

국가수준 학업성취도 평가에서 중학생의 성취수준별 특징 분석: 화학 영역을 중심으로

최 원 호*

국립순천대학교 화학교육과
(접수 2012. 10. 14; 게재확정 2012. 12. 21)

Analysis of Middle School Student's Characteristics of Each Educational Achievement Level in the National Assessment of Educational Achievement: Focused on Chemistry

Won-Ho Choi*

Department of Chemical Education, Suncheon National University, Suncheon, Jeollanam-do 540-950, Korea.

*E-mail: stensil@sunchon.ac.kr

(Received October 14, 2012; Accepted December 21, 2012)

요 약. 우리나라 중학교 3학년 학생들을 대상으로 실시한 2009, 2010년 국가수준 학업성취도 평가 결과를 이용하여 학생들의 성취수준별 특징을 조사하였다. 성취수준별 대표 문항 분석을 통하여 다음과 같은 내용을 알았다. 우수학력 학생들은 현상의 변화를 물질의 특징과 모형을 함께 이용하여 설명할 수 있고, 보통학력 학생들은 단순한 상황에 한정하여 모형을 활용하여 현상을 설명할 수 있으며, 기초학력 학생들은 모형의 의미를 이해하지 못하여 물질 현상을 모형을 이용하여 설명하지 못했다.

주제어: 성취수준, 우수학력, 보통학력, 기초학력

ABSTRACT. We investigated student's characteristics in each educational achievement level using the results of the NAEA (National Assessment of Educational Achievement) in 2009 and 2010 for Grade 9 students. The analysis of representative items of each educational achievement level revealed that (a) advanced level students could explain the change in phenomena with both the characteristics of matter and the model, (b) proficient level students could explain only simple phenomena with the model, and (c) basic level students did not understand the model and were therefore unable to use it to explain phenomena.

Key words: Educational achievement level, Advanced level, Proficient level, Basic level

서 론

미래 사회는 지식을 기반으로 한 창의성과 문제해결력이 매우 중요한 시민의 소양이 될 것이다. 이를 반영하여 2007년 개정 교육과정¹과 2009 개정 교육과정²이 발표되었고, 현 정부도 기존의 평준화 정책을 유지하면서도 다양하고 빠르게 변하는 사회 환경에 적응할 수 있도록 다양화, 자율화를 강조하는 방향으로 학교 정책을 전환하고 있다. 정부의 이러한 방침을 개인적 차원으로 확대하기 위해 교육과학기술부는 2007년까지 표집으로 시행하던 국가수준 학업성취도 평가를 2008년부터 전수 평가 체제로 전환하여 국가가 개별 학생들의 학력을 책임지는 제도적 장치를 마련하였고,^{3,4} 교육과학기술부는 2010년 국가수준 학업성취도 평가 결과로 보통, 기초, 기초미달 수준의 학생 비율을 학교 홈페이지에 공개하는 정책을 발

표하면서 학생들의 수준별 교육에 대한 학교 책무성과 함께 학생 개인의 기초 학력 보장에 대한 책무성을 강조하는 교육 정책을 추진해오고 있다.

제7차 교육과정에서는 시도 교육청과 지역 교육청 등에서 지역 수준의 교육 과정 편성, 운영 지침과 장학 자료를 작성, 제시할 수 있는 근거가 마련됨으로써, 지역의 특수성에 따른 교육 과정의 다양한 운영이 가능하였지만,⁵ 과학과의 수준별 교육과정의 운영은 이에 대한 현장 교사들과 학부모들의 이해 부족, 심화보충형 수준별 과학과 교육과정을 운영하기에 부족한 수업 시수, 심화보충 대상자 선정을 위한 타당한 평가 도구의 부재 등의 여러 문제점으로 인해 제대로 운영되지 못하였다.⁶ 수준별 교육과정은 2007 개정 교육과정에서 그 명칭이 사라지고 '학습 내용, 학생 수준, 실험 여건, 지도 시간 등을 고려하여 적절한 학습 방법'으로 학습 지도계획을 세우고 '학생들의

능력과 흥미 등 개인차를 고려하여 지도' 하도록 하는 등 수준별 수업의 형태로 학교 자율적으로 학생들의 수준과 능력에 맞추어 수업이 가능하도록 하였다.¹ 또한 2009 개정 교육과정의 교수학습 방법에서도 '학생의 적성, 학교와 지역 사회의 특성 등을 고려하여 내용을 재구성하거나 다양한 학습 방법을 활용하여 지도' 할 수 있도록 하는 등 학생들의 수준을 고려하여 수준별 수업이 가능하도록 하였다.²

수준별 교육 및 수업에 관한 선행 연구에 의하면, 우선 수준별 집단 편성과 특별보충 과정 이수에 대한 평가가 체계적으로 이뤄지지 않고 있어⁷ 수준별 수업에 대한 반성과 개선의 기회가 주어지지 않고 있다. 그리고 수준별 수업의 분반 준거로 정기 고사 결과를 주로 활용하고 있는데⁸, 학교 정기 고사는 주로 상대적 서열 도출을 목적으로 하는 규준지향 평가의 형태를 취하고 있어 수준별 수업을 위해 학생들이 해당 교과목의 특정 성취기준에 얼마나 도달하고 있는지 판단하거나 학생들의 수준을 이해하는 데는 불충분하다⁹. 학교 현장에서는 수준별 학습에 대한 체계적 평가^{7,10}와 수준별 수업에 참여하는 학생들의 특성을 고려한 교재 개발¹¹의 필요성이 제안되고 있지만 수준별 수업에 대한 분석과 연구가 충분하지 못한 실정이다. 최근 초등학교 수학 과목에서 우수학력과 기초학력 미달 학생들의 특징을 분석한 연구¹²에서 성취수준별 능력 차이에 대하여 제시하고 있지만 학교 현장에서 수준별 분반이나 교수학습 및 평가 자료를 구성하는 데 도움될 기준을 제시하지는 못하고 있다.

학생들의 성취수준별 특징에 관하여 초등학교 수학 과목에서 성취수준별 능력을 조사하여 제시한 연구¹³가 있지만 과학과에 대한 연구는 거의 없다. 과학과의 교육과정은 초등학교부터 중학교를 거쳐 고등학교까지 특정 개념이 그 폭과 범위를 달리하면서 쉬운 정도에서 어려운 정도로 위계적으로 구성되어 있다. 따라서 초등학교나 중학교에서 하위 개념의 이해가 부족할 경우 고등학교에서 상위 개념을 연속적으로 이해하는데 어려움을 겪을 수 있다. 이러한 과학 과목의 특성에도 불구하고 과학 과목에서 학생들의 성취수준별 이해 수준 등의 특징에 관한 연구가 부족하여 수준별 분반이나 수업에 대한 학교 현장의 요구를 충족시켜주지 못하고 있는 상황이다.

성취수준에 대한 고찰

성취수준에 대하여 정의하기 전에 먼저 성취기준과 평가기준의 정의에 대하여 알아보겠다. 성취기준에 대한 정의로 각 과목별 교수학습 활동에서 실질적인 기준 역할을 할 수 있도록 현행 국가수준의 교육과정을 구체화하여

학생들이 성취해야 할 능력 또는 특성의 형태로 진술^{14,15}한 것으로 국가수준 학업성취도 평가에서 측정할 근거가 된다.

평가기준은 과목별 평가 활동에서 실질적인 기준 역할을 할 수 있도록 각 평가 영역에 대하여 학생들이 성취한 정도를 몇 개의 수준으로 나누어 각 수준에서 기대되는 성취 정도를 구체적으로 진술한 것으로 정의^{14, 15}한다. 이 정의에 근거하여 평가기준을 평가 문항의 수준을 구분하기 위한 기준으로 삼기도¹⁶ 하였다.

성취수준에 대하여 국가수준 학업성취도 평가에서 해당 학년 혹은 각 교과 그리고 해당 평가 영역별로 학생들이 성취기준을 어느 정도 성취하였는가를 보고하기 위하여 학생들의 교육목표 도달 정도를 구분하여 진술한 것으로 정의한다. 따라서 성취기준은 '평가도구 개발의 준거', 평가기준은 '평가 도구의 수준 구분의 기준', 성취수준은 '교육 목표의 도달 정도를 보고하기 위한 기준'으로서 기능하면서 상호 유기적인 관계를 가진다.¹⁶

국가수준 학업성취도 과학과 평가에서 구분한 4가지 성취수준의 의미를 제시한 연구¹⁶에서는 우수학력은 보통학력에 해당하는 것을 성취하는 동시에 심화발전된 내용을 추가적으로 성취한 수준으로, 지식 영역에서는 과학의 사실, 개념, 원리, 이론, 법칙 등을 체계적으로 이해하고 실생활 예를 들어서 설명할 수 있는 정도로 설정하였다. 보통학력은 해당 학년에서 보통의 학생들이 일반적으로 성취하기를 기대하는 수준으로, 기초학력에 해당하는 것을 포함하여 정상적인 교수학습 활동을 통해 보통의 학생들이 성취할 것이라고 기대하는 일반적인 내용을 성취한 수준으로 설정하였다. 기초학력은 정상적인 교수학습 활동을 통해 해당 학년의 모든 학생들이 반드시 성취하기를 기대하는 최소 필수 목표를 성취한 수준으로, 해당 학년의 학생들이 알아야 할 과학의 기본 개념을 알고 있는 정도로 설정하였다. 기초학력 미달은 정상적인 교수학습 활동을 통해 해당 학년의 모든 학생들이 반드시 성취하기를 기대하는 최소 필수 목표를 성취하지 못한 수준으로 설정하였다.

최근까지 실시된 국가수준 학업성취도 평가^{17,18}에서는 기존 연구¹⁶의 정의와 유사하게 우수학력은 평가 대상 학년급 학생들이 성취하기를 기대하는 기본 내용을 대부분 이해한 수준으로, 보통학력은 평가 대상 학년급 학생들이 성취하기를 기대하는 기본 내용을 상당부분 이해한 수준으로, 기초학력은 평가 대상 학년급 학생들이 성취하기를 기대하는 기본 내용을 부분적으로 이해한 수준으로 규정하고 있다. 본 연구에서 사용한 중학교 3학년 대상의 국가수준 학업성취도 평가의 과학에서 성취수준별 비율은 2009년의 경우 우수학력 19.7%, 보통학력 39.2%, 기초학

력 33.4%, 기초학력 미달 7.7%이었다.¹⁷ 2010년의 경우 우수학력 19.9%, 보통학력 36.9%, 기초학력 35.0%, 기초학력 미달 8.1%이었다.¹⁸

수준별 수업의 목적은 다양한 수준과 능력을 가진 학생들에게 각 학생들의 수준에 맞는 맞춤형 교육을 하는 것이다.⁹ 선행 연구¹⁶⁻¹⁸에서는 각 성취수준별 의미를 제시하고 있으나 학교 현장에서 수준별 수업이나 평가를 하기 위해 필요한 성취수준별 특징이나 각 성취수준에 속한 학생들의 능력에 관한 정보를 구체적으로 제시하지 못하고 있다. 본 연구에서는 성취수준별 정답률이 공개된 국가수준 학업성취도 중학교 3학년 평가 결과를 활용하여 화학이라는 학문을 구성하는 지식의 구조에서 학생들이 성취수준별로 어떤 능력을 가지고 있는지 알아보고자 하였다. 이 연구 결과는 학교 현장에서 성취 수준별로 학생들의 능력을 이해하고 수준별 수업을 설계하는 데 도움을 제공할 것이다.

연구 방법

분석 대상 문항의 선정

국가수준 학업성취도 평가는 국가 수준에서 학교 교육의 질을 점검하고 개선하기 위해 한국교육과정평가원에서 매년 실시하는 준거참조평가로, 구성 문항은 단원별, 행동영역별, 성취수준별로 골고루 출제되고 있다. 국가수준 학업성취도 평가 문항과 정답률은 매년 공개되고 있지만 본 연구에서는 성취수준별 정답률이 공개된 2009, 2010년 국가수준 학업성취도 평가 결과^{17,18}에서 중학교 화학 문항을 대상으로 하였으며, 단원별로 출제된 분석 대상 문항 수는 Table 1과 같다.

분석 대상 문항의 중영역별 재분류

본 연구는 중영역¹⁹을 이용하여 국가수준 학업성취도 평가 과학과 문항을 분석하였다. 선행 연구¹⁹에서 제안한 중영역은 교육과정이나 성취기준의 변화에 상관없이 연

도별 성취도 평가 결과 비교의 동등성을 확보하기 위해 제안한 기준인데, 연도별로 다른 단원에서 출제된 문항의 분석 시 공통된 기준을 제공한다라는 장점이 있기 때문에²⁰ 성취수준별로 문항을 분석하기 전에 중영역과 중영역을 구성하는 성취기준을 이용하여 분석 대상 문항을 재분류하였다. 기존 연구¹⁹에서 제안한 중영역은 물질의 상태와 상태 변화, 물질의 구조, 물질의 특성과 혼합물의 분리, 화학 반응 등 총 4개인데, 중학교 대상의 성취도 평가의 특성상 화학 반응 중영역에 해당하는 문항은 없었다. 문항 재분류 시 각 문항이 대표하는 성취수준이 있을 경우 해당 성취 수준에 문항 번호를 표시하였다. 성취수준의 대표 문항²⁰에 대한 의미와 기준은 국가수준 학업성취도 평가 연구¹⁸에서 정하고 있는 의미와 기준을 이용하였으며, 재분류된 문항 번호를 각 성취수준별 평균 정답률과 대표 문항이 속한 성취수준을 함께 표시하여 Table 2에 제시하였다.

성취기준별로 성취수준별 특징 도출

먼저 대표 문항이 속한 성취수준의 특징을 도출하기 위하여 분석 대상 문항을 구성하는 보기의 진위를 판단하거나 서답형의 답을 서술하기 위해 필요한 능력을 그 문항의 출제 의도와 문항 구성 내용을 참고하여 기술하였으며, 이 능력을 대표 문항이 속한 성취수준의 특징으로 가정하였다. 그리고 대표 문항이 속한 성취수준의 하위 성취수준에서는 해당 문항의 성취기준에 해당하는 능력이 부족하다고 가정하고 그 문항을 해결하지 못하는 이유를 추론하기 위해 반응률이 가장 높은 오답의 특징을 분석하였다. 또한 문항 분석에 사용한 자료는 국가수준 학업성취도 평가 연구^{17,18}에 공개된 자료를 이용하였다.

중영역별로 성취수준별 특징 도출

성취수준별 분석을 마친 후 동일한 중영역을 구성하는 문항의 특징을 성취수준별로 통합 진술하였다.

연구의 제한점

본 연구에서 설정한 성취수준별 학생들의 능력은 전국 수준에서 도출한 성취수준 비율^{17,18}에 근거하여 전국 평균의 성격을 가지며, 성취수준별 대표 문항의 선정 시 각

Table 1. The number of target items to analyze

Large Region	Unit	Year	
		2009	2010
Matter	7* three State of Matter	2	-
	7 Motion of Molecule	1	2
	7 State Change and Energy	1	1
	8 Characteristics of Matter	2	2
	8 Separation of Mixture	1	2
	9 Composition of Matter	1	3
	9 Regularity in Matter Change	2	-

*Number means grade level

²⁰각 성취수준의 대표문항을 그 성취수준에 속하는 학생들의 문항 정답률이 70% 이상이고 그 아래 성취수준에 속하는 학생의 문항 정답률이 70%미만일 경우에 해당하는 문항으로 규정하고 있으며, 그 성취수준에 속하는 대부분의 학생들이 해당 문항을 해결할 수 있다는 의미로 대표문항이라는 표현을 사용한다. 예를 들어, 특정 문항에 대하여 우수학력에 속하는 학생들의 평균 정답률이 75%이고 보통학력에 속하는 학생들의 평균 정답률이 50% 일 경우 그 문항을 우수학력 대표문항으로 분류한다.

Table 2. Reclassified items in each achievement level

Large Region	Middle Region	Achievement Criteria	Year-Item Number	Rates of right Response(%)			
				Advanced	Proficient	Basic	
Matter	State of Matter and Change of State	To explain state change of matter with particle model	09_09	92.0*	60.9	24.7	
			09_10	79.9	62.9	33.3	
		To explain motion of molecule with particle model	09_11	98.1	90.3	60.9	
			10_09	97.7	87.6	50.8	
			10_16	98.3	94.4	72.4	
		To explain state change of matter with thermal energy	09_d3**	91.2	64.8	21.6	
			10_d3	81.0	50.3	16.5	
		Structure of Matter	To know that matter consists of elements	10_d4	96.8	84.1	44.4
				To explain and differentiate between pure substance and mixture, simple substance and compound	10_10	76.0	48.6
			To express compound		09_15	93.9	80.0
	09_d4			96.0	81.6	46.1	
	To understand the characteristics of matter		10_11	98.7	93.7	68.0	
			10_15	94.4	74.9	36.2	
	Characteristics of Matter and Separation of Mixture		To understand the characteristics of matter	09_13	92.0	52.5	20.8
				10_13	93.1	67.8	40.1
			To separate mixture with the use of characteristics of matter	09_12	96.7	75.3	36.6
				10_12	97.8	90.2	58.5
		To separate mixture with the use of characteristics of matter	09_14	76.3	56.4	43.1	
			10_14	83.5	44.1	15.2	

*grey colour means achievement level of representative item

**d means Descriptive Item

성취수준별 평균 정답률이 70% 이상인 문항을 선정하였으므로 특정 개인이 해당 성취수준에 속하여도 그 개인이 그 문항에 대하여 가지고 있는 능력과 일치하는 것은 아니다. 또한 문항 분석 시 평균 정답률, 성취수준별 정답률에 근거하여 학생들의 반응 원인을 추론한 것이며, 문항별 학생들의 반응 원인에 대한 구체적인 연구가 진행되어야 할 것이다.

연구 결과

‘물질의 상태와 상태 변화’ 중영역의 성취수준별 특징

- 물질의 상태 변화를 입자 모형으로 설명할 수 있다.

Fig. 1^{b)}은 2009년 9번 문항으로 우수학력 대표 문항이었다. 문항 구성의 특징을 통하여 우수학력 학생들은 흘러내린 찻농이 식어 굳는 현상을 응고라는 용어로, 안경을 낀 채 목욕탕에 들어갈 때 안경에 김이 서리는 현상을 액화라는 용어로, 아이스크림 포장 용기 속에 넣어둔 드라이아이스 크기가 점점 작아지는 현상을 승화라는 용어로 나타낼 수 있었다(우수학력의 92.0%). 반면 보통학력 학생들의 정답률은 60.9%이었으며, 가장 빈도가 높은 오

^{b)}이하 문항과 문항 정보는 국가수준 학업성취도 평가 보고서^{17,18}를 참고하기 바란다.

9. Examples are some state changes of matter occurring in everyday life.

<Examples>

(a) Wax dripping off in cold hardens

(b) When going into the bathroom wearing glasses, glasses become fogged

(c) The size of the dry ice placed in the ice cream box is getting smaller.

Which are right terms for state change (a)~(c)?

	(a)	(b)	(c)
①	liquefaction	sublimation	fusion
②	liquefaction	evaporation	fusion
③	coagulation	liquefaction	sublimation
④	coagulation	evaporation	sublimation
⑤	sublimation	liquefaction	coagulation

Detailed Achievement Criteria	To be able to find the example of state change in real life and to express it with scientific term					
Rates of Response (%)	Level of Achievement	①	②	③	④	⑤
	Advanced	0.0	0.2	92.0	7.7	0.0
	Proficient	0.5	1.4	60.9	37.0	0.1
	Basic	4.1	8.5	24.7	59.9	2.7
	Below Basic	12.5	19.2	18.9	37.2	11.9

Fig. 1. Example of Item and information of item.

답인 ④번의 반응률이 37.0%이었다. 이는 보기(가), (다)에 해당하는 상태 변화 용어는 찾고 있으나 보기(나)에 해당하는 상태 변화 용어를 찾지 못했기 때문이다. 보통학

력에 속하는 학생들 중 일부(보통학력의 37.0%)는 따뜻한 목욕탕에 들어갈 때 안경에 김이 생기는 현상을 기화로 말하고 있었다. 즉, 안경 표면에 생긴 김을 기체로 생각하고 있음을 알 수 있다. 이때 이러한 생각을 하는 이유를 알면 교수학습 과정을 통해 올바른 개념 변화를 유도하는데 도움이 될 수 있을 것이기 때문에 학생과의 면담 연구 등의 심층 분석을 추후 진행할 필요가 있다.

2009년 10번 문항은 우수학력 대표 문항으로 문항 구성의 특징을 통하여 우수학력 학생들은 아세톤 몇 방울을 떨어뜨리고 밀봉한 비닐 봉지가 뜨거운 물에서 부풀어 오르는 현상을 비닐 봉지가 아세톤의 성질을 갖는 아주 작은 알갱이인 분자로 채워진다는 것을 추리하여 설명할 수 있었다(우수학력의 79.9%). 반면 보통학력 학생들의 정답률은 62.9%이었으며 가장 빈도가 높은 오답을 중심으로 분석해보면, 보통학력 학생들 중 일부는 비닐 봉지가 부풀어 오르는 이유가 액체 아세톤이 늘어나기 때문(보통학력의 19.5%)이거나 아세톤 분자 수가 증가하기 때문(보통학력의 10.9%)이라고 오해하고 있었다. 이는 비닐 봉지가 부풀어 오르는 현상을 액체가 늘어난다는 연속적 물질관을 가지고 해석하거나 밀봉된 상황을 고려하지 않고 닫힌계 내 물질의 분자 수가 증가한다고 해석한 것인데, 모두 물질이 입자로 구성되어 있다는 입자론적 물질관을 이해하지 못하거나 부분적으로 이해하기 때문으로 짐작해볼 수 있다. 이 문항은 보통학력 대표 문항인 2009년 11번 문항과 달리 보통학력 대표 문항이 되지 못했는데, 보통학력 학생들이 입자론적 물질관을 지식적으로 가지고 있으나 익숙하지 못한 상황이나 직접 관찰 경험이 없는 상황에서는 연속적 물질관으로 현상을 설명하는 경향이 있는 것으로 해석할 수 있으며, 결국 보통학력 학생들이 입자론적 물질관에 의해 물질이 입자로서 이루어지고 닫힌계에서 입자수가 일정함을 이해한다고 보기는 어렵다.

• 분자의 운동을 입자 모형으로 설명할 수 있다.

2009년 11번 문항은 보통학력 대표 문항으로 문항 구성의 특징을 통하여 보통학력 학생들은 찌그러진 농구공에 뜨거운 물을 부어 주면 농구공이 팽팽해지는 현상을 농구공 안의 공기의 분자 운동이 활발해지기 때문이라고 해석할 수 있었다(보통학력의 90.3%). 반면 기초학력 학생들의 정답률은 60.9%이었으며 가장 빈도가 높은 오답을 중심으로 분석해보면, 기초학력 학생들 중 일부는 농구공 안의 공기 분자수가 증가(기초학력의 15.2%)하거나 공기 분자의 크기가 커진다고(기초학력의 13.0%) 오해하고 있으며, 이를 통해 기초학력 학생들은 물질이 일정한 크기의 입자로 구성되어 있음을 이해하지 못하고 있음을

짐작할 수 있다.

2010년 9번 문항은 보통학력 대표 문항으로 문항 구성의 특징을 통하여 보통학력 학생들은 기체에 힘을 가하는 추의 수, 기체의 압력과 부피를 나타낸 자료를 보고 추의 수를 이용하여 압력과 부피에서 비례 관계, 반비례 관계, 곱의 관계를 이해하고 있었다(보통학력의 87.6%). 반면 기초학력 학생들의 정답률은 50.8%이었으며 가장 빈도가 높은 오답을 중심으로 분석해보면, 기초학력 학생들 중 일부는 추의 수가 증가할수록 압력이 증가한다는 단순한 비례 관계를 파악하나 압력이 2배가 될 때 부피가 반이 되는 자료를 보고 부피가 2배로 된다고 해석하거나 압력과 부피의 곱이 일정한지 여부를 표의 자료를 이용하여 단순히 계산하는 과정을 수행하지 못하였다(기초학력의 16.9%). 이를 통해 기초학력 학생들은 두 변수의 관계를 나타낸 간단한 자료를 이용하여 반비례 관계 또는 곱하기와 같이 두 값을 간단하게 변형하여 관계를 알아내는 능력이 부족함을 알 수 있다.

2010년 16번 문항은 기초학력 대표 문항으로 문항 구성의 특징을 통하여 기초학력 학생들은 액체 물이 기체가 되는 현상과 기체가 액체인 물이 되는 현상이 함께 주어졌을 때 나뭇잎에 물방울이 맺히는 현상은 액체 물이 기체가 되는 다른 현상과 다름을 알고 있었다(기초학력의 72.4%). 반면 기초학력 미달 학생들의 정답률은 31.7%이었으며, 반응률이 높은 오답은 특별히 존재하지 않았다. 이 문항은 증발 현상에 대한 이해보다는 액체가 기체로 상태 변화하는 현상과 기체가 액체로 상태 변화하는 현상을 구분하는 능력을 묻고 있는데, 기초학력 미달 학생들 중에는 상태 변화의 방향성을 구분하는 능력이 부족함을 알 수 있다.

• 물질의 상태 변화를 열에너지와 관련지어 설명할 수 있다.

2009년 서답형 3번 문항은 우수학력 대표 문항으로 문항 구성의 특징을 통하여 우수학력 학생들은 물질의 상태를 입자 배열로 표현한 분자 모형에서 분자 운동이 활발해지는 상태 변화에 해당하는 분자 모형과 물질의 가열 곡선의 기화 구간의 상태 변화에 해당하는 분자 모형을 선택할 수 있었다(우수학력의 91.2%). 반면 보통학력 학생들의 정답률은 64.8%이었으며 하위 문항의 정답률을 이용하여 분석해보면, 보통학력 학생들 중 일부는 분자 운동이 활발해지는 상태 변화에 해당하는 분자 모형을 선택하지 못했고(보통학력의 22.0%), 물질의 가열 곡선의 기화 구간의 상태 변화에 해당하는 분자 모형을 선택하지 못하였으며(보통학력의 14.9%), 둘 다 선택하지 못하는 경우도 있었다(보통학력의 15.5%). 물질의 세 상태를 입자 배

열로 나타낸 세 모형을 이용하여 물질의 가열이나 분자 운동의 변화 등 물질의 성질 변화와 입자 배열 모형을 연결짓기 위해서는 조건에 따라 물질을 구성하는 입자들이 상대적으로 어떻게 변하는지 이해하고 있어야 하는데, 보통학력 학생들 중에는 그러한 능력이 부족함을 알 수 있다.

2010년 서답형 3번 문항은 우수학력 대표 문항으로 문항 구성의 특징을 통하여 우수학력 학생들은 고체 물질을 가열하여 용해가 일어나는 과정에서 온도가 일정한 이유를 물질이 열에너지를 흡수하기 때문이며, 액체 물질을 냉각하여 응고가 일어나는 과정에서 온도가 일정한 이유를 상태 변화하면서 열에너지를 방출하기 때문임을 알고 있었다(우수학력의 81.0%). 반면 보통학력 학생의 정답률은 50.3%이었으며 하위 문항의 정답률을 이용하여 분석해보면, 보통학력 학생들 중 일부는 물질의 가열 또는 냉각 시 상태 변화할 때 온도가 일정한 이유를 열에너지의 흡수 또는 방출로서 이해하지 못하거나(보통학력의 40.5%), 둘 중 하나를 알지 못하였다(보통학력의 18.4%). 이는 물질을 가열할 때의 온도 변화는 경험적으로 관찰할 수 있는 내용인 반면 물질의 상태 변화 시 온도가 일정한 이유를 물질의 상대적 입자 배열과 운동 상태의 변화를 열에너지를 흡수 또는 방출과 연결지어 이해하는 등 추상적 내용을 이해하고 있어야 하는데, 보통학력 학생들 중에는 그러한 능력이 부족함을 알 수 있다. 또한 교육과정의 구성 상, 앞 단원에서 물질의 상태를 나타내는 입자 모형에 대한 이해가 부족하다면 이 문항의 성취기준에 대한 이해도 어려울 것이다.

입자라는 미시적 세계로 인해 나타나는 거시적 특징 중의 하나인 물질의 상태와 상태 변화는 일상생활에서 쉽게 관찰할 수 있는 물질 현상으로, 화학에서 이 영역의 중요성을 고려하여 기존 연구¹⁹⁾에서는 물질 영역을 구성하는 4가지 중영역 중 하나로 ‘물질의 상태와 상태 변화’를 설정한 바 있다. 분석한 내용을 성취수준별 능력²⁰⁾으로 간단히 정리하면 다음과 같다.

‘물질의 상태와 상태 변화’ 중영역 중 ‘물질의 상태 변화를 입자 모형으로 설명할 수 있다’ 성취기준에 해당하는 문항 분석을 통하여 우수학력 학생들은 일상생활 속에서 경험하는 상태 변화 현상을 과학적 용어로 정확히 표현할 수 있으며, 기화는 물질을 구성하는 일정한 수의 작은 입자가 배열이 달라져 나타나는 현상으로 설명할 수 있지만 보통학력 이하 학생들은 일상생활 속에서 경험하는 일부 상태 변화 현상에 대하여 적합한 과학적 용

어를 선택하여 표현하지 못하며, 기화 현상을 액체가 연속적으로 늘어나거나 물질을 구성하는 입자 수의 증가로 설명하는 것으로 나타났다.

‘분자의 운동을 입자 모형으로 설명할 수 있다’ 성취기준에 해당하는 문항 분석을 통하여 보통학력 이상 학생들은 상태 변화 없이 온도를 올려 기체의 부피가 달라지는 현상에 대해서 구성하는 물질의 분자 운동이 활발해진다고 설명하는 것으로 나타났지만 기초학력 이하 학생들은 ‘물질의 상태 변화를 입자 모형으로 설명할 수 있다’ 성취기준에 해당하는 문항 분석 결과와 동일하게 입자 수가 증가하거나 분자 크기가 커지는 것으로 설명하기도 하였다. 그런데 기초학력 학생들은 액체가 기체로 되는 현상과 기체가 액체로 되는 현상이 서로 다름을 구분할 수 있는 것으로 나타났다.

‘물질의 상태 변화를 열에너지와 관련지어 설명할 수 있다’ 성취기준에 해당하는 문항 분석을 통하여 우수학력 학생들은 물질의 상태를 입자 배열로 표현한 분자 모형을 물질의 가열이나 분자 운동의 변화 등 물질의 성질 변화와 관련지을 수 있으며, 상태 변화 시의 온도가 일정한 현상을 열에너지의 흡수, 방출로 설명할 수 있는 반면 보통학력 이하 학생들은 물질의 상태를 입자 배열로 표현한 분자 모형을 물질의 가열이나 분자 운동의 변화 등 물질의 성질 변화와 관련짓지 못하며, 상태 변화 시의 온도가 일정한 현상을 열에너지의 흡수, 방출로 설명하지 못하는 것으로 나타났다.

‘물질의 구조’ 중영역의 성취수준별 특징

- 물질의 원소로 구성되어 있음을 안다.

2010년 서답형 4번 문항은 보통학력 대표 문항으로 문항 구성의 특징을 통하여 보통학력 학생들은 수소와 염소 기체가 반응하여 염화수소 기체를 생성하는 화학 반응의 부피비를 보고 이 반응을 설명할 모형에서도 염화수소 기체의 부피가 수소 기체 부피의 2배가 되어야 하며, 이를 위해서는 기체 반응을 나타낸 모형에서 수소 기체와 염소 기체를 분자의 형태로 나타내야 함을 알고 있었다(보통학력의 84.1%). 반면 기초학력 학생의 정답률은 44.4%이었으며 하위 문항의 정답률을 이용하여 분석해보면, 기초학력 학생들 중 일부는 기체 반응을 나타낸 모형에서 염화수소 기체의 부피가 수소 기체 부피의 2배가 되어야 함을 알지만 수소와 염소 기체를 분자의 형태로 나타내야 함을 모르거나(기초학력의 28.7%), 기체 반응을 나타낸 모형에서 염화수소 기체의 부피가 수소 기체 부피의 2배가 되어야 함과 수소와 염소 기체를 분자의 형태로 나타내야 함을 모두 모르는 경우도 있었다(기초학력의 35.0%). 즉, 기초학력 학생들 중 일부는 기체 반응의 부피비와 모

¹⁹⁾각 성취수준별 대표문항의 기준에 근거하여 각 성취수준에 속하는 대다수(70% 기준)의 학생들이 해결할 수 있는 문항의 특징을 기술한 것이므로, 예를 들어 우수학력의 능력이라도 보통학력에 속하는 학생들 중 일부는 해당 문항을 해결할 수 있다.

형의 부피비를 비교하는 과정에서 반응물인 수소와 염소 기체를 2원자 분자의 형태로 표현해야하는 것을 이해하지 못하고 있음을 알 수 있다.

• *순물질과 혼합물의 차이와 홑원소 물질과 화합물의 차이를 구분하여 설명할 수 있다.*

2010년 10번 문항은 우수학력 대표 문항으로 문항 구성의 특징을 통하여 우수학력 학생들은 끓는점이 일정한 온도에서 나타나는 가열 곡선과 끓기 시작한 후 끓는점이 서서히 증가하는 가열 곡선 자료를 보고 끓는점이 일정한 온도에서 나타나는 곡선은 순물질이며 끓는점이 서서히 증가하는 곡선은 혼합물에 해당함을 알며, 물은 순물질이고 소금물은 혼합물임을 알고 있었다(우수학력의 76.0%). 반면 보통학력 학생들의 정답률은 48.6%이었으며 가장 빈도가 높은 오답을 중심으로 분석해보면, 보통학력 학생들 중 일부는 끓는점이 서서히 증가하는 곡선이 물에 해당하며, 끓는점이 일정한 온도에서 나타나는 곡선을 에탄올에 해당한다고 오해하고 있었다(보통학력의 33.0%). 즉, 순물질과 혼합물의 가열 곡선을 구분하지 못하거나 물과 혼합물을 순물질과 혼합물로 구분하지 못하는 것으로 짐작되는데, 좀 더 정확한 이유의 파악을 위해 심층 연구를 추후 수행할 필요가 있다.

• *화합물을 나타낼 수 있다.*

2009년 15번 문항은 보통학력 대표 문항으로 문항 구성의 특징을 통하여 보통학력 학생들은 공 모양의 원자를 이용하여 여러 화합물을 나타낸 분자 모형을 보고 원자의 공간 배열 즉, 분자를 구성하는 원자의 종류와 수를 파악할 수 있었다(보통학력의 80.0%). 반면 기초학력 학생들의 정답률은 44.7%이었으며 가장 빈도가 높은 오답을 중심으로 분석해보면, 기초학력 학생들 중 일부는 똑같은 모양의 공 2개로 구성된 2원자 분자를 보고 2종류의 원자로 구성된 분자로 생각하거나 분자를 구성하는 원자 수를 세지 못하는 등 분자 모형의 의미를 이해하지 못했다(기초학력의 19.6%).

2009년 서답형 4번 문항은 보통학력 대표 문항으로 문항 구성의 특징을 통하여 보통학력 학생들은 반응하는 일산화탄소와 산소가 입자로 나타낸 분자 모형으로 주어졌을 때 이산화탄소가 생성됨을 알고 생성되는 이산화탄소의 분자 모형을 그릴 수 있었다(보통학력의 81.6%). 반면 기초학력 학생의 정답률은 46.1%이었으며 하위 문항의 정답률을 이용하여 분석해보면, 기초학력 학생들 중 일부는 반응물의 분자 모형을 보고 생성되는 이산화탄소의 분자 모형을 그릴 수 있지만 일산화탄소와 산소가 반응할 때 이산화탄소가 생성되는지 모르거나(기초학력의 22.5%),

일산화탄소와 산소가 반응할 때 이산화탄소가 생성되는지 알지만 반응물의 분자 모형을 보고 생성되는 이산화탄소의 분자 모형을 그리지 못하며(기초학력의 13.8%), 또는 둘 다 못하는 경우도 있었다(기초학력의 37.2%). 즉, 화학 반응을 통하여 반응물을 구성하는 원자들은 생성되거나 사라지지 않고 생성물을 구성한다는 화학 반응의 기본 원칙에 대한 이해가 부족하거나 분자를 모형으로 나타내는 방식에 대한 이해가 부족하기 때문에 주어진 일산화탄소와 산소의 모형을 보고 이산화탄소 모형을 그리는 간단한 활동을 해내지 못하는 것으로 보인다. 좀 더 정확한 이유의 파악을 위해 심층 연구를 추후 수행할 필요가 있다.

2010년 11번 문항은 보통학력 대표 문항으로 문항 구성의 특징을 통하여 보통학력 학생들은 분자를 구성하는 원소의 종류와 원자의 개수가 주어진 과산화수소와 암모니아 분자의 화학식의 표현 방법을 알고 있었다(보통학력의 93.7%). 반면 기초학력 학생들의 정답률은 68.0%이었으며 가장 빈도가 높은 오답을 중심으로 분석해보면, 기초학력 학생들 중 일부는 분자를 구성하는 원자의 개수를 아래 첨자 대신 위 첨자로 나타내는 것으로 오해하는 등(기초학력의 14.0%) 기초학력 학생들 중 일부는 화학식을 나타내는 기본적인 원리에 대한 이해도 부족함을 알 수 있다.

2010년 15번 문항은 보통학력 대표 문항으로 문항 구성의 특징을 통하여 보통학력 학생들은 볼트와 너트를 이용하여 만든 분자 모형을 보고 분자 모형을 구성하는 원소 종류의 수와 원자의 수를 알고 있었다(보통학력의 74.9%). 반면 기초학력 학생들의 정답률은 36.2%이었으며 가장 빈도가 높은 오답을 중심으로 분석해보면, 기초학력 학생들 중 일부는 분자 모형이 분자를 구성하는 원소의 종류와 원자 수를 표현한 것임을 이해하지 못하고 있었다(기초학력의 36.2%).

물질의 거시적 특성은 물질을 구성하는 분자의 종류 즉, 분자를 구성하는 입자의 종류 및 결합 형태에 영향을 받는다. 물질을 구성하는 입자를 단순히 입자로서 다루던 '물질의 상태와 상태 변화' 중영역과 달리 물질의 특성이 물질을 구성하는 분자의 종류에 의해 영향받는 점을 고려하여 기존 연구¹⁹⁾에서는 물질 영역을 구성하는 4가지 중영역 중 하나로 '물질의 구조'를 설정한 바 있다. 분석한 내용을 성취수준별 능력으로 간단히 정리하면 다음과 같다.

'물질의 구조' 중영역 중 '물질이 원소로 구성되어 있음을 안다' 성취기준에 해당하는 문항 분석을 통하여 보통학력 이상 학생들은 부피비가 주어진 간단한 기체 사이의 화학 반응을 설명하는 입자 모형에서 기체를 구성하는 입자는 원자 형태가 아닌 분자 형태로 표현되어야 함을

아는 것으로 나타났다.

‘순물질과 혼합물의 차이와 홑원소 물질과 화합물의 차이를 구분하여 설명할 수 있다’ 성취기준에 해당하는 문항 분석을 통하여 우수학력 학생들은 끓는점이 일정한 가열 곡선과 일정하지 않은 가열 곡선 중에서 순물질과 혼합물에 해당하는 가열 곡선을 구분할 수 있으며 물은 순물질이고 소금물은 혼합물임을 아는 반면, 보통학력 이하 학생들은 물은 에탄올보다 끓는점이 높다는 수준의 지식은 있으나 끓는점이 일정한 가열 곡선과 일정하지 않은 가열 곡선 중에서 순물질과 혼합물에 해당하는 가열 곡선을 구분할 수 없는 것으로 나타났다.

‘화합물을 나타낼 수 있다’ 성취기준에 해당하는 문항 분석을 통하여 보통학력 이상 학생들은 공이나 볼트와 너트로 분자의 구성 입자를 나타낸 분자 모형을 보고 분자를 구성하는 원자의 종류와 수를 파악하고 이를 화학식으로 표현할 수 있는 반면 기초학력 이하 학생들은 분자 모형의 의미를 이해하지 못하여 공이나 볼트와 너트로 분자의 구성 입자를 나타낸 분자 모형을 보고 분자를 구성하는 원자의 종류가 같은지 다른지 또는 원자 수가 얼마나 되는지를 알아내지 못하는 것으로 나타났다.

‘물질의 특성과 혼합물의 분리’ 중영역의 성취수준별 특징

• 물질의 특성을 이해한다.

2009년 13번 문항은 우수학력 대표 문항으로 문항 구성의 특징을 통하여 우수학력 학생들은 물의 질량이 변할 때 각각 최대한 녹아 들어간 용질의 질량을 다양하게 나타낸 자료를 보고 물질의 용해도는 물 100 g에 최대한 녹는 용질의 질량이라는 정의를 이용하여 용해도를 비교할 수 있었다(우수학력의 92.0%). 반면 보통학력 학생들의 정답률은 52.5%이었으며 가장 빈도가 높은 오답을 중심으로 분석해보면, 보통학력 학생들 중 일부는 물의 질량을 고려하지 않고 녹아 있는 용질의 질량만으로 용해도를 판단하였다(보통학력의 20.2%). 이는 물 100 g에 최대로 녹을 수 있는 용질의 질량이라는 용해도의 정의를 기억하지 못하고 현재 녹아 있는 용질의 질량을 용해도로 오해했거나 물질을 구별하는데 용해도를 사용해야 함을 몰랐기 때문에 나타난 현상으로 짐작된다. 좀 더 정확한 이유를 알아내기 위해 이 문항에 대한 학생 반응을 구체적으로 조사하는 심층 연구를 수행할 필요가 있다.

2010년 13번 문항은 우수학력 대표 문항으로 문항 구성의 특징을 통하여 우수학력 학생들은 물의 질량에 따라 최대한 녹아 들어간 몇 가지 용질의 질량과 물에 대한 용해도를 나타낸 자료를 보고 각 물질이 무엇인지 판단할 수 있었다(우수학력의 93.1%). 반면 보통학력 학생들의 정답률은 67.8%이었으며 가장 빈도가 높은 오답을 중심

으로 분석해보면, 보통학력 학생들 중 일부는 물에 대한 용해도의 정의에 따라 물 100 g을 기준으로 용해되는 용질의 질량으로 자료 변환하여 문제를 해결하지 못하고 있었다.

2009년 12번 문항은 보통학력 대표 문항으로 문항 구성의 특징을 통하여 보통학력 학생들은 같은 세기의 불꽃으로 질량과 종류가 다른 액체를 가열하여 가열 시간과 온도를 나타낸 그래프에서 온도가 변하지 않는 수평한 부분이 끓는점이며, 끓는점이 같으면 동일한 물질이고, 끓는점이 높을수록 분자간 인력이 크며, 끓는점에서 온도가 일정한 이유는 가해진 열이 상태 변화에 쓰이고, 동일한 물질을 가열할 때 온도가 빨리 올라가면 질량이 작다는 것을 이해하고 있었다(보통학력의 75.3%). 반면 기초학력 학생들의 정답률은 36.6%이었으며 가장 빈도가 높은 오답을 중심으로 분석해보면, 기초학력 학생들 중 일부는 끓는점이 같더라도 질량이 달라 온도 변화 기울기가 다른 두 액체를 서로 다른 물질로 오해하고 있었다(기초학력의 36.2%). 또한 끓는점이 높을수록 액체를 구성하는 입자 사이의 인력이 더 크을 알지 못하고 있었다(기초학력의 13.2%). 즉, 기초학력 학생들 중 일부는 물질을 구별하는데 이용되는 물질의 특성에 관한 이해가 부족함을 알 수 있다.

2010년 12번 문항은 보통학력 대표 문항으로 문항 구성의 특징을 통하여 보통학력 학생들은 질량과 부피를 제시한 자료에서 어떤 물질이 같은 물질이라고 결론을 내리는 물질의 특성에 대한 근거로 밀도를 선택할 수 있었다(보통학력의 90.2%). 반면 기초학력 학생들의 정답률은 58.5%이었으며 가장 빈도가 높은 오답을 중심으로 분석해보면, 기초학력 학생들 중 일부는 밀도가 물질을 구별하는 특성임을 이해하지 못하고 있었다. 즉, 밀도가 물질의 특성임을 이해하지 못하여 밀도를 비교하여 물질을 구분할 수 있다는 사실도 이해하지 못하였다.

• 물질의 특성을 이용하여 혼합물을 분리할 수 있다.

2009년 14번 문항은 우수학력 대표 문항으로 문항 구성의 특징을 통하여 우수학력 학생들은 알콜 램프, 물이 담긴 비커에 넣어진 가지달린 시험관, 얼음물이 담긴 비커에 넣어진 시험관 등의 실험 장치를 이용하여 분리할 수 있는 혼합물이 끓는점이 다르지만 잘 섞이는 혼합물로 알려진 물과 에탄올임을 찾을 수 있었다(우수학력의 76.3%). 반면 보통학력 학생들의 정답률은 56.4%이었으며 가장 빈도가 높은 오답을 중심으로 분석해보면, 보통학력 학생들 중 일부는 이 실험 장치를 이용하여 분리할 수 있는 혼합물로 물에 대한 용해도가 온도에 따라 크게 다르다고 알려진 질산칼륨과 염화나트륨을 골랐다(보통학력의 29.5%). 물

과 에탄올의 혼합물은 잘 섞이지만 끓는점 차이가 나기 때문에 혼합물을 서서히 가열하여 먼저 끓어 나오는 물질을 냉각시켜 분리해낼 수 있다. 그리고 온도에 따라 물에 대한 용해도 차가 큰 두 고체 물질을 분리하기 위해서는 가열하여 물에 완전히 용해시킨 후 냉각하면서 석출되는 물질을 분리할 수 있다. 하지만 주어진 기구 중 시험관은 가지달린 시험관으로 끓어 나오는 기체를 냉각시켜 분리하는 경우는 편리하지만 물에서 석출되는 고체 물질을 분리하기에는 적절한 기구가 아니다. 즉, 혼합물을 효율적으로 분리하기 위해서는 혼합물의 특성과 함께 실험 장치의 특징을 함께 이해하고 둘을 연결지을 수 있어야 하는데, 보통학력 학생들 중 일부는 이러한 능력이 부족함을 알 수 있다.

2010년 14번 문항은 우수학력 대표 문항으로 문항 구성의 특징을 통하여 우수학력 학생들은 물과 에탄올의 혼합물을 끓는점 차이로 분리하려고 할 때, 액체 혼합물의 질량과 부피를 측정하는 과정이 필요 없음을 알고 있었다(우수학력의 83.5%). 반면 보통학력 학생들의 정답률은 44.1%이었으며 가장 빈도가 높은 오답을 중심으로 분석해보면, 보통학력 학생들 중 일부는 액체 혼합물의 질량과 부피를 측정하는 과정이 필요하며, 물증탕 장치와 냉각 장치를 준비할 필요가 없다고 생각하거나(보통학력의 22.2%), 먼저 끓어 나오는 물질을 액화시켜 모을 필요가 없다고 생각하였다(보통학력의 14.3%). 즉, 혼합물의 분리 시 고려하는 물질의 특성을 반영하여 어떤 실험 과정을 선택해야할지 이해하지 못하고 있음을 알 수 있다.

물질의 특성은 물질의 고유한 성질로 물질을 서로 구별하는 중요한 성질로 이용된다. 그리고 물질을 구별하는 특성은 분자에 따라 다르게 나타나고 물질의 성질을 다루는데 중요한 영향을 준다는 점을 고려하여 기존 연구¹⁹에서는 물질 영역을 구성하는 4가지 중영역 중 하나로 ‘물질의 특성과 혼합물의 분리’를 설정한 바 있다. 분석한 내용을 성취수준별 능력으로 간단히 정리하면 다음과 같다.

‘물질의 특성과 혼합물의 분리’ 중영역 중 ‘물질의 특성을

이해한다’ 성취기준에 해당하는 문항 분석을 통하여 우수학력 이상 학생들은 용해도의 정의를 이용하여 물질을 구별할 수 있다. 보통학력 이하의 학생들은 물질을 구별하는 데 용해도를 사용할 수 있음을 모르는 것으로 나타났다. 보통학력 학생들은 끓는점과 밀도로 물질을 구별할 수 있음을 알고 있다. 그런데 기초학력 이하 학생들은 대표적 물질의 특성으로 제시되는 끓는점, 밀도 등이 물질의 구별에 이용됨을 이해하지 못하는 것으로 나타났다.

‘물질의 특성을 이용하여 혼합물을 분리할 수 있다’ 성취기준에 해당하는 문항 분석을 통하여 우수학력 학생들은 혼합물을 구성하는 물질의 특성과 혼합물을 분리하기 위한 실험 장치를 관련지어 이해한다. 보통학력 이하의 학생들은 혼합물의 분리시에 물질의 특성과 혼합물 분리 장치를 서로 연결지어 이해하지 못하는 것으로 나타났다.

각 중영역에서 성취수준별 특징 종합

각 중영역에 속하는 성취수준별 대표 문항 분석 결과를 종합하여 각 중영역에서 성취수준별 학생들이 이해하는 능력의 특징을 Table 3에 정리하였다.

‘물질의 상태와 상태 변화’ 중영역에 해당하는 문항 분석 결과, 우수학력 학생들은 상태 변화 현상을 물질의 입자 모형 및 열에너지 출입과 관련지어 설명할 수 있으며, 보통학력 이상 학생들은 상태 변화 없이 온도 변화에 의한 물리적 변화 현상의 경우 물질의 입자 모형으로 설명할 수 있다. 그리고 기초학력 이상 학생들은 액체가 기체로 변하는 현상과 기체가 액체로 변하는 현상이 서로 다름을 구분할 수 있는 수준에서 상태 변화 현상을 설명할 수 있다.

‘물질의 구조’ 중영역에 해당하는 문항 분석 결과, 우수학력 학생들은 끓는점 곡선의 모양을 보고 순물질과 혼합물을 구분할 수 있으며, 보통학력 이상 학생들은 분자를 구성하는 원자의 종류와 수를 나타낸 분자 모형의 의미를 이해하고 화학식의 표현 방법을 알고 있다.

‘물질의 특성과 혼합물의 분리’ 중영역에 해당하는 문

Table 3. Understandings in each achievement level at each middle region

Middle Region	Understandings	Level of Achievement
Sate of Matter and Change of State	Explain phenomena of state change with particle model and thermal energy	Advanced
	Explain physical change of matter with particle model while temperature is changing in an constant state	Proficient
	Differentiate between change of liquid to gas and change of gas to liquid	Basic
Structure of Matter	Differentiate between pure substance and mixture with the shape of boiling point curve	Advanced
	Understand molecule model expressing the kind and the number of atom consisting molecule, and the way of expressing chemical formula	Proficient
Characteristics of Matter and Separation of Mixture	Understand that the characteristics of matter is intrinsic property of matter to distinguish matter, and can use it to distinguish matter or to separate mixture	Advanced
	Know that some representative characteristics of matter can be used to distinguish matter	Proficient

항 분석 결과, 우수학력 학생들은 물질의 특성이 물질을 구별하는 고유한 성질임을 이해하고 물질을 구별하거나 혼합물을 분리할 때 물질의 특성을 어떻게 이용해야 할지 이해하고 있으며, 보통학력 이상 학생들은 몇 가지 대표적 물질의 특성이 물질을 구별하는데 이용될 수 있음을 알고 있다.

결론 및 제언

본 연구에서는 우리나라 중학교 3학년 학생들을 대상으로 실시한 2009, 2010년 국가수준 학업성취도 평가 결과를 이용하여 학생들의 성취수준별 특징을 도출하였다. 본 연구에서 분석의 기준으로 삼은 화학 영역의 세 가지 중영역은 물질의 상태와 상태 변화, 물질의 구조, 물질의 특성과 혼합물의 분리이었다. 중학교 화학을 구성하는 교육과정을 중영역별로 구분하여 문항 분석을 실시한 결과 성취수준별 학생들은 다음과 같은 특징을 가지고 있었다.

우수학력 학생들은 상태 변화나 혼합물의 분리와 같이 어떤 현상의 변화와 물질의 특징을 연결지어 이해하는 능력이 있으며, 이를 모형으로 설명할 수 있다. 반면 보통학력 학생들은 동일한 상태에서 온도와 같은 특정 조건만 변하는 상황의 물질의 특징이나, 화합물을 구성하는 원소의 종류와 개수를 모형으로 표현하는 경우와 같은 단순한 상황에 한정하여 모형을 활용하여 현상을 설명할 수 있다. 그리고 기초학력 학생들은 모형의 의미를 이해하지 못하여 물질 현상을 설명하는데 모형을 사용하지 못한다. 화학과 교육과정은 초등학교에서 물질 현상 위주로 내용을 다루다가 중학교에서 모형을 이용하여 물질 현상을 설명하기 시작한다. 보통학력 학생들은 상태가 변하지 않는 단순한 상황에 한정하여 물질 현상을 모형으로 설명할 수 있으나 중학교 화학과 교육과정에서 본격적으로 다루는 모형을 이용하여 상태 변화 현상을 잘 설명하지 못하기 때문에 이와 관련한 교수학습 처치 방안을 세울 필요가 있다. 그리고 기초학력 이하 학생들은 물질 현상을 설명할 모형에 관해서 이해하지 못하는 수준으로 초등학교 수준을 벗어나지 못하고 있는 것으로 나타났다. 화학은 물질 현상을 분자 수준에서 다뤄야하기 때문에 모형을 통한 현상을 설명하지 못할 때 앞으로 분자 수준에서 물질 현상을 이해하는 것은 더욱 어려워진다. 따라서 기초학력 학생들을 위하여 모형의 의미를 이해하는 수준부터 시작하여 단순한 상황에 한정하여 물질 현상을 모형으로 설명하는 교수학습적 접근 방식을 세울 필요가 있다.

국가수준의 교육과정은 대다수의 학생들이 도달하기 원하는 목표로, 학생들의 능력에 따라 구분하여 제시되지

않는다. 하지만 교육과정이 위계적으로 구성되어 있어 하위 학년의 개념 이해가 상위 학년의 개념 이해에 연속적으로 영향을 주는 과학과 교육과정의 특징을 고려해볼 때, 과학과 교육과정 내에서 성취수준별 학생들이 어느 정도 성취기준을 이해하고 있는지에 대한 실증적인 정보는 국가수준에서 개별 학생들의 교육까지 책임의 범위를 넓히고 있는 우리나라 상황에서 성공적인 과학 교육의 정착을 위해 매우 중요하다.

본 연구는 2009년, 2010년 결과만을 이용하였기 때문에 중학교 전체 교육과정을 포괄하지 못한 제한이 있다. 본 연구의 분석틀을 이용하여 분석하지 못한 2008년 이전 결과도 포함하여 중학교 교육과정에 해당하는 전반적 학생들의 능력을 알아볼 필요가 있다. 2007, 2009년 개정 교육과정에서 학생들의 개별 특징을 고려한 수준별 수업을 강조하고 있는 만큼 과학과에서 학생들의 성취수준별 특징을 파악하는 것은 수준별 분반, 수준별 수업을 위한 교수 학습 자료 제작, 수준별 수업에 대한 평가 자료 제작에 도움을 줄 수 있다.

본 연구의 문항별 오답 반응 분석에서 오답을 선택한 이유로 제시한 내용들은 문항 구성과 답지 반응으로부터 추론하였기 때문에 연구자의 주관적인 주장이 포함되어 있다. 문항의 답지 반응만으로 대표문항이 속한 성취수준의 학생들이 수행할 수 있는 능력과 하위 성취수준의 학생들이 수행하지 못하는 능력과 그 이유를 추론하는데는 한계가 있다. 따라서 각 성취수준별 보정 교육을 위한 효과적인 기준 마련을 위해 대표문항의 하위 성취수준에 속한 학생들을 대상으로 심층 연구를 추후 실시할 필요가 있다. 성취수준별 학생들에 대한 맞춤형 교육이 가능하려면 오답 선택을 유도한 근본적인 이유를 밝히기 위한 심층 연구를 수행할 필요가 있다.

REFERENCES

1. Ministry of Education and Human Resources Development. *2007 Revised National Curriculum of Science*; Ministry of Education and Human Resources Development: Seoul, Korea, 2007.
2. Ministry of Education, Science and Technology. *2009 Revised National Curriculum of Science*; Ministry of Education, Science and Technology: Seoul, Korea, 2009.
3. Jeong, E.; Kim, M.; Sang, K. *A Study on Improving the National Assessment System of Educational Achievement*; Korea Institute for Curriculum and Evaluation: Seoul, Korea, 2008.
4. Kim, S.; Nam, M.; Jeong, E.; Kim, S. *KICE Position Paper 2009*, 1(1).
5. Ministry of Education. *7th National Curriculum of Science*; Ministry of Education: Seoul, Korea, 1997.

6. Yi, B.; et al. *A Study on How to Improve the 7th National Science Curriculum*; Korea Institute for Curriculum and Evaluation: Seoul, Korea, 2005.
7. Kim, S.; Kim, J.; Jung, S. *J. Curriculum Studies* **2004**, 22(1), 45.
8. Choe, S.; Lee, D. *J. Korean Soc. Math. Ed. Ser. A: Communications of Mathematical Education* **2005**, 44(3), 325.
9. Do, J.; Ko, J. *J. Korea Soc. Math. Ed. Ser. E: Communications of Mathematical Education* **2008**, 22(2), 109.
10. Jang, J. *J. Linguistic Science* **2000**, 51, 277.
11. Jeong, Y.; Kang, M. *Korea Soc. Math. Ed. The 41th Proceedings of National Meeting of Math. Ed* **2008**, 3.
12. Kwon, J. *J. Korea Soc. Math. Ed. Ser. E: Communications of Mathematical Education* **2012**, 16(1), 29.
13. Cho, Y. *J. Korea Society of Educational Studies in Mathematics: School Mathematics* **2005**, 7(1), 33.
14. Cho, N.; Baek, S.; So, K.; Kim, K. *Development of National Curriculum-Based Assessment Standards for High School 10 Common Compulsory Courses*; Korea Institute for Curriculum and Evaluation: Seoul, Korea, 1998.
15. Lee, Y.; Lee, S.; Hong, M.; Hong, J. *Journal of the Korean Association for Science Education* **1999**, 19(1), 159.
16. Jeong, E.; Kim J.; Lee, K.; Choi, S. *National Assessment of Educational Achievement(I) in 2002-Science*; Korea Institute for Curriculum and Evaluation: Seoul, Korea, 2002.
17. Choi, W.; Lee, I.; Park, J.; Sin, M.; Kim, J. *National Assessment of Educational Achievement in 2009-Analysis of the Science Achievement Test Results*; Korea Institute for Curriculum and Evaluation: Seoul, Korea, 2010.
18. Kim, H.; Lee, I.; Kim, M.; Jeong, J.; Sin, M. *The National Assessment of Educational Achievement in 2010-Analysis of the Science Achievement Test Results*; Korea Institute for Curriculum and Evaluation: Seoul, Korea, 2011.
19. Jeong, E.; Nam, M.; Kim, D.; Kim, H.; Park, G.; Lee, B.; Kwon, J.; Choi, W.; Lee, I.; Joe, B.; Song, M.; Choi, I.; Kim, H.; Kim, S. *A Study on developing framework of the National Assessment of Educational Achievement in each subject*; Korea Institute for Curriculum and Evaluation: Seoul, Korea, 2010.
20. Choi, W.; Lee, I.; Kim, J.; Jeong, E. *The Journal of Curriculum and Evaluation* **2011**, 14(2), 217.