

초등학교 과학 수업에서의 실험실 안전 교육 내용 분석

홍 미 영
(한국교육과정평가원 연구원)

《요약》

본 연구에서는 현행 초등학교 과학 교과서에서 실험실 안전 내용을 어떻게 다루고 있는지 분석하고, 교사 면담과 외국 교과서 분석을 실시하여 실험실 안전 교육을 보완할 수 있는 방안을 알아보았다.

제7차 교육과정에 따라 개발된 초등학교 과학 교과서에서는 3학년에서 실험실 안전에 관한 전반적인 내용을 다루고 있고, 실험별로 주의 사항을 제시하는 횟수가 증가하였으며, 보안경 착용을 권장하는 등 종전의 교과서에 비하여 개선된 점이 있었다. 그러나 주의 사항이 주로 화상과 실험 약품에 관한 내용에만 편중되어 있어, 그 밖의 과학 수업에서 발생할 수 있는 각종 안전사고에 대한 안내는 여전히 부족하였다. 또한 일부 학기의 교과서나 일부 실험에만 안전 수칙과 주의 사항이 제시되어 있었으며, 그 제시 방식에 있어서도 통일성이 없고 눈에 잘 띄지 않는 등 실험실 안전 내용이 체계적으로 제시되어 있지 않았다.

이에 비하여 외국의 교과서에서는 실험실 안전과 관련된 내용을 별도로 상세하게 다루거나 차시 활동을 통하여 학생들이 직접 안전 활동을 경험해 보도록 하고 있었다. 또한, 각 실험에서 발생할 수 있는 각종 안전사고에 대한 주의와 대처 방법을 상세하게 제공하고 있으며, 제시 방법에 있어서도 일관성이 있었다.

초등학교 교사들과의 면담 결과, 모두 실험실 안전사고 경험이 있었으며, 특히 가열 실험에서 가장 사고가 빈번히 발생하는 것으로 나타났다. 교사들은 모두 실험실 안전 교육이 매우 필요하다고 인식하고 있었으며, 교사 연수와 시청각 자료 개발 보급 등을 통해서 현행초등학교 실험에서의 안전 교육을 보완할 것을 제안하였다.

이상과 같은 연구 결과를 토대로 초등학교 과학 수업에서의 실험실 안전 교육에 대해 몇 가지 시사점을 제시하면 다음과 같다. 첫째, 단순히 주의를 주는 현행 교과서 수준에서 벗어나 실험실 안전 내용을 학생들이 지식적으로 이해하여 습관화할 수 있도록 매 학년의 과학 교과서마다 실험실 안전 수칙을 별도로 제시하고, 별도의 차시를 배정하는 등 보다 체계적인 실험실 안전 교육이 필요하다. 둘째, 실험에서 발생하는 사고를 방지할 수 있도록 실험 장비나 실험 방법을 개선하려는 노력이 필요하다. 셋째, 가열 사고와 약품에 대한 주의에 국한되어 있는 현행 교과서와 달리 실험실 안전 교육 내용을 실제적이고 다양하게 제시하고, 실험실 안전 기호를 적극 활용하여 안전에 대한 주의가 필요한 실험마다 통일된 제시 방식으로 눈에 띄게 반복하여 안내하는 것도 필요하다. 넷째, 실험실 안전 책자 및 동영상 자료 보급, 실험실 안전사고 가상 훈련을 포함한 연수 실시 등 실험실 안전과 관련하여 교사를 대상으로 한 지원을 강화하는 것이 필요하다.

주제어 : 초등학교 과학 수업, 실험실 안전, 과학 교과서

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

본 연구에서는 제7차 교육과정에 의거하여 개발되어 현재 초등학교에서 사용 중인 과학 교과서를 실험실 안전 교육 측면에서 검토하고, 외국 과학 교과서 분석 결과와 교사 면담 결과에 근거하여 초등학교 과학에서의 실험실 안전 교육 강화 방안을 제시하였다.

학교 안에서 안전 사고가 가장 빈번히 일어날 수 있는 곳은 실험실이다(조희형과 박승재, 1995). 학교 실험실에서 일어나는 안전사고는 인식, 통제, 지식, 태도 등의 네 가지 중 한 가지라도 결여되면 일어날 수 있다(ASE, 1986). 과학 수업에서는 학생들이 직접 가열 기구와 유리 기구, 그리고 화학 물질 등을 다루는 경우가 빈번하므로 무엇보다도 안전에 세심한 주의를 기울여야 한다. 미국의 '국가과학교육기준'의 과학 교수 기준(science teaching standards)에서는 과학 실험에서 가장 우선적으로 고려해야 할 사항으로 '안전'을 명시하고 있다(NRC, 1996). 이렇듯 과학 실험실에서 안전은 무엇보다도 우선적으로 고려되어야 하며(Trowbridge, Bybee & Powell, 2000), 안전에 관한 교육은 아무리 강조해도 지나치지 않다고 볼 수 있다.

충분한 사전 지도로 과학 수업 시간에 발생하는 안전사고를 크게 줄일 수 있으므로, 교사는 각종 안전사고에 대한 지식을 갖추는 것이 필요하다. 이러한 필요에 따라 각종 교사 연수용 교재와 교사용 지도서, 과학 교사를 위한 각종 웹 사이트에서는 실험실 안전 수칙에 대한 내용을 제공하고 있으며, 주요 안전 사항을 과학실에 제시해 두도록 하고 있다. 교사들을 대상으로 실험실 안전 교육을 실시하는 것도 매우 중요하지만, 과학 수업에서 안전사고를 예방할 수 있는 가장 일차적인 조치는 학생들 스스로 실험하면서 지켜야 할 안전 수칙을 이해하고 숙지하는 것이다.

실험실 안전에 대한 교육은 체계적으로 이루어져야 하며, 그러기 위해서는 그 내용을 교육과정이나 학습 지도 자료에 포함시켜야 한다(김찬종 외, 1999). 교육의 상당 부분을 교과서에 의존하고 있는 우리나라에서 안전 사고 없이 실험을 할 수 있도록 하기 위해서는 교과서에서 안전과 관련된 내용을 함께 제시하고 수업 시간에 이를 지도하도록 하는 것이 필요하다. 현행 초등학교 과학 교과서 일부에서는 안전사고가 일어날 수 있는 활동의 경우 교과서에 주의사항을 제시하고, 학생들에게 보안경을 착용하게 하는 등 종전의 교과서에 비하여 학생들의 안전 사고 예방을 한층 강화하고 있다. 그러나 학생들이 안전하게 실험하게 하기 위해서는 '뜨거운 물을 쏟지 않도록 주의한다' 또는 '유리 기구를 주의해서 다루도록 한다'

등 주의를 환기시키는 것도 반드시 필요하지만, 보다 체계적인 내용을 행동으로 옮길 수 있도록 반복적으로 제시함으로써 안전하게 실험하려는 태도와 위험 요소 발생시 그에 적절히 대처할 수 있는 구체적 행동을 할 수 있도록 하는 것이 무엇보다 필요하다. 뿐만 아니라 이러한 내용을 제시함에 있어서도 학생들이 쉽게 이해하고 관심을 갖도록 학생의 눈높이에 맞추는 것도 매우 중요하다.

이에 본 연구에서는 현행 초등학교과학 교과서에서 실험실 안전에 관한 내용이 적절하게 다루어지고 있는지, 그리고 실험실 안전 교육 관점에서 볼 때 종전의 과학 교과서에 비해 어떤 면에서 개선되었는지를 검토하였다. 그리고 실험실 안전 교육에 대한 교사들의 의견과 외국 과학 교과서 내용을 참고하여 우리나라 초등학교 과학 수업에서의 실험실 안전 교육 강화 방안을 제시하였다.

2. 선행 연구 분석

실험실 안전과 관련된 문헌이나 자료는 오래전부터 많이 개발되어 왔으나, 과학 수업에서 학생들에게 실험실 안전 교육을 강화하기 위한 방안 연구나 실험실 안전 측면에서 교과서를 분석한 선행 연구물은 찾아보기 어려웠다.

초등학교 과학 수업에서의 실험실 안전에 관한 내용으로, 제7차 과학과 교육과정에서는 ‘실험·실습 지도시 상해를 입지 않도록 안전에 유의한다’라고 제시되어 있으며, 초등학교 과학 교사용 지도서의 총론에도 실험실 안전 지도에 대해서 간략하게 제시되어 있다. 이 외에도 교사용 실험 연수 교재, 교사용 웹 사이트, 각종 과학교육교재 등에 실험실 안전 수칙이 제시되어 있다. 그럼에도 불구하고 이미란(2002)의 연구에 의하면, 초등학교 과학 실험에서 안전을 위한 물리적 조건이 매우 미비하여 열악한 상황이며, 교사 연수에서 실험 안전에 관한 내용을 강화할 필요가 있는 것으로 나타났다.

Archenhold 등(1978)은 과학 실험실에서 안전사고에 영향을 주는 요인을 몇 가지 들었는데, 이 내용이 우리나라 초등학교 과학 수업에 시사하는 바를 구체적으로 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 과학 수업에서 실험이 차지하는 비중이 커지고, 이에 따라 학생들이 실험실 안전사고에 보다 쉽게 노출된다. 더욱이 무조건 정해진 절차를 따라하는 실험보다는 학생들 스스로 실험 방법을 탐구하는 것이 권장되는 풍토로 말미암아 학생들이 예기치 못한 위험에 처하게 될 수 있다. 둘째, 실험실 안전에 대한 교사의 지식과 경험 부족을 들 수 있다. 특히 초등학교 교사의 경우에는 과학을 전공하지 않았으므로 안전사고 발생시 이에 적절하게 대처하지 못하는 경우가 있다. 더욱이 교육과정 개정에 따라 새로운 실험이 도입된 경우가 많아 각 실험마다 어떠한 위험이 발생할 수 있을지에 대하여 교사가 미리 인식하지 못하는 경우가 발생할 수 있다.

미국의 ‘국가과학교육기준’에서는 실험실 안전에 관한 기준을 몇 가지 제시하고 있다(NRC, 1996). 과학 교수 기준 D에서는 교사가 실험실 안전 수칙을 숙지하여 준수함은 물론이고 이를 학생들에게 지도할 것을 명시하고 있다. 과학교육 프로그램 기준 D와 과학교육체제 기준 D에서도 안전한 실험을 수행하기 위해서 교사들에게 시간과 물리적 환경을 제공할 것을 명시하고 있다.

미국의 미주리 주의 학교개선프로그램(The Missouri School Improvement Program)에서는 자체적으로 기준을 개발하였는데, 이에 따르면 모든 학생들이 실험실 안전과 관련되어 반드시 훈련을 받을 것을 구체적인 교육 내용과 함께 제안하고 있다(Missouri Department of Elementary and Secondary Education, 1997).

3. 연구의 내용

본 연구에서는 제7차 교육과정에 의거하여 개발되어 현재 초등학교에서 사용 중인 과학 교과서를 실험실 안전에 관련한 내용 면에서 검토하였고, 외국 과학 교과서 분석 결과와 교사 면담 결과에 근거하여 학생들이 과학 수업에서 안전하게 실험하고 만약에 발생할 수 있는 사고로부터 적절하게 대처할 수 있도록 하기 위한 안전 교육 강화 방안을 제시하였다. 본 연구의 구체적인 내용은 다음과 같다.

- 가. 제7차 교육과정에 따라 개발된 초등학교 과학 교과서에서의 실험실 안전 교육 내용을 분석하고, 제6차 교육과정에 의거하여 개발된 과학 교과서에 비해 어떤 변화가 있었는지 비교한다.
- 나. 외국(미국, 일본, 호주 등)의 과학 교재에 제시된 실험실 안전 관련 내용을 분석한다.
- 다. 과학 교사들과의 면담을 통해서 실험실 안전사고 경험과 유형, 실험실 안전 교육 현황과 개선 방안 등을 알아본다.
- 라. 교과서 내용 구성 방안을 중심으로 초등학교 과학 수업에서 실험실 안전 교육을 강화할 수 있는 방안을 제시한다.

II . 연구 방법

1. 교과서 분석

제7차 교육과정에 의거하여 개발된 초등학교 3, 4, 5, 6학년 1학기과 2학기의 ‘과학’ 교과

서와 ‘실험관찰’을 분석하였다. 초등학교 과학 교과서 분석에 있어서는 실험실 안전 내용과 제시 형태에 따라 2인의 분석자가 초등학교 3학년 교과서를 독립적으로 분석하였다. 분석 결과가 일치하였으므로 4·6학년 교과서 내용은 한 연구자가 분석하였고 추후에 전문가 1인 으로부터 분석 결과에 대한 검토를 받았다. 검토한 결과, 교과서 분석 결과가 일치하였다.

또한, 외국의 과학 교과서에서 제시하고 있는 실험실 안전에 대한 내용을 추출하고 이를 분석하여 우리나라 교과서에서 실험실 안전 교육을 어떻게 다루는 것이 좋을 지에 대한 시사점을 얻고자 하였다. 분석 대상 교재 선정은 초, 중등학교에서 사용되고 있는 교과서 중 연구자가 구할 수 있는 범위에서 여러 종류의 외국 과학 교재를 검토하였다. 그 결과, 실험실 안전 교육에 관하여 시사점을 줄 만한 교과서로 미국의 Science Plus와 Sciencewise, 하와이 대학교의 CRDG(Curriculum Research & Development Group)에서 개발한 FAST(Foundational Approaches in Science Teaching), 호주의 Science World와 Science Australia, 일본 초등학교 이과(理科)교과서를 선정하여 그 분석 결과를 제시하였다.

교과서 분석은 다음 2가지 내용을 중심으로 이루어졌다.

가. 전반적인 실험실 안전과 관련된 내용을 별도로 다루고 있는가?

나. 각 실험에서 발생할 수 있는 안전사고에 대해서 어떤 내용을 어떻게 제시하고 있는가?(예: 시수 배당을 하고 있는가. 매 실험 마다 관련 약품과 기구에 대한 안전을 제시하고 있는가 등)

2. 교사 면담

서울의 초등학교에서 근무하고 있는 교사 8명과 청주 지역의 초등학교 교사 1명을 대상으로 실험실 안전사고 경험과 유형, 실험실 안전 교육 현황과 개선 방안 등에 대한 면담을 실시하였다. 면담에 응한 교사들이 맡고 있는 학년은 3학년 2명, 4학년 3명, 5학년 2명, 6학년 2명이었다. 교사 면담 내용은 크게 실험실 안전사고 경험 및 유형, 실험실 안전 교육 현황, 그리고 실험실 안전 교육 보완 방안의 세 가지이며, 구체적 내용은 다음과 같다.

가. 과학 수업에서 실험실 안전사고를 경험한 적이 있는가? 사고 유형은 무엇이었는가?

나. 과학 수업에서 학생들에게 실험실 안전과 관련하여 어떤 교육을 하고 있는가? 학교 실험실에 안전 장비를 갖추어 활용하고 있는가?

다. 현행 교과서에 제시된 실험실 안전 교육의 내용과 교수·학습 방법, 제시 방법 등에 만족하는가? 과학 실험에서의 안전 교육 보완 방안은 무엇이라고 생각하는가?

Ⅲ. 결과 및 논의

1. 교과서 분석

교과서 분석은 우리나라 초등학교 과학 교과서와 외국의 과학 교재를 분석하였으며, 그 결과와 이에 대한 논의는 다음과 같다.

가. 우리나라 초등학교 과학 교과서

1) 전반적인 실험실 안전 관련 내용

제7차 교육과정에 따라 개발된 교과서는 종전의 교과서에 비하여 실험실 안전과 관련하여 여러 가지 점에서 개선되었다고 할 수 있다. 구체적인 내용은 다음과 같다.

첫째, 실험실 안전과 관련된 내용을 일부 학기에서 별도로 다루고 있다<표 1 참조>. 예를 들면, 3학년 1학기의 1단원에서는 실험실 안전과 관련된 전반적인 내용을 만화로 설명하고 있다. 3학년 2학기 ‘실험관찰’에서는 학생들이 활동하고 있는 실험실 그림을 보고 안전과 관련하여 잘못된 부분을 찾고 어떻게 고쳐야 할지를 찾는 활동을 한 쪽에 걸쳐 제시하고 있다. 뿐만 아니라 ‘실험실 안전 기호와 주의 사항’에서 유리기구, 뜨거운 기구, 보안경, 전기, 불, 화학약품, 실험복 등에 대한 안전 기호와 주의 사항에 대해서 설명하고 있다.

〈표 1〉 초등학교 교과서에 제시된 전반적인 실험실 안전 관련 내용

학기	단원명	실험실 안전 관련 내용	제시/활동 형태	비고
3-1	1. 우리 주위의 물질	실험실 안전 수칙	만화	7차 교과서 신설
		알코올램프 사용시 유의점	그림, 글	
3-2	7. 섞여있는 알갱이의 분리	실험실 안전 수칙	그림에서 안전수칙을 어긴 부분 찾기	7차 교과서 신설
		실험실 안전 기호와 주의사항	안전 기호와 설명	7차 교과서 신설

둘째, 가열 실험을 할 때 학생들에게 보안경을 착용하도록 하고 있으며 교과서에 제시된 사진에서도 보안경을 착용한 모습을 볼 수 있다. 보안경 착용이 실험에서 가장 기본적인 안

전 수칙임을 감안할 때 비록 늦었지만 좋은 변화라고 볼 수 있다.

이러한 변화는 종전에 비하여 바람직하다고 볼 수 있으나, 여전히 몇 가지 문제점이 있다.

첫째, 학생들이 과학을 교과목으로 처음 접하게 되는 3학년에서 실험실 안전과 관련된 내용을 만화와 그림 등으로 친숙하게 제시하고 있는 것은 매우 바람직하다고 볼 수 있다. 그러나 현행 3학년 2학기 실험관찰의 경우, 실험실 안전과 관련된 내용이 모두 책의 맨 뒤쪽에 있어 학생들이 한 학기 동안 이 내용을 제대로 활용하였다고 보기 어렵다. 뿐만 아니라 실험실 안전 수칙을 학생들이 습관화하고 필요할 경우 쉽게 찾아 볼 수 있도록 하기 위해서는 3학년 때 한번 제시하고 끝나는 것이 아니라 매 학기 교과서마다 규칙적, 반복적으로 제시하는 것이 필요하다.

둘째, 현행 교과서에는 실험실 안전 내용에 대하여 학생들에게 주로 지시하는 수준에서 그친 경우가 많은데, 학생들로 하여금 안전 수칙을 내면화시키기 위해서는 이를 지식적으로 이해하도록 내용을 제시하는 것이 필요하다. 예를 들면, 보안경을 착용해야 한다는 것에서 그칠 것이 아니라 보안경을 착용함으로써 어떤 상해를 방지할 수 있는지에 대한 설명을 제시하는 것이 필요하다.

셋째, 보안경 착용에 있어서 일관성이 필요하다. 예를 들면, 4학년 2학기 과학 72쪽의 물 가열 실험, 6학년 1학기 6단원. 여러 가지 기체에서 산소, 수소 등의 기체 발생 실험 등 보안경 착용이 필요한 일부 실험에서 보안경을 착용하지 않은 사진이 제시되어 있거나, 보안경 착용을 지시하는 안내문이 없는 경우가 있었다.

2) 실험별 안전 관련 내용

실험실 안전과 관련한 초등학교 과학 교과서의 특징 중의 하나는 실험별로 주의 사항을 별도로 제시하는 경향이 증가하였다는 것이다. 3학년부터 6학년까지 과학 교과서와 실험 관찰을 통틀어 실험에 대한 안전 관련 내용은 총 26회로서, <표 2>에 제시하였다. 이 중에서 가장 많은 내용은 가열 실험시 실험 기구나 뜨거운 물에 의한 화상 주의이다. 다음으로는 산성 용액과 염기성 용액, 아세톤, 드라이아이스 등의 실험 재료에 대한 주의사항이다. 이 내용들은 실험 사진 옆에 말풍선 형식으로 제시된 경우가 가장 대부분이었으며, 만화나 읽을거리로 제시된 경우도 드물게 있었다.

〈표 2〉 초등학교 교과서에 제시된 실험별 안전 관련 내용

학기	단원명	안전 관련 내용
3-1	우리 주위의 물질	실험물질 맛보는 것과 위험성
		가열된 기구에 의한 화상 주의
		실험시 발생할 수 있는 상해에 대한 주의
	6. 물에 사는 생물	연못관찰시 주의사항
4-1	2. 우리 생활과 액체	실험 물질 냄새 맡을 때의 주의사항
		실험 약품(아세트)의 유해성 및 주의사항
	3. 전구에 불켜기	실험에서 전기 사용시 주의사항
4-2	5. 열에 의한 물체의 부피 변화	가열된 기구에 의한 화상 주의(3회)
		뜨거운 물에 의한 화상 주의
	8. 열의 이동과 우리 생활	가열된 기구에 의한 화상 주의 및 응급처치
5-1	2. 용해와 용액	실험 약품의 유해성 및 주의사항
	6. 용액의 전하기	실험기구 파손에 대한 주의
		가열된 기구에 의한 화상 주의
		실험물질 맛보는 것과 위험성
5-2	2. 용액의 성질	실험 약품의 유해성 및 주의사항(2회)
		산성 용액의 유해성과 주의사항(2회)
	5. 용액의 반응	산성용액이 피부에 붙을 경우의 대처방법
	7. 태양의 가족	태양관찰시 주의사항
6-1	6. 여러 가지 기체	실험약품의 유해성과 응급처치
		드라이아이스 사용시 주의사항
6-2	5. 연소와 소화	촛불 관찰시 주의사항
		가열된 기구에 의한 화상 주의

교과서에 실험별 안전 관련 내용이 증가하였음에도 불구하고, 몇 가지 문제점을 찾아볼 수 있다.

첫째, 실험시 발생할 수 있는 기타 안전사고에 대한 안내가 여전히 부족한 경우가 많다. 교과서에 제시된 주의 사항 내용은 주로 화상과 실험 약품에 관련한 것이며, 그나마 ‘뜨거운 물체를 만지지 않도록 주의한다’ 등 주의를 환기시키는 차원에서 기술되어 있을 뿐 만약에 발생할 수 있는 사고에 대한 대처 방법은 제시되지 않은 경우가 많다. 특히 5학년 2학기의 ‘화산과 암석’ 단원에서 중크롬산암모늄을 이용한 화산 분출 실험이나 6학년 1학기의 ‘여러 가지 기체’에서 기체 발생 실험의 경우에는 실험 약품이나 이들 간의 반응에 의한 안전사고

위험이 높다. 그러나 이에 대한 내용은 교과서는 물론 교사용 지도서에도 전혀 제시되어 있지 않다. 따라서 각 실험별로 발생할 수 있는 안전사고에 대하여 충분한 주의와 응급 대처 방법들을 교과서에 명시하는 것이 필요하다.

둘째, 안전 내용의 표현 방식이 통일되어 있지 않고 실험별로 다르며, 눈에 잘 띄지 않는 경우도 있다. 예를 들면, 안전 내용을 제시할 때 ‘주의’라는 아이콘이 있는 경우도 있으나, 있지 않는 경우도 있어 상세하게 읽어보기 전에는 실험실 안전 내용인 것을 쉽게 알 수 없다. 그리고 ‘주의’ 아이콘이 있는 경우에도 그 글자체나 글씨의 색이 통일되어 있지 않아 아이콘이 갖는 상징성이 떨어진다.

셋째, 초등학생들의 경우, 도구 조작이 미숙하고 호기심과 충동적인 성향이 많으므로, 상해와 장난에 의한 사고 가능성에 대해서도 주의를 주는 것이 필요하다. 예를 들어, 3학년에서 송곳과 칼을 이용하는 활동에서는 이러한 도구 사용에서 유의할 점을 제시하거나, 5학년 1학기의 ‘거울과 렌즈’ 단원에서 돋보기로 빛을 모아 종이를 태우는 활동에서는 장난에 의해 화재가 발생할 수 있으므로 반드시 주의할 것을 환기시키는 것 등이 필요하다.

넷째, 야외 학습에서 고려해야 할 안전 사항도 보다 강조되어야 할 것이다. 현행 교과서 4학년 1학기의 ‘강과 바다’와 ‘별자리를 찾아서’와 같이 야외 학습을 하는 경우, 학생들의 조사계획 속에 유의사항을 쓰게 되어 있기는 하지만, 안전과 관련한 내용을 직접적이고 명확하게 교과서에 기술하는 것도 방안이 될 것이다.

나. 외국의 과학 교재

1) Science Plus

Science Plus에서는 6·8학년용 교재로서 Level Green, Level Red, Level Blue 총 3권으로 이루어져 있다. 교재 서두에 ‘Safety First’를 마련하여 각종 실험 안전표시, 실험하면서 발생할 수 있는 위험과 방지 방법, 응급 처리 방법 등을 3쪽에 걸쳐서 사진과 함께 상세하게 설명하고 있다. 즉, 학생들이 본 수업에 들어가기 이전에 실험실 안전에 대한 내용부터 익히도록 하고 있는 것이다. 뿐만 아니라 매 실험마다 이와 관련되는 안전표시를 크게 제시하여 학생들로 하여금 지시사항을 준수하도록 함으로써 실험 과정에서 발생할 수 있는 안전사고를 줄이려고 하고 있다.

2) Sciencewise

Sciencewise는 4·12학년용 교재로서 총 3권으로 구성되어 있다. 이 교재는 학생용 활동지와 교사용 자료가 합쳐진 형태인데, 실험실 안전과 관련된 특징으로는 교사용 자료에 실험실 안전과 관련된 코너가 매 활동마다 별도로 있다는 점이다. ‘safety concerns’ 또는 ‘safety tips’

코너에서는 실험과 관련해서 일어날 수 있는 안전사고에 관하여 세부적인 안내를 하고 있다. 예를 들면, 약품의 유독성이나 기구 사용에서 발생하는 위험뿐만 아니라 실험 약품이 바닥에 묻을 경우 바닥이 미끄러워져 넘어질 수 있다는 내용까지 제시하고 있다.

3) FAST

FAST는 6학년에서 10학년까지의 학생들을 대상으로 하여 물리, 생물, 지구과학의 개념과 방법을 지역 환경과 관련지어서 통합적으로 접근을 하는 과학 교육 프로그램이다. FAST에서도 책 맨 앞의 학생용 안내문(Student Introduction)에서 실험실 안전에 대한 내용을 다루고 있으며, 실험 과정 설명에서 안전과 관련된 내용은 글자를 크게 하여 눈에 띄게 제시하고 있다.

4) Science World

호주에서 발행한 7-10학년 교재인 Science World에서는 7학년 교재의 첫 단원을 '실험실에서의 활동(Working in a laboratory)'으로 하여 각종 실험 기구의 명칭과 사용법, 실험실에서 일어날 수 있는 각종 안전사고와 이에 대한 예방과 대처 방법을 다루고 있다. 특히 다른 교과서들이 주로 실험실 안전에 대하여 사진과 설명을 제공하는 반면, Science World에서는 설명뿐만 아니라 'experiment', 'test yourself', 'practical test' 등 학생들로 하여금 실제로 안전과 관련된 활동을 경험하게 하는 것, 그리고 이 활동에 대한 평가를 실시하고 있다는 점을 특징으로 꼽을 수 있다.

5) Science Australia

Science Australia에서는 책 서두에 실험실 안전 내용을 별도로 제시하고 있지 않다. 그러나 본문의 매 실험마다 실험 과정 중 발생할 수 있는 안전사고 종류, 대처 방법, 방지 방법 등 상세한 내용을 붉은색 박스로 눈에 띄게 제시하고 있다.

6) 일본의 이과(理科)

일본의 초등학교 이과(理科) 교과서는 우리나라 초등학교 과학 교과서와 가장 유사한 체계를 갖추고 있다. 우리나라 교과서와 유사하게 일본의 초등학교 이과(理科) 교과서에도 별도로 실험실 안전 내용을 제시하고 있지는 않고 있으며, 본문에 제시하고 있는 실험실 안전 내용도 화재 주의, 화상 주의 등 주의 환기 차원에서 그치고 있다. 그러나 우리나라 교과서와 한 가지 차이가 나는 점은 실험실 안전 내용에 관해서는 '주의'라는 글씨가 적힌 붉은색 아이콘을 일관되게 사용함으로써 학생들의 눈에 띄도록 제시하고 있는 것이다.

외국의 교과서 분석 결과, 실험실 안전과 관련된 내용을 별도로 상세하게 다룸으로써 강

조하고 있었고, 본문 내용에서도 일관성 있는 기호로 가장 눈에 띄도록 제시하고 있다는 점을 알 수 있었다.

외국의 과학 교과서에 제시된 실험실 안전 내용의 특징을 요약하면 <표 3>과 같다.

〈표 3〉 외국 과학 교재의 실험실 안전 교육 특징

교재명/발행국	실험실 안전 관련 특징
Science Plus/미국	<ul style="list-style-type: none"> ○ 머리말에 실험실 안전교육 내용(Safety First) 제공 ○ 각 실험마다 안전표시 제공
Sciencewise/미국	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실험실 안전을 독립된 단원으로 다루어 교육
FAST(Foundational Approaches in Science Teaching)/미국	<ul style="list-style-type: none"> ○ 책 서두의 안내문에 실험실 안전 내용 제공 ○ 실험 절차 중 안전 관련 내용을 글씨체와 크기를 달리하여 눈에 띄게 제공
Science Australia/호주	<ul style="list-style-type: none"> ○ 각 실험마다 안전표시와 설명을 일관되게 붉은 박스 처리하여 제공
Science World(7-10)/호주	<ul style="list-style-type: none"> ○ 교사용 자료에 안전과 관련된 별도의 코너(safety concerns, safety tips) 제공
이과(理科)/일본	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실험마다 일관된 기호의 '주의' 표시 제공

2. 교사 면담 결과

초등학교 교사 9명을 대상으로 실험실 안전 교육에 대한 면담한 결과를 제시하면 다음과 같다.

가. 실험실 안전사고 경험 및 유형

면담에 응한 9명의 초등교사 중 1명을 제외한 8명은 1~4건 정도 실험실 안전사고 경험이 있다고 답하였다. 특히, 가열된 실험 기구나 실험 재료(철판, 삼발이, 물)에 의한 화상을 입거나 알코올램프가 넘어져서 불이 나는 등 교사들은 주로 가열 실험에서 안전사고가 발생한 경험이 있었다. 그 밖에 유리관 등의 초자기구에 손을 다친 경우(3건)와 실험 약품을 부주의하게 다루어 피부에 손상을 입은 경우(1건)가 있었다. 이러한 결과와 같은 맥락으로, 면담에 응한 교사들은 안전사고가 발생할 위험이 가장 높은 것으로 가열 실험을 꼽은 경우가 6명으로 가장 많았으며, 그 밖에 기체 발생 실험, 중크롬산암모늄을 이용한 화산 분출 실험이라고 답한 교사가 각각 1명 있었다. 초등학교 과학 실험에서는 그다지 위험한 실험이 없다고 답

한 교사도 1명 있었다.

나. 실험실 안전 교육 현황

면담에 응한 교사들은 모두 실험실 안전 교육이 매우 필요하다고 인식하고 있었으며, 학생들에게 이와 관련된 교육을 실시하고 있었다. 학년 초에 반드시 1시간씩 따로 시간을 내어 여러 가지 안전사고 사례를 알려주며 안전 교육을 실시하는 경우도 있었으며, 과학실 벽에 안전 수칙을 붙여놓고 큰소리로 읽게 하는 경우도 있었다. 특히 대부분의 교사들이 모두 별로 가열 실험을 하는 경우에는 사고 발생 여지가 매우 많으므로, 항상 미리 안전 수칙을 알려준다고 답하였다. 그러나 초등학생들의 경우에는 미리 안전 수칙을 알려주어도 과학실에서는 특히 산만하고 통제하기 어려운 경향이 있기 때문에, 안전사고가 발생할 가능성이 높은 실험은 교사가 시범실험을 한다는 교사가 3명 있었다. 즉, 실험실 안전 문제로 인하여 실험 자체가 꺼려지는 경향이 있다고 볼 수 있다.

현행 교과서에서 처음으로 권장하고 있는 보안경의 착용 여부를 묻은 결과, 현재 보안경을 착용하고 실험한다는 응답은 1건 밖에 없었다. 보안경을 착용하고 실험해 본 경험이 없기 때문에 보안경의 필요성을 느끼지 못해서 아예 구입조차 하지 않았다는 응답이 3건이었으며, 보안경을 실험실에 구비하였으나 보안경이 조잡하거나 학생들이 보안경을 쓰고 장난을 하고 실험에 오히려 방해가 되어 착용하지 않는다는 응답이 6건이었다. 보안경은 각종 가열 실험이나 약품으로부터 학생들의 눈을 보호하는 기본적인 안전 장비이므로, 그 필요성을 홍보하고 보안경의 질을 높이는 방안을 강구해야 할 것이다.

다. 실험실 안전 교육 보완 방안

면담에 응한 교사들에게 현행 교과서와 지도서에 제시된 실험실 안전 교육 내용에 대한 만족도를 묻은 결과, 대체로 만족하며 도움이 된다는 응답이 3명이었으며, 5명은 미흡하다고 답하였다. 미흡하다고 생각하는 이유로는 '주의' 표시나 설명 제시 방식에 있어서 통일성이 없고 눈에 잘 띄지 않는다는 것과, 주의가 필요한 실험에 매번 반복해서 제시되지 않은 점, 어떤 위험이 있고 어떻게 대처해야 하는지에 대한 자세한 안내가 없다는 점 등을 들었다.

초등학교 과학 실험에서의 안전 교육 보완 방안으로는 학생들이 잘 인식하도록 실험 관찰 등에 반복해서 눈에 띄게 안전 교육 내용을 제시하는 것, 실험실 안전에 대한 비디오테이프나 CD-ROM, 사례집, 만화 형태로 된 책자 등을 발간하여 보급하는 것, 그리고 과학과 실험 연수에서 실험실 안전에 대한 내용을 강화하는 것 등을 들었다.

IV. 결론 및 시사점

본 연구에서는 현행 초등학교 과학 교과서에서 실험실 안전 내용을 어떻게 다루고 있는지 분석하고, 교사 면담과 외국 교과서 분석을 실시하여 실험실 안전 교육을 보완할 수 있는 방안을 알아보았다.

제7차 교육과정에 따라 개발된 초등학교 과학 교과서에서는 3학년에서 실험실 안전에 관한 전반적인 내용을 다루고 있고, 실험별로 주의 사항을 제시하는 횟수가 증가하였으며, 보안경 착용을 권장하는 등 종전의 교과서에 비하여 개선된 점이 있었다. 그러나 주의 사항이 주로 화상과 실험 약품에 관한 내용에만 편중되어 있어, 그 밖의 과학 수업에서 발생할 수 있는 각종 안전사고에 대한 안내는 여전히 부족하였다. 또한 일부 학기의 교과서나 일부 실험에만 안전 수칙과 주의 사항이 제시되어 있었으며, 그 제시 방식에 있어서도 통일성이 없고 눈에 잘 띄지 않는 등 실험실 안전 내용이 체계적으로 제시되어 있지 않았다.

이에 비하여 외국의 교과서에서는 실험실 안전과 관련된 내용을 별도로 상세하게 다루거나 차시 활동을 통하여 학생들이 직접 안전 활동을 경험해 보도록 하고 있었다. 또한, 각 실험에서 발생할 수 있는 각종 안전사고에 대한 주의와 대처 방법을 상세하게 제공하고 있으며, 제시 방식에 있어서도 일관성이 있었다.

초등학교 교사들과의 면담 결과, 모두 실험실 안전사고 경험이 있었으며, 특히 가열 실험에서 가장 사고가 빈번히 발생하는 것으로 나타났다. 교사들은 모두 실험실 안전 교육이 매우 필요하다고 인식하고 있었으며, 교사 연수와 시청각 자료 개발 보급 등을 통해서 현행 초등학교 실험에서의 안전 교육을 보완할 것을 제안하였다.

이상과 같은 연구 결과를 토대로 초등학교 과학 수업에서의 실험실 안전 교육에 대해 몇 가지 시사점을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 단순히 주의를 주는 현행 교과서 수준에서 벗어나 실험실 안전 내용을 학생들이 지식적으로 이해하여 습관화할 수 있도록 보다 체계적인 실험실 안전 교육이 필요하다. 예를 들어 교과서에서 보안경 착용을 권장하고 있음에도 불구하고 실험하는 데 불편하다는 이유로 보안경 착용을 꺼리는 교사와 학생이 많은 것으로 나타났는데, 이러한 점을 개선하기 위해서는 보안경 착용이 사고 발생시 치명적인 상해를 막을 수 있음을 이해시키고 보안경을 필요성을 공감하도록 하는 것이 우선되어야 한다. 체계적인 실험실 안전 교육을 위해서 매 학년의 과학 교과서마다 실험실 안전 수칙을 별도로 제시하고, 별도의 차시를 배정하여 교사가 지도하고 학생이 직접 활동해 보는 경험을 제공하는 것도 고려해 볼 만하다.

둘째, 실험에서 발생하는 사고를 방지할 수 있도록 실험 장비나 실험 방법을 개선하려는 노력이 필요하다. 현행 초등학교 교과서에서 가장 많은 실험실 안전 내용이 가열에 의한 화상 주의임에도 불구하고 교사들과의 면담 결과 가열 실험에서 사고가 가장 빈번히 발생하는 것으로 나타났다. 자칫하면 넘어지기 쉬운 알코올램프와 삼발이 위에 물체를 올려놓고 가열하는 현행 실험 방식은 충분한 사고 위험을 내포하고 있음을 부인할 수 없다. 가급적 초등학교에서는 가열된 물체나 가열 기구가 넘어짐으로써 발생하는 사고가 빈번히 일어나지 않도록 외국의 경우와 같이 알코올램프와 삼발이 대신 열판(hot plate)을 사용하는 것도 생각해 볼 필요가 있다. 또한, 현행 교과서에는 실험 약품의 안전성이나 실험 자체의 안전성에 대하여 충분히 고려하지 않고 가시적인 효과 위주로 실험을 선정한 경우가 있다. 예를 들어, 2004년 9월에는 초등학교 과학의 화산 분출 실험에서 발암 물질인 중크롬산암모늄을 이용한다는 것이 논란이 되었고, 이에 따라 교육인적자원부에서는 대체 물질을 사용하라고 권고를 내린 바 있다. 따라서 실험 방법이나 실험 약품을 결정함에 있어서 우선적으로 안전성을 고려하여야 할 것이고, 교과서 심의 과정에서도 안전성에 대한 충분히 검증하는 절차가 필요하다.

셋째, 가열 사고와 약품에 대한 주의에 국한되어 있는 현행 교과서와 달리 실험실 안전 교육 내용을 실제적이고 다양하게 제시하는 것이 필요하다. 정해진 절차를 따라하는 실험보다는 학생들이 스스로 실험 방법을 탐구하는 것이 권장되는 풍토로 말미암아 학생들이 예기치 못한 위험에 처할 가능성이 많다(Archenhold et al, 1978). 교사들과의 면담에서도 과학실에서 학생들이 특히 산만해지기 때문에 통제하기 어려워 예상치 못한 사고를 일으키는 경우가 있음이 나타났다. 각 실험별로 사고 경험담을 수집하여 발생 우려가 있는 모든 안전사고에 대한 정보와 이에 대한 대처 방법을 정리하고 이를 교사용 지도서나 교과서에 제시하는 것이 필요하다. 또한, 실험실 안전 기호를 적극 활용하여 안전에 대한 주의가 필요한 실험마다 통일된 제시 방식으로 눈에 띄게 반복하여 안내하는 것도 필요하다.

넷째, 실험실 안전과 관련하여 교사를 대상으로 한 지원을 강화하는 것이 필요하다. 특히 과학 전공자가 아닌 초등학교 교사들의 경우, 실험 경험과 실험실 안전에 대한 지식이 부족한 경우가 많아 실험 자체를 기피하는 경우가 많은데, 이들을 우선적으로 지원하는 것이 필요하다. 현행 초등학교 과학 교사용 지도서의 총론에도 실험실 안전 지도에 대해서 간략하게 제시되어 있으며, 실제 차시 지도 내용에 있어서도 필요한 실험 안전 지도 내용이나 대처 방법이 부족한 경우가 많다. 실험실 안전 지도가 효율적으로 이루어지기 위해서는 지식과 경험이 함께 필요하다. 따라서 기존의 책자 중심의 실험실 안전 교육 자료에서 벗어나 인터넷을 통해서 볼 수 있는 동영상 자료 등을 개발하여 간접 경험을 넓히게 하고, 교사용 지도서의 차시별 단원 지도에도 실험실 안전 코너를 별도로 만들어 발생할 수 있는 각종 사고에 대비할 수 있게 하는 것이 필요하다. 또한, 대학 교육을 통해서 실험실 안전 교육에 대

하여 배울 기회가 거의 없었던 초보 교사들의 경우에는 안전사고를 우려하여 실험을 기피하는 경향까지 있으므로, 가상훈련 등 실제적인 경험을 제공할 수 있는 교사 연수 프로그램을 마련하여 실험실 안전 사고 대처 방안에 대한 자신감을 길러주는 것도 고려해볼 만하다.

참 고 문 헌

- 김찬중 · 채동현 · 임채성(1999). *과학교육학개론*. 서울: 북스힐.
- 이미란 (2002). *초등학교 과학 실험에서 안전에 관한 초등교사들의 인식 조사*. 석사학위논문, 한국교원대학교.
- 조희형 · 박승재(1995). *과학 학습 지도*. 서울: 교육과학사.
- ASE (1986). *Science teacher's handbook*. London: Hutchinson.
- Archenhold, W. E., Jenkins, E. W., & Wood-Robinson, C. (1978). *School science laboratories: A handbook of design, management and organization*. London: John Murray.
- Missouri Department of Elementary and Secondary Education (1997). *Missouri secondary science safety manual*.
- National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Trowbridge, L. W., Bybee, R. W., & Powell, J. C. (2000). *Teaching secondary school science: Strategies for developing scientific literacy* (7th ed.). Prentice-Hall International, Inc.
- 논문접수 : 2004년 10월 7일 / 수정본 접수 : 2004년 11월 22일 / 게재 승인 : 2004년 12월 3일

ABSTRACT

An analysis of laboratory safety contents in the elementary science classroom

Mi-Young Hong

(Research Fellow, Korea Institute of Curriculum and Evaluation)

The purpose of this study was to suggest ideas to improve the laboratory safety in school science. For this study, current elementary school science textbooks and some science textbooks of other countries were analysed from the view point of laboratory safety. And, interviews with elementary teachers were conducted to diagnose the current status of laboratory safety education in science classes.

It was found that laboratory safety has been of increasing concerns in elementary school science textbooks and many desirable changes have occurred compared to the previous science textbooks. Nevertheless, overall laboratory safety guide and some important laboratory safety tips were not provided in many cases yet. Also, the representations of laboratory safety contents were deficient in uniformity and noticeability. From the interviews with elementary teachers, it was found that 'burns' have occurred most frequently and most of the teachers have experienced accidents through science experiments. Desirable directions for the improvement of present status of laboratory safety in school science classroom were proposed on the basis of elementary teachers' suggestions and the results of science textbook analysis.

Key Words : elementary school science, laboratory safety, science textbook