

## 화학 교사에게 필요한 실험 능력

박현주\* · 정대홍<sup>†</sup> · 노석구 · 임희준 · 한재영<sup>‡</sup> · 박종윤<sup>§</sup>

조선대학교 과학교육학부

<sup>†</sup>서울대학교 화학교육과

<sup>‡</sup>경인교육대학교 과학교육과

<sup>#</sup>충북대학교 화학교육과

<sup>§</sup>이화여자대학교 과학교육과

(접수 2009. 5. 15; 수정 2009. 10. 2; 게재확정 2009. 10. 22)

### Identification of Secondary Chemistry Teachers' Ability to Carry-out Experimentation

Hyun Ju Park\*, Dae Hong Jeong<sup>†</sup>, Suk Goo Noh<sup>‡</sup>, Hee Jun Lim<sup>‡</sup>, Jae Young Han<sup>#</sup>,  
and Jong-Yoon Park<sup>§</sup>

*Department of Science Education, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea*

*<sup>†</sup>Department of Chemistry Education, Seoul National University, Seoul 151-748, Korea*

*<sup>‡</sup>Department of Science Education, KyungIn National University of Education, Anyang 430-804, Korea*

*<sup>#</sup>Department of Chemistry Education, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea*

*<sup>§</sup>Department of Science Education, Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea*

(Received May 15, 2009; Revised October 2, 2009; Accepted October 22, 2009)

**요약.** 이 연구는 중등 화학 교사 전문성 및 지향점 제공을 위한 기초 조사로서, 실험 수업을 성공적으로 진행하기 위하여 필요한 화학 교사의 실험 능력에 대한 규명을 목적으로 하였다. 문헌 연구, 교과서 실험 분석, 과학 교사 설문 조사의 결과에 기초한 연구팀의 지속적인 논의를 통하여 연구를 진행하였다. 화학 교사의 실험 능력 규명을 위하여 수집된 자료들을 정리하여 크게 네 개의 단계(실험 수업 준비, 실험 수행 및 정리, 실험실 관리, 실험실 안전 관리)로 나누고, 각 단계별로 실험 능력에 관련된 소영역과 세부 내용 요소를 선별·수정하여 재배치하였다. 실험실 안전 관리는 실험실 및 실험 활동에서 '안전'의 중요성을 강조하기 위해 별도의 단계로 구분하였다. 화학 교사가 갖추어야 할 실험 능력은 실험 수업 지도를 전제로 하여 교사 스스로 실험 수행을 할 수 있는가에 대한 능력으로, 시약 및 측정기기 사용, 시료 준비, 실험 설계, 바른 실험 습관 및 숙련도, 자료 정리, 분석 및 추론, 그리고 실험실 관리 및 실험실 안전 관리에 관련된 능력으로 특정지어 질 수 있다.

**주제어:** 실험 능력, 중등 화학 교사, 실험 수업, 실험실 활동

**ABSTRACT.** The purpose of this study is to identify secondary chemistry teachers' abilities to carry-out experiment lesson successfully. As far as the research method is concerned, literature reviews, analyses of abilities to carry-out experimentation from science textbooks, and a survey of science teachers' perceptions of experimental ability were employed along with the progressive discussions among the authors. In order to identify secondary chemistry teachers' abilities to carry-out experimentation, we divided the experiment lesson into three stages of preparation, conduct and arrangement, and management of lab, and added the stage of safety. Each stage is classified into sub-areas, and the sub-area consists of subordinate elements. The safety stage was included separately to emphasize the importance of the safety issue in lab and experimental activities. The secondary chemistry teachers' abilities to carry-out experimentation are the abilities to perform

experiments in person, presupposing the instruction of experiment, and can be featured with the use of reagent and measuring instruments, the preparation of sample, designing experiment, correct experimental habit and skillfulness, data processing, analysis and reasoning, and management of lab and safety.

**Keywords:** Ability to carry-out experimentation, Secondary chemistry teacher, Experiment lesson, Laboratory activity

## 서론

탐구(Inquiry)는 우주의 사물과 현상을 이해하고 조정하며 문제해결을 위한 인간의 의도적 활동이다. 또한 탐구는 진리나 학문을 깊이 파고 들어가 연구하여 지식을 획득하고 조직화하는 과정으로,<sup>1</sup> 지식을 추구하거나 호기심을 충족시키거나 문제를 해결하기 위한 모든 과정을 의미한다.<sup>2</sup> 탐구란 문제를 유발하는 자극에 관하여 그 변인과 속성을 탐색하고 발견해 나가기 위해 수행되는 광범위한 활동이다.<sup>3</sup> 즉 탐구는 창의적인 생각을 하고 여러 방식을 궁리하며 자료와 정보를 추구하고 분석하며 판단하는 종합적인 과정이다. 과학적 탐구를 다른 많은 분야와 구분 짓는 중요한 한 가지는 실증성으로, 실험은 과학적 탐구 활동의 중요한 부분이다.

실험은 자연과학의 고유한 탐구 방법으로 자연과학을 다른 학문과 구분하는 기준이며,<sup>4</sup> 라틴어로 “시도하다”를 의미한다. 실험은 특정 질문이나 문제 해결 상황에서 그 현상과 관련된 조사 또는 가설을 검증하기 위하여 시도하고 실행하는 일련의 과정이다.<sup>5</sup>

과학교육이 교육적 위치를 자리 잡아 가는 과정에서 한 가지 중요한 특징은 그 과정에서 실험교육의 정착이 함께 있었다는 것이다. 실험은 학교 과학에서 확고한 위치를 차지하고 있다.<sup>6</sup> 많은 과학 교사들과 과학 교육 연구자들은 학교 과학에서 실험실습이 중요하다는 데 동의한다. 실험은 과학의 개념과 방법, 그리고 과학 활동의 성격을 이해하도록 돕고 흥미와 열정을 가지고 과학 학습에 참여할 수 있도록 돕는 역할을 한다. 따라서 실험은 과학의 교수-학습 방법을 다른 교과와 교수-학습 방법과 구분할 수 있는 기준이며, 과학 교수의 필수적인 전략이자 그 학습의 한 수단이다.<sup>6</sup> 그렇다면 ‘화학 교사가 실험 수업 지도를 위

하여 반드시 갖추어야 할 실험 능력은 무엇인가?’라는 질문을 제기해 볼 수 있다.

화학 교사의 실험 능력은 교사가 실험 수업을 진행함에 있어서 학습자의 특징 및 실험 수업의 지도와 관련된 교수 능력을 갖추었느냐에 대한 것을 의미한다. 실험 수업 지도 능력은 교사가 해당 실험에 익숙해져 있다는 것을 전제로 한다. 왜냐하면 해당 실험에 익숙해야 핵심적인 내용이 무엇인지, 학생들이 어떤 탐구 과정으로 안내를 해야 하는지, 또는 학생들이 무엇을 관찰하거나 측정해야 하는지 등등에 대한 실질적이며 구체적인 지도를 할 수 있기 때문이다. 즉 학생 실험을 지도하기 위해서 교사가 교과서에 제시된 실험 및 동일한 수준의 실험을 직접 수행할 수 있어야 한다. 교사는 또한 학생의 실험 수행을 관찰하고 교정, 평가, 피드백을 줄 수 있는 능력을 갖추어야 하는데, 이러한 평가 능력은 교사가 그 실험 및 실험 과정에 대해 숙련됨을 전제로 한다. 그러므로 교사의 실험 능력은 과학 교수 활동의 선별과 실질적인 실험 수업 지도 능력에 영향을 준다. 따라서 교사의 실험 능력은 화학 교사의 실험 수업 지도 능력의 기본이다.

지금까지 과학 또는 화학 실험 관련 연구는 1970년대 이후 탐구 실험 능력과 기구 조작 능력 등에 대하여 지속적으로 진행되어 왔다.<sup>7</sup> 첫째, 탐구 실험 능력에 관련된 연구는, 실험능력 요소의 선정과 평가 목표 설정을 위한 것으로 문헌 연구에 근거한 평가를<sup>8</sup>이나 도구 개발<sup>9,11</sup> 연구로서, 그 내용과 범위가 포괄적이며 추상적 내용이 많은 경향이 있다. 따라서 교사가 교과서의 실험 수업을 할 때 어떠한 능력을 갖추어야 하는가에 대해서는 제한적인 정보만 제공하고 있다. 둘째, 실험 기구 조작 능력에 관련된 연구는, 실질적이기는 하지만 몇 가지 기구 조작 능력에 그 연구의 내용과 범위를 제한하고 있는 경향이 있다. 예를 들면,

눈금 실린더,<sup>12</sup> 실험 기구의 용도,<sup>13</sup> 알코올 램프, 스포이트, 온도계<sup>14</sup> 등등이다. 그러므로 교과서 실험을 위해 필요한 확장된 의미의 실험 능력에 대한 정보가 요구된다. 한편, 그동안의 실험 관련 연구는 주로 초등학생,<sup>15,16</sup> 중학생,<sup>8,19</sup> 고등학생<sup>20,23</sup>을 대상으로 하여 이루어지는 경향이 있었기 때문에, 과학 실험 수업 지도를 위해서 필요한 실질적인 정보를 제공해 줄 수 있는 화학 교사에게 필요한 실험 능력과 그와 관련된 정보를 제공하는 연구는 거의 이루어지지 않았다.

따라서 이 연구는 실험 수업을 성공적으로 안내하기 위해 필요한 화학 교사의 실험 능력의 전문적 자질에 대해 규명하여, 화학 교사의 전문성 및 지향점 제고를 위한 기초 자료로 제공하고자 한다.

## 연구 방법

### 연구 절차

화학 교사에게 필요한 실험 능력의 규명 및 그와 관련된 영역 설정은 문헌 연구, 교과서 실험 분석, 화학 교사 설문 조사의 결과 분석에 기초한 연구팀의 지속적인 논의를 통하여 진행하였다(Fig. 1).

첫째, 연구팀은 교사에게 필요한 실험 능력 규명을 위하여 국내외의 문서 자료를 수집하여 논의함으로써 실험 능력의 이론적 토대를 찾고자 노력하였다. 문서 자료에는 ‘과학교육의 탐구 실험 과정’과 ‘과학 및 화학과 교육과정’ 관련 자료들이 포함된다.

둘째, 고등학교 과학 교과서 내용 중 ‘물질’ 영역에 제시된 실험, 그리고 고등학교 화학 I 및 화학 II 교과서에 제시된 실험들을 분석함으로써, 그 실험

들에서 필요한 수행 능력을 조사하였다. 실험 수업 지도 능력은 교사의 실험 핵심 내용 파악과 탐구 실험 능력에 의존하며, 교과서에 제시된 실험을 지도하기 위해서 교사는 교과서 실험 및 동일한 수준의 실험을 직접 수행할 수 있어야 한다. 그러므로 교과서 실험에서 요구하고 있는 능력에 대한 분석이 필요하다.

셋째, 과학 교사를 대상으로 ‘실험 수업의 지도를 위하여 교사에게 필요한 실험 능력’이 무엇인가에 대한 설문 조사를 실시하였다. 이것은 교사가 학교 현장에서 과학 실험 수업을 실질적으로 지도하면서 직접 경험하고 깨달은 것으로서, 교사는 실험 수행을 위하여 반드시 갖추어야 할 능력이 무엇이라고 생각하는가? 를 조사한 것이다. 이것은 학생이나 일반 과학자가 갖추어야 할 실험 능력 또는 문헌에 제시된 능력의 범위를 확장하여, 보다 실질적이며 구체적인 교사의 실험 능력에 대한 논의를 하기 위함이다.

### 연구 방법

문헌 연구. 국내외의 과학교육의 탐구 실험 과정과 교육과정 등과 같은 관련 문헌 자료들을 수집하고 분석하여 화학 교사에게 필요한 실험 능력에 대한 이론적 근거를 마련하였다. 탐구 실험 과정 관련 문헌은 국내외의 과학교육 관련 교재 또는 논문에서 널리 인용되고 있는 문헌들을 대상으로 분석하였다.<sup>24,26</sup>

- Learning Scientific Enquiry in the Student Laboratory by Klopfer<sup>27,28</sup>
- Science: A Process Approach (SAPA) by AAAS<sup>29</sup>
- Matching Lab Activities with Teaching Goals by Lunetta & Tamir<sup>30</sup>
- Assessment of Performance Unit (APU) by APU<sup>31</sup>
- Second International Science Test (SISS) by Kanis, Doran, & Jacobson<sup>32</sup>
- Techniques for Assessing Process Skills in Practical Science (TAPS) by Bryce *et al.*<sup>33</sup>
- General Certificate of Secondary Education (GCSE) by DES & Welsh Office<sup>34</sup>

교과서 실험 분석. 제 7차 교육과정<sup>35</sup>의 고등학

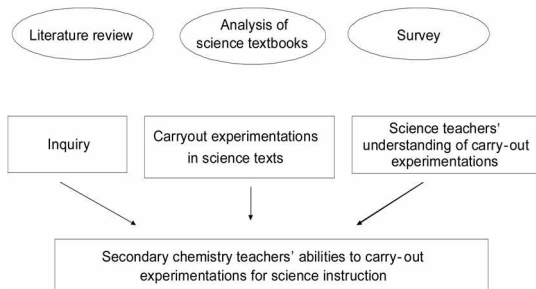


Fig. 1. Procedure.

교 과학 교과서 내용 중 ‘물질’ 영역에 제시된 실험, 그리고 고등학교 화학 I 및 화학 II 교과서에 제시된 실험에서 요구하고 있는 실험 능력을 분석하였다. 교과서는 점유율이 높은 교과서 4종을 선택하여 분석하였다.

- 고등학교 과학: 금성출판사, 천재교육, 대한교과서, 디딤돌
- 화학 I: 금성출판사, 천재교육, 대한교과서, 지학사
- 화학 II: 금성출판사, 천재교육, 대한교과서, 지학사

교과서 실험 분석들의 구성은, 첫째, 예비조사로서 4개 출판사의 교과서에 동일하거나 유사한 실험을 각 학년별로 5개씩, 총 15개를 선정하여 조사하였다. 각 실험의 단계를 구분하고, 각 단계를 수행하기 위해서 필요한 능력을 나열하였다. 둘째, 예비조사의 결과에 대하여, 과학 교사 2인과 과학교육자 2인, 그리고 과학자 1인이 검토·수정하여 실험 단계와 단계별 능력을 구성하였다.

- 실험준비 및 안전사고 예방 단계: 실험 준비, 실험기구 설치, 폐기물 처리, 시약의 농도 변환, 시약의 유독성 및 위험성 숙지, 안전사고 숙지, 화학 반응의 위험성 숙지
- 실험수행 단계: 측정기구 사용, 생성물 확인 방법 숙지 및 지시약 선택
- 실험결과 정리 및 일반화 단계: 결과 정리, 자료 변환, 컴퓨터를 이용한 정보 처리, 자료 해석 및 일반화
- 실험결과 보완 및 피드백 단계: 오차 원인 분석, 대체 실험 탐색

자료 분석 및 결과 정리는, 교과서 실험 분석들에 따라 연구자 2인이 각각 분석하고, 그 결과를 제 3의 연구자와 함께 검토하였다. 분석 결과가 두 연구자간에 일치하지 않은 경우, 제 3의 연구자와 그 결과에 대하여 검토하고 논의하였다. 수집된 자료는 각 능력별로 그 빈도를 분석하였다.

#### 과학 교사의 실험 능력 조사. 과학 교사들이

인지하는 ‘과학 교사에게 필요한 실험 능력’은 교육과학원의 과학 실험 연수에 참가한 광역시에 재직 중인 화학전공 교사 65명(중학교 29명, 고등학교 36명)을 대상으로 조사하였다. 고등학교 교과서 실험이 중학교 교과서 실험보다 실험의 다양성과 복잡성, 시약의 유독성 등등의 측면에서 상대적으로 복잡하지만, 과학 실험에서 이루어지는 과정은 본질적으로 다름이 없으며,<sup>36</sup> 또한 고등학교 교사들이 미처 생각하지 못한 부분을 경험했거나 인지할 수 있기에 중학교 교사들을 연구 대상에 포함하여 분석하였다.

자료 수집은 연구 대상 교사들에게 과학 실험 수업을 하기 위해서 교사에게 필요한 실험 능력을 세 가지씩 기술하는 과정을 통하여 수집하였다. 수집한 자료는 다음과 같은 단계를 거쳐 분석하였다. 첫째, 연구 대상 교사들에 의해서 제시된 실험 능력을 전체적으로 나열한 후, 유사하거나 동일한 능력으로 유목화 하였다. 예를 들면, 실험실 안전 관리, 실험 준비, 실험 정리, 실험 기기나 도구 조작, 결과 해석 등등이다. 둘째, 유목화된 능력을 연구에 참여한 교사 중에서 자발적인 참여 의사를 밝힌 교사 6명의 검토와 논의를 통하여 수정하였다. 셋째, 수정된 능력의 결과를 연구진에서 검토·논의하여, 최종적인 결과로 분석하였다.

## 연구 결과 및 논의

### 과학 교육의 탐구 과정 분석

과학교육에서 학생들에게 필요한 탐구 실험 능력은 학자들의 관점에 따라 다소의 차이를 나타내고 있다. Klopfer<sup>28</sup>는 과학교과의 특징이 반영된 탐구 과정 영역을 특별히 강조하면서, 과학교육만을 위한 목표 영역을 행동의 범주와 내용의 범주를 함께 고려하여 총 9가지 영역으로 제시하였다. Klopfer의 분류 체계 중 실험 능력에 해당하는 영역은 ‘B.0 탐구 과정(I) ~ E.0 탐구 과정(IV)’과 ‘G.0 수공적 실험 기능’ 등이다. 이후 Klopfer<sup>28</sup>는 탐구 실험을 통해 개발시킬 수 있는 탐구 실험 기능을 보다 구체적으로 제시하였다.

SAPA II<sup>29</sup>는 탐구 기능을 개발하기 위한 교육과정으로, 탐구 실험 능력 요소를 단순 탐구 능력과

복합 탐구 능력으로 구분한다. 따라서 탐구 실험 과정의 단계별로 필요한 능력을 제시하기 보다는 전체적인 능력의 수준을 '단순'과 '복합'의 두 부분으로 구별하여 제시하고 있다. 이러한 두 부분 모두 탐구 실험 기능을 향상하기 위하여 반드시 필요한 능력이라 할 수 있다.

Lunetta와 Tamir<sup>30</sup>는 이론적인 탐구 기능보다 학교 실험 수업의 실질적인 실험 과정에 필요한 능력을 제시하였다. 계획 및 설계, 실험 수행, 분석 및 해석, 적용의 4단계로 구분하고 세부적인 과정 기능 요소인 LOI(Laboratory Outcome Inventory)를 제시하였다. LOI는 탐구 과정 기능을 통합적으로 나타내고 탐구 과정 기능에 포함된 세부적인 기능 요소에 대하여 구체적으로 서술하고 있어서 실험 활동 중에서 탐구 과정 기능을 평가하는데 평가의 준거로서 이용될 수 있다.

APU<sup>31</sup> 탐구 과정 모형은 문제를 과학 실험적으로 해결하기 위한 체계적이고 단계적인 과정을 제시해준 것이 그 특징이다. 그중 중등 화학 교사에 필요한 실험 능력과 관련된 것은 '실험 기구 및 측정기 사용', '관찰', '탐구 설계' 그리고 '탐구 수행'의 범주들이다.

국제적인 과학 성취 검사인 SISS<sup>32</sup>는 실험 과정 기능 검사의 범주를 수행, 실험, 추론으로 나누고 각 범주 안에 6개의 하위 요소를 설정하였다. 이 범주는 Lunetta와 Tamir의 LOI를 기초로 하여 제안한 것으로 다른 분류들보다 탐구 과정 기능과 세부 요소가 비교적 단순한 것이 특징이다.<sup>33</sup> 따라서 실험 과정에서의 전체적인 탐구 과정 기능에 대한 평가보다는 단편적인 실험 기능의 평가에 더 바람직할 것이다.

TAPS<sup>33</sup>는 영국의 스코틀랜드 교육부 지원으로 개발된 과정 기능 평가 도구이다. TAPS는 실험 과정 기능을 기초 기능, 과정 기능, 실험 탐구 기능으로 구별하여 제시하였다. 그러나 실험을 수행하는 과정에 있어서 TAPS에 제시된 기능이 기초, 과정, 실험 탐구로 구분되어 사용되기보다는 총체적이며 통합적, 그리고 선택적으로 사용되어지기 때문에 실험 과정에 따라 순서대로 제시하기 어려운 제한점을 갖는다.

GCSE<sup>34</sup>는 과학 지식과 용어 중심의 평가에서 벗어나 과학의 기능과 방법의 평가에 초점을 두

기 위하여 실제 실험 상황에서 평가가 이루어지도록 실험 수행 기능에 해당하는 목표를 구체적으로 제시하고 있다. 그리고 각 기능에 대하여 상세한 평가의 준거를 제시하고 있다. GCSE의 탐구 실험 과정 기능 평가척도는 실제 실험 상황에서 학생들이 실험을 수행하는 것을 관찰하여 평가하는 지침을 제공한다.

위에서 살펴본 것과 같이 탐구 실험 능력은 학자들에 따라 다소의 차이는 있으나, 학생들이 실험을 설계하고 수행하며 그 결과를 해석하는 과정에 필요한 다양한 탐구 능력을 제시하고 있다. 화학 교사가 학생들의 실험 수업을 지도하기 위해서는 이러한 능력들을 갖추고, 해당 실험에 익숙해져 있어야 한다.

### 교과서 실험 수행에 필요한 능력

화학 교사에게 필요한 실험 능력 규명을 위하여 교과서에 제시된 실험에서 요구되는 능력을 조사하였다. 교사가 실험 수업을 하기 위해서는 그 실험을 직접 수행할 수 있어야 한다. 교사가 스스로 실험을 수행할 수 없으면서 학생에게 실험을 수행하도록 하는 것은 그 교육적 효과가 극히 제한적일 것으로 판단되기 때문이다. 따라서 연구진은 교과서 실험 분석틀을 구성하여, 고등학교 과학 교과서에 포함된 물질(화학) 영역과 화학 I, II 교과서의 실험에서 필요한 실험 능력의 빈도수를 조사하였다(Table 1).

먼저 과학 교과서의 실험을 분석한 결과에 의하면, 첫째, 교과서에 제시된 모든 실험에서 결과 정리(j)와 자료 해석 및 일반화(m) 능력이 필요한 것으로 조사되었다. 이러한 결과는 과학 교과서 실험의 성격을 통해 이해할 수 있다. 교과서 실험들은 일반적으로 단원 시작의 부분에 실험탐구가 제시되어 있고, 실험의 결과로부터 일반화된 원리를 묻는 질문으로 실험 활동이 완성되는 형식을 갖추고 있기 때문인 것으로 설명할 수 있다.

둘째, 생성물 확인 방법 숙지 및 시약 선택(i) 능력은 67%의 수준에서 그 빈도가 조사되었다. 이는 과학 교과서 물질 영역의 단원 내용에서 그 이유를 찾아볼 수 있다. 과학 교과서의 물질 영역은 '전해질과 이온', '산과 염기의 반응', '반응속도'의 세 단원으로 구성되어 있는데 '산과 염기의 반

Table 1. Frequency of ability to carryout experimentation in textbook (%)

Sub.	Ability	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	Total no. of exp.
Science		8 (22)	16 (44)	12 (33)	4 (11)	20 (56)	0 (0)	8 (22)	8 (22)	24 (67)	36 (100)	4 (11)	4 (11)	36 (100)	8 (22)	0 (0)	36 (100)
Chemistry I		4 (4)	36 (39)	28 (31)	32 (35)	60 (67)	28 (31)	12 (13)	28 (31)	32 (35)	88 (98)	16 (18)	4 (4)	80 (89)	12 (13)	0 (0)	90 (100)
Chemistry II		44 (39)	40 (36)	84 (75)	56 (50)	92 (82)	28 (25)	0 (0)	88 (79)	20 (18)	112 (100)	24 (21)	8 (7)	112 (100)	28 (25)	8 (7)	112 (100)

a: preparing experiments, b: setting apparatus, c: disposal of waste matter, d: conversion of concentration, e: carefulness and treatment of reagent, f: safety, g: cautious of chemical reactions' danger, h: measurement, i: confirming products & selecting reagent, j: data analysis, k: data transformation, l: work data with computer, m: interpret data & generalization, n: understand errors, o: search for alternative experiment.

응'에 제시된 거의 모든 실험들에서 교사의 지식 약 선택 능력을 필요로 하고 있다. 그에 따라 생물학 확인 방법 숙지 및 시약 선택 능력이 많이 필요한 것으로 분석되었다.

셋째, 시약의 유독성 및 위험성 숙지(e) 능력이 56%의 빈도로 나타났다. 조사 대상 실험의 50% 이상이 유독성 및 위험성을 내포한 시약의 처리 능력을 요구하는 것으로 조사되었다.

넷째, 실험 기구 설치(b)와 폐기물 처리(c) 능력이 33~44%의 빈도를 보였다. 설치 능력은 전해질과 용액에서 전기화학에 관련된 실험을 위한 설치에 주로 나타났으며, 폐기물 처리 능력은 산과 염기의 반응 실험에서 주로 많이 쓰였다.

다섯째, 실험 상황 예측(a), 시약의 농도 변환(d), 화학반응의 위험성 숙지(g), 측정 기구 사용(h), 자료 변환(k), 컴퓨터를 이용한 정보 처리(l), 오차 원인 분석(n)은 11~22%의 빈도로 요구되었다. 이러한 능력이 많이 요구되지 않았다는 것은 교과서에 제시된 실험들은 정밀하고 전문성을 필요로 하는 경우가 많지 않다는 것으로 이해할 수 있다.

여섯째, 안전사고 위험 숙지(f)와 대체 실험 탐색(o) 능력은 다루어지지 않았다.

화학 I에 필요한 실험 능력은 고등학교 과학의 물질 영역에 필요한 실험 능력과 유사한 경향을 보였다. 고등학교 과학과 차이점은 시약의 농도 변환(d)과 안전사고 위험 숙지(f) 능력의 빈도가 높다는 것이다. 이는 화학 I의 실험이 고등학교 과학의 실험보다 시료의 농도를 필요로 하는 정량

적인 실험이 많아졌음을 의미하고 실험의 난이도도 높아진 것으로 추론된다.

화학 II에서 요구하고 있는 실험 능력은 화학 I 및 과학 교과서에 제시된 실험에서 요구한 능력들과 전체적인 경향은 비슷하지만 그 수준에서 다소 차이가 있는 것으로 조사되었다. 예를 들면, 화학 II에서는 폐기물 처리(c), 시약의 농도 변환(d), 시약의 유독성 숙지(e), 측정 기구 사용(h) 능력을 과학이나 화학 I과 비교하여 상대적으로 많이 필요한 것으로 조사되었다. 이는 화학 II 교과서에 제시된 많은 실험에서 유독한 시료를 사용하고 있으며, 정량적인 분석 및 실험이 포함되어 있다는 것을 알 수 있다. 즉, 화학 II의 실험이 과학이나 화학 I에 비하여 상대적으로 더 전문적인 화학 내용을 다루고 있는 것을 알 수 있다.

위에서 살펴본 것과 같이, 고등학교 교과서의 화학 관련 실험을 수행하기 위해 필요한 능력은 학년별 빈도수의 차이는 있었지만, 중학교 과학 교과서의 '물질 영역' 실험 활동에 포함된 실험 수행 능력과 유사한 결과로 조사되었다.<sup>7</sup> 중학교 실험의 경우, 결과 정리와 자료 해석 및 일반화 능력이 가장 많이 필요한 것으로 조사되었다. 중학교 3학년의 경우, 1학년과 2학년 실험과 비교하여, 상대적으로, 실험 수행을 위한 세부적인 능력이 고르게 요구되는 실험이 많이 포함되어 있다. 실험 상황 예측, 실험 기구 설치, 측정 기구 사용, 오차 원인 분석 능력은 2학년에 비해 상대적으로 많이 요구되는 것으로 보고되었다. 실험 기구 설치 능력은 중학교 1학년과 2학년에 비해, 안전사고 위험 숙

지 능력은 1학년과 3학년에서 상대적으로 많이 요구되고 있는 것으로 제시되었다.

또한 이러한 결과들은, 문헌 연구 결과에서 나타난 탐구 및 실험 능력들과 표현과 의미상의 차이는 약간 있었지만 유사한 능력을 내포하고 있는 것을 말해준다. 그 능력의 빈도에는 차이가 있었으나, 결과 정리, 자료 해석 및 일반화, 실험 기구 설치, 안전사고 위험 숙지, 실험 상황 예측, 자료 변환, 오차 원인 분석, 컴퓨터를 이용한 정보 처리, 대체 실험법 고안 등과 같이 탐구 실험을 수행하기 위해 필요한 다양한 능력들이 포함되어 있다. 이러한 능력들은 화학 교사들이 과학 실험 수업을 지도하기 위하여 당연히 갖추어야 할 능력이다.

### 과학 실험 수업을 위해 필요한 실험 능력

위의 문헌 연구나 교과서 실험에서 필요한 실험 능력은 교사의 능력이라기보다는 탐구 실험을 위해 필요한 전반적인 능력이라고 할 수 있다. 따라서 실질적이며 구체적인 교사의 실험 능력 규명을 위하여 과학 교사가 학교 과학 실험 수업을 지도하면서 경험한 후 깨달은 실험 능력에 대하여 조사하였다.

그결과, 교사로서 실험 수업을 위하여 여러 가지의 능력들이 필요한 것으로 조사되었지만(Table 2), 그 중에서도 실험실 안전 관리와 실험 준비 능력이 가장 필요한 능력으로 인지하고 있는 것으로 조사되었다. 교사들은 특히 화학 실험의 경우, 시약과 폐기물 등 위험 요소를 많이 가지고 있어서

실험실 안전 관리 능력은 반드시 갖추어야 할 능력으로 응답하였다.

과학 교사들이 생각하는 교사의 실험 능력과 그것에 대한 문헌 연구의 결과를 비교할 때, '실험실 안전 관리 능력', '실험 정리 능력', '이론과 결과가 다른 경우에 있어서의 해석 능력', '시간 조절 능력'에서 다소 차이가 났다. 교과서 실험에서 요구하고 있는 실험 능력의 조사 결과와 비교할 때, '이론과 결과가 다른 경우 해석 능력', 그리고 '시간 조절 능력'에서 차이를 보였다. 이것은 교사와 학생에게 필요한 실험 능력이 약간 다르다는 것을 의미한다. 교사와 학생 모두 실험을 수행하기 위한 탐구 실험 능력은 동일하겠으나, 교사의 경우, 학교 현장에서의 과학 실험 수업 지도를 전제로 하여 필요한 실험 능력이기 때문에 학생의 능력과 비교하여 보다 구체적이고 실질적이다. 즉 실험 수업을 하는 과정에서 발생할 수 있는 모든 상황에 대하여 경험을 하고 예측할 수 있어야 한다는 것이다. 실험을 직접 수행할 수 있는 것을 뛰어넘어, 실험에 익숙해져 있어야 함을 전제로 하고 있다는 것으로 이해할 수 있다. 뿐만 아니라 교사에게 필요한 실험 능력은 학생들을 지도하고 학생들의 안전을 책임져야 하는 위치에 있기 때문에, '실험실 안전 및 관리 능력' 등과 같은 실험 수행이나 운영의 실제적인 중요성을 강조하여 실험 능력을 요구하고 있는 것으로 사료된다.

### 결론 및 시사점

이 연구는 문헌 연구, 교과서 실험 분석, 과학 교사 대상 설문 조사의 결과를 토대로 하여 중등 과학 교사로서 갖추어야 할 실험실기의 전문적 자질에 대한 규명을 하는 것을 목적으로 수행되었다. 실험은 자연과학의 고유한 탐구 방법이며, 과학을 다른 교과와 구별되게 하는 특징이다.<sup>4,38,39</sup>

화학 교사에게 필요한 실험 능력을 규명하기 위하여, 실험 수업 지도의 순차적인 과정에 따라 실험 수업 준비 단계, 실험수행 및 정리 단계, 실험실 관리 단계, 및 실험실 안전 관리 단계의 4단계로 구분하고, 각 단계별로 소영역과 세부 내용요소를 선별·수정하여 재배치하였다. 실험실 및 실험 활동에서의 '안전'의 중요성을 강조하기 위하

Table 2. Teachers understanding of their ability to carry-out experiments

Ability	Frequency	
	no.	%
Lab safety	65	33.3
Preparation for lab activity	45	23.1
Arrangement	17	8.7
Setting & using lab materials	14	7.2
Analysis	12	6.2
Search solutions for errors	8	4.1
Interpretation	8	4.1
Error adjustment	8	4.1
Time adjustment	8	4.1
Alternative lab activity	6	3.1
Others	4	2.1

Table 3. Chemistry teachers' ability to carryout experimentation

Stage	Ability	Contents
Preparing the instruction of experiment	Use of reagent & measuring instruments	know name & use of apparatus & reagent know & use different types of instrument manage & know how to use materials
	Preparation of samples	prepare liquid samples prepare solid samples prepare others
Conduct & arrangement	Designing experiment	investigate and design for activity make a selection understand variables and give an alternative solution consider expense, safety, & disposal decide the size of experiment design an experiment improve an experiment make a decision to modify an experiment
	Correct experimental habit & skillfulness	do inquiry activity have good skills for using apparatus manage of belongs have good habit for lab safety
	Data processing, analysis & reasoning	do data analysis develop data & do operational defining interpret data share different idea with students analyze a solution of errors administrate data & results with significant figure
Management of lab	Management	check the stock of lab materials manage and mend apparatus arrange reagents & apparatus have good information for updated lab materials
Safety	Lab safety	meet the situation for lab safety dispose & handle of waste, poison, & lab materials

여·실험실 안전 관리·를 실험수행 및 정리 단계나 실험실 관리와는 별도의 단계로 구별하여 배치하였다(Table 3).

각 단계별로 제시된 소영역은, Klopfer와 다른 학자들이 제시한 탐구 및 실험 능력을 참고하여 실험 능력에 대한 큰 틀을 잡은 후, 중등학교 교과서의 실험에 포함하고 있는 실험 능력 분석 결과와 중등학교 과학 교사들의 설문 조사 결과를 참고로 하여 화학 교사가 실험 수업을 준비하고 지도하는 전체적인 과정에서 필요한 실험 능력 소영역과 내용 요소를 중심으로 구성하였다.

화학 교사가 갖추어야 할 실험 능력은 실험 수업 지도를 전제로 하여 교사 스스로 실험을 수행할 수 있는 능력으로, 시약 및 측정기기 사용, 시료 준비, 실험설계, 바른 실험 습관 및 숙련도, 자료 정리, 분석 및 추론, 그리고 실험실 관리 및 실험실

안전 관리에 관련된 능력으로 특정지어 질 수 있다. 특히 실험 수업 준비를 위해 필요한 시료 준비 능력, 그리고 실험실 안전 관리 능력은 교사에게 실험 수업을 수행하기 위해 필요한 능력으로 제시되었다.

실험 수업은 학생들의 인지적인 능력, 과학적 태도, 과학적 탐구 기능, 과학의 본성 이해, 과학적 개념 등과 같은 총체적인 과학 학습을 위하여 유용한 전략으로 활용되고 있다.<sup>34</sup> 즉 실험 수업은 과학의 교수 방법을 다른 교과의 교수 방법과 구분하는 기준이며, 과학 교수의 필수적인 전략이자 학습의 한 수단이다.<sup>9,33</sup> 학생들의 실험 능력은 과학교육에서 고려해야 할 중요한 학습 목표이며,<sup>40</sup> 교사의 실험 능력은 과학 실험 수업 지도 능력의 기본이다. 따라서 이러한 능력들의 함양을 위한 연구, 예를 들면, 화학 교사 교육/재교육의 프



로그래밍 개발 및 적용 등과 같은 실질적이고 구체적인 연구가 이후 필요할 것이다.

REFERENCES

1. Gallagher, J. *Teaching Science for Understanding: A Practical Guide for Middle and High School Teachers*, Prentice Hall: NJ, 2006.
2. Wikipedia <http://en.wikipedia.org/wiki>, 2008.
3. Wilson, J. T. *Science Education* **1984**, 58(1), 127-133.
4. Gott, R.; Duggan, S. *Investigation work in the science curriculum*. Buckingham, Open University Press: UK, 1995.
5. Wellington, J. *Teaching and learning secondary science: Contemporary issues and practical approaches*. Routledge: London, 2000.
6. Cho, H.; Choi, K. *Theory and Practice of Science Education*. Educational Science: Seoul, 2008.
7. Park, H.; Min, B.; Jeong, D. *J. of the Korean Association for Science Education* **2008**, 28(8), 870-879.
8. Chang, S.; Noh, S. *J. of the Korean Elementary Science Education* **2005**, 24(4), 435-442.
9. Cheong, C.; Woo, J.; Kim, J. *J. of the Korean Association for Science Education* **1997**, 17(1), 93-101.
10. Lee, H. *The Development of a Test of Science Inquiry Skills for High School Student* Thesis, Korea National University of Education, Chungbuk, 1992.
11. Hur, M. *J. of the Korean Association for Science Education* **1984**, 4(2), 57-63.
12. Cha, J. *J. of Scientific Research Institute* **1984**, 84(1), 53-65.
13. Ko, M. *Survey on capability for chemical apparatus handling of the 4th grade elementary school students* Thesis, Korea National University of Education, Chungbuk, 2006.
14. Park, J.; Yoon, S.; Won, J.; Paik, S. *J. of the Korean Elementary Science Education* **2007**, 26(2), 161-170.
15. Eun, K. *Development of a Test of Science Inquiry Skills Elementary School Students* Thesis, Korea National University of Education, Chungbuk, 1992.
16. Song, K.; Lee, H.; Lim, C. *J. of the Korean Association for Science Education* **2004**, 24(6), 1245-1255.
17. Lee, Y. *The Development of a Standardized Test of Science Inquiry Skills: Interpreting and Analyzing Data for Eighth Grade Students* Thesis, Korea National University of Education, Chungbuk, 1989.
18. Kwon, J.; Kim, B. *J. of the Korean Association for Science Education* **1994**, 14(3), 251-264.
19. Kim, S.; Kim, M.; Lee, E.; Ha, M.; Kim, D.; Kim, J.; Cha, H.; Kim, S.; Kang, S.; Kim, J. *The Korean J. of Biology Education* **2007**, 35(2), 163-177.
20. Lee, J. *The Development of a Test of Science Inquiry Skills for High School Student* Thesis, Korea National University of Education, Chungbuk, 1988.
21. Woo, J.; Lee, H. *J. of the Korean Association for Science Education* **1995**, 15(1), 92-103.
22. Cheong, C. *J. of the Korean Association for Science Education* **1997**, 4(2), 57-63.
23. Moon, C. *J. of the Korean Association for Science Education* **1998**, 18(4), 545-558.
24. Kwon, J.; Kim, B.; Woo, J.; Chung, W.; Jeong, J.; Choi, B. *Theory of Science Education* Educational Science: Seoul, 2003.
25. Choi, B.; Kang, S.; Kang, S.; Kong, Y.; Kwon, H.; Kim, J.; Nam, J.; Noh, S.; Park, J.; Park, H.; Paik, S.; Lee, B.; Lee, S.; Choi, M. *Theory and Practice of Chemistry Education* Freecademy: Seoul, 2005.
26. Kuhn, D.; Amsel, E.; O'Loughlin, M. *The development of scientific thinking skills* Academic Press, INC: CA, 1988.
27. Klopfer, L. E. Evaluation of learning in science. In *Handbook on formative and summative evaluation of student learning*; Bloom, B. S.; Hastings, J. T.; Madaus, G. P. Eds.; McGraw-Hill: NY, 1971.
28. Klopfer, L. E. Learning scientific enquiry in the student laboratory. In *The student laboratory and the science curriculum*; Hegarty-Hazel, E. Ed.; Routledge: London, 1990.
29. AAAS Science: A Process Approach Records, American Association for the Advancement of Science Archives: Washington, DC, 2005.
30. Lunetta, V. N.; Tamir, P. *The Science Teacher* **1979**, 46, 22-24.
31. APU Science Progress Report 1977-78, HMSO: London, 1979.
32. Kanis, I. B.; Doran, R. L.; Jacobson, W. J. *Assessing science laboratory process skills at the elementary and middle junior high levels*. Teachers College, Columbia University: NY, 1990.
33. Bryce, T. G. K.; McCall, J.; MacGregor, J.; Robertson, J.; Weston, R. A. *J. T.A.P.S. (Techniques for Assessing Process Skills in Practical Science)*, Heinemann Educational Secondary Division, 1991.
34. DES & Welsh Office GCSE: *General certificate of secondary education*, The National Criteria, Department of Education and Science and Welsh Office, 1985.
35. Ministry of Education, National Secondary Curriculum, Report 1997-15. 2001.
36. Bruner, J. *The process of education: A landmark in educational theory*. Harvard University Press: MA, 1977.
37. Doran, R.; Chan, F.; Tamir, P. *Science educator's guide to assessment*. National Science Teachers Association (NSTA); Arlington, VA, 1998.
38. Hofstein, A.; Lunetta, V. N. *Review of Educational Research* **1982**, 52, 201-217.
39. Hofstein, A.; Lunetta, V. N. *Science Education* **2004**, 88, 28-54.
40. Kim, J.; Park, S.; Cha, H. *The Korean J. of Biology Education* **2007**, 35(2), 225-235.