

액체 상태에서의 현상에 대한 예비 초등교사의 설명

노석구

(경인교육대학교)

Perspective Primary Teachers' Explanations of Liquid-State Phenomena

Noh, Suk-Goo

(Gyeongin National University of Education)

ABSTRACT

The purposes of this study were to investigate perspective teachers' conceptions of liquid-state and get implications for the direction of science curriculum or professional development. The instrument was composed of seven questions focusing on aspects of liquid-state phenomena. The results showed that the participants have various alternative concepts about liquid-state. The problem revealed in almost every question was their macroscopic explanations for the phenomena. In addition, it appeared that the participants seemed to understand phenomena in terminology level, but they didn't know basic reasons or fundamental concepts about the phenomena. It is required to change the curriculum or instructional methods in secondary school and teacher education programs to anchor the scientific concepts on molecular or microscopic level.

Key words : perspective teachers' conceptions of liquid-state, science curriculum, pre-service program

I. 서 론

액체나 액체 상태는 아동들이 아주 어린 시절부터 흔히 접하게 되는 자연 현상이다. 일반적으로 아동들은 주변의 물을 접하면서 액체에 대한 감각과 개념을 키워나가는 것으로 생각된다. 하지만 아동들의 액체에 대한 개념은 관찰 가능한 거시적 모습에 크게 좌우되기 때문에 액체에 대한 입자적 관점이나 거동에 대한 설명은 매우 제한적이고 부정확한 것으로 보고되고 있다(Driver, 1985; Pozo & Gómez, 1998).

우리나라의 경우, 초등학교 과학 수업에서는 액체나 액체 상태에 대한 설명은 물과 관련되어 현상적으로 제시되거나 물의 상태 변화 측면에서 다루어지고 있다. 이러한 현상은 중·고등학교에서도 크게 다를 바가 없다. 액체의 본성이나 액체 상태에

대한 직접적인 접근보다는 물의 특성이나 용액의 성질 등으로 거시적으로 다루어지는 것이 보통이다. 이와 같은 이유로 학교 수업을 받기 이전의 아동이나 보통 교육을 마친 상태의 성인도 액체에 대해서는 기체나 고체에 비하여 훨씬 제한적인 정보를 지니고 있는 것으로 추측된다.

실제로 학교 수업에서 어느 정도 액체와 관련된 내용을 다룬다고 할지라도 실제로 학교 수업이 소기의 성과를 거두지 못하고 있는 것으로 보고되고 있다. 이러한 실패의 이유로는 내용 자체의 복잡성(Borsese & Fiorentini, 1993) 또는 교수·학습 과정의 문제가 제시되고 있다.

교사의 내용 지식은 교사의 전문 지식으로서 매우 중요할 뿐 아니라 교사의 교수학적 내용 지식(Shulman, 1986)의 요소라는 것이 최근 강조되고 있는 사안이다. 교수학적 내용 지식(Pedagogical Con-

이 논문은 2007학년도 경인교육대학교 교원 교내 학술연구비에 의하여 연구된 것임.

2008.9.19(접수), 2008.11.23(최종통과)

E-mail: sgnoh@gin.ac.kr(노석구)

tent Knowledge)은 교사의 교육학적 기술과 내용 지식의 합금으로 학생들의 이해를 위한 학습을 야기하는 교수에 영향을 주는 것으로 보고되고 있다 (Loughran *et al.*, 2004). 따라서 교사들이 액체나 액체 상태에 대하여 어떤 개념을 가지고 있는 지에 따라 교수·학습에 상당한 영향을 줄 것으로 판단된다.

이러한 배경하에서 외국의 경우 액체 상태와 관련된 학생이나 교사들의 개념에 관한 많은 연구 결과들이 보고되어 있다. 액체 상태에서의 현상을 제대로 이해하기 위해서는 물질의 입자 모델에 대하여 정교한 이해가 필수적인데, 중학교 학생의 경우 입자 개념을 거의 사용하지 않는다는 것이 알려져 있으며(Leite & Afonso, 2004; Nussbaum, 1985), 입자 개념을 사용한다고 할지라도 물질의 입자 모델의 필수 요소를 이해하지 못하며(Nussbaum, 1985), 거시 세계에 부합되는 거동으로 입자 모델을 설명하려 한다(Driver 1985; Liew & Treagust, 1995)는 사실 등이 알려져 있다.

또한, 일부 중학생의 경우 용해와 용융 현상의 차이를 이해하는 것에 어려움을 느끼며(Cosgrove & Osborne, 1981; Driver 1985), 일부 학생은 고체와 액체 또는 액체와 액체간의 용액을 혼합물로 이해하기는 하지만(Mendoza, 1996), 용해 현상이 일어날 때 고체 용질이 사라진다고 믿는 학생도 있다는 것이 보고되어 있다(Driver 1985; Mendoza, 1996).

최근에는 유럽 3개국(이탈리아, 포르투갈, 스페인)의 현직 교사와 예비 교사들의 액체 상태에 대한 설명 유형을 분석하여 그 특징과 시사점을 제시한 논문도 있다(Leite *et al.*, 2007).

하지만 최근 우리나라에서 수행된 액체나 액체 상태에 대한 학생이나 교사의 개념에 관련된 연구 결과는 그리 많지 않은 편이다.

홍미영(1991)은 고체, 액체, 기체 상태의 분자운동에 대한 학생들의 개념을 조사하여 액체의 확산, 액체의 확산 속도와 온도와의 관계, 액체 상태의 분자 모형, 액체의 압축과 분자 운동과의 관계 등에 대한 초등학교와 중학교 학생들의 개념을 조사하여 보고하였다. 또한, 김선경 등(2007)의 연구에 의하면 중학교 학생의 경우 미시적 관점으로 물질의 세 가지 상태를 배웠음에도 불구하고 거시적 관점으로 분류한 응답이 가장 높은 비율을 차지하였으며, 고등학생의 경우에는 고체와 기체 상태에 대해

서는 미시적 관점을 포함한 응답 비율이 높게 나타났다. 액체 상태에 대해서는 거시적 관점을 포함한 응답 비율이 더 높게 나타났다. 이러한 경향성은 과학을 전공한 교사들에게도 같게 나타나고 있다고 보고되고 있다.

권혁순 등(2003)은 물질의 세 가지 상태에 대하여 중학생들이 만든 비유의 형태를 분석하여 보고하였다. 이 밖에 백성혜 등(2001)은 액체와 액체 상태에 대한 개념과 직접적 관계는 적지만 물질의 상태 및 상태 변화 개념을 중심으로 이들 개념을 획득하는데 필요한 탐구 능력을 분석하여 제시한 바 있다.

이와 같이 최근 우리나라에서 수행된 학생이나 교사의 개념과 관련된 연구 결과들은 액체나 액체 상태만을 다루기보다는 물질과 관련하여 고체, 액체, 기체의 분류나 특징 등 일반적인 것들에 대한 보고가 대부분이다. 따라서 본 연구에서는 초등학교 예비 교사들이 지니고 있는 ‘액체 상태에서 일어나는 현상’에 대한 개념을 파악하고 분석함으로써 앞으로 초등과학과 관련된 교사 교육과정이나 교재, 연수 등의 방향에 대한 시사점을 얻고자 한다. 더불어 예비 초등교사들이 심화 과정 그룹별로 개념 형성이 어떻게 다른지를 분석하여 심화 과정별 교육과정 운영에 시사점을 얻고자 한다.

II. 연구 방법 및 내용

1. 연구 대상

본 연구의 설문 조사에 참여한 연구 대상은 경기도 소재 교육대학교에 재학중인 예비 초등교사 194명이었다. 연구 대상 예비 초등교사들은 4개 학년에서 2반씩 모두 8개 수강반을 임의 추출한 후 이 수강반에 속해 있는 예비 교사 중 연구에 협조할 것을 동의한 사람들로 구성하였다. 참고로 설문에 응답한 예비 교사의 성별 심화 과정 그룹은 표 1과 같다.

본 연구에서의 심화 과정 그룹은 크게 3개로 나누어져 있는데, 첫 번째 그룹은 인문사회 및 교육학 계열로 국어교육과, 영어교육과, 사회교육과, 윤리교육과, 교육학과, 유아교육과 등으로 구성되며, 두 번째 그룹은 자연 및 응용과학 계열로 수학교육과, 과학교육과, 실과교육과, 컴퓨터교육과 등으로 구성되고, 마지막 그룹은 예체능계열로 체육교육과,

표 1. 설문문에 응답한 예비 교사의 성별, 심화 과정별 배경 단위: 명(%)

성별	심화 과정 그룹	인문·사회·교육	자연·응용 과학	예·체능	계
남		15(7.7)	35(18.0)	12(6.2)	62(32.0)
여		39(20.1)	62(32.0)	31(16.0)	132(68.0)
계		54(27.8)	97(50.0)	43(22.2)	194(100.0)

음악교육과, 미술교육과 등이 해당된다.

전체 예비 교사 194명 중 남성은 62명(32%)이었고, 여성은 132명(68%)이었다. 심화 과정 그룹으로 볼 때, 인문·사회·교육 계열이 54명(28%), 자연 및 응용과학계열이 97명(50%), 예·체능계열이 43명(22%)이었다.

2. 연구 내용 및 과정

본 연구에서 사용된 설문문은 Leite 등(2007)이 사용한 설문문의 내용을 번역하여 사용하였다. 먼저 연구자가 번역한 내용을 화학을 전공한 2인의 교육전문가에게 검토를 부탁하여 내용 타당도를 검증하였으며, 다시 5명의 예비 교사에게 모든 문항을 투입하여 검사 도구의 적절성을 검토하고 수정하였다.

Leite 등(2007)이 이 문항을 개발할 때 문항 선택의 기준으로 삼은 것은 “학교 교육과정에 공통으로 존재하거나 그와 관련이 있는 내용인가?”였다. 즉, 지

나치게 지엽적이거나 특이한 상황과 관련된 문제가 아니고 학교 교육과정의 효과를 검증할 수도 있고, 교육과정에 직접적인 시사점을 줄 수 있는 문항 위주로 선별했다고 볼 수 있다. 이 문항을 우리나라에 적용한다고 할지라도 이러한 내용은 크게 바뀌지 않을 것으로 생각된다. 즉, 대부분의 문항에서 요구하는 개념들이 우리나라 과학 교육과정이나 교과서에서 제시된 수준을 넘지 않는 것으로 판단된다. 다만 문항이 제시되는 맥락이 학생들에게 얼마나 익숙한지는 차이가 있을 수 있으며 이러한 차이는 선택형이나 설명형 문항의 응답에 영향을 줄 수 있을 것이다.

전체 설문문의 내용은 모두 7문항이며, 이들 중 4문항은 어떤 상황에서 예측을 하도록 한 후, 그 예측의 이유를 자신의 이론으로 설명하도록 요구하는 ‘선택 후 설명형’ 문항이며, 3문항은 주어진 어떤 현상에 대하여 선택 없이 곧바로 설명하도록 요구하는 ‘개방적 설명형’ 문항이다. 표 2는 이들 문항에 대한 전체적 개요를 나타낸 것이다.

예비 교사들이 응답한 설문지는 곧바로 수거하여 결과를 분석하였다. 결과 분석에서 가장 중요한 과정 중의 하나는 설명형 문항에서 제시된 다양한 응답들을 적절한 유형으로 나누는 것이었다. 이를 위하여 임의로 50개 정도의 설문지를 선택하여 문항별로 대표적 유형들을 추출하고, 기존의 연구 결과를 같이 참조하여 문항별로 7개 전후의 대표 유형들을 확립하였다. 이어서 설문지별로 배경 변인, 선

표 2. 설문문의 전체적 개요

문항 번호	문항의 초점	문항의 형식	문항의 내용
1	분자 용액에서의 분자간 결합	선택후 설명형	설탕이 물에 녹을 때 설탕의 분자간 결합은 어떻게 되는지 예측하고 설명하기
2	순물질에서의 분자 운동	선택후 설명형	액체 상태의 순물질에서 특정 입자와 이에 이웃한 입자의 움직임을 예측하고 설명하기
3	이온 용액에서의 용매 입자의 운동	선택후 설명형	물에 녹아있는 어떤 이온과 그 이온에 이웃한 용매 입자의 움직임을 예측하고 설명하기
4	물방울의 모양	개방적 설명형	물방울이 왁스가 칠해진 표면에서 구형에 가까운 모양을 보이는 이유 설명하기
5	액체의 외형적 모양 변화	개방적 설명형	모양이 다른 세 개의 용기에 담긴 액체 물질이 용기에 따라 모양이 변하는 이유 설명하기
6	액체와 기체 상태에서의 입자의 응집력	개방적 설명형	기체는 용기 전체에 퍼지지만 액체는 용기의 아래 부분에 몰려 있는 이유 설명하기
7	액체-액체 혼합 용액의 부피 보존	선택후 설명형	물과 알코올 혼합 용액의 최종 부피를 예측하고 설명하기

택형 문항의 응답, 설명형 문항의 응답 유형 등을 코딩한 후, SPSSWIN(ver 14.0) 통계 프로그램을 이용하여 연구 결과를 산출하였다.

III. 연구 결과 및 논의

연구의 결과 및 논의는 ‘문항별 분석’과 ‘선택형 문항의 총점 비교’로 나누어 제시하였다. 문항별 분석은 제시된 문항 순서에 의하여 ‘선택후 설명형’ 문항과 ‘개방적 설명형’ 문항 모두를 분석하였으며, ‘선택형 문항의 총점 비교’는 ‘선택후 설명형’ 문항 중에서 선택형 문항 4문항에 한하여 문항당 1점씩 만점 4점으로 점수화하여 심화 과정 그룹별로 평균 점수를 비교하였다.

1. 문항별 분석

문항별 분석은 비교 단위를 ‘심화 과정 그룹’으로 하였는데, 이는 학생의 성향이나 교육대학에서의 교육과정이 과학의 특정 개념과 관련하여 학생의 성취나 개념 수준에 영향을 줄 수 있으리라는 가정 때문이다.

교육대학교의 경우, 심화 과정이 어떻게 학생들의 개념 형성에 영향을 주는 지에 대한 연구는 의미있게 이루어진 경우가 별로 없어 심화 과정 그룹별 분석의 가치에 대한 의문이 있을 수 있지만 심화 과정 그룹별로 고등학교에서의 계열별 분포를 살펴볼 때, 자연·응용과학 그룹에 속한 학생들의 경우 다른 심화 과정 그룹에 비하여 이과 출신 학생들의 비율이 훨씬 높다는 사실 하나만으로도 심화 과정 그룹별 분석의 의미가 어느 정도 있는 것으로 판단된다. 표 3은 본 연구에 참여한 학생들의 심화 과정 그룹별 고교에서의 계열 분포를 나타낸다.

응답 유형의 그룹간의 통계적 비교는 선택형 문항에 한하여 제시하였으며, 개방적 설명형 문항의 경우에는 통계적 비교보다는 높은 비율로 나타나는 설명 유형을 제시하고, 이를 해석하는 방법을 택하였다. 선택형 문항의 경우, 응답 결과가 명목 척도이기 때문에 일반적으로 흔히 사용할 수 있는 카이제곱(χ^2) 검증이 적절할 것으로 생각되지만, 이 검증법의 경우 통계의 결과로서 각각의 셀마다 일정 수준 이상의 기대 빈도가 요구되는 데 본 표본의 경우 이에 부합되지 않는 경우가 많아 본 연구에서는 이를 보완하는 통계 방법인 Goodman과 Kruskal

표 3. 설문에 응답한 예비 교사의 심화 과정별 고교에서의 계열 분포
단위: 명(%)

고교에서의 계열	문과	이과	계
심화 과정 그룹			
인문·사회·교육	42(77.3)	12(22.2)	54(100.0)
자연·응용과학	34(35.1)	63(64.9)	97(100.0)
예·체능	33(76.7)	10(23.3)	43(100.0)
계	109(56.2)	85(43.8)	194(100.0)

의 타우(τ)값을 제시하고, 이와 더불어 유의수준 p 를 제시하여 그룹간의 차이를 검증하였다.

문항 1)의 응답 분석 결과

문항 1)의 내용은 설탕이 물에 용해될 때 설탕 분자간의 화학 결합은 어떻게 되는지에 대한 문항이다. 놀랍게도 정답을 선택한 학생의 비율은 전체적으로 25%에도 미치지 못하고 있다. 이탈리아, 포르투갈, 스페인의 예비 교사나 현직 교사들이 75%의 이상의 정답률을 보인 것에 비하면(Leite et al., 2007) 우리나라 예비 교사들은 이 문항에 대하여 매우 낮은 정답율을 보이고 있다. 설탕이 물에 용해되기 위해서는 각각의 분자 수준으로 분자간 결합이 끊어져야만 하지만 대부분의 예비 교사들은 이를 잘 이해하지 못하고 있는 것으로 보인다. 전체적으로 43%에 해당하는 예비 교사들이 분자간 결합에 변화가 없다고 응답하여 용해 및 용액 상태에 대한 개념이 매우 불안정한 상태에 있음을 보여주고 있다.

표 4에 심화 과정 그룹별 문항 1)의 응답 결과가 정리되어 있다.

심화 과정 그룹간의 응답 차이는 통계적으로 유의미하지 않은 것으로 나타났다($p=0.168$). 자연 및 응용과학 계열 그룹이 타 그룹에 비하여 정답율이 높기는 하지만 그 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다.

한편, 위의 답을 선택한 이유를 진술한 내용을 유형화하여 분석한 결과는 다음과 같다.

먼저 정답으로 간주되는 ‘결합이 끊어진다’고 응답한 학생들이 주로 제시한 설명은 대체로 다음과 같은 설명으로 유형화될 수 있다.

- 설탕 분자가 물분자간의 공간에 끼어들려면 설탕 분자가 서로 분리되어야 한다(15명).

표 4. 문항 1)의 선택형 문항에 대한 예비 교사들의 응답 결과(%)

심화 과정 그룹 설탕 입자간의 상호작용	인문·사회·교육 (n=54)	자연·응용과학 (n=97)	예·체능 (n=43)	전체 (n=194)
약해진다.	35.2	22.7	37.2	29.4
강해진다.	1.9	1.0	0.0	1.0
결합이 끊어진다.*	16.7	32.0	18.6	24.7
변화가 없다.	44.4	42.3	44.2	43.3
알 수 없다.	1.9	2.1	0.0	1.5
$r: 0.15$		$p: 0.168$		

* 정답으로 판단되는 유형

이러한 설명 유형은 아동들의 대표적 설명 유형으로 제시되고 있다(Driver 등, 1985b). 외국에서 보고된 바 있는 아동들의 대표적 설명 유형이 우리나라의 예비 교사에게도 그대로 드러난다는 것은 매우 흥미있는 결과로 생각된다.

- 설탕이 물에 녹으면서 결합이 끊어진다(12명).
- 설탕과 물분자간의 새로운 결합이 형성되어야 하기 때문이다(10명).

가장 많은 학생들이 응답한 “변화가 없다”의 이유로 제시된 설명 중에서 높은 응답 비율을 보인 것은 다음과 같다.

- 설탕의 용해는 화학반응이 아니므로 분자간 결합에는 변화가 없다(51명).

이러한 설명 유형은 전체 설명 유형 중에서 가장 많은 학생들이 응답한 유형으로 화학 반응이 일어나야만 결합이 새로이 끊어지거나 생성된다는 생각에 근거한 반응으로 보인다. 이러한 유형의 경우 분자간 결합과 분자 내에서의 화학 결합을 정확히 이해하지 못한데서 나타나는 오인으로 분석된다.

- 설탕 분자와 물 분자가 단순히 섞여 있기 때문이다(7명).

이 설명 유형도 설탕 분자와 물 분자가 단순히 혼합되어 있기 때문에 아무런 반응도 일어나지 않았다는 것이 하나의 전제이기 때문에 용해는 화학 반응이 아니라는 위의 설명과 유사한 측면이 있다.

- 설탕은 비전해질이기 때문이다/설탕은 이온 결합을 하지 않는다(7명).

이러한 응답의 이유는 아마도 설탕 분자의 결합이 비이온성이므로 물속에서 결합이 끊어지거나 생성되지 않는다는 생각 때문인 것으로 보인다. 분자간 결합과 화합물 내부의 화학 결합에 대한 이해가 부족한 것으로 해석할 수 있다.

“결합이 약해진다”라고 응답한 학생 중 대체로 높은 비율을 보인 설명 유형은 다음과 같다.

- 설탕이 물에 용해되면(액체 상태가 되어) 설탕 분자의 결합이 약해진다(30명).

이러한 설명 유형은 설탕이 물에 녹으면 고체 상태가 액체 상태로 된다는 생각에 더한 응답으로 용해 현상을 상태 변화로 보는 오인에 의한 것으로 생각된다(Cosgrove와 Osborne, 1981).

- 설탕 분자가 물분자간의 공간에 끼어들려면 설탕 분자간 결합이 약해져야 하므로(15명).

이러한 설명 유형은 설탕 분자 사이에 물이 끼어들어 온다는 개념을 포함하므로 올바른 개념과 어느 정도 유사성이 있다. 즉, 설탕 분자 사이의 결합이 끊어진다는 생각을 어느 정도 내포한다고 할 수도 있을 것이다. 즉, 올바른 개념이 형성되기 전의 과도기적인 개념으로 생각해볼 수 있다.

문항 2)의 응답 분석 결과

문항 2)의 내용은 액체 상태의 입자를 잠시 동안

관찰할 수 있다고 가정할 때 특정 입자와 그 입자에 이웃한 입자 사이의 거리는 어떻게 되는가에 대한 질문이다. 액체 상태에 있는 물질 입자는 입자 사이의 인력이 약하기 때문에 이웃한 입자와 끊임 없이 결합이 끊어질 수도 있고 새로이 형성될 수도 있어 계속해서 특정 입자와 이웃 입자의 거리는 변화할 수밖에 없다. 전체적으로 70%에 해당하는 예비 교사들이 선택형의 문항에서 올바른 유형을 선택하여 비교적 만족할만한 수준의 이해도를 보이고 있다.

표 5에 심화 과정 그룹별 문항 2)의 응답 결과가 정리되어 있다.

심화 과정 그룹간의 응답 차이는 통계적으로 상당히 유의미한 것으로 드러났다($p=0.006$). 자연 및 응용과학 계열 그룹이 타 계열에 비하여 올바른 유형을 선택한 비율이 유의미하게 높은 것으로 드러나고 있다. 이러한 차이는 학생의 과학에 대한 태도 차이일 수도 있을 것이고, 심화 과정에서 이수하는 교과가 다르기 때문일 수도 있을 것이다.

표 5의 문제에 대한 이유 진술형 문항의 응답 형태는 다음과 같다.

먼저 정답으로 간주되는 '변화한다'를 선택한 학생들의 대표적 응답 유형은 다음과 같다.

- 액체 상태의 입자는 유동적이다(78명).

액체 상태 입자의 이웃 입자가 변하는 이유는 액체 상태에서의 입자들이 유동적이기 때문이라는 설명으로 어찌보면 '변화한다'를 '유동적이다'라는 비슷한 표현으로 표현한 것에 지나지 않는다. 즉, 액체는 유동성이 있다는 거시적 특징만 기술하고 있어 왜 그러한지에 대한 입자적 또는 미시적 수준에서의 이해가 결여되어 있음을 보여준다.

- 액체 상태의 입자는 계속적으로 운동한다(23명).

유동적이라는 표현과 거의 유사한 표현이지만 계속적인 운동 상태를 강조함으로써 약간은 발전된 개념으로 생각된다. 하지만 결합 수준에서의 미시적 이해는 여전히 부족하다고 할 수 있다.

- 액체 상태에서 입자간의 분자간 결합은 매우 약하여 이웃 분자들이 계속해서 변화한다(6명).

이러한 설명을 제시한 예비 교사의 경우, 분자간 결합의 세기를 제시했기 때문에 정확한 개념에 거의 근접하고 있다고 보여진다. 하지만 결합이 끊어지거나 생성되는 면을 언급하지 않고 있어 완전한 수준이라고 생각할 수는 없다.

"변화가 없다"라는 대안적 개념을 선택한 예비 교사들의 설명 유형 중 대표적인 것은 다음과 같다.

- 주위의 영향이 없으면 변화가 없다(7명).

주위의 영향이 있을 때만 입자가 움직인다는 생각인 것으로 판단된다. 즉, 액체를 이루는 입자는 스스로 움직이지 않지만 주위의 어떤 자극이나 요동에 의해서 움직인다는 생각으로 정리해 볼 수 있다. 이는 액체 상태에서 역시 입자 스스로 운동할 수 있음을 이해하지 못한데서 나타나는 현상이라고 생각된다.

전반적으로 액체 상태에서의 입자의 운동성에 대해서는 많은 예비 교사들이 이해하고 있지만, 그 이유를 입자적 관점 그리고 결합의 관점에서 정확히 진술하고 있지는 못하고 있다. 즉, 거시적 현상에 대한 이해는 되어 있지만 미시적 수준에서의 이해는 매우 부족하다고 판단된다.

표 5. 문항 2)의 선택형 문항에 대한 예비 교사들의 응답 결과

(%)

심화 과정 그룹	인문·사회·교육 (n=54)	자연·응용과학 (n=97)	예·체능 (n=43)	전체 (n=194)
액체 상태의 입자와 이웃 입자				
변화가 없다	29.6	14.4	32.6	22.7
변화한다*	57.4	78.4	67.4	70.1
알 수 없다.	13.0	7.2	0.0	7.2
	$\tau : 0.038$	$p : 0.006$		

* 정답으로 판단되는 유형

문항 3)의 응답 분석 결과

문항 3)의 내용은 물에 녹아 있는 어떤 이온과 그 이온에 이웃하고 있는 용매 입자 사이의 거리는 어떻게 되는가에 대한 질문이다. 선택형 수준에서도 올바른 응답을 한 학생의 비율은 전체적으로 22% 정도이다. 이는 매우 실망스러운 수준이라고 생각되며 수용액 상태에서 용질 입자와 용매 입자의 미시적 거동에 대한 이해가 매우 부족한 것으로 판단할 수밖에 없다. 이러한 낮은 이해도는 이탈리아, 포르투갈, 스페인의 예비 교사와 현직 교사의 경우에도 유사한 경향을 보이고 있어 대부분의 교사들이 정확한 개념을 가지지 못한 것으로 판단된다. 2)번 문항의 선택형 문항에서 비교적 높은 정답율을 보인 것에 비추어 볼 때, 용매 분자만 존재할 때와 이온과 용매 분자가 같이 존재할 경우의 차이점을 이해하지 못하고 있는 것으로 생각할 수 있다.

표 6에 심화 과정 그룹별 문항 3)의 응답 결과가 정리되어 있다.

심화 과정 그룹간의 응답 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다($p=0.115$). 앞의 문항과 마찬가지로 자연 및 응용 과학 그룹이 타 그룹에 비하여 약간 높은 정답율을 보이는 하지만 응답 유형의 차이가 통계적으로 의미있는 것은 아니었다.

선택형 문항에서 특정 답을 선택한 이유를 진술한 내용을 유형화하여 분석한 결과는 다음과 같다. 정답으로 간주되는 “변화가 없다”를 선택한 학생들의 대표적 설명 유형은 다음과 같다.

- 이온과 용매 분자의 결합이 매우 강하기 때문이다(10명).
- 이온은 물 분자와 전기적인 힘으로 결합한다(10명).

두 가지 설명 유형 모두 정답에 유사하기는 하지만 용매 분자가 용질 분자를 둘러싸서 떼어내는 과정인 ‘용매화(solvation)’나 ‘수화(hydration)’를 언급하는 경우는 거의 없어 정확하게 이해하고 있는 경우는 거의 없다고 생각된다.

대안적 개념으로 생각되는 “변화한다”를 선택한 학생들의 대표적 설명 유형은 다음과 같다.

- 용매속의 입자는 유동적이다(31명).
- 용액속의 입자들은 계속적으로 운동한다(21명).
- 이온과 용매 분자간의 결합은 매우 약하여 불안정하다(10명).

첫 번째와 두 번째 설명 유형 모두 순물질 상태인 용매 입자의 운동에 관한 질문에서 나타나는 설명 유형으로 ‘분자와 분자’ 사이의 상호 작용과 ‘이온과 분자’ 사이의 상호 작용에 대한 차이를 이해하지 못한데서 나타나는 현상으로 보인다. 이러한 설명 유형은 유럽의 사례(Leite 등, 2007)에서도 비슷한 경향으로 나타나고 있다.

문항 4)의 응답 분석 결과

문항 4)는 물방울이 왁스가 칠해진 표면에 떨어질 때 구형이 되는 이유를 설명하라는 문제로 선택 없이 곧바로 이유를 서술하도록 하고 있다. 여러 설명 유형 중에서 표면 장력이나 물의 응집력을 언급한 경우에는 정답으로 간주하였으며, 표면장력이나 응집력에 대한 언급이 없는 경우에 한하여 다양한 설명 유형 중 대표적인 설명 유형을 4개 선정하여 유형화하였다. 표 7에 이 문항에 대한 여러 응답 유형별 빈도를 %로 나타내었다.

표면장력이나 물의 응집력을 언급한 예비 교사들의 비율은 전체적으로 64%에 달하여 상당 수준에

표 6. 문항 3)의 선택형 문항에 대한 예비 교사들의 응답 결과

(%)

심화 과정 그룹	인문·사회·교육 (n=54)	자연·응용과학 (n=97)	예·체능 (n=43)	전체 (n=194)
이온에 이웃한 용매 입자는				
변화가 없다*	20.4	23.7	20.9	22.2
변화한다	48.1	60.8	46.5	54.1
알 수 없다	31.5	15.5	32.6	23.7
	$\tau : 0.019$	$p : 0.115$		

* 정답으로 판단되는 유형

표 7. 문항 4)에 대한 예비 교사들의 응답 결과

(%)

심화 과정 그룹	인문·사회·교육 (n=54)	자연·응용과학 (n=97)	예·체능 (n=43)	전체 (n=194)
왁스 위의 물방울이 둥근 이유				
표면장력 또는 물의 응집력 때문*	63.0	68.0	58.1	64.4
물분자간의 결합이 왁스와 물분자 간의 결합보다 강함	5.6	2.1	2.3	3.1
물과 왁스는 섞이지 않음/물은 극성이고 왁스는 비극성임	14.8	9.3	16.3	12.4
구형이 부피와 표면적의 비가 최소임	0.0	5.2	4.7	3.6
물은(수소결합으로) 강하게 결합함	1.9	9.3	2.3	5.7
기타 응답	13.0	6.2	9.3	8.8
무응답	1.9	0.0	7.0	2.1

r: 0.11

p: 0.375

* 정답으로 판단되는 유형

이르고 있으나, 이러한 현상이 어떻게 물방울의 모양을 구형으로 만드는지에 대한 정확한 설명은 거의 이루어지지 않고 있다. 이들의 추가적 설명은 주로 물의 수소결합을 언급하거나(13명) 물은 극성이고 왁스는 비극성임을 강조하여(12명) 물의 구조적 특성이나 물과 왁스의 비친화성을 언급하는 수준에 그치고 있다. 물방울이 둥근 이유를 정확히 설명하려면 물의 표면에 있는 분자와 내부에 있는 분자의 에너지 수준을 언급해야만 표면 분자가 에너지 수준이 높아 부피를 줄이기 위해 구형을 이루게 된다는 미시적 수준에서의 설명이 가능해지게 된다.

표면장력이나 물의 응집력을 언급하지 않은 경우에도 이에 대한 추가적 설명의 유형은 위의 경우와 큰 차이가 없다. 즉, 물과 왁스는 섞이지 않는다는 사실이나, 물이 수소결합을 하고 있다는 근거를 제시하고 있다. 이를 조금 더 엄밀하게 얘기하면 표면장력이나 물의 응집력을 언급하는 학생도 미시적 수준에서의 이해는 위의 개념을 언급하지 않은 학생과 큰 차이가 없다는 의미로도 해석할 수 있다. 달리 표현하면 왁스 표면에서 물방울이 둥근 이유에 대한 설명을 언어 수준이나 거시적 수준에서는 어느 정도 이해를 하고 있지만 미시적 수준에서의 이해도는 매우 부족하다는 사실을 확인할 수 있다.

문항 5)의 응답 분석 결과

문항 5)는 모양의 다른 세 개의 용기에 담긴 액

체 물질이 용기에 따라 모양이 변하는 이유를 설명하라는 개방형 문항이다. 이 문항에 대한 정확한 답은 액체를 이루는 입자들의 분자 결합이 계속적으로 깨어지고 생성되고 하는 과정이 반복된다는 사실(액체에 같은 액체를 부어주면 기존의 액체와 새로 부어 주는 액체사이에 결합이 생성됨)과 중력에 의해 아래 방향의 힘을 받는다는 사실이 같이 언급되어야 한다. 정답으로 간주되는 유형과 대표적 대안 개념들의 유형을 표 8에 제시하였다.

정답으로 간주되는 응답을 한 예비 교사의 비율은 2%도 되지 않아 거의 미미한 수준이라고 생각된다. 또한, 전체적인 응답의 유형은 심화 과정 그룹별로 통계적 차이를 보이고 있지 않다(p=0.126).

가장 높은 비율을 보인 응답 유형은 “액체 분자는 유동성이 있다(39%)”라는 유형이었고, 이어서 “액체 분자는 분자간 힘이 약하다(28%)”라는 유형이었다. 후자의 경우, 전자의 유동성에 대한 이유로 해석될 수도 있어 서로 연관이 있는 설명 유형으로 보여진다. 하지만 이들 설명은 액체가 용기의 아래쪽으로 물리는 현상을 설명해 주지는 못하므로 아주 부분적인 해석이라고 할 수 있다. 더불어 눈여겨 볼 설명 유형은 “액체는 용기에 따라 형태가 결정된다”는 설명이다. 다시 말해 용기에 따라 액체의 모양이 달라지는 것은 당연하다는 뜻으로도 해석된다. 이는 초등학교 교육과정에서 액체의 정의를 “용기의 형태에 따라 모양이 달라지면 액체이고, 달라지지 않으면 고체이다”라고 학습한 영향이 남아있는 것으로 해석된다.

표 8. 문항 5)에 대한 예비 교사들의 응답 결과 (%)

응기의 모양에 따라 액체의 모양이 달라지는 이유는	심화 과정 그룹 (n=54)	인문·사회·교육 (n=54)	자연·응용과학 (n=97)	예·체능 (n=43)	전체 (n=194)
액체 분자간 결합 생성과 해리의 용이성과 중력의 영향*	1.9		2.1	0.0	1.5
중력에 의해 아래방향의 힘을 받음	0.0		6.2	0.0	3.1
액체는 용기에 따라 형태가 결정됨	16.7		18.6	27.9	20.1
액체 분자는 유동성이 있음	42.6		35.1	41.9	38.7
액체 분자는 분자간의 힘이 약함	27.8		34.0	16.3	28.4
기타 응답	1.9		4.1	7.0	4.1
무응답	9.3		0.0	4.1	4.1
	τ : 0.015		p : 0.126		

* 정답으로 판단되는 유형

문항 6)의 응답 분석 결과

문항 6)은 두 개의 주사기에 각각 10 mL의 녹색 기체와 물을 담아 각각 50 mL의 삼각 플라스크로 옮기면 기체의 경우 플라스크 전체에 퍼져나가고 액체의 경우 플라스크 바닥에 머무르는 이유를 설명하라는 개방형 문제이다. 이 문제에 대한 올바른 응답은 액체의 경우 중력 때문에 용기의 아래 부분에 위치하지만, 기체의 경우에는 각각의 분자들의 운동 에너지가 크기 때문에 용기 전체에 확산된다는 설명이 있어야 한다.

이 문항에 대한 정답의 유형과 높은 비율을 보인

응답 유형들을 표 9에 정리하였다.

정답으로 간주할 수 있는 유형은 기체분자의 운동 에너지가 크다는 사실과 중력의 효과를 같이 언급해야 한다. 하지만 이러한 응답 유형의 비는 3% 정도로 매우 적은 비율이었다. 심화 과정 그룹별로 본 응답 유형의 차이는 통계적으로 의미있는 차이를 보이지 않았다($p=0.059$).

가장 높은 비율을 보인 응답 유형은 “기체 분자의 분자간 결합력이 매우 작다는 것이었다(34%)”. 물론 분자 운동 에너지가 크다는 것과 분자간 결합력이 매우 작다는 것은 연관성이 전혀 없다고는 할

표 9. 문항 6)에 대한 예비 교사들의 응답 결과 (%)

액체 상태와 기체 상태의 차이	심화 과정 그룹 (n=54)	인문·사회·교육 (n=54)	자연·응용과학 (n=97)	예·체능 (n=43)	전체 (n=194)
기체 분자의 운동 에너지는 매우 커서 중력의 효과를 넘어설 수 있음*	1.9		5.2	0.0	3.1
기체는 분자 운동 에너지가 큼	18.5		18.6	18.6	18.6
기체 분자는 자유롭게 운동함	9.3		11.3	11.6	10.8
기체 분자의 분자간 결합(인력)은 존재하지 않거나 매우 미약함	38.9		38.1	18.6	34.0
기체는 공간을 채우는 경향이 있음	0.0		7.2	14.0	6.7
액체는 기체보다 무거움	13.0		6.2	18.6	10.8
기타 응답	11.1		4.1	4.7	6.2
무응답	7.4		9.3	14.0	9.8
	τ : 0.017		p : 0.059		

* 정답으로 판단되는 유형

수 없지만 결합력만을 언급하는 것은 불충분한 설명이라 할 수 있다. 다음으로 비율이 높은 응답 유형은 “기체는 분자 운동 에너지가 크다(19%)”는 것으로 역시 중력에 대한 언급이 없어 불충분한 설명 유형으로 분류할 수 있다. 그밖에 “액체는 기체보다 무겁기 때문이다”라는 응답 유형과 “기체는 공간을 채우는 경향이 있다”라는 응답 유형은 관찰에 의존하는 거시적 수준의 설명 유형으로 보인다.

문항 7)의 응답 분석 결과

문항 7)은 40 mL의 알코올과 60 mL의 물을 섞을 때 섞여진 액체의 최종 부피는 얼마인가에 대한 질문이다. 문항의 형식은 먼저 전체 부피가 100 mL와 같은 지, 큰 지, 적은 지를 선택한 후 선택한 이유에 대하여 설명하도록 요구한 ‘선택후 설명형’이었다.

선택형 문항에 대한 응답 결과를 보면 77% 정도의 예비 교사들이 올바른 선택을 함으로써 비교적 높은 정답율을 보이고 있다. 상대적으로 볼 때도 이탈리아, 포르투갈, 스페인의 예비 교사나 현직 교사들에 비해서 상당히 높은 정답율을 보이고 있다 (Leite *et al.*, 2007).

표 10에 심화 과정 그룹별 문항 7)의 응답 결과가 정리되어 있다.

심화 과정 그룹간의 응답 차이는 통계적으로 유의미한 것으로 드러났다($p=0.000$). 예·체능 계열 그룹이 타 그룹이 “100 mL이다” 라는 응답과 “100 mL 이하이다”라는 선택에 상당히 다르게 반응한 결과를 보여준다.

이 문제에 대한 ‘이유 진술형’ 문항의 응답 형태

는 표 10과 같다.

정답으로 간주되는 ‘100 mL 이상이다’를 선택한 학생들의 대표적 응답 유형은 다음과 같다.

- 두 분자의 크기가 달라 작은 분자가 큰 분자 사이에 들어간다(71명).
- 두 분자간의 공간을 사용하여 두 물질이 더 잘 들어맞도록 재구조화한다(19명).
- 서로 다른 두 물질이 섞였기 때문이다(31명).

위의 첫째 유형과 둘째 유형은 올바른 이유 진술로 간주할 수 있다. 44% 정도에 해당하는 예비 교사들이 선택 이유까지 포함하여 올바르게 반응한 것은 이례적으로 높은 비율이라 할 것이다. 이러한 높은 비율은 많은 예비 교사들이 초등학교 시절에 배운 자연과 내용에 이와 유사한 학습 내용이 포함되어 있어(교육부, 1997) 여기에서 나타난 효과로 생각된다. 7차 교육과정 이후에는 초등학교에서 분자와 관련 내용이 포함되어 있지 않지만 5차 교육과정과 6차 교육과정에 의한 초등학교 자연 교과서에는 분자 관련 단원에 위의 내용과 직접적으로 관련된 내용이 포함되어 있다. 세 번째 유형의 경우 단순히 ‘섞인 것만으로는 부피가 줄어든다는 것’에 대한 설명이 되지 않으므로 부적절한 설명 유형으로 볼 수 있다.

“100 mL 이상이다”라고 응답한 비율은 매우 낮아 이에 대한 설명 유형도 큰 의미가 없으므로 논의를 생략하고, “100 mL이다”라고 응답한 예비 교사들의 대표적 설명 유형을 아래에 제시한다.

- 60 mL와 40mL를 더하면 100 mL이다(13명).

표 10. 문항 7)의 선택형 문항에 대한 예비 교사들의 응답 결과 (%)

심화 과정 그룹 40 mL의 알코올과 60 mL의 물을 섞은 후의 총 부피는	심화 과정 그룹			
	인문·사회·교육 (n=54)	자연·응용과학 (n=97)	예·체능 (n=43)	전체 (n=194)
100 mL 이상이다.	3.7	3.1	0.0	2.6
100 mL이다.	7.4	14.4	37.2	17.5
100 mL 이하이다.*	83.3	82.5	58.1	77.3
알 수 없다.	5.6	0.0	4.7	2.6
	$\tau : 0.063$		$p : 0.000$	

* 정답으로 판단되는 유형

· 물과 알코올은 서로 반응하지 않는다(11명).

첫째 설명 유형은 문항의 선택과 동일한 응답이므로 이유에 대한 더 이상의 정보가 없으나, 둘째 유형은 나름대로 의미가 있는 것으로 보인다. 즉 “서로 반응하지 않으므로 섞어도 부피는 같다”라는 논리로 생각해볼 수 있다. 이러한 유형은 액체 상태의 물 분자와 알코올 분자를 하나의 덩어리로 보는 것과 연관이 있다. 즉, 용기에 담긴 물이나 알코올이 하나의 덩어리로 보이지만 입자 수준에서 보면 이들 분자 사이에는 다른 분자들이 끼어들 수 있는 공간이 있다는 점을 인식하지 못하기 때문에 나타나는 설명 유형으로 해석해볼 수 있을 것이다.

2. 선택형 문항의 총점 비교

선택형 문항의 총점 비교 역시 비교 단위를 ‘심화 과정 그룹’으로 하였는데, 이에 대한 이유는 앞의 문항별 분석의 초반부에서 논의한 바와 같다. 선택형 문항은 총 7문항 중에서 4문항에만 해당이 되기 때문에 개방형 문항 3문항은 분석 대상에서 제외하였다.

선택형 문항에서 올바른 선택을 했다고 할지라도 이들이 올바른 과학 개념을 가졌다고 단정하기는 어렵다. 앞에서 살펴본 바와 같이 같은 선택을 했다고 할지라도 매우 다양한 이유 진술의 형태를 볼 수

있기 때문이다. 하지만 제한된 범위에서라도 이들 문항의 총점을 비교하는 것은 그룹간의 차이를 정량적으로 살펴볼 수 있는 하나의 척도라고 생각된다.

점수 체계는 선택형 문항에서 올바른 선택을 한 경우에 한하여 1점, 오답을 한 경우 0점을 주어 개인별로 만점은 4점이 된다. 표 11은 심화 과정 그룹별로 선택형 문항의 총점을 분석한 결과이다.

문항별 분석에서 드러난 바와 유사한 결과이지만 자연·응용과학 그룹의 평균은 다른 두 그룹보다 유의미하게 높은 것으로 나타났다. 이러한 차이의 원인은 여러 가지로 생각해볼 수 있다. 먼저, 심화 과정별로 상이한 교육과정이 운영된다는 점이다. 자연·응용과학 심화 그룹 중 과학교육과의 경우 다른 심화 과정에 비하여 과학 관련 교과와의 비중이 높고 또한 교육과정에 화학을 심화 과목으로 모두 수강하게 되어 있어 과학교육과 학생이 포함되어 있는 심화 그룹의 점수에 영향을 주었을 것으로 생각된다. 또한, 이들 그룹의 학생들은 고등학교에서 자연계열을 졸업한 학생들의 비율이 상대적으로 높기 때문에 고등학교에서의 학습 내용도 관련이 될 수 있을 것이다. 더불어 이들 그룹의 예비 교사들은 과학 관련 태도나 성취 동기 면에서도 다른 그룹에 비하여 비교 우위에 있을 수도 있을 것이다.

표 11. 심화 과정 그룹별 선택형 문항의 총점 분석 결과

	인문·사회·교육 (n=54)	자연·응용과학 (n=97)	예·체능 (n=43)	전체 (n=194)	
평균 (표준 편차)	1.78 (.861)	2.16 (.862)	1.65 (1.044)	1.94 (.928)	
변량 분석 결과표					
변량원	자승화 (SS)	df	평균 자승화 (MS)	F	p
집단간	9.915	2	4.957	6.052	.003
집단내	156.462	191	.819		
전체	166.376	193			
사후 검증					
	인문·사회·교육	자연·응용과학	예·체능		
자연·응용과학	*		**		
예·체능		**			

* p<.05, ** p<.01

IV. 결론 및 제언

1. 결론

본 연구는 설문지 분석에 의하여 이루어졌기 때문에 결과의 해석에 있어서 조심스러운 부분이 있을 수 있다. 하지만 국내에서 이루어진 ‘액체 상태’에 관련된 연구 결과가 아직은 소수이기 때문에 기초 자료를 축적하는 차원에서 가급적 많은 예비 교사들의 개념을 파악하려는 의도에서 설문지 분석을 실시하였다. 설문지 문항은 모두 7문항이며, 이 중에서 4문항은 ‘선택 후 설명형’, 3문항은 선택 없이 곧바로 설명하는 ‘개방적 설명형’ 문항이었다.

전반적으로 문항 7)을 제외한 모든 문항의 응답 유형을 분석한 결과, 예비 교사들은 액체 상태와 관련하여 심각한 대안적 개념들을 지니고 있음이 드러났다. 본 연구의 결과에서 도출되는 결론은 다음과 같이 요약될 수 있다.

첫째, 본 연구의 거의 모든 문항에서 드러나는 문제점으로 대부분의 현상에 대한 설명이 거시적 수준에 머물고 있다. 액체나 액체 상태에 대한 정확한 이해는 이들 구성하는 용매나 용질의 입자 수준에서의 이해가 없으면 불가능하다. 많은 경우에 있어서 예비 교사들의 오인의 기저에는 이러한 입자 수준에서의 이해 부족이 문제가 되고 있다.

둘째, 용액을 구성하는 용매와 용질간의 상호 작용에 대한 이해가 매우 부족하다. 특히 이온성 용질의 경우 물 분자와의 독특한 상호작용(수화)에 대하여 많은 예비 교사들의 이해 수준이 대단히 미흡하다는 것이 밝혀졌다.

셋째, 용어 수준에서 이해하는 듯이 보이지만 실제적으로 근본적인 이유나 기초적인 개념에 대해서는 잘 알지 못한다. 이는 물방울이 둥근 이유가 표면 장력 때문이라고 설명하지만 표면 장력이 구체적으로 어떤 힘이고, 어떤 물리·화학적 요인에 의하여 그러한 효과가 발생하는 지에 대한 설명은 거의 못한다는 예에서 잘 확인된다.

넷째, 화학 반응이나 화학 결합에 대한 잘못된 이해가 용해 현상을 제대로 이해하는 데 걸림돌이 되고 있다. 많은 예비 교사들이 설탕의 용해 반응이 화학 반응이 아니기 때문에 설탕이 용해되어도 설탕의 분자간 결합에 변화가 없다는 설명을 제시하고 있다. 이는 설탕 분자의 화학 반응과 설탕 분

자간의 분자간 결합이 혼동되고 있음을 의미한다. 특히 설탕이 물에 녹을 때의 설탕의 분자간 결합에 대한 이해도는 유럽 3국의 결과와 비교해 볼 때도 매우 낮은 것으로 나타나 있어 우리나라의 교육과정이나 교과서에 특별한 문제는 없는지 진지하게 검토해야 할 것으로 생각된다.

다섯째, 초등학교나 중등학교에서 비슷한 학습 경험이 이루어진 문제의 경우, 그렇지 않은 문제에 비하여 월등하게 높은 이해도를 보였다. 문항 7)의 경우가 이에 해당되며, 적절한 학습 경험은 개념 이해에 필수적이라는 기본적 명제를 잘 드러내고 있다.

여섯째, 초등학교 수준에서 거시적 수준이나 조작적 수준에서 도입되고, 설명된 개념들이 이후 발전적으로 보완되지 않으면 대학 수준에서도 올바른 과학 개념을 형성하는데 문제점으로 작용할 수 있다. 용기의 모양에 따라 액체의 모양이 달라지는 이유를 설명하는 문제에서 이러한 문제점이 잘 드러나고 있다.

일곱째, 예비 교사들의 심화 과정에 따라 과학 개념에 대한 이해도가 차이가 있다. 즉, 과학과 관련된 심화 과정에 해당되는 예비 교사들이 그렇지 않은 심화 과정의 예비 교사보다 액체와 관련된 여러 개념에서 더 높은 이해도를 보였다. 이는 심화 과정의 교육과정 차이, 학생의 과학에 대한 정의적 특성, 고등학교에서의 학습 경험 등 다양한 요인이 원인이 될 수 있을 것으로 생각되며, 추후 이러한 차이의 원인이나 영향 등에 대한 심도 깊은 연구 분석이 필요하다고 생각된다.

2. 제언

본 연구의 결과와 결론을 바탕으로 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

첫째, 초·중등학교의 교육과정 내용 중에서 액체 상태와 관련된 부분을 면밀히 검토하여 개념의 연계성과 체계성을 개선하려는 노력이 필요하다. 본 연구에서 드러난 결과로 볼 때 초·중등학교에서의 적절한 교육내용이 보장이 되는 부분의 경우 충분한 개념 이해도를 보이지만 그렇지 않은 경우 실망스러운 정도의 결과를 보여주고 있다. 액체 상태는 고체와 기체의 중간 상태에 해당되고, 현상적·개념적으로 이해하기 어려운 부분이 많아 많은 연구 결과에서 학생들이 다양한 오개념을 보이고 있다고 보고되고 있다. 따라서 고체와 기체 상태뿐 아니라

액체 상태에 관련한 교육과정 내용이나 교과서 내용이 현재보다 많이 보완되고 개선되어야 할 것으로 생각된다.

특히, 초등학교 수준에서 거시적 접근으로 이해된 다양한 현상들에 대하여 중·고등학교의 적절한 시점에서 분자 수준 또는 미시적 수준에서 과학적 개념으로 전환시켜 대학 수준이나 성인이 되었을 때 부적절한 개념이 남아 있지 않도록 유의해야 할 것이다. 학생들의 물질에 대한 미시적 관점의 이해가 화학적 현상을 이해하는데 필수적인 요소라는 사실은 여러 논문에서 폭넓게 주장되고 있다(김선경, 2007; Gabel, 1993; Stavy & Stachel, 1985).

둘째, 교육대학교에서 교육과정을 운영할 때, 기본적 과학 개념을 놓치지 않고 학습하도록 내용의 선정이나 수업 방법에 더욱 주의를 기울여야 한다. 현재 우리나라 교육체계에서는 교육대학교를 졸업하고 초등학교 교사가 되면 심화 과정에 관계없이 거의 모두가 과학 교과를 지도해야 한다. 그러나 교육대학교에서 제한된 수업 시간내에 훌륭한 과학교사가 되기에 충분한 모든 과학 개념을 지도하는 것은 불가능한 현실이다. 따라서 어떤 개념을 선택해서 지도해야 하는가에 대한 고민이 필요하다고 생각된다. 교과 개념 체계에서의 핵심적 내용, 다른 내용으로의 전이 가능성뿐 아니라 초등학교나 중·고등학교 학생들이 지니고 있는 대표적 오인 유형 등을 충분히 검토하여 교육내용이나 방법을 선정하고 실천해야 할 것이다.

셋째, 액체나 액체 상태에 대한 학생들의 개념이나 현직 교사의 개념이 보다 충분히 연구되어야 할 것이다. 액체 상태에 개념을 발전시키려면 현 단계에서 학생이나 교사들이 액체 상태에 대해서 어떤 개념을 지니고 있는지에 대하여 보다 면밀한 연구가 선행되어야 한다. 본 연구에서는 설문지 분석에 의하여 예비 교사들의 개념을 파악하였기 때문에 결론과 관련하여 지나친 일반화가 이루어진 부분도 있을 수 있다고 본다. 이러한 부분을 보완할 수 있는 보다 자세하고 심도 깊은 방법에 의한 연구 결과들이 축적되어야 할 것이다. 그러한 선행 연구 자료를 기반으로 보다 효율적이고 체계적인 수업 전략 등이 제안되고, 이를 바탕으로 실천적 연구 등이 후속되어야만 종합적으로 액체 상태에 대한 바람직한 개념의 이해가 정착될 것이기 때문이다.

참고문헌

- 교육부(1997) 자연 6-1. 국정교과서주식회사.
- 권혁순, 최은규, 노태희(2003). 물질의 세 가지 상태에 대하여 중학생들이 만든 비유의 분석. *대한화학회지*, 47(3), 265-272.
- 김선경, 김영미, 백성혜(2007). 물질의 상태에 관한 중·고등학생들과 과학교사들의 분류 기준에 대한 유형 분석. *한국과학교육학회지*, 27(4), 337-345.
- 김선경(2002). 물리변화와 화학변화에 대한 중·고등학교 과학교사들의 인식 조사 및 과학교과서 개념 분석. *한국교원대학교 석사학위논문*.
- 백성혜, 박진옥, 박재원, 임명혁, 고영미, 김효남, 조부경(2001). 유치원, 초등, 중등 과학교재의 연계성을 위한 탐구능력분석: 물질의 상태 및 상태 변화 개념을 중심으로. *초등과학교육*, 20(1), 91-106.
- 홍미영(1991). 고체, 액체, 기체 상태의 분자 운동에 대한 학생들의 개념 조사. *서울대학교 대학원 석사학위논문*.
- Borsese, A. & Fiorentini, C. (1993). Stati di aggregazione e passaggi di stato: osservazioni sulla didattica delle scienze. *Scuola e Città*, 4, 176-178.
- Cosgrove, M. & Osborne, R. (1981). *Learning in science project*. Physical change. Working Paper 26, University of Waikato, Hamilton, NZ.
- Driver, R. (1985). Beyond appearances. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 145-169). Milton Keynes, UK: Open University Press.
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1985). Some features of children's ideas and their implications for teaching. In R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 193-202). Milton Keynes, UK: Open University Press.
- Gabel, D. L. (1993). Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding. *Journal of Chemical Education*, 70(3), 193-194.
- Leite, L., Mendoza, J. & Borsese, A. (2007). Teachers' and perspective teachers' explanations of liquid-state phenomena: A comparative study involving three European countries. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(2), 349-374.
- Leite, L. & Afonso, A. (2004). Forms of reasoning used by prospective physical sciences teachers when explaining and predicting natural phenomena. *Canadian Journal of Science Mathematics and Technology Education*, 4, 169-191.
- Liew, C. & Treagust, D. (1995). A predict-observe-explain teaching sequence for learning about students' understand-

- ding of heat and expansion of liquids. *Australian Science Teachers Journal*, 41, 68-72.
- Loughran, J., Mulhall, P. & Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 370-391.
- Mendoza, J. (1996). Estudios sobre la comprensión de contenidos en Química e Ingeniería Química en el campo de las disoluciones. Doctoral dissertation, University of Santiago de Compostela, Spain.
- Nussbaum, J. (1985). The particulate nature of matter in the gaseous state. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.) *Children's ideas in science* (pp. 124-144). Milton Keynes, UK: Open University Press.
- Pozo, J. & Gómez, M. (1998) *Aprender a enseñar ciencia*. Madrid: Morata.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4-14.
- Stavy, R. & Stachel, D. (1985). Children's ideas about 'solid' and 'liquid'. *European Journal of Science Education*, 7(4), 402-421.