

## 과학고등학교 및 중등학교 학생들의 생명 과학 탐구활동 시 안전교육에 대한 연구

차현정<sup>1†</sup>, 김대재<sup>2\*</sup>

(<sup>1,2</sup>충북대학교, <sup>†</sup>충북과학고등학교)

### A Study on Safety Education in Life Science Inquiry Activity for Students in Science High School, Middle and High Schools

Hyeon-Jeong Cha<sup>1†</sup>, Dae-Jae Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1,2\*</sup>Chungbuk National University, <sup>†</sup>Chungbuk Science High School

#### ABSTRACT

The purpose of this study is to suggest safety education on life science inquiry activity, which subjects on the exploration and autonomous research to the relevant topics, mainly done by the science high school students. Investigation was made on subjects of research activity proposed from Life science and autonomous research from science high school students by examine thoroughly 2009 revised education curriculum. To prevent school laboratory accidents, education of basic safety regulations and general precautions should be repeatedly notified by clear statements and expression to each topic. Expressing the safety factors considering the themes of autonomous inquiry and activities presented in the course of education should be done, so that students should not experience laboratory accidents by reason of ignorance. From the beginning of organization to performing research, safety rules about disposing chemicals and tools wastes occurring during research should be noticed and expressed in precautions following waste disposal system should be adopted. It is necessary to level up the accessibility of information about the laboratory safety rules to confirm to the every student, and also ensure the takeover of the clean-up and use of utilities at the time of search end in order to prevent the incidence of laboratory accidents during the thorough stages of biological inquiry activities.

**Key words** : safety instruction, school laboratory, accident in school, inquiry activity, clear notify cautions

## I. 서론

### 1. 연구의 필요성 및 목적

미래창조부에서 제공한 자료를 토대로 한 2007년부터 2015년 대학과 정부 출연 연구기관의 실험실 안전사고를 통계 처리하면 사흘에 한번 꼴의 실험실 사고가 일어나고 있다(교육시설재난공제회, 2016). 학교안전공제중앙회에서 제공한 2013년과 2014년 학교급 별 실험실습 중 사고 발생 현황을 보면 2013년 초등학교 359건(30.6%), 중학교 278건(23.7%), 고등학교 537건(45.7%)이었던 것이 2014년 초등학교 763건(26.4%), 중학교 759건(26.3%), 고등학교 1336건(47.3%)으로 지속적으로 증가하고 있다(교육시설재난공제회, 2016).

과학 교육에서의 탐구활동은 과학 지식을 습득하고 이해하는 능력을 높이고 더불어 창의적 능력을 개발하고 합리적인 사고를 이끄는 과정으로 여러 차례의 교육과정 개편 과정에서도 실험을 통한 탐구활동이 꾸준히 강조되어 왔다(교육부, 2015). 또한 2009 개정 교육과정에서는 과학수업에서 탐구 활동과 과학기술·사회(STS)의 관련성을 적극적으로 적용하고 활용하여야 하는데, 개념을 제시하는 구조에서부터 이미 관련성을 전제로 하고, 탐구활동을 통하여 학습 되는 것을 기본적으로 설정하고 있다(교육과학기술부, 2009b). 나아가 2015 개정 교육과정에서는 ‘과학적 탐구 능력과 태도의 함양’ 개인과 사회의 문제를 과학적이고 창의적으로 해결할 수 있는 ‘과학적 소양’을 강조하고 있다(교육부, 2015). 모든 이를 위한 과학(Science for all)을 목표로 ‘과학탐구실험’과목을 신설하였다(곽영순, 2016). 이것은 학생 참여형 탐구활동 과정에서 발생할 수 있는 실험실 안전사고를 예방하고 대비하기 위한 과학실험실 안전교육 강화의 필요성을 내포한다.

과학교육을 통한 과학영재 교육의 방향은 실제 과학자들이 하고 있는 것을 나타내야 한다(Sternberg, 1982). 과학자가 자연세계를 연구하는 것과 같은 탐구의 형태는 매우 다양하게 나타나며, 교실에서 나타날 수 있는 탐구활동의 형태도 또한 매우 다양하다(이효녕과 조현준, 2008). 과학고등학교(이하 과학고로 표기) 학생들은 생물학적 지식을 다양한 탐구활동을 수행하면서 학습하고 있다. 학교에 따라서 교육과정은 생명 과학 I, 생명 과학 II, 고급 생명 과학, 생명 과학 실험 및 일반생물학 등의 과목이 편성 운영되어 학습과정 중 탐구과정을 수행하기도 한다. 또한 다양한 교내외 활동으로 과학전람회와 발명대회 등 다양한 탐구활동의 주제를 선정하여 독립적 연구 활동과 자율 탐구 활동 등을 진행하면서 과학자의 연구 활동을 학습해 가고 있다. 2007년에서 2009년까지 전국 과학고 졸업생들은 평균 92%가 이공계로 진학하는 것을 볼 수 있다(오상은, 2010). 과학고에서 다양한 탐구과정을 수행한 학생들의 대부분이 이공계에 진학하여 각각의 실험실에서 탐구 및 연구 활동을 수행하게 된다. 이 학생들이 고등학교 때 다양한 탐구 활동을 하면서 실험실 사용 안전에 대한 의식을 확고히 하고, 구체적 탐구 활동에서 나타나는 안전사고와 관련된 지식을 체득하지 못한 채 탐구 및 연구 활동을 지속해 나간다면 개인의 안전뿐만 아니라 타인 및 지역사회의 안전

까지 위협할 수 있다. 따라서 일반 중등학교에 비해 탐구 실험의 빈도가 큰 과학고 학생들의 안전교육을 강화해야 할 필요성이 있다.

각급 학교에서의 늘어나는 실험실 안전사고와 함께 실험실 안전에 대한 인식 또한 높아지고 있으나 학교 현장에서의 실험실 안전과 관련된 준비와 행동은 아직도 미흡하여 관련된 연구와 조사가 지속적으로 이루어지고 있다. 중·고등학교 실험실 환경과 안전에 관한 과학 교사의 인식조사에서 안전사고에 대비한 실험실 환경 개선의 필요성과 교사들의 실험실 안전관련 능력과 실험 능력을 신장하기 위해 노력해야 한다. 또한 학생들의 실험실 안전에 대한 교육 자료 제공 및 실험 시작 전 반복적인 안전교육을 통해서 실험실 위험으로부터 교사와 학생을 보호해야 한다(김현영, 2015). 과학 실험실 안전과 폐수 처리에 대한 학생들의 인식을 지식, 행동, 보건 및 태도 영역으로 구분하여 조사했을 때 초, 중, 고등학교 학생 중 고등학생의 실험실 안전에 대한 인식이 가장 낮고, 안전사고 위험성에 가장 많이 노출되었으며, 성별에 따른 안전의식을 조사한 결과 남자고등학생은 태도 영역에서 다른 집단에 비해 가장 낮은 안전의식을 보이고, 여자고등학생은 보건 영역에서 다른 집단보다 안전 인식이 취약한 것으로 조사되었으며, 실험실 폐기물 처리에 있어서는 학년이 낮아질수록 폐기물을 그대로 방치하거나 지도교사에게 의존하는 경향을 보였다(박성희, 2009).

고등학교 화학실험에서의 안전 교육의 필요성에 관한 연구에서 고등학교 화학 실험에서는 위험요소들이 많고, 안전의 중요성을 인식하는 교사와 학생의 비율이 낮다는 것을 지적하였으며, 실험실 안전에 대한 체계화된 정보가 부족함을 지적하였다(박용석, 2015). 또한 고등학교 화학 I 실험내용 중 실험실 안전에 대한 교사와 학생의 인지도 조사에서 학생들에서 실험실 안전에 대한 교육을 철저히 하고 실험의 기회를 늘릴 때 안전의 중요성에 대한 인식이 높아질 것으로 보았다. 교육부에서는 교사들의 안전교육 연수 프로그램을 강화하고 지도 자료를 개발 보급하고, 교사는 안전사고 발생 시 신속한 대응을 위해 안전사고 처리법과 응급 처리법에 관한 내용을 잘 숙지할 것을 보고하였다(이미언, 2009). 고등학교 화학 실험에서 다루어지는 유독물질에 대한 학생들의 인지도 조사와 실험실 안전교육의 개선방안을 통해 화학 교과를 수강하는 자연계 학생들이 실험실 안전에 대한 인지도 경향이 높으며 화학을 접하는 기회를 늘리면서 안전에 관한 교육을 병행한다면 학생들의 실험실 안전에 대한 인식도 경향도 향상될 것이다. 또한 실험실 안전에 대한 중요성도 인식하는데 도움을 주어 화학실험실에서 다루어지는 유독 물질들의 특성과 건강 유해성은 실험실 안전교육의 영역에서 뿐 아니라 환경교육의 중요성과 함께, 학생들의 흥미와 호기심을 갖게 하기 위해서 사회적 관심을 일으키고 있는 유해물질들을 중심으로 그 물질이 환경에 미치는 영향과 인체에 미치는 영향 등을 구체적으로 교육하는 것이 필요하다(김수운, 2006).

여러 연구에서 실험실 안전에 대한 사전 인식이 사고의 예방에 중요하다고 강조하고 있고, 안전사고 예방에 대한 사전의 철저한 교육의 필요성에 대해 제기하고 있지만, 탐구 활동 중 안전사고를 줄이기 위한 구체적이고 체계화된 안전교육은 여전히 미흡하다. 다만 일부의 과학 교과 중 가장 많은 위험성을 내포하고 있는 화학 I 교과의 경우 체계화된 실험실

안전에 관한 내용이 포함되어 있을 뿐 대부분 광범위하고 일반적인 실험실 안전에 관한 내용을 제시하고 있다. 따라서 본 연구는 2009 개정 교육과정의 생명과학 교과목 중 제시된 탐구 실험과 과학고 학생들의 자율 탐구 상황에서 발생할 수 있는 구체적 상황에서 안전사고를 일으킬 수 있는 문제를 확인하고 예방할 수 있는 안전교육 방안에 대해서 제시하고자 한다. 생명과학 탐구활동 구체적인 상황에서 발생할 수 있는 안전사고 개선 방안을 도출하기 위한 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 고등학교 생명 과학 I과 생명 과학 II 교과내용 중 탐구활동의 내용들을 조사하고 학교현장에서 실제 이루어지고 있는 탐구실험과정에서 발생하는 크고 작은 사고의 사례들과 안전사고를 방지할 수 있는 방안은 무엇인가? 둘째, 학생들의 자율 탐구 주제를 위한 실험 활동 중 안전사고가 발생할 수 있는 요소는 무엇이며 이것을 방지하기 위한 안전교육 방안은 무엇인가? 셋째, 탐구 활동 중에 발생하는 크고 작은 화재, 폭발, 감전 및 실험 기구에 베이거나 찢리는 등 다양한 사고와 탐구 활동 마친 후 폐기물 처리로 인해 안전사고가 발생할 수 있는 요소는 무엇이며 이것을 방지하기 위한 안전교육 방안은 무엇인가? 넷째, 탐구 활동 종료 시 정리 활동 중 안전사고가 발생할 수 있는 요소는 무엇이며 이것을 방지하기 위한 목적으로 활용 가능한 매뉴얼을 무엇인가? 등에 관한 조사와 연구를 통해 탐구활동 시 과학실험실 안전사고에 대한 주의와 예방을 강화하려는 목적으로 진행 하였다.

## II. 연구 내용

### 1. 연구범위

본 연구는 중고등학교 학생들의 생명 과학 탐구활동 중 구체적인 상황에서 발생할 수 있는 안전사고 개선방안을 도출하기 위해 충북 소재에 과학고에서 5년간(2012~2016) 1학년과 2학년 학생들이 진행하는 생명과학 탐구활동의 사례를 중심으로 하였다. 과학고 1학년과 2학년 학생들은 2007개정 교육과정과 2009개정 교육과정의 생명과학 I, 생명과학II 및 고급 생명과학 과목들을 통해 학습하며, 그 외 다양한 자율탐구활동을 통해 교내 논문집에 발간 활동과 특정 주제의 탐구활동을 통하여 연구 논문의 공동 발표에도 참여하고 있다. 그 외 중고등학교 과학 실험실에서 발생한 주요 안전사고의 사례들을 선별하였다.

### 2. 연구방법 및 과정

생명과학의 탐구활동을 구체화하기 위해서 생명과학 관련 과목의 탐구 활동 내용을 분석하여 고등학교 생명 과학 I과 생명 과학 II 교과내용 중 학교현장에서 실제 이루어지고 있는 탐구실험과정에서 발생하는 크고 작은 사고의 사례들을 바탕으로 안전사고가 발생할 수

있는 요소를 추출하였다. 이를 바탕으로 안전교육 강화 방안으로 활용 가능한 탐구활동 매뉴얼을 제작하고 탐구 실험 시 안전사고를 방지할 수 있는 안전교육 방안을 구성하였다. 자율탐구주제는 해당 과학고에서 발간된 논문집에 수록된 생명과학 분야의 논문을 토대로 안전사고가 발생할 수 있는 요소를 추출하고 분석하여 안전사고가 발생할 수 있는 요소를 추출하였다. 각 추출된 안전사고 요소를 토대로 안전교육을 강화할 수 있는 구체적인 매뉴얼을 제작하였다. 그러나 본 연구와 조사에는 아래와 같은 제한점이 있다.

가. 실험실의 물리적 환경의 안전성이 확보 된 상태라는 가정 하에 작성된 내용으로, 실험실 물리적 환경이 미흡하다면 제시된 내용을 모두 적용하기에는 어려움이 있다.

나. 생명과학 교과목 탐구 실험에 한정된 연구로 모든 과학 교과목에 확대해서 적용하기에는 부족함이 있다.

다. 생명과학 교과서에서 제시한 탐구 실험 이외의 탐구 주제는 충북 소재 과학고에서 5년간 탐구 활동을 수행하고 매년 발간되는 논문집의 탐구 주제를 토대로 분석한 것으로 전국 과학고 및 중고등학교에서 수행되는 모든 탐구 활동의 안전교육 자료로 사용되기에는 무리가 있다.

### Ⅲ. 연구 결과

#### 1. 과학고 생명과학 실험실에서의 탐구의 실제

##### (1) 교육과정 내 탐구활동의 조사

###### 가. 생명과학 I

2009 개정 교육과정에서 ‘생명과학 I (교육과학기술부, 2009a)’과목 영역별로 제시한 탐구활동의 예시는 아래의 <Table 1>과 같다. 밑줄 친 탐구활동은 실제 실험실습이 가능한 항목을 의미한다.

〈표 1〉 Example of inquiry activities for Life science I in the 2009 revised science curriculum. Available laboratory experimental subjects were underlined.

영역		탐구 활동 예시
생명 과학의 이해		① 생명 과학의 탐구 사례 조사하기
세포와 생명의 연속성	세포와 세포분열	① 핵형결과 분석하기 ② 암세포의 세포주기에 대해 자료 해석하기 ③ <u>감수 분열 관찰하기</u> ④ 생명정보학의 발달과 활용에 대해서 조사하기
	유전	① 염색체 모형을 이용한 유전현상 모의 활동하기 ② <u>초파리를 이용한 다양한 돌연변이 형질 관찰하기</u> ③ 인간 유전체 사업의 목적과 성과에 대해 조사·토론하기
항상성과 건강	생명활동과 에너지	① 인체 내 영양소와 산소 및 이산화탄소의 이동경로 모형 만들기 ② <u>다양한 음료수에 넣은 효모의 발효 과정에서 생성되는 이산화탄소 방출량 비교하기</u> ③ 비만과 다이어트가 우리 건강에 미치는 영향에 대해서 토론하기 ④ 당뇨병의 원인과 치료 방법에 대해 조사·토론하기
	항상성과 몸의 조절	① 신경계의 이상과 질환에 대해 조사하기 ② <u>운동하는 동안 우리 몸에서 일어나는 여러 가지 변화 측정하기</u> ③ 약물이 신경계와 내분비계에 미치는 영향에 관해 토론하기
자연속의 인간	방어작용	① <u>세균 및 곰팡이 관찰하기</u> ② <u>혈액형 판정 실험과 수혈관계 조사하기</u> ③ 다양한 백신의 제조 방법에 대해 조사·토론하기 ④ 알레르기와 면역의 관계에 대해 조사하기
	생태계의 구성과 기능	① 인간과 숲이 서로에게 미치는 영향 조사하기 ② 생태계에서 물질의 순환을 글이나 그림으로 표현하기 ③ 생물 군집내의 상호작용 사례 조사하기 ④ 지구 온난화의 원인과 대책에 대해 조사 토론하기 ⑤ 인구 문제에 대해 조사·토론하기
자연속의 인간	생물의 다양성과 환경	① 주변의 외래 생물이 생태계에 미친 영향 조사하기 ② 멸종 위기 생물과 종 복원에 대해 조사하기 ③ 생물자원의 보전과 이용 사이의 갈등 상황 토의하기 ④ 적조현상의 원인과 대책에 대해 조사·토론하기 ⑤ 지속가능한 발전의 필요성과 방안에 대해 조사·토의하기

## 나. 생명과학II

2009 개정 교육과정에서 ‘생명과학II(교육과학기술부, 2009a)’ 과목 영역별로 제시한 탐구 활동 예시는 아래 <Table 2>와 같다. 밑줄 친 탐구활동은 실제 실험실습이 가능한 항목을 의미한다.

<표 2> Example of inquiry activities for Life science II in the 2009 revised science curriculum. Available laboratory experimental subjects were underlined.

영역		탐구 활동 예시
세포와 물질대사	세포의 특성	① 막을 통한 물질의 이동 실험하기 ② 리포솜의 활용에 대해 조사·토론하기 ③ 효소의 작용 실험하기
	세포와 에너지	① 광합성과 관련된 과학사 조사하기 ② 입의 색소 분리하기 ③ 발효 실험하기
유전자와 생명공학	유전자와 형질 발현	① DNA 모형 만들기 ② 세포에서 DNA 추출하여 분리하기 ③ 유전자 발현 과정 모의 실험하기 ④ 유전자 발현에 관한 최신 연구의 활용에 대해 토론하기
	생명공학	① 유전자 재조합 모의 실험하기 ② 생명 공학의 전망 토의하기 ③ 생명 윤리 쟁점에 대한 의사 결정하기
생물의 진화	생명의 기원과 다양성	① 원시 세포 탄생에서 리보자임의 역할에 대해 추리하기 ② 생물의 분류군을 진화 관련하여 토론하기
	진화의 원리	① 하디·바인베르크 법칙과 관련한 모의 실험하기 ② 유전자 풀의 변화 사례 조사하기

## 다. 고급 생명과학

‘고급 생명과학(교육과학기술부, 2011),’ 과목의 내용 수준은 대학의 생명 과학 분야 전공 과목을 이수하는데 필요한 지식 및 탐구 방법을 습득하는 것을 바탕으로 구성하며 제시한 탐구 활동의 예시는 없다.

## 라. 생명과학 실험

‘생명과학 실험(교육과학기술부, 2011)’은 생명 현상에 관한 다양한 실험을 통하여 탐구적 사고력과 실험실습 기능을 습득하고, 생명 과학의 주요 개념과 기본 원리를 경험적 탐구 과

정을 통하여 명확히 이해하며, 과학자로서 탐구 정신과 태도를 기르기 위한 탐구 주제들이 포함되어 있다(교육과학기술부, 2011). 고등학교 생명 과학 I과 생명 과학 II의 여러 단원에서 학교현장에서 실제 빈번하게 행해지고 있는 탐구실험과정에서 발생하는 크고 작은 사고의 사례들과 그에 대응하는 분석은 <Table 3>과 같이 제시하였다.

<표 3> Examples of common accidents and possible actions for charging to prevent repeated casualties from the Life Science I and II laboratory activity.

교과명	단원명	탐구 활동	빈발하는 사고사례	사고 가능성에 대한 분석 예시
생명 과학 1	세포와 세포분열	① 감수분열 관찰하기	-가열시 화상 -해부 침에 의한 침상 -표본 유리 압착 시 파손 -표본/덮개 유리 모서리 찰과상 -염색약의 피부 접촉	-현미경 운반중 낙하 사고 -현미경 전기감전 안전 사고 -현미경 구조 풀림 낙하 사고
	유전	② 초파리를 이용한 다양한 돌연변이 형질 관찰하기	-초파리 마취제에 흡입	-마취제 과다 흡입 사고 -배양병 파손
	생명활동과 에너지	③ 다양한 음료수에 넣은 효모의 발효 과정에서 생성되는 이산화탄소 방출량 비교하기	-발효관의 파손 사고 -실험용 식음료 섭취 -KOH 피부 접촉 사고	-실험 후 음료수 섭취 사고 -남은 효모의 식용으로 사용
	항상성과 몸의 조절	④ 운동하는 동안 우리 몸에서 일어나는 여러 가지 변화 측정하기	-준비 없이 과도한 운동 -운동기구 사용 미숙으로 인한 사고	-무리한 다이어트 -편식 -골절, 근육 손상
	방어작용	⑤ 세균 및 곰팡이 관찰하기 ⑥ 혈액형 판정 실험과 수혈관계 조사하기	-세균의 피부/호흡기접촉 -표본/덮개 유리 모서리 찰상 및 자상 -채혈침 혼용 사고 -과다 출혈 및 혈액 오염	-세균 무단 방출 -혈액 무분별 한 혼용 -감염 사고 우려
생명 과학 2	세포의 특성	① 막을 통한 물질의 이동 실험하기 ② 효소의 작용 실험하기	-소화효소의 사용 후 폐기	-실험용 소화제의 유출 및 사용 -약품 오용 위험
	세포와 에너지	③ 잎의 색소 분리하기 ④ 발효 실험하기	-유기용매 사용 시 흡입 -유기용매의 발화사고 -전개 액의 밀폐 부실로 인한 호흡곤란	-유기용매의 흡입 -유기용매의 혼합 -발연성용매로 인한 화재
	유전자와 형질 발현	⑤ 세포에서 DNA 추출하여 분리하기	-브로콜리 등 억센 식물조직 절단 시 칼과 가위 사용의 부주의로 인한 자상	-실험용 재료의 사용 후 식용



## (2) 조사 기간 중의 사고 발생 빈도 및 유형의 분석

2012년부터 2016년까지 5년 동안 연구 대상의 학교에서 생명과학 I과 생명과학 II 탐구 실험 수업 활동 중 공식적으로 해당 교사에게 인지되고 확인된 여러 유형의 크고 작은 실험실 사고 빈도는 아래와 같았다(Table 4). 생명과학 I과 생명과학 II의 교육과정에서 제시하는 탐구 실험 활동이 11주제인 것을 감안한다면 평균 매 탐구 실험 시간 마다 1회 이상의 크고 작은 사고가 발생하는 것을 확인할 수 있다. 실험안전에 관한 교육이 점차 강화되면서 2013년도부터는 다소 감소하였고, 체계화된 과학 실험실 안전 매뉴얼의 적용이 이루어진 2015년도부터는 크게 감소하는 추세를 보였다(Table 4).

〈표 4〉 Types of accident and frequencies of safety accident from the Life Science I and II laboratory activity. In case of personal punctured wound/abrasion and burn which accidents have suffered direct minor injuries but some accidents have not been involved in direct to personal injury.

조사년도		2012	2013	2014	2015	2016
사고유형	자상/찰상	5	5	3	2	2
	화상/열상	4	3	3	2	1
	화재/폭발	1	-	1	-	-
	기물파손	5	3	4	3	2
	기구추락	2	1	1	1	1
	누수	-	1	1	1	1
	폐수오염	2	1	1	1	-
	합계	19	14	14	10	7

사고의 유형에서 해부 실험 중 해부용 칼과 바늘을 사용하는 과정에 베이거나 찢리는 가벼운 사고와 현미경 관찰 실험 시 현미경 슬라이드 글라스와 커버글라스의 날카로운 모서리 등에 베이거나 압착 과정에서 유리의 파손으로 인한 피해가 가장 많았으며 매년 발생하였다. 알코올 램프에 의한 1도 이하의 가벼운 화상 또는 데이는 열상 사고는 빈번하게 발생하는 사례들이었다. 이러한 사고는 중대한 인명피해가 발생하는 사고는 아니지만 실험실 사고의 큰 부분을 차지하고 있으며 조사 기간 동안 매해 반복적으로 발생하는 것을 확인할 수 있었다(Table 4). 그러나 비이커나 메스실린더 및 유리 피펫 등을 실험에 사용하거나 실험 후 세척하는 과정에서 일부 금이 가거나 파손 된 것을 인지하지 못해 베이거나 찢리는 일이 발생하는 사고도 상시 발행하였다. 또한 교사가 인지하지 못하거나 학생들이 교사의 질책을 우려하여 보고되지 않는 사고를 포함하면 실제 과학실험실내 안전사고는 이보다 많을 것으로 추정된다. 이렇게 빈발하는 사고를 예방하기 위한 특별한 기초 안전교육이나 조치가 반

드시 필요하다고 판단된다.

각 급 학교에서 탐구 실험 활동 중 발생한 안전사고는 학교안전공제회에 치료를 위해 보험 청구를 하거나, 사고가 다른 학생의 안전을 위협한 행동이라고 판단되어 징계 사안이 되지 않는 한 공식적인 문서가 남지 않는 실정이다. 안전사고를 공유하면 경각심을 유발할 수 있지만 개인의 신상자료를 포함하는 민감한 부분이기 때문에 많은 공유가 이루어지지 않고 빈도나 사례를 조사하기에 큰 어려움이 있다.

### (3) 과학고를 포함한 각급 중고등학교에서의 과학 실험실 사고 사례 및 문제

다음의 과학실험실 사고 사례들은 사고의 발생 빈도를 바탕으로 구성하였다. 실험 도구나 기구 사용 중 상시 발생하는 베이거나 찢리는 사고는 가벼운 사례로부터 심각한 사고까지 포함할 경우 매해 발생하는 가장 빈번한 사고의 유형이다. 그 다음은 높은 빈도로 발생하는 사고는 가벼운 열상과 화상으로 나타났다. 화재나 폭발 사고는 앞의 두 가지의 주요 사고 유형의 사례만큼 빈발하지는 않으나 대형사고로 이어져 치명적인 경우가 많았다.

#### 가. 베임, 찢림 및 절단

- 1) 현미경으로 잎 단면을 관찰하는 프레파라트를 제작하기 위해 잎을 반복적으로 잘라서 절편을 만드는 과정에서 면도칼을 실험대 위에 놓았다가 다시 손끝으로 쥐고 절편을 만들려는 순간 손가락을 크게 베었다. 다시 잡을 때 면도날 중 어떤 면을 잡아야 하는지 확인하지 않고 날 부분을 쥐고 거꾸로 절편을 만들면서 검지 손가락을 베이고 사고가 발생하였다.
- 2) 호흡률 측정 실험 중 유리관을 고무마개에 꼽는 과정에서 맨손으로 잘 들어가지 않는 유리관을 고무마개 쪽으로 무리하게 집어넣다 유리관이 파손되어 파손된 유리관이 손바닥과 검지 손가락 위로 박히면서 손가락 인대 절반이 절단되는 사고가 발생하였다.
- 3) 자율 탐구활동 중 아크릴을 이용해 실험 기구의 보완 물품을 제작하던 중 공작용 칼에 무리하게 힘을 가하면서 제단 된 면을 벗어나서 아크릴을 쥐고 있던 손을 베이는 사고가 발생하였다.

#### 나. 화상 및 열상

- 1) 생명 과학 II의 효소활성 실험을 위해 염산 용액(36%)를 메스실린더로 계량하는 과정에서 실험복을 접은 손목부위 노출된 곳에 염산이 튀었고 이것을 주변에서 본 학생이 휴지로 닦아내었다. 닦아내는 과정에서 염산용액이 묻은 자리에 살갓이 벗겨지는 약품에 의한 화상을 입었다.
- 2) 과산화수소 35%용액을 보호 장구 착용 없이 맨손으로 이동하던 학생이 용액 병 표면

에 남아있던 잔여 과산화수소로 인해서 손가락에 화상을 입었다.

- 3) 콩의 호흡률 측정 실험을 준비하는 과정에서 직선 유리관이 부족하여 직선 유리관을 여러 명에서 함께 절단 작업을 하던 중 마무리로 끝부분을 불로 가열하여 매끄럽게 만드는 과정에서 작업 반경 안에 있던 다른 학생을 확인하지 못하고 식지 않은 유리관을 흔들다가 친구의 눈꺼풀에 접촉하여 화상을 입혔다.
- 4) 과학 탐구활동 시간에 알코올램프의 사용법에 대한 사전지도를 받지 않은 채 알코올램프를 사용 끊는점 측정 실험을 하던 중 장난을 치다가 알코올램프를 넘어뜨렸다. 이 과정에 불이 번지고 불을 끄려고 우왕좌왕하던 중 피해 학생은 손등에 1도 화상을 입었다. 알코올램프에 의한 크고 작은 화상은 가장 빈번하게 발생하는 과학실의 사고라 할 수 있으며 실험 전, 실험 중 및 실험 후 각별한 사고 위험성에 대한 주의를 필요로 한다.

#### 다. 화재

- 1) 야간 탐구활동 시간에 소독용 알코올이 담긴 스프레이건을 실험대 위의 벌레에 반복적으로 분사하였고, 에어컨을 가동하느라 실험실을 전혀 환기 하지 않은 상태에서 다음 실험을 위해 알코올램프에 불을 붙인 순간 유증기로 인해 큰 화염이 발생하였다. 인명피해는 없었지만 큰 화재로 이어질 수도 있었다.
- 2) 그램 염색법을 위해 알코올램프로 고정하는 작업 중 프레파라트 표면에 과도하게 묻은 염색약을 제거하기 위해 티슈를 사용하던 중 알코올램프의 불이 옮겨 붙어서 화재로 이어질 번 하였다.
- 3) 실험실에서의 크고 작은 화재는 각종 인화성 물질과 알코올램프 등을 통하여 발생했다. 화재의 대부분은 학생들의 부주의로 인하여 과학고 뿐 만 아니라 여타 학교 과학실을 중심으로 지역과 시기에 관계없이 빈발하여 크고 작은 재산 및 인명 피해로 이어지고 있다.

#### 라. 폭발로 인한 사고와 여러 유형의 부상

- 1) 실험을 위해 드라이아이스가 든 보온통을 과학실에서 교실로 들고 와 억지로 보온병을 열다 마개가 증발한 이산화탄소의 압력으로 열리면서 튀어 올라 근처의 사람에게 날아가 심한 타박상과 일부의 경우 안경이나 안구를 타격하여 시각장애와 시력의 손상을 일으키는 사고가 발생하였다.
- 2) 휴대용 부탄가스를 이용한 토치를 멸균용이나 가열을 위해 사용하는 과정에 정확히 체결되지 않은 상태로 점화하다 가스의 누출로 불길이 번지는 사고의 발생으로 휴대용 부탄가스통의 폭발로 이어질 수 있었던 사고가 발생하였다.
- 3) 고양시 고등학교 과학실에서 염소산칼륨 황 탄소 알루미늄으로 실험실에서 학생들이

함께 폭죽을 만들다가 염소산칼륨 폭발로 학생 한명은 오른손가락 3개와 한쪽 고막을 잃었다. 과학 동아리 학생이 약품을 보관을 한 것과 위험 약품을 일반 시약과 분리해 잠금 장치를 하여 분리하여 따로 보관하지 않아 발생한 사고로 확인되었다.

- 4) 부산의 한 중학교 과학실에서 폭발 사고로 여학생 2명 부상하였다. 실험을 모두 마친 후 마무리 정리를 하는 과정에서 비이커에 남아있던 나트륨을 분리 폐기 하지 않고 수 도물로 비커를 닦는 과정에서 화학반응이 일어나 폭발이 발생한 것으로 추정되는 사고가 발생하였다.

## 2. 생명과학 실험실 안전관리 개선 방안

다음의 개선 방안은 수 년 간의 탐구활동을 지도하고 관찰하며 습득된 안전 규칙을 바탕으로 구성된 안전사고 개선 방안이다. 탐구활동 매뉴얼은 교육부(2014)의 한국과학창의재단에서 배포한 과학실험 안전 매뉴얼과 부산광역시교육청(2016)에서 게시한 과학실험 5분 안전교육(고등학교) 및 안전보건공단(2016)에서 게시한 MSDS자료와 화합물질 취급 절차에 대한 규정(엄석화, 2011) 등을 토대로 제작하였다. 이러한 내용들을 토대로 학기 초 안전교육과 실험실안전 인증제와 탐구 실험 전 5분 안전 교육에 투입하여 2014년~2016년까지의 베임이나 찢리는 가법지만 빈번한 사고의 발생 건수가 크게 감소하는 것을 확인 할 수 있었다.

가장 빈번히 발생하는 사고에 대한 대응 방안으로써 첫째, 면도날이나 절단용 칼을 사용할 때 칼날이 밖을 향하고 충분한 안전 공간을 확보한 후 사용하도록 안내해야 할 것이다. 둘째, 해부침이나 채혈침을 다룰 때에도 가벼운 자상을 예방하는 방안으로 반드시 장갑을 착용하도록 하고, 오염되거나 녹이 슨 도구에 의해서도 감염의 우려가 있음을 주지시켜 주의하여 사용하고 훼손된 도구는 사용을 삼가도록 해야 할 것이다. 셋째, 가장 빈번하게 파손되는 유리 비이커는 물을 끓이거나 하는 용도가 아니면 보다 안전한 플라스틱 재질의 비이커로 전부 교체하는 것이 바람직하다. 유리 비이커의 경우 금이 가거나 모서리 등에 작은 훼손의 흔적이 발견되는 즉시 폐기하도록 해야 한다.

### (1) 빈번한 사고에 대한 일상적 주의와 관찰 요구

실험실의 잦은 사소한 사고에 대한 무관심이나 방치와 무사고 경험에 대한 방심 등이 더 큰 사고를 일으킬 수 있음에 유의해야 한다. 실험실이 탐구활동을 위한 학습 공간이지만 학생들은 많은 위험성이 항상 잠재해 있다는 현실 인식이 부족하다. 따라서 탐구실험실을 담당하는 교사나 학교는 지속적으로 탐구학습과정에서의 100% 안전을 확보하기 위한 안전시설의 개선과 학생들에 대한 철저한 실험실 안전수칙을 강조하여 실험실에서의 안전한 활동이 익숙해지도록 해야 할 것이다. 과학 실험실에서 상시 발생하는 안전사고 중 빈번하게 발생하는 사례들과 기본적 안전 유의 사항을 정리하면 <Table 5>와 같다.

〈표 5〉 General safety measure and guide for life science experiment

실험실 시설, 도구 및 시약	안전 유의 사항
화재 발생관련 물품	-알코올램프의 올바른 사용법을 반복적 알리고 유의하도록 강조 -가스의 사용 시 누출의 위험성을 알리고 폭발의 위험성에 유의 -화재 발생 시 대피요령과 화재 진압용 장비 위치의 정확히 숙지
전선 및 콘센트	-바닥에 늘어진 전선에 넘어지는 사고 예방에 유의 -느슨해진 실험대 콘센트에 의한 합선 사고 예방에 유의
면도날, 해부용 칼	-면도날이 양날임에 유의하고 가능하면 단면 칼로 대체 -해부용 칼을 손잡이에 장치하고 탈거 방법을 교사가 시연하고, 사용 시 떨어 드리거나 작업 시 옆 사람과의 안전거리 유지에 특히 유의하도록 각별한 안 전교육이 필요
슬라이드 글라스, 커버 글라스	-슬라이드 글라스와 커버 글라스의 날카로운 모서리에 유의 -프레파라트 준비 과정에서 엄지손가락으로 과도한 압착에 따른 손상에 유의
해부침	-찔리는 사고가 빈번하므로 각별한 주의를 전달 -녹슨 해부침의 사용을 금지함
유리 기구 전반	-비이커, 플라스크, 피펫 및 시험관 등의 파손 위험성에 유의 -작게라도 손상된 유리 기구는 즉시 안전하게 폐기
에테르, 톨루엔, 알코올	-강한 휘발성, 폭발 및 마취 효과가 있음을 알리고 환기에 유의 -가능한 흡입 배출기(후드)내에서 사용하도록 유의 -간접 노출을 예방하기 위하여 마스크 착용 -사용 후 안전한 폐 시약 분리 수칙을 따르도록 유의
강산, 강염기	-피부 접촉 시 강한 부식성과 약품에 의한 중화상의 위험성을 알리고 사용 시 장갑을 착용하고 후드 내에서 작업하도록 유의 -사용 후 안전한 폐 시약 분리 수칙을 따르도록 유의

## (2) 안전교육을 반복적으로 실시

기본 안전 사항에 대한 반복적인 교육을 실시한다. 과학 실험 안전 매뉴얼에서 제시하는 안전 수칙 및 일반적인 안전 사항을 실험실 내에 확인하기 용이하도록 게시하고, 유인물로 학생들에게 안내한다. 제시된 내용은 학생들이 실험실에 입실할 경우 숙지할 수 있도록 지도교사의 반복적인 지도가 필요하다. 실험이 자주 이루어 질 경우 기본 안전 수칙 및 일반적인 주의사항에 대해서 학기 초 실험실 출입을 허가하는 시험을 실시하여 안전사항에 대한 경각심을 일깨워주도록 한다.

(3) 각 탐구 주제별 유의사항의 구체화

교과과정 중 수행되는 실험 활동의 유의사항 구체화하여 교과서에 수록하거나 공통 매뉴얼을 배포하여 담당교사가 별도의 유인물로 제시한다. 생명과학 I 과 생명과학 II 에 명시된 실험 활동 중 하나를 예로 탐구활동 전 과정의 유의사항을 사례로써 구성해 보면 <Table 6 및 7>와 같다.

가. 생명과학 I

<표 6> Example of notice for the subject of Life science I

단원명	II. 세포와 생명의 연속성 1. 세포 주기와 세포분열	
단계별 유의사항	탐구활동 단계별 유의사항	사고유형
실험 전	(1) 현미경은 실험대 안쪽으로 배치함에 유의 (2) 조동나사와 미동나사 조절시 손가락 움직임 (3) 슬라이드, 커버 글라스 모서리 (4) 표본 제작 중 면도날 등의 사용 시 사고 유의 (5) 현미경 대물렌즈가 표본 유리와 접촉 시 파손 (6) 젖은 손으로 느슨한 전선이나 플러그 조작 중	추락 골절상 손가락 끼임 자상, 찰과상 자상, 찰과상 자상, 찰과상 감전
실험 중	(1) 광원 장치 과열로 인한 화상 등 사고 =>관찰하지 않을 때는 전원 끄기 (2) 염색약이 피부에 닿아 발생하는 가벼운 화상 (3) 해부 침을 사용 시 찔리지 않도록 주의 (4) 사용되는 시액은 맛을 보지 도록 주의 (5) 표본의 중복 제작 중 칼의 사용주의	화상 화상 화상 침상 화상, 중독 자상
실험 후	(1) 사용한 표본 및 덮개 유리는 분리 폐기 (2) 해부 침과 칼은 주의하여 세척 후 제자리 (3) 창문을 열어 충분히 환기 또는 흡입기 작동 (4) 남은 시액은 폐기물 통에 처리	자상 침상, 자상 알러지 등 알러지 등
관련시약 MSDS 정보	가) 관련시약: 에탄올, 아세톤, 아세트 올세인 (부록에 제시)	

나. 생명과학 II

〈표 7〉 Example of notice for subject of Life science II

단원명	I. 세포와 물질대사 1. 세포 호흡과 에너지	
단계별 유의사항	탐구활동 단계별 유의사항	사고유형
실험 전	(1) 유리 기구는 실험대 중심에 배치 추락 방지 (2) 칼이나 가위의 날의 노출 방지 주의 (3) 모세관은 눈에 잘 띠게 배치 분실 및 파손에 유의 (모세관의 잦은 파손에 대비 이쑤시개로 대체) (4) 전개액 및 추출액의 혼합 사용에 유의하고 명기 (휘발성이 강하므로 뚜껑은 항상 닫아 둬) (5) 모든 시약 용액은 맛보거나 마시지 않도록 유의	추락 골절상 자상 자상, 찰과상 알려지 화상, 중독
실험 중	(1) 막자와 막자사발을 과도한 충격시 파손에 유의 (막자를 돌리면서 사용한다) (2) 전개액과 추출액의 피부 접촉에 유의 (3) 식물 절단 시 칼이나 가위의 사용에 유의	자상 알려지 자상
실험 후	(1) 사용 후 세척 시 파손에 유의 (2) 모세관(이쑤시개)는 지정된 장소에 분리 폐기 (3) 충분한 환기 (4) 남은 시약은 분리 폐기물 통에 폐기	자상 자상 중독, 알려지 알려지 등
관련시약 MSDS 정보	가) 관련시약: 에탄올, 아세톤, 석유 에테르 (부록에 제시)	

과학고의 경우 학생들의 탐구 활동이 빈번하며 탐구 주제 중 반복적으로 안전사고가 발생할 수 있는 요소에 대한 유의사항을 기록하여 자료화하고 학생들에게 주지하게 하여야 한다. 예를 들어 대장균을 이용한 미생물 관련 탐구 실험에 대한 유의 사항을 정리해 보면 〈Table 8〉과 같다.

〈표 8〉 Example of notice for subject of bacterial culture

탐구주제	세균의 순수배양	
단계별 유의사항	탐구활동 단계별 유의사항	사고유형
실험 전	(1) 유리 기구는 실험대 중심에 배치하여 추락에 유의 (2) 시약과 용액은 맛을 보거나 마시지 않도록 유의 (3) 무균실내 조작 시 UV 램프는 꺼두도록 유의 (4) 고압멸균기는 표준압력(1 기압)과 온도(40°C 이하) 에서 개방 (5) 가열 된 배지를 꺼낼 때 고온에 유의	자상 화상, 중독 화상, 알려지 화상, 열상 화상, 열상
실험 중	(1) 미생물 도말을 위해서 장갑을 착용하거나 손은 70% 에탄올로 소독 (2) 백금이 멸균을 위해 알코올램프를 사용할 때 화상에 유의 (가능한 1회용 도말기 사용)	감염, 오염 화상, 열상
실험 후	(1) 사용한 유리 기구의 손상과 세척 시 유의 (2) 일회용품은 살균 후 살균 후 폐기 (3) 통풍 및 환기 (4) 사용 된 배지는 고압멸균기 또는 살균 후 폐기	자상 감염, 오염 알려지 오염, 감염
관련시약 MSDS 정보	가) 관련시약: 에탄올 (부록에 제시)	

이와 같이 3가지의 탐구활동 사례에서 제시한 것과 같이 각 교육과정 상의 내용이나 탐구 주제 별로 빈번히 발생할 수 있는 안전사고의 요소를 인지하고, 각 상황별로 적용하여 사용할 수 있는 유의사항 안내서를 제작하여 배포함으로써 교사의 실험안전에 대한 포괄적 안내에만 의존하기 보다는 학생들의 실제 활동과 관련하여 보완하면 크고 작은 안전사고 예방에 보다 효율적으로 대응할 수 있을 것이다.

**(4) 폐기물 처리에 대한 규칙의 명확화 및 처리 체계의 정비**

무엇보다도 교사나 실험을 지도하는 자는 탐구학습 설계 시 탐구활동이 완료되었을 때 발생하는 폐기물 처리에 대한 규칙을 구체화 하여 학생들에게 수시로 안내해야 한다. 발생하는 폐기물은 분리수거 방법에 따르거나 폐기물처리 방법에 따라서 버려져야 하지만 간혹 일



반 쓰레기로 함께 폐기되면서 중간단계의 처리를 맡은 사람들에게도 중대한 안전사고의 위험 요소가 된다. 따라서 실험 설계나 탐구수행 과정에서 교사는 발생할 수 있는 폐기물에 대한 올바른 처리 방법에 대한 지도가 꼭 필요하다<Table 9>. 또한 실험실 곳곳에 폐기물 처리에 대한 절차와 방법을 알리는 안내 표지를 부착하도록 해야 한다. 실제 중등학교나 과학고에서의 생명과학 탐구 활동을 수행하면서 발생하는 약품 폐수나 폐기물의 발생량은 그다지 많지 않다. 그렇다하여도 철저하게 폐기 방법과 절차에 따라 훼손된 유리 기구, 채혈침, 해부용 칼 및 다양한 실험 폐수들을 처리하여야 한다. 그러나 대부분 소량으로 발생하는 폐수의 경우 실험 폐액 통에 분리하여 배출하는데, 이들의 처리를 맡는 전문 업체들이 소량의 폐액을 자주 수거해 주지 않아 학교 실험실에 장기간 실험 폐액 통에 담긴 채 방치되기도 한다. 따라서 관련 교육청이나 지방자치 단체 또한 자주 정기적으로 폐액의 신속한 처리 체계를 갖추어야 할 것이다. 실험 폐수가 실험실 내에 장시간 방치되어 누수 또는 누출되어 발생하는 2차 사고를 막기 위해서는 실험 후 즉시 분리하여 폐액 용기에 수거하는 것 만큼이나 폐액 처리 전문 업체가 수시로 수거 후 처리하는 체계를 마련하는 것이 필수 조건이라 할 것이다<Table 9>.

<표 9> General categories of laboratory wastes and procedure of their treatments

폐기물 유형	폐기물 처리 방법 및 과정
유리류	-손상된 유리 기구는 위험성 표기 후 유리류에 즉시 분리 폐기
금속류	-철제의 칼, 주사기 등은 별도의 분리수거 후 재활용 분리 폐기 -알루미늄; 캔 및 알루미늄 호일은 분리수거 후 재활용 분리 폐기
플라스틱류	-폐합성 수지류와 함께 분리수거 후 재활용 분리 폐기
시약류	-시약의 화학적 특성(유기계, 산계, 알칼리계, 무기계 및 세척수)에 따라 지정 실험폐수 용기에 수집 후 처리 전문 업체를 통해 폐기 -하수와 함께 흘려보내지 않도록 각별히 유의 -실험 폐수 처리 시에도 반드시 마스크와 장갑 및 실험복 착용
생물	-동물 사체; 지정 폐기물로 수거 후 처리 -식물 재료; 일반폐기물로 폐기 -미생물 폐기물; 멸균 처리 후 폐기

(5) 안전관련 정보의 쉬운 접근과 탐구활동 종료 후 정리 및 명확한 인수인계

실험실 안전과 관련된 정보를 손쉽게 접근할 수 있도록 실험실 동일한 장소의 잘 보이는 위치에 관련 정보집을 게시해야 한다. 여러 종류의 탐구 활동이 이루어지거나 탐구 활동이 장기간 이루어지고 난 뒤 사용하고 남은 시약들이 장기간 방치되는 경우가 있다. 탐구 활동

이 종료되면 사용한 모든 실험기구나 시약에 대한 제자리로의 정리 정돈을 확실히 하도록 해야 한다. 건조대나 실험대 위에 실험 기구들이 계속 방치될 경우 기구 파손 및 안전사고의 요인이 될 수 있으므로 실험이 마무리 되면 정리를 철저히 하도록 안내해야 한다. 시약은 사용할 만큼만 계산하여 제조하는 것에 유의하도록 해야 하며 남아서 사용할 수 있는 시약은 청산보고서를 작성하여 다음 탐구를 맡는 학생에게 직접 전달하는 방식을 적용해야 한다. 한국과학기술원의 경우 탐구를 진행한 학생이 탐구를 마치고 남은 시약이나 장비에 대한 사용법을 다음 사용한 학생에게 인수인계하는 ‘위험물 사용 및 청산보고서 제도’가 있어서 사용하지 않는 시약이나 기구가 실험실 내에 방치되는 것을 원천적으로 차단한다. 처음에는 명기가 되어 있어 어떤 용액인지 인지하고 조심하지만 시간이 지나 명기된 것이 사라지고 실험실 구석에 방치되어 있는 시약이나 기구들은 실험실 안전에 위협을 가할 수 있으므로 탐구가 종료되면 자신의 탐구를 완료했다는 것을 지도교사에게 확인한 뒤 불필요한 물품은 반납하고, 재사용하거나 다른 탐구 주제의 학생들이 사용할 수 있는 물품을 인계하도록 하고 그 기록을 남겨 두는 것이 추가 사고를 방지할 수 있는 방법이 된다. 실험실 안전에 관련된 정보의 공유와 안내는 지속적으로 자주 이루어져야 하며 안전수칙 미이행자에 대한 분명한 경고와 추가교육이 이루어져야 작은 사고로부터 이어지는 중대한 실험실 사고와 사후 처리 과정에서의 2차 사고를 완벽히 예방할 수 있다.

#### IV. 결론 및 제언

본 연구는 실험실 안전사고가 빈번하게 발생함에 따라서 중등학교의 과학실 등에서 생명과학 탐구활동 중 안전사고를 개선할 수 있는 방안이 무엇이 있는지 교과목 상의 탐구와 자율 탐구 주제를 고려하여 실험실의 사고 예방에 대한 방안들을 제안하였다. 안전교육의 방안을 모색하기 위해서 2009개정 교육과정을 검토하여 생명과학 교과목에서 제시하는 탐구활동의 예시로 목록을 작성하였다. 2009 개정 교육과정에서 생명과학 I에 제시된 29개의 탐구 활동 예시 중 탐구 실험이 가능한 항목은 6가지였으며, 생명과학 II에서는 17개의 제시된 탐구활동 중 탐구 실험이 가능한 주제는 총 5가지 였다. 조사한 해당 학교에서는 2012년~2016년까지 5년 동안 생명과학 탐구 분야의 총 탐구 주제 24가지 중 미생물을 이용한 탐구가 14주제, 식물을 이용한 탐구가 8주제, 동물을 이용한 탐구가 2주제였다. 이를 토대로 과학고와 일반계 고등학교에서 실시되는 과학 탐구 활동에 대한 주제별 안전사고 유형을 조사하였으며, 생명과학 탐구 활동 중 발생하는 안전사고의 사례를 조사하였다. 단기적인 제한적인 결과이기는 하지만 실험실 안전교육의 강화에 따라서 사고빈도가 크게 감소함을 확인하였고, 이러한 조사와 분석의 내용을 바탕으로 다음과 같은 안전사고 개선 방안을 제안하고자 한다.

첫째, 실험실 안전 교육을 매시 반복적으로 실시할 것을 제안한다. 특히 기본 안전 사항

에 대한 반복적인 안내를 실시한다. 실험이 자주 이루어지는 경우 기본 안전수칙 및 일반적인 주의 사항과 보호 장구 사용법 등에 대해서 반복 교육을 실시하여 탐구를 수행하는 모든 학생들이 무지에 의한 안전사고를 당하지 않도록 해야 한다. 필요하다면 반복 교육과 병행하여 안전 수칙에 대한 평가를 통하여 실험실 안전에 대한 경각심을 일깨우도록 한다.

둘째, 각 탐구 주제별 유의사항을 명확하게 제시한다. 교과활동 중 발생하는 안전사고와 자율탐구 중 발생하는 안전사고의 유형을 분석하여 적극 활용한다. 교사는 교과활동 중 수행하는 탐구 과정에서 발생할 수 있는 안전사고의 요소를 사전에 파악하고 구체적으로 사고를 예방하기 위한 유의사항에 대해서 숙지하여 학생들에게 안내한다. 또한 교사가 자율탐구 중 빈번하게 발생하는 안전사고를 분석하고 탐구 주제별로 발생할 수 있는 안전사고의 요소를 구체화 시켜 탐구를 수행하기 전 해당 탐구 학생들에게 제공하거나 탐구를 설계하는 단계에 있어서 유의점들에 대해 학생들이 사전에 파악하도록 조사활동 등을 유도함으로써 학생 자신이 수행할 탐구에서 안전상 유의점들을 명확하게 숙지할 수 있는 기회를 제공한다.

셋째, 탐구 설계 및 수행 시 발생하는 폐기물 처리에 대한 규칙을 명확히 부여하고, 폐기물 처리 체계를 정비한다. 탐구가 종료된 후 발생하는 폐기물을 처리 절차에 따라 안전하게 폐기하도록 하고, 폐기물이 방치되지 않도록 하여 탐구가 종료 된 후에 발생할 수 있는 2차 안전사고를 예방한다.

넷째, 안전과 관련된 정보를 손쉽게 접근하여 확인하도록 하고 탐구 종료 시 정리 및 사용물품의 인수인계를 분명히 한다. 안전과 관련된 정보가 제한적으로 제공되고 주로 계시물 외에는 교사만 접근이 가능한 경우가 대부분이므로 학생들이 손쉽게 안전과 관련된 정보를 취할 수 있도록 안전유의사항을 실험실 곳곳에 부착하고, 탐구과제별, 탐구유형별 및 탐구 상황별 유의사항을 유인물로 만들거나 구두로 적극적으로 제공해야 한다. 사용에 주의를 요하는 특수한 실험 장비의 경우 실험장비 사용 전 별도의 안전 교육 및 실험자가 주지할 수 있도록 장비주변에 사용 상 구체적인 주의 사항을 제작하여 게시한다. 탐구 종료 후 사용물품의 정리 정돈을 철저히 하고, 재사용이 가능한 시약과 물품은 인수인계 절차를 확실하게 하여 실험실에 탐구와 관련되지 않은 개인용 물품이 방치되지 않도록 주의한다.

다섯째, 알코올램프 등에 의해 빈번하게 발생하는 작은 화재의 신속한 제압을 위하여 화재 발생 시 즉각 제압할 실험대 별 소화기 배치와 방화용 담요(소방포)의 과학실험실내 배치를 크게 늘려야 할 것이다. 또한 응급처치용 약품의 비치를 항상 확인하고 보충하도록 해야 한다.

이번 조사와 연구를 통하여 실험실에서의 안전사고를 한 층 예방할 수 있는 방안들이 마련되고 실천될 수 있기를 기대한다. 선행 연구들에서는 안전한 탐구를 위한 학생과 교사의 인식에 대한 내용에 집중되어 있지만 특정 탐구 상황에서 예상되는 안전사고의 요소나 사례에 대한 정보, 안전사고를 방지하기 위한 방법에 대한 정보 제공은 제한적이였다. 본 연구는 탐구활동 시 안전사고를 예방 위해 반복 교육 및 구체적인 상황에 대한 위험요소를 인지하고 교육하는 것이 중요함을 강조했다라는 점에서 또 다른 의미를 찾을 수 있다.

결과물로서 과학지식의 유의미한 학습과 과정으로서의 과학적 탐구 활동은 현대 과학의 본질이다. 2015개정 교육과정에서 선택 중심 교육과정의 공통 과목으로 ‘과학탐구실험’이 새로이 편성 되었으며 내용 요소 중 연구 윤리와 안전 사항이 포함되어 있다(교육부, 2015). 실험실 안전의 중요성은 수 없이 강조되고 있지만 현장교육에서 구체화되어 실용 가능한 자료와 매뉴얼은 빈약한 현실이다. 본 연구에서 제안한 내용을 토대로 개정되는 교육과정 속 탐구과정에서는 실험실 안전에 관한 실질적으로 적용이 가능한 자료를 제작하여 보급하고 사용을 확대하여, 앞으로 학교 현장에서 그 효과를 검증하고 발전시켜나가는 과정이 필요하다고 사료된다.

### 감사의 글

\*이 논문은 충북대학교 2015학년도 교내연구비 지원을 받아 수행하였습니다.

## 참고문헌

- 교육부(2015). 초·중등학교 교육과정 총론. 교육부 고시 제 2015-73호 별책1
- 교육부(2014). 과학 실험 안전 매뉴얼 중등. 한국과학창의재단
- 교육과학기술부(2009a). 2009 개정 고등학교 과학과 교육과정. 교육과학기술부
- 교육과학기술부(2009b). 교육과학기술부 고시 제 2009-41호 2009 개정 교육과정에 따른 고교 과학과 교육과정 해설서. 교육과학기술부
- 교육과학기술부(2011). 교육과학기술부 고시 제 2011-361호 별책 9 과학과 교육과정. 교육과학기술부
- 교육시설재난공제회(2016). 특성화고등학교 실험실습실 안전컨설팅 실시 결과 설명회(2-6). 교육시설재난공제회
- 곽영순(2016). 2015 개정교육과정의 이해. 중등과학교과과정 직무연수(화학)(pp. 1-15). 서울. 서울특별시과학전시관 교육연수부
- 김수윤(2006). 고등학교 화학 실험에서 다루어지는 유독물질에 대한 학생들의 인지도 조사와 실험실 안전교육 개선방안, 숙명여자대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 김현영(2015). 중·고등학교 실험실 환경과 안전에 관한 과학교사의 인식조사, 경북대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 박성희(2009). 과학 실험실 안전과 폐수 처리에 대한 학생들의 인식, 강원대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 박용석(2015). 고등학교 화학실험에서의 안전 교육의 필요성에 관한 연구, 인하대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 부산광역시교육청(2016). 과학실험 5분 안전교육(고등학교), 부산광역시교육청
- 엄석화(2011). 사고 근본원인분석 MAP을 통한 화학실험실 안전관리 효율화에 관한 연구, 서울과학기술대학교 에너지환경대학원 박사학위논문.
- 오상은(2010). 과학고등학교 교육과정 연구: 학생의 대학 진학에 따른 진로 집중과정의 도입 가능성 탐색, 고려대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 이미연(2009). 고등학교 화학 I 실험내용 중 실험실 안정에 대한 교사와 학생의 인지도 조사, 한국교원대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 이효녕, 조현준(2008). 과학영재 교육에서 자율탐구활동의 의미와 중요성에 대한 이론적 고찰, *과학교육학회지*, 32(2), pp.33~50.
- Sternberg, R. J.(1982). Teaching scientific thinking to gifted children. *Roepers Review*, 4(4), 4-6
- Korea Occupational Safety & Health Agency(2016. September 28.). 안전보건공단(2016). 물질안전보건자료 (2016. September 28.). Retrieved from <http://msds.kosha.or.kr/kcic/msdssearchAll.do>

## 국문요약

본 연구는 과학고등학교 및 중고등학교의 생명과학 탐구활동 중 안전사고를 개선 할 수 있는 방안이 무엇이 있는지 교과목상의 탐구와 자율 탐구 주제를 고려하여 안전교육 강화 방안에 대해서 제안하고자 하였다. 2009 개정 교육과정을 검토하여 생명과학 교과목에서 제시하는 탐구활동과 과학고등학교에서 수행되는 자율탐구에 대한 주제를 조사하였다. 무엇보다도 안전사고 예방을 위해 기본 안전수칙 및 일반적인 주의사항에 대한 안전교육을 반복적 실시의 필요성을 제안하고자 하였다. 또한 각 탐구 주제별 유의사항을 명확하게 제시해야 할 것으로 사료된다. 또한 교육과정에서 제시하는 탐구활동과 자율탐구 주제에 따라 고려해야 하는 안전요소를 구체화하여 제공함으로써 학생들의 무지에 의한 안전사고를 겪지 않도록 해야 할 필요가 있다. 나아가 탐구 설계 및 수행 시 사전 유의사항에 발생하는 폐기물 처리에 대한 규칙을 명확히 부여하고 폐기물 처리 체계를 정비해야 할 것이다. 무엇보다도 안전과 관련된 정보를 손쉽게 접근하여 확인하도록 하고 탐구 종료 시 정리 및 사용물품의 인수인계를 확실히 함으로써 생명과학 탐구활동 시 안전사고 발생을 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

**주제어** : 안전교육, 실험실, 학교 내 사고, 탐구활동, 주의 안내