Journal of the Korean Chemical Society
2007, *Vol. 51, No. 1*
Printed in the Republic of Korea

제7차 과학과 교육과정에서 물질 개념에 대한 고찰

홍미영† · 전경문*
광주교육대학교
†한국교육과정평가원
(2006. 4. 13 접수)

Examining the Concept of Matter in the 7th National Science Curriculum

Mi-Young Hong† and Kyungmoon Jeon*
Department of Science Education, Gwangju National University of Education, Gwangju 500-703, Korea
†Division of Science Education, Korea Institute of Curriculum and Evaluation, Seoul 110-230, Korea
(Received April 13, 2006)

요 약. 본 연구에서는 우리나라 7차 과학과 교육과정(화학 영역)에서 물질의 의미, 입자 개념, 물질의 상태 등의 내용을 살펴보았다. 교육과정에서 '물질'이라는 용어를 명확하게 정의하지 않은 채 material, matter, substance 등 서로 다른 의미로 혼용하고 있어 학생들이 순물질 개념을 이해하는 데 어려움을 주고 있다. 물질의 입자성에 대해서는 9학년에서 원자 개념, 10학년에서 이온 개념을 도입하기 이전에, 7학년에서 물질의 기본 단위로 분자 개념을 도입한다. 학생들이 물질의 구조에 대해 통합적으로 일관성 있게 이해할 수 있도록 각 입자 개념의 제시 순서를 재고할 필요가 있다. 상태 변화에서는 물질 보존이나 가역성 등 주요 개념들을 교육과정에서 명시하지 않고 있으며, 다양한 입자적 관점에서의 설명을 충분히 제공하지 못한 경향이 있었다. 물질 개념은 화학에서 기본이 되므로, 이를 명확히 가르칠 것을 유념해야 할 것이다. 교육과정 개선에 대한 시사점을 논의하였다.

주제어: 7차 과학교육과정, 물질, 물질의 상태, 입자

ABSTRACT. The purpose of this study was to examine the 7th national science curriculum (chemistry domain) regarding the meanings of 'mulgil' (Korean), the particulate nature of matter, and the state of matter. It was found that the term of 'mulgil' was being used vaguely as representing material, matter, or substance without clear definition. This was problematic by reason that it could hinder students from having the concept of substance. Regarding the particulate nature of matter, molecule was introduced as a basic unit of matter at grade 7, prior to atom and ion, which were introduced at grade 9 and 10, respectively. It is necessary to reconsider the sequence of each particle concept to provide students with more consistent and comprehensive understanding of structure of matter. In the case of change of state, key concepts such as conservation of matter or reversibility were omitted in the curriculum document, and explanations based on various aspects of particles were somewhat insufficient. The concept of matter is fundamental to chemistry, and we must recognize it as a concept that needs to be taught clearly. Implications for curriculum revision were discussed.

Keywords: 7th National Science Curriculum, Matter, State of Matter, Particle

서 론

현행 제7차 과학과 교육과정의 지식 분야에서는 화학 영역을 '물질' 영역이라고 명명하고 있다.[1] 이는 물질 개념이 화학 영역에서 가장 핵심 개념임을 의미한다고 볼 수 있다. 화학은 물질과 물질의 변화를 다루는 학문이므로, 여러 가지 화학 이론이나 원리를 이해하기 위해서 반드시 물질 개념을 올바로 이해하는 것이 선행되어야 한다.[2] 그러나 국내외의 연구 결과에 의하면 학생들은 물질과 물질이 아닌 것을 구분하는데 어려움을 겪으며, 물질의 성질이나 변화에 대해서 다양한 오개념을 지니고 있다.[3-8] 초·중등 과학교사나 예비교사들도 학생들과 마찬가지로 물질이나 물질의 변화 개념에 대한 이해가 매우 부족하다고 보고되고 있다.[9-11]

물질 개념에 대한 효과적인 교수·학습을 위해서는 다각도의 노력이 필요하다. 특히 우리나라의 경우 교육과정이나 교과서에 대한 의존도가 높으므로 이에 대한 분석이 꾸준히 이루어졌다. 예를 들어 백성혜 등[12]은 유치원부터 고등학교까지 과학 교재에서 물질의 성질에 관련된 학습 내용을 분석하였는데, 유치원이나 초등학교에서 제시되는 많은 개념들이 중·고등학교에서 다루어지지 않음을 지적하면서 개념의 확장 및 심화의 필요성을 강조하였다. 한유화 등[13]의 연구에서는 물질의 구성 영역에서 초등학교와 중학교 교과서 사이에 내용 체계의 간격이 크고 연계성이 부족하며, 이로 인하여 학생들이 내용을 이해하는데 어려움을 겪는 것으로 조사되었다. 류오현 등[14]의 연구에서는 우리나라 중학교 교과서의 경우 물질의 기본 단위에 대해서 모든 물질은 분자로 이루어져있다는 19세기의 관점을 제시하고 있는 것으로 조사되었고, 이후 고등학교나 대학 교재에서도 화학 결합을 다루고 있음에도 불구하고 전자가 공유 결합하는 것만을 분자로 부른다는 점을 강조하지 않음으로 인하여 학생들이 추후에 보다 현대적인 관점을 접하게 될 때 혼란스러워 할 수 있다는 문제를 제기하였다. 우리나라와 외국의 과학 교육과정을 비교하는 연구들도 다수 진행되었으나,[15,16] 대부분 교육 목표나 교수요목 수준에서의 분석이 이루어졌고, 물질 개념과 관련하여 구체적인 내용이나 전개 방식을 논의한 사례는 찾아보기 어렵다.

특히, 최근에 우리나라 차기 교육과정에 대한 논의가 한창 진행되고 있음에도 불구하고, 아직까지 7차 교육과정에서의 '물질' 개념에 대한 연구·분석은 미흡한 실정이다. 이에 본 연구에서는 현행 제7차 과학 교육과정에서 물질과 물질의 상태 개념이 어떻게 다루어지고 있는지를 교육과정 문서를 중심으로 살펴보고, 이를 바탕으로 교육과정 개선 방안을 제안하고자 한다.

연구 내용 및 방법

분석 대상

본 연구는 제7차 과학 교육과정 문서에 제시된 3학년에서 10학년까지의 '물질' 영역의 내용을 대상으로 하였다. 필요한 경우 일부 초·중등 과학 교과서를 참조하였으나 과학 교과서 전체를 분석하는 것은 연구 목적에서 제외하였다.

연구 내용 및 절차

본 연구에서는 1) 물질의 의미, 2) 물질의 입자성, 3) 물질의 세 가지 상태, 4) 상태 변화와 입자 개념에 대해 현행 7차 교육과정의 문제점을 제기·논의하였다. 먼저 우리나라 교육과정에서 이들 개념이 어떻게 다루어지고 있는지를 살펴보았다. 교육과정에 제시된 '물질의 의미'에 대해서는 사전이나 화학 서적을 참고하여, 과학교육 전문가 2인이 분석, 검토하였다. 그리고 선행 연구에서 보고한 학생들의 오개념이나 외국의 교육과정 등을 참고하여, 교육과정 개선 방안을 모색하였다.

연구 결과 및 논의

물질 및 물질의 입자성

물질의 의미

물질이라는 용어는 일반적으로 '물체(object)를 이루고 있는 재료(material: 모든 종류의 물질(stuff)을 가리키는 일반적인 용어)', '질량을 가지고 공간을 차지하는 것(matter)', 혼합물과 대비되는 '순물질(substance)' 등의 의미로 구분할 수 있다.[4,17] 그러나 우리나라 7차 과학과 교육과정에서 물질이라는 용어는 단원에 따라, 혹은 같은 단원 내에서도 material, matter, substance 등의 의미가 명확한 정의 없이 혼재되어 사용되고 있다(*Table* 1).

물질 관련 내용은 3학년 교육과정의 「우리 주위의 물질 알아보기」 단원으로 시작된다. 이 단원의 교육과정 내용을 보면 '주위에 있는 물체를 이루고 있는 물질을 확인하고 물질의 이용을 성질과 관련짓는다'로 진술되어 있다. 이 때의 물질은 나무, 금속, 플라스틱 등과 같은 재료, 즉 material의 의미이다. 그런데 같은 단원에서 주위의 물질을 그 성질에 따라 고체, 액체, 기체로 분류하도록 되어 있으며, 기체의 예로 혼합물인 공기가 제시되어 있다. 이 때의 물질은 matter의 의미로 볼 수 있다. 7학년「물질의 세 가지 상태」 단원에서의 물질의 의미도 matter로 볼 수 있다. 물질이 substance의 의미로 사용되는 것은 8학년에서부터이다.

8학년의 「물질의 특성」과 「혼합물의 분리」 단원에서는 끓는점, 녹는점, 밀도, 용해도 등 물질의 성질을 조사하고, 혼합물과 순물질의 차이점을 알도록 한다. 9학년의 「물질의 구성」이나 「물질 변화에서의 규칙성」 단원에서도 물질은 substance의 의미로 사용되고 있다. 즉, 저학년에서의 물질의 의미는 material이나 matter로 볼 수 있고, 학년이 올라갈수록 substance의 의미로 사용되는 경우가 많다.

물질의 의미가 서로 다르게 사용됨에 따라 혼합물 분리의 의미도 경우에 따라 달라진다. 3학년의 「고체 혼합물 분리하기」에서는 알갱이의 크기, 자석의 성질 등을 이용하여 혼합물을 분리하는 활동이 제시되고, 4학년의「혼합물 분리하기」에서는 고체와 물의 혼합물을 거름, 증발 등의 방법으로 분리하는 활동이 제시된다. 과학적 개념으로 보면 혼합물(mixture)은 순물질(substance)에 대응되는 의미이나, 여기서는 단순히 콩, 좁쌀, 흙 등과 같이, 다른 material로 분리해내는 것을 의미한다. 3, 4학년과 달리 8학년에서 「물질의 특성」 단원에 이어 「혼합물의 분리」를 다룰 때는 과학적인 순물질(substance) 개념이 처음 도입된다(*Table* 1). 그러나 순물질 개념이 강조되는 시점은 원소(element)나 화합물(compound) 등의 개념이 도입되는 9학년으로 볼 수 있다. 따라서 8, 9학년 내용의 위계에 대한 검토수정이 필요하다고 볼 수 있다.

물질(substance) 개념은 자연스럽게 습득되지 않으며 수업 이후에도 학생들이 과학적인 물질 개념을 갖기 어려움에도 불구하고,[22] 현행 교육과정은 학생들이 물질 개념을 쉽게 이해했으리라고 가정하는 것처럼 보인다. 학생들이 물질 개념을 제대로 이해하지 못하면, 추후 다른 화학 개념을 이해하는 데에 어려움을 겪을 수 있다. 예를 들어 순물질 개념을 제대로 이해하지 못하면 어떤 순물질이 다른 순물질로 변화하는 화학 변화를 물리 변화와 구분하는 데에 어려움을 겪게 될 수 있다.

영어권 국가에서 순물질을 지칭하는 용어인 substance가 일반적인 물질을 지칭하는 material의 의미로도 사용됨으로 인해, 학생들이 substance 개념을 이해하는 데 어려움을 겪는다는 지적[4]이 있다. 우리나라와 같

Table 1. Different meaning of 'mulgil' in the 7th national science curriculum

Grade	Topic	The meaning of 'mulgil'	The term newly introduced
3	object vs. material	material	object, material
	powder (solid)	substance, material	
3-4	state (solid, liquid, gas)	matter	
	separation of mixtures	material	
5	solubility, crystal	substance	
6	combustion	substance	
7	state of matter	matter	molecule
8	characteristics of substances	substance	
	separation of mixtures	substance	substance, mixture
9	element vs. compound	substance	element, compound
	reactant, product	substance	
10	electrolyte 주)	material	ion

주)전해질을 'a substance that dissolves to give a solution that conducts an electric current'[18]로 정의하기도 하나, 본 논문에서는 'a liquid or solid capable of conducting an electric current by ion transport,[19] solute that dissociate to produce conducting solutions are classed as electrolytes,[20] 어떤 물질이든 전류를 전도하는 용액을 만드는 물질'[21] 등과 같은 정의를 참고하여 material인 것으로 분석했음.

이 동일한 용어를 명시적으로 구분하지 않고 몇 가지 의미로 사용하는 경우에는 학생들이 물질의 의미를 이해하는데 더욱 혼란을 겪을 것이다. '물질'이란 용어로 통칭한다 할지라도, 사례별로 그 의미를 구분해 제시하려는 노력이 필요하며, '교육과정 해설서' 등에 이런 문제점에 대해 서술할 필요가 있을 것이다.

물질의 입자성

물질의 입자성(particulate nature of matter)은 여러 가지 화학 개념을 설명하는데 필수적이므로,[23,24] 중등 교육과정에서는 과학적으로 정확한 최신 이론이 아닐지라도 교수학습 가능성을 고려하여 학생들 수준에 맞는 입자 개념을 선택, 구성하여 가르치고 있다.[25] 우리나라 7차 교육과정에서 물질의 입자성을 다루는 시기와 순서를 살펴보면, 7학년에서 「물질의 세 가지 상태」 단원에서 분자(molecule) 개념을 도입하고, 9학년의 「물질의 구성」 단원에서 원소와 화합물을 정의하며, 10학년의 「물질」 단원에서 전자와 이온 개념을 도입한다. 원자의 구조나 화학 결합은 심화선택과목인 화학 II에서 다루고 있다(*Table* 1, *Table* 2).

이와 같이 우리나라는 물질을 구성하는 기본 입자로서 분자를 가장 먼저 도입하고 있는데 비해, 영국이나 미국에서는 원자나 원자의 구조를 먼저 다루고 원자들 간의 결합으로 분자, 이온 결정 등이 형성될 수 있다고 설명한다. 영국의 국가교육과정을 살펴보면, 7-9학년에 해당하는 Key Stage 3에서 물질의 상태 변화나 확산을 설명할 때에는 입자(particle)라는 용어를 사용하고, 이 후 Key Stage 4에서 원자의 구조를 도입하고 나서 원자들 간의 화학 결합으로 분자나 이온 결정 등을 설명하고 있다.[26] 미국의 국가과학교육기준[27]에서도 9-12학년에서 원자의 구조를 먼저 다루고 나서 화학 결합으로 원소, 화합물, 분자 등을 설명한 다음 분자 개념을 이용하여 상태 변화를 설명한다. 우리나라 학생들이 '원자가 전자를 얻으면 분자가 된다'고 생각하는 등 원자, 분자, 화합물, 이온 등 사이의 관계를 제대로 이해하지 못한다는 보고[28]를 고려할 때, 외국의 교육과정을 참고하여 새로운 접근 방식을 모색해 볼 필요가 있다.

한편, 학생들이 입자 관련 용어를 사용하더라도 그 내용은 제대로 이해하지 못하고 있을 가능성이 많다.[29] 예를 들어 학생들은 물질의 관찰 가능한 성질이 그 물질을 이루고 있는 입자의 성질과 동일하다고 생각하는 경향이 있다.[6] 초등학교 저학년을 대상으로 한 Nakhleh와 Samarapungavan[30]의 연구에서 설탕, 구리선, 물 등의 물질들이 작은 알갱이로 이루어지긴 했으나 맛, 모양 등은 알갱이에서도 동일하게 유지된다고 생각하는 학생들이 60%나 되는 것으로 조사되었다. 이와 동일한 맥락에서 미국의 국가과학교육기준에서는 8학년까지 입자, 분자, 원자 등의 개념을 전혀 도입하지 않도록 권장하기도 한다.[27] 반면 AAAS[31]에서는 원자, 분자 등에 대해서 중학교에서부터 적절히 다루도록 하고 있다.

우리나라의 경우 과거 6차 교육과정[32]에서 초등학교 6학년에 제시되었던 분자 개념이 7차 교육과정[1]에서는 중학교 1학년에 도입되므로, 현재 교육과정상으로 초등학교에서는 물질의 입자성에 대한 교육이 이루어지지 않고 있다고 볼 수 있다. 그리스 초등학생들의 경우 입자 개념을 교수하는 것이 상태 변화나 용해에 관한 개념 이해에 효과적이었다는 연구가 보고되기도 하였으나,[33] 일반적으로 초등학생들은 물질의 입자 이론을 지지할 만한 증거나 논증을 이해하지 못하는 경우가 많은 것으로 알려졌다.[27,31] 저

Table 2. Comparison of the teaching sequences of particulate nature of matter

Korea (7th)		UK (National curriculum)		USA (NSES)	
Grade	Content	Grade	Content	Grade	Content
7	-Molecule	7-9	-Particle	5-8	-Element, compound, substance (Operational definition)
8	-Substance				
9	-Element, compound				
10	-Ion	10-11	-Structure of atoms -Substance, molecule, giant structure, ionic lattices (Chemical bonding)	9-12	-Structure of atoms -Element, compound, molecule, crystalline solid (Chemical bonding)
11-12 (Options)	-Structure of atoms				

학년에서 입자 개념을 본격적으로 다루지 않는다 해도 그 준비 단계로서 구체적인 활동을 제공하는 것은 고려해볼 필요가 있다. 예를 들어 AAAS[31]에서 3-5학년의 학습 목표 개념으로 제안한 것처럼, 블럭을 쌓아 뭔가 만들어봄으로써 각 부분의 무게 합이 전체 무게와 동일하다는 경험을 하게 하거나, 돋보기로 각설탕을 관찰하면서 집합체의 성질이 원래 가루의 성질과는 다르다는 점 등을 인식하도록 유도할 수 있을 것이다.

입자 개념의 교수·학습에는 왕도가 없으며, 이는 오랜 시간을 필요로 한다.[31] 물질이나 입자 개념에 대한 이해를 돕기 위한 하나의 방안으로, 모형의 속성에 대한 교수·학습도 고려해 볼 필요가 있다.[34] 예비 화학 교사들을 대상으로 한 연구[35]에 의하면, 모형의 역할을 이해할수록 거시적 수준과 미시적 수준을 관련지을 수 있는 것으로 나타났다. 그러나 학생들은 모형이 변할 수 있다는 데에는 동의하나, 그 이유에 대해서는 설명하는 방식이 바뀌었다기보다는 '기존 모형이 잘못되었기 때문'이라고 생각하는 경향이 있다.[36-38] 또한 학생들은 '입자 모형이 인형이나 지구본처럼 실재의 복사물이고 실재 대상에 매우 가까워야 한다'고 생각하며, 모형과 실재를 구별하는데 어려움을 겪는다.

상태 변화와 입자 개념

물질의 세 가지 상태

고체, 액체, 기체 등의 물질의 상태에 대해서는 초등학교 교육과정에서 다루고 있다. 3학년 교육과정의 「우리 주위의 물질 알아보기」 단원에서는 '공기가 공간을 차지함을 관찰함으로써 공기는 고체, 액체와는 구별되는 기체임을 확인하고, 여러 가지 물질을 그 성질에 따라 고체, 액체, 기체로 분류'하도록 하고 있다.

학생들은 눈에 보이지 않는 기체를 물질(matter)로 인식하는 데에 매우 어려움을 겪는다.[39] 공기가 물질이라는 것을 이해시키기 위해서는 교육과정 진술문에 제시된 대로 공간을 차지한다는 점뿐 아니라, matter의 정의를 참고하여 무게가 있다는 점도 제시할 필요가 있을 것이다.[12] 또, 교육과정의 의도대로 고체나 액체와 구별되는 기체의 성질을 강조하기 위해서는, 고체, 액체, 기체 모두 부피를 갖는 물질(matter)이지만, '기체에 힘을 가하면 부피가 변한다', '기체는 어떤 공간 전체를 차지하며 분포한다' 등과 같은 내용을 다룰 필요가 있다.[6,40]

즉, 현행 교육과정상 '기체도 무게를 가지고 있고, 기체에 가한 힘의 크기에 따라 기체의 부피가 변한다' 등과 같은 기체의 성질은 6학년 교육과정에 제시되어 있는데, 이를 고체, 액체, 기체를 분류해보는 3학년에서 함께 다룰 것을 고려할 필요가 있다. 참고로 공기가 공간을 차지한다는 것은 6차 교육과정에서는 2학년 '슬기로운 생활'에서 다루었고 7차 교육과정에서 3학년에서 다루고 있는데, 교과서 내용을 탐구 능력 측면에서 살펴보면 '컵 속에 든 종이배가 물 속에서 젖지 않는다'는 것을 관찰함으로써 '빈 공간에 공기가 들어있음'을 추리하도록 되어 있다. 이에 비해 '기체가 무게가 있다'는 것은 주로 관찰 능력을 요구하므로, 3학년에서 충분히 다룰 수 있다고 여겨진다. 기체가 든 배구공이나 피스톤의 부피가 쉽게 변하는 것 역시 3학년 학생들도 일상생활에서 흔히 경험할 수 있는 내용이므로, 액체, 고체와 구별되는 기체의 몇 가지 성질을 3학년에서 다루는 것이 가능하다고 여겨진다.

한편, 3학년 수준의 학생들은 고체, 액체, 기체의 전형적인 예(prototype)를 통해 개념을 형성한다.[41] 예를 들면 물을 액체의 전형적인 예로 인식하고, 다른 물질이 물과 유사한지, 즉 흐르는지, 다른 그릇에 옮겨 담을 수 있는지 등으로 그 물질이 액체인지 아닌지를 판단하는 경향이 있다. 따라서 이 단계에서는 전형적인 예에 해당하는 물질에 대한 이해가 필요한데, 이러한 점에서 볼 때 3학년의 「여러 가지 고체의 성질 알아보기」에서 고체의 성질을 가루 물질을 통해 학습하는 것은 적절하지 못하다고 생각한다. 이 단원에서는 간단한 실험을 통하여 가루 물질의 성질을 확인하도록 되어 있는데, 선행 연구[3,41]에 의하면 가루로 된 물질은 액체처럼 그릇의 모양에 따라 담겨지는 모양이 달라지고, 손가락 사이로 쉽게 빠져나기 때문이며, 학생들은 가루를 고체 물질로 인식하는 데에 어려움을 겪는다.

상태 변화와 입자 개념

물질의 상태 변화는 4학년 교육과정 「모습을 바꾸는 물」에서 처음 다루는데, 물을 가열하거나 얼릴 때의 모습, 온도, 상태 등을 관찰하도록 한다. 그

런데 이 단원의 내용 수준을 살펴보면, 학생들이 눈으로 쉽게 관찰할 수 있는 것이나 기존의 경험으로 이미 알고 있는 내용으로 구성된 경향이 있다. 초등학교 교과서를 살펴보면, 물을 얼릴 때 부피가 증가하는 것은 다루나, 질량이 보존된다는 것은 다루고 있지 않으며, 얼음이 다시 물로 변할 수 있다는 점도 강조하지 않는다. 즉, 상태 변화에서 중요한 요소인 물질의 보존 개념이나 가역적 변화 등에 대한 경험을 제공하지 않는 문제점이 있다. 현행 7차 중학교 1학년 교과서에서는 이런 내용을 부분적으로 다루고 있으나, 동학년 교육과정인 「물질의 세 가지 상태」에서는 '상태 변화에서 나타나는 현상을 실험을 통해 관찰'하라고 진술되어 있을 뿐이다.

학생들이 상태 변화에서의 물질 보존, 가역성 등 주요 개념을 구체적인 현상을 통해 충분히 경험할 수 있도록 교육과정을 재구성해볼 필요가 있다. 우선 초등학생들이 이런 개념을 이해할 능력이 있는지에 대한 연구가 선행되어야 할 것이다. 미국의 경우 5-7학년 학생들이 물질의 물리적 성질과 변화 및 보존 개념을 이해할 수 있는 잠재적 능력이 있다는 연구[2]가 보고된 바 있다. 우리나라 초등5학년 교육과정 「용액 만들기」에서 '용해 전과 후의 무게를 비교'하도록 명시함으로써, 용해시의 물질 보존에 대한 경험을 제공하고 있다는 점도 참고할 필요가 있다.

한편, 7학년 교육과정 「물질의 세 가지 상태」에서는 분자 개념이 도입된다(*Table* 1). 일반적으로 학생들은 상태 변화를 입자적 관점에서 충분히 이해하지 못하고, 다양한 오개념을 지니는 것으로 알려졌다. 예를 들어 학생들은 '기체는 매우 가볍거나 무게가 없다.', '수증기 분자는 물 분자보다 가볍다', '얼음은 물에 비해 그 안에 뭔가를 더 가지고 있다', '얼음이 물로 되면 분자가 녹아 없어진다' 등과 같이 생각한다.[6,42,43] 수증기와 물이 상태만 다를 뿐 같은 물질이라는 것을 알고 있는 학생들도, 물이 끓을 때 발생하는 기포나 차가운 컵 주변에 생기는 물방울 등의 현상을 잘못 설명하는 등 표면적인 이해에 그치는 경우가 많다.[44] 우리나라 중학생의 경우 끓음을 입자 개념으로 이해하는 학생은 있었으나, 응축을 입자 개념으로 이해하는 학생은 없었다.[45] 학생들로 하여금 비유물을 직접 만들게 한 연구[46]에서는 학생들이 물질의 상태에 따라 비유물을 바꾸는 등 상태 변화시 분자의 크기나 모양이 변할 수 있다는 오개념을 드러내었다.

상태 변화를 제대로 이해하기 위해서는 입자 개념에 대한 이해가 필수적이라고 볼 수 있다.[23] 많은 선행 연구들[23,24,47]이 '상태 변화시 어떤 물질을 이루고 있는 입자의 운동 속도나 배열 등은 달라지나, 입자의 종류, 질량, 개수 등은 보존된다'는 점을 그림이나 컴퓨터 애니메이션 등으로 제시함으로써, 상태 변화에 대한 학생들의 이해가 향상된다고 보고하였다. 이런 맥락에서 현행 교육과정을 살펴볼 때, 7학년 물질의 세 가지 상태에서는 분자의 '배열'만 먼저 비교하도록 하고, 「분자의 운동」은 이후 증발, 확산, 기체 등의 맥락에서 별도로 제시한다는 점이 다소 아쉽다. 상태 변화를 입자적 관점에서 충분히 이해할 수 있도록 교육과정을 재구성할 수 있는지 검토할 필요가 있다.

결론 및 제언

본 연구에서는 우리나라 7차 과학과 교육과정(화학 영역)에서 물질 개념의 의미, 입자 개념의 도입 순서 및 방법, 물질의 세 가지 상태, 상태 변화와 입자 개념 등의 내용을 살펴보았다. 각 내용이 교육과정 문서에서 어떻게 다루어지고 있는지 살펴보고 학생들의 오개념에 관한 선행 연구나 외국의 교육과정 등을 고려하여, 현행 교육과정의 문제점을 다음과 같이 제기하였다.

첫째, 화학은 물질의 학문[23]임에도 불구하고, 교육과정에서 물질의 정의가 미흡하였다. 즉, material, matter, substance 등의 의미가 명확한 정의 없이 혼재되어 사용되고 있으며, 원소나 화합물 등 순물질에 대해 자세히 배우기 이전에 혼합물의 분리를 매우 강조하고 있다. 과학적인 용어나 개념의 정의에 대해서는 고학년에 도입하고 저학년에서는 현상 위주의 수업을 하는 것은 바람직한 일일 것이다.[1] 그러나 현행 초·중등 교육과정에서 어떤 시료가 순물질(substance)인지 아닌지를 구별하는 것은 상대적으로 덜 강조하고, 오히려 혼합물이라고 미리 알려진 물질에 대해 단순히 분리하는 기술만을 지나치게 강조[48]하고 있는 것은 아닌지 생각해볼 필요가 있다. 차기 교육과정에서는 저학년에서의 분리 활동을 다소 줄이고, 고학년에서 순물질 개념을 보다 강조할 수 있는 방안을 강구할 필요가 있다.

둘째, 물질의 세 가지 상태를 분류하는 것은 3학년에서부터 도입되나, 고체, 액체, 기체 고유의 전형적인 성질이 강조되지 않았으므로, 관찰을 토대로 공통 속성을 찾아내어 분류해보는 활동이 제대로 이루어지기 어려워보였다. 상태 변화에 관한 내용은 4학년과 7학년에서 다루어지는데, 물질 보존이나 가역성 등 주요 개념들이 교육과정에 명시되지 않은 문제점을 제기할 수 있다.

셋째, 물질의 기본 단위에 대해서는 7학년 교육과정에서 상태 변화와 관련하여 '분자'라는 용어가 가장 먼저 제시된다. 이러한 접근 방식은 학생들로 하여금 '모든 물질이 분자로 이루어졌다'는 오개념을 갖도록 유도할 가능성을 내포한다. 추후 상급학교에서 원자들 간의 화학 결합 개념을 배운다 해도 이전에 형성된 오개념을 교정시키는 것이 쉽지 않을 수 있다.[14] 또, 현행 7차 교육과정은 분자의 '배열', '운동' 등을 서로 다른 단원에서 단편적으로 다루고 있으므로, 학생들이 물질의 입자성을 다각도에서 충분히 이해하지 못할 가능성이 있다.

본 연구를 통해 차기 교육과정에 대한 개선방안을 다음과 같이 제안하고자 한다.

첫째, 학생들이 물질 개념을 이해했으리라고 가정하는 대신 인식의 전환을 하여, 물질의 성질을 이용해서 물질이 무엇인지 정의[48,49]하는 데 초점을 두는 것이 필요하다고 본다. 예를 들어 저학년에 제시된 혼합물 분리 활동은 다소 양을 줄이고, 상황에 따라 물질의 개념을 명확히 이해하고 물체, 물질, 혼합물, 순물질, 원소, 화합물 등 여러 용어들 사이의 관계를 이해하는 데에 더 많은 시간을 투자할 필요가 있다. 우리나라의 경우, material, matter, substance라는 3가지 다른 의미의 용어를 '물질'로 통칭하는 것에서 비롯되는 태생적인 문제점도 있으므로, 새로운 용어를 모색해 볼 필요도 있을 것이다.

둘째, 현행 교육과정의 의도대로, 기체를 그 성질에 기초해 고체, 액체와 다르게 분류하게 하려면, '기체가 어떤 공간 전체를 차지하며 분포한다'거나 '기체에 힘을 가하면 부피가 쉽게 변한다'는 등 고체나 액체와 구별되는 기체 고유의 성질을 강조할 필요가 있다. 고체에 대한 학습에서도 가루 물질의 성질을 확인하는 대신, 전형적인 고체의 예[41]를 탐색하도록 교육과정을 재구성할 필요가 있다고 생각한다.

셋째, 상태 변화를 다룰 때, '물이 얼음으로 변해도 무게가 동일하다' 또는 '얼음이 다시 물로 변할 수 있다' 등의 경험을 저학년에서부터 제공할 필요가 있다. 즉, 상태 변화에서 중요한 요소인 물질 보존 및 가역성 개념을 구체적인 현상을 통해 충분히 경험할 수 있도록 교육과정을 재구성할 필요가 있다.

넷째, 물질의 기본 단위에 대해서는 영국의 교육과정을 참고하여 분자 대신 '입자(particle)'라는 용어를 먼저 도입하고, 추후 원자나 화학 결합을 배우면서 분자 개념을 도입하는 방안을 고려해 볼 필요가 있다. 아울러 입자 모형이 실재의 복사본이라기 보다는 현상을 설명하기 위한 도구이며 설명하는 방식에 따라 모형도 바뀔 수 있다는 등 모형의 속성[34,38]에 대한 교육도 병행해야 할 것이다.

다섯째, 학생들이 상태 변화를 입자적 관점에서 충분히 이해하도록 하기 위해서는, 입자 배열의 차이뿐만이 아니라 동일한 입자의 보존, 입자의 질량, 개수 등의 보존을 강조할 수 있는 방안을 모색해 볼 필요가 있다.[24] 이와 같은 접근 방식은 상태 변화에 대한 학생들의 다양한 오개념을 줄여줄 것이며, 추후 물리 변화와 화학 변화를 구분[50]하는 데에도 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

인 용 문 헌

1. 교육부 *제7차 교육 과정: 과학과 교육과정*; 대한교과서 주식회사: 서울, 1997.
2. Liu, X.; Lesniak, K. M. *Sci. Educ.* **2005**, *89*, 433.
3. 구영옥; 김효남 *초등과학교육* **2000**, *19*, 113.
4. Johnson, P. *Int. J. Sci. Educ.* **2000**, *22*, 719.
5. Krnel, D.; Watson, R.; Glazar, S. A. *Int. J. Sci. Educ.* **2005**, *27*, 367.
6. Lee, O.; Eichinger, D. C.; Anderson, C. W.; Berkheimer, G. D.; Blakeslee, T. S. *J. Res. Sci. Teach.* **1993**, *30*, 249.
7. Nakhleh, M. B.; Samarapungavan, A.; Saglam, Y. *J. Res. Sci. Teach.* **2005**, *42*, 581.
8. Solomonidou, C.; Stavridou, H. *Sci. Educ.* **2000**, *84*, 382.
9. Calik, M.; Ayas, A. *J. Res. Sci. Teach.* **2005**, *42*, 638.
10. Haidar, A. H. *J. Res. Sci. Teach.* **1997**, *34*, 181.
11. Schibeci, R. A.; Hickey, R. *J. Res. Sci. Teach.* **2000**, *37*, 1154.
12. 백성혜; 조부경; 김효남 *한국과학교육학회지*, **2000**, *20*, 527.
13. 한유화; 강대훈; 양일호; 백성혜; 박국태 *대한화학회지*, **1999**, *43*, 340.

14. 류오현; 백성혜; 김동욱 *대한화학회지*, **2004**, *48*, 53.
15. 이미경; 김주훈 *한국과학교육학회지*, **2004**, *24*, 1082.
16. 이화국 *한국과학교육학회지*, **2000**, *20*, 652.
17. 이갑용; 김호식; 구본권; 이형수 *일반화학*; 형설출판사: 서울, 2003.
18. Oxtoby, D. W.; Gillis, H. P.; Nachtrieb, N. H. *Principles of Modern Chemistry*; Thomson, 2002.
19. 일반화학교재편찬위원회(역), *현대일반화학*; 자유아카데미: 서울, 1991.
20. Skoog, D. A.; West, D. M. *Analytical Chemistry: An Introduction*; Saunders College Publishing: Philadelphia, 1986.
21. 김완규; 김연상; 김재형; 김창욱; 손종락; 심상철; 양준식; 오상오; 이광; 이동호; 홍역석 (역) *일반화학* ; 형설출판사: 서울, 1982.
22. Johnson, P. *Int. J. Sci. Educ.* **2002**, *24*, 1037.
23. Gabel, D. L. *J. Chem. Educ.* **1993**, *70*, 193.
24. Noh, T.; Scharmann, L. C. *J. Res. Sci. Teach.* **1997**, *34*, 199.
25. de Vos, W.; Verdonk, A. H. *J. Res. Sci. Teach.* **1996**, *33*, 657.
26. http://www.nc.uk.net.
27. National Research Council *National Science Education Standards*; National Academy Press: Washington, DC, 1996.
28. 박 정; 정은영; 김경희; 한경혜 *TIMSS 2003 공개문항 분석 자료집*; 한국교육과정평가원 연구자료 ORM 2004-27, 2004.
29. 국동식 *한국과학교육학회지*, **1988**, *8*, 33.
30. Nakhleh, M. B.; Samarapungavan, A. *J. Res. Sci. Teach.* **1999**, *36*, 777.
31. AAAS *Benchmarks for Science Literacy*; Oxford University Press: Washington, DC, 1993.
32. 교육부 *국민학교 교육과정*; 대한교과서 주식회사: 서울, 1992.
33. Papageorgiou, G.; Johnson, P. *Int. J. Sci. Educ.* **2005**, *27*, 1299.
34. Brook, A.; Briggs, H.; Bell, B. *Secondary students' ideas about particles*; The University of Leeds: Leeds, UK, 1983.
35. Van Driel, J. H.; De Jong, O.; Verloop, N. *Sci. Educ.* **2002**, *86*, 572.
36. 차정호; 김영희; 노태희 *대한화학회지* **2004**, *48*, 638.
37. Grosslight, L.; Unger, C.; Jay, E.; Smith, C. L. *J. Res. Sci. Teach.* **1991**, *28*, 799.
38. Ryan, A.; Aikenhead, G. *Sci. Educ.* **1992**, *76*, 559.
39. Stavy, R. *Sch. Sci. Math.* **1991**, *91*, 240.
40. Benson, D. L.; Wittrock, M. C.; Baur, M. E. *J. Res. Sci. Teach.* **1993**, *30*, 587.
41. Krnel, D.; Glazar, S. A.; Watson, R. *Sci. Educ.* **2003**, *87*, 621.
42. 홍미영 *고체, 액체, 기체 상태의 분자 운동에 대한 학생들의 개념 조사*; 서울대학교 석사 학위논문, 1991.
43. Stavy, R. *J. Res. Sci. Teach.* **1990**, *27*, 247.
44. Johnson, P. *Int. J. Sci. Educ.* **1998**, *20*, 567.
45. Paik, S. H.; Kim, H. N.; Cho, B. K.; Park, J. W. *Int. J. Sci. Educ.* **2004**, *26*, 207.
46. 권혁순, 최은규, 노태희 *대학화학회지*; **2003**, 47, 265.
47. Pereira, M. P.; Pestana, M. E. M. *Int. J. Sci. Educ.* **1991**, *13*, 313.
48. Johnson, P. *Res. Sci. Educ.* **2005**, *35*, 41.
49. Liu, X.; Lesniak, K. *J. Res. Sci. Teach.* **2006**, *43*, 320.
50. Ardac, D.; Akaygun, S. *J. Res. Sci. Teach.* **2004**, *41*, 317.