

# 대기 중의 수증기량이 증발과 끓음에 미치는 영향에 대한 고등학생과 화학 전공 교사들의 인식 조사 및 관련 교과서 내용 분석

백성혜\* · 조미정

한국교원대학교

## Survey of High School Student and Chemistry Teacher Perceptions and Analysis of Textbook Contents Related to the Effect of Water Vapor in the Air on Evaporation and Boiling

Paik Seoung-Hey\* · Cho Mi-Jeong

Korea National University of Education

**Abstract:** This study investigated high school student and chemistry teacher perceptions on the effect of water vapor in the air on evaporation and boiling of water by a questionnaire. In science textbooks evaporation and the boiling of water are related to the vaporization concept, boiling is related to vapor pressure and air pressure, and vapor pressure is related to the vapor concept in the air. High school student and chemistry teacher perceptions on these linkages were compared. Science textbooks were also analyzed for reasons behind these diverse perceptions. Results revealed that a majority of students conceptualized that vapor in the air was related to evaporation and boiling, but were unable to distinguish the evaporation phenomena at the macroscopic level and the evaporation of water molecules at the microscopic level. They also thought that vapor in the air affected vapor pressure and boiling. Although the percentage of teacher scientific conception was higher, a great number of teachers had diverse perceptions on evaporation and boiling just as students had. Common explanations of evaporation and boiling phenomena in science textbooks were at the macroscopic level. Moreover, there were few connections of concepts even if the explanations were at the microscopic level.

Key words: connection of concept, macroscopic and microscopic level, evaporation, boiling, vapor in the air

### I. 서론

증발과 끓음 현상은 일상생활에서 쉽게 접하는 자연 현상이면서, 과학교육 과정에서도 초등학교부터 대학교까지 꾸준히 다루어지는 주요 내용으로, 이에 관련된 오개념 연구(전정수, 2003; 정애경, 2003; 고영미, 2001; 윤재화, 2001; 임병혁, 2001; 박선양, 2000; Tytler, 2000; Chang, 1999; 이윤정, 1994; 이정화, 1994; 최병순 등, 1994; Bar & Galili, 1994; 신인철, 1992; 양영민, 1992; Bar & Travis, 1991; Russell & Watt, 1990; 국동식, 1988; Osborne & Cosgrove, 1983)가 국내·외에서 활발하게 진행되어 왔다. 이러한 점은 증발과 끓음 현상에 대한 과학적

개념 형성이 어려움을 드러내는 것이라고 할 수 있다.

이에 관련된 연구들은 주로 학생들을 대상으로 연령에 따른 사고 유형의 특성을 분석하는 데에 그 초점을 두었다. Osborne와 Cosgrove(1983)는 뉴질랜드의 8살에서 17살까지의 학생들을 대상으로 물의 끓음, 증발 등의 개념에 대하여 연구하였는데, 그 결과에 따르면 학생들의 나이가 증가하여도 어린 학생들과 유사한 비과학적 개념들이 계속 존재하며, 경우에 따라서는 나이 든 학생들의 비과학적 사고가 더 많이 나타나기도 하였다. 이스라엘의 학생들을 대상으로 한 Bar와 Travis(1991)의 연구와 국내에서 이루어진 국동식(1988)의 연구에서도 유사한 결과가 나타났다.

Bar와 Galili(1994)는 5세부터 15세까지 학생들을

\*교신저자: 백성혜(shpak@knu.ac.kr)

\*\*2005.03.09(접수) 2005.07.22(1심통과) 2005.10.04(2심통과) 2005.12.02(최종통과)

\*\*\*2005년도 한국교원대학교 기성회계 학술연구비로 수행되었습니다.

대상으로 한 연구에서 특정 연령대에 형성되는 보존 논리 및 공기에 대한 개념 형성이 증발 현상을 이해 하는데 중요한 관건임을 밝혔다. 그러나 이러한 학생들의 개념들이 안정적인 것이 아니며, 연구자가 제시된 상황에 매우 의존적이라는 사실도 밝혔다. 예종성(1999), 이윤정(1994), 이정화(1994), 최병순 등(1993)도 국내의 초등학교 학생들을 대상으로 증발에 대한 개념 유형을 연구하여 유사한 결과를 얻었다.

그러나 끓음이나 증발에 관련된 개념이 특정 연령대에 자연적으로 형성되는 것이 아니라 특정한 교육이 이루어진 후에야 비로소 형성된다고 주장하는 연구들도 많이 있다. Stavy(1988)는 이스라엘의 4학년부터 9학년까지 학생의 상태변화에 관련된 사고를 조사한 결과 학습을 통해 입자 이론과 물질의 상태에 관한 학습을 하지 않으면 이에 관련된 과학적 사고가 형성되기 어려움을 밝혔다. 그는 또 다른 연구(Stavy, 1990)를 통해 학생들이 상태변화 현상에서 물질의 보존 개념을 형성하려면 입자 이론이 도입되어야 한다고 주장하였다. Johnson(1998a)도 33명의 학생을 대상으로 7학년 부터 9학년이 될 때까지 3년간에 걸친 중단 연구를 통해 유사한 결론을 내렸다. 그는 또 다른 연구(Johnson, 1998b)를 통해 학생들의 증발이나 응결, 끓음 등에 대한 사고는 기체에 대한 이해와 깊은 관련이 있으며, 또한 입자 개념의 발달과 관계가 있다고 하였다.

Hwang과 Hwang(1990)은 대만의 중학생, 고등학생, 대학생 1200명을 대상으로 한 연구를 통해 중학생 뿐 아니라 대학생까지도 증발과 끓음에 관한 다양한 오개념을 가지고 있으며, 특히 학생들이 증발이나 끓음 현상과 관련이 있는 증기압의 개념을 대기압과 혼동하고 있다는 점을 지적하였다. 그리고 대부분의 학생들이 미시적인 관점에 해당하는 분자의 동적 평형에 대한 개념이 없고, 끓음에서 에너지 관점을 가지고 있지 못하며, 단원계와 열린계의 구분이 없기 때문에 이러한 문제가 발생한다고 보았다. Chang(1999)은 초등학교 예비 교사 364명을 대상으로 연구하여 과학을 전공한 학생들조차도 기체 상태로 존재하는 물에 대한 개념이 부족하여 증발과 끓음에 대한 이해가 낮다고 주장하였다. 여상인(2001)도 국내 초등학교 예비 교사를 대상으로 연구하여 유사한 결과를 얻었다.

박선양(2000)은 고등학교 2학년 학생들을 대상으로 일상적 상황에서 물의 증발과 응결에 대한 학생들의 반응 유형을 분자 운동의 관점에서 분석하였다. 그 결과, 과학적 개념이나 용어에 대한 학생들의 이해가 매우 다양하고 피상적이어서 과학적 용어를 사용하여 설명하고 있으나 구체적인 물음에 대해서는 정확히 이해하지 못하고, 자신의 비과학적인 생각이 옳다고 주장

하기 위해 과학적 용어를 사용한다는 사실을 밝혔다. 정애경(2003)은 증발과 끓음에 관련된 중등 교과서의 내용을 분석하고 이를 바탕으로 과학 교사들의 사고를 조사한 결과, 교과서의 정의가 명확하지 못하여 과학 교사들이 서로 상충된 개념을 가지게 되었음을 밝혔다.

선행연구에서 증발과 끓음 현상을 이해하기 위해 필요하다고 지적한 증기압과 대기압의 개념은 미시적인 관점인 분자의 동적 평형에 대한 개념, 단원계와 열린계의 구분, 수증기 개념 등과 깊은 관련을 가진다. 특히 교과서에서 증기압은 증발에 의해 공기 중의 수증기가 형성되는 것과 관련지어 제시되며, 증기압과 대기압의 관계로 끓음을 설명하기 때문에 이러한 개념들 간의 관련성을 제대로 이해하지 못하면 증발과 끓음의 개념을 올바르게 형성하기 어렵다. 따라서 이 연구에서는 공기 중의 수증기량과 대기압, 증기압에 대한 개념과의 관련을 학생들과 교사들이 어떻게 인식하는지 미시적 수준과 거시적 수준에서 확인하고, 이를 근거로 증발과 끓음에 대한 인식 과정에서 발생하는 문제점을 확인하고자 하였다. 이 연구에서 알아보고자 하는 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 공기 중의 수증기량과 증발과의 관계에 대한 학생과 교사의 인식을 조사하고 비교한다.

둘째, 공기 중의 수증기량과 끓음과의 관계에 대한 학생과 교사의 인식을 조사하고 비교한다.

셋째, 공기 중의 수증기량이 증발 및 끓음에 미치는 영향에 대한 학생과 교사의 인식을 교차 분석하여 차이점을 알아본다.

넷째, 교과서를 분석하여 교과서에서 서술되어 있는 개념이 학생과 교사의 인식 유형과 관계가 있는지 알아본다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상 학생

현재 우리나라 7차 교육과정에서는 학생들이 고등학교에서 화학 II를 이수해야 증기압, 대기압, 미시적인 수준에서의 동적 평형, 단원계와 열린계의 구분 등을 모두 습득할 수 있다. 따라서 이 연구에서는 고등학교 화학II 과목을 배운 학생들을 대상으로 하였다. 대도시에 위치한 한 학교 2개 학급과 중소도시에 위치한 2개 학교에서 각각 한 학급씩, 3개 학교 4개 학급의 총 122명의 학생을 연구 대상으로 선정하였다.

### 2. 연구 대상 교사

연구 대상 교사는 총 97명으로 교육대학원, 방학

중 교사 연수 등에 참석하는 화학 교사들이었다. 이들이 근무하는 학교는 서울, 경기, 충청, 전북, 전남, 경북, 경남, 제주도 등 전국적으로 분포하였으며, 경력은 5년 미만인 교사가 61명, 5년 이상 10년 미만인 교사가 18명, 10년 이상인 교사가 18명이었다. 최근 5년 이내에 중학교에만 근무하였던 교사가 36명이었으며, 고등학교 근무 경력이 있는 교사가 61명이었다. 이 연구에서는 교사의 변인에 따른 분석은 하지 않았다.

### 3. 설문지

이 연구에서는 고등학교 학생들과 과학 교사들을 대상으로 한 설문지를 개발하여 투입하였다. 개발된 설문지는 선다형 2 문항으로 대학원에 재학 중인 화학 교사 5인을 대상으로 1차 예비 검사를 실시하여 문항을 수정 보완하였으며, 이를 근거로 과학 교육 전문가 1인과 화학 교사 2인의 검토를 거친 후, 교사 연수 중인 물리, 지구과학, 생물 전공 교사들에게 2차 예비 투입을 하여 최종적으로 설문을 수정·보완하였다.

첫째 문항은 ‘대기 중의 수증기가 증발에 미치는 영향’에 대한 생각을 알아본 것으로 답지는 거시적 관점과 미시적 관점으로 구분하여 구성하였다. 수증기가 증발에 영향을 미친다는 생각의 거시적 관점은 ‘대기 중의 습도가 높아지면 증발이 적게 일어난다.’는 응답이고, 미시적 관점은 ‘습도가 높아지면 공기 중의 수증기가 많아 증발하는 분자 수가 적어진다.’는 응답으로 표현하였다. 공기 중의 수증기량이 증발에 영향을 미치지 않는다는 생각의 거시적 관점은 ‘습도가 높아져도 증발에는 영향을 미치지 않는다.’는 단순히 현상 수준의 내용을 제시하였고, 미시적 관점은 ‘습도가 높으면 증발하는 분자 수는 같지만 응결하는 분자 수는 많아진다.’는 분자적 관점을 제시하였다. 둘째 문항은 ‘공기 중의 수증기가 끓는점에 미치는 영향’에 대한 생각을 알아본 것으로 답지는 습도가 끓는점에 영향을 미친다고 생각하는 경우, 그 이유를 ‘습도가 기압에 영향을 미치기 때문’으로 생각하는지, 아니면 ‘습도가 증기압에 영향을 미치기 때문’으로 생각하는지 구분하여 구성하였다. 그리고 습도는 끓는점에 영향을 주지 않는다는 생각을 알아보는 답지도 포함시켰다.

습도의 정확한 정의는 주어진 온도에서 수증기압과 포화수증기압의 비로 정의되므로 온도가 변하면 공기 중의 수증기량이 같아도 습도는 변할 수 있다. 그러나 이 연구에서는 온도의 변화를 고려하지 않은 상황에서 공기 중의 수증기량을 단순히 일상생활에서 사용하는 친숙한 용어인 ‘습도’로 표현하였다. 즉 공기 중의 수증기량이 증발에, 혹은 끓음에 영향을 미치는지

물어보는 상황을 ‘습도’가 증발에, 혹은 끓음에 영향을 미치는지 알아보는 것으로 표현하였다. 따라서 이 연구의 분석에서는 ‘대기 중의 습도가 높아지면’이라는 의미를 ‘공기 중의 수증기량이 많아지면’이라는 의미 대신에 ‘공기 중의 수증기량은 일정해도 대기의 온도가 낮아지면’이라고 해석한 경우에 발생하는 오류를 포함하는 제한점이 있다.

개발한 문항에 대한 타당도 검사는 교과교육 전공 교수 1명과, 교과내용 전공 교수 1명, 현직 교사 4명에 의해 실시되었으며, 타당도 지수는 5점 만점에 4.50이었다. 수정된 문항의 신뢰도를 검사하기 위하여 사범대학 화학교육과 재학생 14명을 대상으로 검사-재검사 신뢰도를 조사하였으며, 설문 문항의 평균 신뢰도는 0.82이었다.

### 4. 교과서

이 연구의 대상인 고등학생들은 중학교 때 6차 교육과정에서 따라 개발된 교과서를 배웠기 때문에 6차 교육과정의 중·고등학교 과학 및 화학 교과서와 7차 교육과정의 중·고등학교 교과서 중 증발과 끓음과 관련이 있는 내용을 분석하였다. 분석한 교과서는 6차 교육과정의 중학교 2학년 ‘대기와 물의 순환’ 단원과 7차 교육과정의 중학교 3학년 ‘물의 순환과 날씨의 변화’ 단원이었다. 또한 고등학교의 경우에는 6차와 7차 교육과정에서 모두 화학 II의 ‘물질의 상태와 용액’ 단원이었다.

분석한 교과서는 편의상 6차 교육과정과 7차 교육과정을 숫자로 구분하고 중학교(M)와 고등학교(H)를 구분한 후, 출판사명의 가나다 순으로 번호를 붙여 기호화하였다. 출판사명이 같은 경우 저자의 가나다 순으로 번호를 붙였다. 예를 들어 6차 교육과정에서 개발한 중학교 교과서의 경우, 송인명 등이 저자인 교학사 교과서를 6M1, 정창희 등이 저자인 교학사 교과서를 6M2로 표기하였다.

## III. 연구 결과 및 논의

### 1. 공기 중의 수증기량과 증발과의 관계에 대한 학생과 교사의 인식 비교

공기 중의 수증기량이 증발에 어떤 영향을 준다고 생각하는지에 대한 학생과 교사의 인식을 알아본 결과를 Fig. 1에 제시하였다.

Fig. 1에서 보면, 학생들은 공기 중의 수증기량이 증발에 영향을 미친다고 생각하는 비율이 그렇지 않다고 생각하는 비율보다 높았다. 영향을 미친다고 생

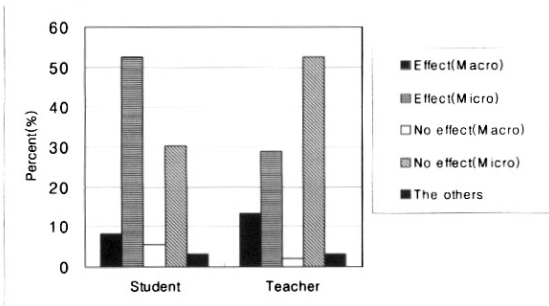


Fig. 1 Students' and teachers' perceptions related to the effect of vapor in the air on evaporation.

각하는 이유로는 거시적 관점과 미시적 관점이 구분된다. 거시적 관점은 ‘대기 중의 습도가 높아지면 증발이 적게 일어난다.’는 현상으로 이해하는 것이고, 미시적 관점은 ‘습도가 높아지면 공기 중의 수증기 양이 증발하는 분자 수가 적어진다.’는 분자적 관점으로 이해하는 것이다. 고등학교 학생들은 미시적 관점에서 습도가 증발에 영향을 미칠 것이라고 생각하는 비율이 52.5 %로 가장 높았다.

반면에 교사들은 공기 중의 수증기 양이 증발에 영향을 미치지 않는다고 생각하는 비율이 더 높았다. 영향을 미치지 않는다고 생각하는 이유 역시 거시적 관점과 미시적 관점으로 구분된다. 거시적 관점은 ‘습도가 높아져도 증발에는 영향을 미치지 않는다.’고 단순히 현상을 묘사하는 수준이고, 미시적 관점은 ‘습도가 높으면 증발하는 분자 수는 같지만 응결하는 분자 수는 많아진다.’는 분자적 관점에서 이해하는 것이다. 교사의 경우에는 미시적 관점에서 습도가 증발에 영향을 미치지 않을 것이라고 생각하는 비율이 52.6 %로 가장 높았다. 그러나 28.9%의 과학교사들은 가장 많은 비율의 학생들이 생각하고 있듯이 미시적인 관점에서 습도가 증발에 영향을 준다고 생각하였다.

일반화학교재연구회(2002a)의 일반화학에는 습도와 증발과의 관계를 다음과 같이 설명하고 있다.

(습도와 증발과의 관계를 바르게 이해하려면) 액체상에 존재하는 분자들이 기체상으로 이동하는 증발과 기체상의 분자들이 액체상으로 이동하는 응축을 같이 고려하여야 하며, 이때 응축 속도가 증발 속도와 같아지는 동적 평형 상태에서 거시적으로 더 이상의 증발이 일어나지 않는 것처럼 보인다. 그러나 미시적인 관점에서는 증발과 응축이 같은 속도로 계속 일어난다.

거시적 관점에서 볼 때 공기 중의 습도가 높아지면 액체의 증발이 잘 안 일어나는 것처럼 보인다. 그러나 미시적인 관점에서 보면, 액체상에서 기체상으로 분자의 이동은 공기 중의 습도가 아닌 온도의 영향만을 받는다. 그러나 기체상에서 액

체상으로 분자의 이동은 습도의 영향도 받는다. 만약 습도가 높다면 응축하는 분자의 수가 늘어나서 전체적으로 보면 액체의 수면 높이에 변화가 적는데, 이는 증발하는 분자 수가 적기 때문이 아니라 응축하는 분자의 수가 많기 때문이다.

이러한 설명에 의하면 미시적인 관점에서 공기 중의 수증기 양이 증발에 영향을 미치지 않는다고 생각하는 것이 올바른 과학 개념이라고 볼 수 있다. 설문에서 응답한 고등학교 학생들의 68.9 %와 화학 전공 교사들의 47.4 %가 증발에 공기 중의 수증기 양이 영향을 미친다고 생각하는 이유는, 일반화학교재연구회(2002a)의 일반화학 교재에서 언급하고 있듯이 ‘거시적 관점에서 볼 때 증발이 잘 안 일어나는 것처럼 보이는 것’과 ‘미시적 관점에서 볼 때’가 명확하게 구분하지 못하였기 때문이라고 추론할 수 있다.

## 2. 공기 중의 수증기 양과 끓음과의 관계에 대한 학생과 교사의 인식 비교

공기 중의 수증기 양과 끓음이 어떤 관련이 있는지에 대한 학생과 교사의 인식을 알아본 결과는 Fig. 2와 같다. 공기 중의 수증기 양이 끓음에 영향을 미친다고 생각하는 경우는 “습도가 높아지면 기압에 영향을 주므로 끓는점에 영향을 준다.”(Air pressure로 표현)라는 유형과 “습도가 높아지면 증기압에 영향을 주므로 끓는점에 영향을 준다.”(Vapor pressure로 표현)는 유형으로 다시 구분하였다.

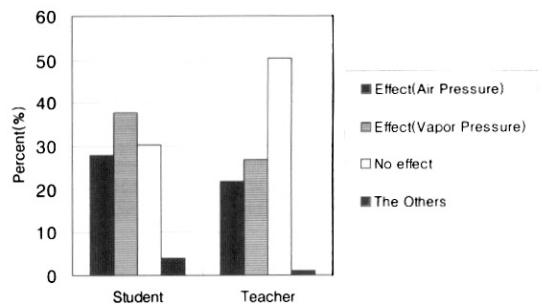


Fig. 2 Students' and teachers' perceptions related to the effect of vapor in the air on boiling.

학생들 중에서는 공기 중의 수증기 양이 증기압에 영향을 주기 때문에 끓음에 영향을 미친다고 생각하는 비율이 37.7 %로 가장 높았다. 그리고 공기 중의 수증기 양이 기압에 영향을 주기 때문에 끓음에 영향을 준다고 생각하는 비율이 27.9 %였으므로, 전체적

1) 교재에는 ‘응결’로 표현되어 있으나, 응축과 응결의 혼용을 통일하기 위하여 응축으로 수정함.

**Table 1**

Students' perceptions related to the effect of vapor in the air on evaporation and boiling

Evaporation		Boiling		Effect		No Effect	The Others	Total
		Air Pressure	Vapor Pressure	Air Pressure	Vapor Pressure			
Effect	Macro	4 ( 3.3)		0 ( 0.0)		5 ( 4.1)	1 (0.8)	10 ( 8.2)
	Micro		49 (40.2)			21 (17.2)	3 (2.5)	64 ( 52.5)
No Effect	Macro	1 ( 0.8)		1 ( 0.8)		5 ( 4.1)	0 (0.0)	7 ( 5.7)
	Micro		29 (23.8)			15 (12.3)	1 (0.8)	38 ( 31.1)
The Others		1 ( 0.8)		1 ( 0.8)		1 ( 0.8)	0 (0.0)	3 ( 2.5)
Total		34 (27.9)		46 (37.7)		37 (30.3)	5 (4.1)	122 (100)

으로 볼 때 65.6 %의 학생들이 공기 중의 수증기량이 끓음에 영향을 미친다고 인식하고 있음을 알 수 있다. 그러나 교사들 중에서는 공기 중의 수증기량이 끓음에 영향을 주지 않는다고 생각하는 비율이 50.0 %로 가장 높았다. 그리고 공기 중의 수증기량이 기압이나 증기압에 영향을 주기 때문에 끓음에 영향을 미친다고 생각하는 비율은 48.4 %로 조금 낮았다.

중학교와 고등학교 교과서에서 끓음은 증기압과 대기압, 혹은 외부 기압과 관련지어 설명하고 있다. 그리고 증기압의 개념을 설명할 때 액체가 증발하여 형성된 기체의 압력과 관련짓기 때문에 공기 중의 수증기와 연결 지어 생각할 가능성이 높다. 그러나 끓음에서 표현하는 증기압은 액체 내부에서 형성되는 기포의 압력(일반화학교재연구회 역, 2002b), 혹은 수증기 이외의 다른 공기의 존재를 배제한 닫힌계에서 액체와 기체상이 공존할 때 측정되는 수증기의 압력이므로, 열린계라고 할 수 있는 공기 중의 수증기에 의해 나타나는 부분압력이 끓음에서 의미하는 증기압과 직접적인 관련을 가진다고 보기 어렵다. 또한 대기압을 형성하는 여러 기체 중 수증기로 인한 압력도 존재하지만, 수증기량의 차이가 전체 대기압에 미치는 영향은 미미하기 때문에 공기 중에 존재하는 수증기량의 변화가 대기압을 변화시킨다고 보기 어렵다.

이러한 측면에서 볼 때, 절반에 가까운 비율의 학생들과 교사들이 끓음에 공기 중의 수증기량이 영향을 미친다고 생각하는 것은 끓음에서 정의하는 증기압이나 대기압의 개념을 제대로 인식하지 못하였기 때문일 가능성이 높다.

**3. 공기 중의 수증기량과 증발 및 끓음과의 관계 비교**  
과학 교과서에서 증발과 끓음은 액체가 기체로 기

화하는 같은 현상으로 제시되어 있다. 따라서 기화의 개념을 과학적으로 형성하기 위해서는 증발과 끓음이라는 두 가지 현상을 올바르게 이해하는 것이 필요하다. 이 두 개념을 어떻게 인식하는지 알아보기 위하여 Table 1에 공기 중의 수증기량이 증발 및 끓음에 미치는 영향에 대한 학생들의 인식을 교차 분석하여 제시하였다.

Table 1에서 알 수 있는 바와 같이 40.2 %의 학생들은 공기 중의 수증기량이 증발이나 끓는 현상에 모두 영향을 미친다고 일관성 있게 생각하고 있었다. 반면에 공기 중의 수증기량이 증발이나 끓는 현상에 모두 영향을 미치지 않는다고 일관성 있게 생각하는 비율은 12.3 %로 매우 낮았다. 그리고 17.2 %의 학생들은 공기 중의 수증기량이 증발에는 영향을 주지만 끓음에는 영향을 주지 않는다고 생각하였고, 23.8%의 학생들은 공기 중의 수증기량이 끓음에는 영향을 주지만 증발에는 영향을 주지 못한다고 생각하고 있었다. 공기 중의 수증기량과 기화 개념 간의 관계에 대한 학생들의 인식 유형이 이렇게 다양하다는 자료를 통해 많은 학생들이 증발과 끓음이라는 기화 개념 형성에 큰 어려움을 느낄 수 있음을 추론할 수 있다.

Table 2에는 공기 중의 수증기량이 증발 및 끓음에 미치는 영향에 대한 교사들의 인식을 교차 분석하여 제시하였다.

교사들의 경우에는 공기 중의 수증기량이 증발과 끓음에 영향을 미칠 것이라고 일관성 있게 인식하는 비율이 24.7 %로 학생들의 인식 비율보다 낮았다. 그리고 공기 중의 수증기량이 증발과 끓음에 영향을 미치지 않을 것이라고 일관성 있게 인식하는 비율은 31.0 %로 학생들의 인식 비율보다 높았다. 이렇게 교사의 과학적 개념 인식 비율이 학생들의 경우보다 높

**Table 2**

*Teachers' perceptions related to the effect of vapor in the air on evaporation and boiling*

		Boiling		Number(%)		
		Effect		No Effect	The Others	Total
Evaporation	Effect	Air Pressure	Vapor Pressure			
		Effect	Macro	6 ( 6.2)	2 ( 2.1)	5 ( 5.2)
Micro	24 (24.7)		10 (10.3)	17 (17.5)	0 ( 0.0)	28 (28.9)
No Effect	Macro	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)	2 ( 2.1)	0 ( 0.0)	2 ( 2.1)
	Micro	22 (22.7)	14 (14.4)	30 (31.0)	1 ( 1.0)	51 (52.6)
The Others		1 ( 1.0)	0 ( 0.0)	2 ( 2.1)	0 ( 0.0)	3 ( 3.1)
Total		21 (21.6)	26 (26.8)	49 (50.5)	1 ( 1.0)	97 (100.0)

지만, 이러한 교사의 인식이 학생들에게 제대로 전달 되지 못한 이유는 과학 교과서의 서술에서 찾아볼 수 있을 것이다. 최경희와 김숙진(1996)은 교사들의 경우 예비 교사 교육을 통해 대학 수준의 과학 개념 형성의 기회를 가지는 반면, 대부분의 과학 수업은 중등학교 교과서의 수준에서 이루어지기 때문에 학교 수업을 통해 학생들에게 전달되는 개념은 교사들이 가지고 있는 개념과는 다르게 전달될 가능성에 대해 언급하였다.

그리고 40.2 %의 교사들은 공기 중의 수증기량이 증발에는 영향을 주지만 끓음에는 영향을 주지 않는다고 생각하거나 끓음에는 영향을 주지만 증발에는 영향을 주지 못한다고 생각하고 있었다. 이는 학생들의 인식 비율과 유사하였다. 이러한 교사들의 인식 비율에 대한 자료는 학생들과 마찬가지로 많은 교사들이 증발과 끓음이라는 기화 개념에 대한 인식에 큰 혼란을 가지고 있음을 의미하는 것이라고 볼 수 있다.

**4. 공기 중의 수증기량과 증발의 관계에 대한 교과서 설명 유형 분석**

중학교 과학 교과서에서 증발 현상을 다루는 부분

은 여러 곳이지만, 공기 중의 수증기량 개념과 연결 지어 증발 현상을 제시하는 내용은 6차 교육과정의 중학교 2학년 과학에서 ‘대기와 물의 순환’ 단원과 7차 교육과정의 중학교 3학년 과학에서 ‘물의 순환과 날씨 변화’ 단원에서 주로 다루고 있다. 따라서 이 단원들을 중심으로 증발에 대한 교과서의 설명 유형을 분자의 움직임으로 설명한 미시적 관점과 물이 마르는 현상 수준의 거시적 관점으로 구분하고, 공기 중의 수증기량이 증발에 영향을 미친다는 관점을 제시한 경우와 관련을 짓지 않은 경우로 나누어 Table 3에 제시하였다.

Table 3에서 보는 바와 같이 중학교 교과서에서는 거시적인 관점으로 증발 현상을 설명하는 비율이 88.2 %로 매우 높으며, 고등학교 교과서에서는 모두 미시적인 관점으로 증발을 설명하고 있었다.

거시적인 관점으로 증발을 설명하는 경우에는 보편적으로 증발을 열린계의 상황에서 표현하고, 공기가 더 이상 수증기를 포함할 수 없는 포화상태에서 더 이상 증발이 일어나지 않는 것으로 묘사하였다. 이 경우의 사례로는 보편적으로 물이나 빨래가 마르는 현상을 제시하였다. 따라서 이 경우에 표현되는 증발을

**Table 3**

*Explanation types of evaporation in middle and high school textbooks*

Vapor in the air	Effect	No Effect	N(%)
Macroscopic view	6M1, 6M2, 6M3, 6M5, 6M6, 6M7, 6M8, 7M1, 7M2, 7M3, 7M4, 7M5, 7M7, 7M8, 7M9		15 ( 88.2)
Microscopic view	6M4, 7M6		2 ( 11.8)
Total of middle school textbooks			17 (100.0)
Microscopic view	6H6	6H1, 6H2, 6H3, 6H4, 6H5, 6H7, 6H8, 6H9, 7H1, 7H2, 7H3, 7H4, 7H5, 7H6, 7H7	16 (100.0)
Total of high school textbooks			16 (100.0)

증발과 응축을 모두 고려한 알짜 증발을 의미하는 것이기 때문에 공기 중의 수증기량에 영향을 받는 것으로 생각할 수 있다.

미시적인 관점의 경우에는 보편적으로, 분자 운동 에너지가 큰 분자가 액체 표면에 존재하는 다른 분자의 인력을 이기고 공기 중으로 튀어나가는 현상으로 증발을 묘사함으로써 물 분자 자체의 운동에너지와 인력의 개념으로 증발을 설명하였다. 따라서 공기 중의 수증기량이 증발에 영향을 미치는 관점은 제시하지 않았다. 이에 대한 교과서의 서술 예를 제시하면 다음과 같다.

액체 표면의 분자들은 내부 분자들에 비해 큰 운동 에너지를 가지고 있어서 주변 분자와의 인력을 이기고 증기가 되어 공간을 튀어나가는 현상을 증발이라고 한다(6H2).

증발되어 기체로 나가는 분자 수와 다시 액체로 돌아오는 분자 수가 같아지게 되면, - 증발 - 증발이 일어나지 않는 것 같이 보이지만 실제로는 증발과 액체로 되돌아오는 과정이 계속해서 일어나고 있는 것이다(6H1).

이러한 미시적 관점의 증발 개념을 그림으로 표현한 경우(Fig. 3)에도 튀어나가는 물 입자의 수는 공기 중의 수증기량과 관련 없이 일정하다는 점을 분자의 수로 표현하고 있다. 그림에서 (가), (나), (다)의 경우 모두 액체 표면으로부터 공기 중으로 이동하는 물 분자의 수는 6개로 항상 일정하다.

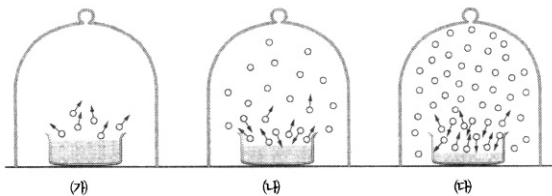


Fig. 3 Vapor in the air doesn't effect on evaporation(6H4).

반면 중학교 교과서 2종에서는 물 분자의 운동으로 미시적인 관점에서 증발 현상을 설명하였으나 공기 중의 수증기량과 관련이 없었다.

물 분자들은 수면에서 공기 중으로 튀어나가기도 하고, 공기 중에서 물속으로 들어오기도 한다. 물이 증발할 때에는 수면으로부터 튀어나가는 물 분자가 들어오는 물 분자보다 많은 경우이다. 그러므로 수면으로부터 나가는 분자 수가 들어오는 분자 수보다 많은 날새일수록 증발량이 많다.(6M4)

Fig. 4의 경우에도 공기 중에 증기량이 작아서 공기 중으로 나가는 양이 액체로 들어오는 양보다 많은

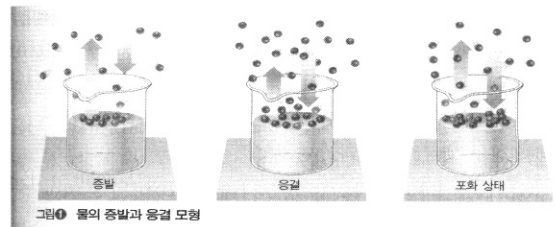


Fig. 4 Microscopic explanation of evaporation related to vapor in the air(7M6).

경우를 증발로 표현하고, 공기 중의 증기량이 많아서 액체로 돌아오는 양이 더 많은 경우를 응결로, 그리고 공기 중의 증기량이 포화되어서 공기 중으로 나가는 양과 액체로 들어오는 양이 같을 때를 포화상태로 표현함으로써 공기 중의 수증기량이 증발에 영향을 미치는 것으로 표현하고 있다. 이러한 관점은 고등학교 화학 II 교과서 중 1종에서도 찾아볼 수 있었다.

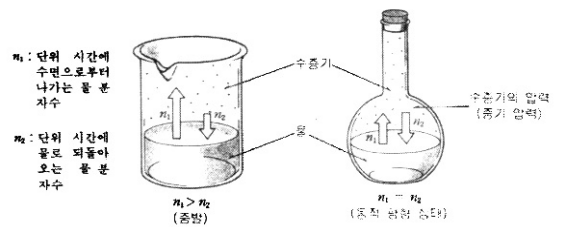


Fig. 5 Microscopic explanation of evaporation related to vapor in the air(6H6).

Fig. 5의 경우에도 공기 중의 수증기량이 적은 열린계의 경우 수면으로 나가는 물 분자수가 물로 되돌아오는 분자 수보다 클 때 증발로 표현하였으며, 닫힌계에서 나가는 물분자수와 되돌아오는 분자 수가 같을 때를 동적 평형상태로 표현함으로써 증발과 공기 중의 수증기량과 관련이 있는 것처럼 묘사하고 있다.

비록 미시적 관점으로 공기 중의 수증기량을 증발과 관련지은 교과서는 분석한 31종의 교과서 중 3종밖에 안 되었지만, 이러한 유형의 사고를 하는 학생들이 52.5%(Table 1)로 매우 높았다. 그러나 상대적으로 교사들은 ‘공기 중의 수증기량이 높으면 증발하는 분자 수는 같지만, 응결하는 분자 수가 많아진다.’ 라는 고등학교 교과서와 같은 내용으로 사고하는 비율이 52.6%(Table 2)로 가장 높았다. 비록 교사들은 공기 중의 수증기량과 증발을 관련짓지 않은 사고 유형을 가지고 있었지만, 이를 배우는 고등학교 학생들은 다르게 인식하는 이유는 바로 중학교 때 배운 증발의 개념 때문일 가능성이 높다.

이와 같이 중학교에서는 거시적 관점으로 증발을

**Table 4**  
Explanation types of boiling in middle and high school textbooks

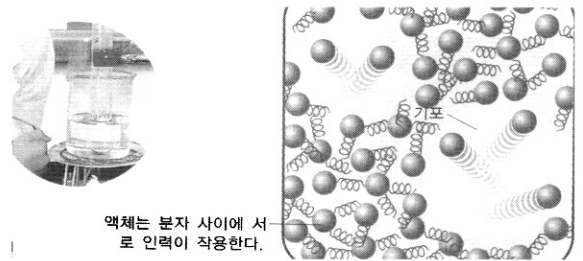
Text book	Effect of air pressure	Effect of vapor & air pressure	No relation	N(%)
Middle school	6M1, 6M2, 6M3, 6M4, 6M5, 6M7, 6M8, 7M1, 7M3, 7M4, 7M5, 7M6, 7M7, 7M8 14(82.4 %)		6M6, 7M2, 7M9 3(17.6 %)	17 (100.0)
High school		6H1, 6H2, 6H3, 6H4, 6H5, 6H6, 6H7, 6H8, 6H9, 7H1, 7H2, 7H3, 7H4, 7H5, 7H6, 7H7 16(100.0)		16 (100.0)

제시하면서 공기 중의 수증기량과 관련을 짓고, 고등학교에서는 미시적 관점으로 증발을 제시하면서 공기 중의 수증기량과는 관련지어 설명하지 않는 상황에서 학생들은 사고의 전환이 잘못 일어났을 가능성이 높다. 즉 고등학교에서 미시적 관점으로 분자가 공기 중으로 나가는 것을 증발이라고 배울 때, 중학교에서 배운 거시적 관점의 증발 현상, 즉 공기 중의 수증기량이 물이 줄어드는 정도에 영향을 미치는 것과 연결되어 분자가 나갈 때 공기 중의 수증기량이 증발 과정에 영향을 미칠 것이라고 사고하게 되었을 가능성이 높다.

끓음의 경우 교과서의 설명 유형을 기압이나 증기압이 영향을 준다는 관점과 영향을 주지 않는다는 관점으로 구분하여 Table 4에 제시하였다.

대부분의 중학교 과학 교과서에서는 액체를 가열하여도 온도가 일정해지는 현상과 관련지어 끓음을 설명한다. 그리고 끓는점은 외부 기압 혹은 대기압에 영향을 받는다는 점을 언급하고 있다. 그러나 어떻게 기압이 끓음에 영향을 미치는지 미시적 분자 운동의 관점에서 설명하지 않으며, 단지 현상적으로만 서로의 관계를 표현하고 있다.

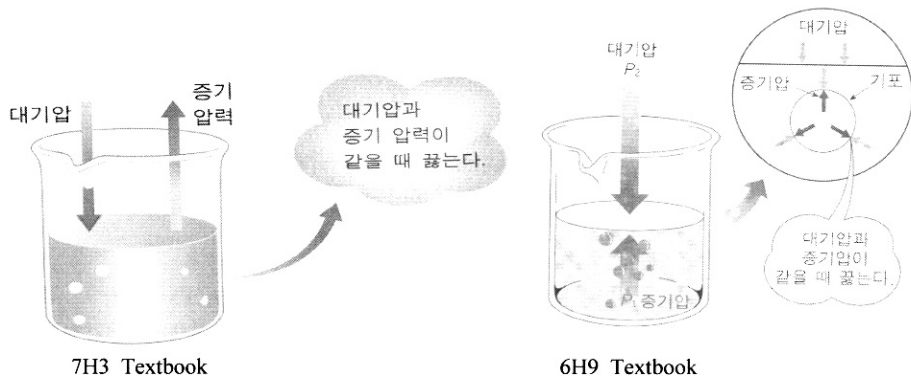
6차 교육과정의 중학교 교과서 한 개(6M6)에서는



**Fig. 6** Attractive forces between molecules are broken off to make air bubbles in the liquid(7M2).

기압과 관련한 설명 대신에 액체 내부에서 기체가 만들어지는 현상으로 설명하였고, 7차 교육과정의 중학교 교과서 2 개(7M2, 7M9)에서는 분자 사이의 인력을 끊고 기포가 만들어지는 관점을 제시하였다(Fig. 6).

모든 고등학교 화학 II 교과서에서는 증기압과 대기압이 같아진다는 개념으로 끓음을 설명하고 있다. 예를 들어, “액체의 증기압력이 대기압(혹은 외부 기압)과 같아지면 액체의 표면에서 뿐만 아니라 내부에서도 기화가 일어난다. 이러한 현상을 끓음이라고 한다(7H5).”라고 제시되어 증기압력과 대기압의 관계로 끓음을 설명하고 있다. 따라서 증기압에 대한 개념의 이해가 선행되어야 끓음을 이해할 수 있다.



**Fig. 7** Different explanations of vapor pressure.



그러나 증기압을 표현하는 시각이 교과서마다 다소 차이가 있었다. Fig. 7에 사례로 제시한 바와 같이, 7H3 교과서에서는 액체 표면에서 대기로 나오는 것을 증기압으로 표현하고 있고, 6H9에서는 액체 내부의 기포 안의 압력을 증기압으로 표현하고 있었다.

한 종의 중학교 교과서(7M3)에서도 고등학교 교과서(6H9)와 유사한 개념의 그림을 제시하였으나, 중학교 교과서에서는 증기압에 대한 설명이 빠져 있기 때문에 정확하게 기포 안의 압력을 증기압이라고 보는 것인지 확인하기 어렵다. 따라서 중학생들이 Fig. 8의 그림을 보고 Fig. 7의 6H9 교과서의 설명과 같은 유형으로 끓음을 이해하기는 어려울 것이다.

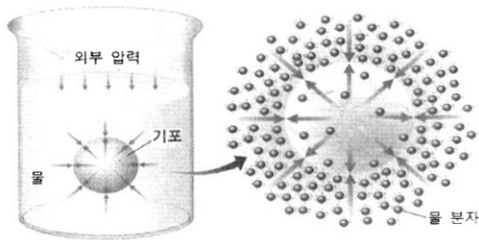


Fig. 8 An explanation of boiling related to air pressure (7M3).

Fig. 7의 7H3와 같은 시각에서는 증기 압력이 액체 표면에서 분자가 나오는 증발과 같은 개념으로 표현되기 때문에 끓음을 증발의 연속으로 이해할 수 있다. 6H2의 교과서에서는 다음과 같이 설명하였다.

액체를 가열하여 온도를 높여주면, 액체의 증기 압력이 외부의 압력과 같아져서 액체 표면 뿐 아니라 액체 내부에서도 증발이 일어난다. 이러한 현상을 끓음이라고 한다(6H2).

그러나 6H9 교과서에서는 증발과 끓음을 이러한 시각으로 보고 있지 않다.

증발은 끓음과 다르다. 증발은 표면에서만 입자가 기체로 변하는 것이며, 끓음은 액체 전체를 통하여 입자가 기체로 변하는 것을 말한다(6H9).

이 교과서에서는 유일하게 증기압을 기포 내 압력(Fig. 7)으로 표현하였다. 그리고 끓음은 다음과 같이 설명하였다.

액체에 열을 가하면 액체 분자는 열에너지를 흡수하여 분자 간의 인력을 끊고 액체 내부로부터 액체 표면으로 나와 액체 전체에 기포가 발생한다. 이와 같은 과정을 끓음이라고 한다.(6H9)

그러나 이 설명에서는 외부의 기압이 분자 간 인력을 끊고 액체 전체에 기포가 발생하게 되는 과정과 어떤 관계를 가지는지에 대해 명확하게 제시하고 있지 못하다. 즉 증기압을 기포 내 압력으로 표현하였으나, 증기압과 외부 기압의 평형과는 관련을 지어 설명하지 못하고 있다.

고등학교 화학 II 교과서에 제시된 증기압의 개념의 유형은 크게 2가지로 구분할 수 있다. 첫째 유형은 밀폐된 용기에서 액체의 증발 속도와 기체의 응결 속도가 같아질 때 증기가 나타내는 압력이라고 정의한 경우이다. 둘째 유형은 공기를 뺀 용기에 액체를 주입하였을 때, 끓은 후 액체와 증기가 동적 평형을 이루었을 때의 압력으로 정의한 경우이다. 이 경우에는 대기압이 존재하지 않기 때문에 대기압의 요인을 고려할 필요가 없다.

대부분의 교과서(6H2, 6H3, 6H4, 6H5, 6H6, 6H7, 6H8, 7H2, 7H3, 7H4, 7H5, 7H6, 7H7)에서는 첫째 유형으로 증기압을 정의하였다. 따라서 증기압과 대기압이 구분되어야 하며, 증기압은 대기 중으로 물이 증발하여 생긴 공기 중 수증기량으로 표현할 수 있다. 만약 증기압을 공기 중의 수증기량으로 이해한다면, 일정한 온도에서 공기 중의 수증기량에 의해 나타나는 ‘습도가 증기압에 영향을 주므로 끓는점에 영향을 준다.’고 생각할 가능성이 높다. 학생들의 응답 유형 중에서 가장 높은 비율(37.7%)이 이렇게 생각하였으며(Table 1), 교사의 26.8%가 이러한 유형으로 인식하고 있었다(Table 2). 대부분의 중학교 교과서에서 기압과 끓음을 관련지어 설명하였는데, 공기 중의 수증기압은 기압에 부분 압력으로 작용한다고 연결짓게 되면, 공기 중의 수증기량이 끓음에 관련될 것이라고 생각할 가능성이 높다. Table 1에서 27.9%의 고등학교 학생들이, 그리고 Table 2에서 21.6%의 화학 전공 교사들이 이렇게 생각하는 것으로 분석되었다. 이러한 문제는 교과서에서 끓음에서 증기압과 외부 기압이 어떻게 관련되는지 명확하게 설명하지 않고 단순히 관계를 묘사하는 수준에서 제시하기 때문에 이에 대한 인식을 학생들과 교사들이 스스로 재구성하는 과정에서 발생하는 오류라고 볼 수 있다.

이러한 문제는 증기압에 대한 첫째 설명 유형에서 공기를 포함한 채 증기압을 정의한 것으로부터 발생하였다고 생각할 수 있으므로 이를 해결하기 위해서는 고등학교에서 증기압의 개념과 끓음을 관련지을 때 공기를 뺀 용기에서 증기압의 개념을 도입하는 단계가 필요하다. 그러나 증기압의 둘째 유형인 ‘공기를 뺀 용기에서의 증기압’을 정의한 교과서는 16종 중에

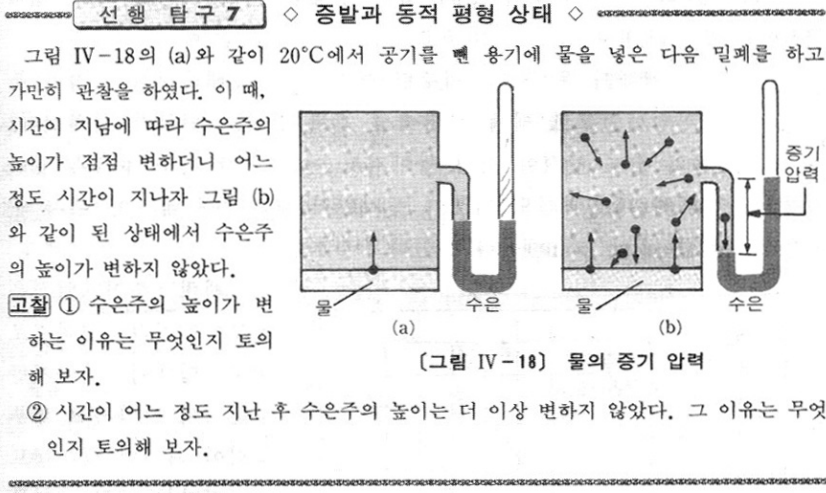


Fig. 9 An Explanation of vapor pressure concept in the absence of air(6H1).

서 2종(6H1, 7H1) 뿐이었다. 그 중에 한 교과서의 설명을 사례로 제시하면 다음과 같다.

공기를 뺀 용기에 물을 넣고 밀폐하여 동적 평형 상태가 될 때 증기의 압력을 증기압이라고 한다.(6H1)

이렇게 공기를 뺀 용기를 가정하고 증기압을 정의할 경우에는 공기 중의 수증기량과 증기압을 관련지을 필요가 없다. 그러나 대부분의 교과서에서는 공기를 뺀 용기를 가정하지 않고, 공기를 포함한 용기 안에서 증기압을 설명하기 때문에 대기압과 증기압을 관련짓게 되어서 끓음의 정의에 혼란을 유발할 가능성이 높다.

또한 외부 기압이 1기압 상태라도 공기 중의 수증기량이 많은 장마철과 건조한 겨울철에 끓는점이 달라진다고 보지 않는다면, 공기 중의 수증기량이 기압에 영향을 미쳐서 끓는점에 영향을 줄 것이라고 생각하는 것에는 문제가 있다고 판단하여야 하지만, ‘끓는 점은 기압에만 영향을 받으므로 습도는 끓는점에 영향을 주지 않는다.’고 인식하는 학생들은 30.3 % 밖에 되지 않았고, 교사들의 경우에도 절반 가까운 교사들이 이러한 인식을 하지 못하고 있었다. 일부 교과서에서는 분자들의 인력 개념을 배제하고 분자 운동의 활발한 정도만으로 끓음을 설명하고 있다.

일반적으로 액체의 온도를 높여주면 액체의 운동 에너지가 커져서 분자 운동이 활발해지므로 액체 상태에서 기체 상태로 변하기 쉬워진다. 이 때, 액체의 증기 압력이 점점 높아져서 어느 순간 외부 압력과 같아지게 되면 액체 내부에서도 기포가 생기면서 끓게 되는데, 이때의 온도를 끓는점이라고 한다.(6H1)

그러나 이렇게 운동에너지의 관점에서만 끓음을 설명하게 되면 끓는점이 물질마다 고유한 성질을 갖는 이유를 설명하기 어렵다. 또한 기포가 발생하는 과정이 액체 내부에서 분자 간의 인력을 끊는 과정이라는 생각과 연결되기도 어렵다.

다른 교과서(6H6)에서는 ‘액체 표면의 분자들은 내부 분자들에 비해 큰 운동에너지를 가지고 있어서 주변 분자와의 인력을 이기고 증기가 되어 공간으로 튀어나간다’고 표현하고 있는데, 이 역시 잘못된 표현이라고 볼 수 있다. 표면에 있는 분자들이 내부의 분자들보다 다른 입자들과 인력이 작용하는 정도가 작기 때문에 쉽게 공기 중으로 나갈 수는 있으나, 표면의 분자 운동에너지가 더 클 이유가 있는 것은 아니기 때문이다. 이렇게 미시적인 관점으로 분자의 운동을 표현하는 부분에서도 교과서마다 시각의 차이를 찾아볼 수 있었다.

#### IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 끓음의 정의에서 요구되는 증기압과 대기압의 개념을 공기 중의 수증기량 개념과 관련지어 질문함으로써 대기압, 증기압에 대한 고등학교 학생들과 화학 전공 교사들의 인식 유형을 분석하고자 하였다. 이를 통해 미시적 관점을 요구하는 과학 개념이 인식되는 사고 과정에서 발생하는 문제점을 알아보고자 하였다.

연구 결과, 증발의 개념에서 학생들과 교사들은 모두 미시적인 관점으로 현상을 이해하는 비율이 높았다. 그러나 과학 교사들이 미시적인 관점에서 과학적

개념을 형성하고 있는 비율이 높음에 반해, 학생들은 거시적 관점에서 증발이 안 일어나는 것처럼 보이는 현상과 미시적인 분자 운동의 관점을 명확하게 분리하여 이해하지 못함으로써 공기 중의 수증기량과 증발 사이의 관계에서 인식의 혼란이 유발되는 것으로 나타났다. 교과서를 분석한 결과, 대부분의 중학교 교과서에서 증발 현상을 거시적인 관점으로 제시하고, 고등학교 교과서에서는 미시적인 관점으로 제시하고 있었다.

따라서 중학교를 거쳐 고등학교에서 증발 개념을 배우게 되는 고등학교 학생들이 거시적 관점을 중학교에서 배운 거시적 관점과 연결시키는 과정에서 인식의 혼란이 유발되었을 가능성이 높다고 판단된다. 심지어 일부 교과서에서는 학생들이 가지는 개념의 혼란을 그대로 포함하는 형태로 내용이 제시되어 있었다. 이는 교과서를 저술하는 저자들 역시 학생들과 유사한 인식의 문제를 가지고 있음을 의미하는 것이라고 볼 수 있다. 거시적인 관점의 증발은 미시적 관점에서 일어나는 증발과 응결의 차이로 관찰되는 일상적인 의미로 해석할 수 있다. 따라서 이러한 혼란은 증발의 과학적 의미와 일상적 의미의 혼동에서 유발된 시각이라고 볼 수 있다.

끓음의 개념에서 학생들과 교사들의 사고 유형은 차이가 났는데, 학생들은 공기 중의 수증기량이 증기압이나 대기압에 영향을 미친다고 생각하는 비율이 높았으나, 교사들은 공기 중의 수증기량이 영향을 미치지 않는다는 과학적 사고 유형의 비율이 높았다. 보편적으로 중학교 교과서에서는 끓음이 대기압에 영향을 받는다는 내용을 제시하지만, 어떻게 영향을 미치는지 미시적인 분자 운동의 관점에서 설명하지 않고 단순히 현상을 거시적으로 묘사하고 있다. 고등학교 교과서에서는 끓음을 증기압과 관련지어 제시한다. 그리고 이때 제시하는 증기압은 증발로 인해 형성된 공기 중의 수증기 개념과 관련지음으로써 많은 학생들이 끓음과 공기 중의 수증기가 관련을 가진다고 인식하게 되었을 가능성이 높다. 그리고 대기압 중 공기 중의 수증기압이 부분 압력으로 작용한다고 배우기 때문에 이 역시 공기 중의 수증기량이 끓음에 영향을 미친다고 생각하게 하는 요인으로 작용할 수 있다.

교과서에 제시된 증기압의 정의 중에서 가장 큰 문제는 교과서에 따라 증기압의 개념을 다르게 표현하고 있다는 점이었다. 대다수의 교과서에서 증기압을 증발이 일어난 후 동적 평형 상태에서 공기 중의 수증기 부분 압력으로 표현하고 있었으며, 일부 교과서에서만 공기를 뺀 닫힌계에서 액체와 공존하는 순수

한 수증기만의 압력으로 증기압을 표현하였다. 따라서 이러한 증기압 개념에 대한 교과서 표현의 차이가 증기압에 대한 학생들과 교사들의 이해에 혼란을 유발할 수 있으며, 궁극적으로는 끓음의 개념을 이해하는데 걸림돌로 작용하였을 것이라고 생각한다.

많은 경우 학생들의 혼란은 교과서의 서술 유형과 관련이 깊었다. 교과서마다 증발과 끓음을 같은 현상으로 설명하기도 하고, 구분하여 다르다고 표현하기도 하였다. 증기압의 개념을 설명하는 유형도 다양하고, 빨래가 잘 마르는 상황이나 잘 마르지 않는 상황이나 증발 속도는 같다고 표현한 경우도 있고 다르다고 표현한 경우도 있었다.

교사들은 학생들보다는 상대적으로 과학적 개념을 가지고 있는 비율이 높았으나, 증발과 끓음이라는 두 가지 다른 기화 현상에 대해 학생들 뿐 아니라 교사들도 일관성 있는 사고 유형을 가지고 있지 못하는 것으로 나타났다. 따라서 학생들이 배우는 교과서 뿐 아니라 교사의 혼란도 학생들의 사고 과정에 있어서 드러나는 혼란의 원인으로 작용할 가능성이 높다. 따라서 표현의 차이가 발생하게 되는 원인과 함께 이러한 차이가 학습에 미치는 영향에 대한 보다 구체적인 연구가 앞으로 뒤따라야 할 것이다.

과학이란 단순히 자연 현상의 규칙성을 묘사하는 수준을 넘어서 그 이유에 대한 사고를 포함하여야 한다. 그리고 이러한 사고는 보편적으로 거시적 관점의 설명과 관련이 깊다. 이해정 등(2004)의 연구에 의하면 학생들이 가지는 과학적 의문 유형 중에서 가장 높은 비율을 차지한 것은 인과적 질문이었다. 인과적 질문이란 바로 “왜 그렇게 되는가?”라는 이유에 관련된 질문이기 때문에 결국 과학을 배우면서 학생들이 가장 알고 싶어 하는 내용은 이러한 것이라고 볼 수 있다.

그러나 보편적으로 중학교 교과서에서의 서술 방식은 이러한 인과적 질문에 대한 답을 제공하는 형태가 아니라, 자연 현상을 묘사하는 수준에 그치는 경우가 많다. 따라서 증발과 같은 개념을 설명할 때에도 고등학교와는 달리 거시적으로 보았을 때 빨래가 마르지 않거나 물이 마르지 않으면 증발이 일어나지 않는다는 표현을 사용한다. 그러나 고등학교에서는 미시적 관점을 제공하기 때문에 빨래가 마르지 않는 것은 증발이 안 되기 때문이 아니라 응결이 더 많이 되기 때문이라는 다른 시각으로 같은 개념을 표현한다. 또한 고등학교 교과서에서는 “공기를 뺀 용기에서”나 “닫힌계에서”, “동적 평형 상태에서”와 같은 특수한 이론적 상황에 국한하여 증기압과 같은 개념을 설명함으

로써 열린계와 대기압 하에서 흔히 관찰되는 증발이나 끓음이라는 자연 현상을 이해하는데 어려움을 준다.

이 연구를 통해 찾아낸 가장 중요한 문제는 중학교 교과서에 제시된 관점과 고등학교 교과서에 제시되는 관점 사이에 차이가 있을 경우, 이를 적절히 연결시켜 줄 수 있는 중간 단계 사고에 필요한 연결 고리가 필요하다는 점이다. 강대훈(2001)은 학생들의 선개념이 견고한 이유를 교과서의 부적절한 설명과 교사의 낮은 이해 때문이라고 지적하였으며, 고영환(2002)은 교과서의 통일된 개념 제시가 학생들의 개념에 대한 혼란을 막을 수 있다고 하였다.

Ausubel에 의하면 개념간의 관계를 인식하는 것이 유의미 학습에서 매우 중요하다. 그리고 교과서와 교사의 설명을 통해 학생들이 개념 간의 조직적인 관계를 인식함으로써 종합적인 지식 체계를 형성하는 것은 효과적인 과학 학습을 위해 매우 중요한 일이다. 이를 위하여 우선 학생들에게 제시하는 개념들의 실사성과 구축성을 갖추는 일은 논리적 유의미가를 높이기 위해서도 선행되어야 할 조건이다. 개념의 실사성과 구축성을 갖추기 위해서는 증발이나 증기압의 정의와 표현 양식에 있어서의 시각 차이를 통일시키는 것이 필요하다.

만약 끓음에서 도입되는 증기압의 개념을 액체 내 기포 안의 압력으로 통일하여 제시한다면, 일부 교과서에서만 부분적으로 제시되는 여러 가지 개념들의 유의미한 연결이 효과적으로 일어날 수 있다. 예를 들어 끓는점이 물질의 고유한 성질인 이유를 입자 간의 인력이 고유한 값이기 때문이라고 표현할 수 있으며, 끓을 때 우리가 액체 안에서 생성되는 기포는 에너지를 받아 액체 분자들의 운동이 활발해지면서 액체 사이의 입자간 인력이 끊어지는 현상이라고 표현할 수 있다. 그리고 이렇게 형성된 기포 안의 기체 압력이 바로 증기압이기 때문에, 이 증기압은 수압을 극복해야 형성될 수 있다. 그리고 수압은 바로 물 위에서 물을 누르고 있는 대기압, 혹은 외부 기압의 영향을 받는다.

증발의 경우에도 액체 분자들이 인력을 끊지만, 이 경우는 액체 표면의 인력이 액체 내부의 인력보다 약하기 때문에 액체 표면에서만 일어난다. 따라서 증발이 일어날 때에는 수압을 극복할 필요가 없다. 수압은 물 입자 사이의 간격을 더욱 좁히기 때문에 결국 물 분자 사이의 인력을 더욱 강하게 만드는 원인이 된다. 보통 액체를 비탄성물질로 가정하는 경우가 많지만, 액체도 압력이나 온도에 따라 팽창하거나 수축하는 것이 가능하기 때문에 온도계와 같은 물건을 만들 수 있다. 따라서 수압이 커지면 물 분자 사이의 인력이

커져서 이를 끊고 기체가 되기 더욱 어려워지므로 증기압도 커지게 되어서 수압이 커지면 끓는점이 더욱 올라간다고 설명할 수 있다.

어느 교과서에서도 끓음을 설명할 때 수압의 개념을 도입하지 않았지만, 분자간의 인력과 기포 형성은 수압의 개념이 도입되어야 비로소 연결이 이루어진다. 그리고 수압과 외부 기압의 관계가 연결되어야 비로소 중학교 과학 교과서에서 묘사하는 외부 기압이 끓음에 미치는 영향을 분자 간 인력이나 분자운동 에너지, 기포 형성 등 다른 여러 가지 개념들과 연결 지어 설명할 수 있게 된다. 이러한 유의미한 연결 고리를 추적하는 과정을 통해 교과서의 설명에서 빠졌으나 매우 중요한 연결 고리의 역할을 하는 수압의 개념을 찾아낼 수 있다.

반면에 증기압을 액체의 증발을 통해 증기와 동적 평형에 도달하였을 때 공기 중의 증기 분압으로 설명하게 되면 여러 가지 개념간의 연결 고리에 문제가 발생하게 된다. 앞서 분석한 바와 같이, 증기압은 공기 중에서 수증기의 부분압력으로 표현하는 경우와 공기를 뺀 상태에서 액체와 기체의 동적 평형 상태일 때 기체의 압력으로 표현할 수 있는데, 단히계에서라면 같은 상황을 의미하는 것임을 충분히 이해할 수 있는 학자의 수준이라면 이러한 표현의 차이는 사소한 것일 수 있다. 그러나 후자의 표현은 절대적으로 단히계에서만 가능한 사고인데 반해, 전자의 사고는 열린계에서 대기 중에 존재하는 수증기량의 개념으로 이해하게 될 때 문제가 발생할 수 있다. 이 연구에서는 끓음을 정의할 때 표현하는 증기압을 열린계에서 온도가 일정할 때 공기 중의 수증기량에 의해 나타나는 수증기 분압으로 받아들이게 되면 나타나는 다양한 혼란을 증발과 끓음에 대한 교사와 학생들의 인식 유형 차이 비교를 통해 확인해 볼 수 있었다.

따라서 앞으로도 학생들과 교사들이 혼란을 느끼는 과학 개념의 문제점을 개념 간의 유의미한 연결 측면에서 살펴보고, 개념과 개념 간의 연결에 필요한 중간 고리에 해당하는 개념을 도입하여, 교과서의 내용을 재구성하거나 교수 과정을 재구성하는 노력이 필요하다고 본다. 또한 이러한 개념 전개의 재구성을 통해 학습자의 과학 개념 형성 과정에 미치는 효과 등을 알아보는 후속적인 연구도 필요할 것이라고 본다.

## 국문 요약

이 연구에서는 개발한 설문지를 통해 공기 중의 수증기량이 증발과 끓음에 미치는 영향에 대한 고등학교 생과 화학 전공 교사들의 인식을 조사하였다. 교과서

의 서술에서 증발과 끓음은 기화라는 개념으로 연결되어 제시되고, 끓음은 증기압과 대기압의 관계로 설명되며, 증기압은 증발로 형성된 공기 중의 수증기 개념으로 연결되어 제시되어 있다. 이러한 개념간의 연결 사이에서 일어나는 다양한 인식들을 고등학생들의 경우와 화학 전공 교사들의 경우로 구분하여 비교하여 보았다. 또한 다양한 인식들이 형성된 배경을 알아보기 위하여 교과서의 관련 내용을 분석하였다.

연구 결과, 많은 학생들이 공기 중의 수증기량과 증발 및 끓음은 관련이 있다고 생각하였다. 그러나 이들은 거시적인 수준에서 설명되는 증발 현상과 미시적인 수준에서 이루어지는 물 입자들의 증발을 구분하지 못하였다. 또한 공기 중의 수증기가 증기압과 끓음에도 영향을 미친다고 생각하였다. 교사들의 경우에는 과학적 개념의 형성 비율이 학생들보다 높았으나, 많은 교사들이 학생들과 유사하게 증발과 끓음에 대해 다양한 인식을 하고 있었다. 교과서에서는 보편적으로 거시적인 관점에서 증발과 끓음의 현상을 설명하였으며, 미시적인 관점을 제시하는 경우에도 개념들간의 연결이 제대로 이루어지지 않았다.

### 참고 문헌

강대훈 (2001). 용해 현상에 대한 학생들의 개념 유형 및 교사들의 지도 실태. 한국교원대학교 박사학위 논문.

강만식, 정창희, 이원식, 한인섭, 박은호, 이창진, 김일희, 장병기, 정병훈, 윤용, 이태욱, 한천옥 (2002). 중학교 과학 3. (주) 교학사.

강영희, 조완규, 권숙일, 나일성, 소현수, 조희구, 이민호, 윤길수, 하효명, 서평웅, 김종권, 이영만, 목창수 (1994). 중학교 과학 2. 두산동아.

고영미 (2001). 증발과 증발 조건에 대한 유초중학교 아동의 개념 연구. 한국교원대학교 석사학위 논문.

고영환 (2002). 화학과 생물 교과서에 제시된 삼투 개념과 고등학교 과학 교사와 학생의 삼투 개념 분석. 한국교원대학교 박사학위 논문.

공구영, 김진규, 이광만, 허동, 김택중, 정문호, 이기성, 김병국, 안태근, 김영국, 김수웅, 정익현, 박병훈 (1994). 중학교 과학 2. 지학사.

국동식 (1988). 물의 상태 변화에 대한 중, 고등학생의 개념 형성에 관한 연구. 한국과학교육학회지, 8(1), 33-42.

권재술, 김범기, 최병순, 현종오, 이길재, 임건일, 정진우, 이연우, 홍성일 (1994). 중학교 과학 2. 한샘출판(주).

김시중, 문정대, 이종면, 구창현, 이상진 (1995). 화학 II. 금성출판사.

김시중, 정완호, 한복수, 우종욱, 이종면, 임경배, 정근화, 민경덕, 구창현, 이광석, 최동형, 김병국, 이상진, 박범익 (1994). 중학교 과학2. 금성출판사.

김정률, 고현덕, 김재현, 김남일, 임용우, 동효관, 김선주, 남철주, 김영순, 이준용 (2002). 중학교 과학 3. (주)블랙박스.

김찬중, 김희백, 박시진, 오차환, 양재철, 장홍식, 정진문, 조현수, 최후남, 한송희, 현종오, 홍경희 (2002). 중학교 과학 3. (주)도서출판 디딤돌.

김희준, 윤경병, 이준용, 황성용, 이복영, 전화영 (2002). 화학 II. (주) 천재교육.

박봉상, 김운우, 홍달식, 박문수, 정대영, 심국석, 심중섭, 최진복, 장정찬, 최병수, 진만식 (2002). 중학교 과학 3. 동화사.

박봉상, 서정쌍, 박희승, 김운우, 정대영, 허성일, 서광호, 최병수 (1994). 중학교 과학 2. 동화사.

박선양 (2000). 일상적 상황에서 물의 상태 변화에 대한 학생들의 반응 유형 분석. 한양대학교 석사학위 논문.

박원기, 윤석진 (1995). 화학 II. (주)지학사.

박택규, 정규철, 김두탁 (1995). 화학 II. 박영사.

백성혜 (2000). 물리 변화와 화학 변화의 구분. 화학교육, 27(1), 78-80.

소현수, 안태인, 최승언, 박건식, 목창수, 김종권, 김득호, 구수길, 박완규, 김완섭, 김영산, 이미하 (2002). 중학교 과학 3. (주)두산.

소현수, 윤길수, 이영만, 허성일, 김용원 (1995). 화학 II. (주)두산.

송인명, 이춘우, 오제직, 최석남, 박영철, 문형태, 우영균, 박종흠 (1994). 중학교 과학 2. (주)교학사.

송호봉, 이재호, 이진현, 강금덕, 양기열, 구인선, 정관영 (2002). 화학 II. 도서출판 형설.

송호봉, 정용순 (1995). 화학 II. 형설출판사.

신인철 (1992). 증발과 응결에 대한 국민학생들의 개념 조사. 한국교원대학교 석사학위 논문.

양영민 (1992). 증발과 응결에 대한 국민학교 학생들의 개념 조사. 한국교원대학교 석사학위 논문.

여상인 (2001). 초등학교 예비교사의 증발과 응결 현상에 대한 이해. 인천교육대학교 과학교육논총, 13, 209-224.

여상인, 이진승, 김홍석 (2002). 화학 II. (주)지학사.

여수동, 여환진, 장영근, 이규욱 (1995). 화학 II. 청문각.

여수동, 여환진, 장영근, 이규욱, 조춘현, 박현영, 양도권, 이충길 (2002). 화학 II. 청문각.

예종성 (1999). 초등학생들의 증발과 응결에 대한 대안적 개념 연구. 부산교육대학교 석사학위 논문.

우규환, 김강진, 이인길, 여상인 (1995). 화학 II. (주) 천재교육.

우규환, 최석남, 오두환, 한은택, 김봉래, 강봉주 (2002). 화학 II. (주)중앙교육진흥연구소.

우규환, 홍종배, 안태인, 권병두, 진황운, 손영진, 이광운, 전성용 (1994). 중학교 과학 2. (주)천재교육.

윤용, 정지오, 박종석, 김영호 (2002). 화학 II. (주)교학사.

윤재화 (2001). 초등학교 학생들의 증발과 응결에 관한 개념 변화 유형 조사 연구. 서울교육대학교 석사학위 논문.

이광만, 허동, 이경운, 정분호, 방태철, 이기성, 안태근, 정상운, 복완근, 정익현, 박병훈, 박정일, 정수도, 김경수, 박지극, 송양호, 이천기 (2002). 중학교 과학 3. (주)지학사.

이덕환, 김대수, 심국석, 전석천, 이정희, 심중섭, 서인호, 노기중 (2002). 화학 II. (주)대한교과서.

이성묵, 채광표, 김기대, 이문현, 권석민, 손영운, 노태희, 정지오, 서인호, 김영수, 김운택, 이세영 (2002). 중학교 과학 3. (주)금성출판사.

이윤정 (1994). 국민학교 4, 5학년 학생들의 증발과 응결에 대한 선개념 유형과 경험 활동 학습을 통한 개념 변화 연구. 이화여자대학교 석사학위 논문.

이정화 (1994). 국민학교 저학년 학생의 증발과 응결에 대한 선개념 조사 및 수업을 통한 개념 변화. 이화여자대학교 석사학위 논문.

이혜정, 정진수, 박국태, 권용주 (2004). 초등학생들과 초등예비교사들이 관찰활동에서 생성한 과학적 의문의 유형. 한국과학교육학회지, 24(5), 1018-1027.

일반화학교재연구회 역 (2002a). 일반화학 (제3판). 자유아카데미.

[원전: Brady, J. E., Russell, J. W., & Holum, J. R. (2000). Chemistry-Matter and its changes (3rd Ed.). John Wiley & Sons, Inc.]

일반화학교재연구회 역 (2002b). 일반화학 (제4판). 자유아카데미.

[원전: Masterton, W. L., & Hurley, C. N. (2001). Principles and reactions chemistry (4th Ed.). Thomson.]

임명혁 (2001). 물의 상태 변화와 상태변화의 조건에 대한 유아, 초등, 중학교 학생들의 개념 분석. 한국교원대학교 석사학위 논문.

전정수 (2003). 증발과 끓음에 대한 중학교 학생들의 개념 조사. 한국교원대학교 석사학위 논문.

정구조, 류재홍, 이대형 (1995). 화학 II. (주)동아서적.

정애경 (2003). 증발과 끓음에 대한 중등 교과서의 개념간 관련성 분석 및 과학교사들의 인식 조사. 한국교원대학교 석사학위 논문.

정완호, 우종욱, 권재술, 김범기, 최병순, 정진우, 김성하, 백성혜, 이석형, 이봉호 (2002). 중학교 과학 3. (주)교학사.

정창희, 정창희, 이원식, 강만식, 이인규, 송희정, 윤홍식, 이금휘, 한인섭, 박은호, 문찬호, 윤용 (1994). 중학교 과학2. (주)교학사.

최경희, 김숙진 (1996). 과학 교과서 선정과 평가에

관련된 교사들의 인식조사와 과학 교과서 평가를 개발에 관한 연구. 한국과학교육학회지, 16(3), 303-313.

최돈형, 김동영, 김봉래, 김재영, 노석구, 신영준, 이기영, 이대형, 이면우, 이명제, 이상인, 전영석 (2002). 중학교 과학 3. 도서출판 대일도서.

최병순, 김효남, 강순희, 신인철 (1993). 증발과 응결에 대한 국민학생들의 개념 조사. 한국과학교육학회지, 13(1), 92-99.

최병순, 김효남, 강순희, 김영준 (1994). SPACE 수업 전략이 국민학교 아동들의 증발과 응결 개념 변화에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 14(3), 272-284.

Bar, V., & Travis, A. S. (1991). Children's views concerning phase changes. Journal of Research in Science Teaching, 28(4), 363-382.

Bar, V., & Galili, I. (1994). States of children's view about evaporation. International Journal of Science Education, 16(2), 157-174.

Chang, J-Y. (1999). Teachers college student's conceptions about evaporation, condensation, and boiling. Science Education, 83(5), 511-526.

Hwang, B. T., & Hwang, H. W. (1990). A study of cognitive development of the concepts of solution. Research report sponsored by National Science Council, R.O.C(Grant No. NSC79-0111-S003-021-D). Taipei: NSC.

[Chang, J-Y. (1999). Teachers college student's conceptions about evaporation, condensation, and boiling. Science Education, 83(5), 511-526.]에서 재인용

Johnson, P. (1998a). Children's understanding of changes of state involving the gas state, Part 1: Boiling water and the particle theory. International Journal of Science Education, 20(5), 567-583.

Johnson, P. (1998b). Children's understanding of changes of state involving the gas state, Part 2: Evaporation and condensation below boiling point. International Journal of Science Education, 20(6), 695-709.

Osborne, R. J., & Cosgrove, M. M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. Journal of Research in Science Teaching, 20(9), 825-838.

Russel, T., & Watt, D. (1990). Evaporation and condensation: Primary SPACE Project Research Report. Liverpool University Press.

Stavy, R. (1988). Children's conception of gas. International Journal of Science Education, 10(5), 553-560.

Stavy, R. (1990). Children's conception of changes in the state of matter: from liquid (or solid) to gas. Journal of Research in Science Teaching, 27(3), 247-266.

Tytler, R. (2000). A comparison of year 1 and year 6 student's conception of evaporation and condensation: dimension of conceptual progression. International Journal of Science Education, 22(5), 447-467.