

# Small-Scale Chemistry를 활용한 과학 실험 수업이 고등학생의 과학성취도, 파지효과와 과학적 태도에 미치는 영향

윤진녀 · 문성배\*

부산대학교사범대학 부설고등학교 · 부산대학교

## The Effects of Experimental Learning Using Small-Scale Chemistry on Scientific Achievement, Durability and Scientific Attitude of High School Students

Yun, Jinnyeo · Moon, Seongbae\*

Pusan National University High School · Pusan National University

**Abstract:** The purpose of this study was to examine the effects of experimental learning using Small-Scale Chemistry (SSC) on science achievement and scientific attitude of high school students. SSC experiments were devised for 5 experiment themes of high school science textbook. Two classes were chosen from a high school in Busan and adopted into the comparison group and the experimental group; one group with thirty-four students participated in the class with an experimental learning using the SSC (experimental group), and another group with thirty-seven students participated in the class with the traditional learning (comparison group). The major discoveries of this study were as follows: Experimental learning using SSC has shown a significant difference between two groups in the science achievement of the students. Also there was a statistical difference between these two groups in the test which was conducted after a month to find out the durability of the experiment. Thus, the learning using SSC is assumed to be durable. Furthermore, there was a significant difference in scientific attitude between the two groups. It seemed that the learning using SSC had a good influence on forming students' scientific attitude. In conclusion, an experimental learning using SSC has a positive effect on scientific achievement, the durability and scientific attitude of the students. We hope to develop suitable and various experimental learning materials using the SSC program that can be adopted in the classroom soon.

**Key words:** Small-Scale Chemistry (SSC), scientific achievement, scientific attitude, durability

### I. 서론

오늘날의 사회는 빠르게 변화하고 있다. 따라서 지식의 유효기간도 짧아졌고, 현대의 학생들이 감당해야 할 지식의 양이 많아졌다. 과학기술 역시 하루가 다르게 변화, 발전함으로써 현대의 학생들에게 더 높은 차원의 이해력과 융통성을 요구하고 있다. 이러한 상황에 대처하며 살아가기 위해서 학생들에게는 과학적으로 사고하고 행동을 하려는 과학적 태도가 요구되고 있다 (Gogolin & Swartz, 1992). 과학적 태도는 유아기 시절부터 다양한 학습활동과 생활 속에서 형성되어지지만 그 중에서도 과학교육은 미래사회에 적용할 수 있

는 과학적 소양을 길러주는데 특별히 중요한 역할을 담당하고 있다고 할 수 있다. 과학적 소양의 신장은 과학 지식만을 가르치는 것으로 이루어지는 것이 아니다. 과학교육은 과학에 대한 총체적인 인식의 틀을 제공하는 한편, 과학적 사고와 연구에 대한 흥미를 함양시켜 과학적 태도를 증진시켜야 한다(권재술 등, 2002).

현재 우리나라 고등학교 과학교육과정의 운영은 지나치게 과학 지식만을 강조하고 있고, 이로 인해 과학에 흥미를 잃은 많은 학생들이 과학계열 진학을 꺼려할 정도이다. 실제로 2003년 수학·과학 성취도 국제 비교(TIMSS)에서 우리나라 학생들의 과학 학습 흥미도가 국제 평균에 비해 낮게 나타난 것은(한국교육과

\*고신저자: 문성배(sbmoon@pusan.ac.kr)

\*\*2007.02.12(접수) 2007.05.18(1심통과) 2007.07.06(2심통과) 2007.12.17(최종통과)

정평가원, 2004) 이러한 주장의 근거가 된다.

이렇게 볼 때, 현 교육계가 과학교육의 문제점에 대해 살펴보고 시정해야 함은 주지의 사실이다. 그리고 과학교육의 여러 가지 영역 중에서도 특별히 과학교육의 핵심이 되는 실험교육에 대해 고찰할 필요가 있다. 실험교육은 과학적 태도의 형성에 있어 중요한 영향을 줄 뿐만 아니라, 과학 수업의 흥미를 높이는 데 있어서도 특별한 기여를 할 수 있기 때문이다. 보통 학교에서는 주로 실험을 통해 탐구 학습이 이루어지는데 실험 수업에서 이루어지는 활동들이 효과적인 학습과 연계되고 흥미를 끌려면 주어진 대로 실험하기 보다는, 작은 규모에서 결과가 빨리 관찰되고 직접 실험을 통해 관찰을 하는 경험의 증대가 가능한 SSC 실험 또한 알맞을 것이다. 이러한 과학 학습에의 흥미는 필연적으로 성취도 향상으로 이어졌으리라 여긴다(유미현 등, 2006).

화학 실험 교육의 예를 들어보자. 사실상 현 교육 현장에서는 비싸거나 파손이 쉬운 실험기구로 인하여 적극적인 실험에 한계가 있고, 위험한 시약 및 큰 규모의 실험으로 인한 상해의 위험과 실험폐수의 양으로 인한 환경오염의 문제도 있기 때문에 여러 영역에서 실험 수업이 제한적으로 실시되고 있다. 또한 실험을 하면서 기본개념을 배워야 함에도 불구하고 실험과 이론을 분리하여 교육을 하고 있는 실정이다(IUPAC, 2000). 많은 교사가 실험의 필요성에 동의하면서도 실험에 적극적일 수 없는 아이러니가 비롯되는 것이다.

이와 같은 어려움을 극복하기 위해 나온 실험방법이 Small-Scale Chemistry(SSC)이다. 이 실험법은 콜로라도 주립대학의 톰슨(Stephen Thompson)교수가 1972년에 개발하여 현재 미국뿐만 아니라 세계 각지에 보급되고 있다. SSC에서는 기존의 큰 유리 실험기구 대신 값싸게 대량 생산되고 있는 플라스틱 기구를 사용하며 한두 방울 정도의 적은 시약을 사용함으로써 실험 경비를 대폭 절감하도록 한다. IUPAC와 UNESCO에서는 1997년부터 이러한 SSC 키트의 개발 및 보급에 노력하고, 'Microchemistry program'을 추진하여(Bradley, 1999; IUPAC, 2000) 화학교육의 활성화를 꾀하고 있다.

이 SSC를 우리 교육현장에 도입하고자 한다면 문제가 되는 것은 과연 이들이 효율적인 학습효과를 가지는가 하는 부분이 될 것이다. SSC를 활용한 수업을 초등학교 5학년에게 적용한 논문(심병주, 2005)에서 과학 탐구능력과 과학적 태도의 향상에 효과가 있음을 보고하였다. 그리고 서울의 고1 남학생들을 3인 1조로 구성하여, 일부 중단원에서만 적용한 연구(유미현 등,

2006)에서도 학업성취도 향상과 과학관련 정의적 영역에서 긍정적인 효과를 얻을 수 있었다.

본 연구에서는 첫째, 타 SSC 연구들과는 내용이 다른 검사도구를 사용하였고, 타 연구에서는 고1 SSC 실험들은 실험키트를 이용하였다. 그러나 본 연구에서는 기본적인 SSC 실험 기구를 여러 실험에서 두루 사용하고, 학생들에게 친숙한 생활 속의 재활용품을 최대한 활용하였다. 둘째, 통제하지 않았거나 통제하지 못한 변인이 학교현장에서는 피할 수 없으므로 그 변인들이 종속변수에 미친 효과를 통계적인 방법으로 조정할 수 있는 공변량분석(ANCOVA)방법을 적용하였다. 셋째, 연구대상이 지방의 여학생들이라는 점이 구체적인 하위범주의 결과에 어떤 차이가 있는가를 확인하였다. 넷째, 무엇보다 중요한 것은 SSC 실험수업이 학습효과에 미칠 수 있는 가장 큰 장점인, 1인 개별실험을 통해 책임감을 갖도록 하여 직접적인 발견의 과정을 경험시킨다. 그 후 조별 토의 및 교사와 협동하여 개념을 더 깊이 이해해나가는 방법으로 교실에서 이론수업과 함께 하고자 하는 Thompson 교수법을 고려하였다. 이에 본 연구에서는 이처럼 점차 확산되고 있는 SSC의 실질적인 효과를 다른 연구의 제한점을 두고 점검하여, 우리 교육의 현 상황에서 널리 도입함이 타당한가를 살펴보고자 하였다. 만약, 이들의 충분한 유효성이 인정된다면 고가의 예민한 실험 장비들에 대한 부담을 없애고 점차 SSC의 방법을 도입하는 것을 적극 권장할 수 있을 것이다. 본 연구의 특징은 다음과 같다.

첫째, 여기에서는 타 SSC 연구들과 다른 수업방법을 사용하였으며 본 연구에서 개발된 SSC 실험들은 다른 연구들과 다른 방법들이 적용되었다(윤진녀, 2004). 둘째, 고등학교 1학년 과학 교과서의 화학내용에 속하는 대단원 “Ⅲ. 물질”의 세 가지 중단원 모두에서 골고루 실험주제가 적용되었다. 셋째, SSC 실험은 반복 실험해보기가 용이하므로, 이빙하우스의 망각 이론을 바탕으로 학습효과를 설명한 내용(김영채 역, 1986)을 참고하여, 파지량을 전통적 실험수업과 비교해 보고자 하였다. 넷째, SSC 실험수업의 최대장점인 1인 개별실험을 이용하여 직접적인 발견을 유도한 후, 교사와 협동하여 개념을 확장해가는 Thompson의 교수법을 적용시켰다.

본 연구는 이상의 조건들을 적용하여 고등학교 교과서에 수록된 실험들을 SSC 실험으로 바꾸고, 실제 학생들의 실험에 적용한 바를 분석하였다. 특히 실험에 의한 학생들의 과학성취도 파지효과와 과학적 태도가 어떻게 변화하는지를 명시하여 SSC의 교육적 효과들을 인정하고 이의 필요성을 드러내고자 하였다.

## II. 연구내용 및 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 고등학생의 과학성취도와 과학에 대한 긍정적 태도의 함양에 SSC 실험수업이 어떠한 영향을 미치는가를 알아보기 위한 것으로 고등학교 현장에서 직접 시행되었다. 본 연구를 위해 부산광역시에 위치한 고등학교 1학년 여학생 2개 학급 71명을 연구 대상으로 선정하였으며, 임의로 각 학급을 실험집단(34명)과 비교집단(37명)으로 배치하였다.

연구대상이 지방의 여학생들이라는 점이 연구의 제한점이다.

### 2. 연구 설계 및 절차

본 연구의 목적을 달성하기 위하여 SSC를 활용한 과학 실험수업과 전통적 실험수업의 효과를 비교 분석하고자 하였다.

연구 설계는 통제 집단 사전 사후 검사 설계(pre-post test design with control group) 방식이며, 실험 집단에는 연구자가 고안한 SSC 실험을 투입하여 실험 처치하며, 통제 집단은 전통적인 실험 수업 방식으로 진행한다.

연구는 준비 단계를 거쳐 프로그램 개발 계획 단계, 설계 단계, 제작 단계, 현장 투입 활용 단계, 활용 결과 분석 및 검증 단계를 거치도록 한다. 투입 기간은 2004년도 10월 셋째 주부터 12월 셋째 주까지 약 2개월(8주) 간이며, 5차시까지 실제 수업 처치를 하고 6차시에 사후검사를 실시한 후, 10차시 제에 파지효과를 위한 검사를 실시하였다.

연구설계에 대한 절차는 Fig. 1과 같다.

### 3. 수업방법

SSC 교재는 대학교 일반화학용인 “CHEMTREK”(Thompson, 1989)과 고등학생용인 “Small-Scale Chemistry Laboratory Manual”(Waterman & Thompson,

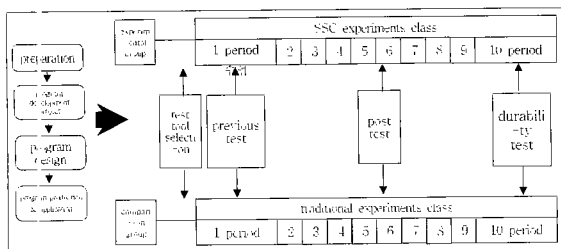


Fig. 1 Research procedures

1995)이 있다.

본 연구에서는 위 교재들을 참고로 하여 고등학교 과학교과서(교육인적자원부, 2002)에 나오는 실험들을 SSC 실험으로 바꾸었다(윤진녀, 2004). 다른 연구에서는 일부 중단원에서만 SSC 실험이 적용된 반면, 이 연구에서는 고등학교 1학년 과학 교과서의 화학내용에 속하는 대단원 “Ⅲ. 물질”의 세 가지 중단원 “전해질과 이온”, “산과 염기의 반응”, “반응 속도” 모두에서 골고루 실험주제가 적용되었다. 그리고 다른 연구에서는 실험키트를 이용했으나, 이 연구에서는 기본적인 SSC 실험 기구를 여러 실험에서 두루 사용하고, 학생들에게 친숙한 생활 속의 재활용품을 최대한 활용하였다. 5개의 실험을 교과과정에 의해 비교집단과 실험집단의 과학 수업에 적용한 후, 고등학교 학생들의 과학성취도, 파지효과와 과학적 태도에 어떤 영향을 주었는지 알아보려고 하였다. 비교집단은 고등학교 과학교과서(이문원 등, 2002)에 나오는 실험들을 교과서에 제시된 준비물과 실험 과정에 따라 실험하였다. 실시한 실험은 “음료수에 들어있는 이온 찾기”, “붉은 양배추 용액의 성질”, “중화반응과 열”, “온도에 따른 과산화수소의 분해반응”, “촉매가 반응 속도에 미치는 영향” 등 5차시였다. 다른 연구에서는 실험 시 조원 구성은 두 집단 모두 3인 1조를 기본으로 하여 수업을 하였다. 그러나 본 연구는 실험 시 비교집단은 4인 1조로 실험실에서 실험을 하고, 실험집단은 1인 개별실험 후 4인 조별 토의 방식을 통하여 교실에서 실험 수업을 진행하였다. 본 연구에 적용한 SSC 실험 주제와 특징은 다음과 같다.

#### 1) 이온의 확인

일상생활 속에서 쓰이는 파일 속지에 표가 그려진 실험보고서를 바로 끼워서 ss피펫으로 한 방울만 떨어뜨려 하는 실험이라 무척 경제적이고, 한 눈에 모든 양금 반응을 볼 수 있어 비교하기가 용이하다. 물은 표면장력이 크기 때문에 플라스틱에 한 방울 떨어지면 그 자체가 하나의 용기가 된다(Thompson, 1989)는 걸 이용하여 다양한 양금 생성반응을 알아볼 수도 있다. 물론 반응판 위를 면봉이나 티슈로 간단히 닦아내고 재실험이 가능하다.

#### 2) 붉은 양배추의 색깔 변화

다양한 식물을 거름종이에 짓누르며 그어서 각 용액들을 떨어뜨려 지시약에 의해 여러 용액의 색깔이 변하는 것을 간편하고 재미있게 관찰 및 비교할 수 있다. 8-well을 이용하여 미지 시료의 pH를 특별한 기구 없이 아주 짧은 시간 내에 알아낼 수 있다.

### 3) 중화반응에서의 온도변화

ss피펫으로 떨어뜨리는 각도를 일정하게 하고 일정한 힘으로 누르면 한 방울의 양이 같아지므로 정량적인 농도 조절까지도 가능하다. pH 시험지를 아주 작게 잘라 24-well에 넣어서 산, 염기의 양에 따른 색변화 차이도 한눈에 비교 가능하다. 디지털 온도계로 적은 양에서의 중화열을 측정할 수 있다. 교과서 실험에서 불가능했던 개별 실험이 가능하여 참여도가 높아질 수 있다.

### 4) 반응속도에 미치는 온도의 영향

ss피펫에 넣은 소량의 시약을 적은양의 얼음물과 실온의 물, 뜨거운 물을 담은 발효유 빈통에 담가 두었다가, 녹말용액이 든 24-well에 동시에 붓고 디지털 온도계를 꽂아 청자색이 나타날 때까지 시간을 측정한다. 친숙한 재활용품을 이용하여 실험함으로써 안전함을 느끼게 하고, 실험폐수가 적어 환경오염을 막는다.

### 5) 반응 속도에 미치는 촉매의 영향

96-well은 여러 가지 시료를 적은 양으로 비교해볼 수 있는데 매우 적합하다. 주변 생활용품인 스트로우를 사용하는 게 학생들의 흥미를 불러일으킬 수 있다. 부촉매인지 정촉매인지 여부와 발생하는 기체를 알아내면서 이론 수업도 동시에 가능하다.

## 4. 검사 도구

### 1) 사전·사후 과학성취도 검사지

사전 과학성취도 검사지는 고등학교 1학년 1학기에 학습한 과학내용의 이해정도를 알아보기 위한 객관식 25문항으로 본 연구자가 개발하여 작성하였다. 실험집단과 비교집단 모두 수업처치에 들어가기 전에 사전 과학성취도 검사를 실시하였다. 신뢰도를 분석하여 Cronbach's  $\alpha$  계수 0.799를 얻었다.

사후 과학성취도 검사지는 전통적 실험수업을 한 비교집단과 SSC 실험수업을 한 실험집단을 비교하여 과학 성취도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실험을 실시한 단원에서 객관식 25문항을 본 연구자가 개발하였다. 신뢰도를 분석하여 Cronbach's  $\alpha$  계수 0.819를 얻었다. 실험집단과 비교집단 모두 수업처치 직후에 사후 과학성취도 검사를 실시하였다. 검사지는 여러 차례 토의를 거쳐 수정, 보완한 후 과학교육 전공 교수 2명, 대학원 학생 및 연구자가 재직 중인 학교의 화학교사들로부터 받은 안면 타당도에 근거하여 그 타당성을

입증 받아 검사도구로 사용하였다.

### 2) 파지효과 검사지

사후 과학성취도 검사를 한지 1개월이 지나서 학습 내용의 지속 정도를 알아보기 위해서 실험을 실시한 단원에서 객관식 25문항을 본 연구자가 개발하였다. 검사지는 여러 차례 토의를 거쳐 수정, 보완한 후 과학교육 전공 교수 2명, 대학원 학생 및 연구자가 재직 중인 학교의 화학교사들로부터 받은 안면 타당도에 근거하여 그 타당성을 입증 받아 검사도구로 사용하였다. 본 연구 결과에서 실험집단과 비교집단 2개 학급 71명을 대상으로 파지효과와 신뢰도를 분석하여 Cronbach's  $\alpha$  계수 0.801을 얻었다.

### 3) 과학적 태도 검사지

학생들의 과학적 태도를 검사하기 위하여 인식, 흥미, 과학적 태도로 구성된 검사지(이영미, 1997)에서 과학적 태도에 관한 23문항만을 고등학생 수준에 맞게 수정, 보완하여 사용하였다. 수정한 검사 문항은 과학교육 전공 교수 2명, 대학원 학생 및 고교 화학교사들로부터 안면타당도를 검증 받았다. 이 연구에서 측정된 사전 과학적 태도의 신뢰도는 Cronbach's  $\alpha$  계수 0.805였으며 사후 과학적 태도의 신뢰도는 Cronbach's  $\alpha$  계수 0.755였다. 과학적 태도 검사지는 호기심, 개방성, 비판성, 협동성, 자진성, 끈기성, 창의성이라는 하위 요소로 구성되어 있다. 각 문항의 답은 1번 매우 그렇다, 2번 그렇다, 3번 잘 모르겠다, 4번 아니다, 5번 전혀 아니다로 되어 있다.

## 5. 자료 분석 및 처리 방법

실험 수업을 하기 전과 후로 나누어 과학성취도와 과학적 태도에 대한 검사를 실시하고, 그 결과를 비교, 분석하였다. 집단별로 평균, 표준편차를 알아보았다. 두 집단은 동질집단이 아니므로 사전검사 점수를 통제된 상태에서 통계적으로 유의미한지를 알아보기 위해서 공변량 분석을 실시하였다. 성취도 검사, 파지검사, 과학적 태도 검사에서 수집된 실험 집단과 비교 집단의 사전 검사 점수를 공변인으로 하고 사후 검사 점수에 대한 공변량 분석(ANCOVA)을 실시했다. 과학적 태도 검사 문항은 Likert 척도로 되어 있다. 부정적 질문은 각 번호를 점수로 하여 그 합을 구하되 긍정적 질문은 역으로 하여 계산하였다. 그러므로 과학적 태도 검사는 점수가 높을수록 바람직하다고 여겨진다. 자료 처리는 SPSS for Windows 11.0을 사용하였다.

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 과학성취도

처치 집단을 대상으로 실시한 과학성취도 검사 점수에 대하여 각 집단의 평균, 표준 편차는 Table 1과 같다. 사전검사에서는 두 집단의 평균이 비슷했으나, 사후검사의 결과는 실험집단이 평균 64.59로 비교집단의 평균 53.62에 비해 높았다. 이러한 결과가 사전검사 점수를 통제된 상태에서 통계적으로 유의미한지를 알아보기 위해서 공변량 분석을 실시하였다.

과학성취도 향상을 검증하기 위해 사전검사 점수를 공변인으로 하고 사후검사의 점수를 종속 변인으로 하여 공변량 분석을 실시한 결과는 Table 2과 같다.

실험집단과 통제집단은  $p < .05$  수준에서 통계적으로 의미 있는 차이를 보였다. 따라서 SSC를 활용한 과학 실험수업의 실시가 학생들의 과학성취도의 향상에 효과가 있음을 알 수 있다. 이는 SSC를 서울의 고1 남학생들에게 적용한 연구 결과와도 일치한다. “1인 개별실험으로 많은 학생들이 자신의 실험키트를 가지고 직접 실험을 할 수 있었고, 학생들은 스스로 실험을 수행하고 실험 결과를 해석하는 적극적인 경험으로 인해 학습효과가 높아진 것으로 해석할 수 있다. 이러한 해석은 SSC 실험 수업에 대한 장점에 대한 인식결과에서 ‘직접 실험할 수 있다는 것’을 장점으로 지정한 학생들이 많았을 뿐 아니라 ‘내가 키트를 가지고 직접 실험을

해보니까 다른 아이들이 하는 것을 지켜볼 때보다 학습 내용이 더 잘 이해된다.’, ‘교과서에서 봐도 이해가 잘 안되었는데 직접 실험을 해보니까 훨씬 이해가 잘 된다.’ 등의 학생들의 구체적인 응답 사례를 통해 더욱 설득력을 갖는다.”(유미현 등, 2006)라고 하였다. 특히 본 연구에서는 1인 개별 실험이므로 스스로가 실험의 주도자가 되어 문제를 해결하는 적극적인 경험을 쌓을 기회가 더 많고, 주변에서 접할 수 있는 재활용품 실험 기구에 의한 흥미유발, 실험기구의 위험요소의 최소화로 인한 친숙함 때문에 학생들에게 더 큰 효과가 나타난 것으로 여겨진다.

#### 2. 파지효과 검사

학습된 결과의 장기 기억 효과는 학습활동에서 매우 중요하다. 처치 1개월 후 학습내용의 지속되는 정도를 알아보기 위해서 개발한 검사지를 적용하여, 사전 성취도검사 점수와 처치 4주 후 성취도검사 점수의 집단 간 평균과 표준편차를 Table 3에 나타내었다.

사전 성취도 검사 결과에 비해, 처치 1개월 후에 실험집단의 평균( $M=70.71$ )이 비교집단의 평균( $M=57.08$ )과 차이가 더 크게 나타났다. 이러한 결과가 통계적으로 유의미한가를 알아보기 위하여 공변량 분석을 하였다.

파지효과를 검증하기 위하여 사전 성취도검사 점수를 공변인으로 하고, 처치가 끝나고 4주가 지난 후에

**Table 1**  
Means and standard deviations of the previous and post science achievement test between two groups

Source	Test time	Group	Number	Mean	Std. dev.
Science achievement	Previous	Comparison	37	64.84	17.32
		Experimental	34	64.97	15.90
	Post	Comparison	37	53.62	21.13
		Experimental	34	64.59	14.54

**Table 2**  
ANCOVA for difference between two groups on the post science achievement test using the previous science achievement test as covariates

Source of variation	Sum of squares	DF	Mean square	F	p
Covariates	4695.107	1	4695.107	17.386	.000
Between groups	2105.408	1	2105.408	7.796	.007
Error	18363.831	68	270.056		
Total	25189.859	70			

**Table 3**  
Comparison of durability between two groups by the means and standard deviations

Source	Test time	Group	Number	Mean	Std.dev
Science achievement	Previous	Comparison	37	64.84	17.32
		Experimental	34	64.97	15.90
	after a month	Comparison	37	57.08	22.40
		Experimental	34	70.71	14.29

**Table 4**  
ANCOVA for difference between two groups on the science achievement test carried after the measure in a month using the previous science achievement test as covariates

Source of variation	Sum of squares	DF	Mean square	F	p
Covariates	6043.072	1	6043.072	21.894	.000
Between groups	3253.168	1	3253.168	11.786	.001
Error	18768.744	68	276.011		
Total	28100.958	70			

실시한 성취도검사 점수를 종속변인으로 하여 공변량 분석을 실시한 결과는 Table 4에 나타내었다. 실험집단과 비교집단은 통계적으로 의미 있는 차이를 보였다( $p < .05$ ). 따라서 SSC 실험수업을 한 실험집단은 비교집단과 비교하여 과지효과가 있음을 알 수 있다. SSC 수업은 종전의 실험수업 방법과 달리, 간편하게 재실험을 할 수 있으며, 실제로 짧은 시간동안 소량의 시약으로 반복 실험을 해볼 수 있다. 그러므로 에빙하우스의 망각 이론을 바탕으로 학습효과를 설명한 내용(김영채 역, 1986)을 보더라도 기억에 효과적인 것이 사실이다. 연구 결과는 이러한 기억력의 증대를 뒷받침하고 있다. 즉, SSC 실험수업을 학교 현장에 도입하면 학습내용의 장기기억에 효과가 있다는 것이다.

3. 과학적 태도 검사

1) 집단 간 사전, 사후 과학적 태도 비교

실험집단과 비교집단 사이에 SSC를 활용한 과학 실험수업의 실시로 인하여 과학적 태도에서 차이가 있는지를 알아보기 위하여 수업 전, 후에 실시한 검사에 대한 평균과 표준편차를 Table 5에 나타내었다.

사전검사에서는 두 집단 사이에 평균 점수의 차이가 거의 없었으나 사후검사에서는 실험집단( $M=80.56$ )이 비교집단( $M=76.73$ ) 보다 높게 나타났다. 이러한 결과가 사전검사 점수를 통제된 상태에서 통계적으로 의미 있는가를 알아보기 위하여 공변량 분석을 하였다.

Table 5  
Means and standard deviations of the scientific attitude test between two groups

Source	Test time	Group	Number	Mean	Std.dev.
Scientific attitude	Previous	Comparison	37	76.38	7.79
		Experimental	34	76.00	7.14
	Post	Comparison	37	76.73	11.84
		Experimental	34	80.56	6.26

Table 6  
ANCOVA for difference between two groups on the post scientific attitude test using the previous scientific attitude test as covariates

Source of variation	Sum of squares	DF	Mean square	F	p
Covariates	2158.188	1	2158.188	35.063	.000
Between groups	299.362	1	299.362	4.864	.031
Error	4185.492	68	61.551		
Total	6603.465	70			

과학적 태도 향상을 검증하기 위하여 사전검사 점수를 공변인으로 하고, 사후검사의 점수를 종속 변인으로 하여 공변량 분석을 실시한 결과는 Table 6과 같다. 실험집단과 비교집단은 통계적으로 의미 있는 차이를 보였다( $p < .05$ ). 따라서 SSC 실험수업을 한 실험집단은 비교집단에 비해 과학적 태도 면에서 긍정적인 것으로 여겨진다. SSC 실험을 한 고3학생들(윤진녀 등, 2007)에게서도 볼 수 있듯이 태도 관찰결과, 다루기 어렵고 깨지기 쉬운 기구에 위한 시약을 많은 양 사용하던 전통적 실험수업과는 달리, 깨지지 않는 작은 기구로서 한두 방울의 시약을 사용하기에 느끼는 안전감과 주변에서 흔히 접할 수 있는 기구들에서 느끼는 친숙함이 적극적인 실험수업 참여를 유도하였으리라 본다. 학습자의 능동적인 참여가 필요하고(장상호, 1994), 학습자를 중심으로 한 수업이 자기 주도적 학습 태도 형성에 더 효과적이라는 선행연구(송명석, 2001)에서처럼 학생들에게 이러한 영향을 주었으리라 여겨진다. 사실 우리 교육과정에서 제시되고 있는 과학실험들은 학생들이 받아들이기에 다소 복잡하고 이해하기 어려운 실험들도 많은 것 같다. 교수 방법을 바꾼다면 학생들은 과학적 태도가 달라질 것이며 결국에는 우리의 미래발전의 변화에 큰 영향을 미칠 것이다.

2) 과학적 태도의 하위범주 비교

SSC를 활용한 과학 실험수업이 집단간에 과학적 태도의 하위범주에 미치는 영향이 있는지를 알아보았다. 사전검사 점수를 공변인으로 하고, 사후검사의 점수를 종속 변인으로 하여 공변량 분석을 실시한 결과는 Table 7과 같다.

집단 사이에서 사전, 사후 비교해본 결과 Table 7과 같이 실험집단과 비교집단은 끈기성에서 유의미하게 차이가 났다( $p < .05$ ). 이것은 실험집단의 학생들이 SSC를 활용한 과학 실험수업을 받은 후 과학적 태도의 하위범주인 끈기성 면에서 비교집단 보다는 바람직한 변화를 나타낸 것으로 볼 수 있다. 서울의 고1 남학생들에게 적용한 연구결과는 개방성, 협동성, 창의성에서 유의미하게 나타났다고 보고되었으나(유미현 등, 2006), 부산의 고1 여학생들에게 적용한 연구 결과는 전혀 다른 결과를 보여주었다. SSC 실험을 하는 학생들의 태도 관찰결과, 여학생들은 새로운 도구 사용법에 대해 번거로움을 느낄 뿐만 아니라 처음 보는 기구에 대한 미숙함이 창의성을 발휘하는 데 방해가 되었고, 1인 개별실험을 하면서 협동성이 증가하지는 못했던 것 같다. 또 기존의 Large Scale 실험의 극적인 효과가 오히려 과

**Table 7***Result in subcategory of scientific attitudes test between two groups*

Source	Group	Previous		Post		Adjusted Means	ANCOVA	
		Mean	Std.dev.	Mean	Std.dev.		F	p
curiosity	Comparison(n=37)	8.78	1.974	8.35	2.251	8.41	1.350	.249
	Experimental(n=34)	9.03	1.915	8.00	1.518			
openness	Comparison(n=37)	7.32	1.510	6.76	1.964	6.68	.001	.974
	Experimental(n=34)	6.88	1.297	6.62	1.393			
critical thinking	Comparison(n=37)	8.62	1.441	8.43	1.692	8.48	.124	.726
	Experimental(n=34)	8.82	1.314	8.65	1.178			
cooperation	Comparison(n=37)	6.86	1.475	7.16	2.007	7.00	1.479	.228
	Experimental(n=34)	6.26	1.189	6.38	1.206			
self-participation	Comparison(n=37)	11.84	1.573	11.76	1.906	11.79	.322	.572
	Experimental(n=34)	12.03	1.660	11.62	1.393			
persistence	Comparison(n=37)	11.06	1.774	9.88	1.365	9.96	26.908	.000*
	Experimental(n=34)	11.51	1.938	12.03	1.965			
ingenuity	Comparison(n=37)	8.30	1.746	8.08	2.060	8.19	.884	.350
	Experimental(n=34)	8.71	1.947	7.94	1.774			

학적 사고를 긍정적으로 변화시키고 호기심을 더욱 자극할 수도 있음을 일면 엿볼 수 있다. 그러나 다양한 실험의 기회를 제공하고 재실험이 가능한 SSC 실험들을 수행하는 실험집단의 여학생들은 자신의 실험 결과가 친구들과 다르면 끈기 있게 실험을 반복하여 결과를 확인하고 의문점을 해결해 나가는 긍정적인 과학적 태도를 보여주었다고 짐작된다.

#### IV. 결론 및 제언

본 연구는 SSC를 활용한 과학 실험수업이 고등학생의 과학성취도와 과학적 태도에 어떠한 영향을 주는지를 알아보고자 실시되었으며 연구를 통해 나타난 결과와 그에 따라 도출한 결론은 다음과 같다.

1. 집단 간 사전, 사후 과학성취도를 비교한 결과 고등학생들에게서는 SSC를 활용한 과학 실험수업을 실시한 실험집단이 전통적 실험을 실시한 비교집단에 비해 사후 과학성취도 점수가 높은 것으로 나타났다. 즉  $p < .05$  수준에서 통계적으로 의미 있는 차이를 보였다.

2. 집단 간 파지효과 면에서 실험집단과 비교집단은 통계적으로 의미 있는 차이를 보인 것으로 보아( $p < .05$ ) 전통적 실험보다 SCC 실험에 의한 장기기억 효과가 높다. 즉 집단 간 장기 기억 효과를 비교해 본 결과 고등학생들에게서는 실험집단이 비교집단에 비해 학습내용 지속정도가 높은 것으로 나타났다.

3. 과학적 태도 향상을 검증하기 위하여 사전검사 점수를 공변인으로 하고, 사후검사의 점수를 종속 변인으로

로 하여 공변량 분석을 실시한 결과, 실험집단과 비교집단은 통계적으로 의미 있는 차이를 보였다( $p < .05$ ). 과학적 태도 면에서 전통적 실험보다 SCC 실험을 통해 형성된 과학적 태도가 더 긍정적임을 알 수 있다. 과학적 태도의 하위범주 비교를 위해 서울의 고1 남학생들에게 적용한 연구결과는 개방성, 협동성, 창의성에서 유의미하게 나타났다고 보고되었으나(유미현 등, 2006), 부산의 고1 여학생들에게 적용한 연구 결과는 끈기성 면에서 비교집단 보다는 바람직한 변화를 나타낸 것으로 볼 수 있다.

이상의 결론을 통해 SSC를 활용한 과학 실험수업은 고등학교 학생들의 과학성취도, 파지효과와 과학적 태도에 있어 전반적으로 더 바람직한 영향을 준다는 것을 확인할 수 있다.

전술한 바와 같이 효율적이면서도 부담없는 실험을 위해서는 학생들이 가까이 접할 수 있는 친숙한 실험 기구들이 필요하다(박종윤 외 역, 2005). 과학은 어렵고 하기 싫은 과목이라는 인식이 팽배해 있어(한국교육과정평가원, 2004), 특히 이러한 필요성은 설득력을 얻는다. 사실 우리교육과정에서 제시되고 있는 과학실험들은 나름대로 간단한 것들도 많으나 학생들이 받아들이기에는 다소 복잡하고 어려운 것도 많다. 이 때 효과적으로 교수방법을 바꾼다면 단기적으로는 과학적 태도에 변화를 줄 것이고 장기적으로는 우리의 과학발전에 큰 영향을 미칠 것이다(박국태, 2005). 그러므로 좀 더 간편화 되고 일반화 될 수 있는 과학실험법에 대한 연구가 절실하다.

그런 측면에서 볼 때, SSC 실험은 적절한 실험법으로 사료된다. SSC 실험이 우리나라 과학 수업에 적용된다면 학생 개개인이 직접 실험을 해 볼 수 있으므로 수업 참여도가 높아지게 되고 자신이 수행한 실험 결과를 다른 친구들과 비교하고 토론하는 기회를 가질 수 있는 등 교육현장의 현실적 어려움이 상당히 해소되리라 여겨진다. 즉, 전통적 수업에서 상위 수준의 학생들에게만 능동적 과학 학습 참여 효과가 나타나던 것과는(김정훈, 2005) 달리, 학생들 전반에 능동적인 자기 주도적 학습 태도가 정착될 가능성이 높다는 것이다(송명석, 2001). 개별실험의 가능, 주변에서 접할 수 있는 실험기구에 의한 흥미유발, 실험기구의 친숙함은 과학학습을 부담스러워하던 학생들에게 긍정적인 효과를 줄 것으로 기대된다.

그러므로 본 연구는 부산시 소재 고등학교 1학년 여학생들을 대상으로 하였으나, 앞으로는 다른 학년 학생들에게 적용할 수 있는 SSC 실험을 종합적으로 개발할 것을 권한다. 이상의 연구에 근거하여 봤을 때, 다양한 능력 집단의 학생들에게 적용할 수 있는 수준별 SSC 실험 방법을 통해 과학 수업 전반의 혁신적인 변화가 일어날 것은 주지의 사실이기 때문이다.

마지막으로 좀 더 넓은 시각에서 볼 때, SCC실험의 효과는 교육자들이 과학교육방법을 달리할 때 학생의 과학적 태도가 변화할 수 있다는 가능성을 제시한다. 그러므로 과학교사들은 좀 더 많은 실험을 쉽게 제시하고자 하는 노력으로 학생들의 이해도 향상에 기여할 필요가 있다는 것이다. 그리하여 SSC 실험과 같이 교과과정에 잘 접목되는 쉽고 의미 있는 실험을 체계적으로 연구, 보급함으로써 학생들의 과학 수업에 대한 긍정적인 효과를 높이는 계기가 되기를 또한 기대하는 바이다.

## 국문 요약

본 연구의 목적은 SSC를 활용한 과학 실험수업이 고등학생의 과학성취도와 과학적 태도에 주는 효과를 알아보는 데 있다. 이 연구를 위해 몇 가지 SSC 실험들이 고등학교 과학 교과서의 5가지 실험 주제에 대하여 고안되었다. 부산에 있는 고등학교의 두 학급을 선정하여 비교집단과 실험집단으로 배치하였다. 34명으로 구성된 실험집단은 SSC를 활용한 과학 실험수업에 참가하였고, 37명으로 이루어진 비교집단은 전통적 실험수업에 참여하였다. 이 연구의 주요 시사점은 다음과 같다. 첫째, SSC를 활용한 과학 실험수업은 과학성취

도 면에서 두 집단 간에 통계적으로 유의미한 차이를 갖게 한다. SSC를 활용한 과학 실험수업은 파지효과가 있다. 둘째, SCC를 활용한 과학 실험수업은 과학적 태도 면에서 두 집단 간에 통계적으로 유의미한 차이를 갖게 한다. SSC를 활용한 학습은 학생들의 과학적 태도 형성에 좋은 영향을 준다. 결론적으로 SSC를 활용한 과학 실험수업은 학생들의 과학성취도와 과학적 태도에 긍정적인 영향을 미치므로 적극 개발하여 현 교실에 적용할 필요가 충분하다는 것이다. 이에 앞으로 학교 현장에 바로 투입될 수 있을 만큼 적합하고 다양한 SSC를 활용한 자료가 개발되는 것은 물론, 실제 적용되어 현 수업의 질 향상에 영향을 줄 수 있기를 기대한다.

## 참고 문헌

- 교육인적자원부(2002). 고등학교 9종 과학 교과서. 권재술, 김법기, 우중옥, 정완호, 최병순, 정진우(2002). 과학교육론. 서울: 교육과학사.
- 김영채 역(1985). 학습심리학. 서울: 박영사.
- 김정훈(2005). 고등학교 화학수업에서 구조화된 동료 교수활동이 자기 주도적 학습능력 과 과학적 태도에 미치는 영향. 한국교원대학교 석사학위 논문.
- 박구태(2005). 고등학교 과학 교과서에 제시된 화학 반응속도 측정을 위한 기본적인 실험의 분석 및 개선. 한국과학교육학회지, 49(1) 105-111.
- 박중운 외 21명 역(2005). Small-Scale Chemistry 중등 화학 실험서. 경기도: 자유아카데미.
- 송명석(2001). 학습자 중심의 수업이 영어 학업 성취도와 자기 주도적 학습 태도에 미치는 효과. 한국영어어문교육학회지, 7(1), 89-111.
- 심병주(2005). 물질지도에서 Small-Scale Chemistry(SSC)를 적용한 초등과학수업의 효과. 서울교육대학교 석사학위 논문.
- 유미현, 윤희숙, 홍훈기(2006). Small-Scale Chemistry(SSC)를 적용한 고등학교 과학 수업의 효과. 대한화학회지, 50(3), 256-262.
- 윤진녀(2004). Small Scale Chemistry 실험의 적용에 관한 연구. 제50회 전국 과학전람회 작품설명서. 국립중앙과학관.
- 윤진녀, 이지화, 문성배(2007). Small-Scale Science를 활용한 과학 실험수업이 중3 학생들의 과학에 관련된 태도와 과학적 태도에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 27(1), 1-8.
- 이문원, 노대회, 채광표, 전성용, 정대영, 허성일, 최병수, 박희송, 김출배, 김진호, 권석민, 강석진, 김진만, 김규상(2002). 고등학교 1학년 과학. 서울: 금성출판사.
- 이영미(1997). 초등학교 고학년 학생들의 과학과 관



련된 정의적 특성 평가도구 개발. 한국교원대학교 석사 학위 논문.

장상호(1994). Polanyi: 인격적 지식의 확장. 서울: 교육과학사.

한국교육과정평가원(2004). 수학·과학 성취도 추이 변화 국제 비교 연구. 한국교육과정평가원 연구자료 ORM 2004.

Bradley, J. D.(1999). Experiences de Microchimie: Manuel del 'Enseignant. UNESCO/IUPAC-CTC., Magister Press: Moscow.

Gogolin, L. & Swartz, F.(1992). A Quantitative and Qualitative Inquiry into the Attitudes toward Science of Nonscience College Students, Journal of Research in Science Teaching, 29(5), 487-504.

IUPAC.(2000). Report of the Education Strategy Development Committee, 8.

Thompson, S.(1989). Chemtek, Prentice-Hall: New Jersey.

Waterman, E. L. & Thompson, S.(1995). Small-Scale Chemistry Laboratory Manual. New York: Addison-Wesley.