

# 물질의 상태에 관한 중·고등학생들과 과학교사들의 분류 기준에 대한 유형 분석

김선경\* · 김영미<sup>1</sup> · 백성혜<sup>2</sup>

광주과학고등학교\* · 발안중학교<sup>1</sup> · 한국교원대학교<sup>2</sup>

## Type Analysis of Secondary School Students' and Science Teachers' Criteria for Classifying the States of Matter

Sun-Kyoung Kim\* · Young-Mi Kim<sup>1</sup> · Seung-Hey Paik<sup>2</sup>

Kwang-Ju Science High School\* · Balan Middle School<sup>1</sup> · Korea National University of Education<sup>2</sup>

**Abstract:** The purposes of this study are to investigate and compare the characteristics of classification criteria of secondary school students and science teachers in relation to the three states of matter. For this research, 76 middle school students in the 7th grade who studied microscopic viewpoints about classifying the state of matter for the first time, 69 high school students in the 12th grade who studied Chemistry I and II courses successfully, and 130 secondary school science teachers, through a questionnaire. As a result, while having learned the three states of matter in the microscopic viewpoints, the majority of middle school students showed a high percentage of classification in the macroscopic viewpoints. For high school students, their percentage of classification included high microscopic viewpoints about solid and gas, the percentage of classification included macroscopic viewpoints about liquid state as also high. The secondary school teachers gave answers in the macroscopic viewpoints and microscopic viewpoints equally, but their answers were just representation of the viewpoints list without the meaningful connection of the two type of viewpoints. To solve these problems, It is necessary to form connective change from the macroscopic viewpoints to the microscopic viewpoints about the criteria for classifying the States of Matter and various educational efforts.

Key words: states of matter, classification, microscopic viewpoints, macroscopic

### I. 서론

과학은 자연 현상을 설명하는 합리적인 체계를 발견하는 과정이다. 이러한 체계 중에는 공통적인 특성을 중심으로 사물을 이해하는 분류과정이 포함된다. 분류과정을 통해서 사물의 공통적인 특성을 이해하고, 이렇게 형성된 개념은 다른 사물들을 분류할 수 있는 기준을 제공한다(권재술 등, 1998). 이러한 분류과정은 다양한 형태로 교과서에 제시되어 있다. 예를 들면 암석의 종류를 그 특성에 따라 분류하거나, 생물의 종류를 그 특성에 따라 분류하는 것이 대표적이다. 또한 화학에서는 물질을 그 상태에 따라 고체, 액체, 기체로 분류하기도 한다. 물질의 세 가지 상태는 화학교육과정에 있어서 기초적인 개념으로 7차 과학교육과정에서는 초

등학교 3학년과정에 제시되어 있으며, 중학교 1학년과정에서는 ‘물질의 세 가지 상태’라는 단원을 통해 미시적 관점으로의 물질의 상태 분류과정을 다룬다.

초등학생과 중등학생, 그리고 화학을 전공한 대학생 등을 대상으로 물질의 세 가지 상태에 대한 다양한 연구들이 진행되었는데(강태정, 2000; 최경숙, 2003; 최후남, 1991; Charly, 1990; Johnson, 1998; Krmel & Watson, 2005; Shepherd & Renner, 1982; Stavy, 1988; Stavy & Stachel, 1985; Tsai, 1998), 특히 기체 상태에 대한 이해에 어려움이 많은 것으로 나타났다.

초등학생들의 경우에는 거시적인 현상들을 통해 물질을 분류하는 경향성이 있는데, 특히 기체는 시각과 촉각으로 느낄 수 없는 예들이 많기 때문에 고체와 액체에 비해 많은 오개념이 존재하며(강태정, 2000), 가

\*교신저자: 백성혜(shpaik@knu.ac.kr)

\*\*2007.02.12(접수) 2007.04.03(1심통과) 2007.05.01(2심통과) 2007.05.14(최종통과)

\*\*\*이 논문은 한국교원대학교 2007학년도 기성회계 학술연구비 지원을 받아 수행하였음

루물질에 대해서도 단순히 거시적인 특성을 기준으로 액체로 분류하려는 경향이 있는 것으로 보고되었다 (Stavy & Stachel, 1985). 이러한 경향성은 중학생들에도 동일하게 나타났다는 보고가 있다(최경숙, 2003; 최후남, 1991; Johnson, 1998; Stavy & Stachel, 1985). 학년이 높아지더라도 물질의 상태를 분류하는데 이러한 어려움을 겪는 이유 중의 하나로 다양한 연구에서는 물질의 상태구분에 대한 거시적 관점에서의 사고 과정을 지적하고 있다(Gabel, 1993; Johnson, 1998; Nakheh & Samarapungavan, 1999; Shepherd & Renner, 1982; Stavy, 1988; Stavy & Stachel, 1985). 물질의 상태를 분류함에 있어 발생하는 오개념들은 물질의 상태에 대한 거시적인 특징을 미시적 관점과 관련지어면서 발생한 것이며(Shepherd & Renner, 1982), 또한 물질의 거시적 성질과 미시적 관점의 관련이 제대로 이루어지지 못하였기 때문이라고 주장한다(Stavy & Stachel, 1985). 때문에 기체라는 개념을 제대로 형성하려면 미시적인 입자 개념이 선행되어야 하며(Johnson, 1998; Stavy, 1988), 이러한 미시적인 입자성은 물리적, 화학적 현상에 대한 이해에 효과가 있어 인지 수준이 낮은 학생들에게도 그 효과가 나타났다는 보고가 있다(Gabel, 1993). 세부적으로 Nakheh 와 Samarapungavan(1999)은 7세부터 10세까지의 아동들 15명을 대상으로 한 그들의 연구에서 물질의 성질에 대한 초등학교 수업은 학생들이 본질적이고 자기-설명적인 거시적 특징을 나타내는 관점에서 미시적 입자로 구성된 물질에 대한 사고로 존재론적 전환을 돕는데 초점을 맞춰야한다고 주장하였다. 그러나 한유화 등(1999)은 우리나라 초등학교와 중학교 과학교과서의 화학영역에 대한 연계성을 분석한 결과, 물질의 거시적 세계를 다루는 영역에서는 내용 체계가 점차적으로 심화되고 있으나, 물질의 미시적 세계를 다루는 영역에서는 내용체계의 연계성이 부족함을 지적하였다.

현행 우리나라 교육과정에서는 초등학교에서 물질의 겉보기 성질을 중심으로 물질의 세 가지 상태에 대한 거시적 관점의 분류 기준을 제시하고 있으며, 중학교 1학년 과학에서는 미시적 관점과 거시적 관점을 모두 제시하고 있다(교육인적자원부, 2003a; 2003b). 화학교재는 실제 활동을 통하여 얻어진 거시적 경험과 미시적 설명이 연결되도록 쓰여야 한다(Hidar & Abraham, 1991). 그렇지 않다면 학생들은 거시적 수준으로만 현상을 보려하기 때문에 화학현상을 이해하는데 많은 오개념을 가질 수 있다(김선경, 2002; 김주현, 2000; Gabel, 1993; Shepherd & Renner, 1982; Stavy & Stachel,

1985; Tsai, 1998).

지금까지 연구결과들로부터 많은 학생들이 물질의 상태를 구분하는 데 어려움을 겪고 있으며, 또한 물질의 상태를 구분함에 있어 미시적 관점의 이해가 매우 중요함을 알게 되었다. 그러나 그 연구대상은 유치원생부터 대학생들로 특정한 물질을 고체, 액체, 기체 중 어떠한 상태로 분류하는지, 또한 분류함에 있어 나타나는 오개념의 원인이 무엇인지를 파악해보는 것에 초점을 두었다. 이 연구에서는 현장에서 직접 학생들을 가르치고 있는 현직 과학교사까지 대상을 확대하여 이들이 세 가지 상태를 분류함에 있어 어떠한 관점을 적용하고 있는지와 중학교 1학년과정에 처음으로 도입된 미시적 관점에서의 학습은 세 가지 상태를 분류하는데 어떠한 효과를 나타내는지 분석하고자 한다. 또한 고체, 액체, 기체 상태의 분류 기준에서 나타나는 중·고등학교 학생들과 과학교사들의 특징을 비교하여 살펴보고자 한다.

## II. 연구 내용 및 방법

### 1. 연구대상

중·고등학교 학생들과 과학교사들의 물질의 세 가지 상태에 대한 분류 기준을 알아보기 위해 대도시에 소재한 중학교 1개, 고등학교 1개, 중부권에 위치한 교육대학원에 재학 중인 중등학교 과학교사를 대상으로 검사지를 투입하였다. 중학생의 경우 그 지역의 상위권 학교의 1학년 학생들로 76명에게 투입하였고, 설문을 실시한 시기는 2학기 중순에서 말경이었으므로 1학년 과학 시간에 다루는 ‘물질의 세 가지 상태’ 단원에서 물질의 상태에 대한 미시적 관점에서의 분류 기준을 배우고 난지 약 5개월 정도 지난 후였다. 따라서 이들의 개념은 초등학교부터 중학교 1학년까지 배운 내용에 대한 자신의 사고가 안정적으로 정착된 후라고 할 수 있다. 고등학생의 경우 인문계 고등학교 3학년 학생 69명으로, 특별히 물질의 세 가지 상태에 대한 분류를 배우는 시기가 포함되지는 않았으나, 선택중심 교육과정에 해당하는 화학 I·II 과목을 모두 학습한 후였다. 따라서 이들이 형성하고 있는 개념은 중등교육과정의 마지막 단계까지 모두 학습한 학생들의 사고의 특성을

표 1  
설문에 응한 연구대상

대상	중학교	고등학교	과학교사
인원	76	69	130

가진다고 할 수 있다. 과학교사들은 130명으로 물리, 화학, 생물, 지구과학의 다양한 전공과 근무경력을 가지고 있었다(표 1).

**2. 검사도구 및 응답 유형 분석**

물질의 세 가지 상태에 대한 중·고등학교 학생들과 과학교사들의 분류 기준을 알아보기 위한 검사 도구로 고체, 액체, 기체 상태를 분류하는 기준이 무엇인지를 묻는 주관식 문항의 설문지를 제작하였다.

주관식 문항의 특징은 응답자의 다양한 응답내용이다. 이를 선행연구(김선경, 2002; 김장환, 2001; 백성혜 등, 2000; 윤광현, 2001; Nakheh & Samarapungavan, 1999; Stavy & Stachel, 1985) 등을 참고하여 거시적 관점과 미시적 관점, 그리고 이 두 관점혼합관점으로 구분하였다. 응답자의 응답 중에서 거시적 관점으로 분류되는 유형으로는 모양이나 부피 변화, 단단함과 유동성의 정도, 형태의 유무이며, 미시적 관점으로 분류되는 응답유형으로는 분자 운동이나 배열의 변화, 분자 간 인력이나 거리의 정도이다. 또한, 거시/미시 혼합관점은 거시적 관점의 응답유형과 미시적 관점의 응답유형을 함께 언급한 경우이다. 응답자의 응답 유형에 대한 분류 기준의 타당도는 과학전문가 2인에 의해 검증 받았다. 그리고 분류 유형 분석의 기준은 과학교육 전문가 1인과 과학교육을 전공하는 석사과정 학생들 4인에 의해 검토되었으며, 분류 유형의 분석에 이견이 생기는 경우에는 서로 협의를 통해 기준을 보완하거나 수정하여 분석의 일치도를 높였다. 이러한 과정을 통해

최종적으로 설정한 분류 기준은 다음과 같다.

1) 거시적 관점: 단단함, 유동성, 모양변화, 부피변화 등과 ‘만질 수 있다’, ‘볼 수 있다’ 와 같은 형태의 유무에 의한 분류를 포함한 물질의 겉보기 성질로 물질의 상태를 정의 또는 설명하는 관점

2) 미시적 관점: 분자 간 인력, 분자 간 거리, 분자 운동, 분자배열 등과 같은 원자, 분자 또는 이온(이하 분자) 관련 개념으로 물질의 상태를 정의 또는 설명하는 관점

3) 거시/미시 혼합관점: 거시적 관점과 미시적 관점을 혼합하여 물질의 상태를 정의 또는 설명하는 관점  
 물질의 세 가지 상태의 응답 유형을 분석하기 위한 물질의 상태 분류 기준은 표 2와 같다.

이 연구에서는 표에 각 유형들을 표기할 때 편의상 거시적 관점 중 모양과 부피의 변화를 ‘A’, 단단함과 유동성의 정도를 ‘B’, 형태의 유무를 ‘C’로 나타내고, 미시적 관점 중 분자운동과 배열의 변화를 ‘a’, 분자 간 인력과 거리의 변화를 ‘b’로 표기하였다.

**Ⅲ. 연구 결과 및 논의**

**1. 중·고등학교 학생들의 물질의 상태 분류 기준에 대한 분석 결과**

**1) 중학교 학생들의 설문 분석 결과**

중학교 학생들의 고체와 액체, 기체 상태의 분류기준을 거시적 관점과 미시적 관점 그리고 거시/미시 혼합관점으로 분석한 결과(표 3)와 그 중 가장 많은 응답

**표 2**  
응답 분석을 위한 물질의 상태 분류 기준

기준		분류 방법
거시적 관점	모양과 부피의 변화 (A)	‘모양이나 부피가 일정하거나 일정하지 않다’ 등과 같은 설명으로 분류한 경우 예) 고체: 용기에 따라 모양이 변하지 않음 기체: 온도와 압력에 따라 부피가 크게 변함
	단단함과 유동성의 정도 (B)	‘단단하다, 단단하지 않다. 또는 유동성이 있다, 유동성이 없다’ 등과 같은 설명으로 분류한 경우 예) 고체: 단단함 액체: 흐르는 성질이 있음
	형태의 유무 (C)	‘형태의 유무’에 의해 상태를 분류한 경우 예) 고체: 만질 수 있다. 기체: 볼 수 없는 것 들이 많다.
미시적 관점	분자운동과 배열의 변화 (a)	‘분자운동이나 배열’에 의해 물질의 상태를 분류한 경우 예) 고체: 분자 배열이 매우 규칙적임 액체: 진동, 회전 운동을 하고 약간의 병진운동도 가능함
	분자 간 인력과 거리의 변화 (b)	‘분자간의 인력이나 분자간의 거리’에 의해 물질의 상태를 분류한 경우 예) 기체: 분자간의 거리가 매우 멀

물을 보이는 거시적 관점과 거시/미시 혼합관점에 대한 세부적 분류 기준에 따른 응답 수를 표 4에 나타내었다.

중학교 학생들은 물질의 세 가지 상태를 거시적 관점과 거시/미시 혼합 관점으로 정의하는 경향이 높았으며, 미시적 관점만으로 물질의 세 가지 상태를 구분하는 비율은 매우 낮게 나타났다(표 3).

표 4를 보면, 고체와 액체 상태의 경우에는 가장 많은 응답률을 보인 거시적 관점 중 A(모양과 부피변화) 기준과 B(단단함과 유동성의 정도) 기준, 그리고 이 두 기준을 포함한 응답수(AB)가 높게 나타났으나, C(형태의 유무)의 기준을 포함한 응답수는 상대적으로 적게 나타났다. 반면 기체 상태의 경우에는 C(형태의 유무) 기준을 포함한 응답수(C, AC)가 35명으로 응답자수의 대부분을 차지하고 있었다. 기체 상태를 정의하기 위해 사용한 C(형태의 유무) 기준의 응답 사례로는 ‘보이지 않는다’, ‘느낄 수 없다’, ‘가볍다’ 등이 포함되어 있었다. 이와 같은 특징은 기체 상태를 대표하는 특징이라고 기보다는 특정한 기체에 대한 부분적인 특징이라고 할 수 있다. 예를 들어 염소 기체나 요오드 기체는 눈으로 그 색을 구분할 수 있으며, 기체가 정지해 있을 때에는 느낄 수 없지만 기체가 움직이면 바람의 형태로 느낄 수 있다. 가볍다는 것도 보편적인 특성은 아니며, 이산

화탄소는 공기보다 무겁다 등과 같은 내용을 초등학교에서 학습하도록 되어 있다. 또한 연구 대상인 학생들이 배운 교과서에서는 승화 과정을 확인하는 물질로 요오드를 선택하여 보라색 기체의 분자배열을 그려보는 과정이 포함되어 있다. 그럼에도 불구하고 많은 학생들은 기체 상태를 분류하는 기준으로 ‘보이지 않는다’라는 답을 선택하였다. 따라서 중학교 학생들은 기체 상태의 보편적인 특징을 구분하는 기준에 대해 잘 모르고 있다고 할 수 있다.

이 연구의 대상이 된 중학교 1학년 학생들은 과학 수업을 통해 물질의 세 가지 상태를 미시적 관점인 ‘분자’ 개념을 통해 배웠다. 이들이 학습한 교과서(이광만 등, 2000)의 ‘물질의 세 가지 상태’ 단원에 대한 학습 목표는 다음과 같다.

1. 기화, 액화, 응고, 용해, 승화와 같은 여러 가지 상태변화와 이 때 나타나는 현상을 실험을 통하여 관찰하고, 이로부터 물질은 분자라는 기본 입자로 이루어져 있음을 설명할 수 있다. 또 생활 주위에서 여러 가지 상태 변화의 예를 찾을 수 있다.
2. 분자 모형을 이용하여 물질의 상태를 표현하고, 물질의 상태에 따른 분자 배열의 차이를 비교할 수 있다.

학습 목표에서도 알 수 있듯이 ‘물질의 세 가지 상태’ 단원의 궁극적인 목적은 미시적 입자인 ‘분자’에 의해 물질의 세 가지 상태를 구분하는 것이라고 할 수 있다. 교과서에서는 그림 1과 같이 물질의 세 가지 상태를 거시적 관점과 미시적 관점으로 설명하였다.

그러나 이러한 내용을 학습한 후에도 45% 이상의 학생들이 거시적 관점만으로 물질의 상태를 구분하였다는 사실은 학교에서 학습한 교육 내용이 제대로 학생들에게 전달되지 못하였음을 의미한다고 말할 수 있다. 이러한 결과는 다른 연구 결과와도 일치한다(Staby,

표 3 물질의 상태 분류 기준 분석 결과

		명(%)			
관점	상태	고체	액체	기체	
	거시	39 (51.3)	34 (44.7)	34 (44.7)	
	미시	7 (9.2)	7 (9.2)	11 (14.5)	
	거시/미시 혼합	29 (38.2)	26 (34.2)	19 (25.0)	
	기타	1 (1.3)	7 (9.2)	7 (9.2)	
	무응답	0 (0.0)	2 (2.6)	5 (6.6)	
	합계	76 (100.0)	76 (100.0)	76 (100.0)	

표 4 거시적 관점과 거시/미시 혼합관점에 대한 세부적 분류 기준에 따른 응답 수

상태	관점	기준					
		A	B	C	AB	BC	AC
고체	거시	7	13	1	8	6	4
	거시/미시혼합	11	8	2	4	3	1
액체	거시	10	7	2	10	3	2
	거시/미시혼합	12	4	4	5	0	1
기체	거시	7	0	23	0	0	4
	거시/미시 혼합	9	1	5	1	0	3

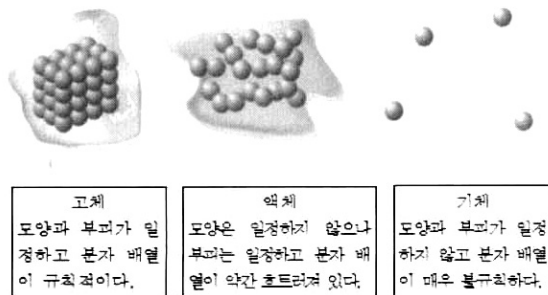


그림 1 교과서에 제시된 물질의 세 가지 상태에 대한 설명

1990; Gómez Crespo & Pozo, 2004). Staby(1990)는 8학년과 9학년 학생들 중 15%만이 입자배열로 물질의 상태를 설명하고 있으며, 대부분의 학생들이 학교에서 배운 내용을 유용하게 사용하지 못하고 있음을 밝혔다. Gómez Crespo 와 Pozo(2004)도 12학년부터 대학생을 대상으로 한 상태변화, 팽창, 용해, 물질변화의 4가지 테마에 대한 연구에서 상태변화와 팽창을 설명함에 있어서 꽤 안정적이며 지속력이 강한 대안적 개념이 존재하고 있음을 밝혔다. 이러한 경향성은 과학적 개념을 배운 학생들과 그렇지 않은 학생들의 설문결과에서 모두 나타났으며, 특히 많은 학생들이 단순히 관찰되는 거시적 수준의 성질에 기초하여 개념을 형성하는 것으로 나타나 과학교수가 실책하였음을 보여준다고 주장하였다. 또한, 많은 학생들이 입자의 존재를 알고 있으나, 이것을 관찰된 실체와 연관지어 생각하지 못하고 있음을 밝혔다.

초등학교에서는 미시적 관점을 도입하지 않고 관찰 사실을 기초로 한 거시적 관점에 국한하여 물질의 세 가지 상태를 구분하고 있다. 그러나 기체의 경우에는 오감을 이용한 관찰이 매우 어렵기 때문에 명확한 분류 기준을 가지기 어려울 수 있다. 특히 초등학교에서 다루는 기체는 공기, 산소, 이산화탄소 등 눈으로는 그 존재의 확인이 어려운 사례들이기 때문에 더욱 명확한 분류 기준을 학생들이 형성하기 어려울 것으로 생각된다. 또한 처음으로 중학교 1학년 과정에서 제시된 물질의 세 가지 상태의 미시적 관점은 초등학교에서 배운 거시적 관점과 그 관계가 명확하게 관련지어 설명되지 않고, 나열식으로 그 특징을 설명하는 경향성을 보여 학생들이 제대로 된 학습효과를 나타내지 못한 것으로 생각된다.

**2) 고등학교 학생들의 설문 분석 결과**

고등학교 학생들의 고체와 액체, 기체 상태의 분류 기준을 거시적 관점과 미시적 관점 그리고 거시/미시 혼합관점으로 분석한 결과(표 5)와 고체, 기체 상태와 다른 특징을 보이는 액체 상태의 응답 유형을 논의하기 위해 거시적 관점과 거시/미시 혼합관점에 대한 세부적 분류 기준에 따른 응답 수를 표 6에 나타내었다.

고등학생들은 중학생들과 달리 고체 상태의 경우에는 거시/미시 혼합관점과 미시적 관점이, 기체 상태의 경우에는 거시/미시 혼합관점과 미시적 관점이 높은 비율을 차지하였다. 중학생들의 응답결과와 유사성을 보이는 것은 액체 상태를 구분하는 관점으로, 다른 상태와 달리 이 경우에만 거시적 관점과 거시/미시 혼합관점의 응답 비율이 높게 나타났다(표 5).

**표 5**  
고등학생들의 물질의 상태 분류 기준 분석 결과

관점	명(%)			
	상태	고체	액체	기체
거시		12 (17.4)	25 (36.2)	2 (2.3)
미시		22 (31.9)	11 (15.9)	43 (62.3)
거시/미시 혼합		34 (49.3)	31 (44.9)	19 (27.5)
기타		0 (0.0)	0 (0.0)	1 (1.4)
무응답		1 (1.4)	2 (2.3)	4 (5.8)
합계		69(100.0)	69(100.0)	69(100.0)

**표 6**  
거시적 관점과 거시/미시 혼합관점에 대한 세부적 분류 기준에 따른 응답 수

상태	관점	기준					
		A	B	C	AB	BC	AC
고체	거시	4	4	0	4	0	0
	거시/미시 혼합	7	17	0	10	0	0
액체	거시	5	11	0	9	0	0
	거시/미시 혼합	7	19	0	5	0	0
기체	거시	0	0	2	0	0	0
	거시/미시 혼합	8	7	1	3	0	0

액체 상태를 구분하는 관점 중 거시적 관점과 거시/미시 혼합관점에서 가장 많은 응답수를 나타내는 기준은 B 기준(표 6)으로 거시적으로 볼 때 뚜렷하게 다른 상태와 구분되는 액체 상태의 특성을 ‘유동성’으로 인식하고 있음을 알 수 있다. 특별히 액체 상태의 경우에 미시적 관점에서의 전환이 어려운 이유는 다양한 측면에서 찾아볼 수 있으나, 학생들의 응답을 토대로 보았을 때 그 이유는 액체 상태의 미시적 관점에 대한 특성 때문으로 생각된다.

다음은 응답 내용 일부를 발췌해 놓은 것이다.

학생 1: 고체 상태는 분자배열이 고르고 촘촘한 단단한 상태  
 액체 상태는 분자배열이 고체보다는 소하고, 유동성이 있는 상태  
 기체 상태는 셋 중 제일 에너지가 높고 분자 배열이 소한 상태

학생 2: 고체 상태는 분자들의 움직임이 미세한 상태  
 액체 상태는 고체보다는 분자들의 움직임이 비교적 활발한 상태로 유동성을 가진다.  
 기체 상태는 훨씬 분자들의 움직임이 활발한 상태로 분자가 부딪치는 압력도 커진다.

발췌한 내용에서도 볼 수 있듯이 액체 상태를 서술할 때에는 대부분 고체나 기체 상태의 미시적 특성과

비교하여 서술하는 경향성을 보였다. 또한, 학생들이 배운 화학교과서(서정쌍 등, 2002)의 내용을 분석한 결과, 액체 상태에 관한 다음과 같은 내용을 찾아 볼 수 있었다.

액체는 기체보다 분자 사이의 인력이 커서 분자 사이의 거리가 가까우며 일정한 부피를 갖는다. 액체 분자는 기체 분자처럼 활발히 운동하지는 못하지만 (고체처럼) 고정된 위치에 있지 않고, 어느 정도 자유롭게 움직일 수 있다.

이처럼 교과서 내에서 미시적 관점으로 표현된 액체 상태라 하더라도 기체나 고체 상태의 미시적 관점과 연관지어 비교하여 설명하는 형식을 취하기 때문에 많은 학생들의 응답 유형도 이와 같은 형태를 나타냈다고 생각해 볼 수 있다.

고체 상태의 경우에는 분자의 배열 유무 등이, 기체 상태의 경우에는 분자간의 인력 유무 등이 뚜렷한 미시적 특성으로 제시되지만, 액체 상태의 경우에는 분자의 배열에 있어서 기체 상태와 유사한 특성이, 분자간의 인력에 있어서는 고체 상태와 유사한 특성이 있으며, 분자 운동이나 분자간 거리등의 특성도 고체와 기체 상태 사이의 중간 형태를 취하기 때문에 액체 상태의 분류 기준으로 명확하게 학생들이 인식하는 것이 어려울 수 있다. 이러한 액체 상태의 미시적 관점의 특성으로 말미암아 화학 I · II를 모두 배운 고등학생들조차도 액체 상태의 분류 기준을 거시적 관점에서 미시적 관점으로 전환시키는데 어려움 겪고 있는 것으로 생각된다.

**2. 과학교사의 물질의 상태 분류 기준에 대한 분석 결과**

중등학교 과학교사들의 고체와 액체, 기체 상태의 분류 기준을 거시적 관점과 미시적 관점 그리고 거시/미시 혼합관점으로 분석한 결과는 표 7과 같다.

표 7 과학교사의 물질의 상태 분류 기준 분석 결과

관점	상태			명(%)
	고체	액체	기체	
거시	14 (10.8)	26 (20.0)	10 (7.7)	
미시	37 (28.5)	23 (17.7)	54 (41.5)	
거시/미시 혼합	79 (60.8)	81 (62.3)	65 (50.1)	
기타	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.8)	
무응답	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	
합계	130(100.0)	130(100.0)	130(100.0)	

과학교사의 경우에는 액체 상태를 제외하고 거시/미시 혼합 관점과 미시적 관점으로 물질의 상태를 분류한 비율이 가장 높았다. 또한, 50~60% 정도의 교사들이 거시/미시 혼합 관점으로 물질의 상태를 구분하고 있었다. 그 외에도 고체의 경우에는 미시적 관점을 가진 교사의 비율이 28.5%로 나타났으며, 기체의 경우에는 미시적 관점을 가진 교사의 비율이 41.5%로 나타났다. 액체에 대해서는 많은 차이는 아니지만 거시적 관점이 다른 상태에 비해 더 높게 나타났다. 과학교사의 응답 결과는 선택중심 교육과정의 화학 I · II를 모두 학습한 고등학생들의 물질의 상태 분류 기준 분석 결과(표 5)에서 나타나는 경향성과 비슷하다.

다음은 응답 내용 일부를 발췌해 놓은 것이다.

교사1: 고체 상태는 입자들의 배열상태가 가장 조밀하고 규칙적으로 구성되어 상태 중에서 가장 에너지가 낮은 상태  
 액체 상태는 입자들의 배열이 조금은 느슨해서 좀 더 운동에너지가 증가한 상태  
 기체 상태는 가장 불규칙적인 배열을 유지하면서 진동, 병진, 회전 운동 모두가 가능한 상태

교사2: 고체 상태는 모양과 부피 일정, 분자배열이 규칙적  
 액체 상태는 흐르는 성질이 있고, 부피는 일정하나 모양은 담는 그릇에 따라 다르다. 분자배열이 불규칙적이고 비교적 분자 사이의 거리가 멀다.  
 기체 상태는 모양과 부피가 일정하지 않고, 분자배열이 매우 불규칙하며, 분자 사이의 거리가 매우 멀다.

과학교사들의 분류 유형의 특징은 고등학교 학생들의 경우와 유사하지만, 고등학생들보다 미시적 관점으로 일관성 있게 고체와 액체, 기체 상태의 유형을 분류하는 경향이 더 컸다.

그러나 거시적 관점과 미시적 관점을 조화롭게 연결하기보다는 각각의 관점을 단순히 나열하는 방식을 취하는 것으로 나타났다. 예를 들면 많은 교사들이 교사 2와 같이 거시적 관점으로서 모양과 부피의 일정, 흐르는 성질 등을 언급하고, 미시적 관점으로서 분자 배열의 규칙성, 분자 사이의 거리등을 언급하였다. 그러나 고체의 거시적 관점인 단단하다는 특성이 미시적 관점에서 보면 분자의 배열이 존재하기 때문이라거나, 기체의 모양과 부피가 일정하지 않다는 거시적 관점은 미시적으로 볼 때 기체 입자의 인력이 거의 존재하지 않기 때문에 나타나는 특성이라는 등 이러한 두 관점을 긴밀하게 연결하는 사고를 가지는 응답 유형은 찾아보기 어려웠다. 물론 교사들에게 직접적으로 두 관점의 관련을 지어보도록 요구하였다면 보다 높은 비율의 교사들이 상호 관련을 지어 두 관점을 제시하였을 가능성은 있으나, 그렇게 요청하지 않았을 경우에 많은 교

사들이 물질의 세 가지 상태에 대한 거시적 관점의 분류 기준과 미시적 관점의 분류 기준을 연결하지 않고 단순히 나열하는 방식을 취하였다는 점은 이들이 학생들을 지도할 때 이러한 부분을 지도하는 데 소홀히 할 것임을 의미하는 것이라고 할 수 있다. 이는 교과서에서 제시하는 진술의 형태와도 무관하지 않을 것이라고 생각한다.

#### IV. 결론 및 제언

많은 연구에서 학생들의 물질에 대한 미시적 관점의 이해는 화학적 현상을 올바르게 이해하는데 필수적인 요소라고 주장한다(김선경, 2002; 김주현, 2000; Gabel, 1993; Shepherd & Renner, 1982; Stavy & Stachel, 1985; Tsai, 1998).

초등학교에서는 물질의 세 가지 상태를 구분할 때 거시적 관점에 초점을 맞추어 학습하게 되지만 중학교 1학년 과정에서는 처음으로 물질의 상태구분에 미시적 관점이 사용되고 있다. 따라서 본 연구에서는 처음으로 도입된 물질의 상태에 대한 미시적 관점이 중학교 학생들의 물질의 상태구분에 어떠한 영향을 미치고 있으며, 선택중심 교육과정의 화학 I·II을 모두 배운 고등학교 3학년 학생과 과학을 전공한 교사들이 물질의 세 가지 상태를 구분할 때 어떠한 분류기준을 사용하는지 알아보았다. 또한 고체, 액체, 기체 상태에 대한 분류기준에서 나타나는 특징을 함께 조사하였다.

질문지를 통해 자료를 수집하여 분석한 결과, 중학교 1학년 교육과정에서 요구하는 물질의 세 가지 상태 분류 기준에는 미시적 관점이 포함되어있음에도 불구하고 절반에 가까운 중학생들이 물질의 세 가지 상태를 거시적 관점에 입각하여 구분하는 것으로 나타났다. 거시적 관점 중에서도 고체와 액체 상태의 경우에는 모양과 부피의 변화나 단단함과 유동성의 정도로 상태를 구분하는 응답 비율이 높았으나, 기체 상태의 경우에는 형태의 유무, 즉 ‘보이지 않는다’라는 등의 응답 비율이 높게 나타났다. 기체 상태에 해당하는 분류 기준의 대부분은 부정확하였으며, 고체와 액체 상태의 분류 기준도 중등학교 과학교육과정에서 요구하는 미시적 관점이 아니었다. 이러한 문제점이 나타나는 원인은 다양할 수 있으나, 중학교 학생들의 응답 내용이 초등학교 교과서에 제시된 내용과 유사성을 가지는 것으로 보아 초등학교 때 배운 학습 내용이 물질의 상태를 구분할 때 미치는 영향이 매우 큰 것으로 생각된다. 이는 중학교에서 이루어진 수업을 통해 학생들의 관점을 거시적인 것으로부터 미시적인 것으로 전환시키는 과정

이 성공하지 못하였음을 의미한다.

초등학교 3학년부터 6학년에 걸쳐 꾸준히 다룬 거시적 관점의 분류 기준을 중학교 1학년에 올라와서 바로 미시적 관점으로 전환하는 과정이 학생들에게 쉽지 않을 수 있다는 점을 중등학교 과학교사들이 인식하는 것은 매우 중요하다. 자연 현상을 설명하는 방식의 전환은 단순한 학습 자료의 제공으로 쉽게 이루어지지 않을 수 있다. 특히 제공된 자료들이 매우 추상적인 특성을 가진다면, 오랜 기간에 걸쳐 구체적으로 접근하여 획득한 설명 방식을 학생들이 쉽게 바꾸는 것은 어려운 일일 것이다.

과학이란 자연 현상의 규칙성을 설명하는 방식이라고 할 수 있으며, 이러한 방식은 다양하고 또 점차 발달하여 왔다. 따라서 학생들이 이미 획득한 설명 방식을 버리고 새로운 설명 방식을 선택할 수 있도록 하기 위해서는 새로운 방식의 설명이 보다 유용하다는 점을 학생들에게 인식시키는 것이 필요할 것이다. 예를 들어 거시적 관점으로 세 가지 물질의 상태를 구분하는 방식을 획득하고 있는 학생들에게 미시적인 관점의 유용성을 보여주기 위해서는 유리와 같이 유동성을 가지지만 단단한 특성을 가진 물질을 제시해줄 수도 있다. 혹은 스펀지와 같이 쉽게 그 형태가 변하여 담는 용기에 따라 모양과 부피가 변할 수 있는 물질을 제시해 줄 수 있다. 이러한 물질을 세 가지 상태 중 하나로 구분하는 과정을 통해 거시적 관점만으로 분류하는 것이 어렵다는 경험을 하게 함으로써 미시적 관점의 필요성을 인식시킨다면, 보다 효과적으로 중등학교에서 요구하는 관점에서의 전환이 이루어질 수 있을 것이다.

고등학생들의 경우에는 고체와 기체 상태의 분류 기준은 미시적 관점을 가지고 있었으나, 액체 상태의 경우에는 중학생의 경우와 유사하게 거시적 관점을 가지는 비율이 다른 관점들에 비해 더 높았다. 학생들의 응답내용을 살펴볼 때, 액체 상태의 미시적 관점은 주로 고체와 기체 상태의 미시적 특성과 비교한 서술이었다. 이러한 특성은 과학을 전공한 교사에게서도 나타나는 데, 액체의 경우에는 유동성과 같은 거시적 관점에서의 고유한 특성이 존재하는 것과 달리, 미시적 관점에서의 뚜렷한 특성이 드러나지 않기 때문이라고 생각된다. 특히, 분자 운동의 활발한 정도나 분자간 거리와 같은 미시적 관점은 액체를 분류하는 데에 있어서 학생들에게 유용하지 않게 인식될 가능성이 높다. 예를 들어 분자 운동의 활발한 정도의 척도로 제시되는 온도의 경우, 같은 온도의 두 가지 상태가 존재할 수 있다. 1기압 하에서 0°C 얼음인 고체 상태와 0°C 물인 액체 상태가

존재할 수 있기 때문이다. 따라서 분자 운동의 활발한 정도를 물질의 세 가지 상태의 분류 기준으로 받아들이는 것이 부적절하게 인식될 수 있다. 분자간의 거리의 경우에도 고체인 얼음의 경우가 액체인 물의 경우보다 더 멀기 때문에 전체적인 부피가 얼음이 더 크다. 따라서 비록 물은 예외라고 설명한다 하더라도, 이러한 분류 기준이 학생들에게 유용하게 인식되지 않을 가능성이 높다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 액체 상태를 분류하는 기준으로 미시적 관점이 더 유용할 수 있는 사례들을 개발하고, 이러한 사례들로부터 액체 상태의 분류기준까지도 고체와 기체 상태처럼 일관성 있게 미시적 관점을 형성할 수 있도록 교육적 노력을 기울일 필요가 있다고 본다.

과학교사들은 거시적 관점과 미시적 관점을 고르게 가지고 세 가지 물질의 상태를 분류하는 것으로 나타났다. 그러나 대부분의 교사들의 응답내용은 거시적 관점과 미시적 관점을 조화롭게 연결하기보다는 각각의 관점을 단순히 나열하는 방식을 취하고 있었다.

초등학교에서 다루었던 거시적인 관점의 특성을 미시적 관점으로 전환시키기 위해서는 상호 관련성을 인식시킴으로써 상호 전환형 개념의 변화, 혹은 관점의 변화를 시도해 보는 것이 매우 효과적이라고 생각한다. 그렇지 않으면, 새로운 개념이 과거의 개념과 서로 상충하여 개념의 전환이 쉽게 일어나지 않거나 새로운 개념이 병렬적인 형태로 다시 존재하게 됨으로써 교육의 비효율성이 증가하게 될 것이다. 따라서 이러한 부분에 대한 개선의 노력이 앞으로 지속적으로 이루어질 필요가 있다고 본다.

## 국문 요약

본 연구의 목적은 중·고등학교 학생들과 과학교사들의 물질의 세 가지 상태에 대한 분류 기준을 조사하고 비교해 보는 것이다. 본 연구의 대상은 물질의 상태를 구분하기 위해 처음으로 미시적 관점을 학습한 중학교 1학년 학생 76명과 화학 I·II를 모두 배운 고등학교 3학년 학생 69명, 중등학교 과학교사 130명이었으며, 연구 방법은 질문지에 의한 조사 방법을 사용하였다. 연구 결과, 중학교 학생들의 경우 미시적 관점으로 물질의 세 가지 상태를 배웠음에도 불구하고 거시적 관점으로 분류한 응답이 가장 높은 비율을 차지하였다. 고등학생들의 경우에는 고체와 기체 상태에 대해서는 미시적 관점을 포함한 응답비율이 높게 나타났으나, 액체 상태에 대해서는 거시적 관점을 포함한 응답비율이 더 높게 나타났다. 이러한 경향성은 과학을 전

공한 교사들에게도 같게 나타났다. 과학교사들은 거시적 관점과 미시적 관점을 고르게 사용하는 것으로 나타났다. 이들의 관점들이 서로 긴밀하게 연결되지 못하고 단순히 나열식으로 제시되는 특징이 있었다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 물질의 상태 분류 기준에 대한 거시적 관점에서 미시적 관점으로의 연계적 전환이 필요하며, 다양한 교육적 노력이 요구된다.

## 참고 문헌

- 강태정 (2000). 물질의 상태와 상태변화에 대한 초등학교의 개념조사. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 교육인적자원부 (2003a), 3-1, 4-2, 6-1 초등학교 과학 교과서.
- 교육인적자원부 (2003b), 3-1 초등학교 교사용 지도서.
- 권재술, 김범기, 우종욱, 정완호, 정진우, 최병순 (1998). 과학교육론. 서울: 교육과학사.
- 김선경 (2002). 물리변화와 화학변화에 대한 중등학교 과학교사들의 인식 조사 및 과학교과서 개념 분석. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 김장환 (2001). 중고등학교 과학 교과서와 대학교 일반 화학 교재에 제시된 물질 관련 개념의 문제점 분석. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 김주현, 이동준, 김선경, 강성주, 백성혜 (2000). 입자론의 관점에서 본 확산과 용해 개념에 관련된 과학 교과서 및 인터넷 자료 분석과 컴퓨터 보조 자료의 개발. 대한화학회지, 44(6), 145-158.
- 백성혜, 김효남, 조부경 (2000). 유치원, 초등, 중등학교 과학교육과정의 물질의 성질 관련 학습 내용 전개에 대한 특징 분석. 한국과학교육학회지, 20(4), 527-541.
- 서정쌍, 허성일, 김출배, 박종욱, 하윤경, 임영중, 배병일 (2002). 고등학교 화학 I·II. 서울: 금성출판사.
- 윤광현 (2001). 중고등학교 과학교과서 및 대학 일반화학교재에 제시된 입자 및 입자관련개념의 문제점 분석 - 원자, 원소, 홑 원소, 이온, 분자 개념을 중심으로. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 이광만, 허동, 이경운, 정문호, 방태철, 이기성, 안태근, 정상윤, 복완근, 정익현, 박병훈, 박정일, 정수도, 김경수, 박지극, 송양호, 이천기 (2000). 중학교 과학 1, 서울: 지학사.
- 조희영 (2002). 잘못알기 쉬운 과학 개념. 서울: 전파과학사.
- 최경숙 (2003). 물질의 상태와 상태변화에 대한 중학교 1학년 학생들의 개념 조사. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 최후남 (1991). 물질의 상태변화 현상에 대한 학생들의 개념 연구. 서울대학교 석사학위논문.
- 한유화, 강대훈, 양일호, 백성혜, 박국태 (1999). 초등학교와 중학교 과학 교과서의 화학영역에 대한 연계



성과 중학생들의 화학 개념에 대한 인식 분석. 대한화학 회지, 43(3), 175-185.

Charly, R. (1990). Student Teacher' Concepts Of Purity And Of States Of Matter. *Research in Science & Technological Education*, 8(2), 171-183.

Gabel, D. L. (1993). Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding. *Journal of Chemical Education*, 70(3), 193-194.

Haider, A. H., & Abraham, M. R.(1991). A Comparison of Applied and Theoretical Knowledge of Concepts Based on the Particulate Nature of Matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(10), 919-938.

Gómez Crespo, M. A., & Pozo, J. I. (2004). Relationships Between Everyday Knowledge and Scientific Knowledge: Understanding How Matter Changes. *International Journal of Science Education*, 26(11), 1325-1343.

Johnson. (1998). 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.

Krnel, D., & Watson, R. (2005). The Development of the "matter" : A Cross-Age Study of How Children Classify Materials. *International Journal of Science Education*, 27(3), 367-383.

Nakhleh, M. B., & Samarapungavan, A. (1999). Elementary School Children's Beliefs about Matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(7), 777-805.

Shepherd, D. L., & Renner, J. W. (1982). Student understandings and misunderstandings of states of matter and density changes. *School Science and Mathematics*, 82(8), 650-665.

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

Starvy, 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.

Stavy, R. & Stachel, D. (1985). Children's ideas about 'solid' and 'liquid' . *European Journal of Science Education*, 7(4), 407-421.

Tsai, C. C. (1998). Overcoming eighth graders' misconceptions about microscopic views of phase change: A study of an activity. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Diego.(Eric Document Reproduction Service No. Ed 420510).