

학교과학교육에서 실험 활동의 목적: 전문가 커뮤니티를 통한 델파이 연구

양일호 · 조현준* · 정진우 · 허 명¹ · 김영신²

한국교원대학교 · 이화여자대학교¹ · 경북대학교²

Aims of Laboratory Activities in School Science: A Delphi Study of Expert Community

Yang, Il Ho · Cho, Hyun Jun* · Jeong, Jin Woo · Hur, Myung¹ · Kim, Young Shin²

Korea National University of Education · Ewha Womans University¹ · Kyungpook National University²

Abstract: Numerous aims of laboratory activities have been suggested by a number of researchers in science education; however the lists of aims vary according to researcher. As such, there is still no agreement educational goals on the in science laboratory activities by experts in science education. The purpose of this study was to obtain a consensus using the Delphi technique on the aims of laboratory activities from expert community. This expert community consisted of four scientists, four science educators, six elementary school teachers, and seven secondary school teachers. The list of aims obtained from the expert community were tested with the Wilcoxon Signed Rank Test to determine whether IQR between 2nd and 3rd was convergent. Results of this study produced, lists of aims of laboratory activities according to school science level. There were seven aims for elementary school science, nine aims for secondary school science, and thirteen aims for university science.

Key words: aims of laboratory activities, Delphi technique, expert community

I. 서 론

실험은 과학적 연구의 한 가지 수단으로서 과학적 방법과 동의어로 쓰일 만큼 매우 중요한 위치를 차지하고 있으며(Garnett *et al.*, 1995; Hofstein, 2004; Hofstein & Lunetta, 1982, 2004; Lunetta, 1998; Tobin, 1990), 대부분의 과학교사들도 이러한 주장에 동의한다(McComas, 1997). 지금까지 과학교육자들은 학교 과학 실험의 기능과 효과성을 중심으로 그 가치와 정당성을 주장하여 왔다(Babikian, 1971; Bybee & DeBoer, 1994; Hofstein & Lunetta 1982, Nott, 1997; White, 1996). 그러나 과학교육자들이, 실험 활동이 과학 학습의 가장 특징적인 활동이며 학습에 의미 있는 기여를 한다는 믿음을 지지하는 연구 결과를 찾으려 노력하였지만, 그 결과는 회의적이었으며(Lazarowitz & Tamir, 1994), 오히려 학교 실험 활동이 학생들의 과학 본성에 대한 왜곡된 이해를 조장해

왔다는 주장이 제기되기도 하였다(Hodson, 1998).

학교 실험 활동에 대한 부정적 견해에 대한 원인으로 학생들이 교사나 교과서가 의도하는 결과를 내지 못하여 교사가 실험을 시범으로 대치하고 결론만을 주입하는 교수학습이 이뤄지고 있고(Nott & Smith, 1995; Nott & Wellington, 1996, White, 1996), 하나의 실험으로 여러 가지의 목적 즉, 개념의 이해와 인식론적 이해를 동시에 성취하고자 하기 때문에 과학 실험 활동이 잘 이루어지지 않기 때문이라는 주장이 있다(Watson, 2000; Wellington, 1998). 또한 많은 교사들이 자신들의 학생들에게 달성시키고자 바라는 것과 교실에서 실제로 교사들이 가르치는 것 사이에 많은 차이를 보이고 있으며(Bekalo & Welford, 2000; Clough & Clark, 1994), 교사가 실험의 목적을 분명히 인식하고 있지 못하고 오히려 학생들에게 달성해야 할 실험 목적을 알려주지 않을 뿐만 아니라 학생들의 인지심리와 발달심리에 대한 오개념을 가지고 실험 활동을 수

* 교신저자: 조현준(altair93@hanmail.net)

** 2005.5.25(접수) 2006.1.17(1심통과) 2006.2.14(2심통과) 2006.4.4(최종통과)

*** 이 논문은 2004년 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2004-074-BS0039)

행하고 있기 때문이라는 주장도 있다(Clough & Clark, 1994). 그리고 교사들이 실험 활동에 맞게 실험 형태를 조직하지 못하고 있으며, 학생들 또한 자신들이 달성해야 할 목표를 인식하지 못하고 있는 것도 원인으로 지적되고 있다(Hart *et al.*, 2000). 11세에서 14세 사이의 학생들이 실험의 목표를 잘 진술하지 못한다는 Tasker (1981)의 연구결과가 이러한 주장을 뒷받침한다. 그러나, 이러한 여러 원인들보다 근본적인 원인은 실험 목적이 불분명하여 결과적으로 실험 수업이 부실하게 설계된다는 데에 있다(Gupta, 2001).

과학 실험 목적을 제시한 선행 연구에는 중등교사들에게 과학교과에서 필요한 실험 활동의 본성과 목적 등을 설문으로 조사하여 실험 목적을 정리한 Kerr (1963)의 연구가 있다. 그의 연구는 많은 후속 연구자의 연구결과와 일치된 부분이 많았으며, 또한 그가 제시한 10가지 목적은 오늘날 세부 목표 설정에 토대가 되고 있다(Johnstone & Al-Shuaili, 2001; Swain, 1974; Wellington, 2000을 보라). 그 이후에도 많은 연구자들의 노력이 있었다(Garnett *et al.*, 1995). Hodson (1996)은 실험의 목적을 과학 내용의 학습, 과학 방법의 학습, 과학 본성의 학습으로 구분하여 제시하였고, Wellington (1998)은 과학수업에서 실험 활동이 필요한 이유를 인지적, 정서적, 기능적 영역으로 구분하여 제시하고 있다. 이외에도 실험 활동의 목적을 분명히 하기 위한 수많은 시도가 있었다(Boud, 1973, 1980; Boud *et al.*, 1986; Garnett & O'Loughlin, 1989; Hegarty-Hazel, 1990; Hodson, 1988; Lunetta, 1998). 그러나 이들의 연구를 살펴보면, 실험의 기능과 역할을 제시한 문헌연구를 바탕으로 교육학적 측면과 발달심리학적 측면을 바탕으로 추출된 ‘실험 목적’과, 교사 등을 상대로 한 설문 분석 결과 추출된 ‘실험 목적’을 제시한 것이 대다수임을 알 수 있다. 게다가 이들이 제시한 실험 목적은 연구자들에 따라 다양하게 제시되고 있으며, 이러한 연구결과들이 논리적으로 일관적이지 못했고, 모순적이었다는 지적도 있다(Amanda *et al.*, 1999).

한편, 우리나라의 제 3차 과학과 교육과정부터 제 7차 교육과정에 이르기까지 실험 등을 통한 과학 탐구 학습이 꾸준히 강조되어 왔지만(임청환, 남진수, 1999), 실험을 통해 학생들에게 가르칠 목적은 제시되어 있지 않았고, 지금까지도 과학 실험의 목적에 대한 과학교육자들 간의 합의가 이루어지지 않고 있어(White, 1996; Trumper, 2003) 많은 교육자들에게 실험 수업을 통해 학생들에게 가르쳐야 할 교육적 시사점을 주기 힘든 실정이다.

그러므로 과학교육계의 범전문가적 합의를 통해 ‘실험 목적’을 명확히 할 필요성이 있다. 이 연구는 과학자와 과학교육자로 구성된 전문가 커뮤니티로부터 다양하게 제시되어있는 과학 실험의 목적에 대한 합의를 도출하고, 그 결과로 초등학교, 중등학교, 대학교의 과학 실험 활동의 목적을 제시하고자 한다.

이 연구에서는 과학수업에서의 ‘실험(laboratory work or laboratory activity)’과 실험의 ‘목적(aim)’을 다음과 같이 정의하였다. ‘실험’은 각급학교의 과학과 교육과정의 목표를 달성하기 위해 실험실과 교실 또는 그 외의 장소에서 이루어지는 유목적적인 교수-학습의 한 형태로서, 현상에 대한 관찰과 이해를 위해 실험재료 및 도구들과 상호작용 하는 실습 중심 학습경험의 한 유형이다.

‘목적’의 본질적 의미는 교사가 그 수업시간에 실험을 사용하고자 결정하려 할 때 그 활동을 위한 교육학적 ‘의도’와 관련된다. 즉, 목적은 특정 실험 활동과 그 활동이 조직되어 있는 방법과 학생들을 계획된 활동으로 이끌어 낼 교사의 판단을 나타낸다. 이것은 수업활동의 시작에 주어지는 진술문 형태의 ‘목표(objectives)’와는 다르다. 목표는 활동에 대한 구체적인 과학 학습의 결과물을 언급하는 반면, 목적은 보다 더 폭넓고 더 중요한 것이며, 교육적 순서에서 왜 그 활동을 해야 하는지와 그 학습활동이 앞·뒤 활동과 어떻게 연결될 수 있는지, 왜 그러한 유형을 띄어야 하는지를 포함한다. 즉, 목적은 이 활동이 학습을 유도하기 위해 어떻게 계획될 수 있을지, 전체 과학경험과 현재 활동이 어떻게, 왜 연결되어야 하는지에 대한 것이다(Hart *et al.*, 2000; Johnstone & Al-Shuaili, 2001).

II. 연구방법

1. 델파이 기법

델파이 기법은 합의된 의견 그리고 통계적 개요를 얻기 위해 반복적인 피드백에 의존하는 방법으로 복잡한 문제해결을 위한 전략으로서 1950년대 미국의 RAND 연구소에서 개발되었다(Robertson *et al.*, 2000). 이 기법은 경영학 등의 정책 결정을 연구하는 분야에서 많이 활용되었으나(서창교 등, 2001), 교육학 분야에 도입되면서 교육발전의 미래 예측, 교육 목적과 목표 설정, 교육과정 개발, 교육 현안 문제 해결, 교수 방법 개발 등 다양한 연구 목적으로 전문가와 교육구성원의 의견을 수집하고 종합하여 집단적 판단으로 정리하는 기술로서 이용되고 있다(이종성, 2001). 최근 과

학교교육학 분야에서는 과학의 본성에 대한 교육 방향 설정에 대한 연구(Bartholomew *et al.*, 2004; Osborne *et al.*, 2003), 과학의 본성과 탐구(Gess-Newsome, 2002; Kenyon & Reiser, 2005), 과학교육 환경 연구(Robertson *et al.*, 2000) 등에 이용되었다.

이 기법의 특징으로서, 교육 목적 및 목표 설정 등 교육적 준비를 위해 델파이 기법을 적용할 영역 및 주제에 따라 개방형 질문의 형식이 달라진다(이종성, 2001, p. 17). 1라운드의 개방형 질문의 진술 형태는 특히, 교육목적과 목표에 관한 연구와 종합계획 수립에 관한 연구에서는 '무엇이어야 하는가'로 진술된다.

그리고 델파이 기법은 배심토의(panel)나 위원회와 같은 면대면(face-to-face) 집단회의에서의 직접적인 토론을 체계적으로 구성된 일련의 설문지로 대치하여 정보와 의견을 교환할 수 있도록 고안된 것이기 때문에, 상위직 참여자, 특정 부분의 권위자 혹은 강력한 개성의 소유자에 의한 독단적인 지배를 배제하면서 여러 응답자들의 전문적인 견해를 통계적 방법으로 처리하여 과학적인 데이터로 피드백 할 수 있는 장점이 있다.

반면, 설문지 배포와 회수에 따르는 시간과 비용이 많이 들어 연구에 지장을 초래할 수 있다는 단점이 있다. 실제로 서창교 등(2001)은 문서화된 설문지(paper-and-pencil based questionnaires)를 이용한 연구가 6개월 이상 걸릴 수 있음을 보고하였다. 그들에 따르면, 연구기간의 장기화는 응답자의 응답 왜곡과, 연구예산과 연구기간의 제한으로 연구의 조기종료와 같은 부작용을 낳기도 하며, 연구의 장기화로 인해 설문지 회수율이 1차, 2차, 3차로 반복되어 감에 따라 점차 낮아지는 경향이 있다. 50% 이하의 회수율에 근거한 조사결과는 신뢰도에 문제가 있을 수 있다.

델파이 기법의 타당도와 신뢰도

델파이 기법은 전문가가 있는 분야에는 다양하게 적용될 수 있으며, 시행이 용이하고, 교육 목적 및 목적 설정 등의 미래를 위한 교육계획을 수립하는데 필요한 중재도구로서의 장점을 갖는다. 다만, 표준화 된 준거 없이 주관적 평가에 의해 전문가들을 선택한다는 타당성의 한계와 전문가들의 합의 만으로는 결과가 신뢰롭지 않을 수 있다는 신뢰성의 한계를 갖는다. 그러나 해당분야의 동료 전문가들의 판단을 바탕으로 연구에 참여할 전문가를 위촉함으로써 타당성의 문제를 해결할 수 있으며, 신뢰성의 문제는 델파이 방법의 적용절차를 정밀하게 표준화함으로써 해결될 수 있다(이종성, 2001; Collins *et al.*, 2001). 의견의 합의가 정확한 예측이나 연구 결과의 신뢰로운 반복 측정을 보장하지 않기 때문에 델파이 연구 결과 자체가 연구의

필요조건도 아니며 충분조건도 아니기 때문이다. 미래에 대한 정확한 지식이 없는 상태에서 해당분야의 전문가들의 합의를 얻는데 목적이 있기 때문에 델파이 수행과정의 통계적 추정을 통해 신뢰성을 평가할 수 있다.

Rowe와 Wright (2001)는 최근 한 연구를 통해 타당하고 신뢰로운 델파이 연구방법을 제시한 바 있다. 그들의 연구에 따르면, 전문가 인적 구성은 5 내지 20명의 해당 영역의 적절한 지식을 갖춘 전문가로 외부에서 초청된 인사로 구성되어야 하며, 각 라운드의 피드백은 패널들로부터 얻은 결과를 평균이나 중앙치로 제공하여 자신들의 의견을 평가하도록 제공하여야 한다. 또한 의견의 안정성(stability)을 갖출 때까지 델파이 단계를 계속하여야 하며 일반적으로 3 라운드이면 충분하다고 제시하고 있다.

2. 연구 설계

이 연구는 '학생들에게 가르쳐야 할 실험의 목적은 무엇이어야 하는가?'의 실험 목적에 대한 전문가들의 의견을 구하는 것이다. 따라서 이 연구의 목적을 달성하기 위하여 델파이 기법으로 설계하였다. 왜냐하면 전문가 집단을 구성하고 이들로부터 실험목적에 대한 합의를 이끌어 내기 위한 연구방법으로는 델파이 기법이 가장 적절하기 때문이다(Whitman, 1990).

델파이 연구에서 각각 단계에서 주의를 요하는 과정에 집중할 필요가 있다. 델파이 과정 중 1라운드 질문지 제시 단계는 연구자의 연구 문제에 대하여 참여하는 모든 패널들이 공통된 인식을 갖고 문제에 답하도록 명확하게 설계해야 한다. 구성된 전문가들은 1라운드에 주어진 질문에 대하여 서로 다르게 인식하여 연구의 의도와는 다른 답을 할 수 있기 때문이며, 연구문제에 대한 잘못된 인식을 통해 얻은 결과는 연구가 종결될 때까지 결과 자체의 타당성을 떨어뜨릴 수 있기 때문이다. 1라운드 과정이 마무리 된 후, 1라운드의 개방형 설문 응답을 얼마나 타당하고 신뢰롭게 구성하여 척도화된 문항을 구성하는가가 1라운드의 결과 처리 및 2라운드 준비 단계의 핵심이다. 또한 2라운드의 결과를 중앙치와 사분위편차 범위를 통계결과로 제시하여 3라운드 질문지에 반영해야 하는데 이것은 각 패널들이 2라운드의 결과를 통해 자신의 위치를 피드백 하도록 하기 위한 것이다. 이를 통해 자신의 위치가 전체 패널들의 의견과 다르게 나타났다면, 그 이유를 묻고 그 결과를 3라운드 결과 처리 시 반영할 수 있도록 해야 한다. 3라운드 결과는 2라운드 결과로 통계 처리된 사분위편차 범위와 3라운드 결과의 사분위편차 범위를 통계적으로 검증하여 커뮤니티 내에서 패널들의 의견이 수렴되고 있는지 확

인해야 한다. 만일 통계적으로 의견이 수렴되지 않았다면 4라운드를 준비해야 하게 때문이다.

이러한 각 단계 준비과정에서 연구의 타당성과 신뢰성을 확보하기 위하여, 동료 전문가 6인으로부터 전문가 커뮤니티 구성 기준 마련과 연구 안내, 1라운드 질문지 구성 및 결과 분석, 2라운드와 3라운드 자료 처리에 대한 자문을 얻었다.

이 연구는 최근 과학교육학 분야에서 진행된 연구들(e.g., Bartholomew *et al.*, 2004; Gess-Newsome, 2002; Kenyon & Reiser, 2005; Osborne *et al.*, 2003; Robertson *et al.*, 2000)과 같이 3라운드에서 연구를 마쳤다(Rowe & Wright, 2001).

그리고 연구의 장기화로 인한 문제들을 사전에 제거하기 위해 전자우편(Email)을 이용하여 설문지 발송·수신하였고, 패널들의 탈락을 방지하기 위해 사전에 연구에 대한 안내서를 발송한 후, 참여 승낙서를 받아 연구가 종료될 때까지 참여할 것을 확인하였다. 연구 기간은 최초 연구 안내 및 패널들의 연구참여 확보 기간인 2004년 11월 말부터 3라운드 결과집계가 마무리 된 2005년 3월 초까지이다. Table 1에서 보는 바와 같이, 최초 29명에서 8명이 중도 탈락하여 최종 21명이 연구에 참여함으로써 72.4%의 응답률을 확보하였다.

연구의 신뢰성을 높이기 위해, 각 항목별 반응척도는 Fig. 1처럼 9단계 리커트 형의 구간척도를 제시하여 통계적 추정을 할 수 있도록 설계하였다. 이것은 델파이 척도로 많이 사용하는 것이며 전문가들의 정교한 판단을 가능하도록 한 것이다. 얻어진 척도는 서열척도로서 3라운드에 피드백으로 제공되는 통계량은 Fig. 2와 같이 중앙치와 사분위편차범위(inter-quartile range; IQR)이다. IQR은 전체 패널들의 의견의 폭을 의미한다. 통계적 추정을 통해 2라운드의 IQR과 3라운드의 IQR을 비교하여 그 폭이 줄어들면 점차 전문가들의 의견이 수렴하고 있다고 판단할 수 있다.

3. 패널 선정

델파이 시행과정에서 전문가 선정은 매우 중요한 일

이다. 따라서 전문가 패널로서의 자격을 확인하기 위해서 동료 전문가 집단의 판단을 이용하기 위해 아래와 같이 준거를 마련하였다. 전문가 커뮤니티는 크게 과학 실험 전문가 집단으로서 과학자, 과학교육 전문가 집단으로서 과학교육학을 전공한 과학교육학자, 과학교육의 전문가적 소양을 갖춘 현장의 초·중등 교사 집단으로 구성되었다. 이는 다시 과학자와 과학교육학자를 이론전문가로, 초·중등 교사를 현장교육 실천가로 구분할 수 있다. 이러한 구성은 학교 과학교육에서 실험이 차지하는 중심적 위치와 초·중등·대학의 연계 뿐만 아니라 이론과 현장의 실재를 고려했기 때문이다.

- **과학자:** 순수과학을 전공한 과학자(교수)로서 최근 5년 이내에 실험 연구의 결과물을 전문 학회에 발표한 인사(응용과학분야가 아닌 물리학, 화학, 생물학, 지구과학 분야에 한정)
- **과학교육전문가:** 과학교육을 전공한 교원양성대학 교수로서 최근 5년 이내 과학적 탐구활동 또는 과학 실험 활동과 관련된 연구 실적이 있는 인사(초등과학, 공통과학, 물리, 화학, 생물, 지구과학 분야의 교과교육 전공자)
- **초등교사:** 과학교육으로 박사학위를 소지하였거나, 박사과정 중에 있는 현장 초등교사
- **중등교사:** 과학교육(공통과학, 물리, 화학, 생물, 지구과학 분야의 교과교육)으로 박사학위를 소지하였거나, 박사과정 중에 있는 현장 중등교사

4. 자료수집 및 처리

델파이 기법의 1라운드는 ‘과학교육에서 실험 활동의 목적은 무엇이어야 하는가’에 대한 개방형 질문이 주어졌으며, 2라운드 이후부터는 1라운드를 통해 얻은 정보를 바탕으로 반복적인 피드백이 구조화된 평정지의 형태로 주어졌다. 이 과정에서 각 패널들은 전체 커뮤니티에서 자신의 위치를 확인하고 자신의 의견을 수정하거나 의견을 새로 제시할 수도 있도록 구성하였다.

이 연구에 적합한 전문가 커뮤니티의 구성을 위해 과학교육학을 전공한 전문가 6인으로부터 위의 기준

Table 1
Panel in expert community

	Scientists	Science Educators	Elementary-School Teachers	Secondary-School Teachers	Sum
Recommended	12	15	16	28	71
Permit to participate	4	7	8	10	29
Response each Round	1st	4	7	8	29
	2nd	4	5	7	23
	3rd	4	4	6	21

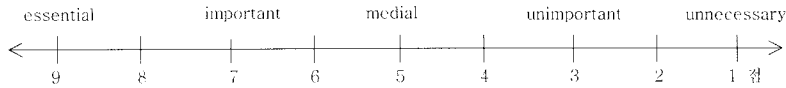


Fig. 1 Likert scale in 2nd round

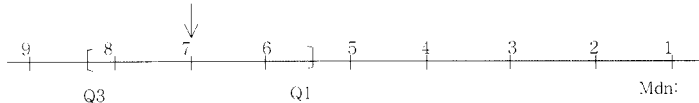


Fig. 2 Mdn and IQR value in likert scale of 3rd round

에 충족되는 전문가들을 추천받아 연구 목적 및 연구 과정을 공지한 후 이 연구에 참여를 요청하였다. Table 1과 같이, 동료 전문가 집단에게 추천된 패널들은 과학자 12명, 과학교육자 15명, 초등교사 16명, 중등교사 28명이었다. 그러나 연구에 참여를 승낙한 인원이 과학자 4명, 과학교육자 7명, 초등교사 8명, 중등교사 10명이었으며, 각 라운드를 거치면서 무응답으로 인해 자동 탈락 인원이 발생하여, 최종적으로 연구에 참여한 인원은 과학자 집단 4명, 과학교육자 4명, 초등교사 6명, 중등교사 7명으로 모두 21명이다.

1라운드 과정에서 초등학교·중등학교·대학교에서의 과학수업에서 실험의 목적에 대하여 개방적 질문을 제시하였다. 이와 함께 문헌 리뷰를 통해 제안된 실험의 목적을 정리한 후 이를 패널들에게 참고자료로 제시하였다(양일호, 조현준, 2005). 이를 통해 패널 자신이 생각하는 과학 실험의 목적에 대하여 열거해 줄 것을 요청하였다. 참고자료는 패널의 판단과정들을 제공해주고, 이를 통해 전체 패널들에게 공통의 판단 기준으로 작용하도록 하여 패널들의 ‘1차 질문의 명료한 이해’를 확보하도록 구성한 것이다. 왜냐하면, 델파이 연구 1라운드에서 질문에 대한 명료한 이해가 전체 연구결과에 영향을 줄 수 있기 때문이다. 참고자료는 1차 질문지의 설계 과정에서 동료 과학교

육 전문가 6인으로부터 조언을 구하여 설계되었다. 그러나 참고자료는 연구의 성격이 잘 알려지지 않은 경우에 연구자 판단에 따라 제공될 수 있으며, 사회적으로 공감대가 형성된 분야의 경우에는 이와 다를 수 있다.

2라운드는 1라운드에서 응답자들이 열거한 항목들을 집계한 후 모든 응답자들에게 평정치로 응답할 수 있도록 질문지를 구성하였다. Fig. 1과 같이 각 패널들이 의미변별척도상 중요도에 따라 각 항목을 평정할 수 있도록 하였다. 실험목적에 대한 각 항목의 중요도에 따라 9점부터 1점까지의 척도를 제시하였다.

3라운드는 2라운드에 나타난 전체 패널들의 응답 결과를 요약한 것으로, Fig. 2와 같이 중앙치(Mdn) 값과 제25백분위수(Q1), 제75백분위수(Q3)¹⁾, 화살표(↓)가 제시되었다. 화살표(↓)는 2라운드에 자신이 응답한 값이며, 이 값과 그 항목의 전체 응답 결과인 중앙치 값, Q1 값, Q2 값을 통해 자신의 응답 위치를 상대적으로 확인할 수 있다.

각 패널들은 제시된 설문지를 통해 자신의 응답 위치를 확인할 수 있으며, 자신의 응답이 전체 50%를 벗어나는 항목에 대해서 그 이유를 기재하도록 요구되었다.²⁾ 3라운드의 질문지는 패널자신의 의견을 전체 전문가 커뮤니티의 의견과 고려하여 자신의 응답을 수정할 수 있도록 설계되었다.

- 1) Q1과 Q2는 []의 기호로 범위를 확인할 수 있도록 했으며, Mdn은 실제 수치를 제공하여 자신의 위치와 비교하도록 하였다.
- 2) 델파이 기법 자체에 대한 많은 논의 과정 중에서 이 연구와 같이 전체 응답에서 벗어나는 이유를 기재하도록 요구하는 것에 대해 패널들에게 합의를 강요한다고 지적하고 있으며 이것이 델파이 기법의 단점이 될 수 있다고 지적하는 학자들도 있다. 그러나 델파이 기법 자체에 대한 많은 연구 논문들과 델파이 기법을 사용한 연구한 논문들에서는 이 점을 크게 문제시 삼지 않고 있다. 그 이유는 다음과 같이 정리될 수 있다.
 첫째, 델파이 기법은 일반 면대면 회의와는 다르게 구성원 내 어떤 전문가(권위자)로부터도 외압을 받지 않는다는 점 둘째, Cyphert 와 Gant(1970)의 연구에 따르면, 해당 분야의 전문가(학식이 뛰어난수목)일수록 자신의 의견을 고치지 않는다는 경향이 있다는 점
 이 두 가지 점을 고려할 때, 연구자가 패널들에게 자신의 의견을 제시하도록 하는 것이 각 패널들에게 강요로 작용할 가능성이 적고, 오히려 2라운드에서 패널이 내린 분명치 못한 판단 때문이라는 자성의 비판도 제기되고 있다. 자신의 의견을 돌이켜 판단하여 원래의 의견에 확인이 있다면, 수정이 이뤄지지 않을 것이며, 그렇지 않다면 의견의 수정이 따를 것이기 때문이다. 따라서 델파이 기법으로 얻어진 결과의 신뢰성과 타당성은 이러한 점으로 인해 훼손될 가능성이 적다고 할 수 있다.
 그러나 이 과정(이유를 요구하는 것이) 일반적인 과정이라 말하긴 어렵다. 왜냐하면, 델파이 기법으로 연구한 대부분 논문에서 나타난다고 볼 수 없으며, 실제로도 이 과정이 나타나지 않은 연구도 많기 때문이다. 다만, 연구자가 이유를 요구한 것은 해당 패널들의 판단이 전체 집단 내에서 중심 위치가 아니기 때문에 그렇게 생각한 이유를 연구와 관련해서 판단하고 3라운드 결과에 반영할 수 있도록 했기 때문이다.

3라운드에서 델파이 과정을 마친 이유는 이 단계 이후에는 반응의 본질적 변화가 거의 없다는 연구결과에 의거하였기 때문이다(Cyphert & Gant, 1970).

3라운드까지 얻어진 항목들 중 3라운드의 중앙치 7(중요하다) 이상의 점수를 얻은 것들을 선택하도록 하였다. ‘실험의 목적은 무엇이어야 하는가?’에 대한 항목들로서 그 중 전문가 커뮤니티의 판단에 따라 얻어진 것이며, 이것은 최초 연구 안내와 1차 질문을 통해 학생들에게 제공되어야 할 중요 실험 목적들을 기재하도록 요구하였기 때문이다.

III. 연구결과

1라운드를 통해 각각 초등 35개, 중등 39개, 대학은 40개의 실험 목적에 대한 항목들이 나열되었다. 이중에는 사용된 용어의 맥락과 쓰임에 따라 서로 중복된 것이 있었다. 이들은 과학교육 전문가 4인으로부터 실험 목적 목록 통합에 대한 타당성 검토과정을 거쳤다. 타당성은 각각 초등 11개, 중등 10개, 대학 14개의 항목에 대해 타당성 평정 척도를 0점부터 10점까지 제시하였으며, 2차례의 과정을 통해 진행되었

다. 이를 통해 각각 초등 11, 중등 10, 대학 14개 항목으로 각각 상위 항목으로 축소·통합되었고, 목록 통합의 타당도는 초등 96%, 중등 95%, 대학은 95%이다.

Table 2는 2라운드와 3라운드 설문 결과 나타난 각 항목의 중앙치(Mdn)와 사분위수편차범위를 나타낸 것이다. 2라운드에서 새롭게 추가된 의견이 제시되었으나 모두 1라운드의 통합단계에서 제시된 것이었다. 따라서 새롭게 추가된 항목은 없었다.

Table 2에서 보듯이, 사분위편차는 초등 1개의 항목만이 2라운드보다 3라운드에서 값이 증가(+)하였으나, 나머지 전 항목에서는 2라운드보다 3라운드에서 값이 감소(-)하였음을 나타내고 있다. 이를 다시 통계적으로 유의미하게 의견 합치가 일어나는 방향으로 수렴되고 있는지를 검증하기 위해, 2라운드와 3라운드의 사분위편차를 Table 3과 같이 Wilcoxon 부호검정을 실시하였다.

통계적 검증 결과 초등, 중등, 대학 모두 2라운드와 3라운드의 편차 범위가 서로 다르다는 것을 알 수 있다. 즉, 2라운드보다 3라운드의 편차 범위가 유의미하게 좁게 나타난 것은 전문가 커뮤니티의 의견이 점차 합쳐지는 방향으로 수렴되었음을 나타내는 것이다.

Table 2
Comparison of Mdn and IQR between 2nd and 3rd round

Lists of aims of laboratory activities		Mdn		IQR		2nd	3rd	2nd	3rd	(±)
		2nd	3rd	2nd	3rd					
Elementary school	1. To identify laboratory activities in the units of science lessons	5.00	5.06	1.69	1.36					(-)
	2. To understand cases of applying science lessons to every-days	6.71	6.71	1.23	0.86					(-)
	3. To understand scientific knowledge	6.92	7.00	1.41	1.01					(-)
	4. To foster scientific creativity	7.88	8.13	1.71	1.05					(-)
	5. To understand generative process of scientific knowledge	5.67	6.20	1.28	1.05					(-)
	6. To acquire science process skills	8.54	8.55	1.03	0.99					(-)
	7. To increase attitude toward science	7.27	7.25	0.70	0.62					(-)
	8. To increase scientific attitude	7.80	7.63	0.94	0.96					(+)
	9. To experience scientific phenomena or operational practices	8.00	7.92	0.84	0.82					(-)
	10. To arouse active learning climate	6.88	7.31	1.51	1.05					(-)
	11. To understand interactions among the Science-Technology-Society	5.40	6.13	1.59	1.04					(-)
Secondary school	1. To understand scientific knowledge	7.44	7.82	0.91	0.54					(-)
	2. To develop ability of creative problem-solving	7.58	7.96	0.96	0.44					(-)
	3. To understand generative process of scientific knowledges	7.42	7.56	0.94	0.62					(-)
	4. To acquire science process skills	8.42	8.44	0.77	0.56					(-)
	5. To increase ability of reasonable decision-making	7.13	7.18	1.21	0.55					(-)
	6. To increase scientific attitude	7.43	7.85	0.97	0.66					(-)
	7. To increase attitude toward science	7.06	7.25	0.81	0.56					(-)
	8. To experience the joyfulness of scientific or practical discovery	7.58	7.96	0.90	0.44					(-)
	9. To aware necessity of laboratory activities	6.89	7.13	0.94	0.50					(-)
	10. To understand interactions among the Science-Technology-Society	6.56	6.73	0.98	0.70					(-)

Table 2
Comparison of Mdn and IQR between 2nd and 3rd round (Continued)

Lists of aims of laboratory activities	Mdn		IQR		(+)
	2nd	3rd	2nd	3rd	
1. To understand professional science knowledge	7.88	8.44	0.89	0.56	(-)
2. To understand generative process of scientific knowledges	7.63	8.27	0.97	0.52	(-)
3. To develop generative ability of the scientific concepts	7.05	7.15	0.77	0.45	(-)
4. To develop ability for scientific discovery of regularity from interpreting natural phenomenon	8.62	9.00	1.40	0.84	(-)
5. To acquire science process skills	7.43	7.92	0.88	0.39	(-)
6. To acquire professional manipulative-skills	8.00	8.31	1.07	0.63	(-)
University 7. To develop the ability of creative problem-solving	7.88	8.29	1.03	0.69	(-)
8. To acquire ability of professional skills related with occupations	7.44	8.06	0.98	0.69	(-)
9. To increase scientific attitude	7.38	7.43	1.42	1.08	(-)
10. To increase ability of rational decision-making	7.75	7.80	1.61	0.89	(-)
11. To understand necessity of laboratory activities	6.80	7.06	1.41	0.79	(-)
12. To maintain interests in science	6.20	7.60	1.56	1.12	(-)
13. To experience joyfulness of problem-solving	6.86	7.19	1.47	0.76	(-)
14. To understand interactions among the Science-Technology-Society	6.91	6.87	1.06	0.35	(-)

Table 4는 Table 2의 항목들을 Fig. 1에서 제시된 평정척도 중 중앙치가 7(중요하다)이상인 것들을 3라운드 중앙치의 크기순으로 정렬하여 나타낸 것이며, 초등 7개, 중등 9개, 대학 13개 항목이 있다.

IV. 논 의

이 연구를 통해 얻은 실험 활동의 목적들은 반드시 실험을 통해서만 달성될 수 있는 것은 아니다. 다만, 과학 교수-학습에서 실험 활동이 강조되어야 하는 이

유가 인지 발달 이론으로부터 그 근거를 제공받고 있을 뿐만 아니라(홍미영 등, 2002), 이미 많은 연구자들이 다른 과목과는 달리 과학과 학습지도에 실험이 필요한 이유를 실험 활동의 효과 및 기능적 측면에서 제시한 바 있었으며(Wellington, 1998), 권용주와 Lawson (1999)이 실험 수업의 효율성을 신경학적 측면에서 제시한 것처럼, 과학 교수-학습지도는 실험 활동을 통해 과학교육의 목표를 효율적으로 이뤄질 수 있다는 이론적 근거를 형성하고 있다. 따라서 이러한 근거를 바탕으로 Table 4에서 얻어진 실험 활동 목적들에 대

Table 3
Wilcoxon signed ranks test of IQR

Lists	Ranks			Test statistics	
	N	Mean rank	Sum of ranks		
Elementary school	Negative ranks	10	6.45	z	-2.802
	Positive ranks	1	1.50		
	Tie	0		Asymp. sig.(2-tailed) 0.005**	
	Total	11			
Secondary school	Negative ranks	10	5.50	z	-2.803
	Positive ranks	0	.00		
	Tie	0		Asymp. sig.(2-tailed) 0.005**	
	Total	10			
University	Negative ranks	14	7.50	z	-3.300
	Positive ranks	0	.00		
	Tie	0		Asymp. sig.(2-tailed) 0.001**	
	Total	14			

** p < 0.01

Table 4
Rank of lists

	Mdn		Lists of aims of laboratory activities
	2nd	3rd	
Elementary school	8.54	8.55	6. To acquire science process skills
	7.88	8.13	4. To foster scientific creativity
	8.00	7.92	9. To experience scientific phenomena or operational practices
	7.80	7.63	8. To increase scientific attitudes
	6.88	7.31	10. To arouse active learning climates
	7.27	7.25	7. To increase attitudes toward science
	6.92	7.00	3. To understand scientific knowledges
Secondary school	8.42	8.44	4. To acquire science process skills
	7.58	7.96	2. To develop the ability for creative problem-solving
	7.58	7.96	8. To experience the joyfulness of scientific or practical discovery
	7.43	7.85	6. To increase scientific attitudes
	7.44	7.82	1. To understand scientific knowledges
	7.42	7.56	3. To understand generative process of scientific knowledges
	7.06	7.25	7. To increase attitudes toward science
University	7.13	7.18	5. To increase ability of rational decision-making
	6.89	7.13	9. To aware necessity of laboratory activities
	8.62	9.00	4. To develop ability for scientific discovery of regularity from interpreting natural phenomenon
	7.88	8.44	1. To understand professional science knowledges
	8.00	8.31	6. To acquire professional manipulative-skills
	7.88	8.29	7. To develop the ability of creative problem-solving
	7.63	8.27	2. To understand generative process of scientific knowledges
	7.44	8.06	8. To acquire professional ability related with occupations
	7.43	7.92	5. To acquire science process skills
	7.75	7.80	10. To increase ability of rational decision-making
	6.20	7.60	12. To maintain interests in science
7.38	7.43	9. To increase scientific attitudes	
6.86	7.19	13. To experience joyfulness of problem-solving	
7.05	7.15	3. To develop the ability to generate the scientific concepts	
6.80	7.06	11. To aware necessity of laboratory activities	

해 논하고자 한다.

Table 4에서, 전문가 커뮤니티로부터 합의된 주요 목적은 초등 7개, 중등 9개, 대학 13개로 항목의 수가 점차 증가하여 상급학교로 올라갈수록 보다 다양해지고 한층 더 심화되고 세분화된 상위 능력이 요구됨을 보이고 있다.

Table 5에서, 한 학교급에만 속한 항목과 두 학교급 이상에 속한 항목들이 제시되어 있다. (1)번과 (2)번 항목인 ‘과학적 현상 또는 조작활동 체험’과 ‘능동적 학습분위기 유발’은 초등학교 수준에서만 제시되어 있다. 이것은 초등학생의 인지적 발달 수준이 감각적 체험활동 또는 구체적 사물의 경험을 제공하는 실험과 탐구학습을 필요로 하기 때문인 것으로 파악된다(홍미

영 등, 2002). 대학수준에서 새롭게 제시된 ‘규칙성 발견능력’과 ‘과학적 개념 생성능력’, ‘전문적인 조작 기술’, ‘직업관련 전문능력’ 항목이 있다. 최근 지식기반정보화사회로 전환됨에 따라 대학은 새로운 기술혁신의 원천을 제공할 수 있기 때문에, 이러한 맥락 속에서 대학은 교육을 통한 전문적 과학기술지식을 갖춘 인적 자원의 생산자로서의 역할을 요구받고 있다(홍형득, 2002). 따라서, 전문가 커뮤니티로부터 제시된 Table 5의 (14), (15)번의 ‘전문적 능력과 관련 기술의 습득’ 항목은 미래사회의 주역인 대학생들에게 특히 자연계열의 대학생들에게 있어서 매우 중요한 목적으로 판단된다.

Table 4에서처럼, 각 학교급에 공통적으로 포함되

Table 5

Aims of labwork in each school science level

No.	Items	Elementary School	Secondary school	University
(1)	To experience scientific phenomena or operational practices	○		
(2)	To arouse active learning climates	○		
(3)	To increase attitudes toward science	○	○	
(4)	To acquire science process skills	○	○	○
(5)	To foster scientific creativity (To develop the ability of creative problem-solving)	○	○	○
(6)	To understand (professional) scientific knowledges	○	○	○
(7)	To increase scientific attitudes	○	○	○
(8)	To experience joyfulness of scientific or practical discovery (problem-solving)		○	○
(9)	To understand generative process of scientific knowledges		○	○
(10)	To increase ability of rational decision-making		○	○
(11)	To aware necessity of laboratory activities		○	○
(12)	To maintain interests in science			○
(13)	To develop ability for scientific discovery of regularity from interpreting natural phenomenon			○
(14)	To acquire professional manipulative-skills			○
(15)	To acquire professional ability related with occupations			○
(16)	To develop the ability to generate the scientific concepts			○

는 항목으로서, (3)번 항목인 ‘과학에 대한 태도’부터 (11)번 항목인 ‘실험에 대한 필요성 인식’까지 제시되어 있다. 특히 ‘(4) 과학탐구능력’, ‘(5) 창의적 문제해결능력’, ‘(6) 과학적 지식’, ‘(7) 과학적 태도’에 대한 항목이 모든 학교급에서 제시되고 있다.

Table 4에 보는 바와 같이, 초·중등 수준에서 중앙치 8.55와 8.44로 가장 높은 항목이 ‘과학탐구능력’이다. 대학 수준에서 이 항목은 중앙치 7.92로 초·중등학교에서보다 비교적 낮은 점수를 받았으나, 대학 수준에서도 강조되어야 할 중요한 항목으로 인식되고 있음을 알 수 있다.

이러한 ‘과학탐구능력’은 과학에서의 실험 활동이 ‘Science A Process Approach’ (SAPA)와 같은 프로그램이 개발되면서부터 과학교육에 핵심 요소가 되어 왔으며(Beaumont-Walters & Soyibo, 2001), 그 이후 많은 과학교육자들은 학생들에게 실험 활동에 참여시킴으로써 과학탐구능력을 향상시키는 것을 핵심으로 하는 연구를 진행해왔다(Germann & Aram, 1996; Germann *et al.*, 1996a; Germann *et al.*, 1996b; Molitor & Geroge, 1976; Staer *et al.*, 1998). 이것은 실험 활동을 통한 과학탐구능력의 향상이 과학교육의 주요목표가 되어야 한다는 연구 결과(Bredderman, 1983; Padilla *et al.*, 1981)와 일치한 것이며, 이러한 배경에는 과학탐구능력이 여러 분야에서 넓은 전이 효과가 있다는 결과에 기인한 것으로 판단된다(Nakayama,

1988). 우리나라 제 3차 교육과정 이후 과학탐구 수행을 통한 과학탐구능력의 습득이 과학교육의 주된 목표로 제시되었고(임청환, 남진수, 1999), 과학탐구능력이 제 6차와 현행 7차 교육과정에서 주요 목표로 제시되고 있음(교육부, 1992; 1997)을 볼 때, 이러한 전문가 커뮤니티의 견해는 과학과 교육과정의 중요 목표를 반영하고 있는 것으로 보인다.

또, 중요한 목적 중 하나로 Table 5의 (5)번 항목인 ‘과학적 창의성’ 혹은 ‘창의적 문제해결능력’에 대한 것이다. ‘창의적 문제해결능력’이란 용어는 ‘창의성’, ‘문제해결능력’, ‘과학적 창의성’과 명확한 구분 없이 통용되어 사용되고 있다. 조연순 등(2000)은 ‘창의적 문제해결’을 ‘과학의 기본 지식과 탐구과정기술을 기반으로 하여 문제에 대한 적절하고 새로운 해결방법을 발견하는 것’으로 제시하고 있으며, AAAS (1993)은 문제해결능력을 비판적으로 사고하는 능력, 분석적으로 추론하는 능력, 창의적이고 생산적인 능력에 대한 것으로서 학생들에게 경험적인 활동을 통해 제공되고 갖추어져야 할 목표 중 하나임을 명시하고 있다. 이것은 미래사회가 단순한 지식의 활용보다는 전문적인 지식에 기초한 창의적인 인간을 요구하기 때문에(윤덕근 등, 2004), 이러한 시대적 요청에 따라 AAAS (1989)에서도 복잡한 문제를 비판적, 창의적으로 생각하는 능력을 갖춘 인간형을 원하고 있으며, 우리나라의 현행 7차 교육과정에서도 ‘기초능력을 토대로 창

의적인 능력을 발휘하는 사람'을 추구하는 인간상으로 제시하고 있고 중·고등학교의 교육목표에는 '창의적 문제해결능력'을 명시하고 있어 이를 상당히 강조하고 있음을 알 수 있다(윤덕근 등, 2004).

Roth (1994)는 실험 활동을 통한 과학 학습이 중등학교의 상위학년 물리학과 관련된 문제해결에 매우 긍정적이었음을 밝혔으며, Kampourakis와 Tsapartlis(2003)는 화학과에서도 학생들이 실험 활동을 통한 과학적 논증활동을 함으로서 문제해결능력을 향상시킬 수 있다고 보고된 바 있다. 또한 Staer 등(1998)은 개방형 탐구 실험 활동이 학생들의 문제해결능력 향상이 크게 도움이 된다고 논의를 통해 밝힌 바 있다. Chang과 Weng (2002)의 지구과학분야에서 중등학생들의 실험활동을 통한 문제해결에 대한 탐색적 연구에서 탐구 실험 단계에서 학생들의 탐구능력이 창의적 문제 해결과 높은 상관관계가 있음을 밝히고 창의적 문제해결능력의 향상과 과학적 관찰, 자료해석, 가설 설정 등과 같은 과학탐구능력의 향상도 함께 고려되어야 할 중요 목표임을 강조하였다.

한편, '창의적 문제 해결 능력'에 대한 요소적 접근에서 '특정 영역의 지식기반'의 중요성이 특히 강조되고 있으며, 지식 기반의 핵심적 내용인 선언적 지식과 절차적 지식이 모두 중요하다는데 여러 학자들이 동의하고 있다(조연순 등, 2000). 즉, '창의적 문제해결'을 위해서 선언적 지식과 절차적 지식이 상당히 축적되어야 함을 내포하고 있는 것이다. 따라서, 전문가 집단에 의해, Table 5에서 제시된 것처럼, (7)번 항목인 초·중등학교의 '과학적 지식의 이해'와 대학의 '전문적인 과학지식의 이해' 항목은 선언적 지식에 관한 목적으로서, (9)번 항목인 중등학교와 대학수준의 '지식 생성과정에 대한 이해' 항목은 절차적 지식에 관한 목적으로서 '창의적 문제 해결 능력' 항목과 병행되어야 할 기본적인 항목으로 인식되고 있음을 추론할 수 있다.

Table 5의 (3), (7), (8), (12)번 항목은 과학 태도와 관련된 항목이다. Gardner (1975)가 제시한 기준에 따라 '과학에 대한 태도'와 '과학적 태도'로 구분된 항목이다. 이 항목들은 실험 활동의 정의적 목적인 두 개의 주요 카테고리로서 제시된 바 있다. 과학에 대한 태도에는 흥미, 기쁨, 만족, 확신과 학습동기를, 과학적 태도는 객관성과 비판적 의식, 회의론, 증거를 고려하려는 의지와 같은 유형이 포함된다(Gardner & Gauld, 1990).

이지현 등(2003)은 실험 활동과 실험 활동을 통한 수행평가가 과학 태도에 긍정적인 효과를 준다는 연

구를 제시한 바 있으며, 김영신과 양일호(2005)는 초등학교의 과학 태도 변화에 영향을 미치는 요인 분석을 통해 학생들의 과학에 대한 긍정적 태도를 갖도록 하기 위해서는 과학 활동이나 실험이 많이 이뤄져야 한다고 하였으며 그 근거로 학생들의 흥미나 관심이 과학 실험이나 활동을 할 때 높아진다고 제시하였다. 이러한 그들의 주장은 장소영과 노석구(2005)의 연구 결과에 의해 뒷받침 된다. 장소영과 노석구(2005)는 초등학교의 과학 선호도에 영향을 주는 과학수업에 대한 인식을 조사한 연구에서 '실험을 하기 때문에 과학을 좋아한다'는 항목이 5단계 리커트 척도 평균 3.53으로 과학선호도를 묻는 문항들 중에서 가장 높은 점수를 받았다고 제시하였다. 반면 '실험을 하지 않더라도 과학을 좋아한다'는 문항은 평균 2.96으로 다른 문항보다 낮은 평균값을 나타냄으로서 과학교과에서 실험 활동이 흥미나 관심에 중요한 요인임을 확인하였다.

앞의 초등학교를 대상으로 한 김영신과 양일호(2005)의 연구, 장소영과 노석구(2005)의 연구가 중등 이상의 학생들에게 직접적으로 적용되기 어려우나 김효남 등(1999)이 초·중·고 학생들의 과학 정의적 특성을 종단적으로 분석한 연구에서 중·고등학교로 올라갈수록 과학 태도를 고려한 학생중심의 교수-학습이 이뤄져야한다고 제안한 것을 바탕으로 하면, 실험 활동은 중등학교 학생들의 과학 태도 형성에도 중요한 요인임을 추론할 수 있다.

Schibeci (1983)는 태도, 흥미와 같은 정의적 학습의 중요성을 제시한 바 있으며, 지금까지 과학 태도 및 성취동기, 자아개념을 포괄하는 정의적 요소들은 과학교육에서 중요한 학습변인으로 인식되어 왔으며(노태희, 최용남, 1996), 과학지식, 과학탐구능력과 같이 과학교육에서 주요 목적으로 제시되고 있다(권치순 등, 2004). 이러한 과학 태도와 과학학습 성취도 사이에는 강한 상관관계가 존재하며(Reynolds & Walberg, 1991), 과학 태도와 성취동기 등의 정의적 요소가 후속학습의 성취수준에 결정적 영향을 주는 변인으로 작용한다는 것은 이미 밝혀졌다(Oliver & Simpson, 1988). 이렇듯 실험 목적이 효과적으로 설계된 활동을 통해 과학 태도를 육성할 수 있으며, 이러한 과학 태도의 육성으로 과학교육 목적 달성에 기여할 수 있을 것으로 기대된다(심규철 등, 2001). 이러한 까닭으로, Table 5에서처럼, 전문가 커뮤니티가 '과학적 태도' 항목을 전체 학교급에서 습득되어야 할 중요한 목적으로서 제시한 것으로 판단된다.

한편, '과학에 대한 태도'와 '과학적 발견의 기쁨'

항목은 과학 태도가 중등학교에서 특히 낮아지고 있다는 최근 일련의 보고들(김주훈, 이미경, 2003; 김효남 등, 1999; 노태희, 최용남, 1996; 송진웅 등, 1992; 이미경, 김경희, 2004; 임청환, 1995; 허명, 1993)과 과학 실험 활동이 학생들의 호기심과 내적동기 유발에 효과적일 뿐만 아니라 이를 통해 과학에 대한 신념과 자신감 등을 심어 주는데 효과적이라는 연구결과(Foster & Lock, 1987)를 고려할 때 중등학교와 대학교에서 특히 습득해야할 중요한 목록으로 제시한 것으로 판단된다.

결과적으로, Gardner와 Gauld (1990)가 과학 태도가 실험 활동을 통한 정서적 영역의 주된 목적으로서 제시한 선행 연구와 같이 이 연구에서도 전문가 집단이 과학 태도를 초등, 중등, 대학 모두에서 갖춰야할 중요 실험 목적으로 인식하고 있는 것으로 판단된다.

V. 결론 및 제언

이 연구는 전문가 커뮤니티로부터 실험의 목적에 대한 합의점을 이끌어내기 위해 델파이 기법을 사용하였다. 이 과정에서 연구의 타당성과 신뢰성을 확보하기 위해 동료 전문가 집단으로부터 전문가 커뮤니티 구성을 위한 기준을 마련하고 전문가 커뮤니티를 구성하였다. 이들로부터 학교과학교육에서 추구되어야 할 중요한 실험 목적으로서 초등학교 7개 항목, 중등학교 9개 항목, 대학교 13개 항목에 대한 합의점을 얻을 수 있었다.

합의된 실험 목적은 초등 수준에서 '과학탐구능력의 습득', '과학적 창의성의 촉진', '과학적 현상 또는 조작적 활동의 체험', '과학적 태도 증진', '능동적 학습분위기 유도', '과학에 대한 태도 증진', '과학적 지식의 이해'가 결정되었다.

중등 수준의 목적으로서 '과학탐구능력의 향상', '창의적 문제해결능력 개발', '과학적 발견의 기쁨 체험', '과학적 태도 증진', '과학적 지식생성 과정에 대한 이해', '과학에 대한 태도 증진', '합리적 의사결정 능력 증진', '실험 활동의 필요성 인식'이 결정되었다.

대학 수준의 실험 활동의 목적은 '자연현상의 해석을 통한 규칙성 발견 능력의 개발', '전문 과학 지식의 이해', '전문 조작 기능 습득', '창의적 문제해결능력 증대', '과학적 지식 생성 과정에 대한 이해', '직업 관련 전문적 능력 습득', '과학탐구능력 습득', '합리적 의사결정능력 증진', '과학에 대한 흥미 유지', '과학적 태도 증진', '문제해결의 기쁨 체험', '과학적 개념의 생성능력 개발', '실험 활동의 필요성 인식'으로 결정되었다.

한편, 중요 목적으로 선택된 항목 이외의 다른 항목들도 모두 중앙치 5점('권장할 수 있음') 이상을 얻은 것으로 보아 교육적 맥락에 따라 제시될 수 있음을 암시하고 있다.

위에서도 알 수 있듯이 제시된 실험의 목적 항목들은 매우 다양하다. 이것은 학교과학 실험 활동이 다양한 형태로 나타날 수 있다는 것을 암시하는 것이다. 즉, 실험의 형태가 다양하면 다양할수록, 그에 따라 과학실험의 성격이 달리 규정되고 다양한 유형의 실험이 존재할 수 있기 때문이다(Garnett et al., 1995; Johnstone & Al-Shuaili, 2001). 따라서 위에서 제시된 '실험 목적'은 어떠한 형태의 실험 유형에 적용될 수 있는지 학교급에 따른 후속연구와, 아울러 Hellingman (1982)의 연구처럼 하위영역으로 제시될 수 있는 '실험 목적'들을 위한 연구가 필요하다. 또한, 목표 달성의 여부를 확인하기 위한 평가 방안 또한 필요한 부분이다.

현행 교육과정을 살펴보면, 탐구 중심의 실험활동을 통해 지도되도록 강조하고 있으나 교사들에게 이를 통해 달성해야할 목적이나 구체적인 목표가 제시되지 않고 있음을 알 수 있다. 이 연구결과는 학교 과학실험활동에 '목적'을 제공하여 교사와 학생들이 실험 수업에서 실험 활동의 '목적'을 명확히 인식할 수 있게 함으로서 보다 효과적인 과학 실험 학습이 이뤄지는데 기여할 수 있을 것이다.

국문 요약

많은 과학교육자들이 과학 실험활동의 목적에 대하여 연구해 왔지만, 연구자에 따라 매우 다양하게 제시되고 있다. 그러나 불행하게도 지금까지도 학교교육 전문가 커뮤니티에 의해 합의된 실험목적이 없다. 이 연구의 목적은 델파이 기법을 사용하여 과학실험활동에서 추구되어야 할 목적을 전문가 커뮤니티로부터 합의된 견해를 얻고자 하는 것이다. 전문가 커뮤니티는 4명의 과학자, 4명의 과학교육전문가, 6명의 초등교사, 7명의 중등교사로 구성되었다. 이들로부터 얻은 실험목적이 수렴되고 있는지를 확인하기 위해 윌콕슨 부호검정을 시행하였다. 연구결과 각 학교급에 따른 실험목적이 얻어졌다. 초등학교 과학 실험 활동의 목적은 7 항목이며, 중등학교 과학 실험 활동 목적은 9 항목, 대학교의 과학 실험 활동 목적은 13개 항목이다.

참고 문헌

교육부 (1992). 고등학교 과학과 교육과정해설-공통

과학, 물리, 화학, 생물, 지구과학. 교육부 고시 제 1992-19호, 서울: 대한교과서 주식회사.

교육부 (1997). 초·중등학교 교육과정-국민공통 기본 교육과정. 교육부 고시 제 1997-15호[별책 1], 서울: 대한교과서 주식회사.

권용주, Lawson, A. E. (1999). Why do most science educators encourage to teach school science through lab-based instruction?: a neurological explanation. 한국과학교육학회지, 19(1), 29-40.

권치순, 허명, 양일호, 김영신 (2004). 초·중고 학생들의 과학 태도 변화에 대한 학습환경의 원인 분석. 한국과학교육학회지, 24(6), 1256-1271.

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

김주훈, 이미경 (2003). 과학과 교육목표 및 내용체계 연구 (I). 한국교육과정 평가원, 연구보고 RRC 2003-4, 28-43.

김효남, 정완호, 정진우, 양일호, 김영신 (1999). 초·중고 학생들의 과학 정의적 특성 추이 분석을 위한 종단적 연구. 한국과학교육학회지, 19(2), 194-203.

노태희, 최용남 (1996). 초·중고 학생들의 과학 수업 환경 인식 및 태도와의 관계성 조사. 한국과학교육학회지, 16(2), 217-225.

서창교, 김은진, 이영숙 (2001). 웹에 기반한 델파이 의사결정지원시스템의 구현. 정보시스템연구, 10(1), 5-25.

송진웅, 박승재, 장경애 (1992). 초·중고 남녀 학생의 과학수업과 과학자에 대한 태도. 한국과학교육학회지, 12(3), 109-118.

심규철, 김현섭, 박영철 (2001). 중고등학생 및 대학생의 과학 관련 태도에 대한 비교 연구. 한국과학교육학회지, 21(3), 558-565.

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

윤덕근, 김성사, 차희영, 이길재, 정완호 (2004). 과학고 학생들의 창의력과 과학적 사고력 향상을 위한 생물 실험 모듈의 적용효과. 한국과학교육학회지, 24(3), 556-564.

이미경, 김경희 (2004). 과학에 대한 태도와 과학성취도의 관계. 한국과학교육학회지, 24(2), 399-407.

이종성 (2001). 델파이 방법. 서울: 교육과학사.

이지현, 남정희, 문성배 (2003). 실험실습법에 의한 수행평가가 중학생의 과학성취도 및 정의적 영역에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 23(1), 66-74.

임정환 (1995). 국민학생과 중학생들의 과학에 관련된 태도연구. 한국과학교육학회지, 15(2), 194-200.

임정환, 남진수 (1999). 초등학생의 정신�용량과 인지양식에 따른 과학탐구능력. 한국과학교육학회지, 19(3), 441-447.

장소영, 노석구 (2005). 초등학생의 과학선택도에

영향을 주는 과학수업에 대한 인식 조사. 초등과학교육, 24(4), 435-442.

조연순, 성진숙, 채제숙, 구성혜 (2000). 창의적 문제해결력 신장을 위한 초등과학교육과정 개발 및 적용. 한국과학교육학회지, 20(2), 307-328.

허명 (1993). 초·중고 학생의 과학 및 과학교과에 대한 태도 조사 연구. 한국과학교육학회지, 13(3), 334-340.

홍미영, 정은영, 맹희주 (2002). 초등학교 과학과 교수·학습 방법과 자료 개발 연구. 한국교육과정평가원, 연구보고 RRC 2002-18, 18-20.

홍형득 (2002). 지식정보화사회와 차기정부의 과제. 한국행정학회 2002 추계학술대회 발표논문집, 351-368.

AAAS (American Association for the Advancement of Science). (1989). Science for all americans: a project 2061 report on literacy goals in science, mathematics, and technology (pp. 11-15). Washington, D. C.: AAAS Publication

AAAS (American Association for the Advancement of Science). (1993). Benchmarks for Science Literacy (pp. 281-300). New York: Oxford University Press.

Amanda, B., Pam, M., Richard, G., & John, L. (1999). Helping students learn from laboratory work. Australian Science Teachers Journal, 45(1), 27-31.

Babikian, Y. (1971). An empirical investigation to determine the relative effectiveness of discovery, laboratory, and expository methods of teaching science concepts. Journal of Research in Science Teaching, 8(3), 201-209.

Bartholomew, H., Osborne, J., & Ratcliffe, M. (2004). Teaching students "ideas-about-science": Five dimensions of effective practice. Science Education, 88(5), 655-682.

Baumont-Walters, Y., & Soyibo, K. (2001). An analysis of high school students' performance on five integrated science process skills. Research in Science and Technological Education, 19(2), 133-145.

Bekalo, S., & Welford, G. (2000). Practical activity in Ethiopian secondary physical sciences: Implications for policy and practice of the match between the intended and implemented curriculum. Research Papers in Education, 15(2), 185-212.

Boud, D. J. (1973). The laboratory aims questionnaire—a new method for course improvement? Higher Education, 2, 81-94.

Boud, D. J. (1980). The aims of science laboratory course: A survey of students, graduates and practising scientists. European Journal of Science Education, 2(4), 415-428.

Boud, D., Dunn, J., & Hegarty-Hazel, E. (1986). Teaching in laboratories. Guilford: SRHE & NFER-Nelson.

Bredderman, T. (1983). Effects of activity-based elementary science on student outcomes: A quantitative

synthesis. *Review of Educational Research*, 53, 499-518.

Bybee, R., & DeBoer, G. (1994). Research on goals for the science curriculum. *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 357-387). New York: MacMillan.

Chang, C.-Y., & Weng, Y.-H. (2002). An exploratory study on students' problem-solving ability in earth science. *International Journal of Science Education*, 24(5), 441-451.

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

Collins, S., Osborne, J., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2001). What 'ideas-about-science' should be taught in school science? A delphi study of the expert community. Paper presented at the Annual Conference of the American Educational Research Association 2001, Seattle, 1-29.

Cyphert, F. R., & Gant, W. L. (1970). The Delphi technique: A tool for collecting opinions in teacher education. In *Exploring the potential of the Delphi technique by analyzing its application*. Symposium conducted by AERA in Minneapolis, Minnesota, USA.

Foster, D., & Lock, R. (1987). *Teaching science* (pp. 11-13). London: Croom Helm.

Gardner, B. J. (1975). Attitudes to science: A review. *Studies in Science Education*, 2, 1-41.

Gardner, P., & Gauld, C. (1990). Labwork and students' attitudes. In E. Hegarty-Hazel (Ed.), *The student laboratory and the science curriculum* (pp. 132-156). London: Routledge.

Garnett, P. J., Garnett P. J., & Hackling, M. W. (1995). Refocusing the chemistry lab: A case for laboratory-based investigations. *Australian Science Teachers Journal*, 41(2), 26-32.

Garnett, P. J., & O'Loughlin, M. O. (1989). Using practical tests to assess laboratory work in chemistry. *Australian Science Teachers Journal*, 35(4), 27-37.

Germann, P. J., & Aram, R. (1996). Students' performance on the science process skills of recording data, analysing data, drawing conclusions and providing evidence. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 773-798.

Germann, P. J., Aram, R., & Burke, G. (1996a). Identifying patterns and relationships among the responses of seventh-grade students to the science process skill of designing experiments. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 79-99.

Germann, P. J., Haskins, S., & Auls, S. (1996b). Analysis of nine high school biology laboratory manuals:

Promoting scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 475-499.

Gess-Newsome, J. (2002). The use and impact of explicit instruction about the nature of science and science inquiry in an elementary science methods course. *Science & Education*, 11, 55-67.

Gupta, V. (2001). Aims of laboratory teaching. *Centre for Development of Teaching and Learning*, 4(1), 1-3.

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.

Hegarty-Hazel, E. (Ed.). (1990). *The student laboratory and the science curriculum*. Routledge: London.

Hellingman, C. (1982). A trial list of objectives of experimental work in science education. *European Journal of Science Mathematics Education*, 4(1), 29-43.

Hodson, D. (1988). Experiments in science and science teaching. *Educational Philosophy Theory*, 20(2), 253-266.

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

Hofstein, A. (2004). The laboratory in chemistry education: Thirty years of experience with developments, implementation, and research. *Chemistry Education*, 5(3), 247-264.

Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The role of laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52(2), 201-217.

Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28-54.

Johnstone, A. II., & Al-Shuaili, A. (2001). Learning in the laboratory: Some thoughts from the literature. *University chemistry education*, 5(2), 42-51.

Kampourakis, C., & Tsapralis, G. (2003). A study of the effect of a practical activity on problem solving in chemistry. *Chemistry Education: Research and Practice*, 4(3), 319-333.

Kenyon, L., & Reiser, B. (2005). Students' epistemologies of science and their influence on inquiry practices. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, April 4-7, 2005, Dallas, TX.

- Kerr, J. (1963). A Classic enquiry into the nature and purpose of school science practical work, based on a study of 701 teachers in 151 schools. Practical work in school science, Leicester: Leicester University Press.
- Lazarowitz, R., & Tamir, R. (1994). Research on using laboratory instruction in science. In D. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (pp. 94-128). New York: MacMillan.
- Lunetta, V. N. (1998). The School Science Laboratory: Historical perspectives and context for contemporary teaching. In B. Fraser & K. Tobin (Eds.), *International handbook of science education, part 1* (pp. 249-262). Kluwer Academic Publishers.
- McComas, W. F. (1997). Research on Curriculum, teaching, and learning- The laboratory environment: An ecological perspective. *Science Education International*, 8(2), 12-16.
- Molitor, L., & George, K. (1976). Development of a test of science process skills. *Journal of Research in Science Teaching*, 13, 405-412.
- Nakayama, G. (1988). A study of the relationship between cognitive styles and integrated science process skills. ERIC No. ED 291 592.
- Nott, M. (1997). Keeping scientists in their place. *School Science Review*, 78(285), 49-60.
- Nott, M., & Smith, R. (1995). 'Talking your way out of it', 'rigging', and 'conjuring': What science teachers do when practicals go wrong. *International Journal of Science Education*, 17, 399-410.
- Nott, M., & Wellington, J. J. (1996). When the black box springs open: practical work in schools and the nature of science. *International Journal of Science Education*, 18, 807-824.
- Oliver, J. S., & Simpson, R. D. (1988). Influences of attitude toward science, achievement motivation, and science self concept on achievement in science: A longitudinal study. *Science Education*, 72(2), 143-155.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What "ideas-about-science" should be taught in school science? A delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.
- Padilla, M. J., Okey, J. R., & Dillashaw, F. G. (1981). The relationship between science process skill and formal thinking abilities. A Paper Presented at the National Association for Research in Science Teaching Annual Meeting (54th, Grossinger's in the Catskills, Ellenville, NY, April 5-8). ED 201 488.
- Reynolds, A. J., & Walberg, H. J. (1991). A structural model of science achievement. *Journal of Educational Psychology*, 83(1), 97-107.
- Robertson, M., Line, M., Jones, S., & Thomas, S. (2000). International students, learning environments and perceptions: A case study using the Delphi technique. *Higher Education Research & Development*, 19(1), 89-102.
- Roth, W. M. (1994). Experimenting in a constructivist high school physics laboratory. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 197-223.
- Rowe, G., & Wright, G. (2001). Expert opinions in forecasting: The role of the Delphi technique. *International Series In Operations Research and Management Science*, -(30), 125-144.
- Shibeci, R. A. (1983). Selecting appropriate attitudinal objectives for school science. *Science Education*, 67(5), 595-603.
- Staer, H., Goodrum, D., & Hackling, M. (1998). High school laboratory work in western australia: Openness to inquiry. *Research in Science Education*, 28(2), 219-228.
- Swain, J. R. L. (1974). Practical objectives- a review. *Education in Chemistry*, 11(4), 152-156.
- Tasker, R. (1981). Children's views and classroom experiences. *Australian Science Teachers Journal*, 27, 33-39.
- Tobin, K. (1990). Research on science laboratory activities: In pursuit of better questions and answers to improve learning. *School Science and Mathematics*, 90(5), 403-418.
- Trumper, R. (2003). The physics laboratory-a historical overview and future perspectives. *Science & Education*, 12(4), 645-670.
- Watson, R. (2000). The role of practical work. In M. Monk & J. Osborne (Eds.), *Good practice in science teaching: What research has to say*, (pp. 57-71). Buckingham: Open University Press.
- Wellington, J. J. (1998). Practical work in school: time for a re-appraisal. In J. J. Wellington (Ed.), *Practical work in School Science* (pp. 3-15). NY: Routledge.
- Wellington, J. J. (2000). *Teaching and learning secondary science - contemporary issues and practical approaches* (pp. 145-155). London and New York: Routledge.
- White, R. T. (1996). The link between the laboratory and teaching. *International Journal of Science Education*, 18(7), 761-774.
- Whitman, N. I. (1990). The committee meeting alternative: Using the Delphi Technique. *Journal of Advanced Nursing*, 20(7-8), 30-36.