

중학교 과학 교과서의 ‘물질 영역’ 실험 활동에 포함된 실험 수행 능력

박현주* · 민병욱¹ · 정대홍²

조선대학교 · ¹천안중학교 · ²서울대학교

Laboratory Abilities to Carry-out Experimentations of Matter in the Middle School Science Texts

HyunJu Park* · ByoungWook Min¹ · Dae Hong Jeong²

Chosun University · ¹ChonAn Middle School · ²Seoul National University

Abstract: The purpose of this study is to investigate laboratory abilities to carry-out experimentations in the field of ‘Matter’ in middle school science texts. A total of 359 chemistry experiments from 26 textbooks has been analyzed. The authors of this study are interested in what science process skills are required for students to perform the experiments and how often these skills are needed. This article introduced a framework for analyzing the science process skills and their frequency. There are similar patterns of science process skill use among the different grades of middle school texts. The process skills of organizing results, interpreting data and making generalizations are most needed by the order of frequency. However, abilities related to alternative activities and/or conditions show relatively low frequency. For seniors, various laboratory abilities to carry out experiments are needed, whereas abilities for operating and setting up an experimental apparatus are required in freshmen and juniors. These results suggest avenues for science teachers that make lesson plans involving science experiments.

Key words: Laboratory ability to carry out experimentation, science texts, middle school, science, inquiry

I. 서론

탐구(Inquiry)는 진리나 학문 등을 깊이 연구하여 지식을 획득하고 조직화하는 과정으로(Gallagher, 1991), 지식을 추구하고 호기심을 충족시키거나, 또는 문제 해결을 위한 모든 과정을 의미한다(Wikipedia, 2008). 즉 탐구란 문제를 유발하는 자극에 대하여 그 변인과 속성을 탐색하고 발견하기 위해 수행되는 총체적인 활동이며(Wilson, 1984), 창의적으로 생각하여 자료와 정보를 추구·선별하고 분석하며 판단하는 종합적인 과정이다. 그러므로 과학 및 과학의 본성을 이해할 수 있는 유일한 방법은 과학 탐구의 과정을 경험하는 것이다(Woolnough & Allsop, 1986).

실험은 자연과학의 고유한 탐구 방법으로, 자연과학과 다른 학문을 구분하는 기준이며, 과학을 다른 교과와 구별되게 하는 특징이다(Gott & Duggan, 1995;

Hofstein & Lunett, 2004). 따라서 실험 수업은 과학의 교수학습 방법을 다른 교과의 교수학습 방법과 구분하는 기준이며, 과학교수의 필수적인 전략이자 그 학습의 한 수단이다(박재원·윤상미·원정애·백성혜, 2007; 조희형·최경희, 2008). 과학과 교수학습에서 중요한 위치를 차지하고 있는 실험(NRC, 1996)은 19세기부터 학교 과학 교육에 도입되어 널리 이용되어왔다(Wellington, 2000 & 2004). 실험 수업은 학생들의 인지적인 능력 뿐 아니라, 과학적 태도, 과학적 탐구 기능, 과학의 본성 이해, 과학적 개념의 습득 등을 위해서 유용한 전략으로 활용되고 있음이 밝혀졌다(Hofstein & Lunetta, 1982).

실험 수행은 탐구의 전 과정을 포함하는 과학적 과정이다. 과학 실험 수업의 가장 중요한 역할은 기초적인 기구들을 조직하는 일련의 기술과 탐구 기능에 관련된 능력을 향상시키는 것이다(Woolnough & Allsop,

*교신저자: 박현주(hjapark@mail.chosun.ac.kr)
**2008.08.09(접수) 2008.09.17(1심통과) 2008.10.20(2심통과) 2008.11.13(최종통과)

1986). 과학 실험실에서 수행하는 과학적 실험의 기능은 실험을 설계하고 자료를 분석하거나 해석할 수 있는 정신적 조작(minds-on) 기능과 실험기구를 다룰 수 있는 수공적 조작(hands-on) 기능으로 대변될 수 있다 (Chiappetta & Koballa, 2006). 정신적 조작에는 실험의 주제를 확인하여 진술하고, 가설을 설정하며, 자료를 분석, 해석하고, 보고서를 작성하는 등의 기능이 포함되며, 수공적 조작에는 실험 도구를 보관·유지·수선·보수하는 기술, 어떤 목적에 따라 구조를 변형하거나 새로운 도구를 만들어내는 기술 등이 포함된다. 따라서 학생들의 실험 수행 능력은 과학교육에서 고려해야 할 중요한 학습 목표임이 분명하다(김지혜·박시룡·차희영, 2007).

탐구 실험에 관련된 선행 연구는 탐구능력 또는 실험기구 조작 능력에 관련된 연구로 집중되는 경향이 있다. 첫째, 탐구능력 연구는 과학 수업 또는 활동을 진행하는데 필요한 탐구 능력에 관한 것으로 그 내용과 범위가 포괄적이며 추상적 내용이 많은 경향이 있다. 예를 들면, 탐구 능력의 정의와 범위에 관련된 연구(권재술·김범기, 1994; 장소영·노석구, 2005). 탐구 과정 요소에 관련된 연구(우종욱·이항로, 1995), 탐구 활동에 관련된 연구 등이 있다(김경미·박영신·최승언, 2008; 김윤희·문성배, 2000; 박원혁·김은아, 1999; 박효순·조희형, 2003; 심규철·안중임·김현섭, 2004). 그러므로 교과서의 실험을 수행할 때 어떤 구체적인 능력이 필요한가에 대하여서는 제한적인 정보만을 제공하고 있다. 둘째, 실험기구 조작 능력 연구는 구체적이고 실질적이기는 하지만, 기구의 조작 능력에 그 연구의 범위를 제한하고 있는 경향이 있었다. 예를 들면, 눈금 실린더의 측량 실험 기구 조작 기능의 숙달(차재선, 1984), 교사와 학생의 올바른 실험기구 조작법(이옥경, 2006), 실험 기구의 용도와 사용법(고민아, 2006), 알코올 램프, 스포이트, 온도계 조작 능력(박재원 등, 2007) 등이다. 따라서 보다 확장된 의미의 실험 수행 능력에 대한 정보가 미흡한 실정이다.

과학교과서에 제시된 실험들을 수행하기 위해서 필요한 실험 수행능력에 대한 연구는 학생들에게 실험을 설계하고 수행하는 전 과정에서 요구되는 실험 능력들을, 그리고 교사들에게 실험수업지도를 위한 실질적인 정보를 제공해 줄 것이다. 예를 들면, 이 연구의 결과로부터 학생들은 교과서 실험수행능력에 대한 정보를 통하여 해당 실험에서의 탐구 과정적 측면에 대한 이해, 무엇을 관찰하거나 측정해야 하는지 등과 같은 실험 활동에 대한 구체적인 정보를 얻을 수 있을 것이다.

교사가 실험 수업을 진행하기 위해서 교과서에 제시된 실험 및 동일한 수준의 실험을 직접 수행할 수 있다는 것은 기본이며 당연하다. 교사는 학생의 실험수행을 관찰하고 교정, 평가, 피드백을 줄 수 있는 능력이 있어야 하는데, 그 평가 능력 또한 교사가 그 실험 및 실험 과정에 대한 숙련됨을 전제로 한다. 그러므로 교과서의 실험수행능력에 대한 정보는 교사에게 과학실험 활동의 선별과 실질적인 실험 수업지도 능력에 도움을 줄 것이다.

이 연구에서는 중학교 과학교과서의 물질 분야에서 제시된 실험 활동이 포함하고 있는 실험 수행 능력을 조사하고 그 빈도를 분석하였다. '물질' 영역은 화학의 기본으로서, 그 특성상 실험 과학이라고 부를 만큼 실험이 차지하는 바가 매우 크기 때문에(최병순 외, 2005) 실험수행능력에 대하여 조사하는 의의가 더욱 크다 하겠다. 교과서에 제시된 실험을 수행하는 데 있어서 어떤 능력을 필요로 하는지 알아보는 것은 학생들이 실험을 수행함에 있어서나 또는 교사의 실험 수업을 진행함에 있어서 아주 유의미한 일이다. 왜냐하면 학생들의 실험 수행 능력은 과학교육에서 고려해야 할 중요한 학습 목표(김지혜·박시룡·차희영, 2007)이기 때문이다. 또한 교사는 학생들의 실험 수업을 지도하기 위해서 교과서에 제시된 실험 및 동일한 수준의 실험을 직접 수행할 수 있는 능력을 갖추어야 하는 것은 기본이며 당연한 일이다. 그래야만 해당 실험에서 핵심적인 내용이 무엇인지, 무엇을 관찰하거나 측정해야 하는지 등에 대한 구체적인 지도를 할 수 있기 때문이다.

II. 연구방법

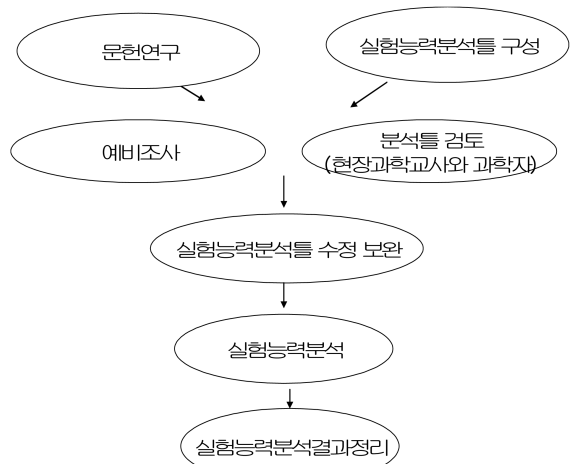


그림 1 연구과정

표 1
분석 대상 교과서와 출판사

학년	출판사
1	교학사, 교학사(강), 대일도서, 금성출판사, 동화사, 디딤돌, 블랙박스, 지학사, 두산
2	교학사, 교학사(강), 대일도서, 동화사, 디딤돌, 블랙박스, 지학사, 두산
3	교학사, 교학사(강), 대일도서, 금성출판사, 동화사, 디딤돌, 블랙박스, 지학사, 두산

중학교 과학 교과서의 실험 활동에 포함된 실험 수행 능력을 분석하기 위한 연구과정은 그림 1과 같다.

1. 분석 교과서 및 대상 실험

중학교 1, 2, 3학년(8-9종) 과학교과서 26종에 제시된 실험내용 중 ‘물질’ 영역에 제시된 실험을 분석대상으로 하였다(표 1).

2. 교과서 실험 수행 능력 분석틀 구성

교과서 실험 수행 능력 분석을 위한 분석틀 구성 및 세부항목은 실험 시작 단계부터 실험 마지막 단계까지 필요한 능력을 문헌 연구와 예비조사의 결과를 기초로 하여 구성하였다.

첫째, 예비조사로써 현장 과학 교사 2인과 과학교육자 1인, 그리고 과학자 1인은 각각 교과서에 제시된 약 10개의 실험을 대상으로 하여 그 실험을 수행하기 위해서 필요한 모든 과정을 실험준비단계부터 피드백단계까지의 5개의 단계로 구분하고 필요능력들을 나열하여 분석틀을 구성하였다.

둘째, 분석틀을 Klopfer(1990)와 Lunetta & Tamir (1979)가 제안한 실험활동을 위한 탐구기능과 비교하여 검토하고 수정하였다. Klopfer는 ‘Learning Scientific Enquiry in the Student Laboratory’에서 과학교과서의 특징이 반영된 탐구과정 영역을 특별히 강조하면서, 탐구 실험을 통해 개발시킬 수 있는 탐구 실험 기능을 보다 구체적으로 제시하였고, Lunetta & Tamir는 “Laboratory Outcome Inventory(LOI)”에서 이론적인 탐구기능보다 학교 실험 수업의 실질적인 실험 과정에 요구되는 능력을 계획 및 설계, 실험수행, 분석 및 해석, 적용의 4단계로 구분하고 세부적인 과정 기능 요소인 LOI(Laboratory Outcome Inventory)를 제시하였다. 그러나 Klopfer와 Lunetta & Tamir의 탐구기능 요소들이 보다 일반적인 실험수행 능력을 제시하고 있는 반면, 우리나라 교과서에 실험을 실질적으로 수행하기 위해서 필요한 능력들, 예를 들면 실험기구 셋팅, 폐기물 처리, 농도 변환, 생성물 확인, 그리고 시대상을 반영한 컴퓨터를 이용한 정보처리 능력 등과 같은 구체적인

요소들이 포함되지 않는다.

뿐만 아니라, LOI와 Klopfer는 실험실 안전을 확보하는 요소가 포함되어 있지 않다. 그러나 실제로 학교 현장에서 다루는 시약이나 기구들은 학생들의 안전사고로 연결될 수 있는 것들이 존재한다. 이러한 것들에 대한 주의 사항과 취급 방법을 모른다면 실험수업 시간에 사고로 연결될 가능성이 높다. 따라서 실험실 안전에 관련된 항목을 포함하여 분석틀을 구성하였다(표 2).

셋째, 최종 분석틀의 구성은 실험 시작 단계에서 보완 및 피드백 단계의 실험 수행 과정의 순서에 따라 각 단계에서 필요한 실험 수행 능력을 제시하고 나열하였다.

3. 교과서 실험 수행 능력 분석틀

교과서 실험 수행 능력 분석틀은 실험 준비, 안전사고 예방, 실험수행, 실험결과 정리 및 일반화, 실험결과 보완 및 피드백의 5단계로 구분되어, 각 단계에서 필요로 하는 실험 수행 능력을 제시하였다.

1) 실험 준비 단계

① 실험 상황 예측 - 초기 조건 파악 및 교과서 실험에서 구체적으로 기술되지 않지만 필요한 시약 및 물품을 준비하는 것이 포함된다. 실험 결과에 영향을 미치는 초기조건을 파악하고 감안하여 실험을 해야 결과의 오차원인 분석이 가능하고 정확한 실험이 가능하다. 예를 들면, 끓는점 측정 실험의 경우 물이 100℃에서 끓는 경우가 드물다. 기압에 따라 끓는점이 달라지므로 끓는점을 측정해야 하는 실험을 할 경우 기압을 미리 측정하고 실험을 해야 실험결과 분석을 정확하게 할 수 있다. 또한 실험 시간을 예측하는 것도 필요하다.

② 실험기구 설치 - 실험기구를 설치하는 능력은 여러 가지 능력을 포함하고 있다. 먼저 실험기구의 정확한 명칭과 사용법을 알고 있어야 하며, 실험 기구를 다른 실험기구와 함께 구성하는 능력이다. 정확한 명칭의 사용은 복잡하고 다양한 실험 기구를 사용하는 과학 실험에 있어서 상호간의 정확한 정보 교환에 중요하므

표 2
분석틀과 탐구기능

단계	필요 능력	Lunetta & Tamir	Klopfer
실험 준비	실험 상황 예측 실험기구 셋팅 폐기물처리 방법 숙지 시약의 농도 변환	계획 및 설계 연구할 문제 정의 또는 문제의 설정 실험결과 예상 검증할 가설설정 관찰/측정 방법 설계 실험 설계 종속변인 확인 독립변인 확인 통계 설계 검증할 가설에 대한 실험설계 조정 완벽한 실험설계	
안전사고	시약의 유독성 및 위험성 숙지 안전사고 위험 숙지 화학 반응의 위험성 숙지		
실험 수행	측정기구 사용법 숙지 생성물 확인 방법 숙지 지시약 선택	실험수행 관찰 및 측정 수행 정성적 관찰 수행 정량적 관찰 수행 결과 기록 및 관찰 기술 수의 계산 실험기술에 대한 설명/ 결정 실험 설계에 따른 실험수행	실험실 활동을 통하여 과학적 정보를 수집하는 기능 관찰, 기술, 측정, 선택, 자료처리, 도구사용 기능개발, 수행 적절한 과학적 질문을 하고, 실험실 실험을 통해 답을 찾기 위한 무엇이 포함되는지를 알 수 있는 능력 문제인식 가설설정 검증방법 선정 적절한 절차 설계
실험결과 정리 및 일반화	결과 정리 자료 변환 컴퓨터를 이용한 정보 처리 자료 해석 및 일반화	분석 및 해석 결과 변환 표/다이아그램 자료정리 자료 그래프로 표시 관계 결정, 자료해석, 결론 도출 정성적 관계 결정 정량적 관계 결정 실험자료의 정확성 결정 실험가설의 한계에 대한 정의/토론	실험에서 얻어진 관찰과 자료를 구조화, 해석, 의사소통하는 능력 자료의 조직화 자료 제시 외삽과 내삽 해석하기 자료, 관찰, 실험으로부터 추론하거나 결론을 이끌어내는 능력 가설평가 일반화, 법칙이나 원리 형성
실험결과 보완 및 피드백	오차원인 분석 대체 실험 기구 탐색 대체 시약 탐색 대체 실험법 고안	(분석 및 해석) 일반화/모델 형성/제안 연구결과와 관계 설명 연구결과에 근거한 새로운 문제 정의/문제 형성 적용 연구결과에 근거한 예상 연구결과에 근거한 가설설정 새로운 문제/변인에 실험 기술 적용 계속할 연구에 대한 생각, 방법 제안	과학 이론의 발달에서 관찰과 실험실의 역할을 깨닫는 능력 이론의 필요성 인식 이론 형성 현상이나 원리 명시 새로운 가설 연역 실험결과 해석 및 평가 세련되고 확장된 이론 형성

로 교사가 정확한 명칭을 사용함으로써 그 교육적 역할을 수행하게 된다. 모든 실험은 실험기구 명칭과 사용하는 실험기구의 사용법을 알아야 제대로 실험 수행이 가능하기 때문에 분석틀에서는 한발 더 나아가 실험기구를 다른 실험기구와 구성하는 능력으로 분석하였다.

③ 시약의 농도 변환 - 화학실험에서 시약을 원시료 그대로 사용하는 경우는 거의 없다. 적절한 농도의 시약을 제조해야 좋은 실험 결과를 얻을 수 있으며 농도 변환을 잘못하면 예상하지 못한 결과를 얻게 되거나 실험실 사고가 발생할 수 있다. 또 적절히 희석하여 사용함으로써 시약의 낭비를 막을 수 있다.

2) 안전사고 예방 및 폐기물 관리 단계

① 시약의 유독성 및 위험성 숙지 - 화학실험을 준비할 때 강산이나 강염기 또는 맹독성 약품을 자주 접하게 된다. 시약의 유독성 및 위험성을 잘 알고 있어야 실험 시 발생할 수 있는 사고를 미연에 방지할 수 있으며, 혹시 사고가 난다 하더라도 최소한의 피해로 막을 수 있다.

② 안전사고 위험 숙지 - 화학은 실험 시 가열을 많이 한다. 그러므로 화상으로부터 자유로울 수 없다. 또한 대부분이 유리로 만들어진 초차, 기타 위험한 기구를 많이 다루므로 항상 안전사고의 위험에 노출되어 있다고 할 수 있다. 실험 전 미리 살펴 안전사고를 예방할 수 있어야 한다.

③ 화학반응의 위험성 숙지 - 화학반응 결과 위험한 물질이 생성된다든지, 강한 흡열, 발열 반응 또는 강력한 폭발을 일으키는 반응이 화학실험에는 많이 존재한다. 실험 결과 생성되는 물질의 위험성이나 반응의 강도를 미리 예측하여 실험에 임해야 사고를 미연에 방지할 수 있다.

④ 폐기물 처리 - 실험을 하다 보면 반드시 폐기물이 생기게 되는데 단순히 하수구나 쓰레기통에 버려도 되는 것도 있지만, 그렇지 않은 것들이 대부분이다. 특히 독극물이나 중금속, 유기용제들은 수질오염을 일으키기 때문에 실험에 사용된 시약과 실험기구의 처리에 각별히 주의해야 한다.

3) 실험수행 단계

① 측정기구 사용 - 화학은 여러 가지 측정기구가 존재한다. 학교 현장에서 쓰이는 저울만 하더라도 전자저울, 양팔저울, 윗접시저울, 용수철저울 등이 있고, 온도계는 알코올 온도계, 디지털온도계, 수은온도계 등을

널리 쓰고 있다. 그 밖의 측정기구로는 메스실린더, pH 미터 등이 존재한다. 이러한 측정기구의 올바른 사용방법과 측정방법을 아는 것이 정확한 실험을 위한 시작이 될 것이다. 사용 및 측정 방법을 아는 것과 더불어 꼭 필요한 것이 측정 기구의 보정 관리이다.

② 생성물 확인 방법 숙지 및 지시약 선택 - 화학 실험에서 생성물 확인이 실험결과에 차지하는 비중이 아주 크다. 화학반응을 일으킬 때 생성물을 예상하여 다양하고 정확한 검출방법을 이용하는 것이 생성물을 빠짐없이 검출할 수 있다. 또한 pH 변화의 관찰을 목적으로 하는 경우 지시약의 선택 또한 실험 결과에 중대한 영향을 미친다. 지시약의 변색 범위를 알고 적절한 지시약을 선택하는 것이 정량분석에 많은 도움을 준다.

4) 실험 결과정리 및 일반화 단계

① 결과 정리 - 실험 목적에 맞게 또는 실험의 단계별로 만들어지는 결과를 정확하게 기술하는 능력이 필요하다. 실험 결과 정리 때 얻은 자료를 가지고 그 이후의 자료의 변환, 또는 해석 및 일반화를 시키기 때문에 결론을 얻기 위한 기초 작업으로서 결과 정리 능력은 몹시 중요하다.

② 자료 변환 및 처리 - 실험 결과 얻어진 자료를 그대로 이용하기도 하지만 적절한 변환을 필요로 하는 경우가 많다. 자료를 변환하는 일은 필요한 결과를 얻기 위해서는 자료를 또 다른 의미 있는 데이터로 바꾸는 작업으로, 측정된 자료의 단위를 바꾸거나 자료들 간에 가감승제 등의 처리를 하는 과정을 포함하는 계산 능력과 수학적 데이터로 변환하는 능력은 화학실험에 있어서 반드시 필요하다.

③ 컴퓨터를 이용한 정보처리 능력도 이에 포함된다. 측정기구의 발달과 센서의 발달, 그리고 컴퓨터의 발달로 인해, 대부분의 고급 실험기구들이 컴퓨터와 연동되어 있다. 고급 실험기구가 아니라 하더라도 학교 현장에서도 MBL이라고 하는 것이 많이 보급되어 있다. 또한 수기로 얻은 자료라 하더라도 여러 가지 통계 프로그램이나 EXCEL에서 처리하면 더 정확한 그래프나 함수식을 얻어서 처리할 수 있다.

④ 자료 해석 및 일반화 - 과학 실험의 목적 중 하나가 자연현상을 관찰하고 그 것을 일반화 시키는 법칙이나 원리를 만들어 내는 것이다. 대부분의 학교 실험은 이러한 원리에 따른 귀납적 실험을 택하고 있으며 관찰된 결과와 변환된 데이터를 통해서 논리적 모순이 없는 정확한 해석을 하고 일반화 시키는 일이 매우 중요하다.

5) 실험결과 보완 및 피드백 단계

① 오차원인 분석 - 실험의 결과가 예측과 차이가 난다면 그 원인이 무엇인지 분석하는 능력이 필요하다. 실험 설계가 잘못되었는지 기구나 시약의 준비에 문제가 있었는지, 측정이 잘못되었는지, 결과정리가 잘못되었는지 실험 전반을 분석하고 원인을 분석하는 능력이 있어야 한다.

② 대체 실험기구의 탐색 - 실험을 수행하다 보면 교과서에 제시된 실험 기구를 구할 수가 없거나 준비되어 있지 않는 경우가 있다. 이럴 경우 대체 실험기구를 구상하고 탐색할 능력이 필요하다.

③ 대체 시약의 탐색 - 교과서에 제시된 시약과 동일한 시약이 없을 경우 같은 실험결과를 내는 대체 시약을 탐색하고 사용할 수 있는 능력이 필요하고, 비슷한 또는 같은 결과를 나타내는 실험이라면 좀 더 안전한 시료를 선택하는 것이 중요하다. 또 더 좋은 실험결과를 위해서 반응이 잘 일어나는 시료를 선택하고 탐색하는 능력이 중요하다

④ 대체 실험법 고안 - 실험 자체가 가지고 있는 결함이 있을 수 있다. 얻고자 하는 결과를 제대로 얻지 못하거나 기구나 시료의 대체만으로 제대로 된 결과가 얻어지지 않을 경우 실험법 자체를 다시 고안할 수 있는 능력이 요구된다.

4. 자료 수집 및 결과 분석

중학교 과학교과서 물질 영역의 실험을 2인의 연구자가 실험 수행 능력 분석틀에 따라 각각 분석하고, 그 결과를 제 3의 연구자와 함께 검토하였다. 분석 결과가

두 연구자간에 일치하지 않은 경우에는 제 3의 연구자와 그 결과에 대하여 검토하고 논의하였다. 수집된 자료는 EXCEL을 이용하여 교과서의 실험을 수행하기 위해 요구되는 각 능력별로 그 빈도를 분석하였다.

III. 결과 및 논의

중학교 1, 2, 3학년의 과학교과서 중, 물질 영역에 제시된 실험은 전체 7 단원에 걸쳐 총 359개의 실험이 있었다. 실험 수행 능력 분석틀에 따라 교과서에 제시된 실험을 분석해 본 결과, 중학교 실험에서 다양한 실험수행능력을 요구하고 있었고, 그 빈도에서 있어서는 학년별로 다소 차이가 있으나 전체적으로 유사한 패턴의 능력이 요구된다는 분석 결과를 얻을 수 있었다(표 3). 중학교 물질 영역의 실험은 결과 정리와 자료 해석 및 일반화 능력이 가장 많이 요구되고, 대체 실험과 관련된 능력들은 상대적으로 빈도가 낮은 것으로 조사되었다. 이것은 학년별로 차이가 나타나기는 하였지만, 중학교 물질 실험에서 요구하는 능력은 비교적 제한되어 있다는 것을 알 수 있다.

중학교 1학년 실험에서 요구하는 능력은, 다른 학년과 유사하게, 결과 정리와 자료 해석 및 일반화의 능력이 가장 높은 것으로 조사되었다. 그리고 실험기구 설치와 가열실험에 따른 안전사고 위험을 숙지하는 능력 또한 필요한 것으로 조사되었다. 1학년은 물질의 상태 변화에 관련된 현상을 관찰하는 실험이 많이 제시되어 있다. 따라서 정밀한 측정기구의 사용보다는 물질에 열을 가할 수 있는 장치를 설치하는 능력이 많이 요구되었다. 반면, 시약과 관련되어 농도를 변환하는 능력을

표 3
학년별 실험 수행 능력에 따른 빈도와 백분율(%)

능력 학년	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	실험수
1	17 (15)	58 (51)	11 (10)	0 (0)	35 (31)	53 (46)	2 (2)	28 (25)	5 (4)	114 (100)	19 (17)	19 (17)	101 (89)	11 (10)	1 (1)	4 (4)	5 (4)	114
2	44 (39)	67 (59)	16 (14)	4 (4)	29 (25)	37 (32)	0 (0)	66 (58)	1 (1)	105 (92)	24 (21)	19 (17)	102 (89)	27 (24)	1 (1)	1 (1)	3 (3)	114
3	16 (12)	43 (33)	60 (46)	32 (24)	66 (50)	73 (56)	38 (29)	55 (42)	29 (22)	130 (99)	4 (3)	3 (2)	130 (99)	9 (7)	10 (8)	14 (11)	10 (8)	131
전체	77 (21)	168 (47)	87 (24)	36 (10)	130 (36)	163 (45)	40 (11)	149 (42)	35 (10)	349 (97)	47 (13)	41 (11)	333 (93)	47 (13)	12 (3)	19 (5)	18 (5)	359

a: 실험 상황 예측 능력

b: 시약의 농도 변환

g: 화학반응의 위험성 숙지

j: 결과 정리

m: 자료 해석 및 일반화

p: 대체 시약 탐색

b: 실험기구 설치

e: 시약의 유독성 및 위험성 숙지

h: 측정기구 사용

k: 자료 변환

n: 오차원인 분석

q: 대체 실험 고안

c: 폐기물 처리

f: 안전사고 위험 숙지

i: 생물 확인 방법 및 지시약 선택

l: 컴퓨터를 이용한 정보처리

o: 대체 실험 기구 탐색

요구하는 실험은 없는 것으로 조사되었다. 대체 실험 기구 탐색, 대체 시약 탐색, 대체 실험 고안, 생성물 확인 방법 및 지시약 선택 등과 같은 능력을 요구하는 실험도 적은 것으로 조사되었다.

2학년 실험은 결과 정리와 자료 해석 및 일반화 능력을 많이 요구하고 있는 반면, 화학반응의 위험성 숙지, 생성물 확인 방법 및 지시약 선택, 대체 실험 관련 능력, 시약의 농도 변화 등과 같은 능력은 그렇지 않은 것으로 조사되었다. 2학년 실험은 물질의 특성을 알고 그 특성을 응용하는 실험이 많다는 특징을 가진다. 즉 온도 측정과 밀도 등과 같이 물질의 특성이 되는 것을 측정하는 실험이 주를 이루고 있었다. 따라서 그에 따른 실험기구 설치와 측정기구 사용 능력을 많이 요구하는 것으로 추측된다. 끓는점이나 녹는점과 같이 측정 조건에 따라 수치가 달라지는 실험도 상대적으로 제시되어 있어서 실험 예측 상황과 같은 결과에 영향을 미치는 초기 조건을 파악하는 능력도 많이 요구되었다.

3학년 실험을 수행하기 위하여 결과 정리와 자료 해석 및 일반화 능력이 상대적으로 많이 요구되는 것으로 조사되었다. 안전사고 위험 숙지, 시약의 유독성 및 위험성 숙지, 폐기물 처리 등의 능력도 높은 빈도로 요구되는 것으로 조사되었다. 그러나 컴퓨터를 이용한 정보처리, 자료 변환, 오차원인 분석 능력은 상대적으로 낮은 빈도로 조사되었다. 3학년 실험의 특징은 각 물질의 특성을 알아보는 수준의 실험을 넘어서 화학반응을 일으키고 그 과정을 관찰하는 실험을 수행하는 활동들이 많이 포함되어 있다. 독성이 있는 시약을 다루거나 그러한 시약을 이용하여 화학반응을 일으키는 실험을 실시해야 하므로 그에 따른 안전사고 위험 숙지, 시약의 유독성 및 위험성 숙지, 시약의 농도 변환 그리고 폐기물 처리 능력이 강조되었다. 3학년의 경우, 1, 2학년 실험과 비교하여 상대적으로, 실험 수행을 위한 세부적인 능력이 골고루 필요로 하는 실험이 많이 포함되어 있는 것으로 조사되었다.

중학교 과학교과서의 물질 분야에 제시된 실험에서 요구하는 실험 수행 능력을 그 빈도수에 따라 정리해보면 표 4와 같다.

교과서 실험에서 요구하고 있는 능력의 분석 결과를 살펴보면, 중학교의 모든 학년에서 결과 정리(j)과 자료 해석 및 일반화(m) 능력이 가장 많은 빈도수를 차지하고 있었다. 이것은 중학교 과학 교과서 실험의 성격을 보면 이해할 수 있다. 교과서 실험들은 대부분 단원 초반에 제시되어 있고, 결과 정리 이후 반드시 일반화 된 원리에 대한 질문을 던지고 있다. 자료의 수집 또한 현

표 4 실험 수행 능력별 빈도

순 위	실험 수행 능력	실험 수	백분 율
1	결과 정리	349	97.21
2	자료 해석 및 일반화	333	92.75
3	실험기구 설치	168	46.79
4	안전사고 위험 숙지	163	45.40
5	측정기구 사용	149	41.50
6	시약의 유독성 및 위험성 숙지	130	36.21
7	폐기물 처리	87	24.23
8	실험 상황 예측	77	21.44
9	자료변환	47	13.09
10	오차원인 분석	47	13.09
11	컴퓨터를 이용한 정보처리	41	11.42
12	화학반응의 위험성 숙지	40	11.14
13	시약의 농도 변환	36	10.02
14	생성물 확인방법 숙지 및 지시약 선택	35	9.75
15	대체 시약 탐색	19	5.29
16	대체 실험법 고안	18	5.01
17	대체 실험기구 탐색	12	3.34

상에 대한 관찰 자료가 대부분이다. 이것으로 실험의 성격이 귀납적이라는 것을 알 수 있다. 귀납적 실험을 통하여 학습자들에게 실험 이후 교과서 내용에 대한 자료를 제시하고 일반화된 원리를 스스로 찾도록 유도하는 구조를 취하고 있으므로 모든 실험이 결과 정리와 자료해석 및 일반화 능력을 필요로 하는 것으로 설명된다.

실험기구 설치(b), 안전사고 위험 숙지(f), 측정기구 사용(h) 능력들이 그 다음으로 많은 빈도수를 나타내고 있다. 실험기구 설치의 경우 1, 2학년에서 상대적으로 많이 요구되는 능력으로 조사되었다. 이것은 중학교 1, 2학년의 물질 영역의 내용이 물질의 상태변화와 물질의 특성에 관련된 것으로 변화를 관찰하기 위한 장치나 특성을 확인하는 장치 등과 같은 특성의 실험이 주를 이루기 때문으로 이해된다. 안전사고 위험 숙지의 경우, 1, 3학년에서 상대적으로 많이 요구되는 능력으로 조사되었는데, 화기를 사용하는 1학년 실험의 특성과 화학반응 실험의 특성 때문에 그런 결과가 나온 것으로 추측된다. 교과서에 제시된 실험의 42~45% 실험은 실험 기구를 설치하거나 측정 기구를 사용할 수 있는 능력을 요구하며 안전사고를 유발할 가능성이 있는 실험들이다. 안전사고 위험에 관련된 실험들은 대부분 알코올램프를 이용한 화재 및 화제의 위험성에 관련된 것이 많았다. 측정기구 사용은 특히 2학년에서 많이 요

구되는 능력으로 조사되었는데, 이것은 교과서에 제시된 많은 실험들이 온도를 측정하는 실험들이고, 온도계를 사용하는 능력이 요구되었기에 그런 결과를 보였다.

전체 실험의 약 36% 정도에서 시료의 유독성 및 위험성 숙지(e) 능력이 필요로 하고 있는 것으로 조사되었다. 실제로 실험에는 우리가 흔히 접하지만 실제로 유독한 여러 물질들이 다루어지고 있었다. 메탄올이나 에탄올, 요오드, 여러 가지 산과 염기, 금속염 등 많은 물질이 다루어지고 있었지만 그 실험의 위험성에 대하여 주의를 주거나 독성을 경고하는 내용을 포함하고 있는 교과서는 극히 드물었다. 따라서 실험 시 이러한 약품들의 위험성이나 유독성을 아는 것이 매우 중요하다고 볼 수 있다.

실험 상황 예측(a)과 폐기물 처리(c) 능력을 포함하고 있는 실험은 약 21~24%의 비율로 나타났다. 실험 상황 예측 능력은 특히 2학년 실험에서 많이 나오는데 이것은 주로 기압이나 용액의 조성에 영향을 많이 받는 끓는점, 녹는점에 관한 실험들이 많아서 이러한 결과를 보인 것으로 설명할 수 있다. 폐기물 처리 능력은 주로 대부분의 3학년 실험에서 요구되는 것으로 조사되었다. 이것은 1~2학년은 화학반응을 일으켜서 생성물을 관찰하는 실험보다 자연현상 관찰이나 그와 유사한 현상을 실험실에서 재현하는 수준의 실험이 주로 이루어지기 때문인 것으로 설명된다. 3학년부터 화학시료를 이용한 반응을 일으키는 실험이 제시되고 그에 따라 폐기물 처리 능력이 필요하다.

시약의 농도 변환(d), 화학반응의 위험성 숙지(g), 생성물 확인 방법 숙지 및 지시약 선택(i), 자료 변환(k), 컴퓨터를 이용한 정보처리(l) 능력은 약 10%의 실험에서 요구되는 능력으로 조사되었다. 즉, 중학교 과학 실험을 위하여 '제한적'으로 요구되는 능력이라 할 수 있다. 예를 들면, 시약의 농도를 변환시키는 능력은 3학년에서 필요로 하고 있는 것으로 분석되었으나, % 농도 수준에 제한되고 있다. 이는 중학교 과학과 교육 과정을 고려할 때, 중학교 수준에서는 % 농도 이외에 다른 농도를 다루지 않는 것으로 기인한다. 화학반응의 위험성 숙지(g)는 대부분 발열반응이 진행되는 실험 또는 알칼리금속이나 토금속을 연소시키는 반응처럼 폭발적인 특성을 가진 반응에서 필요로 하는 능력이다. 생성물 확인 방법 숙지 및 지시약 선택(i) 능력의 경우, 연소반응에서 생성되는 물과 이산화탄소의 검출이나 이산화탄소가 발생하는 실험에서 요구되었다. 지시약은 페놀프탈레인과 BTB가 조금 사용되었을 뿐이다.

자료변환(k) 능력은 중학교 수준의 실험에서는 계산

과 그래프의 작성이 그다지 많이 요구되지 않고, 그나마 아주 초보적인 수준에서 필요로 하고 있다. 컴퓨터를 이용한 정보처리(l) 능력은 자료 변환 능력과 밀접한 관계를 맺고 있으며, 컴퓨터를 이용하여 자료변환을 요구하거나 또는 그렇게 수행할 만한 실험들은 총 359개 실험 중 41개 실험에서 나타났다.

오차 원인 분석(n) 능력을 요구하는 실험의 빈도가 낮았는데, 그 이유는 중학교 수준의 실험에서는 오차원인을 분석해야할 만큼의 정확성을 요구하는 실험이 그렇게 많지 않은 것으로 이해할 수 있다. 그러나 2학년 실험은 오차 원인 분석 능력을 전체 학년의 빈도에 비교하여 상대적으로 많이 요구하고 있는 것으로 조사되는데, 이것은 2학년 실험의 특성상 실험 조건에 따라 실험결과에 영향을 많이 받게 되기 때문으로 추측된다. 예를 들면, 끓는점과 녹는점 측정 실험에서 끓는점과 녹는점이 이론값하고 다른 원인을 찾아내는 수준을 요구하는 정도이다.

대체 실험기구 탐색(o), 대체 시약 탐색(p), 대체 실험법 탐색(q) 능력은 모두 3~5%의 빈도수를 보였다. 이러한 능력들에 대하여 낮은 수치가 조사된 것은 교과서의 실험이 충분한 검증을 거친 안내된 실험이기 때문일 것이다. 그러나 3학년 불꽃반응 실험은 토치의 위험성 때문에 학교 과학 수업에서 실험하기를 꺼리는 경우가 많기 때문에 다른 대체 실험 방법이 모색되어야 한다.

IV. 결론 및 시사점

중학교 과학 교과서의 물질 영역에 제시된 실험을 수행하기 위한 능력을 조사·분석한 결과의 결론 및 시사점은 다음과 같다.

첫째, 중학교 물질 영역의 실험은 결과 정리, 자료 해석 및 일반화 능력 등에서 대체 실험기구 탐색 능력까지 다양한 실험수행능력이 요구되고 있다. 실험에서 요구하고 있는 다양한 실험수행능력에 대한 정보는 학생에게 해당 실험에서의 탐구 과정적 측면에 대한 이해, 무엇을 관찰하거나 측정해야 하는지 등과 같은 실험 활동에 대한 정보를 제공할 것이다. 그리고 교사가 학생의 실험 수행을 관찰하고 교정, 평가, 피드백을 주고, 그리고 과학실험 활동의 선별, 실험 목표 설정과 실질적인 실험 수업을 지도하는데 있어서 기초 자료로 활용할 수 있을 것이다.

둘째, 중학교 물질 영역 실험은 '결과 정리'와 '자료 해석 및 일반화' 관련 능력이 가장 많이 요구되고 대체

실험과 관련된 능력들은 상대적으로 그 요구 빈도가 낮다. 이것은 교과서의 실험과 수업내용 전개 방식과 연관하여 생각할 수 있다. 즉 실험 활동을 단원의 도입부에 배치하고, 그 실험 결과를 이론적 근거로 하여 수업내용을 전개하는 방식으로 인하여, 교과서의 실험에서 요구하는 능력은 비교적 제한되어 있다고 할 수 있다. 따라서 다양성과 과학탐구태도 함양의 측면에서 볼 때, 보다 다양한 형태의 실험 활동과 초인지와 같은 고차원적 사고를 요구할 수 있는 실험들이 제공되어야한다면, 교과서의 실험과 내용의 전개 방식을 다양하게 구성하도록 하여야겠다.

셋째, 실험수행능력은 학년별로 약간의 차이를 보였다. 예를 들면, 1, 2학년과 비교하여 3학년의 실험은 상대적으로 세부적인 능력이 골고루 필요로 하는 실험이 많이 포함되어 있다. 실험 상황 예측, 실험기구 설치, 측정기구 사용, 오차원인 분석 능력은 2학년에게 상대적으로 많이 요구되는 것으로 조사되었다. 실험기구 설치 능력은 1, 2학년에서, 안전사고 위험 숙지 능력은 1, 3학년에서 상대적으로 많이 요구되는 능력으로 조사되었다. 실험수행능력은 실험의 특징에 따라 차이가 나타날 수 있다. 따라서 과학적인 교과서 실험 관련 연구, 예를 들면, 교과서 실험수행능력을 고려한 학년별 실험 제시, 다양한 실험활동의 접근 등과 같은 연구를 통하여 교과서 실험을 제작하고 개발하여 제시함으로써 보다 체계적인 과학교육을 도모했으면 한다.

국문 요약

이 연구는 26종의 중학교 1, 2, 3학년 과학 교과서에서 ‘물질’ 분야에 제시된 실험 활동에서 요구하고 있는 실험 수행 능력을 조사하고 분석하였다. 물질 분야에는 전체 7 단원에 걸쳐 총 359개의 실험이 제시되었다. 실험수행능력 분석틀에 따라 실험을 분석해 본 결과, 중학교 실험을 수행하기 위해서 다양한 실험수행능력이 필요하고, 학년별로 차이를 보였지만 전체적으로는 유사한 패턴을 가지고 있음이 조사되었다. 전학년에 걸쳐 결과 정리와 자료 해석 및 일반화 능력이 가장 많이 요구되고 대체 실험과 관련된 능력들은 상대적으로 빈도가 낮은 것으로 조사되었다. 3학년의 경우, 1, 2학년 실험과 비교하여 상대적으로, 실험 수행을 위한 세부적인 능력이 골고루 필요로 하는 실험이 많이 포함되어 있었다. 실험 상황 예측, 실험기구 설치, 측정기구 사용, 오차원인 분석 능력은 2학년에게 상대적으로 많이 요구되는 것으로 조사되었다. 실험기구 설치 능력은

1, 2학년에서, 안전사고 위험 숙지 능력은 1, 3학년에서 상대적으로 많이 요구되는 능력으로 조사되었다.

참고 문헌

- 고민아(2006). 초등학교 4학년 화학 실험 영역에서의 학생들의 실험기구 조작 능력 조사. 한국교육대학교 석사학위논문.
- 권재술·김범기(1994). 초, 중등학생들의 과학탐구능력 측정도구의 개발. 한국과학교육학회지, 14(3), 251-264.
- 김경미·박영신·최승언(2008). 과학교과서 천문 단원의 탐구활동 분석. 지구과학회지, 29(2), 204-217.
- 김윤희·문성배(2000). 3차원 분석틀을 이용한 고등학교 공통과학(물질부분) 교과서의 탐구활동 분석. 한국과학교육학회지, 19, 20, 274-287.
- 김지혜·박시룡·차희영(2007). 현미경 관찰 실험에서 Observer Program을 활용한 예비 과학 교사들의 행동 양식 분석 및 실험 능력과의 상관관계 연구. 한국생물교육학회지, 35(2), 225-235.
- 박원혁·김은아(1999). 제6차 교육과정에 따른 고등학교 공통과학 교과서의 탐구영역 분석. 한국과학교육학회지, 19, 528-541.
- 박재원·윤상미·원정애·백성혜(2007). 초등학생의 실험기구 조작 능력에 대한 실태조사. 초등과학교육, 26(2), 161-170.
- 박효순·조희형(2003). 중학교 2학년 과학 교과서의 탐구영역 분석. 한국과학교육학회지, 23, 239-245.
- 심규철·안중임·김현섭(2004). 국민공통기본교육과정 과학과 생명영역 물질대사 관련 탐구활동 분석. 한국과학교육학회지, 24, 202-215.
- 우종욱·이향로(1995). 대학 수학능력 시험의 자연과학 탐구 능력 평가를 위한 행동 요소의 추출과 평가 목표의 상세화 연구. 한국과학교육학회지, 12(2), 81-95.
- 이옥경(2006). 실험기구에 대한 교과서 분석 및 교사와 학생의 이해도에 관한 연구. 부산교육대학교 석사학위논문.
- 조희형·최경희(2008). 과학교육의 이론과 실제. 서울: 교육과학사.
- 차재선(1984). 저지능 아동의 과학적 학습기능에 관한 연구. 인천교대과학교육연구소, 84(1), 53-65.
- 최병순·강석진·강순민·강순희·공영태·권혁순·김재현·남정희·노석구·박종석·박현주·백성혜·이범홍·이상관·최미화(2005). 화학교재연구및지도. 경기: 자유아카데미.
- Chiappetta, E. L. & Koballa, T. R. (2006). Science instruction in the middle and secondary schools. 5th ed. Upper Saddle River, New Jersey: Merrill.
- Gallagher, J. J. (1991). Prospective and practicing secondary school teachers' knowledge and beliefs about the philosophy of science. Science Education, 75, 121-133.

Gott, R., & Duggan, S. (1995). Investigation work in the science curriculum. Buckingham, UK: Open University Press.

Hodson, D. (1986). Rethinking the role and status of observation in science education, *Journal of Curriculum Studies*, 18, 381-396.

Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, 70(256), 33-40.

Hofstein, A. & Lunetta, V.N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52, 201-217.

Hofstein, A. & Lunetta, V.N., (2004). The laboratory in science education: Foundation for the 21st century. *Science Education*, 88, 28-54.

Lunetta, V. N., & Tamir, P. (1979). Matching lab activities with teaching goals. *The Science Teacher*, 46, 22-24.

National Research Council (1996). National science education standards. National Academy Press: Washington, D.C.

Wellington, J. (2000). Teaching and learning secondary science: Contemporary issues and practical approaches. London: Routledge.

Wellington, J. (2004). Ethics and Citizenship in Science Education: now is the time to jump of the fence. *School Science Review*, 86(315), 33-38.

Wilson, J. T. (1984). Processes of Scientific Inquiry: A Model for Teaching and Learning Science. *Science Education*, 58(1), 127-133.

Woolnough, B., & Allsop, T. (1985). Practical work in science. New York: Cambridge University Press.

Wikipedia (2008). <http://en.wikipedia.org/wiki>