

과학인식론의 일부 주제에 대한 고등학생들의 견해

우종옥 · 소원주

(한국교원대학교)

(1995년 8월 1일 받음)

I. 서론

과학 교육과정은 국가에 따라 매우 다양하다. 가장 현저한 차이는 취급하는 과학의 주제와 그 주제에 포함된 개념에 관련된 것들이다. 그러한 교육과정 내용의 차이는 부득이한 것으로, 각 과정은 꾸준히 급속하게 팽창되는 학문 영역에서 끌어낸 과학의 일반적 사실과 원리의 극히 적은 부분만을 나타내어야 하기 때문이다. 현재의 과학 과정에서 포함시킬 내용이나 교수 방법/전략에서조차 합의가 이루어진 것은 없다. 그러나 과학 교수에 있어서 최소한 한 가지 목표에 대해서 강하게 동의하는 바가 있는 것으로 생각된다. "과학의 본질"에 대한 적절한 이해나 "인식하는 방법으로서의 과학"의 이해가 바람직한 과학 교수의 목표로 계속해서 주장되고 있는 것이다(Lederman, 1992). "과학의 본질"은 여러 가지 관점에서 정의되지만, 여기서는 Lederman과 Zeidler(1987)가 정의한 과학 지식에 내재한 가치와 가정으로 정의한다.

과학수업의 계획, 과학 교육과정의 개발, 또는 학습 평가를 하고자 하는 교육학자들은 학습자의 선개념에 대해서 의문을 가질 수 있다. 지금까지 그러한 관심은 주로 전통적으로 과학적 내용에 초점이 맞추어져 왔다. 그러나 과학-과학기술-사회(STS)적 접근이나, 과학사, 과학철학이 과학수업에 있어서 중요시됨에 따라서 과학의 본질과 관련된 내용에 대한 관심이 고조되고 있다(Bybee, 1987; Hodson, 1988; Gruender & Tobin, 1991). 또한 과학의 본질에 관련된 내용들이 교실에서, 또는 연구실에서 그 의미가 명확히 정의되지 않은 채 판넬적인 수준에서만 논의되고 이해되는 경향이 있다.

고등학생들은 과학의 세계를 어떻게 보고 있는가? 고등학생들의 과학의 인식론에 관련한 견해는 무엇인가? 과학 교육과정이 계속해서 과학의 본질에 대한 이해를 강조함

에 따라, 교육학자와 연구자들은 과학-과학기술-사회(STS)의 넓은 범위의 주제에 대한 학생들의 견해를 측정할 필요성을 갖게 되었다. 이 논문은 그 중에서 고등학생들의 과학 인식론의 일부 주제에 대한 응답을 보고한 것이다.

II. 평가 도구 및 표본

지난 수십 년에 걸쳐서 과학의 인식론과 사회화에 관련된 주제를 가지고 학생의 이해를 측정하는 표준화된 여러 도구가 사용되어 왔다. 그러나 이 도구들의 진술이나 선다형 선택지는 과학교육학자들의 철학적 입장에서 유래하는 경향이 있으며, 대체로 설문에 대해서 연구자들이 하는 것과 똑 같은 방식으로 학생들이 인지하고 해석한다는 잘못된 가정을 내포하고 있었다(Aikenhead, 1988). 모호성이 없다는 그러한 가정이 과학교육 연구자들에게 전통적인 문제점이 되어 왔는데(Gardner, 1987; Lederman & O'Malley, 1990), 모호성은 검사의 타당도를 뒤흔드는 것이다.

과학의 잠정성에 관한 학생들의 견해를 다루는 최근의 연구에서 Lederman과 O'Malley(1990)는 언어 문제에 대해서 다음과 같이 결론을 내렸다. 즉, 언어는 학생과 연구자 간에 다르게 사용되는 경우가 있으며, 이 불일치는 과거 연구에서 학생들의 생각을 거의 잘못 해석하게 한다는 것이다.

이 언어 문제는 Likert-type, 서술형 문장, 준구조화된 면접, 그리고 경험적으로 만들어진 선다형 문항의 4종류 응답 형태에 내재된 모호성에 의해 연구되었다(Aikenhead, 1988). 모호성은 학생들의 응답(Likert-type, 서술형 문장, 그리고 선다형)과 면접에 의한 응답과의 모순에 의해 측정되었으며, 다음과 같은 4개의 결론에 도달하게 되었다.

1. "Likert-type 응답은 단지 학생들의 믿음을 엿볼 뿐으로 측정자가 정확하게 추정할 수 있는 기회는 매우 적다." 모호성은 80% 수준까지 달한다.

2. 서술형 문장 응답은 “모호성이 약 35%에서 50%로서 좀처럼 사라지지 않았다.” 이 경우는 Likert-type 응답보다 모호성이 낮다. 여기서 나타나는 모호성은 학생들이 불안정하거나 적절하지 못한 문장을 서술함으로써 발생한다.

3. 준구조화된 면접은 “가장 명확하고 정확한 자료”를 제공한다. 그러나 자료를 수집하고 분석하는데 많은 시간이 걸린다. 모호성은 불과 5%이다.

4. “경험적으로 만들어진 선다형 응답 유형은 모호성을 15에서 20% 수준으로 낮추었다.”

이러한 심각한 제한점을 개선하기 위해 고등학생들의 STS에 대한 주제의 합리적인 견해를 측정하기 위한 새로운 형태의 도구, *Views on Science-Technology-Society* (VOSTS)가 Aikenhead *et al.*(1989)에 의해 개발되었다. 모호성의 문제점은 경험적으로 만들어진 선다형 문항으로 효과적으로 줄일 수 있다는 가정 아래, VOSTS 문항은 학생들이 쓴 글과 면접에 의한 응답에서 끌어냄으로써 경험적으로 개발되었다(Aikenhead & Ryan, 1992)

이 도구는 114개의 선다형 문항으로서, 과학, 과학기술 그리고 사회의 상호 작용, 학교 과학의 특성, 과학자의 특성, 과학 지식의 사회적 구성, 그리고 과학인식론 등을 측정하는 것으로, 본 연구에서는 특히 과학인식론에 관련된 17개의 문항만을 사용하였다. 선택된 문항들은 다음과 같은 주제를 담고 있다. 즉, 과학의 의미, 과학적 가정, 과학의 가치, 과학의 개념적 발명, 과학적 방법, 과학에서 합의 도출, 그리고 과학 지식의 특성이다. 이들 내용은 장래 과학교육과정에 포함되고 다루어져야 할 것으로 생각되는 것들이다.

본 연구의 표본은 울산시에 소재한 남녀 인문고등학교 1개교씩 1, 2학년 중에서 유층 표집을 하였는데(N=470), 이 표본들은 과학사, 과학철학 또는 STS 관련 과정을 이수한 적이 없다. 선정된 VOSTS 문항을 교과 담당 교사의 도움을 받아 거의 같은 시기에 학생들에게 실시하였으며, 이렇게 하여 얻어진 학생들의 응답은 SPSS/PC에 의해 통계적 통계를 산출하였다. 학생들의 입장은 과학 지식의 본질에 대한 다음에 서술한 철학적 입장에 따라 분석되었다.

III. 이론적 배경

Aikenhead는 본 연구자들과의 사신(私信)을 통해서 VOSTS가 해석적(정성적 또는 자연적) 연구 패러다임에 의거하여 개발하였기 때문에, 그 해석도 동일한 연구 패러다임에 의해 실시하는 것이 바람직하다고 하였다. 그는 구성

주의 관점에서 과학의 의미, 가정, 가치, 개념적 발명, 과학적 방법, 합의 도출, 그리고 과학 지식의 특성 등의 주제에 대해서 밝혔다. 이러한 맥락에서 Ryan과 Aikenhead(1992)는 VOSTS를 해석함에 있어서 Barnes(1985), Holton (1978), Kuhn (1970; 1977), Snow(1987), 그리고 Ziman(1980; 1984)에 의해 밝혀진 인식론적이고 사회학적 관점을 인용하였다. 본 연구에서는 이들 견해들이 고등학교 학생들이 표현한 견해와 대조되었다.

Barnes, Holton, Kuhn, Snow, 그리고 Ziman에 수렴하는 견해는 세계적으로 편만한 보편적인 관점을 나타낸다고 생각되며, 이들 문헌에서 일탈한 견해는 순진한(naive) 것으로 간주하였다(Ryan & Aikenhead, 1992). 순진한 견해 중에는 논리실증주의로 간주되는 것도 포함하였다. 실증주의는 과학적 사실이 반드시 검증의 과정을 거쳐 진리로 확정된 것만이 축적됨으로써 발달한다는 입장에 선다. 실증주의는 특히 과학지식이 오로지 신뢰할 수 있는 진리로만 구성되어 있다고 보며, 명제의 검증 가능성 및 그 정도에 관한 견해에 따라 논리실증주의와 논리경험주의로 나누어지는데, 현대의 인식론자들에게 가장 많은 비판을 받고 있기도 하다(조희형·박승재, 1994).

Nadeau와 Desautels(1984)는 이 인식론적 견해를 “과학주의(scientism)”라고 이름 붙이고, 이를 다섯 가지 범주로 묘사하였다. 즉, (1) 순진한 실재주의(naive realism), (2) 경험 지상주의(blissful empiricism), (3) 경솔한 실험주의(credulous experimentation), (4) 맹목적 이상주의(blind idealism), 그리고 (5) 과도한 합리주의(excessive rationalism)가 그것이다. Ryan과 Aikenhead(1992)는 과학인식론에 관한 순진한 견해들을 Nadeau와 Desautels이 만든 과학주의 지시자에 의해 구분하였고, 반면에 세계적으로 편만한 보편적인 견해는 앞서 말한 문헌과 연관을 지었는데, 본 연구 결과를 해석함에 있어서도 마찬가지로 위 지시자를 인용하였다.

IV. 연구 결과

여기서는 과학의 의미, 과학적 가정, 과학의 가치, 과학의 개념적 발명, 과학적 방법, 과학에서 합의 도출, 그리고 과학 지식의 특성의 주제 순에 따라 서술하였다. 각각의 주제에 대해서는 과학인식론에 관한 문헌의 관점을 간략하게 소개하였다. 이러한 관점은 연구 결과를 해석할 수 있는 개념적 틀을 제공한다(Ryan & Aikenhead, 1992). 각 주제들에 대한 연구 결과는 학생들의 견해가 현대 인식론의 관점에 대해서 수렴하거나 일탈하는지, 그리고 과학 교수를 위한

시사점에 의해 해석되었다.

1. 과학의 의미

과학의 의미를 다룰 때 흔히 과학의 내용, 과학의 과정, 그리고 과학의 사회적 맥락으로 나누어 논의하는 경우가 많다. 내용 지향적인 과학은 논리실증주의적인 접근과 일맥상통하며(Nadeau and Desautels, 1984), 사회적 맥락의 과학은 STS적인 접근이다(Bybee, 1987).

VOSTS 10111 문항은 이 주제를 다루고 있다. 일반적으로 학생들은 내용과 과정의 관점으로 나누어 지지만, 과학의 사회적 측면(STS적 관점)을 무시하였다. 학생들이 가지는 과학의 이미지는 과학교육자 사이의 논쟁을 반영하듯이 매우 다양한데, <표 1>은 학생들 응답의 다양함을 나타내고 있다. 즉, 알려지지 않은 사실에 대한 탐구(43%, C), 지식의 본체(21%, B), 세상을 개선하는 것(20%, E와 F)의 순이다. 과학을 세상을 개선하기 위한 것(표1, 20%, E와 F)으로 보는 것은 선개념으로, 과학을 사회적 목적을 위한 도구 즉, 도구주의적 관점으로 보고 있는 것이다(Barnes, 1985).

도구주의적인 관점은 과학과 과학기술을 혼돈하게 한다. 학생들이 과학에 대해서 말하면서 진작 과학기술에 대해서 이야기할 경우가 많다. Ziman(1984)에 의하면, 과학 활동의 사회적 목적은 스스로를 위해 새로운 지식을 만드는 것이고, 그 반면에 과학기술의 사회적 목적은 인간과 사회 요구에 응하는 것이다. 그러므로 Ziman(1984)의 관점에 의하면, 우리 나라 고등학생들은 과학과 과학기술을 혼돈하고 있다고 할 수 있다. 이러한 혼돈은 "과학기술은 과학의 응용"이라는 사회적 통념에 근원을 두고 있는 것이다(Fleming, 1987, 1989; Snow, 1987). 과학기술의 의미를 다룬 VOSTS 10211에서 본 연구 피험자들의 3분의 1 이상이 과학기술을 "과학의 응용(35%, 10211 B)"으로 정의하였다.

"과학의 응용이다(B, 35%)."

"어떤 일을 실행하기 위한 기술, 또는 실제적 문제를 해결하기 위한 방법이다(E, 26%)."

"물건을 설계, 제조하고, 노동자와 사업가, 소비자를 조직화하고, 사회를 진보시키기 위한 아이디어와 기술이다(G, 18%)."

과학과 과학기술의 관계에 대해서는 VOSTS 10411에서 3분의 2의 학생이 과학과 과학기술은 서로 밀접하게 관련되어 있으며, 과학적 연구가 기술의 실제적 응용을 이끌고 있다고 밝혔다.

<표 1> VOSTS 문항 10111에 대한 학생의 응답

과학은 복잡하고 많은 것을 포함하기 때문에, 과학을 정의하기는 어렵다. 그러나 대체로 과학이란?	
기본적인 당신의 입장은?(A에서 K까지 읽고, 하나를 선택하십시오.)	
1	A. 생물, 화학, 물리, 지구과학 등의 연구 분야이다.
21	B. 원리, 법칙, 이론 등과 같은 지식의 본체로서, 우리를 둘러싸고 있는 세상(물질, 에너지, 생명)을 설명해 준다.
43	C. 알려지지 않은 사실을 탐구하고, 세상과 우주의 새로운 것을 발견하며, 그들이 어떻게 작용하는지를 알아내는 것이다.
3	D. 우리를 둘러싸고 있는 세계의 관심 사항의 문제 해결을 위해 실험을 수행하는 것이다.
1	E. 물건(예를 들면, 인공 심장, 컴퓨터, 우주선 등)을 발명하거나 설계하는 것이다.
19	F. 이 세상을 더 살기 좋은 곳으로 만들기 위해서 지식을 발견하고 사용하는 것이다(예를 들면, 질병 치료, 공해 문제 해결, 농업 방법 개선 등).
0	G. 새로운 지식을 발견하기 위한 아이디어와 기술을 가진 (과학자라고 부르는) 사람들의 조직이다.
5	H. 아무도 과학을 정의할 수 없다.
2	I. 모르겠다.
2	J. 이 주제에 대해서 선택할 수 있을 만큼 충분히 알고 있지 않다.
3	K. 나의 기본적 견해와 일치하는 선택이 없다.

"과학적 연구는 과학기술의 실제적 응용을 선도하고, 과학기술의 발달은 과학 연구를 할 수 있는 역량을 높여 주기 때문이다(B, 67%)."

그러나 실제로는 과학기술에서 유래한 과학의 예가 과학에서 유래한 기술의 예를 훨씬 능가한다(Ziman, 1984). 분야에 따라서는 과학적 기술의 발달이 과학의 발전을 앞서는 시점이 있으며, 과학적 기술의 발전이 과학 발달을 훨씬 앞선 사실을 보여주는 예는 과학사에 드물지 않게 나타난다(조희형·박승재, 1994).

2. 과학적 가정

Margenau(1950)는 과학적 가정은 다음과 같은 일곱 가지를 만족시켜야 한다고 하였다. 즉, 논리적으로 완벽하고, 여러 분야와 관련을 가지고 있으며, 영원성과 안정성, 동일과정성, 인과율을 내포하고, 단순하고 고상해야 하며, 그리고 경험적으로 입증되어야 한다. 이러한 가정들은 과학과 비과학을 판별하게 한다. 예를 들면, 동일과정성이 결여된 창조 과학의 가정은 합리적 과학과 구별된다. 과학과 초자연적인 존재에 의한 동일과정적 가정을 다른 것이 문항 90921이다.

<표 2> VOSTS 문항 90921에 대한 학생의 응답

과학은 자연계가 초자연적인 존재(예를 들면, 신)에 의해 바꾸어 질 수 없다는 가정에 근거하고 있다.	
기본적인 당신의 입장은?(A에서 H까지 읽고, 하나를 선택하십시오.)	
%	하나를 선택하십시오.)
	과학자들은 초자연적인 존재가 자연계를 바꾸지 않을 것이라고 가정한다.
20 A.	초자연은 과학이 해결해야 할 영역을 넘는 것이기 때문이다. 그러나 과학의 영역을 뛰어 넘은 영역에서는 초자연적인 존재가 자연계를 바꿀 수 있다.
7 B.	초자연적인 존재가 존재한다면 과학적 사실은 순식간에 바뀔 수 있기 때문이다. 그러나 과학자들은 계속해서 같은 결과를 얻었다.
6 C.	경우에 따라서 다르다. 초자연적인 존재에 대한 가정은 과학자들에 따라 다르다.
49 D.	과학에 의해 자연의 모든 것을 알 수는 없다. 그러므로 과학은 초자연적인 존재가 자연계를 바꿀 수 있다는 가능성에 대해서도 관심을 가져야 한다.
5 E.	과학은 초자연을 탐구할 수 있으며, 초자연을 설명할 수도 있다. 그러므로 과학은 초자연적인 존재가 실제로 존재한다고 가정할 수 있다.
4 F.	모르겠다.
3 G.	이 주제에 대해서 선택할 수 있을 만큼 충분히 알고 있지 않다.
5 H.	나의 기본적 견해와 일치하는 선택이 없다.

<표 2>의 결과에 의하면 27%의 학생들만(<표 2>의 A와 B)이 동일과정적인 가정이 과학의 기본이 된다는 입장을 취하고 있다. 한편, 적은 수의 학생이 과학은 무한하며, 과학자들은 초자연을 탐구할 수 있다고 믿고 있다(5%, E).

그리고 훨씬 큰 집단이 창조주의적 생각과 같은 견해를 나타내고 있으며, “초자연적인 존재가 자연 세계를 바꿀 수 있다”(49%, D)는 과학인식론과는 정면으로 배치되는 견해를 가지고 있었다.

이러한 결과는 학생으로 하여금 자연 현상에 관하여 스스로 그 의미를 구성하게 하는 구성주의적 접근을 주장하는 과학교육학자들에게 혼란을 초래할 수 있다. VOSTS 문항 90921(표2)에 대한 응답은 표본의 반의 고등학생들이 자연 현상에 관한 나름대로의 의미를 신의 간섭 가능성을 가지고 구성할 가능성이 있다. 실제로 Larochelle과 Desautels(1989)는 과학 교수의 구성주의 접근의 성공은 과학인식론에 대한 적절한 이해를 조건으로 하는 것이라고 가정하였다. 따라서 과학 수업 동안에 동일과정적 견해가 명확하도록 해야 하고, 그렇게 함으로써 학생들은 중요한 과학적 가정의 기본을 배울 수 있는 것이다.

과학인식론에서 또 다른 가정이 제기될 수 있다. 즉, 과학 지식은 우주 속에 실제로 존재하는 것(ontology)인가?, 그렇지 않으면 과학 지식은 인식하는 것(epistemology)인가? 이 의문은 과학철학에서 두가지 영역으로 묘사된다. 즉, 논리실증주의에 해당하는 존재론적 관점(“순진한 실재주의”, Nadeau and Desautels, 1984)과 현대의 견해와 일치하는 인식론적 관점(Bares, 1985; Holton, 1978; Kuhn, 1970; Sullivan, 1933; Ziman, 1984)이다. VOSTS 문항 91013은 과학 이론의 발견과 발명에 비유하여 이 주제를 다루고 있다(<표 3>).

거의 반의 학생들(46%)이 존재론적 관점을 나타내고 있는데 반하여(입장 A, B, C), 불과 15%만이 인식론적 견해를 나타내고 있다(입장 E, F). 약 4분의 1의 학생들이 이 두 극단 중간의 입장을 취하고 있는데, 과학자가 이론을 우연히 발견하기도 하고, 이론을 만들기도 한다고 보았다(27%, D). 고등학생들은 발견이 우연히 이루어진다는 고전적이고 잘못된 생각을 가지고 있음이 명백하며, 이는 대체나 과학사를 저술하는 대중 작가, 또는 전기 작가의 영향에 의한 것으로 생각될 수 있다.

3. 과학의 가치

인간이 수행하는 지적 활동은 모두 그가 파지하고 있는 다양한 분야의 지식과 가치관이 반영된 것이다. 이 점에서 과학자들의 연구는 과학의 가치에 대한 그들의 인식이 반영된 과학적 일환으로 볼 수 있다(조희형·박승재, 1994). 가치라든지 합의 도출과 같은 과학사회학에서의 특정 주제들은 과학인식론과 직접적으로 관련을 가지기 때문에, 본 논문에

<표 3> VOSTS 문항 91013에 대한 학생들의 응답

금광의 광부는 금을 “발견”하는 반면에, 예술가는 조각을 “만든다(발명)”고 생각하자. 어떤 사람은 과학자들이 과학 이론을 발견한다고 생각하고, 다른 사람은 과학자들이 이론을 만든다(발명)고 생각한다. 당신은 어떻게 생각하는가?

기본적인 당신의 입장은?(A에서 I까지 읽고, 하나를 선택하십시오.)

- 과학자들은 이론을 발견한다.
- 19 A. 아이디어는 발견되지 않은 채 그대로 있었기 때문이다.
- 9 B. 이론은 실험적인 사실에 기초하고 있기 때문이다.
- 18 C. 그러나 과학자들은 이론을 발견하기 위한 발명을 발명한다.
- 27 D. 과학자들 중에는 우연히 이론에 마주치는 경우가 있기 때문에 이론을 발견하는 것이다. 그러나 다른 과학자들은 그들이 이미 알고 있는 사실에서부터 이론을 만든다(발명한다).
- 과학자들은 이론을 만든다(발명한다).
- 13 E. 이론이란 과학자들이 발견한 실험적 사실의 해석이기 때문이다.
- 2 F. 발명한 것(이론)은 마음속으로 만든 것이고, 창조된 것이기 때문이다.
- 4 G. 모르겠다.
- 2 H. 이 주제에 대해서 선택할 수 있을 만큼 충분히 알고 있지 않다.
- 5 I. 나의 기본적 견해와 일치하는 선택이 없다.

서 이러한 사회학적인 측면이 과학인식론에서의 개념을 밝히는 데 이용되었다. 과학적 결정은 경험적 증거와 기본 가정에 근거하는 것이 분명하지만, 또한 가치에 의해서도 유도된다. 바꾸어 말하면 과학은 가치를 지니고 있는 것이다. 과학자들이 이론을 가지고 논쟁하거나, 결정을 해야 할 때는 정확성, 객관성 등의 많은 가치들을 가지고 그 준거로 한다(Kuhn, 1970). Longino(1983)는 이 일련의 학문 중심의 가치를 구성적 가치라고 명명하였다. 반면에 학문 외적인 윤리적, 이념적, 문화적 가치를 맥락적 가치라고 하여 구분하였다. Bleier(1988)는 서구 사회 속에서 여성과 남성의 하부 문화의 차이가 과학 지식의 산물 속에 차이점을 이끈다고 주장하였으며, 맥락적 가치가 어떻게 미묘하게 과학 지식 속에 스며들 수 있는가를 보여 주었다.

과학은 가치를 지니고 있으며, 구성적인 것과 맥락적인 두가지 형태의 가치를 포함한다. 다음으로 이들 각각을 고찰하였다.

1) 구성적 가치

구성적 가치는 과학자 개인에 의해 실제로 실행되는 구성적 가치와 상반되는 수가 있다(Gauld, 1982; Holton, 1978). 예를 들면, 과학은 공적으로는 객관성을 존중하지만, 과학자 개인은 자신의 연구실에서 주관적 직감에 의존하는 수가 있다. 그러므로 거기에는 공적(公的)인 과학과 사적(私的)인 과학이라는 두가지 측면이 있을 수 있다(Holton, 1978). 공적인 과학은 잡지, 학회지, 교과서에 실리게 된다. 사적인 과학은 연구실에서 일어난 것으로 대화, 노트, 편지를 통해서 의사 전달이 되는 것이다. 공적인 과학과 사적인 과학의 측면이 서로 상반되는 가치를 포함하는 경우가 있다. 예를 들면, 과학자가 공적 과학과 사적 과학 중 어느 쪽에 속하느냐에 따라서 그는 객관적이거나 주관적일 수 있으며, 마음이 열려 있거나 닫혀 있을 수 있으며, 편견이 없거나 있을 수 있다(Gauld, 1982). Mitroff(1974)와 같은 연구자는 가장 믿을 만한 과학자는 사적 과학과 연관된 가치(주관적이고, 마음이 닫혔으며, 편견을 가진)를 가지고 작업을 한다고 그들의 동료가 판단한다는 사실을 발견하였다. 한편 중세의 과학자들은 공적 과학과 연관된 가치(객관적이고, 허심탄회하며, 편견이 없는)를 가지고 홀로 작업을 한 것처럼 보는 경향이 있다.

우리의 학생들은 과학인식론에서 이 관점을 어떻게 인식하는가? 문항 70811의 응답에서 대부분의 학생들(68%)이 과학자는 공적인 과학에 비하여 사적 과학에서는 다르게 행동할 수 있다고 결론을 내리고 있다. 그 이유에 대해 반 이상의 학생들의 다음과 같은 입장을 취하고 있다.

“과학자들이 개인적으로 연구할 때는 그들의 작업에 깊이 몰입하여 자신의 아이디어를 확신하게 되기 때문에 반드시 허심탄회하고, 논리적이 되는 것은 아니다. 따라서 개인적인 과학은 공적인 과학과 다를 수 있다(C, 26%).”

“논문에 대해 공적으로 다른 과학자들과 논의하는 과정을 통하여, 다른 과학자들의 견해에 의해 연구자의 편견이 수정되기 때문에 더욱 객관적이 된다. 이와 같이 개인적인 과학은 공적인 과학과 다르다(E, 26%).”

문항에서 “사적”, “공적”이라는 말에 대해서 학생들을 위

해서 정의를 해 주고 있다. 그러나 “가장 훌륭한 과학자는 언제나 마음이 열려 있고, 논리적이고, 편견이 없고, 객관적으로 작업을 할 것인가?”에 대해서는 일치된 학생들의 견해가 없었다(VOSTS 문항 60211). 이 예에서 40%의 학생들이 가장 훌륭한 과학자들은 언제나 허심탄회하고, 논리적이고, 편견이 없으며, 그들의 연구에 대해서 객관적이라고 생각하며, 사적 과학의 가치에 의한 역할에 대해서 알지 못했다. 그 중에서도 대부분 다음과 같은 입장을 선택하였다.

“이들 특성만으로는 충분하지 않다. 가장 훌륭한 과학자는 그 밖에 상상력, 지능, 그리고 정직과 같은 인간적 특성을 필요로 한다(C. 35%).”

반면에 54%의 학생은 가장 훌륭한 과학자들은 반드시 그러한 인간적 특성을 나타내지는 않으며, 두 개의 가치가 과학에서 중요한 역할을 담당한다고 생각하였다.

“때때로 가장 훌륭한 과학자들은 자신의 일에 너무 깊이 몰입한 나머지, 허심탄회하지 못하고, 편견을 가지며, 주관적이고, 연구에 대해 논리적이지 못한 경우가 있기 때문이다(D, 13%).”

“과학자에 따라 다르기 때문이다. 언제나 허심탄회하고, 자신의 연구에 대해서 객관적인 사람이 있는가 하면, 허심탄회하지 못하고, 자신의 연구에 대해서 주관적인 사람도 있다(E, 34%).”

“가장 훌륭한 과학자들은 더 이상 그러한 인간적 특성을 나타내지 않는다. 그러한 특성에 의해 반드시 훌륭한 과학적 업적이 이루어지지 않는다(F, 7%).”

2) 맥락적 가치

과학의 본질에 있어서 맥락적 가치가 많은 주목을 받아 왔다. Trachtman(1981)은 확정적인 과학적 증거가 없을 경우에는 그 결과가 여러 가지로 해석될 수 있으며, 경제적, 정치적, 사회적, 윤리적 차원의 문제는 개인적인 입장을 결정하는데 중요하다고 하였다. 예를 들면, 과학 지식의 구성에 대한 남성과 여성의 하부 문화를 포함한 종교, 윤리, 문화적 맥락이 과학 지식의 구성에 영향을 미친다. 여기서 과학적인 주장은 인식론과 사회학의 접점에 놓인 대상으로써, 과학인식론은 사회적 맥락과 동떨어져 생각할 수 없는 것이다(Snow, 1987).

앞에서 기술한 바와 같이 학생들은 과학에서 구성적 가치에 대해서 잘 모르고 있었다. 그렇다면 그들은 과학에서 맥락적 가치의 영향에 대해서는 잘 알고 있는가? 여기서는

남성과 여성의 하부 문화의 주제를 다루었다. 여성과 남성의 하부 문화의 맥락적 가치가 달라질 수 있다면, 이러한 하부 문화가 과학 지식의 생산에 관계되는 과학적 결정에 영향을 미칠 수 있다고 생각된다(Bleier, 1988; Keller, 1985; Longino, 1983).

예를 들면, 생물학자들은 수많은 현상을 설명하기 위한 우성의 개념(Holton, 1978)을 사용하는 경향이 있다. Keller(1985)는 우성을 남성적인 맥락적 가치로 구분하였다.

표본의 고등학생들은 과학지식의 생산에 성적 영향이 있을 수 있다는 Keller의 견해에 동의하지 않았다. 표4에 나타난 바와 같이, 반 정도의 학생들(53%, <표 4>의 A-G)이 “여성과 남성 과학자의 발견에는 차이가 없다.”고 응답하였다. 성(性)과 관련된 맥락적 가치가 과학자들의 발견에 대한 인식 방법에 부분적으로 작용한다는 입장에 선 학생들은 42%였다(<표 4>의 H).

여성과 남성의 하부 문화의 맥락적 가치가 과학적 결정에 영향을 미칠 수 있는가에 대한 또 다른 문항에서(VOSTS 문항 60531) 여성과 남성 과학자들 사이에 차이가 없다는 성적 동등성을 여러 가지 이유에 걸쳐 75%의 응답자가 지지하였다. 몇몇 예를 열거하면 다음과 같다.

“주관적 느낌보다 객관적 판단에 주의를 기울이는지 여부는 과학자의 개인적 인간성에 따라 달라지기 때문이다(D, 23%).”

“훌륭한 과학자들은 실험실에 있을 때 객관적 판단과 주관적 느낌 모두에 주의를 기울이기 때문이다(E, 25%).”

“여성과 남성 과학자들은 동일하기 때문이다. 남자는 여자와 마찬가지로 주관적 느낌에 민감하고, 여자는 남자와 마찬가지로 객관적 판단을 할 수 있다(F, 16%).”

그러나 성(性)과 관련된 맥락적 가치가 과학자들의 인식 방법에 작용한다는 입장에 선 학생들은 14%였다.

“여성 과학자들은 객관적 판단뿐만 아니라 주관적 느낌에 더 많이 주의를 기울이는 경향이 있다. 일반적으로 여자는 내면적 사고에 능력을 발휘한다”(H, 14%).

이것으로 미루어 보아 성(性)과 관련된 가치는 과학의 지식에 영향을 미칠 수 있다는 생각을 나타내는 학생들은 매우 적다는 것을 알 수 있다.

<표 4> VOSTS 문항 60511에 대한 학생들의 응답

오늘날에는 이전보다 더 많은 여성 과학자가 있다. 이로 인하여 성취되는 과학 발견에는 차이가 있을 것이다. 여성들에 의한 과학 발견과 남성들에 의한 과학 발견 사이에는 차이점이 있다.

기본적인 당신의 입장은? (A에서 M까지 읽고, 하나를 선택하십시오.)

- 2 A. 결국 **훌륭한 과학자**는 다른 훌륭한 과학자의 것과 **동일한** 발견을 할 것이기 때문이다.
- 0 B. 여성과 남성 과학자들은 **동일한 훈련**을 받기 때문이다.
- 0 C. 모든 여자와 남자는 거의 동일한 지능을 가지기 때문이다.
- 2 D. 여자와 남자는 과학에서 발견하고자 하는 것이 같기 때문이다.
- 0 E. 연구 목적이 과학자 이외의 사람들의 요구나 욕망에 의해서 결정되기 때문이다.
- 2 F. 모든 사람은 그들이 무엇을 하든지 평등하기 때문이다.
- 47 G. 발견의 차이는 개인차에 의한 것이기 때문이다. 그러한 차이는 성(性)과는 관계가 없다.
- 42 H. 여자는 **조금 다른** 발견을 할 것이다. 본질적으로, 또는 양육에 의해서 여성은 다른 가치, 견해, 관점이나 특성(예를 들면, 결론에 대한 민감성)을 가지고 있기 때문이다.
- 1 I. 남자는 여자보다 과학을 잘하기 때문에 **조금 다른** 발견을 할 것이다.
- 1 J. 여자는 남자보다 **더 나은** 발견을 할 것이다. 왜냐하면 여자는 일반적으로 남자보다 직관력, 기억력이 뛰어나기 때문이다.
- 1 K. 모르겠다.
- 1 L. 이 주제에 대해서 선택할 수 있을 만큼 충분히 알고 있지 않다.
- 1 M. 나의 기본적인 생각과 일치하는 선택이 없다.

4. 개념적 발명

여기서 개념적 발명이란 모델, 분류틀, 가설, 이론, 법칙을 의미한다. 이들은 과학지식을 구성하는 요소로써 명확히 정의가 내려지지 못하고 교과서나 과학 교수 현장에서 취급되기 쉬운 것들이다.

1) 과학 모델

과학에서의 모델은 사회적으로 구성된 과학적 사실에 근거한다. 학생들은 모델을 실체의 복제나 인류의 발명으로

보고 있는가? <표 5>에서 보는 바와 같이, 학생들은 크게 다음의 두가지 입장을 나타내었다. (1) 모델은 실체의 복제와 매우 유사한 것이다(19%, 90211 D). (2) 모델은 실체의 복제가 아니다(69%, 90211 E-G). 극소수의 학생들(3%, 90211 A-C)만이 모델은 실체의 복제라고 하여 현대 과학인식론과 상반되는 “순진한 실체주의”의 견해(Nadeau and Desautels, 1984)를 가지고 있다. 5분의 1의 학생들(19%, 90211 D)은 순수한 인식론적 관점을 가지고 있었으나 존재론적 사고의 흔적도 함께 가지고 있었다.

<표 5> VOSTS 문항 90211에 대한 학생들의 응답

연구실에서 사용되는 많은 과학적 모델(열, 중성자, DNA, 또는 원자 모델 등)은 실체(實體)에 대한 복제이다.

기본적인 당신의 입장은? (A에서 J까지 읽고, 하나를 선택하십시오.)

- 0 A. 과학적 모델은 실체의 복제이다. 과학자들은 모델이 참이라고 했으므로, 모델은 참이어야 하기 때문이다.
- 2 B. 많은 과학적 증거들이 모델이 참이라고 증명해왔기 때문이다.
- 1 C. 모델은 인생에서 참이기 때문이다. 모델의 목적은 실체를 보여주거나 실체에 대한 무엇인가를 우리에게 가르쳐 준다.
- 19 D. 과학적 모델은 실체의 복제와 매우 비슷하다. 그것은 모델이 과학적 관찰과 연구에 기초하였기 때문이다.
- 27 E. 모델은 단지 어느 한계 내에서만 설명하거나 학습하는 데 도움을 준다.
- 24 F. 모델은 이론과 마찬가지로 시간에 따라서, 그리고 인간의 지식 정도에 따라서 바뀌기 때문이다.
- 18 G. 모델은 이상 또는 경험에 의한 짐작이며, 실제로 실체를 볼 수 없기 때문이다.
- 3 H. 모르겠다.
- 4 I. 이 주제에 대해서 선택할 수 있을 만큼 충분히 알고 있지 않다.
- 2 J. 나의 기본적인 생각과 일치하는 선택이 없다.

2) 분류틀

학생들이 분류틀에 관한 주제(VOSTS 90311)에서 92%가 과학적 분류틀에 대한 인간의 창조적 특성을 인정하였다. 학생들이 모델에서와 마찬가지로 분류틀에 대해 성숙한 인식론적 견해를 가지고 있었다.

3) 가설, 이론, 법칙

고등학교 학생들은 가설, 이론, 그리고 법칙을 어떻게 보고 있는가? 불과 12%의 학생들만이 법칙은 사물을 일반적으로 묘사한 것이고, 이론은 이러한 법칙을 설명한다는 현대 인식론과 근사한 응답을 하였다(VOSTS 90511). 대부분(67%)은 증명의 분량에 의해 가설은 이론이 되고, 이론은 법칙으로 된다는 단순한 위계적 관계를 나타내었다. 다음이 그 대표적 응답이다.

“가설은 실험에 의해 검증되기 때문이다. 가설이 바르다고 증명되면, 이론이 된다. 이론이 여러 사람들에 의해 오랫동안 수없이 참이라고 증명되고, 법칙이 된다(A, 22%).”

“가설은 실험에 의해 검증되기 때문이다. 만약 가설을 입증하는 증거가 있으면, 가설이 이론으로 된다. 이론이 수없이 검증되고 본질적으로 바르다고 생각될 때, 법칙이 된다(B, 42%).”

<표 6> VOSTS 문항 90611에 대한 학생들의 응답

과학자들이 연구를 수행할 때, 과학적 방법을 따른다고 한다. 과학적 방법이란,

기본적인 당신의 입장은? (A에서 M까지 읽고, 하나를 선택하십시오.)

- 1 A. 흔히 책이나 학술 잡지에 쓰여 있는 과학자의 실험 과정이나 실험 기술이다.
- 1 B. 연구 결과를 조심스럽게 기록하는 것이다.
- 1 C. 실험의 변인을 조심스럽게 통제하여, 다른 해석의 여지를 남기지 않는 것이다.
- 2 D. 효율적으로 사실, 이론 또는 가설을 얻는 것이다.
- 13 E. 시험과 재시험을 통해서, 타당한 방법으로 참과 거짓을 증명하는 것이다.
- 10 F. 이론을 가정한 다음에, 이론을 증명하기 위한 실험 방법을 만드는 것이다.
- 33 G. 의문을 갖고, 가설을 설정하고, 자료를 수집하고, 결론을 내리는 것이다.
- 15 H. 문제해결을 위한 논리적이고 널리 받아들여지고 있는 접근 방법이다.
- 0 I. 과학자들을 연구하도록 인도하는 태도이다.
- 2 J. 실제 과학자들의 연구를 고려한다면, 과학적 방법이란 실제로 존재하지 않는다.
- 3 K. 모르겠다.
- 4 L. 이 주제에 대해서 선택할 수 있을 만큼 충분히 알고 있지 않다.
- 4 M. 나의 기본적인 생각과 일치하는 선택이 없다.

학생들은 과학의 많은 법칙은 어떤 이론이 그것을 설명하기 위해 만들어지기 전에 알려졌다는 사실을 무시하였다.

5. 과학적 방법

과학의 방법에는 정형이 있는 것일까? 오랜 세월에 거쳐서 인식론자들은 과학의 방법에 대해서 판에 박은 과학의 방법은 없다는데 일반적으로 동의하고 있다(National Academy of Science, 1989). 많은 현대의 과학철학자들은 과학지식이 형성되고 발달하는 과정을 과학사를 통해서 이해하고자 시도하고 있으며, 과학의 방법이란 과학자에 따라, 과학의 대상에 따라 제각각이라는 견해를 가지고 있다. 과학자들은 결과에 맞는 방법을 사용한다는 실용주의적 관점이 현대의 인식론적 견해인 것이다. 그러면 과학적 방법에 대한 고등학생들의 견해는 무엇인가? (VOSTS 90611, <표 6>)

<표 7> VOSTS 문항 90621에 대한 학생들의 응답

가장 훌륭한 과학자들은 과학적 방법의 단계를 밟는 사람이다.

기본적인 당신의 입장은? (A에서 H까지 읽고, 하나를 선택하십시오.)

- 7 A. 과학적 방법은 타당하고, 명확하고, 논리적이고, 정확한 결과를 보증한다. 그러므로 가장 훌륭한 과학자들은 과학적 방법의 단계를 밟는다.
- 0 B. 우리가 학교에서 배운 것을 기초로 한 과학적 방법은, 반드시 가장 훌륭한 과학자들을 위해 수행된다.
- 65 C. 과학적 방법은 유용하다는 것이 여러 가지 예에서 알 수 있지만, 좋은 결과를 보장하지는 않는다. 그러므로 가장 훌륭한 과학자는 독창성과 창조성을 함께 사용할 것이다.
- 10 D. 가장 훌륭한 과학자는 바람직한 결과를 얻게 하는 방법을 사용한다(상상과 창조의 방법을 포함하여).
- 11 E. 많은 과학 발견은 우연히 만들어진 것이다. 과학적 방법에 집착한 것이 아니다.
- 2 F. 모르겠다.
- 1 G. 이 주제에 대해서 선택할 수 있을 만큼 충분히 알고 있지 않다.
- 4 H. 나의 기본적인 생각과 일치하는 선택이 없다.

가장 큰 집단(33%)이 “문제 제기, 가설설정, 자료 수집, 결론 도출”을 택하여 과학적 방법에 대해서 모호한 선개념을 가지고 있다는 것을 알 수 있다. 그 외 학생들은 여덟 개의 항목에 걸쳐서 선택이 확산되었다. 불과 2% 만이 가장 현대적인 견해를 나타내는 “과학자들의 연구를 고려한다면, 과학적 방법이란 실제로 존재하지 않는다.”를 선택하였다.

학생들에게 훌륭한 과학자가 과학적 방법의 과정을 따르는지 여부를 물어 보았을 때(표7, VOSTS 문항 90621), 그들은 과학을 수행함에 있어서 전적으로(A), 또는 적은 범위 내에서(72%, A-C) 과학적 방법의 과정을 따른다고 하였다. 또한 상당한 숫자의 학생들(E; 12%)이 우연한 발견의 개념을 가지고 있었다. 이는 앞서서도 언급한 존재론적 관점으로 역시 선개념에 해당하는 것이다. 적은 수의 학생들(10%)이 “가장 훌륭한 과학자는 바람직한 결과를 얻게 하는 방법을 사용한다(D)”라고 하는 대부분의 인식론자들의 관점을 선택하였다.

6. 과학의 합의 도출

과학자들은 자연 세계를 탐구하고 그 결과로 얻어진 과학지식을 어떻게 받아들이고 어떻게 기각하는가? 현대의 인식론자들은 과학지식이 사회적 절차에 따라 구성되고 사회적 합의에 의해서 검증된다고 가정하고, 개인적 관점에서부터 사회적 합의에 이르는 방법과 과정을 과학의 속성의 하나로 보았다. 즉, 과학지식은 궁극적으로 스스로 지정한 전문가들 사이의 합의에 의해 만들어지는 것이다(Barnes, 1985; Kuhn, 1970). 합의 도출과 관련한 주제들은 앞서 논의한 맥락적 가치와 마찬가지로 과학인식론과 과학사회학 영역의 접점에 놓여 있는 것이다.

학생들의 과학에서 합의 도출에 관한 견해가 <표 8>에 나타나 있다. 과학에서 합의 도출의 역할에 대해서 62%가 그 진가를 인정하고 있는 데 비하여(70231 B, C), 33%는 그렇지 않다(70231 A, D, E, F). 피험자의 3분의 1의 학생들이 합의가 과학지식 구성의 기본이라는 것을 알고 있지 않다고 할 수 있다.

이 33% 중에서는 과학에서 이론이 참이라는 것을 증명해주는 결정적인 증거를 보임으로서 합의에 도달하게 된다고 순진하게 생각하였다(22%, 70231 A). 즉, 이는 “경솔한 실험주의”(Nadeau and Desautels, 1984)에 해당되는 것이다.

과학자의 연구 수행은 사회나 소속 기관에 의해 영향을 받는가? 예를 들어, 과학자들이 회사를 위해 연구를 수행할 때, 회사를 위해 과학의 이상(허심탄회함, 정직성, 결과를 동료들끼리 공유함 등)을 버릴 수 있는가?

<표 8> VOSTS 문항 70231에 대한 학생의 응답

새로운 과학 이론이 제안되었을 때, 과학자들은 그것을 수용할 것인지 아닌지를 결정하여야 한다. 과학자들은 이를 합의에 의해 결정한다. 즉, 그 이론의 제안자는 많은 동료 과학자들에게 새로운 이론을 믿도록 확산시켜야 한다.

기본적인 당신의 입장은? (A에서 I까지 읽고, 하나를 선택하십시오.)

- 이론을 제안한 과학자는 다른 과학자들을 확산 시켜야 한다.
- 22 A. 이론이 진실이라는 것을 증명하는 결정적인 증거를 그들에게 보임으로써 다른 과학자들을 확산 시켜야 한다.
- 5 B. 대부분의 과학자가 그 이론을 믿을 때만 과학에서 그 이론은 유용하기 때문이다.
- 57 C. 수많은 과학자들이 이론과 새로운 아이디어에 대해서 논의할 때, 과학자가 이론을 수정하고 새롭게 만들 수 있기 때문이다. 즉, 합의에 도달함으로써 과학자들은 그 이론을 더욱 정확하게 만들 수 있다.

- 이론을 제안한 과학자는 다른 과학자들을 확산 시킬 필요가 없다.
- 5 D. 그 이론을 지지하는 증거가 모든 것을 말해 주기 때문이다.
- 1 E. 과학자 개인이 스스로 이론을 사용할 것인지 여부를 결정하기 때문이다.
- 5 F. 다른 과학자들이 무엇을 믿건 간에, 그 이론에 의해 연구 결과가 설명되고 유용한 동안에는, 과학자 자신이 그 이론을 적용할 수 있기 때문이다.
- 1 G. 모르겠다.
- 1 H. 이 주제에 대해서 선택할 수 있을 만큼 충분히 알고 있지 않다.
- 2 I. 나의 기본적인 생각과 일치하는 선택이 없다.

결론적으로 팀이나 기업체에 대한 충성심이 과학자들의 과학지식의 수용 여부에 대해 영향을 미칠 수 있다(Ziman, 1984). VOSTS 문항 70121은 과학자들의 과학의 이상이 고용주에 대한 충성심으로 바뀔 것인가를 다루고 있다. 많은 학생들(46%)이 이 주제에 대해서 개인주의적 관점으로 보는 경향이 있다. 즉, 어떤 과학자는 과학의 이상을 쫓는 반면, 다른 과학자들은 기업의 이익을 우선으로 한다고 응답하고 있다.

“과학자 개인의 자질에 따라 다르다. 어떤 과학자는 과학의 이상에 따르지만, 다른 과학자는 회사의 관

심사를 우선한다(E, 46%).”

적은 수의 학생 만(11%)이 고용주에 대한 충성심이 영향을 줄 수 있다는 것을 인정한 반면, 3분의 1의 학생들(35%)은 과학의 이상에 대한 충실감은 회사의 충성심에 영향을 받지 않는다고 하였다.

“회사보다 과학의 이상을 우선함으로써, 과학자들은 사회에 더 많은 공헌을 하고, 개인적인 성공을 이룩한다(F, 18%).”

“대부분의 과학자는 그 연구가 회사에게 불리한 것이라 할지라도, 진실한 사실을 발견하기 위해 연구를 수행하기 때문이다(G, 17%).”

“맹목적 이상주의”가 이들 학생들의 인식론적 선개념을 결정하고, 과학적 산물에 대한 개인적이고 주관적 영향의 역할을 무시하였다.

7. 과학지식의 특성

과학자들은 개념적 발명의 진실에 대한 결론에 도달하기 위한(또는 실험 과정의 적절성에 관한) 경험적 증거, 가정, 그리고 가치를 끌어 들여 합의 도출에 몰두하게 된다. 그들의 결론은 과학지식을 구성한다. 이 지식은 개연성이 있고, 잠정적이고, 패러다임과 연관되어 있다(Kuhn, 1970; Ziman, 1984). 여기서는 과학지식의 잠정적 특질에 대해서 논의하였다.

VOSTS 문항 90411은 과학지식의 잠정성을 다루고 있다. <표 9>에서 밝혀진 것과 같이 실제로 모든 표본의 학생들은 과학지식이 변화한다는 데 동의하였다.

사실들을 다르게 재해석할 수도 있다는 새로운 개념적 틀에 비추어, 과학인식론에서 현재 구성주의의 견해는 과학적 사실 그 자체가 시간에 따라서 변할 수 있다는 것을 인정하고 있다(Kuhn, 1970). 과학지식의 계속적인 재구성 30%의 학생들에 의해 잠정성을 설명하기 위해 인용되었다(표9의 입장 B). 과학은 과거의 과학 지식의 반증에 의해 진보를 보인다는 Popper(1963)의 반증주의 입장에는 56%의 학생들이 선택하였다. 그러나 선개념이 다분히 배어 있는 견해가 입장 C(5%)에 나타났다. 과학의 진보를 단순히 지식의 축적이라고 묘사한 시대에 뒤떨어진 인식론적 관점도 있었다(4%, <표 9>, 입장 D).

<표 9> VOSTS 문항 90411에 대한 학생의 응답

과학 연구가 바르게 수행되었다고 하더라도, 그러한 연구에서 과학자들이 발견한 지식은 미래에 변할 수 있다.

% 기본적인 당신의 입장은

- 과학적 지식은 변한다.
- 56 A. 후세 과학자들이 앞선 과학자들의 이론이나 발견에 대해 반대되는 증거를 제시하기 때문이다. 과학자들은 새로운 기법이나 개량된 도구를 사용하고, 예전에는 간과했던 새로운 요소를 발견하기도 하고, 본래의 “바른” 연구에서 잘못을 포착하기 때문이다.
- 30 B. 옛날 지식은 새로운 발견에 비추어 재해석되기 때문이다. 과학적 사실은 바뀔 수 있다.
- 5 C. 옛날 사실을 다르게 해석하거나, 다르게 적용되므로써 과학 지식에 변화가 나타난다. 바르게 수행된 실험은 변화할 수 없는 사실을 만들어 낸다.
- 4 D. 옛날 지식에 새로운 지식이 첨가되므로 과학 지식에 변화가 나타난다. 옛날 지식은 변하지 않는다.
- 0 E. 모르겠다.
- 2 F. 이 주제에 대해서 선택할 수 있을 만큼 충분히 알고 있지 않다.
- 3 G. 나의 기본적인 생각과 일치하는 선택이 없다.

그러므로 대부분 학생들이 과학지식은 잠정적이라고 믿는다고 말할 수는 없으며, 이 결과는 Lederman과 O'Malley(1990)의 연구와 같다. 대부분 고등학생들이 과학의 인식론적 견해에서 구성주의와 반증주의의 견해로 나누어지며, 그의 학생들은 사실은 불변의 진실이라는 Nadeau와 Desautels(1984)의 “과도한 합리주의(9%)”에 해당하는 견해를 가지고 있다고 지적할 수 있다.

V. 결 론

이 논문에서 과학인식론에 대한 선택된 주제, 즉 과학의 의미, 과학적 가정, 과학의 가치, 과학의 개념적 발명, 과학적 방법, 과학에서 합의 도출, 그리고 과학지식의 특성에 대한 학생들의 믿음의 일면에 대해서, 경험적으로 개발된 도구가 어떻게 정보를 제공하는지를 살펴보았다. 그리고 과학인식론에 관한 학생들의 선개념에 대한 기초적 자료를 얻을 수 있는 가능성을 모색하였다. 학생들의 견해 중에서 대표적인 선개념을 열거하면 다음과 같다.

1. 과학의 의미에 있어서 학생들은 과학을 세상을 개선하기 위한 것(20%)으로 보고, 과학기술을 과학의 응용(35%)으로 보는 선개념이 있었으며, 이는 과학을 사회를 위한 도구주의적 관점으로 보고 있는 것이다.

2. 과학적 가정에서 초자연적인 존재가 자연 세계를 바꿀 수 있다(49%)는 과학인식론과는 정면으로 배치되는 창조주의적 견해를 가지고 있었다. 또한 과학지식에 대해서 거의 반의 학생들(46%)이 존재론적 관점을 가지고 있었다.

3. 과학의 가치에서 대부분의 학생들이 구성적 가치에서 사적 과학과 공적 과학의 역할을 인식하고 있었으나(68%), 두개의 역할을 인식하지 못하는 경우도 있었다(5%). 이와 관련하여 훌륭한 과학자는 언제나 허심탄회하고, 논리적이고, 편견이 없으며, 그들의 연구에 대해서 객관적이라고 생각하며(40%), 사적 과학의 가치에 의한 역할에 대해서 알지 못했다. 맥락적 가치에서 반 정도의 학생들(53%)이 여성과 남성 과학자의 발견에는 차이가 없다고 응답하여, 성(性)과 관련된 맥락적 가치가 과학자들의 발견에 대한 인식 방법에 작용하지 않는다고 생각하였다. 이와 관련하여 많은 학생들(75%)이 여성과 남성 과학자들 사이에 차이가 없다고 생각하여 맥락적 가치를 부정하였다.

4. 과학의 개념적 발명에 있어서 극소수의 학생들(3%)만이 모델은 실체의 복제라는 현대 과학인식론과 상반되는 선개념을 가지고 있었으나, 가설과 이론, 법칙에 대해서는 대부분(67%)이 증명의 분량에 의해 가설은 이론이 되고, 이론은 법칙으로 된다는 위계적 관계로서 파악하고 있었다.

5. 과학적 방법에 대해서 가장 큰 집단(33%)이 문제 제기, 가설설정, 자료 수집, 결론 도출이라는 단계를 선택하여 모호한 선개념을 가지고 있다는 것을 알 수 있었다. 적은 수의 학생들만이 실제로 과학적 방법이란 존재하지 않으며(2%), 훌륭한 과학자는 바람직한 결과를 얻게 하는 방법을 사용한다고 하는 대부분 인식론자들의 실용주의적 관점을 선택하였다(10%).

6. 과학의 합의 도출에 있어서 합의 도출이 과학지식 구성의 기본이라는 사실을 3분의 1의 학생들이 그 진가를 알고 있지 못하였다(33%). 그 중에서도 상당수(22%)가 경솔한 실험주의에 해당하는 것이었다.

7. 과학 지식에 대해서 대부분 학생들이 그 잠정성을 인식하고 있었으나, 과학의 진보를 단순히 지식의 축적이라고 묘사한 시대에 뒤떨어진 선개념이 있었다(4%).

본 연구의 결과에 의하면, 일반적으로 우리 나라 고등학생들은 과학의 본질에 대해서 충분히 이해하고 있다고 할 수 없다. 그렇다고 놀랄 만한 것도 아니다. 지금까지 과학의

내용과 과정에 대한 논의, 또는 학습론이나 교수론 만큼 과학의 본질에 대해서 충분히 논의되고 연구되지 않았고, 그에 상응한 일관된 교육이 마련되지 않았으며, 학생들에게 과학의 본질에 대한 확실한 견해를 제공할 기회를 마련하지 못했기 때문이다.

고등학생들의 선개념을 자신의 인식론 속에 채색하기 때문에, 과학 개념을 구성하는 데 어려움을 야기시킨다. 더 나아가 학생들이 가지고 있는 과학의 본질에 대한 순진한 견해는 과학 수업에 있어서 당면한 문제점들을 증폭시킨다. 선개념을 가진 학생은 구성주의적 접근을 주장하는 과학교육학자들에게 혼란을 초래할 수 있는 것이다(West and Pines, 1985). 이 연구의 결과는 과학의 본질을 명확히 하고, 과학교수 상황에 그들을 포함시키는 것이 얼마나 중요한가를 보여 준다.

경험적으로 개발한 도구의 첫번째 관심은 타당도이다. VOSTS 문항은 학생의 견해가 경험적 바탕에 의해 기술되었기 때문에, 그러한 접근에 대한 타당성이라는 문제를 남겨 놓고 있다. Aikenhead & Ryan(1992)은 이러한 종류의 평가 도구의 타당성의 진수는 '신뢰'이며, 평가 도구 개발에 대한 후속 연구자들의 믿음에 놓여 있다고 하였다. 아무튼 이러한 종류의 선택지는 과학교육학자들의 철학적 입장에서가 아닌 학생들의 견해에서 경험적으로 끌어낸 것이기 때문에, 학생들이 선택지에서 읽은 의미는 학생들이 면접했을 때 표현하는 것과 동일한 의미를 나타낸다고 가정할 수 있으며, 기존 연구 패러다임과는 다른, 많은 부분에서 시사하는 바가 있다고 생각된다.

최경희(1994)는 전통적 Likert 척도에 의해 STS 교육에 대한 과학교사의 인식 조사를 수행하였고, 김영성·이문남(1994) 역시 부분적으로 Likert 척도를 이용하여 과학교사들의 공통과학과 STS 교육에 대한 인식도를 조사하였는데, 아울러 경험적으로 개발한 도구를 이용하여 교사의 과학인식론에 관한 자료를 정성적으로 수집하는 노력이 필요하다.

본 연구에서는 응답 결과에 대해 점수를 매기지 않았기 때문에 숫자로 된 점수 대신에, 학생들의 생각의 정성적 자료 즉, 응답 패턴을 얻을 수 있었다. 앞으로 과학교사와 학생의 응답 패턴을 대조함으로써 여러 가지 비교가 가능할 것이다. 또한 선개념을 찾는 진단적 기능은 규범적 점수를 만들므로써 가능성이 있다. 최근에 VOSTS를 이용한 정량적 자료가 보고되었는데(Bradford, Rubba & Harkness, 1995), 경험적으로 개발된 평가 도구의 정량 분석의 가능성이 모색되고 있다. 이들 자료는 과학수업이나 단원의 설계, 교사 교육을 위해 이용될 수 있으며, 교사들로 하여금 과학의 본질에 관한 넓고 다양한 STS 주제에 대한 학생들의 견

해를 측정하는 방법을 제공할 수 있다.

과학인식론에 대한 연구는 이제까지 정의적인 영역의 일부로 다루어 진 경향이 있었다. 과학적 태도(또는 과학에 관한 태도)를 측정하는 도구의 내용 일부에서 그러한 흔적을 살펴 볼 수 있으며, 역으로 학생이나 교사의 인식 조사 연구는 실제로 인식론적인 접근을 하지 않고 정의적인 관점의 선택이 보고된 예도 없지 않았다. 예를 들어 과학의 의미를 과학의 내용, 과학의 과정, 그리고 과학의 사회적 맥락으로 나누어서 생각할 수 있는데, 어떤 맥락에서 과학의 의미를 생각해야 하는가는 다분히 인식론적인 관점인 것이며, 개인의 기호나 흥미에 따라 선택하거나 취급되어서는 안되는 것이다. 여기서 중요한 것은 학생들로 하여금 얼마나 바람직한 인식론적인 견해를 갖게 하느냐 하는 것이다. 본 연구는 학생들의 의견을 정당화하는 이유, 즉 그들이 알고 있는 견해, 그들의 인지적 신념에 초점을 맞추었다. 즉, 정의적인 것(개인적 느낌)보다 인지적인 관점(합리적인 논의)에 강조점을 둔 것이다.

본 연구에서는 고등학생들이 묘사한 과학의 이미지는 부정확하고 부적절하다고 결론을 내릴 수 있다. 최소한 학생들의 과학의 본질에 대한 이해는 충분하지 못하다고 말할 수 있다. 많은 과학교육자들은 과학 교수에서 현재 고등학교의 규범이 되어 있는 비인간적이고, 과학주의적이고, 사회적 측면의 묘사가 결여된 과학을 지양하고, 현재의 인식론과 조화를 이루는 STS 또는 역사/철학적 접근을 지향하여야 한다고 믿고 있다(Aikenhead, 1985; Bybee, 1987; Duschl, 1988; Gruender and Tobin, 1991; Hodson, 1988; Hurd, 1987). 본 연구의 결과는 과학 교수에 의해 정확하고 적절한 과학의 이미지를 전달한다면 현대 인식론의 기준을 따를 수 있을 것을 전망하고 있다.

참 고 문 헌

김영성·이문남(1994). 고등학교 과학교사들의 공통과학 및 STS에 대한 인식도 조사, 한국과학교육학회지 14(3), 330-343.
 최경희(1994). 과학교육과 STS에 관한 중등과학교사들의 인식 조사, 한국과학교육학회지 14(2), 192-198.
 조희형·박승재(1994). 과학론과 과학교육, 교육과학사, 42-46, 113-118, 284-285.
 Aikenhead, G.S.(1985). Collective decision making in the social context of science-technology-society. III. Characteristics and limitations of scientific knowledge.

Science Education, 71(4), 459-487.
 Aikenhead, G.S.(1988). An analysis of four ways of assessing student beliefs about STS topics. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(8), 607-627.
 Aikenhead, G.S. & Ryan, A.G.(1989). *The development of a multiple choice instrument for monitoring views on science-technology-society topics*, Final report of SSHRCC grant, Saskatoon: Univ. of Saskatchewan.
 Aikenhead, G.S. & Ryan, A.G.(1992). The development of a new instrument: "Views on Science-Technology-Society" (VOSTS). *Science Education*, 76(5), 477-491.
 Aikenhead, G.S., Ryan, A.G. & Fleming, R.W.(1989). *Views on Science-Technology-Society*, Saskatoon: Univ. of Saskatchewan.
 Barnes, B.(1985). *About science*. Oxford: Basil Blackwell.
 Bleier, R. (1988). *Feminist approaches to science*. New York: Pergamon Press.
 Bradford, C.S., Rubba, P.A. & Harkness, W.L.(1995). Views about science-technology-society interactions held by college students in general education physics and STS courses, *Science Education*, 79(4), 355-373.
 Bybee, R.W.(1987). Science education and the science-technology-society(STS) theme. *Science Education*, 71(5), 667-683.
 Duschl, R.(1983). Comments on "An analysis of prospective science teachers' understanding the nature of science." *Journal of Research in Science Teaching*, 20(4), 373-376.
 Fleming, R.W.(1987). High school graduates' beliefs about science-technology-society. II. The interaction among science, technology, and society. *Science Education*, 71(2), 163-186.
 Fleming, R. W. (1989). Literacy for a technological age. *Science Education* 73(4). 391-404.
 Gardner, P.L.(1987). Measuring ambivalence to science. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(3), 241-247.
 Gauld, C.(1982). The scientific attitude and science education: A critical reappraisal. *Science Education*, 66(1), 109-121.
 Gruender, C.D., & Tobin, K.(1991). Promise and prospect.

- Science Education*, 75(1), 1-8.
- Hodson, D.(1988). Toward a philosophically more valid science curriculum. *Science Education*, 72(1), 19-40.
- Holton, G.(1978). *The scientific imagination: Case studies*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hurd, P.(1987). A nation reflects: The modernization of science education. *Bulletin of Science Technology Society*, 7(1), 9-13.
- Keller, E.F. (1985). *Reflections on science and gender*. New Haven, CT: Yale University Press.
- Kuhn, T.(1970). *The structure of scientific revolutions* (2nd ed.). Chicago: University of Chicago Press.
- Kuhn, T.(1977). *The essential tension*. Chicago: University of Chicago Press.
- Larochelle, M., & Desautels, J.(1989). "Of course, it's just obvious": Adolescents' ideas of scientific knowledge. A paper presented at the First International Conference of the History and Philosophy of Science in Science Teaching, Florida State University, Tallahassee, November.
- 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. & Zeidler, D.L.(1987). Science teachers' conceptions of the nature of science: Do they really influence teacher behavior? *Science Education*, 71 (5), 721-734.
- 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.
- Longino, H.(1983). Beyond "bad science": Skeptical reflections on the value-freedom of scientific inquiry. *Science, Technology, and Human Values*, 8(1), 7-17.
- Margenau, H.(1950). *The nature of physical reality: A philosophy of modern physics*. New York: McGraw-Hill.
- Mitroff, I.(1974). Norms and counter-norms in a selected group of the Apollo moon scientists: A case study of the ambivalence of scientists. *American Sociological Review*, 39, 579-595.
- Nadeau, R., & Desautels, J.(1984). *Epistemology and the teaching of science*. Ottawa: Science Council of Canada.
- National Academy of Science.(1989). *On being a scientist*. Washington, DC: National Academy Press.
- Popper, K.R.(1963). *Conjectures and refutations*. New York: Harper Torchbooks.
- Ryan, A.G. & Aikenhead, G.S.(1992). Students' preconception about the epistemology of science, *Science Education*, 76(6), 559-580.
- Snow, R.E.(1987). Core concepts for science and technology literacy. *Bulletin of Science Technology Society*, 7(5/6), 720-729.
- Sullivan, J.W.N.(1933). *The limitations of science*. New York: Mentor Books.
- Trachtman, L.E.(1981). The public understanding of science effort: A critique. *Science, Technology, and Human Values*, 6(3), 10-15.
- West, L.H., & Pines, A.L.(Eds.)(1985). *Cognitive structure and conceptual change*. New York: Academic 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.

(ABSTRACT)

High School Students' Views about Some Topics of the Epistemology of Science

Jongok Woo · Wonjoo Soh
(Korea National University of Education)

As science programs emphasize an understanding of the nature of science, it is needed to assess students' views on a wide range of science-technology-society topics. The purpose of this study is to investigate the views of high school students about some selected topics of the epistemology of science. The selected topics include the meaning of science, scientific assumptions, values in science, conceptual inventions in science, scientific method, consensus making in science, and characteristics of the knowledge produced in science. Identified preconceptions in the study are as follows:

Science was seen as improving the world(20%), and technology was defined as the application of science(35%). Almost half of the sample(49%) subscribed to a view consistent with a creationist posture and large group of students(46%) expressed a purely ontological view. Only minority of the students(5%) discounted the role played by private science values, but one half of the sample denied the fact that gender-related values can influence the knowledge that scientist construct(53%). Only a small portion of the sample(5%) held a view contrasting to contemporary epistemology of science, but the majority(67%) expressed a simplistic hierarchical relationship in which hypotheses become theories and theories become laws. One third of the students(33%) held a preconception that the scientific method composed of questioning, hypothesizing, collecting data, and concluding. Students did not appreciate the role of consensus making in science(33%). An out-dated epistemic perspective describes the progress of science as simply an accumulation of knowledge(4%).

In general, it was concluded that most high school students did not hold efficient understanding on the nature of science. It can be said that no adequate and consistent instruction took place to provide students with an authentic view of the nature of science.