



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](#)

碩士學位論文

산-염기반응 화학평형에 대한  
학생들의 이해도 조사

濟州大學校 教育大學院

化學教育專攻

玄 恩 鈺

2016年 8月

석사 학위논문 등표지

	산   염기반응   화학평형에   대한   학생들의   이해도조사   玄   恩   鉦   二〇一六	
--	---	--

# 산-염기반응 화학평형에 대한 학생들의 이해도 조사

指導教授 姜 昌 禧

玄 恩 鈺

이 論文을 教育學 碩士學位 論文으로 提出함

2016年 6月

玄恩鈺의 教育學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 \_\_\_\_\_ ①

委 員 \_\_\_\_\_ ①

委 員 \_\_\_\_\_ ①

濟州大學校 教育大學院

2016年 6月

# A study of student's understanding on Chemical Equilibrium of Acid-Base Reaction

Eun-Ok Hyun

(Supervised by professor Chang-Hee Kang)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the degree of  
Master of Education

2016. 6.

This thesis has been examined and approved.

.....  
Thesis director, Duck-Su Kim, Prof. of education of chemistry

.....  
.....  
.....  
(Name and signature)

.....  
Date

MAJOR OF CHEMICAL EDUCATION  
GRADUATE SCHOOL OF EDUCATION  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

## 국문초록

교수-학습방법에 도움을 주기 위해 화학에서 매우 중요하게 다루고 있는 ‘산-염기반응’에 대해 학생들의 이해도를 조사하였고, 정개념과 오개념의 유형을 분석하였다. 이를 위해 이해도 조사에 필요한 문항들을 개발하였고, 자연계열 대학생들을 대상으로 설문조사를 실시한 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

‘산-염기반응’에 대한 이해도 조사 결과 대체적으로 학생들의 이해도가 높게 나타났고, 특히 평형상태에 도달했을 때의 속도를 묻는 문항에 대한 이해도가 높게 나타났다. 주된 오개념은 이온화상수와 관련성을 묻는 질문에서 높게 나타났으며 이러한 오개념은 모든 문항에서 고르게 나타나 오개념이 후속 학습에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

‘중화반응 화학종과 산-염기 당량’에 대한 이해도 조사에서는 중화반응에서 존재하는 화학종에 대한 이해도가 가장 높게 나타났다. 농도(M)와 부피(V)의 관계에 대한 이해도는 비교적 높게 나타났지만, 다가산과 다가염기의 중화반응에서는 이들의 양적관계에 대한 학습이 보충되어야 할 것으로 판단된다.

‘공통이온 효과’에 대한 이해도 조사 결과 정답율과 오답율이 비슷한 수준을 보였다. 오개념의 원인은 르샤틀리에의 원리에 대한 이해도가 다소 미흡하기 때문인 것으로 판단되며, 공통이온효과를 르샤틀리에의 원리와 연관시켜 이해시킨다면 오개념이 교정될 것으로 판단된다.

‘중화점에서 pH의 변화’에 대한 이해도 조사 결과 다른 문항에 비해 비교적 정답율이 높게 나타났으나, 정답을 선택한 학생들 중에서도 수용액 상에서 염의 가수분해 반응에 대한 이해도가 낮고, 단순한 암기식 이해에 의해 정답을 선택한 것으로 나타났다.

# - 목 차 -

국문초록 .....	i
표목차 .....	iv
그림목차 .....	iv
<b>I. 서론</b> .....	1
<b>II. 이론적 배경</b>	
1. 구성주의 학습이론과 오개념 .....	3
1-1. 구성주의 학습이론과 오개념 .....	3
1-2. 오개념 형성의 원인 .....	4
1-3. 오개념의 특징 .....	6
2. 선행연구 고찰 .....	7
<b>III. 연구 방법 및 절차</b>	
1. 문항 개발 및 대상 선정 .....	9
2. 검사 도구 .....	9
3. 연구 절차 .....	12
4. 연구 내용 .....	13
5. 이해도 조사 결과 분석 .....	13
<b>IV. 연구 결과 및 고찰</b>	
1. 산-염기반응 및 화학평형 이해도 .....	14

2. 중화반응 화학종과 산-염기 당량 .....	38
3. 공통이온효과 이해도 .....	53
4. 중화점에서의 pH 변화 .....	58
<b>V. 결론 및 제언</b> .....	70
<b>참 고 문 헌</b> .....	72
<b>부 록</b>	
부록1. 산-염기 개념 조사 문항지 .....	74
<b>Abstract</b> .....	81

## <표목차>

표 1. 설문 문항 내용과 구성 .....	11
표 2. 연구 절차 .....	12
표 3. 1번 문항에 대한 이유 진술내용과 개념 유형 .....	17
표 4. 2번 문항에 대한 이유 진술내용과 개념 유형 .....	22
표 5. 3번 문항에 대한 이유 진술내용과 개념 유형 .....	27
표 6. 4번 문항에 대한 이유 진술내용과 개념 유형 .....	33
표 7. 5번 문항에 대한 이유 진술내용과 개념 유형 .....	40
표 8. 6번 문항에 대한 이유 진술내용과 개념 유형 .....	45
표 9. 7번 문항에 대한 이유 진술내용과 개념 유형 .....	49
표 10. 8번 문항에 대한 이유 진술내용과 개념 유형 .....	55
표 11. 9번 문항에 대한 이유 진술내용과 개념 유형 .....	60
표 12. 10번 문항에 대한 이유 진술내용과 개념 유형 .....	65

## <그림목차>

그림 1. 1번 문항에 대한 응답률 .....	16
그림 2. 2번 문항에 대한 응답률 .....	21
그림 3. 3번 문항에 대한 응답률 .....	26
그림 4. 학생이 제시한 약염기의 시간에 따른 농도 변화 그래프 .....	28
그림 5. 학생이 제시한 약염기의 시간에 따른 농도 변화 그래프 .....	29
그림 6. 4번 문항에 대한 응답률 .....	32
그림 7. 학생이 제시한 평형상태에서의 속도 그래프 .....	34
그림 8. 문항 1 ~ 문항 4의 정답율과 오답율 .....	36
그림 9. 5번 문항에 대한 응답률 .....	39
그림 10. 6번 문항에 대한 응답률 .....	44
그림 11. 7번 문항에 대한 응답률 .....	48

그림 12. 문항 5 ~ 문항 7의 정답율과 오답율 .....	51
그림 13. 8번 문항에 대한 응답률 .....	54
그림 14. 9번 문항에 대한 응답률 .....	59
그림 15. 10번 문항에 대한 응답률 .....	64
그림 16. 문항 9 ~ 문항 10의 정답율과 오답율 .....	68

## I. 서론

구성주의 교육에서의 학습은 교사가 학습의 주체가 되어 학습자에게 정보를 전달하고 학습자는 교사를 통해 정보를 전달받고 습득하는 수동적인 존재가 아니라, 학습자가 학습의 주체가 되어서 자신의 경험으로부터의 지식과 의미를 재구성해나가는 과정이다. 이때 교사는 학습자가 가지고 있는 생각이나 지식을 발견할 수 있는 조력자 역할을 한다. 그러므로 교수-학습에 있어서 교사는 학습 주제에 관련된 개념에 대하여 학습자가 어떤 선 개념을 가지고 있는가를 파악하는 것은 대단히 중요하다(강두원, 1998).

우리나라의 경우 나선형 교육과정을 채택하고 있으므로 학년이 높아지면서 동일한 개념에 대한 반복 학습을 하게 된다(이지현 2008). 이러한 반복 학습에 의해 학습자들에게는 다양한 선 개념이 자리 잡게 된다. 특히 화학 분야에서 산-염기의 경우 과일, 의약품, 샴푸, 비누, 제산제 등 일상생활에서 다양하게 이용되고 있고 쉽게 접하고 있다. 그리고 산-염기라는 주제는 초등학교에서부터 대학교에 이르기까지 주제는 유사하나 수준이 향상된 내용으로 반복적해서 다루지고 있다. 이러한 결과로 산-염기 반응은 학생들이 개념을 내면화시키는 과정에서 일상생활에서 자주 접하는 자연현상과 직관적 관념을 추리, 이해하려는 경향이 있다(홍승아 2003). 따라서 이러한 관념이 오개념으로 자리 잡을 경우 교사가 가르치고자 하는 과학적 접근방법과 일치하지 않아서 후속 학습에 방해가 되는 결과를 초래할 수 있다.

이때, 오개념이란 학습자가 어떤 현상이나 사건에 대해 일반적으로 타당하다고 여겨지고 있는 설명과 불일치하는 믿음을 말하는데, 학습자의 오개념은 한순간이 아닌 오랜 시간에 걸쳐 고정관념으로 고착되어 쉽게 사라지지 않는다. 그러므로 새로운 정보나 지식을 접하게 될 때, 학습자는 자신이 알고 있는 오개념에 근거하여 해석하려하기 때문에 새로운 정보나 지식을 이해하고 받아들이는데 어려움을 수반하게 된다.

산-염기반응의 경우 거시적 측면이 아닌 미시적 측면을 다루고 있어 추상적인 특성을 가지고 있으므로 학생들이 개념을 내면화 하는 것에 더욱 많은 어려움이

따르게 된다. 앞선 선행연구에 따르면(이지현 2008, 이순자 1999, 우종옥 1993 등) 화학평형 개념은 인지수준이 후기 형식적 조작 수준에 해당되는 과학적 개념이다. 그러나 학생들의 인지 수준은 후기 형식적 조작 수준에 미치지 못하는 경우가 많아 학습자의 인지수준과 교과수준의 불일치로 학습자들이 개념 이해에 많은 어려움을 느끼게 된다. 또한 대학교 과정에서 대학교 일반화학과 고등학교 화학 교과서에서의 교과수준의 격차가 크기 때문에 학생들이 일반화학을 접하게 되면 올바른 지식의 습득을 어려워하고, 화학에 대한 흥미를 잃어버려 학습에 어려움을 겪는 경우가 많다(송민아 2008). 즉, 학습자들의 인지수준과 교과가 요구하는 인지수준의 격차가 많이 벌어진 상태에서 학습자들은 수업의 내용에 대한 개념이 충분히 습득되지 않고 정량적인 계산이나 문제풀이를 반복하게 된다(이순자 1999). 그러므로 기존의 잘못된 도식에 새로운 개념을 계속 추가시키게 되어 혼란을 느끼게 되는 것이며 올바른 지식의 습득은 더욱 어려워지고 내용에 대한 이해 부족으로 인하여 학습자들의 학습 흥미가 더욱 떨어지게 된다.

본 연구는 산-염기반응 화학평형에 대한 학생들의 이해도를 평가하고 오개념 유형과 그 원인을 밝히기 위한 목적으로 수행되었다. 이를 위해 새롭게 개발한 산-염기반응 화학평형 관련 문항과 기존의 타 관련 연구들에서 제시된 문항들을 적절히 수정, 보완하여 새로운 문항들을 개발하였다. 그리고 이를 이용하여 교육 현장에서 학습자를 대상으로 설문조사를 실시하였고, 이를 통해 학생들의 이해도를 파악하고자 하였다. 이러한 연구 결과는 산-염기반응에 대한 학습자들의 이해도 파악은 물론 산-염기반응에 대한 교수-학습 방법에 도움을 줄 수 있는 유익한 자료로 활용될 수 있을 것으로 보인다.

## II. 이론적 배경

### 1. 구성주의 학습이론과 오개념

#### 1-1. 구성주의 학습이론과 오개념

Ausubel (1978)에 의하면 “학습에 영향을 미치는 가장 중요한 요인은 학습자가 이미 알고 있는 선 개념이다. 그러므로 선 개념에 대한 것을 찾아내고 오개념에 따라서 가르쳐야 한다.”

구성주의 학습이론에 의하면 학습자들은 백지상태가 아니며 이미 사회적, 문화적, 환경적인 상호작용으로 인하여 선 개념을 가지고 있다. 교사는 학습자가 이미 가지고 있는 선 개념 중 오개념을 파악하여 오개념과 배워 나가야 할 올바른 지식 사이의 상호작용을 이끌어 낼 수 있어야 한다. 교실에서의 학습은 이러한 상호작용을 통해 기존의 오개념이 바뀌거나 수정되는 과정으로 생각하므로 학습자들이 가지고 있는 선 개념은 외부로부터 주어진 정보를 단순히 누적시킨 결과가 아니라 외부로부터 주어진 정보에 새로운 의미를 부여하여 기존의 선 개념을 새롭게 조직화 한 상태라고 볼 수 있다(이지현 2008).

이때, 학습자들은 모두 동일한 오개념을 지닐 수는 없다. 그러한 이유는 학습자가 가지고 있는 선 개념은 이미 오랜 기간에 걸쳐 외부와의 상호작용으로 학습자가 습득한 지식이 자신의 인지구조와의 새로운 상호작용으로 인해 만들어진 지식체계이기 때문이다. 그러하기 때문에 학습자가 가지고 있는 오개념은 개인적이고 주관적이라고 할 수 있다. 구성주의적 과학교육에서는 학습자가 가지고 있는 오개념을 올바른 개념으로 바꾸어 주는 데 목적이 있기 때문에 학습자가 가지고 있는 오개념이 어떤 특성을 가지고 있으며, 어떻게 형성되었는가에 대해서 아는 것이 매우 중요하다.

여기서의 오개념이란 학습자 개인의 인지구조 속에 내면화 되어있으며 과학자들, 혹은 교과서가 공인하는 개념과 다른 개념의 의미이다. 과학자들이 가지고 있는 개념이라고 할지라도 반드시 옳다고 할 수 없으므로 학습자들의 생각이 반

드시 오개념이며 과학자들이 가진 생각은 오개념이 아니라고 하는 절대적인 기준은 아니다.

## 1-2. 오개념 형성의 원인

학생들의 오개념 형성의 원인에 대하여 정완호(1993), 이준호(2014)는 학습자 요인과 환경적 요인으로 구분하였고, 권재술(1998), 정채윤(2002)은 내적요인과 외적요인으로 구분하였다.

다음은 이러한 여러 선행연구를 종합하여 정리하였다.

### 1) 학습자 요인

첫 번째는 논리적 조작 능력의 미숙이다. piaget의 인지발달이론에 의하면 학습은 학습자의 인지기능을 토대로 사회적, 물리적 상호작용을 통해 얻은 자신의 경험으로 지식을 구성하고 성장시켜 나가는 것이라고 했다. 그러므로 학습이 이루어지기 위해서는 학습자들은 학습과제에 알맞은 수준의 인지발달이 이루어져야 한다. 만약 학습과제가 인지발달 수준보다 높은 수준을 요구하게 되면 학습자들은 자신의 인지 도식에 맞게 해석하려 하기 때문에 오개념이 나타난다.

두 번째는 학습자들의 지각 우의적 사고이다. 학습자들은 문제에 직면했을 때, 관찰이 가능한 특징만을 받아들여 생각하게 되어 쉽게 감지되지 않는 현상을 다루는 학습에 대해 많은 어려움을 느끼게 된다(Gillbert et al., 1982). 그러므로 제한된 범위 안에서의 주의집중으로 인해 올바른 개념적 사실과는 다른 오개념을 쉽게 형성하게 되는 것이다.

세 번째는 제한된 주의집중이다. 학습자들이 전체적인 상황은 생각하지 않고, 좁은 범위 안에서만 주의를 집중하여 제한된 범위 안에서 현상에 대한 경험이 일어난다(홍승아 2003).

네 번째는 변화 상태에만 집중하는 것이다. 학습자들은 움직이지 않는 물체에 관해서는 힘이 작용하지 않는다고 생각하는데, 이는 학습자들이 평형 상태에서의 상호작용을 이해하지 못하고 변화하는 상태에만 관심을 갖는 경향을 가지고 있

기 때문이다(Driver et al., 1985).

다섯 번째는 성급한 일반화이다. 학습자들은 비분적이거나 비조건, 통제적인 관찰 결과에 대해서 심사숙고하지 않고 일반적인 생각에 의존하여 나타난 현상에 대하여 성급하게 결론을 이끌어 내거나 과도하게 일반화하여 그릇된 개념을 형성할 수 있다(박연욱 2012).

여섯 번째는 근접성에 대한 사고이다. 학습자들의 의식 속에서 시간적, 혹은 공간적으로 밀접하게 연관되어 있는 관념들의 통합이 쉽게 일어난다(Driver et al., 1985). 그러므로 사건이 시간적, 혹은 공간적으로 근접하게 연관되어 일어날 때 이와 연관된 관념들 사이의 연합으로 인해 오개념이 형성되기도 한다(박연욱 2012).

일곱 번째는 사건의 순차성에 대한 선호이다. 학습자들이 뉴턴의 작용과 반작용법칙에서 작용을 파악하거나 동시에 반작용이 존재한다는 것을 깨닫지 못하는 경우이다(박연욱 2012). 이는 학습자들이 현상을 이해할 때 사건의 동시성이나 가역성에 대한 어려움을 느끼게 되어 시간에 따른 순차적인 인과관계에만 의존하기 때문이다.

여덟 번째는 언어의 의미적 차이이다. 학습자들은 과학에서 사용되는 단어의 의미가 명확해지기 전에 일상생활에서 가지고 있던 기대체계를 바탕으로 개념을 직관적으로 획득한다(조희형 1984). 그러므로 일상생활 속 단어와 과학에서 사용되는 의미의 단어가 다를 경우 오개념이 형성되는 경우로, 물리에서의 힘을 배울 때 일상생활에서의 힘과 과학에서의 힘의 의미적 차이에 의해 혼동을 느끼는 경우이다.

## 2. 환경적 요인

첫 번째는 교사이다. 학습자들이 과학지식을 많이 습득하게 되는 경우는 교수-학습에 의한 경우이다. 수업을 통해 학습자들은 새로운 내용을 배우게 되고 새로운 과학지식이 형성되는데, 이때 교사가 올바른 개념을 가지지 않고 있으면 이는 직접적으로 학생들에게 영향을 준다(Berg & Brouwer, 1991).

두 번째는 교과서이다. 과학자들에 의해 진술된 교과서의 개념구조는 학습자들

의 지식 체계와는 다를 수 있어(홍승아 2003), 교과서 내용 속 개념에 대한 불분명한 설명이나 부정확한 용어가 사용된 경우 학습자들의 오개념 형성의 원인이 될 수 있다.

세 번째는 언어의 모호성에 의한 것이다. 학생들이 물리에서 힘을 배울 때, 일상생활에서의 힘과의 혼동으로 많은 어려움을 겪는다. 그 이유는 일상생활 속 언어가 그대로 사용되지만 그 단어가 지닌 개념의 불확실성 때문에 학습자들은 일반적으로 알고 있는 단어의 의미로 이해하기 하기 때문이다.

네 번째는 관찰과 실험에 관한 것이다. 학습자들은 과학자들과 달리 통제된 곳에서의 정밀한 실험이 어려운 경우가 많기 때문에(이준호 2014), 정확한 실험값을 얻기가 어려운 경우가 많아 실제 올바른 개념에서의 혼동이 오개념으로 자리 잡을 수 있다.

## 1-2. 오개념의 특징

오개념에 대한 특징에 관한 선행연구들의 연구 결과에 의하면 학생들의 오개념은 다음과 같은 여러 가지 특징을 나타내고 있다.

첫 번째는 오개념은 직관적인 특징을 갖는다. 학습자들은 오개념에 대해 정확하게 설명할 수는 없지만 “무튼 그렇다.”, “그럴 것이다.” 등과 같이 논리적으로 틀렸음에도 불구하고 자신의 생각을 버리지 못하는 것이다. 또한 자신의 생각과 반대되는 상황에 직면하게 되더라도 특수한 경우로 간주함으로써 자신의 생각을 고집하는 것이다.

두 번째는 오개념은 개인 특유의 성격을 나타내지만 동시에 일반적으로 나타나는 공통성을 갖는다(박연욱 2012). 학습자들은 어떠한 현상을 관찰하거나 해석하는 과정에서 자신의 경험 속에서 획득한 개념에 의한 영향을 많이 받는다. 이는 자신의 도식 속에서 의미를 재구성해나가기 때문에 오개념은 개인 특유의 것이다. 그러나 오개념 조사 결과에 의하면, 개인적으로 형성된 오개념은 사회 문화적인 배경에 큰 영향을 받지 않고 매우 유사하게 나타나는 것으로 발견된다(박연욱 2012).

세 번째는 오개념은 잠재의식 속 내면화되어있다. 학습자들이 어떠한 현상에 직면하게 될 때, 학습자들은 아무런 생각을 하지 않고 오개념에 유사한 반응을 나타내곤 한다. 이러한 경우 문제에 대해서 자세히 설명해 주면 착각을 했다는 반응을 보이곤 한다. 이는 착각이 하나의 인지적 작용의 결과처럼 작용한 것으로 학습자들의 인지구조는 그러한 착각을 하도록 잠재의식 속에 구조화되어 내면화 되어 있는 것이다.

네 번째는 오개념은 비언어적, 영상적인 특징을 갖는다. 학습자들이 가지고 있는 오개념은 그것을 가지고 있는 학습자일지라도 자신의 생각을 분명하게 언어로 표현하는 것이 불가능하다. 그것은 오개념이 우뇌적인 특징인 비언어적, 직관적, 종합적인 특성을 가지고 있기 때문이다. 교수-학습에서 이루어지는 활동은 좌뇌에서 일어나는 논리적, 분석적, 언어적 사고 과정이 많이 포함되어 있기 때문에(이준호 2014) 학생들의 비언어적인 특성을 갖는 오개념을 교정하는 것은 매우 어렵다. 논리적 분석보다 더 깊은 곳에 자리 잡고 있다는 것은 자신의 인지구조 속에 깊이 자리 잡고 있음을 의미하므로 하나의 오개념을 교정하기 위해서는 학습자의 전체 인지구조에 변화를 가져오지 않고는 어렵다는 의미가 되기도 한다(이준호 2014).

## 2. 선행연구 고찰

홍상미(1998)의 '산-염기 평형과 당량점에 대한 대학생들의 개념조사'연구에서 일반화학을 수강하는 대학생들을 대상으로 수업 전-후에 가지고 있는 산-염기와 중화적정에 개념을 화학평형과 연관시켜 이해하는지에 대한 개념조사를 하였다. 중화점에 대해 학생들은 '중화점은 pH가 7인 점이다.' '염은  $H_3O^+$ 과  $OH^-$ 을 내놓지 않고 항상 중성이다.'와 같은 오개념이 나타났다. 이는 화학평형에 관한 전반적인 이해가 미흡한 것으로 볼 수 있으므로 산-염기와 중화반응에 관한 수업에 앞서 화학평형에 관한 수업이 충분히 이루어 져야 한다고 하였다.

이순자(1999)의 '고등학교 학생들의 산-염기 및 중화 개념에 대한 연구'에서 고등학교 3학년 학생들이 산-염기 및 중화 개념에 대한 오개념을 수업 전과 후에 조사하였는데 학생들은 '염 수용액은 항상 중성을 띤다.' '중화점에서의 용액의

액성은 항상 중성이다.’와 같은 오개념을 나타내었고 이는 화학평형의 개념과 평형상수에 대한 이해가 미흡한 것으로 나타났다. 그러므로 교수-학습 방법에 화학평형의 개념을 적용시켜 설명해야 하며 용어에 대한 정확한 설명과 비유를 통한 수업 전략이 요구된다고 하였다.

홍승아(2003) ‘산-염기 반응에서 화학평형 개념 적용 정도와 중화점에 대한 대학생들의 이해도 조사’에서 40명의 대학생들을 대상으로 학생들이 가지고 있는 선 개념을 조사하였는데, 학생들은 산-염기 이온화 반응의 상태를 올바른 개념보다는 단순 기계적인 암기로 이해하고 있었으며, 중화반응에서도 르샤틀리에의 원리나 염의 가수분해를 제대로 적용하지 못하였다. 그러므로 산-염기의 이온화 반응과 중화반응에 관한 내용을 화학평형과 연관시킬 수 있는 교수-학습 전략개발이 필요하다고 하였다.

백수현(2013) ‘대안 고등학교 1학년 학생들의 산-염기 개념 변화에 대한 연구’에서 대한고등학교 1학년 학생들은 중화반응에서 농도를 산의 세기의 척도로 생각하고 있었으며 중화 반응 시 산과 염기의 농도와 부피 비를 고려하지 않고, 산성 용액을 열이 많은 용액으로 오인하고 있었다. 그러므로 오개념을 정개념으로 변화시키기 위해 다양한 교수 전략을 통한 개념 변화 수업이 일회적으로 끝나는 것이 아니라 반복적으로 실행할 필요가 있다고 하였다.

### Ⅲ. 연구 방법

#### 1. 문항 개발 및 대상 선정

산-염기반응에 관한 학생들의 이해도를 조사하고, 학생들의 산-염기반응 화학 평형에 대한 선개념과 주요 오개념을 분석하였다. 이를 통해 학생들이 잘못 이해하고 있는 주요 오개념들을 파악하고 이를 정개념으로 정립시키는데 필요한 교수-학습 자료로 활용하고자 하였다. 산-염기반응 화학평형에 대한 이해도 평가 문항은 다음과 같이 4가지 주요 주제에 중점을 두고 총 10개의 문항으로 구성된 설문을 개발하였다.

- 1) 산-염기반응에 대한 개념들을 화학평형과 관련시켜 이해하고 있는가?
- 2) 중화반응 평형에서 용액의 화학종과 산-염기의 당량관계를 이해하고 있는가?
- 3) 화학평형과 관련해서 르사틀리에의 원리와 공통이온효과를 이해하고 있는가?
- 4) 중화반응에서 중화점과 pH의 변화를 반응평형과 관련시켜 이해하고 있는가?

산-염기반응에 대한 학생들의 이해도 조사는 산-염기반응에 대한 선행학습이 이루어진 학생들만을 대상으로 하였으며, 제주지역 4년제 대학 자연계열 학생 54명을 선정하여 실시하였다.

#### 2. 검사 도구

사용한 검사 도구는 지필검사 형태의 총 10문항이다. 검사 문항은 홍상미(1998), 홍승아(2003), 백수현(2013), 천재교육 고등학교 화학II교과서의 화학 평형과 산-염기반응에 대한 문항을 참고하여 본 연구에서의 목적에 맞도록 수정, 보완한 후 이용하였다. <문항 1>부터 <문항 4>까지의 선택 문항은 홍승아(2003) '산-염기 반응에서 화학 평형 개념 적용 정도와 중화점에 대한 대학생들의 이해도 조사'에서 검사 문항을 참고하여 수정, 보완 후 사용하였다. <문항

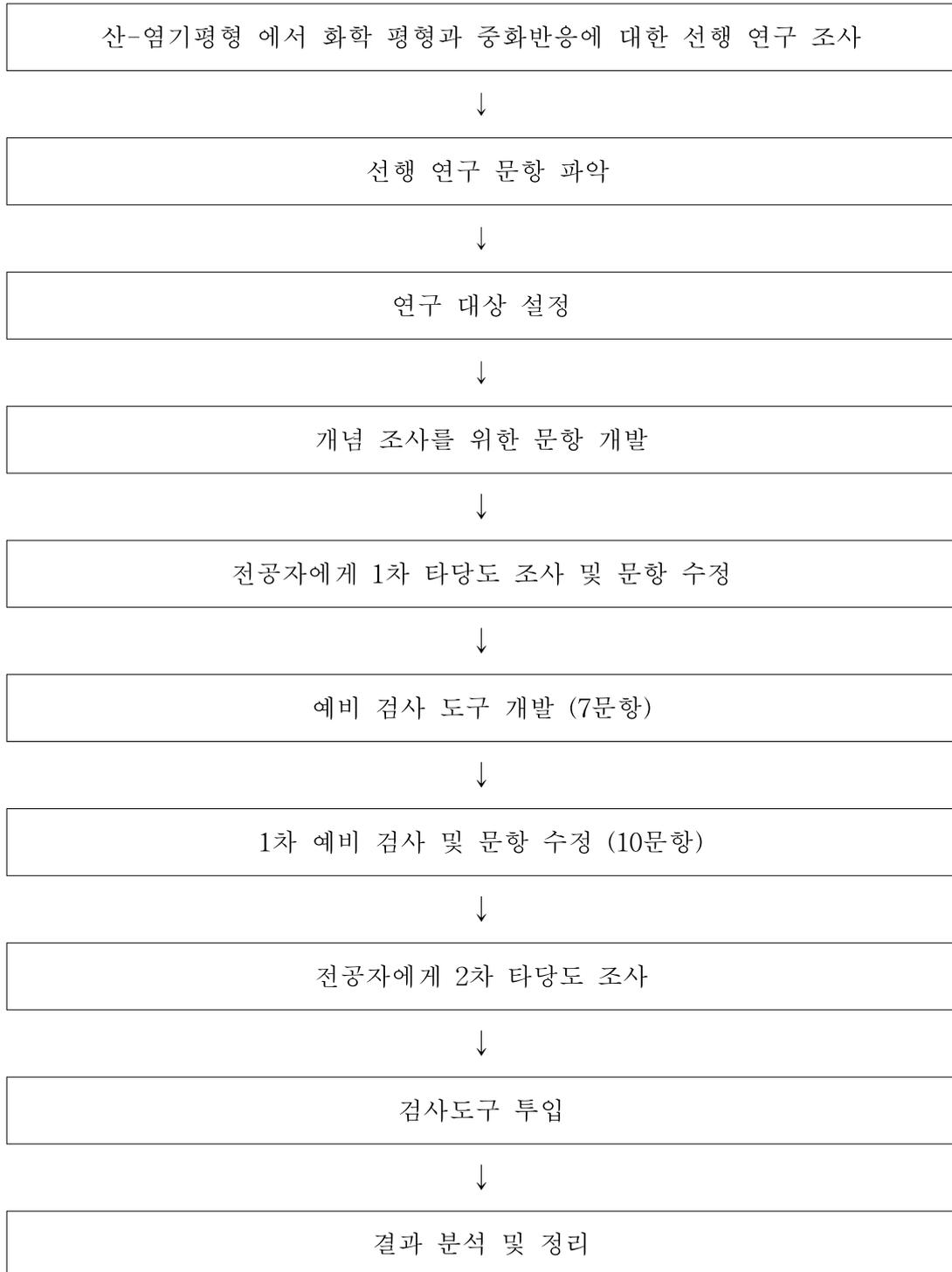
5>부터 <문항 7>까지의 선택 문항은 백수현(2013) ‘대안 고등학교 1학년 학생들의 산-염기 개념 변화에 대한 연구’에서 중화반응에 대한 검사 문항을 참고하여 개발하였고, <문항 8>은 천재교육 화학Ⅱ의 내용을 발췌하였다. <문항 9>과 <문항 10>의 선택 문항은 홍상미(1998) ‘산-염기 반응에서 화학평형 개념 적용 정도와 중화점에 대한 대학생들의 이해도 조사’에서 중화점에서의 pH변화에 대한 검사 문항을 참고하여 작성하였다. 각 문항들은 선다형의 객관식 질문과 정답을 선택한 이유를 묻는 주관식 질문으로 구성하였으며, 정답을 선택한 이유는 학생들이 정답을 선택한 이유에 대하여 분명하게 알아보기 위함이다. 검사도구의 주요 내용과 구성은 <표 1>과 같다. ‘산-염기반응 평형’ 관련 개념 범주 1과, ‘중화반응’에 대한 개념이 범주 2, ‘공통이온 효과’ 대한 개념이 범주 3, ‘중화점에서의 pH변화’에 대한 개념이 범주 4로 구성되어 있다.

<표 1> 설문지 문항 내용과 구성

범주	문항번호	문항 내용	문항 유형
1	1	이온화 평형 반응에서 정반응과 역반응의 속도 변화를 묻는 문항	선택형 및 이유 서술형
	2	화학평형에 도달하기 전까지의 반응물질과 생성물질의 농도 변화를 묻는 문항	
	3	평형상태에 도달했을 때, 반응물질과 생성물질의 양을 묻는 문항	
	4	평형상태에 도달했을 때, 정반응 속도와 역반응 속도를 묻는 문항	
2	5	중화반응 시 존재하는 화학종에 대한 이해도를 묻는 문항	
	6	중화반응 시 산과 염기의 부피 비에 대한 이해도를 묻는 문항	
	7	중화반응 시 다과산과 염기의 양적관계에 대한 이해도를 묻는 문항	
3	8	공통이온효과에 대한 이해도를 묻는 문항	
4	9	약염기에 강산을 가했을 때, 중화점에서의 pH의 이해도를 묻는 문항	
	10	약산에 강염기를 가했을 때, 중화점에서의 PH의 이해도를 묻는 문항	

### 3. 연구 절차

<표 2> 연구 절차



#### 4. 연구 내용

학생들의 산-염기반응 화학평형에 대한 이해는 다음과 같은 내용을 중심으로 분류하여 이해도 개념 유형을 조사하였다.

- 1) 화학평형의 개념을 산-염기의 이온화 반응과정에 잘 적용하고 이해하고 있는지 알아본다.
- 3) 중화반응에 대한 기본 개념을 잘 이해하고 있는가를 알아본다.
- 4) 다가 산과 염기의 중화반응 시 양적관계를 잘 이해하고 있는가를 알아본다.
- 5) 화학 평형의 개념을 공통이온효과에 적용시켜 이해하고 있는가를 알아본다.
- 6) 산-염기 반응의 중화점에서의 pH 변화에 대해 잘 이해하고 있는지 알아본다.

#### 5. 이해도 조사 결과 분석

설문의 문항은 각 객관식 문항에 대한 답을 선택하고 선택의 이유를 주관식으로 서술하는 문항으로 구성하였다. 그리고 객관식 문항에 대한 결과는 문항별로 응답률을 제시하였고, 주관식 응답은 정개념 유형(S)와 오개념 유형(M)으로 구분하여 정리하였다. 정개념은 SS, S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>의 3 가지 유형으로 구분하였고, 이 중 SS는 높은 수준의 정개념, S<sub>1</sub>은 정개념, S<sub>2</sub>은 낮은 수준의 정개념 유형으로 나타내었다. 반면에 오개념 유형은 M<sub>1</sub>~M<sub>4</sub>로 구분하여 정리하였다.

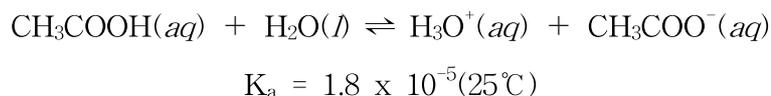
## IV. 연구결과 및 고찰

### 1. 산-염기반응 및 화학평형 이해도

산-염기 물질과 이들의 반응에 대해 적절히 이해하고 있는지, 또 이온화 및 화학평형에 잘 적용하는지 알아보기 위하여 문항을 개발하였다. 산-염기반응 개념과 화학평형에 대한 이해도는 다음의 <문항 1> ~ <문항 4>에서 제시한 바와 같이 대표적인 약산, 약염기 물질인 아세트산과 암모니아를 예로 이들의 이온화과정 및 평형상태에 대한 이해를 묻는 문항으로 평가하였다. 그리고 각 문항에 대한 답변 결과를 종합하여 학생들의 이해도를 분석하였다.

(1) 산-염기 화학평형에서 정반응과 역반응 속도

【문항 1】 아세트산(CH<sub>3</sub>COOH)이 이온화 평형상태에 있을 때의 반응식과 산해리상수이다. 반응식을 참고하여 다음에 답하시오.



이 반응이 화학평형에 도달할 때 정반응과 역반응 속도는 어떻게 변화하는가?

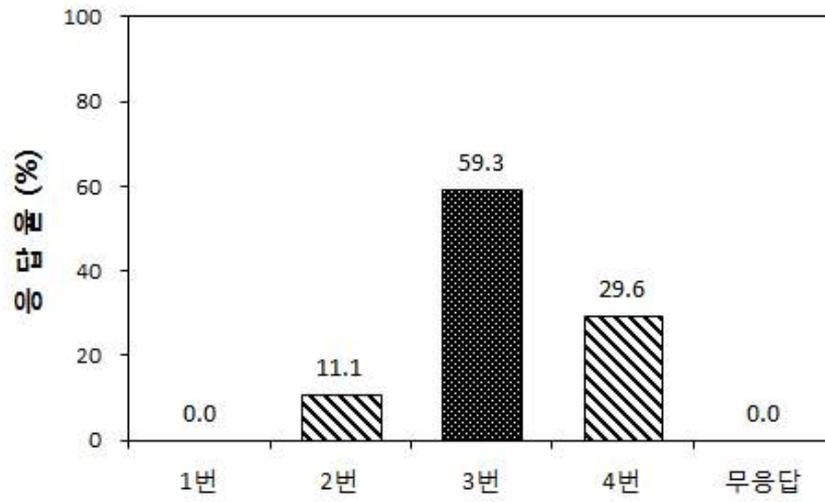
- ① 반응초기에는 정반응 속도가 빠르고 반응이 진행됨에 따라 역반응 속도는 느려진다.
- ② 반응초기에는 정반응 속도와 역반응 속도 모두 빠르다.
- ③ 반응초기에는 정반응 속도가 빠르고 반응이 진행되어 평형상태에 도달하면 정반응 속도와 역반응 속도가 같아진다.
- ④ 반응초기에는 정반응 속도와 역반응 속도 모두 빠르게 진행되었다가 다시 점점 느려진다.

○ 그렇게 생각하는 이유를 적어주세요.

1) 이해도 분석

① 응답률과 개념 유형

산-염기의 화학평형에서 정반응과 역반응 속도 변화에 대한 이해도를 알아보기 위한 <문항 1>의 객관식 응답 분포를 <그림 1>에 나타내었고 이유 진술내용과 개념 유형을 <표 3>에 나타내었다.



<그림 1> 1번 문항에 대한 응답률

<표 3> 1번 문항에 대한 이유 진술내용과 개념 유형

개념 유형	이유 진술	명 (%)
SS	<ul style="list-style-type: none"> <li>반응초기에는 반응물의 양이 많아 정반응 속도가 우세하고 반응이 진행될수록 반응물의 양이 감소하고 생성물의 양이 증가함에 따라 역반응 속도가 점점 빨라지고 평형에서는 정반응과 역반응 속도가 같다.</li> </ul>	14 (25.9)
S <sub>1</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>평형상태는 반응물과 생성물의 농도가 일정하게 유지되어 정반응과 역반응의 속도가 같다.</li> </ul>	10 (18.5)
S <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>평형상태이기 때문이다.</li> </ul>	6 (11.1)
M <sub>1</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>아세트산은 약산이므로 역반응이 우세해 역반응 속도도 빠르다.</li> </ul>	5 (9.3)
M <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>아세트산은 약산이므로 역반응이 우세하게 진행되어 정반응 속도와 비례한다.</li> </ul>	2 (3.7)
M <sub>3</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>반응초기에는 평형상태에 도달하기 위해 빠르게 반응을 하고 평형상태에 도달하게 되면 평형을 유지하기 위해 반응은 초기에 비해 천천히 감소할 것이다.</li> </ul>	4 (7.4)
M <sub>4</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>평형에 도달하기 위해 정반응과 역반응은 같은 속도로 진행된다.</li> </ul>	6 (11.1)
X	<ul style="list-style-type: none"> <li>기타</li> </ul>	2 (3.7)
Y	<ul style="list-style-type: none"> <li>잘 모르겠다.</li> </ul>	5 (9.3)
합계		54 (100)

SS : 높은 수준의 정개념 유형

S<sub>1</sub> : 정개념 유형

S<sub>2</sub> : 낮은 수준의 정개념 유형

M<sub>1</sub>~M<sub>4</sub> : 오개념 유형

## ② 개념 유형 분석

【문항 1】은 약산인 아세트산의 이온화 평형반응에서 정반응과 역반응의 속도 변화에 대한 이해도를 알아보기 위한 문항이다. 반응 초기에는 반응물의 양의 생성물의 양보다 많아 반응물의 농도가 생성물의 농도보다 진하므로 반응 초기에는 정반응이 우세하다. 반응이 화학평형에 가까워질수록 반응물의 양이 점점 감소하고 생성물의 양이 점점 증가함에 따라 역반응 속도가 증가하여 평형상태에 도달하면 정반응 속도와 역반응 속도가 같으므로 ③이 정답이다.

<그림 1>를 보면 59.3%의 학생들이 정반응 속도와 역반응 속도의 진행과정에 대한 이해도가 높았으며 40.7%의 학생들은 이해도가 부족한 것으로 나타났다.

<표 3>의 이유 진술내용을 보면, 25.9%의 학생들은 ‘반응 초기에는 반응물의 양이 생성물의 양보다 많으므로 정반응이 우세하고, 반응이 평형으로 진행될수록 반응물의 양이 감소하고 생성물의 양이 증가하여 역반응 속도가 증가함에 따라 평형에서는 정반응과 역반응 속도가 같다.’라고 기술하였다. 이는 반응초기 반응물과 생성물의 농도에 의한 속도차이를 이해하고 있어 화학평형의 개념을 아세트산의 이온화 평형반응에 잘 적용하였다고 판단하여 높은 정개념 유형(SS)으로 분류하였다. 18.5%의 학생들은 평형상태에 대한 이해도는 높으나 반응 초기 정반응 속도가 우세한 이유에 대한 설명이 미흡하여 정개념 유형(S<sub>1</sub>)으로 분류하였다. 11.1%의 학생들은 ‘평형이기 때문이다.’라고 모호한 이유를 진술하고 있어 정확한 개념을 가지고 있는지 판단하기 어려워 낮은 수준의 정개념 유형(S<sub>2</sub>)으로 분류하였다.

오답율은 ②번 11.1%, ④번 29.6%이며, 오개념 유형은 M<sub>1</sub>~M<sub>4</sub> 까지 4가지 유형으로 나타나고 있다.

M<sub>1</sub>의 오개념은 ‘반응초기에는 정반응 속도와 역반응 속도 모두 빠르다.’를 선택한 학생들에게서 나타난 오개념으로 ‘아세트산은 약산이므로 역반응이 우세해 역반응 속도도 빠르다.’라고 서술하였다. 아세트산의 경우,  $K_a$ 값이  $1.8 \times 10^{-5}$ 로 약산이며, 이온화되는 정도가 작은 물질이다. 즉, 정반응이 진행되어 얼마 이온화하지 않아도 평형에 도달하는 물질이다. M<sub>1</sub>의 학생들은 산-염기의 이온화 평형반응에서 항상 정반응의 속도는 우세하게 진행되며 약산인 아세트산의 경우 이온화상수가 작으므로 역반응도 빠르게 진행되어 반응초기 정반응 속도와 역반응

속도 모두 빠를 것 이라고 생각하는 것으로 판단된다. 이 경우는 이온화상수에 대한 오인이 원인이며, 후속 문항에서 꾸준히 오인을 이끄는 원인으로 보인다.

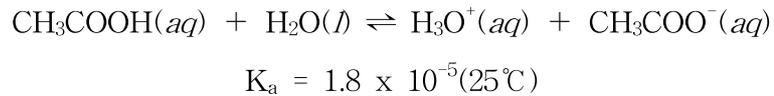
$M_2$ 의 오개념은 ‘반응초기에는 정반응과 역반응 속도 모두 빠르게 진행되었다가 다시 점점 느려진다.’를 선택한 학생들에게서 나타난 오개념으로 ‘아세트산은 약산이므로 역반응이 우세하게 진행되어 정반응과 진행속도는 비례한다.’라고 기술하였다. 이 경우  $M_1$ 의 경우와 비슷한 오개념으로 이온화상수에 대한 이해도가 미흡할 경우 나타난다. 다만,  $M_1$ 은 평형상태로 진행될 때 이온화상수가 작을 경우 정반응과 역반응 속도가 모두 빠르게 진행되어 평형에 도달한다고 생각하는 것이고,  $M_2$ 는 정반응과 역반응이 모두 빠르게 진행됨에 따라 반응물과 생성물의 양이 증가해 다시 정반응과 역반응은 점점 느려진다고 이해하는 경우로 보인다. 평형상태에 대한 개념이 미흡할 경우 나타나는 오인으로 판단된다.

$M_3$ 의 오개념은 ‘반응초기에는 정반응과 역반응 속도 모두 빠르게 진행되었다가 다시 점점 느려진다.’를 선택한 학생들에게서 나타난 오개념으로 ‘반응초기에는 평형상태에 도달하기 위해 빠르게 반응을 하고 평형상태에 도달하게 되면 평형을 유지하기 위해 반응은 초기에 비해 천천히 감소할 것이다.’라고 서술하였다. 이 경우는 이온화상수와 평형상태에 대한 이해가 낮은 경우 나타나는 것으로 판단된다. 반응 초기에는 평형을 이루기 위해 정반응과 역반응이 빠르게 진행되고 평형이 되면 평형을 유지하기 위해 정반응과 역반응 속도가 같이 감소한다고 생각하는 경우로 <문항 2>에 대한 응답에서 오답을 이끄는 원인으로 판단된다.

$M_4$ 의 오개념은 ‘반응초기에는 정반응과 역반응 속도 모두 빠르게 진행되었다가 다시 점점 느려진다.’를 선택한 학생들에게서 나타난 오개념으로 ‘평형에 도달하기 위해 정반응과 역반응은 같은 속도로 진행된다.’라고 서술하였다. 이는 평형에 대한 이해가 미흡할 경우 나타나는 오개념으로 보인다. 평형이 정반응 속도와 역반응 속도가 같은 상태임을 이해하지 못하고 평형으로 도달하는 과정이 정반응과 역반응 속도가 같다고 오인하고 있는 경우이다.

(2) 산-염기 화학평형에서 반응물질과 생성물질의 농도

【문항 2】 아세트산(CH<sub>3</sub>COOH)이 이온화 평형상태에 있을 때의 반응식과 산해리상수이다. 반응식을 참고하여 다음에 답하시오.



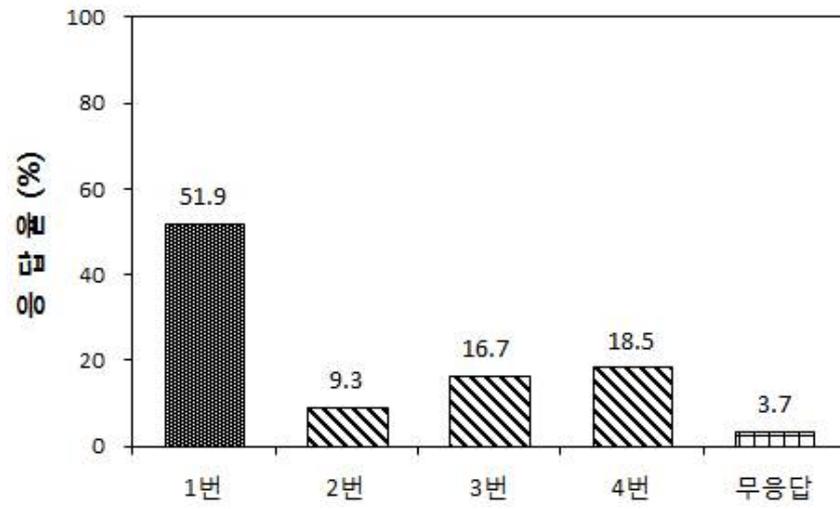
위의 반응에서 반응이 평형상태에 도달하기 전까지의 반응물질과 생성물질의 농도 변화는 어떻게 되는가?

- ① 반응물의 농도는 계속 감소하고, 생성물의 농도는 계속 증가한다.
  - ② 반응물의 농도는 계속 증가하고, 생성물의 농도는 계속 감소한다.
  - ③ 반응물의 농도는 감소하다 증가하고, 생성물의 농도는 증가하다 감소한다.
  - ④ 반응물의 농도는 증가하다 감소하고, 생성물의 농도는 감소하다 증가한다.
- 그렇게 생각한 이유를 적어주세요.

1) 이해도 분석

① 응답률과 개념 유형

산-염기의 화학평형에서 평형에 도달하기 전까지 반응물질과 생성물질의 농도 변화에 대한 이해도를 알아보기 위한 <문항 2>의 객관식 응답 분포를 <그림 2>에 나타내었고 이유 진술내용과 개념 유형을 <표 4>에 나타내었다.



<그림 2> 2번 문항에 대한 응답률

<표 4> 2번 문항에 대한 이유 진술내용과 개념 유형

개념 유형	이유 진술	명 (%)
SS	<ul style="list-style-type: none"> <li>반응 초기에는 정반응 속도가 역반응 속도보다 우세하므로 반응물의 농도는 감소하고 생성물의 농도는 증가한다.</li> </ul>	15 (27.8)
S <sub>1</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>반응물이 반응하여 생성물을 생성하기 때문이다.</li> </ul>	8 (14.9)
M <sub>1</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>아세트산의 이온화상수가 작아 역반응이 우세하기 때문이다.</li> </ul>	5 (9.3)
M <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>정반응이 일어나고 역반응이 일어난다.</li> </ul>	4 (7.4)
M <sub>3</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>아세트산은 약산이므로 정반응이 일어난 다음 역반응이 일어난다.</li> </ul>	5 (9.3)
M <sub>4</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>반응초기에 역반응이 우세하기 때문이다.</li> </ul>	7 (13.0)
X	<ul style="list-style-type: none"> <li>기타</li> </ul>	3 (5.6)
Y	<ul style="list-style-type: none"> <li>잘 모르겠다.</li> </ul>	7 (13.0)
합계		54 (100)

SS : 높은 수준의 정개념 유형

S<sub>1</sub> : 정개념 유형

M<sub>1</sub>~M<sub>4</sub> : 오개념 유형

## ② 개념 유형 분석

【문항 2】는 약산인 아세트산의 이온화 평형반응에서 평형에 도달하기 전까지 반응물질과 생성물질의 농도 변화에 대한 이해도를 알아보기 위한 문항이다. 가역반응은 정반응이 모두 완결된 후, 역반응이 일어나는 것이 아니라 반응물에 의해 생성물이 생성되면 동시에 역반응이 진행되는 과정이다. 초기에는 정반응 속도가 역반응 속도보다 우세하므로 평형에 이르기 전까지 반응물의 농도는 감소하고 생성물의 농도는 증가한다. 그러므로 정답은 ①이다.

<그림 2>에 의하면 51.9%의 학생이 농도 변화에 대한 이해도가 높으나 44.5%의 학생들은 이해도가 부족한 것으로 나타났다.

<표 4>의 이유 진술 내용을 보면 27.8%의 학생들은 ‘반응초기에는 정반응 속도가 역반응 속도보다 우세하므로 반응물의 농도는 감소하고 생성물의 농도는 증가한다.’라고 기술하였다. 이는 반응물과 생성물의 농도에 의한 정반응 속도와 역반응 속도를 동시에 고려하는 것으로 간주하여 높은 수준의 정개념 유형(SS)으로 분류하였다. 14.9%의 학생들은 ‘반응물이 반응하여 생성물을 생성하기 때문이다.’라고 서술하였는데, 이는 반응물이 이온화하여 생성물이 만들어지면 역반응이 진행된다는 것은 이해하고 있었으나, 가역반응에 대한 설명이나 농도 변화에 대한 설명이 미흡해 정개념 유형(S<sub>1</sub>)으로 분류하였다.

오답율은 ②번 9.3%, ③번 16.7%, ④번 18.5%이며, 오개념 유형은 M<sub>1</sub>~M<sub>4</sub>까지 4가지의 유형으로 나타나고 있다.

M<sub>1</sub>의 오개념은 ‘반응물의 농도는 계속 증가하고 생성물의 농도는 계속 감소한다.’를 선택한 학생에게서 나타난 오개념으로 ‘아세트산의 이온화상수가 작아 역반응이 우세하다.’라고 기술하였다. 이는 약산인 아세트산은 이온화상수가 작기 때문에 평형상태에서 반응물의 농도가 생성물의 농도보다 크기 위해서 반응물의 농도는 계속 증가하고 생성물의 농도는 계속 감소해야 한다고 이해하는 경우이다(홍승아 2003). 이온화상수가 작다는 것을 평형상태에 있을 때, 평형이 반응물 쪽으로 많이 치우쳐져 있다고 이해하지 않고 반응 자체가 역반응 쪽으로 진행된다고 오인하는 데서 비롯된 오개념으로 보인다.

M<sub>2</sub>의 오개념은 ‘반응물의 농도는 감소하다 증가하고 생성물의 농도는 증가하다 감소한다.’를 선택한 학생들에게서 나타난 오개념으로 ‘정반응이 일어나고 역

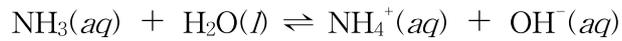
반응이 일어난다.’라고 서술하였다. 이 경우는 반응 초기에는 정반응이 일어나므로 반응물의 농도가 감소하고 생성물의 농도가 증가하고, 생성물의 농도가 많아지면 역반응이 일어나 생성물의 농도가 감소하고 반응물의 농도가 증가한다고 생각하는 경우이다. 가역반응을 정반응이 다 일어난 다음 역반응이 일어나는 경우라고 오인하여 나타나는 것으로 판단된다.

M<sub>3</sub>의 오개념은 ‘반응물의 농도는 감소하다 증가하고 생성물의 농도는 증가하다 감소한다.’를 선택한 학생들에게서 나타난 오개념으로 ‘아세트산은 약산이므로 정반응이 일어난 다음 역반응이 바로 일어난다.’고 기술하였다. 이 경우는 아세트산이 약산이므로 평형에서 반응물의 농도가 생성물의 농도보다 크므로 반응 초기에 정반응에 의해 반응물의 농도는 감소하고 생성물의 농도는 증가하고 생성물의 농도가 많아지면 역반응에 의해 생성물의 농도는 감소하고 반응물의 농도는 증가한다고 생각하는 경우이다. 평형상태에 도달하기 전에 반응 초기에는 정반응이 우세하고 반응 후기에는 역반응이 우세하다고 오인하는 경우이다. 가역반응이 정반응과 역반응이 존재한다는 것은 이해하고 있으나 반응과정에서 정반응과 역반응이 진행된다는 것은 이해하지 못하는 경우로 생각된다.

M<sub>4</sub>의 오개념은 ‘반응물의 농도는 증가하다 감소하고 생성물의 농도는 감소하다 증가한다’를 선택한 학생들에게서 나타난 오개념으로 ‘반응초기에 역반응이 우세하기 때문이다.’라고 서술하였다. 이 경우는 역반응이 완전히 진행된 후 정반응이 일어난다고 생각하는 경우로 아세트산의 이온화상수가 작기 때문에 반응 자체가 역반응으로 진행된다고 오인하는 경우이다. 이온화상수에 근거하여 반응의 진행방향을 오인하는 경우로 보인다.

(3) 산-염기 화학평형에서 반응물질과 생성물질의 양

【문항 3】 암모니아(NH<sub>3</sub>)가 이온화 평형 상태에 있을 때의 반응식과 염기 해리상수이다. 반응식을 참고하여 다음에 답하시오.



$$K_b = 1.8 \times 10^{-5}(25^\circ\text{C})$$

반응이 평형상태에 도달했을 때 반응용기 내에 존재하는 반응물질과 생성물질의 양은 각각 어떻게 되겠는가?

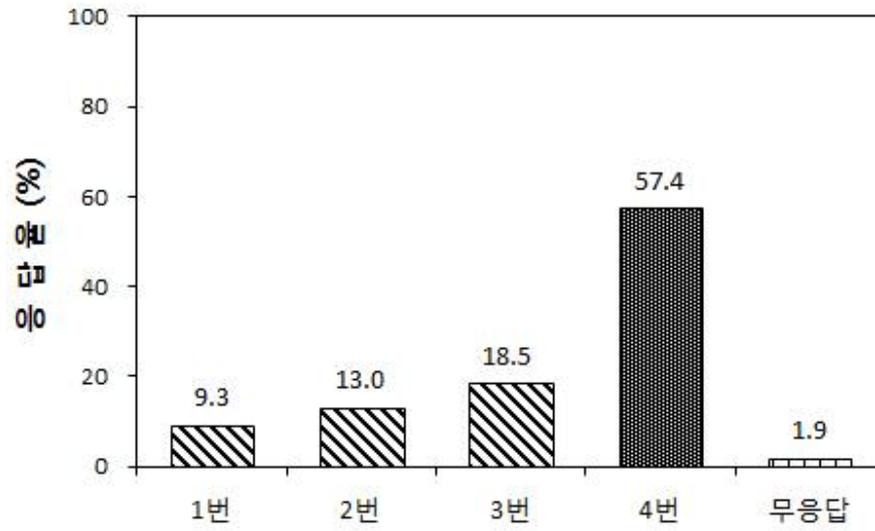
- ① 반응용기 내에는 반응물질만 존재한다.
- ② 반응용기 내에는 생성물질만 존재한다.
- ③ 반응용기 내에 존재하는 반응물질과 생성물질의 농도는 서로 같다.
- ④ 반응용기 내에 존재하는 반응물질과 생성물질의 농도가 일정하게 유지된다.

○ 그렇게 생각한 이유를 적어주세요.

1) 이해도 분석

① 응답률과 개념 유형

산-염기의 이온화 평형 반응에서 평형에 도달했을 때 정반응과 역반응의 양에 대한 이해도를 알아보기 위한 문항 <문항 3>의 객관식 응답 분포를 <그림 3>에 나타내었고 이유 진술내용과 개념 유형을 <표 5>에 나타내었다.



<그림 3> 3번 문항에 대한 응답률

<표 5> 3번 문항에 대한 이유 진술내용과 개념 유형

개념 유형	이유 진술	명(%)
SS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 화학 평형은 동적 평형이므로 농도가 일정하게 유지된다.</li> <li>• 시간에 따른 농도 변화 그래프 제시</li> </ul>	13 (24.1)
S <sub>1</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 농도가 일정하게 유지되어 아무런 일도 일어나지 않는 것처럼 보인다.</li> </ul>	5 (9.3)
M <sub>1</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 반응이 끝나서 농도가 일정하게 유지된다.</li> </ul>	6 (11.1)
M <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시간에 따른 농도 변화 그래프 제시</li> </ul>	7 (13.0)
M <sub>3</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 이온화상수가 작아 역반응이 우세하기 때문이다.</li> </ul>	5 (9.3)
M <sub>4</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 반응물들이 생성물들로 변화했기 때문이다.</li> </ul>	3 (5.6)
M <sub>5</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 화학 평형은 동적 평형이므로 농도가 같다.</li> </ul>	8 (14.8)
X	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기타</li> </ul>	2 (3.7)
Y	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 잘 모르겠다.</li> </ul>	5 (9.3)
합계		54 (100)

SS : 높은 수준의 정개념 유형(SS)

S<sub>1</sub> : 정개념 유형(S<sub>1</sub>)

S<sub>2</sub> : 낮은 수준의 정개념 유형(S<sub>2</sub>)

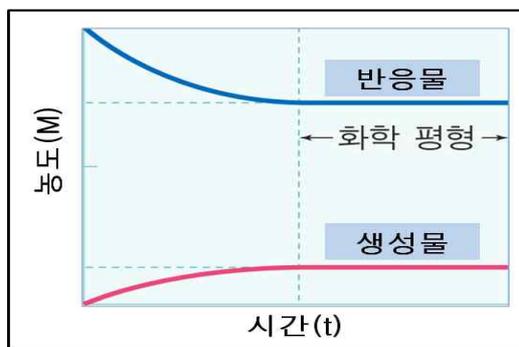
M<sub>1</sub>~M<sub>5</sub> : 오개념 유형

② 개념 유형 분석

【문항 3】은 약염기인 암모니아의 이온화 평형반응에서 평형에 도달했을 때 반응물질과 생성물질의 양에 대한 이해도를 알아보기 위한 문항이다. 화학평형이란 가역 반응이 동적평형을 이루어 반응물과 생성물의 농도가 일정하게 유지되는 상태이므로 평형상태에서 반응용기 내에 존재하는 반응물질과 생성물질의 농도가 일정하게 유지된다. 그러므로 정답은 ④이다.

<그림 3>을 57.4%의 학생들은 이해도가 높은 것으로 나타났으며, 40.8%의 학생들은 이해도가 낮은 것으로 나타났다.

<표 5>의 이유 진술 내용을 보면 24.1%의 학생들은 ‘화학평형은 동적평형이므로 농도가 일정하게 유지된다.’라고 기술하였다. 이는 화학평형의 개념을 동적평형과 적용시켜 농도를 이해하고 있는 것으로 보인다. 또한 시간에 따른 농도변화 그래프를 제시하는 학생들의 경우, 교과서에 제시되어있지 않은 그래프의 유의미한 차이를 그려낼 수 있는 것으로 판단되어 높은 수준의 정개념 유형(SS)으로 분류하였다.



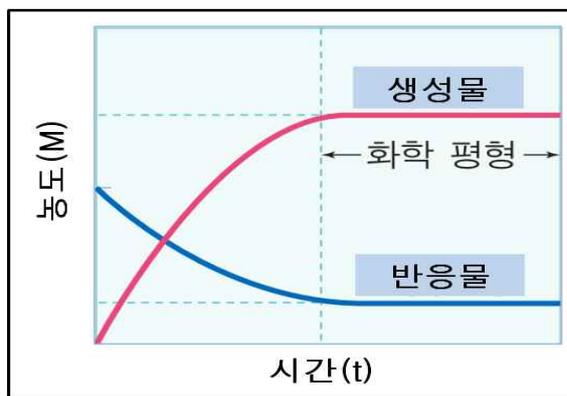
<그림 4> 학생이 제시한 시간에 따른 약염기의 농도 변화

9.3%의 학생들은 이유진술 내용이 미흡하여 낮은 수준의 정개념 유형(S<sub>1</sub>)으로 분류하였다.

오답율은 ①번 9.3%, ②번 13.0%, ③번 18.5%이며, 오개념 유형은 M<sub>1</sub>~M<sub>5</sub> 까지 5가지의 유형으로 나타나고 있다.

M<sub>1</sub>의 오개념은 정답을 맞힌 학생에게서 나타난 오개념으로 ‘반응이 끝나서 농도가 일정하게 유지된다.’라고 서술하였다. 이는 평형상태가 반응이 종결된 상태라고 오인하고 있는 경우로 <문항 4>에 대한 응답에서 오인을 이끄는 원인으로 보인다.

M<sub>2</sub>의 오개념 또한 정답을 맞힌 학생에게서 나타난 오개념으로 시간에 따른 농도그래프를 제시하였다.



<그림 5> 학생이 제시한 시간에 따른 약염기의 농도그래프

학생이 제시한 약염기의 시간에 따른 농도그래프는 평형상태에서 반응물의 농도가 생성물의 농도보다 작다는 것을 의미한다. 이 그래프는 강산과 강염기의 평형상태에서의 농도의 그래프를 제시한 것이다. 화학Ⅱ에서 산-염기의 이온화 반응을 배울 때 접하게 되는 그래프로서 학생들이 약산과 약염기의 경우의 그래프를 접하지 못하였으므로, 그래프의 유의미한 차이를 그려내지 못하는 경우이다. 이는 학생들이 반응메커니즘과 그래프를 정성적이 아닌 정량적으로 이해하고 있는 것으로 보여진다(홍승아 2003).

M<sub>3</sub>의 오개념은 ‘반응용기 내에는 반응물질만 존재한다.’를 선택한 학생들에게서 나타난 오개념으로 ‘이온화상수가 작아 역반응이 우세하기 때문이다.’라고 기술했다. 이 경우는 이온화상수에 대한 오인으로 인해 발생하는 오개념이다. 이온화상수가 작다는 것을 평형상태에 있을 때 반응물 쪽으로 반응이 많이 치우

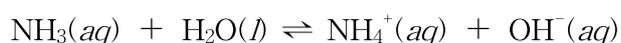
친다고 생각하지 않고 반응초기에 반응이 역반응 쪽으로 진행되어 반응용기 내에는 반응물질만이 존재한다고 생각하는 경우이다.

M<sub>4</sub>의 오개념은 ‘반응용기 내에는 생성물질만 존재한다.’를 선택한 학생들에게서 나타난 오개념으로 ‘반응물들이 생성물들로 변화였기 때문이다.’라고 서술하였다. 이 경우는 반응이 정반응만이 진행되어 평형상태를 정반응이 완결된 상태로 오인하는 것에서 비롯된 것으로 판단된다.

M<sub>5</sub>의 오개념은 ‘반응용기 내에 존재하는 반응물질과 생성물질의 농도는 서로 같다.’를 선택한 학생들에게서 나타난 오개념으로 ‘화학평형은 동적평형이므로 농도가 같다.’라고 서술하였다. 평형상태가 속도가 같으므로 농도 또한 같을 것이라고 생각하거나, 동적 평형의 의미의 혼동으로 인해 동적 평형의 뜻을 농도가 같을 때의 평형이라고 생각하는 것에서 비롯된 오개념으로 보인다.

(4) 산-염기반응 평형상태에서 정반응과 역반응 속도

【문항 4】 암모니아(NH<sub>3</sub>)가 이온화 평형 상태에 있을 때의 반응식과 염기 해리상수이다. 반응식을 참고하여 다음에 답하시오.



$$K_b = 1.8 \times 10^{-5}(25^\circ\text{C})$$

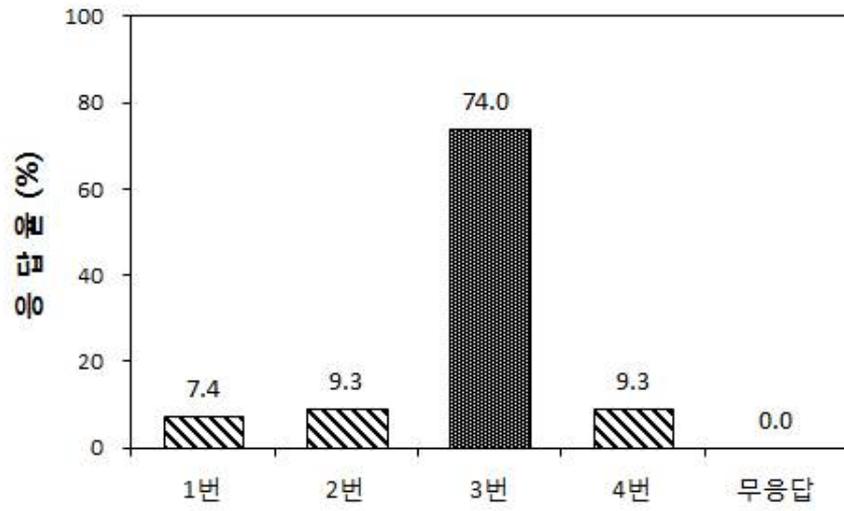
반응이 평형상태에 도달했을 때 정반응 속도와 역반응 속도는 어떻게 되겠는가?

- ① 정반응 속도가 역반응 속도보다 크다.
  - ② 역반응 속도가 정반응 속도보다 크다.
  - ③ 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.
  - ④ 정반응 속도와 역반응 속도는 0이다.
- 그렇게 생각한 이유를 적어주세요.

1) 이해도 분석

① 응답률과 개념 유형

산-염기의 이온화 평형 반응에서 평형에 도달했을 때 정반응 속도와 역반응 속도에 대한 이해도를 알아보기 위한 문항 <문항 4>의 객관식 응답 분포를 <그림 6>에 나타내었고 이유 진술내용과 개념유형을 <표 6>에 나타내었다.



<그림 6> 4번 문항에 대한 응답률

<표 6> 4번 문항에 대한 이유 진술내용과 개념 유형

개념 유형	이유 진술	명(%)
SS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 평형상태에서는 정반응 속도와 역반응 속도가 같기 때문에 반응물과 생성물의 농도가 일정하게 유지된다.</li> <li>• 평형상태에서 시간에 따른 속도그래프 제시</li> </ul>	24 (44.4)
S <sub>1</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 화학 평형은 동적평형이다.</li> </ul>	11 (20.4)
M <sub>1</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정반응은 역반응보다 우세하다.</li> </ul>	3 (5.6)
M <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 약염기이므로 역반응이 우세하다.</li> </ul>	3 (5.6)
M <sub>3</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 평형상태이므로 속도는 0으로 일정하다.</li> </ul>	4 (7.4)
X	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기타</li> </ul>	3 (5.6)
Y	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 잘 모르겠다.</li> </ul>	6 (11.1)
합계		54 (100)

SS : 높은 수준의 정개념 유형

S<sub>1</sub> : 정개념 유형

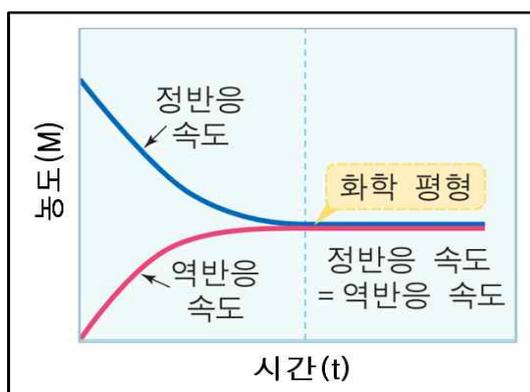
M<sub>1</sub>~M<sub>3</sub> : 오개념 유형

② 개념 유형 분석

【문항 4】는 약염기인 암모니아의 이온화 평형반응에서 평형에 도달했을 때 정반응 속도와 역반응 속도에 대한 이해도를 알아보기 위한 문항이다. 평형상태에서 정반응과 역반응이 일어나지 않는 것처럼 보이나 정반응과 역반응이 끊임 없이 일어나고 있으며, 이때 시간에 따른 변화량이 같으므로 즉, 정반응 속도와 역반응 속도가 서로 같으므로 반응물질과 생성물질의 양이 일정하게 유지 되는 동적평형상태이다. 그러므로 정답은 ③이다.

<그림 6>을 보면 74.0%의 학생들은 이해도가 높고, 26.0%의 학생들은 이해도가 부족한 것으로 나타났다.

<표 6>의 이유진술 내용을 보면 44.4%의 학생들은 ‘평형상태에서는 정반응 속도와 역반응 속도가 같기 때문에 반응물과 생성물의 농도가 일정하다.’라고 기술하였다. 또 다른 경우는 평형상태에서 시간에 따른 속도그래프를 제시할 수 있었다. 이는 평형상태에서의 평형농도와 정반응 속도와 역반응 속도에 대해 정확히 이해한다고 판단되어 높은 정개념 유형(SS)으로 분류하였다.



<그림 7> 학생이 제시한 평형상태에서의 속도그래프

20.4%의 학생들은 ‘화학 평형은 동적평형이다.’라고 단순한 결과적 진술만을 하였으므로 정개념 유형(S<sub>1</sub>)으로 분류하였다.

오답율은 ①번 7.4%, ②번이 9.3%, ④번 9.3%이며, 오개념 유형은 M<sub>1</sub>~M<sub>3</sub> 까

지 총 3가지 유형으로 나타난다.

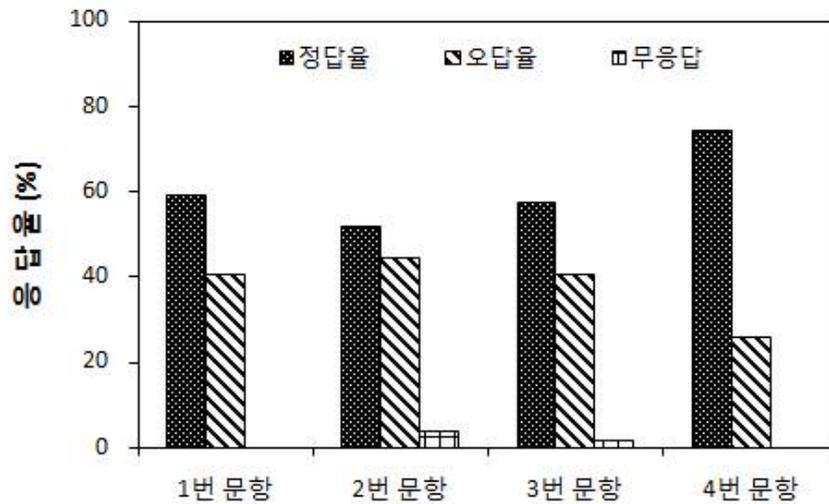
M<sub>1</sub>의 오개념은 ‘정반응 속도가 역반응 속도보다 크다.’를 선택한 학생들에게서 나타난 오개념으로 ‘정반응이 역반응보다 강한반응이다.’라고 서술하였다. 정반응은 역반응보다 강해 생성물을 많이 생성하므로 정반응 속도가 역반응 속도보다 빠르다고 이해하는 경우이다. 이는 정반응=강한반응, 역반응=약한 반응이라는 오개념에서 비롯된 것이다. 화학Ⅱ에서 가역반응을 배우기 전, 화학반응을 비가역으로 학습하기 때문에 화학Ⅱ에 대한 학습이 미흡한 경우 생길 수 있는 오인으로 보여진다.

M<sub>2</sub>의 오개념은 ‘역반응 속도는 정반응 속도보다 크다.’를 선택한 학생들에게서 나타난 오개념으로 ‘암모니아는 약염기이므로 역반응이 우세하다.’라고 기술하였다. 이는 앞선 문항에서도 나타난 바와 같이, 이온화상수에 근거하여 나타나는 오개념이다. 이온화상수는 평형상수의 일종으로서 이온화상수가 작으면 평형상태에 있을 때, 반응물 쪽으로 반응이 치우침을 의미하지 반응의 초기단계가 역반응으로 진행함을 뜻하는 것은 아니다. 처음 평형과 이온화상수를 배우는 화학Ⅱ에서 평형상수의 개념을 평형상수가 크면 정반응이 우세하고, 평형상수가 작으면 역반응이 우세하다고 학습하게 되는데 이때, 평형상수에 대한 정확한 개념학습이 이루어지지 않기 때문에 이온화상수에 의한 학습에서 오인이 생기는 것으로 판단된다.

M<sub>3</sub>의 오개념은 ‘정반응 속도와 역반응 속도는 0이다.’를 선택한 학생들에게서 나타난 오개념으로 ‘평형상태이므로 속도는 0으로 일정하다.’라고 서술하였다. 이 경우는 평형상태에 도달하면 반응이 종결되어 속도가 존재하지 않는다고 생각하는 경우이다. <문항 3>의 M<sub>1</sub>의 오개념에 의해 비롯된 오인이라 생각한다.

(5) ‘산-염기반응 및 화학평형’의 결과 분석

‘산-염기반응 및 화학평형’에 대한 이해도 분석한 결과를 <그림 8>에 나타내었다. 모든 문항에서 정답율이 오답율에 비해 높게 나타나고 있으므로 학생들의 이해도가 비교적 높은 것으로 판단된다.



<그림 8> 문항 1 ~ 문항 4의 정답율과 오답율

학생들이 가지고 있는 정개념과 오개념은 모두 산-염기 화학평형에서 정반응과 역반응 속도를 묻는 <문항1>에서 출발되어 후속학습에 영향을 미치는 것으로 보인다. 특히, <문항 1>에서 반응 초기부터 평형상태에 도달했을 때까지의 반응물과 생성물의 농도와 정반응과 역반응 속도 변화를 모두 이해하는 높은 수준의 정개념 유형(SS)을 나타난 학생들은 후속 문항에서도 꾸준히 정개념 유형으로 자리 잡고 있는 것으로 보인다.

주된 오개념은 약산과 약염기의 이온화상수에 근거한 오인으로 보인다. 약산과 약염기는 이온화상수가 작기 때문에 반응 자체가 역반응 쪽으로 반응이 진행될 것이라고 생각해서 답을 내린 학생들이 많이 나타나는 것으로 판단된다. <문항 1>에서 ‘아세트산은 약산이므로 반응 초기 역반응이 우세하다.’에서 시작된 오인

이 ‘산-염기반응 및 화학평형’의 모든 문항에 영향을 미치는 것으로 보아 하나의 오개념이 다른 후속 학습에 영향을 주는 것으로 판단된다. 또한, 정반응은 자연스러운 반응 혹은 강한반응이라는 개념에 의한 오개념도 존재하였다. 이는 화학Ⅱ의 학습이 미흡해 가역반응에 대한 개념이 자리 잡히지 않아 나타난다고 판단된다.

화학평형을 접하는 화학Ⅱ에서 가역반응과 이온화상수에 대해 처음 접하게 될 때, ‘정반응이 우세하다.’ ‘역반응이 우세하다.’ 라는 용어의 사용이 학생들이 화학평형을 이해하는데 많은 오개념을 수반하게 되는 것으로 보인다. 특히 약산과 약염기에서 이온화상수에 대한 학습이 미흡할 경우 학생들이 혼동을 많이 느끼게 되어 화학평형 상태에서 이온화상수에 근거한 오개념이 더욱 확장되서 나타나는 것으로 판단된다. 이를 토대로 평형상태에 도달하였을 때를 물어보는 문항(문항 4~5)에서도 이온화상수에 근거하여 정반응 속도와 역반응 속도 그리고 반응물과 생성물의 양을 이해하고 있는 학생이 꾸준히 나타나는 것으로 보인다.

## 2. 중화반응 화학종과 산-염기 당량

중화반응에 대한 개념을 이해하고 있고, 중화반응에서 화학종과 산-염기의 당량관계를 잘 이해하고 있는지 알아보기 위하여 문항을 개발하였다. 중화반응에서 용액의 화학종과 산-염기의 당량관계에 대한 이해도는 다음의 <문항 5> ~ <문항 6>에 제시한 수산화나트륨과 염산 <문항 7>의 인산과 수산화바륨의 중화반응을 예로 들어 이들이 중화반응의 결과를 묻는 문항으로 평가하였다. 그리고 각 문항에 대한 답변 결과를 종합하여 학생들의 이해도를 분석하였다.

### (1) 중화점에서 존재하는 화학종

**【문항 5】** 농도가 같은 수산화나트륨(NaOH) 수용액과 염산(HCl) 수용액을 같은 부피로 혼합하였다. 이 혼합용액에 존재하는 화학종을 옳게 나타낸 것은? (단, 물의 자체이온화는 무시한다.)

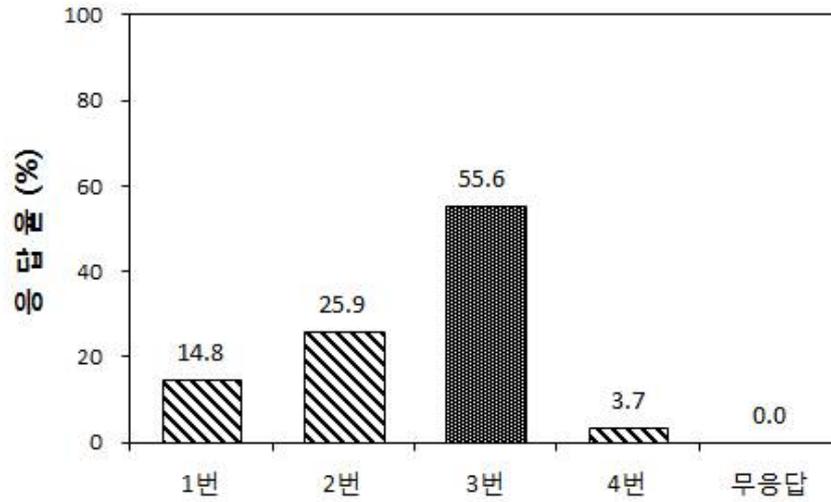
○ 그렇게 생각한 이유를 적어주세요.

### 1) 이해도 분석

#### ① 응답률과 개념 유형

중화점에서 존재하는 화학종에 대한 이해도를 알아보기 위한 <문항 5>에 대

한 객관식 응답 분포를 <그림 9>에 나타내었고 이유 진술내용과 개념 유형을 <표 7>에 나타내었다.



<그림 9> 5번 문항에 대한 응답률

<표 7> 5번 문항에 대한 이유 진술 내용과 개념 유형

개념 유형	이유 진술	명(%)
SS	<ul style="list-style-type: none"> <li>중화반응의 결과 물(H<sub>2</sub>O)과 염(NaCl)이 생성되는 데 수용액에서 염(NaCl)은 이온상태로 존재한다.</li> <li><math>\text{NaOH(aq)} + \text{HCl(aq)} \rightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O(aq)}</math></li> </ul>	30 (55.5)
M <sub>1</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>강염기, 강산이기 때문이다.</li> <li>수용액 상태에서 이온상태로 존재한다.</li> </ul>	8 (14.8)
M <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>중화반응에 의해 물(H<sub>2</sub>O)이 생성되고 남은 이온이 결합하여 염(NaCl)이 분자형태로 존재한다.’</li> </ul>	3 (5.6)
M <sub>3</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>중화반응의 결과 물(H<sub>2</sub>O)과 양금(NaCl)이 생긴다.</li> </ul>	2 (3.7)
M <sub>4</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}</math></li> </ul>	9 (16.7)
X	<ul style="list-style-type: none"> <li>기타</li> </ul>	0 (0.0)
Y	<ul style="list-style-type: none"> <li>잘 모르겠다.</li> </ul>	2 (3.7)
합계		54 (100%)

SS : 높은 수준의 정개념 유형

M<sub>1</sub>~M<sub>3</sub> : 오개념 유형

## ② 개념 유형 분석

【문항 5】는 중화점에서 존재하는 화학종에 대한 이해도를 알아보기 문항이다. 농도와 부피가 같은 수산화나트륨(NaOH) 수용액과 염산(HCl) 수용액을 혼합하면 중화반응의 결과 물(H<sub>2</sub>O)이 생기고 염(NaCl)이 이온상태(Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>)로 존재하므로 정답은 ③이다.

<그림 9>를 보면 55.6%의 학생들은 중화점에서 존재하는 화학종에 대한 이해도가 높은 것으로 나타났으며 44.4%의 학생들은 이해도가 부족한 것으로 나타났다. <표 7>의 이유 진술 내용을 보면, 55.5%의 학생들은 ‘중화반응의 결과 물(H<sub>2</sub>O)과 염(NaCl)이 생성되고 NaCl은 수용액에서 Na<sup>+</sup>이온과 Cl<sup>-</sup>이온으로 존재한다.’라고 기술하였다. 또는 ‘NaOH(aq) + HCl(aq) → Na<sup>+</sup>(aq) + Cl<sup>-</sup>(aq) + H<sub>2</sub>O(aq)’ 반응식을 통해 이유 진술을 하였는데 이는 중화반응과 전해질 용액의 개념을 모두 성립하였다고 판단하여 높은 정개념 유형(SS)으로 분류하였다.

오답율은 ①번 14.8%, ④번 3.7%이며, 오개념 유형은 M<sub>1</sub>~M<sub>3</sub> 까지 3가지로 나타나고 있다.

M<sub>1</sub>의 오개념은 ‘중화반응의 결과 화학종은 수용액상태에서 모두 이온상태(Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, H<sup>+</sup>, OH<sup>-</sup>)로 존재한다.’를 선택한 학생들에게서 나타난 오개념으로 ‘NaOH은 강염기이고 HCl은 강산이므로 수용액에서 모두 이온상태로 존재한다.’라고 서술하였다. 이 경우는 강산과 강염기가 전해질이므로 중화반응의 결과 수용액 상태에서 모두 이온상태로 존재한다고 생각하는 경우이다. 전해질 용액에 대한 개념은 있으나 중화반응에 대한 개념이 부족한 학생들에게서 나타나는 오개념으로 보인다(황선미, 1999).

M<sub>2</sub>의 오개념은 ‘중화반응의 결과 수용액에서 NaCl과 H<sub>2</sub>O이 존재한다.’를 선택한 학생들에게서 나타난 오개념으로 ‘중화반응에 의해 물(H<sub>2</sub>O)이 생성되고 남은 이온이 결합하여 염(NaCl)이 분자형태로 존재한다.’라고 기술하였다. 이는 중화반응에 대한 개념은 가지고 있으나 NaCl이 수용액 상태에서 이온화 된다는 전해질 용액에 대한 개념이 미흡한 학생들에게서 나타나는 오개념으로 판단된다.

M<sub>3</sub>의 오개념은 ‘중화반응의 결과 수용액에서 NaCl과 H<sub>2</sub>O이 존재한다.’를 선택한 학생들에게서 나타난 오개념으로 ‘중화반응의 결과 물(H<sub>2</sub>O)과 양금(NaCl)이 생긴다.’라고 서술하였다. 이는 전해질 용액과 중화반응의 개념이 미흡한 학생에

게서 나타나는 오개념이다. 반응의 결과 나타나는 NaCl을 염이라고 생각하는 이유는 일상생활에서 NaCl을 소금으로 많이 접하기 때문에 수용액 상태에서의 염의 이온화를 생각하지 못하는 경우로 보인다.

M<sub>4</sub>의 오개념은 ‘화학반응의 결과 수용액에서 NaCl과 H<sub>2</sub>O이 존재한다.’를 선택한 학생에게서 나타난 오개념으로 ‘NaOH + HCl → NaCl + H<sub>2</sub>O’로 서술하였다. 이는 혼합용액 속에서 H<sub>2</sub>O과 NaCl이 분자형태로 존재한다고 이해하는 경우로서, 이온화에 대한 이해가 미흡할 경우 나타나는 오개념으로 판단된다.

④번을 선택한 학생들은 이유 진술에서 무응답을 나타내었으므로 그렇게 생각한 원인에 대해서는 알 수 없으나, 이온화에 대한 개념과 중화반응에 대한 개념이 형성되지 않은 학생에게서 나타날 수 있는 오개념으로 보인다(황선미 1999).

(2) 중화반응 부피 비

【문항 6】 수산화나트륨(NaOH) 수용액과 농도가 수산화나트륨의 두 배인 염산(HCl) 수용액을 다음 표와 같은 비율로 반응시키면서 온도변화를 측정하였다. 네 가지 실험에서 중화반응열이 가장 많이 발생하는 것은?

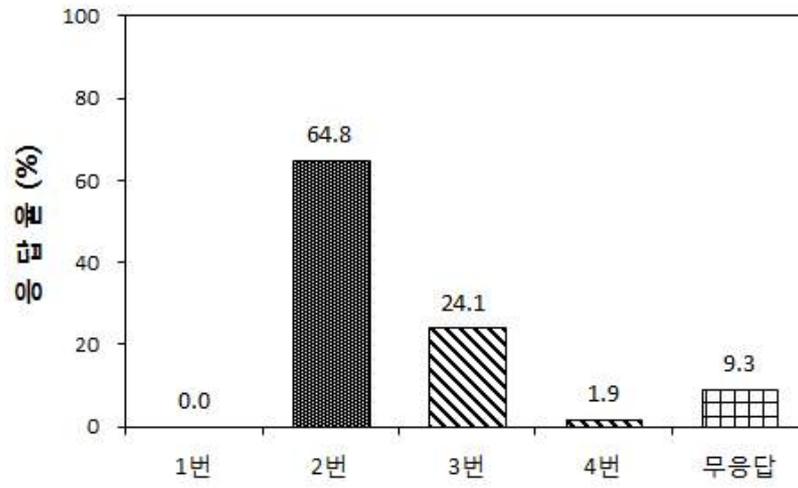
	①	②	③	④
NaOH 수용액의 부피(mL)	50	40	30	20
HCl 수용액의 부피(mL)	10	20	30	40

○ 그렇게 생각한 이유를 적어주세요.

1) 이해도 분석

① 응답률과 개념 유형

강산과 강염기의 중화반응 시 부피 비에 대한 이해도를 알아보기 위한 문항이다. <문항 6>에 대한 객관식 응답 분포를 <그림 10>에 나타내었고 이유 진술내용과 개념 유형은 <표 8>과 같다.



<그림 10> 6번 문항에 대한 응답률

<표 8> 6번 문항에 대한 이유 진술 내용과 개념 유형

개념 유형	이유 진술	명(%)
SS	<ul style="list-style-type: none"> <li>중화반응은 <math>H^+</math>과 <math>OH^-</math>이 1:1반응이므로 NaOH의 부피를 두 배 해주어야 중화열이 가장 많이 발생한다.</li> </ul>	18 (33.3)
S <sub>1</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>HCl의 농도가 NaOH의 두 배라면 NaOH의 부피는 두 배가 되어야 한다.</li> </ul>	6 (11.1)
M <sub>1</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>H^+</math>과 <math>OH^-</math>이 1:1반응한다.</li> </ul>	10 (18.5)
M <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>산과 염기의 부피가 같을 때 1:1반응한다.</li> </ul>	3 (5.6)
M <sub>3</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>HCl의 농도가 두 배이므로 부피가 두 배일 때 중화열이 가장 많이 발생한다.</li> </ul>	1 (1.9)
X	<ul style="list-style-type: none"> <li>기타</li> </ul>	7 (13.0)
Y	<ul style="list-style-type: none"> <li>잘 모르겠다.</li> </ul>	9 (16.7)
합계		54 (100)

SS : 높은 수준의 정개념 유형

S<sub>1</sub> : 정개념 유형

M<sub>1</sub>~M<sub>3</sub> : 오개념 유형

## ② 개념 유형 분석

【문항 6】은 산과 염기의 중화반응 시 부피 비에 대한 이해도를 알아보기 위한 문항이다. 중화반응은  $H^+$ 과  $OH^-$ 이 1:1 반응하므로 HCl의 농도가 NaOH의 두 배이므로 NaOH의 부피가 2배 더 많아야 한다. 그러므로 정답은 ②이다.

<그림 10>을 보면 64.8%의 학생들은 산과 염기의 중화반응 시 부피 비에 대한 이해도가 높은 것으로 나타났으며 35.3%의 학생들은 이해도가 부족한 것으로 나타났다.

<표 8>의 이유 진술 내용에서 33.3%의 학생들은 ‘중화반응은  $H^+$ 과  $OH^-$ 이 1:1 반응이므로 NaOH의 부피를 두 배 해주어야 중화열이 가장 많이 발생한다.’라고 기술하였다. 이는 중화반응 시 산과 염기의 반응을 농도를 고려하여 부피관계를 바르게 이해하고 있으므로 높은 수준의 정개념 유형(SS)으로 분류하였다. 11.1%의 학생들은  $H^+$ 과  $OH^-$ 이 1:1로 반응한다는 내용은 서술하지 않았으나, ‘HCl의 농도가 NaOH의 두 배이므로 NaOH의 부피는 두 배가 되어야 한다.’라고 기술하여 농도와 부피 비를 이해한다고 판단하여 정개념 유형( $S_1$ )으로 분류하였다.

오답율은 ③번 24.1%, ④번 1.9%이며, 오개념 유형은  $M_1 \sim M_3$  까지 세 가지 유형으로 나타나고 있다.

$M_1$ 의 오개념은 ‘HCl의 부피와 NaOH의 부피가 30 mL로 같다.’를 선택한 학생들에게서 나타난 오개념으로 ‘ $H^+$ 과  $OH^-$ 이 1:1반응한다.’라고 서술하였다. 이는 중화반응 시 농도와 부피 사이의 양적관계에 대한 이해도가 미흡한 경우 나타나거나, 혹은 몰의 개념이 부족한 학생에게서 나타날 수 있는 오개념으로 보인다.

$M_2$ 의 오개념은 ‘HCl의 부피와 NaOH의 부피가 30 mL로 같다.’를 선택한 학생들에게서 나타난 오개념으로 ‘산과 염기의 부피가 같을 때 1:1반응한다.’라고 기술하였다. 이는 중화반응은 산과 염기의 부피에 의해서만 반응한다고 생각하여 농도를 고려하지 않은 경우로서 몰에 대한 개념이 부족한 경우로 판단된다.

$M_3$ 의 오개념은 ‘HCl의 부피가 NaOH의 부피보다 2배 더 크다.’를 선택한 학생들에게서 나타난 오개념으로 ‘HCl의 농도가 두 배 더 크므로 부피도 두 배 더 커야 중화열이 많이 발생한다.’라고 서술하였다. 이는 중화반응 시 부피와 농도가 모두 커야 중화열이 많이 발생한다고 생각하는 경우로 농도와 부피에 대한 양적관계 이해도가 미흡한 경우 나타난다. 또는 선행연구에 의하면 농도가 높은 산성

용액의 양이 많을수록 열이 많이 방출된다고 생각한 학생에게서 나타나는 오개념 유형이다. 이는 중화반응에 대한 개념이 부족해서 산성용액은 열을 가진 물질로 오인해서 산성용액의 양이 많으면 온도가 높아질 것이라고 생각한다(백수현 2013).

(3) 다가산과 다가염기의 부피

【문항 7】 0.2 M 인산( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) 수용액 100 mL를 완전히 중화하는데 필요한 0.5 M 수산화바륨( $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ) 수용액의 부피는 몇 mL인가?

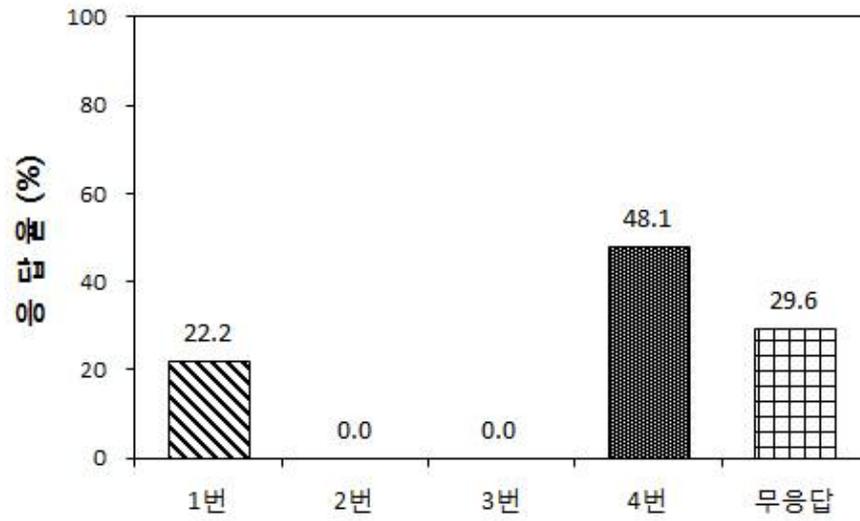
- ① 40 mL      ② 100 mL      ③ 120 mL      ④ 60 mL

○ 그렇게 생각한 이유를 적어주세요.

1) 이해도 분석

① 응답률과 개념 유형

중화반응 시 다가산과 다가염기의 양적관계에 대한 이해도를 알아보기 위한 <문항 7>에 대한 객관식 응답 분포를 <그림 11>에 나타내었고 이유 진술내용과 개념 유형을 <표 9>에 나타내었다.



<그림 11> 7번 문항에 대한 응답률

<표 9> 7번 문항의 이유 진술내용과 개념 유형

개념 유형	이유 진술	명(%)
SS	<ul style="list-style-type: none"> <li>산과 염기의 가수와 농도, 부피를 모두 고려하여 계산을 한 경우</li> <li><math>nMV = n'M'V'</math></li> </ul>	26 (48.1)
M <sub>1</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>산과 염기의 가수 고려를 하지 못한 경우이다.</li> </ul>	10 (18.5)
X	<ul style="list-style-type: none"> <li>기타</li> </ul>	2 (3.7)
Y	<ul style="list-style-type: none"> <li>잘 모르겠다.</li> </ul>	16 (29.6)
합계		54 (100)

SS : 높은 수준의 정개념 유형

M<sub>1</sub> : 오개념 유형

## ② 개념 유형 분석

【문항7】은 중화반응 시 다가산과 다가염기의 양적관계에 대한 이해도를 알아보기 위한 문항이다. 1 mol의 인산(H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)은 3 mol의 수소이온(H<sup>+</sup>)을 내놓고, 1 mol의 수산화바륨(Ba(OH)<sub>2</sub>)은 2 mol의 수산화이온(OH<sup>-</sup>)을 내놓을 수 있으므로 반응식은  $2H_3PO_4(aq) + 3Ba(OH)_2(aq) \rightarrow Ba_3(PO_4)_2(aq) + 6H_2O(aq)$ 이다. H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>은 3가산으로 0.02 mol의 H<sup>+</sup>을 3개 내놓으므로 Ba(OH)<sub>2</sub>의 OH<sup>-</sup>과 1:1의 몰수로 반응하기 위해서는 0.06 mol의 OH<sup>-</sup>이 필요하다. Ba(OH)<sub>2</sub>는 2가 염기로 2개의 OH<sup>-</sup>을 내놓으므로 0.06 mol의 OH<sup>-</sup>이 생성되기 위해서는 Ba(OH)<sub>2</sub>의 부피는 60 mL가 되어야 한다. 그러므로 정답은 ④이다.

<그림 11>에 의하면 48.1%의 학생들은 이해도가 높은 것으로 나타나고 있으나 51.8%의 학생들은 이해도가 부족한 것으로 나타나고 있다.

<표 9>의 이유 진술에 의하면 48.1%의 학생들은  $2H_3PO_4(aq) +$

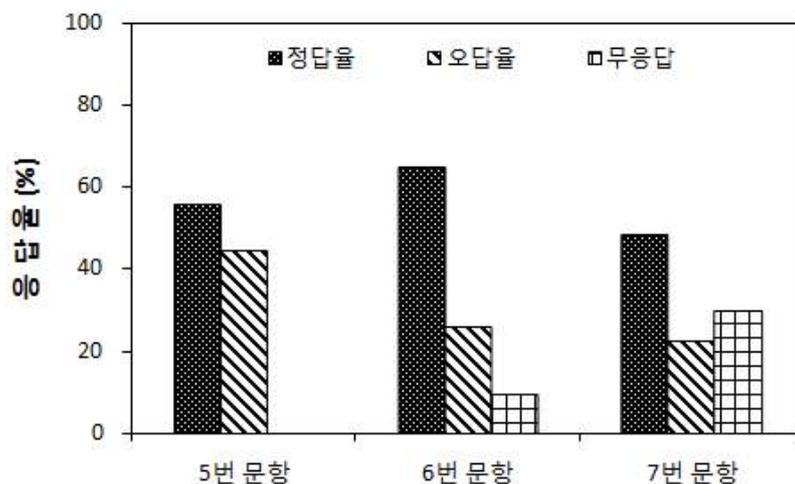
$3\text{Ba}(\text{OH})_2(\text{aq}) \rightarrow \text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2(\text{aq}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{aq})$ 이고, 인산( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )은 3가산, 수산화바륨( $\text{Ba}(\text{OH})_2$ )은 2가염기이다. 0.2 M의  $\text{H}_3\text{PO}_4$ 수용액에서 0.06 mol의  $\text{H}^+$ 이 생성되어 0.06 mol의  $\text{OH}^-$ 이 생성되기 위해  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  60 mL가 필요하다.'라고 서술하였다. 이는 다가산과 다가염기의 가수와 부피와 농도사이의 관계에 대해 정확히 이해하고 있는 것으로 판단된다. 또는  $nMV = n'M'V'$ 식을 이용해서 ' $3 \times 0.2 \times 100 = 2 \times 0.5 \times X'$ 를 통해 부피를 구하였다. 설명은 미흡하지만  $n(\text{가수}) \times M(\text{몰농도}) \times V(\text{부피})$ 를 이해하고 있다고 판단된다. 학생들이 기술한 두 개의 이유 진술 모두 높은 수준의 정개념 유형(SS)으로 분류하였다.

오답율은 ①번 22.2%이며, 오개념 유형은  $M_1$  한가지로 나타나고 있다.

$M_1$ 은  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 의 부피를 40 mL 생각한 학생에게서 나타난 유형으로 이유 진술을 보면 ' $0.2 \times 100 = 20$  이므로  $0.5 \times X' = 20$ 이다. 그러므로 40 mL이다.'라고 서술하였다. 이는 중화반응에서 부피와 농도는 고려하였지만 산과 염기의 가수에 대해서는 고려하지 않은 유형이다. 당량에 대한 학습이 부족해 인산( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )이 3가산, 수산화바륨( $\text{Ba}(\text{OH})_2$ )이 2가염기라는 것을 알지 못했을 때 나타나는 오개념이다. 또는 ' $0.2 \times 2 \times 100 = 0.5 \times 2 \times X'$ 로 풀이하였는데, 이는 수산화바륨( $\text{Ba}(\text{OH})_2$ )이 두 개의  $\text{OH}^-$ 을 내놓기 때문에 인산( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )도 2개의  $\text{H}^+$ 만을 내놓는 것으로 이해해서 계산한 경우이다. 이는 다가산과 다가염기의 당량 개념과 중화 개념에 대한 학습이 미흡할 경우 나타나는 오개념으로 판단된다.

(4) ‘중화반응 화학종과 산-염기 당량’ 이해도 분석

‘중화반응 화학종과 산-염기 당량’의 문항을 분석한 결과를 <그림 12>에 나타내었다. 중화반응 부피비에 대한 <문항 6>에서의 정답율이 가장 높았으며 중화점에서 존재하는 화학종을 묻는 <문항 5>에서의 오답율이 가장 높게 나타났다. 다가 산과 다가염기의 부피비에 대한 <문항 7>은 오답율에 비해 무응답율이 더 높게 나와 학생들의 정확한 선 개념을 파악하는 데는 무리가 있다고 생각된다.



<그림 12> 문항 5 ~ 문항 7의 정답율과 오답율

‘중화점에서 존재하는 화학종’에 대한 <문항 5>의 분석결과 정답을 맞힌 학생들은 모두 높은 수준의 정개념 유형(SS)을 나타내고 있다. 정개념 유형을 나타낸 학생들은 중화반응에 대한 개념과 전해질 용액에 대한 개념을 모두 정립한 학생들이고, 그렇지 못한 학생들은 오개념을 나타내고 있다. 주된 오개념으로는 전해질 용액에 대한 개념은 있으나 중화반응에 대한 개념이 미흡하여 중화반응의 결과 모두 이온상태( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{OH}^-$ )로 존재한다고 생각하는 것과 중화반응에 대한 개념은 있으나 전해질 용액에 대한 개념이 미흡하여 중화반응의 결과 물

(H<sub>2</sub>O)과 염(NaCl)이 분자상태의 화학종으로 존재한다고 생각하는 것이다. 화학 I 에서 전해질 용액에 대한 학습이 이루어진 후, 중화반응에 대한 학습이 진행되는데 <문항 5>를 통해서 앞서서 배운 내용에 대한 이해가 제대로 이루어지지 않았을 경우 후속학습에 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다.

‘중화 반응 시 산과 염기의 부피 비’에 대한 <문항 6>에서 학생들은 농도(M)와 부피(V)에 관한 이해도는 높은 것으로 나타났다. 주된 오개념으로는 산과 염기의 농도를 고려하지 못한 경우로서, 산과 염기의 1:1 반응이 부피가 1:1 반응이라고 오인하는 데서 비롯된 것이라고 판단된다.

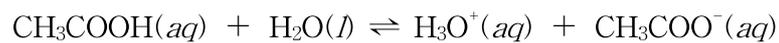
‘다가산과 다가염기의 부피비’에 대한 <문항 7>은 정답을 맞힌 학생은 모두 높은 수준의 정개념 유형(SS)을 가지고 있는 반면 오답을 선택한 학생들은 모두 오개념을 가지고 있는 것으로 보아, 학생들 간의 이해도 격차가 큰 것으로 판단된다. 주된 오개념으로 다가산과 다가염기의 가수에 따른 당량개념이 미흡할 경우 나타나는 것으로 보인다. 산과 염기의 당량에 대한 이해가 부족하기 때문에 농도와 부피는 고려할 수 있으나 가수를 고려하지 못해서 문제를 해결하지 못한 경우가 나타난다고 생각된다.

### 3. 공통이온효과 이해도

공통이온효과가 화학평형 변화에 어떻게 작용하는지에 대한 이해도를 알아보기 위하여 관련 문항을 개발하였다. 공통이온효과 개념과 화학평형에 대한 이해도는 다음의 <문항 8>에서 제시한 바와 같이 아세트산을 예로 들어 공통된 이온이 첨가 되었을 때 평형의 진행방향에 대한 이해를 묻는 문항으로 평가하였다. 그리고 각 문항에 대한 답변 결과를 종합하여 학생들의 이해도를 분석하였다.

#### (1) 화학평형에 대한 공통이온효과

**【문항 8】** 수용액에서 아세트산( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )은 다음과 같은 평형을 이루고 있다. 아세트산 수용액에 아세트산나트륨( $\text{CH}_3\text{COONa}$ )을 넣으면 반응은 어느 방향으로 이동하는가?



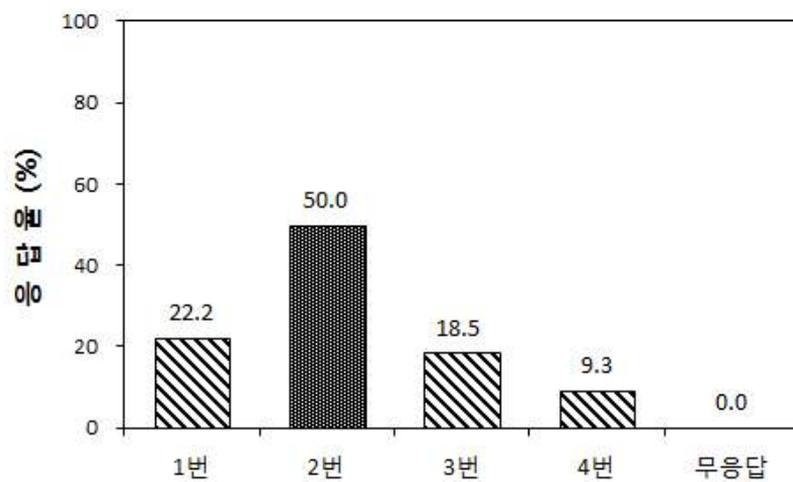
- ① 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.
- ② 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.
- ③ 정반응 쪽으로 이동했다가 다시 역반응으로 이동한다.
- ④ 역반응 쪽으로 이동했다가 다시 정반응으로 이동한다.

○ 그렇게 생각한 이유를 적어주세요.

## 1) 이해도 분석

### ① 응답률과 개념 유형

화학 평형의 개념을 공통 이온 효과에 적용시켜 이해하고 있는지 알아보기 위한 <문항 8>의 객관식 응답 분포를 <그림 13>에 나타내었고, 이유 진술내용과 개념 유형을 <표 10>에 나타내었다.



<그림 13> 8번 문항에 대한 응답률

<표 10> 8번 문항에 대한 이유 진술내용과 개념 유형

개념 유형	이유 진술	명(%)
SS	<ul style="list-style-type: none"> <li>르샤틀리에의 원리에 의해 <math>\text{CH}_3\text{COO}^-</math>가 증가하였으므로 감소하는 방향으로 진행된다.</li> </ul>	15 (27.8)
S <sub>1</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\text{CH}_3\text{COO}^-</math>가 첨가되었기 때문이다.</li> </ul>	12 (22.2)
M <sub>1</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\text{CH}_3\text{COO}^-</math>가 첨가되었기 때문이다.</li> </ul>	10 (18.5)
M <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>정반응으로 이동하나 평형을 유지하기 위해 다시 역반응으로 돌아온다.</li> </ul>	6 (11.1)
M <sub>3</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\text{CH}_3\text{COO}^-</math>에 의해 역반응이 진행되고 평형상태가 되기 위해 정반응으로 이동한다.</li> </ul>	5 (9.3)
X	<ul style="list-style-type: none"> <li>기타</li> </ul>	2 (3.7)
Y	<ul style="list-style-type: none"> <li>잘 모르겠다.</li> </ul>	4 (7.4)
합계		54 (100)

SS : 높은 수준의 정개념 유형

S<sub>1</sub> : 정개념 유형

M<sub>1</sub>~M<sub>3</sub> : 오개념 유형

## ② 개념 유형 분석

【문항 8】은 화학평형의 개념을 공통이온효과에 적용시켜 이해하고 있는지 알아보기 위한 문항이다. 공통이온효과란 평형상태에서 평형 반응에 이미 포함되어

있는 이온을 첨가하면 그 이온의 농도가 감소하는 방향으로 평형이 이동하는 현상을 말한다. 수용액 상태에서 아세트산은 평형을 이루고 있으므로  $(\text{CH}_3\text{COOH}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(aq) + \text{CH}_3\text{COO}^-(aq))$  평형을 이루는 아세트산 수용액에 아세트산나트륨( $\text{CH}_3\text{COONa}$ )을 첨가시켜 주면 아세트산나트륨( $\text{CH}_3\text{COONa}$ )이 이온화 되어( $\text{CH}_3\text{COONa} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Na}^+$ ) 수용액 속에 공통이온  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ 의 농도가 증가하게 된다.  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ 의 농도가 증가하면 르샤틀리에의 원리에 의해  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ 의 농도를 감소시켜 주는 역반응 쪽으로 이동해 새로운 평형에 도달하게 된다. 그러므로 정답은 ②번이다.

<그림 13>을 보면 50.0%의 학생들이 화학 평형의 개념을 공통 이온효과에 잘 적용하며 이해하고 있었고, 50.0%의 학생들은 잘 이해하지 못하는 것으로 나타났다.

<표 10>의 이유 진술 내용을 보면 27.8%의 학생들은 ' $\text{CH}_3\text{COONa} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Na}^+$ 이므로  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ 의 농도가 증가하게 되어 르샤틀리에의 원리에 의해 농도를 감소시켜 주는 방향으로 반응이 진행돼 새로운 평형에 도달하게 되어 역반응으로 진행된다.'라고 서술하였다. 이는 화학 평형 중 르샤틀리에의 원리를 공통 이온 효과에 잘 적용시켜 이해한다고 판단하여 높은 수준의 정개념 유형(SS)으로 분류하였다. 22.2%의 학생들은 ' $\text{CH}_3\text{COO}^-$ 이 첨가되었으므로 역반응으로 진행된다.'라고 서술하였다. 이는 르샤틀리에의 원리에 의한 평형의 이동은 설명하지 못하였으나 아세트산나트륨( $\text{CH}_3\text{COONa}$ )의 이온화 과정을 이해하고 있었으며 공통된 이온이 첨가되면 그 이온의 농도가 감소하는 방향으로 평형이 이동하는 것을 이해하고 있었으므로 정개념 유형(S<sub>1</sub>)으로 분류하였다.

오답율은 ①번 22.2%, ③번 18.5%, ④번 9.3%이며, 오개념 유형은 M<sub>1</sub>~M<sub>3</sub> 까지 3가지의 오개념 유형으로 나타나고 있다.

M<sub>1</sub>의 오개념은 정반응 쪽으로 평형이 이동한다고 생각한 학생에게서 나타난 오개념으로 ' $\text{CH}_3\text{COONa} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Na}^+$ 이므로  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ 이 첨가되었으므로 정반응으로 진행된다.'라고 기술하였다. 이는 아세트산나트륨( $\text{CH}_3\text{COONa}$ )의 이온화 과정은 이해하고 있으나, 르샤틀리에의 원리에 대한 이해도가 미흡하여 나타나는 오개념으로 판단된다.

M<sub>2</sub>의 오개념은 정반응 쪽으로 이동했다가 다시 역반응 쪽으로 이동한다고 생각한 학생에게서 나타난 오개념으로 'CH<sub>3</sub>COONa이 첨가되었으므로 정반응으로 이동하고 다시 평형을 유지하기 위해 역반응으로 돌아온다.'라고 서술하였다. 이는 M<sub>1</sub>과 유사하게 아세트산나트륨(CH<sub>3</sub>COONa)의 이온화 과정은 이해하고 있으나 르샤틀리에의 원리와 평형에 대한 이해가 부족한 경우 나타나는 오개념으로 보인다. 공통이온에 의해 평형이 정반응이 진행된다면 생성물이 많아지므로 다시 역반응으로 진행해서 평형을 유지한다고 이해하는 경우로 생각된다.

M<sub>3</sub>의 오개념은 역반응 쪽으로 이동했다가 다시 정반응으로 이동한다고 생각한 학생에게서 나타난 오개념으로 'CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>에 의해 역반응이 진행되고 평형상태가 되기 위해 정반응으로 이동한다.'라고 서술하였다. 이는 CH<sub>3</sub>COONa의 이온화에 대한 이해는 있으나, 르샤틀리에의 원리에 의해 새로운 평형에 도달한 다는 것을 이해하지 못할 때 나타나는 오개념 유형으로 생각된다.

'공통이온효과'에 대한 학생들의 이해도 조사 결과, 정답율과 오답율이 비슷한 수준을 보이고 있다. 오개념을 나타낸 학생들은 모두 공통된 이온의 첨가로 평형이 이동된다는 것은 이해하고 있었으나 르샤틀리에의 원리를 적용시키지 못해 오개념이 나타난다고 판단된다.

#### 4. 중화점에서의 pH 변화

중화반응에서 중화점에서의 pH의 변화를 반응평형과 관련하여 이해하고 있는지 알아보기 위하여 문항을 개발하였다. 다음의 <문항 9>와 <문항 10>에서 제시한 바와 같이 약염기와 강산, 약산과 강염기를 예로 들어 중화반응에서 중화점과 pH의 변화에 대한 이해도를 묻는 문항으로 평가하였다. 그리고 각 문항에 대한 답변 결과를 종합하여 학생들의 이해도를 분석하였다.

##### (1) 약염기-강산 적정 중화점의 pH

**【문항 9】** 약염기인 수산화암모늄( $\text{NH}_4\text{OH}$ )을 염산( $\text{HCl}$ )으로 중화시켰을 때, 중화점에서의 pH는 어떻게 되겠는가? (단, 반응 온도는  $25^\circ\text{C}$ 이다.)

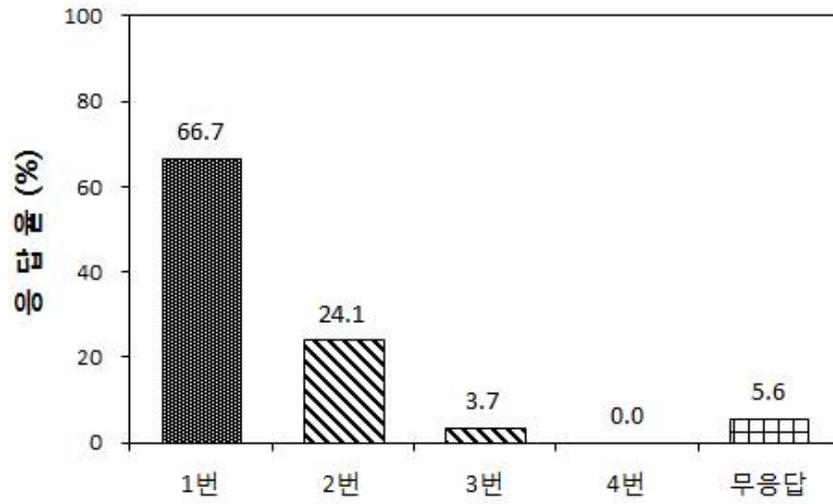
- ① 중화점에서의 pH는 7보다 작다.
- ② 중화점에서의 pH는 7이다.
- ③ 중화점에서의 pH는 7보다 크다.
- ④ 중화점에서의 pH는 계속 변한다.

○ 그렇게 생각한 이유를 적어주세요.

##### 1) 이해도 분석

###### ① 응답률과 개념 유형

약염기를 강산으로 적정했을 때, 중화점에서의 pH에 대한 이해도를 알아보기 위한 <문항 9>의 객관식 응답 분포를 <그림 14>에 나타내었고, 이유 진술내용과 개념 유형을 <표 11>에 나타내었다.



<그림 14> 9번 문항에 대한 응답률

<표 11> 9번 문항에 대한 이유 진술내용과 개념 유형

개념 유형	이유 진술	명(%)
SS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 암모늄이온(<math>\text{NH}_4^+</math>)이 가수분해하여 <math>\text{H}_3\text{O}^+</math>를 내놓으므로 pH는 7보다 작다.</li> </ul>	12 (22.2)
S <sub>1</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 약염기를 강산으로 중화시키면 pH는 7보다 작다.</li> </ul>	19 (35.2)
M <sub>1</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HCl은 <math>\text{NH}_4\text{OH}</math>의 <math>\text{OH}^-</math>보다 <math>\text{H}^+</math>을 많이 내놓으므로 pH는 7보다 작다.</li> </ul>	5 (9.3)
M <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH가 7일 때가 중화점이다.</li> </ul>	6 (11.1)
M <sub>3</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\text{NH}_4\text{OH}</math>을 중화시키는데 HCl의 양이 적게 필요하기 때문에 pH는 7보다 크다.</li> </ul>	2 (3.7)
X	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기타</li> </ul>	3 (5.6)
Y	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 잘 모르겠다.</li> </ul>	7 (13.0)
합계		54 (100)

SS : 높은 수준의 정개념 유형

S<sub>1</sub> : 정개념 유형

M<sub>1</sub>~M<sub>3</sub> : 오개념 유형

## ② 개념 유형 분석

【문항 9】는 약염기를 강산으로 적정했을 때, 중화점에서의 pH변화에 대한 이해도를 묻는 문항이다. 약염기인 수산화암모늄( $\text{NH}_4\text{OH}$ )을 염산( $\text{HCl}$ )으로 중화시켰을 때 염화암모늄( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )과 물( $\text{H}_2\text{O}$ )이 생성되고 염인 염화암모늄( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )은 암모늄이온( $\text{NH}_4^+$ )과 염화이온( $\text{Cl}^-$ )으로 해리된다. 약염기의 짝산의 암모늄이온( $\text{NH}_4^+$ )은 불안정하여 반응성이 크므로 가수분해하여  $\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ 가 되고, 강산의 짝염기인 염화이온( $\text{Cl}^-$ )은 안정하여 이온상태로 존재하게 된다. 이때 암모늄이온( $\text{NH}_4^+$ )의 가수분해에 의해 생성된  $\text{H}_3\text{O}^+$ 에 의해 전체 수용액의 액성은 반응온도가 25°C일 때 pH가 7보다 작은 산성을 띄어 정답은 ①이다.

<그림 14>을 보면 66.7%의 학생들이 약염기와 강산의 중화점에서의 pH에 대한 이해도가 높았으며, 27.8%의 학생들은 이해도가 부족한 것으로 나타났다.

<표 11>의 이유 진술 내용을 보면, 22.2%의 학생들은 ‘약염기와 강산의 중화 반응에서 약염기( $\text{NH}_4\text{OH}$ )에 의해 형성된 염( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )의 암모늄이온( $\text{NH}_4^+$ )이 가수분해를 하고  $\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ , 가수분해에 의해 생성된  $\text{H}_3\text{O}^+$ 에 의해 pH가 7보다 작다.’라고 기술하였다. 이는 염의 가수분해를 정확히 이해하고 있었으므로 높은 수준의 정개념 유형(SS)으로 분류하였다. 35.2%의 학생들은 ‘약염기를 강산으로 중화시키면 pH는 7보다 작다.’라고 서술하였다. 이 경우는 염의 가수분해에 대한 서술이 미흡하고 단순히 결과적 진술만을 하고 있는 경우로 단순암기를 통해서 약염기를 강산으로 중화시켰을 때의 pH를 이해하고 있다고 판단되어 정개념 유형(S<sub>1</sub>)으로 분류하였다.

오답율은 ②번 24.1%, ③번 3.7%, ④번 0.0%이며, 오개념 유형은 M<sub>1</sub>~M<sub>3</sub> 까지 3가지이다.

M<sub>1</sub>의 오개념은 정답을 맞힌 학생에게서 나타난 오개념으로 ‘HCl은  $\text{NH}_4\text{OH}$ 의  $\text{OH}^-$ 보다  $\text{H}^+$ 을 많이 내놓으므로 pH는 7보다 작다.’라고 기술하였다. 이는 강산인 HCl이 내놓는  $\text{H}^+$ 이 약염기인  $\text{NH}_4\text{OH}$ 이 내놓는  $\text{OH}^-$ 보다 많으므로 pH가 7보다 작다고 오인하는 경우이다. 산의 세기가 크면 내놓는 이온의 수가 많다고 이해하는 것으로 판단된다. 이는 중화반응의 당량개념과 염의 가수분해에 대한 개념이

제대로 성립되지 않았을 때 나타나는 것으로 보인다. 개념 유형( $S_1$ )과 오개념 ( $M_1$ )을 통해 대부분의 학생들이 정답을 선택하였으나, 이유 진술 내용에서 보면 정확한 당량개념과 염의 가수분해에 대해서 서술한 학생보다는 단순암기에 의한 학생들이 많이 나타나는 것을 알 수 있다.

$M_2$ 의 오개념은 ‘중화점에서의 pH는 7이다.’를 선택한 학생들에게서 나타난 오개념으로 ‘pH는 7일 때 중화점이다.’라고 서술하였다. 이는 중화반응을 중성용액이 되는 반응이라고 생각하는 경우로서, ‘중화’와 ‘중성’의 의미에 혼동에 의해 나타나는 오개념으로 보인다. ‘중성’은 pH=7일 때를 뜻하는 것이 아니라,  $[H_3O^+] = [OH^-]$  을 뜻하는 것이다. 25℃에서는 물의 자동이온화 반응에 의해 pH=7이지만, 온도가 변하면 pH가 7이 아니라도 중성이 될 수 있는데 이에 대한 개념이 미흡할 때 나타날 수 있는 오개념으로 보인다.

$M_3$ 의 오개념은 ‘중화점에서의 pH는 7보다 크다.’를 선택한 학생들에게서 나타난 오개념으로 ‘ $NH_4OH$ 을 중화시키는데 HCl의 양이 적게 필요하기 때문에 pH는 7보다 크다.’라고 기술하였다. 약염기인  $NH_4OH$ 이 내놓는  $OH^-$ 은 강산인 HCl이 내놓는  $H^+$ 보다 약하므로 중화시키는데 강산의 양이 적게 필요하다고 오인하는 것으로 판단된다. 이는 pH에 변화를 주는 것이 산의 세기에 의한 것이라 생각하여, 강산은 약염기보다 내놓는 이온의 세기가 강하다고 오인하고 있는 것으로 보인다.

(2) 약산-강염기 적정 중화점의 pH

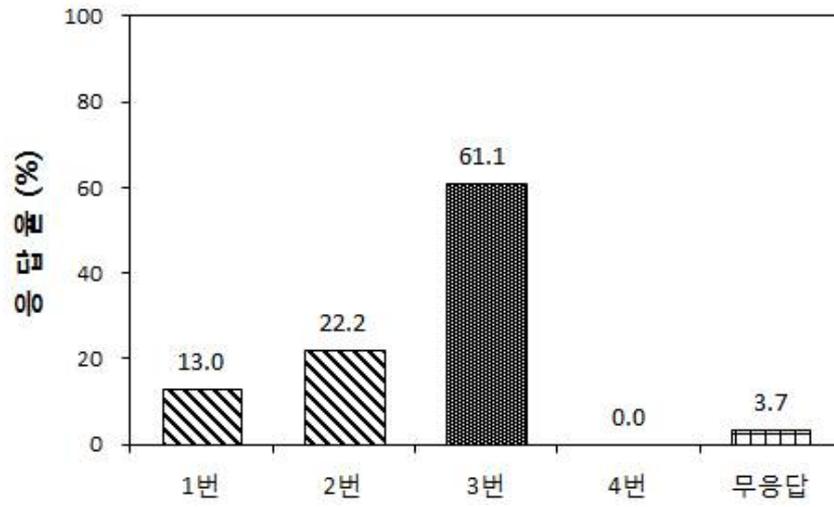
【문항 10】 약산인 아세트산( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )을 강염기인 수산화나트륨( $\text{NaOH}$ )으로 중화시켰을 때, 중화점에서의 pH는 어떻게 되겠는가?  
(단, 반응 온도는  $25^\circ\text{C}$ 이다.)

- ① 중화점에서의 pH는 7보다 작다.
  - ② 중화점에서의 pH는 7이다.
  - ③ 중화점에서의 pH는 7보다 크다.
  - ④ 중화점에서의 pH는 계속 변한다.
- 그렇게 생각한 이유를 적어주세요.

1) 이해도 분석

① 응답률과 개념 유형

약산을 강염기로 적정했을 때, 중화점에서의 pH에 대한 이해도를 묻는 <문항 10>에 대한 객관식 응답 분포를 <그림 15>에 나타내었고, 이유 진술내용과 개념 유형을 <표 12>에 나타내었다.



<그림 15> 문항 10에 대한 응답률

<표 12> 10번 문항에 대한 이유 진술내용과 개념 유형

개념 유형	이유 진술	명(%)
SS	<ul style="list-style-type: none"> <li>아세트산이온은 불안정하므로 가수분해해서 <math>\text{OH}^-</math>을 생성하므로 pH가 7보다 크다.</li> </ul>	9 (16.7)
S <sub>1</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>약산과 강염기의 중화점에서의 pH는 7보다 크다.</li> </ul>	15 (27.8)
M <sub>1</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>강염기가 <math>\text{OH}^-</math>을 많이 내놓으므로 pH가 7보다 크다.</li> </ul>	4 (7.4)
M <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\text{CH}_3\text{COOH}</math>을 중화시키는데 <math>\text{NaOH}</math>의 양이 적게 필요하기 때문에 pH는 7보다 작다.</li> </ul>	6 (11.1)
M <sub>3</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>pH가 7이면 중화점이다.</li> </ul>	10 (18.5)
기타	<ul style="list-style-type: none"> <li></li> </ul>	3 (5.6)
무응답	<ul style="list-style-type: none"> <li></li> </ul>	7 (13.0)
합계		54 (100)

SS: 높은 수준의 정개념 유형

S<sub>1</sub>: 정개념 유형

M<sub>1</sub>~M<sub>3</sub>: 오개념 유형

## ② 개념 유형 분석

【문항 10】은 약산을 강염기로 적정했을 때, 중화점에서의 pH에 대한 이해도를 알아보기 위한 문항이다. 약산 아세트산( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )을 수산화나트륨( $\text{NaOH}$ )으

로 중화시켰을 때 아세트산나트륨( $\text{CH}_3\text{COONa}$ )과 물( $\text{H}_2\text{O}$ )이 생성되고 염인 아세트산나트륨( $\text{CH}_3\text{COONa}$ )은 아세트산이온( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ )과 나트륨이온( $\text{Na}^+$ )으로 해리된다. 약산의 짝염기인 아세트산이온( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ )은 불안정하여 반응성이 크므로 가수분해하고  $\text{CH}_3\text{COO}^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH}(aq) + \text{OH}^-(aq)$ 이고, 강염기의 짝염기인 염화이온( $\text{Na}^+$ )은 안정하여 이온상태로 존재하게 된다. 이때 아세트산이온( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ )의 가수분해에 의해 생성된  $\text{OH}^-$ 에 의해 전체 수용액의 액성은 반응온도가  $25^\circ\text{C}$ 일 때 pH가 7보다 큰 염기성을 나타내므로 정답은 ③이다.

<그림 15>를 보면 61.1%의 학생은 약산과 강염기의 중화적정에서의 pH를 잘 이해하고 있었으며 35.2%의 학생들은 잘 이해하지 못하는 것으로 나타났다.

<표 12>에 이유 진술 내용을 보면 16.7%의 학생들은 ‘아세트산이온은 불안정하므로 가수분해하고 ( $\text{CH}_3\text{COO}^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH}(aq) + \text{OH}^-(aq)$ ), 가수분해에 의해 생성된  $\text{OH}^-$ 에 의해 pH가 7보다 크다.’라고 기술하였다. 이 경우는 염의 가수분해를 정확히 이해하고 있으므로 높은 수준의 정개념 유형(SS)으로 분류하였다. 27.8%의 학생들은 ‘약산과 강염기의 중화점에서의 pH는 7보다 크다.’라고 단순히 결과 진술만을 하고 있으므로 정개념 유형( $S_1$ )으로 분류하였다.

오답율은 ①번 13.0%, ②번 22.2%, ④번 0%이며, 오개념의 유형은  $M_1 \sim M_3$  까지 3가지의 유형으로 나타나고 있다.

$M_1$ 의 오개념은 정답을 선택한 학생에게서 나타난 오개념으로 ‘강염기인 NaOH이  $\text{OH}^-$ 을 많이 내놓으므로 pH가 7보다 크다.’라고 서술하였다. 강염기인 NaOH이 내놓는  $\text{OH}^-$ 은 약산  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 이 내놓는  $\text{H}^+$ 보다 많으므로  $\text{OH}^-$ 이 많이 존재해 pH가 7보다 크다고 오인하는 것으로 보인다. 이는 <문항 10>에서도 나타난 오개념 유형으로서, 산의 세기가 크면 내놓는 이온의 수가 많다고 오인하는 것으로 판단된다. 중화반응에 대한 당량개념과 염의 가수분해에 대한 개념이 제대로 성립되지 않았을 때 나타나는 오개념으로 보인다.

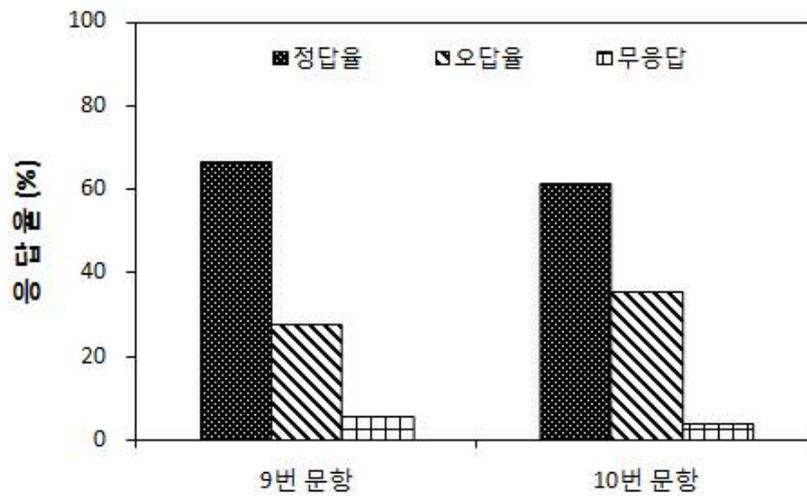
$M_2$ 의 오개념은 ‘중화점에서의 pH가 7보다 작다.’를 선택한 학생들에게서 나타난 오개념으로 ‘ $\text{CH}_3\text{COOH}$ 은 약산이므로  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 을 중화시키는데 NaOH의 양이 적게 필요하기 때문에 pH는 7보다 작다.’라고 서술하였다. 이는 강염기 NaOH

이 내놓는  $\text{OH}^-$ 은 약산인  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 이 내놓는  $\text{H}^+$ 보다 세기가 크다고 이해하는 경우로 보인다. 그러므로 약산인  $\text{CH}_3\text{COOH}$ 의  $\text{H}^+$ 이 강염기인  $\text{NaOH}$ 이 내놓는  $\text{OH}^-$ 보다 약하므로 중화시키는데  $\text{NaOH}$ 의 양이 적게 필요하다고 이해하는 것으로 생각된다. 이러한 오개념 또한 <문항 9>에서 나타난 것과 같이 염의 가수분해에 대한 이해 부족과 산의 세기가 pH에 영향을 미친다고 오인하는 경우이다.

M<sub>3</sub>의 오개념은 ‘중화점에서의 pH는 7이다.’를 선택한 학생들에게서 나타난 오개념으로 ‘pH가 7이면 중화점이다.’라고 기술하였다. ‘중화’와 ‘중성’에 대한 의미의 정확한 차이를 이해하지 못할 경우 나타나는 오개념으로 보인다.

### (3) 중화점 pH의 이해도

‘중화점에서 pH 변화’에 대한 학생들의 설문을 분석한 결과를 <그림 16>에 나타내었다. ‘중화점에서의 pH변화’ 문항은 앞선 문항에 비해 비교적 높은 정답율을 나타내고 있다. 특히, ‘약염기-강산 적정 중화점의 pH’를 묻는 <문항 9>과 ‘약산-강염기 적정 중화점의 pH’를 묻는 <문항 10>의 정답율과 오답율 모두 5% 이내로 비슷한 수치를 나타내고 있는 것으로 보아 학생들의 선 개념이 비슷한 수준을 나타내는 것으로 보인다.



<그림 16> 문항 9 ~ 문항 10의 정답율과 오답율

정답을 맞힌 학생들은 높은 수준의 정개념 유형(SS)보다 정개념 유형(S<sub>1</sub>)을 많이 나타내고 있었다. 또한 정답을 선택한 학생들도 오개념을 나타내고 있었다. <문항 9>와 <문항 10>의 정개념 유형(S<sub>1</sub>)과 오개념 유형(M<sub>1</sub>)을 살펴보면 정답을 선택하였으나, 정확한 이유 진술을 하지 못하는 것으로 보아 학생들의 중화점에서의 pH변화를 염의 가수분해에 의한 이해가 아닌 단순히 결과만을 암기하고 있는 것으로 판단된다.

주된 오개념으로 염의 가수분해에 대한 이해 부족과 중화반응 시 당량개념이

부족할 경우 나타나는 것으로 보인다. 강산과 강염기의 경우 내놓는 이온의 수가 약산과 약염기보다 많다고 오인하고 있었다. 또한, 산의 세기가 크면 내놓는 이온의 세기가 크기 때문에 중화시킬 때 적은양이 필요하다고 생각하여 정답을 선택한 학생들도 꾸준히 나타나고 있었다. 또 다른 오개념은 중화반응을 중성용액이 되는 반응이라고 생각하여 중화점에서의 pH는 항상 7이라고 오인하는 경우이다. ‘중화’와 ‘중성’에 대한 용어의 의미를 정확히 이해하지 못해 나타난다고 보인다.

<문항 9>에서 나타난 오개념은 <문항 10>에서도 비슷하게 나타나고 있으며 이는 pH에 영향을 미치는 것은 염의 가수분해가 아니라 산의 세기에 의한 것이라고 오인하는 것에서 시작된다고 판단된다. 선행연구 이순자(1999)에서도 염의 가수분해에 의해 용액의 액성이 결정된다는 사실을 이해하는 학생은 수업전-후에 크게 변하지 않는 것으로 나타난 것으로 보아, 학생들이 가지고 있는 오개념이 쉽게 교정되지 않는다고 생각된다.

## V. 결론 및 제언

교수-학습 방법에서 교사는 학생들이 가지고 있는 선 개념으로부터 지식을 재구성 할 수 있도록 하는 조력자 역할을 하므로 학생들이 가지고 있는 선 개념을 파악하는 것은 매우 중요한 요소이다. 본 연구에서는 화학에서 중요하게 다루고 있는 산-염기반응에 대한 학생들의 선개념과 이해도를 조사하였다. 이를 위해 이해도 조사에 필요한 문항들을 개발하였고, 자연계열 대학생을 대상으로 설문조사를 실시한 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

‘산-염기반응의 평형’에 대한 이해도 조사(문항 1~4) 결과, 모든 문항에서 정개념 유형(SS) 답변이 높았고 산-염기반응의 평형에 대한 학생들의 이해도가 비교적 높게 나타났다. 특히 반응이 평형상태에 도달했을 때의 속도에 대한 이해도가 가장 높게 나타났다. 평형상태의 반응물과 생성물의 농도를 묻는 질문에서는 평형상태에서 약염기와 강염기의 농도차이에 대한 이해도가 부족한 경향을 보였다. 또 아세트산의 이온화 반응에서 산해리상수에 대한 이해 부족이 산-염기 반응 평형 전반에 대한 오개념의 원인으로 작용하는 경향을 보였다.

‘중화반응 화학종과 산-염기 당량’에 대한 이해도 조사(문항 5~7)에서는 중화 반응에서 존재하는 화학종에 대한 이해도가 높게 나타났다. 그리고 농도(M)와 부피(V)의 관계에 대한 이해도는 비교적 높았지만, 다가산과 다가염기의 중화반응에서는 이들의 양적관계에 대한 학습이 보충되어야 할 것으로 판단된다.

‘공통이온 효과’에 대한 이해도 조사(문항 8) 결과, 정답율과 오답율이 비슷한 수준을 보였다. 오개념의 원인은 르샤틀리에의 원리에 대한 이해도가 다소 부족하기 때문인 것으로 판단되며, 공통이온효과를 르샤틀리에의 원리와 연관시켜 이해시킨다면 오개념이 교정될 것으로 판단된다.

‘중화점에서 pH의 변화’에 대한 이해도(문항 9~10) 조사에서는 다른 문항에 비해 비교적 정답율이 높았다. 그러나 정답을 선택한 학생들 중에서도 수용액 상에서 염의 가수분해 반응에 대한 이해도가 낮고, 단순한 암기식 이해에 의해 정답을 선택한 것으로 나타났다.

이와 같이 3 가지 유형의 설문조사를 통해 산-염기반응에 대한 학생들의 이해

도를 조사한 결과에서 화학평형과 중화반응에 대한 선개념이 오개념의 원인으로 작용하는 것으로 조사되었다. 그리고 이를 교정하기 위해서는 산-염기반응에 대한 올바른 선개념 정립이 우선되어야 하며, 선개념의 올바른 정립 후에 이를 새로운 개념과 연관시키는 단계적 학습이 이루어지는 것이 바람직해 보인다. 또한 학생들의 오개념은 전공용어(중화, 중성, 평형, 중화점, pH 등)에 대한 정확한 이해 부족과 혼동에 기인하는 경우가 많았고, 전공용어에 대한 정확한 의미와 개념을 정립할 수 있는 교수-학습 지도안이 마련된다면 보다 효과적인 학습이 이루어질 것으로 생각된다.

## 참고문헌

- 김화숙(1992). 우리나라 중, 고등학교 학생이 갖고 있는 ‘산과 염기’의 개념에 관한 연구. 한국과학교육학회지.
- 최병순, 김진구(1994). 학생들의 학습정도에 따른 화학 반응 속도에 관한 개념 형성 연구. 대한화학회. 화학교육., 21(2), 76-86
- 홍상미(1998). 산-염기 평형과 당량점에 대한 대학생들의 개념 조사. 이화여자대학교 석사학위 논문.
- 정두원(1998). 산-염기 반응에 대한 학생 개념 조사. 한국교원대학교 석사학위 논문
- 권재술, 김범기, 우종옥, 정진우, 정완호, 최병순(1998). 과학교육론. 교육과학사
- 이순자(1999). 고등학교 학생들의 산-염기 및 중화 개념에 대한 연구. 이화여자대학교 석사학위 논문.
- 홍승아(2003). 산-염기 반응에서 화학 평형 개념 적용 정도와 중화점에 대한 대학생들의 이해도 조사. 한국교원대학교 석사학위 논문
- 이지현(2008). 화학 평형 학습이 고등학교 학생들의 산-염기 개념의 변화에 미치는 영향.
- 이준호(2014). 대학생의 일반 화학 수업 과정에서 나타나는 오개념의 유형 분석. 고려대학교 석사학위 논문
- 박연욱(2012). 예비 화학 교사들의 학생 오개념에 대한 지식과 교육 요구. 서울대학교 석사학위 논문
- 백수현(2013). 대안고등학교 1학년 학생들의 산-염기 개념 변화에 대한 연구. 이화여자 대학교 석사학위 논문
- 김하나(2014). 2009개정 교육과정에 따른 고등학교 화학Ⅱ와 대학교 일반화학의 연계성 연구. 인하대학교 석사학위 논문
- 김혜경(2014). conceptests를 이용한 수업이 고등학생의 산염기 개념변화 및 과학 태도에 미치는 영향
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H(1978). Educational Psychologh: A cognitive View(2nd ed.). N.Y.: Holt, Rinehart and Winston. Whtie, R. &

Gunston, R(1992). Probing understanding. London: the Flamer Press.

Berg. T., & Brouwer. W. (1991). Teacher awareness of student alternate conception about rotational motion and gravity. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(1), 3-18.

Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). Some features of children's ideas and their implications for teaching. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 193-201). Milton Keynes, UK: Open University Press.

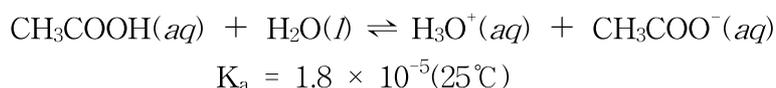
Gilbert, J. K., Osborne, R. J., & Fensham, P. J. (1982). Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*, 66(4), 623-633.

<부록> 산-염기 개념 부록 검사지

안녕하세요. 이 설문지는 본인의 연구를 위하여 대학생 여러분들이 ‘산·염기반응에서의 화학 평형과 중화반응’에 대하여 어떻게 이해하고 있으며 그에 대한 오개념이 무엇인지 알아보기 위한 것입니다. 힘드시겠지만 모든 문항에 대하여 심사숙고하여 답해주시고, 이유를 묻는 문항에 대하여 최대한 자세하게 이유를 적어주시면 본인의 연구에 많은 도움이 되겠습니다. 이 질문지의 평가결과는 연구 목적 외에는 공개하지 않을 것입니다. 학생 여러분의 성의 있는 답변 부탁드립니다.

<문제1~2>

아세트산(CH<sub>3</sub>COOH)이 이온화 평형 상태에 있을 때의 반응식과 산해리상수이다.



1. 이 반응이 화학평형에 도달할 때 정반응과 역반응의 속도 변화는 어떻게 되겠는가?

- ① 반응초기에는 정반응 속도가 빠르고 반응이 진행됨에 따라 역반응 속도는 느려진다.
- ② 반응초기에는 정반응 속도와 역반응 속도 모두 빠르다.
- ③ 반응초기에는 정반응 속도가 빠르고 반응이 진행되어 평형상태에 도달하면 정반응 속도와 역반응 속도가 같아진다.
- ④ 반응초기에는 정반응 속도와 역반응 속도 모두 빠르게 진행되었다가 다시 점점 느려진다.

1.1 그렇게 생각하는 이유를 적어주세요.

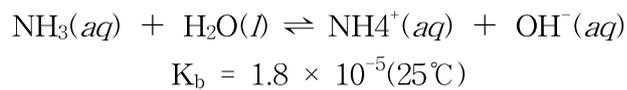
2. 위의 반응에서 반응이 평형상태에 도달하기 전까지의 반응물질과 생성물질의 농도 변화는 어떻게 되는가?

- ① 반응물의 농도는 계속 감소하고, 생성물의 농도는 계속 증가한다.
- ② 반응물의 농도는 계속 증가하고, 생성물의 농도는 계속 감소한다.
- ③ 반응물의 농도는 감소하다 증가하고, 생성물의 농도는 증가하다 감소한다.
- ④ 반응물의 농도는 증가하다 감소하고, 생성물의 농도는 감소하다 증가한다.

2.1 그렇게 생각한 이유를 적어주세요.

<문제3~4>

암모니아(NH<sub>3</sub>)가 이온화 평형 상태에 있을 때의 반응식과 염기해리상수이다.



3. 반응이 평형상태에 도달했을 때 반응용기 내에 존재하는 반응물질과 생성물질의 양은 각각 어떻게 되겠는가?

- ① 반응용기 내에는 반응물질만 존재한다.
- ② 반응용기 내에는 생성물질만 존재한다.
- ③ 반응용기 내에 존재하는 반응물질과 생성물질의 농도는 서로 같다.
- ④ 반응용기 내에 존재하는 반응물질과 생성물질의 농도가 일정하게 유지 된다.

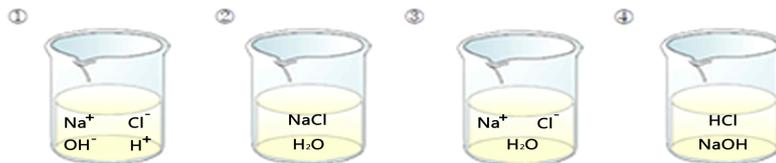
3.1 그렇게 생각한 이유를 적어주세요.

4. 반응이 평형상태에 도달했을 때 정반응 속도와 역반응 속도는 어떻게 되겠는가?

- ① 정반응 속도가 역반응 속도보다 크다.
- ② 역반응 속도가 정반응 속도보다 크다.
- ③ 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.
- ④ 정반응 속도와 역반응 속도는 0이다.

4.1 그렇게 생각한 이유를 적어주세요.

5. 농도가 같은 수산화나트륨(NaOH) 수용액과 염산(HCl) 수용액을 같은 부피로 혼합하였다. 이 혼합용액에 존재하는 화학종을 옳게 나타낸 것은? (단, 물의 자체이온화는 무시한다.)



5.1 그렇게 생각한 이유를 적어주세요.

6. 수산화나트륨(NaOH) 수용액과 농도가 수산화나트륨의 두 배인 염산(HCl) 수용액을 다음 표와 같은 비율로 반응시키면서 온도변화를 측정하였다. 네 가지 실험에서 중화반응열이 가장 많이 발생하는 것은?

	①	②	③	④
NaOH 수용액의 부피(mL)	50	40	30	20
HCl 수용액의 부피(mL)	10	20	30	40

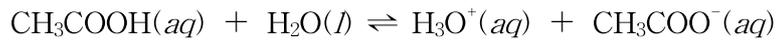
6.1 그렇게 생각한 이유를 적어주세요.

7. 0.2 M 인산( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) 수용액 100 mL를 완전히 중화하는데 필요한 0.5 M 수산화바륨( $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ) 수용액의 부피는 몇 mL인가?

- ① 40 mL                      ② 100 mL                      ③ 120 mL                      ④ 60 mL

7.1 그렇게 생각한 이유를 적어주세요.

8. 수용액에서 아세트산(CH<sub>3</sub>COOH)은 다음과 같은 평형을 이루고 있다. 아세트산 수용액에 아세트산나트륨(CH<sub>3</sub>COONa)을 넣어주면 반응은 어느 방향으로 이동하는가?



- ① 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.
- ② 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.
- ③ 정반응 쪽으로 이동했다가 다시 역반응으로 이동한다.
- ④ 역반응 쪽으로 이동했다가 다시 정반응으로 이동한다.

8.1 그렇게 생각한 이유를 적어주세요.

9. 약염기인 수산화암모늄(NH<sub>4</sub>OH)을 염산(HCl)으로 중화시켰을 때, 중화점에서의 pH는 어떻게 되겠는가? (단, 반응 온도는 25℃이다.)

- ① 중화점에서의 pH는 7보다 작다.
- ② 중화점에서의 pH는 7이다.
- ③ 중화점에서의 pH는 7보다 크다.
- ④ 중화점에서의 pH는 계속 변한다.

9.1 그렇게 생각한 이유를 적어주세요.

10. 약산인 아세트산( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )을 강염기인 수산화나트륨( $\text{NaOH}$ )으로 중화시켰을 때, 중화점에서의 pH는 어떻게 되겠는가? (단, 반응 온도는  $25^\circ\text{C}$ 이다.)

- ① 중화점에서의 pH는 7보다 작다.
- ② 중화점에서의 pH는 7이다.
- ③ 중화점에서의 pH는 7보다 크다.
- ④ 중화점에서의 pH는 계속 변한다.

10.1 그렇게 생각한 이유를 적어주세요.

-----감사합니다-----

## Abstract

The aim of this study is to find out students' preconceptions and misconceptions about acid-base reaction in order to help students' understanding and eventually elevate their educational effect. The ten questions were made for the investigation of students' understanding about acid-base reaction, and the survey was conducted on the natural science field students.

The survey resulted that the students' understanding about acid-base reaction was high on the whole, especially high achievements on the velocity concepts at equilibrium state. On the other hand, some misconceptions were revealed on the questions related to ionization constant, which could influence their follow-up education.

The understanding about concentration-volume relations as well as the chemical species in neutralization reaction was relatively high. However, the misconceptions on the neutralization reaction of polybasic acid and polyacidic base were a bit high, so that the preconception of quantitative relations in neutralization reaction should be supplemented.

The survey showed that the ratio of right answers on common-ion effect was almost equal to the ration of wrong answers. The reason of most misconceptions might be due to lower basic understanding about Le Chatelier's principle.

Students' understanding about pH variations at the neutralization point was comparatively high. Meanwhile their understanding about hydrolysis reactions of the ions dissociated from salt was low, which could be reasoned due to their style of learning by rote. From this study result, it is recommended that fundamental understanding and learning about hydrolysis reaction should be achieved.