

ORIGINAL ARTICLE

## 7차 교육과정에 따른 10학년 과학교과서에 제시된 산성비 관련 내용 진술의 비교 분석

공영태\* · 김성규

진주교육대학교 과학교육과

### A Comparative Analysis of Descriptions about the Acid Rain in the 10 year Science Textbooks according to the 7th Science Curriculum

Young-Tae Kong\*, Sung-Kyu Kim

Department of Science Education, Chinju National University of Education, Jinju 660-756, Korea

#### Abstract

A purpose of this study was to provide the helpful information about operation of revised science curriculum by analyzing many contents about acid rain with various aspects, which was written in science textbook of 10 year according to the 7th national curriculum.

The results show that there was the lack of educational systemicity among elementary school, middle school, and high school science curriculum and the lack of explanation for occurrence and standard level of acid rain, pH 5.6. And It could be categorized the effect of acid rain into four groups and experiment or experiment activities into three groups.

**Key words** : Acid rain, Science textbook, Definition of acid rain, Effects of acid rain, Reduction alternative of acid rain

#### 1. 서론

현대 과학과 기술의 급속한 발달 덕분에 우리 생활도 과거에 비하여 더욱 풍요롭고 윤택해졌다. 하지만, 에너지 문제와 환경 문제 같은 심각한 부작용 또한 함께 뒤따르고 있으며 이의 처리를 위한 대책마련에 분주하다. 최근 들어 지속적으로 이슈화 되고 있는 수질 오염, 대기 오염, 산성비, 지구 온난화 등의 환경오염 문제의 발생 원인을 들여다보면 인간의 무한한 욕심이 만들어낸 결과이며, 자연이 원래 가지고 있던 자연적 정화 능력을 넘어선 인간 활동에 대부분 기인하고

있다.

최근 들어서는 이러한 여러 가지 환경문제를 극복하기 위해서 종래의 사후 처방적인 대책보다 어릴 적부터 체계적인 환경교육을 통하여 친환경적인 사고와 자연에 대한 경외심을 갖게 하는 등의 의식 변화와 실천력을 육성하는 관점으로서의 패러다임 변화가 일어나고 있다. 이러한 사회적 영향으로 우리나라 초·중등학교 과학교육과정에도 환경 관련 내용이 적극적으로 도입되는 등 환경교육은 과학교육과정의 한 분야로서 자리잡아가고 있다. 이러한 취지는 새롭게 개정된 2007년 및 2009년 과학교육과정에서도 그대로 유지

Received 5 November, 2012; Revised 29 October, 2013;

Accepted 6 April, 2013

\*Corresponding author : Young-Tae Kong, Department of Science Education, Chinju National University of Education, Jinju 660-756, Korea  
Phone: +82-55-740-1243  
E-mail: ytkong@cue.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

되고 있다(Ministry of Education, Science and Technology, 2007; 2009).

지난 7차 과학교육과정(Ministry of Education, 1997; 1998)에서는 당면한 환경 문제에 대한 인식 제고와 환경 문제 해결을 위한 사회적 필요성과 요구에 부합하기 위하여 10학년 과학 과목에서 환경에 대한 영역을 포함시켜 학생들로 하여금 인간과 자연의 상호 관련성을 이해하고, 환경에 대한 올바른 태도와 가치관, 책임감을 갖추도록 하고 있었다(Choi, 2005). 지난 7차 교육과정의 10학년 과학은 ‘국민공통기본교육과정’의 마지막 단계인 10학년에 개설된 과목으로, 인문계 및 자연계열 학생 모두가 필수적으로 이수해야 하는 과목으로 설정되어 있으므로, 여기에 실린 환경 관련 내용은 중등교육의 정리 단계일 뿐만 아니라 이들 학습 내용은 청소년의 환경에 대한 인식 형성에 커다란 영향을 끼칠 만큼 중요하다.

지난 7차 과학 교육과정의 10학년 과학의 환경 단원을 살펴보면, ‘산성비’, ‘생물농축’, ‘온실효과’, ‘소음’의 4가지 소주제로 구성되어 있는데, 이들 내용 가운데 가장 비중 있게 다루며 일상생활에서 쉽게 접하고 초등학교 단계부터 학습하는 ‘산성비’에 대하여 살펴보는 것은 아동들의 친환경적인 사고 및 환경을 배려하는 사고의 육성 등을 위한 기초 자료 수집면에서 필요하다(Ministry of Education, 1998; Jeong, 2008).

교과서에 실린 산성비 서술 분석과 관련된 선행 연구를 살펴보면, 환경오염의 일부 내용으로서 이의 학습 목표나 삽화의 종류(Lee, 2010), 환경문제의 영향(Jeong, 2008), 환경관련 내용의 STS 내용 분석(Oh, 2007), 환경인식 조사(Park and Baek, 2011) 등과 같이 환경문제의 일부분으로 산성비를 다루고는 있지만 산성비에 대한 구체적인 교과서 내용 분석과 이의 비교 연구를 다루는 경우는 드물다(Lee, 2005; Choi, 2005).

이에 본 연구는 과학 교과를 통한 환경교육의 운영에 필요한 구체적인 비교 데이터를 수집하기 위한 필요성에 따라 과학 교과서의 산성비에 대한 내용 진술을 다양한 측면에서 분석함으로써 과학 교육현장에서의 학습 활동의 효과를 증진시키고, 새로운 과학교육과정 운영에 유용한 정보를 제공하는 것을 목적으로 하였다.

이 연구의 목적을 달성하기 위한 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

- 1) 7차 과학교육과정 초, 중, 고등학교 교육과정에서 산성비 학습의 연계성은 어떻게 구성되어 있는가?
- 2) 10학년 고등학교 과학 교과서에서 산성비에 관련된 내용의 서술은 어떻게 이루어져 있는가?

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 분석 대상

이번 연구에서는 7차 과학교육과정 및 해설서 그리고 7차 교육과정에 따라 편찬된 고등학교 10학년용 과학교과서 11종을 대상으로 하였다(Song et al., 2003; Lee et al., 2002a; Jeong et al., 2002; Lee et al., 2003; Kim et al., 2002; Woo et al., 2005; Lee et al., 2002b; Cha et al., 2003; Lee et al., 2005; Kang et al., 2003; Sung et al., 2003).

### 2.2. 분석 방법

교과서상의 산성비 내용 진술의 분석을 통하여 선행연구 및 참고자료의 조사를 바탕으로 1) 산성비 학습의 계통성, 2) 산성비 서술 내용의 분석으로 나누었다. 이 가운데 산성비의 서술 내용은 (1) 산성비를 다루는 정도, (2) 산성비의 정의와 기준, (3) 산성비 형성 과정의 설명정도, (4) 제시된 환경 측정 데이터의 종류, (5) 산성비의 영향, (6) 산성비의 감소대책, (7) 제시된 실험의 종류와 측정기구 등으로 세분화하여 살펴보고자 하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 산성비의 학습 계통성

Fig. 1은 초등학교 3학년부터 고등학교 1학년까지의 7차 과학교과서에 나타난 산성비 학습 내용을 ‘산성비의 정의’, ‘산성비의 생성과정’, ‘산성비의 피해’, ‘산성비의 대책’, 그리고 산성비 단원에서 행해지고 있는 ‘탐구 활동’으로 나누고 이의 학습 계통성을 정리하였다.

먼저, 초등학교 과학교과서의 서술을 살펴본 결과, 5학년 2학기 ‘용액의 성질’ 단원에서 처음으로 산성비

를 다루고 있다. 교과서에 제시된 내용을 살펴보면 산성비에 의한 문화재의 손상을 화제로 하여 산성비라는 용어를 도입하고 대리석 조각이 산(뚝은 황산이나 뚝은 염산)과 반응하여 손상되는 것을 실험을 통하여 산성비의 피해의 정도를 직접 체험하게 하고 있다. 하지만, 초등학교 단계임을 고려하여, 산성비의 발생원인, 피해, 대책 등에 대해서는 한 문단으로 간단히 언급하고 있을 뿐 구체적인 과학 개념의 진술은 보이지 않는다. 또한 산성비의 지역적 확산과 산성비에 의한 토양의 산성화에 대한 언급이 단원의 마지막 부분에서 설명되고 있으며, 총 5쪽(5.7%)에 걸쳐서 설명되고 있다.

이에 비하여 중학교의 과학교육과정 및 과학 교과서에서는 산성비를 직접 언급하거나 관련된 내용 진술은 전혀 보이지 않았다.

다음으로 고등학교 과학 교과서의 서술을 살펴본 결과, 고등학교 1학년 과학의 ‘환경’ 단원에서 환경 문제의 일부으로 산성비를 다루고 있으며, 고등학교 2학년에서 이수하는 과학 선택과목인 화학 I, 화학 II에서는 산성비와 관련된 내용을 다루고 있지 않았다.

이와 같이 산성비는 환경 문제의 주요한 이슈중의

하나임에도 불구하고 과학 교육과정에서는 초등학교 5학년과 고등학교 1학년에서만 다루어지고 있으므로 초·중·고교간의 학습의 계통성이 이루어지지 않고 있다. 산성비 학습의 계통성을 확보하고, 환경에 대한 지속적인 관심을 환기하기위하여 새롭게 시행되는 중학교 과학교육과정에서는 ‘산과 염기’ 및 ‘화학반응’을 정량적으로 다루기 시작하는 중학교 2학년 과정에서 산성비의 관련 내용을 다룰 수 있도록 개선되었으면 한다. 또한, 고등학교 심화 선택 과목인 화학 I 및 화학 II 교육과정에서도 산성비와 관련된 내용을 함께 다룰 수 있도록 운영되었으면 한다.

### 3.2. 산성비 서술 내용의 분석

11종의 과학교과서에 실린 산성비 관련 내용의 구성을 살펴보면 대체적으로 ‘산성비란 무엇일까?(산성비의 정의)’, ‘산성비는 왜 생길까?(산성비의 발생과정)’, ‘산성비는 어떤 피해를 줄까?(산성비의 피해)’, ‘산성비를 줄이는 대책은 무엇일까?(산성비의 대책)’ 등으로 나눌 수 있었으며, 대부분의 교과서가 서술 순서의 차이는 있지만 유사한 내용으로 구성되어 있었다.

구분 학교급	산성비의 정의	산성비의 발생과정	산성비의 피해	산성비 대책	탐구 활동
초등학교	화석연료의 연소 시 발생하는 연소가스나 배기가스 등이 비와 섞이면 산성을 띤다.		<ul style="list-style-type: none"> <li>토양 산성화</li> <li>식물 성장 불량</li> <li>호수와 강의 산성화</li> <li>조각이나 건축물에도 영향</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>화석연료 사용의 절감</li> <li>청정연료 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>황산, 염산, 수산화나트륨과 대리석과의 반응</li> </ul>
중학교					
고등학교	산성비 오염 물질이 빗물에 녹으면서 pH가 5.6보다 낮은 비를 산성비라 한다.	대기 중의 이산화황과 수산화수나 산화질소나 이산화질소 등이 비와 섞이면 산성을 띤다.	<ul style="list-style-type: none"> <li>식물잎 피해</li> <li>산성비 고사</li> <li>호수 수질 산성화</li> <li>토양 산성화</li> <li>건축물 부식</li> <li>다리, 문, 화재 및 피복 부식</li> <li>수중 생물 감소</li> <li>고구려 문화유산의 손실</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>이산화황 제거 장치</li> <li>자동차 배기가스 규제</li> <li>대체에너지 개발</li> <li>국제적인 협조 강화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>산성비 발생 실험</li> <li>빗물 측정 실험</li> <li>산성비 피해 확인 실험</li> </ul>

Fig. 1. The schematic diagram for acid rain in 7th science textbook.

**Table 1.** The percentage of the environmental topics in each textbooks

Textbook	Acid rain	Bio concentration	Greenhouse effect	Noise	Total page
A	6(1.7%)	5(1.4%)	6(1.7%)	5(1.4%)	359
B	6(1.7%)	6(1.7%)	4(1.1%)	6(1.7%)	351
C	10(2.4%)	10(2.4%)	8(1.9%)	8(1.9%)	415
D	10(2.5%)	12(3.0%)	8(2.0%)	8(2.0%)	399
E	6(1.7%)	6(1.7%)	6(1.7%)	6(1.7%)	359
F	10(2.6%)	10(2.6%)	8(2.1%)	8(2.1%)	391
G	10(2.6%)	8(2.1%)	8(2.1%)	8(2.1%)	387
H	18(4.5%)	15(3.6%)	14(3.4%)	13(3.2%)	413
I	10(2.7%)	12(3.3%)	10(2.7%)	10(2.7%)	367
J	9(2.3%)	10(2.5%)	9(2.3%)	8(2.2%)	396
K	9(2.5%)	6(1.7%)	7(2.0%)	6(1.7%)	355
Average	2.47%	2.36%	2.09%	2.06%	381

### 3.2.1. 산성비를 다루는 정도

Table 1에는 고등학교 과학 교과서별로 진술된 환경 단원 가운데 각 환경문제에 대한 내용의 취급 정도를 정리하였다. 각 교과서별로 산성비 내용을 다루는 정도를 살펴보면, 1.7%에서 4.5% 정도로 각 교과서별로 다루는 정도에 있어서 조금씩 차이를 보였고, 평균 2.5%의 비율로 다루고 있었다. 이는 다른 환경 단원의 구성 주제인 생물농축(2.4%), 온실효과(2.1%), 소음(2.1%)과 비교하면 산성비를 다루는 비율이 조금 더 높다고 할 수 있다(Choi, 2005). 또한, 7차 교육과정에서는 6차 교육과정에서 다루던 환경단원의 수를 8개

(자정작용, 생물농축, 산성비, 오존층, 역전층, 소음, 방사능)에서 4가지(생물농축, 산성비, 온실효과, 소음)로 줄여서 다루고 있었다(Jeong, 2008).

### 3.2.2. 산성비의 정의와 기준

Table 2에는 각 교과서에 진술된 산성비의 정의를 정리하여 나타내었다. 11종의 모든 교과서에서 “pH 5.6 이하의 빗물”을 산성비로 정의하고 있었다. 하지만, 산성비를 정확하게 정의하는데 있어서는 ‘대기 중의 산성 오염물질에 의하여’라는 등의 산성비를 일으키는 원인물질에 대한 언급이 필요하다. 하지만, “산성 오염물질이 빗물에 녹으면 pH가 5.6이하가 되는

**Table 2.** Definition of the acid rain and the effect of carbon dioxide on pH of rain

Textbook	Definition of acid rain	Effect of carbon dioxide on pH 5.6
A	Usually, acid rain has a pH less than 5.6 means the rain falls.	O
B	Less than pH 5.6 rain is acid rain.	O
C	Usually, acid rain is rainwater is less than pH 5.6.	O
D	Air pollution melt into the normal rain, pH lowered to less than 5.6 is acid rain.	O
E	Usually, the pH of rainwater is 5.6, more strong acidic material than this degree is called acid rain.	O
F	Acid rain is rain with pH less than 5.6	X
G	Rain of less than pH 5.6 is called acid rain.	O
H	If rain water contamination in the melt to less than pH 5.6, which it is called acid rain.	O
I	Acid rain pollution in the atmosphere of the gas dissolves when pH is lower than 5.6 means	O
J	Usually less than pH 5.6 rain is acid rain	O
K	Acid rain pollutants lower than melts, pH 5.6. The rain is acid rain.	O

데~”와 같이 산성비를 정의하는 문장에 함께 있는 경우는 4종의 교과서에 불과하였고 나머지 7종의 교과서에서는 전후 문장에서 이를 보충하거나 혹은 추가적으로 설명하고 있었다. 대기 중의 산성 오염물질에 의하여 빗물의 pH가 5.6이하가 된다는 설명을 하나의 문장 안에서 표현함으로써 학생들이 산성비를 명확하게 정의하고 이의 개념을 이해하는데 도움이 될 것이다.

다음으로, 일반적으로 빗물의 pH가 중성이 아닌 약한 산성을 띄며 이것은 대기 중의 이산화탄소에 의한 것이라고 설명하고 있는 정도를 살펴본 결과, 10개 교과서에서 “대기 중의 이산화탄소가 녹아 들어가~”와 같이 진술을 하고 있었고, 1종의 교과서에서는 관련 설명이 진술되지 않았다.

또한, 산성비의 기준이 되는 pH 5.6라는 기준점의 설정 근거에 대한 진술 정도를 살펴보았다. pH 5.6이 산성비의 기준이 되는 것은 대기 중의 CO<sub>2</sub>의 농도를 365ppm으로 하였을 때의 계산된 값이지만, 이의 설명을 다루고 있는 교과서는 전혀 없었다. CO<sub>2</sub>의 농도와 관련된 개념은 ‘산성비’ 문제뿐만 아니라 또 다른 환경 문제의 하나인 ‘지구 온난화’를 이해하는데 필수적인 개념이므로 고등학교 단계부터 이에 관한 설명을 도입하는 것이 필요하다고 생각한다.

### 3.2.3. 산성비의 형성과정을 설명하고 있는 정도

다음으로 산성비의 형성과정에 대한 설명의 정도를 살펴보았다. 6종의 교과서에서는 “대기 중에 존재하는 황산화물과 질소산화물은 수증기나 산소와 반응하여 각각 황산이나 질산 등으로 변화되며, 이것이 비에 섞여 내리게 된다.”와 같이 형성과정을 구체적으로 설명하고 있다. 하지만, 4종의 교과서에서는 산성비의 주된 원인을 황산화물과 질소산화물이라고 언급하는 정도로 그쳤고, 나머지 1종의 교과서는 산성비의 형성과정에 대한 직접적인 설명은 없고 그림으로만 제시되어 있다.

또한 산성비의 형성과정을 본문 설명 이외에 그림(혹은 삽화) 등을 추가적으로 나타내고 있는 교과서는 10종이었고, 이들 가운데 화학반응식을 사용하여 보다 상세하게 설명하고 있는 교과서는 5종이었다.

그리고 산성비를 발생시키는 원인물질로 황산화물(혹은 이산화황)과 질소산화물(혹은 이산화질소) 두

가지를 산성비의 형성(발생)과정에서 다루고 있는 교과서는 9종이었고 이산화황만 다루는 경우는 2종의 교과서였다.

대부분의 과학 교과서 및 전문서적에서 산성비의 원인 물질은 황산화물과 질소산화물로 제시하고 있는 것을 고려하면 고등학교 교육과정에서는 이들 두 가지 물질을 모두 다루는 것이 바람직하다.

### 3.2.4. 제시된 환경 측정 데이터의 종류

Table 3에는 각 교과서에 실린 환경 측정 데이터와 이의 사용 목적을 범주화하여 정리하였다. 교과서에 제시된 환경 측정 데이터를 제시 목적으로 분류하면 크게 세 가지 범주로 나눌 수 있었다. 첫 번째가 우리나라의 산성비 현황을 나타내기 위한 것으로, 장기간의 평균 빗물 pH값을 제시하고 있다. 두 번째는 대기 오염물질의 농도와 산성비와의 관련성을 추론하기 위하여 대기오염물질의 월별 농도와 빗물의 월별 pH값이 제시되어 있다. 세 번째로는 대기오염물질의 현황을 살펴보기 위하여 대기오염물질의 방출량에 대한 자료가 제시되어 있다. 이들 제시된 데이터의 내용을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

먼저, 우리나라의 산성비 변화 추이를 고찰하기 위하여 연도별 데이터가 제시가 되어 있는 내용을 살펴본 결과, 3종의 교과서에서 장기간(8년간)의 데이터를 나타내고 있었고 나머지는 1년간의 데이터를 싣고 있었다. 하지만 이의 측정값은 1998년 이전의 것이 대부분으로 측정값의 업그레이드가 필요하다. 또한, 산성비는 현재 우리나라에서 일어나고 있는 지속적인 환경 문제이며 이의 변화 추이를 고찰하기 위해서는 교과서에 제시된 8년보다 더욱 장기간에 걸친 빗물의 산성도 추이 변화 데이터를 교과서에 싣는 것이 학생들로 하여금 산성비의 변화 추이를 이해하는데 도움이 될 것이다. 또한 환경통계연감(Ministry of environment, 2011) 및 인터넷 공개 정보의 소스를 제공하여 학생들이 스스로 찾아볼 수 있게 하는 수업전략도 고려 될 수 있다.

다음으로, 대기오염물질과 산성비와의 관련성을 추론하기 위하여 제시된 데이터를 살펴보면 7종의 교과서에서 빗물의 산성도와 대기오염물질의 농도를 함께 제시하여 이들 사이의 관련성을 알아보기 쉽게 하고

Table 3. Datum on the relevance of air pollution and pH of rainwater

Textbook	Year of data	Area	Purpose
A	1998	Seoul, Pusan	SO <sub>2</sub> concentration(chart) and pH of rainwater(table)
B	1990-1998	Seoul, Pusan, Kwangu, Dajeon	Acidic of rain according to year(chart)
	1999	Seoul, Pusan	SO <sub>2</sub> and NO <sub>2</sub> monthly average concentration(chart), Seoul and Pusan monthly rainwater pH(table)
C	1998	a, b	Regional SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> and rainwater
D	1998	Major six cities	Acid of rainwater(table)
E	2000	Seoul, Pusan, Daegu	SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> concentration and pH of rainwater(table)
	1997	Content emissions of air pollutants	SO <sub>2</sub> and NO <sub>2</sub> emissions(chart)
F	1990-1998	Seven city	Acid of rain according to yera(table)
	1998	Seoul, Pusan	SO <sub>2</sub> concentration(table) and monthly pH(table)
	1998	Seven cities	monthly pH of rainwater(table)
G	1998	Six cities	Average SO <sub>2</sub> concentration and pH of rainwater(table)
	1986-98	Seven cities	Yearly pH of rainwater
H	1998	Six cities	Monthly pH of rainwater(table)
I	1999.9-2000.8	Certain city	Monthly pH(table) and SO <sub>2</sub> concentration(chart)
J	1999	Seven cities	Year average pH(table)
K	1999	Six cities	Monthly pH of rainwater(table)

있다. 하지만, 7종의 교과서 가운데에서도 이산화황(SO<sub>2</sub>)과 이산화질소(NO<sub>2</sub>)를 함께 다루고 있는 것은 4종에 불과하고, 3종의 교과서에서는 SO<sub>2</sub>의 농도(혹은 배출량)만을 나타내고 있다. 대부분의 환경 관련 서적에서 산성비의 발생 원인을 대기오염 물질로 두고 이의 전형적인 예로 SO<sub>2</sub>와 NO<sub>2</sub>로 들고 있지만, 교과서에서의 서술 내용을 분석한 결과 NO<sub>2</sub> 관련 데이터 제시가 상대적으로 부족하였다. 이들 산성 물질과 산성비와의 관련성을 확인하기 위해서는 이들 물질들의 대기 중의 농도 혹은 배출량과 빗물의 산성도를 표나도표로 제시하여 학생으로 하여금 대기오염물질의 대기 중의 농도와 빗물의 산성도와의 직접적인 관련성을 고찰하게 하거나 관련성을 찾게 하는 활동을 하는 것은 과학적 사고력을 육성하는데 도움을 줄 것이다.

다음으로 제시된 대상 지역(도시)의 수를 살펴본 결과, 6개 지역 이상의 데이터를 함께 제시한 경우가 6종의 교과서였고, 1~2개 지역의 데이터만을 나타낸 교과서가 5종이었다. 일부 교과서에서는 수시 개편을 통하여 최근 연도의 데이터로 업그레이드한 경우도 있었지만, 대부분 2004년 이전의 데이터가 제시되고

있었다. 2011년 환경연감에 의하면 2010년 현재 우리나라에서 빗물의 pH를 측정하는 지역이 24개소임을 고려하면 지역별 데이터를 더욱 확대하여 실을 필요가 있다.

그런데, 교과서에 실린 빗물의 산성도 데이터가 공통적으로 가지고 있는 문제점으로는 1997년과 1998년 사이의 평균 우수의 pH가 급격하게(약 pH 1 정도 낮아졌다) 변하였다는 것을 충분히 설명하고 있지 못하고 있다. 일부 교과서에서는 이러한 pH 변화를 산성비의 급격한 발생으로 설명하는 오류를 범하고 있기도 하였다(Kang et al., 2003).

### 3.2.5. 산성비의 영향

다음은 산성비가 우리 생활에 미치는 영향에 대한 서술을 살펴보았다. 11종의 교과서의 서술을 살펴본 결과, 산성비의 영향은 크게 1) 식물이나 자연에 미치는 영향, 2) 인간과 동물에 미치는 영향, 3) 문화재 등을 포함한 건축물에 미치는 영향, 4) 기타 영향 등으로 범주화 할 수 있다(Table 4). 이들 가운데 식물과 자연에 미치는 세부 항목으로는 식물 잎, 삼림, 호수, 토양

에 미치는 영향으로 나누어 설명되고 있었으며, 인간과 동물에 미치는 영향으로는 수중 생물과 인간에 미치는 영향으로 설명하고 있으며, 건축물로는 건축물, 다리, 문화재 등을 다루고 있었다.

Table 4에서 나타난 것과 같이 먼저 식물과 자연의 피해를 다룬 비율은 31개(52.5%)로 가장 높았고, 다음으로 건축물의 피해로 20개(33.9%)였으며 인간 및 동물에의 영향은 8개(11.9%)로 가장 낮은 비율로 다루고 있었다. 각 교과서별 산성비의 피해 사례로서는 4개-8개 정도로 다루고 있는 등 조금씩의 차이를 보였다.

또한, 이의 서술 형식을 설명문으로만 진술되어 있는 경우(①), 그림만으로 제시(②), 그림과 함께 설명문으로 진술되어 있는 경우(③)로 나누어 살펴보았다. 설명문으로 제시되어 있는 경우(①)는 33개(55.9%)로 가장 높게 나타났으며, 그림으로만 제시된 경우(②)는 9개(15.2%)였고, 그림과 함께 설명문으로 진술되어 있는 경우(③)는 17개(28.8%)였다.

하지만, Jeong(2008)이 지적한 바와 같이 환경관련 단원에서 제시한 내용은 학습자들이 현실적으로 인지할 만한 내용이 부족하였고, 이들 자료들이 산성비에만 의한 것인지 혹은 자연적인 현상에 의한 것인지에

대한 구분이 명확하지 않는 경우도 있었다. 따라서 학생들이 실감할 수 있도록 실제 우리 주변에서 쉽게 관찰할 수 있는 피해의 구체적인 자료 제시가 필요하다.

### 3.2.6. 산성비 감소 대책

교과서에 제시된 산성비를 감소시키기 위하여 제시된 대책을 분석한 결과, 크게 국내적인 대책과 국제적인 대책으로 나눌 수 있었다. 국내적인 대책으로는 산성오염물질의 배출을 적극적으로 줄이는 등의 개인 혹은 사회적인 노력과, 또한 첨단 기술을 이용하여 대기 중으로의 배출을 가능한 억제하는 기술력 향상 방안을 제시하고 있었다. 이러한 기술적인 대책은 탈황장치, 촉매변화기가 주로 다루어졌고, 이외에도 대체 에너지 개발, 린번엔진, 핵융합발전 등도 일부 교과서에서 소개되고 있었다. 이와 같이 각 환경문제의 대책에 관련된 내용면에서 기술지향주의적 견해가 대부분이었다(Jeong, 2008).

산성비가 내리는 것을 감소시키기 위하여 배연탈황, 원유 탈황, 자동차 촉매변환기 등의 기술적 접근은 이미 수십 년 전부터 시행되고 있으며 이들 방법으로 인한 산성비의 감소는 어느 정도 한계에 이르고 있으므로 이들 방법 외의 최신 연구 기술의 소개가 필요하다. 한편, 현대의 산성비 감소 대책은 국제적인 공조가

Table 4. Description methods on the effects of acid rain(① by statements, ② by pictures, ③ by statements and pictures)

Text book	Plants and nature				Building		Human and animal			Etc	Total
	Damage to plant leaves	Forest dry	Lake acidification	Soil acidification	Building	Bridge	Cultural assets	Eye and skin irritation	Aquatic organism	Rubber and leather	
A	①	-	-	-	①	①	-	①	-	-	4
B	①	①	-	-	①	-	-	-	②	-	4
C	①	①	①	①	①	-	-	①	①	①	8
D	①	-	③	①	②	①	-	①	-	-	6
E	②	②	②	-	-	-	②	-	-	-	4
F	①	①	①	-	①	①	①	-	-	-	6
G	-	-	③	①	③	-	③	-	-	-	4
H	③	①	③	③	③	①	③	-	③	-	8
I	①	-	①	①	-	③	③	-	-	-	5
J	③	③	③	-	-	③	③	-	-	-	5
K	①	②	-	①	②	-	-	-	②	-	5
Total	10	7	8	6	8	6	6	3	4	1	59

**Table 5.** Reduction alternative of acid rain

Textbook	Domestic efforts		International efforts
	Technical method	Individual efforts	International cooperation
A	SOx removal apparatus lean burn engine, Catalytic converter Green engine	Control of driving to work	International cooperation
B	decrease a exhaust gas	Reduced use of fossil fuels	Established international cooperation
C	SOx removal apparatus alternative fuels	Enhanced vehicle emissions regulations Electrical energy conservation	Exchange of environmental technology
D	SOx removal apparatus Automobile emissions reduction development of alternative sources of energy	-	-
E	SOx removal apparatus Catalytic converter development of alternative sources of energy	Saving electricity Using Public Transportation	Cooperation with China
F	Catalytic converter SOx removal apparatus development of alternative sources of energy	-	-
G	SOx removal apparatus Catalytic converter		
H	SOx removal apparatus Catalytic converter add lime	-	Collaboration with neighboring countries and international organizations
I	a fusion reactor SOx removal apparatus lean burn engine, add lime	-	-
J	SOx removal apparatus Catalytic converter add lime nuclear power generation development of alternative sources of energy	-	-
K	SOx removal apparatus Catalytic converter	Vehicle emissions regulations Car speed compliance and maintenance Saving electricity	Cooperation with China through the acid reduction of pollutant emissions

무엇보다 필요하다. 중국, 일본을 비롯하여 주변국과의 협약 및 주변국과의 국제적인 공조를 통한 산성비 감소에 더욱 노력해온 결과와 앞으로의 협력을 더욱 강조할 필요가 있다. 국제적인 대책으로는 우리나라 대기오염에 영향을 미치는 중국 대기오염물질의 대기 중의 확산 등의 문제를 제기하고 이를 줄이기 위한 국제적인 협상 및 공조가 필요함을 제시하고 있었다.

### 3.2.7. 제시된 실험의 종류와 측정 기구

각 교과서에서 제시된 실험이나 탐구활동의 내용을 고찰하였다. 과학교과서에 실린 탐구 및 실험 내용을 제시 목적에 따라서 ① 산성비의 발생을 고찰하는 실험, ② 빗물의 산성도를 측정하는 실험, ③ 산성비의

피해를 알아보는 실험으로 분류할 수 있었다. 그리고 이의 탐구과정에 사용되는 pH 측정 기구를 Table 6에 정리하였다.

교과서에 제시된 실험을 분류한 결과, 산성비의 발생을 알아보기 위한 실험(유형 ①)이 5종의 교과서에서 제시되었고, 빗물의 산성도를 직접 측정하는 실험(유형 ②)이 8종의 교과서에서 제시되어 있고, 산성비의 피해를 알아보는 실험(유형 ③)이 5종의 교과서에서 제시되어 있었다. 하지만, 세 가지 종류의 실험을 함께 다루는 교과서는 2종에 지나지 않았다.

학생들은 산성비의 발생원인과 피해 그리고 빗물의 산성도를 탐구활동을 통하여 직접 측정하는 학습



**Table 6.** Purpose of experiment and measurement tools used in the experiment (① to find out the occurrence of acid rain, ② to directly measure the acidity of rainwater, ③ to find out the damage of acid rain)

Textbook	Title of experiments	Purpose	Measurement tools
A	The acidity of car exhaust	①	Universal pH papers
	pH Measurement of rain	②	Universal pH papers
B	-	-	-
C	Combustion of sulfur	①	pH papers
D	Measurement of rain	②	pH papers, pH meter
	Combustion of sulfur	①	pH papers
	Car exhaust gas	①	pH papers
	Corrosion of buildings	③	-
E	pH of rainwater	②	pH papers
F	Observation of rainwater	②	Universal pH papers
	Effect of dilute H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	③	
G	Acid of rainwater	②	Universal pH papers
H	Making acid rain(combustion of sulfur)	①	pH papers
	To measurement the acidity of rainwater	②	pH papers
	Effect of acid rain	③	-
I	Soluble chalk in vinegar	③	-
J	pH of rainwater	②	pH papers
	Effect of exhaust gas to the acid rain	③	-
K	pH of rainwater	②	pH papers or pH meter
	Substance of the cause of acid rain	①	-

과정을 통하여 더욱 확고한 개념 형성을 가져올 수 있으므로, 이의 활동을 더욱 확대하는 방향으로 이루어지는 것이 바람직하다.

다음으로, 산성도의 정도를 측정하기 위하여 사용하는 기구를 살펴본 결과, 대부분의 교과서에서는 pH 시험지(만능시험지)를 사용하고 있었고, 2종의 교과서에서는 pH 미터기의 사용이 제시되어 있다. 측정 대상의 정확한 pH값을 측정하고 변화를 관찰하기 위해서는 pH 미터기의 사용의 도입이 더욱 필요하다. 값싸고 소수점까지 측정 가능한 간이 pH 미터기 등이 이미 초등학교를 비롯하여 학교 현장에 널리 보급되고 있는 현황을 고려하면 초등학교 교육과정에 pH 미터기의 도입이 이르다고 할 수 없다. 일본의 과학교과서에 초등학교에서부터 pH 미터기가 제시되어 있는 것을 볼 수 있는데, 이는 앞으로의 우리나라 과학교육 과정 운영에 참고할 만하다(Mori and Kurota, 2010). 또한, 탐구 방법에 있어서도 적은 시약의 사용을 통한

환경에의 부하를 줄이고 실험안전을 고려한 미량화학(Small Scale Chemistry)을 이용한 산성비 실험 방안도 개발되고 있기도 하다(Han and Kim, 2008).

#### 4. 결론 및 제언

이번 연구는 7차 과학교육과정의 고등학교 과학교과서에 실린 환경 단원 가운데 산성비에 관련된 서술 내용의 고찰을 행하였다. 각 교과서별로 산성비를 다루는 내용 및 진술의 표현에는 차이는 있지만, 크게 ‘산성비의 정의’, ‘산성비의 발생원인’, ‘산성비의 피해’, ‘산성비 대책’의 순서로 구성되어 있었다.

이번 연구를 통하여 얻어진 결론과 이를 바탕으로 한 제언은 다음과 같다.

첫째, 산성비의 학습 계통성을 살펴본 결과 산성비는 초등학교 5학년과 고등학교 1학년에서만 다루어지고 있는 관계로, 초·중·고교간의 학습의 계통성이

부족하다. 산성비는 다른 환경문제보다 우리 주변에서 찾아보기 쉬운 환경문제이며 가장 이슈화되고 있는 지구온난화 문제와 관련이 있으므로 이의 정성적인 개념 이해가 필요하다. 따라서 이를 위하여 ‘산과 염기’ 및 ‘화학반응’을 정량적으로 다루기 시작하는 중학교 2학년 과정에서 산성비 관련 내용을 다룰 수 있도록 하여 학습내용의 계통성이 유지되는 방향으로 개선되었으면 한다.

둘째, 대부분의 교과서에서 산성비를 pH 5.6 이하의 빗물로 정확하게 정의하고 있었다. 하지만, 산성비는 산성 오염물질이 빗물에 녹음에 의한 것이라는 설명이 추가되고, pH 5.6의 기준은 이산화탄소의 농도에 기인함을 알게 하는 등 산성비의 정의를 더욱 구체적으로 설명할 필요가 있다.

셋째, 환경 측정 데이터는 우리나라의 산성비 변화 추이를 고찰하기 위하여 제시되거나, 대기오염물질과 산성비와의 관련성을 추론하기 위하여 제시되거나, 대기오염물질의 현황을 살펴보기 위하여 제시되고 있었다. 하지만, 더욱 많은 지역의 측정 데이터를 추가하고 또한 최신의 데이터 및 장기적인 데이터를 제시하여 대기오염물질과 산성비간의 관련성을 추리하는데 도움이 되도록 해야 한다.

넷째, 산성비의 영향에 대한 서술을 범주화한 결과 1) 식물이나 자연에 미치는 영향, 2) 인간과 동물에 미치는 영향, 3) 문화재 등을 포함한 건축물에 미치는 영향, 4) 기타 영향으로 나눌 수 있었다. 하지만, 산성비의 피해에 대한 예제 가운데 우리 주변에서 쉽게 찾아볼 수 있는 구체적인 예시를 더 많이 제시하여 학생들의 이해를 도울 수 있는 방향으로 수정되었으면 한다.

다섯째, 산성비의 감소대책으로는 국내적인 대책과 국제적인 대책으로 나누어 제시되어 있었다. 이들 서술 내용 가운데 기술적인 발전으로 인해 오염물질의 발생을 억제하는 노력뿐만 아니라 국제적인 공조가 필요함이 더욱 강조되었으면 한다.

여섯째, 제시된 실험이나 탐구활동을 제시 목적에 따라서 산성비의 발생을 고찰하기 위한 실험, 빗물의 산성도를 측정하는 실험, 산성비의 피해를 알아보는 실험으로 범주화할 수 있었다. 앞으로는 다양한 실험과 탐구활동을 확대하여 제시하면 자유탐구 및 창의적 체험활동의 주제로도 활용 가능성 높아지고 교사

들의 실제 수업 활용에 도움을 줄 것이다.

## 감사의 글

이 논문은 진주교육대학교 교내연구비지원에 의하여 연구되었습니다.

## 참고 문헌

- Cha, D. W., Kim, H. S., Lee, M. S., Lee, H. J., Choi, J. H., Lee, B. Y., Ok, J. S., Yoon, S. J., Lee, W. K., Jeong, N. S., Shin, D. W., 2003, *Highschool Science*, Chunjae education, Seoul.
- Choi, B. H., 2005, *Comparative analysis on the contents of environmental study of high school science textbook following the 7th curriculum on education*, Master Thesis, Yonsei University.
- Han, S. J., Kim, S. K., 2008, *New Methods of Producing Copper Sulfate Crystals Using Small-Scale Chemistry(SSC) in Elementary School Science*, 17(9), 981-992.
- Jeong, M. S., 2008, *Analysis of "Environment" Chapter in the Science Textbooks of the 7th Amended High School Curriculum*, Master Thesis, Konkuk University.
- Jeong, W. H., Kwon, J. S., Kim, D. S., Kim, B. G., Shin, Y. J., Yoo, J. O., Lee, G. J., Jeong, J. Y., Choi, B. S., Hwang, W. G., 2002, *Highschool Science*, Kyohaksa, Seoul.
- Kang, M. S., Jeong, C. H., Lee, W. S., Han, I. S., Kwon, S. I., Lee, M. H., Park, S. I., Yoon, Y., Lee, K. S., Lee, T. W., Jeong, G. H., Yang, Y. J., 2003, *Highschool Science*, Gyohaksa, Seoul.
- Kim, C. J., Seo, M. S., Kim, H. B., Shim, J. H., Hyeon, J. H., Han, I. O., Kwon, S. G., Park, S. S., 2002, *Highschool Science*, Didimdol, Seoul.
- Lee, G. S., Choi, H. H., Park, B. S., Park, M. S., Shim, K. S., Shim, J. S., Choi, J. B., Jang, J. C., Lee, C. J., Lee, Y. J., 2002a, *Highschool Science*, Daehan text company, Seoul.
- Lee, M. Y., Chang, B. G., Ko, J. D., Yoon, S. H., Lee, J. S., Yeo, S. I., Kim, H. S., Lim, C. S., Bae, J. H., Baek, S. Y., Lee, S. J., Choi, B. G., 2003, *Highschool Science*, Jihaksa, Seoul.

- Lee, M. W., Noh, T. H., Jeon, S. Y., Heo, S. I., Park, H. S., Chae, G. P., Choi, B. S. Kim, C. B., Kim, G. H., Kim, J. M., Kwon, S. M., Kang, S. J., Kim, G. S., Cheng, D. Y., 2005, *Highschool Science*, Gyeumseung press, Seoul.
- Lee, W. J., 2010, A comparative study on the contents of the acid rain subunit of environment unit in authorized high school common science textbook, Master Thesis, Chungang University.
- Lee, Y. S., 2005, Analysis of connective contents of environmental area in high school science subject by the 7th curriculum, Master Thesis, Yonsei University.
- Lee, Y. Y., Kang, S. B., Kim, I. S., Kim, S. J., Lee, J. W., Ahn, J. J., Bae, M. J., Jeon, H. Y., 2002b, *Highschool Science*, Seoul Education Information, Seoul.
- Ministry of Education, 1997, *Science Curriculum*, Daehan Text Company, Seoul.
- Ministry of Education, 1998, *Guide for Science Curriculum*, Deahan Text Company, Seoul.
- Ministry of Education, Science and Technology, 2007, *Science Curriculum*, Daehan Text Company, Seoul.
- Ministry of Education, Science and Technology, 2009, *Science Curriculum*, Daehan Text Company, Seoul.
- Ministry of environment, 2011, [http://www.me.go.kr/web/123/me/c3/page3\\_11\\_3.jsp](http://www.me.go.kr/web/123/me/c3/page3_11_3.jsp)
- Mori, T., Kurota, R., 2010, *Science*, Tokyoshoseki, Tokyo.
- Oh, S. Y., 2007, Analysis of STS Contents Material in Environment Chapters of High school Science Textbooks based on the 7th Curriculum, Master Thesis, Dangoon University.
- Park, C. B., Baek N. G., 2011, A Study on Environmental Awareness of Elementary School Students, *Journal of the Environmental Sciences*, 20(5), 631-638.
- Song, H. B., Jeong, Y. S., Yoo, B. S., Lee, Y. S., Kim, Y. S., Jeong, T. H., Lee, H. W., Yoon, D. Y., 2003, *Highschool Science*, Hongjin P&M, Seoul.
- Sung, M. Y., Kim, B. G., Cho, S. D., Kang, D. H., Kang, C. H., Ku, J. O., Noh, I. W., Lee, Y. C., Lim, T. H., Choi, B. S., Han, E. T., *Highschool Science*, 2003, Moonwongak, Seoul.
- Woo, G. H., Lee, C. H., Oh, D. H, Kim, Y. Y., Kyeong, J. B., Lee, K. H., Park, T. Y., Lee, Y. J., Baek, S. K., Kim, B. I., Kim, B. R., Lee, K. Y., 2005, *Highschool Science*, Junganggyouk, Seoul.