

이산화탄소의 성질 실험 장치 개선 방안 탐색

박헌우

(안산 초당초등학교)

A Study about Improvement of Experimentation on Carbon Dioxide Properties

Park, Heon Woo

(Ansan Chodang Elementary School)

ABSTRACT

One of the problems with testing for the presence of CO₂ is that the results are not visible. In order to overcome this weak point, a new testing method was developed with BTB indicator equipment, that made the gas visible. After that, the experiment was performed and tested the effects of the new visible equipment. The visible equipment could be adapted to regular class use successfully. Also, it was effective in that it reduced waste of gas, minimized danger potential through use of CO₂ canisters and candle-sticks, and also increased knowledge about indicators. The new experimental method and equipment affected the students' interest. It is possible that the students' positive participation was due to their interest in the new apparatus and application of the visual senses. The new system was tested for its effects on teaching content and helping to produce sustained memory of the content. There were no significant differences between the groups in terms of content learning on initial content memory. However, when students in both groups were tested 4 months later, the visual experiment group sustained memory performance, while the other group showed a significant decrease. Generally, boys score higher than girls in terms of interest and participation in experimental activities. In this case, however, there were no difference between groups. It may have been due to introduction of new equipment and different methods from the textbooks. So, this could increase participation in science using various experiments.

Key words : BTB, CO₂, indicator, visible equipment

I. 서 론

과학과 교수-학습 과정에서 실험 활동은 과학의 과정과 지식의 습득, 과학적 사고를 증진시키는 효과가 있다. 그러나 실험 활동의 전개에서 발생하는 여러 가지 문제점은 위험성 증대, 아동의 오개념 형성 등을 가져올 수 있으며, 현장에서 교사들이 정상적인 실험 활동을 기피하게 하는 요소가 되고 있다. 나아가 학생들이 과학에 대한 흥미를 자극받지 못하게 되므로 감소된 흥미는 과학 과목에 대한 선호도나 관련 직업에 대한 선호도를 낮추는 원인으로

로 작용하기도 한다(장소영과 노석구, 2005; 박헌우와 강심원, 2007). 따라서 교사는 다양한 방법으로 아동들의 흥미와 호기심을 유지시키고 발전시킬 수 있도록 실험 기법과 도구를 도입하는 등 아동의 오개념을 바로잡고 태도를 바람직한 방향으로 발전시킬 수 있도록 도와주어야 한다(김찬중 등, 2002; 박찬주 등, 2007; Esler & Esler, 1993).

기체에 관한 학습은 제4차 교육 과정부터 도입이 되어 제7차 교육 과정에는 6학년에서 '기체의 성질'과 '여러 가지 기체' 2개 단원에서 기체의 물리 화학적 특성을 조사하고, 실험과 아울러 우리 생활과

의 관계를 조사하도록 구성되어 있다(교육부, 1997; 교육인적자원부, 2005a, 2005b).

그러나 기체의 성질과 관련된 학습 단원은 보이지 않는 무형의 기체를 학습 소재로 다루고 있어 교수 학습 양면에서 어려움을 겪고 있다. 관련 단원의 효과적 지도와 학습 효과 증대를 위한 다양한 노력들이 학습 소재와 실험 방법, 대체 자료 등 다방면으로 꾸준히 연구되고 있다(강대원, 2002; 고영신 등 2004; 김미영, 2005; 민경숙, 2000; 엄상수, 1998; 이혜향, 2003; 정미숙, 2003; 교육인적자원부·한국교육원대학교 과학교육연구소, 2004). 정대균 등(2007)의 연구에서는 기체를 감각적으로 확인할 수 없는 학습 대상으로 규정하고 이를 구체화할 수 있는 다양한 실험 모형 개발과 적용의 필요성, 적용 효과에 대한 연구 수행이 필요함을 제안하고 효과적인 대안을 제시하려 노력하였고, 김미영(2005)도 이산화탄소가 나오는 관의 끝에 실을 달아 확인하는 방법을 제안한 바 있다. 특히 이산화탄소의 실험 장치를 구체적이고 감각적인 체험을 통해 능동적으로 발견하는 학습 형태로 제시한다면, 기체의 특성을 학습자에게 전달하는 효과와 개념 인식의 명확성이 높아질 것이다(고영신과 최영재, 1994).

이 연구에서는 CO₂의 성질을 확인하는 학습에 대하여 BTB를 활용한 시각적 기체를 추가시킨 실험 장치를 새로이 구성하고 수업에 투입하여 시각적 자극이 추가된 장치가 CO₂의 성질 학습에 효과적으로 작용될 수 있는지를 알아보고자 하였다.

II. 연구 방법 및 절차

1. 연구 기간

2006년 5월부터 실험 기구를 제작하여 예비 투입과 교과 전문가의 자문을 거쳐 장치의 실효성을 검토하였다. 실험 기간은 2007년 6월부터 10월까지이

며, 직후 성취도 검사는 실험 직후인 6월에 실시하였고 이해도의 지속 여부를 알아보기 위하여 4개월 후에 지연 성취도 검사를 실시하였다.

2. 연구 자료 개발 절차

교과서의 실험은 이산화탄소에 의해 양초가 꺼지는 결과에 집중되어 있어 CO₂의 흐름을 시각적으로 확인할 수 없다. 수조 안에서 불이 켜진 양초는 굴뚝 효과 때문에 CO₂가 아래로 내려오지 않으므로 의도적으로 CO₂를 부어 넣어야만 양초가 꺼지는 것을 확인할 수 있다. 이때 CO₂의 존재를 확인할 수 있도록 색깔로 나타낼 수 있다면 보다 수월한 학습을 할 수 있을 것이다. 이에 따라 교과서 실험에 CO₂의 존재를 지시약에 의한 색깔 변화로 시각적인 확인을 할 수 있는 실험 장치를 추가하였다.

실험 장치 개발을 위해 경기도 초등학교연구회 회원과 현직 교사 등 67명을 대상으로 기존 실험의 장단점, 실험 난이도, 안전성, 실효성과 학습에 끼칠 영향 등을 분석하였다. 개발된 실험 장치는 2006년 1월 초등학교교육학회 워크숍에서 참석자들의 의견을 반영하여 최종 모델을 완성한 후 실험에 투입하였다. 장치는 사방에서 관찰할 수 있도록 투명 아크릴로 만들었으며, CO₂의 소모를 줄일 수 있도록 부피를 줄이고 양초가 놓이는 곳은 계단 모양으로 하였다. 크기는 125×60×290 mm이다. CO₂의 존재에 대한 시각적 확인은 BTB(Bromothymol blue)를 흰색 티슈에 분무하여 색깔이 변하는 것으로 하였다(그림 1과 그림 2). BTB 용액은 중성 용액일 때 녹색이지만, CO₂가 녹아 산성 용액으로 되면 노란색으로 바뀌므로 CO₂의 유무를 시각적으로도 확인할 수 있다.

3. 연구의 설계

CO₂의 성질에 대한 실험 장치의 효과 검증에는



그림 1. BTB에 의한 색깔 변화를 관찰할 수 있도록 고안된 실험 장치와 실험 과정

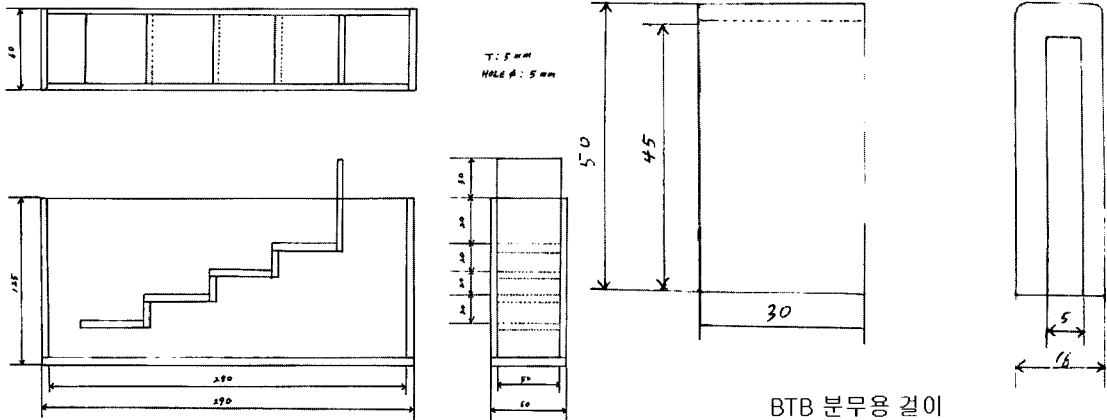


그림 2. 실험 장치 평면도

안산시 C초등학교 6학년 교사 12명과 실험 집단 2개 학급 81명, 비교 집단 2개 학급 80명 등 173명이 참가하였다. 참여 교사의 구성은 남교사 4명, 여교사 8명이며, 교육경력은 10년 이상 4명, 5년 이상 6명, 2년 이상 2명이다. 실험 집단은 남학생 42명, 여학생 39명이며, 비교 집단은 남학생이 41명, 여학생이 39명이었다.

실험 집단은 CO₂의 존재를 시각적으로 식별할 수 있는 BTB 용액 반응 장치를 사용하였고, 비교 집단은 교과서에 제시된 탄산음료와 수조를 사용하는 실험을 실시하였다.

실험 집단과 비교 집단 모두 연구자가 실험 수업을 실시하여 수업자 변인을 통제하였으며, 담임교사는 보조 교사로 참여하였다. 수업 전 보조 교사는 시범 실험을 통하여 실험의 내용, 방법 및 과정을 숙지하였다. 성취도 평가는 두 집단 모두 실험 후 평가를 실시하였고, 지연 평가는 실험의 효과가 없어졌다고 판단되는 4개월 후에 실시하였다.

4. 평가 문항의 작성

학습 효과 확인을 위한 성취도 평가 문항은 지식과 이해를 측정하는 10개 문항과 수업 참여도와 학습 기여도를 확인하는 2문항으로 하였다. 문항지의 타당도는 교과 교육 전문가 1인과 교과 내용 전문가 1인 및 현직 교사 15명에게 의뢰하여 검토하였으며, 5점 만점 중 평균 4.0을 받았다. 신뢰도 검사는 군포시 T초등학교에서 6학년 35명을 대상으로 시행하였으며 Chronbach $\alpha=0.78$ 이었다.

교사용 설문은 실험 장치의 수업 개선 효과, 금

정적인 효과, 기억에 남는 장치, BTB에 대한 이해 정도 및 기타 의견 등 5개의 문항으로 구성하였다.

5. 검증 결과 및 해석

새로운 장치에 대한 활용 방안은 교사의 의견을 토대로 검토하였으며, 실험 장치의 효용성은 개선된 실험이 기존 실험에 비해 학습 효과가 높고 오래 기억되는가에 대하여 학생들의 성취도 결과를 SPSS 10.0로 분석하였다. 또한 남녀 간 학업 성취도에 차이가 있는지를 t-검정으로 살펴보았다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 실험 내용 분석

실험은 6학년 1학기 6단원 여러 가지 기체 단원에 해당된다. 교과서 실험의 장단점을 경기도 초등과학교육연구회 회원과 현직 교사 등 67명에게 기존 실험에 대한 설문 결과는 표 1과 같다. 단점으로 여겨지는 것으로는 탄산음료를 이용할 경우, 수조의 크기, 탄산음료의 소모가 많다, 드라이아이스의 조달 어려움 등이 많았다. 장점으로는 일상생활에서의 활용적인 측면, 탄산음료의 손쉬운 구입, 실험의 편리성 등이 있었다. 그러나 CO₂는 보이지 않는 데다 촛불이 꺼지는 것 외에는 변화되는 것을 관찰할 수 없어 성질의 이해에 다소 불편함이 있었다.

2. 실험 장치에 대한 교사의 응답

개선된 장치에 대한 설문 조사에 참여한 12명의

표 1. 교과서 실험의 장단점 분석 (n=67)

	내용	응답수 (%)
단점	· 눈에 보이지 않으므로 촛불 꺼짐 외에는 확인이 불가능하다.	23(34.3)
	· 드라이아이스의 온도가 낮아 촛불이 꺼지게 된다는 오개념을 파악 수 있도록 보충 설명이 필요하다.	11(16.4)
	· 드라이아이스는 구입처가 한정되어 있고 장시간 보관이 어려워 수업 전 주문해야 한다.	9(13.4)
	· 작은 수조가 없을 경우 탄산음료 소비가 많다.	7(10.4)
	· 양초 높이를 정해주면 좋겠다.	5(7.5)
장점	· 기타 의견	12(17.9)
	· 탄산음료는 쉽게 구할 수 있으며, 생활에 활용된 사례로 적합하다	28(41.8)
	· 실험 준비가 간단하고 쉽게 실시할 수 있다.	20(29.9)
	· 드라이아이스는 원리이해와 CO ₂ 의 성질을 확인하기에 용이하다.	15(22.4)
	· 기타 의견	4(6.0)

교사들은 실험 장치가 CO₂의 학습에 도움이 될 것이라고 대답하였다. 효과의 정도는 ‘매우 높다’ 1명(8.3%), ‘높다’ 11명(91.7%)이었다. CO₂ 관련 실험에 대하여 이해경 등(2004)은 43.7%의 교사가 CO₂의 발생과 성질에 대한 대체 자료 및 다양한 실험 방법에 대한 안내가 필요하다고 하였고, 고영신과 최영재(1994)도 시약과 실험 장치의 조작과 실험 방법의 잘못으로 생기는 오류가 많다고 지적한 바 있다. 또, 김미영(2001)은 CO₂ 관련 실험에서 어려운 조건으로 염산의 농도 조절 42.1%, 성질 실험 23.8%로 들었으며, 성질 확인 시 CO₂ 투입으로 인하여 촛불이 위에서부터 꺼지는 것을 방지하기 위해 5,000 mL 비커 사용을 모색한 바 있다. 따라서 새 실험 장치가 도움이 될 것이라는 응답이 높은 것은 새로운 실험 방법에 대한 교사들의 요구가 반영된 결과로 보인다.

BTB의 변색 원리에 대한 이해 정도는 ‘매우 높다’가 1명(8.3%)이었고, ‘높다’고 응답한 비율은 8명(66.7%), ‘보통’은 3명(25.0%)이었다(표 2). 한편, BTB의 변색 원리가 추가된 것에 대하여 일부 참여 교사에서 이해에 어려움을 겪을 수 있음을 확인하였다. 실험 활동과 관련하여 위험성과 난이도 등의 문제점은 교사들이 실험 활동을 기피하게 하는 원

표 2. 실험 장치의 수업 개선 효과와 BTB에 대한 교사의 이해

문항	매우 그렇다	그렇다	보통	아니다	절대 아니다	계 (%)
수업 개선 효과	1 (8.3)	11 (91.7)	-	-	-	12 (100)
BTB 이용에 대한 이해 정도	1 (8.3)	8 (66.7)	3 (25.0)	-	-	12 (100)

인으로 작용할 수 있다(박종옥과 김선자, 1996). 한편으로, 김분숙 등(2006)은 실험 장치가 복잡하고 어려운 경우 혼란을 초래할 수도 있겠지만 수업 내용이 어려움에도 불구하고 더 흥미로워 했다고 하였다. 따라서 BTB 사용에 대한 어려움은 부정적인 측면에도 불구하고 오히려 과학에 대한 흥미도와 인지적 영역에 대한 긍정적 효과를 함께 가져올 수도 있음을 예상할 수 있다.

장치에서 얻을 수 있는 긍정적인 효과는 ‘CO₂의 성질 확인이 쉽다’ 6명(50.0%), ‘관찰력 증대’ 5명(41.6%), ‘위험성 감소’ 1명(8.3%)의 순이었으며, ‘편리성’과 ‘탐구 능력 배양’ 항목은 응답자가 없었다(표 3). 이 중 편리성 부분은 장치가 교과서 내용보다 복잡해짐으로써 다소 부담을 느끼고 있는 듯 하며, 탐구 능력 배양은 타 요인의 효과가 더 크기 때문에 상대적으로 선택하지 않은 것으로 보인다. 장소영과 노석구(2005), 박상용 등(2006)의 연구 결과서는 실험 활동 과정에서 위험한 약품이나 기구의 사용, 안전 사고 등이 과학에 대한 호기심 감소에 영향을 주지 않으며, 나아가 학생들이 실험 기구의 사용법을 잘 알면 실험을 더 재미있어 하고, 대체 실험 기구나 대체 약품 사용에도 흥미를 느낀다고 하였다. 나아가 효율적으로 정보를 받아들이는 학습자의 감각 기관은 학습자의 특성에 따라 다양하므로 시각, 청각, 운동 감각 기관이 상호 보완되어 다양한 자극원이 되도록 활용한다면 학습 효과는 높일 수 있을 것이다(우정희 등, 2004; 임청환 등, 2000).

기억에 남는 실험 과정과 장치에 대하여는 ‘붙어 꺼지는 순서’가 7명(58.3%), ‘관찰 장치’가 4명(33.3%),

표 3. 장치에서 얻을 수 있는 긍정적인 효과

성질 확인이 쉽다	관찰력 증대	위험성 감소	탐구 능력 배양	편리성	계 (%)
6(50.0%)	5(41.6%)	1(8.3%)	-	-	12(100)

‘변색 과정’이 1명(8.3%)를 차지하여 장치의 구성 자체에 91.6%의 교사들이 관심을 가지고 있었다(표 4). 이는 기존 교과서의 실험 방법이 CO₂의 성질을 확인하기에 다소 불편함이 있었던 것으로 볼 수 있다. 한편, 일본 교과서에서는 *わくわく理科*의 경우, 양초를 이용하여 CO₂의 성질을 확인하고 있고(大隅良典 等, 2002), *新しい理科*는 기체검지관을 이용하고 있다(三浦 登 等, 2002).

실험 참여 교사들은 실험 장치의 구조적인 문제점과 BTB에 의한 색 변화 어려움을 염두에 두고 있었다. 구조적인 문제점은 장치가 윗면이 열려 있는 구조이므로 실험자의 의도에 맞추어 CO₂의 투입량과 방법을 다양하게 투입할 수 있다. 색깔 변화와 관련한 내용은 BTB의 원리 문제로, 지시약에 대한 지식의 습득과 사전 실험으로 해결할 수 있을 것이다.

3. 실험 참여도와 학습 기여도

수업 종료 후 학생들의 수업 참여 정도를 조사한 결과, 실험 집단이 비교 집단에 비해 실험에 적극적으로 활동한 것으로 나타났다(표 5). CO₂의 성질에 대한 학습 기여도에서는 실험 집단의 경우 ‘매우 그렇다’는 응답이 47명(57.6%), ‘그렇다’는 27명(33.3%)으로 전체의 90.9%를 차지한 반면 실험 집단에서는 ‘매우 그렇다’는 응답이 27명(33.0%), ‘그렇다’는 응답이 24명(30.3%)으로 전체의 63.3%로 나타나 집단 간 차이를 보이고 있다($p < 0.05$).

이러한 차이는 교과서에 없는 실험을 실시한 것

표 4. 기억에 남는 실험 과정과 장치

불 꺼지는 순서	관찰 장치	변색 과정	양초의 이용	CO ₂ 용기	계 (%)
7(58.3)	4(33.3)	1(8.3)	-	-	12(100)

표 5. 학생들의 실험 참여 정도와 학습 기여도

문항	구분	매우 그렇다					그렇다		보통		아니다		절대 아니다	n (%)	평균	표준 편차	t
		매우 그렇다	그렇다	보통	아니다	매우 그렇다	그렇다	보통	아니다								
1	실험에 적극적으로 활동하였다.	실험 집단	28(34.8)	20(24.2)	29(36.4)	4(4.5)	0	81(100.0)	3.89	0.95	2.30*						
	비교 집단	17(21.1)	22(27.5)	30(37.6)	8(10.1)	3(3.7)	80(100.0)	3.52	1.04								
2	실험은 CO ₂ 의 성질을 이해하는데 도움이 되었다.	실험 집단	47(57.6)	27(33.3)	5(6.1)	1(1.52)	1(1.52)	81(100.0)	4.44	0.81	3.86*						
	비교 집단	27(33.0)	24(30.3)	25(31.2)	2(2.8)	2(2.8)	80(100.0)	3.85	0.87								

* $p < 0.05$.

과 새로운 장치에 대한 호기심 두 가지 요소가 복합적으로 작용한 결과로 보인다. 따라서 새로운 실험 장치나 다양한 실험 방법의 도입으로 참여도와 이해도를 높일 수 있을 것으로 기대한다.

4. 학업 성취도 변화

학업 성취도 평균은 직후 평가에서는 실험 집단은 83.8점, 비교 집단이 81.1점으로 집단 간 차이가 없었다(표 6). 그러나 4개월 후의 지연 평가 평균은 실험 집단이 80.0점, 비교 집단이 69.5점으로 실험 집단의 성적이 10.5점 높았으며, 집단 간 유의미하게 차이가 있었다($p < 0.05$). 지연 평가 계획은 연구자만 알고 있었으며, 평가를 대비한 집단 별 사후 처치는 없었다. 또한, 지연 평가는 개학 후 예고 없이 동시에 실시되었으므로 외부 요인의 영향은 없는 것으로 볼 수 있다. 따라서 실험 장치는 CO₂의 성질을 이해하고 오랫동안 기억하는 데 효과적이라고 볼 수 있다.

정대균 등(2007)의 연구에서 CO₂의 성질에 관한 학생들의 답변 분석에서 정답을 제시한 경우가 65%이었으며, 오답률은 35%라고 하였다. 이 연구에서

표 6. CO₂의 성질에 대한 학업 성취도 평가 결과 (100점 만점)

		직후 평가		지연 평가		t
		평균	표준 편차	평균	표준 편차	
실험 집단 (n=81)	평균	83.8		80.0		1.262
	표준 편차	18.14		18.45		
비교 집단 (n=80)	평균	81.1		69.5		4.011*
	표준 편차	18.07		20.94		
t		0.981		3.291*		

* $p < 0.05$.

비교 집단의 지연 평가 정답률 69.5%는 정대균 등 (2007)의 정답률 65%와 유사한 수치임을 알 수 있다. 반면, 실험 집단의 정답률 81.1%는 위 결과에 비해 높게 유지되고 있었다.

5. 성별에 따른 실험 참여도와 학업 성취도

실험 활동의 적극성과 관련하여 실험 집단과 비교 집단 모두 남녀 간 차이를 보이지 않았으며, CO₂의 이해 기여도에서도 남녀 간 유의한 차이는 없었다(표 7). 성별에 따른 과학 선호도에 대한 박찬주 등 (2007)의 연구에서 여학생은 실험 참여도가 높지만 과학 선호도는 낮다고 하였다. 한편, 장소영과 노석구(2005)는 탐구 활동에 대한 인식이나 실험 활동에 대한 흥미에서 여학생이 전반적으로 남학생보다 부정적이었다고 하였다. 따라서 이러한 차이를 극복하기 위한 방안으로 박찬주 등(2007)은 과학 수업의 재미가 선호도와 상관이 있다고 보고 흥미를 자극할 수 있는 내용과 수업 전략, 프로그램 개발의 필요성을 제안하고 있다. 본 실험에서 CO₂의 성질 실험에서 실험 참여도에 남녀 간 차이를 보이지 않는 것은 실험 장치나 실험 주제가 흥미를 끌기에 충분한 소재였거나, 실험 내용의 특성에 의한 영향이 있으리라 생각된다.

성별 학업 성취도 평가 결과, 실험 집단은 직후 평가와 지연 평가 모두 80점 내외로 차이가 없게 나타난 반면 비교 집단은 평균 10점 이상 성적이 낮았다. 특히 여학생의 지연 평가 성적은 82.7점에서 13.8점이 떨어진 68.9점을 보여 유의미하게 낮게 나타났다(표 8). 여학생의 과학 실험에 대한 호감도가 낮다는 선행 연구(박찬주 등, 2007) 결과로 미루

표 7. 성별 실험 참여 정도와 CO₂의 성질 이해 기여도

문항			인원수	평균	표준편차	t	
1	CO ₂ 의 성질 실험에 적극적으로 활동하였다.	실험 집단	남	42	3.86	1.00	-0.13
		여	39	3.90	.94		
		비교 집단	남	41	3.55	1.05	0.35
		여	39	3.48	1.04		
2	실험 장치는 CO ₂ 의 성질을 이해하는데 도움이 되었다.	실험 집단	남	42	1.59	.76	0.38
		여	39	1.51	.87		
		비교 집단	남	41	2.22	1.09	1.15
		여	39	2.00	.86		

표 8. 성별 집단별 학업 성취도 평가 결과 (100점 만점)

구분	성별		직후 평가	지연 평가	t
실험 집단	남 (42명)	평균	85.6	79.0	1.66
		표준 편차	16.97	17.74	
	여 (39명)	평균	83.3	80.1	.66
		표준 편차	19.19	19.85	
t			.51	-.24	
비교 집단	남 (41명)	평균	79.1	70.6	1.85
		표준 편차	20.81	22.86	
	여 (39명)	평균	82.7	68.9	-3.80*
		표준 편차	14.62	18.78	
t			-1.03	.36	

* p<0.05.

어 실험 집단에서도 여학생의 성적이 하락할 것으로 예상하였으나, 비교 집단에서만 남녀 모두 성적이 하락하여 실험에 대한 흥미의 중요성을 말해주는 결과라 할 수 있다.

IV. 결론 및 고찰

눈에 보이지 않는 기체인 CO₂의 존재를 BTB의 색깔 변화로 관찰이 가능하도록 실험 장치를 구성하고 수업에 적용하여 학습 활동과 학업 성취도 변화에 미치는 효과를 알아보았다. 그 결과, 새로운 실험 장치는 무난하게 수업에 적용할 수 있었고, CO₂의 존재는 양초의 꺼짐과 BTB의 색깔 변화 2가지

모두를 통해 확인할 수 있었다.

실험 장치 개선에 대한 교사들의 의견으로는 성질 확인 용이 및 관찰력 증가, CO₂의 소모량 감소, 지시약에 대한 지식 획득 등으로 인한 수업 개선 효과를 가져 올 것으로 기대하고 있었다. 보완이 필요한 사항은 장치의 단순화, 지시약의 원리에 대한 교육 등이 있었다.

학업 성취도와 관련하여 실험 직후 평가에서는 실험 집단과 비교 집단의 성취도 차이가 없었다. 그러나 4개월 후의 지연 평가에서 실험 집단의 성적 저하는 없었지만 비교 집단의 성적은 유의미하게 저하되는 것을 확인하였다. 따라서 개선된 실험 도구는 학습 효과 증대, 기체의 성질 이해도 증가 등 긍정적인 효과가 있음을 알 수 있다.

여학생의 과학에 대한 선호도는 남학생에 비하여 낮은 것이 일반적이지만(박찬주 등, 2007), 이 실험에서는 남학생과 차이가 없었는데, 그 이유는 실험 기구와 방법이 교과서 내용과 달랐기 때문에 흥미를 불러일으킨 것으로 생각된다. 따라서 다양한 실험 방법을 꾸준히 개발하여 도입한다면 과학에 대한 관심을 증가시킬 수 있을 것으로 보인다.

기체 성질 확인 실험과 관련하여 상온의 용기에 들어있는 기체를 사용하는 것은 온도에 따른 기체의 유동을 감소시키는 방법이 될 수 있다. 화학 반응으로 발생된 기체가 상온보다 높아 그 성질에 관계없이 위로 상승함으로써 실험 결과를 왜곡시키는 굴뚝 효과를 가져 올 수 있다. 용기 안의 CO₂ 기체는 상온으로 보관되므로 실험에 투입 시 온도 변인 통제가 용이한데다 비닐관을 이용하여 장치 아무 곳에서나 자유로이 CO₂ 기체를 투입할 수 있어 다양한 실험을 구성할 수 있다.

연구에서 적용한 실험은 CO₂의 성질 확인에 초점이 맞추어진데다, 보이지 않는 기체의 존재를 밝혀내고 그 성질을 알아보는 내용으로 구성되어 생활과의 적용 사례보다는 과학적 증명에 치중한 실험이라는 점을 고려해야 한다. 한편으로 과학의 실용적 기능에 대한 교육도 교과서 실험과 아울러 필요한 사안임을 시사한다.

나아가 상품으로 출시된 양질의 기체를 활용함으로써 화학 반응에 의한 부적절한 냄새, 다른 기체와의 혼합, 화학 반응에 따른 위험 요소를 낮추어 실험 과정을 즐기고 좋은 실험 결과를 가져오는 효과를 기대할 수 있다.

참고문헌

- 강대원(2002). 기체 단원 학습을 위한 WBI의 구현 및 적용. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
- 고영신, 김세경, 이혜경(2004). 초등학교 과학과 이산화탄소 발생실험의 개선에 관한 연구. 초등과학교육, 23(2), 152-158.
- 교육부(1997). 초등학교 자연과지도서 과학 6-2. 국정교과서주식회사.
- 교육인적자원부(2005a). 초등학교 교과서 과학 실험관찰 6-1. 대한교과서주식회사.
- 교육인적자원부(2005b). 초등학교 교사용 지도서 과학 6-1. 대한교과서주식회사.
- 교육인적자원부, 한국교원대 자연과학연구소(2004). 초등학교 6학년 1학기 6단원 과학 탐구수업 지도자료. 한국교원대학교.
- 김미영(2005). 초등과학 교과서 내용 중 산소와 이산화탄소 발생 실험에 대하여. 대한화학회지, 32(4), 24-31.
- 김분숙, 임채성, 김은진(2006). 초등과학 실험수업에서 탐구 요구 수준에 따른 초등학교 학생의 정의적 영역 학습의 특성. 초등과학교육, 25(4), 396-406.
- 김찬중, 채동현, 임채성(1999). 과학교육학개론. 북스힐.
- 민경숙(2000). '산소 이산화탄소'단원 학습에서 과학사 도입의 효과. 인천교육대학교 대학원 석사학위논문.
- 박상용, 박재근, 여상인(2006). 과학실험수업에서 MBL의 적용이 초등학교 학생의 학업 성취도 및 과학 관련 정의적 특성에 미치는 효과. 초등과학교육, 25(4), 454-464.
- 박종욱, 김선자(1996). 초등학교 교사들이 자연과 실험수업에서 겪는 문제점 조사. 한국초등과학, 12(2), 263-282.
- 박찬주, 동효관, 신영준(2007). 성별에 따른 초등학교 학생의 과학선호도 차이와 과학선호도에 영향을 주는 요인분석. 초등과학교육, 26(2), 216-225.
- 박현우, 강심원(2007). 초·중학생의 과학에 대한 태도와 환경 인식 분석. 한국생물교육학회지, 35(1), 92-100.
- 엄상수(1998). 산소와 이산화탄소 단원에서 과학적 개념 형성을 위한 교수 전략의 효과. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
- 우정희, 최선영, 강호감(2004). 시각적 노트작성활용이 초등학교 학생의 창의력과 과학과 학업 성취도에 미치는 효과. 초등과학교육, 23(3), 173-181.
- 이혜경, 김세경, 고영신(2004). 초등학교 과학과 이산화탄소 발생실험의 개선에 관한 연구. 초등과학교육, 23(2), 152-158.
- 이혜향(2003). 초등학교 과학과 이산화탄소 발생실험의 개선에 관한 연구. 서울교육대학교 대학원 석사학위논문.
- 임청환, 권성기, 송명섭, 송남희 공역(2000). 초등과학교육-구성주의적 접근. 서울, 시그마프레스, pp. 240-260.

- 장소영, 노석구(2005). 초등학생의 과학선호도에 영향을 주는 과학수업에 대한 인식조사. *초등과학교육*, 24(4), 435-442.
- 정대균, 이해정, 정선희, 오창호, 박국태(2007). 기체에 대한 초등학생들의 개념조사 및 대안개념 유형 분석. *초등과학교육*, 26(4), 359-371.
- 정미숙(2003). 과학사적 관점에서 본 연소에 대한 초등학교 교과서 분석 및 초등교사들의 개념 조사. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
- 최영재, 고영신(1994). 국민학교 자연과 실험지도방법의 오류분석. 서울교대 과학교육연구소. *과학과 수학교육 논문집*, 20, 131-150.
- 三浦 登, 奥井知久ほか29名(2002). *新しい理科(6學年)*. 東京書籍株式會社. 東京.
- 大隅良典, 石浦章一, 鎌田正裕ほか37名(2002). *わくわく理科6學年 上*. 新興出版社 啓林館. 東京.
- Esler, W. K. & Esler, M. K. (1993) *Teaching Elementary Science*, 6th ed. Wadsworth Publishing Company, California.