

문제해결형 일반화학 실험에서 나타나는 대학생의 반응유형

임희영 · 강성주*

한국교원대학교 화학교육과

Undergraduates' Response Pattern on the Problem-Solving-Type General Chemistry Laboratory

Hee-Young Lim · Seong-Joo Kang*

Korea National University of Education, Department of Chemistry Education

Abstract: The purpose of this study was to investigate undergraduates' characteristics of problem-solving process through analysis of the response patterns on problem-solving laboratory. For this purpose, 18 freshmen taking a problem-solving-type general chemistry laboratory had been interviewed for the analysis of the characteristics of problem-solving process. According to the results, the students' responses have been classified into five types; trying to solve problems using new factors, trying to solve problems by finding missing factors in manual, recognizing problem-situations but just repeating the given process, not recognizing problem-situations but trying to solve doubts generated during execution, satisfying about results, and taking no further action. These results can be used as materials to suggest the role model of the students' laboratory execution and to look back on each students' execution.

Key words: problem-solving laboratory, response pattern, undergraduate

I. 서 론

과학과 교육과정의 중요한 목표 중에 하나는 현상을 과학적으로 탐구하고, 실생활 문제해결에 이를 활용하는 능력을 기르는 것이다. 이것은 과학적 소양과 관련된 목표로, NRC(1996)에서는 일상 경험에 대한 호기심으로부터 발생한 문제에 대한 해답을 찾거나 조사할 수 있는 능력으로 정의하고 있다. 특히 과학교육에 있어서 문제해결은 학습을 촉진시키는 수단이자 학습목표이므로 학생들의 과학 문제해결 과정을 이해하는 것은 매우 중요하다고 볼 수 있으며(홍미영과 박윤배, 1994), AAAS(1989)은 문제해결능력을 학생들에게 경험적인 활동을 통해 제공되고 갖춰야 할 목표임을 제시하고 있다. 이러한 경험적인 활동 중 실험은 과학적 연구의 한 가지 수단이며(Tobin, 1990; Hofstein & Lunetta, 2004), 탐구능력을 향상시키기 위해서 학생들이 직접 과학의 과정을 경험해 볼 수 있으므로, 매우 중요한 활동으로 볼 수 있다.

실험활동을 통한 문제해결 활동의 중요성은 여러

연구에서 드러나고 있다. Hofstein(1988)은 실험수업과 학생의 과학학습 효과를 단순히 관련짓는 데는 실패했지만, 실험이 문제해결력 함양에 도움이 됨을 이야기하고, 국내에서는 양일호 등(2006)의 연구에서 과학자, 과학교육 전문가, 초등교사, 중등교사를 대상으로 실험활동의 목적에 관하여 질문한 결과 과학 지식에 대한 이해, 과학탐구능력 향상과 함께 과학적 문제해결능력을 중요한 목적으로 이야기하고 있었으며, 실험목적에 대하여 1963년부터 최근까지 국내·외의 문헌을 고찰한 결과, 인지적, 정의적인 측면과 더불어 문제해결능력의 개발을 중요목적으로 제시하고 있다(양일호와 조현준, 2005).

이러한 문제해결을 실제로 적용한 실험활동의 효과 역시 국내연구뿐만 아니라 국외에서도 끊임없이 진행되고 있다. 국내에서는 문제해결을 적용한 실험활동을 개발하고 적용함으로써 창의성 신장에 도움을 줄 수 있으며(이은경과 강성주 2008, 조연순과 최경희, 2000; 정현철 등, 2002; 강호감 등, 2001; 윤덕근 등 2004), 국외에서도 마찬가지로 실험활동이 문제해결

*교신저자: 강성주(sjkang@knue.ac.kr)

**2009.01.14(접수) 2009.02.19(1심통과) 2009.03.06(2심통과) 2009.03.11(최종통과)

***이 논문은 2008년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R01-2008-000-20619-0).

에 긍정적으로 영향을 미치고(Roth, 1994; Kampourakis & Tsaparlis, 2003; Staer *et al.*, 1998), Chang과 Weng(2002)은 학생들의 탐구능력이 창의적 문제해결과 높은 상관관계가 있음을 밝혔다.

그러나 문제해결을 적용한 실험과 관련한 기존의 연구들은 주로 이러한 실험의 효과의 측면에 집중하고 있었으며(조연순과 최경희, 2000; 정현철 등, 2002; Roth, 1994; Kampourakis & Tsaparlis, 2003; Staer *et al.*, 1998; Chang & Weng, 2002), 효과적인 실험의 적용을 위해서는 학생의 인식이나 반응에 대한 이해가 중요함에도 불구하고, 그러한 연구는 부족함을 알 수 있었다(Hofstein & Lunetta, 2004). 중등학교나 초등과학교육에서 인식하는 실험 활동의 목적에 있어 문제해결력에 대한 인식은 부족함을 찾아 볼 수 있었고(양일호 등, 2006a, 2006b), 실험 뿐 아니라 수업현장에서도 창의적 문제해결력 증진을 위한 활동은 거의 일어나지 않고 있었다(최경희 등, 1998). 대학 수준에서도 실험실에 적용되는 프로그램에 대한 특징을 분석하고 유형화하는 연구(Domin, 1999)와 전통적인 실험에서 새로운 방향의 실험을 비교하는 연구(McGarvey, 2004)가 보고되었으나, 문제해결력에 대한 인식 연구는 거의 없는 실정이다. Dunbar(2000)는 과학자들의 예상하지 못한 결과에 대한 인식을 '방법적인 문제', '알 수 없는 원인', '실수', '새로운 메커니즘' 등으로 구분하였다.

위의 연구들과 같이 실험에 있어 문제해결력이 중요한 목표이고, 문제해결을 위해 효과적인 실험활동 자료가 있음에도 불구하고, 수업현장에서의 그러한 활동이나 인식이 부족한 이유는 무엇인가(Blosser, 1988; Germann *et al.*, 1996; 김영신 등, 2006; 김희경과 송진웅, 2003).

이러한 어려움이나 문제점을 극복하기 위해 필요한 것은 비단 교수-학습 자료의 개발뿐만이 아닐 것이다. Hofstein와 Lunetta(2004)는 이러한 어려움을 극복하기 위해 교사가 실험을 진행하는 동안 학생이 느끼는 인식이나 반응에 대하여 민감하게 지각하고 있어야 한다고 이야기하고 있다. 이러한 교사의 지각은 효과적으로 실험학습이 진행되게 하는 전략을 마련할 수 있는 자료가 될 수 있을 것이다.

이 연구에서는 탐구적인 실험활동을 위한 문제해결을 강조한 일반화학 실험을 통하여 학생들이 과학자

의 실험 과정, 즉 실험에서의 문제를 해결하는 과정을 경험하게 하고, 실험을 진행하는 동안의 학생들의 생각과 행동에 대하여 연구하고자 한다. 이러한 연구를 통하여 문제 상황에 대한 학생들의 반응을 살펴보고 새로운 방법을 탐색하는 즉, 문제해결력을 보이는 학생의 특성을 파악하여 문제해결을 위한 전략을 제시할 수 있을 것이다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

충북에 위치한 H대학교 화학교육과 1학년 학생 중 일반화학실험을 수강하는 학생 18명에게 문제 해결형 탐구실험을 적용하여 관찰하고, 인터뷰를 실시하였다. 연구대상 학생들은 남자 9명, 여자 9명으로 구성되었고, 타대학에서 실험수업을 수강한 적이 있는 학생(S10)과 지역 대학교에서 주최하는 실험 대회에 참가한 적이 있는 학생(S1)을 제외한 다른 학생들은 모두 고등학교교육과정 내의 실험만을 경험하였다.

문제해결형 탐구실험은 한 학기 동안 진행되었으며, 이 연구에서 분석 대상인 '공기 중의 산소량 측정 실험'은 학기 초에 실시되었다. 그리고, 실험진행은 개별실험으로 이루어졌으나 주변 학생들과 토론이나 상호작용은 활발히 일어날 수 있도록 하였다. 실험 도중 연구자는 주로 관찰자이자 자유스러운 분위기에서 실험이 진행되도록 유도하는 역할이었으며, 실험조교, 지도교수는 단지 사용하는 실험기구나 실험재료, 주어진 실험과정에 대한 질문에만 답하고, 더 이상의 관여는 이루어지지 않았다. 인터뷰 프로토콜은 2006학년도 문제해결형 일반화학실험 수강자 중 문제를 해결한 학생 2명과, 문제를 해결하지 못한 학생 2명을 대상으로 예비 인터뷰를 실시하여 내용을 수정·보완하였다.

2. 문제해결형 탐구실험

과학자가 경험하는 탐구과정을 모방하여 실험 수행에 한계에 부딪히는 문제를 인식하고 해결책을 찾기 위해 학생 스스로 가설설정, 실험 설계 등의 과정을 수행하도록 구성된 문제해결형 실험은 문제해결 과정을 탐구를 통해 경험하게 하고, 새로운 실험방법으로

문제를 해결해 나가도록 구성한 실험이다. Bodner와 Herron(2002)은 문제해결은 ‘무엇을 해야 될지 모르는 상황에서, 무엇인가를 수행하는 것(What you do, when you don't know what to do)’으로 정의하였으며, 이러한 상황이 실험 과정에서 발생하는 것을 문제해결형 탐구실험으로 간주하였다.

1) 문제해결형 탐구실험에서의 문제 상황

이 연구에서의 문제 상황은 Dunbar(2000)의 연구에서 이야기하는 과학적 발견을 이끌어 낼 수 있는 예상하지 못했던 결과가 발생하는 상황이다. Dunbar(1993)는 만약 이러한 상황이 발생하였을 때, 원인을 발견하는 데에 목표를 두어야 한다고 하였으며, 과학자의 문제 해결 과정은 이러한 예상하지 못했던 결과의 출현에 초점을 맞추고, 그 문제 상황을 해결하기 위해, 실험을 재설정하는데, 비록 그것이 중요하지 않은 변화라 할지라도 실험 과정의 변화가 발견의 출발점이 될 수 있다고 하였다. 따라서 이 연구에서는 학생들에게 이러한 예상하지 못했던 결과가 발생하는 상황을 문제 상황으로 제공하여 과학자의 과정을 바탕으로 새로운 실험방법을 통한 문제해결에 초점을 두고자 하였다.

2) 실험내용 및 방법

이 연구에서 사용한 문제해결형 탐구실험은 이화정과 강성주(2005)가 개발한 실험을 참고로 하였으며, 인터뷰가 진행된 ‘공기 중의 산소량 측정’ 실험은 여러 문제해결형 탐구실험 중 다른 실험들과 비교하여 문제 상황이 명확히 드러나는 실험이었다. 따라서 이

연구에서는 ‘공기 중의 산소량 측정 실험’을 통해 문제 상황에서 나타나는 학생들의 다양한 반응을 유형화하고자 하였다.

인터뷰가 실시되기 이전 문제해결형 탐구실험 중 간단한 실험인 ‘콜라밀도 실험’을 실시하여 실험 시간과 실험 기구, 실험 방법을 수정하거나 새로운 실험 방법에 대하여 허용되어 있음을 인지하도록 하고 지속적으로 새로운 실험방법이 진행될 수 있도록 자극하여 모든 학생이 실험방법을 수정하는 경험하도록 하였다.

‘공기 중의 산소량 측정’ 실험에 대한 간략한 내용과 문제 상황, 문제해결 방법은 표 1과 같다.

‘공기 중의 산소량 측정’ 실험은 과정이 특별히 제시되지 않도록 구성하여 학생들의 다양한 반응이나 인식을 관찰하고 분석하고자 하였다.

3. 자료수집 및 분석

문제해결형 실험에서의 학생들의 생각과 행동을 알아보기 위한 자료수집방법은 현상학적 관점에서 인터뷰와 참여관찰로 이루어졌다. 현상학적 연구를 위한 질문은 참여자들이 주어진 현상에 대한 생각하는 방법이나, 경험의 개념에 초점이 맞추어져 있다. 이러한 목적을 위해 다양한 여러 전략이 사용될 수 있으나, 다양한 전략 중 가장 선호되는 방법은 인터뷰이다 (Booth, 1997). 인터뷰는 대화를 통하여 피인터뷰자들의 경험에 대한 그들의 인식의 내부에 존재하는 것을 떠올리도록 하는 것이며, 이러한 과정을 통하여 인터뷰자와 피인터뷰자는 그 경험과 이해를 함께 구성

표 1
‘공기 중의 산소량 측정’ 실험의 단계와 내용

단 계	내 용
실험 주제	공기 속 산소의 양을 구해보자.
실험내용	강철솜이 들어있는 시험관을 물이 든 비커에 뒤집어 넣으면, 강철솜이 산소와 반응하면서 시험관의 압력이 낮아져 물이 시험관 안으로 들어오고, 이때 물기둥의 높이를 측정하여 산소량 계산
문제 상황	· 예상 값인 21%보다 낮은 결과(13 ~ 17%)가 나타남 · 계속해서 낮아져야 할 시험관의 물기둥의 높이가 실험 진행 중 증가하는 상황이 발생
문제해결 방법	· 수소 발생 요인 제거 · 정확한 물기둥 높이 측정 · 반응속도 빠르게 하는 변인을 고려 · 새로운 실험방법 고안

해나간다(Johnson, 2006). 이 연구에서는 학생들이 문제해결형 실험을 경험하고, 실험에서 드러난 현상(문제 상황)에 대하여 어떤 반응을 하였으며, 그러한 반응을 하도록 어떠한 내부의 인식이나 개념들이 작용했는지에 대하여 알아보기 위하여 반구조화된 인터뷰법과 함께 참여관찰법을 활용하였다.

인터뷰 내용은 '문제해결형 탐구 실험을 경험하기 이전의 실험 경험'과 '문제발견 여부', '과정수정 여부', '실험과정을 수정한 경우 수정한 방법', '새로운 시도에 적극적이지 못한 이유', '실험의 만족도와 성공여부'에 관하여 실험이 진행된 지 1주일 이내에 실시하였으며 문제해결형 탐구 실험을 1학기동안 경험한 후, 기존의 실험과의 차이, 앞으로의 실험에서의 문제 상황에 대처하는 태도 등에 대한 인터뷰도 진행하였다. 인터뷰의 타당도와 신뢰도를 확보하기 위해 사전연구로 2006년도 문제해결형 탐구실험으로 이루어진 일반화학실험을 수강한 H대학교 19명의 수강자 중 문제를 해결한 학생 2명과, 문제를 해결하지 못한 학생 2명을 대상으로 인터뷰를 실시하고 분석하여 내용을 수정·보완하였다.

실험실 내의 참여관찰은 1학기 실험이 진행되는 동안 지속적으로 이루어졌으며, '문제발견'과 '해결방법'이 어떻게 이루어지고 있는지를 중점으로 하여 관찰일지를 작성하고, 그 외의 다른 주목할 만한 행동은 보이는 학생은 구체적인 문장으로 기록하였다.

또한 연구자는 인터뷰가 진행되는 과정이나 관찰이 진행되는 과정에서 '선입견'을 배제하기 위하여 판단을 유보하고, 다양한 반응과 행동, 피인터뷰자의 목소리에 집중하였으며, 녹음된 자료를 반복해서 전사하고, 전사된 자료를 반복해서 분석하는 동안, 새롭고 다양한 코딩어를 활용할 수 있도록 시도하였다.

현상학적 연구는 다양한 관점이나 목적에 따라 다른 연구결과가 나타날 수도 있지만, 연구자는 문제 상황에서의 학생들의 반응과 문제 해결 과정에 집중하였으므로, 문제 상황에서의 학생들의 행동이나, 문제 해결방법, 문제 해결방법을 떠올리기까지의 과정에 주로 초점을 맞추어 분석하였다.

자료 분석의 과정을 체계적으로 진행하기 위하여 인터뷰에서 진술된 내용을 대체로 각 문장별로 전사된 텍스트를 나누었고 경우에 따라서는 의미 있는 부분을 토대로 나누었다. 나누어진 부분은 해석학적 순환(Hermeneutical circle)의 과정(Kvale, 1987)이

진행되도록, 전체적인 맥락을 고려한 반복되는 해석과정을 거쳤다.

반복되는 해석과정을 통해 얻어진 의미는 반복되거나 중복되지 않도록 목록화하였고, 그 결과 문제 상황, 문제 원인 탐색, 문제 해결의 시도, 주어진 실험과정의 수정 등의 목록으로 유목화할 수 있었으며, 유목화된 목록으로 인터뷰 전사 자료를 재분석하여 공통적 요소나 차이가 나는 요소를 적극적으로 확인하면서 직관하는 과정을 거쳤다. 또한 코딩되는 동안 관찰일지와 학생들이 작성한 실험보고서를 함께 활용하여 '자료의 삼각화'가 이루어지도록 진행하였다. 이러한 과정을 거쳐 얻어진 목록으로부터 반응유형을 분류하는 기준안을 마련할 수 있었고, 각 반응유형의 특징을 분석하는 바탕이 되었다.

자료 분석의 신뢰도와 타당도를 확보하기 위해서는 일정기간에 걸쳐 3회 반복 분석하여 분석한 자료들을 비교하고, 참여관찰하고 기록한 자료와 인터뷰 자료, 학생들이 제출한 보고서 자료를 함께 비교하고 활용하는 삼각구도화의 방법을 활용하였으며, 연구자 외 7인이 함께 분석하고 평가한 후, 협의의 과정을 거쳐 연구결과의 신뢰도와 타당도를 확보하고자 하였다.

Ⅲ. 연구 결과

문제해결형 실험의 문제 상황에 대한 반응 유형은 '공기 중의 산소량 측정' 실험에서의 실험 참여관찰과 인터뷰를 통하여 비교, 분석하여 분류하고 그 특징을 알아보았다.

수집된 자료를 분석한 결과, '결과에 대한 만족', '문제 상황 원인 탐색의 성공 여부', '주어진 실험방법의 변화'의 측면에서 표 2와 같이 다섯 가지 유형으로 분류되었다.

또한 위의 5가지 유형은 아래의 그림처럼 도식화될 수 있다.

문제 상황에 대한 반응유형은 '문제 상황 인식 여부', '문제 해결 시도 여부', '주어진 실험과정 수정 여부'에 따라 5가지 유형으로 구분할 수 있었으며, 각 유형의 특징은 인터뷰 내용의 해석학적 관점으로 분류된 목록의 공통점과 차이점을 분석하여 아래와 같이 살펴볼 수 있었다.

표 2
세 가지 기준에 따른 반응 유형 분류

	결과에 대한 만족	문제 상황 원인 탐색	주어진 실험방법의 변화
Trying to Find New Factors (N)	불만족	탐색 시도 성공	변화
Trying to Find Missing Factors in Manual (M)	불만족	탐색 시도 성공	변화 없음
Repeating the same Process (R)	불만족	탐색 시도 없거나 실패	변화 없음
Trying to Solve Doubts (D)	만족	탐색 시도 없음	변화
Stopping the Execution (S)	만족	탐색 시도 없음	변화 없음

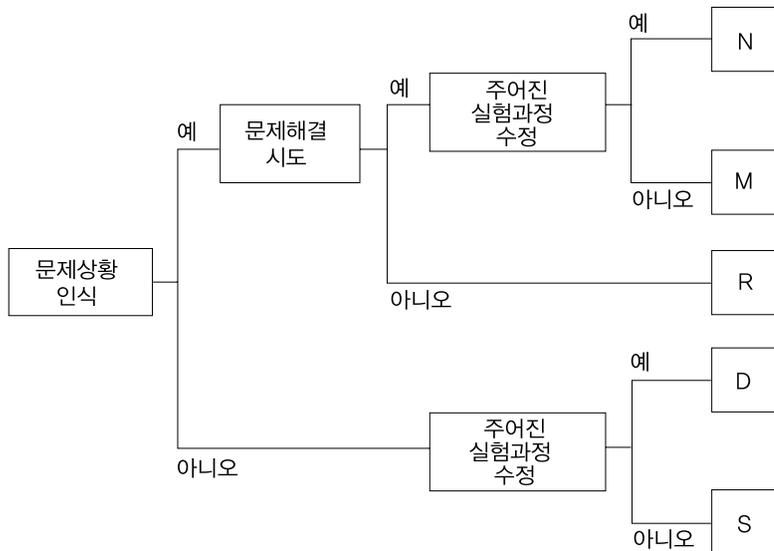


그림 1 문제 상황에 대한 반응 유형

1. Trying to Find New Factors

이 유형은 문제 상황을 정확히 인식하고, 실험 매뉴얼에 주어지지 않은 새로운 방법으로 문제해결을 시도하였다. 이 부류는 불만족스러운 실험결과에 대해서 실험 매뉴얼에는 주어지지 않은 새로운 변인을 고려하여 문제 상황에 대한 원인을 찾고, 새로운 변인을 이용하여 자신의 예상을 확인하거나, 다음 실험을 구성하고 설계하여 수행하는 활동을 진행하였다.

이 반응 유형을 보인 학생은 3명이었으며, S10 학생의 특징을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다. S10

학생은 실험방법이 주어지지, 실험 수행 이전에 실험에 대한 전체적인 흐름이나 맥락을 파악한 후 실험을 진행하여 각각의 실험과정이 진행되는 이유에 대하여 미리 확인하고, 따라서 각각의 실험과정이 실험결과에 어떠한 영향을 미치는지 인식한 상태에서 실험을 수행하였다.

S10: 실험과정은 강철솥을 아세트산에 담궈 가지고 그 강철솥 표면을 깨끗하게 하기 위해서 강철솥 담그고...

Q: 표면을 깨끗하게 한다는 건 어떻게 알았어요?

S10: 실험 목차 있잖아요. 거기 앞에 적혀 있더라구요. 원래 실현하기 전에 다 보아야 되잖아요.

Q: 실험하기 전에 꼼꼼히 읽어 봤어요?

S10: 네.. 거의... 실험하기 전에 물품조사하면서 조교선생님들이 실험하기 전에 시간이 좀 남아있잖아요... 실험 뭐 주의해야 할 점이나, 하는 방법 그런 거 자세히 읽어 봤어요.

또한 실험 도중에 문제 상황이 발생하자 먼저 주어진 실험 매뉴얼을 통해서 그 원인을 탐색하여 문제 상황을 설명하고자 하였고, 다음 실험은 탐색한 문제원인을 확인하기 위해 변인을 달리한 실험군과 대조군에 해당하는 실험으로 2가지 실험을 동시에 계획하고 진행하였다. 그 후에도 문제 상황이 지속되자 S10 학생은 주어진 실험의 실험원리나 목적을 다시 한 번 확인하고, 실험결과에 영향을 미칠 수 있는 여러 가지 변인에 대하여 탐색하기 시작하였으며, 주어진 실험 매뉴얼 이외의 변인에 대해서도 탐색하고, 4번째와 5번째 실험은 새롭게 탐색한 변인을 이용하여 실험을 계획하고 수행하였다.

S10: 다섯 번째 실험은 조건을 조금 바꿔서 했는데 네 번째 실험은 그때 보셨듯이 드라이로 화학반응 좀 빨리 해 보려고 했다가 결과는 좀 나왔는데 나중에 온도가 올라가서 부피가 차지하는 그래가지고 물기둥 올라갔다 다시 내려가고 내가 아세트산을 거기에는 2분정도 담그라 했는데 아세트산에 너무 조금 담갔다.

또한 문제 상황에 대하여 당황하거나 부정적인 다른 학생들과 달리 문제 상황에 대하여 긍정적인 반응을 보였다.

요약하면, 문제 상황이 발생하였을 때, 새로운 변인을 탐색하여 문제를 해결하는 학생들의 특징을 다음 세 가지 측면에서 살펴볼 수 있다.

첫 번째 개념적인 측면에서, 학생들은 실험을 수행하기 이전에 각 실험과정이 진행되는 이유나 실험원리, 실험 목적 등을 먼저 확인하고, 실험을 진행하였으며, 문제 상황이 발생하자 다시 실험원리와 실험과정을 확인하여 문제 상황의 원인을 탐색하고자 하였다.

두 번째 정의적인 측면에서, 학생들은 문제 상황에 대하여 부정적이거나 당황하는 다른 학생들과 달리

문제 상황에 대하여 긍정적인 반응을 보였으며, 문제 상황을 도전과제로 느끼고 문제를 해결하고자 하는 의지와 해결하기까지의 과정에 많은 흥미를 보였다.

세 번째 탐구적인 측면에서, 학생들은 실험이 진행되는 동안 얻어야 할 실험결과에만 집중하는 것이 아니라 실험과정 중에 발생하는 현상을 끊임없는 관찰하고 관찰된 현상을 설명하고자 노력하였으며, 문제 상황이 지속되면 그러한 문제 상황에 영향을 주는 변인을 찾고, 그러한 변인을 확인하는 실험을 계획, 수행하였다.

2. Trying to Find the Missing Factors in Manual

이 유형은 문제 상황을 인식하고 실험 매뉴얼에서 본인이 간과하고 지나간 변인들을 찾는 경우이다. 이 유형은 문제 상황에 대한 원인 탐색과정이 있고, 그러한 탐색에 성공하였으나, 대부분 실험 매뉴얼에 주어진 변인을 찾는 데만 제한되었다.

이 반응유형을 보인 학생은 5명이었으며, 이러한 반응유형의 특성을 가장 잘 나타내는 학생은 S1학생이다. S1학생은 주로 수공적인 기능에 초점을 맞추어 실험을 수행하였고 실험 매뉴얼에서 주어진 흐름을 따르나, 좀 더 정교한 실험에 집중하였다. '실험 기구 안에 존재하는 물기 제거' 같은 실험 매뉴얼에 제시되기 어려운 상세한 실험 과정에 집중하여 실험을 수행하였다.

S1: 근데 약포지 올려서 솜 뜬어서 대략 0.1g이었기 때문에 정량적인 실험은 아니라고 생각하고 0.00 다음 범위에서는 대충하고 그 다음 나머지 것들은 실험기구 안에 물기라든가 수분이나 이런 거 다 날려 보내려고 시험관 휴지 밀어 넣어 다 닦았잖아요. 그런 거 다 빼낸 다음에 휴지 부스러거나 물기 남아 있는 거 막 흔들어서 다 빼내려고 했어요. 오차 차체는 줄이려고 노력했어요.

또한 S1학생은 문제 상황이 발생하였을 때, 보고서에 주어진 '아세트산 제거' 라는 변인을 탐색해 내었다. 그 후, 자신이 눈금을 읽거나 시간을 측정하는 수공적인 기능을 수행하는 행동에서 발생하는 실수에 집착하여 새로운 변인을 탐색하고자 하는 의지는 전혀 나타나지 않았다.

Q: 처음 실험했을 때는 어떤 결과가 나왔어요.
 S1: 처음 실험했을 때는 14%인가 나왔던 거 같아요.
 Q: 그걸 보고 어떻게 생각했어요.
 S1: 음.. 역시 (아세트산을) 덜 떨어졌군.. 이렇게요.
그것도 그렇고 눈금 때문에 신경쓰고 있었기 때문
에.. 그리고 시계 좀 재때 재자 재는데 2분이 걸려
가지고..

결론적으로 ‘Trying to Find the Missing Factors in Manual’의 반응을 보이는 학생들의 특징을 정리하면, 이전에 실험을 많이 해본 경험을 가지고 있었으며, 문제 상황의 원인이 수공적인 행동에서 발생했다고 인식하였다. 이 유형의 학생들은 문제 상황이 발생하였을 때, 매뉴얼에 제시된 과정을 정확하게 수행하려고 노력하였다. 따라서 실험의 문제점에 대하여 인식하였음에도 불구하고, 여전히 주어진 실험 매뉴얼 외의 변인을 탐색하지 못하고, 새로운 실험 방법을 생각해내지 못하였다.

3. Repeating the same Process

이 유형은 문제 상황을 인식하지만 보류해 둔 채로 해결시도를 하지 않는 경우로 자신의 실험결과에 대해서는 일단 보류하고, 문제 상황을 설명하는 문제원인 탐색과정 없이 계속해서 같은 실험을 반복한 유형이다. 5명의 학생에게서 나타난 이 유형은 문제원인 탐색과정이 진행되지 않았거나, 시도하였으나 실패한 경우로 무조건적인 반복실험이 이루어졌다. 결국에는 주변사람들과 자신의 결과, 또는 반복된 실험결과들 끼리 비교한 후, 같은 결과가 나타났을 경우에 자신의 실험결과를 환경이나 기구 탓으로 돌리고, 이론과 실제의 차이로 결정한 후 실험을 중단하였다.

S14: 그니까 원래 20%나와야 되잖아요. 그런데 실험이니까 거기까지 정확하게 나오기는 좀 힘들 거 같고.. 그래서 좀.. 몇 번 더 하면은 더 잘 나오지 않을까 싶었는데 더 잘 안 나왔죠..

S9: 성공은 아닌 것 같아요. 다른 친구들과 함께 보고서 썼는데 다른 친구도 결과가 만족스럽지는 않았어요. 환경이 문제가 있나 아니면 기구에 문제가 있나?

특히 이 유형의 학생들은 무조건적인 반복실험이 결과가 잘 나올 수 있게 한다고 말하였다. 이 유형은 문제 상황이 발생하였을 때, 문제원인에 대하여 지속적으로 탐색하는 활동이 있는 ‘Trying to Find the Missing Factors in Manual’ 유형과는 분명한 차이가 있다.

4. Trying to Solve Doubts

이 유형은 21%보다 더 낮은 실험결과를 얻었음에도 불구하고, 얻어진 결과에 대하여 만족하기는 하나, 실험방법을 변화시켜 실험을 진행한 경우이다. 이 경우는 문제 상황을 인식하지 못하고 실험방법을 수정한 부류로 볼 수 있다. 이러한 유형으로는 발생한 실험결과와 관계없이 실험 과정 중의 관찰로 인하여 발생한 의문을 설명하고자 새로운 방법의 실험을 계획한 경우이다. 3명의 학생이 이와 같은 반응을 보였으며, S13의 경우, 처음부터 이론과 실제의 차이를 고려하여 막연하게 예상 값을 정하였으며, 실험결과(18.5%)에는 상당히 만족스러워 하나 ‘실험을 한 번만 하고 끝낼 수는 없을 것 같아서’ 실험결과와 관계없는 의문을 해결하기 위한 다른 방법의 실험들을 진행하였다.

Q : 첫 번째 만족스러운데 왜 두 번째 실험을 했나요?

S13: 그래도 한번 하고 끝낼 수는 없을 것 같아서

Q : 두 번째 실험은 첫 번째랑 똑같이 했나요?

S13: 두 번째 실험은 첫 번째는 5분씩 했는데 3분씩 했어요. 종료점을 더 정확히 찾으려고 했는데 더 잘 안 나왔어요.

Q : 세 번째 실험은?

S13: 강철 솜 전후 질량도 재봤어요. 그게 산소랑 결합하는 거잖아요. 무거워지는 거 그거 확인해 보려고 그것도 재고...

5. Stopping the Execution

이 유형은 얻어진 실험결과에 만족하고 자신의 실험에 대한 의문이 없는 경우로, 주어진 문제 상황을 인식하지 못하고, 실험방법도 수정하지 않은 부류이다. 이러한 부류의 특징은 실험결과를 전혀 예상하지 못하거나, 실험의 목표나 목적을 인식하지 못한 경우

에 해당한다. 또한 우연한 행동으로 성공한 학생들이 있었는데 이러한 학생들의 경우는 반응이 완전히 일어나도록 실험을 중단하지 않고, 계속 진행함으로써 이론과 가까운 실험결과를 얻은 부류이다. 2명의 학생이 이와 같은 반응으로 보였으며, S18 학생의 인터뷰 내용은 다음과 같다.

S18: 첫 번째 실험은 이론값이랑 거의 비슷하게 나와 가지고 뿌듯했어요. 나름 근데 또 내심 불안한 게 이게 실생활이다 보니까 약간의 오차가 생겨서 이론값보다는 약간 낮은 값이 나와야 하는데 거의 일치하다시피 나오니까 실험이 오히려 잘못된 게 아닌가? 그런 걱정도 했었고...

이러한 학생의 경우, 끝까지 자신이 성공한 이유에 대해서는 설명하고자 하지 않았으며, 오히려 자신의 실험결과를 의심하는 경우도 있었다.

IV. 결 론

이 연구에서는 ‘문제해결력 향상’을 위한 문제해결형 탐구 실험을 학생들에게 경험하도록 하였으며, 문제 상황에 대한 학생들의 다양한 반응을 이해하고 설명하여 보고자 하였다.

문제해결형 탐구실험에서 발생한 문제 상황에 대한 반응유형은 ‘새로운 방법으로 문제해결 시도’, ‘실험 매뉴얼에서 간과한 변인 탐색으로 문제 해결 시도’, ‘문제 상황을 인식하였으나 계속 같은 실험만 반복’, ‘문제 상황을 인식하지 못하였으나 실험방법 수정’, ‘문제 상황을 인식하지 못하고 실험 중단’으로 유형화될 수 있었다. 이와 같이 학생들은 같은 상황에 직면하였다 하더라도 다양한 반응이 나타날 수 있으며, 교사는 위와 같은 학생들의 다양한 반응을 인식할 필요가 있다.

본 연구 결과 문제 상황에서 학생들은 아무 생각없이 동일한 과정을 반복하는 경우와 실험매뉴얼에 언급된 변인만을 구체적으로 고려하는 경우가 많았다. 실험 진행 중에 문제가 발생하여 해결이 필요한 상황에서 과학적 지식들이 기반이 되고 과학적 사고과정을 거쳐 새로운 방법을 제시할 때 창의성이 발휘되고, 이러한 일련의 과정을 학생들에게 가르침으로써 문제해결력을 신장시킬 수 있다. 본 연구의 반응 유형 중

에서 새로운 변인을 탐색하고 새로운 실험방법으로 문제해결을 시도한 ‘Trying to Find New Factors’ 유형은 다른 유형의 모델이 될 수 있으며, 학생들에게 이와 같은 유형을 제시하고 본받도록 하는 탐구교육은 학교 현장에서 매우 중요하리라 생각된다.

새로운 방법으로 문제를 해결하는 유형의 학생들은 첫째로 정의적인 측면에서 문제 상황에 대해 긍정적인 반응하고, 다음 탐구를 위한 하나의 도전과제로 느꼈다. 둘째로 학생들은 탐구적인 측면에서 관찰력이 뛰어나며 실험 도중 관찰한 현상에 대한 끊임없는 원인 탐색활동이 있었다. 또한 셋째로 개념적인 측면에서 각각의 실험과정이 진행되는 이유에 대한 원리적인 탐색활동이 다른 학생들에 비해 특징적으로 나타났다.

학생들에게 다양한 문제 상황을 경험하게 하고, 문제 상황을 통하여 궁금증을 유발하여 새로운 다음 탐구로 연결되게 하는 학습전략과, 실험 각 과정을 의미 있게 받아들여 탐색하게 하는 방법적인 전략이 문제 상황에서 창의적인 문제 해결을 위해 필요하다. 이러한 상황에서 학생들에게 각자는 어떤 방법으로 문제에 접근하고 있는지를 반추하게 하고, 또한 적절한 역할모델을 소개하여, 학생들이 자발적으로 본받도록 하는 교육은 매우 중요하다. 문제 상황에서 아무 생각 없이 같은 과정을 되풀이하는 학생들처럼, 아무리 좋은 탐구교육의 모델이 학생들에게 제시되더라도, 학생들의 현재 어떠한 사고를 하고 있으며, 바람직한 과정이 무엇인지를 제시하지 못하면 학생들의 능력 향상은 제한될 것이다. 본 연구 결과는 학생들에게 바람직한 과정을 제시하고, 학생들이 자기가 수행한 과정을 되돌아보는 자료로 사용될 수 있을 것이라 생각된다.

본 연구에서 분석 대상 실험은 ‘공기 중의 산소량 측정’으로 제한되었으며, 분석 대상 학생은 18명이었다. 다양한 실험과 많은 학생을 대상으로 한 연구가 필요하리라 생각된다.

요 약

이 연구의 목적은 문제해결형 탐구실험(Problem-Solving Laboratory)에서의 문제 상황에 대한 반응을 분석하여 대학생들의 문제 해결과정의 특징을 알아보는 것에 있다. 이를 위해, 문제해결형 일반화학

실험을 1학기 동안 수강한 1학년 18명의 학생들을 대상으로 인터뷰를 실시하였다.

그 결과, 학생들의 문제 상황에 대한 반응유형은 문제해결형 탐구실험에서 발생한 문제 상황에 대한 반응유형은 새로운 방법으로 문제해결 시도, 실험매뉴얼 내에서 본인 간과한 변인 탐색 시도, 문제 상황을 인식하였으나 같은 과정의 반복 시도, 결과에 만족하나 실험 수행 중에 발생한 의문을 해결하기 위한 시도, 실험결과에도 만족하고 자신의 실험수행과정에 의심하지 않고 실험 중단의 5가지로 유형화할 수 있었다. 본 연구 결과는 학생들에게 바람직한 과정을 제시하고, 학생들이 자기가 수행한 과정을 되돌아보는 자료로 사용될 수 있을 것이다.

참고 문헌

- 강호감, 노석구, 이희순, 홍석인, 최선영, 원용준, 하정원, 김지선(2001). 창의력 계발을 위한 자연과 교수·학습 자료 개발 -2. 개발과 적용-. 한국과학교육학회지, 21(1), 89-101.
- 김영신, 양일호, 박경숙(2006). 대학교 과학 실험 수업의 질 분석. 중등교육연구, 54(1), 79-94.
- 김희경, 송진웅 (2003). 과학 실험의 목적에 대한 중학생의 인식 조사. 한국과학교육학회지, 23(3), 254-264.
- 양일호, 정진우, 김영신, 김민경, 조현준(2006a). 중등학교 과학 실험 수업에 대한 실험 목적·상호작용·탐구 과정의 분석. 한국지구과학회지, 27(5), 509-520.
- 양일호, 조현준(2005). 학교 과학수업에서의 실험의 목적에 대한 고찰. 초등과학교육, 24(3), 268-280.
- 양일호, 조현준, 정진우, 허명, 김영신 (2006). 학교과학교육에서 실험활동의 목적: 전문가 커뮤니티를 통한 델파이 연구. 한국과학교육학회지, 26(2) 177-190.
- 양일호, 조현준, 한인경(2006b). 초등과학교육에서 실험활동의 목적에 대한 교사와 학생의 인식. 학습자중심교과교육연구, 6(1), 235-252.
- 윤덕근, 김성하, 차희영, 이길재, 정완호(2004). 과학고 학생들의 창의력과 과학적 사고력 향상을 위한 생물 실험 모듈의 적용 효과. 한국과학교육학회지, 24(3), 556-564.
- 이은경, 강성주(2008). 학생-학생 언어적 상호작용 분석을 통한 문제 해결형 탐구 모듈에서의 SWH 활용 효과. 한국과학교육학회지, 28(2), 130-138.
- 이화정, 강성주(2005). 교사 양성 대학에서의 일반화학 실험 개선과 적용. 한국과학교육학회지, 25(3), 346-352.
- 정현철, 한기순, 김병노, 최승언(2002). 과학 창의성 계발을 위한 프로그램 개발 -이론과 예시를 중심으로-. 한국지구과학회지, 23(4), 334-348.
- 조연순, 성진숙, 채제숙, 구성혜(2000). 창의적 문제해결력 신장을 위한 초등과학교육과정 개발 및 적용. 한국과학교육학회지, 20(2), 307-328.
- 조연순, 최경희(2000). 창의적 문제 해결력 신장을 위한 중학교 과학 교육과정 개발. 한국과학교육학회지, 20(2), 329-343.
- 최경희, 조연순, 조덕주(1998). 창의적 문제 해결력 신장을 위한 중학교 과학교육과정 연구-현행 교육과정과 수업현장 분석을 중심으로-. 한국과학교육학회지, 18(2), 149-160.
- 홍미영, 박운배(1994). 대학생들의 기체의 성질에 대한 문제해결 과정의 분석. 한국과학교육학회지, 14(2), 143-158.
- AAAS(American Association for the Advancement of Science). (1989). Science for all Americans. A Project 2061 Report on Literacy Goals in Science, Mathematics and Technology: Washington, D. C. AAAS, pp. 11-15.
- Blosser, P. E. (1988). Lab-Are They Really as Valuable as Teacher Think They are? The Science Teacher 55(5). 57-59.
- Bodner, G. M. & Herron, J. D. (2002). Problem-solving in Chemistry. In Gilbert, J. K. & Jong, O. D. & Justi, R. & Treagust, D. F. & Driel J. V. (Eds.) Chemical Education: Towards Research-based Practice (pp. 235-266). Kluwer Academic Publishers.
- Booth, S. (1997). On Phenomenography: Learning and Teaching. Higher Education Research and Development, 16, 135-158.
- Chang, C. Y., & Weng, Y. H. (2002). An

Exploratory Study on Students' Problem-Solving Ability in Earth Science. *International Journal of Science Education*, 24(5), 441-451.

Domin, D. S. (1999). A Review of Laboratory Instruction Styles. *J. Chem. Ed.*, 76(4), 543-547.

Dunbar, K. (1993). Concept Discovery in a Scientific Domain. *Cognitive Science Society*, 17, 397-434.

Dunbar, K. (2000) How Scientists Think in the Real World: Implications for Science Education. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21(1), 49-58.

Germann, P. J., Aram, R. A., & Burke, G. (1996). Identifying Patterns and Relationships among the Responses of Seventh-Grade Students to the Science Process Skills of Designing Experiments. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), 79-99.

Hofstein A., & Lunetta, V. N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 88, 28-54.

Hofstein, D. (1988). Practical Work and Science Education II. In, P. Fensham (Ed.), *Development and Dilemmas in Science Education*(pp. 188-217). London: The Farmer Press.

Johnson, A. M. F. (2006). The Beliefs and Practices of General Chemistry Students and

Faculty Members Regarding Knowledge Transfer: A Phenomenographic Study. *Purdue University West Lafayette, Indiana*.

Kampourakis, C., & Tsapalis, G. (2003). A Study of the Effect of a Practical Activity on Problem Solving in Chemistry. *Chemistry Education: Research and Practice*, 4(3), 319-333.

Kvale, S. (1987). Validity in the Qualitative Research Interview. *Methods: A Journal for Human Science*, 1(2), 37-72.

McGarvey, D. J. (2004). Experimenting with Undergraduate Practicals. *U. Chem. Ed.*, 8, 58-65.

NRC (1996). *Science Teaching Standards*, National Academy Press, Washington D.C. 27-54.

Roth, W. M. (1994). Experimenting in a Constructivist High School Physics Laboratory. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 197-223.

Staer, H., Goodrum, D., & Hackling, M. (1998). High School Laboratory Work in Western Australia: Openness to Inquiry. *Research in Science Education*, 28(2), 219-228.

Tobin, K. (1990). Research on Science Laboratory Activities. *School Science and Mathematics*, 90(5), 403-418.