

## 사범대학교 과학계열 신입생들의 과학 탐구 역량 조사 : 일반화학 실험 수행을 중심으로

박지훈 · 정도준<sup>†</sup> · 남정희<sup>†,\*</sup>

경인교육대학교 과학교육과

<sup>†</sup>부산대학교 화학교육과

(접수 2024. 3. 27; 게재확정 2024. 8. 29)

### A Study on the Scientific Inquiry Competencies of First-Year Science Major Students at a College of Education: Focusing on the General Chemistry Experiment Course

Jihun Park, Dojun Jung<sup>†</sup>, and Jeonghee Nam<sup>†,\*</sup>

Department of Science Education, Gyeongin National University of Education, Incheon 21044, Korea.

<sup>†</sup>Department of Chemistry Education, Pusan National University, Busan 46241, Korea.

\*E-mail: jhnam@pusan.ac.kr

(Received March 27, 2024; Accepted August 29, 2024)

**요약.** 이 연구는 사범대학교 과학계열 신입생이 일반화학 실험 수업을 수행하기 위한 탐구 역량을 갖추고 있는지를 알아보는 것을 목적으로 하였다. 이를 위하여 이들을 대상으로 중등학교 실험 교육 배경 조사, 화학 실험 도구 이해 평가, 탐구 과정 수행 능력 평가, 화학 실험 설계 능력 평가를 실시하였다. 연구 결과, 사범대학교 과학계열 신입생의 화학 실험 도구의 명칭과 사용법에 대한 이해가 떨어졌으며, 실험에 대한 탐구 과정을 적절하게 수행하지 못하였다. 또한, 화학 실험 설계 능력이 떨어지는 등 전반적으로 대학교에서 일반화학 실험을 수행하기에 탐구 역량이 부족한 것으로 나타났다.

**주제어:** 일반화학 실험, 신입생, 탐구 역량

**ABSTRACT.** This study aimed to investigate whether pre-service science major students at a college of education possess the inquiry competencies necessary to conduct a general chemistry laboratory class. For this purpose, a survey of students' experiences in school science, an assessment of knowledge of laboratory equipment, an assessment of science inquiry processes, and an assessment of chemistry experiment design skills were conducted. The results indicated that science education major students had insufficient understanding of the names and uses of chemical experiment tools, and they did not adequately perform the investigation processes required for the intended experiments. Additionally, it was shown that science education major students had inadequate inquiry competencies needed to conduct general chemistry experiments at the university level, such as insufficient chemistry experiment design skills.

**Key words:** General Chemistry Experiment, First-Year Science Major Students, Science Inquiry Competencies

## 서론

대학 교육의 세부적인 목표는 추구하는 인재상에 따라 대학별로 다를 수 있지만, 대학은 “국가와 인류사회 발전에 필요한 학술의 심오한 이론과 광범위하고 정밀한 응용 방법을 교수·연구하며 지도적 인격을 도야하는 것을 목적”으로 하는 기관이다.<sup>1</sup> 이에 따라 대학 교육의 일반적인 목표는 졸업생이 사회로 진출하였을 때 주어진 책무를 성공적으로 수행할 수 있는 능력을 배양하는 것이라고 볼 수 있으며, 그중 이공계열 학과는 국가의 과학기술 관련 인

력을 배출하는 것을 목표로 하고 있다.<sup>2,3</sup>

과학기술 분야의 가장 두드러지는 특징 중 하나가 과학 기술 지식과 실험을 바탕으로 연구 활동이 이루어진다는 것이다.<sup>4</sup> 연구 활동이란 기존의 과학기술 지식을 활용하여 새로운 지식을 생산하는 행위로, 이때 연구 과정은 기존의 과학자 집단의 방식으로 이루어지게 된다. 즉, 과학 기술 인력의 성장은 기존 과학기술 연구 인력의 연구 체계를 습득하고 내면화하는 과정을 의미한다고 볼 수 있다.<sup>5</sup> 따라서 이공계열 학과에서는 과학기술 지식을 배울 수 있는 강의뿐만 아니라 이를 바탕으로 이루어지는 실험 역시 매우

중요하므로 대부분의 학교에서는 기초, 전공 강의와 함께 이와 연계된 실험 수업을 편성하고 있다. 학교에 따라 차이가 있지만 화학과의 교육과정을 예로 살펴보면, 일반적으로 1학년에서는 일반화학 실험, 일반물리학 실험, 생명과학 실험 등을 편성하여 일반화학, 일반물리학, 생명과학의 기본 개념의 원리를 습득하고 이를 적용하는 것을 목표로 하고 있으며, 2학년부터는 유기화학 실험, 분석화학 실험 등 심화 과목에 대한 실험을 편성하고 있다. 강좌 이름에서도 알 수 있듯이 일반화학 실험은 일반화학의 내용을 기반으로 하는 실험 과목이므로 일반화학 실험을 이수하기 위해서는 일반화학과 관련된 지식을 알고 있거나 또는 실험을 통하여 일반화학과 관련된 개념을 스스로 학습할 수 있을 정도의 기초 학업 역량을 갖추고 있어야 한다.

선행연구를 보면 2009 개정 교육과정 화학 I 내용의 27%, 화학 II 내용의 62%가 일반화학과 연계된 것으로 보고되었으며,<sup>6</sup> 2015 개정 교육과정이 반영된 화학 I, II 역시 일반화학과의 연계가 여전히 높은 수준으로 나타났다.<sup>7</sup> 그러나 2024학년도 대학수학능력시험에서 과학 II 과목을 선택한 학생의 비율은 탐구 과목 선택자 중 1.5% 이하 수준이었으며, 화학 II는 0.92%로 8개 과학 선택과목 중 최하위였다. 물론, 대학수학능력시험에서의 과목 선택이 고등학교에서의 과목 이수나 해당 과목에 대한 기초 역량 함양 여부를 의미하는 것은 아니지만, 대학수학능력시험이 학교 수업에 미치는 영향 및 선택과목 운영 실태 등을 고려해 볼 때 대학수학능력시험에서 선택하지 않은 과학 II 과목을 고등학교에서 이수한 학생이 많다고 기대하기는 어려우며, 일부 학교에서는 과학 II 과목을 개설하고 과학 I 수업을 하는 등의 편법적 운영을 하는 것으로도 나타났다.<sup>8</sup> 이에 따라 대학교 신입생들이 전공 수업을 이수하는 데 어려움을 겪기 시작하여 서울의 한 국립대학교는 고등학교에서 물리 II 과목을 이수하지 않은 학생들이 ‘물리학’ 대신 ‘물리의 기본’이라는 과목을 이수하도록 규정을 수정하였고,<sup>9</sup> 부산의 한 국립대학교 역시 신입생을 대상으로 고교 과학 교육과정을 바탕으로 한 브릿지 교육과정을 운영하였다.<sup>10</sup>

이러한 현실은 이론 과목뿐만 아니라 이와 관련된 실험 과목을 이수하는 데도 큰 어려움으로 작용할 수 있다. 앞서 언급한 바와 같이 일반화학 실험을 이수하기 위해서는 일반화학과 관련된 지식을 알고 있거나 또는 실험을 통하여 관련된 개념을 스스로 학습하기 위한 기초 역량을 갖추고 있어야 하므로 일반화학 이수의 어려움이 곧 일반화학 실험 이수의 어려움으로 이어지게 될 것으로 예측할 수 있다. 그런데 실험 과목의 경우 선수학습의 미이수에 따른 영향뿐만 아니라 고등학교에서 실험 수업이 등한시 되는 현실 역시 실험 과목을 이수하는 데 부정적인 영향

을 미칠 수 있으므로 그 어려움은 이론 과목보다 더욱 심각하다고 볼 수 있다. 실제로 공학계열 대학생을 대상으로 한 연구에서 이론 분야의 성취도 차이와 실험 분야의 성취도 차이는 비슷한 경향을 보였으며, 탐구 영역에서 통합탐구 영역, 특히 문제 해결 능력에서 모든 대학생이 낮은 성취를 나타내었다.<sup>11</sup>

일반적으로 중등학교 교육과정에서 배우는 과학은 과학 개념과 함께 탐구 능력의 함양을 목적으로 한다. 탐구 능력은 무엇보다도 실험에 기반하여 이루어지는 활동을 바탕으로 신장될 수 있으며, 실험은 과학교육의 핵심적 요소로,<sup>12</sup> 자연 세계에 대한 이해를 깊게 해주기 때문에 19세기 후반에서부터 과학교육의 중요한 부분으로 자리 잡았다.<sup>13</sup> 실험은 학생들의 자발적 흥미를 일으키고, 탐구적 학습을 촉진하며, 과학적 태도를 함양시킬 수 있을 뿐만 아니라 과학 개념 이해에도 도움을 주는 것으로 보고되었다.<sup>14,15</sup> 그러나 PISA 2015 설문 결과에서 우리나라는 탐구 기반 수업 중 탐구 실행에 해당하는 항목들의 응답 평균이 매우 낮게 나타났으며,<sup>16</sup> 고등학교에서 학생이 화학 수업 방법으로 실험 수업을 가장 선호함에도 불구하고<sup>17</sup> 학교 현장에서는 실험 수업이 거의 이루어지지 않는 것으로 보고되기도 하였다.<sup>17,18</sup> 심지어 고등학교에서 탐구의 활성화를 목적으로 만들어진 ‘과학탐구실험’ 과목의 운영에서조차도 한 학기에 실험 수업을 2회 이하로 한다고 응답한 비율이 가장 높았다.<sup>19</sup> 즉, 학생들은 중등학교 실험활동을 통해서 길러지는 탐구 역량을 갖추지 못한 채 대학교에 진학하게 된다고 볼 수 있다.

이러한 현실은 이공계열 학생뿐만 아니라 과학계열 사범대 대학생들이 예비 교사 양성 과정을 이수하는 데도 큰 문제점으로 작용할 수 있다. 과학 교사는 학교 현장에서 과학 개념과 함께 실험을 통하여 학생들의 탐구 능력을 길러주는 역할을 수행하므로 다양한 분야의 실험을 수행할 수 있어야 하며, 더 나아가 실험과 관련된 지도까지도 할 수 있어야 한다. 예비 교사를 대상으로 실험과 관련되어 수행된 선행연구를 살펴보면, 예비 초등 교사의 경우 유리 실험 기구의 사용 능력이 매우 떨어졌으며,<sup>20,21</sup> 실험 설계 능력 역시 낮은 것으로 보고되었다.<sup>22</sup> 그러나 선행연구는 예비 교사의 실험과 관련된 능력만을 알아보았을 뿐, 예비 교사들이 실험에서 어려움을 겪는 원인에 대한 의미 있는 분석을 제공해 주지는 못하였다.

일반적으로 대학에서의 실험 수업의 목적은 실험을 통하여 고차원적인 과학 이론을 이해하는 것이며 장기적으로는 연구 분야나 산업 분야로 진출할 전문가를 양성하는 것이다.<sup>23</sup> 사범대학교 과학계열 학과에서 실험 수업의 목적은 이와 더불어 예비 과학 교사들의 탐구 활동 지도 전문성을 함양하는 것으로 볼 수 있다. 예비 과학 교사의 탐

구 활동 지도 전문성은 예비 과학 교사의 탐구 능력을 바탕으로 형성되므로,<sup>24</sup> 이와 관련한 선행 연구에서는 예비 과학 교사들의 탐구 수행 경험의 필요성을 강조하고 있다. 이러한 경험은 예비 과학 교사들의 탐구 능력과 함께 탐구 수업에 대한 인식 및 교수 실천에도 긍정적인 영향을 주는 것으로 보고되었다.<sup>25,26</sup> 따라서 예비 과학 교사들에게 실험 수업의 중요성은 특히 중요하다고 할 수 있으므로 과학계열 사범 대학 진학을 희망하는 학생들은 중등교육 과정에서 대학에서의 실험 교육을 수행하기 위한 기본적인 탐구 역량을 배양해야 한다. 이러한 기본적인 탐구 역량이 갖추어지지 않은 상태에서 사범 대학의 실험 교육 목적을 달성은 어려울 것이다.

이 연구는 과학계열 사범대학교 신입생이 일반화학 실험 수업을 수행하기 위하여, 필요한 탐구 역량을 갖추고 있는지를 알아보는 것을 목적으로 하였다. 이를 위해 대학 일반화학 실험 과목을 이수하기 위해 요구되는 탐구 역량을 중등학교에서 함양해야 하는 탐구 역량으로 간주하였고, 이를 바탕으로 대학교 일반화학 실험 역량과 관련된 후속 연구의 기초 연구로서 제언 점을 주고자 하였다.

## 연구 방법

### 연구 대상

이 연구는 과학계열 사범대학교 신입생이 일반화학 실험 수업을 수행하기 위해 요구되는 탐구 역량을 갖추고 있는지 알아보기 위해 수행된 연구로 광역시 소재 사범대학교 화학교육과, 물리교육과 신입생 중 일반화학 실험에 수강한 학생 36명(화학교육 23명, 물리교육 13명)을 대상으로 하였다. 과학계열 사범대 학과 중 화학교육과와 물리교육과를 선정한 이유는 지구과학교육과와 생물교육과의 경우 2학기에 일반화학 실험을 수강하여 1학기에 수강한 실험 과목이 예비 교사들의 탐구 역량에 영향을 줄 수 있으므로, 1학기에 일반화학 실험이 편성된 화학교육과와 물리교육과 학생들 대상으로 하였다.

### 탐구 역량

대학교에서 일반화학 실험 수업을 수행하기 위하여 요구되는 탐구 역량에 대한 합의된 정의는 없지만, 실험을 통해 고차원적인 과학 이론을 이해하고, 연구 분야나 산업 분야로 진출할 전문가의 양성을 목표로 하는 대학교 실험 수업 목적<sup>23</sup>은 탐구 역량 함양을 목적으로 하는 중등학교의 과학 실험<sup>27</sup>과 어느 정도 차이가 있다고 볼 수 있다. 고등교육은 중등교육 과정을 기반으로 이루어지므로 중등학교 교육과정은 원활한 고등교육과정 수행을 위한 필요조건이라고 볼 수 있다. 따라서 일반화학 실험 수업

과정을 수행하기 위해서는 중등학교에서 함양해야 할 탐구 역량이 갖춰져야 할 것으로 판단된다.

중등학교에서 함양해야 할 탐구 역량과 관련된 선행 연구를 살펴보면 Hibbard<sup>28</sup>는 탐구 기능으로 문제의 이해, 실험의 계획, 실험의 수행, 결과의 발표로 보았으며, 이효녕 등<sup>29</sup>과 남정희<sup>30</sup>는 문제 인식 및 가설설정, 실험 설계 및 실험 절차의 고안, 자료수집, 자료의 변환 및 해석, 평가 등을 탐구 기능으로 보았다. 허명<sup>31</sup>은 탐구 과정을 크게 자료의 수집과 분석, 자료의 해석과 분석, 결과의 종합 및 평가로 보았다. 이러한 선행연구를 종합해 볼 때 사용하는 용어나, 단계의 구분은 차이가 있었으나 탐구가 일어나는 전반적인 과정은 유사하게 탐구의 설계, 자료수집, 자료 변환 및 해석, 결론 도출, 반성으로 보았다. 또한, 과학 탐구의 방법으로써 실험은 읽기, 자료 조사, 토의 등<sup>27,32</sup>과 달리 기구 사용이 뒷받침되어야 하는 방법으로, 특히 화학실험에서 기구의 사용 능력은 매우 중요하여<sup>20,21,33</sup> 영국의 평가관련 시험(Assement of Performance Unit, APU; General Certification of Secondary Education, GCSE)에서는 실험 기구 사용 능력을 탐구 기능으로 명시하였다.<sup>34</sup> 이를 종합하여, 이 연구에서는 탐구 역량의 요소로 화학 실험 도구 이해, 탐구의 설계, 자료수집, 자료 변환 및 해석, 결론 도출, 반성을 선정하였다.

### 자료수집

연구 참여자의 중등학교에서 이수한 화학 관련 과목과 실험 수업에 대한 배경을 알아보기 위해서 중등학교 실험 교육 배경 조사를 실시하였으며, 탐구 역량은 화학 실험 도구 이해 평가, 탐구 과정 수행 능력 평가, 화학 실험 설계 능력 평가로 구분하여 알아보았다. 화학 실험 도구 이해는 실제 실험의 맥락에서만 평가할 경우 사용되는 도구의 수가 제한되고, 조별로 이루어지는 실험 수업의 특성상 실험 도구에 대한 개인별 이해 정도는 알아보기 어려워 화학 실험 도구 이해 평가 검사지를 이용하여 알아보았다. 또한, 예비 보고서를 통해 실험 방법에 대한 사전 조사가 이루어지는 일반화학 실험 수업의 운영 방식을 고려할 때 실험이 진행되는 과정에서 탐구 설계 능력을 알아보는 것 역시 어려우므로 탐구 설계 역시 분리하여 화학 실험 설계 능력 평가를 이용하였다. 그 외의 탐구 역량 요소는 실제 실험이 진행되는 맥락에서 탐구 과정 수행 능력 평가를 이용하여 측정하였다.

중등학교 실험 교육 배경 조사, 화학 실험 도구 이해 평가, 화학 실험 설계 능력 평가는 일반화학 실험 수업이 시작되기 전에 수집되었다. 일반화학 실험의 1차시는 오리엔테이션, 2차시는 유리세공으로, 이 주제는 학생들의 탐구 과정 수행 능력을 평가하는 데 적절한 주제가 아니라고 판

단되어 탐구 과정 수행 능력 평가는 3차시에 진행되었다.

**중등학교 실험 교육 배경 조사.** 중등학교에서 화학과 관련된 과목을 어느 정도 이수하였는지 알아보고, 실험 수업이 어느 정도 이루어졌는지, 화학실험 수업에 대한 정의적 특징은 어떠한지를 알아보기 위해서 중등학교 실험 교육 배경 조사를 실시하였다. 설문 조사에 대한 응답은 중등학교에서의 경험을 기반으로 이루어지는데 중학교의 경우 졸업 이후 상당한 시간이 진행되었으므로, 문항은 주로 고등학교에서의 실험 교육을 바탕으로 구성하였다. 설문지의 1~4번 문항은 고등학교에서 이수한 화학 관련 과목과 고등학교 1~3학년 과정에서 경험한 실험 수업의 빈도를 알아보는 것으로 구성하였으며, 5~6번 문항은 화학실험에 대한 정의적인 특징을 알아보는 항목으로, 7번 문항은 대학교에 진학하여 일반화학 실험을 수강하는 것에 대한 자신의 자유로운 생각을 서술하도록 설문지를 구성하였다(Table 1). 설문은 연구 참여자들을 대상으로 구글 폼(Google Forms)을 이용하여 2023년 3월 첫째 주 동안 온라인으로 진행하였다.

**화학 실험 도구 이해 평가.** 화학 실험 도구 이해 능력 평가 문항 작성에 앞서 국내 중, 고등학교 과학 및 화학 교과서를 분석하였다. 분석은 과학교육 박사 1명, 과학교육 석

사과정 1명, 교직 경력 20년의 화학 교사 1명이 진행하였다. 교과서의 ‘탐구 실험’과 관련된 내용에 소개된 실험 도구를 선정하였으며, 실험 도구에 따라서 교과 내용의 제시에 꼭 필요한 실험 도구는 ‘탐구 실험’ 관련 항목에 없어도 추가하였다. 최종 선정된 실험 도구는 1개 학년 이상에서 80% 이상의 교과서에 수록된 총 16개의 실험 도구를 선정하였다(Table 2). 각 실험 기구에 대해 기구의 명칭과 용도를 묻는 2개의 문항으로 구성하였으며, 문항의 내용은 ‘(1) 실험 기구의 명칭을 쓰시오.’ ‘(2) 실험 기구의 정확한 용도를 서술하시오.’이다. 도구의 명칭은 1점, 도구의 용도는 2점을 부여하여 총점은 48점이었다.

**탐구 과정 수행 능력 평가.** 탐구 과정 수행 능력은 실제 실험이 수행되는 맥락에서 평가하는 것이 바람직하므로,<sup>30,35</sup> 이를 알아보기 위한 실험으로 ‘산-염기 중화 적정’을 선택하였다. ‘산-염기 중화 적정’을 수행하기 위해서는 Table 2에 제시된 실험 기구 중 가시 달린 삼각 플라스크, 분별 깔때기를 제외한 대부분의 실험 도구를 사용해야 하며, 미지의 수용액의 농도를 확인하기 위한 ‘표준 용액 제조’를 수행해야 한다. 즉, ‘산-염기 중화 적정’ 탐구 과정을 수행하는 가운데 실험 기구의 사용과 용액의 제조를 함께 평가할 수 있다. 또한, ‘산-염기 중화 적정’은 고등학교 화학I 교육

**Table 1.** Survey of students' experiences of school science

Number	Detailed Contents	Type of Response
1	Please select all chemistry-related subjects you completed in high school	Multiple Choice
2	How often were experiments conducted in the first year of high school	single response
3	How often were experiments conducted in the second year of high school	single response
4	How often were experiments conducted in the third year of high school	single response
5	Do you find chemistry experiment interesting?	scale
6	Are you confident in conducting experiment interesting?	scale
7	Please share your feelings about taking the class of chemistry experiments.	open-type

**Table 2.** Assessment of knowledge of laboratory equipment

Number	Chemistry Laboratory Equipment	Textbook	Number	Chemistry Laboratory Equipment	Textbook
1	Weighing paper	Science 1, 2 & Chemistry 1, 2	9	Volumetric flask	Chemistry 1
2	Erlenmeyer flask	Science 1~3 & Chemistry 1, 2	10	Pipette	Chemistry 1, 2
3	Beaker	Science 1~3, Integrated Science & Chemistry 1, 2	11	Pipet filler	Chemistry 1, 2
4	Test tube	Science 1~3, Integrated Science & Chemistry 1, 2	12	Burette	Chemistry 1
5	Funnel	Science 2 & Chemistry 1, 2	13	Laboratory stand	Science 1, 2 & Chemistry 1
6	Digital scale	Science 2, 3, Integrated Science & Chemistry 1, 2	14	Heating tools	Science 1~3, Integrated Science & Chemistry 1, 2
7	Dropper	Science 1~3, Integrated Science & Chemistry 1, 2	15	Erlenmeyer flask with branch	Science 2
8	Graduated cylinder	Science 2, Integrated Science & Chemistry 1, 2	16	Separatory funnel	Science 2

과정과 직접적으로 연계되는 실험으로 일반화학 실험 수업을 진행하면서 고등학교에서 다루는 실험을 올바르게 수행하였는지를 알아볼 수 있으므로 ‘산-염기 중화 적정’을 통하여 탐구 과정 수행 능력을 알아보았다.

**화학 실험 설계 능력 평가.** 화학 실험 설계 능력은 중등학교에서 수행되었던 실험 주제를 바탕으로 구성된 화학 실험 설계 능력 평가지를 활용하여 알아보았다. 앞서 언급한 바와 같이 일반적인 일반화학 실험 운영 방식을 고려할 때 예비 보고서를 통해 실험 방법에 대한 조사가 이루어지므로 실제 실험 수행이 일어나는 과정에서 예비 교사의 실험 설계 능력을 알아보기가 어렵다. 따라서 화학 실험 설계 능력은 일반화학 실험 수업이 시작되기 전에 평가지를 통하여 알아보았다.

평가지의 제작에는 과학교육 박사 1명, 과학교육 석사과정 1명, 교직 경력 20년의 화학 교사 1명이 참여하였다. 이를 위하여 중학교 과학 교과서 및 고등학교 통합과학, 화학 I, 화학 II 교과서 및 교육과정<sup>27</sup>을 분석하였다. 먼저, 교과서에 제시된 탐구 활동을 크게 ‘개념 확인 실험’과 ‘기초화학 실험’의 2가지 유형으로 구분하였다. 보일의 법칙을 알아보기 위한 탐구 활동과 같이 특정 개념을 알아보기 위하여 고안된 실험을 ‘개념 확인 실험’으로 정의하였으며, 식초 속 아세트산 함량 측정에서의 적정과 물과 에탄올의 분리에서의 증류와 같이 탐구 활동을 통하여 실험 능력(Lab Skill)<sup>36</sup>을 기를 수 있는 실험을 ‘기초화학 실험’으로 정의하였다. ‘개념 확인 실험’의 경우 학습 개념이 적용되는 현상을 관찰하기 위하여 특별히 고안된 활동이므로 화학 실험 설계 능력 평가에서는 제외하여, ‘기초 화학 실험’을 바탕으로 화학 실험 설계 능력 평가를 구성하였다.

먼저 중학교 1학년 과학 중 화학 관련 내용을 보면 ‘기체의 성질’과 ‘물질의 상태 변화’로 해당 단원의 탐구 활동을 분석해 보면 특정 개념을 설명하기 위해 고안된 탐구 활동이나, 온도 측정 등 매우 간단한 실험 능력으로 구성되어 있어서 중학교 1학년 과정의 실험활동은 제외하였다. 중학교 2학년 과학에서 화학 관련 내용 중 ‘물질의 구성’에서는 실험활동이 거의 없었다. 그러나 ‘물질의 특

성’ 단위에서는 혼합물의 분리와 관련된 실험활동이 제시되었으며, 이는 다양한 화학실험에 활용될 수 있는 ‘기초 화학 실험’이므로 화학 실험 설계 능력 평가에 포함하였다. 중학교 3학년 과학 중 화학 관련 내용은 ‘화학 반응의 규칙과 에너지’로 주로 모형을 통해 개념이 제시되어 있었으며 학생 활동 역시 모형을 이용하는 것이 대부분이었다. 통합과학의 화학 내용 중 ‘물질의 규칙성과 결합’에 제시된 학생 활동은 모형을 이용한 탐구나 전도도 측정과 같은 매우 간단한 실험활동이었고 ‘산화 환원’ 및 ‘산-염기’는 화학 I, II와 연관되어 있으므로 제외하였다. 화학 I에 나오는 학생 활동 중 ‘몰 농도 용액의 제조’와 ‘중화 적정’, 화학 II의 내용 중 ‘기체의 수상 치환’이 ‘기초화학 실험’으로 분류되었다.

검사지의 문항별로 학생들은 주어진 실험 상황에서 사용되는 실험 기구를 모두 쓰고, 실험 원리와 함께 단계별로 실험 방법을 서술하도록 구성되었다. 구체적인 문항은 (Table 3)과 같다.

### 자료 분석

탐구 역량을 알아보기 위한 평가 중 화학 실험 도구 이해 평가에서 실험 기구의 명칭은 원칙적으로 교과서에서 제시한 명칭을 정답으로 하되, 제시한 정답이 일반적으로 사용되는 명칭이면 정답으로 처리하였다. 실험 도구의 사용 방법은 실험 기구의 여러 용도 중 1가지만 적었다더라도 구체적이고 올바르게 적었다면 정답처리 하였으며, 올바르게 사용하지 않은 사용 방법을 작성한 경우, 지나치게 일반적인 용도만 작성한 경우, 올바른 사용 방법과 올바르게 않은 사용 방법을 함께 적은 경우는 오답 처리하였다. 화학 실험 설계 능력 평가와 탐구 과정 수행 능력 평가는 일반적인 탐구 과정의 요소와 과학 탐구 과정 평가와 관련된 루브리,<sup>29</sup> 탐구 과정기능 평가도구<sup>30</sup>를 활용하여 개발하였다 (Table 4).

3가지 평가지의 결과는 과학교육 박사 1명, 과학교육 석사과정 1명이 분석하였다. 2명의 연구자가 각각 예비 교사 5명의 검사 결과를 예비 분석한 뒤 그 결과를 바탕으로 분석 관점에 대하여 논의하였다. 조정된 분석 관점을

**Table 3.** Assessment of chemistry experiment design skills

Number	Detailed Contents	Textbook
1	Separation of Water and Cooking Oil Mixture	Science 2
2	Separation of Ethanol and Water Mixture	Science 2
3	Separation of Salt and Sand Mixture	Science 2
4	To prepare 1L of 0.1M NaOH(aq) solution using solid NaOH(s) as the reagent	Chemistry 1
5	To dilute a 12M HCl(aq) solution to a 0.1M HCl(aq) solution	Chemistry 1
6	Measuring the Concentration of Acetic Acid in Vinegar Using 0.1M NaOH(aq) Standard Solution	Chemistry 1
7	Gas Collection Experiment from the Reaction between Mg(s) and HCl(aq)	Chemistry 2

**Table 4.** Inquiry competency assessment framework

Assessment	Element	Detailed Contents	Score	
Assessment of Chemistry Experiment Design Skills	Experimental Design	· Unable to design experiments at all	0	
		· Attempts are made, but variables are not identified	2	
		· Some variables are identified, but overall experiment is not designed	4	
		· Identifies independent and dependent variables and designs a qualitative experiment	6	
		· Controls variables and designs the overall experiment, but some aspects are incomplete	8	
			· Controls variables, provides specific experimental procedures, and selects appropriate apparatuses	10
	Assessment of Science Inquiry Process	Collecting data	· Does not collect any data	0
			· Presents only qualitative data, such as the mass of vinegar and the volume of sodium hydroxide solution consumed	2
			· Quantitatively presents the mass of vinegar and the volume of sodium hydroxide solution consumed, but data collection is inaccurate	4
			· Quantitatively presents the mass of vinegar and the volume of sodium hydroxide solution consumed, but the collected data's significant figures are inaccurate	6
· Presents quantitatively the mass of vinegar and the volume of sodium hydroxide solution consumed, considering significant figures			8	
			· Presents quantitatively the mass of vinegar and the volume of sodium hydroxide solution consumed, considering significant figures, and performs repeated measurements	10
Data Conversion and Interpretation			· The data is not converted into a table, and the molar concentration of acetic acid is not determined	0
			· The data is not converted into a table, and the molar concentration of acetic acid is inaccurately determined	2
			· The data is converted into a table, but the molar concentration of acetic acid is not determined	4
			· The data is not converted into a table, but the molar concentration of acetic acid in vinegar is determined	6
		· The data is presented in tabular form, but it is not appropriate. However, the molar concentration of acetic acid in vinegar is determined	8	
		· The data in the table is accurately labeled, and the molar concentration of acetic acid in vinegar is determined	10	
Assessment of Science Inquiry Process	Drawing Conclusions	· Does not draw any conclusions	0	
		· Simply lists the experimental result data without drawing any conclusions	2	
		· Attempts to determine the percentage concentration of acetic acid from the molar concentration of vinegar but is inaccurate	4	
		· Attempts to determine the percentage concentration of acetic acid from the molar concentration of vinegar but does not show the process	6	
		· Determines the percentage concentration of acetic acid from the molar concentration of vinegar and provides a detailed process	8	
			· Determines the percentage concentration of acetic acid from the molar concentration of vinegar, provides a detailed process, and calculates the error between the value obtained from the experiment and the actual value	10
	Reflection		· Does not recognize shortcomings	0
			· Only reviews certain aspects such as experimental design, data collection, and result analysis	2
			· Reviews experimental design, data collection, result analysis, etc., but fails to identify any shortcomings	4
			· Systematically reviews experimental design, data collection, result analysis, etc., to identify shortcomings, but the assessment is inaccurate	6
		· To identify the root causes of the issues, reviews experimental design, data collection, result analysis, etc., and figure out specific shortcomings	8	
		· Provides suggestions for improvement	10	

바탕으로 과학교육 석사과정 1명이 분석을 실시하였고, 과학교육 박사 1명이 분석된 결과의 적절성에 대하여 점검하였으며, 검사 결과에 의견 차이가 있는 경우 논의 과정을 통해 합의 과정을 거쳤다.

## 연구 결과

### 중등학교 교육과정에서의 실험 수업 배경

연구에 참여한 화학교육과와 물리교육과 1학년 학생들

**Table 5.** Chemistry-related subjects taken in high school

	Chemistry 1	Chemistry 2	Integrated Science	Science Inquiry Experiment	Chemistry Experiment	Advanced Chemistry
Chemistry Education	100.0%	65.2%	100.0%	100.0%	4.3%	4.3%
Physics Education	38.5%	23.1%	100.0%	100.0%	0.0%	0.0%

의 고등학교 교육과정에서의 실험 수업 관련 배경을 알아보기 위하여 사전 설문 조사를 실시하였다. 먼저 고등학교에서 이수한 화학과 관련된 교과목은 화학교육과 학생들과 물리교육과 학생들 사이에 차이가 있었다(*Table 5*).

화학교육과 학생 23명 중 23명 전원이 화학 I 과목을 수강하였으며, 약 65%(15명)의 학생은 화학 II까지 이수한 것으로 나타났다. 반면, 물리교육과 15명 중 5명이 화학 I 을, 3명이 화학 II를 이수하였다. 사전 연구를 보면 고등학교에서 필요에서 따라서 과학 과목을 선택적으로만 이수한 경우 대학교 전공 수업을 정상적으로 이수하는 데 어려움을 겪는 것으로 나타났다.<sup>37,38</sup> 특히, 사범대학의 경우 중등 과학 교사를 양성하는 것이 목적으로 대부분 1학년에서 2학년 사이에 4가지 기초 과학(일반물리학, 일반화학, 일반생물학, 지구과학)과 관련 실험 과목을 모두 이수하도록 교육과정이 구성되어 있으므로<sup>39</sup> 자신이 선택하지 않은 과목을 이수하는 데 겪는 어려움이 더욱 크다고 볼 수 있다. 실제로 이 연구에 참여한 물리교육과 학생들은 이러한 어려움을 표현하기도 하였다(사례 1).

〈사례 1〉

학생 A: 어려운 실험이 나올까봐 걱정이예요... 화학 선택을 안 해서...

학생 B: 화학에 대해서 중학교 내용도 몰라서 너무 힘들다.

학생 C: 화학실험을 거의 처음 힘들 것 같다.

(설문 조사 7번 문항 응답 중)

고등학교 때 수행된 과학실험의 빈도는 *Table 6*과 같다.

설문 결과를 보면 고등학교 교육과정에서 학년에 상관없이 실험을 하지 않았다는 응답이 60.5%로 가장 많았으며, 한 학기에 1~2회를 수행하였다는 응답이 23.7%로 그 뒤를 이었다. 예비 교사의 경험에 근거한 응답이므로 실제로 수행한 실험의 횟수와 완전히 일치한다고 볼 수 없

다. 그러나 실험 수업이 한 학기에 1~2회 이하로 일어났다는 응답이 80% 이상으로, 과학 전체 시수의 20% 이상을 실험 시수로 확보할 것을 강조하는 여러 교육청 정책<sup>40-42</sup>과 비교할 때, 실제로 고등학교에서 실험 수업이 활발하게 이루어진 것은 아니라고 볼 수 있다. 선행연구를 살펴보면, 예비 화학 교사 189명을 대상으로 한 설문에서 107명(44%)이 고등학교 재학 중 1년에 실험은 0~1회 정도 하었다고 응답하였으며,<sup>18</sup> ‘과학탐구실험’의 운영에 있어서 1년에 3회~4회 정도의 실험이 이루어진다고 응답한 결과<sup>19</sup> 등은 이 연구에서의 결과와 일치한다고 볼 수 있다.

중등학교 실험 배경 조사 중 화학 실험을 수강하는 것에 대한 자신의 느낌을 자유롭게 적는 7번 문항을 통해 고등학교에서 실험 수업이 잘 이루어지지 않았다는 것을 알 수 있다. 학생 D와 E의 경우 고등학교에서 실험 수업을 하지 않았던 것이 대학에서 화학실험 수업을 수강하는데 불안의 요소로 작용하였고, 학생 F와 G의 경우 반대로 기대의 요소로 작용하기도 하였다(사례 2).

〈사례 2〉

학생 D: 실험을 잘 안 해봤다 보니 보고서 쓰는 법을 잘 몰라서 더 걱정되는 것 같다.

학생 E: 실험을 거의 처음 해봐서 힘들 것 같다.

학생 F: 고등학교 때 못한 실험을 할 수 있어서 좋아요.

학생 G: 고등학교 시절 실험을 하지 못해 한이 맺혔는데 화학실험을 할 수 있게 되어 정말 기쁘다.

(설문 조사 7번 문항 응답 중)

화학 실험에 대한 흥미도와 자신감에 대한 응답결과는 *Table 7*에 제시된 바와 같다.

화학교육과와 물리교육과 1학년 학생들은 ‘화학실험에 대하여 재미있다고 느끼는가?’를 물어보는 질문에 약 70% 이상이 긍정의 응답(그렇다, 매우 그렇다)을 하였으

**Table 6.** Frequency of laboratory classes in high school

Grade	At least twice a week	Once a week	2 to 3 times a month	Once a month	Once or twice per semester	Not performed at all
First	1	3	3	1	10	20
Second	0	2	3	2	12	19
Third	0	2	0	1	5	30
Sum	1(0.9%)	7(6.1%)	6(5.3%)	4(3.5%)	27(23.7%)	69(60.5%)

**Table 7.** Interest and confidence in chemistry experiments

Detailed Contents	Strongly Disagree	Disagree	Neutral	Agree	Strongly Agree
Do you find chemistry experiment interesting?	1(2.8%)	2(5.6%)	7(19.4%)	14(38.9%)	12(33.3%)
Are you confident in conducting chemistry experiment?	6(13.9%)	10(27.8%)	15(44.4%)	3(8.3%)	2(5.6%)

며, 부정의 응답은 8%로 매우 낮았다. 반면 ‘화학실험 수행에 자신감이 있는가?’를 묻는 질문에 약 40%가 부정의 응답(전혀 그렇지 않다, 그렇지 않다)을 하였으며 긍정의 응답은 14%였다. 연구 참여자는 일반화학 실험 수업을 시작하기 전 해당 설문을 진행하였으므로 화학실험에 대한 정의적인 특징은 중등학교에서의 경험이 반영되어 형성된 것으로 볼 수 있다. 설문 조사 결과, 화학교육과와 물리교육과 1학년 학생들은 화학실험에 대하여 흥미를 느끼고 있었지만, 자신감을 낮다고 볼 수 있다. 이는 <사례 2>에서 나타난 바와 같이 고등학교 과정에서의 실험 수업 경험이 적은 것과 관련 있는 것으로 보인다. 실제로 선행연구<sup>17</sup>를 보면 고등학교 학생들이 화학 수업에서 가장 선호하는 수업의 형태로 실험 수업이 가장 높게 나타났는데, 이러한 실험 수업이 고등학교에서 잘 이루어지지 않았기 때문에 대학교에서의 실험 수업에 대한 기대감이 높아 흥미에 대한 긍정적 응답이 높게 나타난 것으로 보인다. 반면, 흥미는 있지만 화학실험을 많이 해보지 않았기 때문에 화학실험 수행 능력 부족에 대한 걱정으로 낮은 자신감을 나타낸 것으로 보인다.

**탐구 역량 평가**

연구에 참여한 화학교육과와 물리교육과 1학년 학생들

의 화학실험 기구에 대한 이해를 알아보기 위해서 실시한 화학 실험 도구 이해 평가에 대한 화학교육과 1학년과 물리교육과 1학년의 응답 결과는 Table 8과 같다.

화학 실험 도구 이해 평가에서 도구 명칭 점수는 1점, 도구 사용 방법에 대한 점수는 2점으로 항목별 총점은 3점이다. 평균 점수가 1점에 가까울수록 도구의 명칭은 알고 있지만 도구의 사용 방법에 대한 이해는 부족하다는 것을 의미한다. 화학교육과 1학년의 화학 실험 도구 이해 능력 평가에 대한 평균 점수는 19.39점이고, 최고점은 38점, 최저점은 6점이었다. 도구 별로 살펴보면 가열 도구와 전자저울, 스포이트의 이해는 높은 편이었으나 그 외의 도구는 평균 점수가 모두 1.5점 이하로 도구에 대한 이해가 낮아 사용 방법보다는 명칭 정도를 알고 있는 경우가 많다고 볼 수 있다. 기구의 명칭과 사용 용도를 모두 올바르게 쓴 비율이 높은 도구를 살펴보면 전자저울과 가열 도구가 각각 78.3%로 가장 높았고, 그다음은 스포이트로 56.5%이었다. 3가지 도구를 제외한 나머지 도구들은 명칭과 사용 용도를 올바르게 쓴 비율은 모두 50% 미만이었다. 기구의 명칭과 사용 용도를 모두 올바르게 쓰지 않은 비율이 높은 도구를 살펴보면 분별 깔대기(95.7%), 피펫 필러(91.3%), 가지달린 삼각 플라스크(87.0%), 부피 플라스크(69.6%)가 있었다. 명칭은 올바르게 알고 있으나 사용 용

**Table 8.** Assessment of knowledge of laboratory equipment

Chemistry Laboratory Equipment	Chemistry Education		Physics Education		Z	p
	M	SD	M	SD		
Weighing paper(3)	1.09	1.31	1.07	0.80	-0.487	.658
Erlenmeyer flask(3)	1.26	1.14	1.33	1.11	-0.276	.813
Beaker(3)	1.48	0.95	1.13	0.83	-1.221	.344
Test tube(3)	0.74	1.10	0.40	0.91	-1.162	.344
Funnel(3)	1.39	1.41	0.87	1.25	-1.156	.300
Digital scale(3)	2.52	0.95	2.47	1.13	-0.021	1.000
Dropper(3)	2.09	1.12	2.07	1.10	-0.083	.953
Graduated cylinder(3)	1.43	1.27	1.00	1.20	-1.002	.344
Volumetric flask(3)	0.87	1.36	0.20	0.77	-1.707	.235
Pipette(3)	0.91	1.20	0.20	0.41	-1.807	.129
Pipette filler(3)	0.26	0.86	0.13	0.52	-0.287	.906
Laboratory stand(3)	1.04	1.07	1.00	1.07	-0.115	.930
Burette(3)	1.22	1.13	0.80	0.94	-1.136	.286
Heating tools(3)	2.65	0.71	2.27	1.10	-1.027	.442
Erlenmeyer flask with branch(3)	0.35	0.93	0.00	0.00	-1.437	.516
Separatory funnel(3)	0.09	0.42	0.00	0.00	-0.808	.836
Sum(48)	19.39	9.88	14.93	8.23	-1.227	.224

도를 올바르게 작성한 도구를 살펴보면 비커가 69.6%, 삼각 플라스크가 47.8%였다.

가열 도구와 전자저울의 경우 화학실험이 아니더라도 일상생활에서 쉽게 접할 수 있는 도구이고, 스포이트는 초등학교 때부터 친숙하게 다루는 도구이므로 이 3가지 도구에 대한 점수는 비교적 높은 것으로 보였다. 분별 깔대기와 가지달린 삼각 플라스크의 경우 중학교 2학년의 혼합물의 분리 단원에서만 제시되어 학생들의 정답률이 낮았던 것으로 분석된다. 비커와 삼각 플라스크의 경우 대부분 학생이 명칭은 정확하게 알고 있었으나, 사용 용도에 대하여 부피를 측정하는 도구로 잘못 알고 있는 경우가 많았다.

2015 개정 교육과정에서 탐구 활동으로 ‘식초 속 아세트산 함량 구하기’를 명시하고 있으며, 이에 따라 모든 화학 I 교과서에는 식초의 적정에서 사용되는 실험 도구가 포함된 실험 과정이 자세하게 제시되어 있다. 또한, 대학수학능력시험에서도 식초의 적정과 관련된 문제가 1문항 이상씩 매회 출제되는 등 2015 개정 교육과정에 중요한 내용으로 인식됨에도 불구하고 이와 관련된 실험 기구에 대한 이해가 낮은 것은 교과 내용 위주의 고등학교 수업과 관련 있는 것으로 보인다. 즉, 교과서에 실험활동으로 제시되어 있더라도 학교에서는 대학수학능력시험의 형태에 맞추어 이와 관련된 이론 위주의 수업이 이루어지기 때문에<sup>43</sup> 실험 도구에 대한 이해는 떨어진다고 볼 수 있다. 실제로 피펫의 용도와 사용법을 모두 모르는 학생이 56.5%인 것과 비교할 때 피펫 필러의 용도와 사용 방법을 모두 모르는 학생이 91.3%라는 것은 이론을 통해서 탐구 활동을 학습하는 고등학교의 수업 형태의 결과와 큰 관련이 있는 것으로 보인다.

또한, 선행연구에 따르면 실험이 이루어졌더라도 시간 부족, 객관적 채점의 어려움 등을 이유로 실험 수행을 진행한 교사의 98.8%가 실험 보고서의 결과 및 자료 해석만을 이용하여 평가하고 있었다. 따라서 실험 기구의 사용을 포함한 실제 수행과 관련된 부분은 제대로 부분은 제대로

평가되지 않았으며, 이러한 부분도 실험 기구에 대한 이해가 떨어지는 원인으로 작용할 수 있다고 판단된다.<sup>44</sup>

물리교육과 1학년 학생들의 평균 점수는 14.93점으로 화학교육과 1학년 학생들과 비교할 때 약 4.5점 정도 낮았으며 도구 별로는 0.71점~0.02점 정도의 점수 차이를 나타내었다. 기구의 명칭과 사용 용도를 모두 올바르게 쓴 비율이 높은 도구를 살펴보면 전자저울이 76.9%로 가장 높았고 가열 도구는 69.2%, 스포이트로 53.8%였다. 3가지 도구를 제외한 나머지 도구들은 명칭과 사용 용도를 올바르게 쓴 비율은 모두 50% 미만이었다. 기구의 명칭과 사용 용도를 모두 올바르게 쓴 비율이 높은 도구를 살펴보면 가지 달린 삼각 플라스크와 분별 깔대기가 100%였고 피펫 필러와 부피 플라스크가 각각 92.3%였다. 명칭은 올바르게 알고 있으나 사용 용도를 올바르게 작성한 도구를 살펴보면 비커가 69.6%, 삼각 플라스크가 53.8%로 대부분의 경향성은 화학교육과 학생들과 유사하게 나타났다.

화학 실험 도구 이해 평가 결과가 정규성을 만족하지 않아 비모수 검정인 Mann-Whitney U test를 실시한 결과 16가지 모든 도구에 대하여 화학교육과 학생들과 물리교육과 학생들 사이의 차이가 없었다.

물리교육과 1학년 학생의 화학 I 이수자가 5명, 화학 II 이수자가 3명으로 화학교육과 학생들과 큰 차이를 보였음에도 불구하고 화학실험 기구 이해 능력 면에서 차이가 나타나지 않은 이유는 앞서 언급한 바와 같이 고등학교 화학 수업에서 실험이 차지하는 비중이 작았기 때문으로 보인다.

화학교육과와 물리교육과 1학년 학생들의 화학 실험 설계 능력에 대한 결과는 Table 9와 같다.

먼저 화학교육과 1학년 학생들의 결과를 보면 HCl(aq)과 NaOH(aq)의 제조, 중화 적정은 다른 실험과 비교할 때 비교적 실험 설계를 잘하는 것으로 나타났다. 반면, 물리교육과 1학년 학생들은 대부분의 화학실험을 설계하지 못하는 것으로 나타났다.

**Table 9.** Assessment of chemistry experiment design skills

		Chemistry Education		Physics Education		Z	p
		M	SD	M	SD		
Solution preparation	NaOH(aq)(10)	6.61	2.80	2.40	2.99	-3.326	.001**
	HCl(aq)(10)	4.43	3.46	1.07	2.40	-2.779	.005**
Acid-base Titration(10)		6.00	3.41	1.07	2.78	-3.514	.000***
Gas Collection Experiment		2.35	3.19	0.13	0.34	-3.070	.009**
Separation of Mixture	Water and Cooking Oil(10)	2.35	2.22	1.73	2.05	-0.851	.434
	Ethanol and Water(10)	2.35	2.31	2.00	1.75	-0.293	.795
	Salt and Sand(10)	4.78	4.34	3.47	3.00	-1.051	.312

\*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$

화학교육과 1학년 학생과 물리교육과 1학년 학생의 화학 실험 설계 능력 결과가 정규성을 만족하지 않아 비모수 검정인 Mann-Whitney U test를 실시한 결과 NaOH(aq) 제조( $Z=-3.326, p=.001$ ), HCl(aq) 제조( $Z=-2.779, p=.005$ ), 중화 적정( $Z=3.514, p=.000$ ), 기체 발생 실험( $Z=-3.070, p=.009$ ) 실험에서는 통계적으로 유의미한 차이가 있었다. 특히 물리교육과의 경우 중화 적정과 HCl(aq) 제조의 경우 14명 중 10명이, 수소 발생 실험의 경우 13명이 설계를 하지 못한 것으로 나타났다. 이는 화학 개념 이해와 관련 있는 것으로 보였다. 구체적으로 살펴보면 NaOH(aq) 제조에는 mole과 농도 대한 개념을 사용해야하고 HCl(aq) 제조에는 mole과 농도, 희석에 대한 개념을, 중화 적정에는 산과 염기의 양적 관계에 대한 개념을 활용해야 한다. 또한, 수소 기체 발생 실험은 금속과 산의 화학 반응에 대한 개념을 활용해야 한다. 이러한 개념은 대부분 화학 I에서 제시되는 개념이므로 물리교육과 학생들의 낮은 화학 I 이수 비율이 이러한 결과의 원인으로 보인다.

화학교육과 학생들이 NaOH(aq) 제조, HCl(aq) 제조, 중화 적정에서 물리교육과 학생보다 높은 점수를 받은 이유는 화학 I 교육과정에서 용액의 희석 및 제조, 중화 적정과 관련된 내용이 비중 있게 다루어지기 때문으로 분석된다. 실제로 2015 개정 교육과정이 반영된 대학수학능력시험

11. 다음은 아세트산 수용액( $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ )의 중화 적정 실험이다.

**[실험 과정]**

(가)  $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 을 준비한다.

(나) (가)의 수용액  $x$  mL에 물을 넣어 50 mL 수용액을 만든다.

(다) (나)에서 만든 수용액 30 mL를 삼각 플라스크에 넣고 페놀프탈레인 용액을 2~3방울 떨어뜨린다.

(라) (다)의 삼각 플라스크에 0.1 M NaOH(aq)을 한 방울씩 떨어뜨리면서 삼각 플라스크를 흔들어 준다.

(마) (라)의 삼각 플라스크 속 수용액 전체가 붉은색으로 변하는 순간 적정을 멈추고 적정에 사용된 NaOH(aq)의 부피( $V$ )를 측정한다.

**[실험 결과]**

- $V$ :  $y$  mL
- (가)에서  $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 의 몰 농도:  $a$  M

$a$ 는? (단, 온도는 25℃로 일정하다.) [3점]

- ①  $\frac{y}{8x}$     ②  $\frac{y}{6x}$     ③  $\frac{2y}{3x}$     ④  $\frac{y}{x}$     ⑤  $\frac{5y}{3x}$

Figure 1. 2021 CSAT.

Table 10. Assessment of inquiry process

	Chemistry Education		Physics Education		Z	p
	M	SD	M	SD		
Collecting data	2.91	2.94	2.77	1.18	-0.639	0.555
Data Conversion and Interpretation	3.00	3.00	4.15	2.77	-1.095	0.353
Drawing Conclusions	5.18	3.23	4.15	2.77	-1.554	0.139
Reflection	2.82	2.15	1.85	0.53	-1.600	0.180
Sum	11.09	8.58	11.07	7.63	-1.319	0.203

12. 다음은 0.3 M A 수용액을 만드는 실험이다.

(가) 소량의 물에 고체 A  $x$  g을 모두 녹인다.

(나) 250 mL 부피 플라스크에 (가)의 수용액을 모두 넣고 표시된 눈금선까지 물을 넣고 섞는다.

(다) (나)의 수용액 50 mL를 취하여 500 mL 부피 플라스크에 모두 넣는다.

(라) (다)의 500 mL 부피 플라스크에 표시된 눈금선까지 물을 넣고 섞어 0.3 M A 수용액을 만든다.

$x$ 는? (단, A의 화학식량은 60이고, 온도는 25℃로 일정하다.) [3점]

- ① 9    ② 18    ③ 30    ④ 45    ⑤ 60

Figure 2. 2021 Official Mock Tests (September).

에서 용액의 제조와 중화 적정과 관련된 문항은 Fig. 1, Fig. 2와 같이 대부분 ‘탐구’의 형태로 제시되어 있고,<sup>43</sup> 이러한 문항을 해결하기 위해서는 실험 과정과 절차에 대한 이해가 바탕이 되어야 한다.

즉, 실제로 실험을 수행하지 않아 용액의 제조 및 중화 적정과 관련된 기구의 명칭과 사용법은 잘 모르지만, 계산 문항을 해결하는 데 필요한 실험 과정에 대한 이해는 높은 것으로 볼 수 있다.

혼합물의 분리 실험의 설계에서 화학교육과와 물리교육과 학생들의 차이가 없는 이유 역시 앞서 언급한 내용과 같은 맥락에서 살펴보면 대학수학능력시험과 관련 없는 내용이기 때문으로 분석된다.

화학교육과와 물리교육과 1학년 학생들의 ‘산-염기 중화 적정’을 통해 알아본 탐구 과정 수행 능력은 Table 10과 같다.

‘산-염기 중화 적정’에 대한 탐구 과정 수행 능력에서 자료수집, 결론 도출, 반성, 합계에서 화학교육과 학생이 물리교육과 학생보다 평균 점수가 약간 높게 나타났으나, Mann-Whitney U test를 실시한 결과 자료수집( $Z=-0.639, p=.555$ ), 자료 변환 및 해석( $Z=-1.095, p=.353$ ), 결론 도출( $Z=-1.554, p=.139$ ), 반성( $Z=-1.600, p=.180$ ), 합계( $Z=-1.319, p=.203$ )에서 모두 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. 즉 ‘산-염기 중화 적정’을 통해서 알아본 탐구 과정 수행 능력은 화학교육과 학생과 물리교육과 학생 사이 차이가 없었으며 모두 50점 만점에 20점 미만으로 탐구 과정 수행 능력이 낮다고 볼 수 있다. Table 9에 제시된 화학 실험 설계 능력 중 중화 적정과 관련된 실험은 화학교육과 학생

이 물리교육과 학생보다 5점 높았으며, 통계적으로도 유의하게 화학교육과 학생들이 높게 나타났음에도 불구하고 이에 대한 실제 수행 능력은 같았다. 이는 화학 실험 도구 이해 평가에서와 마찬가지로 식초 속 아세트산의 몰 농도를 측정하는 실험은 화학 I의 교육과정에서 중요하게 다루어지는 탐구 활동임에도 불구하고, 실제 실험을 수행하면서 개념을 학습하지 않은 것이나, 실험 수행을 하더라도 학생의 탐구 과정을 평가하는 것이 아닌 보고서에 작성된 결론 도출만을 평가하는 방식이 이러한 결과의 원인이 되었다고 판단된다.<sup>44</sup>

세부적으로 보면 화학교육과 학생 중 3조(11명)와 물리교육과 학생 중 1조(4명)가 실험에 실패하여 데이터를 전혀 얻지 못하였고, 물리교육과 학생 중 나머지 3조(9명)는 오차율이 모두 100%가 넘어 탐구 과정에 문제가 있었으며, 이로 인하여 데이터 수집에 대한 점수에서 두 학과 학생 모두 상대적으로 낮게 나타났다. 반복 측정을 통해 데이터의 신뢰도를 확보한 조는 한 조도 없었으며, 데이터를 전혀 얻지 못하였음에도 재실험하지 않고 결과를 낸 조들의 경우 실험 시간이 부족이 원인이었다. 실제로 학생들은 용액 만드는 단계에서부터 주어진 유리 기구 등을 잘 사용하지 못해 어려움을 겪었다. 또한, 적정을 할 때 뷰렛에서 용액을 처음부터 너무 천천히 한 방울씩 떨어뜨리도록 설계하여 1번 적정하는 데 걸리는 시간이 매우 길었다. 보고서를 보면 화학교육과 학생과 물리교육과 학생 모두 사용한 도구의 최소 눈금과 상관없이 측정값의 유효 숫자를 결정하였고, Fig. 3과 같이 수집한 데이터를 표, 그래프 등으로 변환하여 나타내는 경우는 거의 없었으며, Fig. 4 처럼 일부 표를 이용한 학생들도 단순히 선만 그었을 뿐, 데이터를 효과적으로 나타내기 위한 노력을 볼 수 없었다.

반성의 경우 숫자로 나타낼 수 있는 실험 결과까지만 제시하고, 실험 전반에 걸친 고찰이나 오차 분석 등을 전

혀 하지 않은 학생은 3명이 있었으며, <사례 3>과 같이 대부분 학생은 실험의 전반적인 과정을 돌아보며 실험에 대해 반성하는 것이 아닌 확인할 수 없는 측정 과정에서의 오차만을 원인으로 추측하여 제시하는 정도로만 반성을 작성하였다.

#### <사례 3>

학생 H: 우리가 사용한 뷰렛이 0.1mL 단위까지 측정할 수 있는 도구지만, 눈금을 눈으로 직접 관찰하는 것이기 때문에 오차가 생길 수밖에 없다. 식초 분석할 때 NaOH 용액을 많이 넣어도 색이 변하지 않았는데, 페놀프탈레인 지시약의 양이 적었거나 적정하는 과정에서 측정 오류가 생겼을 것이다.

학생 I: 뷰렛에서 NaOH 용액이 들어갈 때 오차가 생겼을 것 같고, NaOH를 저울에서 옮길 때 오차가 발생할 수 있다.

(학생 결과 보고서 중)

<사례 4>와 같이 고찰의 내용이 과학적으로 옳지 못한 경우도 있었다. 학생 J의 경우 페놀프탈레인이 오히려 색 변화를 방해하였다고 하는 등의 과학적이지 못한 반성을 작성하였다.

#### <사례 4>

학생 J: KOH 용액의 농도 측정 시 페놀프탈레인 용액을 세 방울 넣어도 색이 변하지 않았다. 실험 과정에서 색이 변하지 않자, 몇 방울을 더 넣었는데 추가한 것이 오히려 색 변화를 막아서 오차가 발생했다고 추측하였다.

(학생 결과 보고서 중)

이 연구에서 화학교육과와 물리교육과 1학년 학생들의 탐구 역량을 평가하기 위해 알아본 실험 도구 이해 평가, 화학 실험 설계 능력 평가, 탐구 과정 수행 능력 평가 중, 일부 세부 항목에서 화학교육과와 물리교육과 학생 사이의 차이가 있었지만, 전반적으로 비슷한 수준을 나타내었다. 화학교육과와 물리교육과 학생 모두 실험 기구의 명칭과 용도에 대한 이해가 떨어졌으며, 화학 I의 대학수학 능력시험 문항에 중요하게 다루는 용액의 제조, 중화 적정을 제외하면 실험 설계의 측면에서도 어려움을 동일하게 겪었다. 두 학과 학생의 탐구 역량이 떨어지고, 동시에 화학 I을 전원 수강한 화학교육과 학생의 탐구 역량이 물리교육과 학생들과 차이가 없는 것은 중등학교 과학 수업에서 실험 수업에 대한 비중이 작아 탐구 경험을 충분히 하지 못하였기 때문으로 분석된다.

Figure 3. Student's Report.

시료의 무게	NaOH 용액의 농도	사용된 NaOH 용액의 부피	시료의 NaOH 양
9.3g	0.5M	22.2mL	11.1mmol

Figure 4. Student's Report.

## 결론 및 제언

이 연구에서는 과학계열 사범대학교 신입생이 일반화학 실험 수업을 수행하기 위한 탐구 역량을 갖추고 있는지를 알아보았다. 연구를 통해 얻은 결과는 다음과 같다.

첫째, 화학교육과와 물리교육과 학생 모두 화학실험 기구에 대한 이해도는 낮았다. 두 학과 학생 모두 평균적으로 실험 기구의 사용법을 정확히 아는 것은 비교적 사용 방법이 간단한 전자저울과 가열 도구 정도였으며, 화학교육과의 경우 기구의 명칭 정도를 아는 학생이 많았고, 물리교육과는 기구의 명칭도 모르는 학생이 많았다. 두 학과 학생 공통적으로 부피 측정 도구에 대한 이해도가 떨어져 비커나 삼각 플라스크를 부피 측정의 용도로 이해하고 있는 학생이 많았다.

둘째, 화학교육과와 물리교육과 학생의 화학 실험 설계 능력은 몇 가지 실험에서 차이가 있었지만, 대체로 두 학과 학생 모두 실험 설계 능력이 낮았다. 두 학과의 차이가 나는 부분은 ‘용액 만들기’와 ‘산-염기 중화 적정’으로 화학교육과 학생들은 해당 실험에 대한 설계를 비교적 잘 할 수 있었으나, 물리교육과 학생들은 해당 실험 설계를 하는데 어려움을 겪었다. 두 학과 학생 모두 혼합물의 분리와 관련된 실험은 공통적으로 거의 설계하지 못하였다.

셋째, 화학교육과와 물리교육과 학생 모두 탐구 과정 수행 능력은 낮았다. ‘산-염기 적정’ 실험을 통하여 알아본 탐구 과정 수행 능력 평가는 자료수집, 자료 변환 및 해석, 결론 도출, 반성, 보고서 작성의 모든 영역에서 모두 화학교육과와 물리교육과 학생의 차이가 없었으며 화학교육과 학생의 과반수, 물리교육과 학생의 대부분이 실험에 성공하지 못하였다. ‘산-염기 적정’ 실험은 고등학교 교육과정에서 매우 중요하게 다루는 탐구 활동임에도 불구하고, 대부분 학생이 실험을 올바르게 수행하지 못했다는 것은 고등학교에 이와 관련된 탐구 역량을 함양하지 못하였기 때문으로 판단된다.

이를 종합하면, 과학계열 사범대학교 신입생들의 탐구 역량은 대학교에서 일반화학 실험을 수행하기에 부족하다고 판단된다. 사범대학교 과학계열 신입생들의 탐구 역량이 낮은 이유는 중등학교에서의 수업 형태와 관련 있는 것으로 보인다. 연구에 참여한 화학교육과와 물리교육과 학생들은 고등학교에서 거의 실험 수업을 하지 않았다고 응답했으며, 이는 선행 연구의 결과와도 일치하였다. 화학교육과 학생들의 경우 실험 설계 능력 평가에서 ‘용액 제조’와 ‘산-염기 적정’은 물리교육과 학생들과 차이가 있었으며, 비교적 구체적으로 설계를 할 수 있었으나 그 외의 실험은 대부분 설계하지 못하였다. 특정 소재에서만 차이가 나는 이유는 ‘용액의 제조’와 ‘산-염기 적정’이 대학수학능력시험에서 중요하게 다루어

지기 때문으로 보인다. 해당 소재는 일반적으로 ‘탐구’의 형태로 대학수학능력시험에 제시되며 탐구 과정에 대한 이해가 계산 문제를 해결하는 데 중요한 요소로 작용한다. 따라서 이에 대한 이해는 높았으나 이 탐구에서 사용하는 실험 도구에 대한 이해와 실제 실험 수행 능력은 물리교육과 학생들과 차이가 없었다. 즉, 대학수학능력시험의 문항을 대비하기 위하여 탐구 과정을 이론으로만 학습했을 뿐, 학교에서 실제 실험을 수행하지 않았기 때문에 이러한 결과가 나타난 것으로 판단된다. 박지훈 등<sup>43</sup>은 대학수학능력시험의 문항 출제 형태가 고등학교 수업의 형태에 큰 영향을 준다고 하였는데 이러한 선행 연구의 결과가 반영된 것으로 보인다.

이 연구의 결과를 바탕으로 대학생들의 탐구 역량 강화를 위한 제언을 하면 다음과 같다.

첫째, 일반화학 실험 등 대학 실험 수업을 수행하기 위한 대학생들의 탐구 역량을 구체화하는 것이다. 2015 개정 과학과 교육과정이나 여러 선행연구에서 중등학교 학생이 수행하는 탐구 과정과 이를 평가하는 도구들은 많이 개발되어 있다. 즉, 학생이 중등교육과정을 통해 키워나가야 할 역량은 비교적 구체적으로 제시되고 있지만, 대학생의 경우 실험 능력 등의 탐구 역량 중 일부 요소만 정의되어 있을 뿐,<sup>36</sup> 일반화학 실험이라는 과목을 수행하기 위해서 대학생들이 어떤 역량을 갖추어야 하는지에 구체적인 대한 자료는 없다. 실험 수업을 위한 대학생들의 탐구 역량이 정의가 되면, 중등학교에서도 이와 관련된 기초 역량 강화를 위한 교육과정 운영이 가능해진다. 즉, 중등학교와 대학의 연계가 강화되어 대학교 실험 수업이 겪고 있는 어려움을 해결할 수 있을 것이다.

둘째, 대학교의 실험 교육과정을 개편할 필요가 있다. 고등학교의 수업 운영 방식은 대학입시 등과 매우 복잡하게 연결되어 있으므로 실험 수업의 비중이 낮은 현재의 고등학교 과학 수업 방식을 단시간에 개선하기란 어렵다. 따라서 일부 대학교에서 일반물리학, 일반화학을 수강하기 위한 기초 강좌를 운영하는 것처럼 대학 실험 교육과정을 대학생들의 기초 탐구역량을 함양할 수 있도록 보완하여 운영하는 것이 현실적인 방법으로 판단된다. 앞서 언급한 바와 같이 중등학교에서 과학 시간 중 실험의 비율이 낮아 학생들이 과학 탐구를 충분히 경험하지 못하고 대학에 진학하며, 졸업 후 산업 현장의 화학 전문가나 연구자로 진출하지 않는 경우도 증가하고 있다.<sup>45,46</sup> 따라서 이러한 상황을 고려하여 일반화학 실험을 수강하는 학생들이 어려움 없이 일반화학 실험 교육과정을 수행할 수 있고, 화학과 관련된 진로가 아니더라도 일반화학 실험이 자신의 진로를 설계해 나가는 데 도움이 될 수 있도록 교육과정을 구성하여 운영할 필요가 있다.

**Acknowledgments.** This work was supported by a 2-Year Research Grant of Pusan National University.

## REFERENCES

1. Korean Law Information Center. <https://www.law.go.kr/법령/고등교육법%20시행령/제28조>(accessed Mar 3, 2024).
2. Lee, J. Y.; Oh, H. Y.; Yoon, H. H. *Career Stages For HRD Policy in Science and Engineering Field*; Korea Research Institute for Professional Education and Training: Sejong, 2007.
3. Ryu, B. R. *Statistical yearbook of education 2022*; Korean Educational Development Institute: Seoul, 2022.
4. Oh, H. S.; Kim, J. I. *An Analysis of the Differences Between Scientists' and Social Scientists' Research Activities and Perceived Research Environments: A Case Study of Researchers Participating in WCU, SSK, and HK Projects*; Korean Educational Development Institute: Seoul, 2012.
5. Kuhn, T. S. "Energy Conservation as an Example of Simultaneous Discovery," in Marshall Clagett, ed. *Critical Problems in the History of Science*; University of Wisconsin Press: Madison, 1959.
6. Moon, S. H.; Lee, S. J. *Journal of the Korean Chemical Society* **2011**, *55*, 112.
7. Paik, E. S.; Jang, W. H.; Hong, H. G. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction* **2019**, *19*, 467.
8. Lee, M. J.; Sim, J. H. *Teacher Education Research* **2016**, *55*, 537.
9. Lee, S. Y. 물리 II도 안 배운 서울대 공대생들... '물리학 기본' 의무수강. *The Seoul Economic Daily* [Online], June 11, 2018. <https://www.sedaily.com/NewsView/1S0RNETIJD>. (accessed Mar 3, 2024).
10. Busan Center for Distance Education in higher education. <https://ps.udec.kr/ko/remote/Bridge>. (accessed Mar 3, 2024).
11. Lee, C. K. *New Physics* **2007**, *54*, 145.
12. Johnstone, A. H.; Al-Shuaili, A. *University Chemistry Education* **2001**, *5*, 42.
13. Swain, J.; Monk, M.; Johnson, S. *Teacher Development* **2000**, *4*, 281.
14. Foster, D.; Lock, R. *Teaching Science*; Croom Helm: London, 1987.
15. Tamir, P. *The Role of the Laboratory in Science Teaching. Technical Report No. 10*; The University of Iowa: Iowa, 1976.
16. Kim, H. J.; Koo, N. W. *The Journal of Curriculum and Evaluation* **2019**, *22*, 85.
17. Park, H. J.; Lim, H. J. *Journal of the Korean Chemical Society* **2017**, *61*, 369.
18. Lee, S. Y. *A Study of Improvement of Chemical Experiments in a High School and the Analysis of Chemical Experiments Relation Between a High School and a University*. M.S. Thesis, Sookmyung Women's University, Seoul, Korea, 2008.
19. Byun, T. J.; Baek, J. H.; Shim, H. P.; Lee, D. W. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2019**, *39*, 669.
20. Kim, S. K. *Korean Journal of Elementary Education* **2013**, *24*, 129.
21. Lee, S. R.; Choi, H. D.; Lim, J. K.; Shin, S. Y.; Yang, I. H. *Journal of Science Education* **2011**, *35*, 80.
22. Lee, S. G.; Kim, S. S. *Journal of Korean Society of Earth Science Education* **2014**, *7*, 371.
23. Reid, N.; Shah, I. *Chemistry Education Research and Practice* **2007**, *8*, 172.
24. Cho, Y. Y. *Biology Education* **2015**, *43*, 170.
25. Melville, W.; Fazio, X.; Bartley, A.; Jones, D. *Journal of Science Teacher Education* **2008**, *19*, 477.
26. Soprano, K.; Yang, L. L. *International Journal of Science and Mathematics Education* **2013**, *11*, 1351.
27. Ministry of Education. *2015 Revised Science National Curriculum*; Ministry of Education: Sejong, 2015.
28. Hibbard, K. M. *Performance-Based Learning & Assessment in Middle School Science*; Routledge: London, 2014.
29. Lee, H. N.; Lee, Y. J.; Lee, H. D. *Secondary Education Research* **2017**, *65*, 145.
30. Nam, J. H. *The Construction of Assessment of Student's Process Skills in Chemistry Experiment*. Ph.D. Thesis, Korea National University of Education, Chung-Buk, Korea, 1996.
31. Hur, M. *Journal of the Korean Association for Science Education* **1984**, *4*, 57.
32. Collette, A. T.; Chiappetta, E. L. *Science Instruction in the Middle and Secondary Schools (2nd ed.)*; Merrill Publishing Company: OH, 1989.
33. Choi, H. S.; Paik, S. H. *Journal of Korean Elementary Science Education* **1999**, *18*, 65.
34. Nam, J. H.; Kim, H. K.; Kim, H. J.; Park, J. S.; Park, H. J.; Paik, S. H.; Ryu, S. A.; Yoon, H. S.; Choi, A. R.; Choi, W. H. *Materials and Methods in Teaching of Chemistry*; Freeacademy: Seoul, 2021.
35. Choi, B. S.; Kim, D. C.; Nam, J. H. *Chemical Education* **1993**, *3*, 218.
36. American Chemical Society : Lab Skills-Hands-on lab skills. <https://www.acs.org/education/policies/acs-approval-program/events-resources/teaching-labs-covid/lab-skills.html>. (accessed Mar 3, 2024).
37. Lee, B. Y.; Chang, S. C. *The Journal of Curriculum Studies* **2008**, *26*, 191.
38. Byun, T. J. *New Physics* **2020**, *70*, 364.
39. Baek, J. M. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction* **2021**, *21*, 787.
40. Busan Metropolitan City Office of Education. *과학교육기본 계획*; Busan Metropolitan City Office of Education: Busan, 2023.
41. Gwangju Metropolitan Office of Education. *과학교육기본 계획*; Gwangju Metropolitan Office of Education: Gwangju, 2023.
42. Daejeon Metropolitan Office of Education. *과학교육기본 계획*; Daejeon Metropolitan Office of Education: Daejeon, 2023.
43. Park, J. H.; Park, S. H.; Nam, J. H. *Journal of the Korean Chemical Society* **2024**, *68*, 40.
44. Kim, H. I. *Analysis of Current Status of Performance Assessment and Chemistry Teachers' Perception in the Chemistry I of the 2015 Revised Curriculum*. M.S. Thesis, Kangwon National University, Gangwon, Korea, 2023.
45. Duckett, S. B.; Garratt, J.; Lowe, N. D. *University Chemistry Education* **1999**, *3*, 1.
46. Reid, N.; Shah, I. *Chemistry Education Research and Practice* **2007**, *8*, 172.