

과학 실험의 목적에 대한 중학생의 인식 조사

김희경 · 송진웅
(서울대학교)

Middle School Students' Ideas about the Purposes of Laboratory Work

Heekyong Kim · Jinwoong Song
(Seoul National University)

ABSTRACT

Researches on laboratory work show that students often achieve little meaningful learning through laboratory work. One reason for this failure is that students often do not know the different types of laboratory work and the 'purposes' of them. Therefore, this study investigated middle school students' ideas about the purposes of laboratory work. To seventh grade students($n=147$) of middle school in Seoul, Korea, we asked (Question 1) "Why do scientists do laboratory work?" and (Question 2) "Why do you do laboratory work in science classes?" It was required a short essay including the reasons and examples of them. From the results, it was found that 56.8% of the students had ideas that scientists do laboratory work for discovering new facts or inventing something, and 82.9% of the students responded that they do laboratory work for understanding and memorizing the contents of science textbook. In addition, the differences according to gender and to school achievement level, and the relationship between the ideas about scientists' laboratory work and about school science laboratory work were examined. The results showed that boys responded 'social usefulness' more frequently than girls, while girls mentioned 'personal pleasure' more frequently than boys in relation to the purposes of scientists' laboratory work($p<.05$). According to the achievement level, it was founded that 'middle' level students replied 'to remember' more frequently than high and low levels in relation to school science laboratory work. Finally, students who had ideas that scientists do laboratory work for verifying a theory had the similar ideas about school science laboratory work. In conclusion, students are lack of diverse and proper views about laboratory work. It is recommended that teacher need to make clear the purpose of laboratory work and help students to understand of it.

Key words: purposes of laboratory works, nature of science, students' ideas, scientists' laboratory work, school science laboratory work

I. 서론

실험은 과학을 다른 분야와 구분 짓는 중요한 특징이며, 과학교육에서의 실험의 목적과 역할에 대한 많은 연

구와 논의가 이루어져왔다(Hofstein & Lunetta, 1982; Hodson, 1990, 1996; Lazarowitz & Tamir, 1994; Lunetta, 1997; Hart *et al.*, 2000; Watson, 2000). 특히 과학교육자들은 과학 교과 과정의 필수적인 요소로서 실

험활동을 정의하기 위해 그 근거를 찾으려 노력해왔다. 과학교육자들은 실험활동이 과학 학습의 가장 특징적인 활동이며 학습에 의미 있는 기여를 한다는 믿음을 지지하는 연구 결과를 찾으려 노력했지만 그 결과는 회의적이며 (Lazarowitz & Tamir, 1994), 심지어 학교실험활동이 학생들의 과학본성에 대한 왜곡된 이해를 조장해왔다는 주장이 제기되기도 하였다(Hodson, 1998).

이러한 실험활동의 효과에 대한 회의적인 연구 결과는 실험활동과 관련된 요인의 복잡성과 적절치 못한 평가에도 기인하지만(Lazarowitz & Tamir, 1994), 많은 연구자들은 하나의 실험으로 여러 가지의 목적-예를 들어 개념 이해와 인식론적 이해-을 동시에 성취하고자 하는 어려움 때문이라고 지적하고 있다(Wellington, 1998; Watson, 2000). "이렇게 (실험이) 효과가 없는 이유는 기본적으로 오랜 기간 지속되어 온 실험활동의 목적들 사이의 혼란과 충돌로부터 기인한 것이다"는 Woolnough(1997)의 주장은 이를 잘 표현하고 있다. 실험활동의 형태가 다르면 그 목적도 다르며, 각 유형의 실험활동은 상이한 목적에 이바지한다(Gott & Duggan, 1995). 그러므로 효과적인 실험활동을 위해 교사는 실험의 목적을 분명히 하고, 그것에 맞게 실험의 형태를 조직할 필요가 있으며, 학생들에게 이를 알려주어야 한다. 왜냐하면, 학생들은 실험의 목적과 목표를 모두 인식하고 있을 때 그들이 무엇을 하고 있는지 잘 이해할 수 있기 때문이다(Hart et al., 2000). 실험의 '목적'은 교사가 수업에서 실험활동을 하는 이유에 관한 것인 반면, 실험의 '목표'는 보통 실험활동의 시작에 주어지며 실험활동의 학습 결과물로 학생들의 보고서에서 재현되는 것이다(Carey et al., 1989). 예를 들면, 중학교 7학년 과정의 실험에는 '탄성력의 성질 알아보기', '침의 소화작용에 대해 알아보기' 등의 실험 목표가 있을 수 있다.

실험의 목적에 대한 구분은 연구자들에 따라 다르다. 과학 내용의 학습(learning science), 과학 방법의 학습(learning to do science), 과학 본성의 학습(learning about science)으로 구분되기도 하며(Hodson, 1996), 인지적 이유, 정의적 이유, 기능적 이유로 나누어지기도 한다(Wellington, 1998). Millar et al.(1999)은 실험의 영역(domain of practical work)을 지도(map)로 나타내기 위해 실험의 목적 차원과 과제특성차원으로 나누었다. 이들은 실험의 목적 차원의 하위범주로 '물체와 현상 인식', '사실 학습', '개념 학습', '관계 학습', '이론/모형 학습'

으로 구분하였다. 유럽의 교사들을 대상으로 실험의 목적에 대해 조사한 Welzel et al.(1998)은 실험의 목적에 대한 교사들의 응답을 '이론과 실제의 연결을 위해', '실험 기능의 학습을 위해', '과학적 사고의 방법을 알기 위해', '동기, 개인적 계발, 사회적 경쟁력을 향상시키기 위해'라는 항목들로 구분하였다. 실험 목적에 대한 다양한 연구 결과를 살펴보면, 실험의 목적은 크게 과학 내용의 학습에 해당하는 인지적 영역, 과학 방법의 학습에 해당하는 기능적 영역, 과학본성의 학습에 해당하는 인식론적 영역, 그리고 학생들의 동기 향상에 해당하는 정의적 영역으로 구분된다고 할 수 있다.

이러한 상이한 실험의 목적과 함께, 다양한 형태의 실험이 존재한다. 실험은 이론과 실험이 가지는 관계에 따라 '확인 실험', '탐색 실험', '귀납 실험', '연역 실험', '기능 계발 실험', '과정 계발 실험'으로 나누어지며(Simpson et al., 1981), 실험의 단계별 개방성에 따라 0~3 수준으로 구분되기도 한다(Herron, 1971). 영국에서 실시된 OPENS 프로젝트에서는 '학생들이 문제에 대한 해를 찾도록 학생들에게 주도권을 주는 활동'을 개방적 탐구로 정의하고 탐구과제의 개방성을 문제정의, 방법선택, 해답의 세 측면에서 논의하였다(Jones et al., 1992).

한편, 최근 과학적 소양을 증시하면서 학생들의 과학의 본성에 대한 이해를 위한 여러 가지 교육적 노력이 증대되고 있지만, 많은 연구에서 과학자들의 활동-특히 실험-에 대한 학생들의 생각이 경험주의적이며 소박한 수준에 머무르고 있다는 지적이 제기되고 있다(Larochelle, & Désautels, 1991; Lederman, 1992; Driver et al., 1996). 과학자들의 활동 특히 실험의 목적에 대한 학생들의 이해는 과학에 대한 올바른 이해뿐만 아니라 효과적인 실험활동을 위해 뒷받침되어야 할 중요한 요소임에도 불구하고, 이에 대한 연구는 미비한 실정이다.

실험의 목적에 대한 학생들의 인식에 관한 연구는 그리 많지 않다. 국내 연구로는 김재우와 오원근(1998)의 연구가 있으나, 이 연구는 실험의 목표에 대한 연구로 실험의 목적에 대한 본 연구와 구분된다. 실험 목적의 인식에 대한 외국연구로는 주로 교사들을 대상으로 한 연구(Welzel et al., 1998; Swain et al., 1999; Hirvonen & viiri, 2002)가 많다. 한편, 학생들의 실험의 목적에 대한 인식에 대한 최근의 연구로는 과학지식의 구성에 대한 학생들의 이해를 검사하기 위한 하위 범주로서, 과학자들의 실험의 목적에 대한 학생들의 인식을 조사한 연구(Carey et al.,

1989)가 있으며, Hart *et al.*(2000)은 학교실험에 대한 학생들의 인식을 조사하였다.

하지만 기존 연구들은 학생들에게 실험에 대해 언급할 때, 실험의 상황을 과학자들의 실험 혹은 학교실험으로 각각 한정지어 조사하였다. 즉 실험에 대한 학생들의 인식을 각각 별도로 한 쪽 상황에만 초점을 맞추어 조사하였다. 그러나 학생들에게 과학자들의 실험과 학교 실험 두 가지 모두 과학 실험이라는 이름으로 인식된다. 따라서 이러한 인식이 학생들의 인식론과 학습에 영향을 주는 것을 고려할 때 이 두 가지 실험에 대한 인식을 동시에 조사하고 또 그 관련성이 있는지 찾는 것은 의미 있는 일이라고 할 수 있겠다.

이에, 본 연구에서는 실험의 목적에 대한 학생들의 인식을 다음과 같이 조사하였다.

첫째, 과학자들의 실험과 학교 실험의 목적에 대한 학생들의 인식을 조사하였다.

둘째, 이 두 가지에 대한 학생들의 인식이 어떠한 관련성을 보이며, 성별, 성취도 등의 학생의 개인적 특성과는 어떤 관계가 있는지 알아보았다.

셋째, 학생들의 개별 응답의 내용을 분석하여 학교실험에 대한 시사점을 탐색하였다.

II. 연구의 내용 및 방법

본 연구에서는 서울시 소재 중학교 1학년 학생 146명(남 70명, 여 76명)을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문 문항은 서술형으로 구성되었다. 이는 창의적이고 자유스러운 응답을 얻을 수 없는 선다형 설문의 단점을 보완하기 위한 것이다(박승재와 조희형, 1998). 또한 연구자의 선입견을 최대한 줄인 상태에서 응답자들의 다양한 생각을 충분히 알아보기 위한 것이었다. 설문의 주요 내용은 첫째, "과학자들은 왜 실험을 하나요?"와 둘째, "과학시간에 실험을 하는 이유는 무엇인가요?"였다. 학생들의 답변이 보다 자세하고 분명하게 드러날 수 있게 하기 위해 답변은 10줄 이상 쓰고 가능한 자세히 예를 들어 설명하도록 하였다.

위 두 가지 질문 문항에 대한 학생들의 응답을 다음과 같이 분석하였다. 첫째, '과학자 실험의 목적'과 '학교 실험의 목적'에 대하여 각각 범주화하였으며 각 범주에 속하는 학생들의 응답비율을 구하여 전체적인 특징을 살펴 보았다. 그리고 학생들의 개인적인 특징인 성별, 성취도에

다른 분포의 차이점을 살펴보았다. 둘째, 이 두 가지 인식의 상호관련성을 알아보았다. 셋째, 정성적인 분석을 위해 학생들의 응답 내용을 면밀하게 살펴보고 그에 따른 시사점을 탐색하였다.

구체적인 응답의 분류기준에 대해 살펴보면, '과학자 실험의 목적'에 대한 응답은 '사실 획득', '이론의 시험', '사회적 유용성', '개인적 유용성'의 4가지 범주로 분류하였다. 이는 과학에서 실험의 역할을 '사실 획득'과 '이론의 시험'으로 보고(이상원, 2000), 여기에 학생들의 응답 분류를 위해 개인적이거나 사회적 유용성에 관련된 범주를 추가한 것이다. 학생들의 응답 중 '호기심 충족'이나 '새로운 사실의 발견'에 대한 응답은 '사실 획득'의 하위 범주로 포함시켰다. 그리고 '이론의 증명'이나 '증거의 획득'에 관한 응답은 '이론의 시험' 범주 아래 하위범주로 묶을 수 있었다. 이와 함께 학생들의 응답 중 '돈, 명예, 생활의 편리함' 등 개인적이거나 사회적인 유용성에 대한 응답은 '개인적 유용성'과 '사회적 유용성' 범주의 하위 범주로 범주화하였다.

학교 실험의 목적에 대한 응답은 실험의 목적에 대한 교사들의 생각을 델파이 분석법을 통해 범주화한 Welzel *et al.*(1998)의 연구에 기초하여 본 연구에 적절하게 수정하여 분류하였다. 이에 따라 학생들의 응답을 인지적, 기능적, 인식론적, 사회적, 정의적 영역으로 나누었으며, 각 차원마다 다시 세부 하위범주로 구성되었다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 과학자 실험의 목적에 대한 학생들의 응답 내용 분석

과학자 실험의 목적에 대한 학생들의 응답은 총 216항 목이었다. 한 학생의 응답은 여러 응답 항목에 동시에 체크되는 경우가 가능했다. 이를 분석한 결과, '새로운 사실을 발견하기 위해서', '궁금증을 해소하기 위해', '이론을 증명하기 위해서', '이론의 증거를 얻기 위해서', '정확한 결과를 얻기 위해서', '생활을 편리하게 하기 위해서', '무언가를 발명하기 위해서', '과학자들이 해야 할 일이니 까', '돈을 벌기 위해서', '명예를 얻기 위해서', '개인적 즐거움을 위해서'의 11개 범주로 나눌 수 있었다. 이상의 범주 명칭은 학생들의 표현을 왜곡하지 않기 위해 최대한 학생들의 표현을 그대로 사용하였다. 이 11개의 범주는

다시 '사실 획득', '이론의 시험', '사회적 유용성', '개인적 유용성'이라는 상위범주로 묶을 수 있었으며, 이 항목에 대한 학생들의 응답비율이 Table 1에 제시되어 있다. 여기서 응답비율은 학생들의 응답횟수를 총응답수로 나눈 값을 말한다.

전체적인 응답비율의 특징을 살펴보면 과반수이상(56.8%)의 학생들이 과학자의 실험이 사실획득을 목적으로 하고 있다고 생각하는 것을 알 수 있다. 반면에 이론의 증거를 찾고 검증하는 실험의 이론 시험의 역할에 대해서는 4가지 범주 중 가장 낮은 비율을 보여 대조를 이루었다. 이것은 학생들이 과학자들의 실험활동에서 이론과 증거의 역할을 잘 인식하지 못하고 실험을 통해 지식이 발견된다고 생각하는 경향을 보였던 이전 연구 결과들(Carey et al.,1989; Lederman, 1992; Tsai, 1999)과 일치한다. 특히 '이론의 증거를 얻기 위한' 실험의 목적을 언급한 학생은 남학생의 경우 전혀 없었으며 여학생의 경우에도 극히 적었다. 이를 종합해보면, 학생들은 모르는 것에 대해 단순히 실험을 통해 궁금증이 해결되며, 과학적 사실은 발견되는 것이라고 생각하는 경향을 보임을 알 수 있다. 이는 과학실험에서 과학지식이 구성되는 과정과 그 속에서 증거의 역할에 대한 학생들의 인식이 매우 낮음을

보여주는 것이라고 할 수 있다.

한편 세부 범주를 살펴보면 '생활을 편리하게 하기 위해'가 남, 여 각각 29.5(%), 19.8(%)로 다른 하위 범주들에 비해 높은 응답비율을 보였다. 이는 학생들이 과학과 기술을 명확하게 구분하여 인식하지 않으며(Lederman, 1992), 실험의 목적을 과학기술 활동의 목적과 일치시켜 폭넓게 생각하고 응답한 것에 기인한다고 볼 수 있다. 이러한 경향은 정용재와 송진웅(2002)이 과학학습의 필요성에 대한 초등학생과 초등교사의 관점을 조사한 연구 결과와 유사하다. 과학학습의 필요성에 대한 설문에 대해 초등학생과 초등교사들은 모두 일상생활의 용이성과 일상생활의 편리성 증진을 위해서라는 응답을 주로 하였다. 그러므로 생활의 유용성에 대한 강조는 초등학생과 중학생 모두에게 나타나는 공통점으로 보여진다. 이러한 경향이 학년이 올라갈수록 어떠한 변화를 보이는데 대한 추후 연구가 필요하다고 할 수 있다.

2. 학교 실험의 목적에 대한 학생들의 응답 내용 분석

학교 실험의 목적에 대한 학생들의 응답은 매우 다양하

Table 1. Distributions of students' responses about the purposes of scientists' lab-works (%)

| Category | Subcategory | Gender | | χ^2 | Achievement level | | | | Total |
|--|------------------------------|--------|--------|----------|-------------------|--------|------|----------|-------|
| | | Male | Female | | High | Middle | Low | χ^2 | |
| Fact gathering (56.8%) ¹ | to find a new fact | 14.3 | 15.3 | 0.0 | 6.3 | 21.0 | 12.5 | 5.7 | 14.8 |
| | to satisfy curiosity | 21.9 | 28.8 | 1.3 | 31.7 | 26.7 | 14.6 | 10.0* | 25.5 |
| | subtotal | 36.2 | 44.1 | 0.9 | 38.0 | 47.7 | 27.1 | 13.5* | 40.3 |
| Test of theory (19.9%) ¹ | to verify a theory | 8.6 | 11.7 | 0.5 | 14.3 | 9.5 | 6.3 | 4.2 | 10.2 |
| | to get evidences of a theory | 0.0 | 2.7 | 2.8 | 3.2 | 1.0 | 0.0 | 3.1 | 1.4 |
| | to get accurate results | 2.9 | 0.9 | 1.2 | 1.6 | 1.0 | 4.2 | 1.6 | 1.9 |
| | subtotal | 11.5 | 15.3 | 0.6 | 19.1 | 11.5 | 10.5 | 5.5 | 13.5 |
| Social usefulness (41.8%) ¹ | to make life convenient | 29.5 | 19.8 | 3.7 | 15.9 | 23.8 | 37.5 | 4.3 | 24.5 |
| | to invent something | 2.9 | 0.9 | 1.2 | 1.6 | 1.9 | 2.1 | 0.0 | 1.9 |
| | for professional task | 3.8 | 4.5 | 0.0 | 4.8 | 4.8 | 2.1 | 1.1 | 4.2 |
| subtotal | 36.2 | 25.2 | 5.1* | 22.3 | 30.5 | 41.7 | 1.5 | 30.6 | |
| Personal usefulness (19.9%) ¹ | to make money | 5.7 | 3.6 | 0.6 | 7.9 | 2.9 | 4.2 | 3.8 | 4.6 |
| | to gain honor | 9.5 | 5.4 | 1.5 | 7.9 | 4.8 | 12.5 | 2.9 | 7.4 |
| | for personal pleasure | 1.0 | 6.3 | 4.3* | 4.8 | 2.9 | 4.2 | 0.9 | 3.7 |
| | subtotal | 16.2 | 15.3 | 0.0 | 20.6 | 10.6 | 20.9 | 3.9 | 15.7 |

* $p < .05$

¹:proportion according to the number of respondents under each category

였으며, 총 315개의 응답을 24개의 범주로 나눌 수 있었다. 그리고 이를 다시 인지적 영역, 기능적 영역, 인식론적 영역, 사회적 영역, 정의적 영역, 기타 영역의 6개 상위 범주로 유목화하였다. 이러한 범주화는 실험의 목적에 대한 교사들의 생각을 델파이 분석법을 통해 범주화한 Welzel *et al.*(1998)의 연구에 기초하여 본 연구에 맞게 수정한 것이다. 하위범주의 명칭은 앞에서 분석한 것과 마찬가지로 학생들의 표현을 가능한 그대로 사용하였다.

전체 범주는 Table 2에 제시되어 있다.

범주별로 응답 비율을 살펴보면, 가장 높은 58.1%의 응답비율을 보인 것은 인지적 영역이다. 이는 교사들을 대상으로 한 연구들과 마찬가지로(Welzel *et al.*,1998) 대부분 학교 실험이 학생들의 인지적 영역에 대한 효과를 목적으로 하며 학생들의 기대도 그러하다는 것을 의미한다. 특히 '이론의 이해를 위해' 항목이 17.8%로 인지적 영역의 세부범주 중 가장 높은 비율을 차지했다. 한편, 두 번

Table 2. Distributions of students' responses about the purposes of school science lab-works (%)

| Category | Subcategory | Gender | | | Achievement level | | | | Total |
|--|--|--------|--------|----------|-------------------|--------|------|----------|-------|
| | | Male | Female | χ^2 | High | Middle | Low | χ^2 | |
| Cognitive Domain (82.9%) [†] | to facilitate the understanding of theories | 17.9 | 17.7 | 0.9 | 24.6 | 13.9 | 21.4 | 1.4 | 17.8 |
| | to learn principles | 8.2 | 10.5 | 1.9 | 12.3 | 7.8 | 11.4 | 0.2 | 9.5 |
| | to learn scientists' findings | 0.0 | 0.6 | 0.9 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 3.1 | 0.3 |
| | to learn scientific knowledges | 9.0 | 2.8 | 4.0* | 3.1 | 6.1 | 5.7 | 2.1 | 5.4 |
| | to illustrate phenomena | 2.2 | 1.7 | 0.0 | 3.1 | 1.1 | 2.9 | 0.8 | 1.9 |
| | to find the results of the experiment | 2.2 | 3.9 | 1.4 | 3.1 | 2.8 | 4.3 | 0.2 | 3.2 |
| | to verify scientific facts | 3.7 | 2.8 | 0.0 | 6.2 | 2.8 | 1.4 | 2.0 | 3.2 |
| | to satisfy curiosity | 3.7 | 3.9 | 0.2 | 4.6 | 2.8 | 5.7 | 0.6 | 3.8 |
| | to learn contents in detail | 4.5 | 2.8 | 0.2 | 1.5 | 3.9 | 4.3 | 1.6 | 3.5 |
| | to help remember facts and principles | 8.2 | 10.5 | 1.9 | 9.2 | 11.7 | 4.3 | 6.4* | 9.5 |
| subtotal | | 59.7 | 56.9 | 1.8 | 69.2 | 52.8 | 61.4 | 1.0 | 58.1 |
| Skills Domain (17.1%) [†] | to learn to deal with equipment and chemicals | 2.2 | 1.1 | 0.3 | 0.0 | 1.7 | 2.9 | 1.9 | 1.6 |
| | to learn experimental methods | 0.7 | 2.2 | 1.6 | 1.5 | 2.2 | 0.0 | 2.2 | 1.6 |
| | to make objects and materials | 0.7 | 0.0 | 1.1 | 0.0 | 0.0 | 1.4 | 3.1 | 0.3 |
| | to get experience in lab-work procedures | 5.2 | 4.4 | 0.0 | 4.6 | 6.7 | 0.0 | 7.1* | 4.8 |
| subtotal | | 9.0 | 7.7 | 0.2 | 6.2 | 10.6 | 4.3 | 5.6 | 8.3 |
| Epistemological Domain (9.6%) [†] | to learn how to solve problems by oneself | 0.0 | 0.6 | 0.9 | 0.0 | 0.6 | 0.0 | 1.0 | 0.3 |
| | to develop ability of thinking | 1.5 | 3.3 | 1.8 | 1.5 | 2.2 | 4.3 | 1.1 | 2.5 |
| | to get to know the scientific approach | 0.0 | 2.8 | 4.8* | 0.0 | 1.7 | 2.9 | 1.9 | 1.6 |
| subtotal | | 1.5 | 6.6 | 7.0* | 1.5 | 4.4 | 7.1 | 2.8 | 4.4 |
| Social Domain (13.7%) [†] | to learn how to work in teams | 2.2 | 2.8 | 0.4 | 0.0 | 2.8 | 4.3 | 2.9 | 2.5 |
| | to have common sense | 0.7 | 0.0 | 1.1 | 0.0 | 0.6 | 0.0 | 1.0 | 0.3 |
| | to help apply scientific knowledge to the life | 6.0 | 1.7 | 2.9 | 1.5 | 3.9 | 4.3 | 1.6 | 3.5 |
| | to help prepare for the future occupation | 2.2 | 1.1 | 0.3 | 0.0 | 1.7 | 2.9 | 1.9 | 1.6 |
| subtotal | | 11.2 | 5.5 | 0.0 | 1.5 | 8.9 | 11.4 | 0.7 | 7.9 |
| Affective Domain (15.6%) [†] | to develop interest | 14.9 | 16.0 | 1.5 | 18.5 | 14.4 | 15.7 | 0.2 | 15.6 |
| Others | others | 3.7 | 7.2 | 0.3 | 3.1 | 8.9 | 0.0 | 6.9 | 5.7 |

* $p < .05$

[†]:proportion according to the number of respondents under each category

째로 높은 비율을 차지한 정의적 영역은 15.6%의 응답비율을 보였다. 정의적 영역의 하위범주는 '흥미를 높이기 위해' 항목 하나이므로 학생들은 '흥미'를 '이해' 다음으로 많이 언급했다는 것을 알 수 있다.

그러나 다른 영역에 대해서는 모두 10% 미만의 낮은 응답비율을 나타냈으며, 특히, 인식론적 영역에서는 4.4%로 매우 낮은 비율을 보였다. 이는 현재 학교 실험이 학생들에게 과학적 방법과 사고에 대해 생각할 기회를 제공하는데 부족함을 반영한다고 해석될 수 있겠다. 몇몇 학생들은 '창의력', '사고력' 등의 표현을 사용하였으며, "실험에 관해 상상하고 추리하는 일이 자주 일어난다", "한번 더 생각해 볼 수 있고 왜 잘못됐는지 알 수 있어서" 등 반성적 사고에 대해 언급한 학생들도 있었으나 매우 소수였다.

세부범주의 응답비율 순위를 살펴보면, 남녀 모두 '이해를 위해' 항목이 가장 높은 비율을 차지하고 그 다음에는 '흥미 높이기' 항목이 높은 비율을 보였다. 다음으로 높은 비율을 보인 항목은 남학생의 경우 '과학지식 얻기'와 '원리 알기', '기억 돕기' 항목이 여학생은 '원리 알기', '기억 돕기' 항목이 그 다음을 차지했다. 즉, '흥미' 항목을 제외하면 모두 인지적 영역이라는 특징을 보였다.

Table1과 Table2에서 제시한 응답비율은 학생들의 응답횟수를 총응답수로 나눈 값을 말한다. 그러므로 응답항목 간의 비교가 쉽고 전체 응답비율의 합이 100%가 되는 장점이 있지만, 중복 응답이 있기 때문에 전체 학생 중 몇 명이 그 항목에 대해 응답을 했는지 알기 어렵다. 그러므로 각 범주에 대해 전체 학생 중 어느 정도 비율의 학생들이 응답했는지 알아보기 위해 범주별 응답 학생의 비율을 구하여 Table1과 Table2의 범주명 아래 명시하였다. 이것을 살펴보면, 과학자들의 실험에 대해 학생들의 56.8%가 '사실 획득'을 목적으로 언급하였으며 그 다음으로 많은 학생들이 응답한 항목은 41.8%가 응답한 '사회적 유용성' 범주였다. 따라서 대부분의 학생들이 과학자들은 사실 획득이나 사회적 유용성을 위해 실험을 한다고 응답했다는 것을 알 수 있다. 한편 학교 실험의 목적에 대해서는 대부분의 학생들인 82.9%의 학생들이 인지적 영역에 편중되어 응답을 하였다. 이는 전체 학생들의 응답 경향성을 보여주는 것이라 할 수 있다. 즉 대부분의 학생들이 과학자들의 실험을 사실의 획득이나 사회적으로 도움이 되기 위해 한다고 응답하였으며, 학교 실험은 과학 이론, 지식, 내용 등을 이해하고 암기하기 위한 인지적

목적에 대해 하는 것이라고 응답하였다.

4. 학생들의 성별, 성취도에 따른 차이

학생들의 응답 비율에서 성별에 따른 차이는 많이 나타나지 않았으나, 몇 가지 항목에서 의미 있는 차이를 보였다. 과학자들의 실험의 목적에 대한 응답에서 카이검정을 통해 통계적으로 성별 간에 유의미한 차이를 보인 항목은 '사회적 유용성' 범주와 '개인적 즐거움'이라는 하위 범주였다($p < .05$). 즉, 과학자들이 실험을 하는 목적에 대해 남학생들의 경우는 사회적 유용성을 위한 것에 더 많은 응답을 한 반면, 여학생들의 경우는 개인적 즐거움을 위한 것에 더 많은 응답을 하였다. 학교 실험의 목적에 대한 응답에서 통계적으로 유의미한 차이를 보인 항목은 '과학 지식 학습'과 '인식론적 영역' ($p < .05$)이었다. 학교 실험의 목적에 대해서 과학 지식 획득을 목적으로 언급한 비율이 여학생보다 남학생에서 높게 나타난 반면, 과학적 사고 방법에 관련된 인식론적 범주에서는 여학생들의 응답 비율이 더 높게 나타났다.

한편, 학생들의 과학 성취도에 따라 '상', '중', '하'로 나누어 응답 비율을 비교한 결과 상, 중, 하 계열별로 다른 특징을 보인 항목은 다음과 같다. 과학자 실험에 대한 응답의 경우 통계적으로 유의미한 성취도별 차이를 보인 항목은 사실 획득 범주였다($p < .05$). 이 경우 성취도 '상'에 속하는 학생들은 '공급증 해소'를 실험의 목적으로 많이 언급한 반면 성취도 중의 경우는 '사실 발견' 범주의 응답 비율이 더 높았다.

학교 실험에 대한 응답의 경우는 성취도 '중'에 속하는 학생들의 경우 '기억을 위해' 항목이 성취도 '상'과 '하'에 비해 높은 응답 비율을 보였다($p < .05$). 반면 '이해를 위해' 항목은 성취도 '중'의 응답 비율이 13.9%로 24.6%의 '상'이나 21.4%의 '하'계열보다 낮은 특징을 보여 대조를 이루었다. 이는 학교 실험이 다른 계열보다 성취도 '중'의 학생들에게 이해보다는 암기를 돕는 목적으로 인식되는 경향이 강하다는 것을 보여준다. 이 밖에도 '실험 활동의 경험'에 대한 응답에서 '중'의 학생들의 비율이 높았다 ($p < .05$). 그러나 이 밖의 항목에서는 성취도에 따라 큰 차이를 보이지 않았다.

5. 과학자 실험과 학교 실험의 목적에 대한 인식의 상호관련성

과학자 실험과 학교 실험의 목적에 대한 학생들의 인식의 상호관련성을 알아보기 위하여 과학자 실험의 목적에 대한 응답 11개 범주와 학교 실험의 목적에 대한 응답 24개 범주간의 상관관계를 알아보았다. 그 중 응답빈도수가 5이하인 범주 항목은 빈도수가 적어 유의미한 관계를 알아보기 어려우므로 상관관계 분석에서 제외하였다.

그 결과 상관계수 값이 0.416으로 유의미한 상관관계를 보인 항목은 과학자 실험 항목 중에서 '이론의 증명'을, 학교 실험 항목에서는 '과학지식의 확인'을 언급한 쌍이었다($p < .01$). 이는 과학자들의 실험이 이론을 증명하는 목적인다고 생각하는 학생은 학교실험의 기능도 유사하게 생각하고 있다는 것을 보여준다고 할 수 있다. 즉, 과학자 실험에서 이론의 역할에 대해 고려한 학생은 학교 실험에서도 비슷한 경향을 보인다는 것이다.

그러나 위의 항목 외에는 과학자 실험 목적과 학교 실험 목적의 하위범주 사이에 상관도가 높지 않았다. 이는 대부분의 학생들이 과학자들의 실험과 학교의 실험의 목적에 대해 별개로 생각하고 있음을 나타낸다. 그 이유에 대해서는 여러 가지가 있을 수 있으나, 학교실험의 목적에 대해 학생들은 교육적 기능을 우선해서 언급했기 때문이라는 것을 추측할 수 있다. 학생들은 학교실험을 이해와 암기에 도움이 되는 일종의 '학습방법'으로 생각하고 있었다. 다음 '순애'(가명)의 응답에서 이것이 잘 드러난다.

순애: 책에 나오는 말들을 쉽게 이해시키려고 하는 것이 아닐까요? 예를 들어 지금 막 배운 힘을 설명해 보겠습니다. 만약 힘에 대해서 나온 글이 이해가 안 가고 어려울 듯싶으면 그것에 대해 실험을 하여서 학생들에게 알려주고 실험을 할 때 설명을 좀 더 해서 학생들에게 확실히 이해를 시키려고 하는 것 같습니다. 일종의 공부, 학습방법이라고 생각합니다.

학교실험을 이해와 암기의 목적으로 생각하는 이러한 학생들의 경향은 실제 학교에서 기능적, 인식론적, 사회적 영역에 해당하는 목적을 가진 실험활동에 대한 경험이 부족하다는 사실과 깊이 연관된다고 할 수 있겠다. 즉, 현재 대부분의 학교 실험이 과학개념 이해를 목적으로 하는 확인실험으로 이루어져 있어서 학생들은 실험의 다양한 목적을 경험할 수 있는 기회를 얻지 못하고 있기 때문이라고 볼 수 있다. 그러나 과학자 실험과 학교 실험의 인식에서의 상호연관성에 대한 자세한 이해를 위해서는 보다 철

저한 후속 연구가 필요하다.

이상의 정량적 분석의 결과를 통해, 학생들은 학교 실험이 가질 수 있는 다양한 실험의 목적을 고려하지 못하며 과학자 실험의 실제적 역할을 적절히 인식하지 못하고 있음을 알 수 있었다. 학생들에게 과학자들의 실험은 새로운 것을 발견하거나 발명하기 위한 것으로 인식되고 있으며, 학교 실험은 교과서에서 배운 것을 이해하거나 기억하기 위한 보조수단으로 인식되고 있는 것이다.

6. 학생들의 개별 응답 내용에 대한 분석

과학자 실험과 학교 실험 모두에 대해 학생들은 직접 눈으로 관찰하고 실험하는 것의 객관성에 대한 믿음을 강하게 표현하였다. 과학자들은 실험을 통해 정답을 확인한다고 생각하고 있었고, 학교 실험에 대해 많은 학생들이 직접 눈으로 관찰하는 것의 중요성을 강조하였다. 다음 '아현'과 '정미'의 응답은 정답을 보여주는 '결정적 실험'에 대한 학생들의 생각을 잘 보여준다(학생 이름은 가명으로 표기).

아현: 과학자들이 실험을 하는 이유는 생각만 해서는 그것이 맞는 답인지 아닌지 모르기 때문에 하는 것 같다. 실험을 해서 정확한 답을 얻기 위해서
정미: 과학자들은 정확한 답을 요구한다. 실험을 하면 정확한 답이 나오기 때문이다.

이러한 학생들의 응답으로부터 학생들은 과학지식은 정답이 있으며 그 성립과정에서 이론이나 가설의 역할은 거의 중요하지 않다고 생각하고 있음을 알 수 있다. 실제로 가설에 대해 언급한 학생은 전체 학생 146명 중 겨우 2명이었다. 게다가 이 응답도 과학자의 실험에 대한 것으로 학교실험에 대한 응답에서는 가설검증이나 증거에 대한 언급이 없었다.

학생들의 인식이 단순화 되어있음을 보여주는 증거로는 응답 속에 그려지는 과학자들의 모습을 통해서도 드러난다. 학생들이 자신의 글에서 설명을 위해 과학자의 예로 들은 인물들은 우리가 흔히 접하는 유명 과학자이거나 교과서에 실린 과학자의 경우이다. 유명 과학자의 경우로는 에디슨과 뉴턴이 주로 언급되었는데, 에디슨의 경우 '수천 번의 실험을 거듭하여 성공적인 과학자가 된 사람'으로, 뉴턴의 경우 '우연한 생긴 호기심을 사과 낙하 실험을

통하여 해결한 과학자'로 주로 서술되었다. 즉, 학생들은 과학자들에 대해서 우연히 생긴 호기심을 실험을 통해 해결하는 사람으로 언급하였으며 여기에서도 실험과 이론의 관계나 과학자 집단의 영향, 사회문화적 영향 등은 거의 고려되지 않았다. 이러한 특징은 학생들의 과학자에 대한 상이 왜곡되고 단순화되어 있다는 것을 보여주며 과학자에 대한 올바른 인식을 위한 노력이 필요함을 시사한다. 이 밖에 언급된 과학자로는 보일, 샤를을 함께 언급한 응답들이 있었으며, 우리나라 과학자로는 장영실이 유일하게 언급되었다.

한편 학교실험에 대한 인식은 학생들의 태도에도 영향을 미치고 있음을 볼 수 있었다. 현재 대부분의 학교 실험은 학생들이 실험을 통해 과학지식이나 이론을 발견하는 것처럼 표현되어 있다. 그러나 학생들은 자신이 새로운 것을 알아내는 것이 아니라 이미 확립된 과학지식에 대해 실험을 하는 것임을 스스로 인식하고 이러한 불일치에 대해 불만을 토로하였다. 다음 '대식'의 경우는 이를 잘 보여준다.

대식: 실험을 하는 이유는 별로 생각할 것이 없다. 실험을 하면 무엇을 알아낸다고 생각하지만, 이미 과학자들이나 과학책 같은 과학에 대한 것을 보면 다 나와 있는 것을 학생들이 다 알고 있는데 뭐 하러 실험을 하는지 알 수 없다. 일상생활에서 유용하게 쓸 수 있는 유용한 과학을 이용하여 이로운 것을 가르쳐주면 더 좋을 것 같다.

한편 '경식'과 '경현'의 경우는 '대식'과 비슷한 입장을 가지고 있지만 학교실험의 목적을 기능적인 영역에 두었기 때문에 이러한 문제가 발생하지 않았다.

경식: 우리는 과학자들과 달리 아는 사실을 바탕으로 실험한다. 그래서 우리가 알아내는 사실은 많지 않다. 실험하는 이유는 단지 교과서에 있는 것만을 보고 터득하는게 아니라 직접 실험하면서 온몸으로 느껴보는 것이 이유이다.

경현: 이미 밝혀낸 사실이지만, 학교에서 과학시간에 하는 실험은 새로운 것을 밝혀내는 그런 큰 의미의 실험과는 다르다고 생각합니다. 그래서 교과서에는 이미 밝혀낸 사실들이 있습니다. 그래도 우리가 실험을

하는 것은 어떤 사실들에 대해 단지 이론적으로만 아는 것이 아닌 눈으로 확인할 수 있게 하기 위해서 과학자들과 조금 다른 의미의 실험을 합니다. 이런 실험을 통해 학생들은 과학의 원리를 더 쉽게 이해하고 더 오래도록 기억하며 그 원리에 대한 확신을 가지기 때문에 실험을 한다고 생각합니다.

앞에서 인용된 대식, 경식, 경현 모두의 공통점은 과학자들의 실험은 새로운 것을 밝혀내는 것인 반면 학교의 실험은 이미 밝혀진 사실들에 대해 실험한다는 것을 지적했다는 점이다. 그러나 세 학생의 학교 실험에 대한 태도는 다르다. 대식의 경우는 학교실험의 목적으로 실용적인 유용성을 강조하여 실망을 보인 반면, 경식과 경현은 실험을 스스로 직접 수행하는 것에 의의를 두었다.

'실험'의 종류와 목적은 매우 다양할 수 있으며 어떤 실험들은 이미 했던 실험을 단순히 모방하는 것이다. 모방은 과학 활동의 중요한 부분이기 때문에 이러한 활동이 전혀 무의미한 것은 아니지만, 문제는 학교 실험실에서 교사들은 다양한 형태의 활동에 '실험'이라는 포괄적인 용어를 사용하며 실험의 목적을 알려주지 않는다는 것이다. 이것은 학생들 사이에 실험활동에 대한 혼란과 냉소를 불러일으킬 수 있다(Wellington, 1998). 위에 제시된 '대식'의 응답은 이를 잘 보여주고 있다. 이 학생은 학교 실험을 통해 새로운 과학지식을 발견하는 것이 아님을 알고 있으나, 실험의 목적에 대해 새로운 것을 발견하는 것이라는 생각을 가지고 있기 때문에, 결국 학교실험에 대한 회의적이며 냉소적 태도를 가지고 있다.

한편 '승희'의 경우에는 책에 있는 내용의 암기모만 느껴지는 학교실험에 대해 흥미를 느끼지 못한다고 응답하였다.

승희: 정말 그 실험이 가능하고 결과가 똑같은지를 확인해 보기 위해 하는 것 같다. 그러나 학교에서 하는 실험은 별로 흥미를 느끼지 못한다. 책에 있는 똑같은 내용을 반복하기 때문에 실험을 응용하는게 아니라 암기하는 것 같다.

승희의 이러한 불만은 현재 학교실험이 다양한 형태를 가지지 못하고 학생들의 지적활동을 자극하지 못하고 있음을 다시 한번 보여준다.

이와 같은 학생들의 응답을 고려할 때, 학교실험은 좀

더 다양한 형태의 실험활동의 기회를 학생들에게 제공해야 할 뿐 아니라, 교사들은 그에 따른 실험의 차별적 목적을 학생들이 알 수 있도록 해야 할 것이다. 즉, 교사는 학교 실험활동을 통해 성취하고자 하는 목적을 좀더 분명히 해야 하며 이를 학생들에게 알려주어 학생 스스로 실험의 목적과 맥락을 인지하고 실험활동에 임하도록 안내할 필요가 있다.

IV. 결론 및 제언

중학생들에게 과학실험은 두 가지 상황에서 인식될 수 있다. 하나는 과학자들이 행하는 실험이며, 다른 하나는 학교 과학 실험이다. 이 두 가지의 경우에 대해서 실험의 목적에 대한 중학생들의 인식을 알아보기 위해 학생들에게 서술형으로 조사하였다.

학생들의 응답 중 40.3%가 과학자들이 새로운 것을 발견, 발명하거나 모르던 것을 알아내기 위해 실험을 한다고 응답하였다. 사회문화적 영향, 과학자 집단에 대한 언급은 없었다. 과학지식은 정확한 사실로 묘사되고 있으며, 관찰과 실험의 객관성을 강조함으로써 실험의 이론의존성에 대한 고려가 부족함을 드러내었다. 한편 학교실험에 대해, 학생들의 58.1%가 주로 교과서에서 배운 것을 이해하거나 암기하기 위한 것이라고 응답하였으며, 흥미에 대해서도 15.6%의 학생들이 언급하였다. 그러나 기능적 목적(8.3%)이나 인식론적 목적(4.4%)에 대해서는 매우 적게 응답하였다. 학생들은 학교실험을 이해와 암기를 위한 일종의 학습방법으로 인식하였으며 과학방법의 학습이나 과학본성의 학습에 대한 응답은 매우 적었다.

학생들이 보인 과학지식의 발견에 대한 주장은 Swain *et al.*(1999)의 연구에서 보인 우리나라 교사들의 경향과 유사하다. 이 연구에서 한국의 교사들은 다른 나라의 교사들에 비해 실증주의적인 태도를 가지고 있었는데 이는 사실의 회상과 예시를 강조하는 한국의 실험실습 경향에서 기인한다고 지적하였다. 본 연구에서 보이는 학생들의 유사한 경향도 같은 맥락에서 이해될 수 있을 것이다. 현재 우리나라의 많은 교과서 실험이 사실과 개념학습을 위한 예시적 확인 실험이며 모형의 학습, 탐구 계획하기, 결론을 지지하기 위해 자료를 사용하기, 실험결과에 대해 의사소통하기 등에 해당하는 실험 목적을 가진 실험은 거의 없다(Kim *et al.*, 2001). 이러한 특징은 사실의 회상과 예시를 강조하는 우리나라 학교실험의 경향을 잘

드러낸다.

그러나 가설을 세우고, 탐구를 계획하며, 결론을 지지하기 위해 자료를 사용하고, 결과에 대해 의사소통하는 일련의 활동은 과학자들의 중요한 활동이며, 특히 과학자들이 의사소통하고 논쟁하는 활동은 과학 활동의 핵심으로 주목받고 있다(Fuller, 1997; Taylor, 1996). 과학교육에서도 이러한 과학적 주장하기를 통한 비판적 의사소통 활동의 중요성에 대한 관심이 증대되고 있다(Duschl *et al.*, 1999; Driver *et al.*, 2002). 한편, 학교실험에서 탐구에 대한 강조는 세계적인 추세이며, 우리나라 7차 교육과정에서도 탐구에 대해 강조하고 있다(교육부, 1997). 그럼에도 불구하고 본 연구에서 조사한 결과, 학생들은 여전히 실험의 성격을 인지적인 면에 국한시켜 인식하고 있었으며 탐구의 과정적 요소에 대한 고려가 부족하였다.

그러므로 과학에 대한 올바른 이해와 효과적인 과학학습을 위해 학생들은 확인 실험 이외의 다양한 실험 활동을 경험할 필요가 있으며, 학생들이 탐구의 과정을 경험하고 스스로 과학적 주장을 펴고 학생들끼리 비판적 의사소통을 경험할 수 있도록 고안된 실험 형태의 개발이 요청된다. 최근 주목받고 있는 개방적 탐구는 학생들이 주도권을 가지고 실험을 수행하며 탐구의 전 과정을 경험할 수 있다는 점에서 탐구의 과정적 요소에 대한 인식의 개발을 위해 필요한 활동이다.

현재 학교 과학 실험은 대부분의 실험이 확인실험으로 구성되어 있지만, 실험을 통해 과학지식이나 이론을 발견하는 것처럼 표현되어 있는 것은 학생들에게 혼란을 줄 수 있다. 실험의 목적이 다양하고 다른 성격을 가질 수 있음을 이해하지 못한 학생들은 실험에 대한 기대와 다른 모습을 보이는 학교 실험에 대해 실망과 냉소적 태도를 보이기도 하였다. 그러므로 학교실험에 대해 교사들은 실험활동을 통해 성취하고자 하는 목적을 좀더 분명히 해야 하며 이를 학생들에게 알려줄 필요가 있다. 또한 학교실험이 단지 교과서에서 배운 것을 이해하거나 암기하는 도구로서만 인식되는 것은 과학에 대한 올바른 이해를 저해할 수 있다. 이를 막기 위해서는 좀 더 다양한 목적과 형태를 갖춘 실험이 조직되어야 하며, 교사는 실험의 다양한 목적에 대해 학생들에게 알려주고, 매 실험마다 그 실험의 목적에 대해 명확히 밝혀 학생들이 실험의 목적에 대해 이해할 수 있도록 해야 할 것이다.

본 연구는 중학교 1학년을 대상으로 수행한 것으로 그

참고 문헌

범위나 수가 제한적인 것을 고려할 때 전체 학생들의 인식으로 일반화하는 것은 한계를 가지고 있다. 그러므로 좀 더 심도 있는 논의를 위해서는 광범위한 학생들과 교사들을 대상으로 하여, 과학자 실험의 목적과 학교실험의 목적에 대한 인식의 상호관련성에 대한 심층적 연구, 학생들의 인식에 대한 종단적 변화의 양상, 실험의 목적에 대한 교사들의 인식 등에 대한 연구가 필요하다.

국문 요약

실험활동은 과학교육에서 중요한 요소로서, 그 목적과 효과에 대해 많은 논의가 있어왔다. 그러나 이에 관한 연구결과는 회의적이며 그 이유 중 하나는 하나의 실험은 동시에 다양한 목적을 성취할 수 없으며, 교사와 학생들이 실험의 목적에 대해 인식하고 있지 않기 때문이라는 것이다. 그러므로 본 연구에서는 실험의 목적에 대한 중학생들의 인식을 조사하였다. 실험의 목적에 대한 중학생들의 인식을 알아보기 위해 '과학자들의 실험'과 '학교 실험'의 두 가지 상황에 대해 서울 소재 중학교 1학년생 147명을 대상으로 실험의 목적에 대해 서술형으로 응답하도록 하였다. 응답을 분석한 결과, 학생들의 56.8%가 과학자들이 새로운 것을 발견하거나 발명하기 위해 실험을 하는 것으로 응답하였으며, 학교실험에 대해서는 82.9%의 학생들이 인지적 영역, 즉 교과서에서 배운 것을 이해하거나 암기하기 위한 것이라고 응답하였다. 성별과 성취도에 따른 응답비율의 차이를 조사한 결과 남학생들의 경우에는 사회적 유용성을, 여학생의 경우에는 개인적 즐거움을 더 많이 응답하였으며, 성취도 '중'의 학생들은 다른 계열에 비해 학교 실험이 암기를 돕는 것이라는 항목에 더 많이 응답하였다. 과학자의 실험과 학교실험에 대한 인식의 상호관련을 조사한 결과, 과학자들의 실험이 이론을 증명하는 것이라고 생각하는 학생은 학교 실험의 기능도 유사하게 생각하였다. 마지막으로 학생들의 응답을 정성적으로 분석하였으며, 결론적으로 학생들은 실험에 대해 다양하고 적절한 인식을 가지고 있지 못하며, 학교실험에 대해 회의적인 태도를 보이기도 하였다. 이를 개선하기 위해서 교사는 실험의 다양한 목적에 대해 학생들에게 알려주고, 매 실험마다 그 실험의 목적에 대해 명확히 밝혀야 할 것이다.

- 교육부(1997). 제 7차 과학과 교육과정(교육부 고시 제 1997-15호). 서울: 대한 교과서 주식회사.
- 김재우, 오원근(1998). 중학생의 교과서 실험 수행에서 나타난 문제점: 실험 목표와 관련 변인 인식 및 인식한 목표와 도출된 결론의 관련성. *한국과학교육학회지*, 18(1), 35-42.
- 박승재, 조희형(1998). *과학교육 연구*. 서울: 교육과학사.
- 이상원(2000). 실험의 성격과 구조: 이론망에 기초한 인식적 접근. *서울대학교 박사학위 논문*.
- 정용재, 송진웅(2002). 계통도 분석법을 통한 초등학교 초등교사의 '과학학습의 필요성'에 대한 관점 조사. *한국과학교육학회지*, 22(4), 806-819.
- Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E., & Unger, C.(1989). "An experiment is when you try it and see if it works": a study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 11(5), 514-529.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open University Press.
- Driver, R., Newton, P., & Osborn, J. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.
- Duschl, R. A., Ellenbogen, K., & Erduran, S. (1999). *Promoting argumentation in middle school science students*. Paper to be presented at the annual meeting of NARST
- Fuller, S.(1997). *Science*. Buckingham, UK: Open University Press.
- Gott, R. and Duggan, S.(1995). *Investigative work in the science curriculum*, UK: Open University Press.
- Hart, C., Mulhall, P., Berry, A., Loughran, J., & Gunstone, R.(2000). What is the purpose of this experiment? Or can students learn something from doing experiments?. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(7), 655-675.

- Herron, M. D.(1971). The nature of scientific inquiry. *School Review*, 79(2), 171-212.
- Hirvonen, P. E. & Viiri, J.(2002). Physics Student Teachers' Ideas about the Objectives of Practical Work. *Science & Education*, 11(3), 305-316.
- Hodson, D.(1990). A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, 71(256), 33-40.
- Hodson, D.(1996). Practical work in school science: exploring some directions for change. *International Journal of Science Education*, 18(7), 755-760.
- Hodson, D.(1998). Is this really what scientists do? Seeking a more authentic science in and beyond the school laboratory. In J. J. Wellington (Ed.), *Practical Work in School Science*. NY: Routledge, 93-108.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N.(1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52(2), 201-217.
- Jones, A. T., Simon, S. A., Black, P. J., Fairbrother, R. W., & Watson, J. R.(1992). *Open work in science: Development of investigations in schools*. London: Centre for Educational Studies, King's College, London.
- Kim, H., & Pak, S.(2001). An analysis of practical works in korean science textbooks. Paper presented at International Conference on Physics Education in Cultural Context, Korea.
- Larochelle, M. & Désautels, J.(1991). 'Of course, it's just obvious': Adolescents' ideas of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 13(4), 373-38.
- Lazarowitz, R. & Tamir, P.(1994). Research on using laboratory instruction in science. In D. Gabel (Ed.). *Handbook of research on science teaching and learning*. New York: Macmillan, 94-128.
- Lederman, N.(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.
- Lunetta, V. N.(1997). The school science laboratory: historical perspectives and contexts for Contemporary teaching. In K. Tobin & B. Fraser (Eds.), *International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Kluwer, 249-262.
- Millar, R. H., Le Maréchal, J. F., & Tiberghien, A. (1999). "Mapping" the domain - varieties of practical work. In J. Leach & A. C. Paulsen (Eds.), *Practical Work in Science Education - Recent research studies*, Denmark: Roskilde University Press, 33-59.
- Simpson, R. D. & Anderson, N. D.(1981). *Science, students, and schools: A guide for the middle and secondary school teacher*. NY: Macmillan Publishing Company.
- Swain, J., Monk, M., & Johnson, S.(1999). A comparative study of attitude to the aims of practical work in science education in Egypt, Korea, and the UK. *International Journal of Science Education*, 21(12), 1311-1324.
- Watson, R.(2000). The role of practical work. In M. Monk & J. Osbrone(Eds.), *Good practice in science teaching: what research has to say*. Buckingham: Open University Press, 57-71.
- Wellington, J. J.(1998). Practical work in science: time for a reappraisal. In J. J. Wellington (Ed.), *Practical work in school science*. NY: Routledge. 3-15.
- Welzel, M., Haller, K., Bandiera, M., Hammelev, D., Koumaras, P., Niedderer, H., Paulsen, A. C., Bécu-Robinault, K., & von Aufschnaiter, S. (1998). *Teachers' objectives for labwork. research tool and cross country results*. Working paper 6, Labwork in Science Education Project.
- Woolnough, B. E.(1997). School science - Real science? Paper presented at ESERA-Conference, Rome.