

끓는점 오름 현상에 대한 학생, 예비교사, 화학교사의 개념 분석

윤희숙 · 정대홍*

서울대학교

Conception Analysis of Students, Pre-service Teachers and Chemistry Teachers on Boiling Point Elevation

Yoon, Heesook · Jeong, Daehong*

Seoul National University

Abstract: In this study the description patterns of chemistry textbooks on the boiling point elevation phenomenon and the understanding patterns of high school students, pre-service teachers and chemistry teachers were investigated. High school chemistry II textbooks developed in the 6th and 7th national curricula were analyzed and the conception patterns of subjects on this phenomenon were categorized using a questionnaire developed for this study. The description patterns of science textbooks were classified into three: 'decreasing of surface solvent molecules', 'attraction force between solvent and solute molecules' and 'decreasing of surface solvent molecules and attraction force between solvent and solute molecules'. In the result of the conception analysis, the ratio of 'attraction force between solvent and solute molecules' was high among students, pre-service teachers, and chemistry teachers. There was a propensity that they would like to explain the boiling point elevation in terms of enthalpy rather than entropy, and in order to analyze this propensity, follow-up interviews were carried out.

Key words: boiling point elevation, science textbook, entropy, enthalpy, attraction force, solvent molecules on surface

I. 서 론

고등학교에서 다루어지는 많은 화학 개념들은 직접 관찰하거나 지각할 수 없는 추상적인 개념들이다(Osborne, Cosgrove, 1983). 이 중 용액의 끓는점 오름 현상은 중등 교육과정에서 중요하게 다루고 있는 내용 중의 하나로서, 일상생활과 실험실에서 쉽게 관찰할 수 있지만 정확한 개념을 이해하기 위해서는 엔탈피, 엔트로피, 깁스 자유에너지 및 화학 위치에너지 등에 대한 고도로 추상적인 지식이 요구된다. 이 현상에 대해서 제 7차 교육과정에서는 중학교 2학년 과학 혼합물 단원에서 물과 소금물의 끓는점 비교를 통해 순물질과 혼합물의 여부를 확인하는 수준에서 정성적으로 다루고 있고, 고등학교 화학 II의 용액 단원에서 용액의 총괄성 중의 하나로 정량적으로 다루고 있다. 2000년도와 2001년도의 대학 수학 능력 시험 화학 II

과목의 결과를 분석한 연구에서 용액의 끓는점 오름을 비롯한 용액의 총괄성에 대한 학생들의 이해는 전반적으로 매우 저조하고 학생들이 이를 매우 어려워하는 것으로 보고되었는데 이는 이 현상에 대한 정확한 이해가 쉽지 않음을 보여준다고 할 수 있다(홍미영 등, 2002).

끓는점 오름에 대한 학습과 이해 사이의 관계를 연구한 김도욱(1992)은 상당수의 학생들이 화학교과서에서 제시되는 미시세계에 대한 입자적 표현법과 실제 존재하는 현상 사이의 관계를 이해하지 못함을 지적하면서, 비유를 사용한 수업이 끓는점 오름에 관한 개념 이해에 효과가 있었다고 하였다. Lambert(2002)와 하성자 등(2005)은 용액의 총괄성으로 끓는점 오름과 어는점 내림, 삼투압 등의 현상을 명확하게 설명하기 위해서는 엔트로피의 개념이 도입되어야함을 주장하였다. 한편 Peckham(1998)은 끓는점 오름에 대

* 교신저자: 정대홍(jeongdh@snu.ac.kr)

** 이 논문은 2006년도 서울대학교 두뇌한국21 사업에 의하여 지원받았습니다.

*** 2006.07.26(접수) 2006.09.17(1심통과) 2006.11.20(2심통과) 2006.12.12(최종통과)

하여 엔트로피나 화학 위치에너지의 개념으로 설명할 것을 제안하면서도, 이러한 개념의 도입이 어려운 경우 양전하와 음전하가 왜 서로 끌어당기는 지에 대해 설명하지 않는 것처럼 현상의 원인을 설명하지 말고 사실로만 언급하는 것이 더 낫다고 하였다. 또한 끓는점 오름의 원인인 용액의 증기압 내림 현상에 대한 대학교과서의 설명 방식에 대한 여러 논의가 있어왔으며(강익균, 우종선, 1990; Peckham, 1998; Mysels, 1955), 용질과 용매의 상호작용으로 인해 용액에서 용매가 약간 붙들려 있다고 생각하는 오개념이 일반적으로 존재한다는 지적이 있었다(Mundell, 1990; Peckham, 1998). 이렇게 끓는점 오름을 설명하기 위하여 다양한 방안이 제시되고 교과서의 설명 방식에 대한 논의가 이뤄지는 것은 이 현상을 설명하기 위해 필요한 열역학 함수들에 대한 도입이 어려운 학습단계에서 이를 설명해야하는 어려움을 반영한다고 볼 수 있다.

가르치는 교사와 교과서 내용체계가 정확하게 개념 정립이 되어있지 않은 상태로 학습이 이루어질 경우, 학생들은 과학을 더 어려워하게 된다(백성혜, 2000). 이러한 관점에서 학생뿐만 아니라 예비교사 및 현직 교사의 개념이해를 파악하고 교과서의 기술 상태를 이해하는 것은 학생들의 정확한 개념형성을 위한 개선방향을 모색하는데 절실히 필요하지만 이에 대한 연구는 현재까지 매우 부족한 상태이다. 본 연구에서는 끓는점 오름과 관련된 개념을 배우고 있는 학생, 예비교사, 그리고 현직교사를 대상으로 끓는점 오름에 대해 어떻게 이해하고 있는지 조사하고 그 인식 양상을 교과서의 기술 내용과 관련하여 분석하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

끓는점 오름의 원인에 대한 인식을 알아보기 위하여 고등학생 58명과 예비교사 34명, 고등학교 화학교사 32명을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 고등학생은 서울지역에 소재한 인문계 남녀공학 고등학교의 3학년 두 학급을 무선 표집하여 선정하였으며, 대상자 모두 2학년 때부터 고등학교 화학수업을 이수해 왔고 ‘용액’, 묽은 용액의 총괄성인 ‘증기압 내림’, ‘끓는점 오름’, ‘어는점 내림’ 등의 개념을 이미 학습한 상태였다. 학생들은 7e 교과서를 사용하고 있었다. 예비교사는 서울소재 사범대학에서 화학을 전공하는 졸업반 대학생들이었고, 현직 교사들은 서울특별시 교육청에서 실시하는 교사연수에 참여한 화학전공 고등학교 교사들이었다. 교사의 인식에 대해 추가 정보를 얻기 위해 5명의 고등학교 화학교사와 인터뷰를 하였고, 그

중 끓는점 오름에 대하여 엔탈피 관점으로 설명한 교사는 3명이었다. 인터뷰 응답을 분석한 3명은 모두 고등학교 화학 II를 가르친 경험을 갖고 있었으며, 8년과 3년의 교사경력이 있는 여자교사 2명(A, B)과 21년 교사경력의 남자교사 1명(C)이었다.

2. 교과서 분석

6차와 7차 교육과정에 근거하여 개발된 고등학교 화학 II 교과서에서 끓는점 오름과 관련된 내용을 분석하였다. 분석에 사용된 6차 교육과정의 교과서는 6a에서 6j까지 모두 10종으로 각기 다른 출판사에서 출판되었다. 교과서의 기호는 6차 교육과정의 약자인 6 뒤에 알파벳을 부여하였다. 분석에 사용된 7차 교육과정의 교과서는 7a에서 7g까지 모두 7종으로 각기 다른 출판사에서 출판되었다. 교과서의 기호는 7차 교육과정의 약자인 7 뒤에 알파벳을 부여하였다. 과학교육 전문가 2인이 합의를 통해 교과서의 설명 방식을 세 가지로 분류하고 각 교과서가 어느 유형에 해당하는지 분석하였다.

3. 설문지

끓는점 오름 현상의 원인에 대한 인식을 조사하기 위하여 서술형으로 구성된 설문지를 개발하였다. 문항은 다음과 같다.

1. 순수한 물과 설탕물을 같은 조건에서 가열하면 설탕물이 순수한 물보다 더 높은 온도에서 끓는데, 이러한 현상을 끓는점 오름이라고 합니다. 끓는점 오름 현상이 나타나는 이유를 설명하십시오.
2. 만약 1번 문항에 대해서 증기압 내림으로 설명하였다면, 증기압 내림이 일어나는 이유에 대해서 자세히 설명하십시오.

문항 1은 끓는점 오름의 원인에 대하여 어떻게 인식하고 있는지를 알아보기 위한 문항이다. 예비설문 결과 증기압 내림만으로 응답하는 경우가 있어 문항 2를 추가하여 끓는점 오름의 원인에 대해 더 구체적으로 설명하도록 하였다. 개발한 설문지는 예비검사를 통해 일차 수정을 한 후, 과학교육 전공자 5인과 과학교사 2인의 검토를 통해 최종 수정하였다.

개발된 설문지를 고등학생, 예비교사, 화학교사에게 투입하였고, 얻어진 결과를 분석하기 위하여 각 문항의 응답을 유형별로 범주화하여 응답률을 구하였다. 초기 분석에서는 연구자가 전체 응답을 대상으로 응답자의 다양한 응답과 표현을 분류하고 제 2 분석자와의 논의를 통하여 분류 기준을 수정하였다. 분류기

준은 교과서 분석에서 제시된 설명 방식 세 가지와 빈도가 높은 다른 유형의 응답 하나를 포함한 네 가지였으며, 이에 포함되지 않거나 응답하지 않은 경우 기타와 무응답으로 분류하였다. 최종 확정된 분류 기준에 따라 연구자와 분석자 1인이 각각 응답들을 분석하였다. 그 결과 분석자간 일치도는 .95였으며, 일치하지 않는 경우에는 분석자간 논의를 통해 합의하였다.

4. 인터뷰

질문지를 통해 얻은 교사들의 인식의 원인을 이해하기 위하여 고등학교 화학교사와 인터뷰를 추가적으로 실시하였다. 끓는점 오름의 원인에 대하여 엔탈피 관점으로 설명한 교사를 선정하여 엔탈피 관점으로 끓는점 오름을 이해하게 된 원인에 대하여 반구조화 된 면담을 실시하였다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 끓는점 오름의 원인에 대한 교과서의 설명 유형 분석

끓는점 오름에 관한 교과서의 설명 유형은 크게 세 가지로 분석되었다. 첫 번째 설명 유형은 용액에서는 용매 입자들이 증발할 수 있는 표면적이 줄어들어 증발하는 용매의 입자 수가 줄어들기 때문에 증기압이 내려가고 따라서 증기압이 대기압과 같아지는 온도인 끓는점이 높아진다고 설명하는 경우이다. 그 예는 다음과 같다.

순수한 용매에 비휘발성 용질을 녹인 용액은 그림과 같이 용질 입자가 용매 입자의 증발을 방해한다. 순수한 용매에서는 용매 입자가 방해 없이 증발할 수 있는 반면에, 비휘발성 용질 입자들이 많이 들어 있는 용액에서는 용매 입자들이 증발할 수 있는 표면적이 줄어들기 때문에 증발하는 용매의 양이 순수한 용매의 경우보다 적어진다.

(7a 교과서)

두 번째 설명 유형은 용매 분자가 용질 분자를 둘러싸서 용질과 용매 사이에 인력이 작용하여 용매의 증발이 어려워진다고 설명하는 경우로 그 예는 다음

과 같다.

설탕이 물에 녹았을 때 물 분자는 설탕 분자 주위를 둘러싸게 되는데, 이러한 물 분자의 응매화는 물 분자가 증발하는데 필요한 운동에너지를 갖는 분자의 수를 감소시킨다.

(7g 교과서)

세 번째 유형은 첫 번째와 두 번째 설명이 모두 제시된 형태로 그 예는 다음과 같다.

용액의 증기압력이 순수한 물의 증기압력보다 작은 것은 그림과 같이 비휘발성 용질이 용해되어 있는 용액의 표면에는 용매 입자 뿐만 아니라 용질 입자도 존재하므로 표면에 있는 용매 분자의 수를 감소시키기 때문이다. 또한 용매 분자와 용질 분자 사이의 인력이 작용하여 용액 표면에서 용매 분자가 증발하는 것을 줄이는 효과도 나타난다.

(7e 교과서)

이 세 가지 유형으로 6차와 7차 교육과정의 화학 II 교과서를 분석한 결과를 Table 1에 제시하였다. 6차와 7차 교육과정을 비교한 결과 세 가지 유형의 설명방식이 모두 존재하였고, 그 중 첫 번째와 세 번째의 설명방식이 우세하였고 두 번째의 설명 방식은 6차와 7차 교과서에서 각각 1종에서만 나타났다. 6차에서 7차로 교육과정은 변화되었으나 끓는점 오름의 원인에 대한 설명 방식이 제시되는 경향은 첫 번째 설명 방식을 제시하고 있는 교과서의 비율이 줄어든 것 외에 특징적인 변화가 없었다.

끓는점 오름은 어는점 내림, 증기압 내림, 삼투압 등 용액의 총괄성 중의 하나로 비휘발성 용질이 휘발성 용매에 녹아 있는 경우, 묽은 용액에서는 용질의 종류에 관계없이 용액에 녹아 있는 입자의 수에 비례하여 증기압이 내려가고 이에 따라 용액의 끓는점이 증가하는 현상을 말한다. 끓는다는 것은 충분한 에너지를 가진 용매 분자가 이웃한 분자와의 인력을 끊고 기화하는 현상으로, 분자간의 인력에 따라 증기압이 달라지고 끓는점이 차이가 난다. 그러나 비휘발성 용질이 어떤 용매에 섞여있는 경우, 용해로 인한 엔탈피 변화가 없더라도 용액의 증기압은 순수한 용매의 증기압보다 낮아지고 이에 따라 끓는점이 올라간다 (Atkins, Paula, 2002; McQuarrie, Simon, 1997).

Table 1
Explanation types of science textbooks related to boiling point elevation

Type of explanations	6th national curriculum		7th national curriculum	
	Frequency	textbook	Frequency	textbook
Decreasing of surface solvent molecules	6	6a, 6b, 6d, 6g, 6h, 6j	3	7a, 7b, 7f
Attraction force between solvent and solute	1	6f	1	7g
Surface molecules & attraction force	3	6c, 6e, 6i	3	7c, 7d, 7e

끓는점 오름의 원인이 되는 증기압 내림은 속도론적 관점과 열역학적 관점으로 설명되어질 수 있다. 속도론적 관점은 용액 표면에서 용매의 증발속도와 응축속도를 분자 수준에서 고찰하는 것이다. 순수한 용매가 평형상태에 있을 때 용매 분자의 증발속도와 응축속도는 같은 상태로 있는데, 용질이 액체상에 섞이게 되면 비평형 상태가 된다. 액체상은 표면에 존재하는 용매 분자수가 감소하여 용매의 증발속도는 감소하게 되지만, 기체상에서 액체상으로 되돌아가는 응축속도는 표면의 용질입자에 의해 방해받지 않으므로 일시적으로 증발속도가 응축속도보다 작게 된다. 즉, 증발하는 분자보다 응축하는 분자가 많아져 용액에서 기체상의 용매분자는 점점 줄어들게 된다. 기체상의 용매분자가 줄어들기 때문에 시간이 지남에 따라 응축속도는 줄어들고, 액체상의 용매분자수는 증가하기 때문에 증발속도는 증가하여 다시 증발속도와 응축속도가 같아지는 평형에 도달하게 된다. 순수한 용매에서의 기체상에 비해 용액의 새로운 평형상태에서는 기체상의 용매 분자수가 적게 된다. 따라서 용매에 비해 증기압은 낮아지고 끓는점이 증가하게 된다. 평형에서 비평형을 거쳐 새로운 평형에 이를 때까지의 증발속도와 응축속도의 변화를 그래프로 나타내면 Fig. 1과 같다.

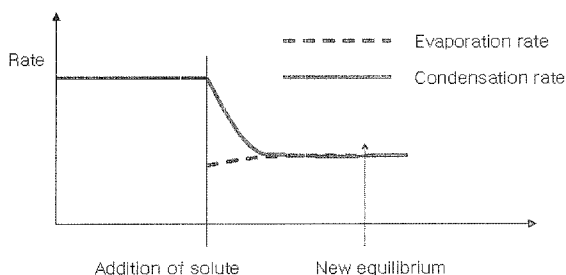


Fig. 1 Changes of evaporation and condensation rates

교과서에서 제시된 설명방식 중 첫 번째 유형은 이러한 용매의 증발속도 관점으로 서술된 것으로 볼 수 있다. 그러나 교과서의 설명은 단순히 용매의 표면적이 용질에 의해 줄어들어 증발하는 입자수가 감소한다고 표현되어 있어, 그 의미가 명확하게 전달되지 못하는 경우가 있을 수 있다. 예를 들어 순수한 용매에서 그릇의 입구를 좁히거나 또는 물체로 표면의 일부를 가리는 방식으로 표면의 분자수를 감소시키면 증기압이 감소되는가라는 의문이 생기게 한다. 이러한 경우 용매의 증발속도가 감소할 뿐 아니라 응축속도도 같은 비율로 감소하므로 평형에서 증기압의 변화를 일으키지 못한다. 따라서 용액에서의 증기압 내림

을 설명하기 위해서는 기존의 교과서 설명이 보충되어야 할 것으로 보인다. 조금 더 정확하게 표현하자면 단순히 표면의 분자수가 줄어든 것이 아니라, 용질 입자의 혼입으로 인한 표면의 용매 입자수의 감소 때문에 증발속도는 감소하게 되지만, 응축속도는 용질 입자에 의해 방해받지 않으므로 증발과 응축이 평형이 되는 시점에서 증기압이 용매에 비해 낮아지게 되고 끓는점은 증가하게 되는 것이다.

또한 끓는점 오름의 원인이 되는 증기압 내림은 열역학적 관점으로 엔트로피 증가에 의한 현상으로 설명할 수 있다. 순수한 용매의 평형상태에서 액체상의 화학위치에너지와 기체상의 화학위치에너지는 같다. 여기에 용질이 혼입되면 액체상의 엔트로피가 증가하게 되고 용액의 화학위치에너지가 감소하게 된다. 평형이 깨어진 상황에서 화학위치에너지가 높은 기체상에서 화학위치에너지가 낮은 액체상으로 용매 분자의 이동이 일어나는데, 기체상과 액체상의 화학위치에너지가 같아지는 새로운 평형에 도달할 때까지 계속된다. 이러한 용질의 효과에 의해서 증기압력이 낮아지고 끓는점은 높아진다.

끓는점 오름을 포함한 용액의 총괄성이 화학교과에서 갖는 중요한 의미 중 하나는 물질의 변화방향을 결정하는 엔탈피와 엔트로피 두 요인 중에서 엔트로피에 의존하여 변화의 방향이 결정되기 때문이다. 일반적으로 엔탈피의 크기에 따른 변화의 방향은 직관적으로 이해하기가 쉽지만, 엔트로피 크기에 따른 변화의 방향은 엔탈피보다 덜 직관적일뿐 아니라 엔탈피 변화와 동반되는 예가 많아서 그 효과를 구체적으로 느끼기가 쉽지 않다. 이런 측면에서 용액의 총괄성은 엔트로피 효과를 구체적으로 경험하고 이해할 수 있는 좋은 소재가 된다.

그러나 현재 7차 교육과정의 화학 II에서는 엔트로피 개념을 다루지 않고 있어 어떤 교과서에서도 끓는점 오름의 원인을 엔트로피로 설명하려는 시도는 나타나지 않은 것으로 분석되었다. 묽은 용액의 총괄성 자체가 용매-용질의 인력의 영향이 없는 이상용액을 가정하고 있음에도 불구하고 오히려 여러 교과서에서 두 번째와 세 번째 유형처럼 ‘용매-용질간의 인력’, 즉 엔탈피 효과를 끓는점 오름의 원인으로 설명하고 있었다. 묽음 현상에 있어서 분자간의 인력은 중요한 개념이지만 용질-용매 분자간의 인력과 용매 분자간의 인력의 차이가 끓는점 오름의 주된 원인은 아니다. 따라서 끓는점 오름의 원인 중 하나로서 용질의 종류 및 분자간의 인력을 명시적으로 기술할 경우 그 중요성의 비중이 인식되도록 기술하여야 한다. 예를 들어

실제 실험실에서 소금물의 끓는점 오름을 관찰하는 경우, 용이한 관찰을 위해 상당히 많은 소금을 넣어주는 것이 현실이므로 넣어준 소금의 양이 총괄성에서 가정하는 대로 충분히 극소량이라고 할 수 없고, 또한 소금과 물 분자사이의 인력이 물분자들 사이의 인력과 동일하지 않기 때문에 이상용액이라고 할 수 없다. 따라서 실제 용액의 경우에는 용매-용질간의 인력이 끓는점 오름에 영향을 준다. 그러나 주된 원인은 엔트로피에 의한 것이며 용매-용질간의 인력의 영향 즉, 엔탈피에 의한 효과는 이상성에서 벗어남을 설명할 수 있는 정도의 비중으로 기술되어야 한다. 그러나 현재 교과서 기술에서 보듯이 두 번째 설명유형처럼 끓는점 오름에 대한 원인으로 엔탈피 효과만을 제시하거나 또는 세 번째 설명유형처럼 엔트로피 효과와 엔탈피 효과를 단순히 병렬적으로 표현하는 설명 방식은 엔탈피와 엔트로피 두 요인간의 중요도 차이를 인식시키지 못하고 상대적으로 엔탈피 효과가 강화되도록 인식시킬 소지가 있다.

한편 끓는점 오름 현상의 설명에서 엔트로피만을 강조하여 설명하고 용해 현상은 엔탈피만으로 설명한다면 학생들에게 현상에 따라 다른 이론이 적용된다는 인식을 심어줄 가능성이 있다. 엔탈피와 엔트로피 효과 각각에 대한 정확한 이해도 중요하지만 어느 한 효과가 주된 역할을 하더라도 두 효과가 다 고려되어 현상을 기술하는 것이 학생들이 현상을 이해하는데 있어서 이론적으로 일관된 관점을 제시한다는 점에서 중요하다.

2. 끓는점 오름의 원인에 대한 인식 조사

끓는점 오름의 원인에 대한 학생, 예비교사와 현직 교사의 인식은 네 가지 유형으로 분류되었다. '표면 용매입자수의 감소'와 '용매-용질사이의 인력의 존재' 및 '표면 용매입자수의 감소와 용매-용질간의 인력' 등 교과서의 설명유형과 동일한 세 종류의 설명유형과 용질이 방해하는 원인에 대한 구체적인 언급 없이

단순히 '용질 분자가 방해하기 때문'이라고 설명한 네 번째 유형으로 분류되었다. 네 번째 유형의 답을 한 응답자는 부분적으로 '표면 용매입자수의 감소' 개념을 가지고 있으나 이같이 표현하였을 가능성은 있다. 하지만 동시에 '용매와 용질사이의 인력'에 의한 방해라는 해석도 가능하므로 별도로 분류하였다. 이에 속하지 않는 것은 기타 응답, 무응답으로 분류하였고, 그 분포를 Table 2에 정리하였다.

고등학교 학생들의 응답을 살펴보면 기타 또는 무응답의 비율이 교사나 예비교사들에 비해 높았으며, '용매-용질사이의 인력의 존재'를 끓는점 오름의 원인으로 제시한 응답이 25.9%로 다른 응답에 비해 많았다. 용질이 방해하는 원인에 대한 구체적인 언급 없이 단순히 '용질 분자가 방해하기 때문'이라고 응답한 비율은 20.7%, '표면 용매입자수의 감소'를 원인으로 제시한 비율은 17.2%이었다. 한편 예비교사는 단순히 '용질 분자가 방해하기 때문'이라고 응답한 경우가 41.2%로 가장 많았으며, 20.6%가 '용매-용질사이의 인력'을, 8.8%가 '표면 용매 입자수의 감소'를 끓는점 오름의 원인이라고 응답하였다. 현직교사의 응답을 살펴보면 '용매-용질사이의 인력이 존재하기 때문'이라고 한 응답이 40.6%로 가장 많았고, '용질 분자가 방해하기 때문'이라고 응답한 경우가 28.1%, '표면의 용매입자수의 감소'라고 한 응답이 15.6%이었다.

앞의 교과서의 분석 결과에서는 '표면의 용매입자수의 감소'와 '표면 용매입자수의 감소와 용매-용질간의 인력'으로 끓는점 오름을 설명하는 첫 번째와 세 번째의 설명방식이 우세하였음에도 불구하고, 고등학생과 예비교사, 현직교사의 인식은 '용매-용질사이의 인력이 존재하기 때문'이라는 두 번째 유형의 인식과 끓는점 오름의 원인을 구체적으로 설명하지 못하고 단순히 '용질의 방해 때문'이라는 설명이 우세하였다.

고등학생들의 경우, 대상자 모두 동일하게 끓는점 오름에 대한 원인으로 '표면 용매입자수의 감소와 용매-용질간의 인력'으로 제시하는 교과서를 사용하고

Table 2

Conception types of students, preservice teachers, and chemistry teachers on boiling point elevation

Type of conceptions	Frequency		
	Student	Preservice	Teacher
Decreasing of surface solvent molecules	10 (17.2%)	3 (8.8%)	5 (15.6%)
Attraction force between solvent and solute	15 (25.9%)	7 (20.6%)	13 (40.6%)
Surface molecules & attraction force	1 (1.7%)	1 (2.9%)	2 (6.3%)
Hindrance of solute molecules	12 (20.7%)	14 (41.2%)	9 (28.1%)
Other response	15 (25.9%)	9 (26.5%)	3 (9.4%)
No response	5 (8.6%)	-	-

있음에도 불구하고 ‘표면 분자수의 감소’를 응답한 비율은 세 번째 유형의 응답자를 포함하여 18.9% 밖에 되지 않았고, ‘용매-용질사이의 인력’을 응답한 비율은 세 번째 유형의 응답자를 포함하여 27.6%로 높게 나타났다. 이는 고등학생들이 끓는점 오름 현상을 이해하는데 있어서 엔탈피 효과가 강조되어 인식되는 경향이 있음을 단적으로 보여준다고 하겠다. 이러한 고등학생들의 인식은 교사들의 인식과 관련이 있을 것으로 판단된다.

3. 교사들의 인식에 대한 이해

교사의 경우에 끓는점 오름 현상의 원인을 엔탈피 효과로 이해하는 인식이 많았는데 그 원인을 살펴보기 위하여 교사를 대상으로 인터뷰를 실시하였다. 다음은 엔탈피 관점으로 끓는점 오름을 이해하고 있는 교사가 끓는점 오름의 원인에 대해 진술한 예이다.

- A 교사: 설탕과 같은 용질이 물과 같은 용매에 녹는다는 것은 설탕-물간의 인력이 물-물간의 인력보다 크다는 의미이다. 물-물의 인력을 이기고 표면에서 증발하는 물 분자보다 설탕-물의 인력을 이기고 표면에서 증발하는 물 분자의 수가 적게 되고 따라서 증기압은 같은 온도에서의 용매의 그것보다 작아지고 끓는점은 증가하게 된다.
- B 교사: 녹았다는 것 자체가 용매와 용질의 인력이 존재한다는 거니까 ... 어떤 용질이 들어가면 증발하기가 더 어렵다.

위의 진술에서 공통적인 것은 교사들이 끓는점 오름을 용해 현상과 연결하여 설명하는 점이다. 교사들은 용해 현상을 엔탈피의 관점으로 이해하고 있었으며, 동일한 관점으로 끓는점 오름을 이해하려고 하였다. 교과서의 내용전개에서 용액의 총괄성을 배우기 이전에 용해 현상이나 순수한 용매의 끓는점 등의 개념을 학습하게 되어있는데 이는 교과서에서 엔탈피 효과로 제시된다. 따라서 용해가 이루어진 것은 용매와 용질간의 인력이 크기 때문이라는 것과 분자간의 인력이 큰 액체가 끓는점이 높다는 개념을 새로운 현상인 끓는점 오름 현상을 설명하는데 적용하게 되는 것으로 보인다. 즉, 교사들이 끓는점 오름을 엔탈피로 설명하려는 경향이 높은 이유는 설명의 일관성 측면에서의 매력이크게 작용하였을 가능성이 있다. 다음에 제시된 교사의 진술은 앞의 논의를 잘 뒷받침해준다.

- B 교사: 이런 인력으로 설명하는 것이 교과서 맥락 내에서 여러 현상을 설명해 왔기 때문에 의심의 여지없이 끓는점 오름에 대해서도 연관되게 풀어가고 그러한 논리로 유추하게 된다.

- A 교사: 실제로 반응이 진행될 때 엔트로피와 엔탈피의 영향이 있는데 고등학교 화학에서는 모든 변화가 엔탈피를 적용하여 해석한다. ... 솔직히 엔트로피 개념으로 연결해서 생각해보는 적이 없다.

또한 교사들은 교과서에서 제시된 첫 번째 유형의 설명인 ‘표면의 용매 분자수의 감소’를 끓는점 오름의 원인으로 받아들이는 것이 타당성과 설득성이 부족하다고 판단하여 이러한 개념을 받아들이지 않고 오히려 모호하게 용질이 방해하기 때문에 혹은 용매-용질간의 인력 개념으로 끓는점 오름의 원인을 설명하려고 시도하는 것으로 보인다. 다음은 용매 분자수의 감소 개념이 타당하지 않다고 생각하는 교사의 진술이다.

- A 교사: 교과서에서 (증기압 내림에 대하여 용질이 가려서 표면의 용매 입자수가 감소한다고) 설명하는 것은 납득이 되질 않는다. 장미 꽃잎이 액체 표면을 가리거나 비커 표면이 줄어드는 것과 마찬가지로 생각한다.

교사가 이러한 인식을 하는 것은 앞의 교과서 분석에서 논의한 것처럼 ‘표면의 용매 분자수의 감소’라고 제시된 교과서의 설명이 명확하지 않기 때문으로 생각된다. 한편 용매-용질간의 인력 개념을 받아들이는 것은 교사들에게 용이할 뿐 아니라 엔탈피 개념으로 설명하고 있는 교과서에 의해 타당성을 확신하게 되는 것으로 나타났다.

- B 교사: 그렇게 생각하는 이유(용매-용질간의 인력으로 끓는점 오름을 이해하는 것)는 직관에 의해 그렇게 판단하기가 쉽다. 우선 가르치는 교과서 자체가 그렇게 설명하고 있고 ... 또한 그것이 직관적으로 나름대로 타당하다고 여겨지기 때문이다.

한편 C 교사는 끓는점 오름의 현상을 엔트로피 개념으로 이해하고 있지만 고등학교 과정에서 다루지 않기 때문에 엔탈피 개념으로 가르친다고 하였다.

결과적으로 교사들의 인식에서 끓는점 오름의 원인을 엔탈피의 관점으로 보는 경향이 우세한 것은 용해 현상에 사용되는 엔탈피 개념을 계속해서 적용하려는 이론적 일관성을 지향하기 때문인 것으로 보인다. 또한 용질 분자의 존재로 인한 표면 용매 분자수의 감소와 관련된 속도론적 관점을 받아들이지 못하고 있는 것과 엔트로피 개념을 고등학교에서 도입하지 않기 때문에 끓는점 오름 현상을 설명하기 위한 대안 개념의 필요가 복합적으로 작용한 것으로 해석된다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 끓는점 오름에 대한 고등학교 화학

교과서의 기술 양식과 고등학생, 예비교사, 고등학교 화학교사의 이해에 대하여 조사하였다. 끓는점 오름의 원인에 대한 교과서의 설명 유형을 분석한 결과 대부분의 교과서는 '표면의 용매 입자수 감소'로 기술하거나 '표면의 용매 입자수 감소'와 '엔탈피 효과'가 동시에 고려된 기술을 하고 있었고, 소수의 교과서에서 '엔탈피 효과'만을 고려한 기술을 하고 있었다. 속도론적 관점으로 '표면의 용매 입자수 감소'에 따른 증기압 내림을 설명하는 교과서의 경우에는 응축속도에 비해 증발속도가 상대적으로 감소하여 새로운 평형에 도달되었을 때 증기압이 감소하는 것을 이해할 수 있도록 기술하는 것이 필요하며, 또한 '표면의 용매 입자수 감소'와 '엔탈피 효과'를 동시에 기술한 교과서의 경우에는 두 영향을 병렬적으로 기술함으로 인해 끓는점 오름의 주된 원인인 엔트로피 효과는 축소되고 엔탈피 효과가 강조될 여지가 있었다. 학생, 예비교사 그리고 현직교사의 전체 응답에서 끓는점 오름의 원인을 분자간의 인력 측면에서 응답하는 경우가 가장 많았고, '표면의 용매 입자수의 감소'라고 응답한 경우는 소수에 불과했다.

현직교사에 대해서 이 같은 인식이 형성된 원인을 조사하기 위하여 몇 교사들에 대해서 인터뷰를 실시한 결과 엔탈피 개념이 쉽고 구체적으로 인식된다는 점과 엔트로피 개념이 교육과정에 도입되지 않는다는 점이 원인으로 나타났다. 물질 변화와 관련된 현상을 일관된 이론으로 설명하기 위해서는 엔탈피와 엔트로피가 모두 고려되어야 하므로 엔트로피의 도입이 필요한 측면이 있는데(하성자 등, 2005), 이 연구 결과는 엔트로피 도입의 필요성을 주장하는 하나의 예를 제시하는데 의의가 있다. 고등학교 교육과정에서 엔트로피 관점의 도입과 관련하여 기존의 연구 결과(Bindel, 2004; Lambert, 2002; 하성자 등, 2005)를 포함한 지속적인 연구를 통해 다양한 측면의 논점을 축적하는 것이 필요하다고 본다.

한편 인터뷰 결과 용질에 의한 '표면 분자수 감소'로 끓는점 오름을 설명하는 방식은 교사들이 받아들이기 어렵게 느껴져 이에 대한 대안 개념으로 엔탈피 개념을 선호하는 경향도 나타났다. 엔트로피를 적극적으로 도입할 수 없는 현 교육과정 틀 안에서 엔트로피 관점을 도입하지 않고 설명한다고 한다면 '표면의 용매 입자수의 감소'에 따른 증기압 내림 현상으로 끓는점 오름을 설명하는 접근이 유지되어야 할 것으로 보인다. 속도론적 관점은 끓는점 오름 현상을 정확히 설명할 수 있는 정확한 이론으로서 의미를 가질 뿐만 아니라 현상을 입자론적 관점으로 이해하는데 매우 유용한 이론이다. 그러므로 이 개념을 교사들이

받아들이기에 타당하도록 기술을 정교화할 필요가 있다. 예를 들면, 앞서서도 지적했듯이 용질이 존재함으로 인해서 증발속도와 응축속도의 상대적 차이를 구체적으로 인식할 수 있는 명확한 기술이 보충되어야 할 것이다.

정확하게 개념 정립이 되어 있지 않은 교과서는 교사의 끓는점 오름의 원인에 대한 균형 잡힌 이해의 부족을 낳고, 학생들의 개념 이해에도 영향을 미친다(백성해, 2000). 이 같은 측면에서 현행 교과과정에 따라 엔트로피를 적극적으로 도입하지 않는 것과 현행 교과서 중에서 속도론적 접근에 대한 기술상의 문제점은 교사 및 학생의 끓는점 오름에 대한 인식에 부정적 영향을 줄 가능성을 담고 있었다. 끓는점 오름에 대한 엔탈피 영향이 과대하게 해석되어 교사와 학생에게 인식되고 있는 것 또한 교과서 기술의 정교한 개념 정립이 필요한 부분이라 할 수 있다.

인터뷰 대상 수의 한계를 고려할 때 교사의 인식의 원인은 논의된 것 이외의 다른 요인이 있을 수 있으며, 이는 심화된 연구를 통해 재검토해 볼 필요가 있다. 또한 교과서의 설명과 교사들의 인식, 그리고 학생들의 인식이 어떻게 구체적으로 영향을 주는지에 대하여 구체적으로 살펴봄으로써 학생들의 개념이해를 도울 수 있는 방안을 마련하는 것이 필요하다고 본다.

국문 요약

본 연구에서는 끓는점 오름에 대한 고등학교 화학 교과서의 기술 양식과 고등학생, 예비교사, 고등학교 화학교사의 이해에 대하여 조사하였다. 6차와 7차 교육과정에 근거하여 개발된 고등학교 화학 II 교과서를 분석하였고 고등학생과 예비교사, 화학교사의 개념은 설문지를 통해 얻었다. 끓는점 오름의 원인에 대한 교과서의 설명 유형은 '표면의 용매 입자수의 감소', '용매-용질간의 인력', 그리고 '표면 입자수의 감소와 용매-용질간의 인력' 등의 세 가지 유형으로 분석되었다. 개념조사 결과 '용매-용질간의 인력'을 끓는점 오름의 원인으로 인식하는 학생과 예비교사, 화학교사의 비율이 높았다. 대상자들은 끓는점 오름을 설명하기 위하여 엔트로피 개념보다 엔탈피 개념을 선호하는 경향이 있었고, 그 원인을 분석하기 위하여 사후 인터뷰를 실시하였다.

참고 문헌

강익균, 우종선 (1990). 총괄성에 관한 새로운 방법

의 제언. 경희대학교 논문집, 19, 201-209.

김도욱 (1992). 끓는점 오름의 학습에서 세 가지 수업모형의 효과 비교 - 연역식, 귀납식, 비유를 사용한 수업모형. 한국과학교육학회지, 12(1), 35-46.

백성혜 (2000). 물리변화와 화학변화의 구분. 화학교육, 27(1), 78-80.

하성자, 김범기, 백성혜 (2005). 어는점 내림 현상에 대한 교과서 내용 및 중등과학 교사들의 개념 분석. 한국과학교육학회지, 25(2), 88-97.

홍미영, 전경문, 이범홍, 이양락 (2002). 대학수학능력시험 화학 II 문항에 대한 학생들의 응답 분석. 한국과학교육학회지, 22(1), 204-213.

Atkins, P. W., & De Paula, J. (2002). Physical chemistry(7th ed). Oxford: Oxford University Press.

Bindel, H. T. (2004). Teaching entropy analysis in the first-year high school course and beyond. Journal of Chemical Education, 81(11), 1585-1594.

Lambert, F. L. (2002). Entropy is simple, qualitatively. Journal of Chemical Education, 79(10), 1241-1246.

McQuarrie, D. A., & Simon, J. D. (1997). Physical chemistry - a molecular approach(1st ed). Sausalito: University Science Books.

Mundell, D. W. (1990). Heat of solution and colligative properties: an illustration of enthalpy and entropy. Journal of Chemical Education, 67(5), 426-427.

Mysels, K. J. (1955). The mechanism of vapor-pressure lowering. Journal of Chemical Education, 32, 179.

Osborne, R. J., & Cosgrove, M. M. (1983). Children's conceptions of the changes of the state of water. Journal of Research in Science Teaching, 20, 825-838.

Peckham, G. D. (1998). Vapor pressure lowering by nonvolatile solutes. Journal of Chemical Education, 75(6), 787-788.