

초등학교 과학과 이산화탄소 발생실험의 개선에 관한 연구

고영신 · 김세경 · 이혜경[†]
(서울교육대학교) · (서울대은초등학교)[†]

A Study About Improvement of Experiment of Carbon Dioxide Production on Elementary School Science Textbook

Ko, Young-Shin · Kim, Se-Kyong · Lee, Hye-Kyoung[†]
(Seoul National University of Education) · (Seoul Daeun Elementary School)[†]

ABSTRACT

The purpose of this study was to find the difficulties and problems in the carbon dioxide production experiment and to suggest the device for the improvement. Many students have misconception for the smell of carbon dioxide. I found that the smell of carbon dioxide of producing through the experiment didn't concern with the quantity of calcium carbonate. I certificated that the smell of carbon dioxide was related with the concentration of hydrochloric acid. I built two trap applicaing suction in the gas production device to exclude fully the smell of carbon dioxide. So the smell of carbon dioxide was not present by passing the two trap. To find the ideal experimental conditions I perform the experiment step by step. As the result enough carbon dioxide to use for the property experiment was collected under the condition that is 60 mL of 3 molarity hydrochloric acid and 30 g calcium carbonate. I certificated to mesuring flowing quantity of carbon dioxide using the flow meter of carbon dioxide. In the improvement experiment of the property of carbon dioxide, I proposed the experiment device regarding as spreading of the gas and children's interest. To improve the problem of gas production experiment, I proposed the gas certification device using a thread.

Key words : carbon dioxide production, calcium carbonate, flow meter, experiment improvement, students misconception

I. 서 론

1. 연구의 필요성 및 목적

과학은 과학지식과 탐구과정의 양면 그 자체이고, 지식이란 과학적인 탐구과정을 통해서 얻어진 산물이다(Sunder & Trowbridge, 1973). 그러므로 과학의 본성에 부합하는 과학교육은 탐구과정이 바탕이 되어야 한다.

현행 교육과정에서의 탐구방법과 과학지식의 습득은 주로 실험활동을 통해서 이루어지고 있으며, 학생들은 실험활동을 통해서 탐구하는 방법과 과학적 지식을 습득하게 된다. 발달단계 중 구체적 조작기의 단계인 초등학생들에게 과학과 교수-학습과정에서 과학 지식 습득을 위한 실험활동은 무엇보다 중요하다.

과학과의 실험은 학생들의 과학적 사고를 증진시키는 방향으로 계획된다. 그러나 탐구과정에 기초한 과학과 실험활동에서 예기치 않은 결과, 실험활동 자체의 수행의 문제, 실험 준비가 여의치 않는 등의 현실적인 문제가 제기되고 있는 것이 사실이다. 또한 아동이 직접 실험을 하는 것이 오히려 아동에게 오개념을 형성시켜줄 수도 있고, 흥미없는 실험으로 아동의 과학에 대한 흥미와 관심을 잃게 할 수도 있다. 이러한 실험 활동의 여러 가지 문제점은 현장에서 정상적인 실험활동에 방해가 될 수 있고, 교사들이 실험활동을 기피하는 원인으로 작용하고 있다.

본 연구는 이산화탄소 발생 실험에서의 실험상의 문제점을 교사 설문 조사와 아동 설문 조사를 통해 알아보고, 문제를 개선할 실험장치를 제시하려고 한

다. 또한 교사들의 실험준비 시간의 단축과 실제 실험활동 시간의 단축, 아동 실험 시 안전을 고려한 약품의 정확한 농도와 양, 실험시간 등의 이상적인 실험 조건을 찾고, 아동의 흥미를 유도할 수 있는 개선 실험 방안을 제시하고자 한다.

설문지는 현장에서 느낀 교사들의 실험상 문제점을 종합하여 제작하였으며, 설문조사는 이산화탄소의 발생실험에 관한 교사들의 인식도를 조사하기 위해서 서울시 초등학교 교사 126명에게 설문조사를 하였다. 그리고 이산화탄소의 개념 유형분석을 위해서 이산화탄소 발생실험을 한 서울시 은평구 소재 D초등학교 6학년 학생 108명을 대상으로 설문조사를 하였다.

2. 연구문제

이산화탄소 발생 실험의 개선에 대한 연구를 위하여 다음과 같은 연구문제를 선정하였다.

- 1) 수업 현장에서 교사들의 ‘이산화탄소 발생’ 실험에 대한 인식도를 조사한다.
- 2) 이산화탄소 발생실험을 한 초등학교 6학년 학생을 대상으로 이산화탄소의 성질에 대한 개념분석 설문조사를 통해 실험과정의 문제점을 찾아본다.
- 3) 초등학교 실험실에서의 이산화탄소 발생실험 중에서 냄새 제거를 위한 새로운 실험장치를 고안한다.
- 4) 이산화탄소 발생실험의 최적 실험조건을 제시한다.
- 5) 이산화탄소 성질조사에 대한 개선실험을 제시한다.

3. 연구의 제한점

교사들을 대상으로 한 이산화탄소 발생실험에 대한 인식도를 설문으로 알아보았는데, 설문대상이 서울의 25개 초등학교 교사들로 지역적 제한점이 있으며, 그 수도 126명밖에 안되는 제한점이 있다.

II. 연구 방법

본 연구는 문제를 해결하기 위해서 이산화탄소의 발생실험에 대한 교사들의 인식도를 분석하기 위한 교사 설문조사와 이산화탄소의 냄새에 대한 개념유형 분석을 위한 학생 설문조사를 하였다. 실험연구에서는 이산화탄소 발생에 관련된 실험 중에서 ‘이산화탄소는 냄새가 있다’는 오개념을 형성한 실험 절차상의 원인을 분석하고, 냄새 제거를 위한 새로운 실험장치를 고안하였다. 또한 정확한 실험을 위한 정확한 염

산의 농도와 그에 맞는 석회석의 양을 수치화 할 수 있도록 단계별 실험을 통하여 최적 실험조건을 확립하였다. 그리고 설문조사를 통해 알아낸 이산화탄소의 성질실험 중 잘 안되는 실험의 개선실험을 제시하였다.

본 연구의 설문조사는 이산화탄소의 발생실험에 관한 교사들의 인식도를 조사하기 위해서 서울시 초등학교 교사 126명에게 설문조사를 하였다. 그리고 이산화탄소의 개념유형분석을 위해서 이산화탄소 발생실험을 한 서울시 은평구 소재 D초등학교 6학년 학생 108명을 대상으로 설문조사를 하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. ‘이산화탄소 발생’ 실험에 대한 교사들의 실험내용 인식도

수업 현장에서 교사들의 ‘이산화탄소 발생실험’에 대한 실험내용의 인식도를 조사하기 위해 서울 시내 25개 초등학교 총 126명의 교사를 대상으로 ‘이산화탄소 발생실험’ 지도시 어려운 점과 실험지도 실태에 대하여 총 15문항으로 된 설문지 180부를 배부하여 모든 문항에 답을 한 126부를 분석하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었으며, 이 중 연구에 직접적인 관련이 있는 대표적인 문항을 검토하였다.

- (1) 6학년 2학기 과학교과서 실험내용 중 ‘이산화탄소의 발생과 성질’을 지도하실 때 실험상의 어려움이 있었나요?

표 1. 이산화탄소 발생 실험 수업의 진행 시 어려움의 여부

실험 진행 시 어려움의 여부	결과
있었다	82명
없었다.	44명

설문 응답자 중 65.1%의 교사들이 ‘이산화탄소 발생과 성질실험’에 어려움을 느끼고 있었다. 이 실험에 대해서 교사들이 수업을 할 때 도움이 될 만한 참고 자료의 제시가 요구된다는 것을 알 수 있었다.

- (2) 이산화탄소의 발생실험에서 가장 힘들고 어려웠던 점은 무엇인가요?

이산화탄소 발생실험 수업을 지도할 때 가장 어려

표 2. 이산화탄소 발생 실험 중에서 어려웠던 점

이산화탄소 발생 실험 중에서 어려웠던 점	결과
석회석의 양 조절	19명
염산의 양 조절	9명
염산의 농도 조절	53명
실험 기구의 설치	11명
실험 기구의 조작	8명
필요한 이산화탄소를 모으는 데 시간이 많이 걸렸던 점	16명
기타(실험준비 시간이 많이 걸림)	10명

웠던 점에 대해 염산의 농도 조절이 가장 어렵다고 대답한 교사가 42.1%였고, 석회석의 양 조절과 성질 실험에 필요한 이산화탄소를 모으는데 시간이 많이 걸렸다는 의견도 많았다. 이러한 점들이 현장에서 실험수업의 지도를 어렵게 한 것으로 보고 실험이 잘 되는 염산의 농도와 석회석의 양을 정확히 제시하여 교사들의 실험지도에 도움이 되도록 해야할 필요성이 있다는 것을 알았다.

(3) '이산화탄소 발생' 실험에 사용한 묽은 염산의 농도와 양은 어떻게 정하셨나요?

표 3. 묽은 염산의 농도와 양

묽은 염산의 농도와 양	결과
교사용 지도서에 나와 있는 대로 직접 묽은 염산을 만들었다.	18명
자료실에서 준비해 준 것을 그대로 사용하였다.	108명
시약병에 있는 것을 그대로 사용하였다.	0명
기타	0명

85.7% 이상의 교사들이 실험에 사용한 염산을 자료실에서 만들어준 것을 그대로 사용하고 있는 것으로 나타났다. 물론 자료실에서 염산의 농도를 잘 맞추었겠지만 교사가 직접 만들어야 실험의 정확성과 안전성을 기할 수 있고, 실험이 잘 안 되었을 경우 피드백이 가능할 것이다. 그러나 현장에서 여러 가지 업무로 시간이 없어 실제로 교사들이 직접 만들어 쓰는 경우가 드문 것으로 나타났다. 그리하여 실험이 잘 되는 염산의 농도를 제시하여 교사들의 실험 준비에 도움이 되도록 할 필요가 있다.

(4) '이산화탄소의 성질' 실험에서 잘 안되거나 어려웠던 점은 무엇인가요?

표 4. 이산화탄소 성질 실험 지도 시 어려웠던 내용

이산화탄소 성질 실험에서 어려웠던 내용	결과
이산화탄소의 색깔을 알아보는 것	3명
냄새 알아보는 것	32명
집기병 속에 촛불을 넣어 꺼지는 것을 알아보는 것	11명
이산화탄소와 석회수의 반응	13명
이산화탄소가 밑으로 가라앉는 성질을 알아보는 것	30명
어려운 점이 없었다	33명
기타	4명

이산화탄소의 성질실험에서 어려움이 없었다고 응답한 교사들이 26.2%로 가장 많이 나타났다. 하지만 이산화탄소의 냄새에 관한 성질을 알아보는 실험이 안되고 어렵다고 한 교사들이 25.4%나 되었으며, 이산화탄소가 공기보다 무거워 밑으로 가라앉는 성질을 알아보는 실험이 잘 안되고 어렵다고 응답한 교사들도 23.8%나 되었다.

이산화탄소의 성질 중 '무취'에 관한 실험이 어떠한 원인 때문에 실험의 지도시 어려운 점이 있는지 그 원인의 분석이 요구되며, 또한 이의 개선이 필요함을 알 수 있었다.

이산화탄소의 성질 중 '무취'에 관한 확인은 이산화탄소가 들어있는 집기병을 덮은 유리판을 연 다음 그 주위에서 손을 저어 바람을 일으켜 냄새를 맡도록 제시되어 있다. 그러나 이 경우 발생시킨 이산화탄소는 공기보다 무겁기 때문에 집기병의 아래쪽에 가라앉은 상태이다. 따라서 집기병 위에서 바람을 일으켜 냄새를 맡으면 발생시킨 이산화탄소의 냄새를 맡게 되는 것이 아니라, 주변 공기의 냄새를 맡게 되는 것이다. 또 다른 문제점은 발생시킨 이산화탄소에서 냄새가 난다는 것이다. 그 원인을 분석하여 실험 과정을 변화시킬 필요성이 있다.

(5) '이산화탄소 발생과 성질' 실험에서 교사들이 쉽게 지도할 수 있도록 하기 위하여 개선되기를 바라는 점은 무엇인가요?

43.7%의 교사들이 이산화탄소의 발생과 성질에 대한 대체 자료 및 다양한 실험방법에 대한 안내를 해주었으면 하고 바라고 있었다. 이 내용은 6차에서 7차로 교육과정이 바뀌면서 <심화>부분에서 다루지고 있으며, 김미영(2001)의 '초등학교 과학교과서 내용 중 기체 발생실험 단원의 개선에 관한 연구'에서 다

표 5. 이산화탄소발생실험을 쉽게 지도하도록 제시되길 바라는 점

실험에서 개선되기를 바라는 점	결과
실험에 사용되는 석회석의 양과 순도	17명
염산의 정확한 양과 농도의 제시	45명
실험에 필요한 이산화탄소에 대한 깊이 있는 이론적 지식	4명
이산화탄소의 발생과 성질에 대한 대체 자료 및 다양한 실험 방법에 대한 안내 제시	55명
기타	4명

양한 재료를 이용하여 기체를 발생시키는 실험방법과 재료의 양, 시간 등을 자세히 제시하여 본 논문에서는 이 요구에 대한 언급은 하지 않도록 하였다.

35.7%의 교사들이 실험이 잘 되는 염산의 정확한 농도와 양을 제시해 주길 바라고 있었다. 교사용 지도서에 제시된 실험 방법에도 염산의 농도와 양 및 석회석의 양을 정확히 제시하지 않고 있다. 염산의 농도를 진하게하면 역류나 안전상의 문제가 염려가 되고, 농도를 너무 열게하면 성질실험에 필요한 이산화탄소를 모으는데 시간이 너무 많이 걸리는 문제점이 있다. 이러한 문제점들은 교사들이 실험을 지도하기에 어려운 점으로 작용하고 있다.

(6) 발생시킨 이산화탄소에서 냄새가 났었나요?

표 6. 실험에서 발생시킨 이산화탄소의 냄새의 여부

이산화탄소의 냄새	결과
냄새가 있다.	68명
냄새가 없다.	58명

54%의 교사들이 실험에서 발생시킨 이산화탄소에서 냄새가 난다고 응답했다. 냄새가 나는 이산화탄소를 학생에게 냄새를 맡게하고 무취의 성질을 학습하도록 하는 것은 우리가 있다고 생각한다.

(7) 냄새가 났다면 이유가 무엇이라고 생각합니까?

표 7. 발생한 이산화탄소 냄새의 원인 분석

발생한 이산화탄소 냄새의 이유	결과
석회석의 냄새이다.	22명
염산의 냄새이다.	44명
시약병의 냄새이다.	12명
기타	49명

실험에서 발생시킨 이산화탄소에서 냄새가 나는 원인에 대한 설문에서 염산의 냄새이라고 응답한 교사가 34.9%로 가장 많았고, 석회석의 냄새때문이라고 응답한 교사는 17.5%였다. 실험실에서 발생시킨 이산화탄소의 냄새의 원인을 분석하여 그 해결 방안을 제시할 필요가 있다.

(8) 이산화탄소는 무취의 성질을 가지고 있습니다. 그러나 실험을 통해서 발생시킨 이산화탄소에서는 냄새가 납니다. 그렇다면 선생님께서는 이산화탄소의 냄새가 없는 성질을 어떻게 지도하셨습니까?

표 8. 무취 성질 지도 방법

· 무취 성질 지도 방법	결과
냄새가 나지 않아 지도에 어려움이 없었다.	23명
실험에 사용한 시약 때문에 실험을 통해 만든 이산화탄소에서는 냄새가 나지만 순수한 이산화탄소는 냄새가 나지 않는다.	73명
공기가 냄새가 없는 것처럼 이산화탄소는 냄새가 나지 않는다.	18명
직접 냄새를 맡아보는 실험을 하지 않았다.	6명
기타	6명

57.9%의 교사가 실험에 사용한 시약 때문에 실험을 통해 만든 이산화탄소는 냄새가 나지만 순수한 이산화탄소는 냄새가 나지 않는다고 지도했다고 응답하였다. 학생들이 실험을 하는 것이 오히려 오개념을 형성시켜 줄 수 있다면 그 실험은 문제가 있는 것이다. 이를 개선하기 위한 개선실험이 시급히 요구됨을 알 수 있다.

2. 이산화탄소의 성질에 대한 개념분석

이산화탄소의 성질 중 ‘무취’에 관하여 학생들이 어떠한 개념을 가지고 있는지를 알아보기 위해서 설문조사를 하였다. 학생 대상은 이산화탄소 발생실험을 한 은평구 소재 초등학교 6학년 학생 108명을 대상으로 하였다.

실험 시에 사용하는 염산의 농도를 잘 조절하지 못함으로써 발생하는 이산화탄소에 염화수소 기체, 석회석 재질 때문에 나오는 냄새 등으로 인해 이산화탄소에서 냄새가 나는 경우가 많다. 그러나 현장의 선생님들은 역시 순수한 이산화탄소에서는 냄새가 없다고 설명할 뿐이다. 따라서 이러한 오개념이 발생되지 않도록 새로운 실험방법이나 장치가 필요하다.

표 9. 이산화탄소의 성질에 대한 개념 분석 (N=108)

냄새가 있다.	① 물질을 태울 때 냄새가 난다.	4
	② 사이드로 이산화탄소 발생 실험에서 냄새가 난다. (탄산음료에서 냄새가 난다.)	12
	③ 날 숨에서 냄새가 난다.	4
	④ 이산화탄소 발생 실험에서 냄새가 난다.	3
	⑤ 이유 무응답	1
냄새가 없다.	① 날 숨에서 냄새가 없다.	2
	② 공기는 냄새가 없다.	39
	③ 실험에서는 냄새가 났지만 실제 이산화탄소는 냄새가 없다고 배웠다.	28
	④ 이유 무응답	5
잘 모르겠다.		5

3. 발생한 이산화탄소의 냄새를 제거하기 위한 개선실험

염화수소를 제거하기 위하여 염화수소가 물에 대한 용해도가 높은 성질을 이용하여 흡습법을 통하여 염화수소를 제거하기 위한 장치를 고안하여 그림 1에 나타내었다.

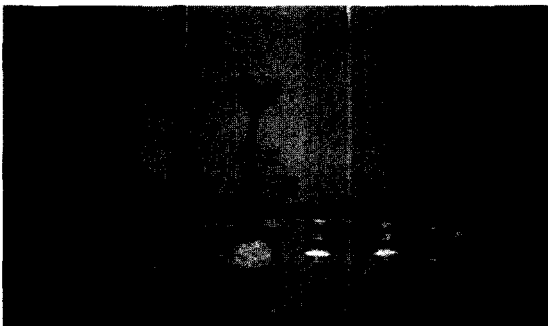


그림 1. 이산화탄소 냄새 제거를 위한 실험장치

집기병 2개에 물을 담아 이산화탄소가 발생되어 지나가는 고무관 사이에 연결하였다. 이산화탄소와 같이 지나가는 염화수소는 이 집기병(트랩1, 2) 속의 물 속을 지나가면서 녹게 되고 이산화탄소만 포집하도록 하였다.

표 10의 결과에 의하면 실험장치를 통해 발생한 이산화탄소 냄새에 대해서 석회석의 농도변화에 따라 실험참가자들의 반응은 모든 농도에서 냄새가 거의 안 난다고 답하였다.

따라서 본 실험에서는 연구에서 밝힌 이산화탄소 발생실험에서 가장 적절하다고 보는 농도인 3M 농

표 10. 석회석의 양에 따라 발생시킨 이산화탄소의 냄새 평가표

횟수	양			
	10g	20g	30g	
1	3명	3명	4명	
2	4명	3명	4명	
3	3명	4명	3명	

도와 현장에서 주로 쓰는 농도인 6M로 실험을 해보고, 염화수소를 제거한 것을 트랩의 수소이온농도를 측정함으로써 검증하였다.

표 11에서 알 수 있듯이 실험 전과 실험 후의 트랩의 수소이온농도를 측정해 본 결과 실험 후의 수소이온농도가 급격히 떨어짐을 볼 수 있었다. 결과적으로 트랩을 거친 이산화탄소는 냄새가 나지 않았다.

표 11. 실험 전-후의 트랩의 수소이온농도의 변화

HCl의 농도	횟수 trap	1				평균
		2	3			
3M	trap 1	4.86	4.88	4.93	4.89	
	trap 2	5.28	5.24	5.23	5.25	
6M	trap 1	4.79	4.82	4.79	4.80	
	trap 2	5.04	5.04	5.07	5.05	

*단, 실험 전의 pH=6.88

4. 이산화탄소 발생 실험의 최적 실험 조건

염산의 몰농도와 석회석의 양을 변화시키면서 이산화탄소의 발생량을 조사한 결과 표 12에서 볼 수 있듯이 염산의 몰농도가 진할수록, 석회석의 양이 많을수록 발생한 이산화탄소의 양은 많아지는 것을 알 수 있다.

이산화탄소 유량 측정기를 이용하여 염산의 농도에 따른 이산화탄소의 유량을 측정하였다. 표 13에서의 결과에서처럼 3M 농도의 염산을 활용하여 실험을 하였을 경우 염산의 역류 현상도 없고, 필요한 만큼의 적절한 이산화탄소를 모을 수 있었다.

5. 이산화탄소 성질 조사에 대한 개선실험

현장에서 이산화탄소는 공기보다 무겁다는 성질을 확인하기 위해서 비커에 촛불을 세워놓고, 발생한 이산화탄소를 부어서 촛불이 꺼짐을 관찰한다. 이 실험을 수행하다 보면 이산화탄소가 공기보다 무겁긴 하지만, 확산하는 성질이 있어서 촛불이 위에서부터 꺼

표 12. 18°C, 1기압에서 염산의 농도에 따른 발생한 이산화탄소의 양 (단위: mL)

농도	양 회수	20g	30g
		발생한 이산화탄소의 양	
1M	1회	300	350
	2회	250	300
	3회	350	300
3M	1회	900	1200
	2회	850	1300
	3회	950	1250
6M	1회	1800	3000
	2회	1900	3200
	3회	1700	2900
8M	1회	2400	3600
	2회	2200	3800
	3회	2600	3400

표 13. 염산 농도에 따른 이산화탄소 기체의 시간변화에 따른 유량 측정 (단위: L/분)

시간(초)	농도			
	1M	3M	6M	8M
10	0.08	0.70	2.08	4.97
20	0.07	0.43	1.23	1.52
30	0.06	0.18	0.70	1.25
40	0.05	0.07	0.77	1.09
50	0.04	0.05	0.42	0.94
60	0.04	0.04	0.33	0.95
70	0.03	0.03	0.32	0.78
80	0.02	0.03	0.24	0.60
90	0.02	0.03	0.19	0.53

지는 경우가 많다. 이를 막고, 좀 더 흥미있는 실험을 하기 위해서 용량이 큰 5000cc 비커를 사용해서 실험장치를 고안하여 실험한 결과를 표 14에 나타내었으며, 염산의 농도가 진할수록 촛불이 꺼지는데 소요되는 시간은 감소하였다.

또한 기체 생성 실험의 문제점은 기체가 눈에 보이지 않는다는 것이다. 이미 냄새 제거를 위한 개선 실험에서 트랩을 지나가는 공기 방울을 보므로써 기체를 확인할 수 있지만, 더 시각적인 효과를 위해서 실을 사용하였다. 실이나 종이를 잘게 잘라서, 이산화탄소가 발생하는 유리관에 대면 실이 떨리게 되는 것을 볼 수 있다. 기체 발생을 아동이 직접 눈으로 확인할 수 있어서 기체 발생 유무에 대한 아동의 의

표 14. 촛불이 꺼지는 데 걸린 시간 (단위: 초)

번호	농도	1	2	3	4	5
3M	(200 mL)	38	45	62	97	125
6M	(100 mL)	35	40	46	62	90

*맨 아래쪽에 있는 촛불부터 번호를 붙였다.

심을 없앨 수 있다.

IV. 결론 및 제언

본 논문은 교사 설문 조사를 통하여 이산화탄소 발생실험 시 어려웠던 점들을 분석하여 실험의 개선 필요성을 알았으며, 실험 시에 발생하는 염산의 냄새 때문에 발생하는 이산화탄소에 냄새가 난다는 오개념을 형성시켜 줄 수 있음을 발견하고 이의 개선을 위한 실험을 하였다. 본 연구에서 밝힌 결과는 다음과 같다.

첫째, 설문조사를 분석한 결과 교사들은 '이산화탄소 발생과 성질 실험'에 많은 어려움을 느끼고 있었으며, 이 실험에 대해서 수업을 할 때 도움이 될 만한 참고 자료의 제시가 요구된다는 것을 알 수 있었다.

둘째, 석회석의 양과 발생한 이산화탄소의 냄새와는 무관하며, 염산의 몰농도가 진할수록 발생한 이산화탄소의 냄새 또한 진함을 확인하였다.

셋째, 발생한 이산화탄소의 냄새를 완전히 제거하기 위해서 흡습법을 응용하여 염화수소를 제거하기 위한 트랩을 2개 추가한 개선실험 장치를 고안하였으며, 트랩을 통과한 이산화탄소에서는 냄새가 나지 않았다. 실험 전·후의 트랩의 수소이온농도를 측정하여 비교함으로써, 염화수소가 제거됨을 볼 수 있었다.

넷째, 이산화탄소 발생실험의 최적 실험 조건을 찾기 위해 단계별 실험을 하였으며, 그 결과 3M 농도의 염산 60 mL와 석회석 30g이 실험에 필요한 이산화탄소를 빠른 시간 안에 모을 수 있고 역류도 방지하는 이상적인 농도와 양임을 알아내었다. 실험 조건의 정확한 설정을 위하여 testing seive를 이용하여 사용한 석회석의 입자의 크기를 측정하였다. 또한 이산화탄소 유량측정기를 활용하여 발생하는 이산화탄소의 유량을 측정하였는데, 3M의 염산을 사용하였을 때 거품도 일어나지 않고 역류현상도 없이 필요한 만큼의 이산화탄소를 얻을 수 있는 농도임을 알아내었다.

다섯째, 이산화탄소의 성질확인실험의 개선실험에서는 이산화탄소의 확산을 고려하고, 아동의 흥미를 고려한 실험장치를 고안하고, 실험시 필요한 염산의 양과 실험 소요시간을 제시하였으며, 이 실험장치를 통해서 촛불이 순차적으로 꺼짐을 확인하였다.

여섯째, 기체발생 실험의 전체적인 문제점인 눈에 보이지 않는다는 점을 개선하기 위하여 실을 이용한 기체확인 장치를 제안하였다.

우리는 현장에서 교과서의 실험장치와 순서를 그대로 따라서 하는 요리강습식 실험수업을 한다. 하지만 교과서를 정전처럼 따라서 그대로 받아들이기만 할 것이 아니라, 개개의 실험에 대해 현장에서 검증하여 의문점과 개선점을 교사 스스로 찾아 개선해 나가는 노력을 아끼지 말아야 할 것이다.

참고문헌

고영신, 최영재(1994). 국민학교 자연과 실험지도방법의 오류분석. 과학과수학교육 논문집, 20, 서울교대 과학교육연구소, 131-150.

교육부(1998). 초등학교 교육과정 해설(I). 초등학교 교육과정해설(IV).

교육부(1999). 초등학교 교육과정 해설(IV). 수학, 과학, 실과.

교육인적자원부(2002). 초등학교 교사용 지도서 과학 6-1.

김미영(2001). 초등과학교과서 내용 중 기체 발생 실험의 개선에 관한 연구. 서울교육대학교 석사학위논문.

김재성(2002). 초등학교 '산과 염기'단원의 실험방법 개선에 관한 연구. 서울교육대학교 석사학위논문.

김지선(1999). 창의력 계발을 위한 초등학교 지구과학 분야의 교수, 학습 자료 개발. 인천교육대학교 석사학위논문.

문교부(1990). 국민학교 자연과 교사용 지도서(6-2). 국정교

과서주식회사.

박승재, 조희형(2001). 과학 교육 연구. 교육과학사.

백승민(2000). 한국과 일본의 초등학교 3, 4학년 자연교과서 비교 분석. 한국교원대학교 석사학위논문.

엄상수(1998). 산소와 이산화탄소 단원에서 과학적 개념형성을 위한 교수전략의 효과. 한국교원대학교 석사학위논문.

이영덕(1985). 교과서 체제 개선 연구. 한국교육개발원.

이정화(1997). 초등학교 자연 교과서 문제점 분석과 개선방안-연소개념 중심. 서울대학교 석사학위논문.

이태우(2000). 초등학교 자연과 교사용 지도서 활용에 관한 분석. 부산교육대학교 석사학위논문.

최돈형, 이양락, 노석구(1996). 6차교육과정에 의한 과학과 교과용 도서의 연구 개발(I). 한국초등과학교육학회지, 15(1), 81-106.

최돈형 역(1986). 과학과 학습모형의 이론과 실제.

최영란(1999). 제6차 교육과정 초등학교 자연 교과서 내용 및 삽화 분석. 부산교육대학교 석사학위논문.

한안진, 강호감, 권치순, 김효남(1997). 새초등과학교재연구. 교육과학사.

Anderson, V. L. & McLean, R. A. (1974). *Design of experiments: A realistic approach*. New York: Marcel Dekker, Inc.

Gierce, R. N. (1988). *Explaining science: A cognitive approach*. Chicago: The University of Chicago.

Simpson, R. D. and Anderson, N. D. (1981). *Science, students, and schools*. N.Y.: Macmillan Publishing Company.

Tamir, P. (1976). *The role of the laboratory in science teaching*. Technical Report No. 10. Iowa City, IA: The University of Iowa.

Trowbridge, L. W. & Bybee, R. W. (1986). *Becoming a secondary school science teacher*. 4th ed. Columbus, OH: Merrill Publishing Co.