

## 교사양성 대학에서의 일반화학실험 개선과 적용

이화정 · 강성주\*

한국교원대학교

### Reformation and Application of an Introductory Chemistry Laboratory at the University for Teacher Education

Hwa-Jeong Yi · Seong-Joo Kang\*

Korea National University of Education

**Abstract:** The purpose of this study was to develop problem-solving experiments and investigate the effects of these experiments on student attitudes. According to results the experiments were effective in changing student attitude from 'dead reckoners' to 'empiricists'. In addition, these experiments effectively changed perceptions about experiments, especially in the sub-categories of difference recognition, degree of inquiry, and use of debate.

**Key words:** Inquiry experiment, problem-solving experiment, procedure modification

#### I. 서 론

Ausubel(1978)은 실험을 통하여 과학의 정신이나 과학의 방법을 알게 된다고 하였으며, Woolnough와 Allsop(1985)은 실험이 보조 전략으로서가 아니라 충분히 독자적인 역할을 할 수 있다고 주장하였다.

그러나 교육현장에서 실제로 탐구적인 실험활동이 이루어지고 있는가에 대해서는 회의적인 연구 결과들이 많다(정진상, 허명, 1993). 탐구 중심 과학교육이 구호로만 강조되고 있을 뿐 실제의 과학교육 현장에서는 제대로 이행되지 못하고 있다는 지적도 존재한다(조희형, 1992). 이러한 원인으로 대학 입시와 같은 사회적 요인, 교사의 과중한 업무 부담, 과밀 학급, 시설 부족과 같은 행·재정적 요인 등과 함께 교육의 주체 중 하나인 교사 요인을 빼놓을 수 없다(박종윤 등, 1997). 왜냐하면 과학교육을 담당하는 교사들의 준비 부족과 자신감 결여로 인한 탐구적 과학교육에 대한 의지 부족은 교육 현장에서 탐구적 실험수업이 형식적으로 행해지고 때로는 회피되는 중요한 이유가 될 수 있기 때문이다(박종윤 등, 1994). 조사에 의하면 과학 수업에서 교과서 위주로 가르치고 있는 원인으로 교사들의 탐구 학습 지도 방법의 미숙이 꼽히고 있음에서 이러한 사실을 엿볼 수 있다(이무, 박승재, 1987).

그러나 탐구적 실험 교육의 실천에 교사가 차지하는 비중에 비해 교사 교육 과정에 이런 인식이 얼마나 반영되고 있는가는 의문이다. 이화국(1992)에 의하면, 교사 양성 기관인 사범대학의 교과과정이 일반 대학의 교과과정과 별 차이가 없다고 한다. 예비교사들이 과학을 가르치는 것에 자신감과 흥미를 갖도록 교사 양성 기관에서의 수업은 기존의 과학적 지식이나 교수방법 위주의 내용에서 예비 교사들 스스로 탐구 중심의 과학 활동에 참여하는 기회를 많이 제공하는 것이 필요하다(조형숙, 1999). 또한 교사 양성 기관에서 실험 교과목은 교육현장에서 실험 수업을 학생들에게 어떻게 가르쳐야 하는가에 관한 체계적인 내용으로 구성되어야 된다.

일반적인 대학 일반화학 실험의 내용과 형식은 매우 자세한 이론, 실험과정, 데이터 처리방법 등의 제시로 요약될 수 있다. 학생들은 이러한 실험에서 매우 수동적인 자세로 임하며, 주어진 이론이나 과정에 어떤 변화를 주려고 하지 않는다. 이론적 내용과 실험결과는 단지 보고서를 쓰기 위해서만 검토되며 이러한 검토가 피드백 되는 경우는 거의 없다. 예비교사들이 이렇게 경직된 형태의 실험만을 경험한다면 탐구적 실험에 대한 준비는 부족할 수밖에 없을 것이다.

이 연구에서는 보다 탐구적인 실험 활동이 가능하

\*교신저자: 강성주(sjkang@kue.ac.kr)

\*\*2004.9.15(접수) 2004.12.6(1심통과) 2005.6.3(2심통과) 2005.6.3(최종통과)

\*\*\*이 논문은 한국학술진흥재단의 BK21 지원에 의하여 연구되었음.

도록 문제해결을 강조한 일반화학실험을 개발하였다. 문제해결을 강조한 일반화학실험은 주어진 절차에 따라 실험을 진행하면 원하는 실험 결과를 얻기 어렵게 구성되었다. 따라서 실험 과정의 문제점을 인식한 학생은 실험 과정을 적절히 수정하거나, 또는 다른 실험을 디자인하여야 목표를 달성할 수 있다. 이 연구에서는 학생들을 실험 과정을 조절하는 학생(empiricist)과 실험 과정을 그대로 따라하는 학생(dead reckoner)으로 구별한 Pickering(1989)의 연구를 참고하여 학생들이 실험에 참여하는 태도를 두 가지로 분류하고 있다. 첫째는 비판적 참여자이다. 비판적 참여자는 실험 과정을 스스로 참여하여 변화시킬 수 있는 유연한 것으로 받아들이며, 문제가 제기될 때 실험의 과정을 조절하려고 한다. 이들은 empiricist에 해당한다. 둘째는 맹목적 참여자이다. 맹목적 참여자는 실험 과정을 고정된 것으로 받아들여 실험 과정을 조절할 선택권이 주어졌을 때도 실험을 변화시키지 않고 주어진 내용을 따라 한다. 이들은 dead reckoner에 해당한다.

구체적인 연구문제는 다음과 같다.

1. 문제해결을 강조한 일반화학 실험을 개발하고 적용한다.
2. 문제해결을 강조한 일반화학실험 과정에서 학생들이 실험에 참여하는 태도 변화를 관찰하고 변화와 관련된 특성을 알아본다.
3. 문제해결을 강조한 일반화학 실험이 탐구기능, 과학에 대한 태도, 실험에 대한 인식에 미치는 영향을 알아본다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상

이 연구의 대상은 2003학년도 1학기 일반 화학 실험을 신청한 교원양성대학 과학계열 학생 84명으로, 이들을 전통적 일반화학실험을 하는 통제집단과 문제해결을 강조한 일반화학실험을 하는 실험집단으로 Table 1과 같이 배정하였다.

Table 1  
Students involved in the study

		Department	Male	Female	Sum	Total
Experimental	Biology Education		8	10	18	42
	Chemistry Education		11	13	24	
Control	Physics Education		15	5	22	42
	Geology Education		15	5	20	

두 집단의 동질성 여부를 알아보기 위해 사전 인지

수준과 탐구능력 검사, 일반화학 실험에 대한 인식 검사를 한 결과 Table 2에서 보는 바와 같이 의미 있는 차이가 없었다.

Table 2  
Pre-test result

		students	M	SD	t
GALT	Experimental	42	9.33	1.24	-1.18
	Control	42	9.02	1.16	
Science inquiry ability	Experimental	42	31.43	1.61	-0.10
	Control	42	31.38	2.54	
Science-related attitude	Experimental	42	3.73	0.46	0.15
	Control	42	3.74	0.41	
Perception about experiments	Experimental	42	3.40	0.50	-0.35
	Control	42	3.36	0.48	

### 2. 연구절차

탐구 실험에 대한 선행 연구 및 문헌을 고찰하고 일반화학 실험서의 내용을 분석하여 문제 해결을 강조한 일반화학 실험의 전라과 구체적 실험을 개발하였다. 개발된 실험은 학생들이 일반적으로 수동적인 자세로 실험에 임하며, 주어진 이론이나 과정에 어떤 변화를 주려고 하지 않는다는 점을 고려하여 학생들이 실험의 과정을 고정된 것으로 받아들이느냐, 변화시킬 수 있는 유연한 것으로 받아들이느냐에 중점을 두고 개발하였다. 따라서 기존의 화학 실험 중 실생활 소재의 실험을 선별하고 과정에 변화를 주어 실험서의 과정을 따라 하면 결과를 정확히 얻기 어렵도록 실험을 구성하였다. 실험 과정의 문제점을 인식한 학생은 실험 과정을 적절히 수정하거나, 또는 다른 실험을 디자인하여야 목표를 달성할 수 있도록 구성하였다. 실험을 실시하기 전에 논리사고력 검사, 탐구능력 검사, 과학관련 태도 검사를 실시하고 일반화학실험에 대한 인식을 조사하였다. 학생들의 참여태도 평가를 위해 실험 과정의 개선이 요구되는 실험 참여태도 평가 실험을 실시하였다. 실험의 적용을 위해 실험집단에는 문제해결을 강조한 일반화학실험을, 통제집단에는 전통적 일반화학실험을 5주 동안 10시간에 걸쳐 실시하였다. 학기의 나머지 부분은 두 집단 모두 같은 전통적인 실험을 실시하였다. 실험 실시 후 실험 참여태도 평가실험, 탐구능력 검사, 과학관련 태도 검사를 실시하고 일반화학 실험에 대한 인식을 조사하였다.

### 3. 검사도구

#### 1) 실험 참여태도 평가실험

학생들이 실험에 참여하는 태도를 비판적 참여자와

맹목적 참여자로 구분하기 위한 실험을 실시하였다. 이 실험은 학생들이 실험 과정에 부딪히는 문제를 해결하기 위해 스스로 과정을 개선하는지 여부를 알아보기 위한 것이다. 이 실험을 문제 해결을 강조한 일반화학실험 수업 사전·사후에 검사도구의 하나로 사용하였다.

평가 실험은 시계반응 실험을 수정한 것으로 시계반응이 나타나는데 걸리는 시간이 보통 수 분 단위이지만, 이 연구에서는 변색시간을 1초 내외가 되도록 조건을 설정하였다. 이는 두 가지 용액을 섞자마자 변색이 되는 문제 상황에서 학생들이 실험 수행을 하면서 어떤 선택을 하는지를 보기 위한 것이다. 필요한 경우 학생들의 선택에 의해 과정을 개선할 수 있다는 안내가 실험 안내서에 주어졌다.

## 2) 탐구능력 검사

과학 탐구능력 검사 도구로 Burns 등(1985)이 개발한 TIPS II를 우리의 실정에 맞게 변안한 것을 사용했다(김범기, 1989). TIPS II는 총 36문항이며, 5개의 하위 기능을 측정하도록 되어 있다.

## 3) 과학 관련 태도 검사

과학 관련 태도 검사 도구는 Fraser (1981)가 개발한 TOSRA (Test of Science Related Attitudes)를 번역한 것을 사용했다(허명, 1993). 이 연구에서는 총 70개의 문항 중 과학 탐구(실험)에 대한 태도와 과학적 태도들의 적용을 묻는 20개의 문항만을 뽑아 사용하였다.

## 4) 일반화학 실험에 대한 인식 검사

학생들이 수행한 실험에 대한 인식 및 태도를 알아보기 위하여 일반화학 실험에 대한 인식 검사지를 개발하였다. 이 검사지는 Likert 척도 방법을 이용하였으며, 모두 19개의 문항으로 이루어져 있다. 이 평가에서는 실험에 대한 이해도, 흥미, 참여도, 타 실험과의 차이에 대한 인식, 탐구 정도에 대한 인식, 실험 중 토론에 대한 학생들의 인식을 알아보려고 하였다. 이 인식 검사지의 내용 타당도는 화학교육과 교수 1인과 화학교사 7인, 대학원생 8인의 협조를 얻어 검토 과정을 거쳐 확보하였고, 신뢰도 계수는 0.92였다.

## 4. 분석방법

학생들의 참여태도 변화는 사전·사후에 실험 참여태도 평가실험(시계반응)을 실시하였다. 시계반응 실험은 요오드이온과 녹말의 반응에 의해 색이 나타나는 현상을 이용해 반응속도를 알아보는 것으로 전형적인 일반

화학 실험의 예이다. 그러나 문제 해결형 실험으로 바꾸면 학생들은 실험 과정에 부딪히는 문제를 해결하기 위해 스스로 과정을 개선하는 선택을 할 수 있다. 1차로 학생들에게 제시된 실험방법으로는 반응속도가 너무 빨라 변색 시간을 정확히 측정하기 어렵다. 따라서 변색 시간을 조절할 수 있도록 과정을 개선한 학생을 비판적 참여자(empiricist), 과정을 변화시키지 않고 수행한 학생을 맹목적 참여자(dead reckoner), 변색 시간과 관계없지만 과정에 변화를 준 학생을 준비판적 참여자로 구분하여 그 수의 변화를 보았다. 실험집단과 비교집단 간의 탐구능력과 과학 관련 태도, 실험에 대한 인식 동질성 확인에는 t-검정을 실시하였다. 두 집단의 사전 탐구능력, 과학 관련 태도, 실험에 대한 인식검사 모두에서 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. 실험 처치 후 두 집단의 사전 탐구능력, 과학 관련 태도, 실험에 대한 인식에 대한 차이는 t-검증을 통하여 확인하였다.

## III. 연구결과

### 1. 문제해결을 강조한 실험 개발

실험집단이 수행한 일반화학 실험은 여러 가지 탐구적 실험 유형을 바탕으로 문제 해결을 강조하는 전략을 채택하여 기존의 실험 내용을 수정·개발하였다(Herrick *et al.*, 1999; Sarquis *et al.*, 1999). 본 연구에서 개발된 실험은 초기에는 실험 과정이 안내되어있다. 그러나 주어진 과정에 따라 실험을 수행하면 실험의 목표 달성이 어렵도록 구성되었다. 실험 과정의 문제점을 인식한 학생들은 실험 과정을 적절히 수정하거나, 다른 실험을 디자인하여야 목표를 달성할 수 있다. 이러한 실험은 초기 실험이 끝난 후 결과 분석, 문제 인식, 실험 설계, 실험 수행, 결과 해석 및 적용 등 일련의 탐구 과정을 학생이 주도적으로 실시하는 특징을 가지고 있다. 또한 초기에 주어진 실험 과정은 학생들의 실험 설계에 근거가 될 수 있도록 구성되었다.

Table 3

The contents of problem-solving experiments

Order	Contents	Title
1	Measurement	Density of coke and diet coke
2	Reaction rate	'Pop' using an antacid agent
3	Quantity analysis	Determination of mass percentage of NaHCO <sub>3</sub> in an antacid
4	Solution	Freezing point depression of solution
5	Separation	Thin layer chromatography

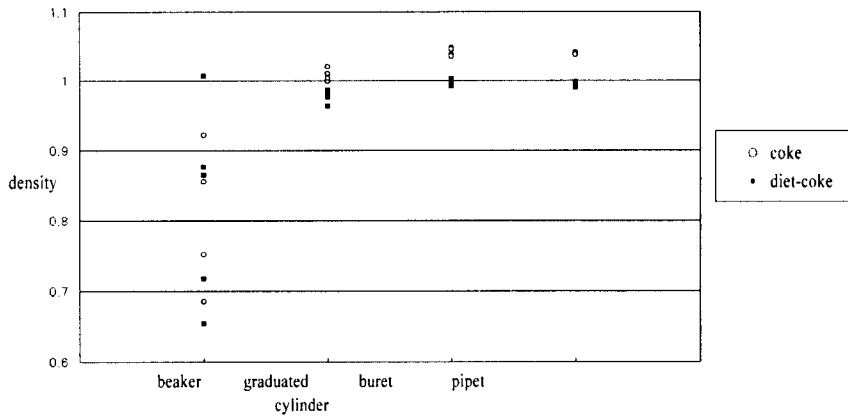


Fig. 1 The density of coke and diet-coke using four volume-measuring instruments.

개발된 실험의 제목과 해당 주제 영역은 Table 3과 같으며, 실험의 단계와 세부 내용은 다음과 같다.

- ① 도입: 실험 목표를 제시한다.
- ② 1차 실험: 주어진 실험 방법에 의해 실험한다.
- ③ 결과 분석 및 평가: 각 조의 결과 또는 각 조의 결과를 모은 전체의 결과가 제시된 목표를 해결할 수 있는지를 평가한다. 1차 실험의 결과만으로는 각 실험의 목표를 해결할 수 없도록 실험을 구성·개발하였다.
- ④ 실험 설계: 결과 평가를 바탕으로 조별로 1차 실험을 수정하거나 또 다른 가능한 실험을 설계하여 목표를 해결할 수 있는 방법을 모색한다.
- ⑤ 2차 실험: 2차 실험을 실시한다.
- ⑥ 실험 후 토의: 다시 한 번 결과를 평가하고 해석한다.

수정·개발한 실험 중에서 시범실험에 사용된 ‘콜라와 다이어트 콜라’의 실험 단계를 설명하고 결과를 예로 들어 보겠다.

- ① 도입: 두 콜라의 밀도 차이를 예상해 본다.
- ② 1차 실험: 비커, 전자저울, 두 종류의 콜라를 이용하여 콜라의 밀도를 비교하는 실험으로 구성하였다.
- ③ 결과 분석 및 평가: 각 조의 결과를 모아 실험결과를 평가한다. Figure 1에서 비커에 해당하는 그래프만을 보고 평가하는 것이다. 따라서 1차 실험에서는 콜라와 다이어트 콜라의 밀도 차이를 구분할 수 없다(문제발생).
- ④ 실험 설계: 학생들은 이러한 결과의 의미를 토론하고, 대안 실험과정을 설계한다.(여러 가지 대안 중에서 부피 측정 기구에 관한 대안이 가장 많음)

- ⑤ 2차 실험: 부피 측정을 정확히 할 수 있는 도구(메스실린더, 뷰렛, 피펫)를 사용하여 두 물질의 부피를 측정한 후 밀도를 계산한다.
- ⑥ 실험 후 토의: 차트로 나타낸 각 조의 결과를 보면서 결과를 정리하고 해석한다.

두 번째 실험은 화학반응속도 실험이다. 알카셀쳐(진통제)는 물에 녹아 이산화탄소를 발생하며 반응한다. 이를 이용하여 필름통의 뚜껑이 저절로 열릴 때까지 걸린 시간을 측정하여 반응속도를 알아내는 실험이다. 그러나 주어진 실험 과정에 따르면 반응속도가 너무 빨라서 뚜껑을 단자마자 열려버려 반응속도를 측정하기 힘들다. 정확한 측정을 위해서는 반응속도와 관련된 변인들을 조정할 대안적인 실험과정을 설계해야 한다.

세 번째 실험은 산-염기 반응을 이용한 화학양론이다. 알카셀쳐를 물에 녹여 공기 중으로 방출된 이산화탄소의 양만큼 감소한 질량을 이용하여 알카셀쳐 1정속의  $\text{NaHCO}_3$ 의 질량퍼센트를 계산하고, 이를 포장지의 성분 양과 비교한다. 그러나 중화반응이 완결될 만큼 충분한 양의 산이 포함되어 있지 않아 비교한 양이 매우 큰 차이가 난다. 이러한 오차를 극복할 수 있을 만한 대안적인 실험과정을 설계해야 한다.

네 번째 실험은 용액의 어는점 내림 실험이다. 용액의 몰랄농도에 대한 용액의 어는점내림 관계 그래프를 그리고, 몰랄농도와 용액의 어는점내림의 관계를 식으로 나타낸 후, 식에 나타난 비례상수를 변화시킬 수 있는 것인지에 대한 문제를 해결하기 위한 실험을 설계하도록 하는 실험이다.

다섯 번째 실험은 얇은막크로마토그래피(TLC) 실험이다. 1차 실험에서는 여러 가지 물질을 TLC로 전개

시켰을 때 모든 시료의 Rf가 거의 1.0이 되어버린다. 이러한 실험 결과를 바탕으로 대안실험을 구성하여 가장 좋은 전개 조건을 찾아내도록 구성하였다.

2. 참여 태도의 변화에 미치는 효과

실험 처치 전후에 참여태도 평가 실험의 결과는 Table 4와 같다.

Table 4  
The result of assessment for procedure modification

	Pre-test result		Post-test result	
	Empiricists	Semi-empiricists	Empiricists	Semi-empiricists
Experimental	0	3	7	19
Control	0	2	2	2

사전 평가 실험에서 비판적 참여자의 수는 실험집단과 통제집단에서 모두 0명이었다. 학생들은 시계반응 실험에서 짧은 변색 시간 때문에 당황하는 모습을 보였으나 모두 안내서에 제시된 실험 과정에 맞추어 실험을 진행했을 뿐 이를 조절하기 위한 별다른 조치는 취하지 않았다. 준비판적 참여자의 유형은 색깔 변화를 잘 볼 수 있도록 비커 바닥이나 측면에 흰 종이를 대어 관찰, 두 용액의 혼합이 잘 이루어지도록 큰 비커를 사용, 변색 시간 조정 계획 수립 등이었다.

사후 평가 실험에서 비판적 참여자의 수는 실험 집단의 경우 0명에서 7명으로, 통제집단의 경우 0명에서 2명으로 증가하였다. 준비판적 참여자의 수는 실험집단이 3명에서 19명으로 증가하였고, 통제집단은 2명에서 변함이 없었다. 실험집단의 준비판적 참여자 19명 중 4명은 반응 용액의 온도나 농도를 변화시켜 변색 시간을 조절한다는 계획을 세웠으나 실제 실험으로 수행하지 않았다. 이 연구에서는 과정을 개선하여 실제 실험을 수행한 경우를 비판적 참여자로 분류하였기 때문에 이들은 준비판적 참여자로 분류되었다.

결과를 보면 실험집단과 통제집단에서 모두 비판적 참여자의 수가 증가하였다. 평가실험의 난이도 유지를 고려하여 참여태도 평가실험은 시계반응 실험을 반복하였다. 사전·사후 평가실험의 반복이 통제집단에서의 비판적 참여자의 증가 요인으로 고려될 수 있으나 이러한 효과는 두 집단에 동일하다고 볼 수 있다. 따라서 통제집단에 비해 실험집단에서 비판적 참여자가 더 많이 증가했음을 알 수 있다. 이는 실험집단의 학생들이 상대적으로 실험 과정을 고정된 것이 아니라 스스로 사고하고 개선할 수 있는 유연한 것으로 보고 있으며, 문제 해결을 강조한 일반화학 실험이 학생들

을 비판적 참여자로 훈련하는데 좋은 영향을 미칠 수 있다는 것을 보여준다.

3. 탐구능력 신장·과학관련 태도·일반화학 실험에 대한 인식에 미치는 영향

탐구능력 검사 결과와 과학관련 태도 검사 결과는 Table 5와 같다. 문제 해결을 강조한 일반화학 실험 수업 후의 탐구능력 검사 결과 두 집단 간의 사전·사후 평균은 통계적으로 의미 있는 차이를 보이지 않았다. 다만, 만점 36점에 대해 사전·사후 검사 모두 평균 점수가 30점을 넘은 것으로 보아 탐구능력 검사 도구로 사용한 TIPS II의 난이도가 대학생들에게 상대적으로 쉬웠다고 여겨진다.

과학관련 태도 검사 결과 두 집단 간의 사전·사후 평균은 의미 있는 차이를 보이지 않았다. 과학관련 태도는 과학 탐구(실험)에 대한 태도와 과학적 적용에 대한 태도의 하위 영역으로 구성되어 있는데, 이들은 장기간에 걸쳐 형성되어지는 태도들이기 때문에 5차시 10시간의 수업으로 이러한 태도 형성의 변화를 보기에 상대적으로 단기간이었던 연구 기간이 한계로 작용한 것으로 보인다.

일반화학 실험에 대한 인식 검사의 사후 검사 평균은 실험집단의 경우에 사전 검사보다 높게 나타났으며 이 차이는 유의수준 0.01에서 의미 있는 차이를 보였

Table 5  
Mean, SD, and t values of survey items

		Science inquiry ability			Science-related attitude			Perception about experiments		
		M	SD	t	M	SD	t	M	SD	t
Exp	pre	31.4	1.61	-0.364	3.7	0.46	0.332	3.4	0.49	3.237*
	post	31.0	2.57		3.5	0.47		3.7	0.58	
Cont	pre	31.4	2.54		3.7	0.41		3.4	0.48	
	post	30.7	3.19		3.6	0.44		3.2	0.48	

Table 6  
Mean, SD, and t values of the sub-category in the students' perceptions about experiments

Sub-Category	Control		Experimental		t
	M	SD	M	SD	
Difference	3.5	0.89	4.1	0.78	-2.73*
Interest	3.4	0.71	3.5	0.90	-0.37
Comprehension	3.1	0.63	3.1	0.76	0.96
Inquiry level	3.0	0.55	3.8	0.62	-5.53*
Participation	3.7	0.76	3.8	0.67	-0.54
Discussion	3.3	0.66	3.9	0.92	-3.52*

\* P < 0.01

**Table 7**  
Mean, SD, and t values of post-test for dead reckoners and empiricists

	Cognitive level			Lab written exam scores			Lecture course scores		
	M	SD	t	M	SD	t	M	SD	t
Dead reckoners	3.0	0.00	1.648	16.7	6.88		7.2	2.32	
Empiricists	2.9	0.34		21.0	3.26	-2.651*	7.8	1.87	-0.928

	Perception about experiments			Science-relating attitude			Science inquiry ability		
	M	SD	t	M	SD	t	M	SD	t
Dead reckoners	3.3	0.54	-0.847	3.6	0.51		31.6	1.50	
Empiricists	3.5	0.46		3.9	0.36	-2.365*	31.3	1.72	0.545

\* P < 0.05

다. 학생들이 실험에 대해 갖는 인식이 변화한 방향을 알아보기 위해서 일반화학 실험에 대한 인식 조사에 사용한 문항의 하위 영역별 결과는 Table 6과 같다.

하위 영역은 타 실험과의 차이, 실험에 대한 흥미, 이해, 탐구 수준, 참여, 토론으로 구별할 수 있다. 그 결과 타 실험과의 차이, 탐구 수준, 토론에 대한 인식에서 의미 있는 차이가 있었다. 즉 학생들은 문제 해결 중심의 일반화학 실험을 이전까지 경험한 실험과 비교할 때 차이가 있으며, 탐구의 수준이 더 높고, 토론이 필요하고 도움이 되는 실험이라고 인식하고 있었다.

#### 4. 비판적 참여자의 특성

실험 후 맹목적 참여자에서 비판적 참여자로 변화한 학생들은 그렇지 않은 학생들과 비교해 어떤 특성을 가지고 있는지에 관심을 갖고 실험집단으로 표본을 한정하여 맹목적 참여자와 비판적 참여자 집단의 몇 가지 측정치에 대해 독립표본 t-검증을 실시하였다. 비판적 참여자는 필기실험시험 점수와 사전 과학 관련 태도에서 유의도 0.05에서 의미 있는 차이가 있었다 (Table 7).

보다 구체적으로 20개의 과학 관련 태도 문항 중 3, 13, 14, 18번이 유의미한 차이를 보였다. 이들 문항의 내용은 다음과 같다.

3. 나는 같은 결과를 얻기 위해 실험을 반복하는 것을 좋아한다
13. 나는 과학 실험을 할 때 전에 해보지 못했던 새로운 방법으로 하고 싶다
14. 나는 어떤 문제에 대한 답을 듣는 것보다 실험을 하여 해결하기를 좋아한다
18. 나는 어떤 내용에 대해 과학 잡지에서 읽는 것 보다는 실험하기를 더 좋아한다

이들은 실험에 대한 선호 그리고 실험의 반복을 지루해하지 않는 열정적인 태도를 나타낸다고 볼 수 있

다. 즉 비판적 참여자로 변화한 학생들이 나타내는 특성은 인지수준이나 탐구 능력, 지필 성적 등의 지적 요인에 관련 된다고보다는, 실험에 얼마나 집중하는지, 실험을 얼마나 즐거워하고 열정을 가지는지와 같은 태도에 관계된 인성적 요인에서 비롯된다고 볼 수 있다. 그러나 비판적 참여자로의 변화가 어떤 특성과 관련이 있는지에 대한 연구는 아직 충분하지 못하며 앞으로 이와 관련된 후속 연구가 필요할 것이다.

#### IV. 결론 및 제언

Wellington(1998)은 학교 과학교육에서 실제 활동의 목적을 과학에 대한 이해와 개념 발달을 증진시킨다는 인지적 목적, 실제 활동이 흥미와 감격을 일으키며 학습자의 기억을 돕는다는 정서적 목적, 조작적인 손기술 뿐 아니라 더 높은 수준의 진이 가능한 기술을 증진시킨다는 기술적 목적의 세 가지로 정리하고 있다. 학생들은 실험 활동을 통해 과학자처럼 생각하고 활동하는 기회를 가져야 하며 과학의 과정을 강조하여 과학자가 연구 활동을 수행하듯이 과학을 배워야 한다. 본 연구에서 개발된 실험은 과학자가 연구 활동을 수행하는 것과 유사한 과정을 경험하도록 구성되어 있다. 주어진 과정에 따라 실험을 수행하면 실험의 목표 달성이 어렵도록 구성되어 있으므로, 실험 과정의 문제점을 인식한 학생들은 실험 과정을 적절히 수정하거나, 다른 실험을 디자인하여야 목표를 달성할 수 있다.

본 연구에서 도입한 문제해결을 강조한 일반화학 실험은 학생들의 참여 형태를 맹목적 참여자에서 비판적 참여자로 훈련하는데 좋은 영향을 미칠 수 있다는 것을 보여주었다. 준비판적 참여자의 수가 실험집단에서 통제집단에 비해 10배 이상 증가한 것을 포함하여 문제 해결을 강조한 일반화학 실험을 수행한 실험집단에서 비판적 참여자의 수는 통제집단에 비해 3배 이상 컸다. 또한, 실험에 대한 인식의 사전·사후 검사는 다

른 실험과의 차별성 인식, 탐구 정도, 토론의 유용성 부분에서 유의미한 차이를 보여, 문제해결을 강조한 일반화학 실험에 대한 학생들의 인식이 전통적인 일반화학실험에 비해 매우 달라졌음을 알 수 있었다.

학생들이 실험을 단지 예상된 결과를 얻기 위한 확인 과정이 아니라 동료와 수준 높은 언어적 상호작용을 통해 자신이 알고 있는 과학적 지식을 이용하여 과정을 생각하며 결과를 비판적으로 해석해가는 탐구 과정으로 인식하여 능동적으로 참여하는 태도를 개발하기 위해서 전통적인 설명식 형태의 일반화학 실험에 변화를 가져올 필요가 있다. 탐구를 경험할 수 있는 다양한 실험 형태를 도입해야 할 것이며, 이 연구에서 제시한 문제해결을 강조한 일반화학 실험도 그 중의 하나로서 의미 있는 역할을 알 수 있으리라 본다.

이 연구에 이어 다음과 같은 지속적인 연구가 필요하다고 본다. 첫째, 이 연구에서 문제 해결을 강조한 일반화학 실험은 5차시 10시간에 걸쳐 84명을 대상으로 이루어졌다. 그러므로 관찰한 사례와 기간이 부족한 점이 한계로 작용하고 있다. 문제해결을 강조한 일반화학 실험의 효과에 대한 보다 심층적인 연구를 위해서 이러한 실험 수업을 보다 장기간 투입하고 관찰하여 분석할 필요가 있다.

둘째, 실험 후 적극적 참여자로 변화한 학생의 특성을 이 연구에서 상관연구를 통해 태도와 관련된 인성적 특성이 영향을 주고 있다는 결론을 얻었지만, 이러한 결론을 보다 구체화하기 위해서 좀 더 연구할 필요가 있다.

셋째, 사범대학의 실험 교육 과정을 위한 다양한 형태의 탐구적 실험이 개발되고 적용되어야 할 것이다.

## 국문 요약

이 연구에서는 문제 해결을 강조한 탐구적 일반화학 실험을 개발하여 그 적용 효과와 학생들의 실험에 참여하는 태도에 미치는 영향을 알아보는 데 목적을 두고 있다. 문제 해결을 강조한 일반화학 실험이 실험에 참여하는 태도 변화에 효과가 있었는데, 맹목적 참여자에서 비판적 참여자로 변화한 수가 실험집단에서 3배 가까이 많았다. 또한, 차별성 인식, 탐구 정도, 토론의 유용성 부분에서 유의미한 차이를 보였다.

## 참고 문헌

- 김범기 (1989). 物理教育의韓·日比較研究. 廣島大學博士學位論文.
- 박종윤, 강순희, 허명, 박승재 (1994). 중등과학교사의 근무여건과 대우에 관한 조사 연구. 한국과학교육학회지, 14(4), 366-378.
- 박종윤, 남정희, 최우경, 원미혜, 강순희 (1997). 탐구지향적 일반화학 실험에 대한 대학생들의 인식조사 연구. 화학교육, 24(6), 379-394.
- 이무, 박승재 (1987). 일반계 고등학교 과학교육 실태 비교 분석, 한국과학교육학회지, 7(2), 71-86.
- 이화국 (1992). 대학 화학과와 화학교육과 교육과정의 실태와 개선방향. 대한화학회 화학교육분과 제1차 세미나 발표자료집.
- 정건상, 허명 (1993). 고등학교 생물과 탐구학습의 실태조사와 문제점 분석. 한국과학교육학회지, 13(2), 146-151.
- 조형숙 (1999). 예비교사를 위한 탐구 중심 과학교육 수업의 효과 탐색. 한국과학교육학회지, 19(2), 227-245.
- 조희형 (1992). 과학적 탐구의 본질에 대한 분석 및 탐구력 신장을 위한 학습지도 방법에 관한 연구. 한국과학교육학회지, 12(1), 61-73.
- 허명 (1993). 초·중고 학생의 과학 및 과학교과에 대한 태도조사 연구. 한국과학교육학회지, 5(2), 89-97.
- Allen, J. B., Barker, L. N., & Ramsden, J. H. (1986). Guided Inquiry Laboratory. *Journal of Chemical Education*, 63(6), 533-534.
- Ausubel, D. P. (1978). *Educational psychology: A cognitive view*(2nd Ed.). New York: Holt, Reinhart & Winston.
- Burns, J. C., Okey, J. R. & Wise, K. C. (1985). Development of an integrated process skills test. *Journal of Research in Science Teaching*, 12(2), 169-177.
- Chen, Y. H., & Yaung, J. F. (2002). Alka-Seltzer Fizzing - Determination of Percent by Mass of NaHCO<sub>3</sub> in Alka-Seltzer Tablets. An Undergraduate General Chemistry Experiment. *Journal of Chemical Education*, 79(7), 848-850.
- Herrick, R. S., Nestor, L. P., & Benedetto, D. A. (1999). Using data pooling to measure the density of sodas: An introductory discovery experiment. *Journal of Chemical Education*, 76(10), 1411-1413.
- Nash, J. J., Meyer, J. A., & Everson, B. (2001). What factors affect the separation of substances raising thin-layer chromatography? An undergraduate experiment. *Journal of Chemical Education*, 78(3), 364-365.
- Pickering, M. (1989). Choosing to cookbook-student choices of laboratory strategy. *Journal of Chemical Education*, 66(10), 845-846.
- Sarquis, A. M., & Woodward, L. M. (1999). Alka seltzer poppers: An interactive exploration. *Journal of Chemical Education*, 76(3), 385-387.
- Wellington, J. J. (1998). *Practical Work in School Science*. London: Routledge.
- Woolnough, B. E., & Allsop, T. (1985). *Practical Work in Science*, Cambridge: Cambridge University.