

# 고등학교 화학 II 수업에 적용한 Small-Scale Chemistry 실험의 효과

박종윤\* · 홍지혜

이화여자대학교

## The Effects of Small-Scale Chemistry Laboratory Programs in High School Chemistry II Class

Park, Jong-Yoon\* · Hong, Ji-Hye

Ewha Womans University

**Abstract:** The purpose of this study is to examine the effects of small-scale chemistry(SSC) laboratory activities implemented in high school chemistry II classes on the students' inquiry process skills and science-related attitudes. For this study, 112 students in the 12th grade were chosen and divided into an experimental and a control group. Seven SSC lab programs that can replace the traditional experiments in chemistry II textbooks were selected and administered to the experimental group while the traditional textbook experiments were administered to the control group. The results showed that there was a significant difference in the enhancement of inquiry process skills between the two groups while no significant difference was found in science-related attitudes. Further analysis showed that the difference in the inquiry process skills came from the basic inquiry process skills. The experimental group students thought that the SSC experiments have many advantages compared to the traditional experiments, e.g., individual work, learning lab and theory in parallel, short experiment time, safety, environmental aspects, etc. These results suggest that the SSC lab programs are valuable in high school chemistry classes and developing and distributing various SSC lab programs is needed to replace the traditional experiments in the current textbooks.

Key words: small-scale chemistry, inquiry process skill, science-related attitude.

### I. 서론

Small-Scale Chemistry(SSC)는 1970년대 초에 콜로라도 주립대학의 Stephen Thompson에 의해 창안되었으며, 전통적인 유리 기구 대신 값싼 플라스틱 기구를 사용하고 소량의 시약을 사용함으로써 경제적인 측면뿐만 아니라 환경적인 측면에서도 탁월하여 지난 30여 년 동안 개발되고 확산되어 왔다(김현경, 2003; Singh *et al.*, 1999; Waterman & Thompson, 1989).

그 동안 경제적인 측면에서 시약의 사용량을 줄이기 위해 초자 기구의 크기를 축소하거나 대체 기구를 고안한 많은 연구들이 있었는데(Aktoudianakis & Dicks, 2006; Bradley *et al.*, 1998; Choi, 2002; De Muro *et al.*, 1999; Egolf & Keiser, 1993; Herrera & Almy, 1998; Mocellin & Goscinska, 1998; Singh *et al.*,

2000), 이를 통틀어 Microscale Chemistry라고 부르고 있다. 따라서 SSC도 Microscale Chemistry의 범주에 들지만 Thompson은 근본적으로 철학이 다르다고 주장한다(Waterman & Thompson, 1989). 즉, 통상적인 Microscale Chemistry의 기법은 19세기부터 사용해온 기존의 전통적인 실험의 실험 설계 철학을 그대로 고수하면서 기구의 축소만을 꾀한 반면, SSC는 실험 설계의 패러다임 자체를 바꾼 것이라고 한다. SSC는 실험 설계 단계부터 환경적인 측면을 고려하고, 기존 실험에 비해 훨씬 폭넓고 열린 형태의 탐구를 할 수 있도록 구성하여 학생들의 창의성, 발명성, 문제해결력을 키워줄 수 있다고 한다.

우리나라에 SSC가 본격적으로 소개된 것은 2002년에 화학 교사들이 콜로라도 주립대학에서 SSC 연수를 받고 오면서 시작되었다(김현경, 2003). 학회나 교사 연

\*교신저자: 박종윤(jypark@ewha.ac.kr)

\*\*2006.12.27(접수) 2007.04.22(1심통과) 2007.06.11(최종통과)

구회를 통해 SSC가 소개된 이후 많은 교사들이 호응을 하여 SSC의 국내 보급을 위한 일련의 노력들이 이루어지고 있으며(유미현 등, 2006), Thompson이 대학 일반화학용으로 저술한 Small-Scale Chemistry 켈트렉(김현경, 정영규, 2004)과 고등학교용으로 저술한 Small-Scale Chemistry 중등 화학 실험서(박중윤 등, 2005)가 연수 교사들에 의해 번역 출판되었다. 우리나라의 실험실 여건이나 입시 위주의 교육으로 인한 실험 기피 현상을 생각해볼 때, SSC는 위에서 언급한 경제적, 환경적, 탐구적 측면에서의 장점과 더불어 일반 교실에서도 실험이 가능하고 실험과 이론 교육을 동시에 시킬 수 있는 장점이 있으므로 기존 실험을 대체할 수 있는 방안으로 주목을 받고 있다(유미현 등, 2006).

그러나 SSC가 가지고 있는 여러 가지 장점들은 충분히 설득력이 있음에도 불구하고 SSC를 학교 현장에 적용하여 그 효과를 검증한 연구는 SSC의 발상지인 미국에서도 찾아보기 힘든 실정이다. 다행히 국내에서는 최근에 몇 가지 연구 결과들이 보고되고 있다. 김현경과 최병순(2005)은 과학 교사들에게 SSC를 연수한 후의 설문조사를 통해 교사들은 SSC를 처음 접했으나 그 연수가 자신들에게 유용하며, SSC가 여러 가지 장점을 가지고 있으므로 학생들의 흥미를 유발할 수 있고 학생들의 탐구능력을 향상시킬 수 있을 것이라는 인식을 가지고 있음을 확인하였다. 그리고 심병주(2005)는 초등학교 5학년을 대상으로 수업에 SSC를 적용한 결과 학생들의 탐구 능력과 과학적 태도의 향상에 효과가 있음을 보고하였다. 또한 유미현 등(2006)은 고등학교 1학년 학생들에게 SSC를 적용한 결과 전통적 실험 수업에 비해 학업 성취도와 정의적 영역(과학에 대한 흥미, 과학적 태도)에서 긍정적인 효과가 있음을 보고하였다.

이와 같이 SSC를 투입하여 그 효과를 알아본 국내 연구는 위에서 언급한 2편밖에 없으므로 SSC의 효과에 대한 일반화를 위해서는 좀 더 다양한 대상에 대하여 연구할 필요가 있는 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 입시 때문에 실험 수업을 거의 하지 않는 고등학교 3학년 학생들을 대상으로 화학II 수업에 SSC를 도입하여 학생들의 과학 탐구 능력과 과학관련 태도에 미치는 영향을 조사하고 SSC에 대한 학생들의 인식을 알아보고자 한다.

## II. 연구 방법 및 절차

### 1. 연구 대상

본 연구의 대상으로 경기도 고양시에 소재한 인문계

**Table 1**

*The number of students in the experimental and the control group by the prior achievement level*

	Experimental	Control	Total
Upper level	34	22	56
Lower level	27	29	56
Total	61	51	112

고등학교 3학년 4개 학급을 임의로 선정하였으며, 그 중 2개 학급은 실험 집단으로 나머지 2개 학급은 비교 집단으로 하였다. 각 집단은 본 연구를 투입하기 직전에 치른 중간고사 점수의 중앙값을 기준으로 상위 소집단과 하위 소집단으로 나누었다. 각 집단별 학생 수는 Table 1과 같다.

실험 집단은 상위 소집단이 조금 더 많고, 비교 집단은 하위 소집단이 조금 더 많은 것으로 나타났다. 본 연구의 대상은 임의 표본으로 두 집단의 동질성이 보장되지 않으므로 본 연구는 사전사후 이질집단 설계에 해당하며 수업 처치 효과는 공변량분석을 통해 확인하였다.

연구 대상 학교는 고등학교 3학년 학생들에게도 수행평가를 위하여 4차시의 실험을 실시하고 있는 학교였는데, 본 연구를 위해 7차시의 실험을 투입해야 하므로 사전에 학생들의 의견을 조사하여 모든 학생들의 동의를 받은 후에 실험을 실시하였다. 실제로 7차시의 실험 후에 학생들의 반응을 조사한 결과 95% 이상의 학생들이 실험 수업을 선호하는 것으로 나타나 실험 수업의 증가에 따른 학생들의 불만은 없는 것을 확인하였다.

### 2. 검사 도구 및 방법

본 연구에서 사용한 검사 도구는 과학 탐구 능력 검사지, 과학관련 태도 검사지, SSC 적용 수업에 대한 인식 설문지, 화학 실험 수업 진행에 대한 설문지이며, 구체적인 내용은 다음과 같다.

과학 탐구 능력 검사지는 권재술과 김범기(1994)가 개발한 것을 사용하였다. 이 검사지는 원래 초등학생과 중학생을 대상으로 개발된 것이므로 고등학생에게 적용하는 것은 적절하지 않을 수도 있으나 현재 국내에서 사용할 수 있는 검사 도구 중에서는 여러 가지 탐구 요소들을 고루 포함하고 있고 표준화가 이루어진 것이므로 이 검사지를 선택하였다. 이 검사지는 기초 탐구 능력인 관찰, 분류, 측정, 추리, 예상과 통합 탐구 능력인 자료 해석, 자료 변환, 가설 설정, 변인 통제, 일반화 등 10개의 탐구 요소별로 3문항씩 30문항으로 구성

되어 있다. 각 문항은 4지 선택형이며, 문항 당 1점씩 30점 만점으로 채점하였다. 사전 검사와 사후 검사에 동일한 검사지를 사용하였고, 검사 시간은 50분으로 하였다. 본 연구에서 구한 신뢰도(Cronbach's  $\alpha$ )는 사전 검사 .70, 사후 검사 .63이었다.

과학관련 태도 검사지는 허명(1993)이 번역한 Fraser (1981)의 TOSRA(Test Of Science-Related Attitudes)를 사용하였다. 이 검사지는 7개 영역으로 구성되어 있으며 각 영역마다 10문항씩 모두 70문항이고 5단계 리커트 척도 형식으로 되어 있다. 7개 영역은 과학의 사회적 의미, 과학자의 평범성, 과학 탐구에 대한 태도, 과학적 태도의 적용, 과학 수업의 즐거움, 과학에 대한 취미적 관심, 과학에 대한 직업적 관심이다. 채점은 긍정 문항과 부정 문항을 고려하여 각 문항마다 5점 만점으로 하여 평균값을 구하였다. 사전 검사와 사후 검사에 동일한 검사지를 사용하였고, 검사 시간은 50분으로 하였다. 본 연구에서 구한 신뢰도(Cronbach's  $\alpha$ )는 사전 검사 .86, 사후 검사 .94이었다.

SSC 적용 수업에 대한 실험 집단 학생들의 인식을 조사하기 위한 설문지는 심병주(2005)가 개발한 설문지를 수정하여 사용하였다. 이 설문지는 초등학생에게 맞게 작성되었으므로 고등학생에게 적합한 문장으로 수정하였으며, 과학 태도를 묻는 문항은 과학관련 태도 검사를 따로 실시하였기 때문에 축소하였다. 설문지의 내용은 개별 실험관련 2문항, SSC 장점관련 5문항, 과학 태도관련 3문항으로 구성하였고, 각 문항은 5단계 리커트 척도 형식으로 되어 있다. 수정한 설문지는 과학 교사 2명으로부터 타당도를 검증받았다. 이 설문지는 실험 집단의 학생들에게 수업 처치가 모두 끝난 후 실시하였으며, Cronbach's  $\alpha$  계수는 .89이었다.

화학 실험 수업 진행에 대한 설문지는 수업 처치가 모두 끝난 후 실험 집단과 비교 집단 학생 전체를 대상으로 화학 실험 수업 진행에 대한 학생들의 생각을 알아보기 위해 실시하였다. 설문지의 내용은 수업 시간에 관한 1문항, 수업 과정에 관한 3문항, 수업 형태에 관한 2문항으로 모두 6문항이며, 3지 또는 4지 선택형이다. 완성된 설문지는 과학 교사 4명으로부터 검증을 받았다.

과학 탐구 능력 검사와 과학관련 태도 검사 결과의 통계 분석을 위해 수업 처치를 독립 변인, 학생들의 성취 수준을 구획 변인, 사전 검사를 공변인으로 하는 이원 공변량분석을 실시하였다. 통계 프로그램은 SPSS 12.0을 사용하였으며 공변량분석의 기본 가정을 만족하였다. SSC 적용 수업과 화학 실험 수업에 대한 설문

결과는 각 문항별 응답의 빈도 분석을 하였다.

### 3. 수업 자료 및 방법

실험 집단에는 SSC 실험을 적용하면서 이론과 실험을 병행하여 가르치고 비교 집단에는 기존의 수업 방식대로 진행하면서 교과서에 제시된 실험을 하도록 하였다. 두 집단의 수업은 연구자 중의 한 명이 모두 담당하였다. SSC를 적용할 실험 주제를 선정하기 위하여 화학II 교과서의 실험 내용을 모두 열거하여 그 중에서 SSC를 쉽게 적용할 수 있는 7개의 실험을 선정하였다(Table 2). SSC 적용 가능 실험의 선정을 위해서는 Small-Scale Chemistry 켈트렉(김현경, 정영규, 2004)과 Small-Scale Chemistry 중등 화학 실험서(박종윤 등, 2005)를 참고하였다.

실험 집단에 적용할 7개의 SSC 적용 실험들에 대해 화학II 교과 내용에 맞도록 모두 7차시 분량의 활동지를 작성하였다. 활동지의 작성에는 SSC를 연구하고 있는 고등학교 화학 교사 2명의 도움을 받았다. 비교 집단에 적용할 활동지는 동일한 주제에 대해 교과서에서 제시한 실험으로 7차시 분을 구성하였다. 일부 SSC 적용 실험에서는 SSC 실험 설계의 장점을 살려 교과서 실험에 추가하여 다른 현상도 관찰할 수 있도록 하였다. 예를 들면, SSC 실험에서 기체 확산 속도 실험의 경우 분자량에 따른 확산 속도 차이를 염화암모늄의 생성으로 확인할 수 있을 뿐만 아니라 pH 시험지를 사용해서 기체가 확산되어 가는 것을 눈으로 직접 확인할 수 있게 하였으며, 할로겐의 반응성 실험에서도 할로겐의 반응성 이외에 양금 생성 반응도 동시에 관찰할 수 있도록 하였다. 작성된 각 활동지는 최종적으로 과학교육 전문가 1명과 고등학교 화학 교사 4명의 검토를 거쳐 수정 보완하였다.

**Table 2**

*The list of experiments selected for SSC application among the experiments in the Chemistry II textbook*

Unit	Experiment title
I-1. Gas, liquid, solid	Diffusion rates of gases
II-1. Atomic structure and periodicity	Detection and reactivity of halogen elements
III-2. Reaction rate	Concentration effects on the reaction rate
	Reaction of acid and metal
III-4. Acid-base reaction	Rainbow pH meter
	Titration
III-5. Redox reaction	Electrolysis of solution

실험 집단은 2인 1조로 구성하여 토의하게 하였으나 실험은 각자 실험 기구를 가지고 개별 실험을 하도록 하였다. 실험 집단을 2인 1조로 구성한 이유는 이론과 실험을 병행해서 가르치기에 편리하기 때문이었다. 이에 비해 비교 집단은 4인 1조로 구성하여 조별 실험을 하도록 하였는데, 4인 1조 조별 실험이 현재 일반적인 실험 수업에서 가장 많이 사용하는 형태이기 때문이다. 두 집단의 조원의 수를 다르게 구성한 것이 연구 결과에 영향을 줄 수도 있겠지만 이러한 조원 구성도 두 수업 방법의 차이로 볼 수 있을 것으로 생각된다. 두 집단 모두 조별 활동을 하지만 활동지는 각자 작성하도록 하였다.

실험 수업은 4월에 치른 중간고사 이후부터 시작하였는데 사전 검사가 모두 끝난 것이 4월 초였기 때문이다. 따라서 I 단원의 기체 확산 속도 실험은 교과서 내용을 모두 학습한 후에 하게 되었으며, 나머지 실험들은 수업 진도에 맞추어 시행하였다.

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 과학 탐구 능력에 대한 효과

실험 집단과 비교 집단의 과학 탐구 능력에 대한 사전 검사와 사후 검사의 평균, 표준 편차, 교정 평균과 표준 오차는 Table 3과 같다.

과학 탐구 능력 검사의 평균 점수는 각 집단이 모두

사전 검사보다 사후 검사에서 향상된 것을 볼 수 있는데, 비교 집단은 소폭 상승이나 실험 집단은 비교 집단 보다는 더 큰 폭으로 상승한 것을 볼 수 있다. 이러한 차이가 통계적으로 유의미한지 알아보기 위하여 사전 검사 점수를 공변인으로 하여 수업 방법과 성취 수준에 따라 이원 공변량분석을 한 결과는 Table 4와 같다.

분석 결과 실험 집단과 비교 집단의 수업 방법에 따라서 학생들의 과학 탐구 능력의 향상에 유의미한 차이를 나타내었다( $p < .01$ ). 그러나 성취 수준 상하위 집단별로는 유의미한 차이가 없었으며( $p > .05$ ), 수업 방법과 성취 수준 사이의 상호작용 효과도 나타나지 않았다( $p > .05$ ). 따라서 실험 집단에 적용한 SSC 수업이 비교 집단에 적용한 교과서 실험 수업보다 과학 탐구 능력 향상에 효과가 있음을 알 수 있으며, 이는 학생들의 성취 수준과는 무관함을 알 수 있다. 이러한 결과는 초등학교 5학년 학생들을 대상으로 연구한 심병주(2005)의 결과와 부합된다. 또한 SSC는 기존의 실험과는 실험 설계의 철학이 다르고 무한한 탐구활동을 할 수 있다는 Thompson의 주장(Waterman & Thompson, 1989)을 뒷받침할 수 있는 하나의 증거로 볼 수 있다.

과학 탐구 능력 검사 결과를 기초 탐구 능력과 통합 탐구 능력으로 나누어 분석해본 결과는 Table 5와 같다. 기초 탐구 능력의 경우에는 교정 평균이 실험 집단 12.1점, 비교 집단 10.7점이었고, 공변량분석 결과 실험 집단과 비교 집단 사이에 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p < .01$ ). 통합 탐구 능력의 경우에는 교정 평균이 실험 집단 12.3점, 비교 집단

**Table 3**  
*The results of inquiry process skill tests*

Group	Level	Pre-test		Post-test		Adj. M	SE
		M	SD	M	SD		
Exp	Upper(n=34)	22.9	4.0	25.1	2.4	24.7	0.4
	Lower(n=27)	21.3	3.8	23.7	3.5	24.1	0.5
	Total(n=61)	22.2	4.0	24.5	3.0	24.4	0.3
Cont	Upper(n=22)	23.0	2.7	23.3	2.0	22.8	0.5
	Lower(n=29)	21.2	4.2	22.2	4.0	22.7	0.4
	Total(n=51)	22.0	3.7	22.7	3.3	22.8	0.3

**Table 4**  
*Two-way ANCOVA results of inquiry process skill tests*

Source of variance	SS	df	MS	F	p
Pre-test	436.051	1	436.051	77.197	.000
Treatment	72.911	1	72.911	12.908	.000**
Level	2.737	1	2.737	0.485	.488
Treatment × Level	1.082	1	1.082	0.191	.663

\*\* $p < .01$

**Table 5**  
*The results of basic and integrated inquiry process skill tests*

Inquiry process skill	Group	Pre-test		Post-test		Adj. M	ANCOVA	
		M	SD	M	SD		F	p
Basic	Exp(n=61)	10.9	1.8	12.1	1.6	12.1	23.047	.000**
	Cont(n=51)	10.8	1.8	10.7	1.8	10.7		
Integrated	Exp(n=61)	11.3	2.6	12.4	2.3	12.3	0.393	.532
	Cont(n=51)	11.2	2.6	12.1	2.1	12.1		

\*\* $p < .01$

12.1점이었고, 공변량분석 결과 두 집단 간에 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다( $p>.05$ ). 따라서 전체적인 탐구 능력의 향상은 기초 탐구 능력의 향상에 기인한 것을 알 수 있다. 각 탐구 요소별로 분석해본 결과 수업 방법에 따라 두 집단 간에 차이가 있는 요소는 분류 ( $F=9.228, p=.003$ )와 예상( $F=11.550, p=.001$ )이었다.

초등학교 5학년 학생을 대상으로 한 심병주(2005)의 연구에서는 전체적인 탐구 능력의 향상이 통합 탐구 능력에 기인한 것으로 나타나 고등학생을 대상으로 한 본 연구 결과와는 일치하지 않는다. 이러한 차이는 학년에 의한 차이일 수도 있고, 실험 내용에 의한 차이일 수도 있으리라 생각된다. 즉, 초등학생과 고등학생은 인지 수준이나 탐구 능력 수준이 서로 다르고, 또한 실험의 내용과 실험 목표에도 차이가 있을 수 있다. 따라서 두 연구 결과는 SSC 적용 실험이 교과서 실험보다 학생들의 과학 탐구 능력 향상에 효과가 있음을 나타내지만 학년과 실험 내용에 따라 세부적인 탐구 요소의 향상에는 차이가 있을 수 있음을 나타낸다고 볼 수 있다. 실제로 제 7차 교육과정에서 사용하는 교과서의 탐구 활동에 포함된 탐구 요소를 분석한 연구에 의하면 초등학교 5학년 과학 교과서의 경우에는 기초 탐구 능력에 해당하는 요소가 75.5%(총 151건 중 114건)로 더 많고(여성희 등, 2003), 고등학교 화학II 교과서의 경우에는 통합 탐구 능력에 해당하는 요소가 58.2%(5개 교과서에서 총 1578건 중 918건)로 더 많았다(강대호 등, 2003). 따라서 교과서 실험을 통해서도 초등학생의 경우에는 기초 탐구 능력이 향상될 수 있고, 고등학생의 경우에는 통합 탐구 능력이 향상될 수 있으므로 해당 탐구 능력에 대해서는 교과서 실험을 한 비교반과 SSC 실험을 한 실험반 사이에 차이가 나타나지 않을 수 있다. 그러나 이러한 주장을 검증하기 위해서는 추후 연구가 필요한 것으로 생각된다.

**2. 과학관련 태도에 대한 효과**

실험 집단과 비교 집단의 과학관련 태도에 대한 사전 검사와 사후 검사의 평균, 표준 편차, 교정 평균과 표준 오차는 Table 6과 같다.

과학관련 태도 검사의 평균은 두 집단 모두 사전 검사보다 사후 검사에서 점수가 상승한 것을 볼 수 있다. 실험 집단의 전체 학생에 대한 교정 평균은 3.26점, 비교 집단의 전체 학생에 대한 교정 평균은 3.11점으로 실험 집단이 0.15점 높게 나타났다. 상위 소집단과 하위 소집단의 교정 평균을 비교해보면 실험 집단과 비교 집단 모두 상위 소집단의 점수가 높은 것으로 나타

**Table 6**  
*The results of science-related attitudes tests*

Group	Level	Pre-test		Post-test		Adj. M	SE
		M	SD	M	SD		
Exp	Upper(n=34)	2.91	0.17	3.39	0.34	3.40	0.05
	Lower(n=27)	2.93	0.19	3.07	0.29	3.07	0.06
	Total(n=61)	2.92	0.18	3.25	0.36	3.26	0.04
Cont	Upper(n=22)	2.97	0.12	3.29	0.28	3.27	0.06
	Lower(n=29)	2.91	0.15	2.99	0.27	3.00	0.05
	Total(n=51)	2.94	0.14	3.12	0.31	3.11	0.04

**Table 7**  
*Two-way ANCOVA results of science-related attitudes tests*

Source of variance	SS	df	MS	F	p
Pre-test	0.628	1	0.628	7.339	.008
Treatment	0.272	1	0.272	3.177	.077
Level	2.493	1	2.493	29.127	.000**
Treatment × Level	0.02725	1	0.02725	0.318	.574

\*\*p<.01

났다. 사전 검사 점수를 공변인으로 하여 수업 방법과 성취 수준에 따라 이원 공변량분석을 한 결과는 Table 7과 같다.

분석 결과 실험 집단과 비교 집단의 수업 방법에 따른 차이는 통계적으로 유의미하지 않은 것으로 나타났고( $p>.05$ ), 성취 수준 상하위 집단별로는 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p<.01$ ). 그리고 수업 방법과 성취 수준 사이의 상호작용 효과는 유의미하지 않은 것으로 나타났다( $p>.05$ ). 따라서 SSC 실험 수업을 적용한 실험 집단과 교과서 실험 수업을 적용한 비교 집단 모두 과학관련 태도 점수가 사전 검사보다 사후 검사에서 향상되었지만 두 집단 간에 향상 정도의 차이는 통계적으로 유의미하지 않음을 알 수 있다. 반면에 수업 방법에 상관없이 상위 소집단 학생들이 하위 소집단 학생들보다 과학관련 태도가 더 많이 향상된 것으로 나타났다.

과학관련 태도의 7개 하위 영역별로 이원 공변량분석을 실시한 결과 수업 방법에 따른 차이는 나타나지 않았고, 성취 수준 상하위별로는 4개 영역에서 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 4개 영역은 과학탐구에 대한 태도( $F=11.071, p=.001$ ), 과학 수업의 즐거움( $F=27.292, p=.000$ ), 과학에 대한 취미적 관심( $F=22.928, p=.000$ ), 과학에 대한 직업적 관심( $F=15.798, p=.000$ ) 영역이었다.

고등학교 1학년 학생을 대상으로 SSC 실험을 적용한 유미현 등(2006)의 연구에서는 SSC 실험이 교과서

실험에 비해 과학에 대한 흥미의 향상에 효과가 있는 것으로 나타났으며, 특히 ‘과학 학습에 대한 흥미’가 유의미하게 향상된 것으로 나타났다. 그러나 본 연구의 결과에서는 세부 영역 중 ‘과학 수업의 즐거움’에서도 수업 방법에 따른 유의미한 차이를 보이지 않았다.

이미경과 정은영(2004)은 과학에 대한 태도에 영향을 미치는 요인을 분석한 연구에서 과학을 좋아하는 학생이든 싫어하는 학생이든 실험이 하나의 중요한 요인임을 보고하였다. 따라서 두 집단 모두 과학관련 태도가 향상된 것은 교과서 실험이든 SSC 실험이든 실험을 한 것이 하나의 요인으로 작용했을 것으로 생각된다. 그러나 SSC 실험이 교과서 실험에 비해 과학관련 태도 향상에 더 효과적인 것으로 나타나지는 않았다. 또한, 과학관련 태도는 학업성취도와 상관이 있다는 연구들이 있으나(이경훈, 1998; 이미경, 김경희, 2004), 본 연구의 사전 검사 결과는 성취 수준 상위 소집단과 하위 소집단 학생들 사이에 유의미한 차이를 나타내지는 않았다. 그러나 사후 검사에서는 상위 소집단 학생들이 더 높은 것으로 나타났다. 이미경과 정은영(2004)의 연구에서 학생들이 실험 시간에 기구를 직접 다루는 것이 재미있기 때문에 과학을 좋아한다고 하였으므로 개별 실험을 한 실험 집단의 하위 소집단 학생들도

과학관련 태도의 향상을 기대하였으나 그 효과는 유의미하지 않은 것으로 나타났다.

### 3. SSC 적용 수업에 대한 인식 조사 결과

실험 집단을 대상으로 SSC 적용 수업이 끝난 후 SSC 적용 수업에 대한 학생들의 인식을 조사한 결과는 Table 8에 나타내었다.

Table 8을 보면 모든 문항에서 학생들의 응답이 평균 3.5점이 넘고, 평균 4점 이상인 문항도 있어 학생들은 SSC 적용 수업에 대해 긍정적인 것으로 나타났다. 이러한 결과는 초등학교 5학년을 대상으로 한 심병주(2005)의 연구와 고등학교 1학년을 대상으로 한 유미현 등(2006)의 연구 결과와 부합된다.

개별 실험관련 문항에서는 학생들은 모둠 실험보다 개별 실험을 선호하는 것으로 나타났다. 개별 실험을 하는 것이 과학지식 습득에 도움이 되었다고 생각하는 질문에 77.0%의 학생들이 정말 그렇다, 그렇다로 응답하였고, 개별 실험을 많이 해서 귀찮았다는 문항에는 78.7%가 전혀 아니다, 아니다로 응답하였다. 이는 기존의 모둠 실험에서는 실험 기구의 부족으로 인해 몇몇 학생들이 실험을 독점하는 경우가 있는데, SSC 실험에서는 개별 실험이므로 본인이 직접 실험에 참여

**Table 8**  
*Students' responses to the questionnaires about SSC laboratory classes*

Category	Item	Highly disagree	Disagree	Neutral	Agree	Highly agree	M	SD
Individual experiment	Individual experiment helps to learn science knowledge		6 (9.8)*	8 (13.1)	36 (59.0)	11 (18.0)	3.85	0.83
	Keep doing individual experiment is cumbersome	11 (18.0)	37 (60.7)	11 (18.0)	1 (1.6)	1 (1.6)	3.92	0.76
Advantage of SSC	Plastic apparatus is not appropriate for chemistry experiment	10 (16.4)	39 (63.9)	10 (16.4)	2 (3.3)		3.93	0.68
	Joint teaching of theory and experiment during SSC lab gives better understanding			7 (11.5)	36 (59.0)	18 (29.5)	4.18	0.62
	SSC experiment is simple and handy compared to textbook experiment		2 (3.3)	5 (8.2)	38 (62.3)	16 (26.2)	4.11	0.69
	SSC experiment would increase pollution	6 (9.8)	42 (68.9)	10 (16.4)	3 (4.9)		3.83	0.66
	SSC experiment is safer than textbook experiment			3 (4.9)	39 (63.9)	19 (31.1)	4.26	0.54
Attitude to science	My attitudes to science changed positively after SSC lab		4 (6.6)	22 (36.1)	31 (50.8)	4 (6.6)	3.57	0.72
	Comparing experimental results and discussing with friends help learning			6 (9.8)	46 (75.4)	9 (14.8)	4.05	0.49
	Doing science experiment at home is possible by using SSC apparatus			13 (21.3)	35 (57.4)	13 (21.3)	4.00	0.66

\*The numbers in the parentheses are the percentages.

할 수 있어 좋고, 또한 지식을 습득하는 데도 도움이 된다고 생각함을 알 수 있다.

소수 의견으로 모둠 실험이 개별 실험보다 더 좋다고 응답한 학생들 중의 한 명에게 그렇게 생각하는 이유를 물어보았더니 다음과 같이 대답하였다.

학생: 과학 실험은 할 때는 재미있는데... 하고 난 후 보고서 쓰는 것이 문제예요. 모둠으로 하면 잘하는 친구 것도 보고 쓰고, 제가 생각 못한 것도 같이 의논하고 좋은 것 같아요.

이 학생은 실험 보고서가 평가에 반영되므로 보고서 작성시에 성적이 우수한 친구의 도움을 받을 수 있기 때문에 모둠 실험을 선호하는 것으로 생각하고 있었다. 그러나 개별 실험에 대한 부정적인 면을 언급하지는 않았다.

SSC 실험의 장점관련 문항에서는 플라스틱 소재 사용, 학습 내용 이해, 편리성, 친환경성, 안전성 측면에서 각각 80.3%, 88.5%, 88.5%, 78.7%, 95.0%의 학생들이 긍정적으로 응답하였고, 부정적으로 응답한 학생들은 극소수로 나타나 학생들은 SSC 실험의 장점에 대해 잘 인식하고 있음을 알 수 있었다.

소수이긴 하지만 SSC 실험에 대해 부정적으로 응답한 학생들과의 면담을 통해 학생들의 생각을 알아본 결과는 다음과 같다. 플라스틱 제품을 사용하는 것이 적당하지 않다는 것에 동의한 학생의 경우 “화학 시약 중 플라스틱을 녹이는 것도 있으니까요.”라고 대답하였다. 이 학생은 플라스틱 제품을 사용하기 때문에 얻을 수 있는 여러 가지 이점은 생각하지 않고 유기 용매를 사용하는 등 극히 일부의 실험에는 플라스틱 제품의 사용에 제한점이 있음을 지적한 것으로 생각된다. 편리성에 대해 부정적으로 답한 학생의 경우 그 이유를 “너무 작고 교과서에서 제시한 그림이나 실험 과정과 달라서 생소해요.”라고 대답하여 실제 실험 과정이 편리하지 않 한지보다는 교과서에 제시된 실험과 다르기 때문에 느끼는 생소함을 토로하였다. 환경적인 측면에서도 SSC가 환경오염을 증가시킬 것이라는 것에 동의한 학생은 “SS 피펫도 휴지도... 쓰레기는 쓰레기잖아요. 여러 번 실험하면... 휴지도 많이 쓰게 되는 것 같아요.”라고 대답하였다. 이 학생의 경우는 SSC 실험이 기존의 전통적 실험에 비해 사용하는 화학 시약의 양이 현저하게 적어 폐수 처리가 필요하지 않은 데 대한 큰 장점을 간과하고 처리 비용이 훨씬 적게 드는 휴지 쓰레기를 염려하여 그렇게 응답한 것으로 생각된다.

과학 태도관련 문항에서도 응답자의 57.4%가 SSC

를 적용한 개별 실험 수업을 통해 과학에 대한 태도가 예전에 비해 긍정적으로 바뀌었다고 하였고, 90.2%가 개별 실험 후 친구와 결과를 서로 비교하고 토론하는 것이 학습을 이해하는 데 도움을 준다고 긍정적으로 응답하였다. 또 SSC 실험 기구를 사용하면 집에서 과학 실험을 할 수 있을 것이라는 질문에 78.7%가 긍정적으로 응답하였다. 이러한 응답 결과로 보아 학생들은 SSC 실험 수업에 대해 흥미를 느끼고 또 학습 내용의 이해에도 도움이 된다고 생각함을 알 수 있다.

#### 4. 화학 실험 수업 진행에 대한 설문 조사 결과

실험 집단과 비교 집단 학생들 전체에 대하여 수업 처치가 끝난 후 화학 실험 수업의 진행에 대하여 학생들의 의견을 조사한 결과는 Table 9에 제시하였다.

수업 시간에 관한 질문에서는 SSC를 적용한 실험 집단의 경우 전원이 실험 후 강의를 들을 수 있을 정도로 시간에 여유가 있었다고 응답하였으나 비교 집단의 경우에는 94.1%의 학생들이 시간이 부족했다고 응답하여 상반된 결과를 나타내었다. 실험 집단의 경우는 SSC 실험을 하였으므로 실험의 준비와 실험 조치가 간단하여 시간이 적게 걸리므로 재실험도 가능한 반면, 비교 집단의 경우에는 교과서 실험을 하는데 시간이 많이 걸려 50분의 수업 시간 내에 실험을 마치기에 급급했음을 알 수 있다.

수업 과정에 대한 질문 중 실험 주제 이외에 다양한 실험을 할 수 있어 주제에 연관된 다른 자료도 얻을 수 있었는지를 묻는 문항에서 실험 집단은 63.9%가 긍정적으로 응답하였고, 비교 집단은 84.3%가 부정적으로 응답하였다. 비교 집단의 경우는 위에서도 언급했듯이 교과서 실험을 한 번 진행하는데 수업 시간을 모두 소모하는 반면, 실험 집단의 경우는 SSC 실험의 장점을 살려 교과서 실험과 동일한 실험 결과를 얻음과 동시에 다른 부가적인 실험 결과를 얻을 수 있도록 실험을 설계한 것이 이러한 응답을 하게 된 원인으로 생각된다. 실험 준비와 실험 진행 과정에 대한 물음에서는 실험 집단은 모두 준비가 간단하고 반복 실험을 할 수 있다고 응답하였고, 비교 집단은 모두 실험 준비물이 많고 실험 과정이 번거로우며 반복 실험을 할 수 없다고 응답하였다. 실험 수업에 적당한 조원의 수를 묻는 문항에서는 실험 집단은 85.2%가 개별 실험으로 응답하였고, 비교 집단은 62.7%가 4인 1조가 좋다고 응답하여 대체로 자신들이 경험한 모둠의 형태를 선호하는 것으로 나타났다.

실험 수업의 형태에 대한 질문 중 자신들이 받은 수

Table 9

Students' responses to the questionnaires about the chemistry lab classes

Category	Item	Response	%	
			Exp	Cont
Class time	Was class time sufficient to do the experiment?	Lack of time	0.0	94.1
		Enough time	100.0	5.9
	Was it possible to get the data other than main purpose of experiment?	No	23.0	84.3
		Yes	63.9	0.0
Class process	How was the preparation and procedure of experiment?	Time consuming preparation, doing experiment only once	0.0	100.0
		Simple preparation, repeated experiment	100.0	0.0
	What number of student in a group is best for lab class?	Individual	85.2	2.0
		2 in a group	9.8	35.3
		4 in a group	4.9	62.7
	Class style	What was the class style?	Lecture	3.3
Lecture + experiment			83.6	37.3
Which class style do you prefer?		Lecture	13.1	62.7
		Lecture + experiment	3.3	5.9
		Lecture + experiment	83.6	62.7
		Experiment	13.1	31.4

업 형태에 대해서 실험 집단은 대부분(83.6%) 강의+실험으로 응답하였고, 비교 집단은 대다수(62.7%)가 실험으로 응답하였다. 선호하는 수업 형태로는 두 집단 모두 강의+실험을 가장 선호하는 것으로 나타났다(전체 112명 중 83명으로 74.1%). 이는 그 동안 행해온 실험 수업의 대부분이 수행평가를 위한 실험이거나 실험을 위한 실험 수업으로, 강의와 단절된 실험 수업을 해왔음을 나타내는 것으로 볼 수 있으며 학생들은 실험과 강의를 병행하는 형태를 원하고 있음을 알 수 있다.

#### IV. 결론 및 제언

최근 국내에 도입된 SSC 실험은 실험 기구와 시약의 비용을 절감할 수 있음은 물론, 실험 시간이 적게 걸리고 안전하기 때문에 실험실이 아닌 강의실에서도 강의와 병행하여 실험을 할 수 있는 등 여러 가지 장점을 가지고 있어 교사들의 호응을 얻고 있다. 본 연구에서는 SSC 실험을 고등학교 3학년 화학II 교과에 적용하여 기존의 교과서 실험과 비교하여 그 효과를 알아보하고자 하였다.

연구 결과 SSC 적용 수업은 기존의 교과서 실험 수업에 비해 학생들의 과학 탐구 능력 향상에 효과적인 것으로 나타났다. 특히 SSC 적용 수업은 기초 탐구 능

력의 향상에 효과적인 것으로 나타났다. 그러나 과학관련 태도에 대해서는 기존의 실험과 별 차이를 나타내지 못하였다. SSC 실험을 경험해본 학생들은 SSC 실험의 장점을 잘 파악하고 있었으며 SSC 실험을 선호하는 것으로 나타났다. 모든 학생들이 개별적으로 실험할 수 있는 것을 좋아하였고, 실험이 간편하고 시간이 적게 걸리며, 강의와 실험을 병행할 수 있어 학습 내용을 이해하는 데 도움이 된다고 하였다. 또한 환경적인 측면과 안전성 측면에서도 긍정적으로 생각하였으며 과학에 대한 태도도 긍정적으로 바뀌었다고 생각하였다.

이러한 연구 결과는 선행 연구들(심병주, 2005; 유미현 등, 2006)의 결과와 더불어 SSC 실험을 학교 현장에 도입할 필요성을 제시하는 것으로 볼 수 있다. 그러나 SSC 실험을 학교 현장에 성공적으로 도입하기 위해서는 다음의 몇 가지 과제가 선결되어야 할 것으로 생각된다.

첫째, 현행 우리나라 교육과정에 맞는 SSC 실험 교재의 개발과 보급이 필요하다. 미국에서 고등학교용으로 개발된 SSC 교재(박종윤 등, 2005)가 하나 있기는 하나 우리나라의 교육과정을 무시하고 이 교재를 그대로 사용하는 것은 현장 사정을 생각할 때 어려울 것으로 생각된다. 그러므로 우리나라 교육과정에 맞추어 각 학년별로 SSC 실험 교재를 개발할 필요가 있다. 이러



한 교재 개발에 있어서 중요한 점은 실험 방법만 SSC 형태로 바꾸는 것이 아니라 실험 내용과 질문을 보다 탐구적인 형태로 구성해야 한다는 것이다. Thompson의 주장대로 실험 설계의 철학이 기존 실험들과 달라야 하고 열린 탐구를 할 수 있는 형태가 되어야 할 것이다(Waterman & Thompson, 1989).

둘째, SSC 실험 기구와 시약을 안정적으로 공급할 수 있어야 한다. SSC 실험 교재만 개발하여 보급해서는 현재 과학 교사들의 과중한 업무를 생각할 때 실효성이 적을 것으로 생각된다. 교재와 함께 기구와 시약이 따라서 공급되어야 누구나 손쉽게 사용할 수 있을 것이다. 이와 더불어 학교 실험 교구 기준이 변화되어야 기존의 유리 기구를 확보하는 대신 SSC 실험 기구를 구입할 수 있을 것으로 생각된다.

셋째, SSC 실험에 대한 교사 연수가 실시되어야 한다. 교재와 실험 기구가 있어도 교사가 SSC 실험을 지도할 수 있는 역량을 갖추지 못하면 그 효과가 크지 않을 것으로 생각된다. 따라서 다양한 경로를 통해 SSC 실험에 대한 연수가 실시되어야 할 것으로 생각된다.

넷째, SSC 실험을 현장에 투입하면서 그 효과에 대한 연구가 동시에 진행되어야 한다. 이렇게 함으로써 교재와 기구에 대한 수정 보완이 이루어지고 교사들에게 SSC 실험을 원활하게 활용할 수 있는 지침을 제공해 줄 수 있을 것으로 생각된다.

## 국문 요약

본 연구의 목적은 고등학교 화학II 교과에서 Small Scale Chemistry(SSC)를 적용한 수업이 학생들의 과학 탐구 능력과 과학관련 태도에 미치는 효과를 알아보는 데 있다. 연구 대상은 인문계 고등학교 3학년 학생 112명이며, 실험 집단과 비교 집단으로 나누었다. 화학II 교과서의 기존 실험을 대체할 수 있는 SSC 실험을 7개 선정하여 이를 실험 집단에 적용하고, 비교 집단에는 교과서에 제시된 기존 실험을 적용하였다. 연구 결과 두 집단 간에 과학 탐구 능력의 향상에는 유의미한 차이가 있었으나, 과학관련 태도의 향상에는 유의미한 차이가 없었다. 세부 분석 결과 과학 탐구 능력의 차이는 기초 탐구 능력의 차이에 의한 것으로 나타났다. 실험 집단 학생들은 SSC 실험이 기존 실험에 비해 많은 장점(예를 들면, 개별 실험, 실험과 이론의 동시 학습, 짧은 실험 시간, 안전성, 친환경성 등)이 있음을 인식하고 있었다. 이러한 결과는 고등학교 화학 과목에 SSC 실험을 적용할 가치가 있음을 나타내며 현 교과

서의 기존 실험을 대체할 수 있는 다양한 SSC 실험을 개발하여 보급할 필요가 있음을 시사한다.

## 참고 문헌

- 강대호, 정수근, 구인선 (2003). 제7차 과학교육과정의 탐구 요소들에 의한 화학(II) 교과서의 탐구 영역 분석. *대한화학회지*, 47(6), 645-658.
- 권재술, 김범기 (1994). 초중학생들의 과학탐구능력 측정도구의 개발. *한국과학교육학회지*, 14(3), 251-264.
- 김현경 (2003). Small Scale Chemistry란 무엇인가? *화학교육*, 30(1), 106-113.
- 김현경, 정영규 (역) (2004). Small-scale chemistry 캠프레. 서울: 자유아카데미. [원전: Thompson, S. (1990). CHEMTREK. Small-scale experiments for general chemistry. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.]
- 김현경, 최병순 (2005). Small Scale Chemistry에 대한 과학 교사들의 인식. *대한화학회지*, 49(2), 208-214.
- 박종윤 외 21인 (역) (2005). Small-scale chemistry 중등 화학 실험서. 서울: 자유아카데미. [원전: Waterman, E. L., & Thompson, S. (1995). Small-scale chemistry laboratory manual. Menlo park, CA: Addison-Wesley.]
- 심병주 (2005). 물질지도에서 Small-Scale Chemistry (SSC)를 적용한 초등과학수업의 효과. *서울교육대학교 교육대학원 석사 학위 논문*.
- 여성희, 김희령, 김미경 (2003). 제 7차 교육과정에 따른 초등학교 5학년 과학교과서의 탐구 과정과 학생들의 과학 탐구 능력 실태 분석. *한국생물교육학회지*, 31(3), 214-223.
- 유미현, 윤희숙, 홍훈기 (2006). Small-Scale Chemistry (SSC)를 적용한 고등학교 과학 수업의 효과. *대한화학회지*, 50(3), 256-262.
- 이경훈 (1998). 고등학생의 과학에 관련된 태도와 과학 성취도와의 관계. *한국과학교육학회지*, 18(3), 415-425.
- 이미경, 김경희 (2004). 과학에 대한 태도와 과학 성취도의 관계. *한국과학교육학회지*, 24(2), 399-407.
- 이미경, 정은영 (2004). 학교 과학 교육에서 과학에 대한 태도에 영향을 미치는 요인 조사. *한국과학교육학회지*, 24(5), 946-958.
- 허명 (1993). 초·중·고 학생의 과학 및 과학교과에 대한 태도 조사 연구. *한국과학교육학회지*, 13(3), 334-340.
- Aktoudianakis, E., & Dicks, A. P. (2006). Convenient microscale synthesis of a coumarin laser dye analog. *Journal of Chemical Education*, 83(2), 287-289.
- Bradley, J. D., Durbach, S., Bell, B., Mungarulire, J., & Kimel, H. (1998). Hands-on practical chemistry for all - Why and how? *Journal of Chemical Education*, 75(11),

1406-1409.

Choi, M. M. F. (2002). Microscale chemistry in a plastic Petri dish: Preparation and chemical properties of chlorine gas. *Journal of Chemical Education*, 79(8), 992-993.

De Muro, J. C., Margarian, H., Mkhikian, A., No, K. K., & Peterson, A. W. (1999). An inexpensive microscale method for measuring vapor pressure, associated thermodynamic variables, and molecular weight. *Journal of Chemical Education*, 76(8), 1113-1116.

Egolf, L. M., & Keiser, J. T. (1993). Photon-initiated hydrogen-chlorine reaction. A student experiment at the microscale level. *Journal of Chemical Education*, 70(8), A208-A209.

Fraser, B. J. (1981). Test of science-related attitudes. Victoria, Australia: Australian Council for Educational Research.

Herrera, A., & Almy, J. (1998). Notes on converting to microscale. *Journal of Chemical Education*, 75(1), 83-84.

Mocellin, E., & Goscinska, T. (1998). Modified carbon electrodes for microscale electrochemistry. *Journal of Chemical Education*, 75(6), 771-772.

Singh, M. M., McGowan, C. B., Szafran, Z., & Pike, R. M. (2000). A comparative study of microscale and standard burets. *Journal of Chemical Education*, 77(5), 625-626.

Singh, M. M., Szafran, Z., & Pike, R. M. (1999). Microscale chemistry and green chemistry: Complementary pedagogies. *Journal of Chemical Education*, 76(12), 1684-1686.

Waterman, E. L., & Thompson, S. (1989). Microscale - the way of the future. A small solution to some big problems. *The Science Teacher*, 56(8), 28-31.