

# 중등 학교 학생들의 과학의 본성 개념을 측정하기 위한 도구 개발

소원주 · 김범기 · 우종옥  
(한국교원대학교)

## Development of an Instrument to Assess Secondary School Students' Conceptions of the Nature of Science

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

### ABSTRACT

The purpose of this study was to develop, field test an instrument to assess secondary school students' conceptions of the nature of science. The instrument named *Philosophical Perspectives Probe*(PPP) is a pool of 24 multiple-choice items that address a wide range of philosophical topics of science. The statements and the choices of this instrument were derived from an analysis of various philosophical positions. The main philosophical systems of the instrument are inductivism, falsificationism, and relativism, respectively. Major distinctions depend on the issues of the criteria of demarcation, patterns of scientific change, epistemological status of scientific knowledge, and the scientific methods. The researchers also offer teachers a new way of assessing and interpreting their students' conceptions on a wide variety of topics related to the nature of science.

**Key words** : nature of science, philosophy of science, instrument.

### I. 서론

과학교육과정의 운영은 국가에 따라 다소 다르지만, 그 속에 포함된 과학의 주제나 개념에 대해서는 현저한 차이가 없다. 각국의 교육과정에 포함될 내용은 과학의 극히 일반적인 사실과 원리로 한정되기 때문이다. 이는 과학이 여타 학문 분야에 비해서 매우 급속하게 팽창하는 영역이지만, 학교 과학은 전체 과학적 과업의 중요한 골격과 핵심만이 선별되어 제시된다는 것을 보여 준다. 여기서 간과해서는 안되는 것은 학생들에게 과학의 내

용을 전달하는 것 못지않게 올바른 과학의 관점을 심어 주어야 한다는 것이다. 그러나 과학교육과정이나 과학 교육학자가 제시하는 과학관은 매우 다양하다.

과학교육과정 총론에서 가장 중요시되는 목표중의 하나가 학생들의 올바른 과학관의 함양이다. 이 목표를 달성하기 위해서 교사들은 과학의 모습을 바르게 제시해 주어야 하고, 학생들이 전체 과학 활동을 바르게 이해해야 한다. 과학의 본성에 관한 목표는 일찌기 1920년대부터 과학교육에서 제창되었다고 한다(Lederman, 1992). "과학의 본성"은 많은 측면에서 정의되지만, 보편

\*1998년 4월 17일 받음

적으로는 과학적 지식 생산에 내재한 가치와 가정을 의미한다(Lederman et al., 1987). 예를 들면, 과학적 지식이 개인의 신념과 관계하는지, 또는 인간과는 관계없이 객관적으로 존재하는 것인지는 사람마다 입장을 달리한다. 과학의 방법에는 많은 증거를 바탕으로 신중하게 결론을 내리는 귀납적 방법이 있으며, 대담하게 가설을 세운 다음 그 가설에 대해 연역적으로 결과를 추론하는 방법도 있으며, 또는 특정 과학의 방법에 구애 받지 않을 수도 있다.

본 연구의 목적은 이러한 중등 학생들의 다양한 과학의 본성에 관한 개념을 측정할 수 있는 도구의 개발에 있다. 이를 위해 과학교육 연구에서 사용되었던 도구들을 분석하고, 기존의 도구들이 학생들의 과학의 본성 개념을 올바르게 추적할 수 없었던 근본적인 문제점을 제기하였다. 또한 현대 과학철학에는 대립하는 세가지 입장이 서로 정립해 있음을 밝히고, 이러한 입장을 구분할 기준에 기초하여 새로운 측정 도구를 개발하였다. 이 도구는 기존의 전통적인 도구들과는 체제나 내용, 기본적 가치가 다르다. 본 연구에서 개발된 도구에 의해 학생들의 과학의 본성 개념이 어떠한 과학철학적 주장에 근접한가를 알게 된다면, 현 과학교육의 문제점을 더 한층 깊게 진단할 수 있을 것이며, 궁극적으로 과학교육계에서 올바른 과학관에 대한 공감대를 형성하게 될 것이다.

## II. 이론적 배경

여기서는 과학의 본성 개념을 조사하는 과거 측정 도구들을 검토하고, 그 도구들이 일관된 과학철학적 근거가 결여되었음을 보여 줄 것이다. 또한 현재의 과학철학계의 주류가 크게 세가지 입장으로 나누어져 있으며, 과학을 묘사하는 데 어떠한 차이가 있는지를 개관한다.

### 1. 과학의 본성 개념 측정 도구의 문제점

지난 수십년에 걸쳐서 과학의 본성 개념을 측정하는 표준화된 여러 도구가 사용되어 왔다. 그러나 이 도구들은 그 체제가 어떠한 대체로 설문에 대해서 연구자가 설정한 개념적 틀에 맞으면 정답이고, 그렇지 않으면 오답으로 처리하여 점수를 부여한다. 이렇게 얻어진 점수는 정량적으로 집단간, 또는 사전 사후 검사간, 또는 표본과 전집 사이에 통계적으로 유의한 차가 있는지를 결정하게 된다. 그러나 여기서 문제가 되는 것은, 연구자들이 설정한 개념적 틀이 과연 올바른 과학의 본성을 나

타내느냐 하는 것이다. 이는 일찌기 Lucas(1975)가 처음 제기하였던 문제이고, 오늘날에 와서도 Alters(1997)는 여전히 과학교육학자들이 제시한 과학의 본성에 대해서 의문을 제기하고 있다.

과학의 본성에 관련한 정량적 연구들은 Table 1에 제시된 도구들에 의해서 진행되어 왔다. 여기서 볼 수 있는 것과 같이 이 도구들은 대체로 과학의 본성 개념만을 다루지 않고, 과학적 개념이나 탐구 능력, 과학적 태도 등의 구인을 함께 다루고 있다는 것을 알 수 있다. 또한 이들 중 대부분은 1980년대 이전 '과학의 본성 개념'이 '과학적 태도'나 '과학에 대한 태도' 등의 구인들과 혼동되어 취급되었던 시절에 제작된 것들이다.

한편 이 도구들은 과학철학자가 아니라 과학교육학자에 의해 묘사된 여러 과학관을 나타내고 있다. 그러나 진작 과학철학자의 관점도 하나로 합의된 바가 없다. 그들의 관점이 얼마나 다양한가는 Lakatos(1970)의 다음의 일절에서 엿볼 수 있다. "과학의 성장은 Hume에 의하면 귀납-비합리적이며, Carnap에 의하면 귀납-합리적이며, Popper에 의하면 비귀납-합리적이다. 여기에 더해 Kuhn에 의하면 비귀납-비합리적이다." 동일한 맥락에서 20여년 전에 Lucas(1975)는 다음과 같이 말하였다. "과학의 본성 도구 개발자들은 서로 대립하는 여러 과학의 본성 모델이 존재함을 인식해야 하며, 또한 그 도구들의 철학적인 기본 가정들을 정확하게 기술해야 한다".

최근에는 정성적인 연구 방법도 널리 쓰이게 되었지만, 이러한 연구 역시 과학의 본성을 뒷받침하는 철학적인 기본 가정을 정확히 제시하지 않고 있다. 예를 들면, 대부분의 연구에서 단순히 "본 연구의 피험자들은 과학의 본성에 대해서 잘 모르고 있다"와 같이 결론을 내리고 있지만, 어떤 과학철학적 기준에 비추어 그렇다는 것인지는 알 수 없다. 여기서는 연구자들이 제시하는 과학의 본성 개념의 일부를 살펴 보았다.

- (1) 객관적인 외부 세계가 관찰자와 관계없이 존재한다.
- (2) 논리실증주의와 같은 존재론적 관점은 순진하다.

위의 인용문에서 (1)은 Gidding(1982)이 제시한 것 중의 하나이며, (2)는 Aikenhead 등(1992)이 제시한 과학의 본성에 대한 기본 원리 중의 하나이다. 과학적 지식의 인식론적 지위라는 입장에서 (1)과 (2)의 진술은 정반대의 입장을 나타낸다. 즉, (1)은 귀납주의와 반증주의의 실재론적 입장이며, (2)는 그것을 부정하는 상대주의의 인식론의 입장이다. Gidding의 연구에서는 (1)의 설문

**Table 1** An approximate qualitative comparison among instruments

	Author(s)	Year	Type	Subscale
				content · process · nature of · sci. -soc. · attitude
TOUS <sup>1</sup>	Cooley <i>et al.</i>	1961	MC <sup>9</sup>	=====
NOSS <sup>2</sup>	Kimball	1967	Likert	=====
TSAS <sup>3</sup>	Korth	1968	Likert	=====
SPI <sup>4</sup>	Welch <i>et al.</i>	1969	MC	=====
WISP <sup>5</sup>	SLC <sup>8</sup>	1969	Likert	=====
NSKS <sup>6</sup>	Rubba <i>et al.</i>	1976	Likert	=====
	Koulaidis <i>et al.</i>	1988	T-F <sup>10</sup>	=====
VOSTS <sup>7</sup>	Aikenhead <i>et al.</i>	1992	MC	=====

1. *Test on Understanding Science*, 2. *Nature of Science Scale*, 3. *Test on the Social Aspects of Science*, 4. *Science Process Inventory*, 5. *Wisconsin Inventory of Science Processes*, 6. *Nature of Scientific Knowledge Scale*, 7. *Views on Science Technology Society*, 8. Scientific Literacy Center, 9. Multiple Choice 10. True-False.

에 대해 긍정적인 응답이 높은 점수를 얻게 되겠지만, 반대로 동일한 피험자가 VOSTS에 응답할 경우 선개념을 가진 것으로 처리될 것이다. 또 다른 예를 들어보자.

- (1) 과학은 개방성의 특성이 있어서, 과학자는 증거에 의해 기꺼이 의견을 바꾼다.
- (2) 과학자는 자신의 지식이 거짓으로 밝혀지면 보통 저항을 한다.

위의 인용문에서 (1)은 Gidding(1982)의 기본 원리 중의 하나이고, (2)는 Cleminson(1990)의 것이다. (1)은 전형적인 Merton 사회학의 진술이며, 그 이면에는 반증의 당위성을 강조하는 반증주의 사상이 숨어 있다. 반면에 (2)는 지동설이나 대륙이동설이 등장했을 때 기존 과학자 집단의 저항을 예시했던 Ziman 사회학과 상대주의 과학철학의 주장이다. 이 역시 연구자들이 어떤 원리에 따르느냐에 따라 피험자들의 점수는 달라지고, 그 해석 또한 제각각이다.

그러나 더 큰 문제점은 도구 개발자들이 일관된 하나의 과학철학을 채택하는 것이 아니라, 주제에 따라 임의로 서로 다른 과학철학을 넘나들고 있다는 점이다. 이러한 문제점은 본 연구자들의 견지에 따르면 도구의 내용적 일관성(신뢰도)이라는 측면에서 심각한 결함을 내재한다. Lederman(1992)이 지적한 바와 같이, 과학의 본성 연구가 일관된 연구 결과를 제시하지 못하는 것은 바로 이러한 이유에 상당 부분 기인하는 것이다.

2. 세 가지 과학철학의 정립

과학의 어느 측면을 강조하느냐에 따라서 과학에 대한 관점은 달라진다. 과학은 첫째, 탐구의 결과(즉, 내용)를 강조할 수도 있고, 둘째, 탐구의 과정적 측면을 강조할 수 있으며, 그리고 셋째, 사회적 맥락을 강조할 수 있는데, 이들 각각은 그 이면의 과학철학과 깊은 관련이 있다. 첫번째의 내용지향적인 과학은 귀납주의적인 접근과 일맥상통하며, 두번째의 탐구의 과정적 측면은 반증주의가 강조하고 있으며, 과학의 사회적 맥락의 이미지는 STS적이고, 상대주의적인 접근이다.

과학철학은 일찌기 귀납주의 일변도의 시대에서, 가설-연역법(반증주의)이라는 개선을 거쳐, 상대주의가 대두하면서 오늘날 세가지 과학철학이 정립하고 있다. 오늘날 과학철학계를 평면상에 표현한다면 Loving(1991)이 했던 바와 같이 '과학적 이론의 프로필'로 나타낼 수 있다(Fig. 1). 그녀는 과학철학자들이 이론을 바라보는 견해의 다양성을, 과학적 이론의 프로필에 나타내었다. 여기에 두가지 기준이 있는데, (1) 이론의 판단은 합리적이거나, 또는 자연적이거나에 관한 것이고(그녀는 비합리적이라는 용어를 쓰지 않았다. 즉, 이론은 심리학적·역사학적·사회학적으로 판단한다는 뜻이다), (2) 지배적 이론이 실체를 나타내느냐, 또는 단순히 작동을 잘 하는 모델에 불과하느냐에 관한 문제이다.

x축은 이론을 판단하는 방법(합리적/자연적)을 나타내고, y축은 과학적 이론이 진리 또는 모델(실재적/비실재적)인가를 나타내었다. 그녀에 의하면 우선 제Ⅰ사분면(자연적·실재적)에 해당하는 유망한 과학철학자는 없다고 한다. 다음으로 제Ⅲ사분면(합리적·비실재적)에는 소위 도구주의 인식론자들이 속한다. 즉, 이론

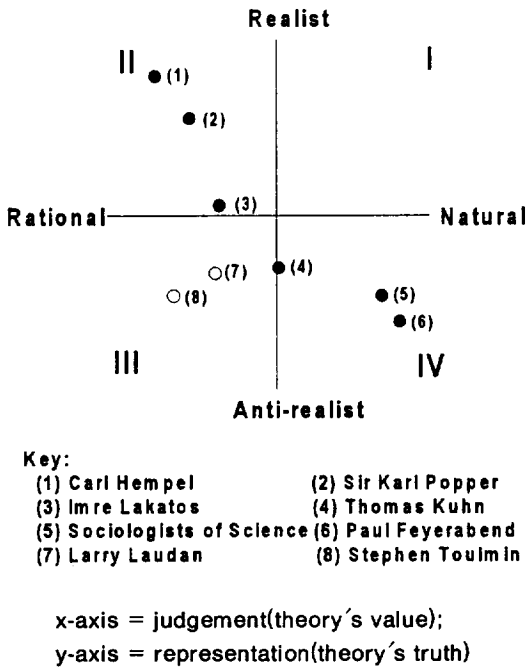


Fig. 1 The scientific theory profile

은 실체를 나타내지 않는 도구에 불과하지만, 이론의 평가는 합리적이어야 한다는 입장이다. 본 연구에서는 이 인식론적 입장을 배제하였다. 도구주의에 관해서는 뒤에서 다시 논할 것이다.

제Ⅱ사분면(합리적·실재적)에는 Hempel(1966)과 Popper(1968), Lakatos(1970)가 속한다. Hempel은 '세련된 귀납주의자'이며, Carnap(1962)과 함께 논리 실증주의에 많은 수정을 가하고 발전시켰던 인물이다. 즉, Hempel은 이론의 논리적 구조와 논리적 확증(확률론), 그리고 보조 가설의 가치에 관심을 가지고 세련된 귀납주의를 심화시켰다. 그는 이론의 논리적 측면과 경험적 측면 사이에 명백한 차이가 있다는 실증주의적인 견해는 이미 오래전 버린 바 있지만, '소박한 귀납주의'와 함께 가장 전통적인 과학의 관점으로써 오늘날에도 상당한 영향력을 주고 있다.

Popper는 인식론적인 입장에서는 종래의 귀납주의와 결별했지만, 과학적 이론이 성립·전개하고 새로운 이론으로 바뀌는 과정에 항상 일관해서 작용하는 합리적인 논리가 존재한다고 하였다. 그리고 그 논리의 기본을 지탱하는 개념으로써 '반증가능성'을 들었다. 이

것은 소박한 귀납주의를 기각함과 동시에 과학과 의사과학과의 구획을 하기 위한 대응이었다. 그리하여 반증가능성을宿命적으로 가지는 과학적 이론은 그 반증을 통하여 언제나 더 높은 '진리 접근도'를 가지는 이론으로 개량해 간다는 것이다. 여기서 Carnap의 주장과는 달리 이론에 대해 경험적 입증(또는 확증)을 할 수 없으며, 또한 진리라고 부를 수 있는 것을 과학자가 포착하였다고 주장할 수 없다는 인식이 전제하고 있다. 그러나 과학의 역사적 전개는 반증이라는 조작을 통해서 항상 진리에 가까워진다고 생각하였다.

그러나 과학사적인 분석이 진행되면 될수록 한편으로는 Popper의 반증주의에 수정이 요란하다는 것이 밝혀지기 시작했다. 거기서 Lakatos는 반증주의를 대폭 수정한 '세련된 반증주의'로써 이러한 타협점을 찾으려고 하였다. Lakatos는 Popper의 '구획'의 문체 의식을 계승하여 합리적 진보의 사상도 근본적으로 수용하고 있다. 단지 거기에 한 가지의 유보 사항이 있어서 과학적 이론 전개의 역사는 결국 현시점에서 조망하여 과거의 '합리적 재구성'일 뿐이라는 점을 인정하였던 것이다.

제Ⅳ사분면(자연적·비실재적)에는 본 연구에서 상대주의라고 지칭한 "포스트모던" 과학철학/사회학자들이 속한다. 그들은 이론의 판단에는 사회적인 요소가 개입한다는 Kuhn(1970)의 입장을 지지한다. 그의 과학관은 과학의 합리적이고 누적적인 역사관에 대한 비판이었다. 1960년대 초기의 그의 일련의 작업은 경험적인 '사실'이 이론을 반증할 수 있는가라는 의문의 분출이었다. Hanson(1958)의 '관찰의 이론의존성'이나 Feyerabend(1975)의 '사실과 의미의 이론의존성'은 일반적으로 경험적 사실이 이론 체계에서 완전히 독립한 것이 아니라, 어떤 '사실'이 어떤 이론을 반증할 수 있다고 한다면, 그 반증은 그 '사실'이 가진 위력이 아니라 그 '사실'의 배후의 또 다른 이론의 힘에 의해서 수행된다는 공감대가 형성되어 있었던 것이다. 이것이 '이론을 무너뜨리는 것은 사실이 아니라 이론이다'라는 주장이다.

Kuhn이 상대주의에 속하는가는 다소 논란이 있을 수 있다. Kuhn은 스스로 상대주의라는 레테르를 거부하고 있다. Kuhn의 작업을 논하기 위한 심포지엄(Lakatos et al., 1970)에서 Popper는 Kuhn을 상대주의자라고 비난하였지만, Kuhn은 Popper와 대립하면서도 과학의 진보라는 점에서는 애매한 일치점을 전면에 부각시켰다. 하지만 본 연구에서는 의도보다 결과가 중요하다고 보았다. Chalmers(1982), 조희형 등(1994)도 Kuhn을 상대주의자로 보았으며, Laudan(1990)에 의하면 Ku-

hn의 저작은 틀림없는 상대주의적 함의를 지니고 있고, Kuhn의 테마들을 상대주의 전통에서 무시한다면 현대 상대주의 과학철학에 대해서 논하기가 불가능할 것이라고 하였다.

이상의 '과학적 이론의 프로필'에서 귀납주의(Hempel 및 Carnap), 반증주의(Popper와 Lakatos), 그리고 상대주의(Kuhn과 Feyerabend) 과학철학이 선형적 관계에 있으며, 서로 정립하고 있다는 것을 살펴 보았다. 이러한 구분은 다른 문헌(Chalmers, 1982; Laudan, 1990)에서도 동일한 맥락으로 수용되고 있다. 이들 현대과학철학의 특징을 본 연구의 4가지 하위요소별로 나누어 비교하면 Table 2와 같다.

### Ⅲ. 도구 개발 과정 및 내용

본 연구의 측정 도구는 선행 도구들의 검토와 과학철학적 관점을 구분하는 준거 설정, 그리고 하위 주제 선정, 선택지의 진술 선택과 구성, 수정 및 예비 투입 등의 과정을 거쳐 개발되었다. 여기서는 4단계로 나누어 도구 개발 과정을 서술하였다.

#### 1. 과학철학적 관점 구분의 준거 설정

본 연구에서 개발된 측정도구는 여러 가지 과학철학적 입장의 분석을 통해서 만들어졌다. 분석의 주된 대상은 귀납주의, 반증주의, 그리고 상대주의 과학철학이다. 이를 구분하기 위한 준거(하위 요소)는 (1) 과학의 구획 기준, (2) 과학의 변화 양상, (3) 과학적 지식의 인식론적 지위, 그리고 (4) 과학적 방법이다(Fig. 2). 이 준거는 Koulaidis 등(1988)이 채용했던 것을 원용한 것이다. 이들 하위 요소 속에 다시 6개씩의 하위 주제를 세분하여

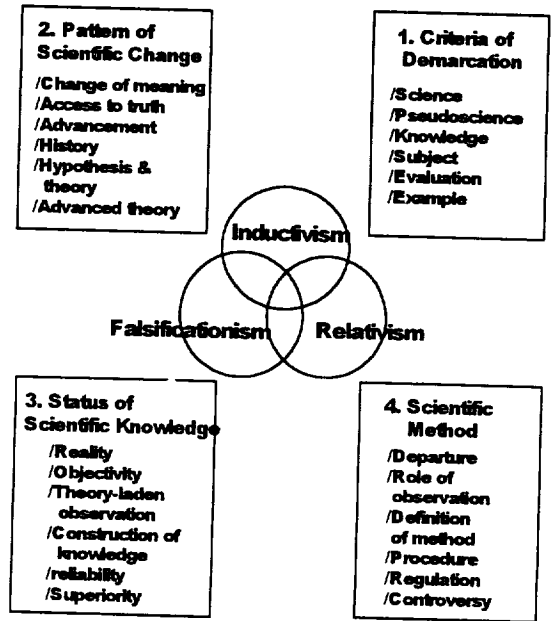


Fig. 2 Philosophy of science and main themes of analysis

분석의 기준으로 하였다.

(1) 과학의 구획 기준 속에는 과학/비과학의 구획, 과학적 지식의 구획, 과학의 대상, 이론의 평가, 비과학의 예 등의 하위 주제가 포함되었으며, (2) 과학의 변화 양상에서는 관찰의 의미 변화, 진리에의 접근, 과학의 성장, 과학의 역사, 가설과 이론, 진보된 이론 등의 하위 주제가 포함되었다. 그리고 (3) 과학적 지식의 인식론적 지위에서는 진리의 실제, 과학적 지식의 객관성,

Table 2 The comparisons of the main philosophy of science

Themes		Positions		
		Inductivism	Falsificationism	Relativism
1	Criteria of demarcation	verifiability confirmability	falsifiability	paradigm
2	Patterns of scientific change	accumulation	evolution	revolution
3	Status of scientific knowledge	truth	verisimilitude	social construction
4	Scientific methods	inductive	hypothetico deductive	against methods

신뢰성, 우월성, 관찰의 이론의존성, 과학적 지식의 구성 등이 포함되었다. 마지막으로 (4) 과학적 방법에서는 과학의 출발, 관찰의 역할, 과학적 방법의 정의, 과학의 절차, 방법론적 규칙, 그리고 과학적 논쟁 등의 주제를 포함하고 있다.

2. 문헌 분석과 문항 진술문 선정

분석에 사용된 문헌은 가능한 1차 문헌을 원칙으로 하였으나, 2차 문헌도 적극 활용하였다. 귀납주의는 Joergensen(1970), Brown(1977), 그리고 Rescher(1980)의 문헌을, 반증주의는 Popper(1968), Magee(1974), Lakatos(1970), 신증섭(1992), 그리고 조용현(1992)의 문헌을, 상대주의는 Kuhn(1970, 1977)과 Feyerabend(1975)의 문헌을 이용하였다. 또한 이들 입장을 해설한 조희형 등(1994), Chalmers(1982, 1990), O'Hear(1989), 그리고 Laudan(1990)의 문헌을 이용하였다.

문헌 분석에서는 공통 주제에 대한 각 과학철학의 입장을 확인하고, 주제별로 목록을 작성하였다. 목록 작성의 마지막 단계에서 기본적인 진술문과 선택지가 선정되었다. 이러한 과정은 다음과 같은 다섯 가지 원칙에 따라 진행되었다.

- (1) 공통 주제에 따라, 문헌에서 그 주제를 가장 잘 표현하는 진술문을 찾고 목록을 만든다.
- (2) 각 주제별로 과학철학적 입장을 대표하는 진술 5~6개를 선정하여 선택지군(群)을 만든다.
- (3) 선택지군에서 가장 적절한 표현의 진술을 선정하여 선택지를 구성한다.
- (4) 각 선택지는 간단한 서술로 변환시켜 하나의 개념만을 담게 한다.
- (5) 각 진술의 과학철학적 차이를 명확히 함으로써 기본 변별을 가능케 한다.

3. 내용 타당도 검토

내용 타당도 검토는 과학교육학을 전공하는 석·박사 과정의 현직 교사 검토와, 과학교육학자 검토의 2단계로 이루어졌다. 현직 교사 검토에서는 8~10명의 교사가 세미나를 통해 진술문을 읽어 가면서 수정을 하였다. 특히 하나의 진술이 하나의 개념을 대표하는지, 진술 사이에 유의한 변별적 차이가 있는지, 진술문의 어휘가 적절한지를 중점적으로 점검하였다.

현직 교사들의 검토를 통해 수차 수정된 24개 하위 주제에 대한 세 가지 입장의 총 72개의 진술에 대해서 5명

의 전문가를 통해 독립적으로 내용 타당도를 검토하였다. 이 중 2명은 대학 교수(과학철학 관련 연구자)이며, 1명은 박사학위 소지자, 2명은 박사 과정에 재학 중이며, 모두 과학교육학 연구자들이다. 각 진술에 대해서 '아주 적절하다'는 5에서 '매우 적절하지 않다'는 1까지의 5단계 척도를 이용하여 타당도를 판단하였다. 판단자간 내용 타당도 계수는 0.56에서 0.96이며 평균 0.87이었다. 대부분의 진술에서 4 이상의 평가를 받았으나, 2 이하의 평가가 2명 이상의 진술에 대해서는 신중한 교정이 이루어졌다.

4. 면담을 통한 교정 및 예비 투입

다음 단계는 평가 문항이 학생들이 이해할 수 있는 언어로 표현되었는가를 검토하였다. 1차로 실업계 고등학교 1학년생 48명에게 측정 도구에 응답을 하게 한 뒤, 이해하지 못하는 어휘나 구절에 밑줄을 긋게 한 다음 평가지와 응답지를 회수하였다. 그런 다음 밑줄을 그은 어휘나 구절에 대해서 해당 학생들과 면담을 통해서 의미가 변하지 않는 범주 내에서 다른 어휘나 구절로 바꾸거나, 그렇게 해도 이해하기 어려운 진술문에 대해서는 전체적으로 평이한 문장으로 바꾸었다. 1차 수정된 문항은 중학교 3학년 45명을 대상으로 1차와 동일한 방법으로 다시금 수정이 이루어졌다.

예를 들어, 학생들의 독해력에 문제가 있는 어휘에는 '인식', '입증', '반박', '선입관', '잠정적', '누적적' 등이 있었으며, 이러한 어휘들은 쉬운 어휘로 대체하거나 풀어서 표현하였다. 이들 대체된 표현은 해당 학생들과 다시 면담을 통해서 확인하고, 진술문의 전체적인 의미를 구술하게 함으로써, 연구자들이 의도하는 바를 학생들이 바르게 이해하고 있는지를 확인하였다.

앞의 과정에서 진술문과 선택지의 교정이 완성된 24개 문항은 두 번에 걸쳐(1998년 2월 9일, 2월 23일) 중학교 3년생(남학생, 40명)을 대상으로 예비 투입되었

Table 3 Test-retest correlation coefficients

Retest \ Test	Inductivism	Falsificationism	Relativism
Inductivism	.72**		
Falsificationism		.70**	
Relativism			.64**

(\*\* p < .01)

다. 이렇게 얻어진 자료를 이용하여 재검사 신뢰도를 구하였다(Table 3). 이는 2주간의 기간을 두고 같은 검사에서 얻은 두 점수가 얼마나 변동없이 안정성을 유지하는지를 나타내 주고 있다. 1차와 2차 투입한 결과에 대한 상관 계수는 귀납주의  $r = 0.72$ , 반증주의 0.70, 그리고 상대주의는 0.64의 값을 얻었다.

#### IV. 도구의 이용과 결과의 해석 방법

본 연구에 의해 개발된 과학철학적 관점 조사 도구를 PPP(*Philosophical Perspectives Probe*)라고 명명하였다. 본 측정 도구는 해당 선택지에 규범적인 점수를 주는 대신에 선택한 과학철학적 입장을 조합하여 삼각 다이어그램 상에 나타낼 수 있도록 하였다(Fig. 3). 각 꼭지점은 I는 귀납주의, F는 반증주의, 그리고 R은 상대주의를 나타내며, 피험자의 입장이 삼각 다이어그램의 어느 부분에 위치를 해도 세 철학적 입장의 합은 100%이다. 피험자의 입장은 다이어그램 상의 (a)에서 (d)까지 4개중 어느 영역에 표시될 수 있으며, 이는 특정 과학철학적 관점으로 범주화할 수 있다. 예를 들면, (a)는 귀납주의, (b)는 반증주의, 그리고 (c)는 상대주의로 구분할 수 있으며, (d)는 이 세가지 관점의 절충적인 입장이 될 것이다. 특히 Fig. 3의 ●이 표시된 영역은 세가지 철학적 입장이 균형을 잡고 있는 삼중점을 나타낸다.

본 연구에서 예비 투입된 중학교 3학년 남학생 40명이 2차례 측정 도구에 응답한 결과가 Fig. 4에 제시되어 있다. 1차 투입의 결과, 평균의 경우 귀납 10.93, 반증 6.

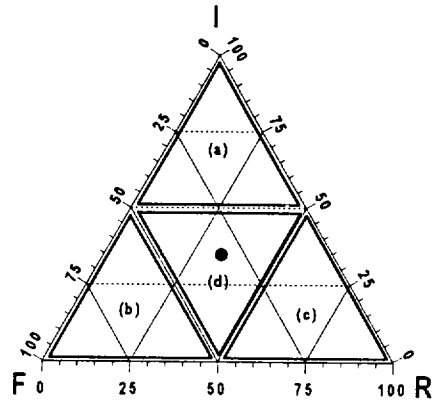


Fig. 3 The triangle diagram and the categories of philosophical position

(I, F, and R of vertex stands for Inductivism, Falsificationism, and Relativism, respectively. And ● indicates the triple junction of three perspectives.)

70, 상대 6.38(24점 만점)이었으며, 2차 투입의 결과는 귀납 11.45, 반증 6.88, 상대 5.68로써 각각에 대해 통계적으로 유의한 차가 없다.

그러나 삼각 다이어그램에 개개인의 관점을 표시하고, 이를 세분하여 분석해 보면 각 범주별로 다소간의 이동이 있었음을 알 수 있다(Table 4). 검사-재검사를 통해서 본 연구의 피험자들은 귀납이 60%, 절충적인

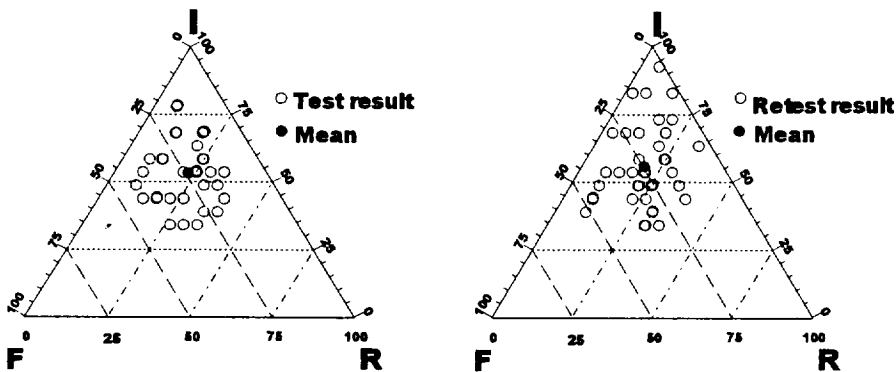


Fig. 4 The grade 9 male students' test-retest results and mean scores

**Table 4** Frequency of subjects, by subgroups, assigned to categories of the philosophical positions

Position	Triangle diagram	Subjects (freq.)	
		test	retest
Inductivism	(a)	26	22
Falsificationism	(b)	0	1
Relativism	(c)	0	0
Eclectic	(d)	14	17
Total		40	40

입장이 40% 정도 차지하고 있음을 알 수 있다. 특히 절충적인 입장도 삼각 다이어그램상에서 귀납주의 쪽으로 무게 중심이 다소 기울어져 있다. 전형적인 반증주의와 상대주의에 해당하는 학생은 검사-재검사를 통해서 한 명도 없었다. 이러한 분석은 하위 요소에 대해서도 똑 같이 수행할 수 있다. 여기서는 표나 그림으로 제시하지 않았지만, 본 연구의 피험자들은 (1) 구획의 기준에서는 귀납주의, (2) 과학의 변화 양상에서는 귀납-반증주의, (3) 과학적 지식의 인식론적 지위에서는 절충적 관점(삼중점에 거의 가깝다), 그리고 (4) 과학적 방법에서는 귀납-반증주의적인 관점이 우세하였다.

### V. 결론 및 제언

본 연구에서 개발된 측정 도구는 기존의 도구들이 가지는 문제점을 개선하고, 과학철학적 입장에 근거하여 선택지를 제작하고 구성한 것이다. 이 도구에 담겨진 과학철학적 입장은 귀납주의, 반증주의 그리고 상대주의이다. 이를 구분할 하위 요소는 (1) 구획의 기준, (2) 과학의 변화 양상, (3) 과학적 지식의 인식론적 지위, 그리고 (4) 과학적 방법의 4개이며, 각 하위 요소에는 6개씩의 하위 주제를 담고 있다. 24개의 3지선다형 문항으로써 모두 72개의 선택지를 포함하고 있다. 대학원 세미나를 통해서 어휘와 문장이 교정되었고, 복수의 전문가 패널에 의뢰하여 내용타당도를 검증하였다. 실업계 고등학생과 중학생들의 면담을 통해 철학적 어휘를 배제하고 학생들의 언어로 변환되었다. 신뢰도를 측정하기 위해 중학교 3학년을 대상으로 검사-재검사를 통해 상관 계수를 구하였다. 그 결과 귀납주의에 대해서  $r = 0.72$ , 반증주의의 0.70, 그리고 상대주의의 0.64의 값을 얻었다.

본 도구의 점수 부여 여부와 방법에 대해서는 많은

논의가 필요하다. Rubba 등(1996)은 VOSTS의 각 선택지에 임의로 규범적 점수를 부여하여 통계 처리를 한 바가 있다. VOSTS는 학생들과의 준구조화된 면담을 통해 경험적으로 만들어진 것으로써, 그 결과 필연적으로 선택지가 많고 정량적 분석에는 한계가 있다. 그러나 Rubba 등은 3개 범주의 점수의 틀을 만들어, 각 선택지에 점수를 부여하고 매개 변수 분석을 시도하였다. 그들이 정한 3개의 범주는 현실적임/일리가 있음/순진함(realistic/has merit/naive)으로, 선택지에 대해 각각 3, 2, 1점씩 부여하여 통계적으로 가설을 검증하였다. VOSTS는 상대주의의 과학철학과 현대 과학사회학에 근거한 도구이기 때문에, 그들이 정한 3개의 범주는 상대주의/반증주의 또는 절충/귀납주의의 등식이 그대로 해당된다.

구성주의나 STS 연구자의 시각에서 보면 위의 등식은 타당하다. 또한 과학철학자인 Chalmers(1982) 역시 "귀납주의와 반증주의는 단순하고 적절치 못한 과학관"이라고 단정하고, 특히 귀납주의에 대해서는 "그러한 과학관에 근거한 통속적인 과학관은 크게 잘못된 것이고 위험천만한 과오"라고 비판하고 있다. 또한 Nadeau 등(1984)은 소박한 귀납주의를 과학주의로 단정하고, 이는 순진한 실재주의, 경험 지상주의, 경솔한 실험주의, 맹목적 이상주의, 그리고 과도한 합리주의와 같은 잘못된 관점을 유포시킨다고 경고하고 있다. 그러나 현실적이지 못한 귀납주의와 반증주의의 몇몇 기본적인 가정과 방법론을 제외하면, 각각은 과학의 특성을 묘사하는데 공헌을 한 바가 많다. 특히 반증주의는 매우 중요하다. 과학에 가설을 도입하여 자연과학에서 형이상학의 역할을 회복시켰고, 과학의 탐구 과정적 측면을 부각시켜 과학 자체의 발전을 이끈 점은 크게 평가되어야 할 점이다.

그러나 단순히 '과학자는 정직하다'라는 번호를 선택한 피험자에게 높은 점수를 주고, 과학적 태도가 높다고 보고하는 머튼주의에 근거한 연구는 지양되어야 한다. 머튼주의는 귀납/반증주의와 궤를 같이 하는 과학사회학이다. '정치가는 정직하다'는 진술은 당위론이지만 시민들이 '정치가도 거짓말을 할 수 있다'는 것을 아는 것이 매우 중요하다. 이러한 맥락에서 일찍이 DNA의 나선 구조를 모델화하여 노벨 생리학·의학상을 수상했던 Watson(1968)이 "과학이라는 것이 외부에서 생각하는 것처럼 그렇게 논리적으로 똑바로만 가는 것이 아니며, 오히려 그 진보나 퇴보가 인간성이나 문화적 전통 등 극히 인간적인 사정들에 좌우되고 있다"고 한



말은 시사하는 바가 크다.

본 연구에서 제시한 각 과학철학의 입장과 정확히 일치하는 현존 과학철학자는 아마 없을 것이다. 하지만 각 진영 대표자들의 입장의 분석을 통해, 과학을 바라보는 시각에는 크게 세 가지 큰 줄기가 있다는 것을 확인하였다. 본 논문에서는 다루지 않았지만 과학철학의 일각에는 도구주의적 관점(Toulmin, 1961; Laudan, 1984; 1990)이 존재한다. 객관주의/상대주의의 대립과는 그 차원을 달리하며, 과학의 본성을 평가할 때 그것이 우리에게 가져다주는 실용적 유용성을 고려한다는 점에서 중요한 특징을 가지고 있다. 그러나 본 연구에서는 도구주의가 지류에 해당한다고 판단하고 배제하였다. 도구주의는 귀납주의나 반증주의와, 때로는 상대주의와 유사한 논의를 펼친다. 이것을 모두 고려한다면 VOSTS와 같이 선택지가 많은 도구가 되거나, Kou-laidis 등(1988)의 그들망을 이용한 마치 사다리 놀이와 같은 설문지가 되어야 할 것이다.

본 연구자들은 이 도구가 앞으로 연구자들의 비판을 통해 하위 주제가 늘어나고, 또한 도구주의적 관점이 고려된 (또는 그것을 해석할 수 있는) 발전된 형태로 진보하기를 기대하고 있다. 리커트 방식으로 응답 체계를 바꿀 수도 있을 것이다. 단지 귀납주의의 반대가 반드시 반증주의나 상대주의가 아니므로, 그 시도는 매우 신중해야 할 것으로 생각된다. 본 측정 도구는 다양한 표집의 과학관을 조사하고 비교하는 연구에 유용할 것이다. 또는 STS나 구성주의에 입각한 교육과정, 과학관의 변화를 목적으로 하는 프로그램의 효과를 검증하는 데 유의하게 사용될 수 있을 것이다. 또한 본 측정 도구의 세 가지 선택지 그 자체가 과학 수업의 주제로써 토론되고 논의될 수도 있을 것이다. 본 연구자들은 이러한 점들이 과학교육의 당면 과제로써 신중하게 고려되고 실행되기를 기대한다.

### 적 요

본 연구의 목적은 중등학생들의 과학의 본성 개념을 측정하는 도구를 개발하고 예비 투입을 하는 것이다. 이 조사 도구는 넓은 영역의 과학철학적 주제를 담은 24개의 선다형 문항으로 구성되어 있으며, 이 도구의 진술문과 선택지는 다양한 과학철학적 관점을 분석하여 만들어졌다. 이 도구 속의 주된 과학철학적 체계는 귀납주의, 반증주의, 그리고 상대주의이다. 이를 구분할 하위 주제는 구획의 기준, 과학적 변화 양상, 과학적 지식의

인식론적 지위, 그리고 과학적 방법이다. 또한 본 연구자들은 과학의 본성에 관련한 넓은 주제에 대한 학생들의 개념을 측정하고 해석하는 새로운 방법을 제안하고 있다.

### 참 고 문 헌

신중섭(1992). 포퍼와 현대의 과학철학, 서광사.  
 조용현(1992). 칼 포퍼의 과학철학, 서광사.  
 조희형·박승재(1994). 과학론과 과학교육, 교육과학사.  
 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.  
 Alters, B. J. (1997). Whose nature of science, *Journal of Research in Science Teaching*, 34(1), 39-55.  
 Brown, H. (1977). *Perception, theory and commitment: The new philosophy of science*, The Univ. of Chicago Press.  
 Carnap, R. (1962). *Logical foundations of probability*, Chicago: Univ. of Chicago Press.  
 Chalmers, A. (1982). *What is this thing called science?: An assessment of the nature and status of science and its method*, Univ. of Queensland Press.  
 Chalmers, A. (1990). *Science and its fabrication*, Open Univ. Press.  
 Cleminson, A. (1990). Establishing an epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of science and how children learn science, *Journal of Research in Science Teaching*, 34(1), 39-55.  
 Feyerabend, P. (1975). *Against method*, London: New Left Books.  
 Gidding, J. G. (1982). *Presuppositions in school science textbooks*, Unpublished doctoral dissertation, Univ. of Iowa, Iowa City, Iowa.  
 Hanson, N. (1958). *Patterns of discovery*, Cambridge: Cambridge Univ. Press.  
 Hempel, C. (1966). *Philosophy of natural science*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.  
 Joergensen, J. (1970), *The development of logical em-*

- piricism*, Univ. of Chicago Press.
- Koulaidis, V., & Ogborn, J. (1988). Use of systemic networks in the development of a questionnaire, *International Journal of Science Education*, 10(5), 497-509.
- Kuhn, T. (1970), *The structure of scientific revolution*, Chicago: Univ. of Chicago Press.
- Kuhn, T. (1977). *The essential tension - selected studies in scientific tradition and change*, 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. (1984). *Science and values*, Univ. of California Press.
- Laudan, L. (1990). *Science and relativism: Some key controversies in the philosophy of science*, Univ. of Chicago Press.
- 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.
- Loving, C. C. (1991). The scientific theory profile: A philosophy of science model for science teachers, *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 823-838.
- Lucas, A. M. (1975). Hidden assumptions in measures of 'knowledge about science and scientists', *Science Education*, 59(4), 481-485.
- Magée, B. (1974). *Karl Popper: the world's greatest philosopher?*, Current Affairs Bulletin 50, no. 8.
- Nadeau, R., & Dessautéls, J. (1984), *Epistemology and the teaching of science*, Ottawa: Science Council of Canada.
- O'Hear, A. (1989). *An introduction to the philosophy of science*, Oxford Univ. Press.
- 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., Bradford, C. S., & Harkness, W. (1996). A new scoring procedure for the Views on Science-Technology-Society instrument, *International Journal of Science Education*, 18(4), 387-400.
- Toulmin, S. (1961). *Foresight and understanding*, Bloomington: Indiana Univ. Press.
- Watson, J. (1968). *The double helix*, New York: Atheneum.