

탐구 화학 실험을 통한 고등학교 학생들의 과학 성취도 향상에 관한 연구

홍춘표* · 김용연
공주대학교 화학교육과
(2002. 8. 29 접수)

A Study on the Effect of Science Achievement Faculties Improvements in High School Inquiry Chemistry Experiments

Choonpyo Hong* and Yongyeon Kim

Department of Chemistry Education, Kongju National University, Kongju 314-701, Korea

(Received August 29, 2002)

요 약. 이 연구에서는 탐구화학실험을 통해 고등학교 학생들의 과학 성취도 향상정도를 논리적 사고력, 과학탐구 기능, 실험 태도, 수공적 기능, 탐구과정 기능 등의 측면에서 조사하였다. 이를 위해 수도권 소재의 남녀 고등학교 2개 교의 5개조 150명을 대상으로 하여 논리적 사고력, 과학탐구기능의 지필평가와 탐구과정 기능의 보고서평가, 실험 태도, 수공적 기능의 실험관찰 평가를 통하여 자료를 수집하였다. 연구 결과에 의하면 학생들의 탐구과정기능과 실험 태도, 수공적 기능은 전반적으로 매우 낮은 수준으로 조사되었으나 탐구과정 기능을 제외 한 나머지의 측면에서는 유의 미한 향상을 보였다. 또한 탐구화학실험이 지속적으로 수행될 때 학습자의 과학 성취도가 향상됨을 알 수 있었다.

주제어: 과학 성취도, 수공적 기능, 실험 태도, 탐구과정 기능, 탐구화학 실험

ABSTRACT. In this study, the effects of science achievement faculties improvements upon students' logical thinking, science inquiry skills, experiment attitudes, manipulated skills and inquiry process skills were investigated in high school inquiry chemistry experiments. For this purpose, the participants were 150 students taking the course of high school chemistry class in Anyang-city. Logical thinking and science inquiry skills' data were collected from written tests, inquiry process skills' data were collected from reports and experiment attitudes and manipulated skills' data were collected from classroom observations. As the results of this study, students' inquiry process skills, experiment attitudes and manipulative skills were very low. But other parts except inquiry process skills were significantly increased. And the science achievement of students were improved when continuously inquiry chemistry experiment were applied to students.

Keywords: Science Achievement Faculty, Manipulated Skills, Experiment Attitude, Inquiry Process Skills, Inquiry Chemistry Experiments

서 론

연구의 목적과 필요성. 과학은 인간이 자연의 사물과 현상에 대해 이해하고 설명하며 조정하려는 활동으로 사물, 과정, 상황 등의 3가지 핵심적 구조로 구성된다 고 한다.¹ 또한 과학의 본질로서 Abruscato는 과학적 방

법과 탐구활동을 포함하는 방법으로서의 과학과 과학 적 사실, 개념 법칙 또는 원리, 이론 가설 등의 구성요 소로 이루어져 있는 과학지식으로서의 과학, 태도와 흥미 등의 정의적 영역에 해당되는 과학자의 가치관과 태 도로서의 과학 등 3가지 영역으로 분류하고 있다.²

이러한 과학의 성격을 강조하기 위해 현재 우리 나라

에서는 제6차 과학과 교육과정의 기본 방향에 '지적·정의적·행동적 발달의 여러 특성을 균형 있게 발달시킬 수 있는 학습 내용을 선정·조직한다'는 내용을 포함하고 있으며, 이를 실현하기 위해 교육과정 상에 그 내용을 지식과 탐구활동으로 나누고 공동과학을 탐구 중심의 필수 과목으로 설정하여 대학수학능력 시험도 탐구능력 향상에 인자적인 목표를 두고 학습자의 지적·정의적·행동적인 모든 영역을 종합적으로 배양하도록 하고 있다.³¹

그러나 이러한 교육과정에서의 과학교육 목표에도 불구하고 이제까지의 실태조사 연구를 보면 대부분의 학교에서 학습자의 탐구능력 배양을 위한 실험실습을 제대로 실시하지 않고 있고, 한 학기에 한 번 내지 두 번 정도의 실험으로 그치고, 실시하는 실험도 대부분 확인 실험에 불과하다고 보고하고 있으며, 특히 가장 문제점으로 지적되는 점은 현재 우리 나라에서 제6차 교육과정에 의해 편성된 약 26종의 고등학교 공동과학과 화학 I, II 교과서의 내용에 편성된(탐구)실험 내용이 학습자의 탐구능력의 향상과 예비 과학자로서의 태도 등 종합적 과학 성취도의 향상을 기하기 어려운 단순 실험 위주의 내용으로 구성되어 있다는 것이다.³² 또한 이러한 실험에 대한 평가는 본질적으로 교육목표에 바탕을 두지 이루어져야 객관적이고 타당한 평가라고 말할 수 있으므로, 과학학습 지도의 성과를 평가하기 위해서는 실험실습 평가를 통해서 학습자의 과학지식에 대한 이해도 뿐만 아니라 탐구능력과 과학적 태도 등이 골고루 평가되어야 한다.³³ 그러나 최근의 조사 연구에 의하면 실제 학교 현장에서는 이와 같은 실험실습의 평가가 제대로 이루어지지 않고 있다고 보고되고 있으며 또한 실험실습의 평가도 실험 후에 일괄적으로 시행하고 있으며, 실험과정에 대한 평가는 거의 하지 않는다고 보고되고 있다.³⁴

교육부가 수행한 고등학교 과학교육의 실태 분석과 진흥방안 및 점검체제 연구에서는 고등학교 과학학습 지도활동에 대한 설문조사를 통해 실험지도, 실험평가 등에서 심각한 문제점을 지적하고 있다.³⁵ 최병순 등은 고등학교 화학실험에서의 실험실습과 실험평가에 대한 조사 연구에서 실험평가가 제대로 이루어지지 않고 있으며, 실험평가를 해도 실험과정에 대한 평가가 아닌 실험 결과만을 평가하는 형식적인 수준을 벗어나지 못하고 있음을 지적하였다.³⁶ 이런 문제점을 극복하기 위해 남정희는 실험 보고서에서 탐구과정기능을 강조할

수 있도록 그 형식을 제안하고, 보고서에 대한 평가들을 '문제인식 및 가설설정, 실험설계 및 실험절차의 고안, 자료수집, 자료변환 및 자료해석, 가설검증 및 결론 도출, 실험과정 평가' 등 6단계로 나누어 제시하였다.³⁷

이 연구에서는 고등학교 학생들을 대상으로 10개의 동일주제에 대한 탐구화학 실험과 교과서 중심 실험, 이론 중심 수업을 도입, 적용하고 각 수업에 대한 학습자의 과학적 성취도 향상 정도를 논리적 사고력, 과학 탐구기능, 탐구과정 기능의 '지식'으로서의 과학'과 수공적 기능의 '방법'으로서의 과학', 실험 태도의 '가치관'과 태도로서의 과학' 등의 측면에서 비교 분석하였다.

선행연구의 고찰. Robinson, Tamir 등, Comber 등, Ben-Zvi 등, Baxter 등, Al Busaidi 등, Greig 등에 의하면 실험평가에 의한 수행력과 지필 평가에 의한 수행력 사이에는 상관관계가 적다는 연구가 많이 진행되었다.^{14,16} Baxter 등의 연구 결과에 의하면, 관찰과 보고서의 두 영역에 대한 실험평가와 지필평가 간의 상관관계는 0.46으로 조사되어 과학 성취도 측면에서 실험평가와 지필평가가 서로 다른 측면을 평가하고 있다고 말할 수 있다.¹¹

또한, APU를 통해서 같은 기능으로 보이는 내용을 평가할 때에도 지필평가의 성취도와 실험평가에 의한 성취도의 결과가 다른 것으로 나타났다.¹⁷

Meng와 Doran은 지필평가는 사실, 용어와 같은 특정 내용에 대한 지식의 평가에는 적절하나, 지식의 응용력 평가에는 부적절하다고 하였다.¹⁸ 그리고 실험평가나 관찰에 의한 평가가 지식의 응용과 탐구과정기능을 평가하는데 적절하다고 하였다. 따라서 Greig 등은 실험평가에서는 학습자가 스스로 실험을 계획·수행하고 결과를 기록하지만 지필평가는 다른 사람이 수행한 실험 계획이나, 결과, 결론을 평가하므로 지필평가와 실험평가로 측정된 학습자의 능력 사이에는 유의미한 차이를 보여 학습자의 과학 성취도 평가는 지필 평가와 실험평가가 모두 이루어져야 한다고 주장하였다.¹⁶

최병순 등과 우종욱 등, 강심원 등의 연구에 따르면 인지수준과 탐구과정기능은 유의미한 상관관계가 있으며, 인지수준이 높을수록 탐구능력과 과학성취도는 높아진다고 말할 수 있다.^{19,21} 김승화와 Tobin 등의 연구 결과에 따르면 인지수준은 탐구과정기능에 영향을 준다.²³ Tobin 등은 인지수준과 탐구과정 기능사이의 상관계수가 $r=0.6$ 임을 밝히고, 형식적 조직기에 도달하지 못한 학습자가 통합적 탐구과정기능을 학습하기에는 상당한 어려움이 있으며, 형식적 사고 논리는 과학 탐구

과정 기능의 학습에 영향을 줄 수 있다고 하였다.²³ 소원주 등은 GALI와 IIPSI를 이용하여 논리적 사고력과 탐구 과정기능 사이의 상관관계를 조사하였는데, 중학생을 대상으로 한 소원주 등의 연구에서는 상관계수가 0.65($p < 0.01$)로 나타나 비교적 높은 상관관계에 있음을 밝혔다.²⁴ Jacobson과 Doran은 미국의 5학년과 9학년 학생들 중 많은 학생들이 실험에 대한 경험을 가지고 있기는 하였으나, 복잡한 탐구과정기능인 분석, 해석, 설명 등은 잘 하지 못한다고 밝혔다. 그리고 실험을 하는 것뿐만 아니라, 실험을 해석, 분석, 설명하는 고차원적 기능의 학습에 더 많은 시간과 노력을 투자해야 한다고 하였다.²⁵

남정희는 실험보고서에서 평가할 수 있는 탐구과정기능을 6단계로 제시하고, 이에 관한 일반적인 평가의 관점과 척도를 제안하였다.²⁶ 남정희가 제시한 탐구과정기능의 6단계는 '문제인식 및 가설설정 → 실험설계 → 자료수집 → 자료변환 및 자료해석 → 결론도출 → 평가'이다. 이주연은²⁶ 남정희의 일반적인 평가 관점과 척도를 바탕으로 강순희²⁷ 등이 개발한 탐구지향적 일반화학 실험 프로그램 중에서 5개의 실험주제에 대한 보고서 평가의 구체적 평가틀을 개발하였다. 민혜영은 SISS에서 사용한 실험과정 기능검사 문항을 수정·보완한 3가지 과제의 실험을 이용하여 순환 실험 형식으로 수행하여 이를 보고서 평가한 결과, 인지수준이 발달함에 따라 탐구과정기능의 전체 점수와 하위 기능인 계획, 수행, 추론의 성취도가 모두 통계적으로 유의미한 향상을 하는 것으로 나타났다.²⁸

연구방법 및 절차

연구대상. 이 연구는 남녀 고등학교 2개교 2학년 중 과학 반과 클럽활동 반 학생들을 대상으로 하여, 각 교에서 과학반 25명, 클럽활동 반 50명의 75명씩 150명이었으며, 이들을 고등학교 입학 성적, IQ, 공동과학(1학년) 성적, 과학탐구능력 검사(TSIS), 논리적 사고력 검사(GALI) 등의 사전 검사를 통해 각 그룹별 30명, 5개 그룹으로 세분화하고, 다시 그룹 내에서 3명을 1조로 하여 10개조를 한 그룹으로 편성하고 한 학기동안 실험 반 학생과 비교 반 학생으로 구분한 다음 2명의 지도교사가 동시에 입장하여 각 그룹별로 실험을 적용하였다.

실험설계. 이 연구에서 사용한 실험설계는 동질동제 집단에 대한 적용전, 적용중간, 적용 후 검사설계(equivalent

control group pretest, midtermtest and posttest design)로 첫째 그룹(R_1)은 동일한 10개 주제의 교과서에 의존한 전통적 실험을 수행하면서 중간검사와 사후검사를 실시하였으며, 둘째 그룹(R_2)은 5개 주제의 교과서에 의존한 전통적 실험을 수행하고 중간검사를 한 다음 5개의 탐구화학실험을 수행하고 사후검사를 하였다. 또한, 셋째 그룹(R_3)은 동일한 10개 주제의 탐구화학실험을 수행하면서 중간검사와 사후검사를 하였으며 넷째(R_4)와 다섯째 그룹(R_5)은 동일 주제의 5차시 이론중심 수업 후 중간검사를 실시한 다음 각각 5개 주제의 탐구화학실험과 교과서에 의존한 전통적 실험을 수행하고 사후검사를 실시하였다.

따라서 이 연구에서는 각 그룹 간에 실험처치 된 동질집단에서 각 실험의 적용중간과 후에 그룹 간 과학성취도의 차이가 나타날 것을 목표로 실험결과를 비교·분석하였다.

실험자료. 이 연구에서 연구 대상 학생들의 논리적 사고력, 탐구능력, 탐구과정기능과, 과학태도, 수공적 기능 등의 과학 성취도 향상 정도를 비교 분석하기 위해 실험군에 적용한 실험 자료로는 강순희²⁷ 등이 개발한 탐구적 일반화학 실험서의 내용 중 '실험 1. 기본적인 실험조차 기능 익히기' 등의 10개의 탐구화학실험 주제를 선정하여 고등학교 과정에 맞게 수정하였으며, 비교군에 적용한 실험 자료로는 '단원 1. 용액의 농도' 등의 탐구화학 실험과 동일한 10개 주제에 대한 이론중심 수업을 진행하는 그룹과 제6차 교육과정의 고등학교 공동과학 교과서 7종, 화학 I 교과서 11종, 화학 II 교과서 8종에서 '실험 1. 중화적정' 등의 동일 주제의 교과서 실험을 선정하여 각 그룹별로 실험 및 수업을 수행한 후 결과를 그룹으로 나누어 비교·분석하였다. 탐구화학실험 내용은 교사의 시범실험을 통한 '관찰 및 탐색 단계', 실험에 필요한 이론과 과학 지식을 학습자에게 전달하는 '개념 도입단계', 학습자 스스로 실험을 통해 과제를 해결하는 '개념 응용 및 평가단계'의 3단계로 구성되었고 이해면, 수공적 기능면, 태도면의 학습목표에 맞춰 보고서 평가와 관찰평가를 각 평가항목에 맞게 병행하였다. 또한, 각 탐구화학 실험은 우선 2시간용으로 사용하도록 구성(실험 9는 4시간용, 2차시 분하였)으며, 내용이 너무 길 경우에는 그 내용을 시간에 맞게 줄여 사용하였다. 실험보고서에 대한 평가는 시범실험 후 문제만 제시되는 비 구조화된 형태를 취했으며, 학습자는 제시된 문제에 대해서 시범실험을 참고하여 스

스로 실험의 모든 내용을 이끌어내야 한다. 실험보고서에서는 문제인식 및 가설설정, 실험설계 및 실험절차의 고안, 자료수집, 자료변환 및 자료해석, 가설검증 및 결론도출, 실험과정 평가의 6단계 탐구과정기능을 거치도록 하였다. 따라서 매 실험에 대하여 이러한 탐구과정기능이 계속 반복되게 된다.

탐구화학실험은 학습자의 탐구능력을 향상시킬 수 있도록 안내된 탐구 형태로 진행하고, 실험 내용은 유의하면서도 흥미 유망이 잘 될 수 있도록 가능한 한 생활 주변 소재를 이용하고, 중등학교 과학교과 내용을 고려하면서 구성되어 있다.

교과서 중심의 전통적 실험 수업은 실험의 목적, 준비물, 실험과정 및 관찰 등의 내용이 교사가 미리 준비한 실험보고서에 기재되어 있고 학습자는 실험보고서의 내용을 그대로 따라 하면서 실험 결과를 작성하여 제출하는 형식으로 실험에 필요한 이론 및 실험과정, 보고서의 작성 방법 등 실험에 필요한 거의 모든 사항이 이미 제시되어 있어 능동적이지보다, 수동적인 입장에서 실험수업 하는 형태로 역시 시간은 탐구화학 실험과 같은 각 실험 당 2시간씩 편성하여 운영하였다.

또한, 이론 중심의 수업은 교사의 주도하에 탐구화학 실험과 동일한 주제의 내용에 대하여 중등학교 교과서의 내용을 중심으로 재구성하여 학생들에게 각 단원간 2차시의 설명식 수업을 진행하였다.

검사도구. 논리적 사고력 측정의 검사도구로는 1982년 미국의 Georgia 대학의 Roadrangka, Yamy, Padilla가 개발한 Long version의 GALT(Group Assessment of Logical Thinking)와 이를 최영준 등이 번역한 논리적 사고력검사지(Short version)를 사용하였다.²⁹ 이 검사도구의 신뢰도(Cronbach α)는 0.85이고, 타당도는 0.80이다. 이 연구에서는 탐구실험과 전통실험, 이론수업의 각 그룹에 대해 사전 검사로 12문항의 short version을, 중간 검사와 사후 검사로 21문항의 long version을 사용한 후 논리적 사고력의 향상정도를 각 그룹 간 인지수준별로 비교·분석하였다.

또한, 탐구능력의 향상 정도를 평가하기 위한 측정도구로는 이종기가 개발한 과학 탐구 기능 검사지(TSIS)를 사용하였다.³⁰ 과학 탐구 기능 검사지(Test of Science Inquiry Skills)는 12개 요소 3문항씩 총 36문항으로 구성되어있고 신뢰도(KR-20) 0.86, 측정의 표준오차 2.45, 평균 변별도 0.46, 평균 난이도 0.59이다. 이 연구에서는 동일 검사지를 사전, 중간, 사후에 걸쳐 총 3회 사용

하여 탐구화학실험과 교과서에 의존한 전통실험, 이론 중심 수업의 각 그룹 간 탐구능력 향상정도를 비교·분석하였다.

교과서 중심의 전통실험과 탐구화학실험에 대한 실험 태도평가는 김양현이 3단계 척도, 4개 항목으로 개발한 개인별 실험태도 평가를 위한 구체적인 채점 준거를 5개 항목(토론 시 참여도, 실험 수행 시 참여도, 주의사항 지키기, 정리정돈, 미지 문제에 대한 질문), 3단계 척도로 세분화하여 구성하고, 교과서 중심의 전통적 실험과 탐구화학 실험에 공동적으로 포함된 실험 태도 항목에 대해 조별로 관찰 평가한 후 합산하여 그룹별로 평균을 비교·분석하였으니 평가자간 일치도는 0.86이었다.³¹

수공적 기능의 평가에서는 학습자가 수공적 기능 면에 대한 학습 목표를 제대로 달성했는지를 관찰을 통해 점검하는 것을 기준으로 리커트 척도(Likert Scale)의 3단계 점수화로 채점 준거를 개발하고 교과서 중심의 전통적 실험과 탐구화학 실험에 공동적으로 포함된 수공적 기능 항목에 대한 향상정도를 비교·분석하였으니 평가자간 일치도는 0.82였다.

탐구화학실험에 대한 탐구과정 기능을 평가하기 위한 평가 도구로는 남정희가 개발한 '보고서 평가의 일반적인 평가의 관점 및 척도'를 바탕으로 10개의 실험 중 '실험 1. 기본적인 실험조작 기능 익히기를 제외한 9개의 탐구화학실험에 대해 구체적 평가틀을 개발하였다. 9개의 탐구화학실험 중에서 '실험 2. 액체나 고체의 밀도는 어떻게 측정하나?'를 비롯한 6개의 실험에 대한 구체적인 평가틀은 차은경이³² 개발해 놓은 것을 이 연구의 내용에 맞게 수정·보완하여 사용하였고, '실험 8. 일상 생활에서의 산성 혹은 염기성 물질의 pH측정 및 산-염기 적정법'을 비롯한 나머지 3개의 실험에 대한 평가틀은 이 연구의 목적에 맞춰 개발하여 사용하였으며 평가자간 일치도는 0.89였다.

연구 결과 및 분석

논리적 사고력의 향상정도 분석. 연구 대상 학생들의 인지수준은 득점 평균값이 48.5%로 나타나 과도기에 있는 것으로 볼 수 있으나 각 인지수준별로 살펴보면 전체 학생 중 47.3%의 학생이 구체적 조작기에 있는 것으로 조사되었다. 이는 연구대상 학생들이 입시 비평준화 지역의 중 하위권 학교의 학생들을 대상으로 한

결과로 판단된다. 각 그룹 간 인지발달단계에 해당하는 인원의 구성비율을 비교해 보면 교과서에 의존한 전통적 실험이나 이론중심 수업 위주의 R1나 R5그룹에서는 '구체적 조작기: 과도기: 형식적 조작기'의 인원비율이 사전검사에서 모두 53.3, 16.7, 30.0%였으나 중간검사에서 R1은 50.0, 20.0, 30.0%와 R5는 50.0, 16.7, 33.3%로 사후검사에서 R1은 46.7, 20.0, 33.3%와 R5는 50.0, 16.7, 33.3%로 크게 향상되지 않는데 비해 탐구화학실험이 투입된 R2나 R3, R4 그룹에서는 '구체적 조작기: 과도기: 형식적 조작기'의 인원비율이 사전검사에서 50.0, 16.7, 33.3%와 50.0, 20.0, 30.0%, 53.3, 16.7, 30.0%로 조사되었고, 중간검사에서 R2는 36.7, 23.3, 40.0%와 R3, R4는 46.7, 23.3, 30.0%, 50.0, 16.7, 33.3%로, 사후검사에서 R2는 33.3, 23.3, 43.4%와 R3, R4는 40.0, 26.7, 33.3%, 46.7, 16.6, 36.7%로 조사되어 Table 1 ($r=.88, p<.05, S.D.=2.42$)과 Table 2($r=.85, p<.05, S.D.=2.49$)에 각 그룹 간 인원의 구성비(%) 변화 추이를 나타낸 바와 같이 구체적 조작기에서 과도기로, 과도기에서 형식적 조작기로의 논리적 사고력의 향상정도가 두드러짐을 알 수 있다. 또한, 이 결과를 짐수로 비교해 보면 탐구화학 실험만을 수행한 R3 그룹에 대한 중간검사와 사후검사의 전체 학생 평균점수는 52.5%로 조사되었고, 교과서에 의존한 전통적 실험만을 수행한 R1 그룹과 전통적 실험과 이론 중심 수업을 수행한 R5 그룹에 대한 중간검사와 사후검사의 전체 학생 평균 점수는 이 47.9%, 54.7%로 조사되어 각각 4.6%와 4.9%의 평균점수 차이를 나타내었다.

따라서 탐구화학실험을 통한 학습자의 인지능력 향상정도를 비교해본 결과 이 실험은 유의미함($p<.05$)을 알 수 있다(Table 1, Table 2).

Table 1. Improvement(%) of Cognitive level between Pretest and Midterm-test

Cognition level	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅
Concrete	-3.3	-3.3	-13.3	-3.3	-3.3
Transitional	3.3	3.3	6.6	0	3.3
Formal	0	0	6.7	3.3	0

Table 2. Improvement(%) of Cognitive level between Pretest and Post-test

Cognition level	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅
Concrete	-6.6	-10.0	-16.7	-6.6	-3.3
Transitional	3.3	6.7	6.7	0	0
Formal	3.3	3.3	10.0	6.6	3.3

Table 3. Results(%) of TSIS

Test	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	Mean
Pre	55.0	55.8	54.7	55.0	55.6	55.2
Midterm	55.3	55.6	56.9	55.0	55.3	55.6
Post	55.6	57.2	59.7	56.9	55.8	57.1

탐구력 지필검사의 결과 분석. 연구대상 학생들의 탐구력 지필검사(TSIS)에서 교과서에 의존한 전통적 실험과 이론중심 수업의 R1과 R5 그룹에서는 사전검사에 대한 중간검사와 사후검사의 TSIS의 향상 정도가 R1은 0.3%와 0.6%, R5는 -0.3%와 0.2%로 매우 낮게 나타나 탐구능력의 향상이 매우 적었는데 반해, 탐구화학 실험을 수행한 R3 그룹에서는 중간검사에서 2.2%, 사후검사에서 5.0%의 높은 향상 정도를 나타내는데 것으로 조사되었다. 또한 후반기 5개 주제에 대해서만 탐구화학 실험을 수행한 R2와 R4 그룹에서의 중간검사와 사후검사의 TSIS의 향상 정도는 R2에서 -0.2%와 1.4%로, R4에서 0%와 1.9%의 향상으로 탐구화학 실험을 수행한 후반기에서만 향상된 것으로 조사되어 탐구실험을 통한 학습자의 인지능력의 향상 정도는 Table 3($r=.86, p<.05, S.D.=4.20$)에 나타낸 바와 같이 유의미($p<.05$)하다는 것을 알 수 있다(Table 3).

탐구과정 기능의 향상정도 분석. 탐구과정기능의 평가에서 학습자는 제시된 문제에 대해서 시범실험을 참고하여 스스로 실험의 모든 내용을 이끌어내야 한다. 실험보고서 작성의 단계는 문제인식 및 가설설정, 실험설계 및 실험절차의 고안, 자료수집, 자료변환 및 자료해석, 가설검증 및 결론도출, 실험과정 평가의 6단계 탐구과정 기능으로 각 단계마다 10점 만점으로 한 개의 실험 주제에 대하여 개인별 60점 만점으로 평정한 후 조별, 그룹별로 총점과 평균을 계산한 다음 100분위 점수로 환산하여 Table 4에 제시하였다. 이 연구에서는 9개의 주제에 대하여 전반기와 후반기 모두 탐구화학 실험만을 수행하는 그룹(R3)에만 실험적용하고 학습자의 인지수준별 탐구과정기능의 향상정도도 비교·분석하였다. 탐구과정 기능의 평가는 전반적으로 10~30%대의 매우 낮은 수준이었으며, 구체적 조작기: 과도기: 형식적 조작기의 탐구화학 실험에 대한 평균 점수 비율이 24.7:26.0:28.1%로 나타나 형식적 조작기의 학생이 구체적 조작기나 과도기의 학생보다 탐구수행 능력이 다소 우수한 것으로 조사되었으나 유의미하지는 않은 것으로 나타났다. 이는 탐구과정 기능이 과학에서

Table 4. Results(%) of science process skills to cognitive levels

	Generating Problems	Design of Experiments	Data Collection	Data Transition	Drawing Conclusion	Evaluation	Mean
Concrete	23.3	28.5	31.8	30.3	21.9	12.2	24.7
Transitional	25.2	30.2	32.9	30.9	23.9	12.6	26.0
Formal	28.7	32.5	34.2	32.6	26.1	14.6	28.1
Mean	25.7	30.4	33.0	31.3	24.0	13.1	26.3

매우 중요한 요소로 지속적으로 강조되어 왔지만, 초등 학교와 중등학교에서 실험 중심보다는 지식 위주의 주입식 교육과 학습자가 주도적 입장에서 실험을 수행하기 보다는 교사의 계획과 통제에 따라 단순한 실험과정을 수동적 입장에서 수행한 결과로 생각된다. 또한, 탐구과정 중 문제인식 및 가설설정(25.7%), 가설검증 및 결론도출(24.0%), 실험과정 평가(13.1%) 등의 항목의 성취도가 특히 낮았으며, 이에 비해 실험설계 및 실험 절차의 고안(30.4%), 자료수집(33.0%), 자료변환 및 자료해석(31.3%) 항목의 성취도는 상대적으로 다소 높은 것으로 조사되어 학생들이 하위 위계보다 상위 위계의 탐구과정 기능이 특히 부족한 것으로 나타났다. 또한, 이번 연구를 통하여 흥미로웠던 점은 연구 대상 학생들이 실험의 종류에 따라 과학적 성취도가 다소 다르다는 것이었다. 학생들은 개념의 어려움과 과제의 진속도에 따라 자신의 능력을 다르게 발휘하는 경향이 있었는데 과제와 선점과 조직의 순서에 있어서 이에 대한 고려가 있어야 할 것으로 판단된다.

과학 태도 평가의 결과 분석. 실험에 임하는 연구대상 학생들의 과학태도 평가 결과는 전반적으로 30~40% 내의 매우 낮은 수준으로 나타났다.

또한 Table 5($r=.80$, $p<.05$, $S.D.=8.72$)에서 보는 바와 같이 탐구화학 실험을 수행한 그룹(R_2)의 과학태도 평가 결과는 43.9%로 조사되었고, 교과서에 의존한 전통적 실험을 수행한 그룹(R_1)의 과학태도 평가 결과는 33.2%로 나타나 두 그룹 간 점수차이는 평균 10.7%로 유의미한($p<.05$) 차이를 나타내었으며, 전반기는 전통적 실험을 수행하고 후반기에는 탐구화학 실험을 수행한 그룹(R_2)의 전반기와 후반기의 점수는 각각 31.3%와 41.7%로 조사되어 10.4%의 매우 큰 차이를 보이는

Table 5. Results(%) of Scientific Attitudes

Experiments	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5
Traditional	33.2	31.3	-	-	32.5
Inquiry	-	41.7	43.9	39.0	-

Table 6. Results(%) of Manipulative Skills

Experiments	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5
Traditional	38.1	35.2	-	-	33.4
Inquiry	-	44.4	48.6	48.4	-

것으로 보아 탐구화학 실험은 전통적 실험보다 과학 태도 면에서 유의미함을 알 수 있었다. 이상의 결과를 종합해 볼 때, 탐구화학 실험을 수행하는 그룹의 학생들이 교과서의 내용에 의존하는 전통적 실험을 수행하는 학생들보다 보다 능동적으로 실험에 참여하였다는 사실을 알 수 있었다.

수공적 기능 평가의 결과 분석. 수공적 기능의 평가 결과도 과학 태도 평가의 결과 분석과 같이 전반적으로 30~40% 내의 낮은 수준으로 나타났다. 또한 Table 6($r=.82$, $p<.05$, $S.D.=11.33$)에서 보는 바와 같이 탐구화학 실험을 수행한 그룹(R_2)의 수공적 기능의 평가 결과는 48.6%로 조사되었고, 교과서에 의존한 전통적 실험을 수행한 그룹(R_1)의 수공적 기능의 평가 결과는 38.1%로 나타나 두 그룹 간 점수차이는 평균 10.5%로 유의미한($p<.05$) 차이를 나타내었으며, 전반기는 전통적 실험을 수행하고 후반기에는 탐구화학 실험을 수행한 그룹(R_2)의 전반기와 후반기의 점수는 각각 35.2%와 44.4%로 조사되어 9.8%의 큰 차이를 보이는 것으로 보아 탐구화학 실험은 전통적 실험보다 수공적 기능면에서 유의미함을 알 수 있었다. 또한, 전통적 실험과 탐구화학 실험을 수행한 그룹 간의 점수 차이는 약 10% 정도로 탐구화학 실험을 수행한 그룹이 더 높아 탐구화학 실험은 학생들의 수공적 기능을 향상시키는 한 요인으로 판단된다고 할 수 있다.

결론 및 제언

이 연구의 대상 학생들은 고등학교 2학년 학생들로 인지발달 단계상 형식적 수준에 있을 것으로 예상되지만 조사결과에 의하면 주로 구체적 조작기 수준에 있는

것으로 나타났으며 탐구실험을 통한 인지능력의 향상 정도는 인지수준이 높은 학생일수록 유의미한 향상을 보이는 것으로 조사되었다. 탐구력 시필 검사의 결과를 보면 전체적으로 전반기보다는 후반기의 성취도가 높게 나타났으며 반기 이상이라도 탐구실험을 수행한 실험반에서 향상정도가 유의미하게 나타난 것으로 보아 탐구실험은 전통적 실험이나 이론수업보다 학습자의 탐구능력을 향상시키는 요인이라고 볼 수 있었다. 또한, 시간적으로 보면 반기보다는 한학기 시간을 적용할 때 과학성취도 향상정도가 큰 것으로 보아 단기간보다는 최소한 한 학기 이상의 장기간에 걸쳐 지속적으로 수행될 때 효과가 있음을 알 수 있었다. 과학태도 평가나 수공적 기능의 평가에서는 전반적으로 매우 낮은 수준으로 나타났으며 전통실험보다는 시범실험이나 조별실험을 적용한 탐구실험에서 다소 향상된 것으로 조사되었다. 또한, 탐구과정 기능에 대한 평가 결과 성취도는 전반적으로 매우 낮은 수준으로 나타났으며 인지수준에 따른 학생들의 탐구수행 능력도 유의미한 차이를 보이지 않는 것으로 조사되었다. 이 결과를 평가항목별로 세분화해보면 탐구과정 기능 중 다소 하위위계에 속하는 '실험절제 및 실험절차의 고안', '자료수집', '자료변환 및 자료해석' 항목보다는 좀더 상위 위계에 속하는 '문제 인식 및 가설설정', '가설검증 및 결론도출', '실험과정에 대한 평가' 항목의 탐구과정 기능이 특히 부족한 것으로 나타났다.

현대에는 통합적이고 창의적인 문제 해결력을 요구되고 있으며, 특히 인지적인 측면의 통찰력이 강조되고 있다. 그러나 단편적인 과학 지식을 우선적으로 강조하는 현 과학 교육의 틀로는 이와 같은 시대적 요청에 부응하기에 한계가 있으며, 이에 학습자의 종합적인 과학 성취도 향상을 위해 새로운 기준의 수업형태와 평가의 틀을 적용해 보는 것은 의미 있는 일이라고 할 수 있다. 또한, 일선 학교 현장에서는 이 연구에 사용된 평가 항목을 그대로 적용하지 말고 학교 현장이나 학습자 등의 특성을 고려하여 난위 현장의 실정에 맞게 응용하여 사용할 것을 제안한다.

또한, 교과시에 제시된 전통적 실험이나, 이론수업에서도 시범실험이나 영상자료의 제시 등 다양한 형태의 간접 및 직접탐구를 통하여 학습자의 종합적 사고력과 탐구능력을 배양하는 학습형태의 다양화 및 각 학습 형태에 맞는 평가에 대한 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

인 용 문 헌

1. ASF. *Science Teachers' Handbook*. Hutchinson, London, U. K. 1986.
2. Abruscato, J. *Teaching children science*. Englewood Cliffs, N. J. Prentice-Hall, Inc. 1982.
3. 문수환, 이동길, 이형기, 김경호, 김주훈, 문관호, 이규식, 이병홍, 최돈형 *고등학교 과학과 교육과정 해설*, 대한교과서(주), 서울, 1995, 34-37.
4. 국립 교육 평가원, 대학 수학능력시험 실험평가 문제집, 1992.
5. Jeong, K. S.; Heo, M. *J. Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.* 1993, 13(2), 146-151.
6. Choi, B. S.; Kim, D. C.; Nam, J. H. *Chem. Educ.* 1993, 20(1), 17-20.
7. Nam, J. H. *The Construction of Assessment of Students' Skills in Chemistry Experiment*. Ph. D. Dissertation, Korea National University of Education, 1996.
8. 교육부, *고등학교 과학교육의 실태 분석과 진흥 방안 및 점검 체제 연구*, 1986.
9. Choi, B. S.; Nam, J. H. *Chem. Educ.* 1995, 23(13), 136-143.
10. Robinson, J. *American Biology Teacher*. 1969, 31(3), 236-240.
11. Timir, P.; Glassman, F. A. *Journal of Research in Science Teaching*. 1971, 8(4), 307-315.
12. Comber, J.; Keeves, J. P. *Science education in nineteen countries*. John Wiley and Sons, New York, 1973.
13. Ben-Zvi, R.; Hofstein, A.; Samuel, D.; Kempa, R. *Journal of Research in Science Teaching*. 1977, 14(5), 433-439.
14. Baxter, G. P.; Glodman, S. R.; Pine, J. *Journal of Educational Measurement*. 1992, 29, 1-18.
15. Al Busaidi, R. S.; Allsop, R. T.; Lock, R. J. *International Journal of Science Education*. 1992, 14(3), 319-330.
16. Greig, J.; Wise, N.; Lomark, M. *Annual meeting of the American educational research association*, New Orleans, 1994, 368-793.
17. Lazarowitz, R.; Tamir, P. *Handbook of research on science teaching and learning*, Macmillan Publishing Company, New York, 1993.
18. Meng, F.; Doran, R. *The Science Teacher*. 1990, 28(1), 42-45.
19. Choi, B. S.; Heo, M. *J. Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.* 1987, 7(1), 19-32.
20. Woo, J. O.; Kim, J. I. *J. Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.* 1993, 13(2), 296-307.
21. Kang, S. W.; Woo, J. O. *J. Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.* 1995, 15(4), 404-416.
22. Kim, S. W. *A Study of Causal Relationship on Science Process Skills and Students' Characteristics by Cova-*

- riance Structural Analysis*, Ph. D. Dissertation, Korea National University of Education, **1996**.
23. Tobin, K. G.; Capie, W. *Journal of Research in Science Teaching*, **1982**, *19*(2), 113-121.
 24. So, W. J.; Woo, J. O. *J. Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.*, **1994**, *14*(3), 312-320.
 25. Jacobson, W. J.; Doran, R. *Teachers Collage*, Columbia University, New York, **1991**.
 26. Lee, J. Y. *A Study on Development of Special Assessment Criteria and Scale For the Inquiry-Oriented General Chemistry Laboratory Report*, M. Ed. Thesis, Ewha Womans University, **1997**.
 27. 강순희, 박종윤, 최병순 우수 과학교사 양성을 위한 탐구식 일반화학 실험서 개발, 교육부, 1996.
 28. Min, H. Y. *Analysis of the Relationship between Cognitive Levels and Achievement of Science Process Skills by Practical Assessment*, M. Ed. Thesis, Korea National University of Education, **1997**.
 29. Choi, Y. J.; Choi, B. S.; Lee, W. S. *J. Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.*, **1985**, *7*(1), 19-32.
 30. Lee, J. K. *The Development of a Test of Science Inquiry Skills for High School Students*, M. Ed. Thesis, Korea National University of Education, **1988**.
 31. Kim, Y. Y. *The Development of Rubrics for the Inquiry-Based Experiments of General Chemistry*, M. Ed. Thesis, Ewha Womans University, **1999**.
 32. Cha, E. K. *Improvement of Science Process Skills According to the Cognitive Levels of Students in General Chemistry Experiments*, M. Ed. Thesis, Korea National University of Education, **1999**.
-