

초등교사의 연소 개념 향상을 위한 기체 농도 측정 실험 개발 및 적용 효과

김은영 · 김영신[†] · 신애경^{‡,*}

아라초등학교

[†]경북대학교 과학교육학부

[‡]제주대학교 초등과학교육과

(접수 2015. 4. 1; 게재확정 2015. 5. 21)

Development and Application Effect of Gas Concentration Measure Experiment for the Improvement of Elementary School Teachers' Concept on Combustion

Eun-Young Kim, Youngshin Kim[†], and Ae-Kyung Shin^{‡,*}

Ara Elementary School, 518 Jungang-ro, Jeju 690-121, Korea

[†]Division of Science Education, Kyungpook National University, 80 Daehak-ro, Daegu 702-701, Korea

[‡]Department of Elementary Science Education, Teachers College, Jeju National University,

61 Iljudong-ro, Jeju 690-781, Korea. *E-mail: akshin@jejunu.ac.kr

(Received April 1, 2015; Accepted May 21, 2015)

요약. 이 연구의 목적은 초의 연소과정에서 기체 농도를 측정할 수 있는 실험을 개발하고, 그 적용 효과를 알아보는 것이다. 이 연구를 위하여 성별, 교사 경력, 6학년 교수경험, 2007개정 6학년 교수 경험 등을 고려하여 15명의 초등교사들을 선정하였다. MBL을 이용한 이 실험은 아크릴통 안에서 초가 연소하는 동안 산소와 이산화탄소의 농도를 시각적으로 확인할 수 있도록 고안되었다. 이 실험 방법은 다음과 같다. 1) 아크릴 통에 2쌍의 구멍을 만들고, 그 구멍에 2개의 산소 센서와 2개의 이산화탄소 센서를 넣는다. 2) 초를 아크릴통 안에서 연소시키면서 그 변화를 관찰한다. 이 실험은 산소의 농도와 이산화탄소의 농도가 수치로 나타나고 그래프로 그려지므로 기체 농도의 변화를 실시간으로 확인할 수 있다. 이 실험을 적용한 결과, 연소에 대하여 과학적 개념을 가지고 있지 않았던 많은 초등교사들이 '집기병 속의 촛불이 꺼지는 이유'와 '연소 전과 후의 산소와 이산화탄소의 농도'에 대하여 과학적 개념을 형성하게 되었다. 또한 약 절반의 초등교사들이 '연소의 정의'와 '연소 후 이산화탄소의 위치'에 대해 과학적 개념을 형성하게 되었다. 따라서 초의 연소과정에서의 기체 농도 측정 실험은 초등교사들의 연소 개념 향상에 도움을 주었다.

주제어: 기체 농도 측정 실험, 연소 개념, 초등교사, 초의 연소

ABSTRACT. The purposes of this study were to develop the experiment for gas concentration measure during combustion of a candle and to investigate the application effect of the experiment. For this study, 15 elementary school teachers were selected by considering their gender, career, 6th grade science teaching experience, and 6th grade science teaching experience according to 2007 revised science curriculum. The experiment using MBL is designed to confirm gas concentrations visually during the combustion of a candle which burns in an acrylic container. The experiment method is as follows. 1) Make two sets of holes in the container and then insert oxygen sensors and carbon dioxide sensors in the holes. 2) Burn a candle in the container and observe the changes in the burning of the candle. The experiment has checked oxygen concentration and carbon dioxide concentration in real-time and displays gas concentration changes by graphs. The results of the application effect of the experiment are as follows. Most elementary school teachers who had not had scientific concepts on combustion got acquainted with scientific concepts about 'the reason why a candle is blown out when it is covered with a bottle', and 'the concentrations of oxygen and carbon dioxide before and after combustion'. In addition, about half of elementary school teachers got acquainted with scientific concepts about 'the definition of combustion', and 'distribution of carbon dioxide during combustion'. Thus, the experiment to measure gas concentrations during combustion is helpful to improve elementary school teachers' concepts on combustion.

Key words: An experiment to measure gas concentration, Concepts on combustion, Elementary school teachers, Combustion of a candle

서 론

초등학교에서 이루어지는 과학 수업의 목표 중 하나는 자연 현상과 사물에 대하여 탐구하여 과학의 기본 개념을 이해하고, 이를 적용하여 일상생활의 문제를 해결하는 것이다.¹ 이처럼 과학의 기본 개념에 대한 이해는 과학 교육의 목적을 효과적으로 달성하기 위해 선행되어야 한다. 그러나 학생들은 과학 수업이 이루어지기 전에 이미 과학의 기본 개념 이외에도 다양한 오개념들을 가지고 있으며,²⁻⁶ 이것은 과학 수업 과정에 있어 많은 영향을 끼친다.

2007개정 과학과 교육과정 6학년 2학기 '연소와 소화' 단원에서 연소에 대한 개념이 다루어지고 있다.⁷ 초등학교 과학과 교육과정의 내용 중 물질영역의 하나인 연소에 대한 개념은 교육과정이 바뀌어도 계속 포함되어 다루어져 온 개념이다.⁸ '연소와 소화' 단원은 학생들이 어릴 때부터 일상생활에서 쉽게 접할 수 있는 주제임에도 불구하고,⁹ 기체는 눈으로 볼 수 없기 때문에 과학적 개념의 형성이 어려울 뿐만 아니라,^{10,11} 학생들은 자신의 경험을 바탕으로 연소를 정의하는 경향이 강하기 때문에,¹² 다양한 오개념이 형성될 수 있다.^{10,13-15} 따라서 효과적인 과학 교육을 위해 학생들의 과학적 개념 형성이 무엇보다도 중요하고, 이를 높이기 위해서 학생들이 어떠한 형태로 개념을 이해하고 있는지 먼저 파악되어야 한다.^{3,4,17,19}

학생들의 오개념과 관련된 선행 연구들을 살펴보면 학생들이 과학적 개념을 형성하기 위해서는 무엇보다도 교사의 역할이 중요하다고 언급하고 있다.^{16,20,21} 학생들은 과학 개념의 대부분을 수업을 통해 형성하므로 학생들이 연소에 대한 과학적 개념을 갖기 위해서는 교사가 연소에 대한 과학적 개념을 가지고 있어야 한다.^{14,22,23} 그러나 여러 연구결과, 교사들도 연소에 대한 여러 가지 오개념을 가지고 있었다.^{15,22,23} 많은 초등교사들이 닫힌 용기 내에서 불이 꺼진다는 것은 산소가 모두 없어졌기 때문이라고 생각하고, 불이 꺼지면 용기 안에는 이산화탄소가 가득 차 있다고 생각하고 있어 공기의 조성 중 가장 큰 비율을 차지하는 질소나 기타 다른 기체에 대해 고려하지

못하고 있었다. 그리고 물질이 연소하면 무조건 이산화탄소가 생성되고, 연소하면서 줄어드는 산소만큼 이산화탄소가 생성되며, 생성된 이산화탄소는 무겁기 때문에 용기의 아래부터 쌓인다는 오개념을 가지고 있었다. 이처럼 초등교사들 중 연소 전과 후의 기체 변화에 대한 오개념을 가진 교사들이 많았다.²³

이렇듯 초등학생들의 오개념 형성 정도를 줄이고, 과학적 개념을 형성하기 위해서 교사들의 과학적 개념 형성이 우선 되어야 한다.^{5,23,24} 그러나 연소 관련 개념에 대해 초등교사들이 제대로 이해하지 못해 '연소와 소화' 단원 지도 시 어려움을 겪고 있으므로,²⁵ 연소에 대한 개념을 쉽게 이해시킬 수 있도록 가능한 시각화시킬 수 있는 자료의 개발이 필요하다.^{16,23,24}

따라서 이 연구에서는 눈에 보이지 않는 기체의 농도를 시각적으로 확인할 수 있는 연소 과정에서의 기체 농도 측정 실험 장치를 고안하여 초등교사들을 대상으로 투입한 후, 이 실험이 연소에 대한 초등교사들의 개념을 향상시킬 수 있는지 그 효과를 알아보고자 한다.

연구 방법 및 절차

연구 대상

이 연구는 제주특별자치도 J시에 위치한 N초등학교의 교사 15명을 대상으로 하였고, 연구 대상 교사들의 정보는 Table 1과 같다. 연구 대상 선정 시 성별, 교육경력, 6학년 과학 지도 경험을 고려하였다. 특히, 2007개정 과학과 교육과정에 따른 6학년 과학 교과서에서는 이전 교육과정의 과학 교과서와는 다르게 연소의 정의에서 산소와의 결합이 강조되었다. 그리고 과학이야기로 기체 검지관이 소개되었고, 이를 이용하여 측정할 연소 전·후의 산소와 이산화탄소의 농도가 제시되어 있다. 따라서 2007개정 과학 교과서에 제시된 연소에 대한 내용이 교사의 연소 개념에 어떠한 영향을 주었는지 알아보기 위하여 2007개정 6학년 과학 교과 지도 경험을 고려하여 연구 대상을 선정하였다.

이 연구에서는 연소 과정에서의 기체 농도 측정 실험이

Table 1. Participants' backgrounds

Personal variable	Category	Number of participants
Gender	Male	5
	Female	10
Career	Less than 3 years	2
	More than 3 years and less than 10 years	7
	More than 10 years	6
6th grade science teaching experience	An experienced person	11
	An inexperienced person	4
6th grade science teaching experience according to 2007 revised science curriculum	An experienced person	6
	An inexperienced person	9

Table 2. Analysis framework on combustion concept

Content of question	Content and level of response (S: Scientific concept, P: Partial concept, M: Misconception)	
1. Definition of combustion	S A process in which a substance reacts with oxygen generating heat and light	
	P2 A process in which a substance reacts with oxygen	
	P1 Phenomenon in which a substance burns generating heat and light	
	M Burning or Condition of the combustion	
2. The reason why a candle is blown out when it is covered with a glass bottle	S Lack of oxygen	
	P Extinguishing by lack of oxygen and carbon dioxide	
	M All the oxygen is consumed or Most of the oxygen is consumed	
3. The concentrations of oxygen and carbon dioxide before and after combustion	3-1. The concentrations of oxygen and carbon dioxide before combustion	S Almost similar to concentrations of oxygen and carbon dioxide in the air
		P Similar to only one of concentrations of oxygen or carbon dioxide in the air
		M Unknowing concentrations of oxygen and carbon dioxide in the air
	3-2. The concentration of oxygen after combustion	S Similar that the concentration of oxygen is about from 15 to 17 percent
		P Oxygen remains just a little.
		M All the oxygen is consumed.
	3-3. The concentration of carbon dioxide after combustion	S Similar that the concentration of carbon dioxide is about from 2 to 3 percent
		M2 Decreasing amount of oxygen is the same increasing amount of carbon dioxide.
		M1 Does not make a connection with the decreasing amount of oxygen.
	3-4. Distribution of carbon dioxide during combustion	S Carbon dioxide that has heated and located on the top has turned cold, and then it maintained in a state of equilibrium.
P2 Carbon dioxide that has heated and located on the top has turned cold, and then it heaped at the bottom.		
P1 Carbon dioxide has heated and located on the top.		
M2 It has heaped at the bottom because carbon dioxide is heavy. M1 Does not mention about carbon dioxide or Mention wrong about it.		

초등교사들의 연소 개념 향상에 효과가 있는지 알아보기 위해 사전과 사후에 Shin 등(2011)²³이 개발한 연소 개념 검사지를 사용하였다. 이 검사지의 문항은 총 5개였으나, 이 연구에서는 연소의 정의, 집기병으로 덮었을 때 촛불이 꺼지는 이유, 집기병 속 연소 전과 후의 산소와 이산화탄소의 농도 문항 등이 연구에서 개발한 실험과 관련 있는 3개 문항을 사용하였다.

자료 수집 및 분석

초등교사들의 연소 개념 향상을 알아보기 위하여 사전과 사후에 연소 개념 검사와 개념 검사지를 바탕으로 한 반구조화된 개별 심층 면담을 실시하였다. 면담은 교사별로 사전과 사후에 약 15분 정도씩 이루어졌으며 면담 내용은 녹음 후 전사되었다.

Shin 등(2011)²³은 초등교사를 대상으로 연소에 대한 개념 형성 정도를 분석하였는데, 연소의 정의, 연소 전과 후 용기 내 기체의 변화, 물질의 연소 생성물에 대한 초등교사들의 개념을 수준에 따라 분류하였다. 따라서 이 연구에서 초등교사들의 연소에 대한 사전과 사후 개념 분석을 위하여 Shin 등(2011)²³의 분석틀을 바탕으로 과학교육 전문가 2인과 석사과정 초등교사 3인이 협의하여 Table 2와 같이 연소 개념 분석틀을 수정하였다. 연구대상의 수가 많지 않아 우선 연구자 중 1인이 1차 분석한 자료를 가지고 나머지 4인과 함께 응답 하나하나씩 협의를 거쳐 개념수준

을 분류하였다. 각 문항별로 개념 수준을 과학적 개념(S: Scientific concept)과 부분개념(P: Partial concept), 오개념(M: Misconception)으로 분류하였고, 부분개념이나 오개념의 수준을 정도에 따라 나누어 다시 분류하였다. 숫자가 높을수록 좀 더 높은 수준의 개념을 의미한다.

연구 결과 및 논의

연소 과정에서의 기체 농도 측정 실험

연소 과정에서의 기체 농도 측정 실험 개발 배경. 연소와 소화 단원과 관련하여 연소에 대한 초등교사의 개념을 선행 연구를 통해 분석한 결과, 초등교사들은 많은 오개념을 가지고 있었다.^{15,22,23,26} 특히 Shin 등(2011)²³의 연구 결과에서는 50%의 초등교사들이 촛불이 꺼진 이유로 산소가 모두 없어졌기 때문이라는 오개념을 가지고 있었고, 연소 후의 산소와 이산화탄소 농도를 알고 있는 초등교사는 8.3%뿐이었다. 그리고 연소 과정 또는 연소 후 이산화탄소의 위치에 대해서도 75.1%의 초등교사들이 이산화탄소는 무거워 아래에 쌓인다는 오개념을 가지고 있었다.

연소 개념과 관련하여 연소 시 공기 중의 산소가 필요하다는 것을 설명하기 위하여 2007개정 과학 교과서에서는 타고 있는 초를 집기병으로 덮었을 때 촛불의 크기 변화를 살펴보는 실험과 크기가 다른 아크릴 통으로 연소

증의 초를 덮었을 때 촛불이 꺼지는데 걸리는 시간을 비교하는 실험을 제시하고 있다.⁷ 교과서의 실험은 공기의 차단에 의해 촛불이 꺼지는 질과에 집중되어 있어 연소 시 산소가 필요하고, 산소가 부족하면 촛불이 꺼지는 과학적 개념을 확인할 수 없다. 또한 과학 읽을거리로 기체 검지관을 소개하고, 이를 이용하여 연소 전·후의 산소와 이산화탄소의 농도를 측정할 데이터가 제시되어 있지만,⁷ 연소 과정에서의 산소와 이산화탄소 농도 변화 및 흐름을 시각적으로 확인할 수 없다. 연소 과정에서의 산소와 이산화탄소의 농도 변화 및 흐름을 시각적으로 확인할 수 있다면 연소개념을 보다 쉽고 정확하게 형성할 수 있을 것이다.

이는 연소 개념과 관련한 선행 연구를 통해서도 확인할 수 있다. 선행 연구를 살펴보면 연소에 대한 개념을 쉽게 이해시킬 수 있도록 가능한 시각화시킬 수 있는 자료의 개발이 필요함을 제안하고 있다.^{16,23,24}

따라서 이 연구에서는 초등교사들이 연소와 관련하여 가지고 있는 오개념을 풀이고, 연소 개념에 대해 과학적 개념을 향상시키기 위해 연소 과정에서의 기체 농도를 실시간으로 측정할 수 있는 실험을 고안하였다.

연소 과정에서의 기체 농도 측정 실험 방법. 이 연구에서는 초등교사들의 연소 개념 향상을 위해 Fig. 1과 같은 실험을 제안한다. 실험도구를 설치하고 실험을 수행하는데 소요된 시간은 약 10분이고, 실험하는 동안 실험하는 과정과 실험을 통해 도출된 그래프만을 초등교사들에게 보여주었고, 연구자는 그 이외의 것에 대해서는 일체의 언급을 하지 않았다. 이는 초등교사들이 가지고 있는 연소에 대한 사전 개념을 실험 과정과 그래프를 통해 스스로 진단하고 오개념을 과학적 개념으로 변화시킬 수 있도록 하였다.

지름이 10 cm이고, 높이가 30 cm인 아크릴통의 위에서부터 5.5 cm 지점과 아래에서부터 5.5 cm인 지점에 지름이 3 cm인 2쌍의 구멍을 뚫는다. MBI(Micro-computer Based

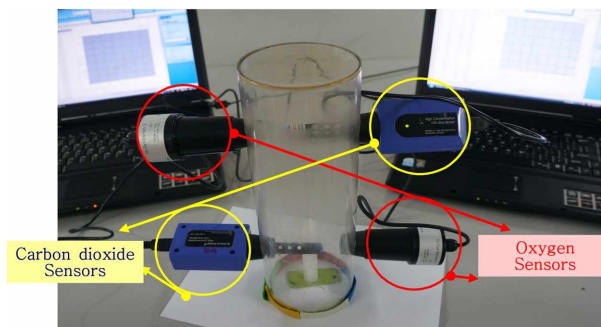


Figure 1. The equipment to measure gas concentrations on combustion.

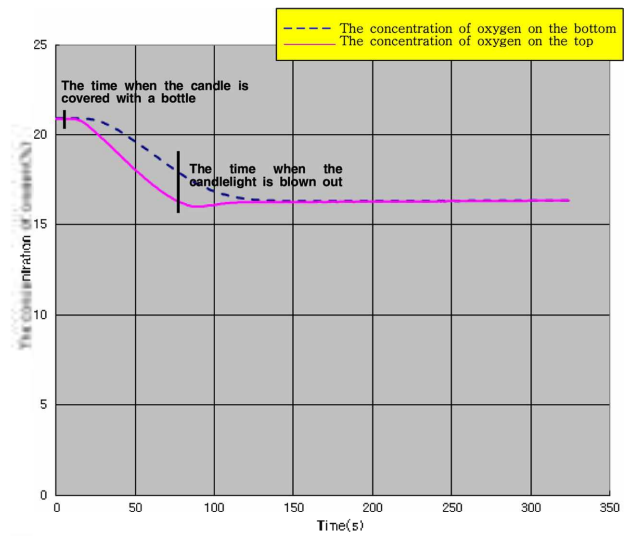


Figure 2. Changes of oxygen concentration during combustion.

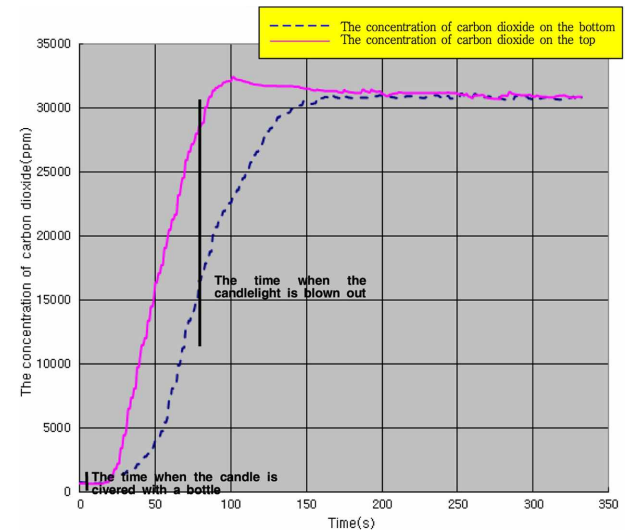


Figure 3. Changes of carbon dioxide concentration during combustion.

Laboratory)의 산소와 이산화탄소 센서를 각각 위, 아래로 교차하여 하나씩 끼운다. 아크릴통 안에서 10 cm 길이의 초에 불을 붙인 후 아크릴통으로 덮는다. 초를 연소시키면서 연소 과정 동안의 촛불의 변화를 관찰하고, 연소 과정에서의 산소와 이산화탄소의 농도를 실시간으로 측정하여 그 결과를 그래프로 확인할 수 있도록 하였다(Fig. 2와 Fig. 3).

기체 농도 측정 실험에서의 산소와 이산화탄소의 농도 변화. Fig. 2는 연소 과정에서의 기체 농도 측정 실험에서 얻은 산소의 농도 변화 그래프이다. 실선은 초를 중심으로 위의 산소 농도 변화를 나타내고, 점선은 아래의 산소 농도 변화를 나타낸다. 공기 중의 산소와 이산화탄소를 측정하기 시작한 후 약 5초가 흐른 뒤 아크릴통으로 초를

덮어 외부로부터의 공기 유입을 차단시켰다. 공기 중에 약 21%였던 산소의 농도는 초의 연소가 이루어지면서 위의 산소 농도가 빨리 감소하고, 아래의 산소 농도가 천천히 감소하다가 75초가 되었을 때 촛불이 꺼졌다. 이 때 아래의 산소 농도는 17.76%이었고, 위의 산소의 농도는 16.02%였다. 매 실험마다 촛불이 꺼졌을 때의 산소 농도는 약간의 차이가 있었지만, 위의 산소 농도가 약 16% 이내가 되면 촛불이 꺼지는 것을 확인할 수 있었다. 촛불이 꺼진 후에도 산소의 농도는 차츰 감소하다가 약 16%에서 평형상태를 이루었다.

Fig. 3은 연소 과정에서의 기체 농도 측정 실험에서 얻어진 이산화탄소의 농도 변화 그래프이다. 실선은 초를 중심으로 위의 이산화탄소 농도를 측정한 결과이고, 점선은 아래의 이산화탄소 농도 변화를 측정한 결과이다. 처음 이산화탄소의 농도는 아크릴 통의 위와 아래 모두 약 300 ppm, 즉 0.03%로 일정하였다. 그러나 초의 연소가 이루어지면서 이산화탄소의 농도는 윗부분이 빨리 증가하고, 아래 부분이 천천히 증가하여 75초가 되었을 때 촛불이 꺼졌다. 이 때 아래의 이산화탄소 농도는 17185 ppm(약 1.7%)이었고, 위의 이산화탄소의 농도는 28815 ppm(약 2.8%)이었다. 매 실험마다 촛불이 꺼졌을 때의 이산화탄소의 농도는 약간의 차이를 보였다. 촛불이 꺼진 후에도 이산화탄소의 농도는 증가하다가 약 3%에서 평형상태를 이루었다. 연소가 되면서 촛불 주변의 공기가 뜨거워져 대류 현상이 일어나면서 이산화탄소가 위로 올라가기 때문에 연소 중에는 위의 이산화탄소의 농도가 더 높고 아래의 농도가 더 낮게 나타난 것이다.

연소 과정에서의 기체 농도 측정 실험에 대한 초등교사들의 연소 개념 변화

초등교사들의 사전 연소 개념 분석. 초등교사들이 가지고 있는 연소 개념을 연소의 정의, 집기병 속의 촛불이 꺼지는 이유, 집기병 속 연소 전과 후의 산소와 이산화탄소의 농도로 구분하여 살펴보았다. 사전 연소에 대한 초등교사들의 응답 수준은 Table 3과 같았다.

먼저 연소의 정의(1번 문항)에서 전체 교사 중 3명(20.0%)이 물질이 산소와 결합하여 빛과 열을 내면서 타는 현상이라는 과학적 개념을 가지고 있었다. 9명(60.0%)의 교사가 물질이 산소와의 결합하는 것만을 언급하거나 또는 빛과 열만을 언급한 부분개념을 가지고 있었고, 3명(20.0%)의 교사는 산소와의 결합이나 빛과 열에 대한 언급 없이 타는 현상 또는 연소의 조건만을 언급하였다. 집기병 속의 촛불이 꺼지는 이유(2번 문항)에 대해서는 산소의 부족으로 초가 꺼진다는 과학적 개념을 가진 교사는 1명(6.7%)이었고, 나머지 교사들은 산소의 부족과 이산화탄소에 의한 소화를 동시에 언급하는 부분개념(2명, 13.3%)이나, 산소가 거의 또는 모두 사라졌기 때문이라는 오개념(12명, 80.0%)을 가지고 있었다. 연소 전 산소와 이산화탄소의 농도(3-1번 문항)에 대해서는 1명(6.7%)만이 과학적 개념을 가지고 있었으며, 대부분의 교사들은 산소나 이산화탄소의 농도를 잘 알지 못하고 있었다.

연소 후 산소의 농도(3-2번 문항)와 이산화탄소의 농도(3-3번 문항)에 대해 과학적 개념을 가지고 있는 교사는 없었다. 연소 과정에서 이산화탄소의 위치(3-4번 문항)에 대해서도 가열되어 위에 있다가 식으면서 평형상태를 이룬다는

Table 3. Teachers' responses to the questions on combustion concept in the pre-test

Frequency (%)

Question	Teacher	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	S	P		M	
																		P2	P1	M2	M1
1. Definition of combustion		P	S	P	P	M	P	P	P	P	S	M	P	S	M	P	3(20.0)	9(60.0) 3 6		3(20.0)	
2. The reason why a candle is blown out when it is covered with a glass bottle		M	M	M	M	P	M	M	M	P	M	M	M	M	M	S	1(6.7)	2(13.3)		12(80.0)	
3. The concentrations of oxygen and carbon dioxide before and after combustion	3-1. The concentrations of oxygen and carbon dioxide before combustion	P	P	P	M	M	P	M	M	M	M	M	S	M	M	M	1(6.7)	4(26.7)		10(66.6)	
	3-2. The concentration of oxygen after combustion	M	M	M	M	P	M	P	M	P	M	M	M	M	P	P	5(33.3)			10(66.7)	
	3-3. The concentration of carbon dioxide after combustion	M2	M1	M2	M2	M2	M2	M1	M2	M2	M1	M2	M2	M2	M2	M2				15(100.0)	
	3-4. Distribution of carbon dioxide during combustion	M2	M1	M1	M2	M2	M2	M1	M1	M1	M1	M2	M2	M1	M2	M2				15(100.0)	
																	8			7	

S: Scientific concept, P: Partial concept, M: Misconception

Table 4. Responses to the questions on combustion concept by teachers who has 2007 revised 6th grade science teaching experience in the pre-test Frequency (%)

Teacher	6th grade science teaching experience						S	P		M		6th grade science teaching inexperience								S	P		M	
	T1	T6	T9	T10	T12	T15		P2	P1	M2	M1	T2	T3	T4	T5	T7	T8	T11	T13		T14	P2	P1	M2
1. Definition of combustion	P1	P1	P1	S	P1	P1	1(16.7)	5(83.3)	0	5	0(0.0)	S	P2	P1	M	P2	P2	M	S	M	2(22.2)	4(44.4)	3(33.3)	
2. The reason why a candle is blown out when it is covered with a glass bottle	M	M	P	M	M	S	1(16.7)	1(16.7)	4(66.6)	M	M	M	P	M	M	M	M	M	M	1(11.1)		8(88.9)		
3-1. The concentrations of oxygen and carbon dioxide before combustion	P	P	M	M	S	M	1(16.7)	2(33.3)	3(50.0)	P	P	M	M	M	M	M	M	M	M	2(22.2)		7(77.8)		
3-2. The concentration of oxygen after combustion	M	M	P	M	M	P		2(33.3)	4(66.7)	M	M	M	P	P	M	M	M	P		3(33.3)		6(66.7)		
3-3. The concentration of carbon dioxide after combustion	M2	M2	M2	M1	M2	M2		6(100.0)		5	1	M1	M2	M2	M2	M1	M2	M2	M2			9(100.0)		
3-4. Distribution of carbon dioxide during combustion	M2	M2	M1	M1	M2	M2		6(100.0)		4	2	M1	M1	M2	M2	M1	M1	M2	M1	M2		9(100.0)		

과학적 개념을 가진 교사는 없었고, 이산화탄소가 무거워 아래부터 쌓이거나 또는 이산화탄소를 언급 못하거나 틀리게 언급하였다. 이처럼 연소 개념에 대해서 과학적 개념을 가진 교사보다 부분개념이나 오개념을 가진 교사가 훨씬 많았다.

7차 과학과 교육과정에 따른 6학년 과학 교과서에서는 연소의 정의를 ‘물질이 빛과 열을 내면서 타는 현상’이라고 정의하고 있으나,²⁷ 2007개정 과학과 교육과정에 따른 6학년 과학 교과서에서는 ‘물질이 산소를 만나 빛과 열을 내면서 타는 현상’이라고 기술되어 있다.⁷ 이전 교육과정의 과학 교과서와는 다르게 2007개정 과학 교과서에서는 산소와의 결합을 강조하고 있다. 그리고 과학이야기로 기체의 농도를 알 수 있는 기체 검지관을 제시하여 집기병에서 초가 연소하기 전과 연소한 후의 산소와 이산화탄소의 농도를 제시하고 있다.⁷ 따라서 2007개정 과학 교과서에 제시된 연소에 대한 개념 및 연소 전·후의 산소와 이산화탄소의 농도가 초등교사들의 연소 개념에 어떠한 영향을 주었는지 알아보기 위하여 2007개정 6학년 과학 교과 지도 경험 유무에 따라 분석해 보았다.

Table 4에서 살펴보면, 집기병 속의 촛불이 꺼지는 이유와 연소 전 산소와 이산화탄소의 농도에서 과학적 개념을 가진 교사의 비율이 2007개정 6학년 과학 교과 지도 경험이 있는 집단에서 지도 경험이 없는 집단에 비해 높게 나타났으나, 연소의 정의에서는 6학년 과학 교과 지도 경험이 없는 집단에서 다소 높았다. 연소의 정의, 집기병 속의 촛불이 꺼지는 이유, 연소 전 기체의 농도에서 오개념을 가진 교사의 비율은 6학년 과학 교과 지도 경험이 있는 집단이 6학년 과학 교과 지도 경험이 없는 집단보다 비율이 낮았다. 그리고 연소

후 산소와 이산화탄소의 농도, 연소 과정에서 이산화탄소의 위치에서는 두 집단 간의 차이가 없었다. 따라서 과학적 개념과 부분개념, 오개념을 가지고 있는 비율을 살펴볼 때, 2007개정 6학년 과학 교과 지도 경험이 있는 집단이 없는 집단보다 다소 높게 나타났으나, 큰 차이는 없었다. 이는 2007개정 6학년 과학 교과 지도 경험이 있는 교사들도 과학 교과서에 제시된 연소에 대한 내용을 제대로 이해하지 못하고 있음을 말해준다.

초등교사들의 연소 개념에 대한 사전 검사 결과를 각 문항별로 분석하면 다음과 같다(Table 3).

연소의 정의. 연소의 정의에 대한 초등교사들의 이해 수준을 분석한 결과, 물질이 산소와 결합하여 빛과 열을 내면서 타는 현상이라고 과학적 개념을 응답한 초등교사는 3명(20.0%)이었고, 부분개념을 응답한 교사는 9명(60.0%), 오개념을 응답한 교사도 3명(20.0%)이었다. 과학적 개념으로 응답한 비율은 초등교사들을 대상으로 연소의 정의에 대해 연구한 Chung(2003)¹⁵의 결과(33.0%)나 Shin 등(2011)²³의 결과(41.7%)와 비교하면 낮은 수치이다. 이는 2007개정 6학년 과학 교과서에 산소와의 결합을 강조한 연소의 정의가 제시되었음에도 이전 교육과정의 교과서에 제시된 정의에 의존하여 응답한 것으로 여겨진다.

이 연구에서 2007개정 6학년 과학 교과 지도 경험 유무에 따른 연소의 정의에 대한 응답 수준을 비교하였을 때 큰 차이가 없었다. 이는 과학 교과서에 제시된 연소의 정의가 변화되었음에도 초등교사들이 이를 충분히 인지하고 있지 못하고 있음을 보여준다. 따라서 2007개정 6학년 과학 교과서에서 변화된 내용을 초등교사들에게 인식시켜줄 수 있는 기회를 제공해야 할 것이다.

집기병으로 덮었을 때 촛불이 꺼지는 이유. 집기병으로 덮었을 때 촛불이 꺼지는 이유에 대한 초등교사들의 이해 수준을 분석한 결과, 산소의 부족 또는 산소의 공급이 중단되어 꺼졌다는 과학적 개념을 응답한 초등교사는 1명(6.7%), 산소의 부족과 이산화탄소를 동시에 언급한 부분개념을 응답한 교사는 2명(13.3%), 산소가 거의 또는 모두 사라졌다는 오개념을 응답한 교사는 12명(80.0%)이었다. 산소가 거의 또는 모두 사라졌다는 오개념은 선행 연구^{23,28}에서 보고된 교사들의 오개념 유형과 일치하였다.

연소 전 산소와 이산화탄소의 농도. 집기병 속 연소 전 산소와 이산화탄소의 농도에 대한 초등교사들의 이해 수준을 분석한 결과, 산소와 이산화탄소의 농도를 거의 유사하게 응답한 초등교사는 1명(6.7%)이었고, 산소나 이산화탄소 둘 중 하나만 바르게 알고 있는 부분개념을 응답한 교사는 4명(26.7%)이었으며, 오개념을 응답한 교사도 10명(66.6%)이었다. 대부분의 교사들이 산소의 농도는 알고 있었으나, 이산화탄소의 농도는 정확히 알지 못하거나 잘못 알고 있었다. 날숨, 광합성, 매연, 탄산음료 등 이산화탄소가 언급되는 예를 과학 교과서나 우리 생활에서 쉽게 찾을 수 있기 때문에 많은 학생들이 공기의 구성 성분 중 이산화탄소의 양이 많은 것으로 알고 있다.^{16,17,24,29} 이러한 현상은 많은 교사들이 이산화탄소가 공기 중에 많이 포함되어 있다고 생각하는 이 연구의 결과와 유사하다.

연소 후 산소의 농도. 연소 후 집기병 속 산소의 농도에 대한 초등교사들의 이해 수준을 분석한 결과, 산소(약 15~17%)의 농도를 유사하게 응답한 초등교사는 0명(0.0%)이었다. 5명(33.3%)의 교사들이 연소 후 산소가 완전히 소모되지 않고 약간 남아있다고 생각하고 있었으며, 산소가 완전히 소모되었다는 오개념을 응답한 교사는 10명(66.7%)이었다. 보통 공기의 21%를 차지하는 산소가 16% 이내가 되면 불이 꺼지는 데, 대부분의 교사들이 연소 시 산소가 소모된다는 것은 알고 있었으나, 연소 후 산소의 농도는 약간 남아 있거나 완전히 소모된다는 오개념을 가지고 있었다. 이것은 Shin 등(2011)²³의 연구 결과에서 제시된 초등교사의 오개념 수준과 유사하였다.

Moon과 Kim(2009)³⁰의 연구에 의하면 91.5%의 학생이 연소 반응이 일어난 후 산소가 소모된다는 과학적 개념을 가지고 있다고 하였다. 하지만, 이는 이 연구에서 초등교사들이 산소가 소모된다는 것은 알고 있으나, 연소 후 산소의 농도에 대해서 바르게 알고 있지 못한 것처럼 학생들도 연소 후 산소의 농도에 대해서 바르게 알고 있지 못할 수도 있다는 점에서 파악할 필요가 있다.

연소 후 이산화탄소의 농도. 연소 후 집기병 속 이산화탄소의 농도에 대한 초등교사들의 이해 수준을 분석한 결과, 이산화탄소(약 2~3%)의 농도를 유사하게 응답한 초등교

사는 0명(0.0%)이었다. 12명(80.0%)의 초등교사들이 산소가 줄어든 만큼 이산화탄소가 늘어난다고 응답하였으며, 3명(20.0%)의 초등교사는 산소가 줄어든 양과 이산화탄소가 늘어나는 양을 관련짓지 못하였다. 많은 교사들이 연소에서 소모된 산소의 양만큼 이산화탄소의 양이 늘어날 것이라고 예상하고 있었는데, 이는 초의 연소 생성물로서 수증기를 인식하지 못하고 초가 촛농으로 변화하면서 상태변화 과정에서 수증기가 생긴 것이라고 나타난 연구결과^{17,29}처럼 초의 연소 생성물로 이산화탄소만을 인식하고 있는 것으로 보인다.

연소 과정에서의 이산화탄소의 위치. 연소 과정에서의 이산화탄소의 위치에 대한 초등교사들의 이해 수준을 분석한 결과, 이산화탄소는 가열되어 위에 있다가 식으면서 평형상태를 이룬다는 과학적 개념을 응답한 초등교사는 없었다. 가열되어 위에 있다가 식으면서 아래로 쌓이거나 위에 계속 있다는 부분개념을 응답한 교사도 없었고, 15명(100.0%) 모두 오개념으로 응답하였다. 많은 초등교사들이 초가 연소할 때 발생된 이산화탄소는 공기보다 무겁기 때문에 아래로 가라앉는다고 생각하는데,³¹ 이는 여러 가지 실험을 통해 이산화탄소가 공기보다 무겁다는 실험결과에 대해 초등교사들이 강하게 인식하였기 때문이라고 생각되어진다.

초등교사들의 사후 연소 개념 분석. Table 5는 연소 과정에서의 기체 농도 측정 실험을 하고 난 후 초등교사들의 연소에 대한 개념 변화를 나타낸 표이다. 연소의 정의에서 과학적 개념을 가진 교사는 사전에는 20.0%(3명)이었으나, 사후에는 53.3%(8명)로 33.3%의 향상을 보였다. 촛불이 꺼지는 이유에 있어서 산소의 부족으로 초가 꺼진다는 과학적 개념을 가진 교사는 6.7%(1명)에서 100.0%(15명)로 93.3%의 향상을 보였다. 연소 전의 산소와 이산화탄소의 농도에 있어서도 93.3%의 향상을 보였으며, 연소 후 산소와 이산화탄소의 농도에 대해서도 각 100%의 향상을 보였다. 연소 과정에서 이산화탄소의 위치에 대해서 7명의 교사가 과학적 개념을 응답하여 46.7%의 향상을 보였다.

실험에 참여한 많은 초등교사들이 연소에 대해 가졌던 부분개념이나 오개념이 과학적 개념으로 변화되었다. 이를 통해 연소 과정에서의 기체 농도 측정 실험은 초등교사들이 연소에 대한 과학적 개념을 형성하는 데 효과적임을 확인할 수 있었다.

초등교사들의 연소에 대한 사후 검사 결과와 사례를 각 문항별로 살펴보면 다음과 같다(Table 5).

연소의 정의. 연소 과정에서의 기체 농도 측정 실험을 하고 난 후, 연소의 정의에 대해서 과학적 개념으로 응답한 초등교사는 53.3%(8명)로 향상을 보였고, 부분개념을 응답한 교사는 40.0%(6명), 오개념을 응답한 교사는 6.7%(1

Table 5. Teachers' responses to the questions on combustion concept in the post-test

Question	Teacher																Frequency (%)			
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	S	P		M	
																	P2	P1	M2	M1
1. Definition of combustion	S	S	S	P1	P2	S	P2	P2	P1	S	P2	S	S	M	S	8(53.3)	6(40.0) 4 2		1(6.7)	
2. The reason why a candle is blown out when it is covered with a glass bottle	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	15 (100.0)				
3. The concentrations of oxygen and carbon dioxide before and after combustion	3-1. The concentrations of oxygen and carbon dioxide before combustion		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	15 (100.0)				
	3-2. The concentration of oxygen after combustion		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	15 (100.0)				
	3-3. The concentration of carbon dioxide after combustion		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	15 (100.0)				
	3-4. Distribution of carbon dioxide during combustion		M2	M1	S	S	P2	S	S	P1	M1	M2	M1	S	M1	S	7 (46.7)	2(13.3) 1 1		6(40.0) 2 4

명)로 감소하였다. 이는 연소의 정의에서 산소와 결합을 한다는 의미를 잘 인식하지 못하고 있었던 교사들이 연소 과정에서의 기체 농도 측정 실험을 하는 과정에서 산소와 결합을 인식하게 되어 과학적 개념으로 바뀐 것으로 보인다. 연소 과정에서의 기체 농도 측정 실험에 참여하여 부분개념에서 과학적 개념으로 바뀐 초등교사 T6의 면담 내용을 살펴보면 다음과 같다.

- 연구자 1번 연소의 의미를 말씀해 주시겠습니까? (사전)
 T6 **물질이 빛과 열을 내며 타는 현상**입니다.
 연구자 1번 문항에서 바뀌신 게 있다면 어떻게 바뀌셨는지요? (사후)
 T6 **물질이 산소와 결합하여 빛과 열을 내며 타는 현상**이라고 썼습니다.
 연구자 사전에 응답한 내용과 바뀌셨는데요, 왜 그렇게 생각하셨는지요?
 T6 **산소의 결합을 포함시켜서 생각하지 않으면 연소가 일어나지 않기 때문에** 산소와 결합하여 라는 표현을 함께 써서 의미를 아는 게 맞다고 생각합니다.

T6 교사의 경우, 실험과정 동안 산소가 점차 줄어드는 것을 봄으로써 산소와의 결합을 인지하게 되었고, 연소란 산소와의 결합을 포함시켜야 한다며 과학적 개념으로 바뀌게 되었음을 알 수 있다.

집기병으로 덮었을 때 촛불이 꺼지는 이유. 초등교사들은 실험 후, 집기병으로 덮었을 때 촛불이 꺼지는 이유에 대해 산소의 부족 또는 산소의 공급이 중단되어 꺼졌다는 과학적 개념을 충분히 이해하고 있었다. 과학적 개념을 응답한 초등교사는 15명(100.0%)이었고, 부분개념과 오

개념을 응답한 교사는 0명(0.0%)으로 감소하였다. 이는 사전 검사에서 산소가 거의 사라져 연소 후에는 산소가 거의 없다고 인식을 하고 있던 대부분의 교사들이 실험 후 산소의 부족으로 꺼졌다는 과학적 개념을 형성한 것으로 보인다. 오개념에서 과학적 개념으로 바뀐 초등교사 T3의 면담 내용을 살펴보면 다음과 같다.

- 연구자 초가 왜 꺼졌다고 생각하십니까? (사전)
 T3 저는 연소가 되면서 산소가 그 병에 있는 **산소가 모두 사용되었기 때문에 불이 꺼졌다**고 했습니다.
 연구자 초는 왜 꺼졌다고 생각하십니까? 이 문항에서 바뀌신 게 있다면 어떻게 바뀌셨는지요? (사후)
 T3 처음에는 산소가 모두 사용되어야만 모두 없어져야만, 불이 꺼진다고 생각을 했는데, 실험을 직접 보니까, **5퍼센트만 줄어들어도 불이 꺼진다는 것**을 알 수 있었습니다.
 연구자 이 문항과 관련해서 느낀 점이 있으시다면 말씀해 주시겠습니까?
 T3 **산소가 소중하다는 것**이 그러니까 산소 21퍼센트라는 것을 참 많다고 생각했는데, 그 중에 단 5퍼센트만 없어도 이렇게 불이 꺼질 수 있다는 것은 5퍼센트가 대개 힘이 크다는 거잖아요. 그런 거에 대해 생각을 해 봤어요.

T3 교사의 경우, 실험과정 동안 산소의 농도가 일정 비율 이하로 내려가지 않는 것을 보고 모든 산소의 소모가 아닌 산소의 부족으로 인지하게 되었고, 산소의 농도가 조금만 줄어도 소화가 된다는 것을 인식하게 되어 과학적 개념으로 바뀌게 되었음을 알 수 있다.

연소 전 산소와 이산화탄소의 농도. 실험 후 연소 전 산

소와 이산화탄소의 농도에 대한 질문에 과학적 개념을 응답한 초등교사는 15명(100.0%)으로, 부분개념이나 오개념을 응답한 교사는 없었다. 이는 사전 검사에서 산소의 농도는 알고 있었으나, 이산화탄소의 농도는 정확히 알지 못하거나 잘못 알고 있던 대부분의 교사들이 실험 후 산소와 이산화탄소의 농도를 정확하게 알게 되어 과학적 개념을 형성한 것으로 보인다. 연소 전 산소와 이산화탄소의 농도에 대해서 오개념을 가지고 있었으나, 실험 후 과학적 개념으로 바뀐 초등교사 T5의 면담 내용을 살펴보면 다음과 같다.

연구자 연소 전의 공기 중 산소가 몇 퍼센트 있는 지 아십니까? (사전)

T5 산소가 몇 퍼센트 있지? 기억이 안 나는 데, 배우긴 배웠는데, 많지는 않은 데, 질소 양이 70퍼센트이고, **이산화탄소 양이 20퍼센트!** 정확하게 기억이 안 나는 데, **아마 10퍼센트 안팎!**

연구자 연소 전의 공기 중 산소와 이산화탄소의 농도에 대해 말씀해 주시겠습니까? (사후)

T5 처음에 저는 산소의 농도를 10퍼센트로 생각을 했었는데, 그게 아니고 **한 20퍼센트 정도였고, 이산화탄소가 0.03퍼센트 정도!** 아~ 작구나!

T5 교사의 경우, 앞에서 언급했던 것처럼 공기 중 이산화탄소의 농도를 매우 높게 생각하고 있었으나, 실험을 통해 공기 중 이산화탄소의 농도가 매우 낮다는 것을 인식하게 되어 과학적 개념으로 바뀌게 되었음을 알 수 있다.

연소 후 산소의 농도. 연소 후 산소의 농도에 대한 초등교사들의 이해 수준 분석 결과, 사전 검사에서 부분개념과 오개념을 갖고 있던 모든 교사들이 실험 후 과학적 개념을 갖게 되어 과학적 개념을 응답한 초등교사는 15명(100.0%)이었다. 이는 실험에 참여한 초등교사들이 실험을 통해 산소의 농도 변화를 정확하게 알게 되어 과학적 개념을 형성한 것으로 보인다. 오개념에서 과학적 개념으로 바뀐 초등교사 T1의 면담 내용을 살펴보면 다음과 같다.

연구자 혹시 예상하시기를 처음에 집기병안에 산소가 몇 퍼센트 정도 있었을까요? (사전)

T1 몇 퍼센트요? 공기 중에 있는 정도니까, 21퍼센트 정도요.

연구자 연소 후 산소의 농도는 어떻게 될까요?

T1 **음, 21퍼센트의 산소가 연소되는 데 쓰여서 다 이산화탄소로 바뀌었다고 생각합니다.**

연구자 그러면 21퍼센트의 산소가 연소 후에는 몇 퍼센트 정도 남아 있을까요?

T1 없다고 생각합니다.

연구자 연소 후의 산소의 농도는 어떻게 바뀌었을 지 말씀해 주시겠습니까? (사후)

T1 연소 후에는 산소는 **한 16퍼센트 정도요.**

T1 교사의 경우처럼, 많은 교사들이 사전 검사에서 산소가 모두 소모되고, 소모된 산소가 모두 이산화탄소로 바뀐다고 생각하였었는데, 실험 후 약 16% 정도 되면 불이 꺼진다는 것을 인지하게 되었다.

연소 후 이산화탄소의 농도. 연소 후 집기병 속 이산화탄소의 농도에 대한 초등교사들의 이해 수준 분석 결과, 실험 후 과학적 개념을 응답한 초등교사는 15명(100.0%)이었다. 사전에 오개념을 응답한 모든 교사들이 모두 과학적 개념으로 응답하였는데, 이는 실험에 참여한 초등교사들이 실험을 통해 이산화탄소의 농도 변화를 정확하게 알게 되어 과학적 개념을 형성한 것으로 보인다. 오개념에서 과학적 개념으로 바뀐 초등교사 T13의 면담 내용을 살펴보면 다음과 같다.

연구자 공기 중의 이산화탄소의 농도를 알고 계시나요? (사전)

T13 이산화탄소? 좀 많다고 들었는데, 정확한 퍼센트는 잘 모르겠는데……

연구자 예상을 해 보자면요?

T13 20정도?

연구자 산소가 70퍼센트이고, 이산화탄소가 20퍼센트이라는 말씀이시죠?

T13 네.

연구자 연소 후에는 어떻게 되었을까요?

T13 연소 중에는 산소가 쓰이고 연소 후에는 이산화탄소가 많아지고, 산소가 없어지니까, 이산화탄소는 거의 90퍼센트 가까이 되요.

연구자 연소 후의 이산화탄소의 농도는 어떻게 바뀌었을 지 말씀해 주시겠습니까? (사후)

T13 연소 후에는 이산화탄소가 **한 2퍼센트 정도**있어요.

T13 교사의 경우, 다른 대부분의 교사들과 마찬가지로 연소에서 소모된 산소의 양만큼 이산화탄소의 양이 늘어날 것이라고 응답하였다. 연소 과정에서의 기체 농도 측정 실험을 하고 난 후, 이산화탄소 측정 데이터를 통해 소모된 산소의 양에 비해 늘어나는 이산화탄소의 양이 적다는 사실을 확인하게 되어 과학적 개념을 가지게 되었다. T13 교사처럼 나머지 다른 초등교사들도 측정 데이터를 직접 확인함으로써 기존에 가지고 있던 오개념에서 벗어나 과학적 개념을 가지게 되었음을 알 수 있다.

연소 과정에서의 이산화탄소의 위치. 연소 과정에서의 이산화탄소의 위치에 대한 초등교사들의 이해 수준을 분석한 결과, 실험 후 과학적 개념을 응답한 초등교사는 7명(46.7%)으로 향상되었고, 가열되어 위에 있다가 식으면서 아래로 쌓이거나 가열되어 위에 계속 있다는 부분개념을 응답한 교사는 2명(13.3%)이었다. 그리고 오개념을 응답한 초등교사들은 실험 후 6명(40.0%)으로 감소하였다. 이는 실험에 참여한 초등교사들의 46.7%는 산소와 이산화탄소의 농도 변화 그래프 해석을 통해 이산화탄소의 위치 변화에 대한 과학적 개념을 형성한 것으로 보인다. 그러나 다른 초등교사들의 경우에는 산소와 이산화탄소의 농도 변화 그래프의 해석보다는 산소와 이산화탄소의 농도 수치에만 관심을 둔 결과 이산화탄소의 위치 변화를 제대로 인식하지 못한 것으로 보인다. 오개념에서 과학적 개념으로 바뀐 초등교사 T4의 면담 내용을 살펴보면 다음과 같다.

연구자 3-4번 문항에 대해 설명해 주시겠습니까? (사전)

T4 처음에는 공기가 골고루 섞인 상태로 있었을 것이고, 그 다음에 연소 중에는 타면서 중간쯤에 타면서 위쪽 시방에 퍼져 있었던 산소를 쓰면서 생긴 이산화탄소는 무거우니까 아래로 점점 내려와서 아래 쪽을 점점 채우고, 아래쪽에서 점점 채워지면서 위로 올라갈 것이다.

연구자 3-4번 문항에서 바뀌신게 있다면 어떻게 바뀌셨는지요? (사후)

T4 타면서 생긴 이산화탄소가 아래로 가라앉고 그 게 양이 점점 많아져서 불이 꺼지는 줄 알았는데, 그게 아니라 **이산화탄소가 대류하면서 이산화탄소가 위로 올라가서 오히려 위쪽에 이산화탄소의 양이 많아졌다가 불이 꺼지면서 골고루 채워집니다.**

위의 초등교사 T4의 면담 내용은 살펴보면 연소 과정에서의 기체 농도 측정 실험은 초등교사가 가지고 있는 오개념을 스스로 인식하게 하며 과학적 개념을 찾으려는 기회를 갖게 해 주었다. 면담 내용에서도 살펴 볼 수 있듯이 물질이 연소될 때 산소가 아래쪽에서 공급되는 현상은 기체의 대류현상으로 설명할 수 있는데,^{30,32} T4 교사의 경우 실험과정 동안의 그래프 변화를 통해 연소 중에 일어나는 기체의 대류현상과 연소 후 기체의 평형상태를 이해할 수 있었기 때문에 과학적 개념을 형성하게 된 것으로 보인다.

연소 과정에서의 기체 농도 측정 실험에 대한 초등교사들의 의견. 연소 과정에서의 기체 농도 측정 실험을 하고 난 후 실험에 대한 생각을 작성하게 하여 초등교사들의 의견을 살펴보았다.

T2 연소는 그냥 단순하게 타는 것이라고 생각을 했는데, 연소의 의미부터 시작해서 이 실험을 통해 산소와 이산화탄소가 생기는 양이 일치하지 않고, 연소 후 산소도 0퍼센트가 아니라 15퍼센트인 것을 알게 되었다. 이렇게 기체의 양을 측정할 수 있는 측정기가 있는 것도 몰랐는데, 아이들에게 이 실험을 보여주면 아이들이 좋아할 것이라는 생각이 들었다. 이렇게 과학적인 기구가 우리 교육 현장에 빨리 투입이 되어야 아이들에게 좋을 것이라는 생각이 든다. 교과서를 통한 단순한 지식 전달이 아닌 새로운 기구를 통해 직접 실험해 보는 활동이 필요하다고 생각한다.

T10 아동들에게 자신있게 가르치고 지도했던 내용임에도 불구하고 평가받는 기분으로 문항 하나하나에 답을 쓰고 인터뷰하는 과정은 매우 긴장되고 떨리는 경험이었다. 또한 그러한 연소 개념에 대한 지식이 확고히 되지 않았기에 그 긴장, 떨림은 더했으리라 생각된다. 그러나 이러한 과정을 통해서 스스로 연소에 대한 현상이나 개념을 꼼꼼히 다시 되짚어보고 시도하는데 도움이 되는 것 같다. 또한 연소프로그램을 알게 되어서 추상적으로만 알고 있었던 실험과정을 시각적으로 관찰할 수 있어서 매우 좋았다. 이와 같은 프로그램을 실제 수업 시간에 아동들에게 보여준다면 산소가 완전히 사라져서 촛불이 꺼지는 것이 아니라 20퍼센트였던 산소 농도가 15퍼센트 정도로 떨어지면서 촛불이 꺼지고 동시에 이산화탄소와 수증기가 발생하는 과정도 더욱 알기 쉽게 지도할 수 있을 것 같다.

T13 산소와 이산화탄소량을 측정하는 방법이 새롭고 신기했다. 일반적으로 연소되면 집기병안의 산소가 모두 사라져야 불이 꺼진다고 생각했는데 일정 비율의 산소가 사라지면 불이 꺼진다는 것을 알게 되었고 이산화탄소양이 급격히 늘어날 것 같았는데, 일정한 비율로 산소와 이산화탄소양이 일정량 유지된다는 사실도 새롭게 알게 되었다. 영화를 보면 화재가 발생했을 때 사람들이 코를 막고 자세를 낮추는 이유도 이 실험을 보면 어느 정도 이해를 할 수 있겠다 생각을 했고, 지도를 한다면 화재와 화재대피법과 연관시켜 지도하면 좋겠다고 생각했다.

초등교사들은 연소 과정에서의 기체 농도 측정 실험을 통해 연소에 대해 추상적으로 알고 있던 것을 시각적으로 관찰할 수 있어 연소 개념을 명확하게 이해할 수 있게

되었다고 언급하였다. 또한, 이 실험이 교과서에 제시될 필요가 있다고 인식하고 있을 뿐만 아니라, 실험의 결과들을 통해 화재와 화재대피법과 관련하여 지도하면 좋겠다는 점을 언급하였다. 이러한 초등교사들의 다양한 의견을 통해서 볼 수 있듯이 대부분의 초등교사들은 추상적으로 다루던 개념을 데이터와 그래프라는 시각적인 자료를 통해 확인함으로써 연소에 대해 과학적 개념을 갖게 되었음을 알 수 있다. 따라서 이 연구에서 구안한 연소 과정에서의 기체 농도 측정 실험은 초등교사들의 연소에 대한 과학적 개념을 향상시키는 데 효과적이라고 볼 수 있다.

결론 및 제언

이 연구에서는 초등교사들의 연소 개념을 향상시키기 위한 방법의 하나로 연소 과정에서의 기체 농도 측정 실험을 구안하여 제주특별자치도 J시의 N초등학교 교사들을 대상으로 적용하였다. 연소 과정에서의 기체 농도 측정 실험이 초등교사들의 연소 개념 향상에 어떠한 효과가 있는지 알아보기 위하여 사전과 사후에 연소 개념 검사 및 반구조화된 면담을 실시하여 그 결과를 분석하였다. 이 연구의 결론은 다음과 같다.

첫째, 연소 과정에서의 기체 농도 측정 실험을 개발하였다. 선행 연구에서 나타난 연소에 대한 여러 가지 오개념 유형과 연소에 대한 개념을 쉽게 이해시킬 수 있도록 시각화된 자료 개발이 필요하다는 제언을 토대로 연소 과정동안 실시간으로 산소와 이산화탄소의 농도를 측정하고 그래프로 확인할 수 있는 실험을 개발하였다.

둘째, 초등교사들의 연소에 대한 개념을 분석한 결과, 연소의 정의, 집기병 속의 촛불이 꺼지는 이유, 연소 전 산소와 이산화탄소의 농도 및 연소과정에서의 이산화탄소의 위치에 대해서 대부분의 교사들이 과학적 개념을 가지지 못하고 있었다. 특히 2007개정 과학 교과서에서 탈락된 연소에 대한 개념이 교사의 연소 개념에 어떠한 영향을 주었는지 알아보기 위하여 2007개정 6학년 과학 교과 지도 경험 유무에 따라 분석하였으나, 2007개정 6학년 과학 교과 지도 경험 유무에 따른 큰 차이는 없었다.

셋째, 연소 과정에서의 기체 농도 측정 실험을 적용한 결과, 집기병 속의 촛불이 꺼지는 이유, 연소 전 산소와 이산화탄소의 농도, 연소 후 산소와 이산화탄소의 농도에 대해서 거의 대부분의 초등교사들이 과학적 개념을 형성하였으나, 연소의 정의, 연소 과정에서의 이산화탄소의 위치에 대해서는 약 50.0% 정도의 교사들만이 과학적 개념을 갖게 되었다. 실험하는 동안 실험과정만을 보여주었고, 연소에 대한 개념에 대해서는 연구자가 일체의 언급을 하지 않았기 때문에 실험에 참가한 일부 초등교사들은

연소의 정의에서 산소와의 결합을 생각하지 않고, 실험 전 자신이 가지고 있던 개념을 유지하는 경우도 있었다. 그리고 연소 과정에서의 이산화탄소의 위치에서 산소와 이산화탄소의 농도 변화 그래프 해석 능력이 초등교사들의 과학적 개념 형성에 영향을 미친 것으로 보인다. 결론적으로 연소 과정에서의 기체 농도 측정 실험은 초등교사들의 연소에 대한 과학적 개념을 형성시키는 데 효과가 있었다.

이상의 결론을 통해 앞으로의 연구에서 고려할 점은 다음과 같다.

첫째, 개발된 실험이 단기적으로 초등교사들의 연소에 대한 과학적 개념을 향상시키는 데 효과가 있는 것으로 나타났지만, 장기적인 관점에서 실험에 의해 향상된 과학적 개념의 지속성에도 효과가 있는지에 대한 후속 연구가 요구된다.

둘째, 이 실험을 통해 과학적 개념을 형성한 교사의 '연소와 소화' 단원 지도시 학생들의 연소 개념에 미치는 영향을 알아보기 위한 후속연구가 필요하다.

Acknowledgment. 이 논문은 2015학년도 제주대학교 학술진흥연구비 지원사업에 의하여 연구되었음. This research was supported by the 2015 scientific promotion program funded by Jeju National University.

REFERENCES

1. Ministry of Education. *The Teacher's Manual for Elementary School Science 3-2*; Miraeen Co.: Seoul, Korea, 2014.
2. Gardner, H. *The Unschooled Mind: How Children Think and How Schools Should Teach*; Basic Books: New York, U.S.A., 1991.
3. Gilbert, J. K.; Osbone, R. J.; Fensham, P. J. *Science Education* **1982**, *66*, 623.
4. Han, S. J.; Kang, S. J.; Noh, T. H. *Journal of Korean Elementary Science Education* **2010**, *29*, 474.
5. Jang, M. D. *Journal of Korean Elementary Science Education* **2009**, *28*, 425.
6. Yoon, H. G. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2011**, *31*, 164.
7. Ministry of Education and Science Technology. *The Teacher's manual for Elementary School Science 6-2*; Kumsung Publishing Co.: Seoul, Korea, 2011.
8. Shin, A. K. *Journal of Korean Elementary Science Education* **2014**, *33*, 736.
9. Park, H. W. *Journal of Korean Elementary Science Education* **2008**, *27*, 244.
10. Park, K. A. *Teaching Effect on Correcting the Misconception About High School Student's Gas State*; Master's Thesis. Graduate School of Education, Korea National University of Education: Korea, 2008.

11. Stavy, R. *International Journal of Science Education* **1988**, *10*, 553.
12. BouJaoude, S. B. *Journal of Research in Science Teaching* **1991**, *28*, 689.
13. An, S. H. *The Effects of Learning Program Based on Brain Compatibleness in 'Combustion and Extinction' Unit Lesson of Elementary School*; Master's Thesis. Graduate School of Education, Korea National University of Education: Korea, 2011.
14. Choi, S. Y.; Kang, S. J.; Noh, T. H. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2008**, *28*, 779.
15. Chung, M. S. *Analysis of Elementary School Textbook and Teacher's Conceptions About the Combustion in the View of History of Science*; Master's Thesis. Graduate School of Education, Korea National University of Education: Korea, 2003.
16. Ryu, I. K. *The Analysis of Sixth Grade Students' Alternative Conception on gas According to 2007 Revised Curriculum*; Master's Thesis. Graduate School of Education, Korea National University of Education: Korea, 2012.
17. Um, S. S.; Ko, Y. H.; Paik, S. H.; Park, K. T. *Journal of Korean Elementary Science Education* **2000**, *19*, 75.
18. Yoo, S. A.; Koo, I. S.; Kim, B. G.; Kang, D. H. *Journal of the Korean Chemical Society*, **1999**, *43*, 564.
19. Yi, H. J. *A Study on the Misconceptions in Forces Lesson of the Middle School Students*; Master's Thesis. Hankuk University of Foreign Studies: Korea, 2009.
20. Cho, E. A. *A Study of High School Student's Misconception on Gaseous Properties*; Master's Thesis. Graduate School of Education, Sungkyunkwan University: Korea, 2008.
21. Onno de Jong; Majja, A.; Alan, G.; Vassilia, H.; Vasilis, K. *European Journal of Teacher Education* **1999**, *22*, 45.
22. Kim, D. W. *Journal of Korean Elementary Science Education* **1995**, *14*, 135.
23. Shin, A. K.; Moon, H. S.; Kang, M. S. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2011**, *31*, 942.
24. Jung, D. G.; Lee, H. J.; Jeong, S. H.; Oh, C. H.; Park, K. T. *Journal of Korean Elementary Science Education* **2007**, *26*, 359.
25. Kim, S. W. *Difficulty in Science Teaching of Elementary School Science Teaching in the Material Areas*; Master's Thesis. Graduate School of Education, Busan National University of Education: Korea, 2008.
26. Ryu, J. I.; Koh, H. J.; Han, K. L. *Journal of Korean Elementary Science Education* **2000**, *19*, 15.
27. Ministry of Education and Human Resources Development. *The Teacher's Manual for Elementary School Science 6-1*; Daehan Textbook Co.: Seoul, Korea, 2002.
28. Dhindsa, H. S. *Candle Burning in an Inverted Jar Over Water in a Trough Experiment: Science Teachers' Conceptions*; Retrieved December 15, 2012, from <http://www.math.harvard.edu>
29. Min, K. S. *Effectiveness of the History of Science on the Learning of the Unit of 'Oxygen and Carbon Dioxide'*; Master's Thesis. Graduate School of Education, Incheon National University of Education: Korea, 2000.
30. Moon, M. J.; Kim, Y. K. *Journal of Korean Elementary Science Education* **2009**, *28*, 467.
31. Seoul Science Teacher's Group. *Hidden Science 3*; Woongjin Junior: Seoul, Korea, 1995.
32. Kim, Y. C. *The Study About the Cause of Water Rising Phenomena After a Candle's Combustion in the Vessel on the Water*; Master's Thesis. Graduate School of Education, Busan National University of Education: Korea, 2000.