

초등 과학 교과서의 화학 반응에 대한 초등예비교사들의 내용 이해에 관한 연구 - 2015 개정 교육과정 중심으로 -

김 성 규[†]

진주교육대학교(교수)

Pre-service Elementary Teacher's Understanding of Chemical Reaction in the Elementary Science Textbook of the 2015 Revised Curriculum

Sung-Kyu KIM[†]

Chinju National University of Education(professor)

Abstract

This study investigated the analysis of chemical reactions in the 2015 revised curriculum science textbook and the questions of six chemical reactions through questionnaires. The results are as follow. The subjects of this study were 54 students in senior who are pre-service elementary teachers. After experiencing all the experiments in elementary science textbooks for one semester, six chemical reactions were selected from the science textbooks. The six research questions were: writing reaction formulas, matching coefficients, mass relationship, state of matter, thermal relationship, kind and types of reaction. I found out the level of understanding through the questionnaire. In writing the chemical reaction formula, the confirmation of the chemical reaction and reason was answered by looking at the basic theoretical knowledge and the phenomenon that appeared. As for the coefficient of the chemical reaction equation, the incorrect answer rate was much higher than the correct answer rate due to the lack of a concept of the balanced equation. As for the mass relation, more than half of them are generally aware of it because of the theoretical knowledge that mass is conserved. But there were many students who recognized that mass could change as the state of matter changes. As for the state of matter, It was difficult to distinguish the states of reactants and products during chemical reactions so about half of the students recognized the state of matter. As for the thermal relationship, most students recognized that energy is involved in a chemical reaction from the theoretical knowledge and the phenomena that appeared. As for the kinds of reactions, most of the students were familiar with them but did not know well about the types of reaction. Therefore, the lack of knowledge about chemical reactions can affect the classes in the future education field, so it is important to acquire knowledge from the college subjects and individual efforts.

Key words : Chemical reaction, Formular, Mass, Thermal, State of matter

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

2015 과학 교육과정 개정 방향 중 하나는 과학 교육의 핵심이라 볼 수 있는 탐구 역량 강화를 추진하는 것이었다. 탐구기능을 중심으로 교과

[†] Corresponding author : 055-740-1242, skkim@cue.ac.kr

* 이 논문은 진주교육대학교 교내 연구비(2021년)에 의해 연구되었음.

역량을 추출하여 교육과정에 반영했고, 성취 기준 진술문을 과학 내용과 기능을 합쳐 진술하여 실제적 탐구가 가능하도록 하였다(MOE, 2018a). 이와 같이 탐구활동을 통한 과학 개념의 이해와 탐구활동의 중요성을 강조하고 있다. 학생들이 직접 탐구활동의 과정을 경험해 보는 것이 중요하다. 탐구의 과정을 경험해 볼 수 있는 기회인 실험 활동은 학생들에게 새로운 개념이나 이론을 탐색할 수 있는 구체적인 학습 경험을 통하여 탐구 능력을 신장 시킬 수 있을 뿐만 아니라 궁극적으로는 과학 개념의 이해에도 도움을 줄 수 있다(Kim et al., 2001).

Nakhleh(1992)는 화학을 어려워하는 여러 가지 이유 중 학생들이 기본적인 화학 개념들이 형성이 되어 있지 않으면 고급 내용을 이해할 수 없다고 하였고 오개념이 학생 인지 구조에 인식되면 그 잘못된 개념은 후속 학습을 방해한다고 하였다. Nam and Lim(2006)은 중·고 대학생을 대상으로 화학반응의 본성에 대한 이해와 특성에서 저학년은 화학반응에 관련된 현상을 이해시키는데 어려움이 있고, 고학년에서의 장애 요인으로 작용한다고 하였다. 이러한 문제 해결은 올바른 과학 개념 학습에 있다고 볼 수 있다. 교사가 어려워하는 개념이 초등학생들도 어려워하는 것으로 인식한 것 처럼(Kim, 2018), 학생이 가지고 있는 선 개념을 조사하여 학생 수준의 이해수준을 분석하여 현재 그들이 가지고 있는 선입견이나 학습의 어려움을 파악할 수 있기 때문이다. 따라서 효율적으로 지도하려면 현재 학생들이 가지고 있는 선개념이나 학습의 어려움을 파악하는 일이 선행 되어야 한다고 하였다(Lee et al., 2002). 기본적인 개념을 얻고 정교화시키는 과정을 거치는 시기가 초등학교인 만큼 교사가 정확하게 개념을 알고 가르치는 것이 중요하다고 강조하였다(Kim and Lee, 2016; Kwon, 2009). 이 외에도 초등교사가 인식하는 좋은 과학과 수업은 학생들이 흥미를 갖고 주도적으로 참여하여 학습자의 수준에 맞는 수업을 함으로써 정확한 과학적 개념을 습

득할 수 있다고 하였다(Lim, 2006). 그리고 개념 형성을 위해 다양한 방법의 실험, 교과서 재구성 그리고 학생들의 시행착오 등을 통해서 자기 주도적 결과를 이끌어 내어 스스로 개념형성을 이루는 방법등을 역설하였다(Kim et al., 2012). 따라서 위의 문헌들에서 알 수 있듯이 초등교사들의 올바른 과학개념이 학교 현장에서 학생들에게 영향을 미치는 것과 같이 정확한 개념을 알고 가르치는게 중요하다고 하였다.

초등 과학 교과서 물질영역 내용 중 고학년으로 갈수록 화학반응을 이용하여 결과를 논의하는 내용들이 다수 포함되어 있다(<Table 4>). 그러나 학생 수준에 맞지 않고 내용이 어려워 화학반응 자체를 학생들에게 이해시키기 보다는 나타나는 결과를 가지고 정성적인 내용을 가르치고 있는 상황이다.

초등 과학 교과서 및 초등 과학 교사용 지도서에서 제시하는 내용들이 화학반응을 다수 언급하고 있어 배우는 초등예비교사들이 얼마만큼 화학반응을 이해하고 있는지도 궁금하다. 따라서 곧 현장에서 학생들을 가르쳐야하는 초등예비교사들이 화학실험 전, 후 화학반응에 대한 개념형성과 화학반응에 대해 얼마나 이해하고 있는지를 알아 볼 필요가 있다고 여겨진다. 그러므로 초등예비교사들의 화학반응에 대한 과학 기본 개념 이해 등을 알아보고 앞으로 초등교사 양성과정의 기초 자료로 활용하고자 한다.

2. 연구 문제

본 연구의 연구문제는 기초 조사 및 과학 교과 관련 문헌을 참고하여 6가지 반응식에 대한 문제로 구성하였다(Sunzan Budavari et al., 1996; Kim et al., 1986b). 본 연구의 문제로는 첫째, 화학 반응식 완성과 응답 이유는 무엇인가?, 둘째, 화학 반응이 이루어졌다면 균형 반응식을 쓸 수 있는가?, 셋째, 화학 반응식에서 그 물질의 상태변화인 상(phase) 표기를 할 수 있는가?, 넷째, 반응

전, 후 질량관계가 어떠한가? 그리고 그 결과에 대한 응답 이유는 무엇인가?, 다섯째, 화학 반응에서의 열의 출입과 그 결과의 응답 이유는 무엇인가?, 여섯째, 화학 반응의 유형을 알고 있는가? 일곱째, 반응의 종류를 알고 있는가? 이다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 대상

본 연구는 C 교육대학교 초등예비교사 3학년 140명과 4학년 54명을 대상으로 실시하였다. 3학년은 화학교재론 실험 수업을 통해 15주 동안 교과서를 기준하여 차시별 실험을 실시하였다. 그리고 화학반응에 대한 개념형성과 이해를 알아보기 위해 초등 예비교사 4학년 학생 54명을 대상으로 15주 화학반응관련 실험을 경험 한 후 6가지 내용의 연구문항을 질문지를 통하여 화학반응에 대한 개념형성과 이해를 조사 분석 하였다 (MOE, 2015, 2018a, b; 2019a, b, c). 연구참여 대상은 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Composition of research subjects and types of questionnaires

Questionnaire	Pre-service elementary teachers	Grade
1. General investigation	140	Junior
2. Chemical reaction or chemical change test strip	54	Senior

<Table 2> A survey of students' general understanding of chemistry lab classes

No.	Questionnaires Contents
1	How well do you understand chemical equations?
2	What are the difficulties with chemical equations?
3	Did you understand the content in the experimental class?
4	Do you have any questions during the experimental class?
5	Do you use references related to the laboratory class?
6	Did you feel about safety and danger during the experimental class?
7	What risk factors did you feel during the experiment?

2. 연구 절차

본 연구에서의 절차로는 우선 문헌 연구를 통하여 필요성을 인식하고 <Table 2>에 언급한 내용의 1차 설문지를 개발하였다. 개발한 설문지를 과학교육 전문가 1인과 현장교사 2인의 검토를 받았고, 15주 화학실험 수업을 이수한 예비교사 3학년 140명을 대상으로 설문조사를 하였다. 본 연구 주제 관련 화학반응과 관련하여 초등학교 과학 교과서, 교사용지도서 등에 포함되어있는 화학 반응을 분석한다. 1차 설문 결과와 과학교과 도서를 분석한 내용을 가지고 가장 많이 접하는 화학 반응 6개를 선택하고, 화학반응이 가지는 개념과 의미 이해를 묻는 7개 항목의 내용으로 설문지를 개발하였다. 과학교육 전문가 1인과 현장교사 2인의 검토를 받아 검토 및 수정의 절차를 거쳐 2차 설문지를 개발하였다. 과학과 4학년 54명 학생들을 대상으로 2년에 걸쳐 초등 과학 교과서에 화학반응을 실험 한 후, 화학반응 개념에 대한 학생들의 개념 인식 이해를 알아보려고 하였다.

3. 연구 내용

초등 과학 교과서에서 확인한 여러 화학반응 중 많이 알려지고 일반적인 6가지 화학반응(N = A~F)을 선정하여 화학 반응식에 대한 개념과 이해를 알아보았다. 설문지 개발 및 연구과정은 다음과 같다. 초등 과학 교과서에 포함된 여러 화학반응 중 연구문제에 선택한 화학반응 6개는 <Table 3>와 같다.

질문 내용으로는 화학 반응을 보고 반응식 쓰기, 반응의 정량적인 관계를 표현하기 위한 균형 맞추기, 질량관계, 물질의 상태 쓰기, 화학반응 시 나타나는 열의 출입, 변화의 형태인 반응의 유형, 반응의 종류 등 7개 항목이다. 그리고 화학 반응식 쓰기에서 반응 확인 및 이유, 질량 관계 확인 및 이유, 그리고 열 관계에서 확인 및 이유 등을 추가로 질문 하였다.

개발한 검사지는 대학원생인 교사 2인과 과학 교수 전문가 1인에게 타당도 검사를 받았다. 결과 처리는 전체응답 및 변인별 빈도와 백분율(%)로 산출하였다.

4. 화학반응에 대한 초등예비교사 사전 설문 결과

초등예비교사 3학년 140명을 대상으로 초등 과학 교과서에 있는 실험을 15주 동안 경험한 후에 사전 설문조사의 성격을 지닌 설문을 통하여 화학 반응에 대한 이해, 어려운 점, 실험 내용 이해, 실험 시 궁금한 점, 참고 자료, 위험과 안전 등에 관하여 질문지를 통하여 기본적인 실험실 환경과 실험 중 느꼈던 생각과 이해를 조사하였다. 그 설문 결과는 <Table 4>에 요약하였다.

화학반응 이해는 대부분 배워서인지 95.7%가 이해한다고 답하였다. 화학반응식에서의 어려운 점을 묻는 질문의 답은 화학 반응식 쓰기(45%), 실험 이론 내용 이해(35%), 화학식 표기(9.3%), 계수 맞추기(4.3%) 순으로 어려웠다고 답하였다. 해당 단원 차시 내용의 이해 여부는 절반을 넘는 56.5% 정도가 이해하였고, 실험 중 궁금 여부를 묻는 질문에서는 86.4%가 답하였다. 아마도 실험을 하고 있지만 제한된 시간 내에서 실험 내용을 이해하기가 어려웠던 것 같다. ‘실험에 필요한 문헌 참고를 하느냐?’의 질문에는 77.1%가 참고하지 않는다고 답하였다.

<Table 3> Types of Chemistry Experiments and Understanding

N	Research question chemical reactions
A	Why is slaked lime being sprayed at the accident site where hydrochloric acid leaked?
B	Add diluted hydrochloric acid(20mL) and add sodium hydroxide(5mL) 5mL each six times, observing the color of the indicator.
C	Put about $\frac{1}{4}$ of the lime water in a container containing carbon dioxide and shake it to observe the change in the lime water.
D	Add a spoonful of manganese dioxide, decorate the gas generator, and pour $\frac{1}{2}$ of diluted hydrogen peroxide through a funnel.
E	As candles or alcohol burn and produce heat, they decrease in size or quantity.
F	Add about four or five spoons of sodium bicarbonate. After decorating the gas generator, pour $\frac{1}{2}$ of concentrated vinegar into the funnel.

<Table 4> Analysis of contents of elementary school pre-service teachers related to chemistry experiments

Contents	Frequency(%)				
	Understanding chemical reactions	Understand well ① 65(46.4)	Understand a little ② 69(49.3)	I do not know ③ 6(4.3)	I have no idea ④ 0(0.00)
Difficulty	Chemical formula ① 63(45.0)	Fit the coefficients ② 15(10.7)	Reaction Scheme Theoretical content ③ 49(35.0)	Chemical notation ④ 13(9.3)	140(100)
Understand the content	Understand well ① 19(13.6)	Understand a little ② 60(42.9)	I do not know ③ 54(38.6)	I have no idea ④ 7(5.0)	140(100)
Questions	Have ① 41(29.3)	There is a little ② 80(57.1)	None ③ 16(11.4)	Not at all ④ 3(2.1)	140(100)
Literature reference	Often ① 3(2.1)	There is once ② 29(20.7)	None ③ 73(52.1)	Not at all ④ 35(25.0)	140(100)
Danger and safety	Often ① 8(5.7)	There is once ② 56(40.0)	None ③ 54(38.6)	Not at all ④ 22(15.7)	140(100)
What if you felt threatened?	Chemical reagent ① 47(73.0)	Experimental tool ② 8(13.0)	Facility ③ 2(3.0)	Personal protection ④ 7(11.0)	64(100)

이것은 실험자의 실험에 대한 무관심을 확인할 수 있는 부분이기도 하다. 그러나 대부분의 학생들은 상세하게 설명되어 있는 교사용 지도서를 의존하는 것 같았다. 그리고 실험 중에 위험과 안전에 대해서는 45.7%가 위험을 느꼈다고 답하였다. 반면에 절반 이상은 위험과 안전에 관심이 없는 것 같다. 위험을 느꼈다고 답한 학생들에게 추가적 질문으로 그 위험 요소 순서를 질문한 결과 73%로 화학약품이 가장 많았고 그 다음은 실험도구와 개인보호 장비 부족과 실험 시설 순으로 답하였다.

따라서 설문을 통하여 답한 결과를 토대로 실제 화학반응과 관련하여 초등 예비교사들이 물질영역관련 화학반응에 대하여 학생들과 실험 수업을 하지만 1차 설문 결과에서 보듯이 화학반응에 대한 구체적인 이론과 내용을 알지 못하고 있다. Nakhleh(1992)과 Nam and Lim(2006) 등의 선행 연구에서 언급한 것 같이 화학반응에 대한 개

념형성이 되어있지 않아 학생들에게 정확하게 전달하지 못한다는 것이다. 따라서 과학전담으로 과학을 가르칠 수 있는 과학과 초등예비교사학생들의 화학반응에 대한 개념 이해의 실상을 알아볼 필요가 있다고 본다.

5. 2015 개정 초등 과학 교과서 화학반응 관련 내용 분석

2015 개정 교육과정 초등 과학 교과서 및 교사용 지도서를 통하여 3학년 1학기 부터 6학년 2학기 까지 화학반응과 관련된 내용을 분석 하였다. 초등 과학 교과서 3학년에서 부터 학년이 높아 갈수록 화학반응 관련 내용이 많았으며 특히 과학 교사용 지도서에서 화학 반응식과 관련된 내용이 자세히 소개되어 있었다. 화학반응 관련 분석한 결과는 <Table 5>와 같다(MOE, 2018a, b, 2019a, b, c).

<Table 5 > Analysis of elementary science textbooks and teacher's guides related to chemical equations

Grade	Classifical	Time	Reaction formulas, science textbooks	Etc.
3/1	2. Material property	7~8. Making bouncy balls,	Polyvinyl alcohol, borax	Make a bouncy ball
4/1	5. Mixture of separation	9~10. Making recycled paper using separation of mixtures	Making milk plastic (protein + acid)	Making milk plastic
5/2	5. Acid with base	6. What happens when you put substances in acidic and basic solutions?	Hydrochloric acid and eggshell, hydrochloric acid and marble	Reaction with acids and carbonates, protein and strong base reaction
		7. What happens when you mix an acidic solution and a basic solution?	Hydrochloric acid and sodium hydroxide, Hydrochloric acid and slaked lime reaction	Neutralization reaction, Hydrochloric acid leak accident, neutralization reaction
		8. How do we use acidic and basic solutions in our daily life?	Fish sauce board + vinegar, toilet bowl cleaning, Antacids, sewer cleaners, bleach, etc. are basic solutions	Yogurt and toothpaste, Chinese food, Amine + acid, acid + organic, Base + acid, organic + basic, Bleach (oxygen acid)
6/1	3. Various gases	1. Make bubbling bubbles	Hydrogen peroxide + KI (catalyst)	$\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}(\text{KI})$
		2~3. What properties does oxygen have?	Hydrogen peroxide + MnO ₂ (catalyst), Oxygen + Acetylene Combustion, Oxidation (rocket fuel + oxygen), rusting metal, No bleach, potatoes, cucumbers,	$\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}(\text{MnO}_2)$ $2 \text{C}_2\text{H}_2 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ $\text{Fe} + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4$ $2 \text{NaClO} \rightarrow 2 \text{NaCl} + \text{O}_2$
				Electrons are taken from the molecule by the reaction of sodium hypochlorite. Dirt is a mixture of organic compounds such as oil, food waste, mold, and hand grime. It does not dissolve well in water, so if you put it in bleach, it takes electrons from the molecules that make up the base and decomposes the molecules, leading to

			bleaching. Oxidation and reduction occur simultaneously.
		Remove the black soot that covered the masterpiece, Was the dome of the old Seoul Station green from the beginning?	Carbon dioxide reacts with oxygen and flies away. $2 C + 3 O_2 \rightarrow 2 CO + 2 O_2 +$ (A small amount of ash (C) remaining after reaction, incomplete combustion type This is done by matching the molecular coefficients. $2 Cu + O_2 \rightarrow 2 CuO$
	4~5. What are the properties of carbon dioxide?	Soda, sodium bicarbonate + concentrated vinegar, lime water cloudy CaCO ₃ , automatic inflatable life jackets, making carbon dioxide rockets $2 NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$ $NaHCO_3 + HCl \rightarrow NaCl + H_2O + CO_2$ $NaHCO_3 + CH_3COOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O + CO_2$ $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$ $CaCO_3 + 2 HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$	$H_2CO_3 \rightarrow H_2O + CO_2$ $NaHCO_3 + CH_3COOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O + CO_2$ $Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$
	10~11. Create a long-lasting foam bath	Sodium bicarbonate + citric acid, Sodium Bicarbonate + Concentrated Vinegar	3. $NaHCO_3 + C_3H_5O(COOH)_3 \rightarrow CH_3COONa + 3 CO_2 + 3 H_2O$
6/2	3. Combustion and digestion 2. What happens when a substance burns?	Burning of candles, propane (C ₃ H ₈) Corrosion of metals (iron and magnesium) Alcohol lamp + oxygen → water + carbon dioxide $2 CH_3OH + 3 O_2 \rightarrow 2 CO_2 + 4 H_2O$ $C_2H_6O + 3 O_2 \rightarrow 3 H_2O + 2 CO_2$ Candle (hydrocarbon) + oxygen $C_nH_{2n+2} + O_2 \rightarrow n CO_2 + n H_2O$ Wood + Oxygen (combustion reaction)	$C_3H_8 + 5 O_2 \rightarrow 3 CO_2 + 4 H_2O$ $Fe + O_2 \rightarrow Fe_2O_3$ $Mg + O_2 \rightarrow 2 MgO$ Alcohol (methanol, ethanol) Candle + oxygen, wood + oxygen, Alcohol + oxygen, $CaCO_3 + 2 HCl \rightarrow CaCl_2 + CO_2 + H_2O$ $Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$ $2 KClO_3 + catalase \rightarrow 2 KCl + 3 O_2$

	Eggshell + dilute hydrochloric acid Lime water + carbon dioxide Apples and potatoes change color (oxidation)	
3~4. What does a substance need to burn?	Seconds + oxygen (combustion) Combustion and oxidation (rust on metal)	$Fe^{3+}(s) + O_2(g) \rightarrow Fe_2O_3(s)$
5. What happens after a substance burns?	Combustion → water + carbon dioxide Lime water + carbon dioxide Cobalt Chloride Thermal Decomposition $CoCl_2 \cdot 6H_2O \rightarrow CoCl_2 + 6H_2O$	Complete combustion, incomplete combustion (carbon monoxide, soot)
6. What should I do to put out the fire?	When iron burns, find out what is produced after the iron wool burns Iron + oxygen combine to form iron oxide	$Fe^{3+}(s) + O_2(g) \rightarrow Fe_2O_3(s)$
8~9. Fire evacuation map	Candle + oxygen Make a fire extinguisher Citric acid + sodium bicarbonate	Hydrocarbon + oxygen

화학반응의 예로 3학년 1학기 2단원 물질의 성질에서 물은 액체이고 붕사와 폴리비닐 알코올(PVA)은 고체이다. 액체, 고체에 대한 용어 이야기는 가르치지 않고 액체, 고체의 성질 부분만 인식하게 한다. 7~8차시 탱탱볼 만들기에서 탱탱볼을 만드는 과정에서 알 수 있는 물질의 성질만 정리하는 수준에서 다룬다. 물질의 성질 변화에 초점을 두고 지도하고, 이러한 변화가 일어나는 과학적 원리, 개념 등은 다루지 않았다. 단지 예비교사로서 교사용 지도서에 언급한 것처럼 참고하는 의미에서 화학 관련 반응을 구체적으로 언급한 것 같다. 그 구체적인 내용은 폴리비닐 알코올(PVA)의 수산화기(-OH) 사이에 붕산이온이 결합하도록 하여 서로 엉기게 만들어 준 것이 탱탱볼이다. 손으로 반죽하는 동안 분자들 사이에

는 결합이 일어난다. 반죽을 충분히 하지 않으면 결합이 일어나지 않아 부서지는 것을 볼 수 있다. 폴리비닐 알코올과 붕사가 결합하면 서로 얽힌 사슬구조가 만들어 진다. 이것이 고무의 특징을 지니게 만든다(MOE, 2018a).

4학년 1학기 5단원 혼합물의 분리에서 9~10차시 재생종이 만들기에서 교사용 지도서의 참고자료로 제시되어 있는 우유 플라스틱 만들기가 있다. 우유는 생활 속에서 흔히 볼 수 있는 혼합물이다. 특히 우유에는 단백질이 포함되어 있어 이를 생활 속에서 다양하게 활용한다. 단백질은 식초와 같은 산을 만나면 고체로 변화는 성질이 있는데 이를 이용하여 단단한 우유 플라스틱 장신구를 만들 수 있다(MOE, 2018b).

5학년 2학기 2단원 산과 염기 6차시 ‘산성용액

과 염기성 용액에 물질을 넣으면 어떻게 될까요?’에서 산성 용액과 염기성 용액에 달걀 껍데기와 대리석 조각 그리고 단백질인 삶은 달걀흰자와 두부를 넣어 변화를 관찰하는 내용, 앞에서 단백질과 산과의 만남에서 굳어진다고 하였다. 그러나 짧은 시간에 그 결과를 관찰하기가 쉽지 않다. 그러나 단백질이 염기성 용액 내에서 녹아 내려 삶은 달걀흰자는 색깔이 변하고, 두부는 시간이 갈수록 부스러지거나 흐물흐물 해진다. 탄산칼슘(CaCO_3)성분을 갖는 달걀 껍데기와 대리석과의 산, 염기 용액에서의 반응은 산의 경우에는 탄산염과 산의 반응으로 염인 염화칼슘(CaCl_2), 이산화탄소(CO_2)와 물이 생긴다. 그리고 7차시 ‘산성 용액과 염기성 용액이 만나면 어떻게 될까요?’에서 산-염기 지시약을 넣고 산과 염기를 일정량을 섞어 변화관찰 실험, 이 실험은 중화반응의 예이다. 산과 염기가 만나면 염과 물이 생기는 반응이다. 염화수소(HCl) 기체의 누출로 소석회(Ca(OH)_2)를 가하면 중화반응을 하여 염화칼슘(CaCl_2)과 물(H_2O)이 생겨서 염화수소 누출을 중화시켜 무해한 염과 물로 만들어 버린다. 8차시 ‘우리 생활에서 산과 염기를 어떻게 이용하고 있을까요?’에서, 중화의 예로 화학반응은 맞지만 구체적인 신맛의 산과 염기성 물질인 조개껍데기를 넣어 중화시키는 예인 신 김치에 염기성 물질을 넣는 것이다. 강산이 분비되는 위액에 속 쓰림 방지를 위해 제산제의 주성분인 탄산수소나트륨과 산성비로 인한 산성화된 토지에 염기성인 석회를 뿌리는 예, 암모니아와 같은 염기성 성질을 가진 생선이 놓였던 도마에 산성 물질인 식초로 닦아내거나 하는 예 등이 소개되어있다. 그 이외에 화장실 변기의 기름때와 하수구 등의 기름때를 강산으로 분해 할 수 있다. 그리고 표백제 성분의 대부분이 비누성분과 같이 염기성을 띠고 강염기를 알코올에 녹여 세척액으로도 사용하고 있다(MOE, 2019a).

또한 6학년 1학기 3단원 여러 가지 기체에서 1차시 ‘부글부글 거품 만들기’, 2~3차시 ‘산소에는

어떤 성질이 있을까요?’에서 과산화수소에 촉매(KI 또는 MnO_2)를 사용하여 산소를 얻어 산소의 성질을 확인하는 분해반응이다. 금속을 자르거나 할 때 탄화수소인 아세틸렌과 산소의 연소반응, 노출된 철 금속이 공기 중에 산화되어 녹이 슨 산화철이 되는 경우, 산소와 연소반응에서 산소의 필요성, 산소계 표백제가 때를 빼는 원리로는 과산화수소수는 산화제로 자유기($\text{HO}\cdot + \text{O}\cdot$)를 만드는 능력이 있다. 이 자유기들은 단백질을 분해해 펩타이드나 아미노산 같은 수용성 물질로 만든다. 때의 주성분은 지방과 단백질인데 이 과산화수소의 자유기 덕분에 때가 빠지는 것이다. 치아 미백 효과가 있는 치약도 같은 원리로 이끼 같은 색소를 제거한다. 옥시크린안에는 ‘과탄산나트륨($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x \text{H}_2\text{O}$)’이라는 성분이 들어 있어. 이 성분이 물과 만나면 분해가 돼서 과산화수소로 바뀐다. 또한 불완전연소로 인한 그을음과 서울역사동에 산화로 인한 녹청색으로 변한 이유이다(MOE, 2019b). 그리고 4~5차시 ‘이산화탄소에는 어떤 성질이 있을까요?’에서 탄산염과 산의 반응으로 이산화탄소를 얻어 이산화탄소의 성질 확인과 Kim(2009)의 석회수를 이용한 이산화탄소 제거 연구처럼 이산화탄소와 석회수 반응으로 탄산칼슘 생성으로 뿌연게 흐려지는 이산화탄소 발생 확인하는 실험이 소개되었다. 자동 팽창식 조끼와 이산화탄소 로켓 만들기도 화학반응에 기인한 것이다. 또한 10~11차시 ‘거품이 오래가는 목욕제 만들기’라는 내용에서 탄산염과 시트르산과 진한 식초를 이용하여 산을 반응시켜 이산화탄소 거품을 만드는 반응이 있다. 녹말가루를 풀어 마치 뿌연게 흐려져 풀장처럼 목욕제의 분위기를 연상케 한다.

6학년 2학기 4단원 연소와 소화에서 2, 6차시 초를 태우는 연소반응이 소개되었고, 6차시 ‘물질이 탈 때 생기는 것은 무엇일까요?’에서 생성된 물을 확인하는 물질인 염화코발트육수화물($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)의 열 분해반응이 소개되었다.

염화코발트육수화물이 수화물이기 때문에 열을

가하면 온도에 따라 물 분자가 떨어져 옅은 분홍색에서 청색으로 변화기 때문이다. 다시 물 분자를 만나면 본래 색깔인 옅은 분홍색으로 변한다. 따라서 물 생성을 확인 할 수 있는 용지로서 사용 가능하다. 열을 가하여 청색을 만들어 빠른 시간 내에 물 생성 확인과정을 마쳐야하는 불편한 부분도 있다(Kim et al., 1983). 9~10차시 불을 끄는 기능을 갖는 이산화탄소(CO₂)를 탄산염과 산의 화학반응을 통하여 간이 소화기를 만드는 내용을 확인 할 수 있었다(MOE, 2019c).

화학반응에서는 원자들은 새로 만들어지지 않고 파괴되지도 않는다. 반응물에 존재하는 원자들은 생성물에도 존재해야 한다. 실험을 통하여 생성되는 6개의 화학 반응식(A~F)에 대한 설문을 통한 결과를 <Table 6>에 요약하였다. 6개의 화학 반응식 쓰기는 연소 반응인 알코올 또는 초의 연소에서는 35.2%로 잘 알지 못하였다. 그 이외의 화학 반응식은 절반 이상이 잘 알고 있었다. 산과 염기를 반응시키는 반응식을 묻는 A, B 중화 반응식은 각각 70%, 63%의 정답을 선택하였고, 반응 중 이산화탄소와 석회수의 반응은 61.1%가 정답을 선택하였다. 과산화수소 분해반응은 55.6%, 탄산염과 산과의 반응에서 발생하는 이산화탄소 화학반응식은 64.8%가 정답을 선택하였다.

Ⅲ. 연구 결과 및 고찰

1. 화학 반응관련 결과 분석

가. 화학 반응 내용 분석

<Table 6> Analysis of content related to chemical reaction formulas

N	Chemical Reactions	Contents	Frequency(%)		Total(100)
			Correct(%)	Incorrect(%)	
A	2 HCl(aq) + Ca(OH) ₂ (s) → CaCl ₂ (aq) + H ₂ O(l)	Writing reaction Equations	38(70.0)	16(30.0)	54(100)
		Balancing	22(40.7)	32(59.3)	54(100)
		Mass relation	40(74.1)	14(25.9)	54(100)
		State of matter	32(59.3)	22(40.7)	54(100)
		Heat in and out	44(81.5)	10(18.5)	54(100)
		The kind of reaction	38(70.4)	16(29.6)	54(100)
		The type of reaction	32(59.3)	22(40.7)	54(100)
B	HCl(aq) + NaOH(s) → NaCl(aq) + H ₂ O(l)	Writing reaction equations	34(63.0)	20(37.0)	54(100)
		Balancing	27(50.0)	27(50.0)	54(100)
		Mass relation	45(83.3)	9(16.7)	54(100)
		Sate of matter	36(66.7)	18(33.3)	54(100)
		Heat in and out	35(64.8)	19(35.2)	54(100)
		The kind of reaction	39(72.2)	15(27.8)	54(100)
The type of reaction	30(55.6)	24(44.4)	54(100)		
C	CO ₂ (g) + Ca(OH) ₂ (aq) → CaCO ₃ (s) + H ₂ O(l)	Writing reaction equations	33(61.1)	21(38.9)	54(100)

		Balancing	18(33.4)	36(66.6)	54(100)
		Mass relation	39(72.2)	15(27.8)	54(100)
		State of matter	29(53.7)	25(46.3)	54(100)
		Heat in and out	30(55.6)	24(44.4)	54(100)
		The kind of reaction	28(51.9)	27(48.1)	54(100)
		The type of reaction	19(35.2)	35(64.8)	54(100)
		Writing reaction equations	19(35.2)	35(64.8)	54(100)
		Balancing	10(18.5)	44(81.5)	54(100)
		Mass relation	30(55.6)	24(44.4)	54(100)
D	$C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l)$	State of matter	20(37.0)	34(63.0)	54(100)
		Heat in and out	45(83.3)	9(16.7)	54(100)
		The kind of reaction	46(85.2)	8(14.8)	54(100)
		The type of reaction	18(33.3)	36(66.7)	54(100)
		Writing reaction equations	30(55.6)	24(54.4)	54(100)
		Balancing	20(37.0)	34(63.0)	54(100)
		Mass relation	33(61.1)	21(38.9)	54(100)
E	$2 H_2O_2(MnO_2)(aq) \rightarrow H_2O(l) + O_2(g)$	State of matter	27(50.0)	27(50.0)	54(100)
		Heat in and out	40(74.1)	14(25.9)	54(100)
		The kind of reaction	40(74.1)	14(25.9)	54(100)
		The type of reaction	37(68.5)	17(31.5)	54(100)
		Writing reaction equations	35(64.8)	19(35.2)	54(100)
		Balancing	12(22.2)	42(77.8)	54(100)
		Mass relation	34(63.0)	20(37.0)	54(100)
F	$NaHCO_3(s) + CH_3COOH(aq) \rightarrow CH_3COONa(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$	State of matter	26(48.1)	28(51.9)	54(100)
		Heat in and out	37(68.5)	17(31.5)	54(100)
		The kind of reaction	33(61.1)	21(38.9)	54(100)
		The type of reaction	24(44.4)	30(55.6)	54(100)

다음은 화학 반응식 성립에 대한 이유를 알아보았다. 빈도수는 이유를 적은 학생들만으로 정리하였다. 화학반응의 확인 및 이유는 알고 있는 이론적 기본지식과 나타나는 현상을 보고 그 이유를 답하였다. 다양한 이유가 제시 되었지만 크게 5순위까지로 나열하였다. 각 화학 반응식에

대한 확인과 이유 순위를 <Table 7>에 요약하였다.

반응 A, B 화학 반응은 중화반응에 대한 결과라고 54%, 56%가 1순위로 가장 높게 나타났다. Kang and Lee(2005)가 언급한 것처럼 초등학교에서는 산·염기 개념은 물리적인 성질들인 거시적

관점의 내용이며, 고등학교에 이르러서야 산·염기 개념은 원자, 분자, 이온의 미시적 관점으로 확인한다. 우리나라 고등학생들의 인지수준은 이에 미치지 못하는 학생들이 많다고 한 것 같이 초등 예비교사들은 후기형식 조작기 수준으로 충

분히 인식하여야 하지만 대부분의 학생들이 인문 중심의 교과를 공부한 이유로 산과 염기의 개념 인지수준은 낮다고 볼 수 있다. 앞으로 후기 형식적 조작수준으로 도달하기까지는 노력이 필요한 부분이다.

<Table 7> The reason for the chemical reaction

N	Ranking	Reason Description	Frequency(%)	Etc.
A	1	This is because acids and bases neutralize	19(54.0)	35(100)
	2	Because both substances are ionic bonding substances, ionic bonding occurs.	10(29.0)	
	3	Because the charge can move	3(8.60)	
	4	The reaction takes place because it is a polar substance.	2(5.70)	
	5	This is because the chemical reaction is unstable.	1(2.70)	
B	1	This is because the acid-base neutralization reaction takes place.	21(56.0)	37(100)
	2	Ionic bonding takes place	13(35.0)	
	3	Because the number of atoms is different	1(3.0)	
		Reaction is unstable	1(3.0)	
C		Due to intermolecular attraction	1(3.0)	
	1	Calcium carbonate is formed and becomes cloudy.	16(59.0)	27(100)
	2	Because of bonding	4(15.0)	
		Charge and electron pair exchange	4(15.0)	
	4	New substances are created	3(11.0)	
D	5	Reaction is unstable	2(7.0)	
	1	Because the combustion reaction took place	11(47.8)	23(100)
	2	There was a change in temperature	5(21.7)	
	3	Because water is created	3(13.0)	
	4	Because it is an ionic compound.	2(8.70)	
E		Because ionic bonds form new substances	2(8.70)	
	1	Hydrogen peroxide was decomposed as a catalyst	17(60.7)	28(100)
	2	Matter is created by electron transfer	4(14.3)	
	3	This is because hydrogen peroxide is unstable.	3(10.7)	
		Oxygen reaction experiment	3(10.7)	
F	5	Covalent bonding takes place	1(3.60)	
	1	This is because carbon dioxide is produced by the reaction of carbonates with acids.	12(46.2)	26(100)
	2	Ionic substances are formed	5(19.2)	
	3	Electron pair exchange	4(15.4)	
		Because new substances are created	4(15.4)	
	5	This can be confirmed by turning off the burning incense lamp.	1(3.8)	

반응 C는 발생하는 이산화탄소와 석회수 (Ca(OH)₂)와의 반응에서 탄산칼슘(CaCO₃)이 생성되면서 이산화탄소 발생을 확인 하는 실험이다. 학생 59%가 뿌옇게 흐려지는 현상을 보고 반응이 이루어지고 있음을 인지하는 것 같다. 따라서 반응 C는 뿌옇게 흐려지는 탄산칼슘 생성 현상을 보고 반응을 확인하는 이유가 가장 많았다. 반응 D는 알코올램프와 초의 연소에 대한 내용이다. 47.8%가 연소에 대한 내용을 인식하였다. 다른 이유로는 발열로 인한 온도 변화, 물의 생성과 기타 다른 물질이 생성되는 이유를 들었다.

반응 E는 촉매에 의한 과산화수소의 분해반응이다. 60.7%가 촉매에 의한 분해반응을 인식하고 있었고 과산화수소를 불안정한 물질로 인식하고 있었다. 마지막으로 탄산염과 약산의 반응으로 이산화탄소 발생을 46.2%가 인식하고 있었다. 이온 물질들이 이온결합을 함으로써 여러 물질의 생성과 이산화탄소 발생으로 인한 소화 기능의 화학반응을 확인하는 것 같다. 따라서 화학반응과 확인은 50% 이상이 반응식 쓰기와 화학반응 확인에 대한 다양한 이유를 들었지만 대체적으로 그 반응식이 갖는 근본적인 지식 내용을 알고 그 이유를 답하는 것 같다.

2. 화학 반응식 균형 맞추기

화학반응식의 계수는 반응이 정상적으로 일어났을 때 반응물과 생성물의 정량적인 내용이 정확해야 한다. 특히 화학반응에서 원자들은 새로 만들어지지 않고 파괴되지도 않는다. 반응물에 존재하는 원자들은 생성물에도 존재해야 한다. 따라서 생성과 소멸이 아니라 원자간 결합의 재조합이 일어나 정량적인 부분이 문제가 되지 않아야 한다.

반응식의 균형 맞추기에 대한 설문 결과는 <Table 6>에 요약 하였다. 균형 반응식에 대한 개념이 부족하여 계수가 없는 중화 반응식이 50.0% 이외 C~F 반응들의 대부분이 절반 이하로

오답률이 훨씬 높았다. 이러한 결과는 Han, et al(2007)이 일정성분법칙 관련한 논문에서 언급한 내용으로 화학반응 실험을 통하여 얻은 결과를 화학반응 중에 어떻게 존재하고 생성물이 무엇인지 등의 화학반응에 대한 이해가 부족하다고 지적하였고 생성된 물질이 무엇인지 알지 못하는 상황에서 일정성분과 같은 화합물의 구성의 규칙성을 찾는 것은 학습자의 수준이 맞지 않거나 학습이 제대로 되지 않아 지식이 부족한 것일 것이다. 따라서 화학반응식의 균형 맞추기에 대한 이론적인 지식이 전반적으로 부족한 것과 유사한 결과이다. 앞으로 집중적인 화학반응에 대한 생성물과 반응물 구성에 관한 정량적인 내용의 학습이 필요하다.

3. 화학 반응의 질량관계 변화

물질의 화학변화에서 물질을 구성하고 있는 원자 원자의 재조합이 일어날 뿐 반응의 전후에 새롭게 원자가 생기거나 사라지는 일은 없다(CTRS, 2008).

화학반응식에서 질량관계는 질량이 보존 된다는 이론적인 지식이 있어 55.6% 이상에서 83.3%로 인식하고 있는 것 같다. 질량관계에 대한 설문 결과는 <Table 6>에 요약 하였다. 각 화학반응에서 질량관계 변화의 이유를 묻는 질문에 <Table 8>과 같은 다양한 결과를 얻었다.

질량관계는 이론적인 지식을 토대로 50% 이상이 질량이 보존된다고 이유의 1순위로 꼽았다. 그러나 연소반응과 산소 발생 그리고 이산화탄소 기체 발생 화학반응은 기체가 날아가 버려서 질량이 보존되지 않는다고 인식하는 학생이 많아 A, B, C 반응과 달리 D, E, F 반응에서 낮은 정답률을 확인하였다. 이러한 결과는 초가 타는 것 등에 대하여 자기 나름대로의 직관적 개념을 형성하고 있음을 말해주고 Kim(1995)이 언급한 연소에서 가장 많이 나타나는 오개념 유형과 같다.

<Table 8> Reasons for chemical change

N	Ranking	Reason Description	Frequency(%)	Total(%)
A	1	The law of conservation of mass holds	34(79.1)	43(100)
	2	Gas is reduced	4(9.30)	
	3	A new substance is formed and the mass increases	2(4.65)	
	4	Cange in chemical properties	2(4.65)	
	5	Equal to the charge	1(2.30)	
B	1	The law of conservation of mass holds	31(79.5)	39(100)
	2	Because the number of atoms does not change	4(10.3)	
	3	Product was produced	2(5.10)	
	4	It evaporates and loses mass	1(2.55)	
	5	Because there is no change in chemical formula	1(2.55)	
C	1	Mass is conserved	21(56.8)	37(100)
	2	The aircraft flew	9(24.3)	
	3	No change in chemical formula	4(10.8)	
	4	Water was produced.	2(5.40)	
	5	After the reaction, the mass increased.	1(2.70)	
D	1	Mass is conserved	27(67.5)	40(100)
	2	Due to super burning, the aircraft flies and decreases	7(17.5)	
	3	Mass increase	3(7.50)	
	4	Increase chemical properties change	2(5.00)	
	5	No change in chemical formula	1(2.50)	
E	1	The law of conservation of mass applies	21(52.5)	40(100)
	2	Gas is blown away by the generation of oxygen	16(40.0)	
	3	Mass increase	1(2.50)	
	4	There was a violent reaction	1(2.50)	
	5	No change in chemical formula	1(2.50)	
F	1	Mass is conserved	24(63.2)	38(100)
	2	Carbon dioxide is produced and blows into the air.	10(26.3)	
	3	Because the properties of the compound change	2(5.26)	
	4	Mass increases	1(2.62)	
	5	Decrease in mass	1(2.62)	

Nam and Lim(2006)이 일부 고등학생과 대학생들이 답한 열린계에서 기체가 발생하기 때문에 질량이 감소한다는 내용과 유사한 결과이기도 하다. 또한 Hwang and Jeong(2013)의 연구에서도 학생들이 기체가 되면 가벼워진다고 이유는 기체의 발생으로 인한 부피변화가 부력에 영향을 주어 질량이 감소 된 것처럼 보이는 것처럼 관찰된다

고 하였다. 따라서 기체 발생의 경우에는 질량이 보존된다는 전제 조건이 닫힌계에서만 질량이 보존된다고 인식하고 있었다.

4. 물질의 상태 쓰기

물질은 온도(T)와 압력(P)에 따라 고체, 액체,

기체 상태가 변하고 유지된다. 화학반응에 있어서 물질의 상태는 화학반응에서 반응의 조건을 만들어 주는 중요한 요소이다. 고체를 녹여 반응이 원활하게 되게끔 용액상태를 만드는가 하며 기체를 액체에 녹여 용액상태로 보관하여 반응시 기체로 반응한다. 따라서 분석하기 위한 화학반응의 전처리처럼 역할을 하는 셈이다. 따라서 화학 변화 또는 화학 반응식에서 물질의 상태를 화학기호 뒤에 괄호로 표시하여 적게 되어있다 (CTRS, 2008). 이 반응식을 보고 물질의 반응상태와 상태 변화를 알 수 있다.

화학반응에 참여하는 물질의 상태인 고체(s), 액체(l), 기체(g) 그리고 수용액(aq)을 표기하는 설문 결과의 결과는 <Table 6>에 요약하였다. 화학반응 중 반응물질의 경우에는 물질의 상태인 반응물의 상태를 알 수 있으나 반응이 진행된다면 물질의 상태를 알기가 쉽지 않다. 반응 C와 D를 제외하고 절반 이상이 반응물과 생성물의 상태를 정확하게 알고 있었다. 정답률이 37.0%로 낮은 D의 경우에는 알코올 램프속의 알코올과 산소의 반응을 생각해본지 이론적인 지식이 부족해서 낮은 정답률을 얻은 것 같다. 또한 화학반응식이 복잡한 경우에도 반응 F의 경우에도 상태표시의 정답률이 절반을 넘지 못하였다.

5. 화학반응에서 열의 출입

화학반응 또는 화학변화에서는 반드시 에너지가 수반된다. 열을 방출하기도 하고 또는 열을 흡수하기도 한다. 설문 결과에 따른 결과는 <Table 6>에 요약하였다. Noh(2011)가 발열 반응과 흡열반응에 대한 교과서 분석과 예비교사들의 이해도 조사에서 학생들이 발열반응과 흡열반응을 방출과 흡수로 언급한 것과 같이 본 연구의 결과에서도 대체적으로 화학반응식에서 열의 출입이 있다라고 절반 이상에서 높게는 83.3%까지 답하였다. 화학반응 중에 열을 느낄 수 있고 또는 이론적으로 열이 발생한다고 알고 있기 때문

이다. Kim(1975)이 산소발생의 문제점을 언급하면서 과산화수소를 분해하는 과정에서 발열반응이 일어남을 알 수 있고, 이산화망가니즈(MnO_2) 촉매의 양과 5~6% 과산화수소(H_2O_2) 농도에 따른 온도 변화의 급격한 상황이 실험 수업 중 위험을 느끼게 하는 부분 일 수도 있다. 스탠드 링에있는 깔때기에 과산화수소를 가하여반응의 양을 조절하기 때문이고 반응이 급격하게 일어나면서 생기는 센 압력이 부주의로 역류 할수도 있어 위험하기 때문이다. 기체 발생장치가 갖는 개선 될 부분이기도 하다. 중화반응 A는 81.5%, 연소반응인 D 경우는 83.3%로 높게 나타났다. 특히 반응 C의 경우에는 발생하는 이산화탄소와 석회수와 반응은 소량 발생하는 이산화탄소에 석회수를 확인하는 과정에서 생기는 탄산칼슘 생성으로 열을 확인하기 어려워 상대적으로 낮은 정답률을 보였다. Kim(1986)이 언급한 물질의 상태변화에 열 출입이 수반되는 사실은 흔히 관찰된다고 언급한 것처럼 실제로 열의 온기를 느끼거나 만졌을 때 관찰하는 것과 유사하다. Lee and Choi(2011)도 물질의 상태변화에 따른 에너지 출입에 대하여 이해해야 한다고 제안하였다. 이 결과는 Yoon(2005)이 언급한 ‘화학적 변화의 관점에서 에너지 출입을 이해하였다.’와 같은 결과이기도 하다. 초나 알코올 연소와 같이 화학변화와 함께 열을 발생시키는 반응을 발열 반응이라 한다. 열의 출입 확인과 이유를 <Table 9>에 요약하였다.

그리고 Woo(1996)는 화학물질의 연소는 대부분 액체와 기체 연료로 나누고 알코올의 연소 경우는 기화와 확산속도가 높아 연소온도가 높아진다는 알코올의 연소반응과 과산화수소 분해반응 등은 반응 용이 또는 외부로 열이 방출됨으로써 반응열을 확인할 수 있다. 특히 수업을 통하여 중화열은 이론적으로 배워서 실질적으로 만지거나 중화반응 상 확인하기가 쉽지 않으나 중화반응에서 열이 생긴다는 것을 많은 학생이 알고 답을 하는 것 같았다.

<Table 9> Reasons for heat in and out of chemical reaction

N	Ranking	Reason Description	Frequency(%)	Total(%)
A	1	Neutralization fever occurs	14(42.4)	33(100)
	2	The reaction vessel is hot to the touch.	11(33.3)	
	3	Temperature can be measured	5(15.1)	
	4	Depends on state change	2(6.10)	
	5	Combine to form new substances	1(3.10)	
B	1	Neutralization reaction produces heat of neutralization	14(56.0)	25(100)
	2	You can tell by touching	5(20.0)	
	3	Temperature can be measured	4(16.0)	
	4	Absorbs heat as it evaporates	1(4.00)	
	5	Ambient temperature decrease	1(4.00)	
C	1	Warm to the touch	6(37.5)	16(100)
	2	Heat is generated by the reaction	4(25.0)	
	3	When a gas turns into a liquid, heat energy is released.	2(12.5)	
	4	Sediment is formed	2(12.5)	
	5	Water is formed	2(12.5)	
D	1	Releases heat as it burns	14(46.7)	30(100)
	2	The surroundings become warm	6(20.0)	
	3	Water is formed	4(13.3)	
	4	When there is a change of state, there is heat in and out	4(13.3)	
	5	A liquid absorbs heat and becomes a gas	2(6.70)	
E	1	The reaction vessel is warm to the touch.	14(56.0)	25(100)
	2	There is heat in and out due to state change	5(20.0)	
	3	The decomposition of hydrogen peroxide produces heat.	4(16.0)	
	4	There is heat in and out for stabilization.	1(4.00)	
	5	This can be determined by measuring the temperature	1(4.00)	
F	1	The reaction vessel is hot to the touch	10(38.5)	26(100)
	2	Neutralization reaction takes place and heat is released to the outside	8(30.8)	
	3	Absorbs the heat needed to produce carbon dioxide	4(15.4)	
	4	Heat comes in and out due to state change	3(11.5)	
	5	When you measure the temperature, it rises	1(3.80)	

이 결과는 Park et al.(2007) 등이 중화반응에서 발열과정과 열팽창으로 인해 부피증가를 언급한 것과 같이 중화반응에서 열이 생성됨을 확인 할 수 있었다. 반응 A, B의 중화반응에서의 열 생성, 탄산칼슘 생성과 연소 그리고 분해반응에서의 느끼고 만지고 보여주는 등 열의 출입을 직접적으로 확인할 수 있었다.

6. 화학 반응식의 종류

반응 A~F 화학 반응식의 종류는 2개의 중화반응, 침전 그리고 연소, 분해 반응과 탄산염과의 산과의 반응에서 전형적으로 이산화탄소를 만드는 일반적인 화학반응이다. 반응식 종류를 묻는 설문 결과로는 <Table 6>에 요약하였다. 반응 A, B 두 반응은 일반적인 중화반응으로써 70.4%,

72.2%로 잘 알고 있었다. 초와 알코올의 연소반응에서 알코올램프도 마찬가지로 Woo(1996)가 언급한 알코올은 기화량과 확산속도가 커서 연소속도, 연소 온도가 높아지는 경우와 같이 램프의 심지를 통해 올라온 초와 알코올이 열로 기화되고 기화된 탄화수소와 알코올의 증기가 공기와 혼합하여 탄다. 탄화수소가 타는 반응은 산소와 결합하는 반응이므로 산화 반응이다. 이 반응에도 전자의 교환은 프로판가스를 구성하고 있는 탄소와 수소는 산소에 전자를 주어 산화되고 산소 분자는 프로판가스로 부터 전자를 받아 환원되며 각각 이산화탄소와 수증기를 만들어 낸다.

침전반응 종류인 C의 경우는 발생한 이산화탄소를 확인하는 과정에서 나타나는 화학반응식이다. 뿌옇게 흐려지는 현상을 관찰하면서 탄산칼슘이 생기는 것을 보고 반응이 정상적으로 일어남을 확인한다. 응답자의 절반 정도가 정답을 선택하였다. 이러한 낮은 결과는 Kim(2009)의 석회수를 이용한 이산화탄소 제거 연구처럼 뿌옇게 흐려지는 물질이 화학반응을 통하여 생긴 물질임을 이해하지 못하고 하나의 나타나는 현상처럼 생각하는 것 같다.

7. 반응의 유형

화학반응의 유형은 결합, 분해, 치환 등으로 구분할 수 있다. 대부분의 화학반응이 결합, 분해, 치환 반응이다(CTRS, 2008). 반응의 유형 또는 분류를 묻는 설문 결과는 <Table 6>에 요약하였다. 늘 사용하는 화학반응이지만 반응의 유형은 대체로 잘 알지 못하였다. 반응 A, B의 경우는 중화반응의 예로서 정답률이 59.3%, 55.6%로 절반을 넘었다. 그러나 치환 반응의 경우 단일, 이치환 등 반응의 대부분이 치환반응을 생각할 때 반응 C, D, F의 정답률이 낮았다. 반응 E는 이산화망가니즈 촉매를 이용한 과산화수소 분해반응이다. 정답률이 68.5%로 약간 높았다. 격렬한 반응으로 열이 방출되면서 산소를 발생킨다. 반응

F인 탄산염인 탄산수소나트륨과 산과의 반응에서 반응물이 수용액 속에서 이온화됨으로써 친환 반응이 우세하다. Na^+ , HCO_3^- , CH_3COO^- , H^+ 등의 양이온과 음이온의 교환반응인 이중 치환반응이 예상된다. 탄산(H_2CO_3)이 다시 분해반응이 일어나서 이산화탄소와 물이 생성되는 반응식이다. 따라서 결과는 치환 반응과 분해반응이 일어나는 것 같다. 반응식이 복잡해서인지 정답률은 44.1%로 절반을 넘지 못하였다. 또한 반응식 C의 경우에는 단일치환의 형태인 염과 물이 생기는 반응으로 정답률이 35.2%로 낮았다. 이는

일반화학 문헌 등에서 흔히 예를 든 일반적인 결합, 분해, 단일치환, 이중치환 유형의 예가 아니어서 정답률이 낮은 것 같다. 따라서 반응 C, D의 반응 유형을 자세히 알아볼 필요가 있다고 본다.

IV. 결론 및 제언

1. 결론

연구 문제인 6개의 반응에서 7가지 질문과 추가 질문한 결과는 다음과 같다.

화학반응식 쓰기는 알코올과 양초의 연소 화학식이 어려운지 낮은 정답률을 얻었다. 그 이외의 중화반응, 분해반응, 탄산염 반응 등은 절반 이상이 잘 알고 있었다. 화학반응의 확인 및 이유는 알고 있는 이론적 기본지식과 나타나는 현상을 보고 그 이유를 답하였다. 가장 흔하게 배우는 산과 염기반응인 중화반응의 반응에서도 Kang and Lee(2005)가 언급한 것처럼 초등학교에서는 산·염기 개념은 물리적인 성질들인 거시적 관점의 내용이며, 고등학교에 이르러서야 산·염기 개념은 원자, 분자, 이온의 미시적 관점으로 확인한다. 우리나라 고등학생들의 인지수준은 이에 미치지 못하는 학생들이 많다고 한 것 같이 초등 예비교사들은 후기형식 조작기 수준으로 충분히 인식하여야 하지만 대부분의 학생들이 인문중심

의 교과를 공부한 이유로 산과 염기의 개념 인지 수준은 낮다고 볼 수 있다. 앞으로 후기 형식적 조작수준으로 도달하기까지는 노력이 필요한 부분이다.

화학반응식의 계수는 반응이 정상적으로 일어났을 때 반응물과 생성물의 정량적인 내용이 정확해야 한다. 균형 반응식에 대한 개념이 부족하여 계수가 없는 중화 반응식이 50.0% 이외에는 낮게는 18.5% 정답률보다 81.5%로 오답률이 훨씬 높았다. Han, et al(2007)이 일정성분 법칙 관련한 화학반응 중에 어떻게 존재하고 생성물이 무엇인지 등의 화학반응에 대한 이해가 부족하다고 지적하였고 생성된 물질이 무엇인지 알지 못하는 상황에서 일정성분과 같은 화합물의 구성의 규칙성을 찾는 것은 쉽지 않다. 화학반응식의 균형 맞추기에 대한 이론적인 지식이 부족한 것 같다. 앞으로 집중해서 가르쳐야 할 내용이기도 하다.

화학반응식에서의 질량관계는 질량이 보존된다는 이론적인 지식이 있어 55.6% 이상에서 83.3%로 대체로 인식하고 있는 것 같다.

각 반응에서 화학반응에서 질량관계는 대체로 50% 이상이 질량이 보존된다고 인식하고 있었다. 특히 기체가 발생하는 연소반응과 산소 발생 그리고 이산화탄소 기체 발생 화학반응은 기체가 되어 날아가 버려서 질량이 보존되지 않는다고 인식하는 학생이 많았다. 따라서 질량이 감소한다고 생각하는 것으로 여러 문헌을 통해서 알려져 있다. Mayer(2011)가 언급한 것과 같이 초등 과학 교과서 3학년 2학기 4단원 물질의 상태에서 8차시 공기는 무게가 있을까? 실험에서처럼 학생들이 고체가 가지는 무게처럼 기체의 경우는 받아들이기가 쉽지 않고 직관적인 생각이 개념을 형성하는 것처럼 고체나 액체보다 더 가볍다는 오개념을 강화시킨다에 공감하며 Hwang and Jeong(2013)이 밀폐된 공간에서의 화학반응에서 발생하는 기체의 반응 전, 후 질량의 보존 확인 실험처럼 직접 실험을 통하여 개념을 형성 할 수

있는 기회가 필요하다. 그러므로 직접 실험을 통하여 개념 형성이 되면 기체 발생시 질량이 보존된다는 정답율이 높을것으로 예상된다. 또한 Kim(1995)이 연소 후 질량 변화에 대한 오개념도 올바른 과학적 개념으로 변화 될것으로 본다. 그리고 다른 화학반응에 비하여 질량관계가 보존된다는 정답을 한 학생이 겨우 50%를 넘었다. 기체가 발생하지 않은 화학반응은 79% 정도가 질량이 보존된다고 답하였다.

화학반응에 있어서 물질의 상태는 화학반응에서 반응의 조건을 만들어 주는 중요한 요소이다. 화학반응 중 반응물질의 경우에는 물질의 상태인 반응물의 상태를 알 수 있으나 반응이 진행되면 물질의 상태를 알기가 쉽지 않다. 따라서 대부분 학생들이 50%를 기준해서 알고 있는 것 같다.

화학반응에서는 반드시 에너지가 수반된다. 열을 방출하기도 하고 또는 열을 흡수하기도 한다.

Kim(1986) 이 언급한것과 같이 물질의 상태변화에 따른 고체가 액체로 변하고 더욱 기체로 변화는 과정은 흡열이고 기체에서 액체로 변하고 더더욱 고체로 변할 때 발열한다고 하였다. 이 발열과 흡열이라는 에너지 변화를 물질의 입자 개념과 연결시켜 고안해야 한다고 한 것처럼 화학반응에서 상태변화는 곧 입자들의 변화라 볼 수 있고 결합을 통해 에너지 흡수, 방출의 관점으로 설명할 수 있다. 특히 본 실험과 같이 알코올과 양초가 산소와 반응하여 전혀 다른 물과 이산화탄소가 만들어지는 화학변화인 연소반응이다. 양초나 알코올이 연소와 같이 화학변화와 함께 열을 발생시키는 반응을 발열 반응이라 볼 수 있다. 양초나 알코올이 연소와 같이 화학변화와 함께 열을 발생시키는 반응을 발열 반응이라 한다.

열의 출입은 화학반응으로부터 발열 또는 흡열 반응을 통해서 화학반응이 이루어진다. 수업을 통하여 중화열은 이론적으로 배워서 실질적으로 만지거나 중화반응 상 확인하기가 쉽지 않으나 중화반응에서 열이 생긴다는 것을 많은 학생이

알고 답하였다.

중화반응, 침전 그리고 연소, 분해반응과 탄산염과 산과의 반응에 대한 학생들의 이해를 알아 보았다. 알코올램프 원료인 알코올과 탄화수소로 이루어진 초를 산소와 반응시키는 연소반응이다. 알코올램프도 마찬가지로 램프의 심지를 통해 올라온 알코올이 열로 기화되고 기화된 알코올의 증기가 공기와 혼합하여 탄다. 연소결과로 생성물은 물과 이산화탄소가 생성된다. 연소반응의 이해는 33%로 대부분 학생은 연소반응을 구분하지 못했다. 연료와 공기 중의 산소와의 화학반응을 이해하지 못하는 것 같다. A, B 두 반응은 잘 알려진 중화반응으로 70.4%, 72.2%로 정답률이 높았다. A 반응은 실생활 일어날 수 있는 사고처치에 대한 내용이고, B 중화반응은 강산과 강염기 중화반응의 대표적인 산-염기 반응이다. C 반응은 이산화탄소를 확인하는 과정에서 석회수인 수산화칼슘을 이용하여 침전반응을 시켜 탄산칼슘을 만들어 뿌옇게 흐려지는 내용으로 학생들이 다른 화학반응의 종류보다 정답률이 낮았다. 촉매를 이용한 과산화수소의 분해반응과 이산화탄소를 만들 수 있는 탄산염과 산과의 반응의 이해는 74.1%와 61.1% 다소 이해하는 것 같다.

화학 반응의 유형은 크게 결합, 분해, 치환 등으로 구분할 수 있다. 반응의 유형은 대체로 잘 알지 못하였다. 흔히 사용하고 경험 한 중화반응의 예는 전형적인 이중치환반응으로 정답률이 59.6%, 55.6%로 절반을 넘었다. 또한 이산화망가니즈(MnO₂) 촉매에 의한 과산화수소 분해반응은 한 물질이 산소와 물로 나뉘는 분해반응으로서 정답을 선택하기가 쉬워서 정답률이 68.5%로 절반보다 약간 높았다. 따라서 반응의 유형이 명확한 결합, 분해, 단일, 이중 치환 반응의 유형은 쉽게 알 수 있지만 혼합된 화합물의 경우에는 선택하기가 어렵다. 그러므로 생성물이 만들어지는 과정에 따라서 선택할 수밖에 없다. 화학반응의 유형 또는 분류에 대하여 더 자세하게 알아볼 필요가 있다.

2. 제언

교육대학교 특성상 학생 구성이 과학을 어려워하는 90% 이상이 문과출신으로 이루어져있다. 그래서 학생들도 이공계 과목을 배우는 것도 어렵지만 기본적으로 배우지 못한 내용이라 교수가 학생을 가르치기도 쉽지 않다. 특히 화학은 기초학문으로써 화학에 대한 기초지식도 갖추지 못한 상태에서 초등예비교사로서 많은 과목을 배워야 하기 때문에 대학 내에서 화학에 대한 배정된 시간이 적어 화학반응에 대한 자세한 내용을 배우기가 현실적으로 어려운 상황이다. 앞에서 언급한 여러 선행연구들에서 지적된 것처럼 예비교사들의 화학반응에 대한 지식 부족이 현장 수업에 영향을 줄 수 있는 만큼 개인적으로 지식습득 노력이 필요하다. 따라서 Kwon(2009)이 강조한 것 같이 바람직한 과학교육이 가능하려면 과학적인 개념이 과학교육과정과 교과서에 잘 구현되어 있어야 교사가 잘 가르칠 수 있는 것 같이, 교육과정 속에서의 체계적인 기초이론 수업을 통해 올바른 과학교육 개념 지도가 필요하고, 필요시 보충강의 등을 통해 기본적인 지식습득이 필요하다.

그리고 과학 오개념 형성에 대해서는 Kim(2018)이 교사들의 과학 오개념에 관한 지식과 교정전략에서 강조한 초등교사들의 과학개념변화 과정 패턴에 대한 지식증진 교수전략이 필요하다고 하였고, 그러기 위해서는 교사, 학생대상으로 사전 오개념 진단이 선결 되어야하고 그 진단 결과를 통하여 올바른 과학적 개념 변화를 알기 위해서 Kim(1995)이 말한 사전에 다양한 과학사 프로그램 수강 필요성, 실험을 통한 수업현장 경험 등을 통하여 초기 과학 개념 형성을 위해 개념 변화과정을 지속적으로 관찰하고 확인할 필요가 있다고 본다.

References

- Chemistry Textbook Research Society(CTRS, 2008). Foundations of college chemistry. Freedom Academy Publishing Co Inc., Seoul, 149~198.
- Han YH, Lee MS and Paik SH(2007). Comparison of 9th Grade Students' Understanding According to Experiments on the "Law of Definite Proportions" in Science Textbooks. *Journal of Korean Association Research Science Education*, 27(1), 50~58.
- Hang SM and Jeong DH(2013). Problem in Mass Verifying Experiments during Gas Evolving Process and its Solution. *School Science Journal*, 7(1), 25~37.
<https://doi.org/10.15737/ssj.7.1.201302.25>.
- Kang SH and Lee SJ(2005). Various Misconceptions about Acid-Base and Neutralization Concepts of High School Students. *Journal of Research in Curriculum Instruction*, 9(2), 151~167.
- Kim DR(2018). Knowledge about Science Misconceptions and views on Correctional Strategies of Elementary Pre-service and In-service Teachers. *Journal fo Fishries and Marine Science Education*, 30(2). 395~408.
<https://doi.org/10.13000/JFMSE.2018.04.30.2.395>.
- Kim DW(1995). The Effectiveness of Teaching Program of the History of Science for Prescribing Misconceptions on Combustion. *Journal fo Korean Elementary Science Education*, 14(2). 135~148.
- Kim GU(1986a). Considerations for establishing the concept of energy. *Science-mathematics Education Journal*. 3. 7~14.
- Kim JY, Shin AK, Park KT and Choi BS(2001). The Effects of Science Inquiry Experiments Emphasizing Social Interactions and the Analysis of Social Interactions by Cognitive Level of the Students. 45(5), *Journal of the Korean Chemical Society*, 45(5), 470~480.
- Kim SS and Lee YS(2016). The Effect of Elementary Pre-service Teacher's Science Concept Level on the Teaching Difficulty, Teaching Satisfaction, and Class Evaluation. *Journal of korean Society of Earth Science Education*, 9(3), 352~363.
<https://doi.org/10.15523/JKSESE.2016.9.3.352>.
- Kim YS(2009). A study on carbon dioxide Graduate School of industry, 23.
- Kim HJ, Lee KS, Sung BN and Cho BH(1986b). *Encyclopaedia physica-chemica*. Buk Kyung Publishing Co Inc., Seoul, 156~177, 182~185.
- Kim SO(1979). A Problem in Oxygen Production in Primary Scho ol Natural Science Education. *Cheongju National University of Education Review Research*, 16, 341~350.
- Kim YS, Yu CS, Song SM and Lee YS(2012). Pre-service Teachers' Conceptions of Good Teaching. *Busan National University of Education, Journal of Science Education*, 27, 271~286.
- Kwon N(2009). Comparison of Science Curriculum' and Elementary Textbooks' Representations and Elementary Teachers' Conceptions and Cognitions about Force Concept. *The Journal of Education*, 22(1), 1~14.
- Lee HJ and Choi WH(2011). Research of Pre-Service Teachers' Understanding About the Chemistry Concept and Analysis of Incorrect Responses: Focus on Middle School Curriculum. *Journal of the Korean Chemical Society*, 55(6), 1030~1041.
<https://doi.org/10.5012/jkcs.2011.55.6.1030>.
- Lee SH and Lim CW(1997). Preservice Elementary Teachers' Understanding on the basic Science Concepts. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 16(2), 325~339.
- Lee SK, Kwon JG, Kim KM and Park KT(2002). Investigation of Undergraduate Students' Understanding on Fundamental Chemical Reaction Based on Electron Flow. *Journal of the Korean Chemical Society*, 46(3), 279~286.
- Lim JK(2006). A Study on the Characteristics of Lesson Sessions and the Professional Development Process of Science Teachers Who Conduct Interesting lessons. Graduate School of Education Korea National University of Education.
- Mayer(2011). Addressing Students' Misconceptions about Gases, Mass, and Composition. *Journal of Chemical Education*, 88(1), 111~1115.
- Ministry of Education(MOE, 2015). Science 5-2. instructions for teachers, MIRAN-N Publishing Co Inc., Seoul, 101-102, 238-283.
- Ministry of Education(MOE, 2018a). Science 3-1. instructions for teachers, Visang Publishing Co Inc., Seoul, 116~119.
- Ministry of Education(MOE, 2018b). Science 4-1.

- instructions for teachers, Visang Publishing Co Inc., Seoul, 270~273.
- Ministry of Education(MOE, 2019a). Science 5-2. instructions for teachers, CHUNJAE Publishing Co Inc., Seoul, 266~277.
- Ministry of Education(MOE, 2019b). Science 6-1. instructions for teachers, CHUNJAE Publishing Co Inc., Seoul, 144~157, 170~173.
- Ministry of Education(MOE, 2019c). Science 6-2 instructions for teachers: CHUNJAE Publishing Co Inc., Seoul, 156~177, 182~185.
- Nakhleh MB(1992). Why some students don't learn chemistry. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 191~196.
- Nam JH and Lim JH(2006). Secondary School and University Students' Understanding about the nature of Chemical Reaction. *Journal of Research in Curriculum Instruction*, 10(12), 89~104.
- Noh YJ(2011). Pre-service Teachers' Conceptual Understanding on Exothermic and Endothermic Reaction and Analysis of Corresponding Contents in Science Textbooks. Graduate School of Education Ewha Womans University.
- Park HM, Suh JS and Jeong DH(2007). Investigation of Volume Increase Followed by Acid-Base Neutralization. *School Science Journal*, 1(1), 5~11.
- Sunzan Budavari et al.(1996). *The Merck Index*, 12th, Merck & Co., Inc.
- Ueno K(1993). Why do chemical reactions occur? Academy Publishing Co Inc., Seoul, 37, 51, 55, 57, 61, 181.
- Woo IS(1996). Burning Rate of methyl and Ethyl Alcohols. *J. Kor. Inst. Fire Sci. Eng.*, 10(1), 44~48.
- Yoon SG(2005). Study of High School Students' Understanding of the Concepts Related to the Chemical Reaction. Graduate School of Education, Pusan National University.
-
- Received : 10 November, 2021
 - Revised : 15 December, 2021
 - Accepted : 21 December, 2021