



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)



연소 개념에 대한 초등교사의 사례 연구 - 기체변화를 중심으로 -

문현숙

2011년

석사학위논문

연소 개념에 대한 초등교사의 사례 연구  
- 기체변화를 중심으로 -

A Case Study on Concept of Combustion  
of Elementary School Teachers  
- Focusing on Change of Gases -

제주대학교 교육대학원

초등과학교육전공

문 현 숙

2011년 8월

석사학위논문

연소 개념에 대한 초등교사의 사례 연구  
- 기체변화를 중심으로 -

A Case Study on Concept of Combustion  
of Elementary School Teachers  
- Focusing on Change of Gases -

제주대학교 교육대학원

초등과학교육전공

문 현 숙

2011년 8월

연소 개념에 대한 초등교사의 사례 연구  
- 기체변화를 중심으로 -

A Case Study on Concept of Combustion  
of Elementary School Teachers  
- Focusing on Change of Gases -

지도교수 신 애 경

이 논문을 교육학 석사학위 논문으로 제출함

제주대학교 교육대학원

초등과학교육전공

문 현 숙

2011년 5월



문 현 숙의  
교육학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장 \_\_\_\_\_ 인

심사위원 \_\_\_\_\_ 인

심사위원 \_\_\_\_\_ 인

제주대학교 교육대학원

2011년 6월

## 목 차

국문 초록	i
<b>I. 서론</b>	1
1. 연구의 필요성 및 목적	1
2. 연구 내용	2
<b>II. 이론적 배경</b>	3
1. 오개념의 정의	3
2. 오개념의 형성 요인	5
3. 초의 연소	6
4. 선행 연구의 고찰	7
<b>III. 연구 절차 및 방법</b>	11
1. 연구 절차	11
2. 연구 대상	12
3. 검사 도구	13
4. 자료 수집 및 분석	13
<b>IV. 연구 결과 및 논의</b>	16
1. 연소에 대한 초등교사의 개념 분석	16
2. 교사들의 특성에 따른 연소 개념 분석	32
<b>V. 결론 및 제언</b>	35
1. 결론	35
2. 제언	37



참고 문헌	38
ABSTRACT	41
부 록	43



## 표 목 차

〈표 III-1〉 연구 대상의 특성 .....	12
〈표 III-2〉 문항 내용과 각 문항에 대한 기준 .....	15
〈표 IV-1〉 각 문항에 대한 교사들의 응답 수준 및 분포 .....	17
〈표 IV-2〉 6학년 과학교과 지도 경력의 유무에 따른 응답수준 및 분포 .....	33



## 그림 목 차

[그림 Ⅲ-1] 연구 절차	11
----------------	----

## 사 례 목 차

〈사례 IV-1〉 1. 연소의 정의 : P 수준	18
〈사례 IV-2〉 1. 연소의 정의 : M 수준	19
〈사례 IV-3〉 2. 집기병으로 덮었을 때 촛불이 꺼지는 이유 : P 수준	20
〈사례 IV-4〉 2. 집기병으로 덮었을 때 촛불이 꺼지는 이유 : M 수준	21
〈사례 IV-5〉 3-1. 연소 전 산소와 이산화탄소의 농도 : S 수준	22
〈사례 IV-6〉 3-1. 연소 전 산소와 이산화탄소의 농도 : P 수준	22
〈사례 IV-7〉 3-1. 연소 전 산소와 이산화탄소의 농도 : M 수준	22
〈사례 IV-8〉 3-2 연소 후 산소의 농도 : S 수준	23
〈사례 IV-9〉 3-2 연소 후 산소의 농도 : M 수준	24
〈사례 IV-10〉 3-3 연소 후 이산화탄소의 농도 : S 수준	25
〈사례 IV-11〉 3-3 연소 후 이산화탄소의 농도 : M2 수준	25
〈사례 IV-12〉 3-3 연소 후 이산화탄소의 농도 : M1 수준	26
〈사례 IV-13〉 3-4 연소 과정 중 이산화탄소의 위치 : S 수준	27
〈사례 IV-14〉 3-4 연소 과정 중 이산화탄소의 위치 : P 수준	27
〈사례 IV-15〉 3-4 연소 과정 중 이산화탄소의 위치 : M2 수준	28
〈사례 IV-16〉 3-4 연소 과정 중 이산화탄소의 위치 : M1 수준	28
〈사례 IV-17〉 4. 철솥의 연소 : S 수준	29
〈사례 IV-18〉 4. 철솥의 연소 : P 수준	29
〈사례 IV-19〉 4. 철솥의 연소 : M 수준	30
〈사례 IV-20〉 5. 연소 후 생성물 : P2 수준	31
〈사례 IV-21〉 5. 연소 후 생성물 : P1 수준	31

## 국 문 초 록

### 연소 개념에 대한 초등교사의 사례 연구 - 기체변화를 중심으로 -

## 문 헌 속

제주대학교 교육대학원 초등과학교육전공  
지도교수 신 애 경

이 연구는 연소에 대해 초등교사가 가지고 있는 개념 수준을 파악하는데 그 목적이 있다. 성별, 경력, 6학년 과학교과의 지도 경험, 과학 관련 학력이 고루 분포되도록 하여 12명의 초등교사를 연구 대상으로 선정 하였다.

연구 대상자들에게 5개의 주관식 문항으로 구성된 개념 검사지를 투입하여 개념 정도를 알아본 후, 좀 더 구체적으로 개념 수준 정도를 알아보기 위해 반구조화된 면담을 실시하여 데이터를 수집하였다. 개념 검사지의 내용은 ‘연소의 정의’, ‘집기병으로 덮었을 때 촛불이 꺼지는 이유’, ‘집기병 속 연소 전과 후의 산소와 이산화탄소’, ‘철솥의 연소’, ‘연소 후 생성물’ 에 관한 것으로 구성되었다. 그리고 교사별 각 문항에 대한 응답을 과학적 개념(S), 부분개념(P), 오개념(M)의 수준으로 분류하여 정리하였다. 그 결과 모든 문항에서 오개념 또는 부분개념을 가진 교사의 비율이 50% 이상이었다. 또한, 6학년 과학교과 지도 경험이 있는 교사들에 비해 경험이 없는 교사들이 연소에 대한 과학적 개념 형성 비율이 낮다는 것도 알 수 있었다. 앞으로 눈에 보이지 않는 기체를 다루는 연소 개념을 눈으로 볼 수 있는 시각화 자료가 개발되어야 하며, 이를 이용해 교사 연수 또는 예비교사 교육이 이루어진다면 교사들의 연소에 대한 과학적 개념 형성에 도움이 될 것이다.

\* 주요어 : 연소 개념, 초등교사의 오개념, 연소 시 기체 변화, 과학 개념 사례 연구

# I. 서론

## 1. 연구의 필요성 및 목적

학생들이 과학수업을 통해 과학개념을 형성하는 것은 과학과 교육과정에서 요구되는 중요한 교육목표 중의 하나이다(교육과학기술부, 2008). 이러한 목표를 달성하기 위해 교사들은 다양한 탐구 방법을 이용하여 학생들이 과학적 개념을 형성할 수 있도록 도와주지만, 학생들은 과학적 개념과는 전혀 다른 원리나 내용으로 인지하는 오개념의 상태로 머무르는 경우가 종종 나타난다. 오개념의 형성 요인은 관점에 따라 여러 가지로 나눌 수 있는데, 권재술과 김병기(1993)는 오개념의 형성 요인을 내적 요인과 외적 요인으로 분류하였다. 이 중 외적 요인으로 교사에 의한 요인이 존재하는데, 교사가 잘못된 개념을 가지고 있게 되면 교사와 학생간의 교수-학습 활동을 통해 학생들의 잘못된 개념 획득에 직접적으로 영향을 주게 된다는 것이다. 교사들이 갖고 있는 오개념으로 인해 학생들도 과학 개념에 대해 혼동을 일으키게 되는 것이다(박규석, 2003).

연소에 대한 개념은 초등학교 과학과 교육과정 중 물질 영역에서 중요하게 다루어지는 개념으로 교육과정이 바뀌어도 계속 포함되는 내용이다. 그동안 연소에 대한 학생들의 오개념 연구가 많이 진행되어 왔다(김선주, 2005; 문미정과 김용권, 2009; 엄상수 등, 2000; 한문정, 1990). 하지만 교사들 중 약 75%가 수업 전에 학생들의 오개념을 전혀 고려하지 않고 있고(장명덕, 2009), 또한 오개념의 형성 요인 중 외적 요인까지 모두 알고 있는 예비교사는 45%에 불과하다(장명덕, 2010). 이는 대부분의 교사가 오개념에 대해 관심이 없거나, 오개념을 변화시키기 위한 교수 방법을 제대로 알지 못한다는 Gomez-Zwiep(2008)의 연구와 일치한다. 또한, 교사도 연소에 대해 오개념을 가지고 있는 것으로 드러나는 연구(김도욱, 1991; 박규석, 2003; 정미숙, 2003)들도 발표되었다. 그리고 초등교사는 중등교사에 비해 과학에 대한 전문 지식이 부족하여 과학수업에서 어려움을 겪고 있다고 보고되고 있다(이수아 등, 2007; 최선영, 2008).

이렇듯 학생과 교사들이 연소에 대해 체계적인 개념을 가지지 못하고, 교사가 이를 지도하는데 어려움을 겪고 있다는 연구들이 존재한다. 하지만 연소에 관련하여 교사의 오개념 연구는 과학사적 관점이나 질량변화에 초점을 두어 진행되었을 뿐(김도옥, 1991; 정미숙, 2003), 아직까지 연소에 대한 교사의 개념 연구 중 산소와 이산화탄소라는 기체의 변화에 초점을 두어 진행된 연구는 없었다. 따라서 이 연구에서는 초등학교 교육과정에서 나타난 연소에 대한 개념을 찾아 초등교사들이 개념을 어떻게 형성하고 있는지 산소와 이산화탄소 기체의 변화에 초점을 두어 알아보고자 한다.

## 2. 연구내용

이 연구는 초등교사가 가지고 있는 연소에 대한 개념을 알아보고자 다음과 같이 연구문제를 설정하였다.

첫째, 연소에 대해 가지고 있는 초등교사의 개념 수준은 어떠한가?

둘째, 초등학교에서 연소에 관한 단원이 있는 6학년 과학교과를 지도해 본 경험과 초등교사의 개념 수준에는 어떠한 관련이 있는가?

## Ⅱ. 이론적 배경

전통적인 교육 과정에서는 학생의 과학 개념을 형성하기 위해 교사가 ‘무엇을’, ‘어떻게 효과적으로’ 가르치는 것이 중요시되었으나, 1900년대에 ‘누가’ 교육을 받으며 ‘어떻게’ 지식을 구성하는지를 중심으로 하는 관점의 변화가 일어났고, 이를 바탕으로 구성주의적 관점이 대두되었다(오인준, 2010). 구성주의에 의하면 학생들은 수업 이전에 이미 경험을 통해 자연현상에 대한 나름대로의 개념을 가지고 있으며 수업에서 제시되는 학습의 과정을 통해 능동적으로 개념을 변화시켜가는데 학생들이 가진 선개념을 과학적 개념으로 변화시키기 위해서는 학생들이 가지고 있는 개념을 조사하고 이러한 선개념을 고려한 교수-학습 전략을 수립하여 적용해야 한다(정경미와 김영민, 1999). 이와 같이 개념 조사 연구의 중요성이 인식되면서 많은 개념 조사 연구들이 진행되어 왔다. 여기서는 오개념의 정의, 오개념의 형성 요인, 학생과 교사가 가지고 있는 오개념에 관한 선행 연구에 대해 살펴보고자 한다.

### 1. 오개념의 정의

과학적 개념(scientific-concept)은 당대 과학계에서 인정되고 받아들여진 개념을 말한다. 반면에 개인에게만 의미를 가지며 과학적 개념과는 다른 개념을 오개념(misconcept)라고 한다(하중섭, 1993). 학생들이 가진 선개념은 학습의 효과를 좌우하며 쉽게 변화되지 않는 특징을 지니고 있다. 특히 이 선개념이 오개념일 경우 과학적 지식을 형성하는데 오히려 방해가 되며 교수-학습에 심각한 어려움을 준다(권재술과 김병기, 1993). 오개념은 학생이 주변 사물을 관찰하면서 얻은 경험적 지식이기 때문에 쉽게 고쳐지지 않는다. 그리고 과학적 개념으로 변화되어도 곧 본래의 오개념으로 돌아가는 견고성을 보이기도 한다(한인수 등, 2001). 따라서 올바른 개념형성을 위해서는 학생이 가지고 있는 선개념을 정확히 파악하는

것이 무엇보다 먼저 이루어져야 할 것이다.

김지선(2009)은 오개념을 유형별로 분류하여 설명하고 있다. 제1유형은 교과서에 있는 개념이나 교사들이 가지고 있는 올바른 개념과 대조적인 뜻으로 학생 개념(students conceptions) 또는 아동 개념(children conceptions)이다. 이 의미는 그 개념이 옳다거나 옳지 않다는 의미를 배제하고 단지 학생들이 가지고 있는 개념이라는 뜻이다. 제2유형은 사전 개념(preconceptions)으로 사후 개념을 염두에 두고 하는 말이다. 즉, 학습을 하기 전의 개념과 학습을 하고 난 후의 개념을 가정하고 있는 개념이다. 제3유형은 일상 개념(everyday conceptions)으로 학습이 학교 교실에서만 이루어지는 것이 아니며 산다는 것이 곧 학습을 의미한다. 우리가 생활하는 일거수일투족의 행위가 모두 인지적 활동의 산물인 것이다. 제4유형은 대안 개념(alternative conceptions)으로 과학적인 개념만이 유일하게 옳은 개념이 아니고 학생들이 가지고 있는 개념도 어떤 면에서는 의미 있는 개념이라는 생각을 나타내는 용어이다. 제5유형은 작은 이론(mini-theory)으로 과학의 이론이 학문적인 체계를 갖추었을 뿐만 아니라 다양한 현상에 적용되는 이론인 반면에 학생들의 생각은 학문적, 논리적 체계를 갖추지 못하고 특수한 상황에만 적용된다는 의미로 사용되고 있다. 제6유형은 소박 개념(naive conceptions)으로 오개념은 학생들이 가지고 있는 솔직하고 꾸밈없는 생각이라는 의미로 쓰이는 용어이다.

황영록(2002)은 오개념(misconception)이란 용어를 사용하였고, 학습자에게 이미 형성되어 있는 기존의 개념이 그 시대의 과학자적인 지식과 다른 경우 이를 오개념이라고 정의하였다.

김도욱(1991)은 오인(misconception) 및 대안 개념(alternative framework)이란 용어를 사용하였고, 과학자가 가지고 있는 개념의 의미와 다른 경우를 오인이라 정의하였다. 오인도 학생 자신의 독특한 논리적 인지 구조로 볼 수 있으므로 대안 개념이라는 용어를 함께 사용하고 있다.

국동식(1991)은 대체 개념(alternative framework)이란 용어를 사용하였고, 연구자에 의해 개발된 질문지의 문항에 대하여 잘못 대답한 답과 이유 중에서 학생의 직관적 사고와 관련되거나 개념 이해 수준 중 부분이해, 오해에 속하는 것을 대체개념이라고 정의하였다.

박선희(2001)는 학생들이 학습에 임하기 전에 어려서부터 자연현상을 몸소 체



험하거나 학습한 사실을 토대로 형성된 개념을 선행개념 혹은 선입관이라고 한다면, 이 선행개념이 학습을 한 후에도 과학적 개념과 다른 잘못된 개념을 가지고 있는 것을 의미하는 것으로 정의하였다.

이처럼 구성주의 관점에서 주목받는 오개념 또는 선개념이 학생들이 가지고 있는 개념이 틀리다는 관점에서 벗어나, 사전 개념, 일상 개념, 대안 개념 등 사전에 가지고 있는 일상적인 개념으로 일면의 타당성이 있다는 관점에서 다루어지는 것은 학생의 올바른 과학적 태도를 기르게 하는 데 바람직하다고 할 수 있다.

## 2. 오개념의 형성 요인

학생들은 학교에서 새로운 개념에 대한 정규수업을 받기 전에 이미 나름대로의 개념을 가지고 있고, 이것은 학생들의 자발적인 과정에 의해 습득된 것으로 그들 자신의 관점에서 볼 때는 그들의 개념이 아주 현명하고 타당한 것으로 여겨진다(정진우, 1991). 이러한 오개념을 형성하는 요인으로 오대훈(2008)은 내적 요인과 외적 요인으로 나누어 설명하였다.

내적요인으로는 학생의 지각 특성과 관련된 요인과 학생의 논리적 추론 특성에 따른 요인으로 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 첫째로, 학생의 지각 특성과 관련된 요인은 학생이 처해진 상황 내에서 관찰에 의하여 지각되어진 것에 우선적으로 지각하려는 경향이 있는 것으로 전체적인 상호작용을 고려하지 못하고 부분적인 것에만 주의를 집중하여 제한된 범위 내에서 사고하고, 안정된 상황보다는 변화 상황에 초점을 두는 사고 때문에 생기는 것이다. 두 번째로, 학생의 논리적 추론 특성에 따른 요인을 들 수 있는데 이는 학습자의 논리적 조작 능력 미숙이나 단순한 인과적 사고, 사건의 순차성을 선호하는 경향, 직관적인 사고에 의지하려는 경향, 분화되지 않은 개념, 상황 의존적 사고, 성급한 결론을 도출하는 경향, 관념들 간의 연관을 지우려는 경향 등 때문에 생기는 것이다.

외적 요인으로는 첫째, 과학자들의 인지 구조 체계는 학생들과 달라 과학자들이 진술한 교과서의 개념 구조는 학생들이 이해하기가 쉽지 않아, 학생들은 교과서의 내용을 이해하지 못하거나 과학자들의 개념과 다른 개념 구조로 수용하게

되어 교과서에 의해 오개념이 형성될 수 있다는 것이다. 둘째, 교사가 자신의 인지 능력 수준에서 개념을 설명하거나 교사가 잘못된 개념을 가지고 있는 경우는 학생의 개념 획득에 큰 영향을 미치게 되어 학습자에게 오개념을 형성시키게 된다. 셋째, 언어의 은유적 의미와 단어가 지닌 개념에 대한 불명확한 표현으로 학생들이 이해에 혼란을 야기하거나 오개념을 형성할 수 있다. 넷째, 과학자들은 통제된 조건하에서 실험이 이루어지지만, 학교의 실험실에서는 정밀한 통제가 어려운 경우가 많아 실험과 관찰 결과가 정확하지 않아 오개념이 생긴다.

이 연구에서는 오개념의 형성요인 중 교사에 의한 외적 요인에 의해 학생들의 오개념이 심화된다고 보고 있다. 교사의 잘못된 개념 설명 및 관심도, 잘못된 수업 내용의 재조직, 학생의 선수학습 상태 미확인 등이 의해 학생의 오개념 형성에 중요한 역할을 하게 된다(류옥선, 2002). 이렇듯 교사의 개념 수준 정도를 파악하는 것은 교사로 인해 학생이 개념 수준이 낮아지는 것을 방지하고, 나아가 효과적인 교수-학습 방안을 마련하는데 그 의의가 있다.

### 3. 초의 연소

문미정과 김용권(2009)는 초가 연소되는 과정에 대해 다음과 같이 설명했다. 초는 탄소원자 수가 20 이상인 탄화수소로 이루어진 파라핀이라는 물질과 면으로 만든 심지로 되어 있다. 탄화수소는 다시 탄소와 수소로 나눌 수 있다. 초에 처음 불을 붙이면 양초는 녹아 액체 상태가 되고, 액체 상태의 양초는 모세관 현상으로 심지를 따라 위로 올라가서 기체 상태가 된 후 산소와 결합하여 불꽃을 내며 타게 된다. 연소가 진행되는 초의 꼭대기에는 움푹 팬 부분이 생기게 된다. 움푹 팬 부분에 녹아있는 액체 상태의 초는 아래로 내려오는 불꽃을 꺼지게 한다. 따라서 심지 부분에 붙은 불꽃은 아래쪽으로 내려오지 못하고 심지의 끝 부분에만 연소 반응이 일어나게 되는 것이다.

양초가 타면 물과 이산화탄소가 생성된다. 물은 양초 중의 수소성분이 산소와 결합하여 생긴 것이고, 이산화탄소는 탄소성분이 산소와 결합하여 생긴 것이다.

촛불의 불꽃은 기체가 타면서 온도가 높아져 빛을 방출하고 있는 부분을 말한다.

아래쪽은 푸르스름하고 그 안쪽은 어둡고 가운데 부분은 노란색으로 아주 밝게 빛나며 가장 바깥 부분은 붉은 색으로 약하게 빛나고 있다. 온도 또한 서로 달라서 어두운 안쪽 부분이 가장 낮고 붉은 바깥쪽 부분이 가장 높다. 이것은 각 부분에 공급되는 산소의 양이 달라서 연소 반응의 활발한 정도가 달라지기 때문이다. 가장 안쪽은 연소 반응이 일어나지 않아 양초의 성질을 그대로 가지고 있으며 가장 바깥쪽은 산소와의 결합으로 활발히 반응이 일어나 그 성질이 다른 새로운 물질로 변한다. 가운데의 노란 부분이 가장 밝은 이유는 미처 연소되지 못한 탄소 알갱이가 가열되어 빛을 내고 있기 때문이다.

연소되는 물질에 산소가 계속 공급되는 현상은 대류 현상으로 설명할 수 있다. 기체는 열을 받으면 운동이 활발해지고 부피가 증가하게 된다. 부피가 커짐에 따라 밀도가 작아져서 위로 올라가는 상승 기류가 생기게 된다. 결국 더운 공기는 위로 올라가고, 이 자리를 채우기 위해 찬 공기가 아래에서 공급되기 때문에 불은 꺼지지 않는 것이다. 불꽃의 모양이 위로 올라갈수록 가늘어지는 원추형인 이유도 여기에 있다.

#### 4. 선행 연구의 고찰

##### 가. 학생이 가지고 있는 기체관련 개념 선행 연구

김도욱(1995)은 초등학생들이 가지고 있는 연소 현상에 관한 오개념의 유형과 그 원인에 대해 조사하였다. 연구 결과 ‘타면 무엇인가 날아간다.’ 등의 플로지스톤적 사고가 남아 있는 학생이 많다는 것이 밝혀졌다. 이러한 오개념 교정을 위해 과학사를 활용한 수업 프로그램을 투입하였고, 이를 통해 오개념이 교정된 학생이 50.9%가 된 것으로 밝혀졌다.

김인애(2006)는 목탄연소 시 질량변화와 부피변화에 대한 고등학생들의 개념을 알아보기 위해 POE(prediction-observation-explanation) 활동지를 개발하여 투입하였다. 그 결과 예측 단계에서 연소 전과 후의 질량변화가 있다는 학생이 38.1%로 나타났다. POE 활동지는 학생들의 오개념을 일부 교정시켜 주기는 했지만

만, 여전히 목탄이 없어졌다는 응답이 존재했다.

권혁정(1991)의 중학교 2학년 학생들을 대상으로 한 연구에서도 학생들의 개념 변화에 대해 조사하였는데, 많은 학생들이 이산화탄소가 불을 끄는 성질이 있다고 플로지스톤적 오개념을 보이고 있다고 보고했다.

문미정과 김용권(2009)의 초등학생의 오개념과 관련한 연구에 따르면 연소의 정의에 대한 응답을 4가지로 분류하였다. 그 중, 연소에서 산소가 결합한다는 사실을 이해하고 있는 학생이 71.9%이라고 보고하고 있다. 또한, 연소 현상을 ‘녹는다. 기체가 된다.’라고 상태변화의 측면에서 설명하고 있는 학생이 30%로 나타나고 있다. 연소 후 생성물로 ‘초의 연소 반응’이라고 한정하였을 때 80.2%의 학생들이 물과 이산화탄소가 생성된다는 것을 알고 있다고 보고하고 있다. 이 때, 수증기가 생성되는 원인에 대해 23.5%의 학생만이 바르게 이해하고 있었다. 또한, 연소 후 생성물로 ‘재’나 ‘잔해’를 언급하는 것은 ‘연소라는 것은 가연성 물질로부터 플로지스톤이 튀어나가고 나중에 재가 남는 현상이다.’라는 플로지스톤 가설의 오개념과 유사하다고 보고 있다.

박진홍(1999)은 면담을 통해 붉은인의 실험과정에서 나오는 기압 개념에 대한 중학생들의 이해를 조사하기 위해 전주 소재 중학교 2학년 남학생 40명을 대상으로 하는 연구를 실시한 결과 학생들은 기압에 대하여 ‘밀폐된 공간에 갇힌 공기는 더 이상 움직이지 못한다.’거나 ‘공기의 양이 많으면 밀도에 관계없이 기압이 크게 작용한다.’고 생각하는 등 대다수가 오개념을 가지고 있었다.

엄상수 등(2000)은 초등학생들이 산소, 이산화탄소를 학습하는데 있어 오개념을 발생시키는 원인에 대해 조사하였다. 이 때, 연소에 필요한 기체, 발생하는 그을음, 물의 발생, 바람을 일으키면 연소가 잘 되는 이유에 대해 오개념이 존재한다고 한다. 물의 발생에 대해서는 수증기의 응결이라는 오개념을 가진 학생이 많았다. 또한 ‘산소가 물에 잘 녹는다.’고 생각하거나 공기와 산소를 명확히 구분하지 못했으며 촛불의 연소 시에 생기는 그을음이 모든 물질에서 생성된다고 생각하는 등의 선개념을 가지고 있었다.

신미경 등(2000)은 초인지 수업모형이 초등학생의 분자개념 변화에 미치는 효과를 알아보기 위한 연구를 실시한 결과, 교과서 상황과 유사성이 낮은 문항에서도 초인지 개념변화 수업을 받은 학생들이 좋은 성취를 보였다. 또한 개념의 지속

성 유지에도 초인지 개념변화 수업 모형의 효과가 크다고 하였다.

전근배와 노석구(2001)는 개념도 작성 활동을 통한 수업이 분자운동 개념 형성에 미치는 효과를 알아보기 위하여 초등학교 6학년 2개 반을 선정하여 연구를 실시하였다. 전체 학생 중 10.7%만이 과학적 개념을 가지고 있었고 나머지 학생은 다양한 대안개념을 갖고 있었다. 개념도를 활용하는 것이 높은 수준의 과학적 개념을 갖게 하였으며 정의적 측면보다는 인지적 측면에서 긍정적인 반응이 높았다.

초등학생을 대상으로 연구한 것에는 과학사 프로그램 적용, 초인지 수업 모형, 개념도 작성 활동 등이 개념 형성에 미치는 효과를 알아보는 것들이었다. 오개념을 발생시키는 원인에 대해서도 플로지스톤 가설과 비교하는 경우가 많았다. 중·고등학생을 대상으로 연구한 것에는 질량변화, 부피변화, 기압의 변화 등에 대한 개념 형성 정도를 묻는 연구로 이 연구와 관련되어있는 이산화탄소의 성질 등에 대한 것도 있었다. 하지만 학생을 대상으로 연소 중 기체의 변화를 중심으로 어떤 개념 수준에 있는지를 조사한 연구는 없었다.

#### 나. 교사가 가지고 있는 개념 선행 연구

박재원 등(2007)의 연구에서는 물속에서의 무게와 압력에 대해 초등교사가 가지고 있는 개념을 조사하였는데, 이 때, 자신의 생각을 발현하는데 중요한 것이 교과내용에 대한 지식 다음으로 동일 학년을 가르쳐 본 경험을 포함한 교육 경력이라고 보고하고 있다.

임청환(2003)의 3-6학년 교사 120명을 대상으로 한 연구에서와 8명의 초등 수학 교사를 대상으로 연구한 Marks(1991)의 연구에서 교사의 경력과 교사가 가지고 있는 교수 내용의 지식 사이에는 상관을 가지지 않는 것으로 나타나고 있다.

장명덕(2010)의 연구에 따르면 연구에 참가한 거의 모든 예비 교사(96.67%, 58명)가 수업 전에 해당 차시 수업 주제와 관련된 학생들의 오개념을 미리 확인할 필요가 있다고 응답하였다. 하지만 교사들 중 약 75%가 수업 전에 학생들의 오개념을 전혀 고려하지 않고 있다고 보고하였고, 또한 오개념의 형성 요인에 대해 외적 요인까지 모두 알고 있는 예비교사는 45%(27명)에 불과했다.

정미숙(2003)은 과학사적 관점에서 초등교사가 가지고 있는 연소에 대한 개념을 분석해 보았다. 그 결과 초등교사에게서 플로지스톤적 오개념이 일부 나타났다고 보고하고 있다. 연소의 정의에 대해서는 '산소와 결합'으로 설명하는 과학적 개념을 가진 교사가 33%라고 보고하고 있고, 철가루의 산화물이 산화철임을 알지 못하는 초등교사의 비율이 약 48.2%로 나타나고 있다. 또한, 수소, 철가루 등의 연소 후 생성물에 대해서 중·고등학교 교사들이 초등학교 교사들에 비해 훨씬 더 과학적이라고 보고하고 있다.

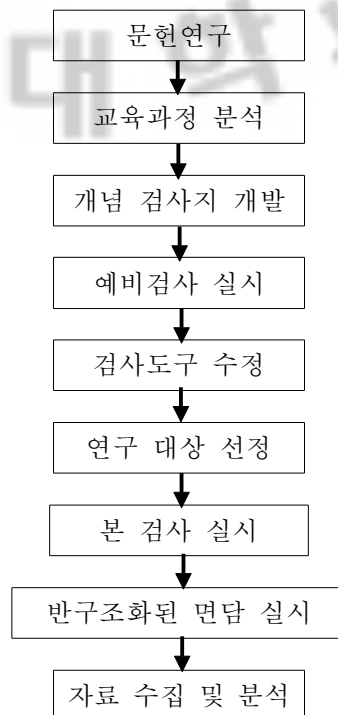
이상의 선행연구들을 볼 때, 그 동안 기체에 대한 많은 개념 연구들이 이루어져 왔으나, 이런 연구들이 대부분 연소와 관련된 질량변화, 분자 개념, 산화물, 대기압 등에 관한 것들이었다. 또한, 오개념의 원인이나 특정 교수-학습 전략 등이 오개념의 변화에 미치는 영향 등에 대한 연구가 대부분이다. 산소와 이산화탄소를 중심으로 연소 중 기체 변화에 대해 초등교사이 가지고 있는 개념 중심으로 진행된 연구는 드물다.

따라서 이 연구에서는 초등학교 6학년에서 다루고 있는 연소 중 기체의 변화 중, 초가 탄소와 수소로 구성된 과라핀이라는 물질로 심지 끝 부분에서 기체의 형태가 연소되는 것인지를 아는지, 연소 후 물과 이산화탄소가 생성된다는 것을 아는지, 산소의 결합으로 연소가 이루어지는데 산소가 모두 소모되는 것은 아니라는 것을 아는지, 연소 시 대류 현상에 대해 이해하는지 등에 대해 초등교사들이 가지고 있는 개념 수준의 정도를 파악하고, 이를 효과적으로 지도할 수 있는 교수-학습 전략을 세울 수 있는 기초를 마련하고자 한다.

### Ⅲ. 연구 절차 및 방법

#### 1. 연구 절차

이 연구의 절차는 [그림 Ⅲ-1]과 같다. 연소에 대한 초등교사가 가지고 있는 개념을 파악하기 위하여 문헌연구 및 교육과정 분석이 이루어졌고, 이에 따라 개념 검사지가 개발되었다. 개발된 개념 검사지는 2명의 교사에게 예비검사를 실시하여 수정, 보완의 과정을 거쳤다. 다양한 경력 및 6학년 과학교과 지도 경험, 과학관련 학력 여부 등의 조건으로 연구대상을 선정하였으며 작성한 개념 검사지를 바탕으로 반구조화된 면담이 이루어졌다. 녹음된 면담 내용은 전사를 통해 자료화하였고 이를 정리하고 분석하는 과정을 통해 연구가 이루어졌다.



[그림 Ⅲ-1] 연구 절차

## 2. 연구 대상

이 연구는 제주도 지역 총 9개 초등학교의 교사 12명을 대상으로 하였다. 연구 대상을 선정하기 위해 성별, 경력, 6학년 과학 지도 경험, 과학 관련 업무 수행 경험, 과학 관련 학력 여부 등을 기준으로 하였고, 이에 대한 내용은 <표 III-1>과 같다. 교육 경력 3년 미만의 교사는 현재 2급 정교사 자격의 교사이고, 이외의 교사는 1급 정교사 자격의 교사이다. 특히, ‘연소와 소화’ 단원이 있는 6학년 과학교과를 최근 10년 이내에 지도한 경험의 유무 역시 고려하여 연구 대상을 정하였다. 과학 관련 학력 여부는 고등학교에서 자연계 출신이거나 교육대학에서 심화과정으로 과학을 전공하였거나 대학원에서 과학교육을 전공하고 있는 경우를 의미한다.

<표 III-1> 연구 대상의 특성

성별	교육 경력		6학년과학 지도경험		과학 업무		과학 관련 학력 여부	
	3년 미만	4	유	7	유	6	유	7
남	5	4	유	7	유	6	유	7
		10년 미만	5					
여	7	3	무	5	무	6	무	5
		10년 이상						
							계	12



### 3. 검사 도구

연소에 대한 개념을 연소의 정의, 조건, 연소 후 생성물 세 부분으로 나누고, 각 부분에서 제시되는 과학적 개념과 오개념에 대한 문헌 자료를 수집하였다. 수집된 자료를 토대로 연소에 대한 개념 검사지를 개발하였다. 이 연구에서 사용한 개념 검사지는 연구 대상들의 개념 이해 정도를 알아보기 위하여 작성한 것이므로, 구체적인 면담 과정에서 교사들의 사고를 도출할 수 있도록 구성하였다. 학생을 대상으로 한 선행 연구(문미정과 김용권, 2009)에서 연소와 소화 단원에 대한 학생 개념 검사지와 초등학교 과학 교육과정 해설서(교육과학기술부, 2008)를 참고하였다. 검사지의 내용은 '1. 연소의 정의', '2. 집기병으로 덮었을 때 촛불이 꺼지는 이유', '3. 집기병 속 연소 전과 후의 산소와 이산화탄소', '4. 철솥의 연소', '5. 연소 후 생성물'에 대한 개념을 묻는 총 5개의 문항으로 구성하였다. 1번부터 5번 문항까지 모두 기체의 변화와 관련이 있다. 3번 문항의 경우 생각을 좀 더 잘 표현할 수 있도록 그림으로 그리게 하였고, 4개의 하위 문항으로 구성되어 있다(표 III-2). 연소 후 생성물을 가장 마지막 문항으로 구성한 이유는 초와 철솥의 연소를 물은 후 일반화 시켜 물질의 연소 후 생성물에 대한 생각을 알아보기 위해서였다. 검사지는 초등학교교육 전문가 2인으로부터 타당도를 검증받았고, 교사 2인을 대상으로 예비검사를 실시한 후 검사 문항과 면담 시 질문 내용을 수정, 보완하였다.

### 4. 자료 수집 및 분석

개발한 연소 개념 검사지를 바탕으로 교사의 생각을 좀 더 명확히 알아보기 위해 반구조화된 면담을 실시하였으며, 각 교사별로 면담 시간은 약 30분 정도 소요되었다. 면담한 내용은 모두 녹음하였으며, 녹음된 자료를 전사하여 이를 문서화하였다. 전사할 때, 연구자의 물음은 핵심 내용만을 기록하였으나, 응답자의 응답은 답한 그대로를 전사하고자 노력하였다. 이 후, 문서화된 자료를 분석하면서 의문 나는 점이나 부족한 자료에 대해서는 전화, e-mail, 인터넷 메시지를 통하여

추가 자료를 수집하였다.

수집된 자료를 이용해 각 문항별로 개념 수준을 과학적 개념(S: scientific concept)과 부분개념(P: partial concept), 오개념(M: misconception)으로 분류하였다. 개념 검사지의 각 문항별 내용과 개념 수준에 대한 기준은 <표 III-2>와 같다. 이 때, 오개념의 수준을 정도에 따라 M1, M2 수준으로 나누어 분류하였다. 예를 들면, '3-4. 연소 과정 중 이산화탄소의 위치'에 대한 응답 중 오개념 1단계인 M1 수준으로 분류된 것은 이산화탄소가 공기보다 무겁다는 인식을 못하고 이산화탄소가 위부터 쌓일 것이라는 응답이고, M2로 분류된 것은 이산화탄소가 공기보다 무거워 아래부터 쌓인다고 응답을 한 경우이다. 연소 후 생성물에 대한 5번 문항에서와 같이 부분개념도 수준에 따라 P1과 P2 수준으로 분류하였다. '5. 연소 후 생성물'에 대한 응답 중 부분 개념 2단계인 P2 수준으로 분류된 것은 초등교육과정 상에 나와 있는 이산화탄소, 수증기(또는 물)를 연소 후 생성물로 언급한 경우이고, 이산화탄소만을 언급한 경우는 P1 수준으로 분류되었다. 검사지 내용과 교사의 면담 내용을 분석하기 위해 과학교육 전문가 2인과 5회의 만남을 가졌고, 내용을 하나씩 검토하면서 분석 작업을 같이 하였다.

<표 III-2> 문항 내용과 각 문항에 대한 기준

문항	기준 (S:과학적 개념, P:부분개념, M:오개념)	예시 사례	
1. 연소의 정의	<b>S</b> 산소와 반응하여 빛과 열을 내면서 화학변화를 일으키는 현상		
	<b>P</b> 산소와 결합하여 타는 것 또는 물질이 열과 빛을 내며 타는 현상	사례1	
	<b>M</b> 고체에서 기체로 변하는 현상	사례2	
2. 집기병으로 덮었을 때 촛불이 꺼지는 이유	<b>S</b> 산소의 부족		
	<b>P</b> 산소의 부족과 이산화탄소에 의한 소화	사례3	
	<b>M</b> 산소가 모두 사라짐 (산소 0%)	사례4	
3. 집기병 속 연소 전과 후의 산소와 이산화탄소 농도	3-1. 연소 전 산소와 이산화탄소의 농도	<b>S</b> 산소(약 21%), 이산화탄소(약 0.03%)	사례5
		<b>P</b> 산소만 언급	사례6
		<b>M</b> 알고 있지 못함	사례7
	3-2. 연소 후 산소의 농도	<b>S</b> 연소 후 산소의 농도가 약 16~17%로 변함	사례8
		<b>P</b> 산소가 5~10% 이내	
		<b>M</b> 산소가 0%	사례9
	3-3. 연소 후 이산화탄소의 농도	<b>S</b> 이산화탄소 약 2~3%	사례10
		<b>M2</b> 산소가 줄어든 만큼 이산화탄소가 늘어남	사례11
		<b>M1</b> 이산화탄소가 50% 이상	사례12
	3-4. 연소 과정 중 이산화탄소의 위치	<b>S</b> 가열되어 위에 있다가 식으면서 평형상태를 이룸	사례13
		<b>P</b> 가열되어 위에 있다가 식으면서 아래로 쌓임	사례14
		<b>M2</b> 이산화탄소가 무거워 아래부터 쌓임	사례15
<b>M1</b> 이산화탄소가 위부터 쌓임		사례16	
4. 철솥의 연소	<b>S</b> 산화철 언급, 이산화탄소가 생성되지 않는다는 것 얕	사례17	
	<b>P</b> 이산화탄소의 생성을 언급했지만 의구심을 가짐	사례18	
	<b>M</b> 초의 연소 생성물과 동일하게 생각	사례19	
5. 연소 후 생성물	<b>S</b> 연소 전 반응물에 따라 생성물도 달라짐		
	<b>P2</b> 이산화탄소, 수증기 언급 (다른 물질 언급 포함)	사례20	
	<b>P1</b> 이산화탄소 언급 (수증기가 아닌 다른 물질 언급 포함)	사례21	

## IV. 연구 결과 및 논의

### 1. 연소에 대한 초등교사의 개념 분석

연소에 대한 개념 분석을 한 후 그 결과를 각 교사별로 정리해 <표 IV-1>으로 나타냈다. T1~T12의 연구 대상자 12명의 T는 교사를 의미한다. 그리고 각 문항의 마지막에는 개념의 수준별(M, P, S)로 빈도를 제시했고, 빗금의 경우 그 영역의 개념 수준이 나타나지 않은 경우이다.

연소의 정의를 묻는 1번 문항의 경우 연소의 정의에 ‘탄소를 포함한 물질’ 등으로 오개념을 일부 포함하고 있는 부분 개념(P)을 가진 교사의 빈도가 가장 많았고, 집기병으로 덮었을 때 촛불이 꺼지는 이유에 대해 묻는 2번 문항의 경우, 산소가 다 사라진다고 응답(M)한 교사의 빈도가 가장 많았다. 3번 문항은 연소 전의 산소와 이산화탄소의 농도(3-1번 문항)를 모두 알고 있지 않은 경우(M), 연소 후의 산소의 농도(3-2번 문항)는 산소가 아무 것도 남아있지 않을 것이라 예측(M)한 경우, 연소 후 이산화탄소의 농도(3-3번 문항)를 예측하지 못하는 경우(M), 연소 과정 중 이산화탄소의 위치(3-4번 문항)는 이산화탄소가 무거워 아래부터 쌓인다고 응답(M2)한 경우가 가장 많았다. 4번 문항의 경우 철솥의 연소 후 이산화탄소가 생길 것으로 예측하는 경우(M)가 가장 많았고, 5번 문항 연소 후 생성물에서는 이산화탄소는 생성되지만, 물의 생성은 예측하지 못하는 경우(P1)가 가장 많았다.

이렇듯 모든 문항에서 일반적으로 연소와 관련된 과학적 개념을 가진 교사가 적다는 것을 알 수 있고, 연소의 개념에 대해 교사들마다 오개념 또는 부분개념을 일정부분 이상 가지고 있음을 알 수 있다. 즉, 모든 문항에서 고루 과학적 개념을 가진 교사는 존재하지 않는다.

<표 IV-1> 각 문항에 대한 교사들의 응답 수준 및 분포

빈도(%)

문항	교사												빈도(%)				
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	M		P	S	
													M1	M2	P1	P2	S
1. 연소의 정의	P	P	S	P	M	S	S	P	P	P	S	S	1 (8.3)	6 (50)	5 (41.7)		
2. 집기병으로 덮였을 때 촛불이 꺼지는 이유	M	M	M	M	M	P	S	S	S	S	S	M	6 (50)	1 (8.3)	5 (41.7)		
3. 집기병 속 연소 전과 후의 산소와 이산화탄소	3-1. 연소 전 산소와 이산화탄소의 농도	S	P	P	M	M	M	P	M	M	P	M	M	7 (58.3)	4 (33.4)	1 (8.3)	
	3-2. 연소 후 산소의 농도	M	M	M	M	M	P	P	P	P	S	M	M	7 (58.3)	4 (33.4)	1 (8.3)	
	3-3. 연소 후 이산화탄소의 농도	S	M1	M2	M2	M2	M2	M2	M2	M1	M1	M2	M2	11 (91.7)			1 (8.3)
	3-4. 연소 과정 중 이산화탄소의 위치	M2	M2	M2	M1	S	M2	P	M2	S	P	M2	P	7 (58.3)	3 (25.1)	2 (16.6)	
													3	8			
4. 철솥의 연소	M	P	M	M	M	M	S	M	M	M	M	M	10 (83.4)	1 (8.3)	1 (8.3)		
5. 연소 후 생성물	P2	P1	P1	P1	P1	P2	S	P2	P1	P1	P1	P2			11 (91.7)	1 (8.3)	
															7	4	

## 가. 연소의 정의

연소의 정의를 묻는 1번 문항의 경우, ‘물질이 빛이나 열 또는 불꽃을 내면서 빠르게 산소와 결합하는 현상이다.’라는 과학적 개념에 따른 각 교사들의 응답을 <표 III-2>와 같이 총 3가지로 분류하였다. 이 중 과학적 개념(S)을 가진 교사는 5명(41.7%)이고, 연소의 과정에서 산소와의 화학적 반응을 이해하고 있지만, 연소의 정의를 설명하기에는 다소 불충분(P)한 교사는 6명(50%)이었다(사례 IV-1). 연소를 고체에서 기체로 변하는 상태변화의 측면에서 설명(M)하고 있는 교사는 1명(8.3%)으로 나타났다(표 IV-1).

정미숙(2003)의 초등교사를 대상으로 한 연구에 따르면 연소의 정의에 대해 ‘산소와 결합’으로 설명하는 교사가 33%라고 보고하고 있다. 이 연구에서 나타난 과학적 개념(S)의 형성 정도는 41.7%로 선행연구에 비교하면 상대적으로 높은 수준이지만, 학생에게 과학적 개념을 가르쳐야 하는 교사들에게 요구되는 형성 정도는 더 높아져야 할 것으로 생각된다.

다음에 제시 될 T10 교사는 연소의 정의에서 ‘탄소를 포함한 물체’라고 언급을 하였기에 P 수준으로 분류되었다. T10 교사는 개념 검사지를 풀 때 연소 후 생성물에 관한 5번 문항에 응답한 후, 연소의 정의에 관한 1번 문항으로 돌아와 맨 앞에 ‘탄소를 포함한 물체’라고 추가하여 연소의 정의를 기술하였다. 모든 물체는 탄소를 가지고 있으며, 따라서 연소 후 이산화탄소가 생성된다고 생각하고 있었다. P 수준의 T10 교사와의 면담 내용을 살펴보면 다음과 같다.

### <사례 IV-1> 1. 연소의 정의 : P 수준

- 연구자 1번 문항 연소의 정의는 어떻게 적어주셨나요?  
T10 탄소를 포함한 물체(P 수준)가 발화점 이상의 온도에서 산소와 결합하면서, 빛과 열을 내고, 연소 이후에 이산화탄소가 생성되는 현상이라고 적었습니다.
- 연구자 탄소를 포함한 물질이라고 쓰신 이유는요?  
T10 물체는 탄소가 다 포함되어 있다고... 그냥 그렇게 생각해서...
- 연구자 모든 물체가 탄소가 포함되어 있다고 생각하신 건가요?  
T10 형체가 있으면 무조건 탄소가 포함되어 있다고 생각했습니다.

그리고 연소의 정의를 물질의 변화에 초점을 맞추어 설명(M)하고 있는 교사는 경력 10년차의 T5 교사이다. 산소가 있어서 불이 붙는다고는 했지만, 물질이 양초라는 고체에서 연기나 그을음이라는 기체가 되기도 하고, 물의 경우는 액체에서 기체로 변할 것이라고 설명하고 있었다. 연소의 3요소인 산소, 발화점 이상의 온도, 탈 물질에 대한 이해는 물론이고, 열 또는 불꽃을 내는 화학반응이라는 점에 대한 이해 역시 부족해 보였기 때문에 M 수준으로 분류했다. 초등학생의 오개념에 관한 연구에서 연소 현상을 ‘녹는다. 기체가 된다.’라고 상태변화의 측면에서 설명하고 있는 경우가 30%로 나타나고 있는 것(문미정과 김용권, 2009)처럼 교사에게도 이러한 오개념이 나타나고 있었다. M 수준의 T5 교사의 면담 내용을 살펴보면 다음과 같다.

<사례 IV-2> 1. 연소의 정의 : M 수준

연구자 1번 문항 연소의 정의에 대해 말씀해 주세요.

T5 연소는 산소가 있어 불이 붙고, 물체가 고체에서 기체로 변하는 현상이라고 적었습니다(M 수준).

연구자 산소를 사용한다고 하셨고, 물질이 고체에서 기체로 변한다고 하셨는데, 어떤 고체에서 어떤 기체로 변할까요?

T5 꼭 물질이 고체에서 기체로 변하지 않는다고 하더라도, 양초 같은 경우에는 초에서 연기나 그을음이 나올 것 같고, 물 같은 경우는 액체에서 기체로 수증기로 나올 것 같습니다. 지방은 고체에서 에너지로 변화하는 현상이 아닌가요?

나. 집기병으로 덮었을 때 촛불이 꺼지는 이유

촛불을 집기병으로 덮었을 때 불이 꺼지는 이유에 대한 2번 문항의 경우, <표 III-2>와 같이 3가지로 분류하였다. 산소의 부족(S)이라고 설명하는 경우가 5명(41.7%), 산소의 부족과 함께 이산화탄소에 의한 소화까지 제시(P)한 경우가 1명(8.3%), 산소가 다 사라졌기 때문(M)이라고 응답한 경우가 6명(50%)으로 나타났

다(표 IV-1).

P 수준과 M 수준의 사례를 살펴보면, P 수준의 T6 교사는 최근에 6학년 과학을 가르친 경험도 있고 교육 경력도 13년 이상이 된 교사이다. 하지만, 집기병으로 덮었을 때 촛불이 꺼지는 이유에 대해서 산소의 부족과 함께 6학년 교과서에서 소화를 다룰 때 나오는 이산화탄소의 증가(P)로 설명하고 있었다. 이는 이산화탄소가 불을 끄는 성질이 있다고 생각하는 것이다. 이는 제 7차 과학교과서에 이산화탄소가 불을 끄는 성질이 있다고 제시되고 있고, 제 6차 자연 교과서에서도 이산화탄소를 부어 높이가 다른 초의 불을 끄는 실험이 존재했었기 때문이다. 하지만, 산소를 차단할 수 있다면 다른 기체들도 불을 끌 수 있다는 점에서 이는 과학적 개념에 속하지 않는다. P 수준의 면담 내용을 살펴보면 다음과 같다.

<사례 IV-3> 2. 집기병으로 덮었을 때 촛불이 꺼지는 이유 : P 수준

연구자 촛불을 집기병으로 덮었을 때, 왜 촛불이 꺼지는 것이라고 생각하시나요?

T6 이유로는 크게 두 가지입니다. 첫 번째는 초가 탈 수 있는 조건 중에, 산소가 있는 데요. 처음에는 집기병 속의 어느 정도의 기체 속에 들어있는 산소가 있기 때문에 초가 타는 거지만, 초가 타면서 나오는 물질 중에 물, 이산화탄소, 그을음이 있습니다. 그 중에 이산화탄소가 집기병 안에 차면서 이산화탄소는 소화를 시키게 됩니다. 즉, 산소 부족과 이산화탄소에 의한 소화 이 두 가지가 이유입니다(P 수준).

반면 연소 후에는 집기병 안에 산소가 아예 남아있지 않을 것(M)이라 생각하는 교사들도 많았는데, 그 중, 6학년 과학교과를 4년째 가르치고 있는 T12 교사의 M 수준의 면담 내용을 살펴보면 다음과 같다.



<사례 IV-4> 2. 집기병으로 덮었을 때 촛불이 꺼지는 이유 : M 수준

연구자 촛불을 집기병으로 덮었을 때, 왜 촛불이 꺼지게 될까요?

T12 집기병 안이 외부와 차단되었기 때문에 산소가 공급되지 않습니다. 양초가 타는 과정에서 탈 물질은 있지만 산소가 서서히 줄어들어 촛불이 꺼지는 것으로 알고 있습니다.

연구자 연소 전 산소의 농도를 알고 있습니까?

T12 정확한 농도는 모르겠지만 연소 중에 산소가 모두 쓰여서 연소 후에는 남지 않는 것으로 알고 있습니다(M 수준).

#### 다. 집기병 속 연소 전과 후의 산소와 이산화탄소

##### 1) 연소 전 산소와 이산화탄소의 농도

3번 문항의 경우 연소 전, 중, 후의 집기병 속 산소와 이산화탄소의 농도와 위치에 대해 물었다. 먼저 연소 전 산소와 이산화탄소의 농도에 대해 <표 III-2>와 같이 3가지 수준으로 분류하였는데, 이를 모두 정확히 알고 있는 경우(S)는 1명(8.3%)이었다. 또한, 산소의 농도만이라도 알고 있는 경우(P)가 4명(33.4%)이고, 연소 전 산소와 이산화탄소의 농도를 전혀 알고 있지 못하는 경우(M)가 7명(58.3%)이다(표 IV-1).

S 수준과 P 수준, M 수준의 사례를 살펴보면, 유일하게 연소 전의 산소(약 20~21%)와 이산화탄소(약 0.03%)의 농도를 정확하게 알고 있는 S 수준의 교사는 T1 교사이다. T1 교사는 바로 전 해에 6학년을 가르쳤던 경험이 있는 교육 경력 3년 이내에 속하는 교사이다. S 수준 T1 교사의 면담 내용을 살펴보면 다음과 같다.

<사례 IV-5> 3-1. 연소 전 산소와 이산화탄소의 농도 : S 수준

연구자 연소 전의 산소의 농도는 어느 정도 일까요?

T1 제가 알기로는 공기 중에 약 21%가 산소가 있으므로(S 수준), 연소가 다 끝났을 때는 약 5% 이내로 있을 것 같습니다.

연구자 연소 전의 이산화탄소의 농도는 어느 정도 일까요?

T1 공기 중에 이산화탄소의 양은 굉장히 적은 것으로 알고 있는데, 글썄요. 거기까지는 생각을 안 해 봤습니다.

연구자 여기 그림에도 표현을 안 하셨는데, 약 몇 퍼센트일까요?

T1 연소 전에는 0.03% 정도 된다고(S 수준)... 1% 이내였던, 아무튼 굉장히 작을 것입니다.

아래 P 수준의 T2 교사처럼 기억을 더듬으며 산소의 농도는 약 20%라는 과학적 개념의 응답을 하는데 반해서, 이산화탄소는 3%라는 응답이 많이 나타난다. 이는 교사들이 학생시절 과학과 교육과정을 배워오면서, 또는 교사시절 가르치면서 0.03%의 '3'이라는 숫자를 들어본 경험에서 나오는 응답이 아닌가 여겨진다. P 수준 T2 교사의 면담 내용을 살펴보면 다음과 같다.

<사례 IV-6> 3-1. 연소 전 산소와 이산화탄소의 농도 : P 수준

연구자 연소 전 산소와 이산화탄소의 양을 농도로 말씀해 주십시오.

T2 공기 중에는 산소만 있는 것이 아니기 때문에 한 20% 있고, 이산화탄소는 3% 있지 않을까요? (P 수준) 잘 모르겠습니다.

이에 반해 연소 전 산소와 이산화탄소의 농도에 대해서 전혀 예측하지 못하거나, 옳지 않은 응답을 한 M 수준 T4 교사의 면담 내용을 살펴보면 다음과 같다.

<사례 IV-7> 3-1. 연소 전 산소와 이산화탄소의 농도 : M 수준

연구자 연소 전의 공기 중 산소, 이산화탄소의 농도를 알고 계신가요?

T4 퍼센트요? 아~ 연소 전에는 산소가 30%, 이산화탄소가 5% 정도(M 수준)라고 생각합니다. 연소 중간에는 산소가 점점 줄고, 이산화탄소가 늘어날 것 같아요.

## 2) 연소 후 산소의 농도

연소가 끝난 후, 집기병 안의 촛불이 꺼졌을 때의 산소의 농도를 묻는 질문에 대한 응답은 <표 III-2>와 같이 3가지 수준으로 분류하였다. 연소 후의 산소의 농도를 16~17%로 정확하게 예측(S)한 교사는 T10 교사 1명(8.3%)이었다. 연소 후에 산소가 5~10%로 있을 것이라고 응답(P)한 교사는 4명(33.4%), 산소가 0%로 남아있지 않을 것이라고 응답(M)한 교사는 7명(58.3%)이었다(표 IV-1). 즉, 연소 후 산소가 0~10% 이내로 있을 것이라고 응답한 교사가 총 12명 중 11명(91.7%)으로 대부분을 차지하고 있다. 이 문항은 연소 반응이 일어나면 산소가 소모된다는 것을 알고 있다는 전제하에 어느 정도 소모될 것인가를 예측해 보도록 한 것이다. 연소 시 산소의 소모를 묻는 연구(문미정과 김용권, 2009; 엄상수 등, 2000)가 있었으나, 연소 후 산소의 농도에 대한 개념을 분석한 연구는 없는 실정이다. 문미정과 김용권(2009)의 연구에 따르면 초등학생들이 산소의 소모를 이해하고 있는 과학적 개념 수준에 머물러 있다. 그러나 산소의 소모란 연소 후에 산소가 모두 없어졌다는 것으로 의미할지 모른다는 점에서 이를 파악할 필요가 있었다. 이에 자료를 분석하여 연소 후 산소의 농도에 관해 개념 수준별로 살펴보면, S 수준의 면담 내용은 다음과 같다. 이 때, T10 교사의 경우 연소 후 산소의 농도에 대해 알고 있으나, 그 출처에 대해서는 명확히 기억해 내지 못하고 있었다.

### <사례 IV-8> 3-2. 연소 후 산소의 농도 : S 수준

연구자 3번 문항에서 촛불이 꺼진 이유에 대해서는 어떻게 작성해 주셨나요?

T10 '연소에 필요한 산소가 부족해지기 때문에'라고 적었습니다. 대기 중 산소가 약 20%가 되는 것으로 알고 있습니다. 연소가 될 때는 정확하지는 않은데... 산소가 약 15%인가 뭐... 이하로 떨어지면 연소가 안 된다고 들은 기억이 있어서...(S 수준) 그 이하로 떨어지기 때문에...

연구자 어디서 그런 내용은 들어 보셨나요?

T10 지도서에서 봤나? 어디서 봤지?

반면 연소에 의해 산소가 거의 다 소모되었기 때문에 촛불이 꺼진다고 생각 (M)하는 교사들이 다수였다. 연소가 끝난 후 집기병 안의 산소의 농도를 0%로 응답하여 M 수준으로 분류된 T5 교사의 면담 내용은 다음과 같다.

<사례 IV-9> 3-2. 연소 후 산소의 농도 : M 수준

연구자 연소 후의 산소의 농도 변화를 어떻게 예상하시나요?

T5 연소 전에는 공기 중의 산소의 비율만큼 있겠지만, 연소 후에는 공기 중에 거의 산소가 없기 때문에 연소가 끝나지 않을까요?

연구자 연소 전 산소의 비율은 21% 정도입니다. 연소 후 산소의 농도가 어느 정도로 줄어들 것이라 예상하시나요?

T5 완전히 촛불이 꺼졌다면, 거의 0%... 산소가 없기 때문에 꺼질 것입니다 (M 수준).

### 3) 연소 후 이산화탄소의 농도

연소가 끝난 후, 집기병 안 촛불이 꺼졌을 때의 이산화탄소 농도를 묻는 질문에 대한 응답은 <표 III-2>와 같이 3가지 수준으로 분류하였다. 연소 후의 이산화탄소의 농도를 약 2%로 정확히 예측(S)한 교사는 T1 교사 1명(8.3%)이었다. 또한, 산소가 줄어든 만큼 이산화탄소가 늘어날 것이라고 응답(M2)한 교사는 8명(66.6%)으로 가장 높은 비율을 나타내고 있다. 연소 후에 이산화탄소가 50%이상 남아있을 것이라고 응답(M1)한 교사는 3명(25.1%)이었다(표 IV-1). 하지만, T1 교사(S)의 면담내용을 아래와 같이 살펴보면 연소 후 이산화탄소의 농도를 논리적인 이유로 예측한 것이 아니라 단순한 예상치가 맞은 것에 불과하다는 것을 알 수 있다. 면담 도중 실제 연소 후 이산화탄소가 2~3% 남아있다는 것을 알려주자, 자신의 응답이 맞았다는 것에 본인 스스로 굉장히 놀라워했다. 그러므로 이 연구에 참여한 모든 교사가 연소 후 이산화탄소의 농도에 대해서 알고 있지 못하다고 보는 것이 무방하다. S 수준의 면담 내용을 살펴보면 다음과 같다.

<사례 IV-10> 3-3. 연소 후 이산화탄소의 농도 : S 수준

- 연구자 연소 전과 후의 이산화탄소의 농도는 어떻게 될까요?  
T1 공기 중에 이산화탄소의 양은 굉장히 적은 것으로 알고 있는데, 글썄요. 거기까지는 생각을 안 해봤습니다.
- 연구자 그림에는 표현을 안 하셨는데, 연소 전에는 약 몇 퍼센트일까요?  
T1 0.03% 정도 된다고... 1% 이내였던, 아무튼 굉장히 작을 것이고...
- 연구자 연소 후에 이산화탄소의 농도를 예상 해 보신다면 어떻게 될까요?  
T1 그 전보다는 많고, 잘 모르겠어요. 3%? 2%? (S 수준)

시중일관 직접 실험했던 경험을 덧붙여 설명을 하던 T7 교사의 경우에도 산소가 줄어든 만큼 이산화탄소가 늘어날 것이라는 응답을 하고 있었다. 이와 같이 산소가 줄어든 만큼 이산화탄소가 늘어날 것이라는 M2 수준의 응답이 가장 많았다. 하지만, 실제로 측정해 보면 산소의 농도가 약 4~6% 떨어지는 것에 반해 이산화탄소는 약 2~3%만 늘어난다. 이는 연소 후 이산화탄소뿐만 아니라 수증기도 생기기 때문에 이러한 수증기의 농도를 반영해야 함에도 이를 생각하지 못하는 데서 오는 오개념으로 볼 수 있다. 이는 뒤의 연소 후 생성물에 대한 5번 문항 분석을 살펴보면 비슷한 양상을 볼 수 있다. 연소 후 이산화탄소 농도에 대한 M2 수준 T7 교사의 면담 내용을 살펴보면 다음과 같다.

<사례 IV-11> 3-3. 연소 후 이산화탄소의 농도 : M2 수준

- 연구자 (공기 중 이산화탄소의 농도가 0.03%라고 알려드린 후) 연소가 끝난 후, 이산화탄소의 변화에 대해서는 어떻게 예상하시나요?  
T7 산소가 줄어든 만큼, 이산화탄소가 늘어날 것이라 생각합니다(M2 수준).

연소 후의 이산화탄소의 농도를 50% 이상으로 예측(M1 수준)한 T2 교사의 면담 내용을 살펴보면 다음과 같다.

<사례 IV-12> 3-3. 연소 후 이산화탄소의 농도 : M1 수준

연구자 연소 후가 되면 이산화탄소는 어느 정도의 농도로 변할까요?

T2 이산화탄소가 많이 늘어날 것 같은데, 50% 이상은 되지 않을까요? (M1 수준)

#### 4) 연소 과정 중 이산화탄소의 위치

연소의 과정과 연소가 끝난 후의 이산화탄소의 위치에 대한 응답은 <표 III-2>와 같이 4가지 수준으로 분류하였다. 집기병 속의 초의 연소 과정에서는 촛불에 의해 대류가 일어나 이산화탄소가 위로부터 쌓이다가 점차 아래로 내려오게 된다. 그리고 촛불이 꺼진 후 시간이 지나면 평형 상태에 이르러 이산화탄소가 집기병 안에 고르게 분포되는 것(S)이다. 이를 정확하게 예측한 S 수준의 교사는 2명(16.6%)이었다. 평형상태에 이르는 것까지는 예측하지 못했지만, 이산화탄소가 위로부터 쌓이다가 점차 아래로 내려오는 것까지 예측(P)한 교사는 3명(25.1%)이었다. 즉, 5명(41.7%)의 교사가 열에 의한 대류현상을 이해하고 있었다. 하지만, 이산화탄소가 공기보다 무겁기 때문에 이산화탄소를 하방치환으로 모은다는 사전 지식만을 가지고 이산화탄소가 아래부터 쌓일 것으로 응답(M2)한 경우가 6명(50%)으로 가장 많았다(표 IV-1).

<사례 IV-15>에서 T6 교사는 과학전담 경험이 1년, 과학탐구실험대회 지도 경험이 3년, 교육 경력이 10년 이상 된 베테랑 교사임에도 불구하고 M2 수준의 응답을 하고 있다. 이는 제 7차 과학 교과서에서 드라이아이스 실험을 통해 이산화탄소가 공기보다 무겁다고 제시하고 있기 때문에, M2 수준의 응답이 일반적일 수밖에 없다. 반면, 이산화탄소가 공기보다 무겁다는 사전지식조차 없어서 이산화탄소가 위에 있을 것이라고 응답(M1)한 교사도 1명(8.3%)이었다.

S 수준의 교사 2명은 모두 6학년 2학기의 '연소와 소화' 단원이 들어있는 과학 교과를 가르쳐본 경험이 있는 교사로서, 그 중 T5 교사의 면담 내용을 살펴보면 다음과 같다.

<사례 IV-13> 3-4. 연소 과정 중 이산화탄소 위치 : S 수준

연구자 연소 과정에서 산소와 이산화탄소의 위치는 어떻게 변화 될 것이라고 생각하시나요?

T5 위치요? 기체는 순환하지 않나요? 거의 비슷할 것 같아요.  
연소 중에는 이산화탄소가 위에 많이 있다가, 점점 내려오지 않을까요? 그리고 꺼지면 고루 분포 될 것 같아요(S 수준).

연구자 특별한 이유라도 있나요?

T5 초가 불타는 곳이 중간 아래쪽에 위치하고 있지만, 위로 올라가는 힘이 있겠죠. 타고 올라가니까...

T12 교사는 대류현상을 언급하고는 있지만, 시간이 지난 후에는 이산화탄소가 아래로 쌓인다고 응답하고 있기 때문에 P 수준으로 분류되었다. 즉, 열에 의한 대류현상으로 이산화탄소가 위로부터 있다가 점차 아래로 쌓인다고는 잘 답하였지만, 그 후 이산화탄소가 공기 중에 고르게 분포되어 평형상태에 이를 것이라는 예측까지는 하지 못하였기 때문이다. 이러한 P 수준 T12 교사의 면담 내용을 살펴보면 다음과 같다.

<사례 IV-14> 3-4. 연소 과정 중 이산화탄소 위치 : P 수준

연구자 연소 과정 중의 산소와 이산화탄소의 위치는 어떻게 될까요?

T12 이산화탄소가 바닥 층부터 아마 쌓일 텐데, 차곡차곡 쌓인다기보다는 촛불의 열에 의해서 대류현상이 일어나니까, 촛불이 꺼진 후에는 이산화탄소가 아래 부분에 많이 있겠죠(P 수준). 이산화탄소가 무겁기 때문에...

연소 과정 중 이산화탄소의 위치에 관해서 이산화탄소가 공기보다 무겁다는 생각만을 가지고, 연소 중 이산화탄소가 점점 아래쪽에 쌓이면서 그 상태를 유지한다고 생각하는 경우가 가장 많았다. 이와 같은 M2 수준의 면담 내용을 살펴보면 다음과 같다.

<사례 IV-15> 3-4. 연소 과정 중 이산화탄소 위치 : M2 수준

연구자 연소 후의 이산화탄소의 위치는 어떻게 될까요?

T6 이산화탄소는 원래 기체보다 무겁기 때문에 아래로 가라앉아 있다고 배운 적 있습니다. 이산화탄소가 아래쪽에 더 많을 것 같습니다.

연구자 연소 중에 이산화탄소는 어떤 모습을 띠까요?

T6 연소 중에도 점점 아래로 내려가다가, 완전히 끝나도 그것이 유지되면서, 연소 전보다 더 아래쪽으로 쏠릴 것 같습니다(M2 수준).

다음의 T4 교사는 이산화탄소가 공기보다 무겁다는 사전지식조차 가지고 있지 않았다. 연소 전과 후 모두 이산화탄소가 연소되는 촛불보다 위에 분포할 것이라고 응답했기 때문에 M1 수준으로 분류되었다. 면담 내용을 살펴보면 다음과 같다.

<사례 IV-16> 3-4. 연소 과정 중 이산화탄소 위치 : M1 수준

연구자 연소 중의 이산화탄소의 위치에 대해서는 어떻게 생각하시나요?

T4 연소 전과 후 모두 이산화탄소가 좀 더 위에 있을 것 같아요(M1 수준).

## 라. 철솥의 연소

4번 문항은 철솥의 연소 후에는 초의 연소와 달리 이산화탄소가 생성되지 않는다는 것을 알고 있는지를 분석하기 위해 만들어졌다. 철솥의 연소 후 변화에 대한 4번 문항의 응답은 <표 III-2>와 같이 3가지 수준으로 분류하였다. 철솥의 연소 후에는 산화철이 생긴다는 것을 알고, 이산화탄소가 생성되지 않는다는 것 또한 인식(S)하고 있는 교사는 1명(8.3%)이었다. 또한, 철솥의 연소 후 생성물로 이산화탄소를 언급하였지만 이에 대해 의구심을 가지는 경우(P)도 1명(8.3%)으로 나타났다. 촛불 실험과 동일하게 연소 후에도 이산화탄소가 생길 것으로 예측하



는 경우(M)가 10명(83.4%)으로 가장 일반적으로 나오는 응답 유형이었다. 정미숙(2003)의 연구에 따르면 철가루의 산화물이 산화철임을 알지 못하는 초등교사의 비율이 약 48.2%로 이 연구에서 나타나고 있는 91.7%보다 상대적으로 낮은 비율을 나타내고 있다. 이는 이 연구에서는 철숨의 연소에 대해 구체적으로 산화철을 묻지 않고, 주관식의 형태로 포괄적으로 연소 후의 생성물에 대해 묻고 있기 때문이라고 생각된다. S 수준 T7 교사의 면담 내용을 살펴보면 다음과 같다.

<사례 IV-17> 4. 철숨의 연소 : S 수준

연구자 철숨의 연소 후 생성물은 무엇이 있을까요?

T7 여기는...그... 양조의 경우에 탄소성분이 있어서 이산화탄소로 바뀌는 거지만, 여기서는 철이 산화철로 바뀌는 거잖아요. 우리가 철이 녹슬기만 해도 부피가 상당히 커지는 것을 보이는데, 것처럼 못이 녹슬어서 부피가 늘어나고 커지듯이 산화철도 그런 현상을 볼 수 있는 것이라고 생각되는데, 아무래도 기체인 산소는 사용되었지만, 이산화탄소가 생기는 것은 아니라고... 그렇게...(S 수준).

T7 교사는 연소 후 이산화탄소의 생성을 언급하기는 하였지만, 무엇인가 다른 것이 생길 수도 있다고 생각하여 P 수준으로 분류되었는데 면담 내용을 살펴보면 다음과 같다.

<사례 IV-18> 4. 철숨의 연소 : P 수준

연구자 철숨의 연소 후 생성물은 무엇이 있을까요?

T2 철숨이 들어가다 보니까, 정확히 이것은 산소와 이산화탄소만의 문제가 아닐 것도 같아서 아래 그림에도 이산화탄소를 적으면서도 이게 아닐 수도 있다는 생각을 했습니다. 뭔가 다른 기체가 생길 수도 있다는 생각이 드는데요(P 수준).

하지만, M 수준의 교사들은 철숨 실험에 대해서 굉장히 낯설어 하면서 답변을 피하거나, 앞의 초의 연소 실험과 동일하게 응답하고 있다. 지난해 6학년 과학 전

답을 하였고 과학 관련 행사 및 대회 지도 경험이 있는 T6 교사 역시 철슴의 연소에서 이산화탄소가 생성된다고 생각하고 있었다. 정미숙(2003)의 연구에 따르면 수소, 철가루 등의 연소 후 생성물에 대해서 중·고등학교 교사들이 초등학교 교사들에 비해 훨씬 더 과학적이라고 보고하고 있다. 그 이유를 교과서에서 찾아보면, 중·고등학교에서는 수소와 철슴 등 다양한 연소의 소재가 다루어지고 있지만, 초등학교에서는 그렇지 못하기 때문이다. 철슴의 연소 후에도 초의 연소처럼 이산화탄소가 발생된다고 생각하는 M 수준 T6 교사의 면담 내용을 살펴보면 다음과 같다.

<사례 IV-19> 4. 철슴의 연소 : M 수준

연구자 철슴의 연소 후 생성물은 무엇이 있을까요?

T6 철슴도 이산화탄소가 생길 것이라고 생각이 듭니다(M 수준).

**마. 연소 후 생성물**

연소 후 생성물에 대한 5번 문항의 경우, 응답을 <표 III-2>와 같이 3가지 수준으로 분류하였다. 연소 후 생성물은 연소 전 반응물에 따라 달라진다고 응답(S)한 교사는 T7 교사로 1명(8.3%)이었다. 우리 생활 주변에서 연소시키는 대부분의 물질이 에너지를 얻기 위해 태우는 탄화수소화합물이기 때문에 이 문항에서 이산화탄소와 수증기(또는 물)가 생긴다고 언급한 경우 P2 수준으로, 이산화탄소만 언급한 경우 P1 수준으로 분류하였다. 연소 후에 이산화탄소와 수증기가 생성된다고 생각(P2)한 교사는 4명(33.4%), 이산화탄소는 생성되지만 물의 생성은 예측하지 못하는 경우(P1)가 7명(58.3%)이었다(표 IV-1). 문미정과 김용권(2009)의 연구에서도 연소 후 생성물로 수증기가 생성되는 원인에 대해 초등학생의 23.5%가 바르게 이해하고 있는 것으로 보아, 이산화탄소보다 물의 생성을 좀 더 어렵게 인식하고 있는 것을 알 수 있다. 제 7차 초등학교 교육과정 상에는 초의 연소 반응 시 연소 후 생성물로 물과 이산화탄소가 언급되어 있다. P2 수준 T1 교사의 면담 내용을 살펴보면 다음과 같다.

<사례 IV-20> 5. 연소 후 생성물 : P2 수준

연구자 연소 후 생성물에 대하여‘물, 이산화탄소 등’이라고 쓰셨는데, 여기서 언급하신‘등’의 의미는 무엇인가요?

T1 그냥, 이산화탄소가 안 되는 일산화탄소가 있을 것 같고, 그 밖의 기체가 있을 것 같아서…

연구자 5번 문항 아래의‘왜 그렇게 생각하나요?’는 어떻게 답하셨나요?

T1 공기 중의 산소가 기존의 물질에 있던 수소, 탄소가 만나서 물, 이산화탄소가 생긴다고 썼습니다(P2 수준).

반면 이산화탄소는 언급하고 있지만 수증기(또는 물)에 대해서는 언급하지 못하는 P1 수준의 응답이 가장 많이 나타났다. 문미정과 김용권(2009)의 연구에서도 연소 후 생성물 중 수증기가 생성되는 원인에 대해서 연구에 참여한 23.5%의 초등학생만이 과학적 개념을 가지고 있었고, 59.1%의 학생은 ‘공기 중의 수증기가 물방울이 되었다.’라고 응답했다. 이것은 학생들이 연소 시 생성되는 물을 새롭게 만들어진 것이 아니라 처음부터 존재하던 것이라고 생각하고 있다는 의미이다. 제 7차 초등학교 6학년 과학 교과서에 이산화탄소와 물이 생성되는 것을 석회수와 염화코발트 종이를 가지고 확인하도록 제시가 되어 있음에도 불구하고, 물에 대해 인식하는 것을 힘들어했다. 이 연구 결과에서 교사 역시 수증기(또는 물)의 생성에 대한 인식이 충분하지 않은 것을 알 수 있다. 연소 후 생성물로 수증기(또는 물)에 대한 언급 없이 이산화탄소에 대해서만 언급하고 있는 P1 수준의 면담 내용을 살펴보면 다음과 같다.

<사례 IV-21> 5. 연소 후 생성물 : P1 수준

연구자 마지막 5번 문항에서 연소 후 생성물로는 어떤 것을 적어주셨나요?

T3 이산화탄소, 빛, 열, 잔해 (P1 수준)... 탄 물질들의 잔해라고 적었습니다.

연구자 탄 물질들의 잔해는 어떻게 하여서 생각하게 되신 건가요?

T3 연소의 과정에서 필요 없는 물질들이 남아있을 것이라고 생각을 해서….

## 2. 교사들의 특성에 따른 연소 개념 분석

### 가. 6학년 과학교과 지도 경험에 따른 교사들의 연소 개념

초등교사의 연소에 대한 개념 형성에는 교사의 교육 경력, 과학 관련 학력 여부, 과학 업무 수행 경험 등에 따라서는 차이가 없었으나, 6학년 과학교과 지도 경험에 따라서는 차이를 보였다. 이는 자신의 생각을 발현하는데 중요한 것이 교과 내용에 대한 지식 다음으로 동일 학년을 가르쳐 본 경험을 포함한 교육 경력임을 말한 박재원 등(2007)의 연구와 일치한다. 6학년 과학교과 지도 경험에 따른 교사들의 개념분석 결과는 <표 IV-2>와 같다.

먼저 연소의 정의(1번 문항)를 이해하는 측면에서 6학년 과학교과 지도 경험자의 경우 57.2%가 과학적 개념을 가지고 있는 반면, 미경험자의 경우는 20%가 과학적 개념을 가지고 있다. 각 문항별로 하나씩 살펴보다도 거의 모든 문항에서, 6학년 과학교과 지도 경험이 있는 쪽의 과학적 개념(S)을 가진 비율이 더 높다. 6학년 과학교과 지도 경험자의 경우 좃불이 꺼진 이유(2번 문항) 역시 57.1%로 높은 비율을 차지하고 있고, 그 외 모든 문항에서도 1명(14.2%)이 과학적 개념을 가지고 있다. 하지만, 6학년 과학교과 지도 미경험자의 경우 과학적 개념(S)이 차지하는 비율을 살펴보면, 1, 2번과 3-4번 문항(20%)을 제외하고는 모두 0%로 나타난다.

각 문항별로 오개념(M)의 비율을 살펴보다도, 6학년 과학교과 지도 경험자의 경우 좃불이 꺼진 이유(2번 문항)에서 28.6%의 비율이 나타나는데 반해, 미경험자의 경우는 80%로 높은 비율을 차지한다. 3-1번 문항부터 3-4번 문항까지 역시 상대적으로 미경험자의 경우가 오개념(M)의 비율이 더 높다. 반면, 철솥의 연소(4번 문항)에서는 경험자의 경우가 다소 높은 오개념의 비율을 나타내고 있다.

<표 IV-2> 6학년 과학교과 지도 경험의 유무에 따른 응답 수준 및 분포

빈도(%)

문항	교사 6학년 과학교과 지도 경험자								6학년 과학 지도 미경험자											
	M				P				M				P							
	T1	T6	T7	T9	T10	T11	T12	S	T2	T3	T4	T5	T8	M1	M2	P1	P2	S		
1. 연소의 정의	P	S	S	P	P	S	S	0	3	4			P	S	P	M	P	1	3	1
								(0)	(42.8)	(57.2)								(20)	(60)	(20)
2. 집기병으로 덮었을 때 촛불이 꺼지는 이유	M	P	S	S	S	S	M	2	1	4			M	M	M	M	S	4	0	1
								(28.6)	(14.4)	(57.1)								(80)	(0)	(20)
3-1. 연소 전 산소와 이산화탄소의 농도	S	M	P	M	P	M	M	4	2	1			P	P	M	M	M	3	2	0
								(57.1)	(28.5)	(14.4)								(60)	(40)	(0)
3-2. 연소 후 산소의 농도	M	P	P	P	S	M	M	3	3	1			M	M	M	M	P	4	1	0
								(42.8)	(42.8)	(14.4)								(80)	(20)	(0)
3-3. 연소 후 이산화탄소의 농도	S	M2	M2	M1	M1	M2	M2	6		1			M1	M2	M2	M2	M2	5		0
								(85.6)		(14.4)								(100)		(0)
								2	4									1	4	
3-4. 연소 과정 중 이산화탄소의 위치	M2	M2	P	S	P	M2	P	3	3	1			M2	M2	M1	S	M2	4	0	1
								(42.8)	(42.8)	(14.4)								(80)	(0)	(20)
								0	3									1	3	
4. 철솥의 연소	M	M	S	M	M	M	M	6	0	1			P	M	M	M	M	4	1	0
								(85.6)	(0)	(14.4)								(80)	(20)	(0)
5. 연소 후 생성물	P2	P2	S	P1	P1	P1	P2		6	1			P1	P1	P1	P1	P2		5	0
									(85.6)	(14.4)									(100)	(0)
								3	3									4	1	

장명덕(2010)의 연구에 따르면 거의 모든 예비 교사(96.67%)가 수업 전에 해당 차시 수업 주제와 관련된 학생들의 오개념을 미리 확인할 필요가 있다고 응답하였다. 또한 대부분(86.67%)의 예비교사들이 오개념의 사전 확인의 필요성에 대해 적절한 이유를 제시하였다. 하지만, 초등학생을 통해 직접 오개념을 찾아낸다는 것은 현장의 근무 환경을 고려할 때 동일한 학년을 여러 해 경험하는 것 외에는 현실적으로 불가능하다고 할 수 있다. 6학년 과학교과를 여러 해 가르쳤던 교사에게서 좀 더 과학적 개념에 근접한 수준의 응답을 들을 수 있던 이유는, 가르치는 과정 속에서 학생들의 오개념도 파악이 되고 교사의 오개념도 과학적 개념으로 변화 시킬 수 있는 것으로 판단된다.

#### 나. 6학년 과학교과 지도 경력 이외의 특성에 따른 교사들의 연소 개념

지금까지의 여러 연구들에서는 교직 경력과 교수 내용의 지식 사이에는 상관을 가지지 않는 것으로 나타나고 있다. 임청환(2003)의 3~6학년 교사 120명을 대상으로 한 연구에서 교직 경력은 전체적으로 볼 때 교수 내용 지식과 통계적으로 유의미한 상관이 나타나지 않았다고 보고하고 있고, 8명의 초등 수학 교사를 대상으로 연구한 Marks(1991) 역시 유사한 주장을 하고 있다. 이 연구에서도 6학년 지도 경력 이외의 특성인 교육 경력, 과학업무 수행 경험, 과학 관련 학력 등에 따라 교사의 개념을 M, P, S 수준을 분류했을 때 유사한 비율을 보여 차이가 없는 것으로 판단되었다.

## V. 결론 및 제언

### 1. 결론

이 연구에서는 성별, 경력, 6학년 과학교과 지도 경험, 과학 관련 학력 여부 등 다양한 기준을 고려하여 12명의 교사를 선정하고, 연소에 관련된 초등교사의 개념을 개념 검사지와 면담을 이용하여 조사하였다.

연구 결과, 연소의 정의 측면에서는 부분 개념을 가지고 있는 교사가 가장 높은 비율을 나타냈고, 다음으로 과학적 개념을 가지고 있는 교사의 비율이 높았다. 부분 개념을 가지고 있는 교사들은 연소의 정의에 대해 탄소를 포함한 물질이 산소와 만나는 것으로 설명하거나, 연소 후에는 이산화탄소가 반드시 생성된다고 설명하였다.

두 번째로 집기병으로 덮었을 때 촛불이 꺼지는 이유에 대해서, 산소가 모두 없어졌기 때문이라는 오개념을 가진 교사의 비율이 가장 높았고, 다음으로 산소가 부족하기 때문이라는 과학적 개념을 가지고 있는 교사의 비율이 높았다. 제 7차 교육과정에 의해 집필된 과학과 교사용 지도서에서 '질식 소화법'에 대해 언급하면서 '대기 중의 산소의 농도가 낮으면 불은 탈 수 없다.'라고 기술하고 있지만, 많은 교사들이 연소가 끝났다는 것은 산소가 완전히 소모되었기 때문으로 인식하는 것으로 나타났다.

세 번째로 집기병 속 연소 전과 후의 산소와 이산화탄소의 농도에 대해서는 대다수의 교사가 정확한 값을 예측하지 못하고 있었다. 특히, 연소 후의 농도에서는 산소는 0%라는 답변과 이산화탄소는 산소가 줄어든 만큼 늘어날 것이라는 답변이 가장 많이 나타났다. 이는 두 번째 문항의 분석 결과에 비추어 보면 당연한 결과라고 여겨진다. 면담 과정 중, 연소 전의 산소(약 21%)와 이산화탄소(약 0.03%)의 농도를 알려주고 연소 후의 수치를 예상해 보게 했다. 하지만 이 역시 연소가 끝난 후, 산소가 아예 없거나 있더라도 극소량 있을 것이라고 응답하는 경

우가 다수였고, 이산화탄소의 농도 역시 50%이상 가득 차 있다고 답하여 공기의 조성 중 질소와 다른 기체에 대해 고려하지 못하거나, 산소가 줄어든 만큼 이산화탄소가 늘어날 것이라고 응답한 경우가 다수였다. 또한, 연소 중의 이산화탄소의 위치에 대해서도 대다수의 교사가 이산화탄소는 무겁기 때문에 아래부터 쌓일 것이라는 오개념을 가지고 있었다.

네 번째로 초의 연소와 동일하게 철숨을 연소시키면 이산화탄소가 생성된다는 오개념을 가지고 있는 것으로 나타났다. 이산화탄소의 생성에 의구심을 가지거나 연소 후 이산화탄소가 생기지 않는다는 것을 확신하는 교사는 각각 1명에 불과했다. 이는 제 7차 초등학교 과학과 교과서에서 초의 연소만을 다루기 때문에, 초의 실험 결과를 가지고 과일반화 시키고 있음을 알 수 있다. 거의 모든 교사들이 중학교에서 철숨의 연소에 대해서 배웠음에도 불구하고 이에 대한 지식은 잊어버려 교사의 지식이 초등 교과서 수준에 머물러 있다는 것을 알 수 있다.

마지막으로 연소 후 생성물에 대해서도 대다수의 교사가 이산화탄소를 언급하는 부분개념을 가지고 있는 것으로 나타났다. 연소 전 반응물에 따라 생성물이 달라진다고 정확하게 설명하는 교사는 1명에 불과했다. 이는 제 7차 교육과정 내에서 초의 연소 후 생성물로 이산화탄소와 수증기를 확인하는 석회수, 염화코발트 실험이 존재하기 때문에 이에 대한 기억이 교사에게도 확고하게 유지되고 있음을 알 수 있다. 반면 이산화탄소에 비해 수증기에 대한 인식은 덜 유지되고 있다. 이는 연소라는 개념을 산소 소모와 이산화탄소 생성이라는 것으로 간략하게 요약하고 있기 때문이라고 여겨진다.

이는 연소에 대한 교사들의 개념은 초등 교과서에서 제시되고 있는 수준에 머물러 있고, 교과서 실험 결과에 대해서 단정적인 해석을 하고 있는 것으로 보인다. 예를 들면, 산소가 완전히 소모되었다고 생각, 산소가 소모된 만큼 이산화탄소가 생성된다는 생각, 또는 이산화탄소는 무겁기 때문에 아래에 쌓인다는 생각, 물질이 연소하면 이산화탄소가 생긴다는 생각 등은 상황에 관계없이 하나의 사실 또는 지식을 가지고 해석하려는 경향이다. 이는 직접적으로 확인할 수 없고 오직 추론에 의존해서 다루는 개념이기 때문에 나타나는 현상이라 여겨진다.

교사의 특성에 따른 연소의 개념에 대한 전체적인 경향성을 분석해 보면, 교사들의 여러 가지 특성 중 6학년 과학교과 지도 경험이 개념 분포에 차이가 있는 것



으로 나타났다. 6학년 과학교과 지도 경험이 있는 교사가 미경험자에 비해 상대적으로 연소에 대해 과학적 개념을 많이 가지고 있는 것으로 나타났다. 이는 6학년 과학 수업을 준비하는 과정과 수업을 통해서 교사의 교수 내용 지식이 높아진 것으로 여겨진다.

## 2. 제언

이 연구를 토대로 후속 연구를 위해 몇 가지 제언을 하면 다음과 같다.

첫째, 소수의 초등교사를 대상으로 하였기 때문에 후속 연구에서는 좀 더 광범위하게 연구 대상을 선정하여 분석하여야 할 것으로 생각된다.

둘째, 연구 결과를 통해 연소에 대해 개념 형성을 시각화하여 시킬 수 있는 자료가 개발될 필요가 있다. 그 외에도 교사들이 가지고 있는 연소에 대한 오개념을 교정하기 위한 효과적인 프로그램 개발을 위한 연구의 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

셋째, 이 연구의 결과를 교사 연수 또는 예비교사 교육에 활용함으로써 교사들의 연소에 대한 과학적 개념 형성 방안을 강구해야 하겠다.

## 참 고 문 헌

- 교육과학기술부. (2008). **초등학교 교육과정 해설(IV) -수학,과학,실과-**. 한솔사.
- 국동식. (1991). **대기압 조석, 계절 변화에 대한 학생의 개념과 학년간 이해의 차이**. 서울대학교 대학원.
- 권재술, 김병기. (1993). **과학 오개념 편람**. 한국교원대학교 물리교육연구실. 327-342.
- 권혁정. (1991). **과학 수업에 의한 학생들의 개념 변화 연구 -중학교 2학년의 연소 개념 대상으로-**. 서울대학교 대학원.
- 김선주. (2005). **물질에 대한 중학생의 개념 분석과 그 변화에 대한 연구**. 연세대학교 대학원.
- 김인애. (2006). **목탄 연소시 부피변화와 질량변화에 대한 고등학생들의 개념 변화 조사**. 이화여자대학교 교육대학원.
- 김지선. (2009). **중학생들의 전기와 자기의 오개념 연구**. 순천대학교 대학원.
- 김도육. (1991). **물 개념의 학습에서 오인을 감소시키기 위한 수업모형의 효과**. 서울대학교 대학원.
- 김도육. (1995). **연소에 대한 오개념 교정을 위한 과학사 프로그램 적용의 효과**. 초등과학교육, 14(2), 135-148.
- 류옥선. (2002). **초등학생의 '지도'에 대한 오개념 분석과 개념 변화에 관한 연구**. 부산교육대학교 교육대학원.
- 문미정, 김용권. (2009). **초등학생들의 연소에 대한 개념 조사 및 과학사를 활용한 오개념 교정 프로그램 제안**. 초등과학교육, 28(4), 487-475.
- 박규석. (2003). **원소에 관한 중등학교 과학 교사들의 오인 분석**. 한국교원대학교 교육대학원.
- 박선희. (2001). **초등 사회과 지리영역의 오개념**. 전주교육대학교 대학원.
- 박재원, 원정애, 백성혜. (2007). **물속에서의 무게와 압력에 대한 초등 교사의 교수 내용 지식 분석**. 초등과학교육, 26(2), 226-241.
- 박진홍, 정진우. (1999). **붉은인의 실험에 대한 중학교 학생들의 기압 개념 이해**. 한국지구과학학회지, 20(4), 334-341.

- 신미경, 고영신, 최영재. (2000). 초인지 수업모형이 초등학생들의 분자개념 병화에 미치는 효과. 초등과학교육, 18(2), 61-73.
- 엄상수, 고영환, 백성혜, 박국태. (2000). 산소와 연소 단원에서 과학적 개념 형성을 위한 수업 전략의 효과. 초등과학교육, 19(2), 75-82.
- 오대훈. (2008). 물리 오개념 연구 -물리1 교과단원 중 '일' 단원-. 성균관대학교 대학원.
- 오인준. (2010). 과학사를 활용한 수업이 초등학생들의 오개념 교정과 학업성취도에 미치는 효과 -6학년 2학기 연소와 소화 단원을 중심으로-. 부산대학교 교육대학원.
- 이수아, 전영석, 홍준의, 신영준, 최정훈, 이인호. (2007). 초등 교사들이 과학수업에서 겪는 어려움 분석. 초등과학교육, 28(1), 97-107.
- 임청환. (2003). 초등 교사의 과학 교과교육학 지식의 발달이 과학 교수 실제와 교수 효능감에 미치는 영향. 한국지구과학회지, 24(4), 258-272.
- 장명덕. (2009). 초등 교사들의 과학 오개념에 대한 인식과 수업전략. 초등과학교육, 28(4), 425-439.
- 장명덕. (2010). 학생들의 과학 오개념에 관한 초등 예비 교사들의 이해. 초등과학교육, 29(1), 32-46.
- 전근배, 노석구. (2001). 개념도 작성 활동을 통한 수업이 분자운동 개념 형성에 미치는 효과. 초등과학교육, 20(1), 31-44.
- 정경미, 김영민. (1999). 구성주의 이론에 따른 코스웨어 적용이 중학생의 힘과 운동 개념변화에 미치는 효과. 한국과학교육학회지, 19(1), 8-18.
- 정미숙. (2003). 과학사적 관점에서 본 연소에 대한 초등학교 교과서 분석 및 초등 교사들의 개념 조사. 한국교원대학교 교육대학원.
- 정진우. (1991). 중학교 학생들의 지구과학 개념에 대한 오개념 형성 원인 분석. 한국지구과학회지, 12(4), 304-322.
- 최선영, 노석구. (2008). 초등과학 수업 컨설팅에 대한 교사들의 인식조사. 초등과학교육, 27(1), 23-30.
- 하종섭. (1993). 광합성에 관한 고등학생의 오개념 조사. 경북대학교 대학원.
- 한문정. (1990). 연소와 녹스는 현상에 대한 학생들의 개념 조사 -초·중·고등

- 학생을 대상으로-. 서울대학교 대학원.
- 한인수, 권재술, 권난주. (2001). 인지갈등 유발 수업에서 오개념에 대한 확신도가 개념변화에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 21(4), 689-696.
- 황영록. (2002). 초등학생의 생물학적 오개념에 대한 연구 -초등학교 6학년을 대상으로-. 경희대학교 교육대학원.
- Marks, R. (1991). When should teachers learn pedagogical content knowledge?. Paper presented at the AERA Annual Meeting. California.
- Gomez-Zwiep, S. (2008). Elementary teachers' understanding of students' science misconceptions :implications for practice and teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, 19(5), 437-454.

## A B S T R A C T \*

### A Case Study on Concept of Combustion of Elementary School Teachers - Focusing on Change of Gases -

Moon, Hyun-Sook

Major in Elementary Science Education  
Graduate School of Education  
Jeju National University

Supervised by Professor Shin, Ae-Kyung

The purpose of this research was to examine the concept of combustion of elementary school teachers. The participants were selected from the elementary school teachers who had various career, 6th grade science teaching experience, academic background on science. For the purpose of this study, 12 elementary school teachers took the concept-test formed 5 questions on combustion and were interviewed. The concept-test was composed with 'The definition of combustion', 'The reason that the candle was blown out when glass was closed.', 'The existence of oxygen and carbon dioxide of before and after combustion in glass', 'Combustion of iron', 'Combustion products'. And the collected data by semi-structured interviews based on responses of the

---

\* A thesis submitted to the committee of Graduate School of Education, Jeju National University of Education in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Education conferred in August 2011.

concept-test.

During the analysis of the data, additional interviews by phone, e-mail, and internet messenger were conducted if necessary. The answers of each question were classified into three levels(Scientific-concept(S), Partial-concept(P), Misconcept(M)). The research results showed all teachers had misconception or partial-concept more than 50 percent in each question. And teachers who had the 6th grade science teaching experience acquired scientific concepts of the combustion more than teachers who have not the 6th grade science teaching experience. We should develop visualization materials about change of gases during combustion and use these materials for implement on scientific-concept.

Key words : concept of combustion, elementary school teacher's misconception, change of gases during combustion, a case study on scientific-concept

[부록]

## 연소에 대한 개념 검사지

안녕하세요?

이 문항지는 선생님들이 우리 주위에서 경험할 수 있는 연소 현상에 대해 어떤 생각을 갖고 있는지 알아보기 위해 작성된 설문지입니다.

문항은 선생님의 의견을 직접 쓰도록 구성되어 있습니다. 차분히 생각한 후, 되도록 자세히 작성 해 주시길 부탁드립니다. 선생님께서 작성하신 내용은 오직 연구를 위해서만 사용될 것임을 약속드립니다.

선생님의 성의 있는 답변을 기대합니다. 감사합니다.

제주대학교 교육대학 신애경, 신제주초등학교 문현숙

### 기초 조사

① 소속 학교 (            )	② 이름 (                    )
③ 나이 만(        )세	④ 성별 ( 남 , 여 )
⑤ 담당 학년 : (        )학년        또는, 담당 과목 : (        )과목 전담	
⑥ 1) 교육 경력 (    )년,    2) 6학년 과학 교과 가르친 경력 (    )년	
⑦ 고등학교 : 졸업 계열 - 자연계(    ) 인문계(    )	
⑧ 대학 : 심화과정 (            )	
⑨ 대학원 (                    )전공 ( 과정 중 , 수료 , 졸업 )	

1. 연소의 의미를 아는 대로 설명해 보세요.

---

---

---

2. 초에 불을 붙이고 집기병 안에 넣은 후, 유리판으로 덮었습니다. 일정 시간이 흐른 후 촛불이 꺼진 것을 관찰 할 수 있었습니다. 왜 촛불이 꺼졌는지 그 이유를 써 보세요.

---



---



---



---



---

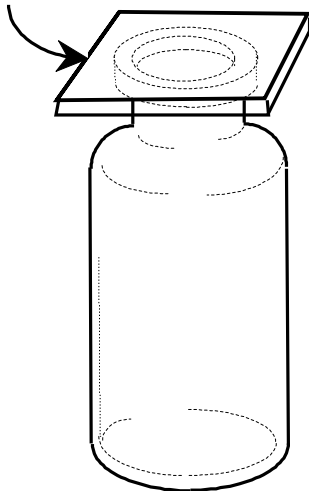


---

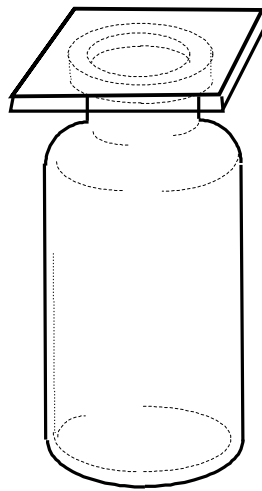


3. 2번 초의 연소 과정에서 집기병 안의 기체를 그림으로 나타내 보세요. (참고사항 - 집기병 위의 유리판은 연소의 과정 내내 닫혀 있습니다.)

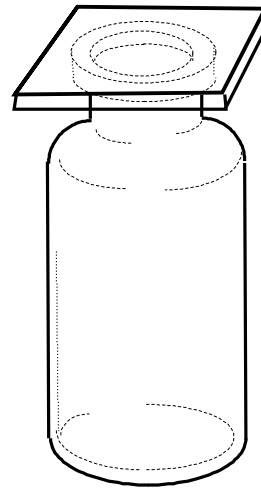
유리판



<연소 전>



<연소 중>



<연소 후>



4. 철솥에 불을 붙이고 집기병 안에 넣은 후, 유리판으로 덮었습니다. 일정시간이 흐른 후 철솥은 어떻게 되었을까요? 왜 그렇게 되는지 그 이유도 적어 보세요.

---

---

---

---

---



5. 1) 연소 후 생기는 물질에는 어떤 것이 있나요?

---

---

---

2) 왜 그렇게 생각하나요?

---

---

---

---

---