

## 초등학교 과학 실험에서의 안전사고 최소화 방안

권치순<sup>1\*</sup> · 최은선<sup>2</sup>

<sup>1</sup>서울교육대학교 · <sup>2</sup>서울원촌초등학교

### The Suggestions for the Minimization of Safety Accidents in the Primary Science Experiments

Chi-soon Kwon<sup>1\*</sup> · Eun-sun Choi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Seoul National University of Education · <sup>2</sup>Seoul Wonchon Primary School

#### ABSTRACT

This study examined the dangerous elements in primary science textbooks and had some suggestions for the minimization of safety accidents in the science class experiments. The research results are as follows: 1) The rate of accident in the primary science experiments was not high, but potential for the outbreak of safety accidents was always present. 2) It is necessary to include safety contents on science textbooks. The survey revealed that only 18 percent of safety education materials include on science textbooks. 3) It will be desirable for science experiment lessons to include safety education materials for safety experiments. This could also help the students develop the right recognition and attitude regarding safety. 4) There was lack of safety devices those were required to be kept at science labs. The survey showed that about 20 percent of the schools had the experimental clothing. 5) Safety training is often conducted in an overly simplified manner, and no special time is allocated to it.

In conclusion, to improve the problems pertaining to school safety accident, courses on safety training are essential as textbooks and teachers. Constant and systematic instructions on safety should be done in order to prevent potential safety accidents.

**Key words** : safety accident, safety education, safety training, safety experiment

#### I. 연구의 목적 및 필요성

과학 교육자들은 학생들의 탐구 능력 향상과 과학적 태도의 함양에 실험이 중요한 영향을 끼친다고 보고 있다. 미국 과학교사협회(NSTA)에서는 과학의 실험적 특성을 학교 과학교육에 반영하기 위해서 탐구 위주의 실험활동이 모든 학교 수준의 모든 과학교육과정에 충분히 포함되어야 하며, 필요한 시설 및 기구와 재료가 공급되어야 한다고 보고하였다(NSTA, 1982).

우리 과학 교육의 목적은 '과학적 소양'에 두고 있으며, 그동안 과학교육을 통하여 과학의 지식, 과학적 탐구방법, 과학적 태도와 과학·기술·사회관

계를 바르게 인식하도록 하는 데 주안점을 두어 왔다. 그 중에서 과학적 방법의 습득은 학교 현장에서 학생들이 직접 실험을 해 보는 탐구 중심의 활동을 통하여 과학자들이 어떻게 탐구하고 연구하는지를 경험하는 중요한 활동으로 여겨 왔다(교육부, 1987, 1992, 1997).

학교 교육에서 과학 실험이 중요하고 그 교육적 효과가 아무리 크다 하더라도 과학 실험 활동 중 안전사고가 발생한다면 복잡한 문제가 발생하게 된다. 특히 초등학생은 신체적 활동은 활발하지만, 정신적으로는 자신의 행동 결과를 예측하는 능력이 미숙하여 안전사고 발생 가능성이 높다. 과학 실험 사고 방지를 위해서는 체계적인 안전교육과 아울러 안전

\* 교신저자 : 권치순(cskwon@snu.ac.kr)

2009.08.12(접수) 2009.08.20(1심통과) 2009.09.12(최종통과)

관리를 강화해야 한다.

영국, 독일, 프랑스, 미국 등 선진국에서는 이미 안전교육을 법적으로 의무화하여 학교에서 교육하고 있으며, 보건 및 체육 교과 내용에 안전교육이 하나의 영역으로 다루어지고 있다. 우리나라에서도 크고 작은 안전사고를 미연에 방지하기 위해서는 안전교육을 보다 강화하고 철저한 예방지도가 절실히 요구된다(나경환, 2000; ASE, 1982; Everett, & Jenkins, 1980).

과학 실험에서는 여러 종류의 실험기구와 시약 등을 다루게 된다. 경험이 부족하고 실험에 미숙한 학생들이 실험을 할 때 교사는 어디에서 무슨 일이 일어나는지 잘 알 수 없다. 따라서 실험 시 안전교육은 실험자의 사소한 부주의로 안전수칙을 무시함으로써 일어날 수 있는 뜻밖의 사고와 위험을 미연에 방지 또는 최소화시킴으로써 실험 중심의 탐구 학습의 교육적 효과를 극대화시키는 데 그 의의가 있다. 과학 실험에서 발생하는 안전사고는 화재, 폭발 및 유해한 약물 등에 의한 부상, 실험 기구에 의한 부상 등의 사고가 있으며, 그 원인은 대부분 방심과 부주의, 지식의 부족, 실험 조작의 미숙, 충동과 호기심으로 밝혀졌다(양정모, 2001).

일반적으로 실험 기구 및 자료의 안전 취급 시 주의 사항은 크게 가열기구의 안전취급, 시약류의 안전취급, 초자기구의 안전취급, 전기의 안전취급 등이 있으며, 시약류는 위험한 시약류의 종류와 취급 시 안전수칙, 그리고 전기는 감전 및 실험실에서의 안전수칙 등이 제시되어 있다(서울특별시서부교육청, 2006).

그 동안 초등학교 과학 실험에서의 안전사고에 관한 연구는 그리 많지 않은데 그 까닭은 학교에서 발생하는 안전사고 중 휴식시간이나 체육시간에 발생한 사고가 많기 때문인 것으로 사료된다. 과학 실험의 안전사고에 관한 연구를 살펴보면 다음과 같다.

학교 안전사고의 장소별 발생 유형은 전체 안전사고 건수 2,677건 중 실험 실습실에서 발생한 사고가 76건(2.8%)으로 점차 증가 추세에 있으나, 학교 안전교육이 미흡한 상태로 이에 대한 대책이 필요하다고 하였다(신진균, 1996). 또한 실험 실습 중의 사고는 교사의 부주의로 일어나는 경우도 있지만 대부분 학생의 부주의와 실수에 기인한 것으로 밝혀져 실험실 안전에 대한 폭넓은 소양과 안전사고 대해 적절한 교육이 필요하다고 하였다(송선양, 1992).

일반적으로 과학실험 안전사고 발생률이 높은 실험은 가열실험(67.1%), 화학약품 취급(19%), 초자류 취급(11.4%), 기타(2.5%)의 순인 것으로 나타났다(권재호(2000). 이미란(2002)은 초등학교 과학 실험에서 안전에 관한 초등 교사들의 인식조사에서 교사들이 과학실험을 할 때 부담이 되는 요인으로 실험준비의 미비(58.9%), 안전사고(32.9%)라고 하였다. 그는 연구에서 교사들이 과학 실험 관련 안전사고의 책임 문제로 인해 과학 실험에 대해 부담을 느끼고 있고, 과학 실험수업을 기피하게 되는 결과를 초래하는 원인으로 작용한다고 하였다.

나경환(2000)은 중학교 화학 실험에서의 안전사고가 많이 일어나지 않으나 대부분 교사들이 1년에 한번 이상은 안전사고 또는 위험 상황을 경험하고 있다고 하였다. 안전사고는 가열실험에서 가장 많이 일어나고 있으며, 특히 알코올램프에 의한 화재 사고가 자주 일어나고 있어 이에 대한 특별한 주의가 필요한 것으로 밝혀졌다.

이정미(1998)는 실험실 안전에 대한 적극적인 주의는 실험실 사고를 막는 예방책이 될 뿐만 아니라 일생 동안 안전교육에 대한 인식을 심어줄 수 있다고 하였다. 이인길(1989)은 중·고등학교 교육과정의 화학실험에서 실제로 취급하는 화학물질 그 자체가 바로 공해 물질, 또는 독성물질이 될 수도 있으며 위험 물질이라고 지적하였다. 그러나 위험물질 또는 발암성 물질이라고 하여 완전히 실험을 기피하는 것은 불가능하므로, 실험실에서 세밀하게 계획된 시약 사용이 보다 중요하다고 하였다.

이상에서와 같이 중등학교에서는 실험 안전사고에 관한 연구가 비교적 활발하게 이루어지고 있으나 초등학교에서는 과학 실험 안전사고에 대한 연구를 찾아보기 힘들다. 안전사고의 예방은 기초교육이 보다 큰 영향을 미치는 것을 생각하면 초등학교 과학 실험안전에 관한 관심과 교육활동이 활성화 될 수 있도록 이에 관한 연구가 충분히 이루어져야 한다고 본다.

여기서는 초등학교 과학 실험 안전사고의 실태를 조사하고, 과학과 교육과정의 안전관련 내용을 분석하여 실험 안전사고를 최소화할 수 있는 방안을 찾는데 주안점을 두었으며, 그 연구문제는 다음과 같다.

첫째, 초등학교의 과학 실험 안전사고의 실태는 어떠한가?

둘째, 과학 교과서에 수록된 실험 안전내용은 어떻게 제시되어 있는가?

셋째, 과학실험 시 안전사고의 위험성이 높은 실험기구와 사용빈도는 어떠한가?

넷째, 초등학교 실험실의 안전과 관련된 규정은 어떠한가?

다섯째, 과학 실험의 안전사고를 줄일 수 있는 방안과 안전사고 대처방안은 무엇인가?

## II. 연구 방법 및 절차

### 1. 문헌 연구

과학 실험 안전사고에 관한 자료와 문헌, 연구물을 분석 기준으로 정하여 그 종류와 사례, 빈도수 등을 알아보았다. 그리고 현행 초등학교 과학 교과서(실험관찰 포함)내용을 분석하여 교과서에 수록된 안전관련 내용을 조사하고, 과학실험 시 안전사고 발생률이 높은 실험에 사용되는 가열기구, 시약류, 초자류의 수록 빈도수를 조사하였다.

### 2. 조사 연구

서울특별시에 위치한 초등학교 79개교를 대상으로 실험실 내 안전수칙 규정 수립 현황, 실험실 안전점검 유무, 소화기, 보안경, 실험복, 환기시설, 독극물 시약장기전장치 등의 장치와 기구에 관한 비치 정도를 조사하였다.

표 1. 조사 대상 학교 수

구분		조사 대상 학교 수	백분율(%)
설립	공립학교	53 개교	10.2
	사립학교	26 개교	66.7

## III. 연구 결과 및 논의

### 1. 실험 안전사고 현황

최근 안전사고는 학교 급별로 2005년의 경우 초등학교(36.4%), 중학교(34.6%), 고등학교(24.8%), 유치원(3.5%), 특수학교(0.6%)순으로 각각 나타났다(서울특별시 학교안전공제회, 2006). 따라서 초등학교의 안전교육을 강화하여 안전사고를 줄일 수 있는 방안을 마련하는 것이 시급한 것으로 나타났다(표 2).

표 2. 안전사고 보상금 지급 건수 및 보상액(2005년)

구분	학생 수 및 사고 현황					계
	유치원	특수학교	초등학교	중학교	고등학교	
학생 수 (명)	25,314	5,268	710,518	382,092	355,440	1,478,632
건수 (건)	162	28	1,681	1,599	1,147	4,617
금액 (천원)	33,479	32,849	1,020,122	976,322	2,019,343	4,082,115

학교 급별 학교안전공제회의 보상금 지급 현황은 초등학교가 지급 학생 수는 전체의 48.0%, 보상건수 36.4%, 보상금액 25.0%를 각각 차지하고 있다. 이와 같이 초등학교가 중등학교에 비해 보상 지급률이 높은 것은 초등학생의 특성 때문에 안전사고에 대한 판단력과 돌발 상황에 대한 적응력이 미흡하기 때문이라고 판단된다. 따라서 기초교육 단계의 초등학교에서 보다 안전교육에 대한 관심과 중요성을 인식할 수 있도록 하는 방안이 절실히 요구되고 있다.

이러한 학교 교육활동 중에 발생하는 모든 사고로부터 교원 및 학생을 보호하기 위하여 최근에 안전사고 예방 및 보상에 관한 법률안이 마련되었다(법제처, 2006). 이와 같이 학교의 교육활동에 발생하는 안전사고에 대한 보상책을 마련하는 것도 의미가 있지만 보다 중요한 것은 안전에 대한 관심을 가지고 이를 생활화하는 안전교육이 우선되어야 할 것이다. 최근 한 보고에 의하면 서울의 초등학교 안전사고 건수는 2001년부터 2005년까지 계속 증가하고 있는 것으로 나타났다(서울특별시학교안전공제회, 2006). 이처럼 안전사고 건수가 증가하고 있는 것은 학생들이 안전사고의 가능성은 개방되어 있는데 비하여 학생들의 안전의식과 생활화가 이루어지지 않고 있는데 기인한다고 본다.

표 3. 연도 별 초등학교 학교 안전사고 건수

연도	2001년도	2002년도	2003년도	2004년도	2005년도
건수	976	1,062	1,171	1,566	1,681

서울학교안전공제회보(2006. 5)

더욱이 새 교육과정의 적용과 함께 주 5일제 수업에 능동적으로 대비하기 위해서는 학생들의 다양한 체험 활동의 활성화로 인한 안전사고에 대한 특별 대책을 마련하지 않으면 안 될 것이다.

학교에서 발생하는 안전사고의 원인을 보면, 초등학교는 휴식시간 중(39.0%)에 사고가 가장 많이 발생하고, 중등학교는 체육시간에 사고가 가장 많이 발생하는 것으로 나타났다. 전체적으로 보면 체육 수업 중에 일어난 사고가 약 37%로 가장 높고, 휴식 시간 중에 일어난 건수(30%), 과외시간 중에 일어난 건수(21%), 교과수업 중에 일어난 건수(6%), 실험실습 중에 일어난 건수(0.5%)의 순으로 각각 나타났다(서울특별시학교안전공제회, 2006).

표 4. 안전사고 시간 별 분석

	초등학교	중학교	고등학교	특수학교	유치원	계
체육 수업중	474 (28.2%)	746 (46.7%)	489 (42.6%)	-	9 (5.5%)	1,709 (37.0%)
실험 실습중	6 (0.3%)	6 (0.4%)	10 (0.9%)	-	-	22 (4.7%)
교과 수업중	137 (8.1%)	37 (23.1%)	29 (2.5%)	10 (35.7%)	42 (25.9%)	255 (5.5%)
청소 활동중	32 (1.9%)	34 (2.1%)	22 (1.9%)	2 (7.1%)	-	90 (1.9%)
휴식 시간중	655 (39.0%)	435 (27.2%)	248 (21.6%)	11 (39.3%)	23 (14.2%)	1,372 (29.7%)
과외 시간중	249 (14.6%)	321 (20.1%)	313 (27.3%)	5 (17.8%)	62 (38.3%)	950 (20.6%)
기 타	128 (7.6%)	20 (1.2%)	36 (3.1%)	-	26 (16.0%)	210 (4.5%)
계	1,681 (100.0%)	1,599 (100.0%)	1,147 (100.0%)	28 (100.0%)	162 (100.0%)	4,617 (100.0%)

2005년(단위 : 건수)

초등학교 사고 건수를 연도별로 보면 체육시간, 휴식시간, 과외시간 중에 일어나는 건수는 지속적으로 증가하고 있으며, 실험 실습 중에 일어나는 안전사고는 2004년에 약간 증가하였다가 2005년에는 다시 감소하는 것으로 나타났다(표 5).

표 5. 초등학교의 연도 별 사고현장 건수

구분	체육 수업중	실험 실습중	교과 수업중	청소 활동중	휴식 시간중	과외 시간중	기타	계
2003년	437	20	89	64	179	75	307	1,171
2004년	478	32	71	114	185	140	546	1,566
2005년	474	6	137	32	655	249	128	1,681
계	1,389 (31.4%)	58 (1.3%)	297 (6.7%)	210 (4.8%)	1,019 (23.1%)	464 (10.5%)	981 (22.2%)	4,418 (100.0%)

(단위 : 건수)

초등학교의 연도별 실험 안전사고는 2003년 20건, 2004년 32건, 2005년 6건이 발생하여 2004년에 증가하였다가 2005년에 급감한 것으로 나타났다. 실험실습 중에 발생하는 사고가 줄어든 것은 제 7차 교육과정 시행된 후 안전사고 위험이 높은 실험들이 안전한 실험으로 대체되고, 실험실 안전을 위한 지도자료 등과 같은 자료 개발과 보급, 그리고 일선 학교 교사들의 안전 지도의 강화 때문인 것으로 생각된다.

표 6. 연도 별 실험 안전사고 발생 건수

구분	학교급별	2003년도	2004년도	2005년도	계
실험 실습중	초	20	32	6	58
	중	10	11	10	31
	고	27	31	21	79
계		57	74	37	168

(단위 : 건수)

## 2. 초등 과학 교과서의 실험안전 내용

### 1) 교과서의 실험안전 내용 제시여부 및 형태

현행 과학 교과서에 제시된 실험안전 내용이 총 22회로써 종전 교과서에 비해 보다 강조되어 있다. 실험안전 내용 중 가장 많은 부분이 가열 실험 시 화상 주의 내용이고, 그 다음이 산성 용액과 염기성 용액, 아세톤, 드라이아이스 등의 실험재료에 대한 것이다(박성기, 2006).

실제로 교과서 삽화는 마스크나 목장갑을 끼고 있는 장면이 거의 없고, 보안경을 낀 삽화는 혼합물 분리하기, 용액의 성질, 용액의 반응 내용에서 각각 한 번만 제시되어 실험안전에 일관성이 없는 것으로 밝혀졌다. 그리고 과학 교과서에 반드시 제시해야 할 안전사고의 내용이 대부분 누락되어 있어서 실험 안전에 심각한 문제를 야기할 수 있는 것으로 파악되었다(표 7).

표 7. 학년 별 실험안전 내용 제시 여부 및 형태

학년	3	4	5	6	계	
실험안전제시 필요 부분	28	33	35	26	122	
실험안전제시 여부	제시	6	6	6	4	22
	제시안됨	22	27	29	22	100
제시 형태	말풍선 그림/글	말풍선/글 그림/O×형	말풍선 글/그림	말풍선		

한편 과학 실험안전과 관련하여 외국의 과학 교과서를 보면, 안전표지, 위험 방지법, 응급 처치법, 약품 및 기구 사용법 등에 대해서 아이콘, 주의 표시, 붉은 글씨 등 다양한 방법으로 안전에 관한 내용이 보다 상세하고 친절하게 제시된 것을 알 수 있다(홍미영, 2004).

표 8. 외국 과학 교과서의 예

교재명/발행국	과학 실험안전 내용
Science plus/미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 앞부분에 'Safety First' 코너를 두어 각종 실험 안전표지, 실험 시 발생 할 수 있는 위험과 방지 방법, 응급 처치 방법 등을 3쪽에 걸쳐 사진과 함께 상세하게 설명하고 있다.</li> <li>▪ 실험마다 안전표시를 크게 제시하여 학생들이 안전사항을 준수하여 실험 시 발생할 수 있는 안전사고를 줄일 수 있도록 한다.</li> </ul>
Science wise/미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 'safety concerns', 'safety tips' 코너에서는 실험과 관련하여 발생할 수 있는 안전사고에 관하여 세부적인 안내를 하고 있다. 약품의 유독성, 기구 사용 시 발생할 수 있는 위험, 실험 약품이 바닥에 물을 경우 미끄러워서 넘어질 수 있다는 내용까지 제시되어 있다.</li> </ul>
Science Australia/호주	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 매 실험마다 실험 과정 중 발생할 수 있는 안전사고 종류, 대처 방법, 방지 방법 등 상세한 내용을 붉은색 박스로 눈에 띄게 제시하고 있다.</li> </ul>
理科/일본	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 실험실 안전 내용에 관해서는 '주의'라는 글씨가 적힌 붉은색 아이콘을 일관되게 사용하여 학생들의 눈에 띄도록 제시하고 있다.</li> </ul>

그러나 우리 과학교과서에는 실험안전에 대한 내용을 식별하기 어렵고, 실험안전 내용이 눈에 잘 띄지 않거나 글씨의 색깔, 글씨체가 실험마다 각각 달라 학생들이 혼란을 야기하고 있는 것으로 밝혀졌다.

2) 실험안전 내용

실험안전 내용은 반드시 교과서에 제시해야 할 것이 122곳인데, 실제로 과학 교과서에 제시된 안전 내용은 22곳으로 18.0%에 그치는 것으로 나타났다(표 9).

표 9. 실험안전 내용 제시 정도

영역	물질	에너지	생명	지구	계	
실험안전제시 필요 부분	60	39	8	15	122	
실험안전 제시 여부	제시	18	2	1	1	22
	제시 안됨	42	37	7	14	100
백분율(%)	30.0	5.1	12.5	6.7	18.0	

또한 교과서에 제시된 실험안전 내용은 물질 영역 30%, 생명 영역 12%, 지구 영역 7%, 에너지 영역 5%를 각각 차지하고 있음을 알 수 있다. 물질 영역의 실험안전 내용 제시가 다른 영역보다 높은 까닭은 물질 영역에서 다루어지는 실험 내용이 가열, 시약류의 이용, 초자류를 이용한 실험이 다른 영역에 비해 많기 때문이며, 전체적으로 낮은 제시율을 보여 이에 대한 개선이 절실히 요구된다.

3) 과학 교과서의 안전실험의 삽화

우리나라 초등학교 과학 교과서에 제시된 안전실험 관련 삽화의 분석 결과를 보면, 학습 내용에 따라 삽화를 제시하는 일정한 규칙이나 원칙이 없는 것으로 나타났다. 예를 들면, 용액의 성질 내용에서 같은 차시지만 하나는 보안경을 착용하고 있는 반면 다른 것은 보안경을 착용하고 있지 않아 일관성이 없기 때문에 교사와 학생이 안전에 주의를 기울이지 않을 수 있다. 그리고 실험안전의 기본이 지켜지지 않은 삽화가 많은 것으로 밝혀졌다. 가열실험에서 위험한 상황인 데에도 불구하고 마스크나 목장갑을 끼고 있는 삽화는 찾아볼 수 없으며, 실험복을 착용하거나 보안경을 낀 삽화는 거의 찾아보기 힘들다. 실험안전 내용을 보다 쉽게 식별할 수 있도록 하기 위해서는 내용이 눈에 잘 띄도록 하기 위해 고정된 위치와 고정된 글씨 색깔이나 기호가 필요하다. 외국의 과학 교과서에는 실험안전 내용의 식별을 높이기 위해 안전 주의 표시를 항상 같은 위치에 제시하고, 위험을 의미하는 붉은색 글씨, 동일한 글씨체 등으로 표기되어 있음을 알 수 있다(박성기, 2006). 따라서 2007년 개정 교육과정에 따라 새로 편찬되는 새 과학 교과서에서는 이러한 문제점들이 개선되어 실험안전이 보다 강화되어야 할 것이다.

### 3. 초등학교 과학 실험에 제시된 실험기구

#### 1) 가열기구

과학 교과서에 나오는 가열기구로는 알코올램프, 삼발이, 쇠그물, 양초가 있으며, 학년 별 제시 정도를 보면 알코올램프(20회), 삼발이(12회), 쇠그물(12회), 양초(7회) 순으로 나타났다. 초등학교 3학년 때 알코올램프가 도입되며, 4학년에서 가열 기구를 사용한 횟수(20회)가 가장 많은 것으로 나타났다.

표 10. 학년 별 가열기구 제시 정도

구분	3학년	4학년	5학년	6학년	총 횟수
알코올램프	2회	9회	5회	4회	20회
삼발이	1회	5회	4회	2회	12회
쇠그물	1회	5회	4회	2회	12회
양초	1회	1회	-	5회	7회
계	5	20	13	13	51

#### 2) 시약의 종류

과학 교과서에 나오는 시약은 다양하며, 제시 정도가 많은 시약 재료는 3학년 설탕(8회), 4학년 식용유(6회), 5학년 소금(7회), 6학년 석회수(4회)로 나타났다. 또한 대부분의 시약은 일상생활에서 쉽게 구할 수 있는 것들이고, 학년이 높아질수록 수산화나트륨, 염산, 황산 등의 시약이 제시되었다. 시약의 종류는 5학년 33종, 6학년 13종, 3학년 12종, 4학년 10종으로 나타나 5학년에서 가장 많은 시약이 제시되었다. 이는 5학년 내용에 용액의 성질과 반응이 포함된 물질 영역의 내용이 들어있기 때문인 것으로 판단된다.

#### 3) 초자류

과학 교과서에서 많이 나오는 초자류는 비커(71회), 스포이트(41회), 페트리접시(32회), 돋보기(31회), 시험관(18회) 순으로 나타났다. 초자류의 사용 기간은 비커, 스포이트, 페트리접시, 돋보기 등과 같이 모든 학년에서 고루 사용하고, 집기병, 시험관, 눈금실린더는 특정 학년에서만 사용된 것으로 나타났다.

백철민(2005)은 고학년에 나오는 실험기구를 사용능력에 대한 평가를 할 때 이전에 이미 사용법을 익혔다고 판단하여 측정할 경우 실험기구를 현재 학습하고 있는 학년보다 평가 결과가 낮게 나온다고 보고하였다. 따라서 초자류를 포함한 여러 과학

실험기구의 사용법은 관련 학습 내용에서 반복하여 지도할 필요가 있다고 본다.

### 4. 초등학교 실험 안전시설

초등학교 실험 안전시설은 소화기의 보유를 (100%)이 가장 높았고, 보안경(86%), 독극물 시약장 시건장치(84%), 환기시설(81%), 실험복(20%)의 순으로 나타났다. 과학 실험 안전시설과 도구의 비치 상황은 대체로 양호한 것으로 나타났으나 실험복의 준비가 현저히 낮아 이를 보완해야 할 것으로 판단된다. 실험복은 실험 도중 안전사고가 발생했을 때 학생을 보호하는 일차 수단이 될 뿐만 아니라 안전의식과 학습 흥미를 높여주므로 실험복을 반드시 갖추도록 해야 할 것이다.

표 11. 초등학교 실험실 안전시설 및 안전규정 유무

구분	안전 수칙	안전 점검	소화 기	보안 경	실험 복	환기 시설	독극물 시약장 시건 장치
보유한 학교수	76	76	79	68	16	64	67
백분율 (%)	96.2	96.2	100.0	86.1	20.3	81.0	84.8

로니 말렉과 프레인 스틸리안이 11,000명의 학생들에게 과학과 과학자에 대해 설문한 결과, 학생들은 과학자는 안경을 쓰고, 흰색 실험복을 입는 사람이라고 생각하였다(<http://www.science.dsgo.net>). 따라서 학교 과학 실험에서도 실험복을 착용하게 하여 학생들의 안전뿐만 아니라 미래의 과학자가 되는 기회를 제공해야 할 것이다.

## IV. 과학 실험안전 사고 최소화 방안

### 1. 과학 교과서 실험 내용 개선

과학 교과서 내용의 실험안전과 관련하여 제시된 정도는 총 22회이며, 이 중 가장 많은 부분을 차지하는 것이 가열 실험 시의 화상 주의 안내. 그 다음으로 산성 용액과 염기성 용액, 아세톤, 드라이아이스 등의 실험 재료에 대한 주의사항이었다.

이러한 실험안전과 관련하여 과학 교과서에서는 실험별로 발생할 수 있는 안전사고에 대한 내용(안

전 주의 표시, 예상되는 위험 요소, 사고 발생 시 응급 처치 방법 등이 대부분 누락된 것으로 분석되었다. 따라서 과학 실험으로 인한 안전사고를 최소화하기 위해서는 정부 수준에서 관심을 가지고 새로 편찬되는 과학 교과서에 안전에 관한 표기, 삽화, 글씨의 색과 형태, 심벌마크 등의 자세한 안내가 반영되어야 할 것이다.

특히 교과서의 삽화 중 안전실험 내용에는 실험복의 착용, 보안경, 장갑과 마스크 등이 일관성 있게 제시되어 학생들이 안전에 대한 관심과 인식을 깊이있게 심어 주어야 할 것이다. 외국의 안전교육에 관한 정책과 학교 교육은 우리에게 많은 시사를 주고 있다.

## 2. 과학 실험안전 대책 수립

초등학교 과학 실험에서 다루는 여러 실험 기구와 시약은 항상 위험요소를 안고 있다. 특히 초등학교생들은 실험경험이 부족하고 심체적 조작능력이 미숙하기 때문에 안전사고의 위험이 따른다. 따라서 교사는 모든 실험 활동에 대한 안전사고에 대하여 사전에 세심한 주의와 예방책을 세우고 만반의 대비를 해야 한다.

실험 중 안전사고 발생 시에도 당황하지 말고 침착하게 적절한 응급조치를 하고 경우에 따라 다음과 같이 알맞게 후속조치를 해야 한다(서울특별시교육청, 2006).

표 12. 실험 중 안전사고 발생 시 응급조치 요령

사고 상황	응급조치 방법
손을 베었을 때	칼이나 날카로운 유리 조각으로 상처가 났을 때는 상처가 난 곳을 옥시풀용액(3% 과산화수소)으로 깨끗이 닦아내고 머큐로크롬을 바른다. 상처에서 피가 계속 나오면 지혈제를 바른다.
데었을 때	성냥불이나 뜨거운 유리 기구에 닿아 데었을 때에는 덴 부분을 흐르는 찬물로 식힌다. 약간 심하게 덴 경우에는 바세린을 바른 다음 즉시 외과 의사의 진료를 받는다.
강산이 묻었을 때	옷이나 피부에 강산이 묻었을 때에는 먼저 맑은 물로 충분히 씻은 후 물은 암모니아수로 닦는다. 강산이 눈에 들어 갔을 때에는 10분 이상 흐르는 물로 눈을 씻고, 물은 탄산수소나트륨 수용액으로 씻고 다시 물에 잘 씻는다.
강한 염기가 묻었을 때	산과 마찬가지로 맑은 물로 충분히 씻고, 옷이나 피부를 0.1% 아세트산으로 씻는다. 강한 염기가 눈에 들어갔을 때에는 2% 정도의 물은 붕산수로 씻고 다시 물로 잘 씻는다.

최근 교육활동 중에 발생하는 모든 사고로부터 교원 및 학생을 보호하기 위하여 학교안전사고 예방 및 보상에 관한 법률안이 마련되어 안전사고의 피해를 최소화하는 시스템을 갖추게 되었다(법제처, 2006). 학교교육에서 발생하는 안전사고에 관한 대책은 정부의 관련 부처로부터 수업을 직접 담당하는 교사에 이르기까지 일관성 있게 체계적으로 강구되어야 할 것이다.

## 3. 안전 교육연수 강화

과학교육의 내실화를 위해서 여러 가지 형태로 연수가 이루어지고 있다. 과학 실험에 대한 전문성을 신장시키기 위하여 초·중·고등학교에서 실험 연수를 실시하고 있다.

초등학교 교사의 과학실험 연수시간은 평균 약 55시간인데 실험 안전교육 연수시간은 평균 4시간으로 아주 부족한 실정이다. 그런데 안전사고의 발생은 초등학교(36.4%), 중학교(34.6%), 고등학교(24.8%), 유치원(3.5%), 특수학교(0.6%)순으로 나타나 초등학교의 안전사고 발생율이 가장 높은 것으로 밝혀졌다(서울특별시학교안전공제회, 2006).

따라서 초등학교에서 발생하는 안전사고를 획기적으로 줄이기 위해서는 초등교사에 대한 안전교육 프로그램을 마련하고, 교사 연수를 강화하여 학교의 모든 구성원들의 안전의식 풍토를 조성함으로써 안전사고를 미연에 방지하는 제도적 장치가 요구된다.

임향빈(2004)은 초등학교 과학 실험연수에서 교사가 원하는 내용은 과학 실험실습(32.9%), 실험기구 사용법(27.0%), 과학 지도법(26.3%), 실험안전 관리교육(14.1%)이라고 보고하였다. 여기서 특히 실험기구 사용법과 실험안전 관리교육은 안전사고와 직결되지만 과학 실험연수에서 도외시 되고 있다고 지적하였다. 실험 활동에서 안전사고를 방지하기 위해서는 교사의 연수와 함께 실험에 직·간접적으로 참여하는 실험보조원에 대한 연수 또한 중요한 것으로 판단된다.

## 4. 과학교과 전담교사제 실시

서울특별시 전체 교과 전담교사 중 과학교과 전담교사의 비율은 4.9%에 불과한 것으로 나타났는데, 그 이유는 실험재료 준비의 번거로움, 실험 내용의 전문성 결여, 실험수업 후 뒤처리 문제, 학생 지도의

어려움, 안전사고 우려 등으로 파악되었다(서울특별시교육과학연구원, 2006). 초등학교에서의 교과 전담교사제는 교사들의 전문성을 신장시켜 교육의 질적 향상을 도모할 수 있으며, 중등학교 교사들에 비해 상대적으로 많은 수업시수를 경감시킬 수 있다는 점에서 그 의의가 크다고 하였다. 즉, 과학교과 전담교사제는 교사의 전문성 측면에서 학습 자료 준비가 쉽고 교육시설 활용도를 높여 교수·학습에 대한 자신감과 과학교과 전문가로서의 긍지를 갖게 한다고 보고하였다(한국교원단체총연합회, 1992).

미국 과학교사협의회 역시 과학 교과의 특성을 학교 교육에 반영하기 위해 탐구 위주의 실험활동이 각급학교의 모든 과학교육과정에 충분히 포함되어야 하며, 필요한 시설 및 기구와 재료가 공급되어야 한다고 하였다(NSTA, 1982).

이와 같이 과학교사의 전문성을 신장시키기 위해서는 과학교과 전담교사제가 필요하다고 인식하는 교사가 약 41.8%, 교육대학에서 과학교과 전담에 필요한 교사를 육성하는 것이 필요하다(25.6%), 교육청 통괄 하에 특기 있는 교사를 인사배치(23.6%) 등의 순으로 나타났다(장선희, 2000). 현행 교과 전담제 운영의 문제점으로는 전담교사의 교과에 대한 전문성 결여(41.5%), 전용 시설의 미비(31.4%), 운영상 불합리(19.4%), 교수 매체 부족(7.8%) 등의 순으로 나타났다. 특히 과학교과는 과학의 개념, 원리를 제대로 이해해야 하며, 학생들에게 실험을 통한 탐구과정과 탐구방법을 지도해야 하는 것이 큰 요인이라고 하였다(임연희, 1999).

이러한 과학 전담교사제가 과학교육의 질적 향상은 물론 실험안전에 크게 기여할 수 있다면 이를 강화할 수 있는 우수교사 위탁연수, 해외연수, 강사요원 등의 인센티브를 줄 수 있는 행·재정적 지원 체계를 강구할 필요가 있을 것이다.

### 5. 사전 실험 실시

과학 실험에서는 여러 종류의 실험기구와 시약 등을 다루게 된다. 또한 작은 변인에 따라 이론값과 실제값이 다른 경우가 많고, 예측하기 어려운 일이 발생하기도 한다. 따라서 교사는 사전실험을 통해 학생들의 사소한 부주의로 일어날 수 있는 안전사고를 미연에 방지 또는 최소화함으로써 실험 중심의 탐구학습이 원활하게 이루어질 수 있도록 해야

할 것이다.

사전 실험은 실제 수업시간에 수행하는 실험을 성공적으로 이르게 하고 안전사고의 위험도 크게 줄일 수 있다.

사전실험은 교사가 필요에 따라 수행한다(57.6%), 거의 안한다(21.9%), 거의 다 한다(4.2%), 전혀 안한다(4.1%), 항상 한다(1.3%)는 것으로 파악되어 이에 대한 개선이 절실히 요구된다(이미란, 2002).

표 13. 사전 실험의 수행 정도

구분		항상 한다	거의 다 한다	필요에 따라 한다	거의 안 한다	전혀 안한다
전체	빈도 수	1	3	42	24	3
	백분율 (%)	1.3	4.2	57.6	32.9	4.1

N = 73명

한편 교사 양성과정에서 과학을 전공한 교사는 필요에 따라 사전실험을 수행한다는 응답이 65.9%, 타교과를 전공한 교사는 46.9%로 나타나 과학을 전공한 교사가 과학을 전공으로 하지 않은 교사보다 사전실험을 훨씬 많이 하고 있는 것으로 밝혀졌다(이미란, 2002). 이는 대학 또는 대학원에서 과학을 전공한 교사들이 다른 교사에 비해 과학에 대한 호기심과 열정이 더 높기 때문인 것으로 생각된다.

표 14. 대학 전공에 따른 사전실험 수행 정도

구분		항상 한다	거의 다 한다	필요에 따라 한다	거의 안 한다	전혀 안한다
과학 (41명)	빈도 수	1	1	27	10	2
	백분율 (%)	2.4	2.4	65.9	24.4	4.9
기타 (32명)	빈도 수		2	15	14	1
	백분율 (%)		6.2	46.9	43.8	3.1

사전실험을 효과적으로 수행할 수 있는 방안의 하나는 학교에서 자체 연수를 통하여 각 학년의 과학 담당 교사와 동학년 교사가 협동하여 과학수업을 준비해서 실험 시 유의점이나 실험 방법에 대해서 충분히 토의하는 것을 생각할 수 있다.



## 6. 실험 안전교육 체계적 실시

과학 실험 사고 방지를 위해 교사는 체계적으로 안전교육을 실시하고, 안전 관리를 강화해야 한다. 즉 안전의식의 체질화와 생활화를 도모하기 위해 교육과정에 안전 요소를 반영하여 체계적이고 지속적으로 안전교육을 해야 한다.

영국, 독일, 프랑스, 미국, 호주 등의 국가에서는 이미 오래 전부터 안전교육을 법적으로 의무화하여 독립 교과서로 교육하고 있거나 보건 또는 체육 교과시간에 안전교육의 중요성에 대해 교육하고 있다(나경환, 2000). 우리나라도 안전사고를 획기적으로 줄이기 위해서는 이에 대한 체계적인 제도적 장치를 마련하여 안전에 대한 인식을 제고하고, 안전에 대한 교사연수를 대폭 활성화해야 한다고 생각된다.

## V. 결론 및 제언

최근 초등학교 안전사고 건수는 해마다 증가하는 추세를 보이고 있다. 본 연구에서는 초등학교 과학 실험에서 안전사고 실태를 조사하고, 과학 교과서의 내용을 분석하여 실험 안전사고를 최소화 할 수 있는 방안을 찾아보았다. 본 연구에서 밝혀진 결과는 다음과 같다.

첫째, 최근 초등학교 과학 실험실습 중 발생하는 사고는 2003년 20건, 2004년 32건, 2005년 6건으로 나타났다. 특히 2005년에 사고 건수가 급감한 것은 안전사고의 위험이 높은 실험을 다른 실험으로 대체하고, 실험안전에 관한 지도자료 등과 같은 자료 개발과 보급, 그리고 일선 학교 교사들의 안전 지도 강화에 의한 것으로 생각된다.

둘째, 과학 교과서에 실험 안전에 관한 내용을 보완해야 할 필요성이 있는 것으로 나타났다. 과학 교과서의 안전 관련 내용을 보면 실험안전 관련 내용을 제시해야 하는 부분이 122 곳인 데 반해, 실제 교과서에 제시된 안전 내용은 22곳으로 18%에 그치고 있다. 더욱이 가장 기본적인 119 신고 요령은 물론, 소화기 작동 요령, 실험실 사고 시 대피방법 등 위기 발생 시 초보적 대응과 대피 요령이 과학 교과서에 모두 누락되어 있어서 이에 대한 내용을 보완해야 하는 것으로 생각된다.

셋째, 과학 실험 기구를 안전하게 사용하는 방법이 교과서에 보다 상세히 제시되어야 한다. 과학 실험

안전사고 발생률이 높은 실험은 연소와 가열 실험(67.1%), 화학약품 취급(19%), 초차류 취급(11.4%), 기타(2.5%)의 순으로 나타났다. 이들 실험 기구와 시약을 안전하고 정확하게 사용하는 방법에 대한 안내가 필요한 데에도 불구하고 현행 과학 교과서는 이에 대한 내용이 미비한 것으로 파악되었다. 따라서 새로 편찬되는 과학 교과서에는 각종 실험 기구와 시약을 안전하게 사용하는 방법과 사용 시 유의점을 보다 자세히 실험 활동에 제시할 필요가 있다.

넷째, 초등학교에서 실험 안전과 실험도구의 비치 정도는 소화기의 보유률(100%), 안전수칙 수립 및 정기적인 안전점검(96%), 보안경 보유(86), 독극물 시약장 시건장치(84%), 환기시설(81%), 실험복 준비(20%)순으로 나타났다. 과학 실험 안전시설과 실험도구의 비치 상황은 대체로 양호한 것으로 나타났다으나 실험복의 준비가 현저히 낮아 이를 시급히 보완해야 할 것으로 판단된다.

다섯째, 과학 실험의 안전사고를 크게 줄이기 위해서는 과학 교과서의 실험안전 내용의 개선, 교사의 실험안전에 대한 연수의 강화, 실험안전에 대한 종합적인 대책 수립, 사전실험의 실시, 과학 교과전담제의 실시 등의 체계적인 검토가 요구된다.

이상과 같은 내용을 종합해 보면, 초등학교 과학 실험에서 안전사고를 최소화하려면 과학 교과서에 안전 내용을 보다 상세히 제시하고, 사전실험의 실시, 실험 기구와 시약의 사용 방법 및 사용 시 유의점의 보완, 과학 실험실에 안전 관련 시설과 기구를 완비하는 것이 중요한 것으로 밝혀졌다. 이외에도 학생들에게 실험 안전에 대한 기초교육을 충실히 실시함으로써 학생들이 안전사고에 관해 관심을 가지고 올바른 인식을 하도록 하며, 이를 실천에 옮기는 습관을 지니도록 하는 것이 필요하다고 판단된다.

## 참 고 문 헌

- 교육부(1987). 초등학교 교육과정 해설(IV). 대한교과서 주식회사
- 교육부(1992). 초등학교 교육과정 해설(IV). 대한교과서 주식회사
- 교육부(1997). 초등학교 교육과정 해설(IV). 대한교과서 주식회사
- 교육부(2009). 초등학교 과학 교과서, 실험관찰 3-6학년. 대한교과서 주식회사

- 권재호(2000). 초등학교 자연과 실험에서의 안전에 관한 실태 조사. 석사학위논문. 한국교원대학교 교육대학원
- 나경환(2000). 중학교 화학 실험에서의 안전사고 실태와 안전의식 조사. 석사학위논문. 한국교원대학교 교육대학원
- 박성기(2006). 과학실험 안전 관련 과학과 교육과정 분석을 통한 개선 방안 모색. 개인연구보고서. 서울교육대학교
- 백철민(2005). 초등학교 과학 공동실험기구 사용능력 평가기준 개발. 석사학위논문. 한국교원대학교 교육대학원
- 법제처(2006). 학교 안전사고 예방 및 보상에 관한 법률안
- 서울특별시교육청(2006). 과학실험 연수교재. 신일문화사
- 서울특별시서부교육청(2006). 초등 실험실 안전을 위한 지도자료. 서울특별시교육청
- 서울특별시교육과학연구원(2006). 학교 안전공제회를 알아봅시다. 신일문화사
- 서울특별시학교안전공제회(2006). 서울학교안전공제회보. 세원문화사
- 송선양(1992). 중학교 화학실험의 안전교육에 관한 연구. 석사학위논문. 전북대학교 교육대학원
- 신진균(1996). 학교 안전사고의 개선 방안에 관한 연구. 석사학위논문. 서울대학교 교육대학원
- 양정모(2001). 초등학교 안전사고가 초등교사의 교육활동에 미치는 영향. 석사학위논문. 한국교원대학교 교육대학원
- 이미란(2002). 초등학교 과학실험에서 안전에 관한 초등 교사들의 인식조사. 석사학위논문. 한국교원대학교 교육대학원
- 이인길(1989). 중·고등학교 화학실험 내용에서 화학물질의 안전 및 공해 관리 문제분석과 개선안에 관한 연구. 박사학위논문. 서울대학교 교육대학원
- 이정미(1998). 안전을 위한 심리학. 신광문화사
- 임연희(1999). 서울시 초등학교 교과전담제 운영에 관한 연구. 석사학위논문. 중앙대학교 교육대학원
- 임향빈(2004). 과학과 실험연수에 대한 초등학교 교사들의 인식과 요구. 석사학위논문. 경인교육대학교 교육대학원
- 장선희(2000). 서울시 소재 초등학교의 교과전담제 운영에 관한 조사 연구. 석사학위논문. 중앙대학교 교육대학원
- 홍미영(2004). 초등학교 과학수업에서의 실험실 안전교육 내용 분석. 교육과정평가연구. 7(2), 267-283
- ASE(1982). Topics in Safety : A Collection of Safety Articles from Education in Science. The Association for Science Education: Herts.
- Everett, K & Jenkins, E.W. (1980). A Safety Handbook for Science Teachers. John Murray: London
- NSTA(1982). Science-Technology: Science Education for the 1980s. An NSTA Position Statement. Washington D.C.. NSTA.
- <http://www.science.dsgo.net/안전/생활안전/생활.htm>