

과학교사들의 과학의 본성에 관한 관점 조사

조정일 · 주동기
(전남대학교)

(1996년 2월 12일 받음)

I. 서론

1. 연구의 목적 및 필요성

중등 과학교육에서 과학의 본성(nature of science)에 대한 강조는 최근의 경향만은 아니다. 과학의 본성을 이해하는 것은 우리나라 제 3차 교육과정 과학과 교과목표 중의 하나이었다. 과학다운 과학 혹은 과학자가 알고 있고, 실제로 하고 있는 과학을 배우게 하자는 목표를 성취하기 위해 과학지식의 잠정성(tentativeness), 다양한 연구방법의 존재, 탐구로서의 과학 등이 강조되었다(조정일, 1990). 1980년대 이래 과학·기술·사회라는 통합적 성격의 주제가 제시되면서 과학의 본성이 다른 맥락에서 언급되고 강조되어 왔다. 그것은 과학의 본성에 대한 이해가 과학적 소양의 중요한 한 요소로 인식된 점이다.

20세기 후반의 성공적인 과학 기술 문명은 과학, 기술, 사회의 상호작용에 의한 것이기 때문에, 이 사회를 이해하고 현명하게 살아가기 위해서는 과학과 기술의 본성, 그리고 그것들과 사회와의 상호작용을 이해할 필요가 있다. 그래서 제 6차 교육과정(과학과)과 최근의 미국 과학교육 문헌들, 대표적인 것들로서 Science for All Americans(AAAS, 1994), A High School Framework for National Science Education Statement(NSTA, 1995), National Science Education Standards(NRC, 1996)는 일관적으로 과학의 본성을 강조하였다.

과학에 관한 관점 혹은 인식이 과학교육의 틀과 내용, 그리고 현장에서의 수업방법과 학습방법을 결정한다(Yager, 1995; Gosling & Musschenga, 1981). 과학을 지식의 집합체나 생물, 화학과 같은 교과목이라고 생각하는 사람에게는 과학교육의 목표는 이제까지 인간이 축적해온 과학지식을 후세대에게 잘 전달하는 것이다. 교사는 정확한 지식의 원천으로서의 권위를 가지며 학생들은 그 교사와 교과서물 통

해 과학을 배운다. 반면에 과학을 호기심을 갖고 질문을 하며 검증하는 것이라고 정의하는 사람에게 과학 교육은 학생 스스로 호기심을 갖고 질문하고 검증해 볼 기회를 갖게 하는 것이다. 교사는 지식의 원천 혹은 지식의 제공자가 아니라 학생들에게 과학을 체험할 수 있는 환경을 조성하고 학생들의 탐구물 지도하는 가이드로서의 역할을 한다. 교육과정에 제시된 교과내용들은 중개자인 과학 교사의 해석을 통해 학생에게 전달되기 때문에 과학의 본성에 대한 교사들의 관점은 그들의 수업 목표나 내용의 설정과 수업방법 채택에 직접적으로 영향을 준다.

과학의 본성에서 논의되는 주제들에는 과학적 세계관, 과학적 탐구, 과학지식의 형성, 과학과 사회와의 관계, 과학자, 인간의 추구로서의 과학 등이 있다. 그 중 어떤 요소들에 대해서는 비교적 공통된 관점이 있지만, 과학의 본성은 어디까지나 가치 체계와 연관된 주제로서 과학철학자들 사이에서도 상당히 다른 관점들이 병존해 있다(Lederman, 1986).

따라서 과학의 본성에 대한 연구는 대부분 어떤 규범(norm)이나 정립된 이론에 대해 얼마나 알고 있는나를 확인하려는데 목적이 있기보다는 극단적 주장에 대해 어떤 입장 혹은 관점을 갖고 있는지를 파악하는 데 초점을 맞춘다. 본 연구는 고등학교 과학 교사들의 과학에 대한 관점을 알아보는데 그 목적이 있다.

2. 이론적 고찰

본 연구는 주로 과학지식의 특성과 그 형성에 대한 관점을 조사하고 있기 때문에 이와 관련된 고찰을 하고자 한다.

과학법칙과 이론이 얼마만큼 자연 세계를 반영하느냐 또는 나타내느냐에 대한 입장은 사실주의(realism)와 반사실주의(anti-realism)로 구분된다(Huang, 1995; Nott & Wellington, 1993; Loving, 1991). 사실주의자들은 과학 법칙과 이론은 진리이며, 과학적 추구를 통해 우리는 사실 세계에 점점 가까이

다가갈 수 있다고 믿는다. 또한 과학 법칙과 이론은 인간과는 무관하게 외부 세계의 현상을 객관적으로 기술할 수 있으며, 과학 지식의 축적을 통해 과학이 발달한다고 믿는다. 반면, 반 사실주의자들은 과학 법칙과 이론은 진리가 아니며 자연 세계를 설명하고 예견하기 위해 인간이 만들어낸 산물이라고 본다. 과학지식은 각 시대나 문화마다 독특한 틀 안에서 수행되며, 누적적 과정을 통해 과학이 발달한다고는 생각하지 않는다. Loving(1991)은 대표적인 과학철학자 중 토마스 쿤(Thomas Kuhn)을 반사실주의로 분류하였고, 칼 포퍼(Karl Popper)와 칼 험펠(Karl Hempel)을 사실주의로 분류하였다.

사실주의의 견해는 일반적으로 전통적 관점이라고 말해 지기도 하지만 현존하는 과학철학자들 중에서도 이 그룹에 포함되는 사람들이 있다. 과학의 본성에 대한 사실주의적 관점은 과학 교사, 학생 그리고 과학 교과서가 견지하는 주요 견해이다. 그러나 사실주의의 극단적 관점들은 과학의 본성에 관한 오개념으로 취급되기도 한다(Rubba, Horner, Smith, 1981). 최근의 과학교육과정들은 과학의 본성에 대해 반사실주의 관점을 적극 반영하는 경향을 보인다.

<표 1> VOSTS 문항의 예

1. 과학은 복잡하며 많은 일들을 포함하고 있기 때문에 과학을 정의하기란 매우 어렵다. 그러나 대체적으로 과학이란: 당신의 견해는 기본적으로:

(가에서 카까지 읽고, 그 중 하나를 선택하시오)

가. 생물, 화학, 물리와 같은 분야의 연구

나. 우리 주위의 세계 (물질, 에너지, 생명)를 설명하는 원리, 법칙, 이론과 같은 일단의 지식

다. 미지의 것을 탐색하고, 우리 세계와 우주 그리고 그것들의 작동 원리에 관한 새로운 사실들을 발견하는 것.

라. 우리 주변의 세계의 관심있는 문제를 해결하기 위해 실험을 수행하는 것.

마. 인공 심장, 컴퓨터, 우주선과 같은 것들을 발명하고 고안하는 것.

바. 우리가 사는 이 세계가 보다 나은 세상이 될 수 있도록 지식을 찾고 사용하는 일. 예를 들어 질병을 치료하고 오염을 해결하고 농업을 증진시키는 것 등.

사. 새로운 지식을 발견하기 위한 생각과 기술을 갖고 있는 사람들, 즉 과학자들의 조직.

아. 누구도 과학을 정의할 수 없다.

자. 잘 모르겠다.

차. 어떤 선택을 할 만큼 이 내용에 대해 충분히 알고 있지 못하다.

카. 위 문항 중 어떤 것도 나의 기본적인 견해와 일치하지 않는다.

II. 연구방법 및 연구대상

1. 검사 도구

본 연구에서는 Aikenhead, Fleming & Ryan(1987; Aikenhead, 1987; Fleming, 1987; Ryan, 1987)이 개발한 Views on Science-Technology-Society(VOSTS)를 사용하여 교사들의 과학에 대한 관점을 조사하였다. VOSTS(Forms CDN, mc5)는 8가지 주제들, 즉 과학과 기술, 과학과 기술에 대한 사회의 영향, 과학과 기술이 사회에 미치는 영향, 과학 교과가 사회에 미치는 영향, 과학자들의 특성, 과학적 지식의 사회적 형성(social construction of scientific knowledge), 테크놀로지의 사회적 형성(social construction of technology) 그리고 과학 지식의 본성에 대한 다지선다형 아이템풀이다. 문항의 한 예가 <표 1>에 나와 있다.

이 검사도구에는 총 114문항이 들어 있다. 각 문항마다 문두는 과학에 관한 극단적인 주장으로 구성되어 있고, 답지는 그 주장에 대한 반응들로 구성되어 있다. 응답자는 그 반응들중 자기의 견해와 가장 비슷하다고 생각하는 것을 선택하게 된다. 이 문항들의 답지를 구성하는 각 반응들은 캐나다 고등학교 학생들의 지필 검사에 대한 반응 그리고 개인적 면담을 통해 경험적으로 개발되었다.

Aikenhead & Ryan(1992)는 이 검사도구와 같이 학생들의 실제 반응을 기초로 하여 개발된 검사도구의 타당도를 전통적 의미의 타당도-예를 들어 내용 타당도나 구인 타당도 -의 의미로 논외한다는 것은 부적절하다고 하였다. 경험적으로 개발된 도구들은 반응자들의 관점을 나타내 보이는 데 그 목적이 있다. 따라서 연구자의 관점이 아니라 그 반응자들의 관점에서 그 견해의 적절성이나 적합성이 결정된다. 검사도구의 신뢰도 또한 정량적 수치로 표현하는 것은 의미가 없고 정성적 자료를 처리하는 경우와 같이 그 검사도구 개발과정에서 개발자들이 얼마나 신중하게 그 도구를 개발했느냐에 따라 판단될 수 있다고 하였다. 그들은 이 점에 대해 자신들의 신중함을 보고하였다(Rubba, Schoneweg & Harkness, 1994). 또한 이 도구 개발자는 이 검사도구가 아이템풀이기 때문에 연구자의 의도에 따라 어떤 조합의 문항들을 만들어 사용하여도 연구의 효과나 신뢰도에 문제가 없음을 지적하였다(Aikenhead, 1987).

본 연구의 목적은 과학의 본성에 대한 교사들의 이해 및 관점을 조사하는 것이기 때문에 그 주제와 관련이 있다고 판단된 13문항을 선택하여 사용하였다. <표 2>는 그 13문항들의 문두만을 적어 놓은 것이다. 13문항중 9문항이 과학 지식의 특성과 형성과정에 관한 것이며, 나머지 4문항은 과학의 본성 1문항, 과학자의 특성 2문항, 과학적 방법 1문항

으로 구성되었다.

<표 2> 본 연구에 사용된 13문항의 문두들

1. 과학은 복잡하며 많은 일들을 포함하고 있기 때문에 과학을 정의하기란 매우 어렵다. 그러나 대체적으로 과학이란:
2. 어떤 문화들은 자연과 인간에 대한 특별한 관점을 반영하고 있다. 과학자와 과학적 연구는 그 일이 수행되는 곳의 문화의 종교적 혹은 윤리적 관점에 의해 영향을 받는다.
3. 아주 뛰어난 과학자들은 항상 그들의 일에 매우 개방적이고, 논리적이며, 편견이 없고 객관적이다. 이런 개인적인 성품들이 가장 좋은 과학을 하기 위해 요구된다.
4. 새로운 과학 이론이 제안될 때 과학자들은 그것을 수용할 것인지 말 것인지를 결정해야 한다. 과학자들은 상호 의견의 일치를 통해 이 결정을 내린다. 즉, 그 이론을 지지하는 사람들은 대부분의 다른 과학자들을 설득하여 그 이론을 믿게 해야 한다.
5. 여러 가지 과학 모델들, 예를 들어 열, 중성자, DNA, 혹은 원자 모델은 실제의 모습과 똑 같은 것이다.
6. 과학자들이 어떤 것을 분류할 때, 예를 들어 그 중에 따라 식물을 분류하거나, 한 원소를 주기율표에 따라 분류하거나, 에너지를 그 원인에 따라 분류하거나, 별을 그 크기에 따라 분류할 때 과학자들은 자연의 있는 그대로의 방식에 따라 자연을 분류하고 있는 것이며, 그 이외에 어떤 다른 분류의 방법은 잘못된 것이다.
7. 과학적 연구가 적절하게 이루어질 때조차도 그 연구를 통해 과학자들이 발견한 지식은 미래에 변할 수 있다.
8. 과학적 가설은 이론으로 발전하고, 그 이론이 매우 좋으면 마침내 과학적 법칙이 된다.
9. 좋은 과학적 이론은 관찰을 잘 설명한다. 뿐만 아니라 좋은 이론은 복잡하기보다는 간단하다.
10. 과학자들이 연구할 때 그들은 과학적 방법에 의해 연구한다고 말해 진다. 과학적 방법이란:
11. 금광의 갱부는 금을 "발견"하지만 예술가는 조각품을 "창작" (혹은 발명)한다고 할 때, 어떤 사람들은 과학자들이 과학적 법칙을 "발견"한다고 하고, 다른 사람들은 과학자들이 과학적 법칙을 "발명"한다고 한다. 당신의 견해는 어떤 것인가?
12. 금광의 갱부는 금을 "발견"하지만 예술가는 조각품을 "창작" (혹은 발명)한다고 할 때, 어떤 사람들은 과학자들이 과학적 가설을 "발견"한다고 하고, 다른 사람들은 과학자들이 과학적 가설을 "발명"한다고 한다. 당신의 견해는 어떤 것인가?
13. 금광의 갱부는 금을 "발견"하지만 예술가는 조각품을 "창작" (혹은 발명)한다고 할 때, 어떤 사람들은 과학자들이 과학적 이론을 "발견"한다고 하고, 다른 사람들은 과학자들이 과학적 이론을 "발명"한다고 한다. 당신의 견해는 어떤 것인가?

2. 연구대상

연구대상은 1995년도 하반기에 미국 아이오와대 과학교

육센타의 과학교육연수에 참가한 27명의 한국 고등학교 과학교사들이었다. 전국의 각 지역별로 비슷한 비율로 참석하였으며 나이별 분포는 31-35세 6명, 36-40세 9명, 41-45세 7명, 46-50세 3명, 51세 이상 2명으로 상당한 경력을 가진 교사들로 구성되었다. 전공 영역별 분포는 물리 12명, 화학 15명이었다.

3. 검사결과분석

이 검사도구는 반응자들이 어떤 관점을 갖고 있는지를 조사하는데 사용되었기 때문에, 각 반응을 어떤 특정한 기준에 비추어 '옳다', '그르다'로 분류하지 않았다. 각 반응은 그 문두의 주장에 대한 응답자들의 관점을 나타내기 때문에 설문 결과를 그대로 기술하는 것으로 충분하였다. 이 검사도구를 사용한 연구들의 결과분석방법을 살펴 보면, 먼저 그 도구를 개발한 사람들은 학생들의 반응을 단순히 기술하는 방법을 사용하였다(Aikenhead, 1987; Fleming, 1987; Ryan, 1987). 좀 더 조직화된 분석방법으로 Zoller 등(1991)은 이 도구를 사용하여 얻은 결과들을 분석하는 과정에서 각 문항에 대한 반응들을 같은 혹은 비슷한 관점으로 분류될 수 있는 것들을 모아 각 문항의 반응들을 세 그룹으로 분류하였다.

한편, Rubba, Schoneweg, Harkness(1994)는 각 문항의 반응들을 세 유형으로 분류한 뒤, 1, 2, 3점으로 점수화하여 정량적인 추론적 통계분석에 사용하였다. 그들은 반응들을 분류하는데 있어 일관성과 타당성을 부여하기 위해 5명의 전문가들로 하여금 각 반응들을 세 유형, 즉 "사실적"(realistic), "장점을 지닌"(has merit), "소박한"(naive) 중의 하나로 분류하도록 하고, 그들의 의견을 종합하여 최종적으로 각 반응을 그 중 한 유형으로 분류하였다. 각 유형이 의미하는 바는 아래와 같았다.

"사실적"으로 분류되는 반응들은 적절한 견해라고 인정되는 반응들이다.

"장점을 지닌"으로 분류되는 반응들은 적절한 견해는 아니지만 사람에게 따라 수용할 만한 여지를 지닌 반응들이다.

"소박한"으로 분류되는 반응들은 부적절한 견해라고 여겨지는 반응들이다. 여기에서 사실적 반응은 3점, 장점을 지닌 반응은 2점, 소박한 반응은 1점으로 응답자들의 반응을 점수화하였다.

본 연구는 추론적 통계 분석에 의한 가설 검증이 아니라 교사들의 관점을 알아보고자 하는데 목적이 있기 때문에 위와 같이 점수화할 필요는 없었다. 그래서 각 반응에 대한 응답자들의 선택 비율을 보이고 교사들의 주요 관점들을 그대로 기술하고 이에 대해 논의하였다.

III. 결과 및 논의

1. 과학의 정의

응답자 중 67%가 과학이 무엇이라는 질문에 대해 “미지의 세계를 탐색하고 우리 세계와 우주 그리고 그것들의 작동 원리에 관한 새로운 사실들을 발견하는 것”이라는 반응을 선택했고, 7%가 “우리 주변의 세계의 관심있는 문제들을 해결하기 위해 실험을 수행하는 것”이라는 반응을 선택했다. 22%는 “우리가 사는 이 세계가 보다 나은 세상이 될 수 있도록 지식을 찾고 사용하는 일. 예를 들어 질병을 치료하고 오염을 해결하고 농업을 증진시키는 것 등.”이라는 반응을 선택하였다. 이 반응은 인간의 목적에 맞게 세계를 조작하고 변형한다는 점에서 과학보다는 테크놀로지의 정의에 더 가깝다.

Science for All Americans(AAAS, 1994)는 과학, 수학, 그리고 테크놀로지의 과학적 부분이라고 할 수 있는 공학과의 차이를 다음과 같이 설명하였다.

과학자는 세계를 이해가능하게 하기 위해 자연 현상 속에서 규칙을 찾고, 공학자는 세계를 조작가능하게 하기 위해 그 규칙을 또한 찾는다. 과학자는 과학 이론이 수집한 자료에 들어 맞는다는 것을 보려고 하고, 수학자는 추상적 관계들을 논리적으로 증명하려고 한다. 공학자는 자신들의 설계 혹은 고안이 실제 세계에서 작동한다는 것을 보이고자 한다(p.27).

2. 과학 연구와 종교, 윤리적 관점과의 상호 작용

일반적으로 과학자나 과학적 연구가 여러 사회, 문화 요인들에 의해 영향받음을 지적해 왔다. Science for All Americans(AAAS, 1994)는 이에 대해 다음과 같이 진술하였다.

사회적 활동으로서 과학은 필연적으로 사회의 가치와 관점을 반영한다.(p.8)

응답자중 67%가 과학자들이나 그의 연구가 그 일이 수행되는 곳의 문화의 영향을 받는다는 견해를 선택했다. 그 견해를 반영하는 반응들에는 “과학자들이 무의식적으로 그들의 문화의 관점을 지지하는 연구를 선택하곤 하기 때문에”(15%)와 “대부분의 과학자들은 그들의 정신적 배경 혹은 신념에 반하는 연구를 하려고 하지 않기 때문에”(15%) 등이 있다.

33%의 교사들은 영향을 받지 않는다는 견해를 선택했다. 이 견해를 지지한 사람들중 다수가 “문화적 혹은 윤리적 견해에 무관하게 과학자들은 과학과 과학자들에게 중요한 주제들을 연구할 것이기 때문에”(22%)라는 반응을 선택했다. 과학자나 과학적 연구가 문화나 윤리적 견해에 무관하

다는 관점은 사실과 다른 것으로, 과학-기술-사회를 가르치는데 부적절한 견해라고 할 수 있다.

3. 과학자의 성품

아주 뛰어난 과학자들은 평범한 과학자들보다 더 바람직한 성품을 갖는가? 뛰어난 과학자나 평범한 과학자가 유사한 성품을 가진다는 것이 일반적으로 인정되는 관점이다.

59%의 교사들은 아주 뛰어난 과학자들일지라도 반드시 개방적이고 논리적이며 편견이 없고 객관적인 성품을 갖고 있지는 않다고 응답했다. 26%의 교사들은 아주 뛰어난 과학자들에게는 좋은 성품 이외에 상상력, 지적 능력, 그리고 정직과 같은 다른 개인적인 특성들이 발견된다는 반응을 선택하였다.

4. 과학지식-예, 모형과 분류체계-과 실제 세계와의 일치성

과학적 모형이 그것이 나타내고자 하는 실제 세계와 그대로 일치하는가라는 물음에 대해, 똑 같이 일치한다고 응답한 교사는 한 명도 없었다. 26%의 교사가 “그것들(모형들)은 제한된 범위 내에서 학습과 설명을 위한 도구에 불과하다”라는 반응을 선택하였다. 이 반응은 과학적 모형을 하나의 지적 도구로서 해석하는 관점이다.

30%의 교사는 “과학적 모형들은 감각적으로 볼 수 없는 것들에 대한 하나의 아이디어이거나 지식에 기초한 추측임에 틀림없기 때문에”라는 반응을 선택하였다. 이 반응 역시 과학적 모형이 실제 세계와 동일하지 않음을 반영한다.

또 다른 30%의 교사는 “과학지식이 그렇듯이 그것들(모형들)은 시간과 우리의 지식의 상태에 따라 변하기 때문이다”라는 반응을 선택하였다. 이 반응은 과학적 모형이 실제 모습 혹은 기능과 다른 이유를 모형 그 자체의 속성보다는 과학지식의 일반적 속성에서 찾았다.

나머지 15%의 교사는 “과학적 모델은 실제의 모습과 아주 유사하다. 왜냐하면 그것들은 과학적 관찰과 연구에 기초하고 있기 때문이다”라는 반응을 선택하여 모형이 실제의 모습과 꼭 같지는 않으나 아주 유사하다는 반응을 선택했다.

과학적 모형의 경우와 같이, 과학지식과 자연 세계와의 일치성을 묻는 문항으로서 “식물이나 원소의 분류 방법이 자연 세계에 나타난 방식을 그대로 나타낸 유일한 방법이다”라는 진술 아래 여러 반응들이 주어졌다. 응답자 중 한 명도 분류방법이 자연의 있는 그대로와 일치한다는 입장을 선택하지 않았다. 50%가 그 일치하는 않는 이유를 과학지식의 일반적 속성인 잠정성 혹은 변화가능성을 지적하였고, 11%가 “자연을 분류하는 방법에는 여러 가지가 있다. 그러

나 한 보편적인 체계에 대한 동의는 과학자들의 연구에 혼란을 방지해 준다"라는 반응을 선택하였다. 이 반응은 과학의 편의적 혹은 실용적 속성- 즉 혼란을 방지-을 반영한다. 이 반응의 낮은 선택률은 교사들이 과학의 실용적, 편의적 속성보다는 과학의 학문적 특성에 더 익숙해 있음을 시사해 주었다.

과학적 모형은 과학적 현상, 이론, 경험적 법칙, 생물체나 생물체의 일부분의 묘사나 이해를 돕기 위해 보통 시각적으로, 때로는 수학적으로 표현한 것을 의미한다(NSTA, 1995). 과학적 모형의 예로는 세포막의 구조와 기능에 대한 모형인 유동 모자이크 모형(fluid mosaic model), 선택적 투과성막을 경계로 분자들의 이동을 보여주는 삼투 모형(조정일, 1995), 보어의 원자 모형, 지구와 대기권의 온실 모형 등을 들 수 있다. 이론과 마찬가지로 모형 또한 자연 현상이 일어나는 과정이나 모습을 그대로 보여주지 않는다. 모형은 과학적 이론이 설명하는 범위 내에서 그 이론의 구성 요소들과 그 관계들을 시각적으로 나타냄으로써 보다 잘 이해할 수 있도록 돕는 역할을 한다.

생물체나 원소의 분류 체계 또한 자연 세계에 대한 인간의 해석을 통해 구성된 인간의 창작품이기 때문에 자연 세계와 그대로 일치할 수 없다. 과학자들은 질서있게 그리고 효율적으로 연구를 수행하기 위해 하나의 분류 체계를 사용하기로 동의하였다. 과학적 모형이나 분류체계는 인간의 지적 창작물이기 때문에 자연 세계의 있는 그대로를 표현하거나 기술했다고 할 수 없다. 다만 교육과 연구의 편리를 위해 그와 같은 지식들이 구성되었다.

5. 새로운 과학 이론의 수용과정

어떤 과학자들이 새로운 과학 이론을 제안할 때 그들은 그 이론에 대해 다른 과학자들을 확신시켜야 된다는 입장과 확신시키지 않아도 된다는 입장으로 반응들이 서로 분리되어 제시되었다. 과학자들이 새로 제안된 이론에 대해 다른 과학자들을 확신시켜야 된다는 입장은 과학적 지식이 그 자체 스스로 진리임을 증거하는 것이 아니라 과학자 사회에서의 동의에 의해 채택된다는 주장이다. 이에 반해 확신시키지 않아도 된다는 입장은 과학적 지식이 귀납적 과정에 따라 일반화된 것이며 또한 과학적 지식은 객관적이기 때문에 그 이론의 진리 정도에 맞게 자연적으로(혹은 심리적으로) 인정된다는 입장이다.

74%의 과학 교사가 다른 과학자들을 확신시켜야 된다는 입장을 선택했다. 그 중 37%의 과학교사는 "여러 과학자들이 한 이론과 그 새로운 사상들을 논의할 때, 과학자들은 그 이론을 교정하거나 개정할 수 있기 때문에, 간단히 말해서,

동의에 도달함으로써 과학자들은 그 이론을 보다 정확하게 만든다."라는 반응을 선택했다. 이 반응은 토의 과정을 통해 이론이 보다 정확하게 된다는 사실주의적 견해라고 할 수 있다. 다른 30%는 "그 이론이 옳다는 것을 입증하는 결론적인 증거들을 다른 과학자들에게 보여 줌으로써"라는 반응을 선택했다. 이 반응은 다른 과학자들을 확신시키는 방법에 관한 진술이다. 나머지 7%의 교사는 "대부분의 과학자들이 그 이론을 믿을 때야만 그 이론이 과학에 유용하기 때문에"라는 반응을 선택하였다. 이 반응은 이론의 사회적 형성과 도구적 속성을 반영하고 있으며 반 사실주의적 견해라고 할 수 있다.

26%의 교사는 다른 과학자들을 확신시키지 않아도 된다는 반응을 선택했다. 그 중 19%는 다른 과학자들이 무엇을 믿든지 상관없이 각 과학자가 믿는 이론을 적용할 수 있다는 반응을 선택하였는데, 이 반응은 이론의 채택이 과학자 사회보다는 개인적 차원에서 이루어진다는 관점을 반영하는 것이다.

6. 좋은 과학 이론의 특성-설명능력, 단순성

대동한 증거에 의해 지지되는 경쟁적인 두 이론이 있을 때 보편적으로 과학자들은 보다 간단한 이론을 선택한다. 좋은 과학 이론에 대한 관점을 묻는 문항에서 48%의 교사가 "좋은 이론은 단순하다. 과학에서 사용되는 가장 좋은 언어는 단순하고 짧고 명백한 언어이다"라는 반응을 선택했다. 나머지 52%의 교사들은 좋은 이론과 단순성과의 관계를 불명확하거나 부적절하게 기술한 반응을 선택하였다. 좋은 이론의 경제성 혹은 단순성은 과학사의 여러 사례들, 예를 들어 연관(linkage)에 대한 중복제설(reduplication theory)과 염색체제설(chromosome theory)의 경쟁 사례(Kinney, 1991), 연소 현상에 대한 플로기스톤설(phlogiston theory)과 라브지에의 연소설의 경쟁 사례(cases)들을 통해 학습될 수 있다.

7. 과학지식의 발전적(혹은 잠정적) 속성

현재는 타당하다고 인정되는 과학지식이 미래에 변화될 가능성에 대한 입장을 묻는 문항이다. 81%가 기존 지식이 담고 있는 오류를 밝혀냄으로써 과학적 지식이 변한다고 하였다. 이 반응은 사실주의적 견해, 즉 지식이 누적적인 과정을 통해 발전한다는 견해와 유사하다. 11%의 교사는 "왜냐하면 옛날의 지식이 새로운 발견의 견지에서 재해석되기 때문이다"라는 반응을 선택하였다.

오개념을 처치하기 위한 수업방법의 하나로 활용되는 과학사적 접근에서는 주로 과학적 지식의 발달과정에서 나타

났던 과거의 부적절한 지식에 초점을 맞춘다(Wandersee, 1988). 이러한 접근은 과거의 과학 지식이 단순하고 초보적이며 때로 오류를 담고 있고, 시간이 지남에 따라 점차 그 오류가 교정되고 지식이 체계화되었다는 발전적 방향으로의 변화를 전제하고 있다. 그러나 과학지식의 변화에 대한 반 사실주의자들의 관점은 패러다임의 변화에 따른 기존 지식의 재해석이다. 지식의 변화는 패러다임의 변화에 따른 재해석에 의한 것이며 다른 패러다임에서의 지식의 해석은 그 나름대로 의미가 있다고 본다. 반 사실주의적 관점을 선택한 교사들의 비율은 매우 적었다.

8. 과학적 방법의 정의

과학적 방법의 정의에 대한 교사들의 반응은 <표 3>과 같았다.

<표 3> 과학적 방법의 정의에 대한 교사들의 반응 빈도

반 응 유 형	빈도(%)
검증과 재검증. 타당한 방법으로 어떤 것의 옳고 그름을 증명하는 것	9(33)
다른 해석을 위한 여지를 남기지 않도록 실험 변인을 신중하게 통제하는 것	6(22)
문제 해결을 위한 논리적이며 널리 인정된 접근법	5(19)
질문하고 가설을 설정하고 자료를 수집하고 결론을 내리는 것	4(15)
이론을 제시하고, 그것을 증명하기 위한 실험을 고안하는 것	2(7)
잘 모르겠다	1(4)

일반적으로 많은 사람들은 과학자가 따라야 할 유일한 과학적 방법이란 존재하지 않는다는 주장에 동의한다. 위의 각 반응은 보다 구체적으로 연구될 수 있는 요소들을 포함하고 있다. 예를 들어, 첫번째 반응에서 어떤 것의 '옳고 그름'을 확실하게 증명할 수 있는가에 대해 교사의 견해가 구체적으로 추적될 필요가 있다. 두번째 반응의 경우, '다른 해석의 여지를 남기지 않는다'는 의미에 대해 교사들의 관점이 다를 수 있을 것이다. Science for All Americans(AAAS, 1994)는 과학적 방법에 대해 다음과 같이 언급하였다.

과학적 방법은 특정 연구 내용(맥락)과 독립하여 기술화 기관 쉽지 않다.

과학자들이 항상 알아야 하는 고정된 단계들은 없으며, 어떤 경로도 과학자들을 실수없이 과학지식으로 유도하지

않는다(p.4).

9. 법칙, 가설, 이론의 형성

과학적 지식의 발전과정에 대한 교사들의 견해를 묻는 문항에서 81%의 교사들이 과학적 지식의 발전은 가설-->이론-->법칙의 순서로 이루어진다는 반응을 선택했다. 이전의 연구들도 학생들과 교사들에게서 이 오개념이 흔하게 발견됨을 밝혔다(Clough, 1995; Ryan & Aikenhead, 1992; Rubba, Horner & Smith, 1981).

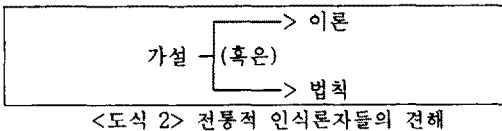
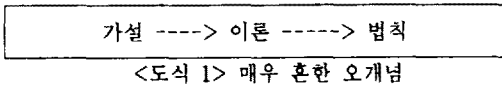
가설, 이론, 법칙의 특성과 그것들의 형성과정에 대한 많은 오개념이 밝혀져 왔기 때문에 이 점에 대해 언급할 가치가 있을 것 같다. 먼저 각 요소의 의미를 정의하고, 각 요소들 간에 어떤 관계가 있는지 살펴 보기로 한다.

Thorndike Barnhart Comprehensive Desk Dictionary(Barnhart, 1967)는 법칙을 "같은 조건 하에서 현상들 간의 변하지 않는 관계 혹은 계열(sequence)"이라고 정의하였다. A High School Framework for National Science Education Statement(NSTA, 1995)는 법칙을 "잘 조절된 상황에서 관찰 혹은 측정을 통해 확인한 둘 이상의 현상들 간의 관계를 일반화한것"으로 정의하였다. 위의 정의들에 따르면, 법칙은 관찰된 사실들을 통해 얻어지기 때문에 그 법칙을 표현하기 위해 어떤 이론이나 모형을 필요로 하지 않는다. 예를 들어 보일의 법칙은 온도와 기체의 몰 수가 일정할 때 부피와 압력과의 관계를 나타낸다. 이 예는 두 변인 혹은 현상들 간의 관계를 일반화시킨 것이며, 그 안에는 사람의 지적 구조물이 들어 있지 않다. 법칙들은 관찰로부터 비롯되기 때문에 경험적 법칙 혹은 자연 법칙이라고 일컬어지기도 한다. 이런 특성 때문에 과학적 법칙은 발견된다, 혹은 귀납적 과정을 통해 형성된다고 일반적으로 일컬어진다. 물론 현상들 사이의 관계를 확인하는 과정에서 인간의 상상과 정교한 지적 노력이 요구된다.

Barnhart(1967)는 위에서 언급한 사전에서 이론을 "사고에 기초한 설명, 혹은 관찰과 사유에 기초한 설명"이라고 정의하였다. A High School Framework for National Science Education(NSTA, 1995)는 과학적 이론을 사실, 관찰, 현상, 그리고 경험적 법칙을 설명하기 위해 구성된 추상적인 설명 체계로 정의하였다. 그리고 이론의 가장 단순한 형태로서 검증될 수 있도록 표현해 놓은 것을 가설이라고 하였다. 즉 이론은 현상의 제 요인 사이의 구체적인 인과관계를 설명하기 위해 기존의 지식과 타당한 관찰들을 사용하여 구성된 조직화된 지적 구조물이다. 이런 점에서 가설과 이론은 예술이나 건축물과 같이 인간의 정신적 창조물로서 발명된다고 말할 수 있다.

한 이론이 검증되기 위해서는 구체적인 조건 아래에서 미지의 결과를 예견하고, 그 예견과 실험결과를 비교하는 과정이 요구된다. 이 과정에서 가끔 새로운 경험 법칙을 발견하기도 한다. 그러나 이론이 사실로 증명되었을 때 이론이 법칙이 된다는 일반적인 인식은 잘못된 것이다. 이론과 법칙은 같은 선상에서 놓여질 수 없는 다른 성격의 지식들이다.

위의 진술을 기초로 판단해 볼 때 <도식 1>은 잘못된 것이다. <도식 2>는 실증주의자 혹은 전통적 인식론자들의 견해로서 가설이 진리로 인정되면 그 가설은 과학적 법칙 혹은 이론으로 일컬어진다는 것을 나타낸 것이다(조 회형, 박승재, 1994, p.89, p.97). 그러나 가설이 이론이나 법칙으로 발전하는 것은 현대의 인식론자들의 견해와는 다른 것이다.



이론은 가설보다 포괄적이다. 그래서 구체적인 상황 아래서 검증하기 위해서는 구체적인 가설을 설정할 필요가 있다. 과학자들은 가설에 기초하여 예측하고, 그 예측의 사실 여부를 실험 등을 통해 확인하는 과정으로 과학적 연구를 수행한다. 법칙은 반복적인 많은 사례들로부터 귀납적으로 확인된 관계들이다.

10. 과학 이론, 가설, 법칙의 형성 - 발견이나 발명/창작? 세 문항이 각각 과학적 법칙, 과학적 가설 그리고 과학적 이론의 형성과정에 대한 견해를 물었다. 즉 각 지식의 요소가 금광에서 금이 발견되는 것과 같이 발견되는 것인지 아니면 예술가가 조각품을 만들듯이 창조 내지 발명되는 것인지 물었다. Science for All Americans(AAAS, 1994)는 과학적 이론과 가설의 형성이 발명적임을 분명하게 진술하였다.

과학은 지식을 만들어내는 과정이다. 그 과정은 현상에 대한 신중한 관찰과 그 관찰을 설명하기 위한 이론의 발명에 기초한다(p.2).

세계가 어떻게 운행하는지를 상상하여 가설이나 이론을 발명하고, 그 다음 그 설명체계가 실제 세계를 잘 설명하는

지를 검증해보는 과정은 시를 짓고 작곡을 하고, 첨단인 건축물을 설계하는 것 만큼 창의적이다(p.5).

35%의 교사가 과학적 가설이 발명된다는 입장에 속하는 반응들을 선택했다. 그 중 15%는 “발명들(가설들)은 우리 마음으로부터 나오기 때문에 - 우리는 그것들을 새로 만들어 낸다.” 라는 반응을 선택했다. 20%는 “왜냐하면 가설은 과학자가 발견해 온 실험적 사실들의 해석이기 때문이다.” (강조된 글자는 원 검사도구에 강조되어 있는 것임)라는 반응을 선택했다. 65%의 교사는 가설이 발견된다는 입장에 속하는 다양한 반응들을 선택했다.

과학적 이론에 대해서는 오직 15%만이 이론이 발명 혹은 창작된다는 입장에 속하는 반응들을 선택했다. 그 중 4%가 “발명들(이론들)은 우리 마음으로부터 나오기 때문에 - 우리는 그것들을 새로 만들어 낸다.” 라는 반응을 선택했다.

11%는 “왜냐하면 이론은 과학자가 발견해 온 실험적 사실들의 해석이기 때문이다.” 라는 반응을 선택했다. 85%는 과학적 이론이 발견된다는 견해를 반영하는 반응들을 선택하였다.

과학적 법칙에 대해서는 52%의 교사가 과학적 법칙이 발견된다는 입장을, 48%가 과학적 법칙이 발명된다는 입장에 속하는 반응들을 선택했다. 전자의 입장을 택한 교사 중 7%가 “법칙들은 실험적 사실에 기초하고 있기 때문에” 라는 반응을 선택했고, 11%가 “과학적 법칙은 발견된다. 그러나 과학자들은 그 법칙을 찾아내기 위해 그 방법들을 발명한다.” 라는 반응을 선택했다.

교사 중 34%는 “왜냐하면 법칙들은 자연 세계 내에 들어 있고, 과학자들은 그것들을 찾아 내기만 하면 되기 때문에” 라는 반응을 선택했다. 과학적 법칙의 발견이 금광에서 금을 캐는 작업에 비유할 수는 있지만 과학적 법칙 자체를 금광의 금에 비유할 수는 없을 것 같다. 왜냐하면 금은 발견 즉시 금으로 확인되지만, 과학적 법칙은 시각적으로 혹은 직접적으로 확인할 수 있는 성질의 것이 아니라 현상들 간의 관계에 대한 추리를 요구하기 때문이다. 이런 이유에서 이 반응은 과학적 법칙에 대한 부적절한 진술이다. 오직 18%만이 적절한 반응을 선택했다.

이 결과는 많은 교사들이 과학적 이론, 과학적 가설, 그리고 과학적 법칙의 형성에 대한 AAAS나 NSTA의 관점과 일치하지 않는 관점을 갖고 있음을 보여 주었다.

IV. 결론 및 요약

본 연구에서 집중적으로 다루어진 주제는 주로 과학 지식의 특성, 즉 과학 지식과 실제 자연 현상 간의 일치성 여

부, 법칙·가설·이론의 형성 과정과 그 차이, 과학 지식의 잠정적 속성, 좋은 과학이론의 특성, 새로운 과학 이론의 수용 과정에 관한 것이었다. 그것 이외에도 과학의 정의, 과학적 방법의 의미, 과학과 문화/윤리 간의 관계, 과학자의 특성에 대한 내용이 또한 연구되었다.

74%의 교사가 과학을 탐구 과정 혹은 문제해결 과정으로 인식하였고, 22%의 교사는 과학을 지식의 응용, 즉 질병의 치료나 오염 해결로 인식하였다.

67%의 교사가 과학자들이나 그의 연구가 그 일이 수행되는 곳의 문화의 영향을 받는다고 응답했고, 나머지 33%는 영향을 받지 않는다고 응답했다.

새로운 과학 이론을 제안할 때, 그것을 제안한 과학자는 다른 과학자들을 확신시켜야 된다고 응답한 교사는 74%인데, 그 중 7%만이 그 과정의 실제적 이유 즉, “대부분의 과학자들이 그 이론을 믿을 때라야만 그 이론이 과학에 유용하기 때문에” 라는 반응을 선택하였다. 26%의 교사는 다른 과학자들을 확신시키지 않아도 된다는 반응을 선택하였다. 많은 교사들이 과학자의 연구 활동에 대해 학문적이고 개인적인 관점을 반영하는 반응들을 선택하였다.

과학에 대한 교사들의 관점이 실용적이거나 편의적이기보다 순수 학문적이라는 점은 과학 지식과 실제 현상 간의 일치성 여부에 관한 문항에서도 나타난다. 모든 교사가 분류 체계가 자연 세계와 일치하지 않는다는 반응을 선택하였지만 과학자들이 오직 하나의 분류 체계를 사용하는 이유가 연구의 혼란을 방지하기 위한 것이라는 반응을 선택한 교사는 오직 11%이었다.

교사들은 과학지식의 발전적(잠정적) 특성을 인식하고 있지만, 그 변화를 다른 패러다임에서의 해석의 차이로 보기 보다는 과거의 잘못을 고쳐나가는 발전적 의미로 보았다.

교사들에게 가장 대표적으로 발견되는 오개념은 과학적 지식이 가설로부터 이론으로, 이론에서 법칙으로 발전한다는 견해이다. 81%의 교사가 그와 같은 반응을 선택하였다. 이것은 과학 지식의 본성에 대한 이해의 부족으로 이 내용에 대한 교사들의 적절한 이해가 요구된다.

35%의 교사가 과학적 가설이 발명된다는 입장을 선택하였고, 그중에서 15%의 교사만이 적절하다고 인정될 수 있는 반응을 선택하였다.

15%의 교사가 과학적 이론이 발명된다는 입장을 선택하였고, 그 중에서 4%의 교사만이 적절하다고 인정될 수 있는 반응을 선택하였다.

52%의 교사가 과학적 법칙이 발견된다는 반응을 선택하였고, 그 중에서 18%의 교사가 적절하다고 인정될 수 있는

반응을 선택하였다.

48%의 교사가 좋은 과학 이론의 특성으로 이론의 단순성을 선택하였다. 나머지 52%는 좋은 이론과 단순성 사이의 관계를 불명확하게 혹은 부적절하게 기술한 반응을 선택하였다.

이상의 연구 결과를 다음과 같이 요약할 수 있다. 본 연구에 참여한 교사들은:

1. 과학을 지식의 집합체보다는 탐구과정 혹은 문제해결 과정으로 인식하였다.
2. 과학을 과학자 개인의 활동으로 보며, 과학자 사회의 집단적 활동으로 보는 관점이 드물었다.
3. 과학을 순수 학문적 맥락에서 바라보며, 과학의 실용적, 편의적, 경제적 측면에 대한 고려가 적었다.
4. 과학 지식의 잠정적 속성이나 과학적 지식과 실제 세계 간의 불일치성에 대한 근거를 과학적 지식이 절대적 진리가 아니라는 일반적인 사상으로부터 찾았으며, 각 주제가 갖고 있는 구체적인 특성에 대한 분화된 이해를 보이지 않았다.
5. 과학적 가설, 이론, 법칙 간의 차이와 그 형성 과정에 대한 현대 인식론적 관점을 거의 갖고 있지 않았다.

과학교사들은 과학의 본성에 관한 적절한 이해를 가지고 있을 때에 효과적인 교사가 될 수 있는가? Yager(1995)는 과학에 대한 이해가 의미있는 과학교수를 위한 필수요건임을 강조하였다. 6차 교육과정의 공통과학은 과학에 대한 보다 현대적 관점을 반영하고자 하였다. 과학교과도 순수 학문적 과학 혹은 과학자 과학으로부터 학생 개인의 과학으로 그 중심점이 이동되었다. 현대적 관점에서 과학의 본성은 어떤 요소로 구성되며, 그것에 대한 이해는 수업에 어떻게 영향을 줄 것인가? 이런 주제에 대한 연구는 앞으로 더 구체적으로 수행되어야 한다. 비록 확실하고 분명한 실체를 쉽게 얻을 수는 없어도 노력하는 중에 점점 그 실체에 가깝게 접근해 갈 수 있을 것이며, 그 과정에서 교실에서의 과학수업도 의미있게 수행될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 조정일(1990). 탐구로서의 과학학습의 본질과 탐구과학교육을 위한 제 조건들의 변화. 한국과학교육학회지, 10(1), 65-75.
- 조정일(1995). The use of models and their effect on scientific understanding of diffusion and osmosis, and

- on scientific attitude. 한국생물교육학회지, 23(1), 1-8.
- 조희형·박승재(1994). 과학론과 과학교육. 교육과학사.
- Aikenhead, G. S.(1987). High school graduates' beliefs about science-technology-society III: Characteristics and limitations of scientific knowledge. *Science Education*, 71(4), 459-487.
- Aikenhead, G., Fleming, R. & Ryan, A.(1987). High school graduates' beliefs about science-technology-society I: Methods and issues in monitoring student views. *Science Education*, 71(2), 145-161.
- Aikenhead, G. & Ryan, A.(1992). The development of a new instrument: "Views on science-technology-society" VOSTS. *Science Education*, 76(5), 477-491.
- American Association for the Advancement of Science(994). *Science for all Americans*. New York:Oxford University Press.
- Barnhart, C. L.(ed.)(1967).*Thorndike Barnhart comprehensive desk dictionary*. New York: Doubleday & Company, Inc.
- Clough, M. P.(1995). *Longitudinal understanding of the nature of science as facilitated by an introductory high school biology course*. Proceedings of the third international history, philosophy and science teaching conference, Univeristy of Minnesota, Oct 29-Nov.1.
- Fleming, R.(1987). High school graduates' beliefs about science-technology-society II: The interaction among science, technology and society. *Science Education*, 71(2), 163-186.
- Gosling, D. & Musschenga, B.(eds.)(1981). *Science education and ethicalvalues-Introducing ethics and religion into the science classroom and laboratory*. Washington, D.C.: Geogrtown University Press.
- Huang, (1995). *Analysis of factors influencing high school biology teachers' attitude toward and real practice of teaching the evolutionary theory and creation science*. Unpublished Ph.D. dissertation, The University of Iowa.
- Kinnear, J. F.(1991). Using an historical perspective to enrich the reaching of linkage in genetics. *Science Education*, 75(1), 69-85.
- Lederman, N. G.(1986). Students' and teachers' understanding of the nature of science: A reassessment. *School Science and Mathematics*, 86(2), 91-99.
- 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.
- National Science Teachers Association(1995). *A high school framework for national science education standards*. NSTA.
- .National Research Council(1996). *National science education standards*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- .Nott, M. & Wellington, J.(1993). Your nature of science profile: An activity for science teachers. *School Science Review*, 75(270), 109-112.
- Rubba, P., Horner, J. K., & Smith, J. M.(1981). A study of two misconceptions about the nature of science among junior high school students. *School Science and Mathematics*, 81(3), 221-226.
- Rubba, P. A., Schoneweg, C. & Harkness, W.(1994). *A new scoring procedure for the Views on Science-Technology-Society instrument*. A paper presented at the 1994 Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Anaheim, CA: March 26-29.
- Ryan, A.(1987). High school graduates' beliefs about science-technology-society IV: The characteristics of scientists. *Science Education*, 71(4), 489-510.
- Ryan, A. & Aikenhead, G.(1992). Students' preconceptions about the epistemology of science. *Science Education*, 76(6), 559-580.
- Yager, R. E., Blunck, S. M. & Dass, P. M.(1995). Sceince as a way of knowing. *Thrust for Educational Leadership*, OCT., 22-25.
- Zoller, U. & Donn, S., Wild, R. & Beckett, P.(1991). Students' versus their teachers' beliefs and positions on science / technology / society-oriented issues. *International Journal of Science Education*, 13(1), 25-36.

(ABSTRACT)

A Study on Korean Science Teachers' Points of View on Nature of Science

Jung Il Cho · Dong Ki Ju
(Chonnam National University)

Recent literature in science education has emphasized nature of science in science teaching. The theme has been considered to be an important element for scientific literacy.

The purpose of this study was to identify Korean science teachers' points of view on topics related to nature of science, such as definition of science, characteristics of scientific hypotheses, scientific theories and scientific laws, and their construction, scientists, and scientific methods. The relevant 13 items were selected from Views on Science-Technology-Society (VOSTS) by the authors for this study.

Most teachers perceived science as an exploratory process or problem solving. Some perceived science as an application of knowledge to make this world a better place to live in. Teachers viewed scientific activities as

scholastic and individualistic instead of pragmatic or collective. They did not hold clear understandings of the idea that scientific knowledge is subject to change. As identified in previous studies, teachers thought that scientific ideas develop from hypothesis to theories, and finally to scientific laws. They did not show sound understanding of inventiveness of scientific hypotheses and theories, nor discovery of scientific laws.

In summary, teachers' major points of view reflected 'realism'. It suggested that they needed to understand nature of science in the ways which it has been described in recent literature of science education, in order to teach science with personal and social contexts.