

한국과 미국 초등 예비교사들의 연소에 대한 개념 비교

신애경

(제주대학교)

Comparison of Korean and American Elementary School Pre-Service Teachers' Concepts on Combustion

Shin, Ae-Kyung

(Jeju National University)

ABSTRACT

The purposes of this study were to investigate concepts of Korean and American elementary school pre-service teachers on combustion, and to compare the concepts of Korean pre-service teachers with those of American pre-service teachers. For this study, concept test on combustion was administered to 23 Korean and 18 American elementary school pre-service teachers. The test composed of 6 items: 'Definition of combustion', 'The reason why a candle in a glass bottle is blown out when the bottle was closed', 'The change of gases in the bottle when a candle burns in it', 'The combustion products of a candle', 'The combustion products of steel wool', and 'The combustion products of a substance'. The results showed that the rates of elementary school pre-service teachers who had scientific concepts on combustion were very low in both Korean and American pre-service teachers' groups, although they were a little different from items. However the rates of pre-service teachers who had partial concepts and misconceptions on combustion were high in two groups. The levels of Korean elementary school pre-service teachers' concepts were a little higher than those of American elementary school pre-service teachers' concepts. The contents and activities on combustion which are in Korean and American science textbooks seem to affect building up their concepts on combustion.

Key words : concepts on combustion, science class, elementary school pre-service teachers, Korean and American pre-service teachers, misconception on combustion

I. 서 론

과학과 교육과정에서는 학생들이 과학의 기본 개념을 이해하고, 과학 탐구 능력과 과학적 태도를 함양하여 과학적 소양을 기를 수 있도록 하고 있다 (Minister of Education, 2014). 과학의 기본 개념 습득이 과학교육의 중요한 목표이기에, 학생들은 초·중·고등학교를 거치면서 많은 과학 개념을 학습하게 된다. 그러나 과학 개념 자체가 본질을 파악하기 쉽지 않은 속성을 가지고 있어 학생들은 여러

가지 비과학적 개념을 형성하게 된다(Jo, 1994).

연소 개념은 1차 교육과정에서부터 2009 개정 교육과정에 이르기까지 초등학교 과학과 교육과정에서 계속적으로 다루어져 온 물질영역의 중요한 개념 중의 하나이다(Shin *et al.*, 2011). 그동안 연소에 대한 학생들의 오개념을 조사한 연구들이 수행되어 학생들이 연소에 대한 오개념을 가지고 있음이 밝혀졌고(Abraham *et al.*, 1994; BouJaoude, 1991; Kim, 2005; Meheut *et al.*, 1985; Moon & Kim, 2009; Waston *et al.*, 1997), 이러한 학생들의 오개념을 과

이 논문은 2012년도 제주대학교 학술연구지원사업에 의하여 연구되었음.

2014.10.22(접수), 2014.11.6(1심통과), 2014.11.22(2심통과), 2014.11.26(최종통과)

E-mail: akshin@jeju.ac.kr(신애경)

학적 개념으로 변화시키기 위해 과학사적 접근, 변칙 사례를 통한 인지 갈등 제시 등 다양한 교수 방법을 시도한 연구들도 계속되어 왔다(Choi *et al.*, 2008; Kim, 1995; Moon & Kim, 2009; Um *et al.*, 2000).

학생들의 오개념이 형성되는 과정을 살펴보면, 오개념 형성 요인이 학생 내부에 있는 경우와 외부에 있는 경우로 나눌 수 있다. 오개념 형성의 내적 요인은 학생들의 지각의 특성과 논리적 추론 특성에 의한 것인 반면, 외적 요인은 교과서나 교사에 의한 오개념 또는 언어의 모호성에 의한 것 등이 있다. 학생들은 과학 지식의 대부분을 교사와의 교수-학습 과정을 통해 획득하게 된다. 따라서 교사가 잘못된 과학 개념을 가지고 있다면, 이는 교수-학습 과정을 통해 학생들의 개념 형성에 영향을 미칠 수 있다(Kwon & Kim, 1993). 교사들도 과학의 여러 영역에 걸쳐 다양한 오개념을 가지고 있는데(Choi *et al.*, 2006; Park, 2003; Sung & Jeong, 1999; Youn, 2000), 교사들이 갖고 있는 오개념으로 인해 학생들도 과학개념에 대해 혼동을 일으키게 된다(Park, 2003). 교사들이 정확한 과학 개념을 가지고 있지 못하고, 개념간의 통합과 세분화 과정에서 혼란과 갈등을 겪고 있어(Youn, 2000), 불확실한 교사의 과학 개념이 학생들의 오개념 형성의 원인이 되고 있다(Paik, 2000). 따라서 학생들이 과학적 개념을 형성하기 위해서는 교사의 개념이 매우 중요하다(Cho, 2008; Onno *et al.*, 1999; Ryu, 2012).

이처럼 학생들의 오개념 형성에 교사들이 미치는 영향을 언급한 연구들이 많은데, 연소 관련 개념에 대한 연구들 중 교사를 대상으로 한 연구도 있다. Jeong(2003)은 초등 교사들이 연소에 대한 플로지스톤적 오개념을 보여 명확한 개념을 가지고 있지 않다고 언급하였고, Shin *et al.*(2011)도 연소에 대해 초등교사들은 오개념 또는 부분개념을 많이 가지고 있다고 하였다. 또한 Kim(1995)은 초등 예비교사들도 연소에 대한 오개념을 많이 가지고 있다고 하였고, Kim(2008)은 연소에 대해 교사들이 제대로 이해하지 못해 초등학교 6학년 ‘연소와 소화’ 단원 지도 시 어려움을 겪고 있다고 하였다. Shin *et al.*(2011)은 우리 주변에서 발생하는 대부분의 연소 과정에 관여하는 물질이 산소, 이산화탄소, 수증기 등 기체 상태의 것이 많아 시각적으로 확인하기 어렵기 때문에, 교사들이 더욱 연소에 대한 개념을 이해하기 어렵다고 하였다.

교사 또는 예비교사를 대상으로 한 연소 관련 연구를 살펴보면, 연소 과정에서 일어나는 질량 변화에 초점이 맞추어져 있다(Kim, 1995; Kim, 2008; Jeong, 2003). 연소의 과정 즉 연소란 산화의 과정이므로 반응물과 생성물 사이의 관계 이해와 물질의 연소 시 기체의 변화에 초점을 맞춘 연구는 Shin *et al.*(2011)의 연구만이 있다. 그리고 오개념은 개인 특유의 것이지만 동시에 일반적으로 나타나는 공통성이 있어, 사회 문화적인 배경에 크게 영향을 받지 않고 매우 유사한 것을 발견할 수 있는데(Choi *et al.*, 1993), 연소 개념을 다룬 연구 중 문화가 다른 대상들을 비교 연구한 것도 없는 실정이다. 미국의 초등학교 과학과 교과서에서도 ‘연소’에 대한 내용이 제시되고 있어(Badders *et al.*, 2007b; 2007c; Bell *et al.*, 2006a; 2006b; Daniel *et al.*, 2006), 미국의 초등학교 과학과 수업에서도 다루어질 수 있는 개념이다. 따라서 이 연구에서는 한국과 미국 초등 예비교사를 대상으로 연소 시 나타나는 기체 변화와 반응물과 생성물 사이의 관계를 중심으로 연소에 대한 개념을 조사하고 분석하여, 한국과 미국 초등 예비교사들의 연소 관련 개념을 비교해 보고자 하였다. 연소 관련 개념을 비교할 때, 한국과 미국의 초등학교 과학 교과서의 내용을 중심으로 설명하고 해석하였다. 물론 연소 개념이 초등학교에서만 다루어지는 것이 아니라, 중·고등학교에서도 다루어지고 있으나, 중·고등학교의 경우, 한국과 미국에서 모두 교과서가 매우 다양하다. 따라서 이 연구에서는 교과서 비교·분석이 용이하도록 한국의 경우, 제7차 교육과정과 2007 개정 교육과정에 따른 초등학교 과학 교과서와 미국의 초등학교 과학 교과서 3종을 선택하여 분석하였다.

II. 연구방법 및 절차

1. 연구 대상

한국과 미국의 초등 예비교사들이 가지고 있는 연소 개념에 대해 조사하기 위하여 한국에서는 J 교육대학에 다니는 23명의 예비교사들을 대상으로 하였고, 미국에서는 R 교육대학에 다니는 18명의 예비교사들을 대상으로 하였다. 한국의 예비교사는 ‘초등과학교육론’ 수강생 1개 반과 미국의 예비교사는 ‘Inquiry based Science Education’ 강좌의 수강생이었다. 한국과 미국의 예비교사들 모두 대학에서

‘연소’와 관련된 강의를 수강하지 않은 상태였다.

2. 검사 도구

한국과 미국의 초등 예비교사들이 가지고 있는 연소 개념을 조사하기 위하여 Shin *et al.*(2011)이 개발한 연소 개념 검사지를 선정하고 일부 수정하였다. 이 검사지는 연소 과정에서의 기체 변화 및 반응물과 생성물 사이의 관계를 중심으로 질문이 구성되어 있다. 이 검사지 중 ‘초의 연소 과정에서 생성되는 이산화탄소의 위치’를 묻는 부분은 삭제하였다. 그 이유는 초의 연소 과정에서 생성된 이산화탄소의 위치는 대류로 인해 나타나는 것이므로, 이는 연소과정에서의 반응물과 생성물 사이의 관계와 기체 변화에 초점을 맞춘 이 연구와 조금 다른 측면이 있다. 따라서 수정된 검사지는 ‘1. 연소의 정의’, ‘2. 집기병을 유리판으로 덮었을 때, 촛불이 꺼지는 이유’, ‘3. 초의 연소 과정에서 집기병 속의 기체 변화’, ‘4. 초의 연소 생성물’, ‘5. 철쭉의 연소 생성물’, ‘6. 물질의 연소 생성물’을 묻는 문항으로 구성되었다(Table 1). 이 중 ‘3. 초의 연소 과정에서 집기병 속의 기체 변화’ 문항은 그림으로 그리도록 구성하였다. 수정된 검사지를 영어로 번역한 후 미국 R 대학의 교수에게 자문을 구해 검사지의 문체가 미국 예비교사들이 풀 수 있는 내용인지 점검받았다.

3. 자료 수집 및 분석

한국과 미국의 초등 예비교사를 대상으로 연소 개념 검사지를 투입하였고, 회수된 검사지를 Shin *et al.*(2011)이 사용한 분석틀을 이용하여 과학 교육 전문가 2인과 현직 초등교사인 초등과학 전공 석사과정생 2인과 협의하면서 초등 예비교사들의 응답 내용과 응답 수준을 결정하는 1차 분석 과정을 거쳤다. Shin *et al.*(2011)은 초등교사를 대상으로 하였고, 검사지 투입 후 반구조화된 면담을 실시하였다. 그러나 이 연구에서는 초등 예비교사를 대상으로 하였고, 일부 연구 대상들은 미국의 예비교사들이었다. 미국에서는 학습자에게 설문이나 면담 등을 요청하기 위해서는 관련 강의계획서에 이미 설문이나 면담의 내용과 소요 시간, 강의의 성격과 설문이나 면담의 관련성, 그리고 면담의 경우 학습자별 시간 계획 등이 상세하게 기술되어 있어야 하고, 이에 대한 학습자의 동의 과정을 거쳐야 한다. 그리고 미국 R 교육대학의 예비교사들은 한국 교육

대학의 예비교사들과는 달리 학교에 계속 머무르는 것이 아니라, 수업이 끝남과 동시에 아르바이트 등을 위해 학교를 벗어난다. R 교육대학 과학교육과 교수와 논의한 결과, 개념 검사지 투입은 가능하나, 예비교사들의 개인별 면담은 불가능하다고 판단되었다. 따라서 이 연구에서는 개념 검사지와 검사지에 나타난 그림을 중심으로 분석하였다. Shin *et al.*(2011)이 사용한 분석틀은 면담을 병행했으므로 우선 검사지에 나타난 것을 보고 분석한 후, 면담 과정에서 상세화가 가능하지만, 이 연구에서는 면담 과정이 없어 상세화하기 어려운 부분이 있었다. 예를 들면, 초등 예비교사들이 그린 초의 연소 후 그림에서 이산화탄소와 산소를 그렸을 때, 이산화탄소와 산소의 존재 여부는 판단할 수 있으나, 각각의 기체가 어느 정도의 비율로 남아있는 것인지를 판단하기는 어려웠다. 따라서 Shin *et al.*(2011)이 사용한 분석틀 중 일부 적절하지 않은 부분이 있어 분석틀을 수정하였다. 수정한 분석틀을 이용하여 2차 분석을 하였다.

초등 예비교사들의 연소 개념은 문항별로 수준에 따라 과학적 개념(S: Scientific concept), 부분개념(P: Partial concept), 그리고 오개념(M: Misconception)으로 분류하였다. 문항에 따라 부분개념과 오개념도 수준에 따라 하위로 또 분류하였는데, 숫자가 높을수록 높은 수준을 나타낸다. 연소 개념 검사지의 각 문항별 내용과 개념 수준에 대한 기준은 Table 1과 같았다.

‘3. 초의 연소 과정에서 집기병 속의 기체 변화’ 문항의 경우, 우선 ‘3-1. 초의 연소 전·중·후의 기체 변화’로 분석한 후, ‘3-2. 초의 연소 전 공기 조성 고려’와 ‘3-3. 초의 연소 후 산소 잔존 여부’로 조금 단순화시켜 다시 분석하였다. ‘초의 연소 전·중·후의 기체 변화’로 분석한 결과는 질소는 ‘N’으로, 산소는 ‘O’로, 감소는 ‘d’로, 증가는 ‘i’ 등 기호로 나타내었다. 그리고 연소 전 - 연소 중 - 연소 후 순서로 나타냈는데, 예를 들면 S 개념의 ‘NOC-NODCiWi-NODdCiiWii’는 연소 전 집기병 속에는 질소, 산소, 이산화탄소 등이 있었는데, 연소 중에는 질소의 양은 변함 없고, 산소는 줄어들며, 이산화탄소와 수증기는 증가하며, 연소가 끝났을 때에는 질소의 양은 여전히 변함 없고, 산소는 연소 중보다 더 줄어들며, 이산화탄소와 수증기는 연소 중보다 더 증가한 상태임을 나타낸 것이다.

Table 1. Framework on concepts of combustion

Content of question	Content and level of response	
1. Definition of combustion	S Chemical reaction in which a substance combines with oxygen generating light and heat	
	P2 Phenomenon of burning in which substance combines with oxygen or Chemical reaction in which substance combines with oxygen	
	P1 Phenomenon in which a substance burns generating light and heat Phenomenon burning substance or	
	M Combustion conditions (substance, oxygen, and temperature of the burning point and over)	
2. The reason why a candle in a glass bottle is blown out when the bottle was closed	S Deficiency of oxygen	
	P Deficiency of oxygen and extinguishing fire by carbon dioxide	
	M None of oxygen or Extinguishing fire by carbon dioxide	
3. The change of gases in the bottle when a candle burns in it	S NOC-NOdCiWi-NOddCiiWii	
	P4 NOC-NOdCi-NOddCii	
	P3 NOCW-NOdCiWi-NCiiWii or NOC-NOdCi-NCii or NO-NOdCi-NCii	
	P2 OC-OdCi-OddCii or O-OdCi-OddCii	
	P1 OCW-OdCiWi-CiiWii or OCH-OdCiWi-CiiWii	
	M3 OC-OdCi-C or O-OdCi-C	
	M2 O-Od-E	
	M1 Others	
	3-1. The change of gases in the bottle before · during · after burning a candle	
	3-2. Consideration of the air components in the bottle before burning a candle	S Consideration: N, O, (C) P Partial consideration: O, C, (W) M No consideration: O
3-3. Whether or not there is oxygen in the bottle after burning a candle	S Deficiency of oxygen M None of oxygen	
4. Combustion products of a candle	S Carbon dioxide and water	
	P Carbon dioxide	
	M Others (e.g. ash, melted wax, smoke, etc.)	
5. Combustion products of steel wool	S Iron oxide	
	P Iron oxide and carbon dioxide or water	
	M3 Carbon dioxide and water	
	M2 Carbon dioxide M1 Others (e.g. ash, melted iron, smoke, etc.)	
6. Combustion products of a substance	S Oxides of a substance (e.g. carbon dioxide, iron oxide, etc.)	
	P2 Oxides of a substance, carbon dioxide, and water	
	P1 Oxides of a substance and carbon dioxide or water	
	M3 Carbon dioxide and water	
	M2 Carbon dioxide or water M1 Others (e.g. ash, melted iron, smoke, etc.)	

S: Scientific concept, P: Partial concept, M: Misconception, N: Nitrogen, O: Oxygen, C: Carbon dioxide, W: Water, E: Emptiness, d: Decrease, dd: More decrease, i: Increase, ii: More increase

III. 연구 결과 및 논의

1. 연소의 정의에 대한 한국과 미국 초등 예비교사들의 이해 비교

한국과 미국 초등 예비교사들에게 연소 개념 검사를 투입한 후, 각 문항별로 개념 수준에 따라 분석하였다. 연소의 정의에 대한 개념 수준 분석 결과는 Table 2와 같았다. 연소의 정의에 대한 개념 수준을 분류할 때, 과학적 개념을 ‘물질이 산소와 결합하여 빛과 열을 내는 화학적 반응’이라고 하여, ‘산소와의 결합’과 ‘빛과 열의 발생’이라는 두 가지 요소에 초점을 맞추었다. 그래서 두 가지 요소 중 하나를 언급하지 않았을 경우를 부분개념으로 분류하였고, 두 가지 요소 모두를 언급하지 않았거나, 연소의 조건만을 기술한 경우를 오개념으로 분류하였다.

연소의 정의에 대해 분석한 결과, 전체적으로 연소의 정의에 대해 과학적 개념을 가진 초등 예비교사는 매우 적었고, 대부분이 부분개념과 오개념을 가지고 있었다. 한국의 초등 예비교사들은 거의 대부분 부분개념과 오개념을 가지고 있었으나, 오개념의 비율이 부분개념의 비율보다 높았고, 과학적 개념을 가진 예비교사는 1명(4.3%)에 불과하였다. 미국의 초등 예비교사들도 거의 대부분 부분개념과 오개념을 가지고 있었으나, 부분개념의 비율이 오개념의 비율보다 높았고, 과학적 개념을 가진 예비교사는 1명(5.6%)에 불과하였다.

연소의 정의에 대한 한국과 미국 초등 예비교사들의 응답을 살펴보면, 다음과 같다. K는 한국의 초등 예비교사를 의미하며, A는 미국의 초등 예비교사를 의미한다. 숫자는 자료 분석 시 부여한 예비교사들의 일련번호이다.

K14: 물질이 산소와 결합해 타는 것. (P2)

K2: 어떤 대상(물체 등)이 불에 타서 본래의 형태, 모습이 사라지는 것. (M)

A2: Combustion is a chemical reaction that occurs when substance and oxygen produce energy (usually in the form of heat and light) (S)

A6: Also known as burning - it is a chemical reaction that produces heat and light. (P1)

위의 한국과 미국 초등 예비교사들의 응답에서도 알 수 있듯이, 연소의 정의에 대해 한국의 초등 예비교사들은 ‘타는 현상’이라는 표현을 많이 사용하였으나, 미국의 초등 예비교사들은 ‘화학적 반응’이라는 표현을 많이 사용하였다. 한국의 제7차 교육과정에 따른 초등학교 과학과 6학년 2학기 교과서에는 연소의 정의에 대해 ‘물질이 빛과 열을 내며 타는 현상’(Minister of Education and Human Resources Development, 2002b)이라고 기술되어 있고, 2007 개정 교육과정에 따른 초등학교 과학과 6학년 2학기 교과서에는 ‘물질이 산소를 만나 빛과 열을 내면서 타는 현상’(Minister of Education and Science Technology, 2011)이라고 설명하고 있다. 하지만 미국의 초등 과학과 교과서에서는 물질의 변화를 크게 물리적 변화와 화학적 변화로 나눈 후, 화학적 변화의 예로 연소를 설명하면서 ‘물질이 산소와 반응하여 빛과 열을 내는 화학적 반응’(Badders *et al.*, 2007b; Daniel *et al.*, 2006)이라고 기술하고 있다. 따라서 한국과 미국 초등 예비교사들이 연소의 정의에 대한 표현상의 차이는 한국과 미국 교과서에서 설명하는 내용에 따라 달라지는 것으로 판단된다.

그리고 한국의 예비교사들이 미국의 예비교사보다 연소의 정의에서 오개념을 많이 가지고 있는 것으로 나타났는데, 이는 오개념으로 분류된 한국의 예비교사들 중 많은 비율이 연소의 조건만을 응답하였기 때문에 나타난 현상으로 보인다.

2. 집기병 속 촛불이 꺼지는 이유에 대한 한국과 미국 초등 예비교사들의 이해 비교

촛불을 켜서 집기병에 넣은 후 유리판으로 덮었

Table 2. The frequencies according to the concept levels of Korean and American pre-service elementary school teachers' on definition of combustion (): percent

Concept levels	S	P2	P1	M	Total
Korean pre-service teachers	1(4.3)	10(43.5)	0(0.0)	12(52.2)	23(100.0)
American pre-service teachers	1(5.6)	2(11.1)	9(50.0)	6(33.3)	18(100.0)
Korean and American pre-service teachers	2(4.9)	12(29.3)	9(22.0)	18(43.9)	41(100.0)

을 때, 집기병 속의 촛불이 꺼지는 이유에 대해 분석한 결과는 Table 3과 같았다. 이 문항에 대한 개념 수준을 분류할 때, ‘산소의 부족’으로 설명한 경우를 과학적 개념으로 보았고, ‘산소의 부족’과 ‘이산화탄소에 의한 소화’ 두 가지 모두로 설명한 경우를 부분개념으로, ‘산소의 부족 또는 이산화탄소에 의한 소화’로 설명한 경우를 오개념으로 보았다.

집기병 속의 촛불이 꺼지는 이유에 대해 분석한 결과, 전체적으로 ‘이산화탄소에 의한 소화’로 설명하는 오개념을 가진 초등 예비교사들의 비율이 매우 높았는데, 한국과 미국에서 오개념 비율이 모두 높았다. 그리고 부분개념의 비율은 한국과 미국에서 모두 매우 낮았으나, 과학적 개념의 비율은 한국이 다소 높아, 한국과 미국의 비율 차이가 있었다.

집기병 속의 촛불이 꺼지는 이유에 대한 한국과 미국 초등 예비교사들의 응답을 살펴보면, 다음과 같다.

K12: 집기병 안에 산소가 있어야 연소가 가능한데, 연소할 만큼의 충분한 산소가 집기병 안에 들어있지 않아 촛불이 꺼진다. (S)

K4: 초가 타면서 이산화탄소가 나오는데, 이것이 집기병 안에 가득 차다. 그런데 이산화탄소는 불을 끄는 성질이 있어서 촛불이 꺼진다. (M)

A5: I think the candle will stay lit for a while, but once all of the oxygen is "used up" in the jar, the candle will slowly go out. (M)

A14: I think fire produces carbon dioxide and needs oxygen to survive. Eventually, the fire would use up all the oxygen, so it will die out. (M)

위의 초등 예비교사들의 응답에서 볼 수 있듯이, 집기병 속의 촛불이 꺼지는 이유에 대하여 ‘초가 탈 수 있는 산소가 없다’고 설명하거나, 또는 ‘이산화탄소가 불을 끄는 성질이 있다’고 설명하는 한국과 미국의 초등 예비교사들이 많았다. 한국의 초등 예비교사들 중 6명(26.1%)이 ‘이산화탄소가 불을 끄

는 성질이 있다’고 기술하였으나, 미국의 경우 이와 같이 기술한 초등 예비교사는 없었다.

한국의 경우, 초등학교 과학과 교과서에 이산화탄소의 성질을 알아보기 위해 집기병에 이산화탄소를 포집한 후, 촛불을 넣어 꺼지는 것을 관찰하는 활동과 이산화탄소가 우리 생활에서 이용되는 예로 소화기가 제시되어 있다(Minister of Education and Human Resources Development, 2002a; Minister of Education and Science Technology, 2011). 또한 초등학교 과학과 교사용 지도서에서도 ‘이산화탄소는 불을 끄게 하는 성질을 가지고 있다.’(Minister of Education and Human Resources Development, 2002c)고 학습되어야 할 내용으로 기술되어 있다. 이러한 활동과 학습 내용을 통해서 예비교사들은 ‘산소의 부족’보다는 ‘이산화탄소는 불을 끄는 성질이 있어서 불이 꺼진다.’는 생각을 고착시키게 된다. 그러나 미국 초등학교 과학과 교과서에는 연료가 타면 이산화탄소가 만들어진다는 정도만 기술되어 있고, 이산화탄소를 이용해 불을 끄는 활동은 제시되어 있지 않다(Badders *et al.*, 2007a, 2007b; Daniel *et al.*, 2006). 따라서 미국의 예비교사들은 ‘이산화탄소 때문에 불이 꺼진다’라고 생각하는 경향이 나타나지 않는 반면, 한국의 예비교사들은 이산화탄소의 성질에 대한 활동이나 이산화탄소의 이용에 대한 학습으로 인해 ‘이산화탄소는 불을 끄는 성질을 가지고 있다’라고 강하게 인식하는 것으로 보인다. 이는 과학 교과서에 제시되어 있는 활동이나 학습 내용이 결국 예비교사들의 개념 형성에 영향을 미쳤다는 것을 알 수 있다.

3. 초의 연소 전·중·후 집기병 속의 기체 변화에 대한 한국과 미국 초등 예비교사들의 이해 비교

1) 초의 연소 전·중·후 집기병 속의 기체 변화

Table 3. The frequencies according to the concept levels of Korean and American pre-service elementary school teachers' on cause of die out candlelight in the glass bottle (): percent

Concept levels	S	P	M	Total
Korean pre-service teachers	5(21.7)	1(4.3)	17(73.9)	23(100.0)
American pre-service teachers	1(5.6)	0(0.0)	17(94.4)	18(100.0)
Korean and American pre-service teachers	6(14.6)	1(2.4)	34(82.9)	41(100.0)

집기병 속에서 초를 연소시키기 전, 연소하는 중, 연소가 끝났을 때, 집기병 속의 기체 변화에 대해 분석한 결과는 Table 4와 같았다. 이 문항은 집기병 속의 기체를 그림으로 그리도록 제시하였다. 이에 대한 개념 수준을 분류할 때, 초의 연소 전 집기병 속의 기체는 공기와 같으므로 질소, 산소, 이산화탄소 등 공기의 조성을 고려하였는지, 그리고 연소 중과 후에 산소 감소와 이산화탄소와 수증기(또는 물)의 증가에 초점을 맞추어 분석하였다. 이러한 모든 것을 고려하였을 때 과학적 개념으로 하였고, 고려되지 않은 요인이 많을수록 개념 수준을 낮게 분류하였다.

초의 연소 전·중·후 집기병 속 기체의 변화를 분석한 결과, 과학적 개념을 가진 초등 예비교사는 없는 것으로 나타났고, 많은 예비교사들이 산소와 이산화탄소에 집중되어 공기의 가장 높은 비율을 차지하는 질소의 존재에 대해 인식하지 못하는 것으로 나타났는데, 이러한 경향은 한국과 미국 모두에서 나타났다. 또한 한국과 미국 모두 연소 전에는 집기병이 산소 또는 산소와 이산화탄소로 가득 차 있지만, 연소 후에는 이산화탄소로 가득 찬 M3 유형의 비율이 가장 높게 나타났다. 그러나 한국의 경우는 P3와 P2 유형으로 응답한 예비교사의 비율이 두 번째로 높은 반면, 미국의 경우 연소 전에는 집기병 속이 산소로 가득 차 있다가 연소가 되면서 점차 집기병 속이 텅 비어간다고 생각하는 M2 유형으로 응답한 예비교사의 비율이 두 번째로 높았다.

한국에서는 부분개념과 오개념을 가진 예비교사의 비율이 각각 약 50% 수준인데 반해, 미국에서는 오개념을 가진 예비교사의 비율이 약 89%로 매우 높음을 알 수 있다. 한국에서는 제7차와 2007 개정 초등 과학과 교과서에 초나 알코올 등을 연소시킨 후 이산화탄소와 물이 생성된다는 활동을 제시하여, 이를 통해 연소 생성물에 대한 학습이 이루어지도록 하였다. 물론 이 때 사용된 물질은 모두 탄화수소화합물이다. 이러한 활동과 학습 내용이 후에

모든 물질은 연소 후에 이산화탄소와 물을 생성한다는 예비교사들의 잘못된 개념 형성의 원인이 되기도 한다. 하지만 미국의 초등 과학과 교과서에서는 연소생성물을 확인하는 활동은 제시되어 있지 않고, 몇 가지 물질의 연소 후 생성물만 기술되어 있다. 따라서 연소생성물에 대한 활동을 한 한국의 초등 예비교사들이 미국의 초등 예비교사들보다 이 문항에서 오개념을 적게 갖게 된 것이라고 판단된다.

초의 연소 전·중·후 집기병 속 기체의 변화에 대한 한국과 미국 초등 예비교사들의 응답을 살펴보면, Fig. 1~Fig. 4와 같다.

Fig. 1은 P3 유형의 한국 초등 예비교사가 그린 그림이다. 연소 전 집기병 속에 질소, 산소, 이산화탄소, 수소 등 여러 가지 기체를 그려 넣어 공기의 조성을 고려하고 있음을 알 수 있다. 연소가 진행됨에 따라 질소와 기타 기체들은 거의 변화가 없지만, 산소가 줄어들고, 이산화탄소가 증가하다가 연소가 끝나면 산소는 없고 줄어든 산소만큼 이산화탄소가 증가함을 볼 수 있다. Fig. 2는 M3 유형의 한국 초등 예비교사가 그린 그림이다. 연소 전 집기병 속에는 산소로 가득 차 있다가, 연소가 진행됨에 따라 점차 산소는 줄어들고 이산화탄소는 증가하고, 연소가 끝났을 때 집기병은 이산화탄소로 가득 차 있음을 볼 수 있다. Fig. 3은 P2 유형의 미국 초등 예비교사가 그린 그림이다. 연소 전 집기병 속에는 산소로 가득 차 있고, 연소가 진행됨에 따라 산소가 줄어들고 이산화탄소가 증가하며, 연소가 끝났을 때는 산소가 있으나 이산화탄소보다는 적음을 볼 수 있다. Fig. 4는 M2 유형의 미국 초등 예비교사가 그린 그림이다. 연소 전 집기병 속에는 산소로 가득 차 있다가, 연소가 진행됨에 따라 산소가 점점 줄어들며, 결국 연소가 끝난 후에는 집기병 속이 텅 비어있음을 볼 수 있다. 이처럼 연소 전·중·후 집기병 속의 기체 변화에 대한 한국과 미국의 초등 예비교사들의 개념은 매우 다양하게 나타남을 알 수 있다.

Table 4. The frequencies according to the concept levels of Korean and American pre-service elementary school teachers' on change of gas concentrations in the glass bottle (): percent

Concept levels	S	P4	P3	P2	P1	M3	M2	M1	Total
Korean pre-service teachers	0(0.0)	2(8.7)	4(17.4)	4(17.4)	2(8.7)	7(30.4)	2(8.7)	2(8.7)	23(100.0)
American pre-service teachers	0(0.0)	0(0.0)	1(5.6)	1(5.6)	0(0.0)	9(50.0)	5(27.8)	2(11.1)	18(100.0)
Korean and American pre-service teachers	0(0.0)	2(4.9)	5(12.2)	5(12.2)	2(4.9)	16(39.0)	7(17.1)	4(9.8)	41(100.0)



Fig. 1. Drawing of K16 on the change of gas concentrations in the glass bottle (P3).



Fig. 2. Drawing of K10 on the change of gas concentrations in the glass bottle (M3).

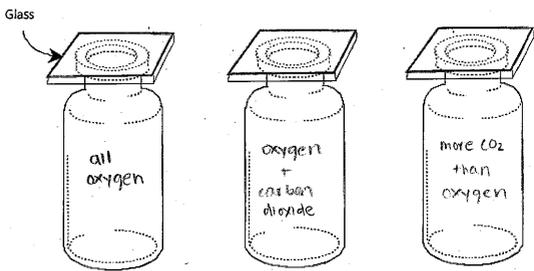


Fig. 3. Drawing of A7 on the change of gas concentrations in the glass bottle (P2).

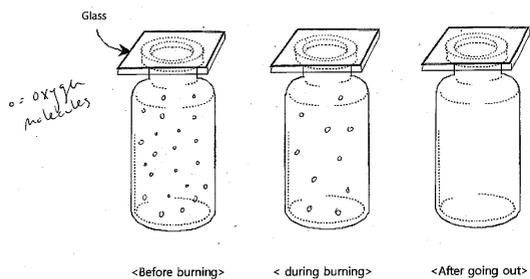


Fig. 4. Drawing of A3 on the change of gas concentrations in the glass bottle (M2).

2) 초의 연소 전 공기 조성 고려

앞에서 초의 연소 전·중·후 집기병 속의 기체 변화가 매우 다양하게 나타난 결과, 좀 더 단순하게 분석해 보고자 하였다. 따라서 그림 중 연소 전의 그림만을 가지고 초등 예비교사들이 공기의 조성에 대해 고려하고 있는지 분석해 보았다. Table 5에서 질소, 산소와 이외의 기체 등을 고려한 경우를 과학적 개념으로, 질소는 고려하지 않았으나 산소와 이외의 기체 등을 고려한 경우를 부분개념으로, 다른 기체는 없고 산소만을 그린 경우는 오개념으로 분류하였다. 전체적으로 산소만을 생각한 초등 예비교사의 비율이 가장 높았고, 질소를 고려하지 못한 부분개념의 비율이 두 번째로 높았다. 이를 한국과 미국으로 나누어 분석한 결과, 한국은 부분개념을 가진 초등 예비교사가 가장 많았으나, 미국은 오개념을 가진 초등 예비교사가 가장 많은 것으로 나타났다.

한국의 경우, 초등학교 과학과 교과서에 공기의 조성을 나타내는 그래프가 제시되어 있어, 이 내용을 학생들이 학습하게 된다(Minister of Education and Human Resources Development, 2002a; Minister of Education and Science Technology, 2011). 그리고 미국의 경우도 초등학교 과학과 교과서에 공기의 조성을 나타내는 그래프가 제시되어 있어(Badders *et al.*, 2007c; Bell *et al.*, 2006a; Daniel *et al.*, 2005), 이에 대한 학습이 이루어진다고 생각할 수 있다. 초등 예비교사들이 대부분 연소 전 공기의 조성에 대해 고려하지 못한다는 이 연구의 결과는 초등 예비교사들이 공기의 조성에 대해 학습을 하였다 하더라도, 물질의 연소 상황으로 문제가 제시되면 예비교사들은 공기의 조성에 대해 학습한 내용을 연결시키지 못하고 사고의 폭이 좁아져, 산소와 이산화탄소에만 초점을 맞추어 이해하고 있음을 알 수 있다.

3) 초의 연소 후 산소 잔존 여부

앞에서 초의 연소 전·중·후 집기병 속의 기체 변화 그림 중 연소 후의 그림만을 가지고 연소가 끝난 후 집기병 속 산소의 잔존 여부에 대한 초등 예비교사들의 생각을 분석해 보았다. Table 6에서 촛불이 꺼진 후에도 집기병 속에 산소가 남아 있는 것으로 그린 경우를 과학적 개념으로, 산소가 전소한 것으로 그린 경우를 오개념으로 분류하였다. 물론 연소가 끝난 후에도 용기 속에는 산소의 양이

Table 5. The frequencies according to the concept levels of Korean and American pre-service elementary school teachers' on composition of the air in the glass bottle before burning (): percent

Concept levels	S	P	M	Others	Total
Korean pre-service teachers	6(26.1)	9(39.1)	6(26.1)	2(8.7)	23(100.0)
American pre-service teachers	1(5.6)	3(16.7)	12(66.7)	2(11.1)	18(100.0)
Korean and American pre-service teachers	7(17.1)	12(29.3)	18(43.9)	4(9.8)	41(100.0)

Table 6. The frequencies according to the concept levels of Korean and American pre-service elementary school teachers' on the composition of the air in the glass bottle after burning (): percent

Concept levels	S	M	Total
Korean pre-service teachers	6(26.1)	17(73.9)	23(100.0)
American pre-service teachers	1(5.6)	17(94.4)	18(100.0)
Korean and American pre-service teachers	7(17.1)	34(82.9)	41(100.0)

이산화탄소의 양보다 더 많이 남아있다. 그러나 여기서는 남아있는 양보다는 불이 꺼져도 산소가 남아있다고 생각할 수 있는지 여부에 초점을 맞추어 분석하였다. 전체적으로 산소가 모두 소모되어 남아있지 않다고 생각하는 초등 예비교사들의 비율이 매우 높았고, 이는 한국과 미국 모두에서 동일하게 나타났다. 따라서 대부분의 초등 예비교사들은 촛불이 꺼졌다는 것을 집기병 속에 있는 산소의 비율이 초가 탈 수 있는 산소의 비율보다 더 낮기 때문에 꺼진 것이 아니라, 집기병 속에는 산소가 없어 더 이상 초가 탈 수 없다고 생각하는 것으로 여겨진다.

4. 초의 연소 생성물에 대한 한국과 미국 초등 예비교사들의 이해 비교

초가 연소했을 때 생성되는 물질에 대한 분석 결과는 Table 7과 같았다. 이 문항에 대한 개념 수준을 분류할 때, 초의 연소 생성물인 이산화탄소와 물에 초점을 두었다. 따라서 ‘이산화탄소와 물’을 모두 기술하고, 기타 물질을 기술한 경우를 과학적

개념으로 보았고, ‘물’은 기술하지 않고 ‘이산화탄소’와 기타 물질을 기술한 경우를 부분개념으로 보았으며, ‘물’과 기타 물질을 기술한 사례는 없어 분류하지 않았다. 그리고 ‘이산화탄소와 물’ 둘 다 기술하지 않고, 기타 물질만을 기술한 경우를 오개념으로 보았다.

전체적으로 초의 연소 생성물로 이산화탄소만 언급한 초등 예비교사의 비율이 매우 높았고, 이는 한국과 미국에서 모두 나타난 현상이다. 그러나 한국의 경우는 이산화탄소와 물을 모두 언급한 과학적 개념을 가진 초등 예비교사의 비율이 두 번째로 높았으나, 미국의 경우는 오개념을 가진 초등 예비교사의 비율이 두 번째로 높아, 초의 연소 생성물에 대한 한국과 미국 초등 예비교사들의 이해 정도에 차이가 있었다.

초의 연소 생성물에 대한 한국과 미국 초등 예비교사들의 응답을 살펴보면, 다음과 같다.

K17: 양초에는 C와 H 원소가 있어 이산화탄소와 물이 생성된다. (5)

Table 7. The frequencies according to the concept levels of Korean and American pre-service elementary school teachers' on products after a candle has burned (): percent

Concept levels	S	P	M	NA*	Total
Korean pre-service teachers	6(26.1)	15(65.2)	1(4.3)	1(4.3)	23(100.0)
American pre-service teachers	1(5.6)	10(55.6)	7(38.9)	0(0.0)	18(100.0)
Korean and American pre-service teachers	7(17.1)	25(61.0)	8(19.5)	1(2.4)	41(100.0)

*: 무응답

K11: 초의 파라핀에 있는 탄소가 산소와 만나 화학반응을 일으켜 이산화탄소가 생긴다. (P)

A2: Several substances made after a candle has burned as; wax, carbon dioxide, and water vapor. Wax is formed from the melting of the candle, carbon dioxide and water vapor are by products of combustion. (S)

A1: Candles turn into melted wax because candles are made out of wax. (M)

위의 한국과 미국 초등 예비교사들의 응답에서 볼 수 있듯이, 초는 탄소와 수소로 이루어진 파라핀 또는 왁스로 되어 있기 때문에 연소에 의해 이산화탄소와 물이 생성된다고 정확하게 알고 있는 초등 예비교사가 있는 반면, 초가 연소할 때 일어나는 화학적 반응이 사실상 비가시적 영역이기 때문에, 이에 대한 인식을 하지 못하고 초는 불에 의해 단순히 녹는 것으로 인식하는 예비교사들도 있음을 알 수 있다. 그리고 이산화탄소에만 초점이 맞추어져, 물의 생성을 간과하는 예비교사들도 있음을 알 수 있다.

한국의 경우, 초등학교 과학과 교과서에 초의 연소 생성물을 확인하기 위해 집기병에 석회수를 넣어 뿌렇게 흐려지는 현상을 관찰하도록 하거나, 집기병 벽면에 푸른색 염화코발트종이를 대어 붉게 변하는 것을 관찰하도록 하는 활동이 제시되어 있다(Minister of Education and Human Resources Development, 2002b; Minister of Education and Science Technology, 2011). 이러한 활동을 통해서 한국의 초등 예비교사들은 ‘초가 연소하면 이산화탄소와 물이 생성된다’는 과학 지식을 형성하게 된다. 그러나 미국의 초등 과학 교과서에는 ‘초가 탈 때 나타나는 현상은 초가 녹고, 촛농이 주변으로 흘러내리며, 촛농이 다시 굳는다. 그러나 초의 일부는 공기 중의 산소와 결합하여 이산화탄소와 수증기로 변한

다.’(Daniel *et al.*, 2006)라고 기술되어 있거나, 초만을 언급하지 않고 연료 또는 탄화수소 화합물 등이 연소할 때, 이산화탄소와 물이 생성된다고 기술만 되어 있다(Badders *et al.*, 2007c). 한국의 경우, 활동을 통해 초의 연소 생성물을 확인하는 과정을 거치나, 미국의 경우 문장으로만 간단하게 기술되어 있고, 이와 관련된 활동은 교과서에 제시되어 있지 않다. 따라서 한국의 초등 예비교사들이 초의 연소 생성물에 대해 더 많은 과학적 개념을 가지고 있는 것은 한국과 미국 과학과 교과서에 제시된 활동의 유무 또는 기술된 내용이 다르기 때문이라고 생각된다.

5. 철솜의 연소 생성물에 대한 한국과 미국 초등 예비교사들의 이해 비교

철솜이 연소했을 때, 생성되는 물질에 대한 분석 결과는 Table 8과 같았다. 이 문항에 대한 개념 수준을 분류할 때 산화철만 기술하고, 이산화탄소나 물은 기술하지 않았을 때 과학적 개념으로 산화철과 이산화탄소나 물을 기술했을 때 부분개념으로, 산화철을 제외한 다른 물질만을 기술했을 때 오개념으로 보았다.

전체적으로 철솜의 연소 생성물에 대해 초등 예비교사들은 거의 대부분 오개념을 가지고 있음이 나타났고, 이는 한국과 미국에서 모두 나타난 현상이다. 그러나 한국의 경우는 이산화탄소만을 기술한 M2 유형이 가장 높은 비율을 보였고, 미국의 경우는 철이 녹은 것, 연기, 재 등과 같은 물질을 기술한 M1 유형이 가장 높은 비율을 보였다. 그리고 한국은 철솜을 태웠을 때, 산화철과 이산화탄소 또는 물 등이 생긴다는 부분개념을 가진 초등 예비교사들의 비율이 두 번째로 높았으나, 미국은 이산화탄소만을 기술한 M2 유형이 두 번째로 높았다. 한국과 미국 모두에서 과학적 개념을 가진 비율은 매우 낮았다.

Table 8. The frequencies according to the concept levels of Korean and American pre-service elementary school teachers' on products after steel wool has burned (): percent

Concept levels	S	P	M3	M2	M1	NA*	Total
Korean pre-service teachers	2(8.7)	4(17.4)	2(8.7)	12(52.2)	1(4.3)	2(8.7)	23(100.0)
American pre-service teachers	1(5.6)	2(11.1)	0(0.0)	5(27.8)	10(55.6)	0(0.0)	18(100.0)
Korean and American pre-service teachers	3(7.3)	6(14.6)	2(4.9)	17(41.5)	11(26.8)	2(4.9)	41(100.0)

*: 무응답

철숨의 연소 생성물에 대한 한국과 미국 초등 예비교사들의 응답을 살펴보면, 다음과 같다.

K18: 산화철이 생긴다. 철이 산소와 반응하여 산화철이 생성되지만, 철은 탄소를 가지고 있지 않기 때문에 이산화탄소는 생성되지 않는다. (S)

K20: 이산화탄소와 연기가 생긴다. 물질이 연소하면서 연기가 생성되고, 연소하던 불이 꺼진 이유는 이산화탄소가 발생했기 때문이다. (M2)

A5: Heat and CO₂. The fire produced heat. CO₂ is produced because the oxygen was transformed into it. (M2)

A1: Ashes. Because when steel wool burns, I think it'll burn into nothing. (M1)

위의 한국과 미국 초등 예비교사들의 응답에서 볼 수 있듯이, 철숨을 이루는 성분을 고려하여 연소 생성물을 추론하는 경우는 매우 드물고, 불이 꺼졌다는 것은 이산화탄소가 존재한다는 것으로 생각하거나, 물질이 타면 이산화탄소가 생기는 것으로 생각하는 초등 예비교사들이 많다는 것이다. 그리고 철숨은 타는 것이 아니라는 인식도 초등 예비교사들에게 많이 나타났는데, 이는 철숨을 연소시켜보는 기회가 없었기 때문에 막연히 금속은 타지 않는다고 생각하는 것으로 보인다.

한국의 경우, 철숨의 연소와 관련된 내용이 제7차 초등 과학과 교과서에서는 다루어지지 않다가, 2007 개정 초등 과학과 교과서에서만 다루어지고 있다. 그러나 이것도 본 활동이 아닌 ‘더 탐구해 볼까요?’라는 코너에서 철숨의 연소 생성물을 알아보도록 구성되어 있어(Minister of Education and Science Technology, 2011), 초등학교 현장에서는 많이 다루어지지 않는 실정이다. 미국의 경우, 초등 과학과 교과서에서는 철숨에 대한 내용이 나타나지 않아, 미국에서도 초등학교 이후에 학습되어지는 것으로

여겨진다. 일반적으로 교육과정은 학습했던 내용이 상급 학년에서 반복되어지고 좀 더 심화되어지는 나선형 구조를 이룬다. 따라서 철숨의 연소에 대한 학습은 초등학교 이후에 다루어지므로, 이에 대한 이해가 초의 연소에 대한 이해보다 낮을 수 있다. 이러한 관점에서 본다면 초와 철숨의 연소 생성물에 대한 과학적 개념과 부분개념을 가진 초등 예비교사의 비율을 비교하면, 철숨의 연소 생성물이 낮게 나타나는 것은 당연한 것이라 여겨진다.

6. 물질의 연소 생성물에 대한 한국과 미국 초등 예비교사들의 이해 비교

물질이 연소했을 때 생성되는 물질에 대한 문항은 연소하는 물질이 초나 철숨과 같이 특정 물질이 아니다. 즉, 연소하는 물질을 일반화시킨 문항으로 이에 대한 분석 결과는 Table 9와 같았다. 이 문항에 대한 개념 수준을 분류할 때, 연소란 산화의 과정이므로 반응물과 생성물과의 관계를 이해하고 있는지에 대해 초점을 맞추었다. 따라서 물질의 산화물이라고 기술했을 때 과학적 개념으로, 물질의 산화물과 이산화탄소 또는 물이라고 기술했을 때 부분개념으로, 반응물에 상관없이 무조건 이산화탄소나 물이 생성된다고 기술했을 때 오개념으로 보았다.

전체적으로 물질의 연소 생성물에 대해 과학적 개념을 지닌 초등 예비교사의 비율은 5% 미만이었으며, 부분개념을 지닌 초등 예비교사의 비율도 매우 낮았다. 초등 예비교사들 중 대부분이 오개념을 가지고 있는데, 이는 한국과 미국에서 모두 나타난 현상이다. 오개념 중 한국의 경우는 이산화탄소 또는 물을 언급한 M2 유형의 비율이 매우 높았고, 미국의 경우는 재, 연기 등 기타 물질을 언급한 M1 유형의 비율이 가장 높았다.

물질의 연소 생성물에 대한 한국과 미국 초등 예비교사들의 응답을 살펴보면, 다음과 같다.

Table 9. The frequencies according to the concept levels of Korean and American pre-service elementary school teachers' on products after something has burned (): percent

Concept levels	S	P2	P1	M3	M2	M1	NA*	Total
Korean pre-service teachers	1(4.3)	1(4.3)	1(4.3)	2(8.7)	16(69.6)	1(4.3)	1(4.3)	23(100.0)
American pre-service teachers	1(5.6)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	7(38.9)	10(55.6)	0(0.0)	18(100.0)
Korean and American pre-service teachers	2(4.9)	1(2.4)	1(2.4)	2(4.9)	23(56.1)	11(26.8)	1(2.4)	41(100.0)

*: 무응답

K18: 물질이 산화되어 생긴 생성물(이산화탄소, 산화철 등)과 연소되고 남은 부산물(재 등). 연소는 물질이 높은 온도에서 산소와 반응하는 현상이기 때문에 산화되어 생긴 생성물이 생기고, 모든 물질이 부산물을 만드는 것은 아니지만 재 등의 부산물을 남기는 경우도 있다. (S)

K16: CO₂. 연소의 생성물은 항상 CO₂이다. (M2)

A5: CO₂. Because all the oxygen is used and when something burns what is left is CO₂. (M2)

A1: Usually ashes. Because fire burns everything into ashes. (M1)

위의 한국과 미국 초등 예비교사들의 응답에서 볼 수 있듯이, K18 초등 예비교사는 반응물과 생성물 사이의 관계를 명확하게 이해하고 있으나, K16와 A5 초등 예비교사들은 이 관계를 이해하지 못하고, 물질이 연소하면 무조건 이산화탄소가 생긴다는 단편적인 사고를 하고 있다는 것을 알 수 있다. A1 초등 예비교사는 연소를 하면 재가 남는다는 자신의 경험에 비추어 눈으로 관찰되었던 것만을 기억하는 지각 우위의 사고를 하고 있는 것을 알 수 있다.

한국과 미국의 경우, 초등 과학과 교과서에서 연소 관련 내용이 초, 알코올, 프로판가스, 나무 등과 같이 우리 주변에서 사용되는 연료 중심으로 구성되어 있다(Badders *et al.*, 2007b, 2007c; Bell *et al.*, 2006b; Daniel *et al.*, 2006; Minister of Education and Human Resources Development, 2002b; Minister of Education and Science Technology, 2011). 우리 주변에서 사용되는 연료는 탄화수소화합물이기 때문에 연소 생성물로 이산화탄소와 물이 생성된다. 그리고 공기오염과 관련하여 연료를 태우면 이산화탄소가 증가한다는 것은 학교 학습뿐만 아니라, 일상 생활에서도 계속적으로 접할 수 있는 과학지식이다. 따라서 초등 예비교사들은 연소를 반응물이 산화되는 과정으로 반응물과 생성물 사이의 관계로 이해하지 못하고, 자신이 학습하거나 접했던 과학 지식을 단편적으로 기억했다가 이를 일반화시키는 오류를 범하는 것으로 여겨진다.

위의 연구 결과들을 살펴보면, 연소 개념에 대한 이해 정도가 문항에 따라 조금씩 차이를 보이거나, 전체적으로 한국과 미국 초등 예비교사들은 연소에 대한 개념 형성 정도가 낮고, 오개념을 많이

가지고 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 선행 연구의 결과와 비교해 보면, 초등 예비교사를 대상으로 연소 개념을 조사한 Kim(1995)의 연구에서 초등 예비교사들도 다양한 오개념을 가지고 있다는 결과는 이 연구의 결과와 유사한 것으로 보인다. 그리고 초등교사를 대상으로 연소 개념을 조사한 결과, 87.5%의 초등교사들이 연소에 대한 일관된 관점을 보이지 않고 있어, 연소 개념이 명확하게 정립되어 있지 않다는 Jeong(2003)의 연구 결과는 이 연구의 결과와 유사한 맥락을 보인다. 그러나 이 연구와 유사하게 연소 시 기체변화와 반응물과 생성물의 관계를 중심으로 초등교사들의 연소 개념에 대해 조사한 결과, 부분개념을 가지고 있는 교사의 비율이 가장 높았고, 오개념을 가진 교사의 비율이 가장 낮았다는 Shin *et al.*(2011)의 결과와 약간 다르다. 연구에 따라 대상도 다르고, 연소의 어떤 측면에 초점을 맞추었는지가 다소 다르긴 하지만, 이 연구뿐만 아니라 여러 선행연구에서도 초등교사 또는 초등 예비교사들 대부분이 연소 개념을 명확하게 이해하지 못하고 있어, 연소에 대한 부분개념이나 오개념을 가지고 있음을 알 수 있다.

IV. 결 론

이 연구는 한국과 미국 초등 예비교사들을 대상으로 연소 시 나타나는 기체의 변화와 반응물과 생성물의 관계를 중심으로 연소에 대한 개념을 조사하고 분석한 후, 한국과 미국 초등 예비교사들의 연소 개념에 차이가 있는지 알아보는데 목적이 있다. 이 연구를 위해 한국 초등 예비교사 23명과 미국 초등 예비교사 18명을 대상으로 연소 개념을 검사하였다. 연구 결과에 의하면, 문항에 따라 조금 차이를 보이지만 전체적으로 과학적 개념을 가진 초등 예비교사의 비율은 매우 낮은 반면, 부분개념과 오개념을 가진 초등 예비교사의 비율이 매우 높았고, 일부 문항에서는 부분개념보다 오개념의 비율이 더 높았다. 이러한 현상은 한국과 미국 초등 예비교사들 모두에서 나타났다. 그리고 문항별로 차이가 있지만, 한국 초등 예비교사들이 미국 초등 예비교사들에 비해 연소 개념의 이해 정도가 다소 높았다.

문항의 내용별로 살펴보면, 연소의 정의에 대한 문항은 한국 초등 예비교사들의 오개념 비율이 미

국보다 더 높았는데, 한국과 미국의 초등 교과서에 기술된 연소의 정의가 서로 달라, 이러한 교과서 기술 내용의 차이가 영향을 미친 것이라고 여겨진다. 그리고 집기병 속 촛불이 꺼지는 이유에 대해 한국과 미국 대부분의 초등 예비교사들이 오개념을 가지고 있었으나, 과학적 개념을 가진 비율은 한국이 미국보다 다소 높았다. 초의 연소 시 기체 변화 문항에서 한국과 미국 대부분의 초등 예비교사들은 연소 전 용기 내부에 있는 기체에 대해서 공기의 조성을 고려하지 못하였고, 연소 후 용기 내부에는 산소가 없다는 생각을 하고 있었다. 이는 초등 예비교사들이 연소에 대해 생각할 때, 산소와 이산화탄소에만 초점이 맞추어져, 나머지 기체들에 대한 고려를 하지 않는 단편적 사고를 하고 있음을 알 수 있다. 초의 연소 시 기체 변화 문항에서 한국과 미국의 초등 예비교사들 중 과학적 개념을 가진 예비교사는 없었다. 그러나 오개념을 가진 초등 예비교사의 비율은 미국이 한국보다 높았다.

초, 철쭉, 그리고 물질의 연소 생성물에 대한 문항을 살펴보면, 한국과 미국 초등 예비교사들은 초의 연소 생성물에 대한 이해가 가장 높았고, 두 번째로 철쭉의 연소 생성물에 대한 이해가 높았으며, 그리고 물질의 연소 생성물에 대한 이해가 가장 낮았다. 초의 연소 생성물에 대한 과학적 개념과 부분개념을 가진 초등 예비교사의 비율은 한국이 미국보다 다소 높았으나, 철쭉과 물질의 연소 생성물에 대해서는 비슷하였다. 일반적으로 초등 과학과 교과서에서는 초나 연료 중심으로 연소를 설명하고, 중학교와 고등학교 과학과 교과서에서는 금속의 연소도 다루어진다. 결국 이러한 물질을 일반화시켜 물질의 연소시 그 물질의 산화물이 생성된다는 것 즉 반응물과 생성물 사이의 관계를 이해해야 하는데, 이 관계를 이해하지 못하고 연소에는 산소가 필요하고 이산화탄소가 생성된다 또는 철이 연소하면 산화철이 생긴다는 단편적 지식만을 형성하여, 연소의 개념을 일반화시키는데 한계가 있는 것으로 보인다. 따라서 연소의 개념을 가르칠 때 초등학교에서는 초나 연료와 같은 특정 물질의 연소에 초점을 맞추지만, 상급학교로 올라갈수록 이를 일반화시킬 수 있도록 반응물과 생성물의 관계 이해에 초점을 맞출 필요가 있다. 그리고 초의 연소 생성물에 대한 이해에서 한국과 미국이 차이가 있는 것은 교과서에서 연소 생성물과 관련하여 다루

고 있는 실험 활동의 차이에 기인한 것으로 보인다.

이 연구에서 많은 초등 예비교사들이 연소에 대해 불완전한 개념을 가지고 있음을 확인하였고, 교과서의 진술 내용 및 활동이 초등 예비교사들의 연소 개념 형성에 영향을 줄 수 있음을 알 수 있었다. 따라서 연소에 대한 과학적 개념을 형성시키기 위해서는 교과서의 내용 구성에 신중을 기할 필요가 있다. 교과서에 연소의 정의를 어떻게 진술할 것인가, 연소 개념 형성에 도움이 될 수 있는 활동은 무엇인지, 이러한 활동을 통해 또 다른 오개념이 형성되지 않을 것인지 등을 세밀하게 고려하여 교과서의 내용을 구성해야 한다. 또한 교과서에 과학 개념을 제시하는 수준과 형식도 상급 학년과의 연계를 고려하여, 초등학교에서는 사례 중심으로 연소를 가르치나, 상급학년으로 올라갈수록 연소 개념의 일반화에 초점을 두어 가르칠 필요가 있다. 마지막으로 연소 과정에는 눈에 보이지 않는 여러 가지 기체가 관여하기 때문에 가능한 연소 시 기체 변화를 시각적으로 볼 수 있는 교수-학습 자료의 개발이 필요하다.

참고문헌

- Abraham, M. R., Williamson, V. M. & Westbrook, S. L. (1994). A cross-age study of the understanding of five chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 147-165.
- Badders, W., Carmine, D., Feliciani, J., Jeanpierre, B., Sumners, C. & Valentino, C. (2007a). *Science 4th grade* (p. D6). Boston: Houghton Mifflin Company.
- Badders, W., Carmine, D., Feliciani, J., Jeanpierre, B., Sumners, C. & Valentino, C. (2007b). *Science 5th grade* (p. E53). Boston: Houghton Mifflin Company.
- Badders, W., Carmine, D., Feliciani, J., Jeanpierre, B., Sumners, C. & Valentino, C. (2007c). *Science 6th grade* (pp. E61-E70). Boston: Houghton Mifflin Company.
- Bell, M. J., DiSpezio, M. A., Frank, M., Krockover, G. H., McLeod, Joyce C., Brink, B. T., Valenta, C. J. & Van Deman, B. A. (2006a). *Science 5th grade* (p. 458). New York: Harcourt School Publishers.
- Bell, M. J., DiSpezio, M. A., Frank, M., Krockover, G. H., McLeod, J. C., Brink, B. T., Valenta, C. J. & Van Deman, B. A. (2006b). *Science 6th grade* (p. 505). New York: Harcourt School Publishers.
- BouJaoude, S. B. (1991). A study of the nature of students'

- understandings about the concept of burning. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(8), 689-704.
- Cho, E. (2008). A study of high school student's misconception on gaseous properties. Master's thesis, Graduate School of Education, Sungkyunkwan University.
- Choi, B. S., Kim, B. K., Kim, H. N., Woo, J. O., Jeong, W. H., Jeong, J. W., Kim, D. S., Lee, H. K., Kang, S. H. & Heo, M. (1993). The study of comparison Korea with U. K. on science misconception. Research Report, Korea National University of Education.
- Choi, E. J., Hong, S. I. & Lee, K. T. (2006). Surveying elementary school teachers' understanding and misconceptions about a battery. *New Physics: Sae Mulli*, 53(4), 263-281.
- Choi, S. K., Kang, S. J. & Noh, T. H. (2008). The influences of cognitive conflict and situational interest by a discrepant event on the conceptual change process in learning of the concept of combustion. *Journal of Korea Association for Science Education*, 28(8), 779-785.
- Daniel, L. H., Hackett, J., Moyer, R. H. & Vasquez, J. (2005). Science 4th grade (p. D64). New York: Macmillan/McGROW-HILL.
- Daniel, L. H., Hackett, J., Moyer, R. H. & Vasquez, J. (2006). Science 5th grade (pp. E72-E76). New York: Macmillan/McGROW-HILL.
- Jeong, M. S. (2003). The 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.
- Jo, H. H. (1994). Science concepts misunderstanding easily [잘못 알기 쉬운 과학 개념](p. 11). Seoul: Jeonpakoa-haksa.
- Kim, D. W. (1995). The effectiveness of teaching program of the history of science for prescribing misconceptions on combustion. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 14(2), 135-148.
- Kim, S. (2008). 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.
- Kim, S. J. (2005). Research on the concept of materials in the academic courses of middle school. Master's thesis, Yonsei University.
- Kwon, J. S. & Kim, B. K. (1993). Handbook for misconception on science[과학 오개념 편람](pp. 327-342), Chungbuk: Hankukkyowondaehakkyo Mulikyoyokyeonkushil.
- Meheut, M., Saltiel, E. & Tiberghien, A. (1985). Pupils' (11-12 year olds) conceptions of combustion. *European Journal of Science Education*, 7(1), 83-93.
- Ministry of Education (2014). The teacher's manual for the 2009 revised elementary school science 3-1 [2009 개정 초등 과학 3-1 교사용 지도서](pp. 9-10). Seoul: Miraecen Inc.
- Ministry of Education and Human Resources Development (2002a). Elementary school science 6-1 [초등학교 과학 6-1](pp. 62, 66-67). Seoul: Daehankyokoaseo Inc.
- Ministry of Education and Human Resources Development (2002b). Elementary school science 6-2 [초등학교 과학 6-2](pp. 64, 66-67). Seoul: Daehankyokoaseo Inc.
- Ministry of Education and Human Resources Development (2002c). Elementary school science 6-2 teacher's guide [초등학교 과학 6-2 교사용 지도서](p. 158). Seoul: Daehankyokoaseo Inc.
- Ministry of Education and Science Technology (2011). The 2007 revised elementary school science 6-2 [2007 개정 초등 과학 6-2](pp. 74-79, 139, 142-143). Seoul: Kumsung Publishing Inc.
- Moon, M. J. & Kim, Y. G. (2009). An investigation of conception and a proposal of teaching programs using the history of science in elementary school students. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 28(4), 467-475.
- Onno de Jong, Maija, A., Alan, G., Vassilia, H. & Vasilis, K. (1999). An international study of prospective teacher' initial teaching conceptions and concerns: The case of teaching combustion. *European Journal of Teacher Education*, 22(1), 45-60.
- Paik, S. H. (2000). Distinction of physical change and chemical change. *The Korean Chemical Society Chemical Education*, 27(1). 78-80.
- Park, K. S. (2003). An analysis of secondary school science teachers' misconception on element. Master's thesis, Graduate School of Education, Korea National University of Education.
- Ryu, I. (2012). 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.
- Shin, A. K., Moon, H. S. & Kang, M. S. (2011). Elementary school teachers' concept on combustion - Focus on change of gases -. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 31(6), 942-957.
- Sung, M. W. & Jeong, K. S. (1999). An investigation on science textbooks and teachers' misconception during the definition of vessel and sieve tube in the secondary school. *Journal of Korean Biology Education*, 27(3),

185-193.

Um, S. S., Ko, Y. H., Paik, S. H. & Park, K. T. (2000). The effectiveness of teaching strategies for forming scientific concepts in the units of oxygen and combustion. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 19(2), 75-82.

Waston, J. R., Prieto, T. & Dillon, J. S. (1997). Consistency of students explanation about combustion. *Science Education*, 81(4), 425-443.

Youn, S. W. (2000). Elementary school teacher's conceptions on crustal disturbance. Master's thesis, Korea National University of Education.