

과학교사들의 과학철학적 관점이 중학생들의 과학의 본성 개념에 미치는 영향

소원주 · 김범기 · 우종옥
(한국교원대학교)

The Effects of Teachers' Philosophical Perspectives of Science on Their Students' Conceptions of the Nature of Science

Won-Ju Soh, Beom-Ki Kim · Jong-Ok Woo
(Korea National University of Education)

ABSTRACT

Scientific literacy implies an adequate understanding of the nature of science. However, little is known about factors that can influence students' conceptions of the nature of science. The purpose of this study was to test the validity of the prevalent assumption that teachers' philosophical perspectives of science directly influence their students' conceptions of the nature of science. A comparison between science teachers' and students' perspectives of science did not support the assumption that a science teachers' perspectives of science is significantly related to students' conceptions of science. The data clearly indicated that there was no relationship between teachers' philosophical perspectives and those of their students. The results convincingly indicated that the nature of science was not being considered or taught to students as a consequence of students' needs and curriculum guide objectives. It is believed that the results of this investigation will help to redirect the focus of future efforts to promote more adequate conceptions of the nature of science in our secondary schools.

Key words : philosophy of science, nature of science.

I. 서론

전세계적인 과학교육의 개혁이 시작된 이래 40년이 지났지만, 최근의 많은 연구에 의하면 과학적 소양의 함양에 있어서 그 가장 중요한 목표를 성취하지 못했다는 것을 보여 준다. 여기서 말하는 과학교육의 중요한 목표 중의 하나는 학생들의 과학의 본성 개념, 즉 올바른 과학관의 습득을 의미한다. 만약 학생들이 과학적 개념을

획득함에 있어서 과학적 방법의 한계, 과학적 지식의 본질 및 그것이 발달되어온 역사적 상황에 대한 이해가 불충분하다면, 과학교육은 과학주의적 이상론에 내재한 믿음과 신념을 강화할 뿐이다.

대다수의 현대인들은 과학과 과학적 기술의 긍정적인 측면만을 맹신하는 경향이 있는데, 이러한 맹목적 신념을 과학주의라고 한다(Duschl, 1988; 조희형, 1994; 조희형 · 박승재, 1994). 과학주의는 참과학(Martin, *et*

* 1998년 1월 24일 받음.

al., 1990)에 대비되는 것으로서 과학의 한계를 인정하지 않으며, 과학 이외의 방법을 허용하는 입장에 반대하여, 과학적 인식을 최고 유일의 인식 방법으로 삼는 인식론적·방법론적 입장을 뜻한다. 이러한 과학주의가 대두하게 된 직접적인 원인은 학교 과학이 지난 수십년 동안 과학의 본성을 잘못 해석하고 있기 때문이다. Sutton(1996)에 의하면 현재의 과학교육이 전체 과학 활동에 대한 부적절한 이해를 강화하는 견해-‘귀납적 실재주의’, ‘소박한 경험주의’, ‘베이컨주의’, ‘실증주의’, ‘과학주의’-를 유지하고 강화하는데 가장 큰 책임이 있다.

일반적으로 과학교사들과 학생들의 과학의 본성 개념 사이에는 유의하고도 긍정적인 상관 관계가 있다는 가정이 받아들여지고 있다. 그렇지만 과연 과학교사들의 과학철학적 관점에 의해 교실의 실체가 좌우되며, 과학교사들이 가지는 과학의 관점이 직접적으로 학생들의 과학의 본성 개념에 영향을 미치는가? 본 연구는 일견 지극히 당연하게 생각되는 이러한 가정에 대해서 경험적으로 분석하고 고찰하였다.

II. 이론적 배경

1. 올바른 과학관과 과학철학

과학을 묘사함에 있어서 과학의 어느 측면을 강조하느냐에 따라서 과학에 대한 관점은 달라진다. 과학은 첫째, 내용을 강조할 수도 있고, 둘째, 탐구과정적 측면을 강조할 수 있으며, 그리고 셋째, 사회적 맥락을 강조할 수 있는데, 이들 각각은 그 이면의 과학철학과 깊은 관련이 있다. 첫번째의 내용지향적인 과학의 이미지는 논리실증주의를 비롯한 귀납주의적인 접근(Rescher, 1980)과 일맥상통하며, 두번째의 과학의 탐구과정적 측면을 강조하는 이미지는 반증주의(Popper, 1968; Lakatos & Musgrave, 1970)가 그 배경에 있으며, 과학의 사회적 맥락의 이미지는 STS적이고(Ziman, 1980; 조희형, 1995) 상대주의적(Kuhn, 1970; Feyerabend, 1975)인 접근이다. 현재의 과학철학계는 가장 극단적인 논리실증주의에서 가장 급진적인 상대주의의 방법론까지의 스펙트럼이 실재하고 있으며, 과학교육학계는 음으로 양으로 그 스펙트럼의 혼재된 형태의 영향을 받고 있다.

지난 30년간의 많은 연구자들에 의해 도출된 각 연구 결과를 여기서 모두 검토할 수는 없지만, 과학철학자, 과학사회학자의 통찰은 당연하게 받아들여지는 일상적

학교 과학에 난점을 던져주었다. 즉, 역사가와 철학자들의 면밀한 비판에 이미 폐기된 과학의 관점들이 아직 학교에서는 상당한 지위를 차지하고 있다는 사실이다. 학생들의 신념을 조사한 연구의 결과에 의하면, 과학에 의해 일련의 ‘발견물’이 누적되고, 그 속의 ‘사실들’은 과학자 개개인에 의해 발굴되고 보고된다고 한다(Sutton, 1996). Driver 등(1993)에 의하면 학생들은 과학자들의 ‘논쟁’의 목적은 단지 더 많은 정보와 ‘더 확고한 사실들’을 수집하기 위한 것이라고 생각하고 있었다. 그들에 의하면 많은 영국의 학생들은 과학의 사회적 특성이나 과학적 합의 도출의 과정에 대해 거의 알지 못한다고 지적하였다. Ryan과 Aikenhead(1992)는 VOSTS (Views on Science-Technology-Society) 척도를 이용하여 캐나다 고등학생들의 과학의 관점을 조사하였는데, 이론의 지위에 관한 문항-(이론은 ‘발견’되는 것인가, ‘발명’되는 것인가)-에서 피험자의 4분의 3이 과학자가 이론을 ‘발견’한다는 진술을 선택하였다고 보고하였는데, 한국 고등학생들을 대상으로한 연구에서도 동일한 결과가 보고되었다(우종욱과 소원주, 1995). Selly(1989)는 학교에서 ‘과학적 진리는 발견되기 전에 존재하며’, ‘증거에서 이론으로 향하는 논리적인 길이 있다’는 가정이 만연하고 있다고 개탄하였다.

이러한 과학주의에 근접한 귀납주의적 관점이 상당한 비율을 점하는 것은 학생들이 올바른 과학관에 접하지 못했기 때문이며, 그 이전에 과학교사들이 참된 과학의 묘사에 접하지 못했기 때문이다. 또한 더 거슬러 올라가면 그 이전에 과학교육학자들이 참된 과학의 모습을 교사들에게 제공해 주지 못하였기 때문이라고 할 수 있다(Fig. 1). 그 이유 중의 하나는 Duschl(1985)이 지적한

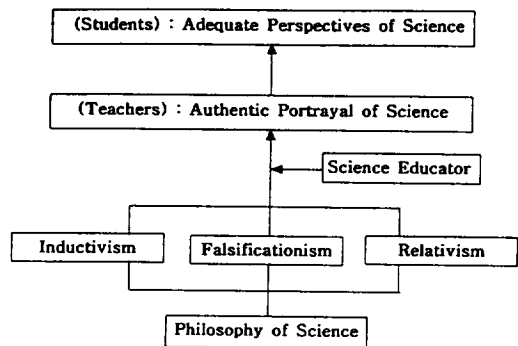


Fig. 1 Adequate perspectives of science and philosophy of science.

바와 같이 과학교육이 과학철학을 배제한 채 발달해 왔기 때문이다.

과학철학계는 전통적인 귀납주의가 1930년대 이후는 리실증주의 등에 의해 더욱 강화되면서 거의 독보적인 위치를 차지하였지만, 곧 이은 Popper(1968) 등의 반증주의에 의해 철저히 논박되었다. Popper는 스스로 비판적 합리주의자라고 자처하며, 과학에 가설을 도입하며 과학의 주관적 측면을 인정하였지만 한편으로 과학의 객관성과 실재론적 입장을 견지하였다. 그러나 1970년대에 들어서면서 Kuhn(1970)과 Feyerabend(1975) 등의 상대주의자들은 과학의 주관적 속성, 관찰의 이론 의존성, 미결정성 등의 주제를 가지고 귀납주의자 뿐만 아니라 반증주의자조차 무너뜨리려고 하였다. 이후 Lakatos(1970)와 같은 세련된 반증주의자는 포퍼의 반증주의에 대폭적인 수정을 가하였다. 특히 Lakatos는 과학적 지식 전개 역사는 결국 현시점에서 바라본 과거의 합리적 재구성이라는 점을 인정하여, 포퍼의 “구획의 문제”에서 양보하여 타협점을 찾으려고 하였다. 이들 논쟁의 일면은 Lakatos와 Musgrave(1970), Laudan(1990)에 잘 나타나 있다.

최근 들어 과학교육계에서도 전반적인 과학 활동을 상대주의적 관점으로 바라보아야 한다는 주장이 대두되고 있다. Kelly 등(1993)은 과학을 ‘인간의 가치, 신념, 선호에 의해 많은 부분 형성되는 사회적 활동’이라고 정의하고, ‘학교 과학의 포스트 경험주의 과학철학의 반영’을 주장하였다. 그러나 상대주의에 대한 비판 역시 만만치 않다. Kelly(1997)는 최근에 상대주의 과학철학에 근거한 구성주의 심리학과 학습론이 과학교육에 영향을 주고 있다고 전제하고, 급진적 구성주의보다 개념 변화 이론이 Lakatos가 말한 점진적 프로그램에 속한다고 주장하였다. 구성주의 중에서도 급진적 구성주의는 Feyerabend의 영향을 많이 받았고, 개념 변화 이론은 Kuhn의 영향을 많이 받았다고 할 수 있다.

본 연구에서는 과학의 관점에 극단적인 귀납주의에서 급진적인 상대주의까지의 인식론적 스펙트럼이 존재함을 인정하고, 학생들은 각 과학철학의 주장 중에서 한쪽으로 편향되지 않고 균형있는 과학관을 체득하는 것이 바람직하다는 입장을 견지하고 있다.

2. 선행 연구

과학의 본성에 관한 대부분의 선행 연구는 학생과 교사의 실제적인 교실의 행동을 배제하고 교육과정 개혁

에 초점을 맞춰 왔다(Lederman, 1992). 과학의 본성에 대한 학생들의 개념을 개선하도록 설계된 교육과정에 대한 효과에 대해서는 크게 긍정적인 효과가 있었다는 연구(Klopfer & Cooley, 1963; Jones, 1965; Crumb, 1965; Yager & Wick, 1966; Aikenhead, 1979)와, 긍정적인 효과가 없었다(Trent, 1965; Jungworth, 1970; Tamir, 1972, Durkee, 1974)는 상반된 두가지 결과가 있었다. 이들 연구 대부분은 이후 Lucas(1975)가 문제점을 제기하며 비판했던 TOUS(Test on Understanding Science)를 사용하여, 특정 교육과정을 이수하기 전후의 과학의 본성 개념을 측정하여 교육과정 효과를 판단한 연구들이다.

우리나라에서 실시된 과학의 본성 관련 연구는 주로 교사나 학생들의 과학의 본성 개념을 추적하는 연구가 대부분이며(송진웅, 1993; 우종욱 등, 1995; 조정일 등, 1996; 김원중, 1996; 한지숙 등, 1997), 일부는 피험자의 과학의 본성 개념의 학습관과의 연관성을 조사한 연구가 있다(권성기 등, 1995; 장병기, 1995).

교사의 과학의 본성 개념이 교수 상황에 미치는 영향에 대한 연구는 비교적 최근에 이루어졌다(Table 1). 교사의 개념과 교수 행동 사이의 관계뿐만 아니라, 교사의 과학 개념과 학생의 과학 개념 사이의 관계가, 일련의 연구에 의해 검증되었다. 초급대학 생물 교실에서 실험적으로 수행된 연구에 의하면(Haukoos & Penick, 1983), 발견적 학습 분위기에서 공부하는 학생이 비발견적 학습 분위기에서 공부하는 학생보다 SPI(Welch & Pella, 1967)에서 유의하게 높은 성취도를 나타내었다. 즉, 교사가 만들어내는 학습 분위기가 SPI의 과학의 본성 하위요소에 긍정적으로 영향을 미친다는 연구 결과였다.

Lederman이 주도한 일련의 연구(Lederman & Druger, 1985; Lederman, 1986; Lederman & Zeidler, 1987; Zeidler & Lederman, 1989; Lederman & O'Malley, 1990)에 의하면, 과학교사의 과학의 본성 개념이나 인식론적 관점이 실제 수업에 반영되지 않는다는 것이 대체적인 결론이다. 18명의 고등학교 생물 교사에 대한 연구(Lederman, 1986; Lederman & Druger, 1985)에서, NSKS에 의해 측정된 학생의 과학의 본성에 대한 이해에 관련된 44개의 교사 행동과 교실 분위기 변인이 확인되었다. 곧 이어 수행된 Lederman과 Zeidler(1987)의 연구에 의하면, “과학의 본질에 대한 적절한 이해”가 주된 목표로 포함된 교육과정을 실시하는 상기 18명의 고등학교 생물 교사를 대상으로 현장 관찰

Table 1 The relationships between teachers' conceptions of science and those of their students

No.	Researchers	Years	Method or Instrument	Effect*
1	Haukoos & Penick	1983	SPI**	○
2	Lederman & Druger	1985	NSKS***	×
3	Hashweh	1986	Interview	○
4	Lederman	1986	NSKS	×
5	Lederman & Zeidler	1987	Observation /NSKS	×
6	Zeidler & Lederman	1989	Follow-up study	○
7	Duschl & Wright	1989	Interview	×
8	Brickhouse	1989	Observation and interview	△
9	Benson	1989	Interview	○
10	Brichouse	1990	Observation and interview	△
11	Lederman & O'Malley	1990	Open ended questionnaire	×
12	Gallgher	1991	Interview	○
13	Hashweh	1991	Interview	○
14	Hashweh	1996	Interview	○

* ○ : positive effect, × : no effect, △ : partly effect

** Science Process Inventory(Welch & Pella, 1967)

*** Nature of Scientific Knowledge Scale(Rubba & Anderson, 1978)

과 NSKS의 정량적 분석 결과, 44개의 교실 변인 중에서 1개만이 교사의 과학의 본성 개념과 유의하게 관련된다는 것이 발견되었다. 즉, Duschl과 Wright(1989)의 결과와 마찬가지로, 그 자료들이 교사의 과학의 본성에 대한 이해와 교실의 실제 사이에는 유의한 상관 관계가 없다는 것을 나타내는 것이다. 이들은 13명의 대도시 고교 과학교사를 관찰하고 면담하였는데, 그 결과 과학의 본성은 교육과정 목표로서 학생들에게 고려되지 않고 있으며, 과학적 지식의 본성에 대한 개념은 교사의 교육적 결정에 영향을 주는 요소가 아니라는 것을 지적하였다.

Zeidler와 Lederman(1989)은 선행 연구의 18명의 고등학교 생물 교사와 그들이 가르치는 409명의 학생을 대상으로 한 추적 조사를 수행하였는데, 과학의 본성 개념은 교사가 사용하는 언어에 의해서 학생들에게 암시적으로 전달이 된다고 결론을 내렸다. 그들의 연구에 의하면 일반적으로 교사들이 “보통의 언어”를 사용할 때, 학생들은 과학에 대해 실재론적이고 존재론적으로 받아들인다고 보았다. 반대로 교사들이 적절하고 정확한 언어를 조심스럽게 사용하였을 때, 학생들은 도구주의적 개념을 받아들이는 경향이 있다고 하였다.

Brickhouse는 과학과 기술의 관계에 대한 3명의 중등학교 교사의 견해를 연구하였는데, 그러한 견해가 교

실의 실제에 반영되는 영향에 관한 연구(Brickhouse, 1989)와, 동일 교사의 과학의 본성 개념과 교실의 실제 사이의 관계를 연구하였다(Brickhouse, 1990). 4개월 동안 4시간의 면담과 35시간의 교실 관찰이 수행되었는데, 이 연구 결과에 의하면, 3명의 교사 중 2명이 개인의 과학철학적 신념과 일치하는 교실의 실재를 보였고, 반면에 초보 교사 1명의 교실 실재는 그의 신념과 일치하지 않았다고 하였다.

Benson(1989)과 Gallagher(1991), 그리고 Hashweh(1986, 1991, 1996)는 또 다른 측면에서 과학교사의 인식론적 신념의 효과를 조사하는 연구 그룹을 형성하고 있다. Benson(1989)은 맥락적 변인들이 교실 내의 실제에 영향을 미치지만, 교사의 신념이 더 큰 영향을 미친다고 하였다. 강의법에 의존하는 교사는 실재론적 개념과 연관된다고 하였다. Gallagher(1991)는 대부분의 과학교사들이 과학의 객관적인 속성을 강조하는 전통적인 실재론적 관점을 갖고 있으며, 이러한 교사들은 실제 수업에서 과학의 본성을 가르치기 위해 시간을 할애하지 않을 뿐만 아니라, 구성주의적 관점으로 묘사된 과학의 교재를 사용하지라도 실재론적 관점을 고수한다고 지적하였다. Hashweh(1986, 1991, 1996)는 서로 다른 인식론적 신념을 가진 두 교사 집단의 특정 교수 행동을 비교하여 인식론적 신념이 수업에 미치는 효과를

검증하였다. 그의 일련의 연구 결과에 의하면 구성주의 교사는 비구성주의(특히 경험주의) 교사들보다 교수전략이 훨씬 풍부하고, 개념 변화를 이끌어내는 데 있어서 훨씬 더 효과적인 교수전략을 사용한다고 하였다.

이상에서 최근에 와서 교사의 과학의 본성 개념과 인식론적 신념에 대한 전반적인 조사가 빈번히 이루어지고 있다는 것을 알 수 있다. 그러나 이러한 과학교사의 인식론적 신념, 즉 과학철학적 관점이 학생들에게 전달되었는가에 대해서 관점이 서로 다른 교사의 학생들에게 직접 평가 도구를 투입하여 상호 비교한 연구는 거의 없었다는 것을 알 수 있다.

III. 연구 방법 및 내용

본 연구는 각 과학철학의 서로 다른 관점을 가지는 3개 그룹의 과학교사들이 가르치는 학생들을 대상으로 PPP(Philosophical Perspectives Probe, 소원주 등, 1998a)에 대한 응답을 분석하여, 과학교사의 과학철학적 관점이 학생들의 과학관에 직접적으로 미치는 영향

을 분석하였다. 중학교 과학교사들이 조사 도구에 응답을 하고, 일련의 “카드 놀이”를 통해서 밝혀진 과학철학적 관점에 따라 세 집단으로 나눈 뒤, 각 집단에 속하는 교사들이 가르치는 학생들의 관점을 비교하였다. 이러한 과정을 통해서 교사의 과학철학적 관점이 최종적으로 어떻게 학생들에게 영향을 미쳤는지를 알 수 있을 것이다.

1. 표 집

본 연구의 표집은 김법기 등(1998)의 연구에서 표집되었던 과학교사 156명 중에서 귀납주의, 반증주의, 그리고 상대주의로 분류된 각 4명씩 계 12명의 과학교사가 가르치는 남녀 2, 3학년 중학교 1,000명이다(Table 2). 본 연구를 위해 표집된 학생들은 적어도 8개월 이상 선행 연구에서 표집된 각각의 교사들에게서 과학을 학습하였다. 따라서 피험자들은 그들의 교사들에게 인지적·정의적으로 상당한 영향을 받았을 것으로 생각된다. 본 연구에서 사용된 도구 PPP는 실업계 고등학교

Table 2 Teachers who participated in the research and their students

Perspectives	Subjects		Teachers		Results of PPP*			Change of	Students	
	Gender	Major	Age	I	F	R	card choice**	Grade(gender)	Numbers	
Inductivism	1	Male	Biology	33	15	5	4	I5→I5	3(female)	91
	2	Male	Physics	33	15	4	5	I6→I6	3(male)	87
	3	Female	Biology	36	16	5	3	I5→I6	2(male)	89
	4	Female	Biology	32	16	4	4	I4→I4	2(female)	94
Falsificationism	5	Male	Physics	35	7	13	4	F3→F3	3(female)	82
	6	Male	Physics	35	5	16	3	F6→F4	3(male)	83
	7	Female	Biology	32	7	13	4	F6→F4	2(female)	96
	8	Female	Chemistry	25	8	11	5	F4→F4	2(male)	83
Relativism	9	Male	Chemistry	32	9	3	12	R3→R3	3(male)	72
	10	Female	Physics	30	6	6	12	R3→R3	2(female)	92
	11	Male	Physics	42	6	8	10	R2→R4	3(female)	36
	12	Male	Physics	32	7	8	9	R3→R4	2(male)	95
Total									1,000	

* I, F, and R stand for Inductivism, Falsificationism, and Relativism, respectively.

** - indicates the change of cards selected by teachers through “the Card Game”. In the previous study(Soh *et al.*, 1998b), teachers chose 6 pieces of cards which were described about the nature of science, and then determined 6 pieces of cards through consensus making activity. For example, I5→I5 meant that they selected 5 pieces of inductively described cards first, and then determined same pieces of inductively described cards through consensus making.

Table 3 PPP conceptual scheme

Subscale	No.	Topic	Subscale	No.	Topic
1. Criteria of demarcation	(1)	Demarcation of Science	3. Epistemological status of scientific knowledge	(1)	Reality of Truth
	(2)	Demarcation of Pseudoscience		(2)	Objectivity of Knowledge
	(3)	Demarcation of Knowledge		(3)	Theory-Laden Observation
	(4)	Subject of Science		(4)	Construction of Knowledge
	(5)	Evaluation of Theory		(5)	Reliability of Knowledge
	(6)	Example of Pseudoscience		(6)	Superiority of Knowledge
2. Pattern of scientific change	(1)	Change of meaning of Observation	4. Scientific method	(1)	Start of Science
	(2)	Access to Truth		(2)	Role of Observation
	(3)	Advancement of Science		(3)	Definition of Method
	(4)	History of Science		(4)	Procedure of Science
	(5)	Hypothesis and Theory		(5)	Methodological Regulation
	(6)	Advanced Theory		(6)	Controversy of Science

들과 중학교 3학년들에게 예비 투입한 자료를 근거로 중학생들의 독해력에 맞게 어휘를 다소 수정하였다. PPP 도구와 응답지는 각 12명의 교사들에게 우송하여, 1997년 11월에 투입하였으며, 응답지는 1997년 12월초에 모두 회송되었다.

2. 평가 도구 및 자료 분석

PPP는 (1) 구획의 기준, (2) 과학의 변화 양상, (3) 과학적 지식의 인식론적 지위, 그리고 (4) 과학적 방법의 4개의 하위 요소로 구성되어 있으며, 각 하위 요소별로 6개씩의 하위 주제를 포함한다(Table 3). 이 도구는 총 24개의 하위 주제에 대해서 귀납주의, 반증주의, 그리고 상대주의적 관점을 나타내는 진술이 서술되어 있으며, 그 중에서 하나를 선택하도록 구성된 선다형 평가 도구이다.

PPP의 진술에서 귀납주의는 주로 논리실증주의와 논리경험주의, 반증주의는 주로 Popper, 그리고 상대주의는 Kuhn과 Feyerabend의 문헌에서 인용되었다. 학생들의 PPP 점수는 과학철학적 관점의 삼각다이아그램상의 어느 특정 영역에 그 분포가 나타나는데, 세가지 서로 다른 관점을 가진 교사가 가르친 학생들의 관점을 집합적으로 비교하였다.

본 연구의 기본적 가정은 서로 다른 과학철학적 관점을 가진 교사가 가르치는 학생들은 서로 다른 과학에 대한 관점을 가지게 될 것이라는 것이다. 따라서 여기서는 그 가정에 따라 과학철학적 관점이 다른 세집단의 교사들이 가르치는 학생들의 과학에 대한 관점을 하위 요소별, 교사 그룹별로 분석하였고, 선행 연구의 전체 교사 집단과의 관계를 비교하였다.

1. 하위요소별 분포

과학철학적 관점이 서로 다른 세 집단의 교사 12명이 가르치는 학생들의 과학에 관한 관점을 하위 요소별로 삼각다이아그램에 나타내었다(Fig. 2). 삼각다이아그램의 꼭지점의 I은 상대주의, F는 반증주의, R은 상대주의의 100%를 나타낸다.

첫째, “구획의 기준” Fig. 2의 (1)에서 어느 집단의 교사들이 가르친다고 해도 학생들은 귀납주의에 가까운 매우 한정된 범위에 분포되어 있다는 것을 알 수 있다. 이는 학생들이 과학과 비과학의 구획을 함에 있어서 다소 엄격한 기준을 가지고 있다는 것을 나타낸다.

둘째, “과학의 변화 양상” Fig. 2의 (2)에서 학생들은 학년/성별에 관계없이 귀납과 반증주의적 경향이 강한 범위에 분포해 있다. 학생들의 과학의 변화에 대한 관점은 과학지식이 검증과 반증을 통해서 점차 진리에 근접해 간다는 견해가 우세하다는 것을 알 수 있다. 이 역

IV. 연구 결과 및 논의

<연구논문> 과학교사들의 과학철학적 관점이 중학생들의 과학의 본성 개념에 미치는 영향 : 소원주의

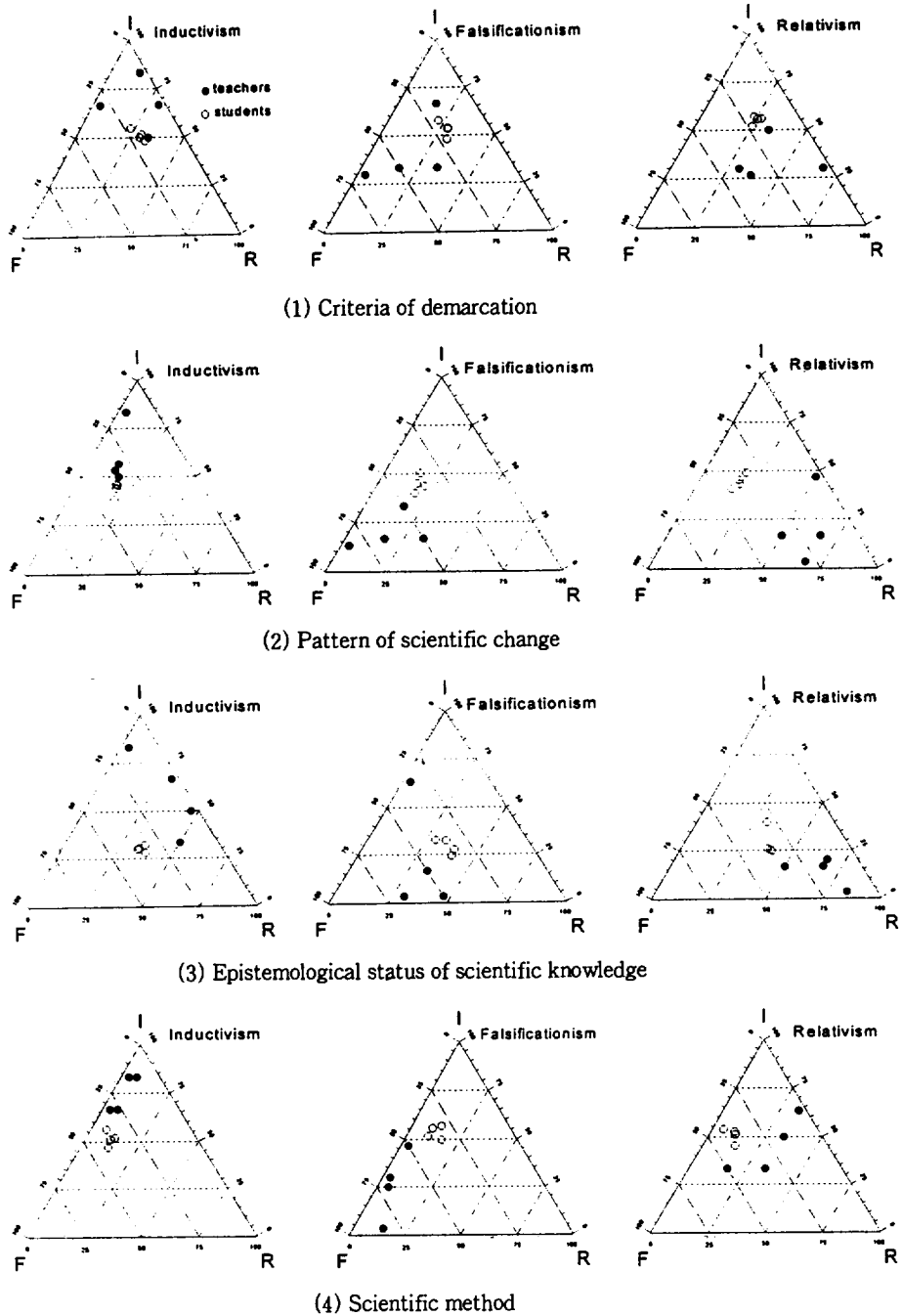


Fig. 2. Triangle diagram of philosophical perspectives of science(subscale).
(I, F, and R of vertex stand for inductivism, falsificationism, and relativism, respectively.)

시 학생들이 교사들의 관점에 영향을 받았다는 징후는 찾아볼 수 없다.

셋째, “과학적 지식의 인식론적 지위” Fig. 2의 (3)에서 학생들은 반증주의와 상대주의가 혼재된 범위에 집중되어 있다. 즉, 학생들은 과학적 지식을 진리로 보지 않으며, 과학 활동의 주관적 속성과 과학적 지식의 잠정성을 인식하고 있음을 알 수 있다. 교사들의 관점은 세 부분으로 분산되어 있으나 학생들은 모두 한정된 범위로 수렴하였다.

넷째, “과학적 방법” Fig. 2의 (4)에서 학생들은 귀납-반증주의적인 영역에 집중되어 있다. 즉, 학생들은 귀납적 방법과 가설연역적 방법을 과학적 방법으로 인식하고 있었다. 상대주의의 교사와 할지라도 극단으로 치우치지 않고 있어서 방법론에 관한 한 본 연구의 피험자들(교사 및 학생들)이 매우 보수적인 입장을 가지고 있음을 알 수 있다. 이 역시 교사들이 학생들의 관점에 영향을 주었다고 볼 수는 없다.

이상에서 살펴 본 바와 같이 하위 요소를 비교하였을 때 학생들의 관점이 반드시 과학교사의 관점과 일치하거나, 또는 그러한 경향을 나타내지는 않았다. 또한 집단별, 남녀별, 학년별로 통계적으로 유의한 차를 보이지 않는다. 오히려 교사의 관점이 어떠한 학생들은 그들 나름대로 좁은 범위에 한정되는 과학의 관점을 고수하고 있었다. 이 점에 대해서 다음 절에서 더 깊이 고찰하였다.

2. 교사 그룹별 학생들의 과학관

본 연구의 표집을 위해 선정한 과학교사들의 과학철학적 관점은 선행 연구(김범기 등, 1998)의 일련의 “카드 게임”과 PPP 응답을 통해서 확인된 바 있다. 피험

자 전체의 변인을 통제하고 동일한 조건을 주기 위해 몇몇 전형적인 관점을 가진 과학교사들이 본 연구에서 배제되었지만, 하위 요소 Fig. 2와 전체 점수 Fig. 3에서 각 과학교사들은 3가지 집단으로 확연히 구별이 된다. 그러나 각각의 교사들에 의해 8개월 이상 과학을 학습한 학생들의 과학의 관점은 어느 집단의 교사가 가르치거나 거의 같은 영역에 분포해 있음을 알 수 있으며, 세 집단의 학생들의 과학의 관점은 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 이는 서로 다른 과학철학적 관점을 가진 과학교사가 가르친 학생들의 과학관은 다를 것이라는 본 연구의 연구 가설을 기각하는 것이다.

3. 과학교사 전체의 과학철학적 관점과 중학생 전체의 과학의 관점

Table 4는 선행 연구의 과학교사 전체(156명)와 본 연구의 중학생 전체(1,000)의 PPP 응답에 대한 하위 요소와 전체 과학관을 비교하고 변량분석을 한 결과이다. 이에 의하면 “구획의 기준”과 “과학의 변화 양상”에서 교사들이 학생들보다 귀납주의적 관점이 통계적으로 유의하게 높으며, 학생들은 동일한 하위 요소의 반증주의적 관점과, “과학적 지식의 인식론적 지위”와 “과학적 방법”에서 상대주의적 관점이 통계적으로 유의하게 높았다. 전체적으로는 교사는 귀납주의적 관점에서 학생들보다 높았고, 학생들은 반증주의와 상대주의적 관점이 통계적으로 유의하게 높았다.

Fig. 4는 선행 연구의 전체 과학교사(156명)와 본 연구의 중학생 전체(1,000명)의 하위 요소별 점수(1)~(4)와 전체 점수(5)의 과학철학적 관점을 삼각다이어그램에 나타낸 것이다. 여기서 알 수 있는 것은 과학철학적 관점의 하위 요소, 또는 전체 평균에서 중학생들의 관점은 자신을 가르친 과학교사가 아닌 전체 과학교사

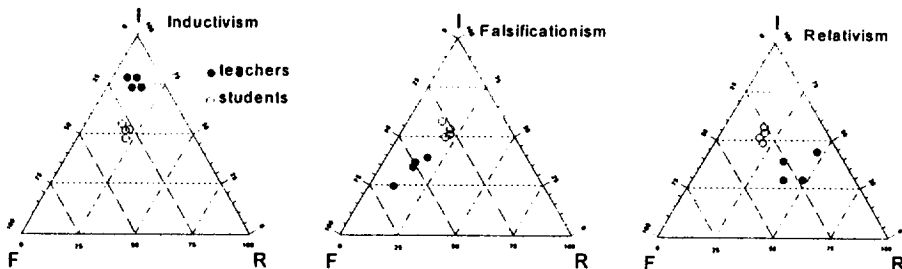


Fig. 3 Triangle diagram of philosophical perspectives of science(total score).

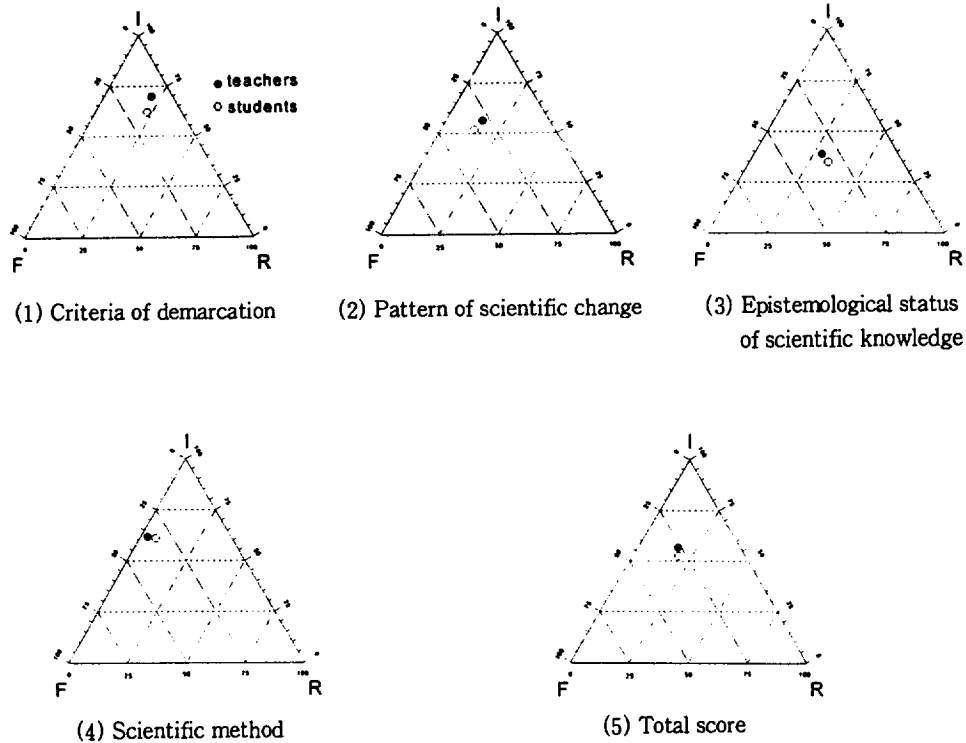


Fig. 4 Teachers' and students' philosophical perspectives of science.

Table 4 Science teachers' and students' PPP mean scores(%) and the result of analysis of variance

	Inductivism			Falsificationism			Relativism		
	Teachers	Students	F	Teachers	Students	F	Teachers	Students	F
Criteria of demarcation	59.7	53.0	13.7**	14.8	19.8	11.8**	25.7	27.2	1.1
Pattern of scientific change	48.2	44.2	5.4*	32.5	37.8	10.1**	19.3	18.0	1.3
Status of scientific knowledge	33.2	29.8	3.8	35.7	34.5	0.3	31.3	35.7	5.8*
Scientific method	52.8	52.2	0.7	39.8	36.8	2.3	7.3	11.2	10.8**
Total	48.4	44.8	13.3**	30.7	32.3	3.8*	20.9	23.0	6.1*

(* P<.05, ** p<.01)

의 관점과 매우 비슷하다는 것이다. 여기서도 앞서 변량 분석 결과에서 볼 수 있었던 것과 같이 과학교사들이 중학생들보다 다소 귀납주의적 견해가 강하다는 것을 알 수 있다.

V. 결론 및 제언

교사의 과학의 본성 개념이 교수 상황에 직접적으로 반영될 것이라는 가정은 매우 합리적이고 일리 있는 것이다. 그러나 실제로는 교사의 과학의 본성에 대한 이해와 교실의 실제라는 측면에서 그 복잡한 메카니즘의 많은 부분이 아직 규명되지 않고 있다. 현 시점에서 교사의 과학의 본성 개념이 교실의 실제에 직접적인 영향을 주었다는 입장의 연구(특히 Brickhouse, 1989, 1990;

Gallagher, 1991 등)도 있으며, 영향이 없다는 입장을 보이는 연구(특히 Duschl & Wright, 1989; Lederman & Zeidler, 1987 등)도 있다. 본 연구의 결과는 후자의 입장을 지지한다. 이 결과는 본 연구에 참여한 과학교사들이 과학철학적 관점은 다르지만 그들의 학생들에게 과학의 내용(교육과정적 제한)을 가르칠 뿐 과학의 본성을 가르치지 않는다는 귀결을 나타낸 것이다.

본 연구의 결과에 의하면 특정 과학철학적 관점을 가진 과학교사에게 과학을 학습하더라도 그 학생들은 나름의 고유한 영역의 관점으로 고착되어 있었다. 이는 중학생들의 과학관을 결정하는 요인에는 과학교사의 과학철학적 관점 이외에 중요한 변인이 엄연히 따로 존재한다는 것을 의미한다. 더욱이 그 학생들의 과학의 관점은 통계적으로 유의한 차를 보이긴 하였지만, 삼각다이어그램 상에서 전체 중학교 과학교사들의 과학의 관점과 그 경향이 거의 일치하였다. 이는 과학교사와 중학생이 갖는 과학철학적 관점은 극히 제한된 범위 내에 수렴한다는 것을 시사한다.

과학교사들의 과학철학적 관점이 학생들의 관점에 전혀 영향을 미치지 않았다는 본 연구의 결과는 학생들의 올바른 과학관 형성이라는 목표에 비추어 볼 때 문제점이 아닐 수 없다. 더욱이 전체 교사와 학생의 과학철학적 관점이 비슷한 경향을 보인다는 것은 교사와 학생이 동시에 올바른 방향으로 교정되어야 하는 필요성을 부각시켰다. 본 연구의 결과에 의하면, 과학적 지식의 인식론적 지위를 제외한 다른 하위 요소에서 교사와 학생 공히 균형적인 관점으로의 교정이 필요하다. 특히 과학철학계에서는 면밀한 비판에 이미 폐기된 소박한 귀납주의적 관점이 아직 학교 현장에서는 상당한 지위를 차지하고 있었다. 학생들의 과학의 관점에 영향을 줄 수 있는 중요한 변인으로써 교육과정적인 제한, 교과서 서술 양식과 구성, 행정적인 제한 등을 들 수 있으며, 그 외 과학자의 전기, 과학사를 다룬 역사물, 신문·방송 등의 매스컴으로부터도 직간접적으로 영향을 받는다고 할 수 있을 것이다.

학생들의 과학의 본성 개념을 개선하기 위해서는 직접적인 방법과 간접적인 방법이 있다. 직접적인 방법은 교실에서 명시적으로 올바른 과학관을 직접 학생들에게 전달하는 것이다. 이를 위해서는 우선 과학교육과정에 관계하는 많은 과학교육자, 과학자, 그리고 과학교사들간에 “올바른 과학관”에 대한 합의가 필요하다 (Alters, 1997). 또한 과학교사 양성 과정에서 과학론과 과학교육학에 대한 이수 학점수를 상향 조정하여 강화

해야 한다는 주장이 있기도 하다(김희백 등, 1994). 간접적인 방법으로는 과학교육에 인간성을 회복해야 한다는 주장이 있으며(Watt *et al.*, 1994), 과학탐구가 이루어지고 탐구의 결과가 적용되는 상황(context)의 중요성이 강조되기도 한다(송진웅, 1997). 또는 과학교육과정에 과학사의 도입을 제안하기도 하며(이선경 등, 1995; 양승훈 등, 1996), 과학교과서 집필 체계의 변화를 주장하기도 한다(김수현, 1992).

교과서의 언어가 변화해야 학생들의 과학의 본성 개념을 변화시킬 수 있다고 주장하는 연구자 중에는 Sutton(1993, 1996)이 있다. 그는 과학의 본성에 관한 교사와 학생들의 신념이 역사가, 철학자, 사회학자가 제안한 묘사와 매우 다르며, 이러한 과학활동 전반에 걸친 잘못된 신념이 언어에 대한 검증되지 않은 가정에 근거하고 있다고 하였다. 즉, 그는 과학의 언어에는 해석 체계(interpretive system)의 언어와 명명 체계(labeling system)로써의 언어가 있어서, 학생들이 객관적으로 지식을 전달함을 목적으로 하는 명명 체계로써의 언어에만 접하다 보면 전통적인 과학관에 고착하게 되며, 살아있는 과학자의 목소리와 흔적이 남아 있는 해석 체계의 언어를 학생들이 경험하게 함으로써 점차 올바른 과학관을 가지게 된다고 주장하였다. 같은 맥락에서 Zeidler와 Lederman(1989)은 과학의 본성 개념은 교과서와 교사가 사용하는 언어에 의해서 학생들에게 암암리에 전달이 된다고 주장하였다. 이러한 연구들은 일찌기 과학의 본성의 여러 개념을 제공하는 교사의 언어에 대한 암시적 메시지를 담은 Munby(1976)의 선구적 논문에 대해 명백한 경험적 지지를 하는 것이다.

이상에서 살펴 본 바와 같이 학생들의 과학의 본성 개념 즉, 과학관은 자신을 가르치는 과학교사의 과학관과는 관계없이 매우 견고하고 쉽게 움직일 수 없는 것처럼 여겨진다. 그러나 위에서 언급한 직·간접적인 시도와 함께 학생들을 역동적인 탐과학의 모습에 접하게 하는 다각도의 노력에 의해, 점차 올바른 과학관의 함양이라는 궁극적 목표에 도달하게 될 것이다.

적 요

과학적 소양에는 과학의 본성에 대한 적절한 이해를 함의한다. 그러나 학생들의 과학의 본성 개념에 영향을 줄 수 있는 요인에 대해서 알려진 것이 별로 없다. 본 연구의 목적은 과학교사들의 과학철학적 관점이 그들이 가르치는 학생들의 과학의 본성 개념에 직접적으로 영

향을 미칠 것이라는 가정에 대한 타당성을 검토하는 것이다. 본 연구에서 과학교사와 학생의 과학관을 비교하였을 때, 과학교사들의 과학의 관점이 학생들의 과학의 본성 개념에 영향을 줄 것이라는 연구 가설은 기각되었다. 즉, 본 연구의 자료에 의하면, 교사들의 과학의 관점과 학생들의 과학의 본성 개념 사이에 아무런 유관 관계가 없었다. 이는 과학의 본성이 학생들의 요구나 교육과정 목표로써 고려되거나 교육되지 않는데 따른 귀결이다. 이 연구 결과는 중등 과학교육에서 더 한층 과학의 본성 개념 함양의 필요성을 제기하는 것이다.

참 고 문 헌

- 권성기·박승재(1995). 교육대학생의 과학의 본성 개념과 구성주의 학습관의 연관성 및 변화 조사, 한국과학교육학회지, 15(1), 104-115.
- 김수현(1992). 제5차 지구과학 교육과정에 제시된 과학의 본성에 대한 연구, 서울대학교 대학원 석사 학위논문.
- 김원중(1996). 고등학교 학생들의 과학 지식의 본성에 대한 인식 조사, 한국교원대학교 대학원 석사 학위논문.
- 김희백·김영수·박승재(1994). 중등 과학교사 양성 과정의 실태 분석, 한국과학교육학회지, 14(2), 199-213.
- 소원주·김범기·우종옥(1998a). 중등학교 학생들의 과학의 본성개념을 측정하기 위한 도구개발, 한국과학교육학회지 투고중.
- 소원주·김범기·우종옥(1998b). 중학교 과학교사들의 과학철학적 관점에 관한 연구, 한국과학교육학회지 투고중.
- 송진웅(1993). 과학철학을 수강한 대학원생의 과학의 본성에 대한 인식의 변화, 한국과학교육학회지, 12(1).
- 송진웅(1997). 과학교육에서의 상황 관련 연구에 대한 개관과 분석, 한국과학교육학회지, 17(3), 273-288.
- 양승훈·송진웅·김인환·조정일·정원우(1996). 과학사와 과학교육, 민음사.
- 우종옥·소원주(1995). 과학인식론의 일부 주제에 대한 고등학생들의 선개념, 한국과학교육학회지, 15(3), 349-362.
- 이선경·김우희(1995). 열의 오개념 교정을 위한 과학사의 도입에 관한 연구, 한국과학교육학회지, 15(3), 275-283.
- 장병기(1995). 과학 수업 및 과학의 본성에 대한 초등학교사의 인식, 한국초등과학교육학회지, 14(1), 1-15.
- 조정일·주동기(1996). 과학교사들의 과학의 본성에 관한 관점 조사, 한국과학교육학회지, 16(2), 200-209.
- 조희형(1994). 잘못 알기 쉬운 과학 개념, 전파과학사.
- 조희형(1995). STS의 의미와 STS 교육의 속성, 한국과학교육학회지, 15(3), 371-378.
- 조희형·박승재(1994). 과학론과 과학교육, 교육과학사.
- 한지숙·정영란(1997). 중·고등학교 과학교사와 학생들의 과학의 본성에 대한 인식 조사, 한국과학교육학회지, 17(2), 119-125.
- Aikenhead, G. H.(1979). Science: A way of knowing, *The Science Teacher*, 46(6), 23-25.
- Alters, B. J.(1997). Whose nature of science, *Journal of Research in Science Teaching*, 34(1), 39-55.
- Benson, G. D.(1989). Epistemology and science curriculum, *Journal of Curriculum Studies*, 21, 329-344.
- Brickhouse, N. W.(1989). The teaching of the philosophy of science in secondary classrooms: Case studies of teachers' personal theories, *International Journal of Science Education*, 11(4), 437-449.
- Brickhouse, N. W.(1990). Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice, *Journal of Teacher Education*, 41(3), 53-62.
- Crumb, G. H.(1965). Understanding of science in high school physics, *Journal of Research in Science Teaching*, 3, 246-250.
- Driver, R., Leach, J., Scott, P. & Millar, R.(1993). The fact-finder fiction, *Times Educational Supplement*, 31 December 1993(reprinted 28 January 1994).
- Durkee, P.(1974). An analysis of the appropriateness and utilization of TOUS with special reference to high-ability students studying physics, *Science Education*, 58(3), 343-356.

- Duschl, R. A.(1985). Science education and philosophy of science: twenty-five years of mutually exclusive development, *School Science and Mathematics*, 85, 541-555.
- Duschl, R. A.(1988). Abandoning the scientific legacy of science education, *Science Education*, 72(1), 51-62.
- Duschl, R. A., & Wright, E.(1989). A case study of high school teachers' decision making models for planning and teaching science, *Journal of Research in Science Teaching*, 26(6), 467-501.
- Feyerabend, P.(1975). *Against method*, London: New Left Books.
- Gallagher, J. J.(1991). Prospective and practicing secondary school science teachers' knowledge and beliefs about the philosophy of science, *Science Education*, 75(1), 121-133.
- Haukoos, G. D., & Penick, J. A.(1983). The influence of classroom climate in science process and content achievement of community college students, *Journal of Research in Science Teaching*, 20(7), 629-637.
- Hashweh, M. Z.(1986). Toward an explanation of conceptual change. *European Journal of Science Education*, 8, 229-249.
- Hashweh, M. Z.(1991). Palestinian science teachers' epistemological beliefs: A search for the constructivist teacher, Paper presented at the Sixth International IOSTE Symposium on World Trends in Science and Technology Education, Palm Springs, CA.
- Hashweh, M. Z.(1996). Effects of science teachers' epistemological beliefs in teaching, *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), 47-63.
- Jones, M. K.(1965). The attainment of understandings about the scientific enterprise, scientists, and the aims and the methods of science by students in a college physical science course, *Journal of Research in Science Teaching*, 3(1), 47-49.
- Jungwirth, E.(1970). An evaluation of the attained development of the intellectual skills needed for 'understanding of the nature of scientific inquiry' by BSCS pupils in Israel, *Journal of Research in Science Teaching*, 7(2), 141-151.
- Kelly, G. J., Carlesen, W. S. & Cunningham, C. (1993). Science education in sociocultural context: perspectives from the sociology of science, *Science Education*, 77(2), 207-220.
- Kelly, G. J.(1997). Research traditions in comparative context: a philosophical challenge to radical constructivism, *Science Education*, 81, 355-375.
- Klopfer, L. & Cooley, W. W. (1961). *Test on understanding science: form W*. Princeton, NJ: Educational Testing Service.
- Klopfer, L. & Cooley, W.(1963). The history of science cases for high schools in the development of student understanding of science and scientists, *Journal of Research in Science Teaching*, 1(1), 33-47.
- Kuhn, T.(1970), *The scientific revolution*, Chicago: Univ. of Chicago 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 Univ. Press. 91-196.
- Lakatos, I., & Musgrave, A. eds.(1970). *Criticism and the growth of knowledge*, Cambridge Univ. Press.
- Laudan, L.(1990). *Science and relativism: Some key controversies in the philosophy of science*, Univ. of Chicago Press.
- Lederman, N. G.(1986). Relating teaching behavior and classroom climate to changes in students' conceptions of the nature of science, *Science Education*, 70(1), 3-19.
- 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.
- Lederman, N. G., & Druger, M.(1985). Classroom factors related to changes in students' conceptions of the nature of science, *Journal of Research in Science Teaching*, 22(7), 649-662.

- Lederman, N. G., & O'Malley, M.(1990). Students' perceptions of tentativeness in science: Development, use, and sources of change, *Science Education*, 74(2), 225-239.
- Lederman, N. G., & Zeidler, D. L.(1987). Science teachers' conceptions of the nature of science: Do they really influence teacher behavior?, *Science Education*, 71(5), 721-734.
- Lucas, A. M.(1975). Hidden assumptions in measures of 'knowledge about science and scientists', *Science Education*, 59(4), 481-485.
- Martin, B., Kass, H., & Brouwer, W.(1990). Authentic science: a diversity of meanings, *Science Education*, 74(5). 541-554.
- Munby, H.(1976). Some implications of language in science education, *Science Education*, 60(1), 115-124.
- Popper, K.(1968). *The logic of scientific discovery*, Harper & Row.
- Rescher, N.(1980). *Induction : An essay on the justification of inductive reasoning*, Univ. of Pittsburgh Press.
- Rubba, P. A. & Anderson, H. O.(1978). Development of an instrument to assess secondary school students' understanding of the nature of scientific knowledge, *Science Education*, 62(4), 449-458.
- Ryan, A. G. & Aikenhead, G. S.(1992). Students' preconceptions about the epistemology of science, *Science Education*, 76(6), 559-580.
- Selly, N.(1989). Philosophies of science and their relationship to scientific process and the science curriculum, In J. Wellington, *Skills and Process in Science Education*(London: Routledge).
- Sutton, C.(1993). Figuring out a scientific understanding, *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10). 1215-1227.
- Sutton, C.(1996). Beliefs about science and beliefs about language, *International Journal of Science Education*, 18(1), 1-18.
- Tamir, P.(1972). Understanding the process of science by students exposed to different science curricula in Israel, *Journal of Research in Science Teaching*, 9(3). 239-245.
- Trent, J.(1965). The attainment of the concept "understanding science" using contrasting physics courses, *Journal of Research in Science Teaching*, 3(3). 224-229.
- Watt, M. & Bentley, D.(1994). Humanizing and feminizing school science: reviving anthropomorphic and animistic thinking in constructivist science education, *International Journal of Science Education*, 16(1), 83-97.
- Welch, W. W., & Pella, M. O.(1967). The development of an instrument for inventorying knowledge of the processes of science, *Journal of Research in Science Teaching*, 5, 64-68.
- Yager, R. E., & Wick, J. W.(1966). Three emphases in teaching biology: A statistical comparison of the results, *Journal of Research in Science Teaching*, 4(1), 16-20.
- Zeidler, D. L., & Lederman, N. G.(1989). The effects of teachers' language on students' conceptions of the nature of science, *Journal of Research in Science Teaching*, 26(9), 771-783.
- Ziman, J.(1980). *Teaching and learning about science and society*, Cambridge: Cambridge Univ. Press.