

고등학교 화학 I 교과서 실험에 제시된 삽화와 삽화 속 '오타' 분석

박종석* · 정경민¹

경북대학교 · ¹성산고등학교

Analyzing Experiment Illustrations and Error in Illustrations in High School Chemistry I Textbooks

Jongseok Park* · Jung, KyungMin¹

Kyungpook National University · ¹Seongsan High School

Abstract: In this study, we have come to classify experiment illustrations inserted in chemistry I textbook according to types (photographs and pictures) and roles (instruments, reagents, process and results). Also, in the case of person in illustrations not following the safety rules or mishandling instruments in the experimental process, we have come to define it as an 'error'. The problem is that, students tend to accept these errors unquestioningly and as a result, during the experiments, safety concerns can arise. Besides, the mishandling of instruments can lead to the wrong result of experiments. These errors are thought to be caused in the process of making illustrations. Therefore, to minimize errors in the illustrations for the experiments, experts specializing in illustrations should participate in the actual experimental illustrations process.

Key words: chemistry I textbook, illustrations, experiment error, safety rules

I. 서 론

교육의 3요소를 교사·학생·교재라 할 때 교과서는 교수학습 과정에서 일어나는 모든 활동의 기본적인 성격과 내용을 결정하는 가장 객관적인 자료이다(김은영, 2000). 최근에는 교과서 외에 부교재를 선택하기도 하고 보충 교재를 만들어 수업에 사용하기도 하지만 여전히 가장 기본이 되는 것은 바로 교과서이다. 교과서는 교육과정의 목표를 구현하기 위해서 편찬된 교수학습 자료로서 교육과정이 바뀔 때마다 교과서도 새롭게 편찬되며 교과서의 구성 요소도 변화가 된다.

제7차 교육과정의 특징 중 하나는 학습자의 자율성과 창의성을 신장하기 위한 학생 중심의 교육과정이다(교육부, 1998). 따라서 제7차 교육과정이 지향하는 교과서는 '학생의 자기 주도적 학습 능력과 창의성 신장에 적합한 질 높은 교과서'로 학습자 중심의 활동이 충실히 이루어 질 수 있도록 구성되어 있다(김

옥경, 2005). 학습자 중심의 제7차 과학과 교과서의 특징은 탐구 활동의 제시 방법 변화에서 찾을 수 있다. 탐구 활동을 토의, 실험, 조사, 견학, 과제연구 등으로 제시하고 있으며 실험은 과학교과의 가장 기본적인 탐구 활동으로 매우 중요하다. 이러한 원칙은 2007 개정 교육과정에서도 계속 유지되고 있다고 볼 수 있다.

교과서에 포함된 탐구활동 부분의 실험에 관한 백미하(2004)의 '화학 I 교과서의 물에 관한 오개념 연구'에서 고등학생들의 물에 대한 이해와 각 부분별 오개념을 찾아 오개념이 형성된 원인과 과학적 개념에 관해 서술하고 있다. 이때 오개념이 형성된 원인의 하나로 실험 통하지 않고 주입식 교육을 함으로써 생기는 문제라고 서술하고 있다. 따라서 이러한 주입식 교육이 바뀌어 실험 실습을 최대한 많이 할 것을 권유하고 있다. 조영숙(2005)의 '과학 탐구 평가표(SIED)를 이용한 7차 교육과정 고등학교 화학 I 교과서의 탐구 활동 비교·분석'에서 탐구활동을 상, 중, 하의 수준

*교신저자: 박종석(parkbell@knu.ac.kr)

**2009.09.09(접수) 2009.10.06(1심통과) 2010.03.09(2심통과) 2010.03.11(최종통과)

***이 논문은 2009년도 경북대학교 과학교육연구소의 지원을 받아 수행된 연구임.

으로 나누어 비교하였는데, 그 중 가설설정이나 실험 설계와 같은 탐구 수준이 높은 탐구활동이 거의 없어 진정한 탐구 학습이 이루어지기에는 문제가 있다고 지적하였다. 또한 새로운 아이디어를 얻을 수 있는 탐구활동이 없어서 교과서의 지식을 확장하는 고등탐구 능력을 신장시키는데 어려울 수 있으므로 학생들의 창의성 개발을 위해 새로운 아이디어 개발을 위한 탐구활동이 필요하다고 제안하였다. 이렇듯 화학 I 교과서에서 탐구 활동은 좀 더 상위수준의 탐구 과정을 포함하는 탐구활동을 기대하고 있다. 상위 수준의 탐구 활동이 일어나도록 기대한다는 것은 기초적인 기구 조작 능력을 비롯한 실험 수행 능력을 이미 갖추었다는 것을 의미한다. 특히 Klopfer의 교육목표 분류 체계는 탐구 활동 수행을 중요하게 다루는 있다. 이는 과학 교육에서 탐구 활동이 중요함을 강조하는 것이다(이영미, 2004). 이정은(2005)의 실험·실습에 대한 수행평가 개발틀을 살펴보면 문제인식부터 자료기록·처리, 자료해석·결론도출의 과정도 평가하지만 기본으로 과정과 태도를 평가함으로써 실험기구의 조작과 실험실 안전 수칙을 잘 지키고 있는지도 평가항목에 포함되어 있다. 특히 실험실에서 일어나는 안전사고의 대부분은 교사의 과실보다는 학생의 과실로 많이 발생하며 학생들이 몰라서 안전사고가 발생하는 경우도 많기 때문에 교사들이 필히 안전 교육을 실시해야 한다(김대환, 2002).

교과서의 탐구 활동으로 제시된 실험은 ‘실험제목-준비물-실험과정-결과정리’ 순으로 제시되며 실험과 관련된 삽화가 함께 제시되고 있다. 학생들은 실험에 제시된 삽화를 보고 실험을 수행하므로 삽화는 실험을 수행하는 데 도움이 될 수도 있지만 잘못된 삽화는 오히려 역효과를 줄 수도 있다.

교과서의 실험에 제시된 삽화들은 단순히 기구나 시약을 제시하는 경우도 있지만 실험자가 직접 실험하는 장면을 보여 주는 경우가 많다. 실험과정을 나타내는 삽화는 학생들이 실습을 할 때 안내 자료가 되기 때문에 기본적인 실험실 안전수칙을 준수하며 실험기구 조작이 올바르게 제시되어야 한다(김대환, 2002). 또한 실험에 제시된 삽화는 실험 내용을 충분히 반영하고 학생들이 학습하는 데 도움이 되어야 한다. 기본적인 것을 지키지 않은 삽화는 학생들로 하여금 기본을 소홀히 하게 만들며 학생들에게 오개념을 심어 줄 수도 있다.

삽화에 관한 연구는 여러 교과에서 다양하며, 특히 초등학교 단위에서 많은 연구가 있으나 과학 교과에서 삽화에 대한 연구는 많지 않다. 최근에 경지희(2005)는 중학교 과학교과서(화학부분) 삽화 분석에서 교과서에 제시된 삽화는 자료제공, 실험안내, 동기유발, 실험결과제시 순으로 그 역할을 많이 하고 있으며 특히 실험안내 삽화는 학생들이 실험 활동을 쉽게 이해시키며 학생들의 학습에 도움을 준다고 보고 있다. 그리고 최영란, 이형철(1998)은 초등학교 자연교과서 삽화 분석에서 실험결과가 제시되는 삽화는 바람직하지 않으며 불가피한 경우, 직접 실험하기 곤란한 내용인 경우가 아니면 제시할 필요가 없다고 했다.

제7차 교육과정이 도입되면서 교과서 체제에도 많은 변화를 가져왔다. 그 중에서 가장 두드러진 점은 교과서의 칼라화이다. 김옥경(2005)의 ‘8학년 과학교과서 칼라화 및 탐구제시형태 변화에 따른 수업효과 분석’에 따르면 교과서의 칼라화가 이루어지면서 교과서 속에 제시된 삽화가 더 다양해졌다고 한다. 그리고 탐구 활동에 제시된 기구 및 시약, 실험 과정을 칼라 삽화로 제시함으로써 학생들에게 탐구를 보다 명확하고 단계적으로 전달할 수 있는 계기가 되었으며 적절한 양과 내용의 삽화는 과학 수업을 개선하고 효율적으로 하는 도움을 줄 수 있다고 말하고 있다. 이처럼 교과서의 칼라화가 도입되면서 삽화가 훨씬 다양해지며 흑백으로 표현 할 수 없는 부분까지 표현 할 수 있는 영역이 넓어졌다. 특히, 실험 부분의 삽화에 있어 글로써 표현하기 어려운 부분을 사진으로 표현함으로써 더욱 정확해지고 확실해졌다.

그런데 실험 속에 삽화가 다양하게 제시되고 있지만, 제시된 삽화의 역할이나 문제점 등에 대해서는 연구가 부족한 편이다.

이에 본 연구에서는 8종의 화학 I 교과서의 실험에 제시된 삽화들을 분석하여 실험에 제시된 삽화의 종류와 역할을 알아보고 삽화 속 실험실 안전수칙과 실험기구 조작에 관련된 ‘옥에 티’를 찾아내어 교과서 속에서 ‘옥에 티’가 정정되고 개선될 수 있는 방안을 도출하고자 한다. 이 연구를 토대로 개정 교육과정에 따라 집필될 화학 I 또는 화학 II 교과서에 도움이 될 수 있을 것으로 기대한다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 대상

분석에 사용한 교과서는 고등학교 11학년의 심화 선택과목인 화학 I 교과서이다. 화학 I 은 과학을 심화 선택하는 학생들이 처음 화학이라는 과목을 배우 것이며, 이미 기초적인 탐구 능력을 바탕으로 학습하는 과목이다. 출판사별 분석 대상 화학 I 교과서를 출판사 별 가나다 순으로 A, B, C 등으로 구분하여 제시하면 표 1과 같다. 교과서의 탐구활동은 다양하게 제시되어 있으나 이 연구는 탐구활동 중 실험(해보기 포함)부분에 들어있는 삽화만 분석하였다.

표 1
출판사별 교과서

구분	출판사	저자
A	(주)교학사	윤용 외 3인
B	(주)금성출판사	서정쌍 외 6인
C	대한교과서(주)	이덕환 외 7인
D	(주)중앙교육진흥연구소	우규환 외 5인
E	(주)지학사	여상인 외 2인
F	천재교육	김희준 외 5인
G	청문각출판사	여수동 외 7인
H	도서출판 형설	송호봉 외 6인

2. 연구 내용 및 분석 방법

1) 실험에 제시된 삽화의 종류와 역할

화학 I 교과서에 제시된 탐구 활동 중 실험 부분에 제시된 삽화를 우종욱 등(1992)이 분류한 삽화의 역할

표 2
실험에 제시된 삽화의 종류와 역할 분석틀

단원	연번	탐구(실험)주제	실험준비 (기구 및 시약)		실험과정				실험결과제시	
			사진	그림	단계별 실험과정		한 장면 실험과정		사진	그림
					사진	그림	사진	그림		

표 3
삽화 속 인물의 제시 형태 분석틀

출판사	삽화가 제시된 실험수	인물의 제시 형태		실험실 안전수칙 준수 사항			
		상체이상	손까지	실험복	마스크	보안경	장갑

을 바탕으로 실험과정과 실험결과 제시 그리고 실험 준비(기구 및 시약)로 분류하고 실험과정 삽화 중 제시된 내용에 따라 단계별 실험과정, 한 장면 실험과정으로 분류하였다. 또한 삽화의 종류를 사진과 그림으로 나누어 분석하였다(표 2).

실험준비(기구 및 시약)는 실험 준비물인 기구나 시약을 단순히 나열해 놓은 경우, '단계별 실험과정'은 실험과정을 순서에 따라 2장 이상 연속적으로 제시한 경우, '한 장면 실험과정'은 실험과정 중 한 장면만을 제시한 경우, '실험결과제시'는 실험의 결과를 삽화로 제시한 경우이다. '단계별 실험과정'에서 연속적으로 제시된 삽화라도 삽화 수는 따로 계산한다.

2) 삽화 속 인물의 제시 형태

제시된 삽화의 인물을 제시 형태별로 상체이상 제시한 경우, 손까지만 제시한 경우를 조사하고, 삽화 속 인물들이 실험복을 착용하고 있는지, 보안경은 사용하고 있는지, 장갑을 착용하고 있는지를 조사하였다.

3) 옥에 티 분석

이 연구에서 '옥에 티'란 삽화 속에 실험실 안전 수칙 사항을 못 지킨 경우나 실험기구의 사용법이 맞지 않거나, 용도가 맞지 않는 경우 등 실험 과정상에 적절하지 못한 행위를 모두 포함하여 말한다.

따라서 삽화 속에 옥에 티는 첫째, 실험과정 중 안전 수칙을 지키지 않은 경우, 둘째, 실험기구 조작법이 올바르게 못한 경우 등을 중심으로 분석되었다. 한 가지 이상의 옥에 티가 있으면 삽화에 옥에 티가 있다고 본다. 예를 들어, 안전 수칙을 지키지 않은 경우는 장갑이나 마스크를 착용해야 하는 실험임에도 불구하고

고 착용하고 있지 않은 사례이다. 또한 실험기구 조작법이 올바르지 못한 경우는 스포이트를 바르게 잡지 못하였거나 알코올램프 사용법이 바르지 않은 경우, 비커에 액체 따르는 것이 올바르지 않은 경우 등이다.

옥에 티 분석을 위해 표4와 같이 그 유형과 기준을 설정하였는데, 이는 기존에 연구된 실험실 안전수칙(대한화학회, 1995; 이욱 역, 1995; 김대환, 2002)과 올바른 실험기구 조작법(대한화학회, 1995; 백철민, 2005; 최형숙, 1998; 김대환, 2002; 박차철 등, 2000)을 참고하여 도출하고, 과학교육 전문가 1인과 현장 교사이면서 과학교육 학위과정에 있는 대학원생들로부터 검토 받았다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 실험에 제시된 삽화의 종류와 역할

교과서에 제시된 실험수를 살펴보고 삽화가 제시된

실험수도 함께 조사하였으며, 이때 실험에 제시된 삽화의 종류를 사진과 그림으로 그 역할을 실험준비, 실험과정, 실험결과제시로 분류한 결과는 표 5와 같다.

교과서의 실험수는 출판사별로 차이가 있었으며, 가장 많은 실험이 제시된 교과서는 C이며, 가장 적은 것은 F 교과서이다. 제시된 실험수가 적다고 하여 탐구활동의 수가 적은 것은 아니나, 화학이라는 과목에서 실험이 중요한 만큼 실험수가 많은 것이 학생 중심의 활동이 많이 이루어 질 수 있을 것이다.

실험에 삽화가 제시된 수를 살펴보면 A는 94%이고, H는 73%로 낮았으며 나머지 교과서는 모든 실험에 삽화가 제시되어 있었다. 대부분 교과서의 실험에서 삽화를 제시함으로 학생들의 흥미를 유발하고 또한 실험 과정을 이해하는데 도움을 주고 있다.

실험준비(기구 및 시약)를 삽화로 제시하고 있는 경우는 드물었는데, A가 13% 가장 많고, D, G, H는 없었다. 실험과정을 제시하고 있는 삽화는 대부분 교과서에서

표 4 '옥에 티' 유형과 기준

유형	기준
실험복	실험실에서 항상 착용해야 함.
장갑	· 산과 염기를 포함하여 유해 물질 다루는 경우 실험용 장갑을 착용해야 함 · 가열하거나 뜨거운 물체를 잡는 경우는 면장갑을 착용해야 함.
안전수칙	마스크 유해 기체가 발생하는 경우 착용해야 함, 특히 후드 작업을 요하는 경우 반드시 착용해야 함.
보안경	액체가 튀 수 있거나 유해한 물질을 사용하는 경우 착용해야 함.
라벨	2개 이상의 비커나 시험관을 사용할 때 시료의 종류에 따라 라벨을 붙여야함.
시약병	교사용 시약병을 병째로 학생 실험대에 두지 말아야 함.
실험 기구 조작	실험 기구의 사용법이 바르며, 실험 기구의 용도가 바르게 사용되어야 함.

표 5 실험에 제시된 삽화의 종류와 역할

출판사	실험수	삽화가 제시된 실험수	비율 (%)	실험준비 (기구 및 시약)		소계	비율 (%)	실험과정				소계	비율 (%)	실험결과 제시		소계	비율 (%)	총 삽화 수
				사진	그림			단계별 실험과정		한 장면 실험과정				사진	그림			
								사진	그림	사진	그림							
A	33	31	94	7	0	7	13	8	15	18	3	44	85	1	0	1	2	52
B	26	26	100	1	0	1	2	28	0	22	0	50	91	4	0	4	7	55
C	41	41	100	1	0	1	2	24	0	28	1	53	84	9	0	9	14	63
D	23	23	100	0	0	0	0	18	4	18	4	44	88	6	0	6	12	50
E	29	29	100	1	0	1	1	55	0	10	0	65	93	4	0	4	6	70
F	18	18	100	3	0	3	6	14	4	13	0	31	65	13	1	14	29	48
G	20	20	100	0	0	0	0	32	0	5	3	40	93	2	1	3	7	43
H	33	24	73	0	0	0	0	22	0	15	0	37	84	7	0	7	16	44

80% 이상이었고, F만이 65%이었다. 특히 E는 실험과정을 2단계이상 단계별로 제시하므로써 학생들에게 실험을 자세히 안내하고 있다. 실험과정을 제시한 삽화의 종류를 보면 사진과 그림이며 교과서의 칼라화가 도입되면서 사진으로 많이 제시되고 있으나, A는 단계별 실험과정 제시에서 사진보다 그림을 많이 제시함으로 실제 실험과정과 차이가 많이 나는 것으로 보인다. 그림보다 사진이 사실감과 현장감이 있어 실험과정을 제시하는 삽화는 그림보다 사진이 실험 안내에 더욱 유용할 것으로 보인다.

실험결과를 제시하는 삽화는 전체적으로 제시 비율이 낮은 편이며, 출판사별로도 차이가 난다. A가 2%로 가장 낮고, F가 29%로 가장 높았다. 최영란, 이형철(1998)은 실험결과를 제시하는 삽화는 최소한 비율로 하는 것이 바람직하다고 했으며, 실험을 직접 할 수 없는 경우나 불가피한 상황이 아니면 제시하지 않는 것이 바람직하다고 하였다. 또한 박시현, 우종옥(1994)은 전체 삽화에서 실험 안내 45%, 실험결과 제시 5%가 바람직하다고 하였다. 이에 비교하면 실험에서 나타나는 삽화의 10%정도가 실험결과로 제시되는 것이 적절하다고 볼 수 있다. 실험 결과가 제시됨으로써 학생들의 흥미와 호기심을 반감시킬 수 있기 때문에 실험 결과는 최소한만 제시되는 것이 바람직하다. 그런 점에서 10% 이상이 되는 출판사의 경우는 바람직하지 못한 삽화의 제시라고 볼 수 있다.

2. 삽화 속 인물의 제시 형태

삽화 속에 인물이 실험실 안전수칙을 얼마나 지키

고 있는 알아보기 위하여 실험에 제시된 삽화 속 인물이 상체이상 제시되었는지 손까지 제시되었는지 조사하고 삽화 속 인물이 실험복, 마스크, 보안경, 장갑을 착용하고 있는지 조사하였다(표6).

실험 속에 제시된 삽화에서 인물은 주로 실험과정 상에 나타났으며, 인물을 전체적으로 나타낸 경우보다 실험 기구를 중심으로 나타내고 있으며 실험하는 손을 포함하는 경우도 다수 있었다. 이는 실험과정을 보다 자세히 나타내기 위해 삽화를 기구 중심으로 클로즈업 한 것으로 보인다. 그러나 기구만 나타낸 경우보다 실험하는 손을 나타냄으로써 학생들에게 실험과정을 좀 더 구체적으로 현실감 있게 제시할 수 있다. 삽화속의 인물들은 C와 G에서 상체 이상이 나타난 삽화가 제시되지 않아 실험자가 실험복을 착용하였는지 알 수 없었고, E와 H를 제외한 모든 교과서에서 실험복을 착용하고 있었다. 보안경은 A, B, D에서만 착용하고 있으며, 장갑은 G에서 모두 착용하고 있었고, A, B, E, H에서 부분적으로 착용하고 있었다. 그러나 장갑의 경우 실험용 장갑 대신 1회용 비닐장갑을 착용하는 경우가 B와 G에서 나타났다. 화학약품을 다루면서 1회용 비닐장갑보다는 실험용 장갑을 사용하는 것이 더욱 바람직할 것이다. D의 경우 마스크를 착용해야 하는 실험임에도 마스크를 착용하고 있지 않았다.

전체적으로 보면 실험복은 잘 착용하고 있었으나, 그 외 보안경, 장갑 등의 착용율은 낮았다. 학생들로 하여금 실험실 안전 수칙을 강조하면서 제시된 삽화에는 이러한 부분이 소홀이 되고 있음을 알 수 있다. 실험 속 삽화는 학생들이 직접 실험하는 데 모델이 되

표 6
삽화 속 인물의 제시 형태

출판사	삽화가 제시된 실험수	인물의 제시 형태		실험실 안전수칙 준수 사항			
		상체이상	손까지	실험복	마스크	보안경	장갑
A	31	5	8	○	·	○	△
B	26	6	15	○	·	○	△*
C	41	0	24	◆	·	◆	×
D	23	11	9	○	×	○	×
E	29	1	22	×	·	·	∧
F	18	2	7	○	·	×	×
G	20	0	12	◆	·	◆	○*
H	24	4	4	×	·	×	△

(○: 착용, ∧: 착용한 경우도 있고 안한 경우도 있음, ×: 착용하지 않음, ·: 착용할 필요가 없는 경우, ◆: 상체이상 인물이 등장하지 않으므로 알 수 없는 경우, *: 장갑을 착용하고 있으나 실험용 장갑이 아니라 1회용 비닐장갑을 착용한 경우)

는 것이다. 이러한 모델은 가장 바람직한 형태로 제시 되어야 할 것이다.

3. 옥에 티 분석

실험에 제시된 삽화가 실험실 안전수칙을 잘 지키고 실험기구 조작법이 옳은지 살펴보기 위해 앞서 정의한 옥에 티가 포함된 삽화의 수를 조사하고 옥에 티 유형을 분석하였다. 실험에 제시된 삽화 속에 옥에 티가 한 가지라도 있는 경우를 옥에 티를 포함하는 삽화라고 보고, 2가지 이상 있더라도 1개로 취급하였다. 옥에 티의 유형과 기준(표 4 참조)은 실험하는 과정에 나타나는 경우들이며, 삽화의 종류가 그림인 경우는 옥에 티를 구분하기가 적절하지 않으므로 사진으로 제시된 경우만 조사하였다. 실험에 제시된 삽화 중 사진에 포함된 옥에 티 수는 표 7과 같다.

사진으로 실험과정을 나타낸 전체 삽화 중 옥에 티

가 포함된 삽화가 가장 많은 경우는 D 출판사로 56% 가장 높고, G가 19%로 가장 낮다. 일반적으로 한 가지 옥에 티가 있으며, 다른 삽화에서도 똑같은 옥에 티가 있기 때문에 많은 수의 옥에 티가 포함된 삽화가 나타나는 것으로 보인다. 이러한 옥에 티들은 대부분의 실험 과정상에 나타나는 것들이며, 이는 실험안내가 학생들에게 적절하게 제시되지 못함으로 학생들이 실험 과정상에 여러 가지 오류를 범할 수 있다.

실험 속 삽화의 옥에 티는 실험복, 보안경, 장갑, 마스크 등을 착용하지 않은 경우, 2개 이상의 시험관이나 비커를 사용하면서 라벨을 붙이지 않은 경우, 시약병이 실험대 위에 병째로 그대로 올라온 경우, 스포이트, 알코올램프, 시험관, 액체 따르는 법, pH 시험지, 피펫, 온도계의 사용법이 바르지 못하거나 사용 용도가 바르지 못한 경우 등이다. 옥에 티 유형을 분석한 결과는 표 8과 같다.

삽화 속에 포함된 옥에 티 유형을 살펴보면 실험과

표 7
삽화 속 옥에 티 수

교과서종류	A	B	C	D	E	F	G	H	
실험과정 삽화수	전체	44	50	53	44	65	31	40	37
	사진	26	50	52	36	65	27	37	37
	그림	18	0	1	8	0	4	3	0
옥에 티가 포함된 삽화수 (사진)	13	14	21	20	25	11	7	9	
옥에 티 비율(%)*	50	28	42	56	38	40	19	24	

*옥에 티 비율(%)=옥에 티가 포함된 삽화수(사진)/ 사진으로 실험과정을 나타낸 삽화수

표 8
삽화 속 옥에 티 유형

출판사	안전수칙						실험기구조작							
	실험복	보안경	장갑	마스크	라벨	시약병	스포이트	알코올 램프	시험관	액체 따르기	pH 시험지	피펫	온도계	
A	0	0	6	0	3	0	1	0	0	0	3	0	0	
B	0	0	9	0	8	0	1	2	1	0	0	0	0	
C	0	0	13	0	8	0	1	1	1	0	0	0	1	
D	0	0	16	1	12	1	1	0	0	0	0	1	0	
E	1	0	18	0	6	0	2	1	0	2	0	0	0	
F	0	0	2	0	9	0	0	0	0	1	0	0	0	
G	0	0	0	0	1	2	2	3	0	0	0	0	0	
H	6	5	4	0	2	1	0	2	0	1	0	0	2	
합계	7	5	68	1	49	4	8	9	2	4	3	1	3	

정상에서 안전 수칙 중 장갑을 사용하지 않은 옥에 티가 68개로 가장 많고, 그 다음 라벨을 붙이지 않은 옥에 티가 49개이었다. 장갑이나 라벨에서 옥에 티가 많이 발생한 것은 교과서 실험에서 산이나 염기 등 피부에 묻으면 안 되는 시약들을 사용하면서 그것을 간과했기 때문이며, 사용 빈도가 높은 시험관, 비커 등을 여러 개 사용하면서 시약을 구분하여 표시하는 것을 간과했기 때문이라고 생각된다. 실험 기구 조작에서는 알코올램프 사용법이 올바르지 못한 옥에 티가 9개로 가장 많았으며 그 다음이 8개로 스포이트 사용법이 올바르지 못한 옥에 티 순이다. 사용 빈도가 높을수록 옥에 티가 많이 발생하는 것으로 보이며, 이는 삽화를 제작할 때 이러한 점을 무심코 지나쳤기 때문이라고 생각된다.

이러한 옥에 티의 유형을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

1) 실험복, 보안경, 장갑

실험실에서 실험을 한다는 것은 불꽃이나 화학물질에 항상 노출되어 있음을 의미한다. 따라서 실험실에서 항상 실험복을 착용해서 자신을 보호하여야 한다.

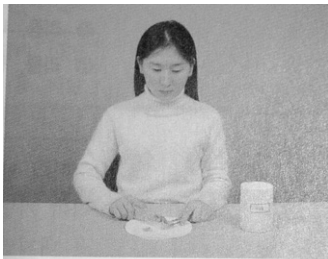


그림 3.14 나트륨 자르기

또한 보안경을 착용하여 어떤 충격이나 화학물질이 튀는 것으로부터 눈을 보호하여야 한다. 그리고 산·염기 등 유해물질이 피부에 묻는 것을 보호하기 위 실험용 장갑을 착용하여야 한다. 그림 1은 알칼리 금속의 반응성 실험으로 알칼리 금속이 열굴

그림 1 실험복, 장갑 등을 착용하지 않은 경우(H교과서)

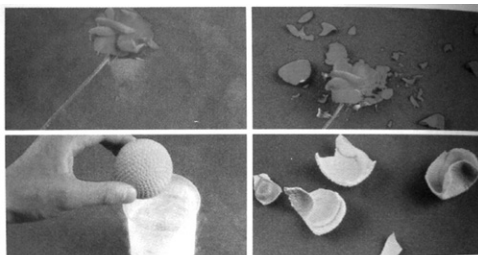


그림 1-46 액체 질소 실험

에 튀거나 피부에 묻을 때는 위험 있음에도 불구하고 실험복, 보안경, 장갑을 착용하고 있지 않다. 그림2의 F교과서 경우 액체 질소를 사용하는 실험인데 실험자는 맨손으로 공을 액체 질소 속에 넣으려 하고 있다. 액체 질소를 사용할 때는 반드시 특수 장갑을 착용하도록 되어 있다. 또한 C교과서 경우 가열하는 알코올 램프 위쪽에서 발생하는 기체를 모으는 실험에서 가열 기구 위에 비커와 깔때기를 갖다 대고 있으므로 뜨거운 것이므로 가열용 면장갑을 착용하여 손이 데지 않도록 해야 한다.

2) 마스크

유독 기체가 발생하는 실험은 반드시 후드 내에서 이루어 지도록 하고 있으나 후드 내에서 하지 못하면 최소한 마스크를 착용하여 유독 기체를 흡입하지 않도록 해야 한다. 그림 3



그림 3 마스크를 착용하지 않은 경우(D교과서)

은 염소기체 발생 실험이다. 염소는 독성 기체이므로 흡입하지 않도록 해야 한다. 그러나 실험자들은 실험복과 보안경 착용 외에 아무런 보호 장비가 없다. 삽화 속에 실험자들이 마스크 착용하여 학생들이 유독 기체의 위험함을 인지할 수 있도록 해야 한다. 이 삽화의 경우 실험자들은 실험용 장갑도 착용하고 있지 않다.

3) 라벨

여러 가지의 시약을 사용할 때 반드시 라벨을 붙여 시약을 구분하여야 한다. 시약을 구분해야 실험이 정

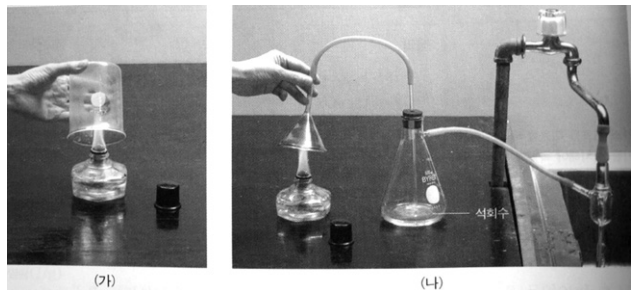


그림 2 장갑을 착용하지 않은 경우(왼쪽: F교과서, 오른쪽: C교과서)

확히 이루어지며 실수가 없을 것이다. 또한 시약을 쏟거나 피부에 문었을 때 적절한 대처를 할 수 있다. 그림 4는 양금 생성반응 실험으로 5개의 시험관을 사용하여 5가지 용액에 수용액을 떨어뜨려 양금을 확인하는 실험이다. 라벨을 붙이지 않으면 어느 시약에서 양금이 생겼는지 정확히 확인하기 힘들다. 시험관에도 접시에 라벨을 붙인 것처럼 라벨을 붙여 시약들을 구별할 수 있어야 한다.



그림 4 라벨을 부착하지 않은 경우(A교과서)

4) 시약병

교사용 시약병이 병재로 학생들이 실험하는 실험대에 올라온 것은 위험한 일이다. 특히 그것이 유해 물질이라면 더욱 그러할 것이다. 시약은 반드시 덮어 사용해야 하며, 학생들에게 시약병을 통째로 주는 것은 위험하다. 앞의 그림 1은 알칼리 금속 실험 중에 알칼리 금속 덩어리가 든 시약병이 실험하는 학생의 실험대 위에 통째로 올라온 것이다. 아무리 보여주는 실험 과정이라 할지라도 시약병을 통째로 보여 줄 필요는 없다. 잘못하여 시약병이 물이라도 튀면 위험해질 것이다.

5) 스포이트

스포이트는 엄지와 검지로 고무부분을 잡고 나머지 손가락으로 유리부분을 감싸듯이 잡는다. 유리부분을 잡는 손가락이 스포이트를 받쳐주어 용액을 정확하게 떨어뜨릴 수 있도록 도와준다. 그림 5는 유리관에 떨어뜨린 용액에 다른 용액을 스포이트로 떨어뜨려 양

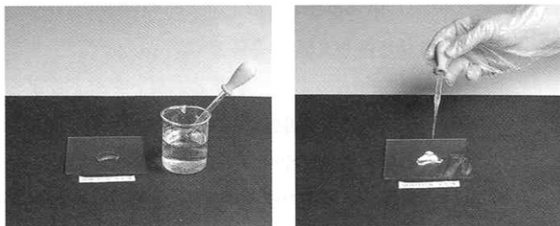


그림 5 스포이트 사용법이 올바르지 못한 경우(G교과서)

금생성여부를 확인하는데 실험자는 엄지와 검지로 고무부분만 잡고 있어 스포이트를 제대로 지지하고 있지 못하다. 스포이트는 실험실에서 사용빈도가 높은 실험 기구이며, 실제 학생들이 실험을 할 때 스포이트를 올바르게 사용하지 못하는 경우가 종종 있다.

6) 알코올램프 사용

알코올램프 사용 시 알코올램프는 평평한 곳에 놓으며 주변에 열에 약한 물질, 불붙기 쉬운 물체는 치워야 하고, 알코올램프의 뚜껑은 알코올램프 근처에 두

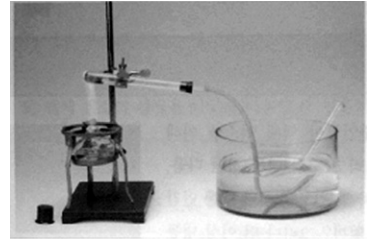


그림 6 알코올램프 사용법이 올바르지 못한 경우(B교과서)

어 언제나 끌 수 있도록 해야 한다. 그림 6은 시험관을 가열하는 실험인데 스탠드의 클램프와 알코올램프의 불꽃이 너무 가까워 고무로 된 클램프가 열에 의해 녹을 수 있다. 또한 삼발이가 스탠드 위에 너무 불안정하게 놓여 있다. 학생들이 그림 6과 같이 설치하여 사용한다면 위험할 수 있다.

7) 시험관

시험관은 엄지, 검지, 장지로 시험관의 위쪽 1/3쯤 되는 곳을 잡고 약지와 새끼손가락은 엄지에 닿게 하여 시험관을 받쳐준다. 그림 7의 실험하는 사람은 시험관을 아래에서 1/3정도 위치에서 잡고 있어 시험관을 잡은 상태가 불안정해 보인다.



그림 7 시험관 잡는 방법이 올바르지 못한 경우(B교과서)

이 실험은 양금생성반응을 확인하는 실험이어서 용액을 떨어뜨린 뒤 양금을 생성했는지 확인하기 어렵다.

8) 액체 따르기

용액을 거를 때 유리 막대를 깔때기 위에 비스듬히 두고 용액이 유리 막대를 타고 내려가도록 하며, 비커를 이용할 때도 용액이 벽을 따라 내려가도록 기울이

고 부으며, 위험한 약품인 경우는 유리 막대를 사용하여 용액이 유리 막대를 타고 내려가도록 해야 한다.

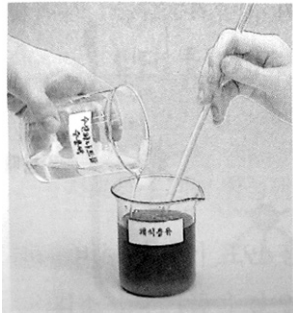


그림 8 액체 따르기가 올바르지 못한 경우(E교과서)

그림 8은 비누를 만드는 과정에서 폐식용유 속에 수산화나트륨을 붓고 있다. 수산화나트륨 수용액은 강염기로 피부에 묻으면 안 되는 약품이다. 비커에서 용액을 젖고 있는 유리막대를 사용하여 용액이 유리 막대를 타고 내려가도록 하는 것이 바람직한 방법일 것이다.

9) pH 시험지

pH 시험지는 pH를 알아보는 시험지로 pH를 알고자 하는 용액을 유리막대에 묻혀 찍어 보거나, 핀셋을 이용하여 용액에 넣어보는 방법이 있다. 그림 9는 비누와 합성세제의 pH를 조사하는 삽화이다. pH 시험지를 길게 잘라 그냥 넣으면 pH에 색을 확인하는 작업에서 시약이 손에 묻게 될 것이고, 시약이 피부에 묻지 않아야 할 시약이라면 더욱 조심해야 한다. 또한 삽화 속 비커에 라벨을 붙여주면 학생들이 비누와 합성세제를 구분하기 쉬울 것이다.

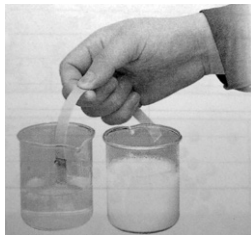


그림 9 pH시험지 사용법이 올바르지 못한 경우(A교과서)

10) 피펫

피펫은 일정량의 용액을 옮길 때 사용하는 기구이다. 그러나 그림 10에서는 염기와 중화 반응하는 산의



그림 21 산과 염기의 반응

그림 10 피펫 사용법이 올바르지 못한 경우(D교과서)

양을 측정하는 데 사용하고 있다. 또한 산의 양을 측정하려면 메니스커스 눈금을 읽어야 하는데, 삽화 속에 제대로 표현하지 못하고 있다. 피펫보다 뷰렛을 사용하는 것이 바람직할 것이다.

11) 온도계

온도계는 온도는 재는 목적으로 사용할 수 있으며 액체의 온도를 측정할 때는 액체의 중간부분에 온도계의 구부가 오도록 사용해야 한다. 그림 11은 온도계가 유리 막대 대용으로 사용된 경우이며, 그림 12는 온도계를 잘못 설치해 놓은 경우이다. 가열하는 용액 온도 변화를 측정할 때는 스텐드에 온도계를 매달아 용액 속에 잠기도록 하는 것이 바람직하다.

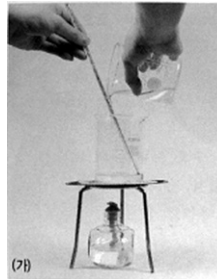


그림 11 온도계의 용도가 올바르지 못한 경우(H교과서)

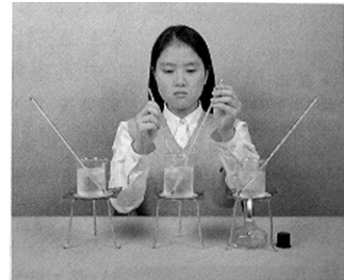


그림 12 온도계의 사용법이 올바르지 못한 경우(H교과서)

IV. 결론 및 제언

화학 I 교과서에 제시된 탐구 활동 중 실험 부분의 삽화를 분석한 결과 교과서에 제시된 대다수의 실험에서는 실험과정이나 실험결과를 제시하기 위해 삽화를 사용하고 있었으며, 주로 실험 과정을 나타내기 위해 삽화를 이용하고 있었다. 실험과정을 삽화로 나타내어 학생들의 흥미를 유도하며, 실험 과정에 대한 이해를 돕고 있었다. 실험에 제시된 삽화는 대부분 사진이었기 때문에 학생들에게 좀 더 현실감 있게 제시되고 있었다. 이는 교과서의 칼라화가 가져온 결과라고 볼 수 있다(김옥경, 2005). 특히 직접 실험하기 어려운 실험을 사진으로 제시되어 학생들로 하여금 간접경험이 이루어지도록 하고 있었다. 일부 삽화는 실험결과를 사진으로 제시하고 있었는데 이는 학생들의 호기심이나 흥미를 반감시킬 수 있기 때문에 좀 더 신중하게 선택하여 제시하여야 할 것이다.

실험에 제시된 삽화 속의 인물들은 학생들이 실험을 하는 데 있어 모델이 된다. 학생들의 모델이 되는 삽화 속 인물들은 교육적으로 볼 때 가장 바람직한 형태로 제시되어야 할 것이다. 실험실 안전 수칙에 의해 최소한 실험복을 갖추어 입고, 필요하다면 보안경, 마스크, 장갑 등을 착용해야 할 것이다. 이러한 점들을 포함하여 삽화 속의 옥에 티를 분석했을 때 실험과정을 나타내는 사진으로 제시된 삽화에 중 삽화 속의 옥에 티가 가장 많은 경우는 D 출판사로 56%가 되었다. G출판사 경우는 19%로 가장 낮았으며 교과서별로 차이가 있었다. 옥에 티 중 가장 두드러졌던 것은 안전 수칙 중 장갑을 착용하지 않은 경우이며, 두 번째가 라벨을 표시하지 않은 것이고, 실험 기구 조작에서는 알코올램프 사용법이 잘못된 경우, 스포이트의 사용법이 잘못된 경우 순으로 나타났다. 그 외에도 안전 수칙에서 실험복, 마스크, 보안경을 착용하지 않은 경우, 실험대에 시약병이 그대로 올라온 경우가 있으며, 실험 기구 조작에서 pH 시험지, 피펫, 온도계의 사용 용도가 잘못된 경우, 액체 따르는 법이 잘못된 경우 등이 있었다. 삽화 속의 한 번의 옥에 티는 연속해서 계속 나타나기 때문에 사용 빈도가 높은 것들은 옥에 티의 수도 많다.

이러한 옥에 티들은 사소한 것이라 생각하고 간과할 수도 있지만, 실험 속 삽화의 인물이 실제로 학교 현장에서 실험하는 우리 학생들의 모습이 될 수 있다. 학생들이 실험실 안전 수칙을 제대로 지키지 않아 실험실 안전사고가 발생하고 있고, 기본적인 실험기구 조작을 잘못하여 실험이 제대로 이루어지지 못하는 경우나 실험 결과에 오류가 발생하는 경우도 있다. 이러한 옥에 티들은 학생들이 인식하지 못하는 사이에 학습되어 질 수 있기 때문에 반드시 정정되어야 하겠다.

실험 속에 제시된 삽화에 이러한 옥에 티가 생기는 것은 삽화를 제작하는 과정에 문제가 있다고 본다. 삽화를 제작할 때 실제로 실험하지 않고 실험하는 과정만을 사진이나 그림으로 나타내기 때문에 생길 수 있으며, 또한 전문가가 참여하지 않으므로 이러한 옥에 티들이 발생할 수 있다. 따라서 삽화를 제작하는 과정은 실제 실험을 통해서 제작되어야 하며, 제작과정에 반드시 전문가가 참여하여 실험에 사소한 옥에 티라도 발생하지 않도록 해야 할 것이다.

그러므로써 새로운 교육과정에 따라 집필되는 교과서들에 이러한 옥에 티가 반복되어 나타나지 않도록 할 필요가 있다.

국문 요약

과학교과서에 삽화는 다양한 역할과 기능을 가진다. 그 중 실험에 제시된 삽화는 학생들의 실험활동에 큰 도움이 되기도 하지만, 다른 한편에서는 오개념을 유발하기도 한다.

이에 본 연구에서는 고등학교 화학I 교과서의 실험에 제시된 삽화를 종류에 따라 사진과 그림으로 나누고, 역할에 따라 실험준비(기구 및 시약), 실험과정, 실험결과제시로 나누어 실험과정을 나타낸 삽화 속의 옥에 티에 대해 분석하였다. 실험과정에 제시된 삽화 속 인물들이 실험실 안전수칙을 제대로 지키지 못하고 있는 경우나 실험기구 조작법이 올바르지 못한 경우를 '옥에 티'로 정의하였다.

그 결과 실험에 제시된 삽화의 종류는 사진이 주로 많았으며, 삽화는 실험과정을 제시하고 있는 것이 대다수였다. 특히 실험과정을 제시한 삽화의 '옥에 티'를 찾아보면 실험실 안전수칙 준수에서는 장갑을 착용하지 않은 경우가 가장 많았으며, 실험기구조작에서는 알코올램프와 스포이트 사용법이 바르지 못한 경우가 많았다.

삽화 속 옥에 티는 학생이 인식하지 못하는 사이에 학습하게 되며, 실험 시 학생들의 안전사고를 일으킬 수 있고, 실험 기구의 조작이 올바르지 않아 결과에 오류를 초래할 수 있다. 이러한 옥에 티는 삽화의 제작 과정에 문제가 있다고 생각되며 전문가가 참여하고 실제 실험을 통해서 삽화가 제작된다면 옥에 티를 최소화 할 수 있을 것이다.

참고 문헌

- 경지희(2005). 과학교과서 삽화의 종류와 역할 분석-중학 과학교과서(화학분야) 중심으로. 연세대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 교육부(1998). 과학과 교육과정[별책9]. 대한교과서.
- 김대환(2002). 고등학교 화학 실험의 안전 교육 연구. 연세대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 김옥경(2005). 8학년 과학교과서 칼라화 및 탐구 제시형태 변화에 따른 수업효과 분석. 경북대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 김은영(2000). 유전개념에 관한 교과서 삽화의 분석-고등학교 생물 I 을 중심으로. 연세대학교 교육대

학원 석사학위논문.

김희준 외 5인(2007). 화학 I. 천재교육.

대한화학회(1995). 표준일반화학실험. 천문각.

박시현, 우종옥(1994). 한일 국민학교 자연교과서 삽화 비교 연구. 한국과학교육학회지, 14(1), 58-69.

박차철, 김종현, 송승환, 신혜자(2000). 일반화학 실험 멀티미디어 콘텐츠. 동서대학교 화학공학연구소.

백미하(2004). 화학 I 교과서의 물에 관한 오개념 연구. 성신여자대학교 교육대학원 석사학위논문.

백철민(2005). 초등학교 과학 공통 실험 기구 사용 능력 평가 기준 개발. 한국교원대학교 교육대학원 석사학위논문.

서정쌍 외 6인(2004). 화학 I. (주)금성출판사.

송호봉 외 6인(2003). 화학 I. 도서출판형설.

여상인 외 2인(2003). 화학 I. (주)지학사.

여수동 외 7인(2007). 화학 I. 청문각출판사.

우규환 외 5인(2002). 화학 I. (주)중앙교육진흥연구소.

우종옥, 정완호, 권재술, 최병순, 정진우, 허명(1992). 국민학교 『자연』교과서 개발체제 분석 및 평

가 연구. 한국과학교육학회지, 12(2), 109-128.

윤용 외 3인(2003). 화학 I. (주)교학사.

이덕환 외 7인(2002). 화학 I. 대한교과서(주).

이영미(2004). 제7차 교육과정에 따른 화학 I 교과서 분석 : Klopfer의 교육목표 분류체계를 이용하여. 경희대학교 교육대학원 석사학위 논문.

이욱 역(1995). 일반화학실험(Petrucci's 일반화학의 실험서 번역). 대영사.

이정은(2005). 화학의 실험·실습에 대한 수행평가 개발 방안. 경기대학교 교육대학원 석사학위논문.

조영숙(2005). 과학 탐구 평가표(SIED)를 이용한 7차 교육과정 고등학교 화학 I 교과서의 탐구 활동 비교·분석. 경북대학교 교육대학원 석사학위논문.

최영란, 이형철(1998). 초등학교 자연 교과서의 삽화 분석. 한국초등과학교육학회지, 17(2), 45-53.

최행숙(1998). 초등과학 실험기구 조각평가를 위한 평가관점 개발' 한국교원대학교 교육대학원 석사학위논문.