과학 실험을 왜 할까? : 초등과학 영재아들이 생각하는 과학 실험의 목적

정용재 · 장명덕 · 김한제
(공주교육대학교)

Why do We do Science Experiments? : Scientifically Gifted Children's Views about the Purpose of Science Experiments

Joung, Yong Jae · Jang, Myoung-Duk · Kim, Han-Je
(Gongju National University of Education)

ABSTRACT

The object of this study is to investigate the views of scientifically gifted children about the purpose of scientists' experiments and school science experiments. The children's views were examined using a open-ended questionnaire survey. And then the responses from the children were analyzed with categorization. The results from the study are as follows: First, the children's views about the purpose of scientists' experiments and school science experiments were classified to 2 top-level, 5 mid-level and 21 sub-level categories. Second, it was found that the children considered internal values of doing experiments are more worthy than the social and personal usefulness of the experiments. Third, the gifted children mentioned most frequently that the purposes of the scientist experiment is 'to get the evidences for their theory and argument which is unusual in the regular children's views. Also the discovery of new phenomena and materials, and the generation of new theories and ideas were mentioned as purposes of the scientist experiments. Fourth, the students frequently stated that school science experiments support effective learning of science subject enhancing subject interests and better explanation/understanding. Fifth, relatively many students thought that the purposes of school science experiments are different with those of scientist experiments. Based on the results from the study, some educational suggestions are discussed.

Key words : science experiments, scientifically gifted children, elementary students

I. 서 론

실험은 과학의 핵심적인 요소로 인식되어 왔다(이상원, 1996; Hacking, 1983). 과학의 핵심 요소로서 실험은 과학 지식을 얻게 되는 과정에서 그 목적이나 기능, 성격에 대한 관점이 다양하게 변천되어 왔다(황성원, 2002). 19세기에는 과학 지식을 얻는 과정을 주로 소박한 귀납주의와 연역주의의 두 가지 관점에서 해석하였는데(Layton, 1990), 소박한 귀납주의에서 실험은 여러 차례의 관찰을 통해 새로운 지식을 생성하는 귀납의 과정에서 관찰의 원천을 제공하는 핵심적인 역할을 한다. 연역주의에서는 실험이 연역적인 전개가 일어나도록 사고를 돕는 보조인 도구로 그 역할이 다소 축소된다. 이후 논리실증주의가 등장하면서 가설-연역적 방법이 과학 지식이 생성되는 주된 과정으로 주목받게 된다(황성원, 2002). 즉, 사실을 수집하고 관찰하는 귀납적 단계에 앞서 가설이 먼저 존재해야 하며, 그

2011.2.11(접수), 2011.3.23(1심통과), 2011.5.15(2심통과), 2011.5.19(최종통과)
E-mail: csn1csn1@chol.com(정용재)

가설로부터 연역적으로 도출된 예측을 관찰을 통해 검증 가설의 참과 거짓을 가림으로써 과학 지식이 생성된다는 주장(Hempel, 1966)이 주류를 형성하게 된다. 여기에서 실험은 가설의 참과 거짓을 검증하는 도구로서 중요한 역할을 담당한다. 한편, 뒤엠-콰인의 테제(Duhem-Quine Thesis), 관찰의 이론의존성, 과학 지식의 사회적 성격 등이 강조되면서 실험을 통해 가설이 검증 혹은 반증될 수 있다는 주장은 비판을 받고 좀 더 다양한 실험의 목적과 역할이 주목 받게 된다(이상원, 2000). 즉, 이론이나 가설을 검증하는 결정적 실험이란 존재할 수 없고(Duhem, 1996), 관찰 역시 이론이나 사전 지식, 상황에 의존적이며(Hanson, 1961), 과학자들의 의사소통과 절충 및 합의가 과학 지식의 생성에 중요한 역할을 한다는 것이다(Latour & Woolgar, 1986). 이러한 관점에서 실험은 이론이나 가설의 검증 혹은 반증의 역할이 아니라, 공동체 내에서 자신의 주장을 뒷받침해 주는 근거로서 중요한 역할을 담당하게 된다. 더불어, 실험은 주어진 이론의 결과를 확인하거나 가설을 검증하는 역할을 넘어서, 세상을 해석하고 현상에 개입하는 것을 가능하게 해줌으로써(Hacking, 1983), 사실을 획득하고 새로운 현상을 발견하며 새로운 이론을 생성하게 하기도 한다(이상원, 2000). 여기에서 실험은 도구의 발달과 우연한 발견 및 이론 생성에 중요한 역할을 한다. 하지만, 위와 같이 과학 지식 생성 과정을 보는 관점에 따라 주된 목적과 역할은 변화하더라도, 실험의 지위는 과학에서 핵심적인 위치에 있었다(Hacking, 1983).

실험은 과학 교육에서도 핵심적이며 중요한 활동으로 인식되어 왔다(양일호와 조현준, 2005; Lazarowitz & Tamir, 1994; Lunetta, 1998). 이러한 인식은 과학에서 실험이 차지하는 비중에 대한 과학 교육자들의 긍정적 수용(McComas, 1997)과 더불어 과학 학습에도 실험이 효과적인 역할을 할 것이라는 기대(Bybee & DeBoer, 1994)에 기인한다. 더불어, 과학 교육에서 실험이 중요하다는 인식은 일반인들이나 학생들에게서도 발견되는데, 성인 1,000명과 청소년 1,000명을 대상으로 조사한 결과(한국과학창의재단, 2009), 성인의 54.8%, 청소년의 52.4%가 바람직한 학교 과학 수업 방향으로 '실험과 탐방 중심의 수업'을 선택하였다는 보고는 이러한 인식을 잘 보여주고 있다.

하지만, 위와 같은 실험에 대한 인식과 기대에도 불구하고, 실제 학교 과학교육에서 실험은 그다지 의미 있는 역할을 하지 못하고 있다는 주장도 있다(Hodson, 1998; Lazarowitz & Tamir, 1994). 그리고 그 원인의 하나로 많은 연구자들은 실험의 목적에 대한 인식 부족에 주목해 왔다(김희경과 송진웅, 2003; 양일호 등, 2006a). 즉, 하나의 실험으로 여러 가지 목적을 동시에 달성하려고 하거나(Wellington, 1998), 실험 활동의 목적들이 혼란스럽고 서로 충돌하기도 하면서(Woolnough, 1997), 교사들이 실험의 목적에 대해 분명하게 인식하지 못하고 학생들에게도 실험의 목적을 알려주지 않음으로써(Clough & Clark, 1994), 학생들이 실험의 목적과 목표를 인식할 때 올 수 있는 해당 활동에 대한 충분한 이해(Hart *et al*., 2000)를 방해하고 있다는 것이다.

교육에 있어서 목적은 다른 활동에 있어서와 마찬가지로, 교육의 실제를 이끄는 구실을 한다(이홍우, 1992). 즉, 목적은 어떤 활동과 내용이 필요하고 가치 있는지를 결정하는 데 영향을 미치며, 어떻게 계획을 세워야 하고, 어떤 것을 평가해야 하는지에 관여한다. 왜 수업 시간에 그러한 활동을 해야 하는지, 그러한 활동이 다른 활동과는 어떻게 연결될 수 있는지, 왜 그러한 유형을 띄어야 하는지 등에도 목적이 관여한다(양일호 등, 2006a). 이러한 목적의 역할을 수용한다면, 실험 활동에서도 실험의 목적을 어떻게 인식하느냐에 따라 어떤 점에 초점을 두어 실험을 계획할 것인지, 어떤 과정을 거쳐 실험을 수행할 것인지, 실험 활동의 어떤 점에 가치를 둘 것인지 등이 달라질 것이다.

실험의 목적에 대한 연구는 기존에도 꾸준히 있어왔다. 이론적 논의나 기존 연구 결과를 종합하여 실험의 목적을 구분한 연구(양일호와 조현준, 2005; Millar *et al*., 1999; Wellington, 1998), 교사나 전문가가 생각하는 실험의 목적에 대한 연구(양일호 등, 2006a; Hirvonen & Viiri, 2002; Swain *et al*., 1999), 학생이 생각하는 학교 과학 실험의 목적에 대한 연구(예를 들어, 양일호 등, 2006b; Hart *et al*., 2000), 과학자가 수행하는 실험의 목적에 대한 학생의 인식 관련 연구(김희경과 송진웅, 2003; Carey *et al*., 1989) 등 여러 영역에 걸쳐 실험의 목적에 관련된 연구가 수행되어 왔다.

하지만 과학자들이 수행하는 실험과 학교 과학 시간에 수행하는 실험에 대한 학생들의 인식을 함

께 조사하여 비교한 연구는 상대적으로 찾아보기가 어려웠다. 우선, 학교 과학 실험의 목적에 초점을 둔 연구들에 비해 과학자들이 수행하는 실험의 목적에 대한 연구는 상대적으로 적은 편이다(김희경과 송진웅, 2003). 학생들이 경험주의적인 소박한 관점에서 과학자들의 활동을 바라보고 있다는 주장(Lederman, 1992; Driver *et al*., 1996)을 감안할 때, 과학자들이 수행하는 실험의 목적에 대한 학생들의 인식을 조사하는 것은, 학생들로 하여금 소박한 경험주의적 관점을 넘어서, 앞서 논의한 바와 같이 현대 과학철학이 주목하고 있는 실험의 다양한 목적과 기능을 이해하고, 그러한 목적에 걸맞은 실험을 수행할 수 있게 하는 데에 한 가지 출발점을 제공할 수 있을 것이다. 더불어, 과학자들이 수행하는 실험과 학교 과학 시간에 수행되는 실험에 대한 학생들의 인식을 비교하는 것은 학교 과학 시간이라는 상황으로의 변화가 학생들에게 어떤 영향을 미치는지를 이해할 수 있게 해주어 적절한 실험 활동을 계획하고 지도하는 데에 도움이 될 것이다. 하지만 두 인식을 함께 조사하여 비교한 연구는 찾아보기 어렵다. 김희경과 송진웅(2003)이 동일한 학생들을 대상으로 하여 두 인식을 조사하여 비교한 바 있지만, 서로 다른 범주를 사용해 학생들의 응답을 분류하였기 때문에 동일한 기준으로 서로의 인식을 명확히 비교하는 데에 한계가 있어 보인다. 실험의 목적에 대한 학생들의 인식을 좀 더 심도 있게 이해하고, 적절한 실험 활동 지도를 위한 시사점을 얻기 위해서는 과학자들이 하는 실험과 학교 과학 시간에 하는 실험의 목적에 대한 인식을 함께 조사하여 비교할 필요가 있다.

한편, 2002년에 영재교육진흥법이 시행된 이후로 국내에서도 영재학교, 영재교육원, 영재학급을 중심으로 체계적인 과학 영재교육이 꾸준히 시도되고 있다. 특히 창의적 인재 육성을 통한 국가 경쟁력 강화라는 국가적 요구와 부합되면서 영재교육은 2012년까지 전체 초, 중등학생의 1%, 즉 7만 여명의 학생에게 실시하는 것을 목표로 더욱 강화되고 있다(교육과학기술부, 2008). 실제로 2004년에 전체 학생 중 0.32%만을 대상으로 제공되던 영재교육이 2008년에 0.72%, 2009년에는 1.03%의 학생을 대상으로 제공되었다(김규상, 2010). 물론, 대상의 증가가 영재교육이 바람직한 방향으로 이루어지고 있다는 것을 직접적으로 의미하는 것은 아니겠지만(유미현, 2008), 과학 영재교육의 중요성을 증대시키고 있는 것만은 틀림없어 보인다.

과학 영재교육의 확대와 강화에 따라 국내에서도 관련된 연구가 꾸준히 증가하고 있다. 하지만, 많은 연구들이 과학 영재의 판별 및 특성 규명, 선발 및 교육과정, 프로그램 개발 등에 집중되어 있는 실정이다(서혜애와 이선경, 2004; 이수진 등, 2007). 실험이나 과제 수행과 관련해서도 수행 과정에서 나타나는 과학 영재아들의 특성을 분석한 연구들(예를 들어, 박종원과 지경준, 2010; 심혜진과 장신호, 2007; 윤숙경, 2009)은 보고되고 있으나, 실험의 목적에 대해 과학 영재아들이 어떻게 인식하고 있는지에 대한 연구는 찾아보기 어렵다.

실험의 목적에 대한 과학 영재아들의 인식을 조사하는 것은 적어도 두 가지 측면에서 의미가 있을 것이다. 첫째, 앞서 논의한 일반적인 과학 교육 상황과 마찬가지로, 과학 영재아들이 실험을 바라보는 관점과 중시하는 점을 이해하게 됨으로써, 각종 영재교육 기관에서 과학 영재아들에게 실험 활동을 지도할 때 어떤 점을 강조하고 어떤 점을 보완해야 하는지를 판단하는 데에 시사점을 줄 수 있을 것이다. 둘째, 일반 학급에서 이뤄지는 실험 활동 지도에서 과학 관련 성취도나 기능이 뛰어난 학생들을 배려하는 데에 시사점을 줄 수 있을 것이다. 앞서 영재 교육 대상자 비율로 미루어 보건데, 과학 영재아들을 과학 분야에서 대체로 상위 1% 안에 드는 우수한 학생들이라고 볼 수 있을 것이다. 따라서 과학 분야의 최상위권 학생들에게는 어떤 점들을 고려하여 실험 활동을 지도해야 하는지에 대해 도움을 줄 수 있을 것이다.

이에 본 연구에서는 과학 실험에 대한 초등과학 영재아들의 인식을 조사하는 것을 목적으로 하여, 과학자가 하는 과학 실험과 학교 과학 시간에 하는 과학 실험의 목적에 대한 초등과학 영재아들의 응답을 조사하고 그 특징을 분석하였다.

II. 연구 방법

충청 지역 소재 교육대학교 부속 영재교육원의 초등과학 분야 재학생을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문에 응한 학생은 총 63명으로 4학년 30명, 5학년 20명, 6학년 13명이었으며, 이중 남학생이 42명이었다.

설문은 서술형으로 구성하였는데, 이는 구조화된 선다형 설문을 사용했을 때 연구 대상의 응답이 연구자가 제시한 답지에 의해 제한되거나 영향을 받을 수 있다는 단점(박승재와 조희형, 1998)을 보완하고 학생들의 생각을 좀 더 다양하고 여과 없이 얻기 위해서였다. 설문은 크게 두 개의 질문으로 구성하였다. 질문 내용은 김희경과 송진웅(2003)의 연구에서 사용되었던 질문과 동일한 것으로 하였는데, 첫 번째 질문은 "과학자들은 왜 실험을 하나요?"였고, 두 번째 질문은 "과학 시간에 실험을 하는 이유는 무엇인가요?"였다. 전자는 과학자가 하는 실험의 목적에 대한 학생들의 인식을, 후자는 학교 과학 시간에 하는 실험의 목적에 대한 인식을 묻고자 한 질문이었다. 응답지에서 "여러분의 생각을 분명하게 알 수 있도록 10줄 이상 쓰고 가능한 자세히 예를 들어 설명하세요."라고 안내하였는데, 이는 정용재와 송진웅(2002)의 연구에서 시도했던 바와 유사하게 학생들의 생각에 대해서 좀 더 풍부하고 정확한 정보를 얻기 위한 노력이었다.

연구 대상 학생의 응답은 세그멘팅(segmenting), 코딩, 심화 코딩을 거치는 질적 자료의 일반적 방법(김영천, 2006)에 따라 분석하였다. 즉, 각 질문별로 유사하거나 반복되는 내용을 추출한 후, 공통적으로 발견되는 인식 유형을 나타낼 수 있는 코드를 작성하였다. 1차 코딩을 마친 후에는 응답과 코드를 반복적으로 검토하면서 인식 유형을 수정 보완하고, 코드를 좀 더 정교화 하여 심화된 코드를 작성하였다. 이 과정에서 연구자 2인이 각각 동일한 20명의 학생 응답을 따로 분석한 결과를 검토한 후 전체 대상 학생의 응답을 분석하였다. 또한 유형들을 구조화하는 작업을 동시에 수행하였는데, 주로 Wellington(1998), 김희경과 송진웅(2003), 양일호 등(2006b), 정용재와 송진웅(2002)의 연구들에서 사용한 범주들을 참고 하여 대략적인 구조를 세운 후, 학생들의 응답 유형과 상응하는 정도를 반복적으로 검토하고 연구의 목적을 고려하여 대범주, 중범주, 소범주의 구조를 수정 보완하였다. 또, 본 연구에서 하고자 하는 것 중 하나인 두 가지 인식의 비교, 즉 과학자가 하는 실험과 학교 과학 시간에 하는 실험에 대한 인식의 비교를 위해서는 두 가지 인식을 동일한 유형으로 범주화할 필요가 있었다. 이러한 필요에 따라 기존 연구들에서 사용된 범주들을 그대로 사용하기보다는, 특정 소범주 유형에 해당하는 응답자가 없는 경우가 생기더라도 두 가지 인식 유형에 동일한 구조의 범주 체계를 사용할 수 있도록 보완하였다. 더불어, 어떤 경우에는 기존 연구의 범주 체계를 수정하기도 하였다. 예를 들어, 김희경과 송진웅(2003)의 연구에서는 '호기심 충족'이라는 소범주를 '사실 획득'이라는 범주의 하위로 두었었다. 하지만, 이러한 분류 체계는 그 이론적 배경이 된 이상원(2000)의 관점에서 무리가 있어 보였다. 그의 관점은 '사실 획득'은 새로운 현상이나 물질의 발견에 가깝기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 '정의적 영역'이라는 중범주를 만들고, '호기심 충족'을 흥미나 재미, 성취욕에 관련된 소범주들과 함께 정의적 영역의 하위 범주로 두었다. 위와 같은 과정을 거쳐 학생들의 응답을 최종적으로 2개의 대범주와 5개의 중범주, 그리고 21개의 소범주로 범주화 할 수 있었다.

이렇게 범주화된 학생들의 응답은 각 유형의 특징과 유형별 빈도수를 중심으로 분석하였다. 이때 통계적인 유의미성을 확인할 필요가 있을 때에는 각 유형을 더미 변수(dummy variable)로 변환하여 교차분석과 *t*-검증을 실시하였다. 통계 분석은 SPSS 15.0을 사용하여 수행하였다.

III. 결과 및 논의

1. 과학자가 하는 실험의 목적에 대한 인식

대상 학생들의 응답은 총 21개의 소범주, 즉, '이론의 결과 검사', '주장의 근거 제시', '상세(정확)한 특성/원리/법칙 파악', '새로운 현상(물질) 발견', '새로운 이론(아이디어) 생성', '발명', '설명/이해 용이', '기억 용이', '실험(탐구)기능 발달', '사고력(창의력 발달)', '흥미(재미) 충족/유발', '호기심 해소/유발', '성취욕 충족/유발', '생활의 편리성 증진', '국가 발전', '인류의 행복', '실용화 가능성 확인', '학생지도의 편의', '명성(경력) 쌓기', '장래희망(진학, 취업) 성취', '경제적 필요 충족' 범주로 분류할 수 있었다. 이중에서 '이론의 결과 검사', '주장의 근거 제시', '상세(정확)한 특성/원리/법칙 파악', '새로운 현상(물질) 발견', '새로운 이론(아이디어) 생성', '발명', '설명/이해 용이', '기억 용이' 범주는 중범주 '인지적 영역'으로, '실험(탐구)기능 발달', '사고력(창의력 발달)' 범주는 중범주 '과정 기능적 영역'으로, '흥미(재미) 충족/유발', '호기심 해소/유발', '성취욕 충족/유발'

범주는 중범주 '정의적 영역'으로 분류할 수 있었다. 그리고 이 3개의 중범주는 다시 대범주 '내적 가치 중시'로 분류할 수 있었다. 비슷하게, '생활의 편리성 증진', '국가 발전', '인류의 행복', '실용화 가능성 확인', '학생지도의 편의' 범주는 중범주 '사회적 유용성'으로, '명성(경력) 쌓기', '장래희망(진학, 취업) 성취', '경제적 필요 충족' 범주는 중범주 '개인적 유용성'으로 분류할 수 있었고, 이 두 중범주를 대범주 '외적 가치 중시'로 분류할 수 있었다.

"과학자들은 왜 실험을 하나요?"라는 질문에 대한 대상 학생들의 응답은 중복 응답을 포함하여 총 172개의 항목이었다. 이는 1인당 평균 약 2.7개의 응답을 한 셈으로 두 개 이상의 범주에 걸쳐 중복 응답한 학생이 많다는 것을 보여준다. 각 범주별 응답자 수와 전체 응답자 및 전체 응답 항목에 대한 비율, 그리고 각 소범주별 응답의 예는 표 1과 같다.

표 1에서 볼 수 있듯이 대상 학생 모두가 한 가지 이상의 '내적 가치 중시'에 해당하는 응답을 하였다.

표 1. 과학자가 실험을 하는 목적에 관한 응답 결과와 학생 응답의 예

대범주	중범주	소범주	응답자 수	응답 예(부분 발췌)
내적 가치 중시 (100.0%, 86.0%)**	인지적 영역 (98.4%, 77.3%)	이론의 결과 검사	28(44.4)*	"자신의 이론이 맞나 틀리나 검사를 할 수 있기 때문…"
		주장의 근거 제시	37(58.7)	"…만약 실험을 하지 않고 이론만 내세워서는 사람들이 믿기 어렵다."
		상세(정확)한 특성/원리/법칙 파악	28(44.4)	"…이론적으로 알고 있는 내용들을 실험을 통해서 더 정확하게 알려고…"
		새로운 현상(물질) 발견	16(25.4)	"…실험을 하다가 자기의 목적과 달리 새로운 물질과 원리를 발견할 수 있다."
		새로운 이론(아이디어) 생성	6(9.5)	"…전혀 다른 결과가 나와도 그것으로 새로운 가설과 원리를 얻을 수 있게 된다."
		발명	15(23.8)	"에디슨이 전구를 만들기 위해서 몇 천 번의 실험과 노력을 해서 전구를 발명한 것처럼…"
		설명/이해 용이	2(3.2)	"…쉽게 설명할 수 있게 하려고 실험을 하는 것 같다"
		기억 용이	1(1.6)	"직접 보았기 때문에 더 오랜 시간동안 기억할 수 있고…"
	과정 기능적 영역 (0.0%, 0.0%)	실험(탐구)기능 발달	0(0.0)	
		사고력(창의력) 발달	0(0.0)	
	정의적 영역 (19.0%, 8.7%)	흥미(재미) 충족/유발	7(11.1)	"실험을 좋아하기 때문이라고 생각합니다. …"
		호기심 해소/유발	5(7.9)	"…과학자들은 궁금증을 해결하기 위해서 실험을 한다."
		성취욕 충족/유발	3(4.8)	"…다른 과학자보다 먼저 알아내려는 승부욕 때문에 실험한다고 생각한다."
외적 가치 중시 (27.0%, 14.0%)	사회적 유용성 (23.8%, 9.9%)	생활의 편리성 증진	8(12.7)	"실험을 하는 이유는 사람들을 편리하게 해주고…"
		국가 발전	1(1.6)	"우리나라도 과학이 발달된 걸 보여 주고 … 자기네 나라를 널리 알리는 것 같다."
		인류의 행복	2(3.2)	"이보다 더욱 좋은 세계를 만들기 위해서 … 후손에게 더 좋은 세상을 물려받게 하고…"
		실용화 가능성 확인	6(9.5)	"…실생활에 적용하기 위해서 마지막으로 하는 것이 실험이라는 생각도 든다."
		학생지도의 편의	0(0.0)	
	개인적 유용성 (7.9%, 4.1%)	명성(경력) 쌓기	3(4.8)	"때로 과학계에서 인정받기도 하고…"
		장래희망(진학, 취업) 성취	2(3.2)	"…그리고 목표를 이루려고 한다."
		경제적 필요 충족	2(3.2)	"…과학자는 돈을 벌어야 하고 벌기 위해서는 실험을 해야 한다고 생각합니다."

* 전체 응답자(63명) 중 해당 소범주 응답자 비율(%). 중복 응답이 있으므로 합계는 100%가 넘음.

** 첫 번째 백분율은 전체 응답자(63명) 중 해당 범주를 한 번이라도 응답한 학생의 비율로서 중복 응답이 있으므로 소범주, 중범주들의 합계와는 차이가 있고, 100%가 넘음. 두 번째 백분율은 전체 응답 수(172개) 중 해당 범주에 해당하는 응답의 비율.

반면, '외적 가치 중시'에 해당하는 응답을 한 가지 이상 한 학생은 전체의 27.0%에 불과했다. 이는 초등과학 영재아들이 사회적 유용성이나 개인적 유용성보다는 인지적 영역이나 정의적 영역의 내적인 만족을 위해 과학자들이 실험을 한다고 생각하고 있음을 의미한다. 예를 들어, 아래의 두 응답 사례 중 첫 번째는 사례에는 두 번째 사례에서 나타나는 외적 가치에 대한 언급이 전혀 없이, 주장의 근거 제시를 위해서나 실험이 좋아서 한다는 등의 내적 가치에 대한 언급만 나타나 있다.

> [ID 11] 자신의 생각을 증명하기 위해서. 예를 들어, 아인슈타인이 상대성 이론을 발표했는데, 증거가 없으면 인정받지 못하므로 그걸 증명하기 위해 실험이 필요할 것이다. 그리고 다른 사람이 발표한 논문을 증명할 수 없다면 그 논문을 읽은 과학자가 그게 실제로 있을 수 있는가를 위해 증명 실험을 한다. 또 실험을 좋아하는 과학자들도 있기 때문에 다른 사람이 만들어 논 실험을 하는 경우도 있다. 그리고 과학자들은 무엇을 끊임없이 연구하고, 끊임없이 만들어 내려고 노력하기 때문에 새로운 실험을 여러 번 해봐서 새로운 이론을 만들 수도 있을 것이다. 그렇게 때문에 과학자들이 실험을 한다고 생각한다.

> [ID 9] 나는 과학자들이 왜 실험을 하냐면 이보다 더욱 좋은 세계를 만들기 위해서라고 생각한다. 왜냐하면 더 편리하고 간단하게 하기 위해서이기 때문이다. 또 실험을 하기 위해서 과학자가 되었기 때문이다. 그리고 명예와 돈 때문일 수 있다. 아니면 선진국에서 우리나라도 과학이 발달된 걸 보여 주고 싶은 것이기도 한 것 같고, 후손에게 더 좋은 세상을 물려받게 하고 싶거나 자기네 나라를 널리 알리는 것 같다.

이와 같은 경향성은 기존에 일반 학생을 대상으로 한 연구 결과보다 더 두드러진 것이었다. 예를 들어, 본 연구와 동일한 질문에 대해서 중학교 1학년 일반 학급 학생들의 응답을 분석한 김희경과 송진웅(2003)의 연구에서는 본 연구의 '내적 가치 중시'에 해당하는 '사실 획득'과 '이론의 시험' 범주에 각각 56.8%, 19.9%의 학생이, 본 연구의 '외적 가치 중시'에 해당하는 '사회적 유용성'과 '개인적 유용성' 범주에 각각 41.8%, 19.9%의 학생이 해당되었다. 이는 본 연구 결과와 유사하게 학생들이 과학 실험의 목적을 외적인 가치보다는 내적인 가치 측면에서 인식하고 있음을 보여주지만, 그 비율에 있어서는 본 연구에 비해 상대적으로 차이가 적었다. 한편, 초등과학 영재아들의 실험의 목적에 대한 인식이 내적 가치의 만족에 지나치게 편중되어 있다는 점은 영재아들을 지도하면서 과학자들의 실험 결과가 초래할 수 있는 사회적 영향에 대해서도 주의를 환기시켜줄 필요가 있음을 시사한다.

중범주들 중에서는 인지적 영역에 해당하는 응답을 한 가지 이상 한 학생이 98.4%에 이르러 거의 모든 학생들이 과학자들은 인지적인 성취를 위해 실험을 한다고 생각하고 있음을 알 수 있었다.

소범주들 중에서는 '주장의 근거 제시'(58.7%)가 가장 많았고, 그 뒤를 이어 '이론의 결과 검사'(44.4%), '상세(정확)한 특성/원리/법칙 파악'(44.4%), '새로운 현상(물질) 발견'(25.4%) 등이 많았다. 특히, 아래의 응답 사례와 같이, '주장의 근거 제시' 범주, 즉, 과학자들이 이론이나 주장의 근거를 제시하고, 다른 사람들을 설득하기 위해서 실험을 한다는 응답이 가장 많았다는 본 연구의 결과는 기존에 일반 학생들을 대상으로 한 연구 결과들과는 차이가 나는 흥미로운 결과이다.

> [ID 36] …그 이론을 뒷받침해 주는 증거라고 생각을 한다. 만약 실험을 하지 않고 이론만 내세워서는 사람들이 믿기 어렵다. 그것이 현실인지, 아니면 거짓인지 사람들은 믿기 어렵다. 아인슈타인도 그 이론이 처음에는 뒷받침되지 않았지만 나중에 실험을 다른 과학자들이 해내고, 뒷받침하여 된 것이다. 그러므로 실험을 통하여 다른 사람이 믿게 하고, 옳은지를 뒷받침하는 증거라 생각된다.

기존의 연구들은 학생들이 과학자들의 실험 활동에서 이론과 증거의 역할을 잘 인식하지 못하고 실험을 통해 지식이 단순히 발견된다고 생각하는 경향이 있다고 보고하고 있다(Carey *et al*., 1999; Lederman, 1992). 김희경과 송진웅(2003)에서도 '이론의 증거를 얻기 위해서'라고 응답한 학생들은 불과 1.4%에 지나지 않았다. 이는 동일한 소범주에 58.7%의 학생이 응답한 본 연구의 결과와는 큰 차이가 있는 것이다. 김희경과 송진웅(2003)의 연구와 본 연구의 범주체계가 정확히 일치하지 않는 점을 감안하여, 이들의 연구에서 '이론을 증명하기 위해서', '이론의 증거를 얻기 위해서', '정확한 결과를 얻기 위해서'의 세 하위 범주를 묶은 상위 범주인 '이론의 시

험'(19.9%) 범주와 비교해 봐도, 본 연구의 유사한 범주, 즉, '주장의 근거 제시'(58.7%), '이론의 결과 검사'(44.4%), '상세(정확)한 특성/원리/법칙 파악'(44.4%) 범주의 응답 비율이 모두 더 높았다. 이러한 결과들은 초등과학 영재아들의 경우 과학자들이 하는 실험 활동에서 이론 및 증거의 역할을 일반학생들보다 비교적 잘 이해하고 있음을 보여주고 있다.

전체 대상 학생의 25.4%가 '새로운 현상(물질) 발견'을 위해서라고 응답하였고, 비록 소수이긴 하지만 '새로운 이론(아이디어) 생성'(9.5%)을 위해서라는 응답이 나타난 것도 흥미롭다. 경험주의와 실증주의의 영향으로 과학에서 실험은 가설이나 이론을 검증하는 것이라는 인식이 주를 이루었었지만, 관찰의 이론 의존성, 뒤엠-콰인 테제(Duhem-Quine Thesis) 등 관찰과 실험에 의해 이론이 검증될 수 없다는 주장들이 제기되면서, 실험의 또 다른 역할, 즉, 새로운 현상을 발견하거나 창조하고 이론을 야기한다는 역할에 주목해야 한다는 주장이 제기되어 왔다(이상원, 2000; 황성원, 2002). 이러한 실험의 역할은 역사적 사례에서도 발견된다(Hacking, 1983). 예를 들어, 음극선에 대한 실험을 하다가 우연히 X선을 발견한 뢴트겐(Roentgen)이나, X선의 발생 여부를 실험하다가 우연히 방사선을 발견한 베크렐(Becquere)의 사례 등이 그 예인데, 이들의 발견은 모두 새로운 이론을 생성하게 된다(이상원, 2000). 즉, 이론에서 예측하는 현상을 시험하고 확인하는 것뿐만 아니라, 새로운 현상을 발견하거나 창조하고 새로운 이론을 생성하게 하는 것도 실험의 중요한 역할이라는 것이다(황성원, 2002; Franklin, 1981). 본 연구의 결과는, 아래의 응답 사례에서 보이는 바와 같이, 초등과학 영재아들이 실험의 이러한 역할도 일부 인지하고 있음을 보여 준다.

> [ID 7] …퀴리 부인은 라듐과 폴로늄을 발견하기 위해 주석을 녹였다. 그래서 라듐을 발견했지만, 새롭게 방사선도 발견했다.

한편, '실험(탐구)기능 발달', '사고력(창의력 발달)', '학생지도의 편의'의 3개 소범주는 '학교 과학 시간에 하는 실험의 목적'에 대한 응답에서는 나타났지만, '과학자들이 하는 실험의 목적'에 대한 응답에서는 나타나지 않았다. 하지만, 두 목적에 대한 인식을 서로 비교하기 위해 동일한 범주 체계를 사용하고자 했으므로 표 1에도 범주로 포함시켰다.

위와 같은 인식들을 남녀별, 학년별로 교차분석을 통해 비교해 본 결과, 통계적으로 유의미한 차이는 거의 없었다(표 2). 다만, '이론의 결과 검사'(χ^2= 5.973, p=.050)와 '상세(정확)한 특성/원리/법칙 파악'(χ^2=6.264, p=.044) 범주에서 학년에 따른 응답 비율에 차이가 났다. 특히 이중에서 '상세(정확)한 특성/원리/법칙 파악'하기 위해서 실험을 한다는 응답은 학년이 올라갈수록 유의미하게 감소하는 것으로 나타났다. 이는 '주장의 근거 제시'나 '새로운 현상(물질) 발견' 범주의 응답 비율이, 유의미한 차이는 아니지만, 학년이 올라갈수록 높아지고 있음을 감안할 때, 학년이 올라갈수록 지식의 심화나 확장보다는 이론에 대한 근거 제시나 새로운 사실(현상, 물질)의 획득에 주목하기 때문이라고 생각한다.

2. 학교 과학 시간에 하는 실험의 목적에 대한 인식

"학교 과학 시간에 실험을 하는 이유는 무엇인가요?"라는 질문에 대한 대상 학생들의 응답은 중복응답을 포함하여 총 162개 항목이었다. 1인당 평균 약 2.6개의 응답을 한 셈이다. 각 범주별 응답자 수와 전체 응답자 및 전체 응답 항목에 대한 비율, 그리고 각 소범주별 응답의 예는 표 3과 같다.

표 3에서 볼 수 있듯이 대상 학생의 거의 모두(98.4%)가 한 가지 이상의 '내적 가치 중시'에 해당하는 응답을 한 반면, '외적 가치 중시'에 해당하는 응답을 한 가지 이상 한 학생은 전체의 19.0%에 불과했다. 이는 초등과학 영재아들이 학교 과학 시간에 실험을 하는 목적에 대해서도 사회적 유용성이나 개인적 유용성보다는 인지적 영역이나 과정 기능적 영역, 정의적 영역의 내적인 만족을 위해 실험을 한다고 생각하고 있음을 보여 준다.

중범주들 중에서도 '인지적 영역'(88.9%)과 '정의적 영역'(52.4%)에 해당하는 응답을 한 학생들이 많았다. 과학자들이 실험을 하는 목적에 대한 인식에서는 나타나지 않았던 '과정 기능적 영역'도 19.0%의 학생이 과학 시간에 과학 실험을 하는 목적으로 응답하였지만, 그 비율이 높지는 않았다. 이는 초등과학 영재학생들의 많은 수가 과학 시간에 실험을 하는 목적을 인지적인 성취와 정의적인 만족으로 생각하고 있음을 보여 준다.

소범주들 중에서는 '흥미(재미) 충족/유발'(49.2%)이 가장 많았고, 그 뒤를 이어 '설명/이해 용이'(44.4%),

표 2. 과학자가 실험을 하는 목적에 관한 남녀별, 학년별 응답자 비율과 교차분석 결과

소범주	남녀별 응답자 비율(%)		χ^2	p	학년별 응답자 비율(%)			χ^2	p
	남	여			4	5	6		
이론의 결과 검사	45.2	42.9	.032	.858	30.0	65.0	46.2	5.973	.050*
주장의 근거 제시	61.9	52.4	.525	.469	50.0	65.0	69.2	1.859	.395
상세(정확)한 특성/원리/법칙 파악	42.9	47.6	.129	.720	56.7	45.0	15.4	6.264	.044*
새로운 현상(물질) 발견	23.8	28.6	.168	.762	23.3	25.0	30.8	.267	.875
새로운 이론(아이디어) 생성	7.1	14.3	.829	.363	10.0	5.0	15.4	1.001	.606
발명	19.0	33.3	1.575	.209	26.7	20.0	23.1	.299	.861
설명/이해 용이	4.8	0.0	1.033	.441	0.0	10.0	0.0	4.441	.109
기억 용이	0.0	4.8	2.032	.154	0.0	5.0	0.0	2.185	.335
실험(탐구)기능 발달	0.0	0.0			0.0	0.0	0.0		
사고력(창의력) 발달	0.0	0.0			0.0	0.0	0.0		
흥미(재미) 충족/유발	11.9	9.5	.080	.777	13.3	10.0	7.7	.329	.848
호기심 해소/유발	7.1	9.5	.109	.742	13.3	0.0	7.7	.291	.232
성취욕 충족/유발	7.1	0.0	1.575	.209	6.7	5.0	0.0	.893	.640
생활의 편리성 증진	16.7	4.8	1.709	.181	10.0	20.0	7.7	1.453	.484
국가 발전	2.4	0.0	.508	.476	3.3	0.0	0.0	1.118	.572
인류의 행복	4.8	0.0	1.033	.310	3.3	5.0	0.0	.645	.724
실용화 가능성 확인	9.5	9.5	.000	1.000	10.0	5.0	15.4	1.001	.606
학생지도의 편의	0.0	0.0			0.0	0.0	0.0		
명성(경력) 쌓기	4.8	4.8	.000	1.000	6.7	5.0	0.0	.893	.640
장래희망(진학, 취업) 성취	4.8	0.0	1.033	.310	1.6	5.0	0.0	.645	.724
경제적 필요 충족	4.8	0.0	1.033	.310	3.2	0.0	0.0	2.272	.321

* $p<.05$.

'상세(정확)한 특성/원리/법칙 파악'(34.9%), '이론의 결과 검사'(33.3%). '기억 용이'(28.6%) 등이 많았다(표 3). '흥미(재미) 충족/유발'에 해당하는 응답이 가장 많았다는 것은 초등과학 영재아들은 과학 시간에 실험을 하는 가장 큰 이유로, 아래의 응답 사례와 같이, 과학에 대한 흥미를 충족시키거나 높이고, 과학 시간을 재미있게 하기 위해서라고 생각하고 있음을 보여준다. 이러한 결과는 학생들의 흥미나 관심이 과학 실험이나 활동을 할 때 높아지고(김영신과 양일호, 2005), 실험을 하기 때문에 과학을 좋아한다(장소영과 노석구, 2005)는 기존 연구 결과들과 맥을 같이 한다.

> [ID 30] 왜 과학 시간에 실험을 하는 이유는 만약에 실험이 없다고 가정하면, 과학을 시작하는 사람이 실험이 없어서 과학이 따분하다고 생각하여 과학을 실험하게 될 수도 있다. …그래서 과학을 재미있게, 좋아하게 하는 것이 실험이라서 과학 시간에 실험을 하는 것이다.

두 번째로 많이 나온 응답은, 아래의 응답 사례와 같이, '설명/이해 용이'(44.4%), 즉 과학 지식이나 이론을 쉽게 설명할 수 있고, 또 쉽게 잘 이해할 수 있어서 실험을 한다는 응답이었다. 이러한 결과는 '이론의 이해를 위해'라는 응답이 가장 많았다는 김희경과 송진웅(2003)의 결과와도 유사하다. 이는 '기억 용이'(28.6%), 즉, 기억하기 쉽고, 또 오래 기억할 수 있어서라는 응답과 더불어 초등과학 영재아들이 실험을 효과적인 학습을 위한 하나의 도구로 생각하고 있음을 보여준다.

> [ID 43] 우리가 과학을 배우고, 그 대상의 법칙, 일어나는 현상, 힘을 말로만 듣기보다는 직접 체험(실험)을 하면서 그것에 왜 그런 것이 일어나는지를 실험을 통하여 알게 되고, 선생님이 해주시는 설명을 보다 쉽게 이해할 수 있다. …더군다나 말로만 하면 잘 모르겠는 과학을 쉽게 실험으로 풀이하기 때문에 핵심, 개념, 이유를 실험에서 곧바로 찾을 수 있다.

표 3. 학교 과학 시간에 실험을 하는 목적에 관한 응답 결과와 학생 응답의 예

대범주	중범주	소범주	응답자 수	응답 예(부분 발췌)
내적 가치 중시 (98.4%, 91.4%)**	인지적 영역 (88.9%, 60.5%)	이론의 결과 검사	21(33.3)*	"과학 시간은 책에 나온 이론 또는 실험을 실제로 실현하는 시간입니다."
		주장의 근거 제시	8(12.7)	"…실험을 하면 그 주장의 근거도 말할 수 있다.."
		상세(정확)한 특성/원리/법칙 파악	22(34.9)	"실험은 더 자세하게 알 수 있다."
		새로운 현상(물질) 발견	0(0.0)	
		새로운 이론(아이디어) 생성	0(0.0)	
		발명	1(1.6)	"…발명품을 만들기 위해 실험을 할 수도 있다."
		설명/이해 용이	28(44.4)	"…선생님이 해주시는 설명을 보다 쉽게 이해할 수 있다."
		기억 용이	18(28.6)	"…실험을 하면 오감을 이용했기 때문에 더 오래 기억에 남는다."
	과정 기능적 영역 (19.0%, 8.6%)	실험(탐구)기능 발달	9(14.3)	"직접 실험기구도 만지며 하게 되면 다루는 방법, 규칙, 주의사항도 저절로 익혀진다."
		사고력(창의력) 발달	5(7.9)	"…창의력, 사고력이 길러지고 생각하는 힘도 길러진다."
	정의적 영역 (52.4%, 22.2%)	흥미(재미) 충족/유발	31(49.2)	"…과학 시간을 더 재미있게 만들기 위해서."
		호기심 해소/유발	3(4.8)	"…실험을 하다 보면 과학에 호기심도 생긴다."
		성취욕 충족/유발	2(3.2)	"그리고 성공하였을 때의 성취감 등 여러 가지를 경험…"
외적 가치 중시 (19.0%, 8.6%)	사회적 유용성 (7.9%, 3.1%)	생활의 편리성 증진	0(0.0)	
		국가 발전	2(3.2)	"… 나라의 발전을 위해서 라고도 생각합니다."
		인류의 행복	0(0.0)	
		실용화 가능성 확인	2(3.2)	"…더욱 편리하거나 간편하거나 실용성이 좋은 거 나쁜 거 확인할 때도 실험이 필요하다."
		학생지도의 편의	1(1.6)	"또 선생님도 힘들지 않게 하기 위해 실험을 하는 것 같기 때문에…"
	개인적 유용성 (14.3%, 5.6%)	명성(경력) 쌓기	0(0.0)	
		장래희망(진학, 취업) 성취	9(14.3)	"무엇보다 꿈을 이루기 위해서 라고 생각합니다."
		경제적 필요 충족	0(0.0)	

* 전체 응답자(63명) 중 해당 소범주 응답자 비율(%). 중복 응답이 있으므로 합계는 100%가 넘음.
** 첫 번째 백분율은 전체 응답자(63명) 중 해당 범주를 한 번이라도 응답한 아동의 비율로서 중복 응답이 있으므로 소범주들, 중범주들의 합계와는 차이가 있고, 100%가 넘음. 두 번째 백분율은 전체 응답 수(162개) 중 해당 범주에 해당하는 응답의 비율.

반면, '실험(탐구) 기능 발달'(14.3%), '사고력(창의력) 발달'(7.9%) 등 과정 기능적 영역에 속하는 소범주들은 그 응답이 비교적 낮았다(표 3). 즉, 초등과학 영재아들이 실험 활동을 탐구 기능이나 사고력 혹은 창의성 발달과 잘 연결 짓지 못하고 있음을 보여준다. 과학 탐구 능력은 우리나라 제3차 교육과정부터 2007 개정 교육과정에 이르기까지 꾸준히 강조되어 왔다(교육인적자원부, 2007). 이는 실험 활동을 통한 과학 탐구 능력의 향상이 과학교육의 주요 목표가 되어야 한다는 주장(Bredderman, 1983)과도 맥을 같이 한다. 창의성이나 과학적 사고력 발달 역시 2007 개정 교육과정에서 추구하는 주된 목표이다(교육인적자원부, 2007). 이 두 가지는 국내 과학자 및 과학교육자 전문가들이 선정한 7개의 초등학교 과학 실험의 목적에도 포함되어 있다(양일호 등, 2006a). 하지만, 본 연구 결과는, 이러한 중요성에도 불구하고, 초등과학 영재아들이 과정 기능적 영역들을 실험의 목적으로 충분히 인식하고 있지 못함을 보여주고 있다. 이는 영재교육기관에서 실험 활동을 지도할 때 탐구 기능이나 사고력 발달도 실험의 한 가지 목적임을 좀 더 지도할 필요가 있음을 시사하고 있다.

한편, 위와 같은 인식들을 남녀별, 학년별로 교차분석을 통해 비교해 본 결과, 통계적으로 유의미한

표 4. 학교 과학 시간에 실험을 하는 목적에 관한 남녀별, 학년별 응답자 비율과 교차 분석 결과

소범주	남녀별 응답자 비율(%)		χ^2	p	학년별 응답자 비율(%)			χ^2	p
	남	여			4	5	6		
이론의 결과 검사	35.7	28.6	.321	.571	30.0	40.0	30.8	.588	.745
주장의 근거 제시	16.7	4.8	1.709	.177	13.3	15.0	7.7	.400	.819
상세(정확)한 특성/원리/법칙 파악	33.3	38.1	.140	.709	36.7	40.0	23.1	1.070	.586
새로운 현상(물질) 발견	0.0	0.0			0.0	0.0	0.0		
새로운 이론(아이디어) 생성	0.0	0.0			0.0	0.0	0.0		
발명	2.4	0.0	.508	.476	0.0	0.0	7.7	3.908	.142
설명/이해 용이	35.7	61.9	3.889	.049*	43.3	45.0	46.2	.033	.984
기억 용이	28.6	28.6	.000	1.000	16.7	45.0	30.8	4.759	.093
실험(탐구)기능 발달	14.3	14.3	.000	1.000	10.0	20.0	15.4	.996	.608
사고력(창의력) 발달	7.1	9.5	.109	.742	6.7	5.0	15.4	1.289	.525
흥미(재미) 충족/유발	45.2	57.1	.794	.373	46.7	60.0	38.5	1.610	.447
호기심 해소/유발	4.8	4.8	.000	1.000	10.0	0.0	0.0	3.465	.177
성취욕 충족/유발	0.0	9.5	4.131	.042*	0.0	10.0	0.0	4.441	.109
생활의 편리성 증진	0.0	0.0			0.0	0.0	0.0		
국가 발전	4.8	0.0	1.033	.310	3.3	0.0	7.7	1.521	.467
인류의 행복	0.0	0.0			0.0	0.0	0.0		
실용화 가능성 확인	4.8	0.0	1.033	.310	6.7	0.0	0.0	2.272	.321
학생 지도의 편의	2.4	0.0	.508	.476	3.3	0.0	0.0	1.118	.572
명성(경력) 쌓기	0.0	0.0			0.0	0.0	0.0		
장래희망(진학, 취업) 성취	14.3	14.3	.000	1.000	13.3	10.0	23.1	1.143	.565
경제적 필요 충족	0.0	0.0			0.0	0.0	0.0		

* $p<.05$.

차이는 거의 없었다(표 4). 다만, 남녀에 따라 '설명/이해 용이'($\chi^2=3.889$, $p=.049$)와 '성취욕 충족/유발'($\chi^2=4.131$, $p=.042$) 범주에서 응답 비율에 차이가 났다. 특히 이중에서 '설명/이해 용이' 범주의 경우, 남학생 중에서는 35.7%가 해당하는 응답을 하였지만, 여학생 중에서는 61.9%가 응답하여 그 비율이 남학생에 비해 높았다. 이는 남학생에 비해 여학생이 과학 시간의 실험 활동을 효과적인 학습의 도구로 생각하는 경향이 크다는 것을 보여 준다.

3. 과학자들이 하는 실험과 학교 과학 시간에 하는 실험의 목적에 대한 인식 비교

표 5는 과학자들이 하는 실험과 학교 과학 시간에 하는 실험의 목적에 대한 대상 학생들의 응답을 *t*-검증을 통해 서로 비교한 결과이다.

표 5에서 볼 수 있듯이, 모두 11개 소범주에서 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다. 우선, 인지적 영역에 해당하는 소범주들 중 '주장의 근거 제시'는 58.7%의 학생들이 과학자들이 실험을 하는 목적으로 인식하고 있었지만, 과학 시간에 하는 실험의 목적으로 인식하고 있는 학생은 12.7%에 불과하였다($\chi^2=6.490$, $p=.000$). '새로운 현상(물질) 발견'과 '새로운 이론(아이디어) 생성', '발명'의 경우 역시, 과학자들의 실험 수행 목적으로는 각각 25.4%, 9.5%, 23.8%의 학생들이 응답하였지만, 과학 시간에 하는 실험의 목적으로는 거의 응답하지 않았다(각각 0.0%, 0.0%, 1.6%). 이 역시 통계적으로 의미 있는 차이였다(각각, $\chi^2=4.594$, $p=.000$; $\chi^2=2.555$, $p=.013$; $\chi^2=4.209$, $p=.000$). 반면, '설명/이해 용이'와 '기억 용이'의 경우는 과학자들의 실험 수행 목적으로는 각각 3.2%, 1.6%의 학생만이 응답하였지만, 과학 시간에 하는 실험의 목적으로는 각각 44.4%, 28.6%의 학생이 응답하여 그 비율이 유의미하게 더 높았다(각각, $\chi^2=-6.207$, $p=.000$; $\chi^2=-4.787$, $p=.000$).

표 5. 과학자와 과학 시간에 하는 실험의 목적에 관한 소범주별 응답자 수 비교 결과

소범주	응답자 수		$t^{\dagger}$	*df*	*p*
	과학자	과학 시간			
이론의 결과 검사	28(44.4)‡	12(33.3)	1.307	62	.196
주장의 근거 제시	37(58.7)	8(12.7)	6.490	62	.000**
상세(정확)한 특성/원리/법칙 파악	28(44.4)	22(34.9)	1.180	62	.242
새로운 현상(물질) 발견	16(25.4)	0(0.0)	4.594	62	.000**
새로운 이론(아이디어) 생성	6(9.5)	0(0.0)	2.555	62	.013*
발명	15(23.8)	1(1.6)	4.209	62	.000**
설명/이해 용이	2(3.2)	28(44.4)	−6.207	62	.000**
기억 용이	1(1.6)	18(28.6)	−4.787	62	.000**
실험(탐구) 기능 발달	0(0.0)	9(14.3)	−3.215	62	.002**
사고력(창의력) 발달	0(0.0)	5(7.9)	−2.312	62	.024*
흥미(재미) 충족/유발	7(11.1)	31(49.2)	−5.213	62	.000**
호기심 해소/유발	5(7.9)	3(4.8)	0.704	62	.484
성취욕 충족/유발	3(4.8)	2(3.2)	0.444	62	.658
생활의 편리성 증진	8(12.7)	0(0.0)	3.003	62	.004**
국가 발전	1(1.6)	2(3.2)	−0.574	62	.568
인류의 행복	2(3.2)	0(0.0)	1.426	62	.159
실용화 가능성 확인	6(9.5)	2(3.2)	1.426	62	.159
학생 지도의 편의	0(0.0)	1(1.6)	−1.000	62	.321
명성(경력) 쌓기	3(4.8)	0(0.0)	1.761	62	.083
장래 희망(진학, 취업) 성취	2(3.2)	9(14.3)	−2.422	62	.018*
경제적 필요 충족	2(3.2)	0(0.0)	1.426	62	.159

* $p<.05$, ** $p<.01$.
† Paired-Samples T test 결과.
‡ 전체 응답자(63명) 중 해당 소범주 응답자 비율(%). 중복 응답이 있으므로 합계는 100%가 넘음.

과정 기능적 영역에 해당하는 두 소범주, 즉 '실험(탐구)기능 발달'과 '사고력(창의력) 발달'이 경우는, 그 비율이 높지는 않았지만, 학교 과학 시간에 수행하는 실험의 목적으로만 각각 14.3%, 7.9%의 학생이 응답하여 유의미한 차이가 났다(각각, $\chi^2=-3.215$, $p=.002$; $\chi^2=-2.312$, $p=.024$).

정의적 영역에 해당하는 소범주들 중에서는, '흥미(재미) 충족/유발' 범주의 응답 비율이 유의미한 차이가 있었는데($\chi^2=-5.218$, $p=.000$), 과학자들의 실험 수행 목적으로는 11.1%의 학생만이 응답하였지만, 과학 시간에 하는 실험의 목적으로는 거의 절반에 가까운 49.2%의 학생들이 응답하였다.

사회적 유용성과 개인적 유용성에 해당하는 소범주들 중에서는 '생활의 편리성 증진'과 '장래 희망(진학, 취업) 성취'에서 유의미한 차이가 있었는데(각각, $\chi^2=3.003$, $p=.004$; $\chi^2=-2.422$, $p=.018$), '생활의 편리성 증진'은 과학자들의 실험 수행 목적으로, '장래 희망(진학, 취업) 성취'는 과학 시간에 하는 실험의 목적으로 더 많은 응답이 나타났다.

위와 같은 결과들은 초등과학 영재아들이 과학자들이 하는 실험과 학교 과학 시간에 하는 실험의 목적을 서로 다르게 인식하고 있음을 보여준다. 예를 들어, 과학자들이 실험을 하는 목적으로는 주장의 근거를 제시하고 이론의 결과를 검사하기 위해서라고 가장 많이 생각하고 있었지만, 학교 과학 시간에 실험을 하는 목적으로는 과학 학습을 위해서 흥미와 재미를 충족하고 유발하기 위해서, 그리고 설명과 이해를 쉽게 하기 위해서라고 가장 많이 생각하고 있었다. 이러한 경향성은 중학교 1학년 일반 학급의 학생들을 대상으로 한 김희경과 송진웅(2003)의

연구에서도 유사하게 나타난 바 있다. 특히, 초등과학 영재아들은, 앞서 첫 번째 연구 결과에서 나타났던 것처럼, 실험의 인지적 측면의 본성에 대해서는 비교적 잘 이해하고 있는 편임에도 불구하고, 학교에서 이루어지는 실험 활동에 대해서는 자신이 알고 있는 실험의 본성을 연결 짓지 못하고 있었다.

물론 과학자들이 수행하는 과학의 목표와 학교 과학교육의 목표가 동일하지 않을 수 있음을 감안하면, 이러한 차이는 자연스러워 보이기도 한다. 하지만, 응답 비율로 볼 때 두 인식 사이의 차이가 상당히 크다는 점(표 5)은 학생들이 과학자의 활동과 학교 과학 시간에 하는 활동을 지나치게 다른 것으로 보고 있는 것은 아닌지 다소 우려스럽다. 초기에 비해 보완되어야 할 점들이 제기되어 오기는 했지만, 우리나라 교육과정에서는 제3차 교육과정 이후 단순히 지식 습득을 위한 탐구 혹은 실험이 아니라 과학적 사고력 증진과 탐구 기능의 습득이 꾸준히 강조되어 왔다(교육인적자원부, 2007). 즉, 이미 과학자들의 탐구에 의해 주어진 결과를 학습하는 것이 아니라 탐구 그 자체에도 관심을 가지고 스스로 수행하고 익히는 것이 필요하다는 것이다(Bruner, 1960). 하지만 실제 수업 속에서 이러한 점들의 구현은 학생들이 과학 시간에 하는 실험의 목적을 어떻게 바라보고 있느냐에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어, 아래와 같이, 본 연구에서 학교 과학 실험의 목적에 대한 두 학생의 응답 사례는 실험의 목적에 대한 인식에 따라 탐구와 실험에서 어떤 요소가 가치 있는지에 대한 생각이 달라질 수 있음을 보여준다.

> [ID 14] 우리들이 그냥 공부로만 하면 지루하고, 머리에 들어오지 않으므로 그 내용을 바탕으로 실험을 하게 되면 재미있고, 내 눈으로 실험 내용을 직접 보게 되어 머리에 들어오고, 오랫동안 기억될 수 있기 때문이다.

> [ID 40] 과학 시간은 책에 나온 이론 또는 실험을 실제로 실현하는 시간입니다. 그런데 만약 선생님께서만 그 실험을 하고 정확한 것을 알려주신다면 학생들은 실험을 통해 실험기구 만지는 요령과 실패, 그리고 성공하였을 때의 성취감 등 여러 가지를 경험하지 못하게 됩니다. 그리고 자기가 하고 싶은 대로의 방식이 아닌 선생님의 방식대로만 하는 실험을 뇌 속에 집어넣으면 상상력이 부족해집니다.

위의 두 학생은 실험의 목적에 대한 인식에서 차이가 나면서 전체적으로 실험의 가치를 다르게 보고 있다. 즉, 첫 번째 학생(ID 14)은 실험에서 중요한 것은 실험의 결과에 해당하는 지식을 더 오래 기억하게 하는 역할로 보고 있다. 하지만 두 번째 학생(ID 40)은 지식의 기억보다는 실험 수행 과정 자체가 갖는 가치에 주목하고 있다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 과학 실험에 대한 초등과학 영재아들의 인식을 조사하는 것을 목적으로 하여, 과학자가 하는 과학 실험과 학교 과학 시간에 하는 과학 실험의 목적에 대한 초등과학 영재아들의 응답을 조사하고 그 특징을 분석하였다.

주요 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 대상 학생들의 과학 실험에 대한 인식은 2개의 대범주, 5개의 중범주와 21개의 소범주로 분류될 수 있었다. 둘째, 대상 학생들은 과학자들이 하는 실험이나 학교 과학 시간에 하는 실험 모두 그 목적을 유용성 측면보다는 인지적 영역, 정의적 영역 등의 내적인 가치를 추구하는데 두고 있었다. 다만, 내적 가치 측면 중 과정 기능적 영역에 대한 인식은 상대적으로 적었다. 셋째, 과학자들이 실험을 하는 목적에 대해서 대상 학생들은 기존의 일반 학생 대상의 연구에서는 많지 않았던 '주장의 근거 제시'를 가장 많이 언급하였으며, 새로운 현상이나 물질의 발견, 새로운 이론이나 아이디어 생성 등에 대한 언급도 발견되었다. 넷째, 학교 과학 시간에 실험을 하는 목적에 대해서 대상 학생들은 '흥미(재미) 충족/유발'과 '설명/이해 용이' 등 학습을 재미있고 효율적으로 하기 위해서라는 관점의 언급이 많았다. 다섯째, 대상 학생들은 과학자들이 하는 실험의 목적과 학교 과학 시간에 하는 실험의 목적을 서로 다르게 생각한 경우가 많았다.

이상의 결과들부터, 초등과학 영재아들은 과학 실험의 목적을 비교적 실험의 인지적인 측면의 본성과 적절히 관련지어 인식하고 있었지만, 과정 기능이나 사회와의 관련성 측면은 충분히 인식하고 있지 않았으며, 특히 자신이 생각하는 과학 실험의 본성이나 목적을 학교 과학 시간에 하는 실험 활동에는 잘 연결 짓지 못하고 있음을 알 수 있었다.

이러한 본 연구의 결과를 바탕으로 다음과 같은 세 가지 제언을 하고자 한다. 첫째, 과학 실험의 목

적에 대한 폭넓은 인식을 가지도록 하는 방안의 모색이 필요하다. 본 연구의 결과, 초등과학 영재아들은, 과학 관련 관심이나 능력이 또래에서 최상위권으로 추정됨에도 불구하고, 실험의 목적에 대해 다소 제한된 인식을 가지고 있었다. 예를 들어, 과학 실험의 목적을 인지적 영역과 관련된 목적에 치중하여 인식하거나 학습의 도구로서의 역할에 치중하여 인식하고 있었다. 이를 극복하기 위해서는 영재 프로그램 속에 해당 실험의 목적에 대한 다양한 측면을 명시하거나, 역사 속에서 특정 실험이 실험 방법이나 도구의 발달, 사회나 개인에게 영향을 미친 사례를 제시하는 방안 등, 여러 방안의 모색이 필요할 것이다.

둘째, 연구자와 교사의 입장에서 실험의 목적을 좀 더 다양한 측면에서 접근할 필요가 있다. 본 연구에서 초등과학 영재아들은 기존의 일반 학생 대상의 연구에서는 잘 나타나지 않았던 주장의 근거 제시, 새로운 현상이나 물질의 발견, 새로운 이론이나 아이디어 생성 등도 실험의 목적으로 인식하고 있었다. 특히, 앞서 논의했듯이, 실험은 역사적으로 가설이나 이론이 예측하는 바를 시험하는 역할뿐만 아니라, 다른 이론이나 현상을 탐색하다가 우연히 새로운 현상이나 물질을 발견하게 하고, 그것에 바탕을 두어 다시 새로운 이론을 야기하는 역할도 해왔다(이상원, 2000; 황성원, 2002). 하지만, 실험의 이러한 역할과 목적은 학생이나 교사의 실험에 대한 인식 관련 연구에서 조사 및 해석의 틀로 사용된 경우를 찾아보기 어렵다. 그러나 본 연구의 결과에서 드러났듯이 학생들에게서도, 적어도 초등과학 영재아들에게서도 이러한 목적과 역할에 대한 인식이 발견된다. 이는 추후 관련 연구나 교육에서 좀 더 다양한 측면에서 실험의 목적에 대한 접근을 할 필요가 있음을 시사하고 있다.

셋째, 학생들에게 과학자들이 하는 실험의 목적과 과학 시간에 하는 실험의 목적에 대해 서로를 비교해 보는 기회를 제공할 필요가 있다. 이러한 기회는, 각 실험의 목적이 다양함에도 불구하고 이에 대한 인식이 불명확한데서 오는 혼란으로 인해 학교에서 하는 실험의 효과가 미미하다는 문제(Woolnough, 1997)의 해소에도 기여하겠지만, 더불어, 본 연구의 결과와 같이 지나치게 과학자의 실험과 과학 시간의 실험의 목적을 다르게 인식하는 것을 완화시키는 데에도 기여할 것이다. 즉, 영재교육원이나 영재학급 등에서 실험을 지도할 때, 과학 시간에 하는 실험도 지식 이해와 기억 이외에 다른 목적도 가지고 있음을 생각해 보게 할 필요가 있다는 것이다. 앞서 논의한 바처럼 교육과정이나 여러 문헌들이 과학적 사고력 향상과 탐구 기능 발달, 과학적 태도 함양 등을 과학교육의 주된 목표로 하고 있다. 게다가 본 연구의 결과는 이미 초등과학 영재아들이 주장의 근거 제시나 새로운 현상의 발견, 새로운 이론의 생성 등 실험의 목적을 지식의 생성 및 정당화와 관련 지어 비교적 잘 인식하고 있음을 보여주고 있다. 문제는 이러한 인식이 과학 시간이라는 상황 속에서는 달라진다는 것이다. 이러한 문제점의 극복을 위해서는, 두 상황을 비교해서 차이점과 더불어 공통점도 생각해볼 수 있는 기회를 제공할 필요가 있다. 더불어, 교과서나 교사에 의해 이미 제시되어 있는 지식을 확인하고, 그 결과로 지식을 기억하도록 하는 데에 중점을 둔 실험만이 아니라, 학교 과학 시간에도 스스로 지식을 창조해내는 경험을 통해, 결과를 주장의 근거로 활용하고, 그 과정에서 과정 기능과 사고력 증진 등을 수반하는 것에 중점을 둔 실험을 할 필요가 있다. 물론 이러한 실험이 일반 학교의 과학 시간에 쉽게 이뤄질 수 있을 것이라고는 현실적으로 기대하기 어려울 수 있다. 하지만 2007 개정 교육과정(교육인적자원부, 2007)에서 명시하고 있는 것처럼, 과학교육이 과학지식의 습득뿐만 아니라 과학적 사고력과 탐구력의 증진도 추구한다면, 더욱이 과학영재교육의 중요한 목표 중 하나가 미래의 과학자로서의 바람직한 품성을 갖도록 양성하는 것이라면(유미현, 2008), 초등과학 영재아들이 과학 시간에 하는 실험을 효율적인 학습의 도구로서만이 아니라 그 수행 자체로 가치를 갖는 과학 활동의 핵심요소로서도 인식할 수 있도록 해야 할 것이다. 이는 과학 영재는 기존의 지식을 활용하고 소비하는 수준이 아니라 과학에서의 문제 발견자이자 창조자여야 한다(한기순, 2003)는 기대에도 부응하는 것이라 할 것이다.

본 연구는 초등과학 영재아들을 대상으로 개방형 설문을 사용하면서 연구 대상의 규모를 충분히 크게 하지 못하였다. 이는 본 연구의 결과를 일반화하는 데에 있어서 감안할 필요가 있는 부분이다. 추후 본 연구의 결과를 바탕으로 기존 연구들에 비해 좀 더 다양한 항목으로 구성된 조사도구의 개발과, 이를 사용하여 충분한 규모의 예비교사나 현장 교

사, 일반 학생들의 실험에 대한 인식 조사가 이뤄진다면, 과학 영재아들이나 일반 학생들을 위한 실험 교육과 관련해 좀 더 풍부한 시사점을 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

교육인적자원부(2007). 초등학교교육과정(고시 제2007-79호).

교육과학기술부(2008). 제2차 영재교육진흥종합계획('09-'12).

김규상(2010). 서울시교육청 영재교육 정책의 변화. 제1회 영재교육 열린 포럼 자료집(pp. 7-14). 한국과학창의재단. 2010.12.15 검색: http://www.kofac.or.kr/com/jsp/board/BoardINFOCtrl.jsp?BBS_CD=INFO_RSRCH_RPT&ACT_CD=MVW&_MENU_SEQ=38

김영신, 양일호(2005). 초등학교 학생들의 과학 태도 변화에 영향을 미치는 요인 분석. 초등과학교육, 24(3), 292-300,

김영천(2006). 질적연구방법론 1. 서울: 문음사.

김희경, 송진웅(2003). 과학 실험의 목적에 대한 중학생의 인식 조사. 한국과학교육학회지, 23(3), 254-264.

박승재, 조희형(1998). 과학교육 연구. 서울: 교육과학사.

박종원, 지경준(2010). 과학 영재아의 창의적 과제 수행과정에서의 특성 분석. 한국과학교육학회지, 30(6), 770-784.

서혜애, 이선경(2004). 초등 과학영재수업의 교수·학습 실태 분석. 초등과학교육, 23(3), 219-227.

심혜진, 장신호(2007). 과학 영재 아동과 일반 아동의 창의적 과학 문제 해결 과정에 대한 사례 연구. 초등과학교육, 25(5), 532-547.

양일호, 조현준(2005). 학교 과학수업에서 실험의 목적에 대한 고찰. 초등과학교육, 24(3), 268-280.

양일호, 조현준, 정진우, 허명, 김영신(2006a). 학교과학교육에서 실험 활동의 목적: 전문가 커뮤니티를 통한 델파이 연구. 한국과학교육학회지, 26(2), 177-190.

양일호, 조현준, 한인경 (2006b). 초등과학교육에서 실험 활동의 목적에 대한 교사와 학생의 인식. 학습자중심교과교육연구, 6(1), 235-252.

유미현(2008). 과학영재의 사회·정의적 특성과 과학관련 인식 향상을 위한 '과학자 탐구 프로그램'의 개발 및 적용 효과. 서울대학교 박사학위논문.

윤숙경(2009). 초등과학 영재들의 실험 활동에서 나타나는 증거평가에 대한 분석. 한국교원대학교 석사학위논문.

이상원(1996). 실험철학의 기획. 과학사상연구회(편), 과학과 철학 제7집 (pp. 63-90). 서울: 통나무.

이상원(2000). 실험의 성격과 구조: 이론망에 기초한 인식적 접근. 서울대학교 박사학위논문.

이수진, 배진호, 김은진(2007). 초등 과학 영재와 일반 아동의 과학 창의적 문제 해결 과정에서 나타난 사고 유형 및 특성. 초등과학교육, 25(5), 567-581.

이홍우(1992). 교육의 목적과 난점. 서울: 교육과학사.

장소영, 노석구(2005). 초등학생의 과학선호도에 영향을 주는 과학수업에 대한 인식 조사. 초등과학교육, 24(4), 435-442.

정용재, 송진웅(2002). 계통도 분석법을 통한 초등학생과 초등교사의 '과학학습의 필요성'에 대한 관점 조사. 한국과학교육학회지, 22(4). 806-819.

한기순(2003). 과학영재. 박성익, 조석희, 김홍원, 이지현, 연여홍, 진석억, 한기순(편). 영재교육학 원론(pp. 309-358). 서울:교육과학사.

황성원(2002). 전자기 학습에서 현상 구현 활동의 역할. 서울대학교 박사학위논문.

한국과학창의재단(2009). 과학기술에 대한 국민이해도 조사 결과 보고서. 2010.12.10. 검색: http://www.kofac.or.kr/com/jsp/board/BoardINFOCtrl.jsp?BBS_CD=INFO_RSRCH_RPT&ACT_CD=MVW&_MENU_SEQ=38)

Bredderman, T. (1983). Effects of activity-based elementary science on student outcomes: A quantitative synthesis. *Review of Educational Research, 53*, 499-518.

Bruner, J. S. (1960). *The process of education*. NY: Vintage Books.

Bybee, R. & DeBoer, G. (1994). Research on goals for the science curriculum. In Dorothy L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 357-387). NY: Macmillan Publishing Company.

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.

Clough, M. P. & Clark, R. (1994). Cookbooks and constructivism: a better approach to laboratory activities. *The Science Teacher, 61(2)*, 34-37.

Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open University Press.

Duhem, P. (1996). Some reflections on the subject of experimental physics (1984). In P. Duhem (Ed.), *Essays in the history and philosophy of science*. Hackett Publishing Company.

Franklin, A. (1981). What makes a 'good' experiment? *British Journal for Philosophy of Science*, *32*, 367-379.

Hacking, I. (1983). Experimentation and scientific realism. *Philosophical Topics, 13(1)*, 71-87.

Hart, C., Mulhall, P., Berry, A., Loughran, J. & Guntone, 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.

Hanson, N. R. (1961). *Patterns of discovery*. Cambridge University Press.

Hempel, C. G. (1966). *Philosophy of natural science*. Prentice-Hall.

Hirvonen, P. E. & Viiri, J. (2002). Physics student teachers' ideas about the objectives of practical work. *Science & Education, 11(3)*, 305-316.

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* (pp. 93-108). NY: Routledge.

Latour, B. & Woolgar, S. (1986). *Laboratory life*. Princeton University.

Layton, D. (1990). Student laboratory practice and the history and philosophy of science. In E. Hegarty-Hazel (Ed.), *The student laboratory and the science curriculum*. Routledge.

Lazarowitz, R. & Tamir, P. (1994). Research on using laboratory instruction in science. In Dorothy L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 94-128). NY: Macmillan Publishing Company.

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. (1998). The school science laboratory: Historical perspectives and context for contemporary teaching. In B, Fraser and K. Tobin (Eds.), *International handbook of science education, part 1* (pp. 249-262). Kluwer Academic Publishers.

McComas, W. F. (1997). The laboratory environment: An ecological perspective. *Science Education International, 8(2)*, 12-16.

Millar, R. H., Le Maréchal, J. F. & Tiberghien, A. (1999). "Mapping" the domain: Varieties of practical work. In J. Leach and A. C. Paulsen (Eds.), *Practical work on science education: Recent research studies* (pp. 33-59). Denmark: Roskilde University Press.

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(2)*, 1311-1324.

Wellington, J. J. (1998). Practical work in science: time for a reappraisal. In J. J. Wellington (Ed.), *Practical work in school science* (pp. 3-15). NY: Routledge.

Woolnough, B. E. (1997). School science - Real science? *Paper presented at ESERA conference*, Rome.