

‘어는점 내림’에 대한 초등 예비교사들의 인식 조사 및 설명 모형 제안

김한제 · 정용재 · 장명덕
(공주교육대학교)

Elementary Pre-service Teachers' Conceptions on 'the Freezing Point Depression' and a Proposal of Explanatory Models

Kim, Han-Je · Joung, Yong Jae · Jang, Myoung-Duk
(Gongju National University of Education)

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the elementary pre-service teachers' conceptions on 'the freezing point depression' focusing on the survey from a National University of Education. Eighteen pre-service teachers who had completed high school Chemistry II coursework were selected to participate in the study. Participants answered a four question survey to measure their scientific knowledge and conceptions of this phenomenon. Each answer was qualitatively analyzed to determine whether they have 'scientific conceptions' or 'quasi-scientific conceptions' or 'misconceptions'. The results from the study are as follows: First, it was showed that none of the eighteen participants had 'scientific conceptions', six had 'quasi-scientific conceptions' and eight had 'misconceptions' about the caused effect when CaCl_2 is scattered on the ice. Second, it was found that three participants had 'scientific conceptions', eight had 'quasi-scientific conceptions' and two had 'misconceptions' for the second survey question. Third, ten out of eighteen participants demonstrated 'scientific conceptions' about the phenomenon of salt water freezing. Fourth, only three of eighteen participants illustrated appropriate 'scientific conceptions' for the fourth survey question. Fifth, of all participants, none answered more than three questions correctly, and only three participants answered any combination of two questions correctly. Based on the findings of this study, five explanatory models were developed. And the models were proposed for pre-service teachers to enhance their understanding of the freezing point depression phenomenon.

Key words : freezing point depression, elementary school, pre-service teacher, explanatory model

I. 서 론

초등학교 과학교과서는 사진, 그림, 도표 그리고 설명 모형 등을 많이 담고 있다. 이는 과학을 시작하는 초등학생이 교재를 쉽게 접할 수 있도록 흥미를 유도하고, 초기 과학 개념 형성에 도움이 되기 때문이다(박시현과 우종욱, 1994; 최영란과 이형철, 1998; Clement, 2000). 최근에 초등과학 학습 만화가

인기를 끄는 이유 또한 이야기와 어우러진 그림을 통해 학생들이 흥미를 더 느끼고, 과학 개념 형성에도 도움을 줄 수 있을 거라는 믿음 때문일 것이다(김세영, 2003; 하민수와 차희영, 2006). 초등학교 교과서뿐만 아니라 중등이나 대학 과학 교재 또한 정도의 차이는 있지만 그림, 도표 및 설명 모형을 많이 사용한다. 이는 그림이나 모형 등이 글로만 쓰인 설명보다 과학 개념의 이해를 도울 때가

이 논문은 2011년도 공주교육대학교 교수학술연구비 지원에 의한 것임.

2013.5.13(접수), 2013.5.22(1심통과), 2013.5.24(2심통과), 2013.5.29(최종통과)

E-mail: hjkim@gju.ac.kr(김한제)

많고, 눈으로 직접 관찰이 불가능한 원자나 분자의 세계를 그림으로 나타냄으로서 보이지 않는 미시 세계에 더 가깝게 접근할 수 있도록 허용하기 때문이다(김미영과 김희백, 2009; 박종석과 정경민, 2010; Harrison & Treagust, 1996). 이처럼 과학 교재를 구성할 때 이해를 도울 수 있는 적절한 그림 및 설명 모형 등의 삽입은 중요하다. 따라서 어려운 과학 개념에 대해 이해를 도울 수 있는 그림 및 설명 모형 등을 고안하고 도입하는 일은 과학교육에서 매우 중요하게 다루어지고 있는 사안이다(Boulter & Buckley, 2000; Grosslight *et al.*, 1991).

‘어는점 내림 현상’은 우리 생활에서 쉽게 찾아볼 수 있으며, 다양한 자연현상과 관계가 있다. 추운 겨울날 영하의 온도에서도 바닷물이 잘 얼지 않는다거나, 도로가 빙판이 되는 것을 막기 위해 염화칼슘을 뿌려준다거나, 한 여름에도 얼음과 소금을 이용하면 냉장고의 도움 없이 아이스크림을 만들 수 있는 것 등은 모두 휘발하지 않는 용질이 물에 녹았을 때 나타나는 어는점 내림 현상과 관계가 있다.

자연현상에는 관찰의 단순성과는 달리 숨어 있는 전체 과학적 내용을 파악하기가 쉽지 않은 경우가 많다(Gilbert, 2004). 빙판길에 염화칼슘을 뿌렸을 때 나타나는 현상은 간단한 실험활동을 통해 쉽게 재현 및 관찰이 가능하겠지만, 왜 이러한 현상이 일어나는지에 대해 제대로 이해하려면 소금입자의 역할, 열에너지의 흐름, 단열 등에 대해 잘 이해하고, 이러한 과학적 요소들이 어떻게 맞물려 있는지 고찰해 보아야 한다. 단편적인 자연현상의 내부에는 꼬리를 무는 과학 요소들의 인과 관계가 담겨져 있기 때문이다.

초등학교 과학교과서는 어는점 내림에 대해 직접 다루고 있지 않으나, 4학년 ‘물과 얼음’ 단원에서 얼음과 소금을 이용하면 영하의 온도를 만들 수 있고, 이를 이용하여 순수한 물을 얼릴 수 있음을 알려주고 있다(교육과학기술부, 2011a: p. 135). 지도서에서는 ‘물이 얼 때의 무게와 부피의 변화 관찰하기’ 실험을 설명하면서, ‘소금은 굵은 소금을 사용하고 얼음과 소금의 비율을 3:1정도로 하면 빨리 얼릴 수 있다.’고 설명한다(교육과학기술부, 2011b: p. 312). 그리고 같은 지도서 자료실(p. 315)에서는 냉각제의 조성, 어는점 내림과 과냉각 등에 대한 간단한 설명을 제시하고 있다. 그러나 더 근본적인

물음으로서, 왜 이러한 현상이 일어나는지에 대한 답변은 제시되어 있지 않다. 즉, 초등교사가 어는점 내림 현상이 왜 일어나는지에 대한 이해를 용이하게 할 수 있는 설명이나, 혹시 있을 수 있는 학생들의 질문에 대한 답변을 하고자 할 때 활용할 수 있는 자료가 현재 지도서에는 제시되어 있지 않다.

어는점 내림 현상을 포함하는 총괄성에 관한 내용은 고등학교 화학 II 교과서에서 자세히 다루고 있다(서정쌍 등, 2008). 흥미로운 점은 증기압 내림, 끓는점 오름 그리고 삼투압은 화학 II 교과서에서 그림이나 도표 등을 이용하여 잘 설명하고 있으나, ‘어는점 내림’에 대해서는 주위에서 관찰되는 유형이 다양함에도 불구하고 이해를 돕는 설명 모형 등은 부족하며(하성자 등, 2005), 어는점 내림 현상에 관한 개선된 설명 모형을 제시하는 논문이나 문헌은 찾아보기 힘들다.

이에 본 연구에서는 어는점 내림 현상에 대한 초등 예비교사들의 인식을 조사하고, 이를 통해 교육적 시사점 등을 얻고자 하였다. ‘어는점 내림’에 대한 초등 예비교사들의 인식을 조사하는 것은 몇 가지 점에서 중요한 의미를 지닐 수 있다. 첫째는 중요성에도 불구하고 국내외적으로 아직까지 이러한 관점에서 연구를 계획하고 실행한 연구 문헌을 거의 찾아볼 수 없으며, 둘째는 예비교사들이 가지고 있는 ‘어는점 내림’에 대한 이해 정도와 오개념 등을 파악할 수 있으므로 분석한 내용을 예비 교사교육 및 현장 교사교육 등에 다양하게 활용할 수 있을 것이다. 셋째는 이 연구 결과를 통해 교사뿐 아니라 초등학생들이 이해하기 쉬운 ‘어는점 내림’에 대한 시각적 자료, 즉 그림 설명 모형 등을 개발해 볼 수 있다는 점이다. 설명 모형이 개발된다면 초등학생에게 ‘어는점 내림’에 대한 이해를 증진시킬 수 있으며, 나아가서는 중등 영역에도 영향을 줄 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 고등학교에서 화학 II를 이수하여 상대적으로 ‘어는점 내림’에 대한 이해도가 높을 것으로 예상되는 초등 예비교사들을 대상으로 ‘어는점 내림’에 대한 인식을 설문지를 통해 조사·분석하였다. 그리고 설문지 결과를 고려하여 초등예비교사들의 어는점 내림 현상에 대한 이해를 도울 수 있을 것으로 기대되는 설명 모형을 제안하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

충청지역 소재 교육대학교 재학생 중, 2010년 2학기 ‘자연과학의 이해-화학’ 강좌 또는 ‘화학의 세계’ 강좌를 수강하는 200여명의 학생들 중 고등학교 화학 II 과목을 이수한 19명을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 대상 예비교사들을 선정할 이유는 ‘총괄성’ 및 ‘어느점 내림’에 대해서 화학 II 과목에서 비교적 상세하게 다루며, 동 과목을 이수한 예비교사들의 ‘어느점 내림’에 대한 이해도가 다른 이들에 비해 높을 것이라 예상했기 때문이다(서정쌍 등, 2008). 19명 중 불성실한 답변을 제외한 18명 대상자의 구성은 다음 표 1과 같다.

2. 검사 도구

이 연구에 사용된 설문지의 각 문항은 고등학교 화학 II(서정쌍 등, 2008)에서 다루고 있는 ‘총괄성’과 ‘어느점 내림’에 대한 내용 등을 토대로 예비교사들이 가지고 있는 어느점 내림과 관련된 과학지식 및 개념 등을 파악할 수 있도록 구성하였다. 화학 내용학 전문가 1인이 각 문항의 초안을 잡은 후, 과학교육 전문가 2인과 함께 각 문항의 적절성과 타당성을 검토한 후 수정·보완하는 과정을 거침으로써 각 문항의 내용타당도를 확보하기 위해 노력하였다.

설문지는 크게 2개의 영역 즉, 학생들의 배경을 알아보기 위한 문항과 어느점 내림과 관련이 있는 4개의 문항으로 이루어져 있는데, 모두 서술형 답안을 요구하는 문항으로 구성된 이유는 예비교사들의 생각을 여과 없이 알아보기 위해서였다(박승재와 조희형, 1998). 또한 어느점 내림 현상과 관련된 자연현상은 일상생활에서 다양한 형태로 접하게 되는데, 이러한 점을 감안하여 설문지가 어느점

표 1. 연구 참여 예비교사들의 배경 분포(n=18)

구분	인원수(%)
성별	남 9(50.0)
	여 9(50.0)
고등학교 학문영역	이과 18(100.0)
고등학교 화학 이수과목	화학 I, II 18(100.0)

내림과 관련된 다양한 형태의 현상을 담을 수 있도록 하였다(구체적인 설문 문항은 부록 1 참조).

각 문항에 대해 좀 더 구체적으로 설명하면, 1번 문항은 염화칼슘을 뿌리면 빙판이 녹는데, 이때 나타나는 현상을 순차적으로 기술할 수 있는지 그리고 이때 나타나는 열에너지의 흐름에 대해 제대로 파악하고 있는지 알아보기 위한 것이었다. 2번 문항은 소금과 얼음을 사용하여 아이스크림을 만드는 방법과 이때 단열이 왜 필요하고, 열에너지의 흐름이 어떻게 되는지에 대해 예비교사들이 이해하고 있는지 알아보기 위한 것이었다. 3번 문항은 어느점 내림을 이해하기 위해서는 ‘소금물에서 얻어지는 얼음에는 염분이 포함되지 않는다.’는 과학적 사실을 인지하는 것이 중요한데, 이러한 사실에 대해 제대로 알고 있는지를 알아보기 위한 것이었다. 4번 문항은 총괄성의 네 가지 예, 즉 끓는점 오름, 증기압 내림, 어느점 내림 및 삼투압 현상을 설명한 그림과 그래프를 제시한 후, 가지고 있는 모든 지식을 토대로 어느점 내림 현상에 대해 설명할 수 있는 간단한 설명 모형을 제시할 수 있는지 알아보기 위한 것이었다.

3. 자료 분석

설문지를 통해 수집된 자료는 주요 과학 용어의 사용 및 설명 방식에 근거해서 그 유형을 범주화하였으며, 범주화의 유형은 비슷한 형식을 가진 논문(김한제 등 2011; 정대균 등, 2007; 최행숙 등, 2001)을 참고·보완하여 정하였다. 표 2는 각 문항별 개략적인 범주화 결과 및 분류 기준 등을 보여주고 있다.

이렇게 범주화된 예비교사들의 응답은 각 범주별로 유형별 특징과 빈도수를 중심으로 그 내용을 분석하였다. 각 응답이 어느 범주에 해당되며, 그

표 2. 각 문항에 대한 범주화 결과표

유형별 분류	분류 기준
과학적 개념	과학적인 용어로 적절하게 설명하고 있을 때
준 과학적 개념	적절한 과학적 용어를 사용하나 설명이 모호할 때, 혹은 과학적으로 받아들일 수 있으나 용어의 쓰임과 진술에 다소 모호한 점이 있을 때
오개념	설명은 하나 과학적으로 수용할 수 없을 때
무이해	‘모른다’고 응답했거나 무응답했을 때

특징은 무엇인지에 대한 분석은 예비교사들의 응답에서 사용된 용어와 설명 방식을 감안하여 화학 내용학 전문가 1인이 1차 분석을 한 후, 이 결과를 과학교육 전문가 2인과 함께 검토하여 3인이 모두 합의한 분류를 채택하는 과정을 거쳐 이루어졌다.

III. 결과 및 논의

1. ‘어는점 내림’ 및 관련된 현상에 대한 설문 분석 결과

1) 설문지 1번 문항, 염화칼슘을 얼음위에 뿌렸을 때 나타나는 현상에 대한 응답 분류

일반적으로 얼음의 상태 변화는 주변온도에 의해 결정된다. 즉, 주위의 온도가 어는점 이상으로 올라가면 주위의 열에너지를 흡수하여 표면부터 액화되면서 물이 된다. 염화칼슘을 빙판에 뿌리면 빙판은 영하의 날씨임에도 녹게 되는데, 이때 녹는 현상을 주도하는 것은 주변의 온도가 아니라 염화칼슘 자체이다. 염화칼슘은 주위의 수분을 흡수하여 스스로를 녹이면서 묽은 용액이 되려는 성질인 조해성을 가지고 있다. 따라서 염화칼슘을 얼음에 뿌리면 얼음이 녹게 되고, 이 과정에서 열에너지가 주위로부터 흡수된다. 이와 같은 과정에 대해서 고등학교 화학 II를 이수한 초등예비교사들이 어떠한 생각을 가지고 있는지 알아보고자 설문지 1번 문항의 응답을 분류해 보았다.

먼저 1번 문항에 대해 염화칼슘이 얼음을 녹인 것과 주위 환경과 열에너지의 흐름을 제대로 기술한 경우를 ‘과학적 개념’으로 분류하려 하였다. 그리고 열에너지의 흐름을 잘못 이해하고 있거나, 진술을 이해하기 힘든 경우는 ‘오개념’으로 분류하였다. 한편, 적절한 과학적 용어를 사용하나 설명이 모호한 경우, 혹은 과학적으로 받아들일 수 있으나 용어의 쓰임과 진술에 다소 모호한 점이 있는 경우는 ‘준 과학적 개념’으로 분류하였다. 다음에 보여주는 표 3은 1번 문항에 대한 응답의 유형별 분류, 응답자 수, 비율 및 응답의 예를 나타내고 있다.

표 3에서 알 수 있듯이 1번 문항에 대해 분명하게 응답을 한 예비교사는 전체 대상 18명중 14명(77.8%)으로 나타났으며, ‘무이해’로 분류된 예비교사는 4명(22.2%)이었다. 1번 문항에 대해 분류 기준에 부합하는 ‘과학적 개념’을 가진 예비교사는 없

는 것으로 나타났다. ‘준 과학적 개념’을 가지고 있는 예비교사는 6명(33.3%)으로 파악되었는데, 이들은 나타나는 현상을 순차적으로 잘 기술하였으나, 에너지의 흐름에 대해서 언급하지 않았거나, 에너지의 흐름에 대해 언급하였으나 나타나는 현상을 원인과 결과 순으로 기술하지 못 하였고, 다소 모호한 진술을 한 경우이다. 오개념을 가진 예비교사는 8명(44.4%)으로 나타났는데, 이들은 과학적으로 받아들일 수 없는 진술을 하였다. 흥미로운 점은 오개념을 가진 예비교사 8명중 무려 6명이 열에너지의 흐름에 대해서 잘 못 파악하고 있다는 것인데, 이들은 어떤 과정을 거치든지 주위의 온도가 얼음의 녹는점(0℃) 이상으로 올라가서 얼음을 녹인다고 생각하였다. 이러한 결과는 예비교사들이 얼음에 염화칼슘이 뿌려졌을 때 나타나는 상황 및 주위 환경과의 에너지 흐름 그리고 상태 변화 시에 나타나는 에너지 변화 등에 대한 이해가 상당히 부족함을 보여주고 있다.

2) 설문지 2번 문항, 소금과 얼음을 이용한 ‘아이스크림 만들기’에 대한 응답의 분류

한 여름에도 얼음과 소금만 있으면 어는점이 얼음보다 더 낮은 아이스크림 원액을 얼려 아이스크림을 만드는 것이 가능하다. 이 과정에서 단열은 아주 중요한 역할을 한다. 얼음에 소금을 뿌리면, 얼음이 소금의 영향으로 녹게 되면서 주위의 열에너지를 흡수한다. 이때 만약 단열이 이루어지지 않는다면 주위에서 열에너지를 빠르게 흡수하면서 얼음만 녹이고 말 것이다. 그러나 단열된 상태에서는 내부의 에너지만을 쓸 수 있기 때문에 내부의 온도가 급격하게 내려가는 것이다. 참고로 초등학교 4학년 2학기 교과서 ‘내가 만든 보온병’ 단원(p.102)에서 단열에 대해 설명하고 있다.

‘문항 2’는 예비교사들이 얼음과 소금으로 더 낮은 온도를 만들 수 있다는 사실과 열에너지의 흐름을 제대로 파악하고 있는지 조사하기 위한 문항이다. 따라서 얼음과 소금을 이용하면 0℃보다 더 낮은 온도를 만들 수 있다는 사실에 대해 알고 있고, 에너지의 흐름에 대해 제대로 파악한 경우에는 ‘과학적 개념’으로 분류하였고, 과학적으로 받아들일 수 없는 설명을 하고 있을 때는 ‘오개념’으로, 에너지에 대한 언급 없이 단순 사실만을 기술하였을 때는 ‘준 과학적 개념’으로 분류하였다.

표 3. 설문지 1번 문항에 대한 응답의 유형별 분류 및 응답의 예

유형별 분류	응답의 예 (부분발췌)
과학적 개념 (0, 0.0%)	“... 얼음 표면에 염화칼슘 알갱이가 붙는다... 염화칼슘 알갱이가 얼음의 사이사이에 끼어든다... 얼음의 분자 간 평균 인력이 작아진다... 얼음이 녹는다.” “... 얼음 표면에 염화칼슘 알갱이가 붙는다... 염화칼슘 알갱이가 얼음 표면의 물에 녹는다... 물분자끼리의 결합을 염화칼슘 알갱이가 방해한다... 얼음 전체가 서서히 녹는다.” “... 얼음 표면에 염화칼슘 알갱이가 붙는다... 주위의 얼을 흡수한다... 얼음 분자가 녹는다.” “... 염화칼슘 알갱이가 녹으면서 주변의 온도는 낮아지고, 염화칼슘 내부의 에너지는 높아진다... 높아진 에너지에 의해 표면의 얼음이 녹는다... ” “... 얼음과 염화칼슘 알갱이가 붙는다... 염화칼슘 알갱이가 얼음이 어는 것을 방해한다... 방해하지만 주위 온도가 더 낮아지면 결국 얼음은 언다.” “... 따라서 얼음 분자에 CaCl ₂ 알갱이가 붙으면 어는점이 낮아지기 때문에... 주위가 영하권이어도 CaCl ₂ 알갱이가 붙은 얼음분자의 어는점보다 어는점이 높아... 얼음 분자가 녹게 된다.”
준 과학적 개념 (6, 33.3%)*	“... 염화칼슘 알갱이가 얼음의 어는점을 내린다... 온도가 내려가게 된다... <u>주위에 온도가 높아진다</u> ... 도로에 언 얼음이 녹기 시작한다.” “... 염화칼슘 알갱이가 물과 결합하여 Ca ²⁺ + 2Cl ⁻ 로 분해된다... 분해되면서 <u>분해열이 발생하여</u> 얼음을 녹여 물을 발생하고...” “... 염화칼슘 알갱이가 물에 녹으면서 <u>열을 방출하며</u> , 칼슘이온과 염화이온으로 나뉘인다... 이런 이온들이 극성을 띤 물 분자와 인력이 형성된다...” “... 그럼 염화칼슘의 물농도가 증가하므로 염화칼슘 수용액의 어는점이 낮아져서 얼지 않고 녹는다... <u>녹으면서 발열반응이 일어나 온도가 올라간다</u> ...” “... 염화칼슘 알갱이가 녹는다. (고체→액체상태)... <u>녹을 때 발열반응이 일어난다</u> ... 발열반응으로 인해 주변 온도가 올라간다... 온도가 올라가 얼음분자가 녹는다...” “... 얼음 표면에 염화칼슘 알갱이가 붙는다... Ca ²⁺ , Cl ⁻ 와 H ⁺ , OH ⁻ 가 결합한다... <u>온도가 올라간다</u> ... 얼음분자가 CaCl ₂ 와 섞여 녹는다...” “... 염화칼슘 알갱이가 주변 수증기 or 얼지 않은 수분에 의하여 이온화 된다... 물에 녹게 되면서 <u>염화칼슘이 이온화되는 과정에 남은 엔탈피를 열의 형태로 발열시킨다</u> ... 주위의 온도가 올라가게 되어 주변 얼음들이 녹게 된다...” “... 얼음 표면에 붙은 염화칼슘 알갱이를 떼어 내기 위해 E가 사용된다. ... 얼음이 얼 때 사용된 E가 (수소결합에 쓰인 E) 물이 되면서 E를 다시 내보낸다...”
오개념 (8, 44.4%)	“... 염화칼슘 알갱이가 주위 수증기 or 얼지 않은 수분에 의하여 이온화 된다... 물에 녹게 되면서 <u>염화칼슘이 이온화되는 과정에 남은 엔탈피를 열의 형태로 발열시킨다</u> ... 주위의 온도가 올라가게 되어 주변 얼음들이 녹게 된다...” “... 얼음 표면에 붙은 염화칼슘 알갱이를 떼어 내기 위해 E가 사용된다. ... 얼음이 얼 때 사용된 E가 (수소결합에 쓰인 E) 물이 되면서 E를 다시 내보낸다...”
무이해 (4, 22.2%)	

* (응답자 수, 응답자 비율)

표 4에서 알 수 있듯이 2번 문항에 대해 분명하게 응답을 한 예비교사는 13명으로 나타났으며, ‘무이해’로 분류된 예비교사는 5명(27.8%)이었다. 3명(16.7%)의 예비교사가 ‘과학적 개념’을 가지고 있는 것으로 나타났는데, 이들은 온도를 내리는 방법과 단열이라는 표현(그림 포함) 등을 써서 에너지의 흐름에 대하여 제대로 기술하였다. 8명(44.4%)의 예비교사는 ‘준 과학적 개념’을 가지고 있는 것으로 파악되었는데, 이들은 대부분 얼음과 소금을 이용하여 0℃보다 낮은 온도를 만들 수 있다는 사실을 인지하고 있었으나, 에너지의 흐름 등에 대해서는 언급하지 않았고, 또는 다소 모호한 진술을 한 경우도 있었다. ‘오개념’을 가진 2명(11.1%)의 예비교사는 이해하기 힘든 진술을 하였다.

3) 설문지 3번 문항, ‘얼음의 순도’에 대한 응답의 분류

소금물이 얼어 얼음이 생성될 때, 이 얼음은 소금 성분을 포함하고 있지 않다. ‘어는점 내림’을 제대로 이해하기 위해서는 이러한 사실에 대해 인지해야만 한다. 따라서 3번 문항은 ‘어는점 내림’을 이해하기 위해 선행되어서 알아야 할 조건을 묻는 문제라 할 수 있다. 질문은 소금물을 얼렸을 때 생성되는 얼음이 소금을 포함하고 있는지/또는 없는지 직접적으로 묻고 있으며, 4개의 답안을 제시하여 예비교사들이 고르게 하고, 고른 이유를 설명하도록 하였다(부록 1 참조).

응답지 분류 과정을 보면, 처음 설문지를 구성하면서 네 개의 선택항목 중 d)항목을 정답으로 하였

표 4. 설문지 2번 문항에 대한 응답의 유형별 분류 및 선택된 응답의 예

유형별 분류	응답의 예 (부분발췌)
과학적 개념 (3, 16.7%)*	“... 단열 재질 통에 얼음을 넣고 소금을 뿌린다. 얼음 소금이 녹으면서 주변 온도는 낮아지게 된다. 원액을 빠르게 저어주면 얼기 시작. 아이스크림 완성...” “... 소금과 얼음을 넣으면 순간적으로 녹으면서... 따라서 소금과 얼음이 만나면 0도시 보다 낮은 어는 점을 가지게 되는데 ... 원액이 얼게 된다.” “... 얼음에 소금을 뿌려 어는점을 낮추면서 얼을 흡수한다. 이 원리로 아이스크림(액체) 원액을 아이스크림(고체)으로...”
준 과학적 개념 (8, 44.4%)	“... 소금을 얼음에 뿌려주면 얼음의 온도가 더 내려간다. ... 온도가 내려가서 아이스크림 원액을 얼릴 수 있는 조건...” “... TV 스타킹에서 봤음. 아이스크림 원액 넣고 바깥쪽에 얼음과 소금 넣고 흔들어주면... 얼을 흡수하면서 외부의 온도가 급격히 내려가... 아이스크림으로 변함.” “... 물은 0도에서 얼지만 소금물은 0도 이하에서 언다. 그래서... 아이스크림 원액을 얼린다.” “... 아이스크림 원액은 0도보다 낮은 온도에서 언다. 얼음에 소금을 뿌리면 얼음이 0도보다 낮은 온도... 이용해 아이스크림 원액을 아이스크림으로 만들 수 있다.” “... 아이스크림의 어는점은 순수한 물이 아니므로... 원액을 얼리려면... 얼음 안에 소금을 넣어 녹는점이 낮은 얼음을 두어 원액을 얼림.” “... (그림: 주스, 얼음, 소금물)을 위치시키고, 뚜껑 닫고 흔들면 주스가 사베트가 됩니다.” “... 아이스크림 원액은 혼합물이기 때문에 어는점이 낮다. 소금 +얼음이 어는점을 낮추어 아이스크림 원액이 얼게 된다.”
오개념 (2, 11.1%)	“... 얼음 표면에 붙은 소금결정을 떼어내기 위해, (얼음은 순수한 H ₂ O로만 구성되어야 하므로) E를 사용해야 한다. 이때 E는 H ₂ O와 H ₂ O를 결합할 때 쓰였던 결합에너지를 사용하여 얼음은 물이 되고, E를 사용하였으므로 온도가 내려가게 된다.” “... 우리가 먹을 때 아이스크림은 시간이 지나면 녹게 된다. 그런데, 소금을 뿌리게 되면, 소금분자가 아이스크림에 있는 수분(얼음)이 액체(물)로 되는 것을 방해한다. 소금이 막고 있기 때문이다.”
무이해 (5, 27.8%)	

* (응답자 수, 응답자 비율)

으나, 설문지 응답을 분석하면서, b) 및 b)와 d)를 선택한 예비교사들이 있다는 것을 알게 되었고, 정답 b)와 d)는 유사성이 있으므로, 타당한 설명을 한 경우에는 이들을 ‘과학적 개념’을 가지고 있는 것으로 간주하였다. 또한 설명이 부적절한 경우는 ‘오개념’, 다소 설명이 모호한 경우는 ‘준 과학적 개념’으로 분류하였다.

다음 보여주는 표 5는 설문지 3번 문항에 대한 선택 응답 및 선택에 대한 설명의 유형별 분류, 응답자 수, 비율 및 설명의 예를 나타내고 있다.

표 5와 같이, 전체 예비교사 18명이 모두 3번 문항에 응답하였으며, 이 중 10명(55.6%)은 ‘과학적 개념’을 가지고 있는 것으로, 3명(16.7%)은 ‘준 과학적 개념’을, 그리고 5명(27.8%)은 ‘오개념’을 가지고 있는 것으로 나타났다. ‘과학적 개념’을 가진 예비교사들은 ‘소금물은 소금과 물이 분리되어 얼기 시작한다.’, ‘얼음은 얼 때 NaCl을 포함하지 않는다.’ 그리고 ‘6각형의 물 분자 구조엔 소금 입자가 끼어들 틈이 없다.’는 등의 진술을 통해 소금물로부터

터 얻어진 얼음에는 소금이 포함되어 있지 않음을 밝혔다. ‘준 과학적 개념’으로 분류된 예비교사들은 사실을 추측하거나, 단순 예만 들거나 설명이 다소 모호한 경우였다. ‘오개념’을 가진 예비교사들은 ‘얼음이 되면 부피가 늘어나서’라는 등의 응답을 하였다. 흥미로운 점은 응답 ‘c)’를 선택한 예비교사는 한 명도 없었으며, ‘a)’를 선택한 예비교사는 한 명이었는데, ‘소금과 물 분자들이 같이 규칙적으로 배열되기 어려워서... 소금과 물의 비율과 같게 얼게 되므로 염도는 같다.’고 진술하여 ‘오개념’으로 분류되었다.

결과적으로 고등학교에서 화학 II를 이수한 예비교사들의 상당수(10명, 55.6%)가 소금물에서 얻어지는 얼음에는 소금성분이 적거나 거의 없다고 제대로 진술하고 있음을 알 수 있다.

4) 설문지 4번 문항, ‘어는점 내림’에 대한 그림 설명의 범주화 및 응답 분류

설문지 4번 문항의 질문을 간단히 요약하면, “어

표 5. 설문지 3번 문항에 대한 응답의 유형별 분류 및 설명의 예

유형별 분류	선택	설명 예 (부분 발췌)
과학적 개념 (10, 55.6%)*	b, d	“... 얼음이 될 때... 얼음의 염도는 거의 0에 가까워지고, 용매인 물이 줄었으므로 소금물의 농도는 올라갔다.”
	b	“... 얼음이 얼기 시작하면서 소금물은 <u>소금과 물이 분리되어 얼기 시작한다</u> . 소금은 얼지 않고 물만 얼게 되어서...”
	d	“... 얼음은 얼 때 <u>NaCl을 포함하지 않는다</u> .”
	b, d	“... 건진 얼음은 소금이 언 것이 아니라 물이 언 것이다.”
	d	“... 얼음이 얼 때... 물끼리 뭉쳐서 얼음이 만들어지기 때문이다.”
	d	“... 소금이 섞인 물이 어는 것이 아니라 순 물만 먼저 얼기 때문이다. ... <u>극지방의 얼음</u> 의 염도는 거의 0에 가깝다.”
	d	“... 6각형의 물 분자 구조엔 소금 입자가 끼어들 틈이 없다. 그러므로 얼음의 염도는 0에 가깝고...”
	b	“... 얼음이 얼 때는 주변 소금을 배제하고 순수한 H ₂ O끼리 결합한다.”
	d	“... 얼음이라는 것은 물 분자끼리의 결합으로 생성되는 고체이다. ... 물과 소금이 분리되어서 얼게 된다.”
	d	“... 물질은 얼 때 같은 분자끼리 뭉치려 한다. ... 처음에 얼 때는 순수한 물만...”
준 과학적 개념 (3, 16.7%)	b	“... 소금물에서 건진 얼음은 소금이 포함되지 않은 물만 언 얼음일 것 같다.”
	d	“... 북극해의 얼음은 담수...”
	b	“... 소금물을 얼릴 때 순수한 물이 먼저 표층에서 얼게 된다. ... 소금물의 농도는 진해지고 다시 어는점이 내려간다. 그래서 더 낮은 온도일 때 나머지 소금(물)은 얼게 된다.”
오개념 (5, 27.8%)	b	“... 높은 곳에서 먼저 얼음이 생성되기 때문에 소금물의 염도가 얼음의 염도보다 낮다.”
	b	“... <u>얼음이 되면 부피가 늘어나서</u> ...”
	a	“... 소금물이 얼면서 녹는점이 낮아지는 것이 소금과 물 분자들이 같이 규칙적으로 배열되기 어려워서 인 것으로 생각... 소금과 물의 비율과 같게 얼게 되므로 염도는 같다.”
	b	“... 얼음이 얼게 되면서 부피가 증가하는데, 단위 부피 당 소금의 농도가 줄어들게 되므로 ... 염분이 낮게 된다.”
	b	“... 물이 얼음이 되면 부피가 커지기 때문에 Na ⁺ 와 Cl ⁻ 가 소금물 상태일 때보다 더 띄엄띄엄 존재할 것 같다.”

* (응답자 수, 응답자 비율)

는점 내림에 대해 그림 등을 이용하여 어떻게 잘 설명할 수 있겠는가?”이다. 앞에서 밝혔듯이 좋은 그림 및 설명 도구는 때로 과학의 원리를 잘 설명할 수 있을 뿐더러 초등학생과 같은 어린이에게도 쉽게 접근이 가능한 면이 있다. 문항 4의 경우, 그림을 포함하여 제대로 설명하고 있는 경우는 ‘과학적 개념’으로, 그림이나 설명 등이 과학적으로 받아들여질 수 없는 경우는 ‘오개념’으로 분류하였고, 그림이나 설명이 다소 모호한 경우에 ‘준 과학적 개념’으로 분류하였다. 그림을 그리지 않은 경우도 있었는데, 설명을 통해 그림 등을 묘사한 경우에는 위 기준에 근거하여 분류하였다.

표 6과 같이, ‘문항 4’에 대해 분명하게 응답을 한 예비교사는 전체 18명 중 12명(66.7%)이었으며, ‘무이해’로 분류된 예비교사는 6명(33.3%)이었다. 12명의 예비교사 중 ‘그림을 포함하여 설명’한 예비교사는 10명이었으며, 그림 없이 ‘단순 설명’한 예비교사는 2명이었다. 3명(16.7%)의 예비교사가 ‘과학적 개념’을 가지고 있는 것으로 분류되었으며, 이들은 그림과 함께, ‘6각형 구조의 결합’, ‘물 분자가 서로 끌어 다니려는 인력을 방해’, ‘이온 입자들이 액체간의 결합을 방해’, ‘용질입자를 빼고 뭉쳐야 하므로’ 등의 진술을 하였다. 다음 그림 1은 예비교사들이 응답지에 작성한 그림 모형의 예로, 이

표 6. 설문지 4번 문항, ‘어는점 내림’에 대한 설명 모형의 유형별 분류 및 응답의 예

유형별 분류	응답의 예 (부분발췌)
과학적 개념 (3, 16.7%)*	“... 물이... 인력에 의해서 6각형 구조의 결합이 이루어져야 한다. ... 용질이 들어오게 되면, 물 분자가 서로 끌어 다니려는 인력을 방해하게 된다.” “... 이온 입자들이 액체간의 결합을 방해하게 되면서 단단하게 결합되어 있는 형태인 얼음이 되기가 어려워지면서 나타내는 성질...” “... 용액 상태에서 용질입자를 빼고 몽쳐야 하므로... 얼기 위한 용액의 온도가 더 내려가야...”
준 과학적 개념 (4, 22.2%)	“... 고체 결정(그림), (소금 입자의 방해로) 결정 상태를 이루기 어려움 ... ” “... 순물질끼리 더 친해서 서로 엉기려고 하는... 다른 물질이 들어와서 이들이 붙는 것을 방해하는...” (그림을 그리지 않음) “... 물 분자 사이에는 일정크기의 힘이 있음... 다른 물질이 방해... 이 크기가 될 때까지 더 얼려줘야...” “... 0도 이하가 되면 윗부분부터 얼기 시작한다. 소금을 넣게 되면, 소금분자 때문에 물 분자가 얼음이 되는 것을 막는다.”
오개념 (5, 27.8%)	“... 순수한 물이 얼음이 될 때 생성하는 수소결합수로 맞추려면 더 낮은 온도가 되어야 한다.” “... 입자들이 물 분자의 인력 감소...” “... 불규칙한 용액을 규칙적으로 얼리기 어려움... 결합을 끊기 어려움...” “H ₂ O와 NaCl이 결합하는 경우 Na ⁺ 와 Cl ⁻ 가 사이에 끼어 있어 더 낮은 온도에서...” “... 얼음이 되기 위해서 E가 필요하기 때문에, 전체 E를 사용해서 얼음이 된다. 그 이후 전체 E가 감소하기 때문에 어는점의 온도가 내려가게...” “... 고체결정, 결정 상태를 이루기 어려움...” (그림을 그리지 않음)
무이해 (6, 33.3%)	

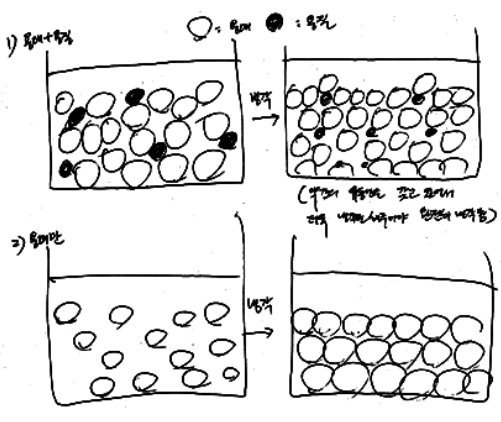
* (응답자 수, 응답자 비율)

2명의 예비교사는 ‘과학적 개념’을 가지고 있는 것으로 분류되었으며, 설명과 함께 비교적 뚜렷하게 그림으로 나타내었다.

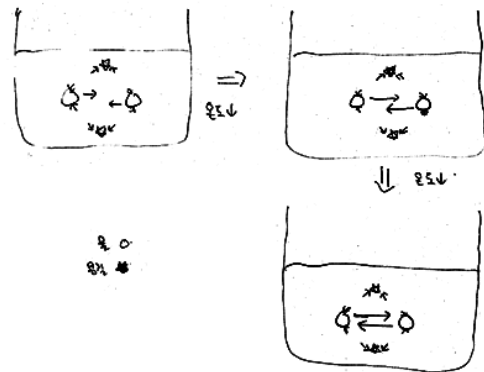
5명(27.8%)의 예비교사가 오개념을 가지고 있는 것으로 나타났는데, 이들은 ‘생성하는 수소결합수로 맞추려면 더 낮은 온도가 되어야’, ‘불규칙한 용액을 규칙적으로 얼리기 어려움’, ‘H₂O와 NaCl이 결합하는 경우 Na⁺와 Cl⁻가 사이에 끼어 있어 더 낮

은 온도에서’ 등의 이해하기 어려운 진술을 하였으며, 또한 그려 넣은 그림과 설명이 부합되지 않는 경우가 많았다. 4명(22.2%)의 예비교사는 ‘준 과학적 개념’을 가지고 있는 것으로 분류되었는데, 그림 및 설명이 다소 모호한 점을 담고 있었다.

문항 4에서 나타난 결과로 볼 때, 고등학교에서 화학 II를 이수한 예비교사들이 ‘어는점 내림’ 현상에 대하여 적절한 설명 모형을 도입하고, 그것을



학생그림 1



학생그림 2

그림 1. ‘문항 4’의 응답에 포함된 그림의 예

통해 다른 이들을 이해시키기가 쉽지 않음을 보여 주고 있다.

5) 설문지 전체 문항에 대한 응답 분포

마지막으로 이 연구에 참가한 예비교사 18명의 설문지 총 4개 문항에 대한 전체적인 응답 분포 분석 결과는 표 7과 같다. 이러한 응답 분포 조사는 각 예비교사가 설문지 전체 문항에 대해 어떻게 응답했는지 쉽게 알려주며, 다른 결과에서는 보지 못했던 새로운 사실의 도출 가능성에 근거한 것이다.

표 7에 나타나 있듯이, 3개 이상의 문항에 대해 ‘과학적 개념’을 가지고 있는 예비교사는 한 명도 없었다. 3명(10, 13, 15번)의 예비교사(16.7%)는 4개 문항 중 각각 2개의 문항에 대해 ‘과학적 개념’을 가지고 있는 것으로 나타났으며, 이는 다른 예비교사들에 비해 상대적으로 ‘어는점 내림’에 대한 이해가 뛰어나다고 볼 수 있다. 1명의 예비교사(7번, 5.6%)는 ‘문항 3’에 대해서는 ‘오개념’을 가진 것으로 분류되었고, 다른 3개 문항에 대해서 ‘무이해’로 분류되었으므로, 화학 II를 이수하였음에도 전반적으로 ‘어는점 내림’에 대한 이해가 매우 부족하다고 볼 수 있다. 그 외 14명 예비교사(77.8%)의 응답은 앞에서 밝힌 두 가지 유형 사이에서 전반적으로 혼재된 응답 형태를 보이고 있다.

설문지의 각 문항은 각각 상황은 다르지만 모두 ‘어는점 내림’ 현상과 관련이 있다. 예비교사들의 응답이 전체적으로 일관적이지 않고 혼재된 모습을 보이고 있다는 것은 현실 생활에서 나타나는 ‘어는점 내림’ 현상이 다양하고, 어는점 내림에 대한 이해가 전반적으로 부족한 것과 그 맥을 같이 하고 있다. 따라서 결론적으로 ‘어는점 내림’에 대

한 예비교사들의 이해도는 상당히 부족해 보이며, 어는점 내림을 이해하기 위해 인지해야 할 기초지식인 단열 및 열에너지의 흐름 등에 대해서도 이해도가 부족함을 보여주고 있다.

는 본 연구의 전체 대상 예비교사가 이과이며, 고등학교 화학 II를 이수하였고, 교육대학교 학생들의 높은 학업 능력을 감안할 때, 문과출신 예비교사나 화학 교과목을 이수하지 않은 예비교사의 경우 ‘어는점 내림’에 대한 이해가 훨씬 더 부족할 수 있다는 예상을 가능하게 한다.

2. 초등예비교사의 인식을 고려한 ‘어는점 내림’ 설명 모형 제안

앞서 논의한 예비교사들의 인식에서 나타나는 어려움을 극복하기 위한 한 방안으로 예비교사들의 이해를 도울 수 있을 것으로 기대되는 시각적 설명 모형을 제안하고자 한다. 설명모형은 설문지 각 문항에 대한 예비교사들의 응답 결과에 대한 고려와 적절한 과학적인 설명을 찾는 과정에서 고안되었으며, 세 개의 기본 모형과 두 개의 응용 모형을 포함하는 총 다섯 개의 설명 모형이 고안되었다.

본 연구에서 제안하는 설명 모형은 다음의 몇 가지 원칙에 따라 고안되었다. 첫째, 어는점 내림을 더 잘 이해시키기 위해서 제시한 설명 모형에 ‘엔트로피’ 과학 개념을 도입할 필요가 있다. Lambert (2002)는 엔트로피라는 개념을 정성적으로 간단하게 제시하면서 자연 현상을 설명하는 것이 필요하다고 주장하였으며, 하성자 등(2005)은 ‘어는점 내림을 제대로 설명하기 위해서는 엔트로피 개념을 일찍 도입하는 것’이 필요하다고 주장하고 있다. 또한 초등학생 때부터 엔트로피 개념을 획득할 수 있

표 7. 설문지 각 문항에 대한 응답의 범주화 분포도

응답자	문항				응답자	문항				응답자	문항			
	1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3	4
1	×	×	◎	△	7	×	×	△	×	13	○	◎	◎	○
2	△	○	◎	×	8	○	◎	△	△	14	△	○	△	◎
3	×	○	△	×	9	△	◎	○	×	15	×	○	◎	◎
4	△	○	○	△	10	△	×	◎	◎	16	△	△	◎	△
5	△	×	○	×	11	△	○	△	△	17	○	○	◎	○
6	○	×	◎	×	12	○	○	◎	○	18	○	△	◎	○

◎: 과학적 개념, ○: 준 과학적 개념, △: 오개념, ×: 무이해

는 능력을 가지고 있음을 밝히고 있다. ‘엔트로피’ 개념 도입은 이러한 주장과 그 맥을 같이 하고 있다.

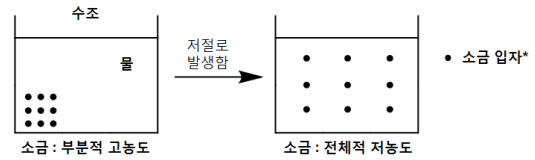
둘째, ‘어는점 내림’ 현상은 실생활과 관련되어 다양한 형태로 나타나므로, 단 하나의 모형으로 모든 것을 설명하고자 하기 보다는 상황에 적절하게 몇 개의 모형을 조합하는 형식이 필요하다. 추운 겨울날 염화칼슘을 도로에 뿌리는 것, 한 여름에 소금과 얼음을 이용하여 아이스크림을 만들 수 있는 것, 영하의 날씨에도 얼지 않는 바닷물 등은 모두 어는점 내림 현상과 관련이 있다. 형태가 다양함에 따라 완벽한 하나의 설명 모형으로 모든 ‘어는점 내림’ 현상을 설명하는 것은 노력에도 불구하고 현재로서는 쉽지 않아 보인다. 따라서 필요한 경우에 상황에 따라 제시한 설명 모형 중 몇 개의 조합 등을 통하여 설명을 용이하게 할 수 있도록 하였다. 이러한 노력은 고등학교 화학 II 교과서(서정쌍 등, 2008)에 제시된 그래프(부록 1 참조)가 어는점 내림에 대한 보다 본질적인 내용을 담고 있을 수 있으나, 예비교사들이 어는점 내림을 이해하는데에는 별 도움을 못 주고 있다는 면에서 그 의미를 찾을 수 있다.

셋째, 설명 모형은 ‘어는점 내림’ 현상과 관련 있는 과학적 요소들이 어떻게 맞물려 있는지를 잘 나타낼 필요가 있다. ‘어는점 내림 현상’은 엔트로피, 용질 입자의 역할, 열에너지의 흐름, 단열 등의 요소들이 관여하고 있으므로 이를 설명 모형에 시각적으로 나타내려 하였다.

위에서 설명한 ‘어는점 내림’을 이해하기 쉽도록 고안된 5개의 그림모형은 다음과 같다.

우선 설문지의 응답에서는 ‘엔트로피’라는 용어 및 관련 내용이 언급되지 않았으며, 이것은 예비교사들이 어는점 내림 현상을 엔트로피와 관련짓지 못하고 있음을 보여준다. 따라서 어는점 내림을 포괄적으로 이해하기 위해 꼭 필요한 엔트로피 개념을 도입할 필요가 있다고 판단하였다.

그림 2는 어는점 내림을 이해하는 근본적인 과학 개념으로서 ‘엔트로피’(Craig, 1988; Friedman, 2001)와 관련이 있다. 수조에 있는 물에 모두 녹을 만한 크기의 작은 소금 덩어리는 물 안에 넣으면 왼쪽 용기에 담겨 있는 것처럼 잠시 동안 가라앉아 있을 것이다. 이 덩어리는 휘저어 주지 않아도 시간이 지나면 오른쪽 용기에 나타난 것처럼 녹아서 소금 입자가 용기 전체에 퍼져 용액이 될 것이다. 그러



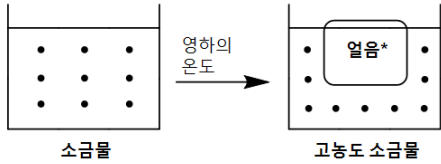
*소금 입자는 물에서 녹으면 Na⁺와 Cl⁻로 이온화 되나 설명을 용이하게 하기 위해 모두 같은 점으로 표시하였음.

그림 2. [기본모형 1] 엔트로피 설명 모형

나 반대의 경우 즉, 오른쪽에 있는 소금 입자들이 뭉쳐서 왼쪽으로 가는 일은 자연계에서는 절대로 저절로 일어나지 않는다. 이것은 수조에 수성물감을 한 방울 떨어뜨려도 마냥가지이다. 삼투압이 생기는 것이나, 배추에 소금을 뿌리면 절여지는 것은 다 같은 원리이다(조정일과 이현욱, 1994). 비슷한 일들은 우리 주위에서 항상 일어나고 있다. 이러한 현상과 관련하여, 그림 2에서 나타내려 하는 바는 소금(또는 염화칼슘)은 가만히 두어도 부분적인 진한 농도(왼쪽)에서 전체적인 묽은 농도(오른쪽) 상태로 저절로 되려 한다는 점이다. 따라서 소금은 주위에 수분만 있다면 스스로를 녹여서 묽은 용액이 되려 할 것이다.

설문지 3번 문항에 대한 응답에서 10명의 학생은 ‘소금물에서 얼음이 얼 때 얼음이 소금을 포함하지 않는다.’고 분명히 진술하였으나, 8명의 학생은 이 사실을 단순 추측하거나 확실하지 않은 지식을 가지고 있음을 보여준다. 따라서 이러한 과학지식을 모형을 통해 분명히 알려줄 필요가 있다고 판단하였다. 아래 기본모형 2는 위 엔트로피 개념과 연관되어 있으면서 이러한 사실이 어떻게 소금물의 농도에 영향을 주고 있는지 알려주고 있다.

‘소금물의 온도를 영하로 내려 얻은 얼음에는 소금이 포함되어 있지 않다.’는 사실은 어는점 내림을 이해하는데 중요한 역할을 한다. 그림 2에서 소금은 저절로 더 묽은 용액이 되려는 경향이 있다고 설명을 하였다. 그림 3은 그림 2와 밀접한 관련이 있으며, 소금물이 어는 특수한 상황을 보여주고 있다. 일반적으로 물은 0℃부터 얼기 시작한다. 그림 3에서 소금물의 경우 온도를 낮추어 얼음이 얼면 얼수록 소금물은 묽은 농도에서 진한 농도로 갈 것이다. 왜냐하면 만들어지는 얼음에는 소금이 없고, 소금이 녹아있는 물의 양은 얼음이 얼수록 줄기 때문이다. 이는 그림 2의 저절로 일어나는 현상과는 정반대의 경우이다. 따라서 0℃보다 더 낮은 온도



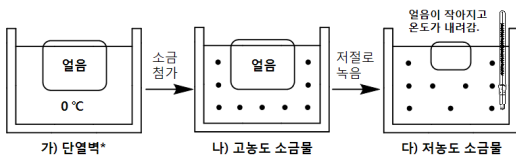
*얼음의 모양은 얼려주는 속도, 주위의 환경 등에 따라서 다양한 형태를 할 수 있다. 여기서는 설명을 용이하게 하기 위해 대략 그려 넣었음.

그림 3. [기본모형 2] 소금물에서 얼음 형성 설명 모형

로 낮추어 주어야 소금 입자를 밀쳐내며 겨우 어는 것이다. 설문지 응답에서 많은 예비교사들이 ‘소금 입자가 얼음이 어는 것을 방해해서’라는 표현을 썼는데, 이것은 그림 3과 직접적으로 관련이 있다.

어는점 내림과 그리고 그와 관련된 여러 현상을 이해하는데 있어서 단열 및 에너지의 흐름을 이해하는 것은 매우 중요하다. 그러나 설문지 2번 문항에서 단열을 언급한 학생은 3명뿐이었으며, 1번 문항에 대해서 에너지의 흐름을 잘 못 파악한 학생은 8명이나 되었다. 따라서 이것을 적절히 풀어줄 모형이 필요하였다.

그림 4는 단열 및 열에너지의 흐름에 대한 중요성을 나타내고 있다. 같은 ‘어는점 내림’ 현상이 일어나더라도 열에너지의 흐름을 차단하는 단열벽이 ‘있고/없고’에 따라 관찰 결과에 크게 영향을 주기 때문이다. 그림 4. 가)에서 단열벽으로 되어 있는, 약간의 물을 담고 있는 수조에 크기가 충분한 얼음을 넣으면 적당히 녹으면서 물의 온도가 0°C인 평형상태에 도달할 것이다. 이 상태에서 물에 약간의 소금을 첨가하면 일시적으로 그림 4. 나)상태로 될 것이다. 그리고 소금이나 소금물은 저절로 더 묽은 용액으로 가려는 성질이 있기 때문에 얼음을 녹여 그림 4. 다)상태로 될 것이다. 이때 얼음이 녹으면서 열에너지를 흡수하는데 단열벽이 있으므로 수조 내부의 열에너지가 쓰이고, 이에 따라 수조의 온도는 더 내려갈 것이다. 이것이 어는점 내림 온도이며, 어는점 내림 온도는 이때 측정된다. 그리고



*그림에서 단열벽의 위쪽이 열려 있으나, 실제 의미는 열에너지의 출입이 전혀 없다는 것을 나타낸다.

그림 4. [기본모형 3] 단열과 어는점 내림 설명 모형

온도가 얼마나 내려가는지는 넣어준 소금의 양에 비례하게 된다.

지금까지 제시한 3개의 모형은 어는점 내림을 이해하는 데에 꼭 필요한 기초 설명 모형이며, 이 세 개의 모형을 함께 이용하면 어는점 내림의 ‘정의’에 대해 잘 설명할 수 있을 것이다.

설문지 문항 2에 대해서 10명의 학생이 에너지의 흐름 등에 대해서 언급하지 않거나, 전반적인 이해가 부족하였다. 이러한 사실은 이 부분을 좀 더 상세히 알려줄 모형을 필요로 하였다. 따라서 아래 응용모형이 고안되었으며, 과학적 이해를 도울 수 있는 부분을 담고 있다.

한여름에도 소금과 얼음만을 이용하여 아주 낮은 영하(-20~30°C)의 온도를 만들 수 있으며, 이를 이용하여 아이스크림 등을 만들 수 있다. 그림 5는 단열벽이 있는 박스(보온병이나 스티로폼)에 아이스크림 원액을 넣고 얼음과 소금을 잘 섞어서 넣으면 아이스크림 원액이 어는 것을 보여준다. 위 그림 4에서 밝혔듯이 얼음과 소금의 조합은, 소금이 저절로 묽은 용액으로 가려는 성질이 있기 때문에 낮은 온도를 만들게 된다. 그리고 단열벽이 있으므로 내부의 온도는 급격히 낮아질 것이다. 흥미로운 점은 실험을 통해 박스 내부를 살펴보면 상당히 긴 시간동안 물은 거의 없고 소금과 얼음만이 섞여 있는 낮은 저온상태를 관찰할 수 있을 것이다.

위에서 제시한 3개의 기본 설명 모형을 조합하여 단순히 생각하면, 순차적으로 1) 얼음과 소금의 만남, 2) 물의 생성, 3) 주위의 온도 내려감으로 귀결된다. 즉, 얼음에 소금을 많이 가하면 반드시 물이 관찰되어야 한다고 생각할 수 있다. 그러나 아이스크림 만들기 설명 모형에서는 단열벽이 있고, 얼음 표면에 붙은 소금이 얼음을 녹여 약간의 물을 만들고, 내부 열에너지를 흡수하고, 온도가 내려가고, 낮아진 온도에 의해 물이 다시 얼고, 소금이 물을 만들고...와 같은 녹음과 얼음의 과정이 반복되기 때문에, 이 경우에는 내부의 온도는 급격히 내

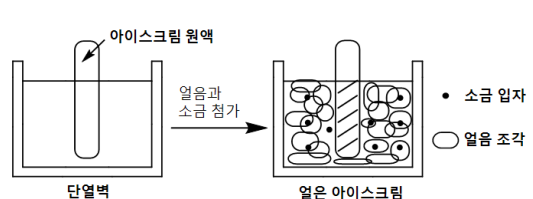


그림 5. [응용모형 1] 아이스크림 만들기 설명 모형

려가지만 초기에 물은 관찰하기 어려운 것이다. 간단한 차이이지만 학생들이나 예비교사, 현장 교사들의 이해에 어려움을 야기할 수 있는 부분이다. 즉, 아이스크림 만들기를 잘 설명하려면 기초 설명 모형을 이해시킨 후에 학생들이 관찰을 통해 발견할 수 있는 특별한 사항을 더 알려줌으로서 그 이해를 견고히 할 수 있을 것이다.

설문지 1번 문항에 대해 ‘과학적 개념’을 가지고 있는 예비교사는 없는 것으로 나타났는데, 그 이유는 열린계에서 대상으로 하는 계가 주위 환경과 어떻게 상호작용하며, 이때 어떻게 에너지 흐름이 나타나는지 제대로 파악하지 못했기 때문이다. 따라서 이러한 사실에 대해 알려주는 간단한 모형 제시를 통해 이해의 폭을 높이고자 하였다.

빙판길에 얼화칼슘이나 소금을 뿌렸을 때 나타나는 현상은 그림 5의 경우와 비교할 만하다. 그림 6은 빙판길에 얼화칼슘을 뿌려 도로 위의 얼음이 녹는 것을 나타내고 있다. 이 경우는 그림 5와 상황은 비슷하나, 도로에는 단열벽이 없는 것이 특징이다. 나타나는 현상을 보자면, 얼화칼슘 입자는 빙판을 녹이면서 주위의 열을 흡수한다. 이때 열에너지는 주위의 대기나 도로의 노면에서 올 것이다. 따라서 빙판에 접한 노면이나 대기층은 일시적으로 온도가 낮아지나, 대류에 의해서 계속해서 열에너지를 공급할 수 있기 때문에 (극지방의 날씨와 같은 아주 낮은 온도만 아니라면) 빙판길은 공급되는 얼화칼슘의 양에 비례해서 계속해서 녹게 되는 것이다. 아마도 초등학생들의 경우에 그림 5와 그림 6에 나타난 결과만을 본다면 서로의 차이를 인지하기가 쉽지 않아 보인다. 따라서 순차적으로 세 개의 기초 설명 모형을 이해시키고, 그림 5와 그림 6의 차이를 비교 설명한다면 ‘어는점 내림’에 대한 이해 및 관련된 자연현상에 대한 이해를 모두 크게 증진시킬 수 있을 거라 기대한다.

이상의 다섯 가지 설명 모형은 서로 밀접하게 연관되어 있으며, ‘어는점 내림’에 대한 본질적인 이해와 관련된 다양한 형태의 자연현상에 대한 전반

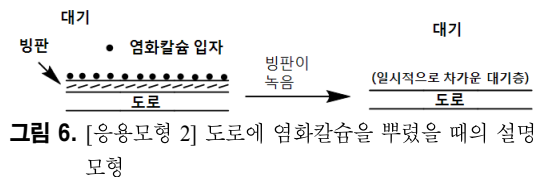


그림 6. [응용모형 2] 도로에 얼화칼슘을 뿌렸을 때의 설명 모형

적인 이해를 돕기 위해 고안된 도구이다. 제안된 설명 모형의 구체적인 효과는 추후 연구를 통해 검증의 절차를 거쳐야 하겠지만, 예비교사의 이해를 돕고, 나아가 초·중등 학생들 지도 시에도 활용될 수 있을 것이라 기대한다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 고등학교에서 화학 II를 이수한 초등 예비교사들이 ‘어는점 내림’ 현상에 대해 어떠한 인식을 가지고 있는지 조사하는 것을 목적으로 하였다. 이를 위해, ‘어는점 내림’과 관련된 4개의 질문을 담고 있는 설문지에 대한 예비교사들의 응답을 조사하고, 그 특징을 분석하였다. 본 연구로부터 얻은 연구의 결과는 다음과 같다.

첫째, ‘얼화칼슘을 얼음위에 뿌렸을 때 나타나는 현상’에 대해 ‘과학적 개념’을 가진 예비교사는 없는 것으로 나타났으며, ‘준 과학적 개념’을 가지고 있는 예비교사는 6명(33.3%)으로, ‘오개념’을 가진 예비교사는 8명(44.4%)으로 분류되었다. ‘오개념’을 가진 예비교사 중 무려 6명이 열에너지의 흐름에 대해서 잘못 파악하고 있었으며, 예비교사들의 이해도가 전반적으로 상당히 낮은 것으로 파악되었다.

둘째, ‘어는점 내림을 이용한 아이스크림 만들기’에 대해서는 3명(16.7%)의 예비교사가 ‘과학적 개념’을, 8명(44.4%)의 예비교사가 ‘준 과학적 개념’을, 그리고 2명(11.1%)의 예비교사가 ‘오개념’을 가지고 있는 것으로 나타났다.

셋째, ‘소금물을 얼렸을 때 나타나는 현상’에 대해서는 10명(55.6%)의 예비교사가 ‘과학적 개념’을, 3명(16.7%)은 ‘준 과학적 개념’을, 그리고 5명(27.8%)은 ‘오개념’을 가지고 있는 것으로 나타났다.

넷째, ‘그림 등을 이용하여 어는점 내림 현상을 설명’하는 문제에 대해서는 3명(16.7%)의 예비교사가 그림과 함께 ‘과학적 개념’을 보여준 것으로 분류되었고, 4명(22.2%)은 ‘준 과학적 개념’을, 그리고 5명(27.8%)은 ‘오개념’을 가지고 있는 것으로 나타났다.

다섯째, 전체 4개의 문항에 대한 예비교사 전체의 응답을 살펴보면, 3문항 이상에 대해 ‘과학적 개념’을 나타낸 예비교사는 1명도 없었으며, 3명의 예비교사(16.7%)만이 2개의 문항에 대해 ‘과학적 개념

념'을 가지고 있는 것으로 나타났다. 1명의 예비교사는 4개 문항 모두에 대해 매우 낮은 이해도를 보였으며, 나머지 14명(72.2%) 예비교사들의 응답은 두 가지 유형 사이에서 혼재된 형태로 나타났다.

이러한 결과는 연구 대상 예비교사들이 전반적으로 '어는점 내림' 현상 및 관련된 자연현상에 대한 이해도가 낮다고 결론지을 수 있다.

이러한 예비교사들의 인식에서 나타나는 어려움을 극복하기 위한 한 방안으로 '어는점 내림'에 대한 예비교사들의 이해를 용이하게 해줄 수 있는 '엔트로피 설명 모형', '소금물에서 얼음 형성 설명 모형', '단열과 어는점 내림 설명 모형' 등 세 개의 기본 설명 모형을 제시하였고, '아이스크림 만들기 설명 모형'과 '도로에 염화칼슘을 뿌렸을 때의 설명 모형' 등 두 개의 응용 설명 모형을 고안·제시하였다. 이 설명 모형들은 서로 밀접하게 연관되어 있으며, '어는점 내림' 및 관련된 다양한 자연현상에 대해 전반적인 이해를 돕기 위해 고안된 것이다.

본 연구는 비교적 소수의 예비교사들을 대상으로 '어는점 내림'에 대한 인식을 조사하고, 예비교사들의 오개념과 어려움을 분석한 후, 이를 바탕으로 하여 예비교사의 '어는점 내림'에 대한 이해를 도울 수 있는 설명 모형을 제안한 연구이다. 본 연구의 한계를 감안할 때, 다음과 같은 추후 연구가 필요해 보인다. 첫째, '어는점 내림'에 대한 인식과 관련해서 추후 현장교사를 포함하는 좀 더 큰 규모의 조사가 이뤄질 수 있을 것으로 생각된다. 둘째, 제안된 '어는점 내림' 설명 모형과 관련하여, 실제로 예비교사 혹은 초·중등 학생들이 '어는점 내림'을 이해하는 데에 도움이 되는지, 또 어떤 측면에서 도움이 되는지 등에 대한 추후 연구를 필요로 한다. 이러한 연구를 통해 본 연구에서 제안된 설명 모형의 의미와 기능이 좀 더 명확해질 수 있을 것이다.

참고문헌

교육과학기술부(2011a). 초등학교 과학 교과서: 4-1. (주) 금성출판사.
 교육과학기술부(2011b). 초등학교 과학 교사용 지도서: 4-1. (주)금성출판사.
 김미영, 김희백(2009). 중등 과학 교과서의 생명 영역에 제시된 과학적 모형들의 유형 분석. *한국과학교육학회지*, 29(4), 423-436.

김세영(2003). 초등학교 고학년 학생들의 과학 관련 독서 실태와 성향 조사. *수원대학교 교육대학원 석사학위 논문*.
 김한제, 장명덕, 정용재(2011). '기체의 색깔'에 대한 초등 예비교사들의 인식 조사: 교육대학교 1학년 학생들을 대상으로. *초등과학교육*, 31(2), 253-268.
 박승재, 조희형(1998). 과학교육 연구. 서울: 교육과학사.
 박시현, 우종욱(1994). 한일 국민학교 자연교과서 삽화 비교 연구. *한국과학교육학회지*, 14(1), 58-69.
 박종석, 정경민(2010). 고등학교 화학II 교과서 실험에 제시된 삽화와 삽화 속 '옥에 티' 분석. *한국과학교육학회지*, 30(2), 181-191.
 서정쌍, 허성일, 김출배, 박종욱, 하윤경, 임영중, 배병일(2008). 화학 II. (주)금성출판사.
 정대균, 이해정, 정선희, 오창호, 박국태(2007). 기체에 대한 초등학생들의 개념 조사 및 대안 개념 유형 분석. *초등과학교육*, 26(4), 359-371.
 조정일, 이현욱(1994). 확산과 삼투 분자 운동 모형을 활용한 수업의 개념변화에의 효과. *한국과학교육학회지*, 14(3), 293-303.
 최영란, 이형철(1998). 초등학교 자연 교과서의 삽화 분석. *초등과학교육*, 17(5), 45-53.
 최행숙, 김은경, 백성혜, 이길재, 정완호(2001). 초등학생들의 열과 온도에 대한 대안개념 조사. *초등과학교육*, 20(1), 123-138.
 하민수, 차희영(2006). TV 만화와 아동 도서에 의한 진화의 오개념 분석. *초등과학교육*, 25(4), 352-362.
 하성자, 김범기, 백성혜(2005). 어는점 내림 현상에 대한 교과서 내용 및 중등 과학 교사들의 개념 분석. *한국과학교육학회지*, 25(2), 88-97.
 Boulter, C. J. & Buckley, B. C. (2000). Construction a typology of models for science education. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.), *Developing models in science education* (pp. 41-58). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
 Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1041-1053.
 Craig, N. C. (1988). Entropy of four familiar processes. *Journal of Chemical Education*, 65(9), 760-764.
 Friedman, W. J. (2001). The development of an intuitive understanding of entropy. *Child Development*, 72(2), 460-473.
 Gilbert, J. K. (2004). Models and modeling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115-130
 Grosslight, L., Unger, C., Jay, E. & Smith, C. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and ex-

- perts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 799-822.
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80(5), 509-534.
- Lambert, F. L. (2002). Entropy is simple, qualitatively. *Journal of Chemical Education*, 79(10), 1241-1246.

<부록 1> 설문지와 실제 응답의 예

설문지

이 설문지는 초등 예비교사들의 “어느점 내림”에 대한 생각을 알아보기 위한 것입니다. 여러분의 응답은 연구 이외에는 어떠한 다른 목적에도 사용되지 않을 것입니다. 가능한 성의껏 솔직하고 자세히 응답하여 주시면 감사드리겠습니다.

2010. 11. _____ 교육대학교 초등과학교육과

※ 다음 빈 칸에 해당사항을 기입하거나 “V”를 해주십시오.

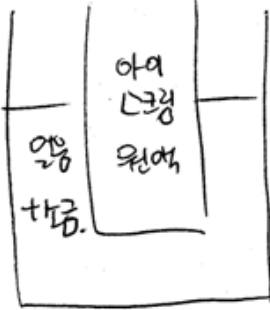
- (1) 교육대학교 과학 교육과 2 학년
- (2) 나이 : 21 (1990년생)
- (3) 성별 : 남 () 여 ()
- (4) 고등학교 재학시
문과() / 이과 ()
- (5) 고등학교에서 이수한 과학관련 교과목
물리 I () / 화학 I () / 생물 I / 지구과학 I ()
물리 II () / 화학 II () / 생물 II / 지구과학 II ()
기타()
- (6) 혹시 필요 시 인터뷰가 가능하다면 연락할 수 있는 전화번호
(010-4604-)

1. 추운 겨울날 도로에 얼음이 얼면 미끄러짐을 방지하기 위하여 염화칼슘(CaCl_2)등을 뿌려 준다. 이것은 염화칼슘 수용액의 어는점 내림 효과를 이용한 것이다. 염화칼슘(고체)을 얼음 위에 뿌렸을 때 표면에서 얼음이 녹을 때까지 나타나는 현상을 분자 수준에서 순차적으로 설명해 보시오.

- 예시)
- a) 얼음 표면에 염화칼슘 알갱이가 붙는다.
 - b) 염화칼슘 알갱이가
 - c) 온도가
 - d) 주위가
 - e) ...
 - ...
 - ...
 - ..) 얼음 분자가 녹는다.

얼음표면에 염화칼슘 알갱이가 붙는다.
 얼음표면에 붙은 염화칼슘알갱이를 떼내기 위해
 E가 사용된다. 이때 E가 아래 생기냐면..)
~~달려가면 전체 E가 약화되므로~~ 얼음이 열때 사용된 E가 (순차적으로 쓰인 E)
 물이 되면서 E를 다시 내보낸다. 그래서 얼음이 녹아간다... 다시 열기 위에서는
 E가 사용 ~~되야~~ ^{필요} 하므로 0°C보다 내려간다.
 염화칼슘알갱이를 얼음입자 사이에 있어서 안외므로, E를 사용하거,
 얼음이 녹아도 계속해서 해야 하므로 E가 사용 → 그래서 0°C보다 내려가거.

2. 소금과 얼음 그리고 아이스크림 원액을 사용하여 아이스크림을 만들 수도 있다. 이 또한 어느점 내림 현상을 이용한 것이다. 위와 같은 방식으로 어떻게 아이스크림이 만들어 지는지 순차적으로 설명해 보시오. (필요하다면 그림을 그려도 좋다)



어음판면에 붙은 소금결정을 떼내기 위해,
(어음은 순수한 H₂O를 만져야 하므로)
E를 사용해야 한다. 이때 E는
H₂O 타 H₂O를 전할때 쓰일건
결합에너지는 사용하며 어음은 물이
되고, E를 사용하였으므로 온도가 내려가게
된다.

3. 소금물을 얼리면 더 낮은 온도에서 얼게 된다. 이 때 소금물에서 건진 얼음속의 염분의 농도와 얼지 않은 소금물의 염도는 얼기 전과 비교하여 어떻게 되겠는가? 다음 중에서 올바른다고 생각되는 것을 고르고, 그렇게 생각하는 이유에 대해 설명하시오 (단 얼음에는 소금물은 묻어있지 않다고 가정한다).

- a) 소금물과 얼음의 염도는 정확히 같다.
- b) 소금물의 염도가 높고 얼음의 염도가 낮다.
- c) 소금물의 염도가 낮고 얼음의 염도가 높다.
- d) 얼음의 염도는 0에 가깝다.

(위와 같이 답한 이유에 대한 설명)

어음이 얼 때는 주변 소금을 배제하고 순수한 H₂O끼리
결합한다. > 그래서 때문에 얼기 전보다 어음이 생긴
소금의 양은 적어지므로,
즉에 소금물의 염분이 더 높을 것이다.

4. 여러분이 고등학교 화학시간에 배운 총괄성은 다음의 네 가지가 있다. a) 끓는점 오름, b) 증기압 내림, c) 어는점 내림, d) 삼투압. 각각의 현상을 설명하기 위해서 교과서는 다음과 같은 그림을 이용하였다.

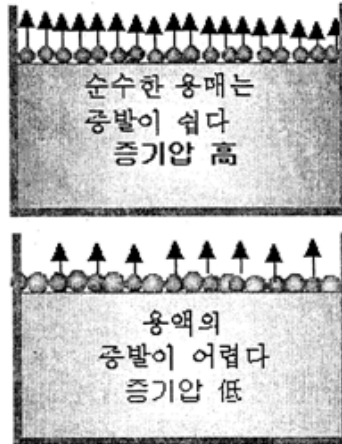


그림1. 끓는점 오름과 증기압 내림을 설명하기 위한 분자수준의 그림 (수용액 표면에 휘발하지 않는 용질이 용매사이에 끼어있다.)

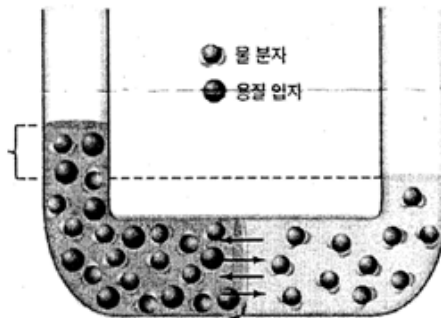


그림2. 삼투압을 설명하기 위한 분자수준의 그림

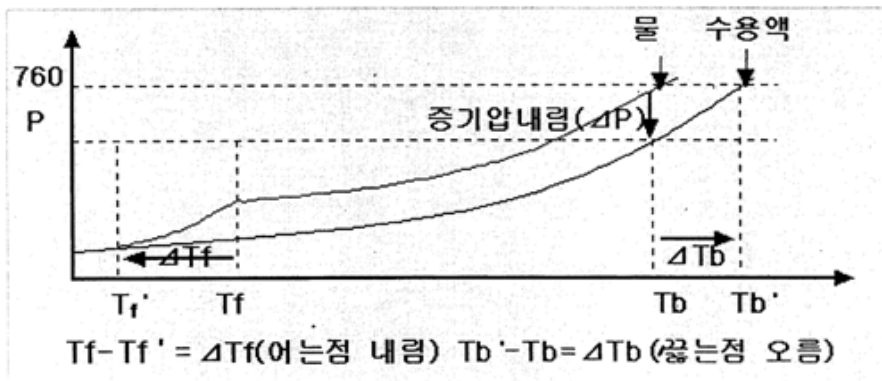
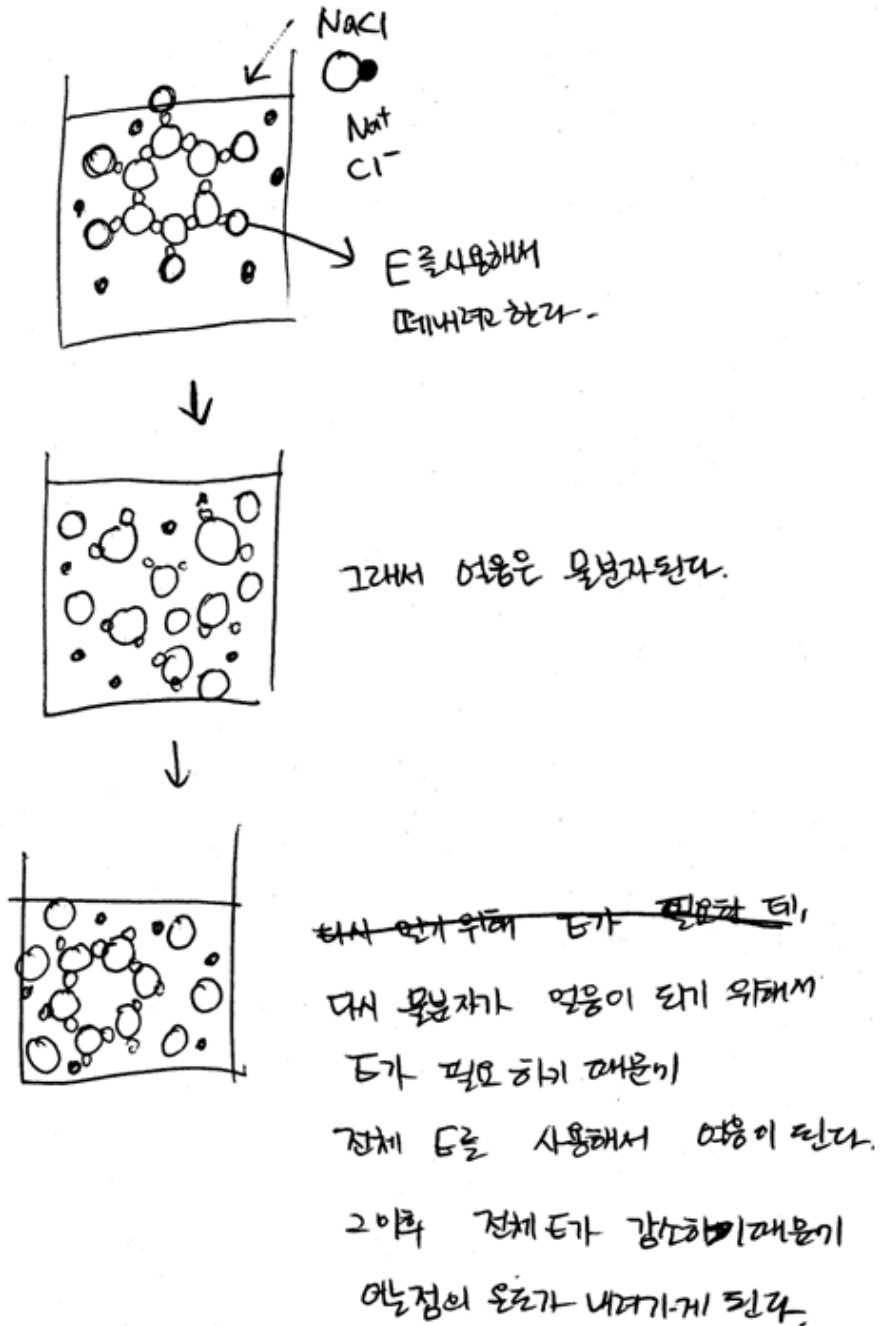


그림3. 어는점 내림을 증기압 내림과 끓는점 오름에 근거해 나타낸 그래프

위의 그림들에서 흥미로운 점은 끓는점 오름, 증기압 내림, 삼투압 현상은 작은 입자(용질과 용매)를 이용한 그림을 이용하여 설명하고 있으나, 어는점 내림은 끓는점 오름, 증기압 내림과 관련된 그래프로 설명하고 있다. 혹시 어는점 내림도 비슷하게 작은 입자(용질과 용매 분자)를 이용하여 다른 사람에게 설명한다면, 어떻게 그림으로 나타내 설명하는 것이 좋겠는가?



※ 수고 많이 하셨습니다. 감사합니다.