Journal of the Korean Chemical Society
2002, *Vol. 46, No. 6*
Printed in the Republic of Korea

이온결합 화합물과 산의 용해 현상을 물리변화와 화학변화로 구분하는 문제에 대한 중·고등학교 과학교사들의 인식 조사

白盛惠*·金善璟†
한국교원대학교 화학교육과
†광주전산고등학교
(2002. 5. 9 접수)

A Survey of Secondary School Science Teachers' Thinking on Classifying Phenomena Related to Dissolution of Ionic Compound and Acid into Physical and Chemical Change

Seoung-Hey Paik* and Sun-Kyoung Kim†
Department of Chemistry Education, Korean National University of Education, Chungbuk 363-791, Korea
†*Kwangju Computer Technology High School, Kwangju 500-803, Korea*
(Received May 9, 2002)

요 약. 이 연구에서는 물리변화와 화학변화에 대한 중·고등학교 과학교사들의 인식을 조사하였다. 연구를 위해 중·고등학교 과학교사들에게 설문지를 투입하여 총 80명의 설문을 분석하였다. 과학교사들의 인식 조사 결과, 이온결합 물질이나 산이 물에 녹는 현상을 물리변화나 화학변화로 구분하는 것에 대해 교사들은 다양한 견해를 가지고 있음을 알 수 있었다. 그리고 유사하거나 동일한 현상에 대해서도 분항에서 언급한 초점이 다를 경우 다른 변화로 판단하는 경향이 있었다. 즉, 응답에 일관성을 가지지 못하는 것으로 나타났다.

주제어: 중등학교, 과학교사, 과학교육, 화학변화, 물리변화, 용해 현상, 이온결합물질, 산

ABSTRACT. This study examined secondary school science teachers' thinking on physical and chemical change. For this research, we analysed the answers of 80 secondary school science teachers. According to the result of the analysis, teachers had various opinions when they classified phenomena of dissolving ionic compound or diluting acid into physical change and chemical change. Many teachers tended to classify similar phenomena into different change when those were represented with different focus. It means that teachers' opinions were not consistent.

Key words: Secondary school, Science teacher, Science education, Chemical change, Physical change, Dissolution, Ionic compound, Acid

서 론

연구의 목적 및 필요성. 대부분 화학과 관련된 교과서의 서두에는 먼저 화학에 대한 정의가 소개되어 있다. 제시된 화학의 정의를 한가지 살펴보면 화학은 물질의 성질과 물질의 변화를 다루는 학문이며, 물질의 구조를 연구하는 학문이라는 것이다. 다시 말해, 물질에는 어떤 종류들이 있고, 어떻게 구성되어 있으며, 또 어떤 특성을 지니고, 어떤 변화를 일으키는지에 대해 그 원리를 이해하고 탐구하는 학문이 바로 화학이라고 하겠다.

모든 것은 물질로 구성되어 있으며, 이러한 물질의 변화에 대해 연구하는 학문이 화학인 만큼 자연세계를 이해하는 데에 화학의 기초개념인 화학변화를 이해하

는 것은 중요한 일이 아닐 수 없다. 또한, 학생들의 화학개념 이해의 발달측면에서 Krajcik는 학생들이 화학을 이해하려면 물리변화나 화학변화와 같은 기본적인 화학개념을 통합하고 관련지어야 한다고 지적했다.[1]

학생들의 화학에 대한 오개념을 조사한 Nakhleh[2]는 그의 연구에서 많은 학생들이 화학을 어려워하는 이유 중의 하나가 바로 기본적인 화학개념들을 올바르게 이해하지 못하기 때문이라고 말한다. 이는 화학에 있어서 물리변화와 화학변화 같은 기초개념의 정확한 개념정립이 화학을 이해하기 위한 필수적인 요소임을 강조하고 있는 것이다.

Stavridou과 Solomonidou[3]는 그들의 연구에서 이러한 화학반응의 근본적인 이해를 위해 물리변화와 화학변화사이의 구분은 반드시 필요하며, 비록 이 두 변화 중 어떠한 변화로도 분명하게 구분할 수 없는 현상이 있다 할지라도 물리변화와 화학변화사이의 구분은 중등교육에서 화학을 배우는 학생들에게 매우 중요하다고 강조한다. 그러나, 많은 선행연구들[3-12]에서 학생들이 이 두 변화를 구분함에 있어 상당히 혼란스러워하고 있으며, 물리변화를 화학변화로 오인하거나 화학변화를 물리변화로 잘못 알고 있는 경향이 있다는 연구 결과가 보고되어 있다. 학생들이 물리변화와 화학변화를 구분하지 못하는 이유가 원자 또는 분자와 같은 미시세계에 대한 예측능력이 부족하여 눈에 보이는 대로 해석하거나 원자나 분자에 대해 과학자적인 개념을 갖지 못해 입자들간의 상호작용에 대해 혼동하기 때문이라는 연구 결과[6,8,13,14]도 보고되어 있다. Hess와 Anderson[11]은 이러한 경향을 나타내는 학생들이 화학변화를 이해하기 위해서 거시적인 성질뿐만 아니라 물질의 화학적 성질에 대한 다양한 사실들도 이해할 것을 강조했으며, Ahtee와 Varjola[8]도 화학반응에 대한 학생들의 이해에 관한 연구 결과를 통해 거시적으로 나타난 성질은 화학변화의 충분한 증거가 되지 못함을 주장하면서 화학변화는 원자나 분자수준에서 설명되어야 정확히 이해되는 현상임을 지적하였다. 이들의 연구에서는 물리적 성질의 변화가 화학반응에 대한 충분한 증거가 되지 못한다는 것을 이해하는 학생은 8학년 학생 105명중 4명, 고등학생 178명중 1명, 대학생 137명중 11명에 불과하였다고 보고하였다.

물질의 성질과 관련된 비슷한 연구로 5가지 화학적 기초개념에 대해 연구한 Abraham 등[10]의 연구 결과, 15%의 학생들이 과학적 오개념을 가지고 있었고, 모양의 변화와 같은 물리변화의 증거를 보고 화학변화로 잘못 이해하고 있었다. 이것은 반응이 일어난 후 생성물이 반응물과는 다른 성질을 나타냈을 때 화학변화라고 가정한 경우 모양이나 크기와 같은 물리적 성질의 변화도 화학변화의 증거가 될 수 있다는 믿음이 있기 때문으로 보았다.

8살부터 17살까지의 그리스 학생들을 대상으로 물리변화와 화학변화의 사례들의 구분에 관해 연구한 Stavridou와 Solomonidou[12]는 학생들이 현상의 외부적 징후(external manifestations)에 맞춰서 두 변화를 구분하고 있어 이러한 점이 물리변화와 화학변화를 구분하는데 올바른 결론을 이르지 못하게 한다고 주장함으로써 거시적으로 드러난 현상이 두 변화를 구분하는 데에 적합한 구분기준이 되지 못함을 강조하고 있다.

지금까지의 연구 결과[8,15-18]로 볼 때 화학학습에 있어서 원자·분자 개념의 이해 즉, 물질의 입자성에 대한 이해는 다른 모든 화학개념을 학습하는데 필수적이다. Nakhleh[2]는 학생들이 가지고 있는 화학에 관한 오개념을 통해 이들이 시사하는 몇 가지 점을 지적하고 있다. 그 중 하나가 교육자는 학생들이 원자나 분자 그리고 이온들 사이의 다른 점을 이해할 수 있도록 도와야 하며, 입자의 역학적 행동을 이해하지 못한다면 화학의 많은 주제들은 개념적 상식(conceptual sence)을 만들지 못하기나 기계적인 암기에만 몰두하게 된다는 것이다.

Nieswandt[19]는 화학변화에 관련하여 일상개념(everyday conception)에 초점을 맞춰 점점 입자적인 관점에 접근하는 방식으로 아이들의 과학적 개념을 유도한 결과, 50% 이상의 학생들이 과학적 개념으로 변화되는 것을 볼 수 있었다. 국내의 연구에서도 김장환[20]과 유광현[21]은 중·고등학교 과학교과서와 대학교 일반 화학 교재 분석을 통해 화학변화를 깊이 있게 이해하기 위해서 미시적인 화학 결합의 개념이 필요하며, 교과서 집필 상에서도 화학 결합의 개념이 먼저 집필된 다음 물리변화와 화학변화의 개념이 소개되어야함을 주장했다. 또한, 화학반응식의 이해에 관해 연구한 이혜란 등[22]과 이민수[23]의 연구 결과에서도 원자와 분자 같은 입자개념의 이해 정도가 물리변화와 화학변화를 이해하는 데 높은 상관관계를 나타내, 학습위계에 따른 수업효과가 있었다고 보고하였다.

Boo[24]는 화학반응에서의 에너지와 화학 결합에 대한 학생들의 이해에 관한 자신의 연구 결과를 통해 교사들과 교육과정 개발자 그리고 교과서 저자들이 다양한 측면에서 학생들에게 오해를 불러일으켜 학습을 방해할

수 있다고 지적하였는데, 이는 교사와 교육과정 그리고 교과서 내용이 학생들의 올바른 개념형성에 중요한 역할을 한다는 것을 시사한다. 물리변화와 화학변화의 구분에 대한 강화에서 백성혜[25]는 만약 학생들이 과학을 어려워한다면, 가르치는 교사와 교과서의 내용체계가 정확한 개념정립을 못한 상태이기 때문일지도 모른다고 지적하면서 교사가 정확히 알아야 학생들에게 쉬게 가르칠 수 있다고 주장했다. 강대훈 등[26]도 학생들이 과학교과에 대한 인식 및 태도 조사 연구에서 과학교과의 학습에 가장 큰 영향을 미치는 요인이 바로 과학교사라는 연구 결과를 바탕으로 교사들의 옳은 개념이 학생들의 올바른 개념정립을 위해 필요한 요소임을 강조하고 있다.

따라서 이 연구에서는 이온결합 물질의 경우와 산과 같은 공유결합 물질의 경우를 대조하여 이러한 물질들이 물에 녹는 현상을 중심으로 물리변화와 화학변화에 대한 교사들의 인식을 조사해 보고자 한다.

연구 방법 및 절차

이 연구에서는 선행연구 고찰을 통해 물리변화와 화학변화를 구분한 방식을, 성질의 변화 여부를 기준으로 구분한 경우, 가역 비가역 여부로 구분하는 경우, 화학결합의 변화 여부로 구분하는 경우, 그리고 전자의 이동 유무로 구분하는 경우 등으로 구분하였다.

여기서 분류한 유형은 물리변화와 화학변화에 대한 과학적 개념을 정의해 놓은 것이 아니라 학생들이 쉽게 가질 수 있는 물리변화와 화학변화에 대한 오개념들도 포함된다. 이 연구에서는 결과를 중시하는 화학변화와 과정을 중시하는 화학반응을 같은 개념으로 보았으며, 선행연구 고찰을 통해 분류한 구분기준 유형들은 다음과 같다.

① 성질유형: 물질의 본질이나 성질, 속성과 관련된 변화로 보는 유형을 말한다. 어떤 물질이 반응하여 물질의 성질은 변화하지 않고 그 상태나 모양만 변화하면 물리변화, 그 물질과는 전혀 다른 성질의 새로운 물질로 변화하면 화학변화로 구분하는 경우이다.[3-5,8-10,12,19,21]

② 가역 비가역유형: 반응의 가역성여부와 관련된 변화로 보는 유형이다. 반응이 가역적이면 물리변화, 비가역적이면 화학변화로 구분한다.[12,19]

③ 화학결합유형: 반응 후 원자가 재배열되는 것과 관련된 변화로 보는 유형이다. 반응 후 원자의 재배열이 일어나지 않았으면 물리변화, 일어났으면 화학변화로 구분한다.[3,6,8,10-13, 17,19,21,22]

④ 전자이동유형: 반응 시 전자이동 유무와 관련된 변화로 보는 유형이다. 반응 시 전자의 이동이 없으면 물리변화, 전자의 이동이 있으면 화학변화로 구분한다.[20,21,27]

연구 대상. 추출된 구분기준 유형들을 근거로 현직 과학교사들의 물리변화와 화학변화에 대한 인식을 파악하기 위해 대학원에 다니는 공통과학, 중등과학교육과, 물리, 화학, 생물, 지구과학교육과에 재학 중인 현직 과학교사들 80명을 대상으로 설문을 실시하였다. 응답자의 근무지는 전국에 고루 분포하였다.

설문지. 선행연구 고찰을 통해 네 가지의 구분기준 유형을 추출하고 그에 따라 설문지를 개발하였다. 이 설문지를 현장 교사 10인을 대상으로 투입한 다음 응답 결과를 분석하여 문항을 수정 보완하고, 과학교육 전문가 2인과 과학교사 4인에게 타당도를 검증 받아 최종문항을 선정하여 연구 대상이 되는 교사들에게 투입하여 설문을 조사하였다.

이 설문지에서는 특히, 용해현상에 대한 일관성을 알아보기 위해 같은 유형의 현상을 설명양식을 달리하여 물었으며, 고체물질의 경우는 Barker와 Millar[18]의 연구에서 이온 결합 물질에 대해 학생들이 많은 오개념을 가지고 있으며 상당히 어려워한다는 연구 결과에 따라 이러한 어려움은 교사들에게도 존재할 것으로 보고 이온 결합 물질에 대한 용해현상을 설문문항에 포함시켜 개발하였다. 이 연구에서는 과학교사들의 각 현상들에 대한 설문응답 결과를 나타낼 때, 각 현상들을 편의상 특징적인 단어들로만 기록하였다.

연구 결과 및 논의

이 연구에서는 물리변화와 화학변화에 대한 과학교사들의 인식을 파악하기 위한 변인으로 경력별, 학교급별, 전공별 차이를 분석하였다. 그러나 분석 결과 이러한 변인 사이에는 유의미한 차이를 보이지 않았다. 따라서 이러한 변인을 고려하지 않고 전체적인 응답 결과만을 분석하여 제시하였다.

물에 녹는 현상에 대한 설명 유형을 바꾸었을 때 교사들의 인식 변화. *Table* 1에서는 소금과 염화칼륨 등 이온결합성 물질을 물에 녹이는 현상이 물리변화인지 화학변화인지 구분한 교사의 응답 결과이다. 이때, 단순히 현상만 제시한 후에 이를 구분하도록 한 경우, 현

Table 1. Teachers' classifying criteria about dissolving phenomena of the ionic compound

Criteria	Physical change				Chemical change			
	Property	Reversibility	Bonding	Electron	Property	Reversibility	Bonding	Electron
Dissolving salt	49	7	11	1	4	0	5	2
Dissolving KCl(Property)	22	6	17	6	7	0	9	12
Dissolving salt(Ion)	17	7	13	3	6	0	20	11

상 제시와 함께 전기전도도와 같은 성질이 변하는 것을 함께 제시하는 경우, 그리고 현상 제시와 함께 미시적인 관점인 이온의 형성을 함께 제시하는 경우에 교사의 반응이 어떻게 변화하는지 알아보았다. 표에서 괄호 안에 성질이라고 표기한 경우는 성질의 변화를 언급한 경우이고, 이온이라고 표기한 경우는 이온의 생성을 언급한 경우이다. 또한 물리변화와 화학변화로 구분한 근거가 성질 유형, 가역 비가역 유형, 화학결합 유형, 전자 이동 유형 중 무엇인지 함께 조사하였다. 이때 분석에서 무응답과 기타의 대답은 제외하였다.

Table 1의 응답 결과를 보면, 단순히 소금이 물에 용해된다고 표현한 문항에서는 압도적으로 많은 교사들이 이 현상을 물리변화로 생각하였으며, 그 근거는 성질이 변하지 않기 때문이라고 응답하였다. 그러나 염화칼륨의 용해 현상을 제시하면서 이 때 전기전도도와 같은 성질이 변한다는 점을 지적한 문항에서는 절반이 넘는 교사들이 다른 응답으로 바꾸었다. 즉, 앞서 성질 유형을 근거로 물리변화라고 응답한 교사 49명 중 17명의 교사들은 이 현상이 화학변화라고 응답하였으며, 그 근거로 전자의 이동을 가장 많이 언급하였다. 그러나 이온결합 물질을 구성하는 입자는 본래가 이온이기 때문에 용해되기 전과 후에 전자의 이동 현상은 나타나지 않는다. 따라서 전자의 이동을 근거로 이 현상을 화학변화라고 판단한 경우는 잘못된 것이라고 할 수 있다.

또한 일부 교사들은 여전히 이 현상을 물리변화라고 응답하였으나, 그 판단 근거를 성질 유형으로부터 화학결합이나 전자의 이동 등의 유형으로 바꾸어 응답하였다. 그러나 이온결합 물질이 용해될 때 화학결합 중 하나인 이온결합이 깨지기 때문에, 용해가 될 때 화학결합이 깨지지 않으므로 물리변화하고 응답하는 것은 정확한 개념이라고 보기 어렵다. 이는 아마도 이온결합 물질과 공유결합 물질을 혼동하기 때문일 것이다. 이렇게 이온결합과 공유 결합을 혼동하는 것은 Barker와 Millar[18]와 Boo[21]의 연구 결과 학생들에게서도 나타나고 있으며, 그들은 이온 결합과 공유 결합을 혼동하는 이유가 이온물질에 대해 잘 이해하지 못하고 공유결합 물질과 같이 행동할 것이라고 판단하기 때문이라고 지적한다.

Table 2는 강산이 물에 녹아서 묽은 산이 되는 현상에 대한 교사들의 인식을 조사한 것이다. 이 때에도 유사한 반응에 대한 설명을 달리하여 교사의 반응이 달라지는지 알아보았다. 또한 물리변화와 화학변화로 판단한 근거도 조사하였다. 이 경우에도 응답 결과에서 무응답과 기타의 대답은 제외하였다.

Table 2에서 염산이 물에 녹는 반응을 물리변화로 구분한 교사는 총 65명이며, 그렇게 구분한 이유 중에는 성질이 변하지 않음을 그 근거로 댄 교사가 43명으로 가장 많았다. 그 다음으로는 화학결합이 깨지지 않기 때문이라고 응답한 교사가 18명으로 많았다.

그러나 진한 황산을 묽은 황산으로 만들면 성질이 변화한다는 점을 언급한 문항에서는 동일한 과정임에도 불구하고 23명의 교사가 자신의 생각을 물리변화에서 화학변화로 바꾸었다. 그리고 이렇게 바꾼 근거로 성질의 변화를 언급한 경우가 12명, 화학결합이 끊어지는 것으로 언급한 교사가 6명, 전자의 이동으로 언급한 교사가 1명이었으며, 나머지 4명은 그 근거에 대해 응답하지 못하였다.

Table 2. Teachers' classifying criteria about the dissolving acid phenomena (number)

Criteria	Physical change				Chemical change			
	Property	Reversibility	Bonding	Electron	Property	Reversibility	Bonding	Electron
Dissolving HCl	43	4	18	0	5	0	5	4
Dissolving H_2SO_4(Property)	20	5	17	0	17	0	11	5
Dissolving HNO_3(Ion)	14	4	3	0	10	1	29	17

또한 질산과 물을 섞는 현상을 제시하면서 이때 새로운 이온인 히드로늄(H_3O^+)이 형성됨을 언급한 경우에는, 단지 21명의 교사만이 이 현상을 물리변화로 생각하였다. 그리고 57명의 교사가 이 현상을 화학변화로 생각하였다. 이러한 과정을 화학변화로 판단한 근거 중 화학결합이 끊어지고 새로운 화학결합이 생겼기 때문으로 본 경우의 수가 가장 많았다. 그 다음으로는 전자의 이동을 언급하였다. 그러나 보편적으로 화학반응에서 산염기 반응의 경우는 산화환원 반응과 달리 전자의 이동이 일어나지 않는다고 보기 때문에 이러한 응답은 다소 문제가 있다고 판단할 수 있다. 이러한 결과로 볼 때, 교사들은 산을 물에 녹이는 동일한 과정에서도 어떠한 변화에 초점을 두는가에 따라 이를 물리변화로 판단할 수도 있고, 화학변화로 판단할 수도 있음을 알 수 있다. 따라서 이러한 혼란을 없애고 일관성 있는 시각을 가지기 위한 노력이 필요하다고 하겠다.

이러한 경향은 아마도 이온결합 물질이 물에 용해되어 단순히 결합이 깨지는 것처럼 산이 물에 용해될 때에도 같은 현상을 보이는 것으로 잘못 이해하고 있기 때문으로 생각된다. 그러나 산은 공유결합 물질이기 때문에 물에 용해되어 묽은 염산이나 황산이 만들어질 때에는 산에 결합하고 있던 수소 이온(H^+)이 분리되고 새로운 결합이 형성된다. 따라서 단순히 거시적인 관점에서는 동일해 보이는 물에 녹는 현상이 미시적 관점에서 볼 때에는 매우 달라질 수 있음을 인식할 필요가 있다고 본다.

물에 녹는 현상에 대한 응답의 일관성 분석. *Table* 3은 이온결합 물질이 물에 녹는 현상에 대한 문항에서 교사들의 응답에 일관성이 있는지 알아본 결과이다. 앞서 제시한 세 유형의 문항 응답을 물리변화와 화학변화로 구분하여 분석하였다.

Table 3에서 보면, 물리변화와 화학변화의 판단 근거가 되는 유형을 고려하지 않았을 경우, 이온결합물질이 물에 녹는 현상을 물리변화로 일관성 있게 응답한 교사는 전체 80명 중 34명이었고, 화학변화로 일관성 있게 응답한 교사는 9명뿐이었다. 즉, 같은 현상에 대해 일관성 있게 답한 교사는 전체 80명중에 43명으로 53.7%에 해당되었으며, 절반에 가까운 46.3%의 교사들이 문항의 제시 상황에 따라 자신의 생각을 바꾸었음을 알 수 있다.

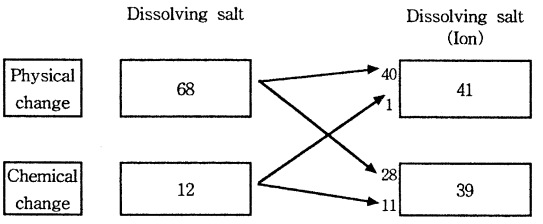

Fig. 1. Change of teachers' responses related to dissolving salt phenomena.

이러한 혼란은 *Fig.* 1을 통해 더 쉽게 볼 수 있다. *Fig.* 1은 염화칼륨으로 질문한 문항을 제외하고, 동일한 이온결합 물질인 소금이 물에 녹는 현상을 언급한 두 문항만을 비교한 것이다. 즉 소금이 물에 녹는다는 거시적인 현상만을 언급한 문항과 소금이 물에 녹을 때 이온이 생성된다는 점을 언급한 경우에 교사들의 인식이 어떻게 바뀌었는지 알아본 것이다.

같은 소금이 용해되는 현상에 대해 묻는 문항에서 처음 "소금이 물에 녹는 변화"만을 언급한 경우에는 80명의 교사 중 68명의 교사가 이 현상을 물리변화로 인식하였다. 그러나 "소금이 물에 녹아 Na^+ 이온과 Cl^- 이온이 생성되는 변화"라고 형태를 바꾸어 질문하자 초기에 물리변화라고 답했던 68명의 교사 중 40명은 그대로 물리변화로, 28명의 교사는 화학변화로 바꾸어 답한 것을 알 수 있다.

Table 3. Analysis of science teachers' responses on the dissolving phenomena of ionic compounds number(%)

Phenomena		Dissolving KCl (Property)				Total
		Physical change		Chemical change		
		Dissolving salt(Ion)		Dissolving salt(Ion)		
		Physical change	Chemical change	Physical change	Chemical change	
Dissolving salt	Physical change	34 (42.5)	16 (20.0)	6 (7.5)	12 (15.0)	68 (85.0)
	Chemical change	0 (0.0)	2 (2.5)	1 (1.3)	9 (11.2)	12 (15.0)
Dissolving salt total(Ion)		34 (42.5)	18 (22.5)	7 (8.8)	21 (26.2)	80 (100.0)
Dissolving KCl total(Property)		52 (65.0)		28 (35.0)		80 (100.0)

Table 4. Classifying NH_4NO_3 dissolution into physical and chemical change number(%)

Physical change	Chemical change	Others
27 (33.8)	51 (63.8)	1 (1.3)

이온 결합 물질 중의 하나인 질산암모늄의 경우 물에 녹으면서 열을 흡수하는 현상을 제시하고 이 현상이 물리변화인지 화학변화인지 구분하도록 하였을 경우, 교사의 응답을 *Table* 4에 제시하였다.

Table 4에서 보면 전체 교사의 2/3에 해당하는 교사들이 열을 흡수하면서 용해되는 질산암모늄의 현상을 화학변화로 인식하고 있음을 알 수 있다. 이는 용해 현상에서 이온의 생성을 언급하였을 경우와 매우 유사한 비율이다. 이러한 열의 출입을 화학변화만의 특징으로 연관지어 생각하는 것은 학생들을 대상으로 한 많은 연구 결과[3,6,22,27]에서도 나타나고 있다.

Table 5에서는 산을 물에 녹이는 과정에 대한 교사들의 인식에 일관성이 있는지 알아본 것이다. 단순히 "진한 염산을 물에 녹여 묽은 염산이 되는 변화"로 질문한 경우와 "진한 황산을 물에 녹여 묽은 황산을 만들면 성질의 변화가 나타남"을 언급한 경우, 그리고 "질산이 물과 반응하면 H_3O^+ 이온과 NO_3^- 이온이 생성되는 변화"로 제시한 경우에 교사들의 응답이 어떻게 변화하는지 알아보았다. *Table* 4의 분석 결과, 산을 물에 녹이는 현상에서도 이온결합물질의 용해 현상과 마찬가지로 분류항의 초점에 따라 교사들의 인식이 달라짐을 확인할 수 있었다.

Table 5에서 보면 어떠한 유형으로 물리변화 또는 화학변화로 구분하는지 간에 같은 변화로 분류한 교사는 전체 80명중 물리변화로 16명, 화학변화로 10명뿐이었다. 즉, 같은 반응에 대해 일관성 있게 답한 교사는 전체 80명중에 26명으로 32.5%에 해당되었으며, 67.5%의 교사들은 각기 다른 변화들로 답한 것을 볼 수 있었다. 이렇게 물에 녹는 현상을 물리변화와 화학변화로 구분하는 데에 있어서 혼란을 가지는 현상은 Boo[22]와 Abraham[10]의 연구 결과에서는 학생들을 대상으로 분석되었다. 따라서 이 연구를 통해 학생들 뿐 아니라 학생들을 가르치는 교사들도 유사한 어려움을 가지고 있음이 밝혀졌다.

Fig. 2는 이 세 문항에 대한 교사들의 응답 경향을 그림으로 표현한 것이다.

Fig. 2를 보면, 염산을 물에 섞는 현상을 물리변화로 인식한 교사 66명 중에서 43명은 황산을 물에 녹이는 과정에서 황산의 성질이 변한다는 사실을 고려할 때에도 이 현상을 물리변화로 분류했으며, 22명의 교사는 화학변화로 인식을 변화시켰다. 그리고 황산을 물과 섞

Table 5. Consistence of teachers' responses about the diluting acid phenomena number(%)

Phenomena	Diluting HNO_3 (Ion)				Total
	Physical change		Chemical change		
	Diluting H_2SO_4(Property)		Diluting H_2SO_4(Property)		
	Physical change	Chemical change	Physical change	Chemical change	
Diluting HCl Physical change	16 (20.0)	3 (3.7)	27 (33.8)	19 (23.0)	66 (82.5)
Chemical change	0 (0.0)	2 (2.5)	2 (2.5)	10 (12.5)	14 (17.5)
Diluting H_2SO_4 Total(Property)	16 (20.0)	5 (6.2)	29 (36.3)	29 (36.2)	80 (100.0)
Diluting HNO_3 Total(Ion)	22 (27.5)		58 (72.5)		80 (100.0)

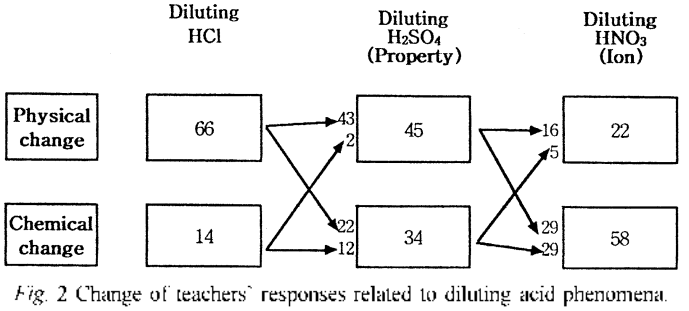

Fig. 2 Change of teachers' responses related to diluting acid phenomena.

는 과정이 물리변화라고 답했던 교사 45명 중 29명이 질산을 물과 섞는 과정은 화학변화로 인식하고 있었다.

결론 및 제언

이 연구에서는 설문지를 통해 이온결합 물질과 산이 물에 녹는 현상을 물리변화로 이해하는지, 화학변화로 이해하는 지에 대한 과학교사들의 인식을 조사하였다. 교사들의 응답을 분석한 결과, 물리변화와 화학변화를 구분하는 데에 있어서 많은 혼란이 내재되어 있음을 알 수 있었다. 많은 교사들이 같거나 유사한 현상을 다른 측면으로 서술하였을 때, 이 현상을 물리변화나 화학변화로 판단하는 데에 있어서 일관성을 유지하지 못하는 것으로 나타났다. 특히 단순히 현상만을 제시하였을 경우와 이와 함께 성질과 같은 거시적인 관점의 변화를 제시하였을 때, 그리고 이온의 형성과 같은 미시적인 관점을 제시하였을 때 유사한 현상에 대한 판단의 기준이 바뀜을 알 수 있었다.

화학이 물질의 변화를 다루는 학문이라고 볼 때, 물리변화와 화학변화에 대한 정확한 이해는 화학이라는 학문을 가르치는데 있어서 필수적인 내용이라고 볼 수 있다. 특히 과학 지식을 학생들에게 전달해 주는 역할을 담당하는 교사들의 이해는 학습의 질을 결정한다고 말해도 과언이 아닐 만큼 중요하다고 할 수 있다. 따라서 앞으로 교사 교육 등을 통해 거시적으로 나타난 현상을 미시적인 입자적 관점과 연계성 있게 지도할 필요가 있다고 본다. 즉, 학생들 뿐 아니라 교사들도 실험이나 관찰을 통해 나타나는 여러 가지 현상들을 관찰하고 그러한 현상들을 미시적인 관점으로 연관지어 생각함으로써 두 변화를 일관되게 이해할 수 있도록 할 필요가 있다고 본다. 그러나 이보다 선행되어야 할 것은 과학교육자들과 화학자들이 우선적으로 물리변화와 화학변화에 대한 정의의 합의점을 도출하는 것이다. 과거에 거시적 관점으로 정의되었던 분류들과, 화학이 발달하면서 형성된 미시적인 관점으로 정의하는 경우에 발생하는 정의의 불일치에 대한 문제가 이제는 거론될 때가 되었다고 본다.

오스벨에 의하면 유의미학습이 이루어지기 위해서는 배울 내용에 대한 실사성과 구속성을 가지는 것이 선행되어야 한다. 이러한 논리적 유의미가가 결여될 경우, 학습은 제대로 이루어지기 어려울 것이다. 선행연구를 통해 학생들이, 그리고 이 연구를 통해 교사들 조차도 물리변화와 화학변화라는 개념에 대한 실사성과 구속성이 결여되어 있음이 밝혀졌으므로, 앞으로 이러한 문제를 해결하기 위한 노력이 필요하다고 할 수 있다.

또한 물리변화와 화학변화를 중?고등학교 교과서 및 대학 교재에서는 어떻게 서술하고 있는지를 분석함으로써 이 연구에서 분석한 과학 교사들의 인식 형성에 교과서가 미친 영향 등에 대한 연구도 이루어질 필요가 있다. 또한 화학의 다른 기초 개념들에 대한 이러한 형태의 분석도 계속적으로 이루어질 필요가 있을 것이다.

인 용 문 헌

1. Glynn, S. M.; Yeany, R. H.; Britton, B. K. *Science Learning Psychology in Constructivism*. translated by Kwon, S. K. et al.; Sigma Press, Seoul, 2000.
2. Nakhleh, M. B. *Journal of Chemical Education* **1992**, *69*(3), 191.
3. Stavridou, H.; Solomonidou, C. *International Journal of Science Education* **1998**, *20*(2), 205.
4. Jang, J. K. *Master Dissertation of Korea National University of Education* 1999.
5. Hwang, W. S. *Master Dissertation of Korea National University of Education* 1994.
6. Kang, H. S. *Master Dissertation of Korea National University of Education* 1993.
7. Ryu, B. D. *Master Dissertation of Korea National University of Education* 1993.
8. Ahtee, M.; Varjola, I. *International Journal of Science Education* **1998**, *20*(3), 305.
9. Abraham, M. R.; Williamson, V. M.; Westbrook, S. L. *Journal of Research in Science Teaching* **1994**, *31*(2), 147.
10. Abraham, M. R.; Grzybowski, E. B.; Renner, J. W.; Marek, E. A. *Journal of Research in Science Teaching* **1992**, *29*(2), 105.
11. Hesse, J. J.; Anderson, C. W. *Journal of Research in Science Teaching* **1992**, *29*(3), 277.
12. Stavridou, H.; Solomonidou, C. *International Journal of Science Education* **1989**, *11*(1), 83.
13. Boo, H. K. *Journal of Research in Science Teaching* **1998**, *35*(5), 569.
14. Park, H. J. *Master Dissertation of Korea National University of Education* 1996.
15. Paik, S. H. *Chemical Education* **2000**, *27*(1), 78.
16. Kim, J. H. *Master Dissertation of Korea National University of Education* 2001.
17. Barker, V.; Millar, R. *Science Education* **2000**, *22*(11), 1171.

18. Barker, V.; Millar, R. *International Journal of Science Education* **1999**, *21*(6), 645.
19. Nieswandt, M. *Science Education* **2001**, *85*(3), 158.
20. Kim, J. H. *Master Dissertation of Korea National University of Education* 2001.
21. Yun, K. H. *Master Dissertation of Korea National University of Education* 2001.
22. Lee, H. R.; Ryu, O. H.; Lim, K. S.; Paik, S. H.; Park, K. T. *Journal of the Korean Chemical Society* **1999**, *43*(4), 475.
23. Lee, M. S. *Master Dissertation of Korea National University of Education* 1998.
24. Boo, H. K. *Journal of Research in Science Teaching* **1998**, *35*(5), 569.
25. Paik, S. H. *Chemical Education* **2000**, *27*(1), 78.
26. Kang, D. H.; Paik, S. H.; Park, T. K. *Chemical Education* **1998**, *25*(4), 207.
27. Kwon, J. K. *Master Dissertation of Korea National University of Education* 2001.