

## 예비 과학교사의 화학 개념에 대한 이해도 조사와 오답 반응 분석: 중학교 교육과정을 중심으로

이현정 · 최원호<sup>†,\*</sup>

청계자유발도르프학교

<sup>†</sup>한국교육과정평가원

(접수 2011. 6. 30; 게재확정 2011. 9. 21)

### Research of Pre-Service Science Teachers' Understanding About the Chemistry Concept and Analysis of Incorrect Responses: Focus on Middle School Curriculum

Hyun-Jeong Lee and Won-Ho Choi<sup>†,\*</sup>

Cheonggye Free Waldorf School, Uiwang-si Gyeonggi-do 437-828, Korea

<sup>†</sup>Korea Institute for Curriculum and Evaluation, Seoul 100-784, Korea. \*E-mail: stensil@naver.com

(Received June 30, 2011; Accepted September 21, 2011)

**요 약.** 본 연구에서는 사범대학 과학교육과에 재학 중인 예비 과학 교사들을 대상으로 중학교 교육과정에 해당하는 화학 개념의 이해도를 조사하고 예비 과학 교사들의 배경변인에 따른 답지 반응 분석을 실시하였다. 연구 결과, 오답을 선택하는 예비 과학 교사들이 모든 문항에서 나타났으며, 문제를 해결했더라도 각 문항의 해결에 필요한 개념을 충분히 이해하지 못하는 예비 과학 교사들이 있음을 알 수 있었다. 그리고 특정 문항에 대해서는 예비 과학 교사들이 고등학교 시절 대학수학능력시험의 선택 과목으로 화학을 선택한 것과 상관없이 정답률이 낮았다. 이 결과의 원인을 찾기 위한 심층 질문을 통해 몇 가지 사실을 알 수 있었다. 첫째, 중학교 학생들이 가지고 있는 오개념을 예비 과학 교사들도 가지고 있었다. 둘째, 대학수학능력시험 선택 과목으로 화학 선택 유무에 따라 정답률에 차이가 없었다. 셋째, 개념에 대한 본질적 이해 전에 계산을 통한 문제 풀이나 단순 기억에 의해 문제를 해결하려는 학습 습관은 오개념 형성에 영향을 주었으며, 형성된 오개념은 대학생이 되어도 지속적으로 나타나는 경향이 있었다.

**주제어:** 예비 과학 교사, 오개념

**ABSTRACT.** We investigated the understanding of pre-service science teacher about the chemistry concept of middle school curriculum using some items in National Assessment of Educational Achievement and analyzed the result according to background variables of pre-service science teacher. The result was that there were some pre-service science teachers who select incorrect answer at all items, pre-service science teachers don't fully understand the concept needed to solve item. And the percentage of correct answer at some items was low regardless of selection of chemistry as an elective subject at CSAT(College Scholastic Ability Test). We found some facts through the depth interviews to find the cause of the result. First, the misconception acquired in middle school days is tend not to change until college student. Second, the formation of misconception is affected by the study habit with which solve problem by simple calculation and memory without essential understanding. Third, the study habit with which solve problem by simple calculation and memory without essential understanding could not replace misconceptions acquired in middle school days with scientific concept regardless of selection of chemistry as an elective subject at CSAT.

**Key words:** Pre-service science teacher, Misconception

### 서 론

학생들은 학교에서 과학 개념의 학습 이전에 선 개념을 가지고 있으며, 이것은 학습에 많은 영향을 끼치고 쉽게 변하지 않는 성질을 가지고 있다<sup>1</sup>. 그래서 학생들이 잘못된 선개념을 계속 유지한 상태로 후속 학습에 임하면 새

로운 오개념을 형성할 수 있다<sup>2</sup>.

과학 오개념은 과학 교사들에게도 나타난다. 중학교 과학 교사들의 물리 개념에 대한 이해도를 조사한 연구<sup>3</sup>에 따르면 물리를 전공하지 않은 중학교 과학 교사들이 힘과 운동 내용 영역에서 개념에 대한 정답률이 높지 않았고 일부 교사는 오개념을 가지고 있어서 물리 개념을 정

확히 설명하는데 어려움이 있을 수 있다고 하였다. 그리고 빛과 파동에 대한 개념을 조사한 연구<sup>4</sup>에서도 부분적이지만 본질적인 이해를 요구하는 부분에서 학생과 유사한 오개념이 발견된다고 보고하였다. 또한 중학교 과학교사들을 대상으로 실시한 연구<sup>5</sup>에서 교사들은 확산 개념에 대하여 부분적으로 이해하고 있었으며, 화학 교사와 학생들을 대상으로 전극 전위에 대한 이해 정도를 조사한 연구<sup>6</sup>에서 전극 간에 전위차가 있어도 수용액 속의 전해질보다 두 전극의 이온화 경향이 작으면 전류가 흐르지 않는다는 오개념이 대부분의 학생들과 일부 화학교사에게서 발견되었다.

과학 교사들이 가지는 과학 오개념은 예비 과학 교사에게도 발견된다. 과학 교사, 예비 과학 교사, 학생들을 대상으로 끓는점 오름 현상의 원인을 물어본 연구<sup>7</sup>에 따르면, 용매-용질간의 인력을 끓는점 오름의 원인으로 인식하는 비율이 학생과 예비 과학 교사, 화학교사 모두에서 나타났다. 또한 예비 화학교사들을 대상으로 화학 전지에 관한 개념을 조사한 연구<sup>8</sup>에서 예비 과학 교사의 일부가 갈바니 전지와 전해전지에 대한 개념을 이해하는데 어려움과 오개념을 가지고 있었다.

현재 모든 화학 개념에 대하여 확인된 것은 아니지만 예비 과학 교사들이 가진 오개념은 과학 교사가 된 후 학생들의 오개념 형성에 영향을 줄 수 있기 때문에 예비 과학 교사들이 어떤 오개념을 가지고 있는지 조사하고 오개념 생성 원인을 연구하는 것은 우수한 예비 과학 교사를 양성한다는 차원에서 필요하다. 예비 과학 교사들을 대상으로 실시하는 교사 양성 프로그램에서 학생 오개념에 대한 지식을 배우는 것도 중요하지만<sup>9</sup>, 예비 과학 교사들이 오개념을 갖지 않도록 하는 것이 선행되어야 할 것이다. 고등학교 때 과학 심화 선택과목(물리I, 물리II, 화학I, 화학II, 생물I, 생물II, 지구과학I, 지구과학II)이수 여부와 대학의 기초 과학과목(일반물리학, 일반화학, 일반생물학, 일반지구과학)의 학업성취도 사이에 유의미한 관계가 있다는 연구<sup>10</sup>가 보고된바와 같이 미리 관심을 가지고 준비한 과목에 대한 성취도가 높은 것이 당연한 것으로 생각할 수 있다. 하지만 예비 과학 교사들이 대학 때 가지는 과학 개념이 고등학교 교과서에 서술된 진술 방식의 수준을 잘 넘지 못하고 있다는 연구<sup>11</sup>와 같이 대학생인 예비 과학 교사들이 중고등학생들에게서 나타나는 과학 오개념을 극복했다고 보기 어렵다.

본 연구에서는 예비 과학 교사들이 과학 오개념을 가지고 있다는 가정을 가지고 예비 과학 교사들이 중학교 교육과정 수준의 개념에 대하여 어떤 오개념을 가지고 있는지 조사하고, 오개념 형성에 어떤 경험이 영향을 주었는지 알아봄으로써 중등 과학 수업이나 예비 과학 교사

의 양성 프로그램에서 오개념을 과학 개념으로 전환시키기 위해 고려할 사항들에 대한 시사점을 얻고자한다.

## 연구 대상 및 방법

### 연구 대상

본 연구에서는 예비 과학 교사들의 중학교 교육과정의 화학개념에 대한 이해도를 조사하기 위하여 경기도 소재 D대학교 사범대학 과학교육과에서 아직 심화 전공을 선택하지 않은 1학년 31명을 연구대상으로 하였다.

고등학교 당시 대학수학능력시험 과학 탐구의 선택 과목으로 화학I만 선택한 학생이 21명, 화학II만 선택한 학생이 1명, 화학I, 화학II를 모두 선택한 학생이 8명, 화학I, 화학II를 전혀 선택하지 않은 학생이 1명이었다. 2차 설문 대상자는 1차 검사 도구를 회수하여 분석한 결과 모든 문항을 맞춘 10명과 검사 도구를 투입하자마자 정답을 무작위로 체크하고 제출한 1명을 제외한 20명이었다.

### 검사 도구

본 연구에서는 한국교육과정평가원의 2008~2009년 중학교 국가수준 학업성취도 평가<sup>12,13</sup> 문항의 선다형 문항 중 학생들이 어려워하여 오답이 잘 나타나는 현상을 관찰하기 위하여 정답률이 60%미만이면서 변별도가 0.40 이상인 문항을 선정하였다.

1차 설문지는 모두 선다형 9문항으로 구성되어 있으며, 국가수준 학업성취도 평가 문항을 질문이나 보기의 변형 없이 사용하였다. 문항 구성과 응답 시간의 적절성을 확인하기 위하여 연구대상자 중 7명(본 검사 대상에서 제외)을 대상으로 예비 검사를 실시하였다. 예비 검사를 통하여 완성된 1차 검사 도구는 검사 목적에 대한 타당성 검증을 위해 과학교육 전공 교수 2명에게 검토를 받아 최종 검사 도구를 완성하였다.

2차 설문지는 예비 교사들이 응답한 1차 설문 결과(본인의 문항별 점수)와 함께 틀린 문항의 보기를 정답이라고 생각한 이유, 정답을 고를 때 혼동되었던 보기와 그 이유, 해당 문항을 해결하기 위해 필요하다고 생각하는 중학교 수준의 지식, 오답 선택 이유와 본인의 고등학교 당시 과학 심화 선택과목과의 관련성 등을 묻는 질문으로 구성하였다.

최종 검사 도구를 구성하는 문항의 특징은 Table 1과 같다.

### 연구 절차 및 분석 방법

본 연구에서는 우선 예비 과학 교사 31명을 대상으로 1차 설문을 실시하였다. 1차 설문은 제한 시간 40분 동안 배경변인에 관한 기초 질문과 평가 문항에 응답하도록

**Table 1.** Characteristics of the test item consisting of survey

No	Year-Item No	Unit	Achievement Standards	Grade	Percentage of Correct answer	Discrimination parameter
1	2009-09	Three States of Matter	To express examples of change of state in everyday life in scientific terms.	7	51.7	0.55
2	2009-10	Three States of Matter	To observe the change of state through experiments and infer that matter is consists of molecules.	7	52.9	0.44
3	2008-12	Characteristics of Matter	To measure the melting/boiling point of matter and analyze the result.	8	53.9	0.5
4	2009-13	Characteristics of Matter	To measure and analyze the solubility of matter and know that solubility is characteristics of matter.	8	46.9	0.56
5	2008-13	Separation of Mixture	To understand that solubility is characteristics of matter and separate mixture using the difference of solubility.	8	44	0.5
6	2008-14	Separation of Mixture	To classify matters in everyday life as a pure substance and mixture.	8	51.7	0.5
7	2009-14	Separation of Mixture	To understand that boiling point is characteristics of matter and separate mixture using the difference of boiling point.	8	53.1	0.34
8	2008-15	Construction of Matter	To know the law of conservation of mass, law of definite proportion, law of multiple proportions, law of gaseous reaction.	9	36.8	0.5
9	2008-16	Rules of Matter Change	To know that the ratio of elements consisting compound is constant through a simple chemical reaction experiment.	9	36.5	0.5

하였고, 평균적으로 응답한 시간은 30분이었다. 국가수준 학업성취도 보고서에 공개된 정답률(%)과 실제 예비 교사들의 정답률(%)을 비교하여, 9문항을 모두 맞춘 10명과 불성실한 응답자 1명을 제외하여 2차 설문 대상자를 선정하였다. 2차 설문은 1차 설문 결과를 이용하여 정답 선정 근거에 관한 심층 질문을 실시하였다. 2차 설문의 심층 질문의 내용은 검사 도구에 제시하였으며, 2차 설문은 서술형인 점을 고려하여 시간을 제한하지 않았으나 평균적으로 응답하는데 걸린 시간은 1시간이었다.

1차 설문 결과를 이용하여 전체 응답자들의 문항별 정답률, 고등학교 당시 수능 과학탐구 선택 과목에 따른 정답률을 조사하고 정답률이 낮은 문항의 특징을 분석하였다. 2차 설문 결과를 이용하여 틀린 이유, 설문 응답자가 문항을 해결하기 위해 필요하다고 제시한 중학교 수준의 지식의 적절성을 중심으로 분석하였다.

## 연구결과 및 논의

### 예비 과학 교사들의 문항별 정답률

Table 2는 1차 설문에 포함된 전체 문항에 대하여 예비 과학 교사와 중학생의 정답률과 답지 반응 분포를 비교하여 나타낸 것이다. Table 2의 예비 과학 교사의 답지 반응 비율은 1차 설문 대상자 31명에 대한 각 답지 선택자수를 백분율로 나타낸 것이며, 중학생들의 답지 반응과 비교하여 단원별로 분석하였다. 중학생들의 답지 반응 분

포는 한국교육과정평가원의 국가수준 학업성취도 연구 보고서의 자료를 이용한 것이다. 예비 과학 교사들의 정답률은 95.5%의 높은 정답률을 보인 문항부터 59.1%의 매우 낮은 정답률의 문항까지 다양했다. 특히 정답률이 90% 미만인 문항은 물질의 세 가지 상태 단원의 2번(88.6%), 혼합물의 분리 단원의 5번(84.1%), 7번(59.1%)이었다.

설문에 사용한 문항이 중학교 교육과정의 문항이었으며, 설문 대상이 과학 교사가 되기를 희망하는 사범 대학에 재학 중인 예비 과학 교사들이었음에도 불구하고 90% 이하의 정답률을 나타내는 문항들이 존재한다는 것은 예비 과학 교사들 중 일부가 각 문항에서 요구하는 지식이나 탐구 능력이 부족하다는 것을 의미한다. 구체적으로 어떤 능력이 부족하며, 그런 상황이 발생한 이유를 알아보기 위해 각 문항별로 심층 분석을 실시하였다.

### 예비 과학 교사들의 문항별 응답 특징

Fig. 1은 제7차 교육과정의 7학년 물질의 세 가지 상태 단원에 해당하는 문항으로 일상생활에서 상태 변화의 예를 찾아 과학적 용어로 나타낼 수 있는지 묻고 있다. 이 문항은 흘러내린 찹농이 식어 굳어버린 현상은 액체가 고체로 변한 응고, 안경을 낀 채 목욕탕에 들어가면 안경에 김이 서리는 현상은 공기 중 수증기가 액체인 물방울로 변한 액화, 아이스크림 포장 용기 속에 넣어둔 드라이아이스 크기가 점점 작아지는 것은 고체에서 기체 이산

**Table 2.** Comparison of the Percentage of Correct answer and distribution of responses between pre-service science teachers and middle school students.

No	Unit	Correct Answer	Division	Distribution of Responses (%)					
				Percentage of Correct answer	①	②	③	④	⑤
1	Three States of Matter	③	*A	95.5	0.0	0.0	95.5	4.5	0.0
			**B	51.7	2.6	4.9	51.7	38.9	1.9
2	Three States of Matter	②	A	88.6	0.0	88.6	0.0	9.1	2.3
			B	52.9	6.0	52.9	5.8	19.0	16.1
3	Characteristics of Matter	④	A	95.5	0.0	4.5	0.0	95.5	0.0
			B	53.9	6.1	10.4	10.3	53.9	19.2
4	Characteristics of Matter	④	A	93.2	2.3	4.5	0.0	93.2	0.0
			B	46.9	19.9	14.0	9.2	46.9	9.9
5	Separation of Mixture	②	A	84.1	0.0	84.1	0.0	2.3	13.6
			B	44.0	8.4	44.0	13.8	10.2	23.1
6	Separation of Mixture	①	A	90.9	90.9	2.3	6.8	0.0	0.0
			B	51.7	51.7	12.9	12.8	14.4	7.9
7	Separation of Mixture	①	A	59.1	59.1	4.5	2.3	0.0	34.1
			B	53.1	53.1	7.9	8.7	4.8	25.3
8	Construction of Matter	⑤	A	90.9	4.5	4.5	0.0	0.0	90.9
			B	36.8	24.9	13.7	11.9	12.6	36.8
9	Rules of Matter Change	③	A	95.5	4.5	0.0	95.5	0.0	0.0
			B	59.4	10.8	9.4	59.4	11.6	8.7

\*A: Pre-Service Science Teachers, \*\*B: Middle School Students

1. <보기>는 일상생활에서 물질의 상태 변화가 일어나는 예이다.

<보기>

(가) 흘러내린 뽕농이 식어 굳는다.  
 (나) 안경을 낀 채 목욕탕에 들어가면 안경에 김이 서린다.  
 (다) 아이스크림 포장 용기 속에 넣어둔 드라이아이스의 크기가 점점 작아진다.

(가) ~ (다)의 상태 변화에 해당하는 용어를 옳게 나타낸 것은?

(가)	(나)	(다)
① 액화	승화	응해
② 액화	기화	응해
③ 응고	액화	승화
④ 응고	기화	승화
⑤ 승화	액화	응고

**Fig. 1.** The Example Item of Three States of Matter.

화탄소로 변하는 승화라는 것을 알아야 해결할 수 있는 문항이다. 이 문항의 오답 중 반응률이 가장 높은 것은 중학생과 예비 과학 교사 모두 ④번이었다. 오답 ④번을 정답으로 선택한 예비 과학 교사들의 선택 이유는 다음과 같으며, 괄호의 수는 오답자 중 해당 이유를 제시한 인원 수이다.

- 뽕농이 식어 굳는 것은 응고, 드라이아이스가 작아지는 것은 승화인걸 알았으나, 김이 서리는 현상에서 김을 물과 같은 액체로 보아야 할지, 수증기 같은 기체로 보아야 할지 헷갈렸다. (2명/2명)

예비 과학 교사들의 답변에 근거하면 김을 기체와 액체

중 어떤 상태로 분류해야할 지를 헷갈려하였다. 그리고 이 문항을 해결하기 위해 필요한 중학교 수준의 지식을 제시하라는 질문에 대한 응답은 다음과 같다.

· 물질의 상태 변화 (20명/20명)

예비 과학 교사들은 이 문항을 해결하기 위해 물질의 상태 변화를 알아야 한다고 제안하고 있지만 액화는 기체가 액체가 되는 현상으로, 어느 정도 일정한 모양을 가진 액체(예를 들어, 물)로 변화하는 것으로만 알아왔다면 김이 서리는 현상에서 안경에 낀 김을 액체로 분류하기에 어려움이 있다. 중학생 수준에서 ③번이 정답임을 알기 위해서는 안경에 생긴 김을 액체로 생각해야 한다. 단지 물질의 상태 변화에 관한 개념을 안다고 정답을 찾을 수 없다.

이 문항 분석을 통해 예비 과학 교사들 중 일부는 물질의 세 가지 상태와 상태 변화에 대한 일반적 정의는 잘 알고 있으나, 개념이 적용되는 현상을 개념의 본질적 의미로 해석하지 못하고 눈에 보이는 현상적 수준에서 개념을 이해하려는 경향이 있음을 알 수 있다.

Fig. 2는 제7차 교육과정의 7학년 물질의 세 가지 상태 단원에 해당하는 문항으로 아세톤의 상태 변화 실험을 통해 변화를 관찰하고, 이로부터 물질은 분자로 이루어져 있음을 추리해야하는 문항이다. 분자로 이루어져 있음을

2. 다음은 아세톤의 상태 변화 실험이다.

(가) 비닐봉지에 아세톤 3방울을 넣고 밀봉하였다.  
 (나) 밀봉된 비닐봉지를 뜨거운 물에 넣었다니 부풀어 올랐다.

이에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 모두 고른 것은?

<보기>

ㄱ. 액체 아세톤은 비닐봉지를 모두 채울 만큼 늘어난다.  
 ㄴ. 비닐봉지 안은 아세톤의 성질을 갖는 아주 작은 알갱이로 채워진다.  
 ㄷ. 비닐봉지 안의 아세톤 알갱이의 총 개수가 증가한다.

① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄷ    ④ ㄱ, ㄴ    ⑤ ㄴ, ㄷ

Fig. 2. The Example Item of Three States of Matter.

추리한다는 것은 물질은 물질의 성질을 갖는 아주 작은 입자인 분자로 이루어져 있다는 사실과 상태 변화 전과 후에 동일한 분자로 이루어져 있음을 알아야 한다는 것을 의미한다. 이 문항에서는 비닐봉지 안의 어떤 액체가 기체, 액체로 변하는 상태 변화를 보여주고 이를 관찰하여 액체와 기체는 모두 입자인 분자로 이루어져 있고, 분자의 배열과 분자간 거리가 변하고 있다는 것을 알고 있어야 한다. 이 문항은 예비 과학 교사의 정답률이 88.6%로 낮은 편에 속하며, 오답 중 반응률이 가장 높은 것은 중학생과 예비 과학 교사 모두 ④번이었다. 이는 분자의 개념을 제대로 이해하지 못하기 때문에 나타난 결과로 보인다. 오답을 선택한 예비 과학 교사들의 선택 이유는 다음과 같으며, 괄호의 수는 오답자 중 해당 이유를 제시한 인원 수이다.

- 보기 ㄱ에서 액체 아세톤이 기체로 상태 변화를 하면서, 부피가 증가할 것이라고 생각했기 때문에 맞다고 생각했다. (3명/4명)
- 아세톤이 상태 변화를 하면 질량이 증가한다. (1명/4명)

예비 과학 교사들의 답변에 근거하면 액체 아세톤이 비닐봉지를 모두 채울 만큼 늘어난다는 의미를 아세톤이 액체에서 기체로 상태 변화하면서 부피가 증가한다는 의미와 동일시하거나 상태 변화에 질량의 변화를 함께 고려하고 있는 예비 과학 교사가 있음을 알 수 있다. 이 문항을 해결하기 위해 필요한 중학교 수준의 지식을 제시하라는 질문에 대한 응답은 다음과 같다.

- 물질의 상태 변화와 샤를의 법칙. (12명/20명)
- 분자 운동과 온도의 관계. (4명/20명)
- 원자는 생성, 파괴되지 않는다. (4명/20명)

상당수의 예비 과학 교사들은 이 문항을 해결하기 위해 물질의 상태 변화와 샤를의 법칙을 알아야 한다고 제안했으며, 분자 운동과 온도의 관계, 원자의 생성과 파괴에 대해 이해하고 있어야 한다고 응답하였다. 그러나 이 문항은 샤를의 법칙을 이해하기 이전에 분자의 개념에 대

3. 그래프는 순수한 고체 물질을 가열한 후 다시 냉각시키면서 시간에 따른 온도 변화를 나타낸 것이다.

이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 이 물질의 녹는점은 81°C이다.  
 ② A, E구간에서 물질은 고체 상태이다.  
 ③ B구간에서는 가해진 열이 상태 변화에 쓰이고 있다.  
 ④ C구간에서는 용해가 일어난다.  
 ⑤ D구간의 평평한 부분의 온도를 어는점이라고 한다.

Fig. 3. The Example Item of Characteristics of Matter.

해 제대로 이해하고 있으면 해결할 수 있는 문항이다. 즉, 중학생 수준에서 ④번이 오답임을 알기 위해서는 액체 아세톤이 비닐 봉지를 채울만큼 늘어나는 일이 없으며, 아세톤이 액체에서 기체로 상태 변화하면서, 분자간 거리가 멀어져 밀봉된 비닐봉지 안에는 아세톤의 성질을 갖는 아주 작은 알갱이로 채워지게 된다는 것을 이해해야 한다. 온도가 증가하면 부피가 증가한다는 샤를의 법칙을 아는 것만으로는 이 현상을 분자라는 입자로 설명할 수 없다. 이 문항 분석을 통해 예비 과학 교사들은 액체가 쪽 늘어나서 비닐 봉지가 부풀다는 생각은 하지 않지만 일부 예비 과학 교사들은 분자에 대한 기초적인 이해 없이 문항에 주어진 현상을 자신의 생각에 맞춰 문장을 자의적으로 해석하려는 경향이 있음을 알 수 있다.

Fig. 3은 제7차 교육과정의 8학년 물질의 특성 단원에서 순수한 고체 물질을 가열하고 냉각할 때의 온도 변화 그래프를 해석하여 각 구간에서의 물질의 상태, 녹는점과 어는점을 찾아낼 수 있는지 묻고 있다. 이 문항을 해결하기 위해서는 고체의 가열 곡선이 평평해지는 이유와 그 구간의 온도가 녹는점이며, 녹는점 이전 구간의 상태는 고체이고, 이후 구간의 상태는 액체임을 알아야 한다. 그리고 액체를 다시 냉각시키면 평평해지는 구간의 온도가 어는점이며, 어는점 이후 구간의 상태는 고체임을 알아야 한다. 이 문항의 오답 중 중학생의 반응률이 가장 높은 것은 ⑤번으로 녹는점과 어는점을 동일시하지 못하는 학생들이 많음을 알 수 있다. 예비 과학 교사의 반응률이 가장 높은 것은 ②번으로, 중학생들도 두 번째로 많은 반응률을 보였다. 오답 ②번을 정답으로 선택한 예비 과학 교사들의 선택 이유는 다음과 같으며, 괄호의 수는 오답자 중 해당 이유를 제시한 인원 수이다.

- 고체의 상변화 과정으로, 고체와 액체가 공존하는 용해의 과정으로 생각했다. 용해와 응고의 정의를 제대로 알지 못했다. (2명/2명)

예비 과학 교사들의 답변에 근거하면 고체를 용해시키기 시작하면 녹는점 이전에도 액체가 고체와 함께 공존한다고 생각하는 경우가 있음을 알 수 있다. 이 문항의 오답을 정답으로 생각한 예비 과학 교사들은 녹는점에서 상태 변화가 일어난다는 과학적 개념에 대하여 깊이 있게 생각하지 못하고 고체를 가열하면 액체가 된다는 현상적인 측면에 대한 오해로 그래프 상의 녹는점 이전에도 고체와 액체가 공존한다고 오해하고 있었다. 그리고 이 문항을 해결하기 위해 필요한 중학교 수준의 지식을 제시하라는 질문에 대한 응답은 다음과 같다.

- 물질의 상태변화를 알아야 한다. (16명/20명)
- 에너지(E) 출입에 대해 이해해야한다. (4명/20명)

예비 과학 교사들은 이 문항을 해결하기 위해 물질의 상태변화를 알고 에너지 출입에 대해 이해해야한다고 제안하고 있다. 중학생 수준에서 ②번이 오답임을 알기 위해서는 고체가 상태 변화가 일어나기 전까지는 온도만 증가할 수 있으며, 상태 변화가 일어나기 시작하면 가해진 에너지가 상태 변화에 사용되어 온도 변화가 없음을 이해하고 있어야 한다. 그리고 ④번이 정답임을 알기 위해서는 상태 변화가 끝난 구간에서는 액체 상태이므로 용해가 일어날 수 없음을 알고 있어야 한다. 즉, 예비 과학 교사들은 이 문항이 상태 변화와 에너지 출입에 관련된 내용임을 알고는 있지만 어떤 수준의 지식이 필요한지 정확히 제시하지 못하였다.

Fig. 4는 제7차 교육과정의 8학년 물질의 특성 단원에서 일정한 온도에서 물의 질량에 따라 최대한 녹을 수 있는 용질의 질량을 표시한 그래프를 해석하여 각 점에서의 용해도를 구하거나 비교할 수 있는지 묻고 있다. 이 문항을 해결하기 위해서는 용해도의 정의가 물 100g에 최대로 녹는 용질의 질량이라는 것을 알고 용해도는 물질의 특성으로 용해도가 다르면 다른 물질임을 이해하고

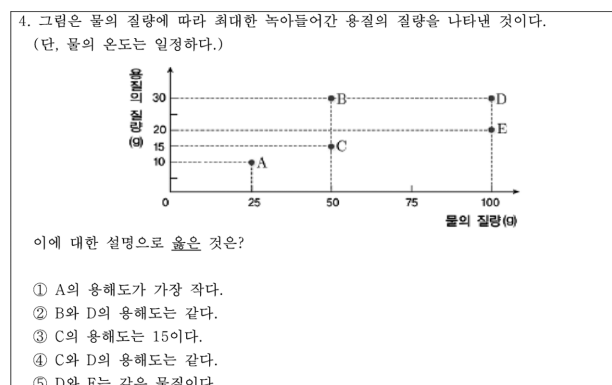


Fig. 4. The Example Item of Characteristics of Matter.

있어야 한다. 이 문항의 오답 중 중학생의 반응률이 가장 높은 것은 ①번으로 물의 질량을 고려하지 못하고 용질의 질량만으로 용해도를 비교하는 학생들이 많음을 알 수 있다. 예비 과학 교사의 반응률이 가장 높은 것은 ②번으로, 중학생들도 두 번째로 많은 반응률을 보였다. 오답 ②번을 정답으로 선택한 예비 과학 교사들의 선택 이유는 다음과 같으며, 괄호의 수는 오답자 중 해당 이유를 제시한 인원 수이다.

- 주어진 그대로가 용해도로 생각하고, 그래프에 B와 C 상태가 헷갈렸다. (2명/2명)

예비 과학 교사들의 답변에 근거하면 용해도를 용매인 물의 양에 관계없이 용질의 질량만으로 판단하는 경우가 있음을 알 수 있다. 이 문항의 오답을 정답으로 생각한 예비 과학 교사들은 용해도가 물 100g을 기준으로 정한다는 정의를 떠올리지 못하였거나 신중히 자료를 분석하지 못하였다. 그리고 이 문항을 해결하기 위해 필요한 중학교 수준의 지식을 제시하라는 질문에 대한 응답은 다음과 같다.

- 용해도 (20명/20명)

예비 과학 교사들은 이 문항을 해결하기 위해 용해도 개념이 필요함을 제안하고 있다. 중학생 수준에서 ①, ②번이 오답임을 알기 위해서는 용해도의 정의가 물 100g에 최대한 녹을 수 있는 용질의 질량으로 나타낸다는 것을 자료 해석에 적용하여 그래프 해석 시 물의 질량을 고려해야하며, 단지 용해도의 개념을 아는 것으로는 이 문항을 해결할 수 없다. 즉, 예비 과학 교사들은 이 문항 해결에 필요한 개념을 알고 있으나 문항 해결을 위해 개념을 구체적으로 어떻게 활용해야 할지를 정확히 제시하지 못했다.

이 문항 분석을 통해 예비 과학 교사들 중 일부는 중학교 3학년 수준에서 문제 해결을 위한 물질의 특성의 종류나 정의는 알더라도 해당 개념의 활용 측면에서 충분히 이해하지 못하거나 그래프 자료 등에의 적용 면에서 실수를 하는 경향이 있음을 알 수 있다.

Fig. 5는 제7차 교육과정의 8학년 혼합물의 분리 단원에 해당하는 문항으로 용해도가 물질의 특성임을 알고 온도차에 따른 용해도를 이용하여 석출된 혼합물의 종류와 양을 구할 수 있는지 묻고 있다. 이 문항에서 주어진 붕산과 염화나트륨의 질량은 80°C에서의 용해도로 주어진 양보다 작다. 따라서 이 문항을 해결하기 위해서 석출되는 붕산의 양은 주어진 양에서 0°C의 용해도를 빼야하고, 염화나트륨의 경우는 주어진 양이 0°C의 용해도보다

5. 표는 붕산과 염화나트륨의 온도에 따른 용해도(g/물 100g)를 나타낸 것이다.

온도(°C)	0	20	40	60	80	100
붕산	2.8	4.9	8.9	14.9	23.5	38.0
염화나트륨	35.7	36.0	36.6	37.3	38.4	39.8

붕산 20g과 염화나트륨 30g을 80°C의 물 100g에 모두 녹인 후 0°C로 냉각시켰을 때 석출된 물질의 종류와 양을 옳게 짝지은 것은?

① 붕산 - 14.4g    ② 붕산 - 17.2g  
 ③ 염화나트륨 - 6g    ④ 염화나트륨 - 3g  
 ⑤ 붕산 - 20.7g, 염화나트륨 - 2.7g

Fig. 5. The Example Item of Separation of Mixture

작기 때문에 석출되지 않는다는 것을 알고 있어야 한다. 이 문항의 오답 중 반응률이 가장 높은 것은 중학생과 예비 과학 교사 모두 ⑤번이었다. 이는 자료에 주어진 80°C의 용해도에서 0°C의 용해도를 단순히 빼줌으로써 석출량을 계산한 결과이다. 오답 ⑤번을 정답으로 선택한 예비 과학 교사들의 선택 이유는 다음과 같으며, 괄호의 수는 오답자 중 해당 이유를 제시한 인원 수이다.

- 계산을 해야 하므로, 붕산의 80도 용해도에서 20도 용해도를 빼주었다. (3명/5명)
- 개념은 잘 모르겠지만, 포화 용액 80도에서의 용해도에서 냉각 온도인 0도에서의 용해도를 빼면된다. (1명/5명)
- 중학교 때 배우면서 이해는 못했고, 계산을 하고, 정답을 맞추는 것에 익숙하다보니 표만 보고, 그냥 뽑았다. (4명/5명)

예비 과학 교사들의 답변에 근거하면 용해도의 개념을 이해하고 계산을 하기보다 문항에 주어진 2개의 온도에만 초점을 맞춰 자료에 주어진 숫자로 계산만을 했음을 알 수 있다. 그리고 이 문항을 해결하기 위해 필요한 중학교 수준의 지식을 제시하라는 질문에 대한 응답은 다음과 같다.

- 용해도의 개념을 알아야 한다. (12명/20명)
- 용해도는 온도가 높아질수록 증가한다. (3명/20명)
- 포화 또는 불포화에 따른 용액의 용해도를 알아야 한다. (5명/20명)

이 문항을 해결하기 위해 예비 과학 교사들은 대부분 용해도를 이용해야 한다는 것은 알고 있으나, 문제 해결에 직접 도움이 되지 않는 용해도와 온도의 관계, 포화, 불포화, 과포화 개념을 알아야 한다고 제시하고 있다. 이 문항은 단순히 용해도의 정의를 아는 것으로 해결할 수 없고, 주어진 붕산과 염화나트륨의 질량은 80°C에서의 용해도보다 작기 때문에 80°C에서 녹아 있는 용질의 질

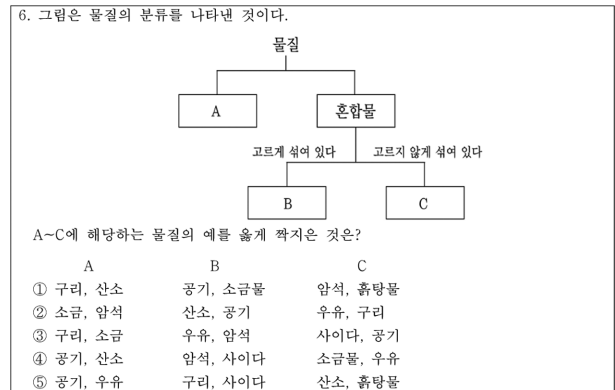


Fig. 6. The Example Item of Separation of Mixture.

량은 주어진 용질의 질량임을 알아야 한다. 그리고 주어진 자료에서 온도와 용해도의 관계, 0°C로 낮출 때 석출되는 양은 어떤 질량 차를 이용해야 할지 알아야 한다. 즉, 예비 과학 교사들 중 일부는 용해도의 의미와 주어진 용질의 질량 관계에 관해 정확한 이해가 부족하여 온도차에 따른 용해도를 이용하여 석출되는 용질의 종류와 양을 제대로 구하지 못하였다.

Fig. 6은 제7차 교육과정의 8학년 혼합물의 분리 단원에 해당하는 문항으로 일상생활에서 사용하는 물질을 순물질과 혼합물을 구분하고 혼합물에서도 균일 혼합물과 불균일 혼합물을 구분할 수 있는지 묻고 있다. 이 문항의 오답 중 중학생의 반응률이 가장 높은 것은 ④번으로 순물질과 혼합물을 구분하지만 주어진 물질을 균일 혼합물과 불균일 혼합물로 구분하지 못함을 알 수 있다. 예비 과학 교사의 반응률이 가장 높은 것은 ③번으로 예비 과학 교사들이 오답을 선택한 이유는 다음과 같으며, 괄호의 수는 오답자 중 해당 이유를 제시한 인원 수이다.

- A는 순물질, B는 균일 혼합물, C는 불균일 혼합물이라고 생각했고, 공기는 질소나 산소가 다르게 섞여있는 불균일 혼합물, 암석은 하나의 원소로 이루어진 균일 혼합물이라고 생각했다. (2명/3명)
- 소금과 산소는 순물질이 아니라고 생각했다. (1명/3명)
- 중학생 때 개념보다 대표적인 예시를 외워서 문제를 해결했다. (3명/3명: 중복응답)

예비 과학 교사들의 답변에 근거하면 순물질과 혼합물, 균일 혼합물과 불균일 혼합물의 구분 방식은 익숙하나 물질의 구분 방식에 해당하는 예시를 연결짓지 못하고 있으며, 물질 구분의 정의에 대한 이해보다는 대표적인 예시를 기억하여 문항을 해결하려고 하였다. 예비 과학 교사들은 순물질과 혼합물, 균일 혼합물과 불균일 혼합물

의 대략적인 정의나 구분 방식을 기억하는 수준에서 알고 있으나 정확히 이해하고 있지 못하기 때문에 제시된 예시를 각 물질 구분 방식과 연결짓지 못한 것으로 보인다. 그리고 이 문항을 해결하기 위해 필요한 중학교 수준의 지식을 제시하라는 질문에 대한 응답은 다음과 같다.

·균일 혼합물과 불균일 혼합물의 구분과 화합물의 정의. (20명/20명)

예비 과학 교사들은 이 문항을 해결하기 위해 혼합물의 구분과 정의를 알아야 한다고 제안하고 있지만, 정의를 알아도 예시를 기억하는 수준에서 알고 있다면 시간이 흐를수록 각 물질을 연결짓기 어렵다. 특히 예비 과학 교사의 응답인 ‘공기는 질소와 산소 등이 다른 비율로 혼합되어 있기 때문에 불균일 혼합물이라고 생각하였고’의 경우처럼 공기를 기체분자운동론의 입장에서 이해하였다면 불균일혼합물로 구분하지는 않았을 것이다. 즉, 예비 과학 교사들 중 일부는 물질 구분 방식이나 각 물질의 성질에 대한 본질적 이해보다는 대표적인 예시들을 기억하는 수준에서 학습을 하는 경향이 있음을 알 수 있다.

Fig. 7은 혼합물의 분리 단원에 해당하는 문항으로 끓는점이 물질의 특성임을 이해하고, 그 차를 이용하여 혼합물을 분리할 수 있는지 묻고 있다. 이 문항을 해결하기 위해서는 주어진 실험 장치가 끓는점을 이용하여 혼합물을 분리할 수 있는 장치임을 알고 이를 이용하여 분리할 수 있는 혼합물이 물과 에탄올임을 찾을 수 있어야 한다. 이 문항은 예비 과학 교사의 정답률이 59.1%로 가장 낮고, 오답인 ⑤번을 정답으로 생각한 예비 과학 교사가 34.1%에 이르며 이는 중학생의 오답지 선택 반응률과 일치한다. 예비 과학 교사들이 오답을 선택한 이유는 다음과 같으며, 괄호의 수는 해당 이유를 제시한 인원 수이다.

- 분별정류나 분별결정을 이용한 분리라고 생각했다. (1명/15명)
- 가열 후 냉각 과정이 필요한 용해도 차이에 의한 분리로 생각했다. (8명/15명)

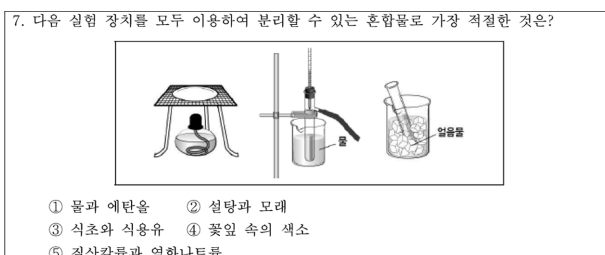


Fig. 7. The Example Item of Separation of Mixture.

- 온도 차이에 의한 분리방법이 필요한 실험인걸 알았으나, 실험 기구의 정확한 용도를 몰라서 헛갈렸다. (3명/15명)
- 정확히 아니라고 생각되는 걸 지우다가 선택하게 되었다. (3명/15명)

예비 과학 교사들의 답변에 근거하면 이론적인 개념은 대략 알고 있으나, 실제 실험기구를 이용하여 혼합물을 분리하는데 있어서 실험기구의 정확한 용도를 모르거나 주어진 실험기구를 이용하여 가상으로 실험을 순서대로 설계해보고 혼합물을 분리하는 것에 어려움을 나타내고 있음을 알 수 있다. 그리고 이 문항을 해결하기 위해 필요한 중학교 수준의 지식을 제시하라는 질문에 대한 응답은 다음과 같다.

- 끓는점 차이에 의한 혼합물의 분리 (12명/20명)
- 혼합물의 분리와 실험기구의 용도 (8명/20명)

예비 과학 교사들은 이 문항을 해결하기 위해 끓는점 차이에 의한 혼합물의 분리 과정과 함께 실험기구의 용도를 알고 있어야 한다고 응답하였다. 하지만 혼합물의 분리에 필요한 각 과정을 물질의 특성과 연결지어 이해해야 정답과 오답을 구분할 수 있을 것이다.

예비 과학 교사들이 정답으로 가장 많이 선택한 오답 ⑤번의 질산칼륨과 염화나트륨은 혼합물을 가열하여 물에 완전히 녹인 후, 다시 이를 냉각 장치에 넣고 석출되는 물질을 분리해야하기 때문에 가지 달린 시험관을 이용할 필요가 없으며, 석출된 물질을 분리하기 위한 과정이 추가적으로 필요하다. 즉, 예비 과학 교사들은 보기에 주어진 알코올램프와 얼음물을 보고 연상되는 현상과 관련된 혼합물을 선택한 것으로 보인다.

이 문항 분석을 통해 예비 과학 교사들 중 일부는 용해도 차이에 의한 혼합물의 분리 방법과 끓는점 차이에 의한 혼합물의 분리 방법을 혼동하고 있었다. 그리고 혼합물의 분리에 관한 개념은 알고 있지만 관련된 실험 기구의 정확한 용도를 모르거나 실험 과정과 물질의 특성을 정확히 연결지어 이해하지 못하는 경향이 있음을 알 수 있다.

Fig. 8은 제7차 교육과정의 9학년 물질의 구성 단원에서 암모니아 기체가 생성되는 반응 모형을 보고 반응 전후, 분자의 종류와 수가 변하는지, 물질의 질량비와 부피비가 어떠한지, 같은 부피 속에 들어 있는 물질의 질량, 원자 수에 관해 묻고 있다. 이 문항은 중학교 1학년에서 분자가 물질을 구성하는 입자의 의미로 배운 이후 중학교 3학년에서 원자 모형을 이용하여 화합물을 구성하는 원자의 공간 배열을 정성적으로 이해하는 과정을 거치면



8. 그림은 질소 기체와 수소 기체가 반응하여 암모니아 기체가 생성되는 반응을 모형으로 나타낸 것이다.

위 모형에 대한 설명 중 옳은 것은? (단, 온도와 압력은 일정하다.)

- ① 반응하는 질소와 수소의 질량비는 1:3이다.
- ② 반응 전후에 분자의 종류와 수는 변하지 않는다.
- ③ 같은 부피 속에 들어 있는 질소, 수소, 암모니아의 질량은 모두 같다.
- ④ 같은 부피 속에 들어 있는 질소, 수소, 암모니아의 원자 수는 모두 같다.
- ⑤ 질소 기체 10 mL가 모두 반응하는 데 필요한 수소 기체 부피는 30 mL이다.

Fig. 8. The Example Item of Construction of Matter.

서 분자는 원자와 그 의미가 다르며, 물질을 구성하는 각각의 분자는 그 성질이 다름을 이해해야 해결할 수 있는 문항이다. 이 문항의 오답 중 반응률이 가장 높은 것은 중학생과 예비 과학 교사 모두 ①번이었다. 오답 ①, ②번을 정답으로 선택한 예비 과학 교사들의 선택 이유는 다음과 같으며, 괄호의 수는 오답자 중 해당 이유를 제시한 인원 수이다.

- 기체는 부피비로 생각해야하는데, 모형만 보고 질량비로 생각해서 모형(상자) 1개가 질량비 1을 의미하는 것으로 생각했다. (2명/4명)
- 분자와 원자의 개념을 헷갈려서, 온도와 압력이 일정한 상태에서 반응 전 후에 원자의 종류(성질)는 변하지 않고, 그 수도 변하지 않는다고 생각했다. (2명/4명)

예비 과학 교사들의 답변에 근거하면 기체는 반응비가 곧 부피비와 같은데 부피비와 질량비를 혼동하거나 모형에 주어진 원자 표시를 분자의 개념으로 잘못 생각하여 반응 전후에 분자의 종류와 수가 변하지 않는다고 혼동하는 경우가 있음을 알 수 있다. 이 문항의 오답을 정답으로 생각한 예비 과학 교사들은 주어진 반응 모형의 본질적 의미를 생각하지 않고 눈에 보이는 수준에서 모형을 단순하게 생각하였거나 분자를 물질의 특성을 나타내는 입자로서의 의미 대신에 단순한 입자로서의 의미를 받아들이고 있었다. 그리고 이 문항을 해결하기 위해 필요한 중학교 수준의 지식을 제시하라는 질문에 대한 응답은 다음과 같다.

- 질량 보존의 법칙과 아보가드로의 법칙. (16명/20명)
- 기체는 일정 온도와 압력에서 부피비가 일정하다. (4명/20명)

예비 과학 교사들은 이 문항을 해결하기 위해 질량보존의 법칙이나 아보가드로의 법칙의 의미를 알아야 한다고 제안하고 있다. 중학생 수준에서 ①번이 오답임을 알기 위해서는 각 물질의 분자는 원자들이 모여 질량 등의 독

9. 표는 구리가루를 가열하여 산화구리(II)가 생성될 때 구리와 산화구리(II)의 질량 관계를 나타낸 것이다.

구리(g)	1	2	3	4	5
산화구리(II)(g)	1.25	2.50	3.75	5.00	6.25

이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 산화구리(II) 10 g을 얻으려면 구리 8 g을 연소시켜야 한다.
- ② 산화구리(II)를 구성하는 구리와 산소의 질량비는 일정하다.
- ③ 산화구리(II)에 들어있는 산소의 질량은 구리의 질량보다 더 크다.
- ④ 구리의 질량이 증가하면 생성되는 산화구리(II)의 질량도 증가한다.
- ⑤ 구리 6 g을 산소와 모두 반응시키면 7.50 g의 산화구리(II)가 생성된다.

Fig. 9. The Example Item of Rules of Matter Change.

특한 성질을 띠는 분자로 존재한다는 것임을 아는 것이 핵심이지 반응 전후의 각 물질의 질량비는 일정하다는 정의를 기억하는 수준에서는 해결하기 어렵다. 그리고 ⑤번을 정답으로 알기 위해서는 주어진 모형의 상자가 단위 부피를 의미하여 상자 안의 입자 묶음이 분자임을 아는 것이 필요하며, 아보가드로의 법칙의 의미를 아는 수준에서는 해결하기 어렵다. 즉, 예비 과학 교사들은 이 문항 해결과 관련된 법칙을 나열할 수는 있으나 각 보기의 진위를 판단하기 위해 필요한 법칙 중 어떤 원리를 적용할지 정확히 제시하지 못하였다.

이 문항 분석을 통해 예비 과학 교사들 중 일부는 중학교 3학년 수준에서 본질적으로 알아야 할 분자의 의미에 대한 접근 없이 문항을 피상적으로 접근하거나 필요한 공식을 정의 수준에서 도입하려는 경향이 있음을 알 수 있다.

Fig. 9는 제7차 교육과정의 9학년 물질 변화의 규칙성 단원에 해당하는 문항으로 간단한 화학 반응 실험(산화구리(II)의 생성)을 통하여 화합물의 성분비가 일정함을 이해하고 있는지 묻고 있다. 이 문항을 해결하기 위해서는 구리가루를 가열하여 산화구리(II)가 생성될 때 구리와 산화구리의 질량관계를 나타낸 결과를 보고 화합물의 성분비가 일정함을 질량관계로 설명할 수 있어야 한다. 이 문항의 오답 중 중학생의 반응률이 가장 높은 것은 ④번으로 구리의 양이 증가함에 따라 산화구리의 양도 증가한다는 사실을 모르거나 주어진 자료를 해석하지 못하는 학생이 많음을 알 수 있다. 또한 예비 과학 교사의 반응률이 가장 높은 것은 ①번인데, 중학생들도 두 번째로 많은 반응을 보였다. 오답 ①번을 정답으로 선택한 예비 과학 교사들의 선택 이유는 다음과 같으며, 괄호의 수는 해당 이유를 제시한 인원 수이다.

- 산화구리가 1.25g씩 늘어나는 것은 알았으나, 계산을 잘못하여 1번을 정답으로 택했다. (2명/2명)

예비 과학 교사들의 답변에 근거하면 연소과정에서 성분비가 일정하게 증가하는 것은 알고있으나, 계산 착오로

인하여 오답을 택하였다고 하였다. 하지만 이 문항은 주어진 자료를 해석하여 해결이 가능하기도 하지만 화합물을 구성하는 성분 원소의 비율이 일정하다는 일정성분비의 법칙을 알고 있다면 각 답지의 진위 여부를 쉽게 판단할 수 있다. 따라서 이 문항의 오답을 정답으로 생각한 예비 과학 교사들은 일정성분비의 법칙을 문항에 이용하지 못하고 있음을 알 수 있다. 그리고 이 문항을 해결하기 위해 필요한 중학교 수준의 지식을 제시하라는 질문에 대한 응답은 다음과 같다.

- 일정성분비의 법칙 (10명/20명)
- 산화에 따른 질량 변화 (10명/20명)

예비 과학 교사들은 이 문항을 해결하기 위해 구리의 산화에 따른 질량 변화와 일정성분비의 법칙을 알아야 한다고 제안하고 있다. 중학생 수준에서 ①번이 오답임을 알기 위해서는 일정한 비율로 산화구리가 증가하므로 5g의 산화구리가 생성되는데 필요한 구리의 양이 4g 이므로 10g의 산화구리가 생성되는데 필요한 구리의 양은 8g임을 알아야 한다. 그러나 이 문항은 일정성분비의 법칙의 정의를 몰라도 표에서 산화구리를 구성하는 구리와 산소의 질량비가 일정하다는 것을 알면 해결할 수 있다. 또한 ③번이 정답임을 알기 위해서는 산화구리는 구리와 산소만으로 구성되어 있으며, 주어진 산화구리의 질량에서 구리의 질량을 빼어 비교만 할 수 있으면 된다. 즉, 예비 과학 교사들은 이 문항을 해결하기 위해 필요한 법칙과 법칙의 정의는 알고 있으나 그 법칙의 의미를 이 문항에 어떻게 활용해야 할지를 정확히 제시하지 못했다.

**배경변인(고등학교 당시 수능의 과학탐구 영역 선택 과목)에 따른 문항별 정답률**

Table 3은 대학수학능력시험의 과학탐구 영역 선택 과

목에 따른 문항별 정답률이다. 화학1만 선택한 경우는 전체 정답률이 88.9%, 화학2만 선택한 경우도 88.9%, 화학1, 2를 모두 선택한 경우의 정답률은 86.4%였다. 수능 과학탐구 화학1, 화학2의 선택 유무에 따라 전체 정답률에는 큰 차이가 보이지 않았으며 1번 문항과 6번 문항의 경우는 오히려 화학1만 선택한 경우의 정답률이 높았다. 이는 대학수학능력시험의 과학탐구 선택과목으로 화학1이나 화학2를 선택하여 공부한 것이 예비 과학 교사들의 정답률이 큰 영향을 주지 않음을 알 수 있다. 예비 과학 교사들이 오답을 택하게 된 원인이 본인이 수능 과학탐구 과목 선택과 어떠한 관련이 있는지에 대한 질문에 예비 과학 교사들의 응답은 다음과 같다.

- 중학교 과정의 내용만으로 풀어야 하는데, 화학1과 화학2에 나오는 심화 개념을 먼저 떠올려서 복잡하게 생각하게 되었다. (2명/20명)
- 수능 선택 과목으로 화학을 선택하지 않아서, 화학에 대한 기본 개념이 부족한 상태이고, 중학교 때 배운 과학 내용은 그 당시에 문제를 푸는데만 신경쓰고, 단순 암기로 문제를 풀다보니 개념이 잘 정립되지 못했다. (6명/20명)
- 화학을 선택은 했지만, 중학교 때 이론적인 개념을 제대로 익히지 못하고, 고등학교에 들어와서 선택 과목을 택하여 수능을 보다보니, 기본적인 내용을 오히려 등한시하고 넘어가는 경향이 있다. (9명/20명)
- 기억나는 대로 풀어서 크게 관련이 없다고 생각한다. (3명/20명)

**결론 및 제언**

본 연구는 예비 과학 교사들을 대상으로 중학교 교육과정 수준의 화학 개념에 대한 오개념을 가지고 있는지, 그

**Table 3.** Comparison of the Percentage of Correct Answer between Pre-service Teachers According to electives of CSAT(College Scholastic Ability Test)

No	Unit	Percentage of Correct Answer			
		Totality	Electives 1	Electives 2	Electives 3
1	Three States of Matter	95.5	100.0	75.0	94.4
2		88.6	90.5	100.0	83.3
3	Characteristics of Matter	95.5	100.0	100.0	88.9
4		93.2	90.5	100.0	94.4
5	Separation of Mixture	84.1	90.5	100.0	72.2
6		90.9	95.2	75.0	88.9
7	Construction of Matter	59.1	52.4	50.0	66.7
8		90.9	85.7	100.0	94.4
9	Rules of Matter Change	95.5	95.2	100.0	94.4
Percentage of Average		88.1	88.9	88.9	86.4

\*Electives 1=selecting only Chemistry 1, Electives 2=selecting only Chemistry 2, Electives 3=selecting both Chemistry 1 & Chemistry 2

리고 오개념을 가지고 있다면 그 이유는 무엇인지 알아보기 위하여 국가수준 학업성취도 평가에서 공개된 중학교 대상의 일부 문항을 활용하여 구성된 설문을 사범대학 과학교육과에 재학 중인 예비 과학 교사들을 대상으로 실시하였다. 본 연구를 통하여 알 수 있었던 점은 다음과 같다.

첫째, 예비 과학 교사들의 각 문항별 오답 반응에 대한 분석을 통하여 일부 예비 과학 교사들에게 나타난 특징을 단원별로 알 수 있었다.

물질의 세 가지 상태 단원의 문항 분석을 통하여, 물질의 세 가지 상태와 상태 변화에 대한 일반적 정의는 잘 알고 있으나, 개념이 적용되는 현상을 개념의 본질적 의미로 해석하지 못하고 눈에 보이는 현상적 수준에서 개념을 이해하려는 경향이 있었다. 그리고 액체가 기체로 상태 변화할 때 분자에 대한 기초적인 이해 없이 문항에 주어진 현상을 자신의 생각에 맞춰 문장을 자의적으로 해석하려는 경향과 함께 문제 해결에 필요한 개념을 적절히 제시하지 못했다.

물질의 특성 단원의 문항 분석을 통하여, 녹는점에서 상태 변화가 일어난다는 과학적 개념이나 상태 변화와 에너지 출입에 관련된 내용을 지식적으로는 알고 있지만 고체를 가열하면 액체가 되는 일상생활의 경험으로 인해 녹는점 이전에도 가열만하면 고체와 액체가 공존한다고 오해하는 경향이 있었으며, 주어진 문항을 해결하기 위해 어떤 수준의 지식이 필요한지 정확히 제시하지 못하였다. 그리고 용해도와 관련된 문제 해결에 필요한 개념을 알고 있으나 용해도를 용매인 물의 양에 관계없이 용질의 질량만으로 판단하거나 문제 해결을 위해 개념을 구체적으로 어떻게 활용해야할지 정확히 제시하지 못했다.

혼합물의 분리 단원의 문항 분석을 통하여, 용해도의 의미와 주어진 용질의 질량 관계에 관해 정확한 이해가 부족하여 온도차에 따른 용해도를 이용하여 석출되는 용질의 종류와 양을 잘 구하지 못하며, 문제 해결에 직접적으로 필요한 개념이 무엇인지 제시하지 못하는 경향이 있었다. 그리고 순물질과 혼합물, 균일 혼합물과 불균일 혼합물의 구분 방식은 익숙하나 물질의 구분 방식에 해당하는 예시를 연결 짓지 못하고 있으며, 물질 구분 방식의 본질적인 이해보다는 대표적인 예시를 기억하여 물질 구분에 관한 내용을 학습하려고 하였다. 또한 혼합물의 분리에 관한 기본 개념은 알고 있지만 관련 실험 기구의 정확한 용도를 모르거나 실험 과정과 물질의 특성을 정확히 연결지어 이해하지 못했다.

물질의 구성 단원의 문항 분석을 통하여, 화학 반응 전후를 나타낸 모형을 이해하기 위해 관련된 법칙을 나열할 수는 있으나 분자의 의미에 대한 이해가 부족하여 각

법칙을 어떻게 적용할지 정확히 제시하지 못하였으며, 주어진 분자 모형의 본질적 의미를 고려하지 않고 눈에 보이는 수준에서 모형을 피상적으로 접근하거나 필요한 공식의 정의를 수준에서 도입하려고 하였다.

물질 변화의 규칙성 단원의 문항 분석을 통하여, 일정 성분비의 법칙에 대한 이해를 묻는 간단한 화학반응이 주어졌을 때, 문제 해결에 필요한 법칙의 종류와 법칙의 정의는 알고 있으나 자료 해석 내용과 개념을 연계하여 이해하거나, 법칙의 의미를 문제 해결을 위해 어떻게 활용해야 할지를 정확히 제시하지 못했다.

본 연구에 비록 많은 수의 문항을 이용하지 못했지만 중학교 교육과정에 해당하는 각 단원별 문항에 대한 예비 과학 교사들의 반응을 통하여 문제를 해결하지 못하는 경우 주어진 결과를 눈에 보이는 현상적 수준에서 해석하거나 일상생활의 경험에 근거하여 해석하거나 주어진 현상을 자의적으로 해석하려는 경향이 있음을 알 수 있었다.

둘째, 설문에 사용한 문항이 모두 중학교 교육과정 수준이었음에도 불구하고 정답률이 90.0% 미만의 문항이 존재하였다. 7학년 물질의 세 가지 상태 단원에서 1문항, 8학년 혼합물의 분리 단원에서 2문항이었다. 예비 과학 교사의 정답률이 낮았던 문항 분석을 통해, 예비 과학 교사들 중 일부는 분자에 대한 기초적인 이해 없이 문항에 주어진 현상을 자의적으로 해석하려는 경향, 개념에 대한 정확한 이해가 부족하여 제시된 자료에 개념을 적용하지 못하여 문제 해결의 어려움, 혼합물의 분리에 관한 개념을 가지고 있지만 관련 실험 과정과 물질의 특성을 정확히 연결지어 이해하지 못하는 경향 등이 발견되었다. 이 분석에서 나타난 특징들은 문제 해결을 위해 필요한 특정 개념에 대한 충분한 이해가 부족하여 주어진 현상에 대한 자의적 해석, 적용의 어려움, 타 개념과의 연계가 어렵다는 점이다. 이는 문제 해결에 필요한 개념의 본질적 의미를 이해하지 못하거나 개념이나 용어의 의미를 정의 수준에서 기억하기 때문이라고 연구 대상자들은 답하고 있었다. 연구 대상자들에 의하면 그런 문제 풀이 방식을 취한 근본적인 이유를 중고등학교 학창시절부터 개념에 대한 본질적 이해를 하기 전에 단순한 계산이나 용어 수준의 기억에 의존하는 학습 습관을 가지게 된 것을 중요한 이유로 들고 있었다. 또한 특히 낮은 정답률을 보인 실험과 관련된 문항은 중고등학교 학창 시절 때 실험 수업에 대한 부족한 경험도 영향을 주었을 수 있다. 이러한 결과는 우리나라 교육이 상급학교 진학에 맞춰져있는 것과 관련이 있을 것이다. 높은 성적만을 중요한 목적으로 여겨, 기본 개념에 대한 충실한 이해보다는 단순 암기나 계산을 이용하여 문제 풀이에만 전념하려는 학습 풍토가

영향 준 것으로 보이는데 이 부분에 대하여 좀 더 심층적인 연구를 수행할 필요가 있다.

셋째, 대입을 위해 고등학교에서 심화 과목으로 화학 과목의 선택 유무에 따라 예비 과학 교사들의 정답률에 큰 차이를 보이지 않았다. 일반적으로 고등학교 당시 심화 과정으로 선택한 과목이 대학에서의 성취도에 영향을 준다고 알려져 있지만 본 연구의 결과는 그렇지 않았다. 그 이유에 대한 심층 질문에 대한 분석 결과 수능 선택 과목으로 화학을 선택을 하였더라도 중학교 당시부터 개념의 본질적 이해를 위한 노력보다는 문제 풀이 위주의 학습 습관이 몸에 배어 고등학교에서 대입 수능 준비를 위한 학습에서도 고쳐지지 않았다는 것이다. 이처럼 고등학교 때 대입 수능 시험의 심화 선택 과목으로 화학을 선택한 것과 상관없이 중학교 당시부터 개념의 본질적 이해를 하지 않고 넘어가는 학습 습관 때문에 기억 위주의 학습을 하게 되고 고등학교에서도 개념의 어려움, 시간 부족 등으로 인해 시간을 투자하거나 개념의 본질적 이해를 하기보다는 중학교 당시부터 유지해오던 계산과 기억 위주의 학습 전략을 유지한 것으로 보인다. 이러한 학습 습관은 사범대학에 진학한 시점에도 영향을 주어 중학교 교육과정에 해당하는 문항에 대한 해결을 어렵게 만들게 한 것으로 보인다. 또한 이러한 접근은 예비 과학 교사 본인의 오개념 형성에 영향을 주어 장차 교사가 된 후 학생들의 오개념 형성에도 영향을 줄 수 있기 때문에 문제 해결을 위한 접근 방식에 대한 개선 노력이 필요할 것이다.

개인의 선행 경험에 의해 형성된 오개념은 과학 학습으로 쉽게 수정되기 어렵다<sup>1</sup>. 본 연구의 결과에서 예비 과학 교사들의 정답률이 비록 중학생보다 높지만 중학교 당시의 학습습관이 고등학교를 거쳐 대학생이 되어도 개념 이해에 영향을 줄 수 있음을 알았다. 추후 예비 과학 교사들의 학습 습관이 대학에서의 심화 전공 학습 과정 중에 긍정적으로 바뀔 수 있도록 사범대학 교육과정에 대한

고찰이 필요하며, 중고등학교 학생들이 올바른 과학적 개념을 받아들일 수 있기 위한 학습 습관에 대한 고찰도 필요하다. 그리고 무엇보다 시험 성적 위주의 학습 풍토에서 벗어나 과학 교육에서 지향하는 올바른 목표에 부합하는 교수학습 풍토가 정착되기를 희망한다.

## REFERENCES

1. Ausubel, D. *Educational psychology*; Holt, Rinehart & Winston: New York, U. S. A., 1968.
2. Park, J. A.; Han, S. J.; Noh, T. H. *J. Korea Assoc. Sci. Edu.* **2010**, *30*(1), 42.
3. Park, K. Y.; Kim, Y. M. *J. Korea Assoc. Sci. Edu.* **2009**, *29*(8), 910.
4. Oh, W. K.; Kim, J. W. *Sae Mulli* **2006**, *52*(6), 512.
5. Koo, S. A.; Chae, H. K. *J. Korea Assoc. Sci. Edu.* **2008**, *28*(5), 383.
6. Park, J. H.; Kim, D. U.; Paik, S. H. *J. Korea Assoc. Sci. Edu.* **2006**, *26*(2), 279.
7. Yoon, H. S.; Jeong, D. H. *J. Korea Assoc. Sci. Edu.* **2006**, *26*(7), 805.
8. Kim, Y. M.; Ree, J. B.; Lee, S. K. *Research of Curriculum Instruction* **2007**, *11*(1), 295.
9. Han, S.; P, Y.; P, J.; N, T. *Journal of the Korean Chemical Society.* **2010**, *54*(1), 142.
10. Lee, B. K.; Chang, S. C. *The Journal of Curriculum studies* **2008**, *26*(2), 191.
11. Han, Y. H.; Heo, Y. H.; Paik, S. H. *J. Korea Assoc. Sci. Edu.* **2008**, *28*(1), 15.
12. Jeong, E. Y.; Choi, W. H.; Lee, I. H.; Kim, M. Y.; Shin, S. J.; Kim, J. K.; Choi, I. B.; Kim, H. K.; Kim, S. Y.; Yu, J. E. *Korea Institute for Curriculum & Evaluation*, **2009**, RRE 2009-9-4.
13. Choi, W. H.; Lee, I. H.; Lee, C. H.; Jeong, E. Y.; Park, J. K.; Shin, M. K.; Kim, J. K. *Korea Institute for Curriculum & Evaluation*, **2010**, RRE 2010-6-5.