechanization and human estrangement
			Magnetic Effects from Electricity	Harms of the high-tension wire
MATTER		Composition of the matter	Development and harms of A-bomb and H-bomb	
		Chemical Reaction	Harms of radioactive waste	
LIFE		Reproduction	Clone, A surrogate mother, Sperm and Ovum bank, Importance of life, Abortion	
		Hereditiy and evolution	Creationism vs Darwinism, GMO(Generically Modified Organisms), The genetically handicapped, Genetic malformed child	
		Water Circulation and Changes in weather	Environmental pollution, Ozone layer depletion, Global warming, Typhoon · Flood · Drought	
EARTH		The Solar System	Asteroid collision, Satellite disposal	

생들의 인식을 조사하기 위하여 고등학교 2학년 여 학생들을 대상으로 물리 영역의 소음과 방사능 단위를 중심으로 Table 2에서 제시된 소재를 도입하여 윤리적 특성 강의모형, 토론모형, 조사모형을 적용한 후 인터뷰를 실시하였다. 인터뷰 내용을 분석한 결과 실험반 여학생들은 과학의 사회성과 윤리적 특성 교육에 흥미를 느끼고, 배운 과학 지식을 확장시켜 실

생활이나 사회적 문제와 연결시키려 했으며, 과학의 발전으로 인해 발생하는 부정적인 영향도 적극적으로 해결하려는 자세를 가지려 하였다(최경희, 조희형, 장현숙, 2003).

Ⅲ. 윤리적 특성 교수-학습 방법과 자료의 적용 방안

Table 2. Ethics related topics in high school science textbook

UNIT	SECTION	TOPICS
INQUIRY	What do scientist do?	The role and responsibility of scientist
	Scientific inquiry	Ethics of science
	Effect of science on human life	Ethics of science, the understanding of science, technology and society
ENERGY	Force and energy	Building collapse
	Electricity energy	Energy exhaustion, Renewable energy
	wave energy	Harm of electromagnetic wave, Netiquette, Nondestructive inspection
	Energy interchangeability	Nuclear power generation, Nuclear weapon, Treatment of radioactive waste, Renewable energy
MATTER	Electrolyte & ion	Waste treatment, Reverse osmosis water purifier, Waste water treatment
	Acid and base reaction,	Acid rain, Detergent extravagance
	Reaction velocity	Gas explosion accident, Corrosion of iron and economic efficiency
LIFE	Metabolism	A necessary nourishment and Obesity, Diet food
	Stimulus and reaction response	Environmental hormone
	Reproduction	Surrogate mother, Ovum bank, Human cloning, Human genome project, Abortion
EARTH	Diastrophism	Volcano, Earthquake, Landslip
	Atmosphere and ocean	Damage caused by typhoon, Elnio, Lania, Ocean pollution, Petroleum pollution, Yellow sand, Desertification, Flood · Drought
	Solar system and galaxy	Space development, Space Debris, Prediction and counter plan of space
ENVIRONMENT	Biological concentration	Environmental hormone
	Acid rain	Use of fossil fuel, Energy conservation
	Greenhouse effect	Use of fossil fuel, Global warming, Renewable Energy
	Noise	Noise pollution

과학의 윤리적 특성에 관한 교수-학습의 방법·절차·자료 등은 그 목적·내용·여건 등에 따라 다르다. 여기서는 최경희와 조희형이 지난 3년 동안 수행한 연구의 결과를 바탕으로 과학의 윤리적 특성 교수-학습 방법과 자료를 적용할 방안을 기술한다. 그 적용 방안은 교육 목표, 교수-학습 모형과 전략, 교육과정, 평가로 나누어 기술하였다.

1. 과학의 윤리적 특성 교육 목표

과학의 윤리적 특성에 관한 교수-학습의 직접적인 목적은 과학의 다면적·다기능적 특성의 제시에 있다. 과학의 윤리적 특성 교수-학습에서는 무엇보다도 먼저 과학을 이루고 있는 여러 가지 구성요소를 보여 주어야 한다. 과학의 다면적 특성을 인식시키기 위한

교수-학습의 내용으로는 과학 및 과학지식의 사회적 특성, 과학적 방법 및 과정의 특수성 및 상황 의존성, 과학자의 역할과 책임, 과학·기술·사회(STS)의 관계, 과학의 사회적·경제적·윤리적·도덕적·실용적 특성 등이 필수적이다.

과학의 윤리적 특성 교수-학습에서는 과학이 하는 다양한 기능도 제시해야 한다. 즉, 과학의 윤리적 특성 교수-학습에서는 합리적인 사고의 한 가지 유형으로서 과학, 사회를 편리하게 하고 생활을 풍요롭게 하는 수단으로서의 과학, 인간에게 끼치는 부정적인 영향의 원천으로서의 과학 등을 제시해야 한다. 과학의 다기능적 특성을 인식시키기 위한 교수-학습의 내용으로는 과학자가 과학적 연구를 수행하는 과정, 과학지식 및 과학기술의 응용 방법 및 사례, 그 과정에서 생기는 여러 가지 문제 등이 적절하다.

2. 과학의 윤리적 특성 교수-학습 모형과 전략

최경희와 조희형(2000b)은 비형식적 수업 모형과 형식적 수업 모형을 제시하였다. 비형식적 수업 모형은 학생들에게 강의를 하거나 학생들이 직접 경험을 하게 하는 것보다 다른 사람의 행위를 봄으로써 도덕성과 가치관을 형성하게 하는 교수-학습 과정을 설명한다. 비형식적 교수-학습 모형을 적용한 수업은 비디오나 TV로 다른 사람들이 행하는 도덕적 행동, 쓰레기 하치장 문제나 원자력 폐기물 처리와 같은 가치관이 개재되어 있거나 집단이익이 관련된 문제가 해결되는 과정, 과학적 연구를 수행하는 과정에서 윤리적인 문제가 제기되는 상황 및 그 문제가 해결되는 과정 등을 보여주면 효과적이다.

최경희와 조희형(2000b)은 도덕성 발달론과 가치교육론을 바탕으로 강의 모형, 토론 모형, 조사 모형의 세 가지 형식적 교수-학습 모형을 제시하였다. 형식적 수업 모형은 어느 것이나 학교의 정규수업 과정과 상황에서 이루어지는 수업의 방법과 과정을 제시·설명한다. 최경희와 조희형이 제시한 형식적 수업 모형에 따른 수업은 연구의 윤리, 윤리적 문제나 논쟁거리, 윤리적 진퇴양난, 윤리적 행동 등에 관한 강의·토론·조사 등이 실질적이고 효과적이다. 그런 주제에 대한 토론의 효과는 토론집단의 크기가 3-4명일 때 극대화되며, 몇 가지의 견해나 입장이 분명할 때는 토론보다 역할놀이가 더 효과적이다. 한편 조사는 협동학습으로 대체할 수도 있다. 우리나라의 교육 현실에서는 여러 가지 협동학습 모형 가운데서 STAD법과 jigsaw법이 비교적 적용하기 쉽다.

윤리성은 가치관이 개재되어 있기 때문에, 그 원리는 강제적으로 주입시킬 수 없다. 한편, 과학의 윤리적 특성과 그 원리의 교수-학습에는 도덕놀이와 윤리적·도덕적 진퇴양난이 가장 효과적이다. 즉, 과학의 윤리적 특성 교수-학습은 다른 사람의 도덕적 입장에서 생각해보게 하는 도덕놀이를 하게 하거나 서로 상치되는 행동기준, 서로 다른 도덕적·윤리적·법적·정치적·종교적·제도적 의무 가운데서 몇 개를 선택해야 하는 상황, 서로 상충되는 견해나 가치, 서로 엇갈리는 도덕적 원리, 즉 어떤 것을 해야

합과 동시에 하지 않아야 하는 갈등상황 등 윤리적·도덕적 진퇴양난이 효과적이다.

과학의 윤리적 특성 교수-학습에는 갈등유발법도 효과적이다. 특히 진퇴양난을 소재로 활용하는 갈등유발법은 갈등이 생긴 주제의 확인, 주제와 관련이 있는 과학적·기술적 문제의 소개와 갈등의 명료화, 진퇴양난의 확인, 학생들이 이해할 수 있는 용어를 사용한 갈등 상황과 진퇴양난의 설명, 도덕적 진퇴양난의 검토와 각 단계별 찬반 입장의 기술, 진퇴양난에 대한 학생들의 견해 확인, 대답의 정당화 등의 절차에 따라 적용하면 효과적이다. 그것은 또한 질문 구성, 정보 수집, 다양한 대안 탐색, 선택의 평가, 의사결정, 행동하기 등의 절차에 따라 수행해도 마찬가지로의 효과를 얻을 수 있다.

3. 과학의 윤리적 특성 교육과정

우리나라의 제7차 과학과 교육과정(교육부, 1997)의 내용은 지식과 탐구로 구분되어 있다. 지식은 에너지·물질·생명·지구의 4영역으로 나뉘어 있으며, 각각 물리·화학·생물·지구과학에 해당되는 각 영역은 다시 세부 내용으로 나뉘어 있다. 탐구는 탐구과정과 탐구활동으로 대별되고, 각 영역은 더욱 세부적인 과정 및 활동으로 나뉘어 있다.

그러나 이와 같은 교육과정 내용이 과학의 윤리적 특성의 교수-학습에는 충분하지 않다. 지식은 과학의 인식론적 측면만을, 그리고 탐구는 방법론적 특성만을 보여준다. 그나마 과학지식은 경험주의와 합리주의에 바탕을 두어 절대적인 진리로서의 과학지식을 가정하고 있으며, 탐구 과정과 활동은 실증주의 방법론에 따라 객관적이고 보편적인 과정과 절차로 이루어진 과학적 방법을 가정한다.

과학의 다른 측면, 특히 윤리적인 특성을 위한 교육과정의 내용에는 과학의 본성, 과학사, STS 등도 포함시키는 것이 바람직하다. 과학의 본성에는 과학의 다면적·다기능적 특성을 보여줄 수 있도록 과학 지식, 과학적 방법, 과학자의 역할과 기능을 포함시킨다. 한편, 과학사에는 과학이 계속 변화·발달되어 온 과정을 보여줌으로써 과학지식의 잠정적·가설적

특성을 인식시키며, 특별히 어려운 개념인 경우, 그 이해에도 도움이 되도록 진술하면 더욱 좋다. 한편, STS는 과학의 실용성과 더불어 그것의 경제적·사회적·정치적 특성을 보여줄 수 있도록 과학과 기술이 사회에 미치는 영향뿐만 아니라 사회가 과학과 기술에 미치는 영향도 구체적으로 기술할 필요가 있다.

과학의 윤리적 특성을 이해시키기 위한 교육에는 자연의 개발 또는 환경의 보존, 생물의 복제, 원자력 폐기물의 처리 등과 같이 집단 이익이 관련되어 있거나 가치관이 개재된 주제나 소재가 가장 효과적이다. 그런 주제나 소재는 집단의 이익이나 가치관에 따라 상이한 견해가 표출될 수 있도록 기술하는 것이 바람직하다. 지역에 현안이 되고 있거나 사회적으로 논쟁거리가 되고 있는 것을 이용하면 더욱 좋다.

과학의 윤리적 문제에는 과학이 인간에게 끼치는 부정적인 영향, 과학적 연구 및 탐구 과정에서 생기는 도덕적 문제도 포함된다. 과학의 부정적 결과는 지역의 환경 오염, 쓰레기 하치장 등과 같은 학생들의 관심을 끌 수 있는 지역 문제가 좋다. 한편, 과학적 연구에서 생기는 문제는 속임, 자료 조작 등 실제로 제기된 문제를 다루면 효과적이다.

4. 과학의 윤리적 특성 교육의 평가

선다형으로 대표되는 객관식 문항에 의한 전통적 평가는 절대적 진리로서의 과학지식과 보편적 과정으로서의 과학의 과정을 가정한다. 그러므로 전통적 평가의 주안점은 학생들이 획득한 과학지식의 진위와 탐구 기능의 정확성에 두고 있다.

그러나 이와 같은 평가 방법과 주안점이 과학의 윤리적 특성의 평가에는 적절하지 않다. 과학의 윤리적 특성에 관한 지식은 절대적 진리가 아니라 개인적 가치관 또는 견해에 지나지 않는다. 한편, 개인적 가치관이나 견해는 옳고 그름으로 판단할 것이 아니라 상황에 대한 적절성으로 그 정당성을 판단할 수 있는 것이다(조희형과 최경희, 2000).

가치관이나 견해의 평가에는 수행평가가 효과적이다. 학생들이 획득한 지식이나 획득한 탐구 기능은 어느 것이나 점수를 주어야 한다. 포트폴리오는 총괄

평가에 이용하고 수업중의 형성평가에는 보고서법, 자료해석, 조사법 등 다른 형태의 수행평가를 실시하는 것이 바람직하다.

국문 요약

과학이 윤리적 특성을 지니고 있다는 말은 과학의 본성을 제대로 이해시키기 위해서는 각급 학교에서 과학의 윤리적 특성도 교수해야 함을 뜻한다. 외국에는 생명공학과 관련된 윤리적 문제를 다룰 것을 강조한 교사용의 생명공학 지도서와 과학의 윤리적 측면에 관한 교수-학습의 원리와 방법을 제시한 교재가 있다.

현재 우리나라에서도 과학의 윤리적 특성에 관한 교육의 필요성이 제기되고 있으며, 그 교수-학습의 원리·방법·자료 등도 연구·개발되어 있다. 그러나 과학교육 현장에서는 과학의 윤리적인 특성에 관한 교수-학습이 이루어지지 않고 있다. 이는 그 교수-학습 방법과 자료를 현장에 적용할 방안이 미흡하기 때문이기도 하다. 이 연구는 특별히 연구자들이 3년간 수행한 연구의 결과를 바탕으로 과학의 윤리적 특성 교수-학습 방법과 자료를 현장에 투입할 방안을 제시할 목적으로 수행하였다.

참고 문헌

- 교육부(1997). 과학과 교육과정. 대한교과서주식회사.
- 박윤복, 김영신, 정완호(2002). 생물 윤리 의사결정 활동이 고등학생들의 합리적인 의사결정능력에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 22(1), 54-63.
- 서울대학교교육연구소(1994). 교육용어사전. 하우.
- 정은영, 김영수(2000). 생물교육에서의 가치 탐구 모형 개발. 한국과학교육학회지, 20(4), 582-598.
- 정은영, 김영수(2001). 가치 탐구를 위한 생물 수업이 '생물윤리'에 대한 양면가치태도에 미치는 영향. 한국생물교육학회지, 29(3), 203-212.
- 조희형(1997a). 과학의 윤리적 특성 학습지도. 학교 현장·적용을 위한 과학 탐구학습 지도 방법 개선을 위한 초·중등 과학교육 워크숍. 강원도 교

- 육청(강원과학고등학교), 10월 31일.
- 조희형(1997b). STS와 과학의 윤리적 특성 학습지도. *강원과학*, 18, 163-175.
- 조희형(1998). STS와 과학의 윤리적 특성 교육: 필요성과 실태. 한국과학교육학회 국내학술대회, 전남대학교, 1998년 1월 22일 - 23일.
- 조희형, 최경희(1998a). 과학의 윤리적 특성 교육의 필요성과 그 실태. *한국과학교육학회지*, 18(4), 559-570.
- 조희형, 최경희(1998b). 과학의 윤리적 특성 교육의 원리와 방법. *한국생물교육학회지*, 26(2), 97-108.
- 조희형, 최경희(2000). 제7차 교육과정의 탐구 기능: 과학 교수-학습과 수행평가. 서울: 교육과학사.
- 조희형, 최경희(2001). 과학교육총론. 서울: 교육과학사.
- 최경희(1998). STS와 과학의 윤리적 특성 교육: 원리와 방법. 한국과학교육학회 국내학술대회, 전남대학교, 1998년 1월 22일 - 23일.
- 최경희, 조희형(2000a). 과학의 윤리적 특성에 대한 교수-학습 모형과 전략. *생명윤리*, 1(1), 123-143.
- 최경희, 조희형(2000b). 과학의 윤리적 특성 교수-학습의 절차와 주제. *한국생물교육학회지*, 28(4), 408-417.
- 최경희, 조희형(2001). 과학의 윤리적 특성 주제에 대한 중·고등학생들의 인식. *생명윤리*, 2(1), 57-67.
- 최경희, 조희형, 김지현(2000). 과학의 윤리적 특성 교육이 중학생들의 과학과 관련된 태도에 미치는 영향. *한국과학교육학회지*, 20(4), 642-651.
- 최경희, 조희형(2002). 과학의 윤리적 특성 교수-학습이 중학생들의 과학의 본성에 대한 인식에 미치는 영향. *한국생물교육학회지*, 30(2), 105-113.
- 최경희, 조희형, 장현숙(2003). 과학의 사회성과 윤리적 특성에 대한 여고생들의 인식- 물리 영역의 소음과 방사능 단원을 중심으로. *새물리*, 46(1), 인쇄중
- 한국과학교육학회(1996). 고등학교 과학교사 공통과 학실협연수교재. 교육부.
- American Association for the Advancement of Science (AAAS)(1993). *Bechmarks for science literacy*. Washington, DC: The author.
- Armstrong, K., & Weber, K.(1991). Genetic engineering-A lesson on bioethics for the classroom. *The American Biology Teacher*, 53(5), 294-7.
- Barden, L. M., Frase, P. A., & Kovac, J.(1997). Teaching scientific ethics: A case studies approach. *The American Biology Teacher*, 59(1), 12-4.
- Bybee, R. W.(1993). *Reforming science education: Social perspectives & personal reflections*. New York: Teachers College Press.
- Bybee, R. W., & Sund, R. B.(1982). *Piaget for educators, 2nd ed*. Columbus, Ohio: Charles E. Merrill Publishing Company.
- Carin, A. A.(1997). *Teaching science through discovery, 8th ed*. Upper Saddle River, New Jersey: Merrill.
- Carin, A. A., & Sund, R. B.(1989). *Teaching science through discovery, 6th ed*. Columbus, Ohio: Merrill.
- Cheek, D. W.(1992). *Thinking constructively about science, technology, and society education*. Albany, New York: State university of New York Press.
- Chiappetta, E. L., Koballa, Jr., T. R., & Collette, A. T.(1998). *Science instruction in the middle and secondary schools, 4th ed*. Columbus, Ohio: Merrill.
- Davis, M.(1999). *Ethics and the university: Professional ethics*. London: Routledge.
- Derting, T. L.(1997). Undergraduate views of academic misconduct in the biological

- sciences. *The American Biology Teacher*, 59(3), 147-151.
- Fullick, P., & Ratcliffe, M. (Eds.)(1996). *Teaching ethical aspects of science*. Southampton: The Bassett Press.
- Ginsburg, H., & Oppen, S.(1979). *Piaget's theory of intellectual development, 2nd ed.* Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Henderson, J., & Knutton, S.(1990). *Biotechnology in schools: A handbook for teachers*. Milton Keynes: Open University Press.
- Jardins, J. R.(1997). *Environmental ethics: An introduction to environmental philosophy, 2nd ed.* Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.
- Kelly, P.(1990). Biology and ethics: A theme and variations. *Journal of Biological Education*, 24(1), 18-22.
- Longino, H.(1990). *Science as social knowledge*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Phillips, D. C.(1987). *Philosophy, science, and social inquiry*. N.Y.: Pergamon Press.
- Reiss, M. J., & Straughan, R.(1996). *Improving nature? The science and ethics of genetic engineering*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Resnik, D. B.(1998). *The ethics of science: An introduction*. London: Routledge.
- Rose, S. P. R.(1986). The limits to science. In J. Brown, T. Horton, F. Toates, & D. Zeldin. (Eds). *Science in schools*. Milton Keynes: Open University Press.
- Shrader-Frechette, K.(1994). *Ethics of scientific research*. London: Rowman & Littlefield Publishers, Inc.
- Straughan, R.(1999). *Ethics, morality and animal biotechnology*. The Biotechnology and Biological Sciences Research Council.
- Trowbridge, L. W., Bybee, R. W., & Powell, J. C.(2000). *Teaching secondary school science: Strategies for developing scientific literacy, 7th ed.* Columbus, OH: Merrill Publishing Company.
- Warburton, N.(1995). *Philosophy: The basics, 2nd ed.* London: Routledge.
- Ziman, J.(1980). *Teaching and learning about science and society*. Cambridge: Cambridge University Press.