

우리나라 중·고등학교 학생이 갖고 있는 '산과 염기'의 개념에 관한 연구 - 서울 일부지역의 여학생을 중심으로 -

김 화 속

(1992. 5. 30 받음)

I. 서 론

1. 연구의 필요성 및 목적

우리나라의 과학교과 교육과정에 있어서 국민학교, 중학교 그리고 고등학교별로 실시되고 있는 교육내용을 분석하여 보면, 동일한 주제의 내용이 반복해서 제시되면서 그 수준이 점차적으로 높아지고 있음을 알 수 있다. 그러나 이러한 교육내용은 새로운 연구결과에 따르는 과학이론의 발전과 사회환경의 변화에 따라 변천하는 학생들의 지적발달수준에 맞추어 꾸준히 개선되어야 할 것이다.

이와 같이 끊임없이 요구되는 교육내용 및 교육과정의 효율적인 개선을 위해서는 우선 학생들이 교과 학습 이전에 이미 인지하고 있는 지식으로서의 선개념 뿐만 아니라, 학습과정에서 2차적으로 습득되는 새로운 지식으로서의 후속개념이 정확하게 파악되고 분석되어야 한다. 이와 같은 개념의 분석 과정에서 학생들의 오인개념 그리고 그들의 사고과정과 교사들의 교육목표 및 교육내용 사이에 존재하는 격차를

정확히 파악함으로써 교육과정의 개선은 물론 재학습이나 교정학습의 효과를 증진시킬 수 있는 효율적인 방법이 마련될 수 있을 것이다.

학생들이 갖고 있는 개념의 분석 또는 교육내용 및 교육과정의 개선을 위한 연구에서는 흔히 설문이나 표본조사에 의해서 자료를 수집하고 평가 분석하는 방법이 이용되고 있으며, 학생들을 대상으로 하여 실시되는 경우에는 그들이 주어진 문제를 해결하는 과정에서 종종 기발한 문제해결전략과 사고과정을 표명하고 있음에도 불구하고 예기치 못한 오답을 선택하고 있음을 발견할 수 있다. 이와 같은 오답의 선택원인은 대개 학생들의 학습에 대한 태만이나 사고력의 결여로 인식되고 있으나, 이는 오히려 '재평가해 볼 만한 가치있는 실수'(Fladt, 1981)로서 기존 교육내용과 교육과정을 평가하고 개선하는데 필요한 중요한 지표로 재인식되어야 할 것이다.

이에 따라 본고에서는 초·중등 교육과정의 과학과목에서 기본적으로 다루어지고 있는 주제 '산과 염기'를 우선 정의적 측면에서 그 역사적 변천내용을 조사하는 한편, '산과 염기'에 관한 학습내용을 교과서 중심으로 학습과정별로 비교 검토하고, 학생들의

과학 관련 과목에 대한 선호도를 조사하며, 그들이 갖고 있는 '산과 염기'에 관한 개념을 유형별로 분석하기 위해 이에 관련된 문항을 해결하도록 하여 그 결과를 분석하고 현행 과학교육에서 나타날 수 있는 문제점을 파악함으로써 이를 개선하기 위한 방향을 제시하는 데 그 목적이 있다.

2. 연구과제

- 1) '산-염기' 정의의 역사적 변천에 대한 조사
- 2) 과학 관련 과목에 대한 선호도 및 의식 조사
- 3) 과학 관련 교과서에서 다루어지는 '산과 염기'의 내용에 대한 과정별 비교 분석
- 4) 학생들이 갖고 있는 '산과 염기'에 관한 개념의 유형별 분석과 그에 따른 문제점 및 개선책 제시

II. '산과 염기'의 개념변천 및 선행 연구의 고찰

1. '산과 염기'의 개념 변천

'산과 염기'에 대해서는 이미 고대로부터 잘 알려져 있으며, 이에 대한 연구는 지금까지도 지속적으로 이루어지고 있다. 고대로부터 잘 알려져 있는 산의 대표적인 물질은 식초이며, 알칼리의 경우에는 나무를 태운 재의 용액으로 부터 추출되는 잿물(potash; potassium carbonate)과 소다(soda)라고 할 수 있다.

식초로서 대변되어 온 '초'(酢)와 '산성'이라는 말은, 희랍어로나 라틴어로도 모두 유사한 어원에서 유래되었음을 알 수 있어서, 희랍어의 경우 초는 'oxos'로 그리고 산성은 'oxys'로 표현되고 있으며, 라틴어의 경우에는 각각 'acetum'과 'acidus'로 표현되고 있다. 또한 산(초)이 고대에 있어서도 이미 강력한 용매로서 이용되었다는 것은 구약성서에 있는 구절 "마음이 상한자에게는 즐겁게 노래하는 것이 추운 날에 옷을 벗음과 같고 소다 위에 초를 부음과 같으리라."(잠언 26,20)에서도 찾아볼 수 있다.

그리고 나무를 태운 재의 용액으로 부터 잿물(potash; potassium carbonate)이 추출된다는 것은 이미 아리스토텔레스(Aristoteles)에 의하여 기술된 바 있으며, 알칼리(alkali)의 어원은 아랍인들이 잿물을 얻기 위하여 사용했던 식물(나무)을 상징적으로 나타내던 단어에서 유래되었으며, 알칼리가 산과 함께 반응하여 기포를 발생시키는 것이 이들의 특성으로 인식되었고, 이와 같은 반응에 의해 서로의 성질을 상실하게 된다는 중화(neutralization)의 개념이 등장하기도 한다.

이와 같이 생활경험을 통하여 형성되어 오던 '산과 염기'에 대한 개념은 지속적인 관찰 및 실험을 통하여 연구되면서 그 결과에 따라 새로운 내용이 추가되거나 새로운 방향으로 발달되어 왔다. 특히 17세기 초에 와서는 '산과 염기'에 대한 과학적인 연구가 체계적으로 이루어지기 시작하였으며, 17세기 이후 최근까지 변천하고 발전되어 온 '산과 염기'에 관한 이론은 <표 1>과 같다.

<표 1> '산과 염기'에 대한 이론의 변천내용

대표 학자	산	염 기	비 고
R. Boyle (1627~1691)	푸른색 식물을 붉은색으로, 식물은 진한 붉은색으로 변화시킴. 알칼리와 반응으로 산의 성질을 잃고 염이 됨.	푸른색 식물은 녹색으로, 붉은색 식물은 보라색으로 변화시킴. 산과의 반응시 원래의 색으로 환원되고, 기포를 발생하면서 염기염을 생성함.	소다나 잿물과 같은 탄산염(Carbonate)뿐만 아니라 일부 산화물들도 알칼리성을 나타냄.
A. Lavoisier (1743~1794)	산소를 함유하고 있는 물질	산과 함께 염을 형성할 수 있는 모든 물질과 금속산화물	산은 산소의 함유여부와 무관함. 예) 산소를 함유하지 않는 염화수소가 물과 반응하여 염산을 생성함.

대표 학자	산	염 기	비 고
J. von Liebig (1803~1873)	수소를 함유하고 있는 화합물임. 산에 함유된 수소는 금속으로 치환됨.	수산화물과 금속산화물	산과 염기의 반응을 중화(Neutralization)라고 칭함.
S. Arrhenius (1859~1927)	물에서 수소이온과 산의 잔기이온으로 해리되는 화합물	물에서 수산화이온과 금속이온을 형성하는 화합물	수소이온과 수산화이온의 제한점에 대한 언급이 없고, 용매에 무관한 정의가 필요함.
N. Brönsted (1876~1947)	양성자를 줄 수 있는 물질	양성자를 받을 수 있는 물질	짝산과 짝염기의 생성론이 특성인 'Brönsted'이론의 핵심은 양성자의 이동에 있기 때문에 수소화합물에만 한정되어 있음. 물과 무수황산은 양쪽성을 띰.
G.N. Lewis (1875~1946)	불충분한 최외전자각을 갖고 있는 분자나 이온으로, 공유 결합시 전자쌍을 받음.	자유전자쌍을 갖고 있고 있는 분자나 이온으로, 공유결합시 전자쌍을 줌.	'Lewis'정의는 공유결합시에만 적용되며, 양성자를 갖고 있는 HCl 등은 전자쌍을 수용할 수 없음. 산과 염기의 상대적 세기를 측정하는 데는 부적합하며, 반응의 평형상태와 경향을 예측하기 어려움.
R.G. Pearson	Hard acid; 비교적 약한 극성을 띠는 Lewis-산 Soft acid; 비교적 강한 극성을 띠는 Lewis-산	Hard base; 비교적 약한 극성을 띠는 Lewis-염기 Soft base ; 비교적 강한 극성을 띠는 Lewis-염기	모든 산-염기 반응에 적용되지 않을 수 있음.

2. '산과 염기'의 개념에 대한 선행 연구

최근 프랑스에서 실시된 '산과 염기'의 개념에 관한 연구(Cros et al., 1986)에서는 400명의 대학신입생 중 약 47%가 '산과 염기'의 정의를 브린스테드(Brönsted)의 이론에 의하여, 23%는 pH-값에 의하여 그리고 14%는 아레니우스(Arrhenius)의 이론을 근거로 설명하였으며, 산과 염기의 예를 각각 3개씩 들도록 한 문항에서는, 산의 경우 대부분의 학생들이 무난히 3개씩의 예를 들었으나 염기의 경우에는 두개의 예로 그친 학생들이 많았고, 특히 많은 학생들이 OH⁻ 그룹을 함유하는 염기만을 예로 들었다. 그리고 음료수로 마실 수 있는 용액의 pH 영역에 대한 문제에서는 75%의 학생들이 pH=7±2라고 답함으로써 그들이 흔히 마시는 음료수인 리모네이드(Lemonade)의 pH 값이 대부분 2.5 정도라는 것을 고려하면 당시 학교의 학습내용이 일상생활과 무관

하게 이루어지고 있었음을 단적으로 보여주는 결과가 나타났다.

독일에서 실시된 또 다른 연구(Harbecke, 1986)에서도 중등교육과정의 교육기관인 김나지움(Gymnasium)의 상급반인 10~12학년 학생들의 65%가 Brönsted의 이론에 의하여 문제를 해결하여 가장 큰 비중을 차지하고 있었으나, 많은 학생들이 양자(proton)와 전자(electron)를 정확하게 구별하지 못하고 있음을 알 수 있었다. 그리고 여러 가지 화합물의 화학식을 제시하고 이를 산과 염기로 분류하는 문항을 이용한 연구(Kim, 1990)에서는 상당수의 학생들이 주어진 화학식에 수소원자가 존재하면 대부분 산이라고 단정하고 있었으며, 또한 많은 학생들이 그들에게 잘 알려진 산이나 염기의 이온이 함유되어 있는 화합물인 경우에는 단순히 그와 같은 이온의 존재여부에 따라 산이나 염기로서 선택하여 역시 정확한 이론적 근거에 의하여 문제를 해결하지 못하고 있음을 알 수 있었다.

Ⅲ. 연구방법 및 절차

1. 연구 방법

연구방법으로서의 질의법과 관찰법은 다른 방법에 비해 오인개념의 연구에 보다 효과적인 것으로 이미 알려졌고(Atteslander, 1984), 특히 이 두 가지 방법 중 질의법은 보다 쉽게 수행될 수 있는 방법으로서, 질의의 대상자들이 보다 적은 부담감을 갖고 질문에 임할 수 있다는 장점이 있으며(Kempa and Nicholls, 1983), 이것은 다시 구두법과 지필검사법 또는 이 두 가지 방법을 병행하는 방법 등으로 구분될 수 있다.

본 연구에서는 이들 질의법 중에서도 보다 짧은 시간 안에 대집단으로 부터 필요한 데이터를 수집할 수 있고, 질의자와 피질의자가 서로 다른 시간과 공간에 존재하면서도 실시될 수 있는 지필검사법을 선택하였으며, 지필검사의 유형은 객관식의 한 형태인 선다형을 채택하였다. 그러나 단순한 선다형문항을 이용할 경우에는 피질의자가 문제를 해결할 때 갖게 되는 그들의 사고과정이 정확하게 파악될 수 없으며, 추측에 의하여 답을 선택하거나 문제지를 백지로 제출할 가능성이 있으므로 본 연구에서는 설문 대상 집단인 학생들이 스스로 택한 답에 대한 이유도 함께 기술하도록 하였다. 더욱이 개개인에 대한 평가가 목적이 아니므로 익명으로 질문에 임하도록 하여 개인적인 부담을 느끼지 않도록 배려하였으며, 내용을 전혀 모르거나 아직 안 배운 내용일 경우에도 그러한 사실을 기술하도록 사전에 당부하였다.

2. 연구 대상 및 영역

본 연구의 대상은 서울 강남지역에 위치한 1개의 여자중학교 3학년 학생 97명과 1개의 여자고등학교 2학년 이과반 학생 114명이었으며, 설문테스트는 1992년 2월 13일 즉 겨울방학이 끝난 후 그리고 봄방학 이전의 수업중에 담당교사의 지도하에 실시되었다. 설문테스트가 실시될 당시 이들 설문 대상 집단 중 중학교 3학년 학생들은 교과서 '과학 3'에 의하여 '산과 염기'를 이미 배운 상태이었으며, 고등학교

2학년 학생들은 교과서 '화학'의 마지막 단원인 '산과 염기'를 아직 배우지 않은 시점이어서 중학교에서 배운 지식에 그동안 습득한 지식이 일부 부가된 상태이거나 전혀 회상이 되지않은 상태로 이 설문 테스트에 임하게 됨으로써 연구의 결과는 특히 주목할 만 하다.

학생들의 과학 관련 과목에 대한 선호도 및 현행 과학교육방법에 대한 인식은 선다형 문항으로 개발한 설문지로 조사하였다. 그리고 '산과 염기'의 내용은 우리나라 교과서들이 문교부의 점인정제도에 의해 획일적으로 편성되어 있기 때문에 국민학교 5학년 2학기의 '자연', 중학교의 '과학 3' 교과서 5종중 2종을, 그리고 고등학교 '화학' 교과서 7종중 4종을 표본으로 택하여 비교 분석하였으며, 한편 중등교육과정의 학생들이 갖고 있는 '산과 염기'에 대한 개념을 파악하기 위하여 산의 정의에 대한 문항과 염기의 정의에 관련된 문항을 각각 1개씩 개발하여 사용하였다.

Ⅳ. 연구 결과 및 논의

1. 과학 관련과목에 대한 선호도 및 의식 조사

본 연구의 기초자료로서 고등학교 여학생들의 과학 관련과목에 대한 선호도를 조사한 결과, 가장 흥미있어 하는 과목으로는 생물, 지구과학, 물리 그리고 화학의 순으로 나타났고, 그 분포는 각각 33%, 25%, 17% 그리고 15%에 달하여 고등학교 여학생들에게 있어서 화학이 과학과목중 가장 흥미없는 과목으로 인식되고 있음을 확인할 수 있었으며, 특히 일부 학생들은 아예 "과학이란 과목은 없어지거나, 과학자가 될 사람만 배웠으면 좋겠다"라고 침술하여 과학과목 전반에 대하여 매우 부정적인 의견을 가지고 있음을 알 수 있었다. 우리나라 고등학교 여학생들이 이와 같이 화학은 물론 일부 과학과목에 대하여 흥미를 잃고 있는 원인이, 이해하기 어려운 복잡한 전문용어, 상징어, 화학모델 및 반응의 난해성 또는 비합리적인 교육방법 및 평가방법 등에 기인하고 있는지의 여부를 지속적으로 연구하여 이를 보완한 새로운 교수법이 개발되어야 함을 시사해 주고 있다.

〈표 2〉 과학 관련 과목에 대한 선호도

대 상	과 목	학 생 수	분 포
고 등 학 생	물 리	19명	17%
	화 학	17명	15%
	지구과학	28명	25%
	생 물	38명	33%
	기 타	12명	11%
	계	114명	100%

그리고 중학교와 고등학교 학생들이 과학이라는 과목을 배우는 데 있어서 중요시 되어야 할 점이 무엇이라고 생각하고 있는지를 조사하여 현행 과학교육에 대한 문제점을 간접적으로 파악하였다.

〈표 3〉 현행 과학교육방법에 대한 인식

내 용	학 교 급 별	
	중 학 교	고 등 학 교
1. 실험을 많이 하여야 한다.	49명 (51%)	55명 (48%)
2. 실생활과 관련시켜 설명하여야 한다.	30명 (31%)	31명 (27%)
3. 시청각자료를 많이 이용하여야 한다.	2명 (2%)	5명 (4%)
4. 교사의 자질이 향상되어야 한다.	8명 (8%)	1명 (1%)
5. 기 타	8명 (8%)	22명 (19%)
합 계	97명 (100%)	114명 (100%)

이 결과가 보여주는 바와 같이 학생들은 과학을 배우는 데 있어서 무엇보다 중요한 것이 많은 실험 및 실생활과의 관련성이라고 인식하고 있었다. 현 우리나라 교육실태를 보면, 대부분 단편적인 과학 지식의 주입에 최우선 목표를 두고 있기 때문에 과학 교육의 근원적인 목표(사고과정의 중요성, 생활의 과학화 등)와는 다소 어긋나고 있으며, 결과적으로 실생활과 관련된 여러 가지 자연현상과 끊임없는 실험을 통하여 형성된 과학을 단순한 이론교육 및 암기 위주로 학습시키는 데에서 더욱 많은 문제가 발생하고 있는 것으로 판단된다. 본 연구에 참가한 학생중 한 명은 "이렇게 교육해서는 장래가 걱정되고, 우리도 생각하면서 공부를 하고 싶다."라고 현 교육 방법의 문제점을 단적으로 표현하기도 하였다.

2. 산-염기에 관한 교과과정별 학습내용의 비교

최근 공업화의 급진전에 따라 공기오염이 심화되면서 나타나고 있는 산성비의 강하로 심각하게 대두되고 있는 산성토양의 형성이나 생태계의 비평형, 또는 현대인이 흔히 복용하고 있는 위장약의 영향 등으로 많은 관심을 끌기 시작한 '산과 염기'는 단순히 과학교과의 한 분야에 불과한 것이 아니라, 이제는 실생활과 매우 밀접한 관계를 갖고 있는 한 영역으로 더욱 중요하게 다루어져야 한다.

[그림 1]은 초·중등교육과정의 과학과목에서 공통적으로 다루어지고 있는 '산과 염기'에 대한 학습내용이 각 과정에 따라 어떻게 구성되어 있는지를 제시하고 있다.

〈고등학교 화학〉

단원Ⅳ. 화학반응 3. 산과 염기의 반응
정의, 응용:아레니우스의 산-염기-정의와 문제점
oxonium ion과 proton의 소개
브뢴스테드와 로리의 산-염기-정의
양쪽성, 짝산, 짝염기
(루이스 정의)
브뢴스테드의 정의에 따른 산-염기의 세기
이온화상수, pH, 중화적점, 염의 가수분해

〈중학교 과학 3〉

단원Ⅲ. 물질의 변화 2. 산과 염기의 반응
실험, 관찰:감각, 지시약, 금속과의 반응→수소기체 발생
정의, 응용:산-염기-정의, 산과 염기의 세기, 알칼리, 중화, 중화열, 염

〈국민학교 자연 5-2〉

단원 2. 산과 염기의 성질
실험, 관찰:감각과 지시약
정의, 분류:산성용액→산, 염기성용액→염기
응 용:지시약으로서의 자주색 양배추즙, 산성과 염기성용액의 혼합→중성용액
특성, 활용:산과 금속의 반응 및 그에 따른 온도변화, 식초, 비누, 암모니아수의 이용

[그림 1] 교과 과정별 산-염기-이론의 전개

국민학교과정에서는 교과내용이 주로 실험과 관찰로 구성되어 있으며, 우선 감각과 지시약을 통하여 공통적인 성질을 나타내는 물질을 분류하게끔 하고 있고, 산성 용액과 염기성 용액의 정의를 내리고 있다. 즉, '푸른 리트머스 종이의 색깔을 붉게 변화시키는 것을 산성 용액', '붉은 리트머스 종이를 푸르게 변화시키는 것을 염기성 용액'이라고 하였다. 교과내용에는 사실상 '지시약'에 대한 정의가 없었으며, 리트머스 종이와 페놀프탈레인 용액과의 반응으로 색의 변화를 관찰하도록 함으로써 실험과 관찰로부터 얻어진 경험에 의하여 산성 용액과 염기성 용액의 특성을 인식하도록 하였다. 또한 만능지시약(universal indicator)으로서 우리 주변에서 쉽게 얻을 수 있는 자주색 양배추의 즙(식물의 색소를 포함하는 용액)을 이용하여 산과 염기를 구별하도록 하는 실험을 소개함으로써 더욱 학생들의 흥미를 유발시키고 있다. 그리고 산성 용액과 염기성 용액을 혼합하면 중성 용액이 됨을 지시약으로 실험 관찰하도록 하여 고학년에서 배우게 될 중화반응의 개념을 도입하고 있었으며, 산과 금속의 반응을 통해 사실상 산의 세기, 그리고 이미 저학년에서 배운 바 있는 여러 금속간의 특성도 비교 확인해 보도록 유도하는 심화과정이 있었다. 마지막으로 우리 실생활에서 유용하게 이용되고 있는 산과 염기의 예와 활용방법을 제시하여 학생들로 하여금 고학년에서 계속될 학습에서 부정적인 선개념을 갖지 않고 임하도록 하였다.

중학교과정에서는 산과 염기의 순수학습으로서 전해질과 이온화 그리고 이에 따르는 화학반응식이 소개되고 있다. '산과 염기'의 본 단원에서는 국민학교과정에서와 마찬가지로 우선 산과 염기를 감각과 보다 다양한 종류의 지시약으로 분류하도록 하였으나 여기서도 지시약에 대한 구체적인 설명은 없었고 이 단원의 끝 부분에서 단순한 읽을거리로 소개하고 있거나, 산과 염기의 반응을 다루는 부분에서 정의내리고 있었다. 그리고 산과 염기의 정의는 산과 금속의 반응으로부터 발생하는 수소기체의 확인과 염기성 용액의 이온화로 생긴 수산화이온을 지시약으로 확인하는 실험으로부터 Arrhenius의 이론에 입각하여 소개하고 있었다. 즉, '산은 물 속에서 이온화하여 수소이온(H^+)을 낼 수 있는 물질, 염기는 물 속에서 이온화하여 수산화이온(OH^-)을 낼 수 있는 물질'로, 또는 '산의 수용액에는 수소이온이 들어있고, 염기의 수용액에는 수산화이온이 들어있는 것'으로 표현되

어 있었다. 사실상 이 두 표현은 같은 정의로 받아들일 수 없으며, 특히 후자의 경우에서 산의 정의로 제시된 '물속에서 수소이온의 존재'는 보다 정확한 정의를 고려하여 제시할 필요가 있다. 그리고 국민학교과정에서 주를 이루었던 경험학습을 경시한 채 화학반응식, 산과 염기의 세기, 중화와 염 등과 같이 새로이 등장하는 화학 전문용어들을 이론적 또는 모형적 학습내용을 중심으로 구성되어 있기 때문에 학생들에게는 갑자기 논리적 사고를 요구하는 한편, 교과내용이 또한 실생활과는 다소 무관하게 구성되어 있기 때문에 학생들로 하여금 과학에 대한 흥미를 더욱 잃게 하는 요인이 되고 있다. 이를 방지하기 위해서는 실생활과 관련된 탐구중심의 내용들이 적절히 첨가되어 저야만 하겠다.

고등학교과정에서는 순수학습으로서 화학평형이 다루어지고 있으며, 본 단원에서는 이미 중학교과정에서 학습된 Arrhenius의 산-염기-정의에 대한 문제점을 제기하면서 새로운 이론인 Brönsted의 정의('산은 양성자를 주는 물질이고, 염기는 양성자를 받는 물질')가 소개되고 있고, 이에 따르는 새로운 정의와 전문용어들이 나오고 있으며, 산의 수소이온이 물분자에 붙은 '옥소늄이온'(oxonium ion)도 소개되고 있다. 이 과정에서도 실험을 통한 추리나 개념의 형성을 목표로 하기 보다는 주로 화학반응식과 이론만을 이용한 설명이 전개되고 있다. 계속해서 이온화상수, pH 그리고 중화적점과 같이 심화된 내용을 다루고 있으며, 일부 교과서에서는 루이스(Lewis)의 이론도 소개하고 있었다.

중학교과정과 고등학교과정에서 다루고 있는 내용을 비교할 때 중학교과정에서 소개하고 있는 산의 정의 '수용액에 수소이온이 존재한다'는 내용이 이미 지적한 바와 같이 고등학교과정에서는 '옥소늄이온으로 존재한다'는 내용으로 제시되어 있어 보다 정확하고 바람직하다고 할 수 있겠다. 그리고 Arrhenius의 정의는 교육내용의 심화과정에서 다루게 될 Brönsted의 이론을 이해하는 데 오히려 혼란을 초래할 수 있으므로 고등학교 화학교과서의 전반부에서도 다루어지고 있는 소단원 '산과 염기의 세기'까지는 Brönsted의 이론에 바탕을 두고 Arrhenius의 이론과 비교하여 중학교과정에서 다루는 것이 더욱 효과적인 학습내용이 될 수 있겠다. 이와 같이 산과 염기에 관한 이론의 선택은 교과과정별 학습목표에 따라 적절히 고려되어야 한다.

3. 중등교육과정의 학생들이 갖고 있는 산-염기의 개념

학생들이 갖고 있는 산-염기의 개념을 파악하기 위하여 다음의 두 문항을 개발하여 검사를 실시하였는데, 이 두 문항의 정답은 물론 (A), (B), (C), (D) 모두가 될 수 있다.

문항 1

다음 내용중 산의 정의로 여러분에게 가장 잘 알려진 것 하나를 선택하십시오.

(A) 산은 수소를 함유하고 있는 화합물이다.
 (B) 산은 H_3O^+ 이온을 함유하고 있는 수용액이다.
 (C) 산은 양성자를 주는 물질이다.
 (D) 산은 전자쌍을 받은 물질이다.

선택 이유를 상세히 기술하십시오

문항 2

다음 내용중 염기의 정의로 여러분에게 가장 잘 알려진 것 하나를 선택하십시오

(A) 염기는 OH^- 이온을 함유하고 있는 수산화물이다.
 (B) 염기는 수산화물의 수용액이다.
 (C) 염기는 양성자를 받는 물질이다.
 (D) 염기는 전자쌍을 주는 물질이다.

선택 이유를 상세히 기술하십시오.

[그림 2] 채택된 문항 1 및 문항 2의 형태

위의 두 문항을 살펴보면, 선택 (A)는 Liebig의 정의이며, (B)는 수정된 Arrhenius의, (C)는 Brönsted의 그리고 (D)는 Lewis의 정의이다.

다음 표는 Arrhenius의 이론에 입각하여 이미 산-염기의 정의를 학습받은 두 학생집단이 산의 정의로서 선택한 응답의 결과이다.

〈표 4〉 산의 정의에 대한 응답(문항 1)

선택 유형	중 학생		고 등 학생	
	학생수	분 포	학생수	분 포
(A)	85명	88%	57명	50%
(B)	1명	1%	37명	32%
(C)	2명	2%	13명	11%
(D)	5명	5%	4명	4%
모 른 다	1명	1%	0명	0%
기 타	1명	1%	1명	1%
무 답	2명	2%	2명	2%
합 계	97명	100%	114명	100%

이 연구에 참가했던 두 집단은 Arrhenius의 산-염기 정의를 이미 배웠음에도 불구하고 약 88%의 중학생과 50%의 고등학생들이 Liebig의 정의인 (A)를 선택하였으며, 한 명(1%)의 중학생만이 그리고 32%의 고등학생이 (B)를 선택하였는데, 상당수의 학생들이 (A)를 선택한 그 한 원인은 아마도 답부의 (B)에 수정된 Arrhenius의 정의가 제시되었기 때문이고, 또 다른 원인으로는 학생들이 원리를 무시한 채 시각적으로 쉽게 구별해 낼 수 있도록 암기위주로 공부하고 있기 때문인 것으로 생각된다. 그리고 두 참가 집단에 대한 실험 결과를 비교해 본다면, 물론 이 두 집단이 동일한 집단은 아니나 일반적인 결과로 볼 때, 고등학교 2학년 학생들은 중학교 3학년때 '산과 염기의 이론'을 학습받았을 뿐 그 후 약 2년동안은 같은 내용을 학습받지 못한 상태였으나, 참가 한 고등학생의 약 '3분의 1'은 이미 가지고 있던 오개념을 그 동안 습득한 지식과 더불어 새로운 개념으로 일부 수정하여 형성하고 있는 것으로 추정된다.

그리고 학생들의 기술내용을 보면 수소이온과 수소를 용어상에서 구별없이 사용하고 있었으며, 이온화라는 용어는 알고 있으나 수용액에서의 이온화 등과 같은 실제적인 내용을 거의 적용하고 있지 못함을 발견할 수 있었다. 학생들의 (A)에 대한 선택 이유는 다음과 같다.

중학생 10: "HCl, H_2SO_4 , HNO_3 등과 같이 산성의 성질을 가진 물질들은 모두 수소를 포함하고 있다."

중학생 38: "산은 수소를 함유하고 있는 화합물이다. 산과 어떤 금속물질이 반응하면 수소기체가 발생하기 때문이다."

고등학생 116: “중학교때 물상시간에 배운 것을 되돌아 볼 때, 염산이 금속과 반응해서 수소를 발생한다고 들은 적이 있다.”

이와 같이 학생들은 화학식에 존재하고있는 수소 원자를 근거로 산을 결정하였고, 또한 그들은 금속과의 반응에서 수소기체가 발생된다는 사실에 더욱 확신을 갖고 (A)를 택한 것으로 나타났다. 그렇다면 이와 같은 개념을 갖고 있는 학생들에게는 탄화수소나 심지어 암모니아(NH₃)까지도 산으로 선택될 가능성이 있다고 사료된다.

(B)를 선택한 중학생은 불과 한 명(1%)이며 고등학생은 37명(32%)이었다. 이들에게는 이 문항을 풀 그 시점까지 옥소늄이온에 대해 구체적으로 소개되어지지 않았으나, 특히 고등학생들은 앞의 단원들(예 ; 할로젠화합물의 반응)을 배우면서 학습된 이론에 근거를 두고 선택한 것으로 나타났다.

고등학생 80 : “염산을 물에 녹이면 $HCl + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$ ”

고등학생 26 : “HCl의 반응중에 H₃O⁺가 많을수록 강산이라고 배웠습니다.”

그리고 한 명의 중학생만이 (B)를 택한것은 아마도 그들에게 전혀 생소한 옥소늄이온 때문이고, 이는 더우기 88%의 학생들로 하여금 수소라는 용어가 들어있는 (A)를 택하게 한 원인이 된 것 같다. 이러한 결과는 이미 전술한 바와 같이 수정된 Arrhenius의 정의와 함께 옥소늄이온의 소개가 중학교과정에서 이루어 져야 할 것을 시사하고 있다.

또한 아직 배우지 않은 Brönsted의 정의인 (C)는 2%의 중학생과 11%의 고등학생으로 부터 선택되었는데, 이들이 기술한 내용은 불완전하기는 하나 Arrhenius의 정의인 ‘산은 물속에서 H⁺를 낼 수 있는 물질’에서 수소가이온을 낼 수있는 물질이란 의미를 ‘양성자를 줄 수 있는 물질’이라고 추리 선택한 것으로 나타났으며, 일부 학생들은 학교에서 학습받기 전임에도 개인적으로 예습 등에 의하여 지식을 습득한 것으로 추정된다.

고등학생 103 : “산은 물에서 분해되면 H⁺가 되는데, 그것은 산이 양성자를 주기 때문이다.”

다음 표는 Arrhenius의 이론에 입각하여 이미 산-염기의 정의를 학습받은 본 연구의 두 학생집단이 염기의 정의로서 선택한 응답의 결과이다.

〈표 5〉 염기의 정의에 대한 응답(문항 2)

선택 유형	중 학생		고 등 학생	
	학생수	분 포	학생수	분 포
(A)	90명	93%	92명	80%
(B)	2명	2%	7명	6%
(C)	1명	1%	10명	9%
(D)	0명	0%	2명	2%
모 른 다	1명	1%	1명	1%
기 타	1명	1%	2명	2%
무 답	2명	2%	0명	0%
합 계	97명	100%	114명	100%

이 문항에서는 상당히 많은 학생 즉 93%의 중학생과 80%의 고등학생이 Liebig의 정의인 (A)를 선택하였는데, 이들 학생들의 선택 이유는 한결같이 그 화학식 자체에 OH⁻ 이온이 존재하기 때문이라고 기술하였다.

중학생 10: “NaOH, KOH등 알칼리성의 물질은 OH⁻ 이온을 포함하기 때문”

중학생 8 : “염기성은 이온식에 ‘OH’ 포함된것을 염기라 했고, ‘OH’의 성질을 누누히 강조 받고, 산 ‘H⁺’와 ‘OH⁻’의 반응으로 알기 되었다.”

이 문항에서도 앞의 문항과 마찬가지로 학생들이 단편적인 암기위주의 학습방법을 택하고 있다는 것을 확인할 수 있었으며, ‘중학생 8’이 기술한 내용으로 미루어 보아 상당수의 교사들조차도 이러한 교수법으로 학생들을 지도하고 있음을 짐작할 수 있었다.

산-염기의 정의가 〈표 1〉에서 볼 수 있듯이 시대에 따라 점차적으로 변화되어 왔음에도 불구하고 많은 학생들이 여전히 Liebig의 정의를 적용하고 있는 것은 교수방법과 학습방법에 모두 문제점이 있음을 시사하고 있다. 이와 같은 사실은 독일 노르트라인 베스트팔렌주 문화성의 교육지침서(Kultusminister NW, 1978)에서도 ‘산에 관한 Arrhenius의 정의가 학생들에게 protolytic reaction에 대한 이해를 어렵게 하고 있는 것’으로 기술되어 있으며, Häusler(Hä-

usler, 1987)는 특별히 '염기의 정의'에서 나타날 수 있는 문제점들에 대하여 언급하는 가운데, 'Brönsted 이전에는 수산화물과 금속산화물의 분자 전체를 염기로 간주하였으나, 그 이후에는 이들 화합물의 수산화이온과 산소이온만이 염기로서 인정되고 있어 학생들에게 오개념이 나타날 수 있는 요인이 되고 있음'을 지적하였다. 즉 계속 발전되고 있는 이론들이 과정별로 나뉘어서 학습될 경우에도 학생들에게는 쉽게 오개념이 나타날 수 있음을 감안할 때, 이미 〈표 1〉에서 와 같이 지속적으로 변천되고 있는 '산과 염기'에 관한 이론의 학습내용은 무엇보다도 학생들의 지적발달수준과 학습목표를 고려하여 적절히 선택되고, 이들 이론을 상호 보완함으로써 학생들에게 오개념이 유발되지 않도록 학습시켜야함에 역점을 두어야겠다.

V. 결론 및 제언

고등학교 여학생들은 과학교과목중 가장 흥미없는 과목으로 화학을 택하였다. 그 이유는 학문으로서 화학과목의 특수성(상징용어, 전문용어, 추상성을 요구하는 반응을 통한 물질의 변화과정등)과 교육과정에서 있어서의 학습내용 또는 교수 및 학습방법 등 여러 측면에서 그 원인을 찾을 수 있겠다. 특히 학생들은 학문으로서의 과학을 배울 때 중요하게 고려되어야 할 점이 무엇보다도 실험과 실생활과의 관련성이라고 지적하였다. 이는 이론과 암기를 위주로 한 기존의 학습내용과 교수 및 학습방법이 학생들의 사고 발달을 촉진시키고 더욱 탐구적인 학습태도를 갖추게 할 수 있는 미래지향적인 내용으로 재구성되어야 함과, 그 무엇보다도 바람직한 평가방법의 개발과 실시가 우선되어야 함을 시사하고 있다.

'산과 염기'의 특성 및 그의 이용에 대한 관심은 고대로부터 끊임없이 이어져 왔고 이에 관한 체계적이고 과학적인 연구는 17세기초에 시작되어 최근에 이르기까지 여러 과학자들에 의하여 기존 이론들의 한계점들이 수정 보완되면서 지속적으로 발전되고 있다. 이와 같은 '산과 염기'에 관한 이론들은 현재 초·중등과학교과서(국민학교 자연 5-2, 중학교 과학 3, 고등학교 화학)에서도 공통적으로 다루지고 있는데, 이에 관한 학습내용을 단계별로 비교한 결과 국민학교과정에서는 구상적 사고과정의 어린이에게 적절한 감각 및 지시약 등에 의한 실험과 관찰을 통

하여, 즉 직접경험을 통하여 산과 염기의 개념을 이해할 수 있도록 하는 한편 실생활에서의 활용까지 학습내용에 포함시켜 학생들의 흥미를 유발할 수 있도록 구성되었으나, 고학년으로 올라갈 수록 실험 및 실생활과의 관련성은 점차 사라지고 있으며, 그 대신 많은 도식과 이론을 중심으로 구성되어 있어 학생들로 하여금 흥미를 잃게 하고 있는데, 이에 대한 한 증거로는 교과서 구성내용이 고학년으로 올라갈수록 실험실습의 수는 감소하는 반면 각종 문항들의 수가 점차 증가하고 있는 것이 여러가지 조사과정에서 확인되고 있다. 여기서 우리는 이미 전술한 바와같이 최근 사회적으로 크게 문제시되고 있는 공기오염, 산성비, 산성토양 그리고 동식물의 생태계에 미치는 영향까지도 관련지어 학습시킴으로써 학생들이 지속적으로 흥미를 가질 수 있도록 학습내용을 개선하여야 하겠다. 그리고 중학교 3학년 과정에서 주로 Arrhenius의 이론을 바탕으로 그리고 고등학교 화학에서는 Brönsted의 이론으로 산과 염기의 내용을 전개해 나가고 있어 학생들이 두 이론을 서로 구별지어 적용하기 보다는 오히려 혼돈을 일으켜 오개념을 갖게되는 결과를 초래하게 할 수 있겠다. 또한 이온화와 물질의 화학 등이 이미 중학교과정에서 다루어지고 있음에도 불구하고 옥소늄이온(H_3O^+)이 마치 Brönsted의 이론의 특징인것 처럼 Brönsted의 이론을 소개할 때에만 소개되고 있는데 중학교과정에서도 '옥소늄이온'의 소개와 더불어 수정된 Arrhenius의 '산'의 정의 '수용액에 옥소늄이온이 존재한다'로 제시되어야 바람직하겠다. 그리고 H_3O^+ 이온의 명명에 있어서도 고등학교과정에서는 옥소늄이온으로, 대학과정의 산-염기의 단원에서는 히드로늄(hydronium)이온으로 서로 다르게 통칭하고 있음을 볼 때 교육과정별 학습내용이 보다 연계성을 유지하도록 정비되어야 함을 시사해 주고 있다. 또한 '산과 염기'에 관한 내용들이 서로 다른 이론으로 반복해서 제시됨으로써 발생하는 문제점을 방지하기 위하여는 Brönsted의 이론에 입각한 심화과정을 효과적으로 이해시킬 수 있도록 산-염기-정의와 그들의 세기 등과 같은 기초내용은 Arrhenius의 정의와 비교하여 다루면서 Brönsted의 이론을 부각시키는 한편 두 이론의 차이점을 정확하게 전달할 수 있는 적절한 학습내용의 구성과 교육방법의 연구 개발이 요구된다.

끝으로 학생들은 Arrhenius의 산-염기에 관한 정

의를 이미 배웠음에도 불구하고 상당수가 Liebig의 이론에 근거한 개념을 갖고 있었으며, 뿐만 아니라 용어의 구분과 그의 적용이 불분명한 것으로 나타났는데 이것은 이론의 전개과정에 있어서 학생들의 탐구력이나 사고력의 신장을 고려하지 않은 상태에서 실시되고 있는 이론과 암기를 위주로 한 교수 및 학습방법에 기인한다고 할 수 있으며, 더욱 흥미로운 것은 학생들이 어떠한 이론들을 학습받은 후 갖게 되는 오개념들을 그 동안 습득한 다른 관련지식들과 더불어 점차적으로 새로운 개념으로 일부 수정하여 형성할 수 있는 추리력과 사고력을 갖고 있다는 것이다. 이에 따라 한층 학생들의 지적발달수준에 적합한 교육내용 및 교육방법의 개선을 위한 지속적인 연구가 요구된다.

한편 본 연구의 참가대상이 서울 강남지역에 소재한 1개의 여자중학교와 1개의 여자고등학교의 학생들에 국한되어 있었으며, 채택된 문항의 수도 극히 제한된 가운데 실시되어 그 결과 또한 다소 제한적인 것으로 볼 수 있으므로, 향후 보다 광범위한 대상과 다양한 문항에 의한 심층적인 후속연구를 실시함으로써 보완되어야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

김승식 외 8명(1991), 중학교 과학 3, 지학사.
문교부(1990), 자연 5-2, 국정교과서주식회사.
백태홍 외 1명(1991), 고등학교 화학, 동아서적.
소현수 외 3명(1991), 고등학교 화학, 동아출판사.
오제직 외 3명(1991), 고등학교 화학, 문호사.
이원식 외 2명(1991), 고등학교 화학, 교학사.

정창희 외 8명(1991), 중학교 과학 3, 교학사.

Atteslander, P.(1984). Methoden der empirischen Sozialforschung. de Gruyter, Berlin und New York.

Cros, D., Maurin, M.(1986). Conceptions of first-year university students of the constituents of matter and the notions of acids and bases. European Journal of Science Education, 8, 305.

Fladt, R.(1981). Ehrenwerte Irrtümer von Schülern - und was wir daraus lernen könnten!. Der Chemieunterricht, 12, 67.

Häusler, K.(1987). Die historische Entwicklung der Säure-Base-Konzepte. Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie, 35, 27, 2.

Harbecke, D.(1986). Säuren und Basen im Chemietest am Gymnasium - eine empirische Untersuchung über Schülerfehler. Staatsexamensarbeit Universität Dortmund.

Kempa, R. F., Nicholls, C. E.(1983). Problemsolving ability and cognitive structure - an exploratory investigation. European Journal of Science Education, 5, 171.

Kim, H-S.(1990). Harte Nüsse im Chemieunterricht - Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Erziehungswissenschaften.

Kultusminister NW(Hg.)(1978). Vorläufige Richtlinien und Lehrpläne für das Gymnasium - Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen, Chemie, Greven Verlag, Köln.

(ABSTRACT)

The Acid—Base—Concepts of Korean Secondary Students

Hwa—Sook KIM

The purpose of the study is to compare the learning contents of theme acids and bases that are commonly dealt with in elementary, middle and high schools in Korea and to investigate the acid—base—concepts of secondary students.

The results of the study were as follows:

- 1) Many students did not have an interest in the chemistry and they pointed out the necessity of many experiments and practices and its application to the practical life.
- 2) It is found that most of textbooks used in the elementary school are written to make the students have an interest in the science through the experiments and practices. However the textbooks used in the secondary school are too theoretically written so that many students are likely to lose the interests in the chemistry.
- 3) Although students had already learned Arrhenius's acid—base—concept, many students tried to solve the question with Liebig's theory as a acid—base—concept. This misconception might be caused by learning by cramming and teaching too theoretically.

Accordingly, it is necessary that the education of science is carried out to make the students have an interest in the science by providing the students with the much more experiments and practices and also applying it to the practical life.