

“병안의 촛불실험” 지도를 위한 새로운 접근

류재인 · 고태중* · 한광래¹

함평손불초등학교 · 전주교육대학교* · 광주교육대학교¹

A New Approach to Teaching "Candle's Combustion in a Bottle" Experiment

Jae-in Ryu, Han-joong Koh* and Kwang-lae Han¹

Hampyong Sonbul Elementary School ·

Chonju National University of Education · Kwangju National University of Education¹*

ABSTRACT

The purpose of this study was to survey the thinking of children, preliminary elementary teachers and elementary teachers in relation to the experiment of candle's combustion in a bottle on the water, to develop some supplementary experiments for the correction of the misconception on this experiment and to propose a new teaching method for this subject-matter

The results of this study can be summarized as follows.

1. Most of the answers are related to the simple observation as the extinguishing of candlelight and the water rising in the bottle after a candle's combustion. And it is appeared that all the groups are similarly short of the ability of experimental design to verify the cause and effect.
2. From the results of the developed supplementary experiments, it is concluded that the main cause of the water rising is not the combustion of oxygen, but the expansion of volume and the releasing of air in the bottle in the bottle by heat of candle's combustion.
3. Based on the above results, a new direction for the teaching method of this subject is proposed.

1. 서론

전통적으로 과학교육의 현장에서는 경험주의 인식론을 받아들여, 과학지식이 과학적 사실, 개

념, 법칙 또는 원리, 이론, 가설 등으로 구성되어 있고, 참된 가치를 지니고 있으므로 이러한 지식을 중심으로 과학학습을 지도하여 왔다. 따라서 이러한 전통적 인식론의 입장을 취한 과학교육

과정과 학습지도 전략은 과학지식의 논리적 분석과 과학의 과정에 대한 방법론적인 분석에 한정시켰기 때문에, 학습의 주체인 학생들이 과학을 학습하는 과정은 물론 과학자들이 과학지식을 추구하는 과학적 탐구활동 자체에 대한 설명을 소홀히 하였다.

과학교육에서 지향하는 목표는 과학교육을 통하여 성취되어질 학생들의 상태변화로 볼 수 있으며, 학생들의 상태는 학습을 보는 관점에 따라 행동이나 인지구조로 나타낼 수 있다. 즉, 행동주의에서 학습은 행동의 변화를 가져오는 과정으로 보고, 상태를 관찰과 측정이 가능한 행동으로 간주하고 있으나, 인지론자들은 학습을 인지구조의 변화로 보고, 상태를 학생이 파지한 인지구조로 간주하고 있다. 여기에서 인지구조란 학습자의 의식속에 조직적으로 정리된 일련의 아이디어 혹은 개념을 의미한다.(김찬종의, 1999)

Piaget(1964)는 인지 구조론에서 과학교육의 궁극적인 목표를 형식적 조작의 인지구조 체제나, 이 구조에서 나타낸 과학지식의 강조보다는, 학습해가는 방법론을 중요시하고 비판적 사고를 강조하였다. Bruner(1966)는 1950년대 세계적으로 과학교육 개혁 운동의 기본이 된 학문중심주의와 Piaget의 인지구조론의 영향을 받아서, 과학교육에 널리 적용되는 과학의 기본적 지식과 과학적 탐구능력의 배양의 필요성을 강조한 바 있다.

최근에는 관념론의 실체론과 상대론적 인식론을 배경으로 구성주의 심리학이 확립되고, 이것에 기초한 학습론의 중요성이 국내·외의 과학교육 현장에서 활발하게 논의되고 있다.

Kelly(1977)에 의해 최초로 이론화가 시작된 구성주의 심리학에 따르면 인지구조는 사물을 보는 개념들로서 과학 지식의 내용이나, 그것이 형성된 상황에 독특한 특성을 지니며, 학습자는 학습할 내용과 관련된 개념들 또는 도식(schemes)을 이미 파지하고 있어서 그 개념들을 적극적으로 이용하여 새로운 상황을 해석하고 이해하며, 그 결과를 바탕으로 새로운 지식을 구

성한다. 또한 학생들이 가지고 있는 지식도 대개 개념체계이거나 이론적 구조로서 그들의 일상적인 경험을 토대로 얻어진 직관적인 관념이 바탕이 되기 때문에 단기간에 이루어진 한두 차례의 학습지도에 쉽사리 변화되지 않는다고 강조하고 있다.

지금까지의 국내외 학생들의 사전 과학적 지식에 관한 연구에서도 똑같은 경향을 보여주고 있어서, 학생들의 사전지식은 과학교육의 중요한 요인으로 인식되고 있다(Gauld, 1988; 문충식·권재술, 1991).

현재 초등학교에서 이루어지고 있는 과학수업 실태를 보면 학생들의 선개념이 무엇이며, 그 다양성은 어떠한지 구체적으로 조사해 보지 않고 전시 학습 회상을 한 후 수업에 임하는 일이 보통이다.

학생들이 갖고 있는 유년적 사고를 무시한 채로 과학 수업을 진행하게 되면 학습 효과가 현저하게 저하되게 되고, 지나치게 흥미 위주의 상상력만을 추구하여 때로는 과학적 사실과는 거리가 먼 비과학적 요소들이 강조되고 있기도 하다(전우수, 1993; 이용복, 1992).

따라서 학생들이 갖고 있는 선개념을 조사하여, 이 가운데에 비과학적인 개념을 바로잡아줄 수 있는 여러 가지 실험방법을 개발하고, 구체적인 실험자료를 수집한 다음, 이것을 현장학습에 직접 적용해보는 통합적인 연구활동이 필요하다고 생각한다.

제 7차 교육과정에서 과학과의 6학년 내용에는 촛불의 관찰이 포함되어 있고, 이 주제는 초의 연소 관찰하기, 연소의 조건과 소화와의 관계 알아보기로 구성되어 있다(교육부, 1998).

초는 연소과정에서 여러 가지 물리적 현상과 화학적 변화를 동반하고 있고, 우리 일상생활에서 쉽게 접할 수 있기 때문에 탐구학습의 주제로서도 적당하다고 생각한다. 연구자는 초의 연소에 대한 아동들의 관찰 능력을 조사 보고하였으며, 교육대학교 학생들의 실험시간에 이 주제를 선택하여 지도하였고, TV 프로그램에서 이

실험주제를 시칭한 경험이 있었다. 이러한 과정에서 병 안에서 초의 연소를 관찰 할 때 가질 수 있는 오개념을 발견하였다(한광래·송판섭, 1995: 한광래, 1995: 한광래외, 1999). 따라서 이러한 오개념에 대한 조사는 일선교육현장에서 초의 연소를 지도할 때 실질적으로 도움이 되리라고 생각한다.

본 연구는 병 안에서 촛불실험과 관련된 학생, 예비교사 그리고 교사들의 생각들을 조사한 다음, 여기에서 나타난 오개념을 바로 잡아줄 수 있는 몇 가지 보조실험을 개발하고, 이것을 바탕으로 병안의 촛불실험의 지도를 새로운 방향에서 접근하기 위한 것이다.

II. 연구방법과 절차

먼저 병 안에서 초의 연소와 관련된 생각을 알아보기 위한 방법으로, 끝이 열린 질문을 통하여 자유롭게 답을 작성할 수 있도록 요구하는 비구조적 형식의 질문지법을 선택했다. 질문지의 문항을 <표 1>에 제시하였는데, 이와 같은 문항은 초등학교 6학년 자연과의 3. 산소와 이산화탄소라는 단원 중에서 「연소에 필요한 물질」과 「초가 연소할 때 생기는 물질」이라는 소단원에 포함되어 있는 내용들을 근거로, 그림에 나타난 실험 장치를 통해 일어날 수 있는 현상을 예상하여 보고, 그와 같이 예상한 이유, 그리고 이것을 실험적으로 확인할 수 있는 구체적인 실험방법을 찾아낼 것을 요구하도록 작성되어 있다.

<표 1> 문항의 내용

1	오른쪽 그림(부록1 참조)과 같은 실험을 할 때, 어떠한 변화가 일어나겠는가?
2	1번과 같은 변화가 일어난 원인은 무엇이라고 생각하십니까?
3	2번에서 답한 변화의 원인을 알아보기 위한 실험방법을 구체적으로 쓰시오.

연구의 대상으로는 아동들이 일상생활에서 가지고 있는 선개념을 알아보고자 산소와 이산화탄소 단원을 배우지 않는 초등학교 5, 6학년 아동들을 대상으로 했으며, 산소와 이산화탄소와 관련된 단원을 초·중등 교육과정을 거쳐서 배웠던 광주교육대학교 2학년에 재학중인 예비교사와 교육대학원에 다니는 현직교사들을 대상으로 하였다. 이렇게 조사된 결과는 병안에서 초의 연소에 대한 각 집단간의 생각을 비교하는데 도움이 되었다.

조사의 시기는 아동에 대해서는 1999년 5월말과 9월말 2회에 걸쳐 실시했고, 예비교사들에 대해서는 6월 중순에 실시되었으며, 현직교사들은 방학중인 8월말에 실시되었다. 연구를 위한 조사 대상의 총 인원은 381명이었으나, 응답자는 304명(79%)이었으며, 조사대상에 대한 각각의 인원수는 <표 2>와 같다.

<표 2> 조사대상에 따른 인원수

대 상	배 포 수	회 수(%)
초등학교 5·6학년	100	83(83)
예비교사	181	181(100)
현직교사	100	40(40)
총합	381	304(79)

다음으로는 조사결과 나온 오개념을 바로잡기 위한 몇가지 보조실험을 개발하고, 구체적인 실험 결과를 얻었다. 그리고 이러한 자료를 바탕으로 오개념을 교정할 수 있는 새로운 지도방법을 현장학습에 적용하였다.

III. 연구 결과

1. 설문지 결과

<표 1>에서 질문한 내용을 바탕으로 응답한 결과를 <표3>에서 <표 13>까지 세분화하여 나타내었다.

<표 3> 설문지 분석 결과(1번 문항)

단위 : 응답수

응답내용	응답대상	초등학생 (5,6학년:83명)	예비교사 (2학년:181)	현직 교사 (광주·전남:40명)	계(%)
A	촛불만 꺼짐	37	98	16	151(37)
B	촛불이 꺼지고 물이 올라옴	5	53	8	66(16)
C	뿌옇게 됨	9	21	4	55(14)
D	물방울이 맺힘	5	28	5	38(9)
E	그을음 발생	5	24	4	33(8)
F	병안에 연기가 참	5	6	3	14(4)
G	변화없음	9	2	2	13(3)
H	촛불이 꺼지고 물이 밖으로 밀려나감	1	9	1	11(3)
I	폭발현상	1	2		3(1)
J	무응답	5			5(1)
K	기타	5	12		17(4)
계		108	255	43	406(100)

* 한사람의 2가지 이상 답변도 각각 독립된 예상으로 간주

가. 1번 문항 결과

1번 문항에 대한 답변(표 3 참조)으로 병속 변화에 대해 초등학생들은 촛불만 꺼질 것(A)이라는 의견등 9가지의 응답이 있었고, 비이커가 따뜻해질 것 같다. 물이 없어진다. 등의 기타의견이 나왔으며, 응답하지 않는 사람도 5명이 있었다. 예비교사들도 9가지 유형의 다른 응답을 했고, 상반된 의견을 동시에 기재한 사람이 12명이었으며, 1번 문항에 대해 무응답자는 없었다. 그리고 현직교사들 40명은 8가지 유형의 응답을 했다.

전체적으로 응답한 답변을 세분해보면 304명의 응답자가 406가지 답변을 제시했으며, 응답내용

을 비율로 살펴보면, 촛불만 꺼진다(A)는 전체 응답의 37%로 나타났으며, 이어서 촛불이 꺼지고 물이 올라온다(B)는 의견이 16%였고, 촛불이 꺼지고 물이 밖으로 밀려나갈 것(H)이라는 의견도 11명(3%)으로 나와서 촛불의 변화나 병속 물의 위치에 대한 관심이 많이 제시되었다.

특히 초등학생들은 촛불만 꺼진다(A)는 응답과 함께 뿌옇게 됨(C)이라는 의견으로 촛불과 병(비이커)에 나타나는 현상에 주로 관심을 보였으며, 예비교사들은 촛불만 꺼진다(A)는 응답과 함께 촛불이 꺼지고 물이 올라온다(B)는 응답을 했으며, 뿌옇게 됨(C), 물방울이 맺힘(D), 그을음 발생(E)한다는 의견도 상당수 나왔다. 그리고 현

<표 4> 설문지 분석 결과 : A. 촛불만 꺼지는 이유

단위 : 응답수

이렇게 응답한 이유	초등학생	예비교사	초등교사	계 (%)
산소(공기)가 없기때문	11	61	9	81(54)
이산화탄소 발생(공기가 나빠져서)	2	48	2	52(35)
공기팽창(공기가 빠져나가기 때문)	4			4(26)
공기가 안통하기 때문	7			7(46)
수분이 많아져서	4			4(26)
공기의 압력(공기가 누르기 때문)	1			1(7)
공기가 차서(차가운 공기 때문)	1			1(7)
산소가 물에 녹으므로		1		1(7)
무응답				
계	30	110	11	151(100)

직교사들은 초등학생들이나 예비교사들에 비해 한사람이 다양한 답변을 제시하지 않고, 한가지 내용위주로 답변했다.

그리고 여기에서 주목할 점은 변화없이 계속 탈것(G)이라고 답한 의견도 13명(초등학생 9명, 예비교사 2명, 현직교사 2명)이나 되었고, 폭발이 있을 것(I)이라고 답한 사람도 3명(초등학생 1명, 예비교사 2명)이나 나왔다.

나. 2번 문항 결과

다음은 2번 문항(1번문항과 같이 답한 이유)에 대한 결과이다. 2번 문항에 대한 응답수는 총 410개(초등학생 104, 예비교사 264, 현직교사 42)였고, A. 촛불만 꺼지는 이유에 대한 응답수는 151개였고, B. 촛불이 꺼지고 물이 올라온다는 이유에 대한 응답수는 76개였으며, C. 뿌옇게 됨(안개가 발생한다)이라는 이유에 대한 응답수는 60개였다. D. 물방울이 맺힌다(습기가 참)의 이유에 대한 응답은 38개였고, E. 그을음이 발생한 이유에 대해서 33개의 응답이 나왔으며, 또한 F. 병안에 연기가 차는 이유에 대한 답변으로 14개의 응답을 했고, G. 변화없다(계속 탈것), H. 촛

불이 꺼지고 물이 밖으로 밀려나는 이유에 대해서 각각 13개, 11개 응답을 했다.

A. 촛불만 꺼지는 이유(표 4)에 대해서 8가지 응답유형이 있었고, 무응답자는 없었다. 응답한 내용을 분석해 보면, 절반이 넘는 답변들이 • 공기(산소)가 없어졌기 때문이라고 응답했고, 52(35%)개의 응답이 • 이산화탄소 발생(공기가 나빠져서)라고 답했다. 그 외에 • 수분이 많아져서, • 공기의 압력(공기가 누르기 때문), • 공기 팽창(공기가 빠져나가기 때문), • 공기가 안통하기 때문, • 공기가 차서(차가운 공기 때문), • 산소가 물에 녹으므로와 같은 소수의견도 나왔다.

초등학생들은 비교적 다양한 응답을 한데 반해, 예비교사나 현직교사들은 • 이산화탄소가 발생(공기가 나빠져서), • 산소(공기)가 없어져서라는 답변이 대부분이었다.

B. 촛불이 꺼지고 물이 올라오는 이유(표 5)에 대해서 6가지 응답이 있었고, 무응답자는 없었다. 응답한 내용을 분석해 보면, f. 공기의 압력차(압력이 낮아짐) 때문이라고 답한 응답수는 26개(34%)였고, • 산소(공기)가 없어졌기 때문이라고 응답한 것은 23개(30%)였다. 그 외에 • 이산

<표 5> 설문지 분석 결과 : B. 촛불이 꺼지고 물이 올라옴 단위 : 응답수

그렇게 응답한 이유	초등학생	예비교사	초등교사	계 (%)
공기의 압력차(압력이 낮아짐)	1	23	2	26(34)
산소(공기)가 없기때문	2	20	1	23(30)
이산화탄소 발생(공기가 나빠져서)	2	6	7	15(20)
이산화탄소가 물에 녹기 때문		10		10(13)
촛불의 연기에 의해서	1			1(13)
따뜻한 공기가 차가운 물을 끌어 올리므로	1			1(13)
무응답				
계	7	59	10	76(100)

<표 6> 설문지 분석 결과 : C. 뿌옇게 됨(안개가 발생) 단위 : 응답수

그렇게 응답한 이유	초등학생	예비교사	초등교사	계 (%)
온도차에 의해 발생	11	8	3	22(36)
촛불의 연기에 의해서	6	4		10(17)
물이 증발되어(수증기가 되어)	3	5	1	9(15)
이산화탄소 발생(공기가 나빠져서)	1	6		7(12)
산소(공기)가 없기때문	2			2(3)
무응답	8	1	1	10(17)
계	31	24	5	60(100)

화탄소 발생(공기가 나빠져서), • 이산화탄소가 물에 녹기 때문, • 촛불의 연기 때문, • 따뜻한 공기가 차가운 물을 끌어올리기 때문이라는 의견이 나왔다. 그리고 • 이산화탄소가 물에 녹기 때문이라고 답한 예비교사들의 응답이 10개나 있었으며, • 공기의 압력차 때문이라고 답한 예비교사들의 응답도 23개나 되었다. 그러나 상대적으로 • 공기(산소)가 없기 때문이라는 응답은 초등학교생이나 현직교사들에 비해 상대적으로 빈도가 낮았다.

C. 안개가 발생(뿌옇게 됨)하는 이유(표 6)에 대해서 5가지 응답이 있었고, 무응답자도 전체 비율의 17%에 해당하는 10명(초등학교생 8, 예비교사 1, 현직교사 1)이나 되었다. 응답한 내용을 분석해 보면 • 온도차 때문이라고 응답한 것은 22개(37%)로 가장 많았고, • 이산화탄소 발생(공기가 나빠져서), • 산소(공기) 소모, • 물이 증발되어(수증기가 되어), • 촛불의 연기에 의해서라는 의견이 나왔다. 초등학교생들의 답변을 보면 무응답도 8명으로 가장 많았지만, 반면에 가장 다양한 답변을 했다.

<표 7> 설문지 분석 결과 :

H. 촛불이 꺼지고 물이 바깥으로 나갈 단위 : 응답수

그렇게 응답한 이유	초등학생	예비교사	초등교사	계
내부공기 팽창	1	2		3
이산화탄소가 산소보다 무거움		7	1	8
무응답				
계	1	9	1	11

H. 촛불이 꺼지고 물이 밖으로 나간다고 생각한 이유(표 7)에 대해서는 첫 번째, 내부 공기 팽창이라는 응답과 함께 발생한 이산화탄소가 산소보다 무겁기 때문이라고 응답했다.

전체적으로 이 단원을 이미 학습한 예비교사나 현장교사보다 초등학교생들이 ‘따뜻한 공기가 물을 끌고 올라간다’처럼 표현은 어색했지만 다양한 답변을 했다는 것을 알 수 있으며, 예비교사들이나 현장교사들은 이 실험에서 일어날 현

상에 대해 기존에 배웠거나 지도하고 있는 내용을 무비판적으로 받아들이고 있는 것처럼 보였다.

다. 3번 문항 결과

3번 문항 분석 결과, 예비교사를 제외하고는 전 체적으로 3번 문항에 대해 적절한 답변을 하는 경우가 드물었으며 무응답이 많았다. 또한 응답한 의견들 중 많은 답변이 보조 실험 설계로서 적절치 않았거나 2번 문항에 대한 답변으로 타당하지 않았다.

3번 문항에 대한 응답수는 총 379개(초등학교생 58, 예비교사 276, 현직교사 45)였고, • 비커에 이산화탄소가 발생하는 원인을 알아보기 위한 방법에 대한 응답수는 124개였고, 비이커에 이산화탄소가 생기기 때문이라는 것을 확인하기 위한 방법(표 8)으로 3가지 유형의 의견이 나왔고 무응답자는 17명(14%)이나 되었다. 특히 초등학교생들과 현직교사들의 답변은 미비했으며, 응답자들은 감부기를 병에 넣어보는 방법(55%)이나 수조 안에 석회수를 넣는 방법(30%)을 주로 제시했다. • 산소(공기)가 없어서라는 원인을 알아보기 위한 방법(표 9)에 대한 응답수는 117개였고, 8가지 의견이 나왔고, 무응답자는 24명이나 되었으며, 초등학교생과 현직교사들의 답변은 미비했다. • 온도차이라는 원인을 알아보기 위한 방법에 대해 응답수가 37개였다. • 수분이 많거나 수증기가 되어서라는 원인을 알아보기 위한 방법으로 13개의 응답수가 나왔다. • 이산화탄소가 물에 녹아서라는 원인을 알아보기 위한 방법에 대한 응답수는 10개였고, • 압력차 때문이라는 원인에 대해 알아보는 방법은 36가지였으며, • 병속 공기 팽창이라는 원인을 알아보는 방법에 대해 8가지 응답이 있었고, • 불완전 연소라는 원인을 알아보는 방법에 대해 29가지 응답이 있었으며, • 물속에서 산소(공기)를 공급하는 방

법에 대해 5가지 응답이 있었다.

3번 문항의 응답으로는 감부기를 병에 넣어보는 방법이나 산소를 포집한 후 촛불에 붓는다는 방법을 많이 제시했다. 그 외에 바닥상태가 다른 곳에서 비이커를 덮음, 크기가 다른 집기병 비교, 등피와 비이커를 통해 공기 출입 조절, 인(마그네슘) 연소, 연소가 끝난 비이커에 식물을 넣어봄 등의 의견이 제시되었다.

초등학교 학생, 예비교사, 현직교사를 대상으로 실시한 설문지 조사를 통해 나타난 결과는 다음과 같다.

1번 문항에서는 전체 의견의 절반이상(53%)이 촛불의 불이 꺼지는 현상에만 관심을 갖고, 병을 덮기 시작했을 때 나타나는 그 외의 현상에 대해서는 비교적 관심을 갖지 않은 것으로 나타났으며, 특히 병 밖으로 공기방울이 빠져나가는 현상 등은 전혀 관찰하거나 예상하지 못하였다. 2번 문항에 대해서, 예비교사와 현직교사들은 기

존 알고 있는 지식으로만 답변하는 반면에 초등학교 학생들은 표현력이 다소 미흡하지만, 다양한 응답을 한 것으로 나타났다.

그리고 3번 문항에 대해서는 초등학교 학생, 예비교사, 현직교사 모두 무응답자수가 많았으며 응답한 내용들도 대부분 교과서에서 배웠거나 가르쳤던 내용들을 위주로 제시하거나 방송매체나 일상생활에서 관찰할 수 있는 것만을 제시했다. 결국 교과서 수준을 넘는 교육과정을 지도한다는 데에 대해 강한 회의를 가지게 했다.

또한 설문지 분석을 통해 초등학교 학생들의 의견 중에서 과학적 표현을 나타내는 어휘는 아주 적었고, 이러한 어휘의 사용은 아동들이 상황에 따라 일상적으로 사용하는 어휘를 그대로 사용하고 있음을 보여주었으며, 또한 같은 현상에 대한 표현이 상황에 따라 서로 다른 어휘 사용의 상황의존성(context dependence)을 보여주었다(최병순의 1993). 반면, 교사들 특히 예비교사들의

<표 8> 설문지 분석 결과 : • 비이커에 이산화탄소가 생기기 때문 단위 : 응답수

2번(병속에서 일어나는 변화원인)을 알아보기 위한 구체적인 방법	초등학생	예비교사	초등교사	계(%)
감부기(촛불, 성냥)를 병에 넣어본다.		67	1	68(55)
수조안에 석회수를 넣음		34	3	37(30)
구멍이 뚫린 비이커와 구멍이 뚫리지 않는 비이커를 사용	1		1	2(16)
무응답	7		10	17(14)
소계	8	101	15	124(100)

<표 9> 설문지 분석 결과 : • 공기(산소)가 없어서

2번(병속에서 일어나는 변화원인)을 알아보기 위한 구체적인 방법	초등학생	예비교사	초등교사	계(%)
연소가 끝난 비이커 속에 불꽃(감부기, 촛불, 성냥, 철솥)을 넣는다.	1	50	3	54(46)
산소를 포집한 후 촛불에 붓는다.		25		25(21)
비이커를 들어 올렸다 내렸다 반복함	1		4	5(4)
크기가 다른 집기병 비교		3		3(3)
바닥상태가 다른 곳(자갈, 모래)에서 비이커를 덮음	1	1		2(2)
인(마그네슘)을 태운다		2		2(2)
등피와 비이커를 통해 공기출입 조절		1		1(1)
연소가 끝난 비이커에 식물을 넣어봄	1			1(1)
무응답	9	5	10	24(20)
계	13	87	17	117(100)

표현은 비교적 과학적 표현으로 상황 독립적(context independence) 개념을 가지고 정확하게 기술했다. 하지만 초·중학생들의 의견이 교사들보다 다양하게 나타난 반면, 교사들은 교사용 지도서, 교과서, 수업시간에 배웠던 기존 지식의 수준을 넘어서지 못했다.

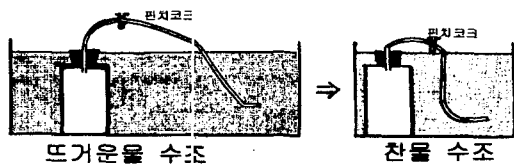
2. 병안의 촛불 연소 지도를 위한 보조실험

본 연구에서 오개념을 바로잡아주기 위해 개발된 실험주제와 결과는 다음과 같다.

가. 온도변화에 따라 흡입된 물의 부피

온도변화에 따라 흡입된 물의 부피에 대한 실험으로서 온도차의 영향이 어떤 영향을 주는 지 알아보기 위한 실험이다. 먼저 높은 온도의 물속에 고무관을 연결한 집기병을 넣은 후 온도평형이 이루어진 후, 고무관의 핀치코크로 막고, 이 병을 찬물에 담근 다음, 찬물 속에서 온도평형이 이루어진 다음, 고무관 핀치코크를 열어 흡입된 물의 부피를 측정하였고, 이때의 뜨거운 물과 찬물의 온도차를 달리하면서 반복적으로 실시했다.

항온조를 30℃, 35℃, 40℃로 온도를 변화시켜서 각각 5℃, 10℃, 15℃의 온도차가 나게한 다음 원래의 온도상태로 되돌아오게 했을 때<그림 1>, 흡입된 물의 부피는 <표 10>와 같다.



<그림 1> 온도변화에 따라 흡입된 물의 변화

<표 10> 온도변화에 따라 흡입된 물의 부피

구 분	(단위:ml)			비 고
	5℃ 온도차	10℃ 온도차	15℃ 온도차	
소(125±13ml)	4.2	7.6	9.8	9회평균
중(325±13ml)	3.6	17.0	25.0	9회평균
대(510±15ml)	11.9	21.6	35.9	9회평균

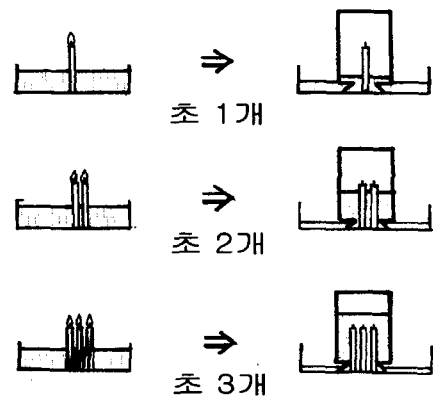
온도차가 많이 날수록, 병의 크기가 클수록

흡입된 물의 양은 많았다. 그러므로 흡입된 물의 양은 온도차와 기체 부피에 의해 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

나. 촛불의 개수와 흡입된 물의 부피

촛불의 개수와 흡입된 물의 부피에 대한 실험으로서 촛불의 수를 달리했을 때 흡입되는 물의 양을 살펴보기 위한 실험이다. 만일 흡입되는 물의 양이 산소의 소모에 의한 것이라면, 촛불의 수와 상관없이 병안의 산소의 양은 일정하기 때문에 흡입된 물의 양은 비슷할 것이라 생각된다.

길이 5-7cm, 지름 0.5cm인 생일 케익용 초의 개수를 달리하여 놓고, 집기병을 덮었을 때 흡입되는 물의 양<그림 2>을 <표 11>에 나타내었다.



<그림 2> 촛불의 개수와 흡입된 물의 부피

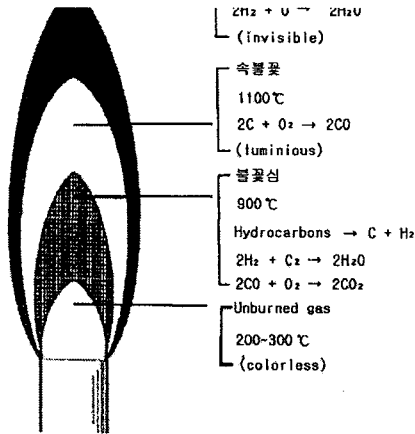
실험결과 초의 개수가 많을수록 흡입되는 물의 양이 많음을 보여주고 있으므로, 산소의 소모에 의해 물이 흡입된다는 의견에 모순되었음을 보여 주었다.

<표 11> 촛불의 개수와 흡입된 물의 부피

구분	(단위:ml)			비고
	초 1 개	초 2 개	초 3 개	
소	26.4	48.9	62.6	9회평균
중	61.0	88.9	127.0	9회평균
대	89.9	147.9	198.7	9회평균

다. 병속에서의 활성화탄(숯) 연소

복잡한 탄화수소(C_nH_{2n})로 이루어진 초의 연소반응은 복잡하고, 다양한 화학적 반응을 동반하므로, 정확하게 물의 수면이 올라오는 하는 이유를 알아보기 힘들다.



<그림 3> 촛불속의 화학적 변화

그래서 단일 물질인 탄소로 이루어진 활성탄을 연소함으로써 보다 정확하게 원인을 규명해볼 수 있다. 고체 탄소인 활성탄(숯)이 밀폐된 상태에서 완전 연소한다고 가정할 때, 소모된 산소만큼 이산화탄소가 발생하기 때문에 산소의 소모와 이산화탄소의 발생이 흡입된 물의 양에 얼마나 영향을 주는 지 알 수 있다.

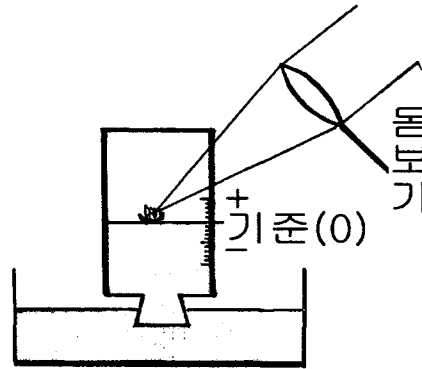
병속에 넣은 병뚜껑 속의 숯을 돋보기로 연소했을 때<그림 4>, 나타나는 수면의 위치는 <표 12>와 같다.

2-3분 정도 돋보기로 연소했을 때, 물의 수면이 낮아지고 돋보기를 제거했을 때 거의 제위치를 찾는 것으로 보아 완전연소시 나타나는 CO₂의 증가가 물의 수면위치 결정에 큰 영향을 주지 않는 것으로 보였다.

라. 염기성 수용액에 이산화탄소 녹이기

염기성 수용액에서의 이산화탄소 녹이기 실험은 초의 연소로 발생한 기체(CO₂, CO, O₂)의 소모에 의한 물의 흡입상태를 보여주기 위한 실험이다. 초의 연소를 통해 발생하는 CO₂는 염기성 용액에 잘 녹아들어가므로 석회수나 0.1N

NaOH용액을 통해 물의 흡입량에 미치는 영향을 알아볼 수 있다.

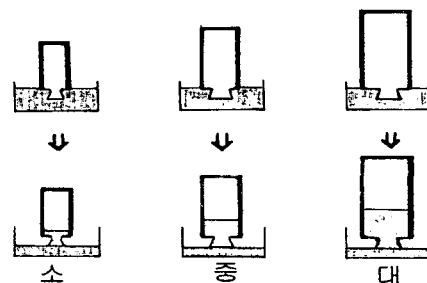


<그림 4>병속에서의 활성탄(숯) 연소

<표 12>병속에서의 활성탄(숯) 연소시 수면위치 (단위:cm)

구분	숯의 연소전	숯의 연소중	돋보기 제거후
1회	0	- 0.90	- 0.1
2회	0	- 1.10	- 0.1
3회	0	- 0.80	- 0.2
4회	0	- 1.20	- 0.1
5회	0	- 0.70	- 0.2
평균	0	- 0.94	- 0.14

크기가 다른 집기병에 CO₂를 포집하여 NaOH 수용액과 석회수를 넣은 샤알레에 거꾸로 세워 놓은 다음, 경과한 시간에 따라 흡입된 물의 부피를 조사하였다<그림 6>. 그리고 이 실험에 대한 결과를 <표 13>에 나타내었다.



<그림 6>염기성 수용액에 이산화탄소 녹는 양

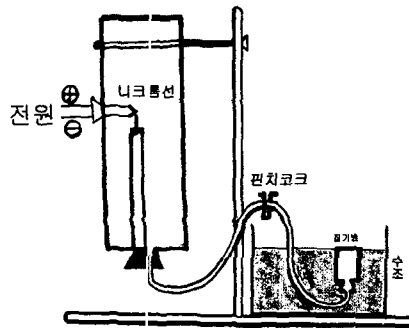
<표 13> NaOH 수용액에 이산화탄소 녹는 양
단위: ml

CO ₂ 의 부피 경과시간	소 (125±15ml)	중 (325±15ml)	대 (510±15ml)
1시간	17.0	78.0	94.0
2시간	34.0	150.0	194.0
3시간	52.0	230.0	294.0
비고	* 석회수에서의 부피 13.0~34.0(1시간) * 최대 250.0(3일)		

* NaOH의 농도 : 0.1N 수용액
* 석회수 : Ca(OH)₂의 포화수용액

실험결과, CO₂가 염기성 용액에 잘 녹는다는 것은 확인할 수가 있었지만, 수분내에는 큰 영향을 주지 않은 것으로 보아 집기병 속의 물의 부피변화는 초의 연소로 발생한 CO₂의 영향은 미비한 것으로 보였다.

마. 밀폐된 곳에서의 초의 연소



<그림 5> 밀폐된 곳에서의 초의 연소

밀폐된 곳에서의 초의 연소실험은 밀폐된 용기에 전열기를 이용하여 초에 불을 붙인 다음, 빠져 나온 공기의 양과 다시 들어가는 공기의 양을 살펴보기 위한 것이다.

<그림 5>와 같이 밀폐된 용기에 초를 세우고, 수조에 거꾸로 잠긴 집기병을 고무관으로 연결한 상태에서 니크롬선 전기가 통과하게 하여 초의 심지에 불을 붙인 다음, 빠져나온 공기의 양과

다시 들어가는 공기의 양을 살펴보면, ① 초의 연소후 빠져나온 공기의 부피는 약 30ml, ② 연소후 냉각된 병으로 들어간 물의 부피도 약 30ml 정도였다. 또한 ③ 고무관을 핀치코크로 밀폐시킨 다음 초를 연소시키고, 촛불이 꺼진 후 실온으로 냉각 수조의 물 속에 고무관을 넣고 핀치코크로 열어두어도 물은 들어오지 않았다. 이와 같은 실험 결과로 초의 연소시 발생한 열에 의해 팽창된 공기가 빠져나가고 초의 연소 후, 온도가 낮아짐에 따라, 공기압이 줄어들어 물이 흡입되었음을 말해 준다.

따라서 지금까지 교사용 지도서나 TV프로그램에서 산소(공기) 소모론으로 설명하던 물의 흡입을 기체 팽창론이라는 측면에서 설명하는 것이 보다 타당하다고 보여진다.

3. 개발된 보조실험을 이용한 초의 연소지도

경험주의 철학과 Bruner 이론에 근거하며 과학본성 이해와 개념습득을 의도하는 발견학습모형(김한호, 1995)이 학생을 과학자로 가정하며 과학지식의 발견을 위하여 관찰결과에 대한 추리활동을 강조하고 있다는 점에서 발견학습모형을 적용한 수업지도안(부록 2 참조)을 통해 수업을 실시했다.

수업결과, 본래 2차시로 계획된 시간에서 실시한 수업은 2시간 이상이 소요되었고, 아동의 조작능력 미숙, 개념 이해부족 등으로 시범실험과 설명식 수업위주로 수업이 전개되었다. 그러나 이 수업을 통해서도 창의적이고 정확한 실험설계를 하는 아동은 드물었다. 그러므로 보다 효율적인 수업지도 방법 연구가 지속되어야겠다. 그러나 일부 학생들은 이 보조실험을 통해 열에 의한 공기팽창으로 인해서 물이 흡입된다는 것을 이해하고, 이미 배웠던 6-1학기 「3-②. 분자운동」과 4-2학기 「4. 열과 물체의 변화」에서 언급된 고무풍선의 부피팽창과 연관시켜 생각하기도 하였다. 그러므로 이 수업의 효과에 대해서 정량적인 조사는 이루어지지 않았지만 오개념을

바로잡아주는데 효과가 있는 것으로 판단된다.

IV. 결론 및 제언

본 연구를 통해서 얻을 수 있는 결과는 다음과 같다. 첫째, 병안에서 초의 연소에 관한 아동, 예비교사 그리고 교사들의 생각을 조사한 결과, 병속의 촛불변화에 주로 많은 관심이 있었고, 온도상승에 의한 공기의 팽창현상에 대한 관찰이 소홀했으며, 실험설계능력에서 초등학생, 예비교사, 현직교사 모두가 미흡하였고, 물이 올라오는 이유에 대해서 주로 산소의 소모로만 설명하였다. 둘째, 보조실험을 개발하여 나타난 실험결과를 통해 알 수 있는 것은 초가 연소되면 온도 상승으로 병안의 기체가 팽창되고, 이때 빠져나간 공기 때문에 냉각되었을 때, 물이 흡입된다는 것이지, 산소의 소모 때문은 아니라는 것이었다. 셋째, 이 주제와 관련된 현 지도서의 내용은 끝이 열린 수업이고, 학생들은 성장하는 과정에서 스스로 병안의 초의 연소를 올바르게 이해할 수 있다는 것을 전제로 하고 있다. 그러나 조사 결과에 의하면 성

인이 되어서도 연소로 인한 산소의 소모가 물의 흡입의 주된 원인으로 잘못 알고 있으므로 차라리 방향을 전환하여 제시된 보조실험과 같은 다양한 방법을 병행함으로써 자연현상을 올바르게 이해시키는 것이 바람직하다고 보여지고, 이 실험은 연소와 관련된 실험주제로서 보다는 독립심화형 탐구학습주제로서 취급하는 것이 보다 바람직하다고 생각한다. 마지막으로 교사용 지도서에 교과서나 교사-지도서 개발에 이용되었던 다양한 문헌과 구체적인 실험자료를 제시하여 주는 것이 능동적으로 발전을 원하는 교사들에게 보다 많은 도움을 주리라고 생각한다.

참고문헌

1. 교육부(1998), 국민학교 교육과정 해설(IV), 대한교과서 주식회사;서울, 100-154.

2. 김찬중의(1999), 과학교육학개론, 북스힐;서울, 135.

3. 김한호(1995), 과학수업모형의 이론적 분석과 현장 적용 연구, 한국교원대학교 박사학위논문

4. 문충식·권재술(1991), 전류에 관한 학생들의 오인 유형변화의 종단적 연구, 과학교육연구, 11(1),1-14.

5. 이용복(1992), 국민학교 아동의 천문분야 관심도, 초등과학교육, 초등과학교육, 11(2), 159-172.

6. 전우수(1993), 국민학생의 과학 오개념 조사 연구 -물리개념을 중심으로-, 초등과학교육, 12(2), 145-166.

7. 최병순(1993), 증발과 응결에 대한 국민학생들의 개념조사, 한국교원대학교교육논문집, 3(1), 210-217.

8. 한광래·송판섭(1995), 촛불실험을 이용한 국민학교(3-6학년) 아동들의 관찰능력 분석, 초등과학교육, 4(1), 73-84.

9. 한광래(1995), 촛불을 탐구해보자(과학놀이) 과학탐구 실험지도서(교육대학교편), 과학교육총연합회.

10. 한광래·류재인(1999), 병안에서 초의 연소에 대한 아동과 교사들의 생각, 과학교육연구, 24, 65-82, 광주교육대학교 과학교육연구소

11. Bruner, J. S.(1966), *Toward A Theory of Instruction*, Harvard Univ.,

12. Gauld, C. F.(1988), The cognitive context of pupils' alternative frameworks, *int. Sci. Educ.* 10(3):267-274.

13. J. Piaget(1964), Cognitive development in children: Development and learning, *Journal of Research in Science Teaching*, 2(2), 176-186.

14. Kelly, G. A.(1977), *The Psychology of the Unknown* in Bannister, D.(ed.), *New Perspectives in Personal Construct Theory*, N. Y., Academic press.

<부록1> 질문지

질문지

여러분 안녕하십니까? 바쁘신 증인데 설문지 작성을 부탁드립니다. 이 설문지는 어린이 여러분의 자연에 대한 관심도를 알아보기 위해서 만든 설문지입니다. 그림과 내용을 잘 보고 소신껏 작성해 주시면 감사하겠습니다.

성별: 남() 여(0)
학년: 3학년(), 4학년(), 5학년(), 6학년(0)

※ 오른쪽 그림과 같은 실험을

하려고 합니다.

- (· 물이 들어있는 사발레에 초를 붙인 후 불을 붙인다.
- 불이 작은 초가 잘 타기 시작하면
- 그 위를 초보다 큰 비이커로 덮는다.)



1. 위와 같은 실험을 할 때 어떠한 변화가 일어나겠습니까?
(초가 꺼진다, 비이커 속에 연기가 가득찬다, 비이커가 뿌옇게 된다)
2. 1번과 같은 변화가 일어난 원인은 무엇이라고 생각하십니까?
(비이커속에는 공기가 조금밖에있는데, 초가 계속 타기 위해서는 공기가 필요한데 비이커속엔 공기가 조금밖에있으므로)
3. 2번에서 답한 변화의 원인을 알아보기 위한 실험방법을 구체적으로 쓰시오.
비이커로 초가 잘 탈때 덮는다. 덮기 않았다 하면다.
(내 예상으로는 덮었을 때에는 불이 잦아들었다가 다시 들어올리면 초가 잘 타게 될것이다. (비이커속에는 공기가 별로없지만 밖에는 풍부하므로))

<부록2> 교수·학습 과정안

단 원		(3) 연 소		차 시	9~10/13
학습주제		연소에 필요한 물질			
학습목표		<ul style="list-style-type: none"> · 물질이 연소하는 데에는 산소가 필요함을 알 수 있다. · 물질의 연소후에는 다른 물질이 생김을 알 수 있다. · 촛불이 타는 동안 나타나는 현상을 말할 수 있다. 			
단계	학습과정	교수·학습활동		유의점	
		교사활동	아동활동		
탐색 및 문제 파악	동기유발 학습문제 제 시	<ul style="list-style-type: none"> * 예습적 과제 확인 * 불이 켜진 초 제시 	- 예습적 과제 확인	* 예습적 과제 - 촛불관찰 내용 기록해오기	
		초가 탈 때 필요한 물질과 생성된 물질은 무엇일까요?			
자료제 시 및 관찰	촛불관찰	<ul style="list-style-type: none"> * 다양한 재료 제시 * 초의 연소에 필요한 물질 * 초가 연소할 때 나타나는 현상 	<ul style="list-style-type: none"> - 조작 활동(조별활동) - 조작 활동 내용·결과 발표 - 공기(산소), 물질(초) - 열, 빛, 물, 그을음, 이산화탄소 	석회수, 유리 판, 비이커(집 기병) 수조, 물, 빨대등	
추가 자료 제시 및 관찰	보조실험 제 시	<ul style="list-style-type: none"> * 촛불 개수를 달리하여 집기병으로 덮기 * 온도를 달리하여 흡입된 물의 부피 확인 * 병속에서 숯 태우기 * 밀폐된 곳에서의 초연소 * CO₂녹이기 	<ul style="list-style-type: none"> - 관찰 활동 - 현상 설명하기 (조별활동) 		
정리· 발전	촛불속에서의 복잡한 반응	* 초의 연소시 나타나는 현상 확인	<ul style="list-style-type: none"> - 외관상의 모습 - 물리적/화학적 현상 인식 		