

2015 개정 고등학교 과학 교과 교과서에 제시된 안전 관련 내용 분석

이세연, 이봉우*

서울 명덕고등학교, 단국대학교

Analysis of Safety Contents in the High School Science Textbooks Based on the 2015 Revised National Science Curriculum

Seyeon Lee, Bongwoo Lee*

Seoul Myungduk High School, Dankook University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 17 July 2019

Received in revised form

29 July 2019

Accepted 31 July 2019

Keywords:

2015 revised science curriculum, safety contents, science textbook, inquiry activity, appendix

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the safety contents presented in high school science textbooks of the 2015 revised national science curriculum. For these, we found safety contents in the inquiries and appendices of 63 science textbooks: integrated science, science inquiry experiment, physics I, II, chemistry I, II, biology I, II, and earth science I, II. We analyzed these safety contents using six safety factors based on the seven standards for safety education. The main results are as follows: First, 81(46.0%) inquiries among 176 curriculum inquiries contain safety contents, and these contents are mainly found in chemistry textbooks, and the least in 'science inquiry experiment' textbooks. Second, safety contents are found the most in 'laboratory safety rule', followed by 'safety symbol' and 'usage of protection equipment'. Third, the safety contents of appendices are mainly in 'laboratory safety rule' and 'accident treatment'. Based on these results of this study, it is concluded that these textbooks have problems; that there is a big difference in describing safety contents in each textbook; that these safety contents are not presented in detail and that the educational effect is reduced. Furthermore, the safety symbol is not standardized. We also discussed ways to improve the safety contents of science textbooks.

1. 서론

과학과는 다른 교과와 달리 탐구를 강조한다는 점에서 큰 차별성을 갖는다. 특히 2015 개정 교육과정에서는 고등학교 공통 과목으로 과학탐구실험 과목을 신설하여 모든 학생들이 탐구 능력을 신장시킬 수 있는 기회를 제공하였다(Ministry of Education, 2015). 학교에서 탐구 활동이 증가함에 따라 학교에서 보유하고 있는 실험기자재가 부족한 문제나 실험실에서의 안전 문제가 대두되었다. 실험 기자재 문제는 학교별로 '과학교구 설비 기준'을 제공하고, 과학중점학교의 확대 운영, 창의융합형 교과교실 등의 학교 교육 혁신 사업으로 현대화된 실험실을 갖추어 가는 동시에, 실험 수업에 필요한 필수 교구를 확보하기 위한 지원 확대를 통해 많은 개선이 이루어지고 있다. 그러나 실험실에서의 안전사고 예방 및 처리와 관련한 실질적인 지원은 크지 않아 체계적인 지원을 마련할 필요가 있다.

안전사고의 85%는 인간의 불안정한 행동에 의한 사고이기 때문에(Kim & Lee, 2002), 사고를 예방하고 피해를 최소화하기 위해서는 안전에 대한 이해와 인식, 태도를 함양하는 장기적이고 체계적인 교육이 필요하다. 안전교육은 일상생활에서 일어나는 사고를 예방하고, 불의의 사고, 재해, 돌발적인 상황이 발생했을 때 생명을 지키기 위해 취해야 할 심신 양면의 행동을 지도할 목적으로 실시하는 교육을 말한다. 선진국에서는 오래 전부터 학교에서 안전교육을 체계적으로 실시하고 있어 미국의 경우에는 안전 교육과정을 별도로 개발하여

이를 통해 체계적인 교육을 실시하고 있다(Centers for Disease Control and Prevention, 2012).

우리나라에서는 2010년대 중반까지는 안전교육에 대한 체계적인 교육이 이루어지지 않았는데, 최근 국가 안전망 점검의 일환으로 학교에서도 안전 교육과 관련된 정책을 펼치고 있으며, 그 과정에서 실험실에서의 안전을 다루고 있다. 2014년 11월에 교육부에서는 '교육 분야 안전 종합 대책'을 발표하였으며, 이에 대한 후속조치로 2015년 3월에 '안전교육 7대 표준안'을 발표하여, 학교에서 체계적인 안전교육이 의무적으로 실시될 수 있도록 하였다. 2016년 3월에는 안전교육 7대 표준안을 보다 구체적이고 효율적으로 실시하도록 수정한 '안전교육 7대 표준안'을 발표했는데, 이에 따르면 7대 항목 중 과학 실험과 관련된 항목인 실험·실습 안전(소분류)은 '생활안전'(대분류)의 '시설 및 제품이용 안전'(중분류)에 포함되어 있다. 실험·실습 안전은 초등학교, 중학교, 고등학교별로 구분하고 있는데, 고등학교에서는 '실험실 안전수칙 이해 및 보호장구 사용 방법 알기'의 내용을 포함하여 교육되도록 하였다. 또한 실험실 안전과 관련된 다양한 자료를 개발하여 보급하고 있는데, 노희진 등은 '과학 실험 안전 매뉴얼(중등)'을 통해 실험실 응급 대처 요령, 안전 장비 사용방법 및 상황별 대처요령을 공통대처요령과 물리, 화학, 생명과학, 지구과학의 다양한 실험 또는 실험 도구 상황에 맞추어 안내하였다(Noh *et al.*, 2014). 교육과정 수준에서도 안전교육을 강화하였는데, 2009 개정 교육과정에서는 안전교육을 범교과 학습 주제로 제시하였으며, 2015 개정 교육과정

* 교신저자 : 이봉우 (peak@dankook.ac.kr)
http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2019.39.4.563

에서는 1~2학년(군)의 창의적 체험활동에 ‘안전한 생활’을 신설하였다.

과학 실험에서는 학생들이 직접 가열 장치와 유리 기구 그리고 화학 물질 등을 다루는 경우가 빈번하므로 무엇보다도 실험실 안전에 세심한 주의를 기울여야 한다(Hong, 2004). 실제로 학교 안에서 안전 사고가 가장 빈번히 일어날 수 있는 곳은 실험실이다(Cho & Park, 1995). 따라서 과학 실험 기구를 안전하게 사용하는 방법과 시약의 사용 및 취급 방법에 대한 안내가 실험실에서 효과적으로 이루어지는 것이 필요하다(Kwon & Choi, 2009). 실험실 안전사고의 원인으로는 학생 부주의 또는 과실이 대부분을 차지하지만, 실험 안전 교육 및 안전 관련 요소의 표기 부족도 간접적인 원인이라 할 수 있다.

실험실 안전수칙 및 보호장구 사용 등과 같은 실험실 안전에 대한 교육은 체계적으로 이루어져야 하며, 그러기 위해서는 그 내용을 교육과정이나 학습 지도 자료에 포함시켜야 한다(Kim, Chae & Lim, 2004). 학교 교육은 실질적으로 교과서에 의해 이루어지고 있기 때문에, 안전사고 없이 실험을 할 수 있기 위해서는 교과서에 안전과 관련된 내용을 체계적으로 수록하고 이 내용이 수업 시간에 학습되도록 할 필요가 있다(Hong, 2004). 실험 과정에서 수시로 보게 되는 교과서에 실험 안전 관련 내용이 바르게 제시되어 있다면 안전사고 예방에 큰 도움이 될 것이다. 따라서 과학 실험과 관련된 안전 교육을 체계적으로 실시하는 것과 함께 교과서에 정확하고 효과적인 안전 관련 내용을 수록하고 나타내는 것이 중요하다.

초중등학교 교과서에서 안전교육이 어떻게 다루어지는 지에 대한 연구도 일부 이루어졌다. 초중고 학생들의 안전보건교육의 실태를 조사하기 위해 교과서 분석이 이루어지기도 했고(Roh et al., 2008), 2009 개정 교육과정에 의한 초등학교 교과서에 제시된 안전교육 내용에 대한 분석도 이루어졌다(Lee, 2015). 그러나 이들 연구들에서는 과학 교과서를 포함한 분석이 이루어지지는 했지만, 다른 교과와 함께 진행된 피상적인 분석에 그쳐 과학 교과서의 세부적인 내용에 대한 분석이 이루어지지 못했다.

외국의 연구에서도 과학 교과서 속 안전에 대한 연구는 일부(예: Zajkov, Gegovska-Zajkova & Mitrevski, 2017)를 제외하면 발견하기 쉽지 않다. 또한 학교 안전과 관련된 다양한 연구들이 이루어졌지만, 안전 교육과 과학교육을 통합한 특수교육 프로그램 개발(Son & Im, 2016), 초등학교 실험실 안전사고 최소화 방안(Kwon & Choi, 2009), 전기 안전교육 프로그램 개발(Yang & Park, 2018) 등과 같은 연구를 제외하면 과학과 안전을 연계한 연구는 많이 이루어지지 않았다.

‘교육 분야 안전 종합 대책’이 발표된 이후, 학교에서의 안전 교육이 더욱 더 강화되면서 교과서 개발 과정에서도 안전 요소를 강화하도록 요구하고 있다. ‘2015 개정 교육과정에 따른 교과용 도서 개발을 위한 검정기준’에도 “안전사고 예방, 사고 발생시 대처 방안, 야외 활동이나 현장 학습 시 유의사항 등을 함께 제시하였는가?”를 심사항목으로 제시하고 있다.

본 연구에서는 2015 개정 교육과정에 의한 과학 교과서에 담긴 안전 관련 내용을 분석하고자 한다. 탐구를 지도하는 과정에서 겪는 교사의 어려움에 대한 연구(Lee & Lee, 2018a, 2018b)에서 고등학교 교사들이 중학교 교사들보다 안전과 관련되어 탐구 지도에 어려움을 크게 느끼고 있었기 때문에, 본 연구에서는 고등학교 과학 교과서의 교과서를 대상으로 안전 교육 관련 내용을 분석하고, 문제점과 개선 방안을 모색할 것이다. 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째. 2015 개정 교육과정에 따라 개발된 고등학교 과학 교과(통합과학, 과학탐구실험, 물리학 I · II, 화학 I · II, 생명과학 I · II, 지구과학 I · II)의 10과목 63종 교과서에 수록된 안전과 관련된 내용의 특징은 무엇인가?

둘째. 교과서에 제시된 안전 관련 내용의 기술 방법과 관련된 문제점과 개선 방안은 무엇인가?

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구 대상

본 연구는 2015 개정 교육과정에 따른 고등학교 과학 교과서의 10개 과목인 통합과학, 과학탐구실험(이상, 공통과목)과 물리학 I, 화학 I, 생명과학 I, 지구과학 I(이상, 일반선택 과목) 그리고 물리학II, 화학 II, 생명과학II, 지구과학II(이상, 진로선택 과목) 63종을 대상으로 했다. 이 중 화학 I 이 9종으로 가장 많았고 물리학 I, 지구과학 I 이 8종, 통합과학과 과학탐구실험은 각각 5종과 7종이었으며 지구과학 II가 4종으로 가장 적었다.

교육과정에는 각 단원마다 성취기준을 제시하면서 관련된 <탐구 활동>을 함께 제시하고 있다. 따라서 동일 과목 교과서의 탐구 활동에는 이 <탐구 활동>들이 모두 포함되어 있다. 따라서 본 연구에서는 63종 교과서의 탐구 활동 중 교육과정에 <탐구 활동>으로 제시되어 각 과목 교과서에 공통으로 수록된 총 176개의 탐구 활동과 각 교과서

Table 1. Published textbooks by science subject in accordance with the 2015 revised curriculum

출판사*	과목	통합과학	과학탐구 실험	물리학 I	물리학 II	화학 I	화학 II	생명과학 I	생명과학 II	지구과학 I	지구과학 II
MN		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
VS		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
CJ		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
KS		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
JH			●	●	●	●	●	●	●	●	●
DA		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
KH			●	●	●	●	●	●	●	●	●
YM			●	●	●	●	●	●	●	●	●
SS						●	●				

* 출판사명은 한글명에 대한 영문 이니셜 또는 영문명의 줄임말을 사용하였다.

의 앞, 뒤에 수록된 <부록>을 분석 대상으로 하였다. 분석 대상 63종의 과목별 출판사는 Table 1과 같다.

2. 연구 과정 및 방법

안전 관련 내용 분석은 학교안전사고 개선을 위한 대책으로 발표한 “안전교육 7대 표준안(2016)”을 근간으로 진행하였다. 표준안의 대·중·소 분류에 따르면 실험·실습 안전은 “생활안전 > 시설 및 제품 이용 안전”의 소분류 중 하나로 초등학교, 중학교, 고등학교에 따라 필요한 안전교육 내용에 차이를 두고 제시하고 있다. 이 중에서 중·고등학교에서의 과학실험과 관련된 안전교육 내용은 실험실 안전수칙 이해, 보호장구의 중요성 및 사용방법 알기, 사고 발생 시 대처 행동 알기, 약품의 특성 알기, 안전한 실험도구 사용법 알기의 5가지로 지정되어 있다(Table 2).

본 연구는 실험과 관련하여 주의해야 할 안전 교육 내용이 교과서에 어떻게 제시되어 있는가를 분석하는 것으로 5가지 안전 교육 내용인 실험실 안전수칙(a), 보호장구 사용(b), 사고 대처 행동(c), 약품의 특성 설명(d), 안전한 실험도구 사용법(e)의 5가지에, ‘안전기호(f)’를 추가하여 6가지를 분석 요소로 정하였다. 그리고 실험실 안전수칙(a) 범주는 다시 실험 전(a-1), 중(a-2), 후(a-3)으로 세분화하였다.

먼저 교육과정에 제시된 탐구 활동을 기준으로 해당 탐구 활동을 수록한 동일 과목 교과서들에서 안전 관련 내용이 수록되어 있는지를 분석하였다. 그 후 교과서에 어떠한 안전 관련 내용이 수록되어 있는지를 분석하기 위해 교육과정에 제시된 탐구 활동을 대상으로 모든 교과서에서 안전 관련 내용을 추출하였다. 추출한 내용을 ‘표시(expression)’와 ‘요소(element)’로 구분하였는데, ‘표시’는 교과서에서 불릿 기호 ‘·’ 로 구분된 하나의 문장을 의미하며, ‘요소’는 분석

범주에 해당하는 6가지 분석 요소에 해당된다. 따라서 하나의 ‘표시’는 여러 개의 요소로 구성될 수도 있고, 표시 하나가 요소 하나에 해당될 수도 있다 (Figure 1). ‘보호장구 사용’ 요소는 ‘실험실 안전수칙’과 중복으로 분석되었으며, 다른 요소들은 모두 독립적으로 분석되었다.

또한, 과학 교과서에는 부록에 안전 관련 내용을 제시하고 있기 때문에 추가적으로 분석하였다. 부록의 안전 관련 내용들은 과목별로 6가지 범주에 해당하는 요소들을 몇 종의 교과서들이 수록하고 있는지를 분석했으며, 과목마다 출판사별로 안전 관련 내용이 어떻게 수록되었는지를 분석하였다.

III. 연구 결과

1. 고등학교 과학 교과 교과서의 <탐구 활동>에 수록된 안전 관련 내용 분석

가. 탐구 활동별 안전 관련 내용을 수록한 교과서 비율

고등학교 과학 교과서의 10개 과목들은 과목별로 4종~9종에 이르는 교과서가 개발되었다. 각 교과서에는 교육과정 성취기준과 함께 제시된 6~40개의 탐구 활동이 모두 제시되어 있다. 교육과정 탐구 활동은 대부분 유사한 내용과 방법으로 진행되기 때문에 동일한 주제의 탐구 활동에 안전 관련 내용이 있는지의 유무를 통해 교과서마다 차이가 있는지를 알 수 있다. 이를 위해서 모든 과목에 대해서 교육과정 탐구 활동별로 안전 관련 내용이 제시된 교과서 수를 조사하여 Table 3에 제시하였다. 표의 내용을 이해하기 위해 통합과학의 경우를 예를 들어 설명하면 다음과 같다. 통합과학은 총 5종의 교과서가 개발되어 있다. 교육과정에 제시된 탐구 활동은 총 40개로 5종의 교과서에서 모두 안전 관련 내용을 담고 있는 탐구는 5개, 4종의 교과서에서 안전 관련 내용이 담겨 있는 탐구는 4개 등이며, 26종의 탐구 활동은 모든 교과서에서 안전 관련 내용이 제시되어 있지 않다.

고등학교에서 사용되는 과학 교과 교과서 중에서 교육과정에 제시된 탐구 활동에 안전 관련 내용이 가장 높은 비율로 포함된 과목은 화학II로 6종의 교과서에 제시된 총 84개의 탐구 활동(14개의 탐구 × 6종 교과서) 중에서 49개의 탐구 활동(58.3%)에 안전 관련 내용이 제시되어 있었다. 그 다음으로 높은 비율의 과목을 순서대로 나열하면, 물리학II(52.8%), 물리학 I(39.3%), 화학 I(34.0%), 생명과학 I(32.4%), 과학탐구실험(25.3%), 통합과학(25.0%), 생명과학II(22.7%), 지구과학II(11.3%), 지구과학 I(0.0%)의 순으로, 물리학과 화학 교과서에서 안전 관련 내용이 높은 비율로 제시되었으며, 지구과학에서는 안전 관련 내용이 적었다.

안전 관련 내용을 포함하지 않은 탐구 활동의 비율이 높은 것은 교과서에 제시된 탐구 활동들이 실험 활동보다 ‘토론하기’, ‘토의하

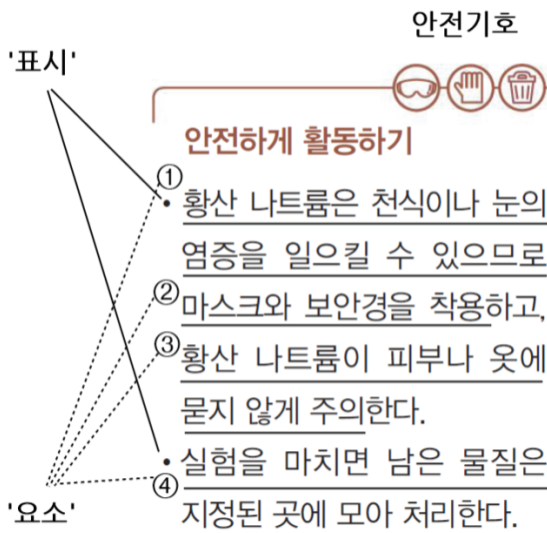


Figure 1. Example of ‘display’, ‘element’, ‘safety symbol’ (ex. Chemistry I, VS, p.99)

Table 2. Detailed information of experiment and training safety in the ‘7 major standards of safety education’

초등학교	중학교	고등학교
<ul style="list-style-type: none"> 과학 실험시 보호장구 사용법 알기 과학실험 시 안전하게 실험실습 도구 사용하기 안전사고시 대처방법 알기 	<ul style="list-style-type: none"> 실험실 안전수칙이해 및 보호장구의 중요성 이해하기 실험실 사고 발생시 대처행동알고 실천하기 과학실습 시 약품의 특성 및 안전한 실험도구 사용법 알기 	<ul style="list-style-type: none"> 실험실 안전수칙이해 및 보호장구의 사용방법 알기/실습

Table 3. Number of textbooks that contain safety contents presented in inquiries

탐구 별 안전 관련 내용 포함 교과서 수	통합 과학	과학탐구 실험	물리학 I	물리학 II	화학 I	화학 II	생명 과학 I	생명 과학 II	지구 과학 I	지구 과학 II
	5종	7종	8종	6종	9종	6종	8종	5종	5종	4종
0종	26	4	0	1	6	5	8	13	16	16
1종	2	5	3	1	1	0	2	0	0	1
2종	2	1	1	0	3	0	1	5	0	2
3종	1	0	1	1	0	1	2	1	0	0
4종	4	1	0	0	1	0	4	3	0	1
5종	5	0	0	3	0	2	1	0	0	-
6종	-	2	1	0	2	6	2	-	-	-
7종	-	0	0	-	0	-	2	-	-	-
8종	-	-	1	-	1	-	0	-	-	-
9종	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
교육과정 탐구 활동수	40	13	7	6	16	14	22	22	16	20
탐구 당 안전 관련 내용 포함 비율	25.0%	25.3%	39.3%	52.8%	34.0%	58.3%	32.4%	22.7%	0.0%	11.3%
실험형 탐구 활동수	14	9	7	5	10	9	14	9	0	4
실험형 탐구 활동 당 안전 관련 내용 포함 비율	71.4%	36.5%	39.3%	63.3%	54.4%	90.7%	50.9%	55.6%	-	56.3%

기’, ‘조사하기’, ‘사례 찾아보기’, ‘구상하기’ 등의 비실험 탐구 활동으로 구성된 비율이 높기 때문이다. 10개 과목에 대해 교육과정에서 제시한 탐구 활동 176개 중에서 95개(54.0%)가 비실험 탐구 활동으로 이러한 유형의 탐구에서는 안전을 다룰 필요가 없기 때문이다. 따라서 실험형 탐구 활동만을 대상으로 안전 관련 내용이 포함된 비율을 추가로 분석하였다. 안전 관련 내용을 가장 많이 제시한 과목은 화학II로 6종의 교과서에 제시된 실험형 탐구 활동 54개 중에서 49개(90.7%)의 탐구 활동에 안전 관련 내용이 제시되어 있었다. 그 다음으로 높은 비율인 과목은 통합과학으로 실험형 탐구 활동 중 71.4%의 탐구 활동에서 안전 관련 내용이 제시되어 전체 탐구에 대한 비율인 25.0%보다 훨씬 높은 비율로 제시되었다. 한편 과학탐구실험은 실험형 탐구 중 36.5%에 대해서만 안전 관련 내용이 제시되어 가장 낮은 비율을 보였다.

나. 안전 관련 내용 요소의 특징

고등학교 과학 교과 교과서의 탐구 활동에 수록된 안전 관련 내용 요소를 분석하여 Table 4에 나타내었다. 과목별로 안전 관련 내용을 실험실 안전수칙(실험전(a-1), 실험중(a-2), 실험후(a-3)), 보호장구 사용(b), 사고 대처 행동(c), 약품의 특성 설명(d), 안전한 실험도구 사용법(e), 안전기호(f) 등의 요소별로 분석하였으며, 교과서당 표시 수, 안전이 포함된 탐구 당 표시 수, 교과서당 요소 수, 안전이 포함된 탐구 당 요소 수를 제시하였다.

교육과정에 제시된 176개의 탐구 활동 중에서 안전 관련 내용이 수록된 탐구 활동은 실험형 탐구 활동 81개(46.0%)이다. 교과서 당 안전 ‘표시’ 수가 가장 많은 과목은 통합과학으로 한 교과서에서 평균

Table 4. Analysis result of safety content elements presented in inquiries

과목	교과서 수(a)	탐구 수 (β)	안전 포함 탐구 수 (γ)	안전 관련 내용 표시 수 (δ)	교과서 당 표시 수 (δ/α)	안전탐구 당 표시 수 (δ/(αγ))	유형별 안전 관련 내용 요소 수 (과목별 전체 교과서, 중복)										교과서 당 요소 수 (ε/α)	안전탐구 당 요소 수 (ε/(αγ))
							a-1	a-2	a-3	b	c	d	e	f	소계 (ε)			
통합과학	5	40	14	141	28.2	2.0	14	59	19	12	5	14	6	43	172	34.4	2.5	
과학탐구실험	7	13	9	46	6.6	0.7	7	19	7	7	4	3	1	11	59	8.4	0.9	
물리학 I	8	7	7	50	6.3	0.9	3	30	0	4	0	0	10	11	58	7.3	1.0	
물리학 II	5	6	5	22	4.4	0.9	2	8	0	0	0	0	1	13	24	4.8	1.0	
화학 I	9	16	10	132	14.7	1.5	29	52	25	17	3	11	1	34	172	19.1	1.9	
화학 II	6	14	9	153	25.5	2.8	33	64	28	23	6	18	0	44	216	36.0	4.0	
생명과학 I	8	22	14	99	12.4	0.9	6	61	7	5	2	2	3	26	112	14.0	1.0	
생명과학 II	5	22	9	53	10.6	1.2	3	28	3	3	1	3	0	20	61	12.2	1.4	
지구과학 I	6	16	0	0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	
지구과학 II	4	20	4	9	2.3	0.6	0	5	0	0	0	0	0	4	9	2.3	0.6	
소계	63	176	81	705	11.2		97	326	89	71	21	51	22	206	883	14.0		

* (a-1)실험 전 실험실 안전수칙, (a-2)실험 중 실험실 안전수칙, (a-3)실험 후 실험실 안전수칙, (b)보호장구 사용, (c)사고 대처 행동, (d)약품의 특성 설명, (e)안전한 실험도구 사용법, (f)안전기호

28.2개의 안전 ‘표시’가 제시되어 있었다. 그 다음으로 많은 안전 ‘표시’가 제시되어 있는 과목은 화학II, 화학 I의 순이었다. 안전이 포함된 탐구 당 ‘표시’ 수는 화학II(2.8개), 통합과학(2.0개), 화학 I(1.5개) 등의 순으로 많았다. 탐구를 장려하기 위해 만들어진 과학탐구실험의 경우 비실험활동으로 구성된 탐구 활동이 많았기 때문에 교과서 당 안전 ‘표시’ 수는 총 6.6개로 10개 과목 중 6번째였고, 안전이 포함된 탐구 당 안전 ‘표시’ 수도 0.7개로 10개 과목 중 지구과학 I, II를 제외하면 가장 양이 적은 과목이었다.

안전 관련 내용을 요소를 기준으로 분석하면 실험실 안전수칙(a)에 관한 내용이 58.0%로 절반 이상을 차지했다. 그 다음으로 많이 제시된 것은 안전기호(f, 23.3)%였고, 보호장구 사용(8.0%), 약품의 특성 설명(5.8%), 안전한 실험기구 사용법(2.5%), 사고 대처 행동(2.4%) 등의 순이었다. 구체적인 특징을 각 요소별로 구분하여 사례를 제시하여 분석하였다.

■ (실험 전) 실험실 안전수칙

안전 관련 내용 요소 중 실험실 안전수칙을 실험 전·중·후로 세분화하면 실험 전 안전수칙과 관련된 내용 요소는 97개(11.0%)였다. 과목별로는 통합과학이 14개(8개 실험, 출판사 4종), 과학탐구실험이 7개(3개 실험, 출판사 4종), 물리학 I은 3개(2개 실험, 출판사 3종), 물리학II는 2개(2개 실험, 출판사 2종)로 안전 관련 내용을 포함한 탐구 수와 비슷하였다. 반면에 화학 I은 29개(7개 실험, 출판사 8종), 화학II는 33개(9개 실험, 출판사 6종)로 탐구 당 3개였고 생명과학 I은 6개(3개 실험, 출판사 4종), 생명과학II는 3개(2개 실험, 출판사 3종)으로 탐구 2~3당 1개 정도의 실험 전 안전수칙을 수록하고 있었다. 한편, 지구과학 I, II에는 실험 전 안전수칙이 하나도 수록되어 있지 않았다.

유독성 기체가 발생하는 화학 약품을 다룰 때의 주의사항을 기록한 것과 화학 반응 실험 시 흡후드에서 실험을 할 수 있도록 준비하거나 환기가 되는 상황을 마련해야 함을 강조한 것 등이 주목할 만한 내용 요소라 할 수 있다. 이와 같은 내용들은 실험 전에 점검 및 준비가 되어야 함으로 실험 전 안전수칙에 해당한다고 볼 수 있다. 이외에 실험 전 안전수칙에 해당하는 내용은 다음과 같다.

- “수산화 나트륨 수용액을 만들 때에는 열이 발생하므로 미리 만들어 실온에 보관해 둔 것을 사용한다.” (화학 I, SS, p.196)
- “현미경의 전선을 실험 전 잘 정돈하여 실험 과정에서 전선이나 현미경에 몸이 걸려 넘어지지 않도록 주의한다.” (통합과학, KS, p.262)
- “YZ관과 주사기 사이의 연결 부위를 견고히 하여 기체가 새어나가지 않게 한다.” (화학 I, SS, p.44)

■ (실험 중) 실험실 안전수칙

실험 중 안전수칙과 관련된 내용 요소는 총 326개로 전체의 36.9%로 가장 많았다. 과목별로는 화학II와 생명과학 I이 각각 64개(9개 실험), 61개(14개 실험)로 가장 많았고, 통합과학은 59개(14개 실험), 과학탐구실험은 19개(7개 실험)였다. 안전 관련 내용이 상대적으로 적은 지구과학II에는 5개(3개 실험, 출판사 3종)가 수록되어 있었다. 다음은 실험 중 안전수칙에 해당하는 예이다.

- “이산화 질소 기체는 유독하므로 들이마시지 않도록 주의한다.” (화

학II, MN, p.104)

- “해부침의 끝이 뾰족하므로 찢리지 않도록 주의한다.” (통합과학, MN, p.254)
- “삼각 플라스크를 가열 도구로 가열할 때 화상에 주의하고, 우유가 갑자기 끓어오르는 것에 주의한다.” (과학탐구실험, KS, p.37)

이처럼 실험을 수행할 때 무엇을 주의해야 하는지를 구체적으로 나타내는 안전 요소도 있었지만, 많은 안전 요소들은 “가위 또는 칼에 손을 다치지 않도록 주의한다.”, “우리 기구를 사용할 때는 깨지지 않도록 주의한다.”와 같이 포괄적으로 기술되거나, “회로에 전류가 너무 오래 흐르지 않도록 유의한다.”와 같이 그 정도를 알기 어렵게 기술한 경우도 있어 학생들에게 안전과 관련된 주의사항이 효과적으로 전달될 것으로 기대하기 어려운 표현이 많았다.

■ (실험 후) 실험실 안전수칙

실험 후 안전수칙과 관련된 내용 요소는 89개로 전체의 10.1%였다. 통합과학이 19개(6개 실험, 출판사 4종), 화학 I이 25개(8개 실험, 출판사 7종), 화학II가 28개(9개 실험, 출판사 4종)로 세 과목은 실험 후 안전 관련 내용을 수록한 실험과 안전 관련 내용 요소가 모두 많은 과목이었다. 생명과학 I과 생명과학II에도 각각 7개(2개 실험, 출판사 6종)와 3개(2개 실험, 출판사 2종)의 실험 후 안전수칙이 수록되어 있었다.

실험 후 안전 수칙의 내용은 남은 용액(시약)과 알카리 금속의 처리, 배지 처리 등이 85개로 대부분을 차지했다. 알카리 금속 처리에 대해서는 ‘안전하게 처리’하도록 권고하는 방식으로 포괄적으로 안내하는 경우가 대부분이었으며, ‘중화시켜 폐수 통에’, ‘석유에 넣어 보관’ 등과 같이 구체적으로 처리 방법을 기술한 경우는 3개뿐이었다. 화재와 관련해서는 ‘이쑤시개의 불을 끈 후 거품에 처리’와 같이 표현한 사례가 1개 있었다. 배양 세균 처리 방법도 배지를 ‘멸균 후’ 버린다고 기술한 내용이 대부분이었지만 ‘따로 모아’ 버리라고만 기술한 것도 있었으며, 세균과 접촉한 실험 기구를 잘 씻어 보관하라고 기술한 것은 2개에 불과했다.

■ 보호장구 착용

안전 관련 내용 요소 중 보호장구 착용에 관한 것은 모두 71개(8.0%)였다. 과목별로는 화학 I, II에 각각 17개, 23개가 수록되었고 통합과학에도 12개가 수록되어 전체 71개의 2/3 이상을 차지했으며 물리학II, 지구과학 I, 지구과학II에는 전혀 없었다. 교과서에 제시된 보호장구 착용은 실험복, 보안경, 실험용 장갑, 마스크의 4가지가 제시되어 있는데, 보안경이 49개, 실험용 장갑(면장갑, 내열 장갑, 고무장갑 등)이 47개, 실험복이 13개, 마스크는 9개가 발견되었다. “실험복, 보안경, 실험용 장갑을 착용한다.”와 같이 단순히 보호장구의 착용만을 기술하는 경우가 30개로 전체의 42.3%였다. 보호장구의 착용 시기를 언급한 예로는 “더운물을 다룰 때에는 반드시 면장갑 또는 내열 장갑을 착용한다.”, “배양된 세균을 관찰할 때 세균에 감염되지 않도록 보안경과 마스크, 장갑을 착용한다.” 등이 있었으며, 보호장구의 착용 이유를 기술한 예로는 “추출액과 전계액은 휘발성이 강하므로 반드시 마스크를 쓰고 환기가 잘 되는 곳에서 실험한다.”, “염화코발트(II)는 독성이 있으므로 시약이나 용액이 피부에 묻지 않도록 하고, 보안경을 반드시 착용한다.”, “리튬, 나트륨, 칼륨은 공기 중의

물이나 산소와 쉽게 반응하기 때문에 석유에 넣어 보관한다. 또한, 물과 반응할 때 폭발 위험이 있으므로 반드시 보안경을 착용한다.” 등이 대표적이다. 이상과 같이 보호장구의 착용과 관련하여 시기나 이유를 명시하여 제시한 경우는 총 41개로 전체의 57.7%에 해당된다.

■ 사고 대처 행동

사고 대처 행동은 모두 21개(2.4%)가 수록되었다. 과목별로는 통합과학과 과학탐구실험에 각각 5개(4개 실험, 출판사 3종)와 4개(1개 실험, 출판사 3종), 화학 I 에 3개(2개 실험, 출판사 3종), 화학 II 에 6개(4개 실험, 출판사 3종)가 수록되었고 생명과학 I 과 생명과학 II 에 각각 2개(2개 실험, 출판사 2종)와 1개(1개 실험)가 수록되었다. 사고 대처 행동에 대한 내용으로는 “약품이 묻었을 때 즉시 물로 씻어낸다.”의 내용이 총 18개로 가장 많이 기술되었으며, “화상을 입었을 때 얼음이나 찬물로 신속하게 화상 부위를 식힌다.”가 1개, “응급 처치 후 치료를 받아야 한다.”고 기술한 것은 2개(출판사 2종)였다.

실험실 안전사고 발생 시에는 즉각적인 응급 처치 후 전문가의 도움을 받는 후속 조치가 이어져야 한다. 교과서에 기록된 사고 대처 행동은 6가지 범주의 안전 관련 내용 중, 실험실 사고 발생 시 행동 지침으로 사용될 수 있으므로 전문가의 도움을 받을 수 있는 단계까지 사고 대처 행동을 제시할 필요가 있다.

■ 약품 특성 설명

약품의 특징에 대한 설명 없이 이름만 언급한 것을 제외하고 약품의 특성 설명을 통해 위험성을 기술한 것은 모두 51개(5.8%)였다. 과목별로는 통합과학 14개(3개 실험, 출판사 5종), 과학탐구실험이 3개(1개 실험, 출판사 2종), 화학 I 이 11개(7개 실험, 출판사 4종), 화학 II 가 18개(7개 실험, 출판사 6종)였고 생명과학 I, II 가 각각 2개(1개 실험, 출판사 2종), 3개(1개 실험, 출판사 3종)였다.

약품에 대한 설명은 강산, 강염기 용액의 유해성에 관한 것과 알카리 금속의 강한 반응성에 관한 것으로 나눌 수 있다. 통합과학에서는 나트륨(알칼리 금속)이 산소나 물과 만나면 쉽게 반응하여 폭발 및 화재의 위험이 있다는 내용이 12개, 과산화 수소수가 피부에 닿으면 유해하다는 내용이 2개였다. 알칼리 금속 취급과 관련된 12개의 내용 중 1개는 알칼리 금속 실험 안전사고 사례(3건)로서 알칼리 금속 취급 시 발생할 수 있는 안전사고의 사례를 들어 위험성을 설명하고 있다. 약품을 많이 다루는 화학 I 과 화학 II 에서는 강염기성 고체인 수산화 나트륨(NaOH)의 조해성과 발열에 관한 내용이 11개 있었고 생명과학 I 에서도 수산화 칼륨(KOH)과 관련된 내용이 2개 수록되어 있다. 이외에도 이산화 질소의 유독성, 염화 코발트와 아이오딘의 독성, 황산 나트륨의 천식 및 눈의 염증 유발 등 자주 사용하지 않는 약품의 특성은 물론이고 묽은 황산, 염산, 에탄올 등 잘 알려진 약품의 특성도 함께 설명하면서 안전사고가 발생하지 않도록 주의해야 함을 기술하고 있다.

■ 안전한 실험도구 사용법

안전한 실험도구 사용법과 관련한 내용 요소는 모두 22개(2.5%)로 사고 대처 행동(2.4%)와 함께 가장 낮은 비율을 차지했다. 과목별로는 물리학 I 에 10개(3개 실험, 출판사 5종), 통합과학에 6개(3개 실험,

출판사 3종), 생명과학 I 에 3개(2개 실험, 출판사 2종) 순으로 수록되어 있었고 과학탐구실험, 물리학 II, 화학 I 에 각각 1개씩 수록되어 있었다.

내용을 살펴보면 16개가 물리학의 전자기학과 관련된 실험도구의 사용 방법에 관한 것이었다. 이 중에서 “회로에 전류가 너무 오래 흐르지 않도록 유의한다.”, “스위치를 너무 오래 누르고 있지 않는다.”와 같이 단순히 주의사항만 제시하는 경우가 대부분이었고, 실험도구를 안전하게 사용하기 위한 구체적인 내용(값)을 제시한 것은 다음에 제시한 3개에 불과했다.

- “기체 방전관은 전원을 켜 후 최대 30초까지만 사용하고 다시 사용할 때는 전원을 꺼 30초 이상 식힌다.” (통합과학, C, p.17)
- “전원 장치를 사용할 때에는 최대 전류는 0.5A 이내로 실험하고, 순간 과전류를 방지하기 위해 저항을 반드시 사용하여 구성한다.” (물리학 I, VS, p.102)
- “전압은 조절 장치를 이용하여 9V로 맞추어 실험한다.” (화학 I, DA, p.110)

이외에 네오디뮴 자석 사용에 관한 내용이 2개, 채혈침 사용에 관한 것이 2개였으며 디지털 온도계 위치, 알코올램프 사용, 피펫 사용에 관한 것이 각각 1개씩이었다.

■ 안전기호

기호는 단순히 텍스트의 보조 도구가 아닌 의미를 내포하고 전달하는 언어의 한 형태(Lee, Maeng, & Kim, 2007)로 과학 교과서에서 중요한 역할을 한다. 교과서의 탐구 활동에 표기된 안전기호는 안전 관련 내용을 수록한 10종 교과서의 531개 탐구 활동 중 206개에 나타나 있으며, 전체 탐구 활동의 38.8%에 해당한다. 일부 교과서에서는 안전 관련 내용을 구체적으로 기술하지 않고 안전기호만 표기하기도 했지만, 대부분의 교과서에서는 안전기호와 안전 관련 내용을 함께 나타내었다.

과목별로는 화학 II 에서 탐구 활동에 안전기호를 표기한 비율이 가장 높았고(82%) 그 뒤로 통합과학(61%), 물리학 II (52%), 생명과학 II (44%)의 순이었다. 진로선택 과목 교과서에서 안전기호 표기 비율이 높은 반면, 공통 과목 중 과학탐구실험 교과서의 안전기호 사용 비율은 18%로 10종 교과서 중 가장 낮았다.

안전기호는 교과서의 제한된 지면, 편집 틀 등 여러 조건 아래에서 안전 관련 내용을 효과적으로 표현할 수 있는 방법이다. 그러나 안전기호의 이미지만으로 그 의미를 정확히 전달하기 어렵고 학생들의 인식과 거리감이 있는 것들도 있어(Colin, Chauvet, & Viennot, 2002), 교과서에 기호에 대한 설명이 별도로 수록되어 있어야 한다. 대부분의 교과서에서는 <부록>에 안전기호를 설명하고 있지만 일부 안전기호 중에는 부록의 설명에서 누락된 것도 있다. 안전기호는 문장 형태로 기술된 안전 관련 내용과 중복 사용되는 것이 일반적이기 때문에 두 방식이 주는 정보의 불일치로 인해 교사와 학생들에게 혼란을 주어서는 안 된다. 또한 교과서마다 서로 다른 다양한 모양의 안전기호가 사용되고 있었다. 심지어 동일한 출판사에서 발간된 교과서들도 서로 다른 안전기호를 사용하기도 했으며 과목에 따라 안전기호를 사용하지 않기도 하는 등 안전기호 사용의 일관성과 통일성이 부족했다.

2. 고등학교 과학 교과 교과서의 <부록>에 수록된 안전 관련 내용 분석

2015 개정 교육과정에 따른 과학 교과 교과서의 특징 중 하나는 실험실 안전수칙, 사고 대처 행동, 안전한 실험 도구 사용법 등 안전 관련 내용들이 <부록>에 수록되어 있는 것이다. 부록은 본문의 제한된 지면에서 다루지 못한 안전 관련 내용들을 상세히 다룰 수 있기 때문에 본문 탐구 활동의 보조 자료로서 매우 유용하게 활용될 수 있다. 과목별, 출판사별로 부록에 제시된 안전 관련 내용의 분량과 위치를 분석하여 Table 5에 정리하였다. 같은 출판사라해도 부록에 안전 관련 내용을 수록함에 있어 과목마다 차이가 있었다. 10개 과목 모두를 발간한 출판사는 모두 세 곳(MN, VS, CJ)인데 이중 출판사 VS, CJ 두 곳은 모든 교과서의 부록에 안전 관련 내용을 수록했으며 출판사 MN은 지구과학 I, II 교과서를 제외한 8개 교과서의 부록에 안전 관련 내용을 수록하고 있었다. 반면에 출판사 JH는 출판한 7과목 교과서 중 2과목 교과서에만 안전 관련 내용을 수록했으며 출판사 YM도 5과목 교과서 중 2과목에만 부록에 안전 관련 내용을 수록했다. 안전 관련 내용이 수록된 부록의 위치는 전체적으로 교과서의 앞쪽보다 뒤쪽이 많았다. 부록에 안전 관련 내용을 수록한 교과서 50종

중 32종(64.0%)에서 교과서의 뒤쪽에 위치한 부록에만 안전 관련 내용을 수록하였다. 교과서의 앞쪽에 위치한 부록에만 안전 관련 내용을 기술한 교과서는 12종(24.0%)이었고, 교과서의 앞쪽과 뒤쪽에 안전 관련 내용을 모두 수록한 교과서는 6종(12.0%)이었다. 대부분의 교과서들이 뒤쪽 부록에 안전 관련 내용을 수록하는 것이 일반적이지만 과학탐구실험 교과서에서는 7종의 교과서 중 5종의 교과서에서 교과서 앞쪽에 위치한 부록에 안전 관련 내용을 기술하였다. 다른 과목에서는 실험을 수행하는 과정에서 안전과 관련된 내용을 교육하는 것을 고려하여 필요할 때마다 부록에 제시된 내용을 참고하도록 구성하였다. 반면에 과학탐구실험에서는 탐구(실험)를 주로 수행하는 과목이기 때문에 실험실 안전 관련 내용을 수업 초기에 별도로 강의할 수 있도록 강조하기 위하여 앞쪽에 기술된 것으로 이해할 수 있다. 통합과학과 과학탐구실험 교과서는 평균적으로 각각 3.7쪽, 6.64쪽의 안전 관련 내용들을 부록에 수록하고 있었다. 이중 출판사 DA는 각각 8쪽과 5쪽에 걸쳐 다양한 안전 관련 내용을 수록한 반면 출판사 MN은 통합과학 교과서에 1/2쪽 분량의 안전기호만 수록하고 있었다. 다른 8과목 교과서들은 화학 I, II(각각 2.25쪽, 2.60쪽)를 제외하면 평균적으로 2쪽을 넘지 않는 분량이었다.

Table 5. The amount and location of the safety contents presented in appendices

출판사	과목	통합과학		과학탐구 실험		물리학 I		물리학 II		화학 I		화학 II		생명과학 I		생명과학 II		지구과학 I		지구과학 II	
		쪽 수	위치	쪽 수	위치	쪽 수	위치	쪽 수	위치	쪽 수	위치	쪽 수	위치	쪽 수	위치	쪽 수	위치	쪽 수	위치	쪽 수	위치
MN		0.5	앞	4.5	앞	1	앞	1	앞	2	앞뒤	2	앞뒤	3	앞뒤	1	앞	0		0	
VS		4	뒤	4	앞	2	뒤	2	뒤	4	뒤	4	뒤	1	뒤	5	뒤	1	뒤	1	뒤
CJ		2	뒤	6	앞	3	뒤	3	뒤	2	뒤	5	뒤	2	뒤	2	뒤	2.5	앞뒤	2.5	앞뒤
KS		4	앞	2	앞	4	뒤	-	-	4	앞뒤	-	-	2	앞	-	-	2	앞	-	-
JH		-	-	2	뒤	1	뒤	0				0		0	0			-	-	-	-
DA		8	뒤	5	뒤	0		-	-	2	뒤	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-
KH		-	-	-	-	2	뒤	2	뒤	2	뒤	2	뒤	2	뒤	2	뒤	2	뒤	2	뒤
YM		-	-	2	앞	0		-	-	2	뒤	-	-	0		-	-	0		-	-
SS		-	-	-	-	-	-	-	-	4	뒤	2	뒤	-	-	-	-	-	-	-	-
평균		3.70		6.64		1.63		1.60		2.25		2.60		1.25		2.00		1.25		0.88	
출판사 수		5		7		8		5		9		6		8		5		6		4	

Table 6. Analysis result of safety elements presented in appendices

과목	교과서 수	안전 관련 내용 범주 별 교과서 수						
		실험실 안전수칙 (a)	보호장구 사용 (b)	사고 대처 행동 (c)	약품 특성 설명 (d)	안전한 실험도구 사용법 (e)	안전 기호 (f)	
통합과학	5	4	0	4	0	2	4	
과학탐구실험	7	7	0	6	0	4	3	
물리학 I	8	6	0	5	0	0	3	
물리학 II	5	4	0	4	0	0	2	
화학 I	9	8	0	8	1	5	4	
화학 II	6	5	0	5	1	2	3	
생명과학 I	8	4	0	3	0	0	1	
생명과학 II	5	3	0	2	0	1	1	
지구과학 I	6	3	0	2	0	0	2	
지구과학 II	4	2	0	1	0	0	1	
계	63	46	0	40	2	14	24	

Table 6은 교과서의 부록에 수록된 안전 관련 내용을 분석한 결과를 나타낸 것이다. 각 과목별 부록에 수록된 안전 관련 내용 중 가장 많은 교과서에서 수록하고 있는 안전요소는 실험실 안전수칙과 사고 대처 행동이다. 실험실 안전수칙의 경우 과학탐구실험 7종 교과서에 모두 수록되어 있었고 통합과학, 물리학II, 화학 I, 화학II는 각 과목별로 1종을 제외한 나머지 교과서 모두에 수록되어 있는 등 총 63종의 과학 교과 교과서 중에서 46개(73.0%)의 교과서에 수록되어 있었다. 그 다음으로 많은 것이 사고 대처 행동으로 40개(63.5%), 안전한 실험 도구 사용법이 14개(22.2%)였으며 보호장구 착용은 단 1종의 교과서에도 수록되어 있지 않았다. 그런데 약품을 많이 사용하는 화학 I, II 교과서 15종 중에서 약품의 특성 설명을 부록에 수록한 교과서는 각각 1종(SS, CJ) 뿐이었다. 안전교육 7대 표준안의 세부 내용에 비추어 보았을 때, 교과서에서 다루는 안전 관련 내용 중 가장 보완이 필요한 내용이라 할 수 있다. 또한 교과서 본문의 탐구 활동에 수록된 안전기호에 대한 추가적인 설명이 부록에 제시된 경우도 24종(38.1%)밖에 되지 않아 보완이 필요하다.

IV. 결론 및 시사점

2015 개정 교육과정에 따른 고등학교 과학 교과 교과에서는 실험 실습을 포함한 탐구 활동의 비중이 증가되었고, 이에 따라 탐구 활동 중에 발생하는 안전사고의 위험도 증가하였다. 실험실 안전사고를 줄이기 위한 지속적이고 효과적인 안전 교육이 필요하며, 학교 수업이 교과서를 중심으로 이루어지는 것을 고려하였을 때, 교과서에 안전 관련 내용이 어떻게 기술되어 있는지를 알아보는 것은 의미가 있다. 이에 본 연구에서는 2015 개정 교육과정에 의한 고등학교 과학 교과 10개 과목의 교과서에 안전 관련 내용이 어떻게 수록되어 있는지 분석하였다.

연구 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 고등학교 과학 10개 과목의 탐구 활동 중 분석 대상으로 한 교육과정에 제시된 탐구 활동 176개 중, 1종 이상의 교과서에서 안전 관련 내용을 수록하고 있는 탐구 활동은 81개(46.0%)이고, 과목별로는 화학에 많이 제시되어 있고, 과학탐구실험에서는 낮은 비율로 제시되어 있었다. 둘째, ‘안전교육 7대 표준안’을 기준으로 한 6개의 안전 요소로 분석한 결과, ‘실험실 안전수칙’에 대한 내용이 가장 많았으며(58.0%), 그 다음으로는 안전기호(23.3%), 보호장구 사용(8.0%) 등의 순이었다. 셋째, 부록에 제시된 안전 관련 내용은 과학탐구실험 과목을 제외하면 대부분 뒤쪽에 위치하고 있으며, 평균적으로 1.25쪽(생명과학 I, 지구과학 I)에서 6.64쪽(과학탐구실험)으로 제시되었다. 또한 실험실 안전수칙과 사고대처요령 등을 중심으로 기술하였다.

이상의 연구 결과를 바탕으로 과학 교과서 속 안전 관련 내용의 개선을 위한 몇 가지 시사점을 논의하고자 한다.

교과서 분석 결과, 교과서별로 탐구 활동 속에 안전 관련 내용의 기술 정도에 큰 차이가 있었다. 과학 교과서에 제시된 탐구 활동 중에서 높은 비율이 비실험 활동으로 구성되어 있기 때문에 모든 탐구 활동에 안전 관련 내용이 포함될 필요는 없다. 다만 실험 활동 중에 발생할 수 있는 학생들의 안전사고와 관련된 내용은 반드시 포함될 필요가 있다. 본 연구의 분석 대상인 탐구 활동은 교육과정에서 주제를 제시한 탐구 활동으로 거의 대부분의 교과서에서 비슷한 도구와

방법으로 활동이 구현되어 있었다. 그런데 어떤 교과서에는 안전 관련 내용이 기술되어 있는 반면, 기술되어 있지 않은 교과서도 많았다. 이러한 교과서별 차이가 생긴 이유는 탐구 활동에서의 안전에 대한 출판사와 집필자의 인식 차이에서 비롯되었을 것이다. 또한 교과서에 탐구 활동을 제시하기 전에 사전 실험을 충분히 수행해야 하는데, 그렇지 못해서 탐구 활동과 관련된 안전 관련 내용을 파악하지 못했기 때문일 수도 있다. 과목 간에도 차이가 컸는데, 화학 교과서의 부록에만 약품 특성 설명의 내용이 기술되어 있었지만, 다양한 약품을 다루는 생명과학 과목에서는 부록에 약품과 관련된 안전 관련 내용을 충분히 담지 못한 문제점이 발견되었다. 2015 개정 교육과정에서는 교과서별 쪽수의 제한을 두었다. 따라서 교과서 집필자들은 해당 과목의 내용을 다루는데 우선순위를 두었고, 안전 관련 내용은 검정심사를 통과하기 위하여 최소한의 요건을 담는 경향이 있었다. 본문에 기술된 내용을 종합하여 부록에서 상세하게 기술되어야 하는데, 그 내용도 부족하게 기술되었다. 예로 본문에서 보호장구의 사용을 언급했으면, 부록에서는 보호장구의 올바른 사용법을 알려줄 필요가 있는데, 단 하나의 교과서에도 발견할 수 없었다. 안전은 공통적으로 대처해야 할 내용이기 때문에 교과서별로 개발하도록 하는 것보다 기본적인 내용을 출판사에 안내하여 중요한 내용이 꼭 담겨질 수 있도록 할 필요가 있다.

둘째, 안전 관련 내용의 질적 수준과 관련된 논의이다. 교과서에 제시된 안전 관련 내용은 구체적인 내용이 담겨져 있지 않은 상태로 포괄적이고 일반적인 진술로 이루어진 것이 많이 있었다. 실험 후 실험실 안전수칙에서 남은 시약을 처리하는 방법에서도 단순히 ‘안전하게 처리’하라는 표현으로 기술하였고, 보호장구 사용에서도 사용 시기나 방법, 사용 이유 등이 기술되지 않고 보호장구의 이름만 언급한 것이 많았다. 안전 관련 내용은 구체적으로 무엇을, 어떻게, 그리고 어느 수준으로 주의해야 하는지 기술할 필요가 있는데, 이와 같은 내용을 담은 기술은 일부에 지나지 않았다. 특히 안전과 관련된 내용은 탐구 활동 과정 중에 표시되지 않고 주로 보조단에 표시되어 있고 모든 안전 관련 내용을 한꺼번에 기술한 경우도 있어, 탐구 과정과의 연계가 잘 이루어지지 못한 문제점이 있었다. 교과서의 분량이나 디자인 구성에 대한 제약 때문에 탐구 과정 중에 기술하는데 어려움이 있을 수도 있지만, 안전의 중요성을 고려하여 탐구 과정과 연계성을 높일 수 있는 방안을 마련할 필요가 있다.

셋째, 안전 기호의 표준화의 필요성이다. 63종의 교과서 중에서 34종(54.0%)의 교과서에서 안전기호를 사용하였다. 안전기호는 ‘기호’를 통해 정보를 전달하기 때문에 기호가 주는 의미가 정확해야 한다. 사용자가 직관적으로 이해할 수 있도록 표시하는 것이 중요하지만, 표준화된 기호를 사용하는 것이 더 중요하다. 과학 교과서에 안전기호가 소개된 것은 6차 교육과정에 의한 교과서부터이며, 본격적으로 출판사들이 안전기호를 교과서에 제시하기 시작한 것은 2007년 개정 교육과정에 의한 중학교 과학 교과서부터이다. 교과서마다 다른 안전기호를 사용하고 있는 문제점을 해결하기 위해서 한국과학창의재단에서는 표준화된 실험 안전기호 체계 구축을 위한 연구를 진행하였지만, 아직까지 교과서에서는 표준화된 안전기호가 제시되지 못하고 각 출판사마다 다른 안전기호를 사용하고 있는 실정이다. 고등학교 과학 교과서의 교과서는 검정 심사를 통과한 교과서만 사용될 수 있기 때문에 표준화된 안전기호를 사용할 수 있도록 안내한다면

동일한 안전기호를 사용할 수 있고, 학생들이 어떤 출판사의 교과서를 사용하더라도 일관성 있게 안전기호를 이해할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 교과서에 제시된 안전 관련 내용을 통합적으로 분석하였기 때문에 세부적인 내용에 대한 심층 분석은 이루어지지 못해 후속 연구로서 이루어지기를 제안한다. 또한 교과서마다 안전 관련 내용이 다르게 제시되었다는 것을 통해 고등학교 과학 실험에서 어떤 안전 교육을 실시해야 하는지에 대한 연구가 부족하다는 것을 알 수 있기 때문에, 표준화된 실험실 안전 교육에 대한 연구와 함께 교과서 개발에 활용할 수 있도록 구체적인 방안이 마련되기를 기대한다.

국문요약

본 연구의 목적은 2015 개정 과학과 교육과정에 의해 개발된 고등학교 과학에 해당되는 10개 과목의 교과서에 제시된 안전 관련 내용을 분석하는 것이다. 이를 위하여 통합과학, 과학탐구실험과 물리학 I, II, 화학 I, II, 생명과학 I, II, 지구과학 I, II의 63종 교과서의 탐구 활동 중에서 교육과정에 제시된 탐구 활동과 부록에서 안전과 관련된 내용을 추출하여, 이를 안전교육 7대 표준안을 근거로 한 6개의 안전요소로 분석하였다. 주요 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 교육과정 탐구 활동 176개 중 안전 관련 내용이 최소한 1개 이상의 교과서에서 제시된 탐구 활동은 81개(46.0%)였고, 화학 교과서에서 많이 제시되었고, 과학탐구실험에 적게 제시되었다. 둘째, 안전내용은 ‘실험실 안전수칙’에 대한 내용이 가장 많았으며, 그 다음으로 안전기호, 보호장구 사용 등의 순이었다. 셋째, 부록에 제시된 안전내용은 주로 실험실 안전수칙과 사고대처요령을 중심으로 기술되어 있었다. 연구 결과를 바탕으로, 교과서 별로 안전 관련 내용의 기술에 차이가 큰 문제점, 안전 관련 내용이 구체적이지 않아 교육 효과가 떨어진다는 문제점, 안전 기호의 표준화가 되어 있지 않다는 문제점을 제시하였고, 이를 바탕으로 교과서 안전 관련 내용의 개선 방안을 논의하였다.

주제어 : 2015 개정 과학과 교육과정, 안전, 과학 교과서, 탐구 활동, 부록

References

Centers for Disease Control and Prevention (2012). HECAT: Module S. Retrieved from https://www.cdc.gov/healthyyouth/hecat/pdf/HECAT_Module_S.pdf.

- Cho, H., & Park, S. (1995). Science learning map: planning and method. Seoul: Kyoyookbook Publication Co.
- Colin, P., Chauvet, F., & Viennot, L. (2002). Reading images in optics: students' difficulties and teachers' views. *International Journal of Science Education*, 24(3), 313-332.
- Hong, M. (2004). An analysis of laboratory safety contents in the elementary science classroom. *The Journal of Curriculum & Evaluation*, 7(2), 267-283.
- Kim, C., Chae, D., & Lim, C. (2004). An introduction to science education. Seoul: Bookshill Publication Co.
- Kim, H. & Lee, M. (2002). A study on the development of the measuring scale of safety consciousness. *Journal of Korean Society for Health Education and Promotion*, 199(1), 87-107.
- Kwon, C., & Choi, E. (2009). The suggestions for the minimization of safety accidents in the primary science experiments. *Journal of the Korean Society of Earth Science Education*, 2(1), 13-22.
- Lee, J., Maeng, S., Kim, C. (2007). The Socio-semiotic Analysis of Visual Images in Elementary Science Textbooks: Focused on Weather and Forecast. *The Journal of The Korean Earth Science Society*, 28(3), 277-288.
- Lee, K. (2015). Analysis of textbook related to safety education in elementary school. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 61, 25-36.
- Lee, S., & Lee, B. (2018a). Analysis of middle school science teachers' difficulties in teaching physics inquiry in textbooks. *New Physics: Sae Mulli*, 68(4), 411-421.
- Lee, S., & Lee, B. (2018b). High-school physics teachers' difficulties in teaching textbook physics inquiries. *Journal of Korean Association for Science Education*, 38(4), 519-526.
- Ministry of Education. (2015). National science curriculum. No. 2015-74. Sejong: Ministry of Education.
- Noh, H., Shin, K., Shin, G., Sim, S. (2014). Scientific experimental safety manual (secondary school). Seoul: KOFAC.
- Roh, Y., Kim, K., Lee, S., & Cho, K. (2008). Investigation of education of safety and health for students through analysis of textbooks. *Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene*, 18(1), 41-48.
- Son, O., & Im, S. (2016). Effect of safety and science integrated educational program on safety consciousness of middle school students with special educational needs. *The Journal of Special Education : Theory and Practice*, 17(1), 143-166.
- Yang, W., & Park, I. (2018). Development of an electrical safety education program using thermochromic sticker and applications in elementary science classes. *School Science Journal*, 12(2), 154-163.
- Zajkov, O., Gegovska-Zajkova, S., & Mitrevski, B. (2017). Textbook-caused misconceptions, inconsistencies, and experimental safety risks of a grade 8 physics textbook. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(5), 837-852.

저자 정보

이세연(명덕고등학교 교사)

이봉우(단국대학교 교수)