

## 황산에 대한 고등학교 교과서 내용 분석 및 예비교사들의 인식 조사

류재정<sup>†</sup> · 류정은<sup>†</sup> · 백성혜<sup>\*</sup>

한국교원대학교

<sup>†</sup>경북대학교

(접수 2009. 12. 29; 수정 2010. 1. 26; 게재확정 2010. 2. 5)

### An Analysis of High School Science Textbook Contents and Pre-service Teachers' Perceptions Related to Sulfuric Acid

Jae-Jeong Ryoo<sup>†</sup>, Jeong-Eun Ryu<sup>†</sup>, and Seoung-Hey Paik<sup>\*</sup>

Korea National University of Education, Chungwon, Korea

<sup>†</sup>Kyungpook National University, Daegu, Korea

(Received December 29, 2009; Revised January 26, 2010; Accepted February 5, 2010)

**요약.** 이 연구에서는 고등학교 과학 교과서와 화학 II 교과서에 제시된 황산에 대한 설명을 분석하고, 화학교육을 전공하는 예비 교사 10명을 대상으로 황산에 대한 인식을 조사하였다. 연구 결과, 고등학교 과학에서 황산이 물에서 2개의  $H^+$ 와 1개의  $SO_4^{2-}$ 로 해리하는 내용을 제시한 교과서들이 많았다. 그러나 황산은 일차 해리를 하여 1개의  $H^+$ 와 1개의  $HSO_4^-$ 로 존재하므로 이러한 오류는 수정될 필요가 있다. 화학 II 교과서에서는 황산의 단계별 이온화를 언급하였으나, 일부 교과서에서는 과학 교과서와 같은 오류를 가지고 있었고, 일차 해리된  $HSO_4^-$ 의 경우 약산임에도 불구하고 산의 세기가 센 것으로 표현하였다. 황산에 대한 예비교사들의 사고를 조사한 결과, 95% 황산 수용액과 15% 황산 수용액에 존재하는 입자의 형태를 제대로 이해하지 못하는 경우도 있었으며, 이들의 사고는 고등학교 때의 학습으로부터 영향을 받은 것으로 나타났다.

**주제어:** 고등학교 과학 교과서, 예비교사의 인식, 황산

**ABSTRACT.** The purposes of this study were to analyze the contents of sulfuric acid in Science textbooks and Chemistry II textbooks, and to survey 10 pre-service teachers' perceptions who majored chemistry education related to sulfuric acid. As results, most of the Science textbooks represented that sulfuric acid was divided into two  $H^+$  and one  $SO_4^{2-}$ . But this mistake might be corrected because sulfuric acid was divided into one  $H^+$  and one  $HSO_4^-$ . Most of Chemistry II textbooks represented ionization steps of sulfuric acid, but same mistake was represented in some of Chemistry II textbooks.  $HSO_4^-$  is a weak acid, but some Chemistry II textbooks represented  $HSO_4^-$  as a strong acid. As results of the survey related to pre-service teachers' perceptions, some pre-service teachers didn't know the situation of particles in sulfuric acid solution, and they were affected on by the learning of high school classrooms.

**Keywords:** High school science textbook, Perception of pre-service teacher, Sulfuric acid

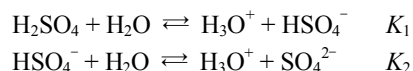
## 서론

산과 염기는 17세기 초부터 체계적이고 과학적인 연구가 시작되어 최근까지 여러 과학자들에 의하여 기존 이론들이 수정·보완되면서 지속적으로 발전되어 왔다.<sup>1</sup> 산·염기 반응은 기체상, 액체상, 고체상에서 일어날 수 있는데, 그 중에서 액체상인 수용액에서의 산·염기 반응은 일상생활과 밀접한 관련을 가진다. 예를 들어 몇몇 천연 염료들은 용액의 산성도가 변함에 따라 색이 변한다. 사이아닌(Cyanidin) 화합물은 팔랑개비 국화의 염기성 수액

속에서는 파란색을 띠고, 산성인 양귀비 수액에서는 붉은색을 띤다. 이러한 주변에서 찾을 수 있는 염료는 용액의 산성도를 측정하는 지시약으로 이용될 수 있다.<sup>2</sup> 또한 최근 산업화로 인하여 공기오염이 심화되면서 나타난 산성비 문제는 토양의 산성화나 생태계 파괴를 초래하고 있다. 이처럼 ‘산과 염기’의 개념과 활용은 실생활과 매우 밀접한 관계를 갖고 있으므로 중등학교 과학교육과정에서 중요하게 다루어지고 있다.

그 중에서 가장 흔하게 다루어지는 산의 하나로 황산이 있지만, 황산은 특이하게 양성자 중 하나는 센 산으로,

다른 하나는 약한산으로 작용한다.<sup>3</sup> 그러므로 다음과 같이 단계적 해리 반응이 일어난다.



따라서  $\text{HSO}_4^-$  입자가 해리되는 과정에는 공통이온효과로 인하여 산해리가 보다 억제되므로, 공통이온효과를 적용하여 3.0 M의 황산 수용액에 들어 있는 이온의 비율을 계산해 보면,  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{HSO}_4^-] = 3.0\text{M}$ 이고,  $K_2 = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{SO}_4^{2-}]/[\text{HSO}_4^-] = (3.0+x)(x)/(3.0-x)$  이 된다. 문헌마다  $K_2$  값에 차이가 있지만, 보편적으로 사용하는 값으로  $K_2 = 1.03 \times 10^{-2}$ 라 할 때,

$$\begin{aligned} x &= [\text{SO}_4^{2-}] = 0.0103\text{M} \\ [\text{H}_3\text{O}^+] &= 3.0 + 0.010 = 3.01\text{M} \\ [\text{HSO}_4^-] &= 3.0 - 0.010 = 2.99\text{M} \end{aligned}$$

이 된다. 따라서 황산 수용액 속에 존재하는  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  와  $[\text{HSO}_4^-]$ 의 입자수는 거의 같고, 상대적으로  $[\text{SO}_4^{2-}]$ 의 입자수는 무시할 수 있을 만큼 작다. 즉  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  와  $[\text{HSO}_4^-]$ 의 입자수가 301개~299개 정도 있을 때  $[\text{SO}_4^{2-}]$ 의 입자수는 1개 정도 존재하는 형태로 나타낼 수 있다.

황산 수용액의 농도가 묽은 경우에도 유사한 결과를 얻을 수 있다. 만약 황산 수용액의 농도가 0.03 M이라고 가정하면 각 이온의 농도는 위와 같은 방법으로 계산하면 다음과 같이 된다.  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.0366\text{M}$ ,  $[\text{HSO}_4^-] = 0.0234\text{M}$ ,  $[\text{SO}_4^{2-}] = 0.0066\text{M}$ . 따라서 황산 수용액 속에 존재하는  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  와  $[\text{HSO}_4^-]$ 의 입자수가 366~234개 있을 때  $[\text{SO}_4^{2-}]$ 의 입자수는 66개 정도 존재하므로, 황산 수용액 안에서  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  와  $[\text{HSO}_4^-]$ 의 입자 수가  $[\text{SO}_4^{2-}]$ 의 입자수 보다 약 4~6배 더 많이 존재한다.

산 또는 염기의 개념에 대한 학생들의 오개념 연구는 꾸준히 이루어 왔다.<sup>4,5</sup> 이재영은 대학 신입생을 대상으로 한 연구에서 학생들이 강염기에 대한 개념보다 약산에 대한 개념에서 오류가 더 많았으며, 염의 액성에 대한 개념이 부족하다고 밝혔다.<sup>6</sup> 조성아는 중학교 3학년 학생들의 개념을 조사하였는데, 많은 중학생들이 염산의 성질은 이온 형태가 아닌 분자 형태로 존재할 때 나타난다고 생각하였으며, 약산인 아세트산도 수용액에서 모두 분자 형태로 존재한다고 생각하거나, 혹은 모두 이온 형태로 존재한다고 생각하여 약산과 강산의 개념을 혼동하고 있음을 밝혔다.<sup>7</sup> 정유정은 학생들이 강산과 약산의 개념을 상대적으로 존재하는 분자 형태와 이온 형태의 차이로 인식하는 오개념을 가지고 있다고 밝혔다.<sup>8</sup>

제 7차 교육과정의 고등학교 과학, 화학 I, 화학 II 교과

서에서는 주로 강산이나 강염기를 설명할 때 1가 산이나 물에 잘 녹는 1가 염기를 소재로 제시하고 있다. 따라서 여러 선행연구<sup>7,9</sup>에서 주로 1가 산이나 물에 잘 녹는 1가 염기에 대한 학생들의 오개념을 분석하였다. 그러나 1가 산과 달리 2가 산은 강산인 경우에도 단계적으로 해리되기 때문에 1가 강산의 개념을 그대로 적용시키면 오개념을 형성할 수 있다. 예를 들어 2가 강산인 황산의 이온화에 관한 내용을 제시할 때에는 황산의 단계적 이온화식에 대한 언급이 필요하다. 또한, pH의 정량적 개념, 이온화상수를 이용하여 황산의 수소이온의 농도를 언급할 때에는 유의해야 한다. 예를 들면, 1M의 HCl 수용액에서 수소이온의 농도는 1M이지만, 1M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  수용액에서 수소이온농도는 2M이 되지 않는다. 그리고 황산이 물에서 이온화할 때 존재하는 이온의 모형을 제시할 때에도 잘못된 개념으로 표현될 수 있다.

본 연구에서는 제 7차 교육과정에서 사용되고 있는 고등학교 과학, 화학 I, 화학 II 교과서를 분석하여 황산에 대한 내용을 분석하고, 예비교사들을 대상으로 황산 수용액의 성질에 대한 인식을 조사하여 문제점을 살펴보고자 한다.

## 연구 내용 및 방법

### 교과서 분석

7차 교육과정의 고등학교 과학 교과서 10종, 화학 I 교과서 8종, 화학 II 교과서 8종을 대상으로 황산에 관련된 내용들이 언급된 부분을 조사했다. 고등학교 과학에서 황산을 주로 다룬 내용은 이온검출, 강산, 일반적 성질, 실생활에서의 이용, 물에서의 이온화식, 산성비의 원인, 물힘 방법, 응급처치 및 주의사항 등이다. 화학 I에서는 황산에 대해 대부분 다루지 않았으므로 이 연구의 분석 결과에서는 제외하였다. 화학 II에서는 몰농도, 퍼센트 농도, 몰랄 농도, 용해열, 반응속도, 첫 번째 단계 이온화식, 두 번째 단계 이온화식, 이온화상수, 중화반응, 산화제, 불타전지, 전기분해, 물힘 방법, 응급처치 및 주의사항 등에서 황산을 다루었다. 이러한 내용을 분석하면서 논의의 초점은 물에서의 이온화에 관한 내용을 중심으로 하였다. 논의의 기준은 대학교에서 사용하는 분석화학 교재<sup>3,10</sup>와 Leenson의 논문<sup>11</sup>을 근거로 하였다.

### 예비교사의 인식 조사

중소도시에 소재한 사범대학 화학교육과 4학년에 재학 중인 예비교사 10인을 대상으로 황산에 대한 인식을 조사하였다. 이들은 대학교에서 다루는 일반화학, 물리화학, 분석화학, 무기화학, 유기화학 등을 이수하였고, 화학교육론, 화학교재론 등의 과목도 이수하였다. 또한 고등학교에서 화학 II 과목을 이수하였다.

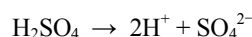
이들의 인식을 알아보기 위하여 95%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 는 어떠한 형태로 존재하는지 그림으로 표현해 보도록 하였으며, 95%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 를 묽혀서 15%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 가 되면, 어떠한 입자의 형태로 존재하는지 그림으로 그려보도록 요청하였다. 그리고 이를 토대로 두 용액 중에서 산의 성질이 더 강하게 나타나는 용액이 무엇인지 선택해 보도록 하였다. 이들이 표현한 그림만으로는 정확한 사고를 파악하기 어려운 경우, 면담을 실시하여 자료를 보충하였다.

## 연구 결과 및 논의

### 황산에 관련된 교과서 내용 분석

#### 고등학교 과학 교과서

10종의 교과서 중에서 황산이 강산임을 언급한 교과서는 8종<sup>12-19</sup>이었고, 물에서의 이온화식을 제시한 교과서는 6종<sup>12-14,16,19,20</sup>이었다. 이온화식을 제시한 교과서<sup>12,13</sup>에서는 다음과 같이 식을 표현하였다.



그리고 두 교과서<sup>19,21</sup>에서 입자 모형으로 황산의 이온화를 제시하였다. 한 교과서<sup>19</sup>에서는 묽은 황산에  $\text{H}^+$ 과  $\text{SO}_4^{2-}$ 만이 존재한다고 가정하였고(Fig. 1), 다른 교과서<sup>21</sup>에서는 스스로 해보기의 활동으로 묽은 황산 안에서의 이온 모형을 그리도록 제시하고,  $\text{H}^+$ 과  $\text{SO}_4^{2-}$  이온을 제시하였다(Fig. 2).

두 교과서에서 황산이 물에 이온화할 때 모두  $\text{H}^+$ 와  $\text{SO}_4^{2-}$ 로 해리되는 것으로 표현하였는데, 이것은 잘못된 개념이다. 황산이 강산인 이유는 첫 번째 양성자가 떨어질 때 ( $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}^+ + \text{HSO}_4^-$ )의 이온화도가 매우 크기 때문이며, 두 번째 양성자가 떨어져  $\text{SO}_4^{2-}$ 으로 해리되는 경우의 해리

상수는 약  $10^{-2}$  정도로 작은 편이다. 또한 첫 번째 해리되어 용액 속에 있는  $\text{H}^+$ 이온과 공통이온효과도 작용하므로  $\text{SO}_4^{2-}$ 로 해리되는 것은 잘 일어나지 않는다.

또한 Fig. 1에서는 염산과 황산을 강산으로 표현하면서, 염산은 6개의  $\text{HCl}$  중에서 5개가 해리되어 수용액 안에  $\text{H}^+$ 가 5개 있는 것으로 나타내고, 황산은 5개의  $\text{H}_2\text{SO}_4$  중에서 3개가 해리하여 수용액 안에  $\text{H}^+$ 가 6개 있는 것으로 나타내었다. 따라서 황산이  $\text{H}^+$ 와  $\text{SO}_4^{2-}$ 로 해리되는 비율이 0.6 정도이고, 염산이 해리되는 비율은 0.83 정도로 나타내어 황산의 이온화도가 더 작지만 한번 해리될 때 나오는  $\text{H}^+$ 의 개수가 두 배가 되므로 수용액 안에 존재하는  $\text{H}^+$ 의 개수가 비슷하여 같은 강산인 것처럼 이해할 가능성이 있다. 이러한 설명 역시 잘못된 것이라고 할 수 있다. 정확하게 표현한다면, 황산 수용액 안에서  $\text{HSO}_4^-$ 의 농도가  $\text{H}^+$ 보다 약간 작고  $\text{SO}_4^{2-}$ 의 농도에 비해서는  $\text{HSO}_4^-$ 의 농도가 훨씬 크므로, 모형으로 표현할 때  $\text{H}^+$ 와  $\text{HSO}_4^-$ 의 개수를 비슷하게 표현하고,  $\text{SO}_4^{2-}$ 는 매우 작은 수만큼 표현해야 한다. 이렇게 이온화도를 고려하지 않고 단순히 강산을 표현하면서 수용액 안에 존재하는  $\text{H}^+$ 개수가 많은 것처럼 표현하게 되면, 학생들은 이온화도가 큰 강산과  $\text{H}^+$ 개수가 많은 산 수용액을 동일시하게 될 가능성이 높다.

과학 교과서는 고등학교 1학년 학생들을 대상으로 하므로, 황산의 단계적 해리에 대한 언급한 교과서는 없었다. 그리고 교육과정에서는 산 수용액의 세기와 중화반응에 대한 학생들의 이해를 돕기 위하여 이온 모형을 제안하고 있다. 그러나 이온화도와 같은 개념을 도입하지 않는다고 하더라도 이온 모형을 표현할 때 과학적으로 잘못된 표현을 사용한다면, 학생들은 이를 통해 오개념을 유발하게 될 가능성이 높다.

그 외에도 교과서에서는 황산과 관련된 몇 가지 오류가 포함되어 있다. 두 종류의 과학교과서<sup>16,17</sup>에는 물에 황산을 조금씩 넣으면서 희석시켜야 하는데, ‘진한 황산 1부피에 5부피의 물을 가한다.’라는 표현을 통해 잘못된 지식이 형성될 가능성을 포함하고 있다. 또한 다른 교과서<sup>12</sup>에서

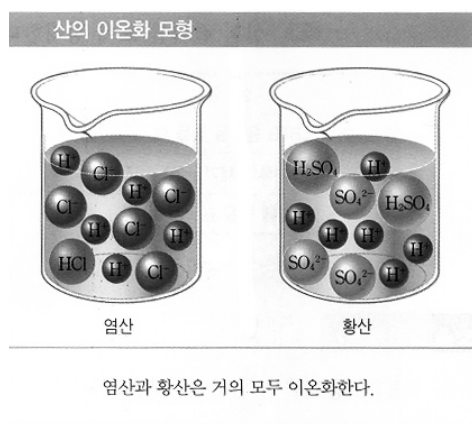


Fig. 1. Ion model of sulfuric acid in high school science text<sup>19</sup> (p. 138).

#### 스스로 해 보기 1 황산과 질산이 물에 녹으면 어떻게 될까?

황산( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )과 질산( $\text{HNO}_3$ )을 물에 녹여 만든 묽은 황산과 묽은 질산을 이온 모형으로 그려 보자.

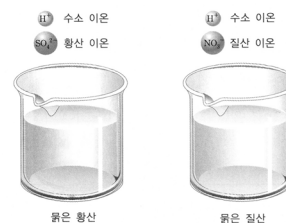


Fig. 2. An activity of sulfuric acid ionization in high school science text<sup>21</sup> (p. 146).

는 시판되는 진한 황산을 36%라고 표기하였으나, 보편적으로 진한 황산은 96~98% 농도의 용액으로 시판되므로 이 역시 수정이 필요한 내용이다.

### 화학 II 교과서

황산의 물에서 1단계 이온화식( $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HSO}_4^-$ )을 언급한 교과서는 2종<sup>22,23</sup>이고, 2단계 이온화식( $\text{HSO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ )을 언급한 교과서 역시 2종<sup>23,24</sup>이었는데, 이 중에서 1단계 이온화식과 2단계 이온화식을 모두 언급한 교과서는 1종<sup>23</sup>뿐이었다.

한 교과서<sup>22</sup>에서는 브뢴스테드 산과 염기를 구분하고, 짝산-짝염기를 밝히는 내용이 물음으로 제시되었고, 다른 교과서<sup>23</sup>에서는 다지기 코너에서 황산 수용액에서의 모형과 그 때의 화학 반응식을 1단계 이온화식으로 나타내고, 브뢴스테드-로우리 산과 염기를 지적하고 짝산-짝염기를 밝히는 문제가 제시되었다(Fig. 3).

2단계 이온화식의 경우에도 한 교과서<sup>24</sup>에서는 산과 그 짝염기, 염기와 그 짝산을 찾는 확인하기 문제에서 다루었고, 다른 교과서<sup>23</sup>에서는 다지기 코너에서 황산수소이온( $\text{HSO}_4^-$ )의 수용액에서의 평형식과  $K_a$ 를 제시한 후, 짝산-짝염기를 지적하고 산·염기의 세기를 비교하는 문제의 형태로 제시되었다. 그러나 일부 교과서<sup>25-29</sup>에서는 고등학교 1학년 과학에서 제시된 형태처럼 묶은 황산에서  $\text{H}^+$ 와  $\text{SO}_4^{2-}$ 로 존재한다고 설명<sup>25</sup>하거나 이에 대한 설명이 없었다.<sup>26-29</sup>

이온화상수를 제시한 교과서는 5종<sup>22-24,26,27</sup>인데, 한 교과서<sup>26</sup>에서는 부록에 각 물질의 이온화식에 대한  $K_a$ 와 산의 상대적 세기(매우 세다·세다·약하다·매우 약하다)의 형태로 제시하였고, 황산의 1단계 이온화식에 대한  $K_a$ 는 ‘매우 크다’로 표기되어 있었으며, 상대적 산의 세기는 ‘매우 세다’와 ‘세다’의 중간 정도로 표시하였다. 2단계 이온화식에 대한  $K_a$ 는  $1.3 \times 10^{-2}$ 로 표기되어 있었으며, 상대적 산의 세기는 ‘세다’로 표시되어 있는 오류가 있었다. 다른 교과서<sup>27</sup>에서는 몇 가지 산의 이온화상수가 표로 제시되어 있었는데,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 의  $K_a$ 는  $\sim 10^2$ 로,  $\text{HSO}_4^-$ 의  $K_a$ 는  $1.2 \times 10^{-2}$

로 제시하고 부록에서는  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 의  $K_a$ 값은 ‘크다’로,  $\text{HSO}_4^-$ 의  $K_a$ 값은  $1.3 \times 10^{-2}$ 로 표기되어 같은 교과서 안에서도 제시하는 이온화상수 값이 다른 문제가 있었다. 또 다른 교과서<sup>23</sup>에서는  $\text{HSO}_4^-$ 의 이온화상수가  $1.2 \times 10^{-2}$ 로 표기되어 있어 교과서에 따라 이온화상수 값이 다소 차이가 났다. 또한 대부분의 교과서에서는 온도에 따라 달라지는 변인임을 고려하여 이온화상수가 25℃ 또는 실온의 조건일 때임을 언급하고 있었지만, 한 교과서<sup>26</sup>에서는 이러한 조건에 대한 언급이 누락되어 있었다.

황산의 중화반응은 1종<sup>28</sup>을 제외한 7종<sup>22-27,29</sup>에서 제시되었는데, 2가 강산인 황산과 1가 강염기와의 정량적 관계를 중점적으로 다루었다. 대부분의 교과서에서 황산수용액과 수산화나트륨 수용액의 적정을 통해 몰농도를 구하는 계산 문제를 제시하였으며, 적정 과정에서 황산은 모두 이온화된다는 조건을 제시하고 있었다. 그러나 대부분의 교과서에서 황산의 단계적 이온화식을 상세하게 설명하지는 않았기 때문에 학생들이 황산과 염기의 중화반응만 배우면서 황산이 모두 해리하여  $\text{H}^+$ 와  $\text{SO}_4^{2-}$ 로 존재한다고 생각할 가능성이 높다.

따라서 고등학교 수준에서는 다양한 산과 염기들의 구체적인 이온화상수 값을 제시하여 상대적인 산의 세기뿐만 아니라 정량적인 산의 세기도 파악할 수 있도록 할 필요가 있다. 또한 수소이온지수(pH)의 개념을 대부분 1가 산이나 1가 염기로만 설명하고 있는데, 같은 강산이지만 황산의 수소이온지수는 1가산과는 다르게 계산되어야 함을 나타낼 필요도 있다.

### 예비교사들의 황산에 대한 인식 조사 결과

10명의 화학전공 예비 교사들 중에서 1단계 해리 후 존재하는 화학종인  $\text{HSO}_4^-$ 의 존재를 묶은 황산 수용액 안에 그린 예비 교사는 5명뿐이었다. 나머지 5명의 예비 교사들은 모두 묶은 황산 수용액 안에  $\text{H}^+$ 와  $\text{SO}_4^{2-}$ 만이 존재하는 것으로 그렸다.

그러나  $\text{HSO}_4^-$ 의 입자수가  $\text{SO}_4^{2-}$ 의 입자수보다 절대적으로 많은 형태로 그린 경우는 3명이었고, 한 명은 해리되

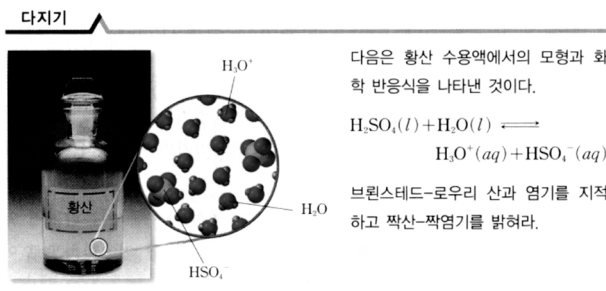


Fig. 3. Ion model of sulfuric acid in high school Chemistry II text<sup>22</sup> (p. 265).

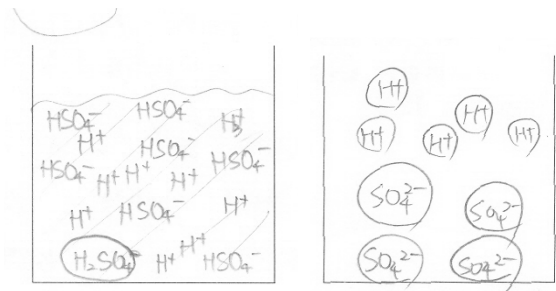


Fig. 4. Students' thoughts of ion situation in dilute sulfuric acid.

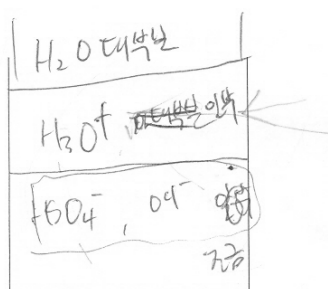


Fig. 5. A student's thought of ion situation in dilute sulfuric acid.

지 않은  $\text{H}_2\text{SO}_4$  분자와  $\text{HSO}_4^-$  입자, 그리고  $\text{SO}_4^{2-}$  입자를 각각 같은 비율로 제시하였다. 또 다른 한 명은  $\text{H}_3\text{O}^+$ 가 일부를 차지하고,  $\text{HSO}_4^-$ 는 조금 들어 있다고 표시하였다. 이때  $\text{HSO}_4^-$ 의 입자수는 황산 수용액 안에 존재할 수 있는 매우 작은 비율의  $\text{OH}^-$  입자 수와 같은 수준으로 표시하였다. 따라서  $\text{HSO}_4^-$ 의  $K_a$ 값을 고려한 비율로 황산 수용액 안의 입자를 그리는 사고가 부족함을 알 수 있었다.

7명의 예비 교사들은 95% 진한 황산 수용액에는 대부분  $\text{H}_2\text{SO}_4$  형태의 입자들이 존재한다고 응답하였다. 학생들 중에서 수용액의 pH로 나타내는 산의 세기와 이온의 해리도에 따라 구분하는 강산, 약산의 개념을 혼동하여 응답한 경우가 있었지만, 면담을 통해 이들의 정확한 사고를 파악할 수 있었다. 대부분의 예비 교사들은 진한 황산은 해리되지 않기 때문에 산의 성질을 띠지 않는다는 것을 인식하고 있었다.

면담자: 95% 황산의 경우 15% 황산보다 이온화가 덜 된다고 보는 거야?

예비교사 A: 산성이라는 것은  $\text{H}^+$ 를 내놓는 것인데, 황산은 물과의 상호작용으로 인해 산성을 나타내는 것이라고 보기 때문에.

면담자: 95% 황산은 조금 이온화하고, 15% 황산은 많이 이온화된다는 말이지? 그럼 세기는?

예비교사 A: 이때한테, 어느 것이 더 센 산인가? 라고 말할 때 센 산의 정의?  $pK_a$ 가 큰 물질을 말하는 건가?

면담자:  $pK_a$ 는 물과의 상호작용을 통한 이온화를 말하는 것이잖아. 물과 상호작용해서 해리되는 정도의 차이. 용액 100 g 중에 용질인 황산이 95 g 있는 경우와 15 g 있는 경우를 비교하면 들어 있는 황산의 양이 다르니까.

예비교사 A: 나 말고도 이렇게 생각하는 사람이 또 있었어요. 산성 자체를  $\text{H}^+$ 를 내놓을 수 있는 능력으로 생각하는.

면담자: 황산이라는 물질 자체의 성질로 본다면?

예비교사 A: 똑같은 물질이니까 ( $\text{H}^+$ 를) 내놓을 수 있는 능력은 똑같은 거예요. 어떤 농도든지.

면담자: 95% 황산의 pH를 측정해 보니, pH가 7로 나오는데?

예비교사 A: 그럴 것 같아요. 산의 정의를 내렸느냐에 따라서 다르겠지만, 일반적으로 화학을 공부한 사람이라면 15% 황산이 더 센 산이라고 말하는 것으로 가야할 것 같아요.

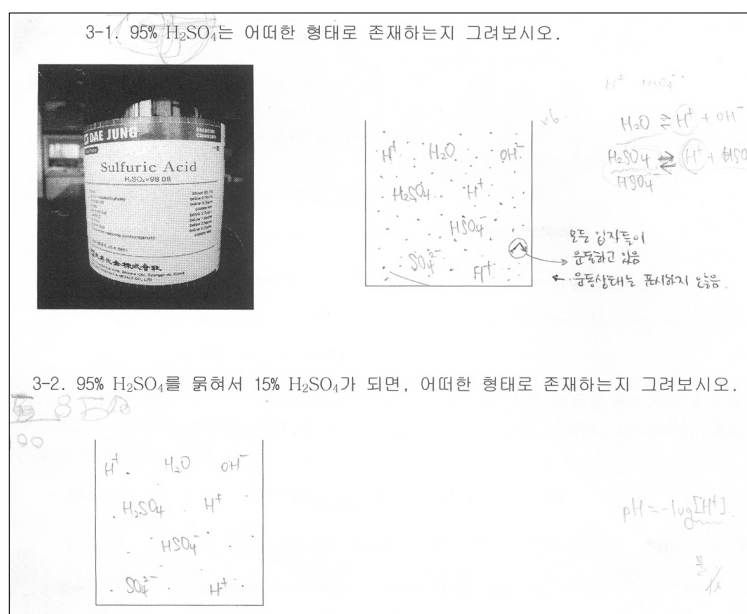


Fig. 6. A student's thought of ion situations in dense sulfuric acid and dilute sulfuric acid.

그러나 15% 황산 수용액 안에 존재하는 입자의 형태와 동일한 형태로 95% 진한 황산 수용액 안에도 입자들이 존재한다고 생각하는 예비 교사들도 2명 있었다. 이들은 ‘산의 세기는 산의 성질이므로 묽다고 해서 성질이 변하지는 않는다’, ‘산의 세기는 이온화 정도로 판단하는데, 이온화 정도는 농도와 관련이 없다’는 사고를 가지는 것으로 나타났다. 따라서 이들 2명의 교사는 황산이 해리하면서 산의 성질을 나타내는 과정에 대한 정확한 개념을 가지고 있지 못함을 알 수 있다.

나머지 한 명의 예비 교사는 95% 진한 황산 수용액 안에 들어 있는  $H^+$ 의 수가 15% 수용액에서보다 많을 것이라고 생각하였다. 그 이유는 95%의 의미가  $H_3O^+$  입자의 수가 그만큼 많다는 것을 의미한다고 생각했기 때문이다. 이 역시 황산이 1차 이온화 단계를 거치면서 강한 산성을 나타내는 것임을 제대로 인지하지 못한 결과라고 볼 수 있다. 이 예비 교사와 면담한 결과, 고등학교 때 학습의 영향으로 형성된 사고임을 확인하였고, 면담 과정을 통해 비로소 자신의 사고에 오류가 있음을 인식하게 되었다.

면담자: 95% 황산과 15% 황산 중에 왜 95% 황산이 더 센 산이라고 생각하지? 95% 황산은 상대적으로 황산의 양이 95g이면 물은 5g만 존재하고, 15% 황산은 물이 85g, 황산이 15g 존재하는데? 물의 존재가 황산의 이온화에 영향을 미치지 않을까?

예비교사 B: 그런 생각은 해보지 않았는데, (물의) 영향을 조금은 미칠 것 같지만 미미할 것 같아요.

면담자:  $H^+$  개수가 많아야 산이 센 것 아니야?

예비교사 B: 물의 양을 특별히 생각하진 않았어요. 단순히 이온화되는 것을 통해 강산과 약산을 구분한다고만 생각했는데. 물의 양을 고려하면 물의 양이 많으면 이온화가 잘 될 것 같아요. 그러니까  $H^+$ 의 농도가 높을 거예요. 하지만 물의 양이 적으면  $H_2SO_4$ 에서 이온화되는  $H^+$ 의 양이 상대적으로 적겠네요.

면담자: 그러면 15%와 95% 중에 어느 것이 더 산성이 약하지?

예비교사 B: (95% 황산 수용액의  $H^+$ 가) 덜 나오니까 더 약한게 되나? 물에는 상관 없다고 생각했는데.

면담자: 이온화하려면 물이 필요하잖아. 물의 양이 작아서 이온화할 수 있는 경향이 너무 작으면 아까 답과 반대가 되지?

예비교사 B: 아, 반대가 되는구나. 아, 그렇구나.

면담자: 95% 황산은 이온화를 거의 하지 못해서 pH가 7이 나온다.

예비교사 B: 아, 신기하다.

면담자: 15% 황산은 pH가 2 정도 나오고.

예비 교사 B: 차이가 되게 많이 나네요. 재미있었겠네요. 생각한 것과 다른 결과가 나오니. 1번(95% 황산)의 산성이 더 셀 것이라고 생각했는데. (중략) 고등학교 때 산염기를 배울 때 센 산(아마도 강산을 의미)의 종류, 약한 산의 종류를 배우고, 배울 때 농도의 영향을 배우지는 않으니까, 항상 강산, 약산 이렇게 배운 영향이 큰 것 같아요.

이러한 면담 과정을 통해 고등학교에서 물질의 특성으로 강산과 약산을 배우면서 교과서에서 제시하는 수준과 같이 이온화 정도에 대한 개념을 도입하지 않을 경우 오개념이 형성될 수 있음을 확인할 수 있었다.

15% 황산 수용액이 95% 황산 수용액보다 산의 세기가 더 크다고 응답한 7명의 예비 교사 중에 한 명과 면담을 한 결과, 이 예비 교사는 고등학교 때 배운 내용이 사고에 영향을 미쳤음을 확인할 수 있었다.

면담자: 95% 황산 수용액에는 해리되지 않은  $H_2SO_4$ 가 많다고 생각하고, 15% 황산 수용액에는 이온화된 상태가 많을 것이라고 보았는데, 이렇게 해리되는 상태의 차이가 산의 세기와 관련이 있을 것이라고 생각했니?

예비교사 C: 95% 황산 수용액에는 물이 상대적으로 적으니까, 해리가 많이 안될 것이라고 생각했어요. 고등학교 때 배울 때 농도가 높은 황산이 농도가 낮은 황산보다 더 산도가 세다고 배운 게 생각났어요.

면담자: 그럼 강산은 무엇이지? 물질이 같아도 강산이 나 약산이 될 수 있나?

예비교사 C: 강산은  $H^+$ 를 많이 내놓는 것, 이온화가 잘 되는 것이니까, 물질에 따라 정해져 있지만,

면담자: 그럼 0.1M  $H_2SO_4$ 와 15M 아세트산 중에서 어느 것이 더 산의 세기가 크니?

예비교사 C: 0.1M  $H_2SO_4$ 가 더 해리되지 않을까요? 더 강산이니까. 약산은 적게 해리될 것 같아요. 그러니까 황산이 몰수가 작아도  $H^+$ 의 이온화 수는 더 많을 것 같아요.

또한 심층 면담 과정에서 비록 설문에서는 옳은 답을 하였지만, 예비교사 C의 경우에도 물질의 해리도로 표현되는 강산과 약산의 개념과 수용액 안에 존재하는  $H^+$ 의 입자수로 인해 나타나는 산의 세기를 혼동하고 있음을 확인할 수 있었다. 비록 황산의 해리도가 매우 커서 강산이지만, 15 M의 아세트산은 몰수가 크기 때문에 수용액 안에

존재하는  $H^+$ 의 입자수는 0.1 M 황산 수용액에 존재하는  $H^+$ 의 입자수보다 많을 수 있다는 사고를 하지 못하는 것으로 나타났기 때문이다.

## 결론 및 제언

이 연구를 통해 고등학교 과학 교과서에서 황산 수용액에 존재하는 황산의 입자에 대한 모형이 과학적인 오류를 가지고 있으며, 많은 고등학교 화학 II 교과서에서도 황산이 물에서 1단계 이온화식이나 2단계 이온화식을 정확하게 기술하지 않았음을 확인할 수 있었다. 물론 교육과정의 학습 위계 측면에서, 고등학교 과학 교과서에 화학평형의 개념이 포함되지 않은 상태로 2단계 해리식을 제시하기는 어려울 수 있다. 따라서 이러한 학습 위계를 고려한다면, 가능한 한 1가 산을 사례로 제시하는 것이 황산의 해리에 대한 오류를 제시하는 것보다 나을 것이다. 또한 화학평형을 다루는 화학 II 교과서의 경우에도 2단계로 산의 해리가 이루어짐을 제시하는 것이 복잡하다면, 1단계로 해리식을 표현하면서  $H^+$ 와  $SO_4^{2-}$ 이온 뿐 아니라,  $HSO_4^-$ 가 생성된다는 것도 표현을 해 주어야 할 것이다. 특히 화학평형을 고려할 때 대부분  $HSO_4^-$ 가 생성되며,  $SO_4^{2-}$ 이온의 수는 매우 적음을 설명할 필요가 있다.

교과서의 문제는 이를 배우는 학생들 뿐 아니라, 이를 통해 학생들을 가르치는 교사들에게도 영향을 미친다. 비록 예비교사들이 대학 교육과정을 통해 학문적으로 깊이 있는 지식을 습득하더라도, 중등학교 교과서에서 배운 내용에 대한 오류의 교정은 이루어지지 못할 수 있음을 이번 연구를 통해 확인할 수 있었다. 사범대학에서 화학교육을 전공하는 학생들은 화학이라는 학문의 깊이 있는 지식을 습득하는 과정에서 필수적으로 중등학교에서 화학 관련 내용을 지도할 때 필요한 기본적인 지식의 오류에 대한 인식이 우선되어야 한다. 중등학교에서 학습한 교과서 및 앞으로 지도할 교과서에서 학문적 오류가 포함되어 있다고 하더라도 교사들이 이에 관련된 정확한 지식을 가지고 있는 한, 이러한 제한적인 문제는 학습 지도 과정에서 교정될 수 있을 것이다.

그러나 이 연구를 통해 확인한 바와 같이 화학 전공 예비 교사들 중 일부는 물에서 황산의 해리 과정을 제대로 이해하지 못하고, 특히 2차 이온화 단계를 고려하지 못하는 경우도 관찰되었다. 이 때문에 연구 대상인 예비교사들 중 일부는 산의 성질이 강하게 나타나는 상황과 강산의 개념을 혼동하거나, 농도가 다른 황산 수용액 안에 존재하는 입자에 대한 개념에 오류가 나타났다. 진한 황산과 묽은 황산 안에 들어 있는 입자의 상태와 산의 세기에 대한 질문에 일관성 있게 과학적으로 옳은 답을 한 예비 교사들은 6명이었으며, 4명의 예비교사들은 부분적으로, 혹

은 완전히 잘못된 사고를 하는 것으로 나타났다. 그리고 이러한 사고는 고등학교에서 형성된 이후에 예비교사 교육과정을 통해서 교정될 기회를 가지지 못하였음을 심층 면담을 통해 확인할 수 있었다.

이러한 문제를 해결하기 위한 가장 빠른 방법은 교사들이 가르칠 때 가장 중요하게 사용하는 교과서의 내용을 과학적으로 정확하게 수정하는 방법일 것이다. 이와 함께, 비록 교과서는 중등학교 학생들의 수준에 비추어 보았을 때 지나치게 복잡하지 않도록 구성하기 위하여 단순화하는 과정에서 부분적인 오류를 포함한다 할지라도, 예비교사 교육을 통해 이러한 문제가 정확하게 짚어지고 인식될 수 있도록 하는 노력도 뒤따라야 할 것이다.

## REFERENCES

- Kim, H. S. *J. Korea Assoc. Sci. Edu.* **1992**, 12(2), 55-65.
- Oxtoby, D. W.; Gillis, H. P.; Nachtrieb, N. H. *PRINCIPLES OF MODERN CHEMISTRY*; Freedom Academy Publishing Co.: Seoul, Korea, 1999.
- Harris, D. C. *Quantitative chemical analysis 7th edition*; Freedom Academy Publishing Co.: Seoul, Korea, 2007.
- Jeong, D. W. Analysis of the students' conception on reaction of Acid and Base. Master Thesis, Korea National University of Education, Chung-Buk, Korea, 1998.
- Hong, S. M. A Study of First-Year University Students' Understandings of Acid-Base Equilibrium and Equivalence Point. Master Thesis, Ewha Womans University, Seoul, Korea, 1998.
- Lee, J. Y. Analysis of the college freshmen's misconception of Science(chemistry) subject. Master Thesis, Sookmyung Womans University, Seoul, Korea, 2002.
- Cho, S. A. Conceptual change of Acid and base by Learning Cycle of Instruction In third year middle school students. Master Thesis, Ewha Womans University, Seoul, Korea, 1998.
- Jeong, Y. J. An Analysis of High School Student's Misconception on Chemistry Concepts. Master Thesis, Hankuk University of Foreign Studies, Seoul, Korea, 2005.
- Song, Y. J. Study of students' misconceptions of Acid-Base reactions by the different types question. Master Thesis, Chosun University, Gwang-Ju, Korea, 2003.
- Skoog, D. A.; West, D. M.; Hooler, F. J. *Analytical chemistry 6th edition*; Freedom Academy Publishing Co.: Seoul, Korea, 1996.
- Leenson, I. A. *J. Chemical Edu.* **2004**, 81, 991.
- Woo, K. W.; Lee, C. W.; Oh, D. H.; Kim, Y. Y.; Gyoung, J. B.; Lee, K. H.; Park, T. Y.; Lee, Y. G.; Beak, S. G.; Kim, B. I.; Kim, B. R.; Lee, K. Y. *High School Science*; Joongang Education Development Center Publishing: Seoul, Korea, 2006.
- Lee, M. W.; Jang, B. G.; Ko, J. D.; Yoon, S. H.; Lee, J. S.; Yeo, S. I.; Kim, H. S.; Lim, C. S.; Bea, J. H.; Paik, S. Y.; Lee, S. J.; Choi, B. G. *High School Science*; Jihak Publishing: Seoul, Korea, 2006.
- Cha, D. W.; Kim, H. S.; Lee, M. S.; Lee, H. J.; Choi, J. H.; Lee, B. Y.; Ok, J. S.; Yoon, S. J.; Lee, W. K.; Jeong, N. S.; Shin, D. W. *High School Science*; Cheonjae Education Publishing: Seoul, Korea, 2006.
- Jeong, W. H.; Kwon, J. S.; Kim, D. S.; Kim, B. G.; Shin, Y. J.; Woo, J. O.; Lee, G. J.; Jeong, J. W.; Choi, B. S.; Hwang, W. G.

- High School Science*; Kyohak Publishing: Seoul, Korea, 2006.
16. Kang, M. S.; Jeong, C. H.; Lee, W. S.; Han, I. S.; Kwon, S. I.; Lee, M. H.; Park, S. M.; Yun, Y.; Lee, G. S.; Lee, T. W.; Jeong, G. H.; Yang, S. J. *High School Science*; Kyohak Publishing: Seoul, Korea, 2006.
17. Lee, M. W.; Jeon, S. Y.; Choi, B. S.; Kwon, S. M.; Noh, T. H.; Heo, S. I.; Kim, C. B.; Kang, S. J.; Park, H. S.; Kim, K. H.; Kim, G. S.; Chae, K. P.; Kim, J. M.; Jeong, D. Y. *High School Science*; Keumsung Publishing: Seoul, Korea, 2006.
18. Kim, C. J.; Seo, M. S.; Kim, H. B.; Shim, J. H.; Hyun, J. O.; Han, I. O.; Kwon, S. G.; Park, S. S. *High School Science*; Didimdol Publishing: Seoul, Korea, 2006.
19. Sung, M. W.; Kim, B. K.; Jo, S. D.; Kang, D. H.; Kang, C. H.; Gu, J. O.; Noh, I. H.; Lee, Y. C.; Lim, T. H.; Choi, B. S.; Han, E. T. *High School Science*; Moonwongak Publishing: Seoul, Korea, 2006.
20. Song, H. B.; Jeong, Y. S.; Yoo, B. S.; Lee, Y. S.; Kim, Y. S.; Jeong, T. Y.; Lee, H. W.; Yoon, S. Y. *High School Science*; Hong-Jin P&M: Seoul, Korea, 2006.
21. Lee, G. S.; Jo, H. H.; Park, B. S.; Park, M. S.; Shim, G. S.; Shim, J. S.; Choi, J. B.; Jang, J. C.; Lee, C. J.; Lee, Y. J. *High School Science*; Daehan Textbook Publishing: Seoul, Korea, 2006.
22. Yeo, S. D.; Yeo, H. J.; Jang, Y. G.; Lee, G. O.; Jo, C. H.; Park, H. Y.; Yang, D. G.; Lee, C. G. *High School Chemistry II*; Cheongmoongak Publishing: Seoul, Korea, 2006.
23. Yoon, Y.; Jeong, J. O.; Park, J. S.; Kim, Y. H. *High School Chemistry II*; Kyohak Publishing: Seoul, Korea, 2006.
24. Yeo, S. I.; Lee, J. S.; Kim, H. S. *High School Chemistry II*; Jihak Publishing: Seoul, Korea, 2006.
25. Woo, G. H.; Choi, S. N.; Oh, D. H.; Han, E. T.; Kim, B. R.; Kang, B. J. *High School Chemistry II*; Joongang Education Development Center Publishing: Seoul, Korea, 2006.
26. Lee, D. H.; Kim, D. S.; Shim, G. S.; Jeon, S. C.; Lee, J. H.; Shim, J. S.; Seo, I. H.; Noh, G. J. *High School Chemistry II*; Daehan Textbook Publishing: Seoul, Korea, 2006.
27. Suh, J. S.; Huh, S. I.; Kim, C. B.; Park, J. O.; Ha, Y. K.; Lim, Y. J.; Bea, B. I. *High School Chemistry II*; Keumsung Publishing: Seoul, Korea, 2006.
28. Kim, H. J.; Yoon, G. B.; Lee, J. Y.; Hwang, S. Y.; Lee, B. Y.; Jeon, H. W. *High School Chemistry II*; Cheonjae Education Publishing: Seoul, Korea, 2006.
29. Song, H. B.; Lee, J. H.; Lee, J. H.; Kang, K. D.; Yang, G. Y.; Gu, I. S.; Jeong, G. Y. *High School Chemistry II*; Hyungseul Publishing: Seoul, Korea, 2006.