

물질의 세 가지 상태에 대한 개념 변화에 초등교사들의 토론이 미치는 영향과 분류활동 결과의 분석

최정인 · 백성혜^{†*}

인천효성남초등학교

[†]한국교원대학교

(접수 2015. 3. 2; 게재확정 2015. 6. 19)

The Effect of Elementary School Teachers' Discussion on Their Conceptual Changes Related to Three States of Matter and Analysis of Results of Classification Activities

Jungin Choi and Seung-Hey Paik^{†*}

Incheon Hyoseongnam Elementary School, Incheon 407-829, Korea

[†]Department of Chemistry Education, Korea National University of Education, Cheongju 361-764, Korea.

*E-mail: shpaik@knue.ac.kr

(Received March 2, 2015; Accepted June 19, 2015)

요 약. 이 연구의 목적은 생활에서 접할 수 있는 다양한 물질들을 분류하는 활동을 통하여 초등교사의 물질의 세 가지 상태에 대한 개념을 조사하고, 분류활동 결과에 대한 토론을 통해 개념변화가 이루어진 후 새롭게 분류한 결과가 합의에 도달하는지 알아보는 데 있다. 이를 위하여 교육대학원에서 초등과학교육을 전공하는 초등 교사 25명과 I지역 소재의 초등 교사 10명을 선정하였다. 이들에게 분류 활동을 포함한 검사지의 투입과 분류 활동의 관찰, 그리고 면담을 통하여 자료를 수집하였으며, 수집된 자료는 양적 분석과 질적 분석을 병행하여 분석하였다. 연구 결과 초등교사는 주로 거시적 관점으로 물질의 세 가지 상태의 개념을 이해하고 있었고, 순물질이 아닌 혼합물질 경우 물질의 상태 분류에 어려움을 겪었다. 분류 결과에 대한 토론 후 교사들의 개념은 변화하였으며 새롭게 만들어진 개념으로 분류활동을 하였을 때 그 결과 역시 합의점에 도달하지 못하였다. 이러한 연구의 결과는 과학의 개념이 모든 사람에게 동일하게 합의되는 과정이 쉽지 않음을 보여준다. 따라서 분류라는 과학탐구과정이 갖는 본성의 이해를 도모하고 다양한 물질을 상태 분류할 수 있는 기능을 향상시킬 수 있도록 하는 교사교육이 요구된다. 더불어 혼합물의 분류에 대한 논의도 필요하다.

주제어: 물질의 상태, 분류, 초등교사

ABSTRACT. The purpose of this study was to identify the concepts of elementary school teachers related to three states of matter from activities of classifying various materials in life. The subjects were 25 teachers majored in primary science education at a graduate college of education and 10 teachers of elementary school located in a metropolitan city. A questionnaire and observation related to classification activities, and interviews were carried out and analyzed them qualitatively and quantitatively. From the analysis, we found that most elementary school teachers understood the classification criteria of three states of matter through macroscopic viewpoints and experienced difficulties in determining the state of mixture materials. After discussion of the classification results, the teachers' concept was changed. But, when performing classification activity on the basis of the newly created concepts, it has not reached its results agreed. The result of this study shows that process of concept of science has been agreed in the same way to all people is not easy. Therefore, the teacher education programs to make possible to improve the ability capable of classifying the states of the various matters and to understand the nature of classification is required. In addition, deep discussion on the classification of the mixture is also necessary.

Key words: State of matter, Classification, Elementary school teacher

서 론

다수의 과학교육자나 과학교사들은 구성주의적 관점을 가지고 과학교육을 바라보고 있다. 구성주의 관점에서 학

습자는 그들의 인지 구조와 물리적, 문화적 환경 사이에 끊임없는 상호작용의 과정을 통해 개념을 구성해나간다는 가정을 널리 받아들이고 있다.^{1,2} 그리고 학습자가 개념의 재구성 과정에서 사용하는 주요한 방법 중 하나는 분류이다.

Demirbas와 Ertugrul³은 개념은 사물이나 현상, 아이디어 등의 유사성을 바탕으로 분류를 함으로써 얻어지는 것을 지칭하는 용어라고 설명한다. 또한 Gagné는 개념학습을 공통된 속성을 이해하고 그것을 기준으로 하여 사물을 분류하는 것이라고 하였다.⁴

물질의 세 가지 상태인 고체, 액체, 기체에 대한 개념 역시 각 개념이 드러나는 현상의 유사성을 바탕으로 분류를 통해 획득되는 것이라고 말할 수 있다. 물질의 세 가지 상태는 학생들이 학교교육 이전의 경험을 통해 친숙함을 느끼는 소재이며 동시에 학생들의 분류 능력을 배양하는데 좋은 소재가 된다. 물질의 세 가지 상태는 물질 영역에서 기초적인 개념이므로⁵ 학생들이 비과학적인 개념을 갖지 않도록 교사는 유의하여야 한다. 학생들은 물질의 세 가지 상태에 관해 구축한 나름의 개념을 가지고 주변의 자연세계를 이해하고 탐구할 것이기 때문이다. 그러나 여러 연구에서 학생들은 자연 세계와 관련하여 과학자들이 가진 시각과는 다른 시각과 설명을 가지고 있음을 밝혔다.⁶⁻¹¹

Ausubel¹²에 의하면, 학생들은 기존의 인지구조에 새로운 정보를 소화하려고 시도하는 과정에서 원하지 않는 교수 결과를 갖게 된다고 한다. 이렇게 원하지 않는 교수 결과를 초래하는 학생들의 그릇된 선개념(preconception)을 오인(misunderstanding), 대체개념(alternative conception) 또는 오개념(misconception)이라 명하고 있다.³

학생들이 외부 세계와 상호작용하면서 형성된 오개념을 가지고 수업에 참여할 때, 학생들은 새로운 개념을 해석하고 구성하는데 오개념의 영향을 받는다.¹³ 그러나 이러한 오개념은 학교 밖에서만 형성되는 것이 아니라는 견해가 있다. Taber¹⁴는 화학에서 오개념의 대부분은 학생이 학교 밖에서 겪은 경험을 기반으로 한 것이 아님을 주장하며, 화학에서 오개념은 형식적 학습 환경에서 발생하는 상황으로부터 만들어진다고 설명한다. 구체적으로 이전에 받아온 과학 수업의 내용이나 모델의 한계점을 직시하지 못할 때 또는 모델 적용 과정에서의 실수나 과학 용어를 호도하여 사용하는 경우에 오개념이 발생한다고 말한다. 또한 Tatar¹⁵는 학생들의 오개념의 원인 중 하나는 오개념을 가지고 있는 교사라고 지적하였다. 이처럼 학교 내 형식적 학습 환경에서도 학생들의 대체개념이 형성될 수 있다는 견지에서 볼 때 교사의 역할에 따라 학생들의 바람직하지 않은 대체개념이 해소가 될 수도 혹은 가중이 될 수도 있다. 예를 들어 밀가루 반죽처럼 학생들에게는 일상에서 쉽게 접하는 친숙한 소재이지만 물질의 상태를 분류함에 있어서 어려움을 주는 경우 학생들은 교사에게 돌발적인 질문을 할 것이다. 이 때 교사가 해당 사례에 대해 비과학적인 상태 분류를 알려주는 경우 학생들은 물질의 상태에 대한 바른 개념 형성에 방해받을 것이다.

물질은 에너지와 더불어 과학에서 가장 근본적인 개념 중 하나이다.⁹ 물질의 경계를 결정하는 것은 과학과 철학의 역사 동안 과학자들뿐만 아니라 철학자들이 매달려온 문제였다.¹⁶ 따라서 초등과학교육은 물질이 무엇이며, 그것을 어떻게 분류할 수 있는가라는 심오한 질문에 대한 나름대로의 답을 내리는 첫 번째 단계이기 때문에 매우 중요하다 할 수 있다. 그러나 과학 교육을 하면서 매우 기초적이고 근본적인 개념이나 아이디어에 대해서 우리는 별로 주의를 기울이지 않는 경향이 있다. 이러한 기초적 개념들의 다수는 일상생활과 일상의 언어 안에서 사용되는 개념이며, 자연스럽게 발전한다. 그러나 그들의 일상에서 개념의 의미가 정확히 과학적으로 사용되는 것은 아니다. 따라서 바르지 못한 개념을 방치해버린다면 더욱 상위의 개념, 원리 또는 이론들을 이해하는데 어려움을 줄지 모른다.⁹ 교육의 질은 교사의 질을 넘어설 수 없다는 말은 진부하지만 진리이다. 교사는 단순한 지식의 전달자가 아닌 다양한 배경과 학습 능력 차를 지닌 개개인의 학생들에게 적합한 교육을 제공하는 역할을 하기 위해 교수방법과 교수 내용의 전문가가 되어야 한다. 그러므로 교사는 물질의 상태에 관한 교과서에 제시된 정의와 사례만을 이해하고 있는 것이 아니라 보다 심도 깊은 이해와 과학적 개념으로 무장하고 있어야 한다. 물질의 상태는 우리의 생활을 고려하여 보면 매우 중요한 주제이기 때문에 교사의 잘못된 개념은 다른 개념의 과학적 이해를 도모하는데 나쁜 영향을 끼치기 때문이다.¹⁵

예비교사 또는 현직교사를 대상으로 한 물질의 세 가지 상태 분류와 관련한 선행연구들은 주로 교사의 개념이나 인식실태를 분석하는 연구들이다.^{5,13,17} 그러나 이상의 선행연구들은 물질의 상태에 관해 예비 교사나 현직 교사가 현재 어떠한 개념을 보유하고 있는지를 확인하는데 초점을 맞추고 있으며, 물질의 상태에 관한 교사의 개념변화를 다루고 있지는 않다.

따라서 이 연구에서는 생활에서 접할 수 있는 다양한 물질들을 분류하는 활동을 통하여 초등교사의 물질의 세 가지 상태에 대한 개념을 조사하고, 분류활동 결과에 대한 교사간 토론을 통해 개념변화가 어떤 방식으로 이루어졌는지 그리고 토론 이후 새롭게 분류한 결과가 합의에 도달하는지 알아보고자 하였다.

연구 방법

연구 대상 및 분석 방법

초등 교사들의 물질의 세 가지 상태에 대한 세부분류 기준을 포함한 개념의 유형을 알아보기 위해 중부권에 위치한 교육대학원에 재학 중인 초등과학교육 전공의 초등 교

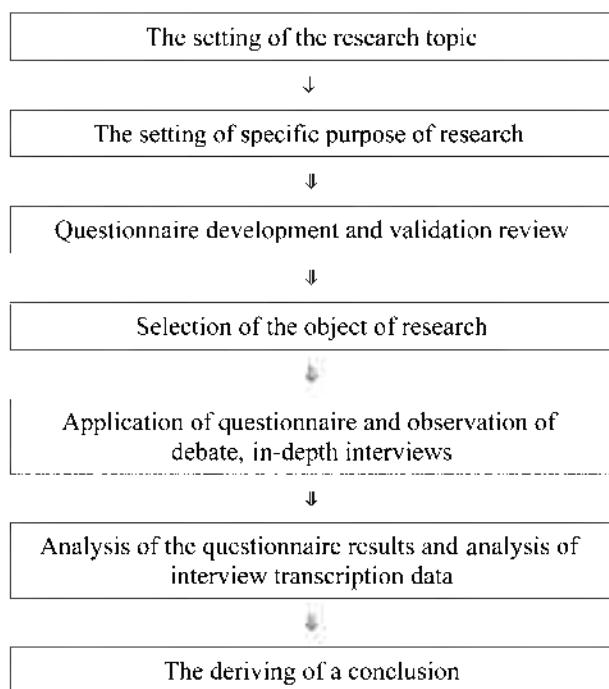


Figure 1. Procedures for research.

사와 대도시 1지역에 소재한 초등 교사들 편의 표집하여 동일한 검사지를 투입하였다. 표본의 수는 교육대학원에 재학 중인 초등 교사 25명, 1지역의 초등 교사 10명이다. 표본의 수가 적고 편의 표집 방법의 한계가 있으므로 본 연구의 결과를 일반화하는데 있어서 유의하여야 한다.

연구 절차 및 분석 방법

이 연구에서는 2014년 7월부터 10월까지 총 4개월에 걸쳐 자료가 수집되었으며, 연구에 필요한 자료는 검사지, 토론 관찰 및 심층 면담을 통하여 수집되었다. 연구의 절차는 Fig. 1과 같다.

검사지 개발 및 응답 유형 분석

현직 초등 교사들의 불질의 세 가지 상태에 대한 세부

분류 기준을 포함한 개념의 유형을 조사하기 위하여 불질의 세 가지 상태에 대한 정의를 묻고, 다양한 불질을 분류하는 활동을 포함하는 검사지를 개발하였다. 검사지는 연구자와 화학교육 전문가 1인 그리고 초등과학교육 박사과정 3인의 검토를 거쳤다. 투입된 검사지의 내용은 Table 1과 같다.

1번 문항에서는 초등 교사들이 가지고 있는 불질의 세 가지 상태에 대한 사전 개념을 조사하였다. 그리고 2번 문항에서는 각 실례(實例)의 이름과 이미지가 삽입된 그림 카드를 제공하여 실례들을 직접 분류해보는 활동을 수행하였으며, 제공된 실례들은 일정한 온도와 압력이 유지된 상황 하에 놓여있음을 사전에 설명하였다.

3번 문항에서는 1차 분류활동을 통해 겪은 어려움을 해결하기 위하여 동료교사와의 토론을 통하여 불질의 상태에 대한 정의를 협의하도록 하였다. 토론을 통한 학습자 간 상호작용은 인지갈등 유발에 효과적이며¹⁸ 자신의 생각을 표현하여 평가 받고, 타인과의 타협을 통해 의미 있는 지식을 구성할 수 있게 해준다.¹⁹ 이처럼 토론은 교사 개인이 가지고 있는 불질의 상태에 대한 개념을 드러내고 또 개념의 변화를 이끌어내는 도구가 될 수 있다. 따라서 토론의 관찰 및 토론의 내용을 선사한 자료를 통해 교사들이 불질의 세 가지 상태에 대해 가지고 있는 개념과 분류에서 겪는 어려움 그리고 이를 풀어나가는 방식을 심층적으로 살펴보고자 하였다. 토론 집단의 구성은 2~3명의 소집단으로 하였으며, 토론의 주제만을 제시해주고 연구자는 토론에 개입하지 않았다. 마지막으로 4번 문항에서는 수정·협의한 정의를 바탕으로 2차 분류활동을 하도록 구성하였다. 그리고 분류 활동 및 토론 활동에서 연구자가 더 알고 싶은 사항에 대해서는 개별적인 면담을 실시하여 연구에 필요한 정보를 얻었다.

분류 활동에서 제공되는 실례는 쿠키만죽 등 17종이며, 유추경²⁰과 백성혜 등²¹의 연구를 참고하여 예의 기능을 고려한 실례들을 선정하였다. 경험적 인지, 속성파악, 증명 등의 기능을 하는 설명의 예로 쇠구슬, 얼음, 드라이아이스, 수은, 질소, 산소를 선정하였으며, 확인 및 비교, 가장

Table 1. Composition of the questionnaire

Item number	Contents of question	Intention of questions
1	Making definitions of three states of matter	Revealing an individual's preconceptions about three states of matter.
2	Classifying the examples (Fruit juice, Smoke, Dry ice, Iron ball, Honey, Oxygen, Soft cloth, Wheat flour, Jelly, Mercury, Eraser, Ice, Nitrogen, Milk, Cloud, Cookie dough, Glass)	Classifying the examples into solid, liquid and gas based on the definitions of state of matter.
3	Making redefinitions of three states of matter	After comparing the results of classification activities with those of other teachers, making redefinitions of three states of matter through discussion to reduce the difference in results.
4	Reclassifying the examples	Reclassifying the examples into solid, liquid, gas based on new definitions.

의 기능을 하는 강화의 예로 부드러운 천, 밀가루, 지우개, 유리, 꿀, 과일주스, 우유를 선정하였다. 그리고 확장 및 대조의 기능을 하는 명료화의 예로 젤리, 쿠키반죽, 구름, 연기를 선정하였다. 전형적인 형태를 벗어난 명료화의 예들은 개념의 속성을 명확하게 하고 개념 속성에 대한 범위를 설명하는 기능을 하는 것들로 초등 교사들에게 물질을 세 가지 상태로 명쾌하게 분류하기 어려운 인지적 갈등을 줄 수 있는 것들이다. 또한 실례를 선정하는데 있어서 수업시간에 학생들이 질문할 수 있을만한 친숙함을 주는 소재여야 한다는 조건을 만족하도록 하였다.

검사지 및 토론 관찰, 면담 등에서 수집된 자료의 분석에는 양적 분석과 질적 분석이 병행되었다. 특히 질적 분석의 타당성을 높이기 위해 검사지의 주관식 답변과 토론 및 면담의 전사된 데이터는 화학교육 전문가 1인과 교직 경력 10년 이상의 현직 교사이자 초등학교교육 박사과정 3인과 함께 동료검토 방법을 사용하여 반복적인 비교분석을 실시하였다. 비교분석방법은 모든 자료의 분석을 정해진 범주나 코드를 사용하지 않고 반복적으로 비교하는 과정을 통하여 여러 자료 내용이 나타내는 공통적 범주나 속성들을 탐색 도출해내는 분석방법으로,²² 질적 연구방법에서 널리 사용되고 있으므로 이를 채택하였다. 이러한 비교분석방법 및 선행연구⁵를 바탕으로 문항 1과 문항 3의

응답에 대한 유형을 Table 2와 같이 도출하였다. 물질의 상태에 관한 개념을 거시적 관점과 미시적 관점으로 분석한 선행연구와는⁵ 다르게 '조건 부여'가 추가되었다. 이 연구에서는 교사들이 분류활동을 해봄으로써 인지갈등을 겪고 동료교사와 토론을 통해 물질의 세 가지 상태에 대한 정의를 수정 및 합의를 하면서 개념 변화를 보이게 되는데 그러한 변화의 특징 중 하나는 혼합물 자체는 분류할 수 없고 순물질로만 한정하여 물질의 상태분류를 해야 한다거나 또는 혼합물일 경우 주성분의 비율을 따져 물질을 세 가지 상태로 분류해야 한다는 등의 조건을 진술하는 것이었다.

이 연구에서는 편의상 각 개념의 유형에 따른 세부 기준을 표기할 때 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, 조건 부여 중 순물질은 '①', 혼합물의 주성분은 '②', 온도와 압력은 '③'으로 표기하였다.

연구 결과 및 논의

물질의 세 가지 상태의 분류기준에 대한 사전 개념 조사

검사지 문항 1에서 물질의 세 가지 상태에 관해 초등 교사들이 가지고 있는 사전 개념을 확인하기 위하여 각 상태

Table 2. Type of concept and detailed classification criteria of state of matter for the analysis of response

Type of concept	Criteria for classification	Description
Macroscopic viewpoint	Changes in the shape and volume (A)	When classified by category of statement such as 'Shape and volume is definite or not definite' Ex. Solid: Shape is not changed according to the container
	The degree of rigidity and flexibility (B)	When classified by category of statement such as 'It's hard or not hard, or there is liquidity or no liquidity' Ex. Solid: It's hard, Liquid: Liquid flows freely
	The presence or absence of form (C)	When classified by category of statement such as 'presence or absence of form' Ex. Solid: Can touch, Gas: Gas is invisible
Microscopic viewpoint	Changes in molecular motion and arrangement (a)	When classified by category of statement such as 'molecular motion and arrangement' Ex. Solid: Molecular arrangement is very regularity Liquid: Molecules(Particles) move around freely
	Changes in the attraction and the distance between molecules (b)	When classified by category of statement such as 'attraction and distance between molecules' Ex. Solid: The molecules are very close together
Imparting conditions	Pure substance (①)	After distinguish pure substances and mixtures, when it is said that it is possible to classify only the case of pure materials Ex. After separating the components of smoke physical method, to classify the state of constituents separately
	Main ingredient (②)	When it is classified three states of matter in the main component by calculating the mixed composition ratio for mixture Ex. The solid particles is determined that the main component of the smoke, then the smoke be classified into solid
	Temperature and pressure (③)	When defining the state of matter including temperature and pressure Ex. Inserting a phrase such as 'Under the conditions of room temperature and atmospheric pressure'

Table 3. Pre-concept type of the elementary school teacher on state of matter

Type of concept	N(%)		
	Solid	Liquid	Gas
Macro	27 (77.1%)	27 (77.1%)	25 (71.4%)
Micro	1 (2.9%)	1 (2.9%)	3 (8.6%)
Macro/Micro	6 (17.1%)	6 (17.1%)	6 (17.1%)
Macro/Condition	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
Micro/Condition	1 (2.9%)	1 (2.9%)	1 (2.9%)
Macro/Micro/Condition	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
total	35 (100.0%)	35 (100.0%)	35 (100.0%)

에 대한 정의를 물었다. 생각을 구두로 표현하는 것은 개념을 정의하는 과정을 수반하기 때문에³ 응답자가 가지고 있는 물질의 상태에 대한 정의를 통해 어떠한 유형의 개념을 가지고 있는지 유추할 수 있다. 서술형으로 수집된 각 응답을 거시적 관점과 미시적 관점 그리고 거시/미시 혼합관점으로 개념의 유형을 나누어 분석한 결과는 Table 3과 같다.

Table 3에서 볼 수 있듯이 초등 교사들은 물질의 세 가지

Table 4. Definition of state of matter of the elementary school textbook

State of matter	Definition	Type of concept
Solid	State of matter that keeps its shape and size even if the container has changed.	Macro
Liquid	State of matter that keeps its amount but takes the shape of its container	Macro
Gas	State of matter that takes shape of its container and expands to fill any space of container	Macro

Table 5. Analysis of classification criteria on state of matter

Type of concept	Criteria	N(%)		
		Solid	Liquid	Gas
Macro	A	24 (68.6%)	23 (65.7%)	23 (65.7%)
	B	0 (0.0%)	1 (2.9%)	0 (0.0%)
	C	1 (2.9%)	1 (2.9%)	1 (2.9%)
	AB	0 (0.0%)	2 (5.7%)	1 (2.9%)
	AC	1 (2.9%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
	BC	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
	ABC	1 (2.9%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
Micro	a	1 (2.9%)	1 (2.9%)	3 (8.6%)
	b	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
Macro/Micro	Aa	1 (2.9%)	4 (11.4%)	4 (11.4%)
	Ab	1 (2.9%)	1 (2.9%)	2 (5.7%)
	Aab	4 (11.4%)	1 (2.9%)	0 (0.0%)
Macro/Condition	.	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
Micro/Condition	a (3)	1 (2.9%)	1 (2.9%)	1 (2.9%)
Macro/Micro/Condition	.	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
Total		35 (100.0%)	35 (100.0%)	35 (100.0%)

상태를 정의할 때 거시적 관점을 취하는 경우가 가장 많았다. 이는 초등학교 교육과정에서 물질의 상태를 다룰 때 거시적인 관점에 국한하기 때문이다. 거시적 관점의 정의는 가시적인 관찰 현상에 기초한 것으로 대부분 물질의 세 가지 상태에 대한 정의를 Table 4와 같은 초등학교 교과서²³에 제시된 정의를 그대로 따르고 있었다. 거시적 관점 정의 다음으로 거시/미시적 관점을 혼합한 정의를 보유하고 있는 경우가 그 뒤를 따르고 있었으며, 미시적 조건의 관점만을 도입하여 물질의 상태를 정의하는 비율은 매우 낮게 나타났다.

거시적 관점과 미시적 관점 또는 거시/미시 혼합의 관점으로 물질의 상태에 대한 개념을 수립한 각 교사들이 구체적으로 어떤 세부 분류 기준을 가지고 있는지를 확인해보았다(Table 5). 교사의 응답에서 등장하지 않은 세부 분류 기준은 표에서 제시하지 않았다.

초등 교사는 거시적 관점 중에서 주로 A, 모양과 부피의 변화로 물질의 상태를 판단함을 알 수 있었다. 이것은 교과서에 제시된 정의와 일치하는 것으로 교사들 역시 교과서의 관점을 그대로 수용하고 있었다.

거시/미시 혼합 관점을 택한 교사는 A, 모양과 부피 변화를 기본으로 하여 a, 분자운동과 배열의 변화, b, 분자 간 인력과 거리의 변화를 조합하여 물질의 상태를 기술하였다. 고체의 경우 A와 a 그리고 b를 모두 혼합한 경우가 가장 많았는데, 일정한 모양과 부피를 갖는 고체의 거시적 현상을 지지하기 위하여 분자 배열이 조밀하고 규칙적이며, 조밀한 분자 배열은 분자 간 인력이 크기 때문이라는 논리를 사용하였다. 반면 액체나 기체의 경우 A와 a를 조합하여 물질의 상태를 정의하는 비율이 높았는데 액체와

Table 6. Results of classification activities of state of matter

Examples	State of matter	Result	
		N	%
Eraser	Solid	34	97.1
	Ambiguous solid	1	2.9
	Total	35	100.0
Iron ball	Solid	35	100.0
Soft cloth	Solid	35	100.0
Wheat flour	Solid	35	100.0
Ice	Solid	35	100.0
	Solid	15	42.9
Jelly	Ambiguous solid	11	31.4
	Classification abandonment between solid and liquid	7	20.0
	Liquid	1	2.9
	Ambiguous liquid	1	2.9
	Total	35	100.0
Dry ice	Solid	30	85.7
	Ambiguous solid	5	14.3
	Total	35	100.0
Cookie dough	Solid	12	34.3
	Ambiguous solid	10	28.6
	Classification abandonment between solid and liquid	8	22.9
	Liquid	1	2.9
	Ambiguous liquid	4	11.4
	Total	35	100.0
Glass	Solid	27	77.1
	Ambiguous solid	8	22.9
	Total	35	100.0
Smoke	Solid	4	11.4
	Ambiguous solid	3	8.6
	Ambiguous liquid	1	2.9
	Gas	15	42.9
	Ambiguous Gas	5	14.3
	Classification abandonment between gas and solid and liquid	7	20.0
Fruit juice	Total	35	100.0
	Classification abandonment between solid and liquid	6	17.1
	Liquid	27	77.1
	Ambiguous liquid	2	5.7
Milk	Total	35	100.0
	Classification abandonment between solid and liquid	6	17.1
	Liquid	29	82.9
Mercury	Total	35	100.0
	Solid	1	2.9
	Ambiguous solid	2	5.7
	Liquid	30	85.7
	Ambiguous liquid	2	5.7

Table 6. continued

Examples	State of matter	Result	
		N	%
Honey	Liquid	35	100.0
	Liquid	13	37.1
	Ambiguous liquid	8	22.9
	Classification abandonment between liquid and gas	1	2.9
Cloud	Gas	10	28.6
	Ambiguous gas	3	8.6
	Total	35	100.0
Nitrogen	Gas	35	100.0
Oxygen	Gas	35	100.0

기체의 상태는 고체에 비하여 분자운동이 활발하고 배열이 규칙적이지 않음으로 진술하고 있다. 미시적 관점을 택한 교사는 모두 a. 분자운동과 배열의 변화를 세부 기준으로 택하고 있었는데 분자 또는 입자의 배열이라는 표현을 통해 배열 상태의 조밀한 정도에 따라 물체의 상태를 정의하고 있었다.

물질의 분류 활동 결과 분석

초등 교사들이 보유한 물질의 세 가지 상태에 대한 개념이 실례들을 분류하는데 있어서 효과적으로 작동하는지를 확인하기 위하여 쿠키반죽 등의 17종의 실례들을 제시하고 분류하는 활동을 실시하였다. 분류의 결과는 Table 6과 같다.

분류 활동의 결과 쇠구슬, 부드러운 천, 밀가루, 얼음, 꿀, 질소, 산소에 대한 물질의 상태 분류의 결과는 전원 일치하였다. 반면 그 이외의 실례들은 분류의 결과가 불일치하였으며, 특히 연기, 구름, 쿠키반죽, 젤리의 경우 불일치의 정도가 큰 것으로 나타났다.

연기의 분류 결과를 살펴보면, 분류 활동에 참여한 초등 교사들은 연기를 기체로 판별한 경우(42.9%)가 가장 많았으며 애매하지만 기체에 가깝다고 분류한 경우는 14.3%였다. 반면에 연기를 고체로 판별한 경우는 11.4%, 애매하지만 고체에 가깝다고 분류한 경우는 8.6%였다. 그리고 기체와 고체 및 액체 사이에서 고민을 하다 상태 분류를 포기한 경우는 20%였다. 이렇게 연기가 다양한 물질의 상태로 분류될 수 있었던 까닭은 연기에 대한 교사 개인이 갖는 배경 지식의 차이에 기인하였다. 연기가 가연성 물질이 연소할 때 생기는 고체, 액체 상태의 미립자들이 공기 중으로 퍼져가는 것임을 알고 있는 교사들은 연기를 물질의 세 가지 상태 중 하나로 분류하고자 할 때 어려움을 겪었다. 따라서 혼합물인 연기를 고체부터 기체까지 다양한 상태로 분류하게 되었다. 아래는 연기를 고체로 분류한 교육대학원에 재학 중인 교사의 면담 내용이다.

연기는 다양한 성분이 포함되어 있지만 주된 성분이 탄소 등이 불완전 연소로 해서 생긴 물질이라고 생각해요. 따라서 연기는 고체로 분류해야 맞는 것 같은데요. (중략) 구름도 액체잖아요. 응결된 게 눈으로 보이니까, 같은 논리로 연기는 고체예요. 연기라는 게 작은 입자이지 기체가 될 순 없다고 봐요. 비유가 적절한지 모르겠지만 미래도 액체처럼 자유롭게 모양이 변하지만 그 안을 살펴보면 고체잖아요.

교육대학원 재학 S교사

한편 연기를 기체로 분류한 교사들에게 그 까닭을 물었을 때 단순히 기체처럼 보여서라는 직관적인 답변을 하거나 답는 그릇에 따라 모양이 변하고, 그릇을 가득 채우는 성질이 있기 때문이라는 응답을 하였다. 즉, 거시적 관점에 기초하여 연기를 기체로 분류한 것이다. 사실 연기는 고체와 액체 미립자들이 분산매인 기체상에 떠있는 것으로, 조성 비율이 우세한 기체 속에서 고체와 액체 미립자들이 기체처럼 거동하게 될 것이다. 따라서 이러한 콜로이드 상태에서 연기의 고체나 액체 미립자를 포함하는 분산계를 기체상이라고 판단할 수 있다. 그러나 연기를 기체로 분류한 초등 교사들은 대부분 연기를 구성하는 고체나 액체의 미립자들은 망각하고 있었으며, 설명하기 어려운 직관에 의존하거나 거시적인 관점에서 움직임을 두고 기체로 분류하였다.

구름의 분류 결과 역시 연기와 비슷한 양상을 보였다. 분류활동에 참여한 교사들은 구름을 액체로 분류(37.1%) 하는가 하면, 기체로 판단(28.6%)하기도 하였다. 그리고 애매하지만 액체에 가깝다고 응답한 비율은 22.9%였으며, 애매하지만 기체에 가깝다고 분류한 비율은 8.6%였다. 이러한 결과는 교사들이 구름을 상태 분류함에 있어서 액체와 기체 사이에서 혼란을 겪고 있음을 보여준다. 초등학교 교과서²⁴(6학년 2학기 1. 날씨의 변화)에서 구름은 수증기가 높은 하늘에서 응결하여 작은 물방울 상태로 떠 있는 것으로 설명되고 있는데, 이것에 초점을 둔 교사들은 구름을 액체로 판별하였다. 구름이 응결된 물방울의 집합이라는 점에서 구름을 액체로 판별하는 것은 타당하다. 그러나 실제 구름에는 물방울뿐만 아니라 얼음 알갱이, 매연이나 먼지와 같은 고체 입자도 포함되어 있으므로, 교사는 이에 대한 고려도 필요하다. 한편, 기체로 판단하는 경우는 면담 결과 거시적 관점에 근거함을 알 수 있었다.

W교사: 구름은 기체라고 생각했어요. 액체처럼 물질이 손에 닿지 않는 생각에서요. 손으로 잡혀지지 않으니까.

연구자: 그런데 물도 안 잡히잖아요.

W교사: 기체는 보이지 않는 실체 같은 거고, 물은 보여요. 손으로 만져지고, 잡힌다는 거보다 만져진다. 뭐

그런 의미요. 존재한다는 걸 느낄 수 있으니까요.

연구자: 구름도 눈에 보이잖아요.

W교사: 음... 그런 점에서 제 기준이 모호하긴 한데... 그럴긴 하지만 기체 같다는 생각이 강하게 들었어요.

I지역 W교사와의 면담

W교사는 자신의 개념이 물질의 상태를 분류하는데 모순이 있음을 알았지만 설명하기 힘든 기체라는 이미지를 빌어 구름을 기체라고 분류를 하였다. 초등 교사들은 학생들의 과학 개념을 이해시키는데 있어 중요한 역할을 한다. 그들은 초등 교육에서 과학 교사이기 때문이다.¹⁵ 따라서 이와 같이 비과학적인 사고를 통해 기체로 분류를 한다는 것은 문제가 된다고 할 수 있다. 구름의 경우 분산매가 기체이고 분산질이 액체나 고체인 콜로이드 상태이기 때문에 구름이 무엇으로 이루어져 있느냐는 측면이 아니라 어떤 식으로 거동하는가의 측면에서 기체상이라고도 분류할 수 있다.

P교사: ...구름은 기체 같아요. 물방울이지만 멀리서 보면 기체처럼 보인다?

연구자: 기체처럼 보인다는 게 무슨 뜻이야?

P교사: 그러니까 음... 설명하기가 참 그런데. 바람이 불면 날아가니까? (중략)

연구자: 기체 같은 이미지라는 게 무엇을 말 하는 거야?

P교사: ...움직임의 이미지랄까? 기체처럼 움직인다. 액체처럼 움직인다. 뭐 이런 거죠. 액체가 기체 같이 움직이니까 기체로 생각될 수 있는 거죠.

I지역 P교사와의 면담

막연한 이미지로 구름을 기체로 분류한 W교사와 다르게 P교사는 물질의 거동 양상을 통해 기체로 분류하였다. 그러나 P교사 역시 거시적 관점에서만 물질을 분류하였을 뿐 콜로이드에 대한 완전한 이해를 바탕으로 구름을 기체로 상태 분류한 것은 아니었다.

Stavy²⁵는 공기의 불가시성(不可示性)은 기체에 관한 바른 개념형성을 방해한다고 하였으며 고체, 액체는 아동들이 직관적으로 학습됨에 반하여 기체의 속성에 관해서는 지도가 필요하다고 하였다. 마찬가지로 분류 활동에 참여한 교사들 역시 기체로도 분류될 수 있는 실례의 경우 어려움을 겪었으며, 다른 실례들보다 교사들 간 분류의 불일치도가 높았다. 교사들이 보유한 거시적 관점의 개념에선 연기나 구름은 모두 기체가 될 수 있으나 무엇으로 이루어졌는가를 살펴보면 결과가 달라질 수밖에 없기 때문이다.

쿠키반죽의 경우 고체로 분류하려는 경향이 우세(고체: 34.3%, 애매한 고체: 28.6%)하였으나 액체 상태가 갖는 성

질 때문에 분류에 어려움을 준 것으로 드러났다. 애매한 고체(28.6%) 또는 애매한 액체(11.4%)로 판별하거나 고체와 액체 사이에서 분류를 포기(22.9%)하는 경우가 이를 반영한다.

젤리도 쿠키반죽처럼 물질의 상태를 분류할 때 혼란을 주는 실례였으나 쿠키반죽과 비교하여 고체로 분류하려는 경향(고체: 42.9%, 애매한 고체: 31.4%)이 더 우세하였다. 그리고 애매하지만 액체에 더 가깝다고 분류한 비율(2.9%)이 쿠키반죽보다 더 작았다. 이 둘을 비교하여 볼 때 초등교사들은 고체라는 물질의 상태를 판별함에 있어서 일정한 형태를 잘 유지하고 있는지 여부를 주요하게 생각하는 경향이 있음을 확인할 수 있다. 경험적으로 젤리는 쿠키반죽에 비하여 일정한 형태를 잘 유지하기 때문이다.

연기의 사례에서 볼 수 있듯이 어떤 물질에 대한 배경지식의 유무는 분류 결과에 영향을 미치는데, 수은의 경우도 마찬가지였다. 수은은 상온에서 액체 상태인 금속이라는 사실을 알고 있었던 교사들은 수은을 액체로 분류하였지만 5명의 교사는 액체라고 분류하는 것에 어려움을 겪었다. 면담 결과 수은을 고체 또는 애매한 고체로 분류한 교사들은 그 까닭으로 수은은 금속이고, 금속은 고체라는 논리를 들거나, 수은은 고체라고 배웠던 기억이 있어서, 그리고 수은은 물보다 잘 묻혀있으니까 등의 이유를 들었다. 수은은 물보다 고밀도이고, 표면장력이 커서 물과 비교하였을 때 독특한 관찰 현상을 보여주며, 이것은 비록 비율은 매우 낮지만 수은의 분류를 어려워할 수 있는 까닭이 될 수 있다고 생각된다.

과일주스는 대체로 액체로 판별하는 경우(77.1%)가 우세하였으나 애매한 액체로 분류(5.7%)하거나 분류를 포기(17.1%)하기도 하였다. 우유 역시 과일주스와 비슷한 분류양상을 보였다. 이것은 처음 분류 시 바로 액체로 분류하였다가 연기나 쿠키반죽 등 인지갈등을 주는 사례를 접하면서 분류에 대한 기준에 혼란이 생겼으며, 이것이 분류활동을 하는 동안 수정 반영되었음을 관찰을 통해 알 수 있었다. 그러나 연기, 구름, 쿠키반죽, 젤리와 같은 큰 인지갈등은 주지 않았다.

그러니까 과일주스는 확실히 액체예요. 5학년 때 용액 단원에서도 나오잖아요.(중략) 다른 것들이 분류가 어려웠던 건 혼합물이어서 그랬던 게 맞죠. 음... 과일주스도 혼합물인데 좀 다른 경우라고 할까요?(웃음) 그러니까 고체 같은 아니 고체 성분이 물 안에 들어 있는 건데 물이 상대적으로 워낙 많으니까 액체라고 보는 것이 타당하다고 봐요... 정도의 문제? 많이 걸쭉하면 문제인데 주스나 뭐 우리가 마시는 것들은 아주 걸쭉하지 않잖아요.

교육대학원 재학 Y교사와의 면담

아동들이 물을 전형적인 액체의 기준으로 생각하듯이²⁶ 교사들 역시 액체의 기준을 물에 두고 분류를 쉽게 하였다. 이것은 보통의 아동들이 고체의 경우보다 액체의 경우 물리적 특성들이 덜 다양하기 때문에 새로운 액체를 더 쉽게 분류한다는 선행연구의 결과²⁶와도 일치한다. 즉, 물처럼 보이는 속성이 연기나 구름, 쿠키반죽 등의 실례와 비교하여 분류 결과의 일치도를 높이는 데 주요하게 작용하였다.

우리의 경우 고체라고 분류한 경우가 우세한 가운데 애매한 고체로 분류한 경우가 22.9%였다. 유리를 애매한 고체로 분류한 교사들은 우리가 가진 미시적 특성에 대한 배경지식을 소유하고 있었다. 이 교사들은 우리가 고체와 액체의 중간적 형태를 띠는 비결정성 고체 또는 과냉각된 액체라는 배경지식을 소유하고 있어 유리를 애매한 고체로 분류하였다. 초등학교 교사용 지도서²⁷에는 유리를 고체와 액체의 성질을 모두 갖는 비결정성 고체 또는 점성이 있는 액체로 설명하며, 초등학교생들에게는 고체로 분류하도록 지도함을 권하고 있다.

드라이아이스 상태 분류에서는 애매한 고체로 상태분류하는 경우가 14.3%였는데 그 까닭은 고체 상태의 드라이아이스를 보고도 승화라는 상변화를 떠올려 고체 상태와 기체 상태에서 고민하다 애매한 고체로 분류한 경우가 많았기 때문이다.

지우개의 경우 전체 응답 교사 중 단 한 명의 교사만이 애매한 고체라고 분류하였으며, 이 교사는 고무가 비결정성 고체라는 배경지식을 가지고 있었다.

이상의 1차 분류 활동을 통해 현재 초등 교사들은 17종의 실례에 대한 물질의 상태를 분류함에 있어서 특정 실례의 경우 상당한 불일치를 보이고 있음이 확인되었다. 불일치에 대한 정도는 혼란을 주는 실례에 대한 정보를 많이 알고 있을수록, 기체 상태로 분류될 가능성이 높은 실례일수록 가중되었다. 불일치에 대한 주요 원인은 혼합물이 갖는 중복된 물질의 상태 특성 때문이었다. 교사가 갖고 있는 거시적 관점 또는 거시/미시 혼합의 관점의 물질의 상태에 대한 개념은 과학적이었으나 이를 실례에 적용할 때에는 순물질로 된 전형적인 사례 외에는 상당한 불일치를 보였다. 이는 거시적 관점을 주로 하여 물질을 바라보았기 때문이며, 미시적 관점을 보유한 교사더라도 거시적 관점과 미시적 관점 사이에서 잘못된 비교를 만들어 냈기 때문이다. 연구결과는 학생들이 교사에게 교과서에 제시되어 있지 않지만 친숙한 소재들의 물질의 상태를 질문을 하였을 때 어떤 교사를 만났느냐에 따라서 상이한 답변을 얻게 될 수 있음을 보여주며, 학생들에게 비과학적인 대체 개념을 심어줄 수 있는 요인이 될 수 있음을 시사한다.

지금까지 논한 분류 결과의 불일치 정도가 교사들이 가지고 있는 물질의 상태에 대한 개념의 유형 때문인지를 확

Table 7. Result of classification activities of state of matter according to the type of concept

Examples	State of matter	The Whole		Macroscopic viewpoint		Microscopic viewpoint		Blend of Macro/Micro	
		N	%	N	%	N	%	N	%
Eraser	Solid	34	97.1	26	96.3	2	100.0	6	100.0
	Ambiguous solid	1	2.9	1	3.7	0	0.0	0	0.0
	Total	35	100.0	27	100.0	2	100.0	6	100.0
Iron ball	Solid	35	100.0	27	100.0	2	100.0	6	100.0
Soft cloth	Solid	35	100.0	27	100.0	2	100.0	6	100.0
Wheat flour	Solid	35	100.0	27	100.0	2	100.0	6	100.0
Ice	Solid	35	100.0	27	100.0	2	100.0	6	100.0
Jelly	Solid	15	42.9	14	51.9	1	50.0	0	0.0
	Ambiguous solid	11	31.4	5	18.5	1	50.0	5	83.3
	Classification abandonment between solid and liquid	7	20.0	6	22.2	0	0.0	1	16.7
	Liquid	1	2.9	1	3.7	0	0.0	0	0.0
	Ambiguous liquid	1	2.9	1	3.7	0	0.0	0	0.0
	Total	35	100.0	27	100.0	2	100.0	6	100.0
Dry ice	Solid	32	91.4	22	81.5	2	100.0	6	100.0
	Ambiguous solid	3	8.6	5	18.5	0	0.0	0	0.0
	Total	35	100.0	27	100.0	2	100.0	6	100.0
Cookie dough	Solid	13	37.1	9	33.3	0	0.0	3	50.0
	Ambiguous solid	9	25.7	6	22.2	2	100.0	2	33.3
	Classification abandonment between solid and liquid	8	22.9	7	25.9	0	0.0	1	16.7
	Liquid	3	8.6	1	3.7	0	0.0	0	0.0
	Ambiguous liquid	2	5.7	4	14.8	0	0.0	0	0.0
	Total	35	100.0	27	100.0	2	100.0	6	100.0
Glass	Solid	27	77.1	24	88.9	2	100.0	1	16.7
	Ambiguous solid	8	22.9	3	11.1	0	0.0	5	83.3
	Total	35	100.0	27	100.0	2	100.0	6	100.0
Smoke	Solid	4	11.4	2	7.4	0	0.0	2	33.3
	Ambiguous solid	3	8.6	3	11.1	0	0.0	0	0.0
	Ambiguous liquid	1	2.9	1	3.7	0	0.0	0	0.0
	Gas	15	42.9	12	44.4	0	0.0	3	50.0
	Ambiguous gas	5	14.3	3	11.1	2	100.0	0	0.0
	Classification abandonment between gas and solid and liquid	7	20.0	6	22.2	0	0.0	1	16.7
Total	35	100.0	27	100.0	2	100.0	6	100.0	
Fruit Juice	Classification abandonment between solid and liquid	6	17.1	5	18.5	0	0.0	1	16.7
	Liquid	27	77.1	22	81.5	0	0.0	5	83.3
	Ambiguous liquid	2	5.7	0	0.0	2	100.0	0	0.0
	Total	35	100.0	27	100.0	2	100.0	6	100.0
Milk	Classification abandonment between solid and liquid	6	17.1	5	18.5	0	0.0	1	16.7
	Liquid	29	82.9	22	81.5	2	100.0	5	83.3
	Total	35	100.0	27	100.0	2	100.0	6	100.0
Mercury	Solid	1	2.9	0	0.0	1	50.0	0	0.0
	Ambiguous solid	1	2.9	1	3.7	1	50.0	0	0.0
	Liquid	32	91.4	24	88.9	0	0.0	6	100.0
	Ambiguous liquid	1	2.9	2	7.4	0	0.0	0	0.0
Total	35	100.0	27	100.0	2	100.0	6	100.0	
Honey	Liquid	35	100.0	27	100.0	2	100.0	6	100.0
Cloud	Liquid	14	40.0	10	37.0	0	0.0	3	50.0
	Ambiguous liquid	7	20.0	6	22.2	2	100.0	0	0.0
	Classification abandonment between liquid and gas	1	2.9	1	3.7	0	0.0	0	0.0
	Gas	12	34.3	7	25.9	0	0.0	3	50.0
	Ambiguous Gas	1	2.9	3	11.1	0	0.0	0	0.0
	Total	35	100.0	27	100.0	2	100.0	0	0.0
Nitrogen	Gas	35	100.0	27	100.0	2	100.0	6	100.0
Oxygen	Gas	35	100.0	27	100.0	2	100.0	6	100.0

인하기 위하여 개념의 유형 별로 분류의 결과를 분석하였다(Table 7).

분석의 결과, 미시적 관점 혹은 거시/미시의 혼합 관점을 가진 교사들은 거시적 관점만을 가진 교사들에 비해 분류 결과의 일치도가 상대적으로 높았으나 거시적 관점을 보유한 교사들과 마찬가지로 실례들에 따라 분류 결과의 불일치를 보였다. 미시적인 관점이 적용된 물질의 상태에 대한 개념은 고체, 액체, 기체가 갖는 특성을 설명할 수 있는데 분명 유용하다. 그러나 교사들이 보유하고 있는 미시적 관점의 분류 기준은 혼합물이 포함된 실제 분류에서는 큰 도움이 되지 못하였으며, 교사들이 다양한 물질의 상태를 분류해본 경험이 없어 보유한 개념을 적용할 기회가 적었던 것도 그 이유로 생각해 볼 수 있다.

“(전략)... 고체는 입자들의 배열이 뻑뻑하고, 액체는 그 배열이 좀 느슨하고 왜냐하면 분자들이 열적인 운동을 더 하게 되니까... 기체는 그게 제일 심하고 그런 거는 배워서 다 알아요. 사실 물질의 분류가 되게 쉬운 거라고 생각했거든요. 그래서 이 설문을 한다고 한 거고요. 이렇게 머리 쓰는 거면 안 했을 거예요.(웃음) 왜 어렵냐면 그게 물질이 섞여 있어서 그래요. 토론할 때 ○○선생님이나 △△이랑 같이 얘기해보니 다 똑같아요. 결론은 섞여 있다는 거. 정답은 분명 있을 건데, 어려워요. 해본 적이 없으니까. 이런 걸 분류해 본적이 없는 것 같아요. 공기는 기체, 물은 액체 뭐 이런 것만 알지...(후략)”

미시적 관점 소유한 I지역 C교사

물질의 세 가지 상태 분류 결과에 대한 토론

1차 분류활동에 참여한 각 교사들은 다른 교사와 분류 결과의 불일치를 해소하기 위하여 토론을 하였으며, 이를 바탕으로 물질의 세 가지 상태에 대한 정의를 다시 내렸다. 토론에 참여하는 교사의 조편성은 물질의 상태에 대한 개념의 유형과 교육경력을 고려하여 2~3명으로 구성하였다. 토론의 목적은 외부 개입이 없이 교사 조직 내부에서 토론과 합의의 과정을 거쳐 물질의 상태에 대한 정의를 다시 내리고 이를 통하여 물질의 상태에 대한 교사의 개념 변화가 어떤 양상으로 일어났는지 알아보는 것이다.

참여 교사들은 토론을 하면서 연기, 쿠키반죽과 같은 인지갈등 사례를 해결하기 위하여 물질의 상태의 정의에 조건을 진술하였는데 이것은 라카토스의 연구프로그램 발전과정과 유사한 양상을 보인다. 라카토스에 의하면 한 연구 프로그램은 핵과 보호대로 이루어져 있으며, 핵은 어떠한 경우에도 보호되어야 한다. 보호대는 핵이 가지고 있는 본질적인 구조가 관찰되는 사실들에 의해서 반증이 되지 않고 보호되도록 온갖 보조적인 가설과 초기조건들을 포

함하게 된다. 힘을 받지 않는 모든 물체는 등속 직선 운동을 해야 한다는 핵이 현실세계에서 물체를 가만히 두면 결국 정지한다는 사실에 의해 반증되지 않도록 마찰력의 개념을 도입하는 것처럼²⁸ 말이다. 이 연구에 참여한 교사들은 라카토스의 핵으로 주변의 모든 물질들은 세 가지 상태로 구분할 수 있다는 생각을 가지고 있었다. 라카토스는 핵이 보호되는 방법으로 긍정적 발견법과 부정적 발견법을 들고 있다.

긍정적 발견법으로 문제를 해결하려고 한 교사들은 혼합물의 경우 혼합된 성분의 비율을 따져 주성분이 되는 물질로 상태를 분류한다는 새로운 가설을 핵에 첨가하였다. 그 예가 다음에 제시되고 있는 L교사의 사례이다. 그의 의견에 K교사도 동의하였지만 S교사는 반문을 제기하였다. 이 반문에 답하기 위하여 K교사는 ‘절대적으로 많은 양’이라는 개념을 보호대로 도입하였다. 그리고 이에 대해 L교사와 S교사는 주성분이라는 용어로 합의하였다.

(전략)

S교사: 연기 같은 것이 문제가 된 게 고체나 액체 같은 것들이 섞여 있다는 거잖아요. 연기 같은 혼합물을 과연 나눌 수 있을까?

L교사: 저는 나눌 수 있다고 생각해요. 지금까지 물질의 상태라는 것이 별 문제가 없었고, 또 인정하는 기준이잖아요. 다만 우리가 이걸 할 때 많이 안 해왔던 거니까...

K교사: 그렇죠. 안 해봐서. 아마도 이런 경우를 해결할 수 있는 기준이 있을 거고 그걸 우리가 찾으면 되는 거고, 제가 봤을 땐 연기도 그렇고 쿠키반죽 같은 것도 그렇고... 이런 것들은 구름같이 그래도 좀 잘 나누어지는 걸 적용하면 해결될 것 같은데...

S교사: 어떻게요?

K교사: 저는 구름을 액체로 봤거든요. 처음 분류할 때, 근데 사실 구름이 물방울만 아니고 작은 먼지 같은 것도 포함되어 있잖아요. 응결핵. 그치만 대체로 물방울이 절대적으로 많은 양을 차지하고 있으니까 액체!

L교사: 저도 그게 맞다고 봐요. 물질이 여러 개 섞여 있다면 그 비율을 따져봐서 많은 쪽으로 가야 하는 거죠. 여기 나와 있는 사례들도 이런 식으로 해결될 것 같은데. 고체, 액체, 기체 이런 게 섞여 있으면 특성이 많은 쪽으로 가는 거요.(중략)

S교사: 정의를 내리면 주성분을 따진다는 말을 넣으면 되요. 예를 들면, 순물질은 그대로이고 혼합물일 경우의 고체는 주성분의 상태가 모양과 부피가 일정하다 이런 식으로요.

(후략)

또 다른 문제 해결 유형은 라카토스의 부정적 발견법에 해당한다. 이 경우의 교사들은 물질은 세 가지 상태로 분류할 수 있다는 핵이 수정되지 않도록 연기, 쿠키반죽 등과 같은 반증사례를 수용하지 않았다. 이들은 혼합물의 경우 물질의 상태 분류를 보류하였으며, 혼합물과 순물질로 1차 분류 한 후 순물질의 경우에 한정 지어 물질의 상태를 결정지을 수 있다는 입장을 취하였다.

다음은 부정적 발견법으로 문제를 해결하고자 하였던 교사들의 토론 내용의 일부를 발췌한 것이다. C교사는 쿠키반죽의 사례를 통해 반증을 제시하지만 이에 대해 K교사는 반례를 예외로 들 것을 제안하였으며, 토론에 참여한 교사들은 모두 이에 동의하였다.

(전략)

C교사: 그럼 쿠키반죽은 액체예요?

P교사: 아니지. 아까 얘기했잖아. 액체라고 할 수 없다고.

K교사: 그건 액체랑 고체랑 섞여 있는데... 뭐가 더 많이 섞여 있느냐, 그런 거 아니예요? 혼합물... 우리가 다시 돌아가서 문제 같은데. 고체, 액체, 기체 밖에 없다고 해서. (중략)

C교사: 구분은 할 수 있어. 단지 세상에는 합쳐져 있는 상태로 있을 뿐이라는 거죠.

P교사: 응. 합쳐져 있는 게 있다는 거지. 그럼 정의를 어떻게 내려야 하지? (중략)

K교사: 그러면 쿠키반죽이랑 연기에 대한 게 우리가 구분을 해야... 그게 잘 된 거든 잘못 된 거든 구분을 해야 정의도 나올 수 있는 건데...

(중략)

K교사: 그럼 지금 문제가 되는 게 쿠키반죽 하나였다가 연기가 생겼고 그렇게 되면 과일주스도 들어가게 되는데 그렇게 되면 안 되니까... 연기를 논외로 둬시다.

(후략)

이외에 물질의 상태에 대한 관점은 유지한 채 개념을 구성하는 세부 분류 기준의 수를 늘려서 대처하는 경우가 있

었다. 이러한 경우는 예를 들어 거시적인 관점에서 부피와 모양 변화만을 기준으로 가지고 있다가 토의 후에 유동성의 유무나 형태의 유무 등으로 기준을 늘려서 새롭게 정의한 것에 해당한다. 또한 토론을 거쳐 온도와 압력에 대한 조건을 정의에 추가하기도 하였다. 그러나 일정한 온도와 압력 하에서라는 조건은 이미 1차 분류활동 전에 제시가 되었던 것이다.

토론 후 물질의 세 가지 상태에 대한 개념 변화 분석

사전 개념 조사 결과에서는 물질의 상태에 대해 거시적 관점으로 정의한 교사들이 큰 비율을 차지하고 있었던 것에 반해 토론 후에는 각 교사들이 다양한 관점들을 취하였다. 특히 혼합물 자체로는 상태 분류를 할 수 없으며, 순물질로 한정해야 한다는 조건을 달거나 혼합물의 경우 그것을 이루고 있는 성분의 조성 비율을 따져 주성분이 갖는 물질의 상태로 분류해야 한다고 한정 짓는 조건적 관점이 등장한 것이 눈에 띈다.

Table 8에서 볼 수 있듯이 각 물질의 상태를 정의함에 있어서 거시/조건 혼합의 관점이 가장 큰 비중을 차지하고 있었으며, 조건의 진술을 포함하는 관점은 고체에서 68.6%, 액체에서 51.4%, 기체에서 48.6%를 차지하였다. 고체를 정의할 때 조건을 도입한 빈도가 높은 까닭은 연기, 젤리, 쿠키반죽 등 고체가 포함된 혼합물을 상태 분류하기 위한 시도가 반영된 결과이다.

Table 9는 구체적으로 어떤 세부 분류 기준을 도입하여 물질의 상태를 정의하고 개념을 수립하였는지를 보여주고 있다. 물체의 상태를 정의하는데 있어 조건을 도입한 경우 혼합물 자체를 분류하는 것을 보류하고, 순물질의 경우에만 상태 분류가 가능하다는 입장을 선택한 교사는 고체는 11명, 액체는 6명, 기체는 5명이었다. 그리고 주성분을 따져 물질을 상태 분류하여야 한다고 새로운 정의를 내린 교사는 고체는 11명, 액체는 10명, 기체는 10명이었다. 혼합물의 상태 분류를 보류하고 순물질의 경우에만 상태 분류가 가능하다는 정의를 내린 교사들은 예를 들어 '순 물질의 상태에서 분자의 배열이 고른 것은 고체'의 식으

Table 8. Type of concept of elementary school teacher on state of matter after the discussion

Type of concept	Solid		Liquid		Gas	
	Frequency (variation)	Percentage	Frequency (variation)	Percentage	Frequency (variation)	Percentage
Macro	7(-20)	20.0%	14(-13)	40.0%	9(-16)	25.7%
Micro	0(-1)	0.0%	0(-1)	0.0%	0(-3)	0.0%
Macro/Micro	4(-2)	11.4%	3(-3)	8.6%	9(-3)	25.7%
Macro/Condition	17(+17)	48.6%	11(+11)	31.4%	11(-11)	31.4%
Micro/Condition	5(+4)	14.3%	3(+2)	8.6%	3(-2)	8.6%
Macro/Micro/Condition	2(+2)	5.7%	4(+4)	11.4%	3(-3)	8.6%
Total	35	100.0%	35	100.0%	35	100.0%

Table 9. Analysis of classification criteria on the state of the matter after discussion

Type of concept	Criteria for classification	Solid		Liquid		Gas	
Macro	A	3	8.6%	7	20.0%	7	20.0%
	C	2	5.7%	0	0.0%	0	0.0%
	AB	0	0.0%	3	8.6%	0	0.0%
	AC	2	5.7%	2	5.7%	2	5.7%
	BC	0	0.0%	2	5.7%	0	0.0%
Micro	.	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
Macro/Micro	Aa	3	8.6%	2	5.7%	2	5.7%
	Ab	1	2.9%	0	0.0%	2	5.7%
	Aab	0	0.0%	1	2.9%	1	2.9%
	ABa	0	0.0%	0	0.0%	3	8.6%
	Ba	0	0.0%	0	0.0%	1	2.9%
Macro/Condition	A1	6	17.1%	0	0.0%	1	2.9%
	A2	8	22.9%	7	20.0%	8	22.9%
	A23	2	5.7%	2	5.7%	2	5.7%
	AB1	0	0.0%	1	2.9%	0	0.0%
	AB2	1	2.9%	1	2.9%	0	0.0%
Micro/Condition	a1	3	8.6%	2	5.7%	2	5.7%
	a13	1	2.9%	0	0.0%	0	0.0%
	a3	1	2.9%	1	2.9%	1	2.9%
Macro/Micro/Condition	Aa1	1	2.9%	0	0.0%	0	0.0%
	Aab1	0	0.0%	2	5.7%	0	0.0%
	Aab3	1	2.9%	0	0.0%	1	2.9%
	Ab1	0	0.0%	0	0.0%	1	2.9%
	Ab13	0	0.0%	0	0.0%	1	2.9%
	ABab3	0	0.0%	1	2.9%	0	0.0%
	Bab13	0	0.0%	1	2.9%	0	0.0%
Total		35	100.0%	35	100.0%	35	100.0%

로 정의하였다.

혼합물의 주성분을 따져 물질을 상태 분류하여야 한다는 정의를 내린 교사들은 예를 들어 ‘물질을 구성하는 작은 단위의 주성분 물질이 모양이나 크기가 변하지 않는 성질을 가진 물질의 상태는 고체’의 식으로 정의하였다. 온도와 압력을 정의 속에 조건으로 포함시킨 교사들도 있었는데 고체, 액체, 기체 모두 5명씩이었다. 온도와 압력을 단독 조건으로 상정한 경우는 고체 2명, 액체 2명, 기체 1명이었으며, 나머지는 주성분의 조건 또는 순물질의 조건을 보조하는 조건으로서 상태의 정의 속에 포함시켰다.

토론 활동 전후로 물질의 세 가지 상태의 개념 유형의 변화를 정리하면 Table 10과 같다. 개념 변화의 유형에는 크게 3가지가 있었다. 첫 번째 개념 변화의 유형은 ‘개념의 유지’이다. 이에 해당하는 교사들은 토론 활동을 전후로 물질의 각 상태에 대한 개념의 유형이 변화하지 않았다. 두 번째는 ‘개념의 보충’이다. 이 경우에 해당하는 교사들은 기존의 개념에 조건적 관점을 더하거나 거시적 관점에서 미시적 관점을 더하는 식으로 새로운 개념의 유형을 기존의

Table 10. Analysis of type of conceptual changes N(%)

Type of conceptual changes	Solid	Liquid	Gas
Maintenance	4(11.4)	9(25.7)	7(20.0)
Supplement	23(65.7)	23(65.7)	24(68.6)
Conversion	8(22.9)	3(8.6)	4(11.4)

개념에 더하여 문제를 해결하고자 하였다. 세 번째는 ‘개념의 전환’으로 이에 해당하는 교사들은 거시적 관점에서 미시적 관점에서의 전환과 같이 개념의 유형 자체를 변화시킨 경우이다.

분석 결과 고체, 액체, 기체 모두에서 개념의 보충이 가장 많이 이루어졌으며, 고체의 경우에 액체나 기체에 비하여 기존의 개념을 유지하는 비율이 상대적으로 낮음을 알 수 있었다.

개념 변화 후 물질의 상태 분류 활동 결과 분석

교사들이 인지갈등 상황을 겪고 난 이후에 수정한 물질의 상태의 정의가 타당성을 갖기 위해서는 설명력과 예측

력을 가져야 한다. 이것을 확인하기 위하여 물질의 상태에 관한 정의를 수정·합의한 이후에 2차 분류 활동을 실시하였다. 2차 분류 활동에 사용된 실례들은 1차 분류 활동에 사용된 것과 동일하다. 2차 분류 활동의 결과는 다음의 Table 11와 같다.

1차 분류와 비교하여 실례 별 세부 분류 결과의 일치도는 증가하였으나 100% 일치하는 실례의 수는 감소하였다. 이것은 어떤 물질을 혼합물(또는 순물질)로 볼 것인가에 대해 교사 간 판단이 달랐기 때문이다. 1차 분류활동에서 100% 분류 결과의 일치를 보였던 실례들은 쇠구슬, 부드러운 천, 밀가루, 얼음, 벌꿀, 질소, 산소 7종이었던 것에 반해 2차 분류활동 결과에서 100% 분류의 일치를 보이는 실례는 얼음, 드라이아이스, 질소, 산소 4종이었다.

1차 분류 활동과 마찬가지로 기체라는 상태로 분류될 수 있는 연기와 구름의 경우 다른 실례들에 비하여 일치도가 낮았다. 연기의 경우 전체의 48.6%가 고체라고 분류하였으며, 22.9%가 기체로 분류하였다. 연기를 고체로 분류한 경우는 1차 분류의 결과(고체: 11.4%, 애매한 고체: 8.6%)와 비교하면 증가하였는데, 이것은 주성분이라는 조건을 정의에 추가한 비율이 증가하였고 이를 기준으로 물질을 상태 분류하였기 때문이다. 이렇게 혼합물을 구성하고 있는 물질 중 주성분으로 상태를 판별해야 한다는 조건을 첨가한 교사들은 연기를 구성하고 있는 물질 가운데 고체 성분의 미립자에 초점을 맞추어 연기를 고체로 분류하는 경향이 우세하였다.

반면 연기를 기체로 분류한 경우 여전히 거시적 관점이 주요하게 작용하였으며, 국어사전의 정의와 같은 추가적인 근거 제시를 통해 자신의 분류를 정당화하기도 하였다.

S교사: 연기는 별로 고민 안 되던데요. 연기는 기체. 근데 연기가 기체 아니에요?

연구자: 연기를 기체로 분류한 근거가 뭐였어요?

S교사: JOO선생님하고 정의를 내렸는데, 기체는 일정한 모양과 부피가 없는 것이다 라고요. 이 정의에서 보면 연기는 기체죠. 기체처럼 보이기도 하고요.

연구자: 연기는 무엇으로 이루어졌어요?

S교사: 먼지 같은 거랑... 어? 그럼 기체가 아닌데. (중략) 그런데 제가 예전에 연기가 무슨 상태인지 궁금해서 검색해 본적이 있거든요. 애들이 물어봐서요. 3학년 가르칠 때요. 근데 그때 국어사전에서는 분명히 기체라고 나와 있어서 당연히 기체라고 생각한 거였거든요.

지역의 S교사와의 면담

S교사가 말한 것처럼 국립국어원 표준국어대사전에서

Table 11. Results of a secondary classification activities of state of matter

Examples	State of matter	The whole	
		N	%
Eraser	Solid	32	91.4
	Classification into the mixture	3	8.6
	Total	35	100.0
Iron ball	Solid	33	94.3
	Classification into the mixture	2	5.7
	Total	35	100.0
Soft cloth	Solid	33	94.3
	Classification into the mixture	2	5.7
	Total	35	100.0
Wheat flour	Solid	32	91.4
	Classification into the mixture	3	8.6
	Total	35	100.0
Ice	Solid	35	100.0
	Solid	27	77.1
Jelly	Ambiguous solid	1	2.9
	Classification into the mixture	7	20.0
	Total	35	100.0
Dry ice	Solid	35	100.0
	Solid	25	71.4
Cookie dough	Ambiguous solid	1	2.9
	Classification into the mixture	9	25.7
	Total	35	100.0
Glass	Solid	30	85.7
	Classification into the mixture	5	14.3
	Total	35	100.0
Smoke	Solid	17	48.6
	Liquid	1	2.9
	Ambiguous liquid	1	2.9
	Gas	8	22.9
	Classification into the mixture	8	22.9
Fruit juice	Total	35	100.0
	Liquid	27	77.1
	Ambiguous liquid	1	2.9
Milk	Classification into the mixture	7	20.0
	Total	35	100.0
	Liquid	28	80.0
Mercury	Ambiguous liquid	1	2.9
	Classification into the mixture	6	17.1
	Total	35	100.0
Honey	Liquid	34	97.1
	Ambiguous liquid	1	2.9
	Classification into the mixture	5	14.3
Cloud	Total	35	100.0
	Liquid	23	65.7
	Ambiguous liquid	1	2.9
Nitrogen	Gas	7	20.0
	Classification into the mixture	4	11.4
	Total	35	100.0
Oxygen	Gas	35	100.0
	Gas	35	100.0

는 연기를 ‘무엇이 불에 탈 때에 생겨나는 흐릿한 기체나 기운’²⁹으로 정의하고 있었다. 면담에서 볼 수 있듯이 S교사는 콜로이드에 대한 이해 없이 거시적인 관점에서 연기를 기체로 분류하였으며, 국어사전의 정의를 추가 근거로 들었다. 다시 말하면 연기를 구성하는 고체나 액체의 미립자 등은 고려하지 않고 단순히 거시적인 관찰현상과 국어사전의 권위에 기대어 물질을 분류한 것이다.

한편 1차 분류 때와는 다르게 물질을 혼합물과 순물질로 구분하여 순물질의 경우에만 물질의 상태를 분류할 수 있다는 조건을 물질의 상태 정의에 첨가한 교사들은 연기를 혼합물로 판단하였다. 전체의 22.9%의 교사가 연기를 혼합물로 판정하고 연기 자체를 분류하는 것을 보류하였으며, 물리적인 방법으로 분리 후 고체, 액체, 기체로 분류할 수 있다고 말하였다.

C교사: 연기는 혼합물이라서 분류를 보류했어요. 연기뿐만이 아니고 처음에 분류하면서 고민이 되었던 물질들이 전부 혼합물이거든요. 생각해보면,

연구자: 보류? 그럼 분류 할 수 없다는 거야?

C교사: 아니죠. 할 수 있는데 연기는 기체 뭐 이렇게 단정 지을 수 있는 게 아니고, 연기를 구성하는 재 같은 거는 고체고 또 연기 속에 있는 기체는 따로 기체가 되고 이런 식으로 분류해야 한다는 거예요. 이렇게 처리했더니 고민이 사라졌어요.(웃음)

[지역의 C교사와의 면담

구름의 경우 연기처럼 2차 분류에서도 일치도가 낮은 사례였으나 1차 분류와 비교하여 확실한 액체로 판별한 비율이 증가하였다. 토론을 거치면서 수증기의 응결된 상태에 집중하게 되고, 구름의 생성과정에 대한 지식이 영향을 주어 구름을 액체로 판별한 비율이 증가하였기 때문이다. 한편 물질의 상태를 정의할 때 순물질에 한해서 상태 분류가 가능하다는 조건을 추가한 교사들 중 일부는 구름을 혼합물로 판단하지 않았다. 이러한 구름의 분류 결과는 연기의 분류 결과와 비교하여 보았을 때 같은 유형의 개념 및 세부 분류 기준을 적용하더라도 분류 결과의 양상이 달라질 수 있음을 시사한다.

쿠키반죽은 1차 분류와 비교하여 혼합물로 판단하여 분류를 보류한 경우를 제외하고는 명쾌하게 고체로 분류하였다. 토론 후 물체의 세 가지 상태에 대한 정의를 다시 내리면서 혼합물의 경우 주성분의 상태를 그 물질을 대표하는 상태로 한다는 조건이 반영된 결과이다. 즉, 쿠키반죽의 주성분은 밀가루로 보고 고체로 분류한 것이다.

젤리는 1차 분류 활동에서도 고체로 분류하는 비율이 높았으며, 2차 분류에서는 더욱 명쾌하게 고체로 분류하

였다. 이는 애매하게 고체로 분류하였던 교사들이 토론 후에 고체 분류로 확정 지으면서 더욱 일치도가 증가한 것이다. 2차 정의를 내리면서 순물질로만 분류를 한정 지어야 한다는 견해를 내보였던 교사들 가운데 7명의 교사가 혼합물로 판단하여 젤리의 상태 분류를 보류하였다. 같은 정의를 가지고 있더라도 혼합물을 바라보는 시각이 다르며, 이에 따라 분류의 결과가 다를 수 있음을 보여주고 있다. 무엇을 혼합물로 바라봐야 하는가에 대한 문제는 다른 사례들에 대해서도 동일하게 나타났다.

지금까지 2차 분류 활동의 결과를 살펴보았다. 교사들 간의 토론을 통해 물질의 상태 분류에 대한 정의와 기준을 정제하였음에도 불구하고 여전히 사례별로 분류 결과의 크고 작은 불일치는 존재하였다. 이러한 크고 작은 불일치는 교사용 지도서의 개선이나 예비교사교육 및 교사교육 등이 개입할 필요성으로 간주된다.

결론 및 제언

이 연구에서는 교사의 물질의 세 가지 상태에 대한 세부 분류 기준을 포함한 개념의 유형을 알아보고, 그것을 바탕으로 사례들을 분류해보는 활동을 수행하였으며, 교사간 토론을 통해 물질의 세 가지 상태에 대한 개념 변화 양상을 확인 분석해보았다. 연구 결과의 분석을 통해 내린 결론은 다음과 같다.

첫째, 초등 교사들은 대체로 거시적인 관점에서 물질의 세 가지 상태에 대한 정의를 내렸다. 현행 초등학교 교과서에서 물질의 세 가지 상태에 대한 정의는 물질의 부피와 형태의 변화로 서술되어 있으며, 이에 따라 초등교사들 역시 거시적인 관점을 수용하고 있었다. 거시적 관점의 개념은 다양한 사례들을 분류하는 동안 혼합물을 구성하는 물질을 고려하고자 하는 사고와 충돌하여 분류 결과의 불일치를 낳았다.

둘째, 초등 교사들이 사례들을 분류한 결과에서 혼합물의 경우 일치도가 낮았다. 우리가 일상생활에서 마주하게 되는 많은 물질은 순물질이 아닌 혼합물의 상태이다. 분류 활동에서 다른 사례들은 친숙한 소재임에도 교사들은 이를 분류해보는 경험이 적거나 없었으며, 교사가 보유한 배경지식에 따라 그리고 거시적 관점의 개념으로 혼합물을 구성하는 서로 다른 상태의 물질들을 어떻게 바라보는가에 따라 분류의 결과가 상이하게 나타났다. 이것은 학생들의 호기심 어린 질문에 교사들에 따라 답변이 다를 수 있고, 이에 따라 학생들에게 대체 개념을 심어줄 수 있는 가능성을 가지고 있음을 시사한다.

셋째, 토론활동을 통해 교사의 개념이 변화하였다. 개념 변화의 양상에는 ‘개념 유지’, ‘개념 보충’, ‘개념 전환’이

있었으며, 주요한 개념 변화 양상은 ‘개념 보충’이었다. ‘개념 보충’은 한 개념의 유형에 또 다른 개념의 유형이 더해지는 것으로 조건적 관점을 도입하는 것이 대표적이다. 이는 라카토스의 연구프로그램에서 핵이 보호되는 방법인 긍정적 발견법, 부정적 발견법과 유사하였다. 먼저 혼합물이라는 상태가 분류의 문제가 됨을 인식하고 혼합물을 이루고 있는 조성 비율을 따져 주성분으로 물질의 상태 분류를 하고자 하는 교사의 부류가 있었다. 이것은 라카토스의 긍정적 발견법에 대응한다. 그리고 물질의 상태 분류는 순물질일 경우에만 가능하며, 혼합물의 경우 분류를 보류하여야 한다는 입장을 취한 교사의 부류가 있었다. 이것은 라카토스의 부정적 발견법에 대응한다. 그러나 어떤 방식으로 문제를 해결하고자 하더라도 같은 실례를 두고 무엇이 혼합물인가, 혼합물의 주성분은 무엇인가라는 물음에 대해 개인차가 발생하였다.

넷째, 토론 후에 교사들이 물질의 상태에 대한 개념을 합의했다고 인식하고 있었으나 다시 분류를 시도해보았을 때 그 결과가 서로 달랐다. 이를 통해 분류 기준의 합의와 내면화가 쉽지 않은 일임을 알 수 있다. 그러나 이 과정은 과학의 본성을 인식하게 하는데 매우 중요한 활동일 수 있으며, 교사들이 분류활동을 통해 과학의 잠정성이나 개인적 지식의 정당화 과정에 대해 인식한다면 학생들의 과학지도에 큰 도움이 될 수 있을 것이다.

이상의 연구 결과를 바탕으로 다음과 같은 제언을 한다.

첫째, 물질의 상태 분류에 관한 교사교육이 요구된다.

과학교사로서 초등 교사들은 물질의 상태에 대한 과학적인 개념을 정립하고 이를 바탕으로 실례들을 분류할 수 있는 능력이 있어야 한다. 그러나 이 연구에서는 초등교사들이 실제로 합의할만한 개념을 가지지 못하는 것으로 나타났으며 토론을 통해서도 일치하는 개념을 가지지 못하였다. 그 결과 같은 물질을 두고 다른 상태 분류를 하는 결과를 낳았다. 따라서 과학적 활동 전반에 걸쳐 사용되는 기술인³⁰ 분류의 기능을 향상시키기 위한 체계적인 교사교육이 필요하다. 잘 이루어진 교사교육은 분류의 기능을 향상시켜 물질의 세 가지 상태분류를 잘 할 수 있도록 안내할 뿐만 아니라 과학의 본성을 이해하도록 하는 적절한 교육수단이 될 것이다.

둘째, 혼합물의 물질의 상태 분류를 어떻게 다루어야 하는가에 대한 논의가 필요하다.

현재 초등학교 교사용 지도서에는²⁶ 각 물질의 상태에 관해 학생들이 가질 수 있는 대체개념을 소개하거나 명쾌하게 분류하기 어려운 예외적인 사례를 소개하면서 지도 방향을 제시하고 있다. 예를 들어 걸보기는 단단한 결정성 고체처럼 보이나 녹는점이 일정하지 않고 넓은 온도 범위에서 점차 상 변화하는 합성수지나 고무와 같은 비결정성

고체는 초등학생들에게 고체로 소개하고 수업을 진행하는 것이 바람직하다고 제시하고 있다. 그러나 분류에 큰 어려움을 주는 혼합물의 문제와 관련하여 혼합물의 분류를 어떻게 다루어야 하는가는 언급하고 있지 않다. 따라서 혼합물의 분류에 대한 논의가 앞으로 이루어질 필요가 있다.

Acknowledgments. Publication cost of this paper was supported by the Korean Chemical Society.

REFERENCES

- Babai, R.; Amsterdamer, A. *Journal of Science Education and Technology* **2008**, *17*, 553.
- Driver, R.; Asoko, H.; Leach, J.; Mortimer, E.; Scott, P. *Educational Researcher* **1994**, *23*, 5.
- Demirbas, M.; Ertugrul, N. *South African Journal of Education* **2014**, *34*, 1.
- Im, K. H.; Lim, W. *Educational psychology*; Hakjisa: Seoul, 2007.
- Kim, S. K.; Kim, Y. M.; Paik, S. H. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education* **2007**, *27*, 337.
- Osborne, R. J. *Australian Science Teachers' Journal* **1982**, *28*, 21.
- Anderson, B. *Studies in Science Education* **1990**, *18*, 53.
- Bar, V.; Travis, A. S. *Journal of Research in Science Teaching* **1991**, *28*, 363.
- Stavy, R. *School Science and Mathematics* **1991**, *91*, 241.
- Paik, S. H.; Kang, D. H.; Kim, H. K.; Chae, W. K.; Kwon, K. *Journal of the Korean Chemical Society* **1999**, *43*, 213.
- Park, J. A.; Han, S. J.; Noh, T. H. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education* **2010**, *30*, 42.
- Ausubel, D. P. *Educational Psychology: A Cognitive View*; Holt, Rinehart and Winston Inc.: New York, 1968.
- Boo, H. K.; Watson, J. R. *Science Education* **2001**, *85*, 568.
- Taber, K. S. *Chemistry Education Research and Practice* **2001**, *2*, 123.
- Tatar, E. *Educational Research and Reviews* **2011**, *6*, 197.
- McMullin, E. *The concept of matter in modern philosophy*; University of Notre Dame Press: Notre Dame, 1978.
- Lee, E. S.; Park, J. H. *Journal of Research in Curriculum Instruction* **2008**, *12*, 183.
- Cha, Y. Cognitive Conflict and Conceptual Change through Dynamic Debate in Learning about Action and Reaction. Master Thesis, Korea National University of Education, 2001.
- Richmond, G.; Striley, J. *Journal of Research in Science Teaching* **1996**, *33*, 839.
- You, J. K. Analysis on Functional Types of Examples of Concepts in Elementary School Science Textbook. Master Thesis, Cheongju National University of Education, 2012.
- Paik, S. H.; Choi, J. I.; Park, E. J. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education* **2013**, *33*,

- 1273.
22. Merriam, S. B. *Journal of Research in Science Teaching* **1998**, 35, 161.
23. Ministry of Education. *Elementary School Third Grade Science Textbook*; Ministry of Education: Seoul, 2011.
24. Ministry of Education. *Elementary School Third Grade Science Teachers' Guidebook*; Ministry of Education: Seoul, 2014.
25. Ministry of Education. *Elementary School Sixth Grade Science Teachers' Guidebook*; Ministry of Education: Seoul, 2011.
26. Stavy, R. *International Journal of Science Education* **1988**, 10, 553.
27. Stavy, R.; Stachel, D. *European Journal of Science Education* **1985**, 7, 407.
28. Kwon, J.; Kim, B.; Choi, B.; Kim, H.; Paik, S.; Yang, I.; Kwon, Y.; Cha, H.; Woo, J.; Jeong, J. *Science Education*; Kyoyookgwahaksa: Seoul, 2012.
29. The National Institute of The Korean Language: *Standard Korean Dictionary*; 2014. <http://stdweb2.korean.go.kr/search/View.jsp>.
30. Martin, D. J. *Elementary Science Methods: A Constructivist Approach*. 6th ed.; (Kwon, S.; Kin, D.; Yim, C. Trans.). Books hill: Seoul, 2014 (original work published 2011).
-