

학교 과학수업에서 실험의 목적에 대한 고찰

양일호 · 조현준
(한국교원대학교)

Review on the Aims of Laboratory Activities in School Science

Yang, Il-Ho · Cho, Hyun-Jun
(Korea National University of Education)

ABSTRACT

Teaching with laboratory activities in school science, which are distinctive characteristic, is placed from other disciplines for learning almost 200 hundred years ago. A number of science educators have suggested that there are rich benefits in learning from using laboratory activities. At these time, however, some educators have begun to seriously question the effectiveness and the role of laboratory activities. There are some causes related to obscure and vague aims of laboratory activities. The purposes of this paper is to review aims of laboratory activities presented in the literatures through historical overview, and to obtain implication for school science. There are various aims of laboratory activities by a number of researchers. Overall synthesizing, there are four domains of aims of science teaching through laboratory activities, (a) science knowledge has two sub-domains; scientific content knowledge and procedural knowledge, (b) nature of science, (c) science attitude has two sub-domain; scientific attitude and attitude toward science, and (d) ability of scientific inquiry has two sub-domain; manipulative skills and scientific thinking. But, it is necessary to continue the following study in order to obtain the aims of laboratory activities agreed by expert community, and setting up of lists of aims of laboratory activities for students to achieve hierarchies of school science curriculums.

Key words : laboratory activities, aims of laboratory activities, science knowledge, nature of science, science attitude, ability of scientific inquiry

I. 서 론

다른 교과와는 구별되는 독특한 교수방법인 실험은 과학교육에서 거의 200여 년 전부터 학습방법의 하나로 자리매김하게 되었다(Lazarowitz & Tamir, 1994). 과학수업에 실험이 도입된 이후, 많은 과학교육자들은 실험이 학생들에게 많은 이점을 줄 수 있다고 주장해왔다(Garnett *et al.*, 1995; Hofstein and Lunetta, 1982, 2004; Lunetta, 1998; Tobin, 1990; Hofstein, 2004). 그러나 최근의 연구결과들은 학생들이 단지 실습지에 제시된 과정을만 따르는, 이른바 요리책식 실험을 한다고 보고하고 있으며(박승재, 1997; 윤덕근 등, 2004; Clough & Clark, 1994; Germann *et al.*, 1996; Germann & Odom, 1996; Lunetta, 1998;

Lock, 1988; Roth, 1994; Wellington, 1998), 많은 과학교육자들은 이에 대해 더 이상 실험이 단순히 요리책을 따르는 형태가 되어서는 안된다는데 동의하고 있다(Solomon, 1999).

실험 수업이 갖는 많은 장점에도 불구하고, 우리나라 과학교육에서 실험 수업은 탐구와 거리가 먼 형태로 운영되고 있는 것이 사실이다. 이러한 원인 중의 하나는 실험의 목적을 명료하게 밝히지 않는 데서 찾을 수 있겠다. 과학실험활동이 잘 이루어지지 않는 원인을 Wellington(1998)과 Watson(2000)은 하나의 실험으로 여러 가지의 목적 즉, 개념의 이해와 인식론적 이해를 동시에 성취하고자 하기 때문이라고 주장하고 있다. 또한 Hart 등(2000)은 교사들이 실험활동에 맞게 실험형태를 조직하지 못하고 있으며, 교사

와 학생들 자신들이 달성해야할 목표를 인식하지 못하고 있다고 보고하고 있다. 이와 관련하여 11세에서 14세사이의 학생들이 실험의 목표를 잘 진술하지 못함을 발견한 Tasker(1981) 연구결과는 이를 뒷받침한다.

따라서 이 연구를 통하여 학교 과학교육의 실험 목적에 대하여 제시된 문헌들을 고찰하고 실험의 목적에 대한 목록을 정리하여 실험활동의 목적에 대한 교육적 시사점을 얻고자 한다.

II. 연구 방법

1. 용어의 정의

실험 목적들을 고찰하는데 있어서 ‘실험 목적’의 의미를 명확히 하는 것은 매우 중요하다. 여기에서는 ‘실험’과 ‘목적’의 의미를 정의하고 각각의 의미를 통해서 ‘실험 목적’의 의미를 찾고자 한다.

(1) 실험(laboratory activities or laboratory works)

이 논문에서 말하는 실험은 과학자들이 행하는 실험이 아닌 협의의 의미로 학교 과학교육에서 실시되는 실험에 국한하여 사용한다. ‘실험(laboratory activities or laboratory works)’은 과학수업시간에 학생과 현상(phenomena) 혹은 구체물(objects)과의 상호작용의 형태로 나타나는 유목적적인 교수학습의 한 형태이며, 실험(experiments)을 가르치거나 혹은 실제적인 활동(practical activities)을 하는 것과 관련된 모든 종류의 교수 학습 활동을 일컫는다. 다른 교수학습활동과 비교하여 실험활동은 그림 1과 같이 표현될 수 있다(Millar et al., 1998).

Science teaching and learning activities

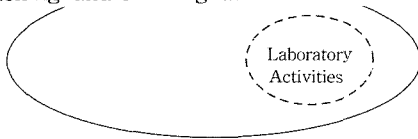


그림 1. 과학 교수학습활동의 하위 요소로서의 실험활동.

(2) 목적(aims)

‘목적(aims)’의 본질적 의미는 교사가 그 수업시간에 실험을 사용하고자 결정하려 할 때 그 활동을 위한 교육학적 ‘의도’와 관련된다. 즉, 특정 실험활동과 그 활동이 조직되어 있는 방법과 학생들을 계획된

활동으로 이끌어 낼 교사의 판단을 나타낸다. 이것은 수업활동의 시작에 주어지는 진술문 형태의 ‘목표(objectives)’와는 상당히 다르다. 목표(objectives)는 활동에 대한 구체적인 과학 학습의 결과물을 언급하는 반면, 목적(aims)은 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).

2. 문헌 고찰의 대상과 선정

1963년부터 최근까지 실험의 목적을 제시한 국내·외에서 출판된 학술지, 핸드북(handbook), 연구보고서 등을 대상으로 문헌을 수집하였다. 이 중 실험목적에 대한 교사들과 학생들의 인식자체만을 연구한 것과 실험 ‘목적’이 아닌 ‘목표’를 다룬 문헌은 고찰 대상에서 제외되었다.

III. 결과 및 논의

연구자가 수집한 문헌은 총 19편이다. 이 중 영국의 문헌이 8편, 미국 문헌이 5편, 인도 문헌 1편, 오스트레일리아 문헌 2편, 다국적 연구문헌이 3편이다. 이중 다국적 공동연구 3편 중 한편은 각각 미국인과 이스라엘, 다른 2편은 모두 유럽인들의 공동연구이다. 수집된 문헌 중 영국을 중심으로 한 유럽의 문헌이 차지하는 비율이 크다는 것을 알 수 있다. 또한, 미국 저자들은 미국에서 출판된 연구물들을 현저하게 인용했으며, 영국의 저자들은 대부분 영국의 출판물에서 인용하였고, 반면에 호주의 이스라엘의 저자들에게 좀 더 다양한 참고문헌들이 나타났다.

그들이 사용하는 용어에도 약간의 차이가 있었다. 영국을 중심으로 하는 유럽 국가들은 ‘실험실습활동(practical works)’이란 용어를 사용하고 있으며, 미국을 중심으로 하는 북미 국가들은 ‘실험실 활동(laboratory activities or labworks)’이란 용어를 사용하고 있다(Hodson, 2001). 이 연구에서는 앞의 ‘용어의 정의’를 바탕으로, 위의 ‘실험 실습 활동(practical works)’과 ‘실험실 활동(laboratory activities or labworks)’이란 용어는 ‘실험(laboratory activities)’으

표 1. 실험목적에 대한 외국 문헌 목록

저 자	출판년도와 유형	내 용
Kerr, J. A. [ⓐ]	1963, B	중등학교 실험목적에 대한 설문조사 후 10개의 항목 제시함
Whitfield, R. C. and Eggleston, J. F. [ⓑ]	1968, R	CES와 GCE에 제시된 실험목적 분석 후 위계적 순서에 따른 실험목적 제시함
Boud, D. J. [ⓒ]	1973, J	대학과정의 물리 실험의 목적 제시함
Shulman, L. D. and Tamir, P. [ⓓ]	1973, C	문헌연구를 통해 실험수업의 목적을 유목화함
Anderson, R. O. [ⓔ]	1976, B	문헌연구를 통해 실험 목적을 유목화함
Lunetta, V. N. and Hofstein, A. [ⓕ]	1991, C	의도된 학습 결과물로서 실험의 목적을 제시함
Clough, M. P. and Clark, R. [ⓖ]	1994, J	고등학생들을 대상으로 한 연구를 통해 실험목적들을 제시함
Garnett <i>et al.</i> [ⓗ]	1995, J	호주 화학과 교육과정에 제시할 실험목적들을 4개의 범주로 요약함
AAPT [ⓓ]	1992, P	AAPT의 실험의 기능에 대한 소위원회에서 고등학교 물리실험에서 달성해야할 목적을 9가지 항목으로 제시함
AAPT [ⓓ]	1997, J	AAPT의 실험의 기능에 대한 소위원회에서 고등학교 물리실험에서 달성해야할 목적을 통합하여 5개의 항목으로 제시함
Wilkinson, J. W. and Ward, M. [ⓓ]	1997, J	교육과정과 문헌을 분석한 후 실험목적들을 개발함
Welzel <i>et al.</i> [ⓓ]	1998, R	교사를 상대로한 설문을 바탕으로 실험목적들을 제시함
Domin, D. S. [ⓓ]	1999, J	화학교육사를 통한 실험수업의 목적을 제시하고 이러한 목적에 적합한 유형을 정리함
Bekalo, S. and Welford, G. [ⓓ]	2000, J	중등학교 물리와 화학교육과정 분석 후 실험목적 제시
Gupta, V. [ⓓ]	2001, J	대학실험의 근본적 문제를 해결하기 위해 실험목적들을 제시함
Johnstone, A. H. and Al-Shuaili, A. [ⓓ]	2001, J	화학교과의 실험목적과 관련된 문헌 분석 후 유목화함
Bennett, J. & Kennedy, D. [ⓓ]	2001, J	문헌을 통해 실험목적들을 요약하고 이들에 대한 평가방향 제시
Millar <i>et al.</i> [ⓓ]	2002, C	의도된 학습 결과물로서 실험의 목적을 제시함
Leach, J. [ⓓ]	2002, C	과학의 본성과 관련하여 실험의 목적을 분석함

B = 서적, C = 서적에 포함된 일부, J = 학술지, R = 연구보고서, P = 성명서

ⓐ 미국, ⓑ 오스트레일리아, ⓒ 영국, ⓓ 아시아, ⓔ 다국적 공동연구

로 통합하여 사용하였다.

그러나, 국내 문헌 중 ‘실험의 목적’을 직접적으로 다룬 것은 찾기 힘들 뿐만 아니라, 많은 연구가 ‘실험에 대한 인식’에 초점을 맞추고 있었다. 그 중 ‘실험 목적’을 다루고 있는 문헌들은 단순히 차시목표 수준의 내용(김재우와 오원근, 1998)과 중학생의 과학자의 실험목적에 대한 인식(김희경과 송진웅, 2003)이며, 문헌에서 제시된 실험목적들을 요약·정리한 것(권재술 등, 1997; 김찬중 등, 1999)에 머무른 정도였다.

1. 1990년 이전의 실험의 목적

1960년대에는 중등학교의 교육과정과 중등교사의 설문을 통해 분석된 내용으로, 중등 과학교육에서 필요한 ‘실험목적’이 제시되었다. 제시된 실험목적은 크게 네 가지 영역으로 요약될 수 있다. 즉, (a) 기능영역 - 도구의 정확한 용법과 사용기능, 관찰, 측정 등

의 탐구 기능, 수집된 자료의 분석/정리 등의 기능, 결과의 표현 및 의사소통 기능 등, (b) 지식영역 - 비판적 사고와 문제해결, 실험목적의 이해, 실험을 통한 지식의 확인, 생물학적, 화학적, 물리적 현상의 체험 등, (c) 과정영역 - 탐구과정 이해, 과학적 사실의 발견과정 이해 등, (d) 태도영역 - 학습자의 흥미 등이 그것이다.

Kerr(1963)는 151개의 중등학교에서 701명의 교사들을 상대로 학교과학교육에서 실험은 왜 필요한지에 대한 설문조사 후 교사들의 응답을 분석하여 실험 목적에 대한 목록을 중요한 순서대로 표 2와 같이 10가지 항목들을 제시하였다. 그가 제시한 10개의 항목은 최근까지 다른 많은 연구자들에게 인용될 만큼 매우 잘 알려져 있으며, 60년대 이후 많은 시간이 흘렀음에도 불구하고 1번, 2번, 9번, 10번 항목은 지금까지도 사용될 만큼 중요한 목적으로 인식되고 있다 (Swain, 1974; Wellington, 2000). 특히, 그는 모든 교

사들이 '과학 교과에 대한 흥미'와 관련된 목적은 중등학교 교육의 처음 2년 동안 가장 중요한 것이라 강조하였다.

표 2. 실험목적의 10개 항목(Kerr, 1963)

1. 정확한 관찰과 주의 깊은 기록을 독려하기 위해
2. 간결한, 상식적인, 과학적 방법에 대한 사고력을 증진시키기 위해
3. 조작적 기능을 발달시키기 위해
4. 문제해결능력의 수련을 위해
5. 실기시험의 필요조건을 충족시키기 위해
6. 이해할 수 있도록 이론적 실험을 명쾌하게 하기 위해
7. 이미 배운 것에 대한 사실이나 원리들을 입증하기 위해
8. 조사활동을 통한 사실의 발견과정과 원리에 도달하는 과정을 통합하기 위해
9. 학습자의 흥미를 유발하고 지속시키기 위해
10. 생물학적 · 화학적 · 물리적 현상을 실제로 경험하도록 하기 위해

Whitfield와 Eggleston(1968, Swain, 1974에서 재인용)은 그 이전의 연구 결과와 CES(the Certificate of Secondary Education), GCE(the General Certificate of Education)-A level에 제시된 실험목적을 분석한 후 표 3과 같이 실험 준비단계, 실험단계, 실험 결론

단계로 구분하여 제시하였다. 그들은 각 단계에 따라 필요한 실험능력을 제시하고 중등학교 학생들에게 이 목적을 달성할 것을 요구하였다. 이들의 연구는 실험 수행단계에 따라 습득되어야 할 상세한 실험목적 제시했다는 점에서 의미가 있으며, 물리, 화학, 생물 영역에서 학생들이 달성해야 할 목적을 제시하고 학생들이 습득한 기능이나 능력들의 평가를 위한 구체적 설정을 위한 Hellingman(1982)의 연구와 세부목표(specific aims)를 설정하기 위한 20세기 초의 연구들에 영향을 주었으며, 이들의 목표는 지금도 거의 비슷하게 사용되고 있다(Johnstone & Al-Shuaili, 2001). 그러나, 표 3에 제시된 실험목적은 '보편적 실험목적(general and broad aims of laboratory activities)'의 의미에서 구별될 필요가 있다.

한편, Buckley와 Kempa(1971, Johnston and Al-Shuaili, 2001에 인용됨)는 실험활동은 학생들이 다른 목적들 가운데 실험 데이터를 해석하는 능력뿐만 아니라 관찰 기능을 습득하도록 격려하는데 목적을 두어야 한다고 강조하고 있다.

Boud(1973)는 앞선 다른 문헌과는 달리 대학수준

표 3. 실험목적 분석(Whitfield & Eggleston, 1968)

단계	내	용
실험 준비 단계	1. 실험목적 이해할 수 있는 능력	
	2. 실험을 계획할 수 있는 능력	
	(1) 문제를 실험의 각 요소별로 분석해 낼 수 있는 능력	
	(2) 절차/기법을 고안/선택해 낼 수 있는 능력	
실험 단계	(3) 실험의 한계점과 (2)단계 내의 문제점에 대한 해결가능한 자원을 인지할 수 있는 능력	
	(4) 변인통제와 사전실험의 중요성을 인지할 수 있는 능력	
	3. 실행가능한 실험을 설계할 수 있는 능력	
	(1) 지시문 또는 구두지시를 이해하고 이행할 수 있는 능력	
	(2) 표준적/새로운 기능을 활용하기 위한 장치를 선택하고 세팅할 수 있는 능력	
	(3) 장치가 적절한 역할을 할지 판단할 수 있는 능력	
	(4) 재료와 시간적인 측면에서 주의할 점과 효율성에 대한 요구를 평가할 수 있는 능력	
	4. 실험을 수행할 수 있는 능력	
	(1) 조작	(a) 친숙한/친숙하지 않은 도구/재료를 사용할 수 있는 능력 (b) 친숙한/친숙하지 않은 절차를 수행할 수 있는 능력
	(2) 관찰	(a) 정밀한 정성적 관찰을 할 수 있는 능력 (b) 정밀한 정량적 관찰을 할 수 있는 능력
(3) 기록	(a) 획득된 데이터를 정밀하게 기록할 수 있는 능력	
실험 결론 단계	5. 실험결과를 해석하고 분석하는 능력	
	(1) 획득된 데이터를 표/다이아그램/그래프 형태로 정리/조직/분류 하는 능력	
	(2) 결과를 해석하고 결론을 이끌어내는 능력	
	(3) 실험의 기초에 대한 절차와 결과에 대한 타당성과 신뢰성을 평가하는 능력	
	(4) 실험의 개선점을 제안할 수 있는 능력	
	(4) 데이터로부터 가설을 수용하거나 기각할 수 있는 능력	
6. 실험결과 나타내기		
(1) 간결하고 효과적인 보고서 작성능력		
(2) 간결하고 효과적으로 구두보고를 할 수 있는 능력		

에서의 목적을 다루고 있다. 그는 British 대학의 물리학 실험과정의 학생들과 교직원들을 대상으로 실험의 필요성에 대해 설문한 후, 조사 결과를 아래와 같이 목록으로 제시하였다.

- (a). 그 교과와 자신감을 심어주기 위해
- (b). 기본적인 실습기능을 가르치기 위해
- (c). 학생들에게 중요한 표준적 장비와 측정 기법에 익숙해지도록 하기 위해
- (d). 강의에서 배운 재료들을 예시를 통한 설명을 위해
- (e). 실험을 하는 태도와 원리를 가르치기 위해
- (f). 학생들에게 관찰을 훈련시키기 위해
- (g). 수집된 데이터의 측정과 해석을 통해 연역적 추론과정을 훈련시키기 위해
- (h). 특정 문제들의 해결을 위한 실험데이터를 구하기 위해
- (i). 학생들에게 실험에 대한 보고서 기록을 훈련시키기 위해
- (j). 매일매일의 실험일지를 쓰도록 훈련시키기 위해
- (k). 학생들에게 실험 설계의 단순한 모양을 훈련시키기 위해
- (l). 교직원과 학생들 간 더 밀접한 교류를 제공하고 위해
- (m). 그 교과에서 학생들의 흥미를 자극하고 유지하기 위해
- (n). 강의시간에 다루지 않은 몇 가지 '이론적' 제재들을 가르치기 위해
- (o). (데이터로부터 얻은 모든 정보에서 사례를 추출하고 실험체계의 오류를 회피할 수 있는 등의) '비판적 자각'능력을 기르기 위해
- (p). 다층적 문제해결상황에서 문제를 해결능력의 기능을 개발시키기 위해
- (q). 연구와 개발 실험실의 상황을 격려하기 위해
- (r). 독립적인 사고를 할 수 있도록 격려해 주기 위해
- (s). 발견의 과정으로서 '실습'을 보여주기 위해
- (t). 학생들에게 기술적인 개념과 해결책들의 필요성에 친숙해지도록 하기 위해
- (u). 특별한 지식을 익히도록 동기를 제공하기 위해
- (v). 이론과 실제 사이에 있는 차이의 연결을 도울 수 있도록

위의 항목 중 태도 영역이 (a), (l), (m), (q)의 네 개의 항목으로 Kerr(1963)의 문헌 보다 더 많이 제시하

고 있다. 과학교육에서 많은 사람들이 태도의 중요성을 인식하고 있음을 보여주는 것이다. 이후의 연구에서도 '태도'는 실험목적의 중요한 한 '영역'으로 독립된 위치를 차지하고 있음을 알 수 있다. 또한, (a), (d), (n), (s), (u), (v)항목은 교사의 입장에서 제시된 목적임을 알 수 있다.

그러나, 그의 연구에서는 미래사회에 유용하게 쓰일 전문적 인력을 양성하고 사회적 요구와 개인의 직업적 선택과 능력에 부합되는 전문적 기술과 기능을 지도하여야 하는 대학의 기능적 측면에서 볼 때 직업교육과 직접적으로 관련된 목록을 찾아보기 힘들다.

Shulman과 Tamir(1973)은 실험목적에 대한 문헌들의 리뷰를 통해 실험수업의 목적을 아래와 같이 다섯 가지로 유목화시켰다.

- (a) 과학과의 흥미, 태도, 개방성, 호기심을 자극시키고 유지시키기 위해
- (b) 창의적 사고와 문제해결능력 개발을 위해
- (c) 과학적 사고와 (가설의 형성과 가정 설정과 같은) 과학적 방법의 양상을 향상시키기 위해
- (d) 개념적 이해와 지적 능력의 발달을 위해
- (e) (조사활동에 대한 설계와 수행, 관찰, 데이터 기록, 분석과 결과해석과 같은) 실습능력의 개발을 위해

한편, Anderson(1976)은 실험목적에 대해 문헌연구를 통해 다음과 같이 4개의 영역으로 요약하였다.

- (a) 학생들의 지적·심미적 이해를 위해 과학의 인간 중심의 지식을 육성하기 위해
- (b) 다른 문제해결 분야로 전이할 수 있는 과학탐구 기능들의 육성을 위해
- (c) 학생들이 과학자의 역할에 대해 올바르게 이해하고 부분적으로 그들의 역할을 잘 따라 할 수 있도록 돕기 위해
- (d) 과학적 지식의 규칙성에 대한 올바른 이해와 과학적 이론과 모델의 불확실한 본성에 대한 학생들의 이해를 돕기 위해

위의 두 연구에서 제시된 목적은 다시 앞서 구분된 기능, 지식, 과정, 태도로 구분될 수 있다. Shulman과 Tamir(1973)가 제시한 실험목적은 예전의 문헌과 크게 차이가 없어 보인다.

그러나, Anderson(1976)은 과학적 이론의 불확실성을 제시함으로써 학생들에게 ‘과학의 본성’을 가르칠 것을 제안하고 있다. 또한 그가 제시하고 있는 목적 중 (c)와 (d)항목을 통해서 교사 역할의 지시적 측면보다는 보조적 측면을 강조하고 있음을 알 수 있다: 이것은 학습자가 이미 선지식을 가지고 있고, 학습자 스스로 선지식과 학습 환경의 능동적 상호작용을 통해 학습이 일어난다고 보는 사회적 구성주의 학습이론이 과학교육에서도 나타나고 있음을 시사해주고 있는 것이다.

2. 1990년 이후 실험 목적

1990년대는 과거에 실험의 목적을 직접적으로 나열한 것과는 다른 특징적인 연구들이 나타나고 있다. 하나는 수업설계의 측면이며, 다른 하나는 연구방법적 측면이다. 전자는 실험수업을 통해 과학수업의 목적을 달성할 수 있어야 하며 이를 위해 실험수업이 적절히 설계되어야 하고, 교사들이 실험을 통해 수업을 진행하고자 할 때 학생들이 달성해야 할 목적을 고려하여 수업을 설계해야함을 강조하는 것이다 (AAPT, 1992; Clough & Clark, 1994; Klopfer, 1990). 후자는 Welzel 등(1998)의 연구에서 살펴볼 수 있다. 그들은 ‘과학교육에서의 실험활동(Labwork in science education)’이라는 제목으로 유럽 여러 나라를 대상으로 프로젝트를 진행하였다. 이 중에서 ‘실험의 목적’에 대한 소주제의 연구는 실험의 목적을 분명히 하기 위해 과거의 연구방법과 구별되는 델파이 기법을 통해 유럽 각국의 교사들이 생각하는 ‘실험의 목적’을 찾아내고 있다.

Klopfer(1990)는 과학교사들은 학생들이 실험활동을 통해 과학적 탐구의 본성을 이해하도록 도와줄 책임이 있다고 강조하면서 다음과 같이 주장했다.

“학생들은 어느 정도의 범위 내에서 실험활동에 참여 함으로서 과학적 탐구의 본성을 이해하게 될 것이다. 그러나 대부분의 학생들, 특히 어린 학생들을 위해서 교사들은 그들이 과학적 탐구에 대해 올바르게 이해할 수 있도록 특별한 노력을 기울여야 한다(pp. 97-98).”

그는 과학적 탐구과정과 관련한 5가지 실험목적은 아래와 같이 정의하고, 학생들이 이러한 기능 및 능력을 습득하도록 하는 교사의 활동을 강조하였다.

- (a) 실험활동을 통해 과학적 정보를 수집하는 기능
- (b) 실험에 의해 획득된 데이터와 관찰결과를 조직하고, 의사소통하고, 해석하는 능력
- (c) 적절한 과학적 의문을 품고 실험을 통해서 의문에 대한 답에 관련된 것 인지하는 능력
- (d) 데이터, 관찰결과, 실험으로부터 결론을 이끌어 내거나 추론할 수 있는 능력
- (e) 실험과 관찰의 역할을 인지할 수 있는 능력

위의 (a)와 (b)는 기초적 조작활동(basic hand-on activities)과 관련되는 것으로 학생들이 실험활동에 참여함으로써 개발되는 기능들에 대한 것이다. 또한 (c), (d), (e)는 과학적 탐구의 양상을 좀 더 강조한 목적이다. 그가 제시한 실험의 목적은 기초탐구기능과 낮은 수준의 탐구과정에 한정하고 있어 태도와 관련된 정의적 영역과 과학의 본성의 영역을 고려하지 못하고 있다.

Lunetta와 Hofstein(1991)은 전통적인 실험활동을 통해 의도된 학습결과들을 길러야 한다고 주장하였으며, 의도된 학습 결과물로서의 실험목적은 표 4와 같이 인지적 영역, 기능적 영역, 정의적 영역으로 구분하여 제시하였다.

표 4. 실험활동의 목적(Lunetta & Hofstein, 1991)

영역	목 적
인지적	- 지적 발달의 향상
	- 과학적 개념의 학습의 질적 강화
	- 문제해결능력의 발달
기능적	- 과학적 이해와 과학의 방법 증대
	- 과학 조사활동 수행 기능 개발
	- 데이터의 분석 기능 개발
정의적	- 의사소통 기능 개발
	- 다른 구성원들과의 협력기능 개발
	- 과학에 대한 태도 증대
	- 학생의 이해에 대한 긍정적 인식을 향상시키고 학생의 환경에 긍정적 영향을 주기 위해

그들은 전통적 실험활동이 이러한 목적들을 달성하도록 촉진하는 중심적 역할을 하는 동안 의도된 학습 결과들도 관련된 다양한 과학 경험으로 달성될 수 있다고 주장하고 있다. 장기간의 프로젝트 학습이나 야외 조사활동들도 과학적 개념이나 기능들을 향상시킬 수 있는 활동들 중 하나이며 이러한 활동은 과학적 개념들의 총체적 이해(holistic understanding)의 더 좋은 예가 될 수 있다고 주장한다. 다만, 이러

한 활동은 짧은 수업시간과 자원의 부족 등으로 인해 제한될 수 있으므로, 위 목적들은 지속적으로 끊임없이 지속되어야 한다.

Clough와 Clark(1994)는 과학수업은 실험목적에 부합되도록 실험을 촉진시킬 수 있는 연구중심의 유목적적인 활동이어야 한다며 다음과 같이 실험목적들을 제시하였다.

- (a). 자신감과 긍정적 자아개념
- (b). 비판적 사고기능의 사용
- (c). (과학의 사회적 연구와 같은) 과학 본성에 대한 이해
- (d). 문제의 효과적 확인과 해결
- (e). 효과적인 의사소통과 협력기능 활용
- (f). 지역/국가/지구의 문제의 해결을 위한 능동적 연구
- (g). 창의적이고 호기심 많은 학생
- (h). 개인적 목적을 설정하고, 의사결정을 하며, 자기 평가를 하는 학생
- (i). 과학에 관한 긍정적 태도 연결
- (j). 현상을 조사하기 위한 과학적 지식의 구성 실제에 접근하고 수정하고 사용하기
- (k). 수많은 무의미하고 독립된 사실들보다는, 학생들이 사용하는 과학 개념들의 깊고 확고한 이해를 설명하기
- (l). 다수의 직업에서 과학의 중요성에 대한 인식 설명하기

그들은 많은 교사들이 자신들의 학생들이 성취하도록 바라는 것과 실제로 가르치는 것 사이에 차이가 있다고 보았으며, 다수의 고등학교 교사들의 지식적 역제가 탐구중심의 과학활동을 방해하고 있다고 지적하였다. 그들은 이러한 문제점들을 극복하게 위해 교육학적 이론과 과학수업에서의 교사 활동과 학생 실험의 관계를 고려하여 중학교와 고등학교의 화학 수업의 한 예를 구성하여 제시하였다. 그들은 이를 통해서 실험은 반드시 학생들이 신체적으로 정신적으로 참여할 수 있도록 구성되어야 한다고 주장하였다. 이들의 연구는 과학의 과정적 측면이 담긴 (c), (f), (h), (i)항목을 제시함으로써 앞서 살펴보았던 문헌보다 '과학 과정'의 학습(science process)을 더욱 강조하고 있다. 이러한 목적은 Shulman과 Tamir (1973)가 아래와 같이 과학의 과정의 중요성에 대한 주장을 반영하는 것이다.

“실험실은 단순히 논증이나 확증을 위한 장소라기보다는 오히려 과학 학습의 과정을 위한 핵심적 장소이다(pp. 1098-1148)”

Garnett 등(1995)은 호주의 학교과학수업에 대한 국가기준과 호주의 과학교육적 맥락 사이에서 화학교육 분야의 실험활동 목적을 반영하기 위해 여러 문헌 연구를 통해 다음과 같이 4가지로 유목화하였다.

- (a) 개념적 학습;
- (b) 기법과 조작적 기능들;
- (c) 조사 능력;
- (d) 정의적 영역의 목적

그들은 실험활동이 학생들의 개념학습과 과학에 대한 이해를 개발시키기 위해 폭넓게 사용되고 있다고 보았다. 이러한 활동들의 대부분이 학교공부에서 다루어진 정보를 도입하고 묘사하거나 혹은 입증하는데 유익하며, 화학적 현상의 구체적인 경험을 제공하는데 유익하다고 하였다. 또한, 학생들은 지식을 발견하도록 안내하는 인위적 실험 경험으로부터 '발견하는' 지식과 개념을 강조하였다. 한편, 대부분의 중학교 2, 3학년 수준의 화학교육과정은 실습기능과 기법들의 중요성을 인식하는 목적들을 포함시키고 있다. 또한, 실험활동의 맥락 속에서, 조사기능은 계획하기와 계획한 활동을 수행하기, 자료를 처리하고 해석하기, 결과 평가하기 기능을 포함시켰다. 조사기능은 조사활동을 하는데 필요한 기술적 기능과 조작적 기능뿐만 아니라 인지적이고 정의적인 요소도 포함되고 보았다. 그들의 조사활동에 대한 견해는 자연과학 안에서 발생된 이해와 문제해결에 대한 접근 모두를 포함시키는 것으로서 실험의 맥락 속에서 문제 해결로서 이해될 수 있으며, 그것은 Klopfer(1990)가 말한 '과학적 탐구'와 유사하다. 실험활동의 정의적 목적들은 두 개의 주요 카테고리, 즉 과학에 대한 태도와 과학적 태도로 나눌 수 있다(Gardner & Gauld, 1990). 과학에 대한 태도는 흥미, 기쁨, 만족, 확신과 학습동기를 포함되며, 과학적 태도는 객관성과 비판적 의식, 회의론, 증거를 고려하려는 의지와 같은 사고의 유형을 언급하고 있다.

미국 물리교사연합(AAPT, 1992)은 고등학교 물리 실험은 학생들에게 현상을 다루는 경험을 제공하고, 학생들의 아이디어를 체계적으로 개발시키는 시작점

이 되어야 하며, 추론을 통한 예측능력의 개발을 위한 기반을 제공할 수 있어야 한다고 주장하였다. 따라서, 실험활동은 반드시 학생들이 아래의 활동을 통해 자신감과 기능들을 획득할 수 있도록 설계되어야 한다고 보았다.

- (a) 고유의 정밀함으로 물리량 측정
- (b) 그들의 측정의 신뢰도에 영향을 주는 요인 인지
- (c) 재료와 실험도구, 측정도구들 사용
- (d) 관찰자료와 측정자료의 명확한 표현
- (e) 적절한 언어/그림/그래픽/수치화로 정보표현
- (f) 관찰결과로부터 추론하고 추리
- (g) 자신의 결론과 예상을 이성적으로 방어할 수 있는 능력
- (h) 협력적인 지적 기획에 동료와 교사와 함께 효과적이고 소중한 참여
- (i) 비형식적인 논의로부터 형식적인 실험보고서에 이르는 형식의 관찰, 결론, 예상의 명료한 보고
- (j) 실험을 통해 조사될 수 있는 여러 의문들을 인식할 수 있는 능력과 그러한 실험을 계획하고 수행 평가/보고할 수 있는 능력

또한 1997(AAPT, 1997)에는 선지식(prior knowledge)을 가지고 있는 학습자가 능동적으로 학습을 구성해 나갈 수 있다는 구성주의적 원리를 바탕으로 물리실험에 대한 새로운 목적을 설정하여 제시하였다.

- 목적 1. **The art of experimentation:** 입문시기의 실험은 학생들에게 조사활동을 설계하는 몇 가지 경험이 포함된 실험과정으로 유의미한 경험을 풍부히 할 수 있어야 한다.
- 목적 2. **Experimental and analytical skills:** 실험은 학생이 폭넓은 기본적 기능과 물리 실험도구와 데이터 분석 도구들의 사용능력을 개발할 수 있도록 도울 수 있어야 한다.
- 목적 3. **Conceptual learning:** 실험은 학생들이 기본적인 물리 개념들을 숙달할 수 있도록 도울 수 있어야 한다.
- 목적 4. **Understanding the basis of knowledge in physics:** 실험은 학생들이 물리에서 직접관찰의 역할에 대한 이해와 이론에 근거한 추론과 실험결과 사이의 차이를 이해할 수 있도록 도와야 한다.
- 목적 5. **Developing collaborative learning skills:** 실험은 학

생들이 평생의 수많은 노력에서 성공에 이르는 가장 중요한 협력학습 기능을 개발할 수 있도록 도와주어야 한다.

위 목적은 1992년에 제시된 목적보다 포괄적이며 완성된 한 문장의 형식을 띄고 있다. 1997년에 새로 도입된 목적 1은 입문 시기의 실험의 역할에 대해 규정하고 있으며, 목적 4는 물리 이론과 실제 결과와의 차이에 대한 이해를 할 수 있도록 제시되어야 함을 규정하고 있다. 1992년에 강조되었던 기능적 영역의 목적은 목적 2에 통합되어 제시되어 있으며, 목적 3은 기본적인 물리 개념들을 습득할 수 있도록 제시되어야 함을, 목적 5는 협력학습 방법을 습득할 수 있도록 제시되어야 함을 규정하고 있다.

Wilkinson와 Ward(1997)는 오스트레일리아의 여러 주(States)의 중등학교 과학교육과정과 과거의 연구결과들을 바탕으로 실험목적 목록을 개발하였다.

표 5. 10가지 실험 목적(Wilkinson & Ward, 1997)

1. 과학을 실제경험을 통해 좀 더 흥미있고 즐겁게 하기
2. 학생들 스스로 발견하거나 사실이나 생각들을 입증할 수 있도록 하기
3. 정밀한 관찰과 해석할 수 있는 연습 제공하기
4. 과학적 방법 측면에서 사고 촉진하기
5. 학생들이 과학의 이론적 부분을 이해하도록 돕기
6. 다른 학생들과 협력활동하는 기능 개발하기
7. 문제해결과 조사활동 훈련 제공하기
8. 과학적 장비 사용경험 제공하기
9. 일련의 지시들을 따르는 활동 제공하기
10. 학생들에게 시험 준비시키기

그들은 실험목적중 중요한 순서대로 나열하였으며, 이 목록에서 과학의 본성영역이 제외되어있음을 알 수 있다.

Welzel 등(1998)은 유럽의 여러 나라의 교사들을 상대로 실험의 목적을 설문조사 한 후 텔피이방법을 통하여 표 6과 같이 5개의 영역으로 제시되어 있다. 이들 영역은 다시 각각의 하위 항목들로 제시하였다.

표 6. 실험목적의 범주(Welzel et al., 1998)

- A. 학생들의 이론과 실제의 연결
- B. 학생들의 실험 기능들의 학습
- C. 학생들의 과학적 사고의 방법 익히기
- D. 학생들의 동기과 개인적 능력 개발, 사회적 능력 육성
- E. 교사들의 학생의 지식을 평가

A 영역에는 다시 12개, B 영역에는 6개, C 영역에

는 8개, D 영역에는 6개, E영역에는 1개의 하위 목록들이 있다. Welzel 등의 연구는 Kerr(1963)와 Boud(1973)의 연구에서 볼 수 있는 것처럼, 교사를 대상으로 설문하였기 때문에 교사의 입장에서 진술된 실험목적이 포함되어 있다. 이들의 연구는 델파이 기법을 통해 실험목적의 주요 항목들에 대해 합의점을 도출함으로써 실험활동의 목적을 추출하였다. 이러한 접근 방법은 문헌연구를 기반으로 한 다른 연구물에서 볼 수 없는 독특한 특징이다. 뿐만 아니라, 그들의 연구결과는 연구 대상을 교사들로 함으로서 실험의 목적에 학생들의 발달심리적 측면뿐만 아니라 교육학적 측면도 함께 고려되고 있음을 시사하고 있다.

Domin(1999)은 문헌 리뷰를 통해, 화학교육의 역사를 통해 4개의 독특한 실험수업이 사용되어져 왔다는 것을 주장하고 아래의 구체적 목적들을 조장하는 수업으로 진행되어야 한다고 강조하였다.

- (a) 개념적 이해
- (b) 내용 지식의 보유
- (c) 과학적 추론 가능
- (d) 고등한 인지능력
- (e) 실험 조작 가능
- (f) 더 좋은 과학에 대한 태도
- (g) 과학 본성에 대한 더 좋은 이해

Bekalo와 Geoff(2000)는 Ethiopia의 중등학교 물리와 화학교육과정을 분석한 후 실험을 통해 달성해야 할 물리교육과정 상의 목표들을 아래와 같이 제시하고 있다.

그들은 에피오피아의 교육과정을 분석하고, 105개의 다양한 실험형태가 제시되고 있음을 밝히고 있다.

표 7. 10학년과 11학년의 물리와 화학교육과정에서 추출한 목적(Bekalo & Geoff, 2000)

인지적 영역(지식)	심동적 영역(기능)	정의적 영역(지식의 가치에 대한 신념)
- 물리적, 화학적 현상, 사실, 원리, 법칙, 규칙성에 대한 지식	- 실험결과 해석하기, 시험된 가설로부터 올바른 연역	- 자연의 규칙성과 법칙을 이해할 수 있도록 철학적, 정치적, 정의적 신념의 형성에 기여
- 실험을 수행하기 위한 절차와 기법에 대한 지식	- 과학적 장비의 주의깊은 조작과 실험을 위한 도구 설치	- 사회 속에서의 활동
- 연상하기, 분석하기, 종합하기, 입증하기, 비교하기, 추론하기, 일반화하기, 분류하기, 그룹짓기와 같은 정신적 활동	- 물리적 양 측정과 SI 도구 사용하기 - 객관적 사실의 특정 양상을 자극하고 설명하기 위한 모델의 사용	- 우리의 의식의 독립적인 본연의 행동 법칙 인식 - 관찰과 실험에서 의식, 조심성, 간결성의 개발
- 적극적 호기심 개발, 비판적 사고와 과학적 평가, 학습에 대한 열의	- 과정과 현상의 주의깊은 관찰 - 문제해결에 요구되고 체계적인 방법 수행 - 더 많은 지식 획득을 위한 일상에서 실험적 방법 사용하기	

Gupta(2001)는 동남아의 많은 대학이 과학기술 분야의 실험 수업에 대한 부정적 결과에 대한 원인으로 자원의 부족과 근대화된 실험장비와 인프라의 부족 때문이라는 주장에 대해 보다 근본적인 문제는 실험목적이 분명하지 못하고, 불분명한 실험목적이 결과적으로 실험수업에 대한 교육학적 내용들의 부실한 설계로 이어지고 있다고 지적하였다. 그는 이러한 대학과학교육이 갖는 근본적인 문제를 해결하기 위해 실험수업의 목적을 세 가지 영역으로 구분하고 각각의 하위목적을 아래와 같이 제시하였다.

- (1) 실험방법 교수(Teaching of the experimental method)
- (2) 강의에서 쓰인 이론적 제재들의 보충(Supplementing the theoretical material covered in the lectures, i.e., essentially as a teaching aid)
- (3) 부차적 목적(Incidental aims)

표 8. 구체적 목적(Gupta 2001)

	- 친숙해지기(Familiarize with)
	· 표준 장비와 측정 기법
	- 교수(teaching of)
EM	· 실험활동에 대한 태도와 구체적 정보 획득
	- 훈련(Training in)
	· observation 관찰, 관찰로부터 연역하기, 비판적으로 자각하고 랩노트에 기록하기, 보고서 작성하고 랩노트에 기록하기
	- 사례 들기(illustration of)
SL	· 물리적 현상과 강의에서 배운 개념
	- 제공하기(Providing)
IA	· 교원과 더욱 밀접한 교류, 독립적 사고의 자극, 연구&개발 실험실에 대한 느낌

그는 다른 연구문헌과는 다르게 ‘부차적 목적’을 제시함으로써 상대적으로 보다 중요한 목적을 반드시 대학 수준에서 달성되어야 함을 강조하고 있다.

Johnstone와 Al-Shuaili(2001)는 화학교과의 실험목적과 관련된 연구물들을 분석하고 4개의 영역(manipulative skills, observational skills, the ability to interpret experimental data, the ability to plan experiments)으로 유목화 시켰으며, 이들 항목에 정의적 영역(interest in the subject, enjoyment of the subject, a feeling of reality for the phenomena talked about in theory)에 대한 항목을 추가했다. 그가 제시한 정의적 영역에 속하는 실험 목적은 Gardner(1975)가 제시한 기준에 따라 ‘과학에 대한 태도’와 ‘과학적 태도’로 구분될 수 있다.

Bennett과 Kennedy(2001)는 과거의 문헌을 분석한 결과 공통적으로 내용적 측면, 절차적 측면, 정의적 측면의 목적이 있다는 것을 발견하고 아래와 같이 실험의 목적을 8가지로 제시하였다.

- (a) 조작적 기능과 기법의 개발을 위해
- (b) 정밀한 관찰과 기술을 독려하기 위해
- (c) 개념/법칙/원리를 발견하거나 설명하기 위해
- (d) 과학적 현상을 경험하기 위해
- (e) 흥미와 즐거움을 자극함으로써 동기부여하기 위해
- (f) 개방성과 객관성과 같은 ‘과학적 태도’를 개발하기 위해
- (g) (실험 설계, 데이터 수집, 자료의 표현과 해석)과 같은 실험절차와 증거에 대한 이해 증진을 위해
- (h) 문제를 해결하는 과학자와 같은 기분을 느끼기 위해

그들은 (a), (b)와 같은 기능적 항목을 절차적 측면으로 포함시켜 제시하고 있다.

Miller 등(2002)은 의도된 학습 결과로서 실험 목적을 표 9와 같이 두 가지로 나누어 제시하였다. 즉, 과학적 지식에 대한 학습과 과학적 탐구과정에 대한 학습이다. ‘사실(fact)’은 ‘순수한 물이 100°C에서 끓는다’와 혹은 ‘소금은 물에 녹는다’ 처럼 이미 많은 과학자들에 의해 수용된 진술문을 나타내고 있다. ‘관련성’은 관찰과정에서 나타난 유사성이나 경향을 나타낸다.

그는 이미 살펴본 바와 같이 문헌을 통해 제시한

표 9. 의도된 학습결과를 위한 실험목적(Miller et al., 2002)

내용	구체물과 현상을 확인하고 그들과 친숙해 지기
	사실(들)의 학습 개념의 학습 관련성의 학습 이론/모델의 학습
과정	표준실험도구나 장비 사용하는 방법의 학습
	표준절차 수행하는 방법 학습
	특정 의문이나 문제를 다루기 위한 조사계획 수립방법의 학습
	데이터 처리하는 방법의 학습 결론을 지지하는 데이터 사용하는 방법의 학습 실험 결과로 의사소통하는 방법의 학습

다른 연구자들처럼 위의 목적을 달성할 수 있도록 실험수업이 설계되어야 함을 주장함으로써 학생활동에 대한 교사의 역할을 강조하고 있다.

Leach(2002)는 실험을 하는 동안 갖고 있는 과학의 본성에 대한 학생들의 생각을 이해하기 위해 실험이 갖는 본질적인 목적을 이해할 필요가 있다고 보고 Miller 등(2002)의 연구를 발전시켜 아래와 같이 세 영역으로 정리하였다.

- (a) 학생들의 자연세계에 대한 행동적 지식을 발달시키고, 자연현상과 이론적으로 기술된 세계와의 연결에 도움을 주며, 현상을 설명함으로써 그들의 과학적 개념의 이해를 발달시킨다.
- (b) 과학자들이 어떻게 의문이나 관심 문제에 접근하여 경험적 조사활동을 시작하는지에 대한 학생들의 이해를 발달시킨다.
- (c) 표준 실험기구와 조사활동 절차를 사용할 수 있는 학생들의 능력을 발달시킨다.

그가 제시한 (a) 영역은 주로 과학적 법칙, 이론, 개념 등의 과학적 지식내용의 수업과 관련이 있다. (b) 영역은 실험에서 과학자들이 사용하는 방법에 대한 것과 관련이 있으며, (c) 영역은 도구 사용기능과 절차적 지식에 관련된다. 그는 위와 같은 각각의 목표를 가진 실험이 학생들에게 실험적 데이터의 본성과 과학적 지식 주장의 본성, 지식 주장과 데이터가 관련되어 있는 방법, 기술사용의 목적과 절차 등에 대한 이해를 갖도록 하는데 영향을 줄 수 있다고 보았다. 예를 들면, 학생들은 특정 맥락에서 인정된 이론을 적용하거나 설명하려는 것에 참여할 수도 있다. 이 과정에서 지식을 어떻게 신뢰로운 것처럼 보는데 대한 그들의 생각들이 자신들의 실험에 영향을

끼칠 수도 있다. 이러한 것을 바탕으로 추론할 때, 실험에 참여하는 학생들은 과학의 본성에 대한 인식론적 이해를 도출한다고 보았다.

IV. 결론 및 시사점

수집된 문헌은 연구 방법적 측면에서 크게 두 가지 부류로 나뉠 수 있었다. 하나는 연구자들이 실험의 효과성과 독특성, 편리성 등의 기능적 측면이 제시된 과거의 문헌들을 바탕으로 교육학과 발달이론(pedagogy and developmental psychology)을 접목하여 실험목적은 추출하여 제시한 것과 다른 하나는 교사 등을 대상으로 설문을 통해 실험목적은 추출한 것이다. 이러한 두 가지 커다란 연구방법은 ‘실험 목적’ 설정에 새로운 접근이 필요함을 시사해 주고 있다. 왜냐하면, 연구자들에 의해 교육과정에 제시된 여러 실험목적들이 매우 다양하고 또 일관적이지 못했으며, 심지어 서로 모순적이었다는 지적이 있었기 때문이다(Amanda et al., 1999). 따라서, 지금까지 개개의 연구자에 의해 실험목적들이 제시되었다면 이제는 과학과 교육과정과 부합되는, 과학교육계의 전문가 커뮤니티에 의해 합의된 실험목적이 제시될 필요가 있다. 즉, 합의된 실험목적은 이끌어내기 위한 새로운 시각의 접근이 필요하다.

1960년대와 1970년대에는 지식(knowledge), 기능(skills), 과정(process), 태도(attitude) 영역의 목적이 강조되었으며, 1990년대 이후에 지식과 과정영역에 인지적 영역(cognitive domain)으로 통합되기도 하였다. 또한 이때부터 과학교육에 ‘과학의 본성’ 측면을 강조한 교사의 책임과 역할이 간접적으로 제시되기도 하였다.

종합적으로 살펴볼 때, 실험목적들은 연구자들에 따라 매우다양하게 제시되고 있었으며, 과학의 본성에 대한 견해도 시대적 흐름에 따라 다양한 영역이 제시되었고 또한 그 중요성의 정도도 함께 변화되고 있었다. 실험목적에 관한 분석 결과를 종합해 보면 다음과 같이 요약할 수 있다. 아래의 범주는 Bloom의 교육목표분류체계와 Wellington(1998)과 Lunetta와 Hofstein(1991)이 제시한 실험목적의 범주, Collins 등(2001)의 연구를 참고로 하였다. Bloom은 학습의 다양한 교육적 활동을 통해 각각 인지적, 정의적, 심동적 영역의 목적을 달성해야 한다고 하였는데, 인지적 영역은 지식, 정의적 영역은 태도, 심동적 영역은 기

능과 관련된 목적으로 요약하였다. 이와 유사하게 Lunetta와 Hofstein(1991)과 Wellington(1998)도 인지적, 정의적, 기능적 이유를 들어 실험 목적의 필요성을 제시한 바 있다. 또한 최근 Collins 등(2001)의 연구에서, 과학 본성에 대한 영역이 과학실험을 통해 달성되어야 할 중요 영역의 목적으로 다루어지고 있음을 알 수 있다. 이러한 연구결과를 바탕으로 개개의 실험의 목적들을 다음과 같이 4개의 상위 항목으로 범주화할 수 있었다.

- 과학 지식
 - 개념적 지식 : 과학적 개념, 법칙, 이론 등의 이론적 지식
 - 절차적 지식 : 탐구의 절차와 문제해결과정에 관련되는 과정적 지식
- 과학의 본성 : 과학적 지식의 불확정성, 과학 지식의 발전 과정, 과학자의 기능과 역할 등
- 과학 태도 함양
 - 과학에 대한 태도 : 과학에 대한 흥미, 자신감, 만족감 등
 - 과학적 태도 : 협동심, 개방성, 객관성, 책임감 등
- 과학적 탐구능력 신장
 - 조작적 기능 : 기초탐구기능, 통합탐구기능 등
 - 과학적 사고력 : 과학적 추론능력, 창의성, 문제해결능력, 합리적 의사소통과정, 과학-기술-사회의 상호관계 이해 등

실험목적의 수준정도에 따라, 기초적인 것에서부터 대학수준에 이르는 다양한 수준의 실험목적이 나타나고 있지만 현재 우리나라의 초등과학과 교육과정에서도 상당부분 실험활동을 강조하고 있으나 목적이 제시되고 있지 않음을 고려한다면, 실험목적 설정 부분에 매우 미흡한 점이 있음을 알 수 있다. 게다가 이러한 연구가 개개의 연구자들에 의해 수행된 것으로서 각각의 연구자간 사용된 용어의 의미와 연구방법의 체계와 관점이 다르다. 또한, 연구방법 측면에서, 예전에 보고된 문헌을 분석하여 실험목적은 추출한 형태와 교사 등을 대상으로 한 설문 분석을 통한 형태로 극히 한정되어 있다.

따라서, ‘실험’이 갖는 다른 교과와의 차별적 특징이 내포된 상위의 실험목적은 교육학적 관점에서 정리하고, 각급 학교급간 위계에 따라 교육과정을 통해 달성해야 할 것으로서 과학교육 전문가들로부터 합의된 실험목적 ‘목록’을 설정할 필요가 있으며, 이에 대한 후속 연구가 필요하다고 본다. 또한, 위에서 제시된 목적은 보다 상위적 개념으로서, 구체적인 실험 활동을 위한 것으로 제시되기에는 부족한 면이 많다. 이를 위한 후속 연구로서 Hellingman(1982)의 연구

처럼, 보다 구체적인 실험목표 설정을 위한 연구가 필요하다 하겠다.

참고문헌

- 권재술, 김범기, 우중욱, 정완호, 정진우, 최병순(1997). 과학교육론. 서울: 교육과학사.
- 김재우, 오원근(1998). 중학생의 교과서 실험 수행에서 나타난 문제점: 실험목표와 관련 변인 인식 및 인식한 목표와 도출된 결론의 관련성. 한국과학교육학회지, 18(1), 35-52.
- 김찬중, 채동현, 임채성(1999). 과학교육개론. 북스힐.
- 박승재(1997). 정보화 시대에 기로에선 과학 실험 교육. 실험교육 국제 심포지엄.
- 윤덕근, 김성하, 차희영, 이길재, 정완호(2004). 과학고 학생들의 창의력과 과학적 사고력 향상을 위한 생물 실험 모듈의 적용 효과. 한국과학교육학회지, 24(3), 556-564.
- AAPT (Ed.). (1992). *The role of laboratory activities in high school physics*. College Park, MD: Subcommittee on the Role of the Laboratory in AAPT.
- AAPT (Ed.). (1997). Goals of the introductory physics laboratory. *The Physics Teacher*, 35, 546-548.
- Anderson, R. O. (1976). *The experience of science: A new perspective for laboratory teaching*. New York: Columbia University, Teachers College Press.
- Amanda, B., Pam, M., Richard, G., & John, L. (1999). Helping students learn from laboratory work. *Australian Science Teachers Journal*, 45(1), 27-31.
- Bekalo, S. and 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.
- Bennett, J. and Kennedy, D. (2001). Practical work at the upper high school level: the evaluation of a new model of assessment. *International Journal of Science Education*, 23(1), 97-110.
- Boud, D. J. (1973). The laboratory aims questionnaire - a new method for course improvement? *Higher Education*, 2, 81-94.
- Clough, M. P. and 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, Seattle, WA.
- Domin, D. S. (1999). A review of laboratory instruction styles. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 543-547.
- 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*. London: Routledge.
- Garnett, P. J., Garnett, P. J. and Hacking, M. W. (1995). Refocusing the chemistry lab: a case for laboratory-based investigation. *Australian Science Teachers Journal*, 41(2), 26-32.
- Germann, P. J. & Odom, A. L. (1996). Student performance on asking questions, identifying variables, and formulating hypotheses. *School Science & Mathematics*, 96(4), 192-201.
- Germann, P. J., Aram, R., & Burke, G. (1996). 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(1), 79-99.
- 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. and 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.
- Hellingman, C. (1982). A trial list of objectives of experimental work in science education. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 4(1), 29-43.
- Hodson, D. (2001). Research on practical work in school and universities: in pursuit of better questions and better methods. *Proceedings of the 6th European Conference on Research in Chemical Education*, University of Aviero, Aviero, Portugal.
- Hofstein, A. (2004). The laboratory in chemistry education: thirty years of experience with developments, implementation, and research. *Chemistry education: research and practice*, 5(3), 247-264.
- Hofstein, A. and Lunetta, V. N. (1982). The role of the 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. H. and Al-Shuaili, A. (2001). Learning in the laboratory; some thoughts from the literature. *University Chemistry Education*, 5(2), 42-51.
- Kerr, J. (1963). *Practical Work in School Science*, Leicester: Leicester University Press (a classic enquiry into the nature and purpose of school science practical work, based on a study of 701 teachers in 151 schools).
- Klopfer, L.E. (1990). Learning scientific enquiry in the student laboratory. In E. Hegarty-Hazel (Ed.), *The student laboratory and the science curriculum*. London: Routledge.
- Lazarowitz, R. and Tamir, P. (1994). Research on using laboratory instruction in science. *Handbook of Research on*

- Science teaching and Learning*, New York: Macmillan, 94-128.
- Leach, J. (2002). Students' understanding of the nature of science and its influence on labwork. In D. Psillos & H. Niedderer (Eds.), *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 41-48). Dordrecht: Kluwer Academic.
- Lock, R. (1988). A history of practical work in school science and its assessment 1860-1986. *School Science Review*, 70(250), 115-119.
- 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).
- Lunetta, V. N. and Hofstein, A. (1991). Simulation and laboratory practical activity. In B. E. Woolnough (Ed.), *Practical Science: The role and reality of practical work in school science*, Open University Press, 125-137.
- Millar, R., Le Maréchal, J-F. and Tiberghien, A. (1998). *A map of the variety of labwork*. (Targeted Socio-Economic Research Programme, Project PL 95-2005). Working Paper 1 from the European project Labwork in Science Education.
- Millar, R., Tiberghien, A., and Le Maréchal, J. F. (2002). Varieties of labwork: A way of profiling labwork tasks. In Psillos, D. and Niedderer, H. (eds.), *Teaching and Learning in the Science Laboratory* (pp. 9-20). Dordrecht: Kluwer Academic.
- Roth, W. M. (1994). Experimenting in a constructivist high school physics laboratory. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 197-223.
- Shulman, L. D. and Tamir, P. (1973). Research on teaching in the natural sciences. In R. M. W. Travers (Ed.), *Second handbook of research on teaching*. Chicago: Rand McNally
- Solomon, J. (1999). Envisionment in practical work: helping pupils to imagine concepts while carrying out experiments. In J. Leach & A. Paulsen (Eds.), *Practical work in School Science* (pp. 60-74). Roskilde University Press.
- 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, pp. 33-7.
- Tobin, K. (1990). Research on science laboratory activities: in pursuit of better questions and answers to improve learning. *School Science Mathematics*, 90(5), 403-418.
- 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). Practical work in science education. In J. J. Wellington (Ed), *Teaching and Learning Secondary Science* (pp. 145-155). Routledge.
- Welzel, M., Haller, K., Bandiera, M., Hammelev, D., Kumaras, P., Niedderer, H., Paulse, A. C., Bécu-Robinault, K., & von Aufschnaiter, S. (1998). *Teacher's objectives for labwork; research tool and cross country results*. In Labwork in Science Education-Final Report, Chapter. 4.
- Wilkinson, J. W. and Ward, M. (1997) The purpose and perceived effectiveness of laboratories of laboratory work in secondary schools. *Australian Science Teachers Journal*, 43(2), 49-55.