

2009 개정 교육과정에 따른 교과서에서 이온 화합물의 설명 개념과 모형 및 학생 이해도 분석

신혜영 · 우애자*

이화여자대학교 과학교육과
(접수 2016. 4. 20; 게재확정 2016. 9. 2)

An Analysis of Concept Description and Model and Student Understanding About Ionic Compound in Textbooks Developed Under the 2009 Revised National Curriculum

He Young Shin and Ae Ja Woo*

Department of Science Education, Ewha Womans University, Seoul 03760, Korea
(Received April 20, 2016; Accepted September 2, 2016)

요약. 이 연구에서는 2009 개정 교육과정에 따른 교과서에서 제시하고 있는 이온 화합물의 설명 개념과 모형을 분석하고, 학생들이 이온 화합물에 대해 어떻게 이해하고 있는지 설문 검사하였다. 교과서 분석은 중학교 과학2 교과서 9종과 고등학교 화학 I과 화학 II 교과서 4종을 대상으로 하였고, 설문 검사는 중학교 2학년, 고등학교 1~3학년 학생 194명을 대상으로 실시하였다. 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 교과서 내용 분석 결과, 이온 화합물을 설명할 때 사용한 과학적 개념과 이를 표현하는 모형은 교과서마다 차이가 있었다. 이온 화합물의 정의에서는 정전기적 인력, 강한 결합, 규칙적 배열, 결합비의 개념 중 몇 가지를, 이온 화합물의 성질에서는 녹는점, 부서짐, 용해, 전기 전도성 중 몇 가지를 선택적으로 제시하였다. 또한 설명 없이 모형만 제시하거나 설명만 하고 모형은 제시하지 않은 경우도 있었다. 이러한 차이는 중학교 과학2 교과서에서와 같이 이온 화합물에 대한 별도의 성취기준이 없는 경우와 결합비나 용해와 같이 학년별로 동일한 개념을 반복하여 다룰 때 더 크게 나타났다. 둘째, 이온 화합물에 대한 학생 설문 분석 결과, 이온의 형성 과정과 결합비를 설명할 때 과학적 개념을 잘 적용하지 못하였고 모형으로 표현하는 것을 어려워하였다.

주제어: 이온, 이온 화합물, 이온 결합, 2009 개정 교육과정

ABSTRACT. In this study, ionic compound in the science textbooks developed under the 2009 revised national curriculum were analyzed in terms of the scientific concept and model description and the student understanding through the questionnaires. Analysis of textbooks was performed for science2 of middle school and chemistry I & II of high school. Questionnaire was carried out with 194 students including middle school 2nd grade and high school 1st-3rd grade. The results are as follows: First, as a result of analysis of textbooks, scientific concepts and models used to explain the ionic compound showed differences depending on the types of textbooks. In addition, scientific models were provided with or without explanation for the scientific concepts. Second, analysis of the questionnaire showed that students didn't properly understood scientific concepts and models in the ion formation, stoichiometric ratio between ions.

Key words: Ion, Ionic compound, Ionic bond, 2009 revised national curriculum

서 론

물질의 이해에 관한 Nakhleh, Samarapungavan & Saglam¹의 연구 결과에 의하면 연구에 참여한 중학생의 33%는 물질 개념을 거시적 수준으로 이해하며, 물질의 성질을 과학적 개념을 활용하여 설명하지 못한다고 하였다. 학생들이 가지고 있는 입자 개념에 관한 Teichert 등²의 연구에서는 학생들이 수용액 속 염화 나트륨 입자에 대한 개념을 일관

적이지 않고 상황 의존적으로 이해하고 있다고 하였다. 이와 같이 학생들은 원자, 이온, 분자 등의 미시적 수준의 입자에 대한 과학적 개념을 정확하게 이해하지 못하고 있으며 이 때문에 화학을 어렵고 재미없는 과목으로 생각하고 있다.^{3,4} 화학은 거시적, 미시적, 상징적 수준에서의 종합적인 이해가 필요한 학문인데,^{5,6} 보통은 거시적 수준에서 화학 반응을 관찰한 후 관찰 결과를 해석할 때 반응과 관련된 미시적 수준의 입자 개념을 사용하는 과정에서 오개념

이 발생하기 쉽다.^{3,8,9}

Barke, Hazari & Yitbarek³는 원자와 이온의 입자 개념을 완전히 이해하지 못하면 오개념이 생기기 쉬우며, 예로 염화나트륨 결정이 이온으로 구성된 것이 아니라 용해되는 과정에서 이온이 생성되는 것으로 잘못 이해하는 경우가 많다고 하였다. Taber⁸는 추상적인 미시적 수준의 입자를 설명하기 위해 사용하는 모형이 목표 개념의 제한된 부분만을 설명하므로 모형이 정확하지 않으면 오개념이 생길 수 있다고 하였다. 이러한 오개념을 극복하기 위해서 Barke, Hazari & Yitbarek³는 이온과 이온 결합을 설명할 때 어려운 개념이더라도 원자와 이온 입자, 정전기적 인력과 반발력, 이온의 결합, 이온 기호, 이온 결합의 배열에 대해 정확히 설명하고 학생이 가지고 있는 선개념과 비교하여 과학적 개념을 강화해야 한다고 하였다.

학교 교실에서 학생들이 미시적 수준의 과학적 개념을 배우는 데 사용하는 학습 도구 중 하나는 교과서이다. 특히 우리나라에서 교과서는 국가 수준의 교육과정인 규정하는 교과 내용을 배우기 쉽도록 구체화한 산물이며, 학교 수업에 사용하는 주요 교수 학습 자료이다.¹²⁻¹⁴ 따라서 과학 교과서는 구체적인 과학적 개념뿐만 아니라 과학적 개념에 대한 통합적 이해가 가능하도록 정확한 설명과 모형을 제시해야 하며, 개념의 제한 조건이나 가정을 명확하게 진술해야 한다.¹⁵⁻¹⁸ 그러나 과학 교과서를 저술할 때 주요 개념을 설명하기 위해 사용하는 용어는 집필자에 따라 달라서 출판사별 교과서에 따라 상당한 차이가 있다.¹² 학생들이 미시적 수준의 입자 개념을 처음 학습할 때 교과서 자료와 교수법이 적절하지 못하다면 오개념으로 이해할 수도 있으므로, 우선 교과서는 문장과 모형의 내용이 일치되도록 서술될 필요가 있다.¹⁹⁻²¹

오개념이 발생하기 쉬운 미시적 수준의 입자 개념 중 이온에 관한 내용은 과학과 교육과정에서 비교적 간단히 다루어졌고, 다른 내용에 비해 교육과정 변화에 따른 학년 간 이동과 학습 내용의 변화가 심한 편이다. 7차 교육과정에서는 10학년(고등학교 1학년) 「물질」 단원에서 전해질과 함께 다루었고, 2007개정 교육과정에서는 8학년(중학교 2학년) 「물질의 구성」 단원에서 9학년(중학교 3학년) 「전해질과 이온」 단원으로 학년이 아래로 이동하였다. 2009 개정 교육과정에서는 전해질 단원은 없고, 중학교 과학2 「물질의 구성」 단원에서 이온의 형성과 이동, 이온식에 대해 다루었다.^{15,22,23}

7차 교육과정 이후 중학교와 고등학교 교과서에서 다루는 전해질과 이온에 관한 여러 연구들이 있었으며, 이 연구들은 주로 교과서 내용 분석으로 이온 관련 내용,^{25,27,28} 내용 수준,²³ 학년별 계속성^{26,29,30}에 관한 연구이다. 그러나 2009 개정 교육과정에서 전해질 내용을 다루지 않으면서

학습 내용이 크게 줄어든 이온 화합물에 대한 교과서 내용 분석은 아직 진행되지 않았다. 또한 학생들이 전해질과 이온 내용의 학습 중 어떤 점에서 어려워하는지 구체적 사례를 조사한 연구도 진행되지 않았다. 학생들의 실제 응답 사례를 조사한 연구로는 중학생들의 전해질과 이온, 이온화식에서 입자를 어떻게 표현하는지 알아보는 연구⁵⁻⁷가 있었으나, 2007개정 교육과정 교과서를 대상으로 하였다.

이온 화합물은 인지 수준 측면에서는 형식적 조작 수준의 내용으로서 많게는 68.1%가 구체적 조작 수준인 중학교 2학년 학생들이 내용을 이해하기에는 어려울 수 있다.^{7,24} 이러한 경우 구체적 수준의 실례들을 다양한 맥락으로 여러 번 경험하게 하거나 추상적인 텍스트가 아니라 모형과 같은 눈으로 볼 수 있는 다양한 표현 방식을 사용하면 이해를 높일 수 있다.^{8,21,24,32}

따라서 이 연구에서는 2009 개정 교육과정에서 이온 화합물에 대해 출판사별 교과서가 과학적 개념을 사용하여 설명하고, 그 이해를 돕기에 충분한 모형을 다양하게 제시하고 있는지 분석하고자 한다. 이어서 다양한 문항 형태로 구성된 설문 검사지를 통해 실제로 이온 화합물에 대해 학습한 중·고등학교 학생들의 이해 정도를 조사하고자 한다. 학년별 학생들의 다양한 응답 유형을 파악한다면 이온 화합물에 대한 교과 학습 후 학생들이 어려워하는 점이 구체적으로 어떤 것인지 알 수 있을 것이다. 이를 통해 오개념을 피할 교수 학습 방법을 제시한다면 추상적이고 미시적 수준인 이온 화합물 개념에 대해 학생들이 옳은 과학적 개념을 갖게 하고, 흥미와 이해도도 향상시킬 수 있을 것이다.^{1,21,24,31,33}

이 연구의 연구 문제는 다음과 같다.

1. 중학교 과학2, 고등학교 화학I & II 교과서에 제시되어 있는 이온 화합물에 대한 과학적 개념과 모형은 어떠한가?
2. 중학교 2학년, 고등학교 1~3학년 학생은 이온 화합물에 대해 어떻게 이해하고 있는가?

연구 절차 및 방법

연구 절차

문헌 조사를 통해 이온 화합물 관련 내용의 과학적 개념과 모형의 분류 기준을 정하고, 이 분류 기준에 근거하여 2009 개정 교육과정에 따른 교과서가 제시하고 있는 이온 화합물에 대한 설명 개념과 모형을 분석하였다. 이어서 실제로 이온 화합물에 대해 학습한 중·고등학교 학생 194명을 대상으로 설문 검사를 실시하고, 문항별 응답 유형에 따라 결과를 분석하여 학생들이 이온 화합물에 대해 어떻게 이해하고 있는지 학년별로 조사하였다.

연구 방법

교과서 분석

분석 대상 교과서. 2009 개정 교육과정에 따라 개발되어 현재 사용되고 있는 중·고등학교 교과서 중에서 이온 화합물과 관련된 내용을 포함하고 있는 교과서를 분석 대상으로 한정하였다. 이온 화합물과 관련된 내용 요소를 포함한 교과서 단원은 중학교 과학2 「물질의 구성」, 고등학교 화학I 「아름다운 분자 세계」와 화학II 「다양한 모습의 물질」 단원이다. 분석에 사용한 출판사별 교과서는 중학교 과학2교과서 9종, 고등학교 화학I교과서 4종, 화학II교과서 4종³⁴이며, 각각 기호 M21-M29, H11-H14와 H21-H24로 표시하였다.

교과서 분석 방법. 교과서가 제시하고 있는 이온 화합물 관련 내용을 설명 개념과 모형의 2가지 측면에서 분석하였다. 이를 위해 먼저 교과서 내용의 개발 기준이 되는 2009 개정 교육과정에 따른 학습 내용의 성취기준³⁵에 근거하여 중학교 과학2, 고등학교 화학I 과 화학II의 이온 화합물 관련 단원에서 제시하고 있는 이온 화합물의 설명내용과 모형을 추출하였다. 교과서에서 추출한 설명 내용은 과학 2에서 ‘이온 화합물’, 화학I에서 ‘이온 결합의 형성’, ‘이온 결합의 형성과 에너지’, ‘이온 결합 화합물의 구조와 성질’이고, 화학II에서 ‘이온 결정의 성질과 구조’이다. 다음으로 교육과정 학습 내용의 성취기준³⁵과 문헌 조사³⁶⁻⁴⁴를 통해 이온 화합물과 관련된 설명 내용의 과학적 개념과 모형의 분류 기준을 정하였다. 분류 기준은 Table 1과 같고,³⁶⁻⁴⁴ 이 분류 기준에 따라 이온 화합물을 설명할 때 사용한 개념과 모형을 분석하였다.

학생 설문 분석

연구 대상. 이온 화합물 관련 문항에서 학년별로 학생들

이 이미 배운 학습 내용에 대해 어떻게 설명하고 표현하는지 조사하기 위해 이온 화합물에 대해 처음 배운 중학교 2학년과 고등학교 1~3학년 학생을 연구 대상으로 하였다. 연구 대상은 학부모로부터 동의를 얻은 경기 소재 A 중학교 2학년 44명과 서울 소재 B 고등학교 학년별로 50명씩 총 194명이다.

검사 도구. 중학교 2학년과 고등학교 1~3학년 학생들을 대상으로 이온 화합물에 대해 학습한 이후 이온 화합물에 대해 어떻게 설명하고 그림으로 표현하는지 조사하기 위해 설문 검사지를 개발하였다.

이온 화합물에 대한 선행 연구^{34,47}에서는 이온과 관련된 오개념으로 나트륨 원자의 이온화가 자발적이고, 이온 형성 시 전자의 이동으로 이온 결합이 형성되며, 염화 나트륨 단위가 분자이고, 염화 나트륨 결정은 용해 과정에서 이온이 생성된다고 생각한다고 제시한 바 있다. 또한 이온 화식을 표현할 때 양이온과 음이온의 비가 1:1이 아닌 경우를 어려워한다⁶고 보고하였다. 설문 검사지는 이러한 선행 연구^{34,67}를 토대로 ‘이온의 형성’ 1문항, ‘이온 화합물의 형성’ 2문항, ‘이온 화합물의 성질’ 2문항, ‘이온 결정의 구조’ 3문항의 전체 7문항으로 구성하였다. 문항의 유형은 선택형(진위형, 선다형)뿐만 아니라 이온 화합물의 형성과 모형에 관해 직접 설명하고 표현할 수 있는 설명형과 그림형을 혼합하여 개발하였다. 설문 검사지는 Fig. 1과 같다.

채점은 Q1은 선택형과 설명형을 각각 1점씩, Q2와 Q7은 그림형과 설명형을 각각 1점씩, Q3, Q4, Q5, Q6은 각 문항을 1점씩으로 하여 전체 10점 만점으로 채점하였다. Q2, Q5, Q6의 세부 문항은 0.5점씩으로 채점하였다.

개발한 설문 검사지는 화학 전공 전문가 1인과 화학 전공 중등교사 3인이 문항 내용의 타당도와 표현의 적절성을 검토하였고, 예비 검사를 한 후 다시 화학 전공 전문가의 도움을 받아 문항 구성 및 표현을 수정하였다. 검사지 문

Table 1. Classification standard for scientific concept and model of ionic compound

Textbook	Contents	Scientific Concept	Model
Science 2	Ionic compound	Electrostatic attraction, strong bond, regular arrangement, stoichiometric ratio ³⁶	Ionization model, crystal model (space-filling model, ball and stick model) ^{38,41}
Chemistry I	Ionic bond formation	Electrostatic attraction, bond, stoichiometric ratio ³⁷⁻³⁹	Electron transfer model, electrostatic attraction model ³⁶
	Ionic bond formation and energy	A balance between attraction and repulsion, stabilization energy ³⁷⁻³⁹	Inter-ionic distance and potential energy, Born-Haber cycle ^{37,38}
	Ionic compound structure	Regular arrangement, crystal structure ³⁷⁻³⁹	Space-filling model, ball and stick model ^{38,41}
	Ionic compound property	Melting point, crack, dissolution/hydration, electric conductivity ³⁷⁻³⁹	Melting point, crack, dissolution/hydration, electric conductivity ^{37,40-43}
Chemistry II	Ionic crystal property	Melting point, crack, dissolution/hydration, electric conductivity ^{37,40-43}	Melting point, crack, dissolution/hydration, electric conductivity ^{37,40-43}
	Ionic crystal structure	Ionic crystal, unit cell ^{37,38,40-43}	Crystal model, unit cell model ^{37,38,40-43}

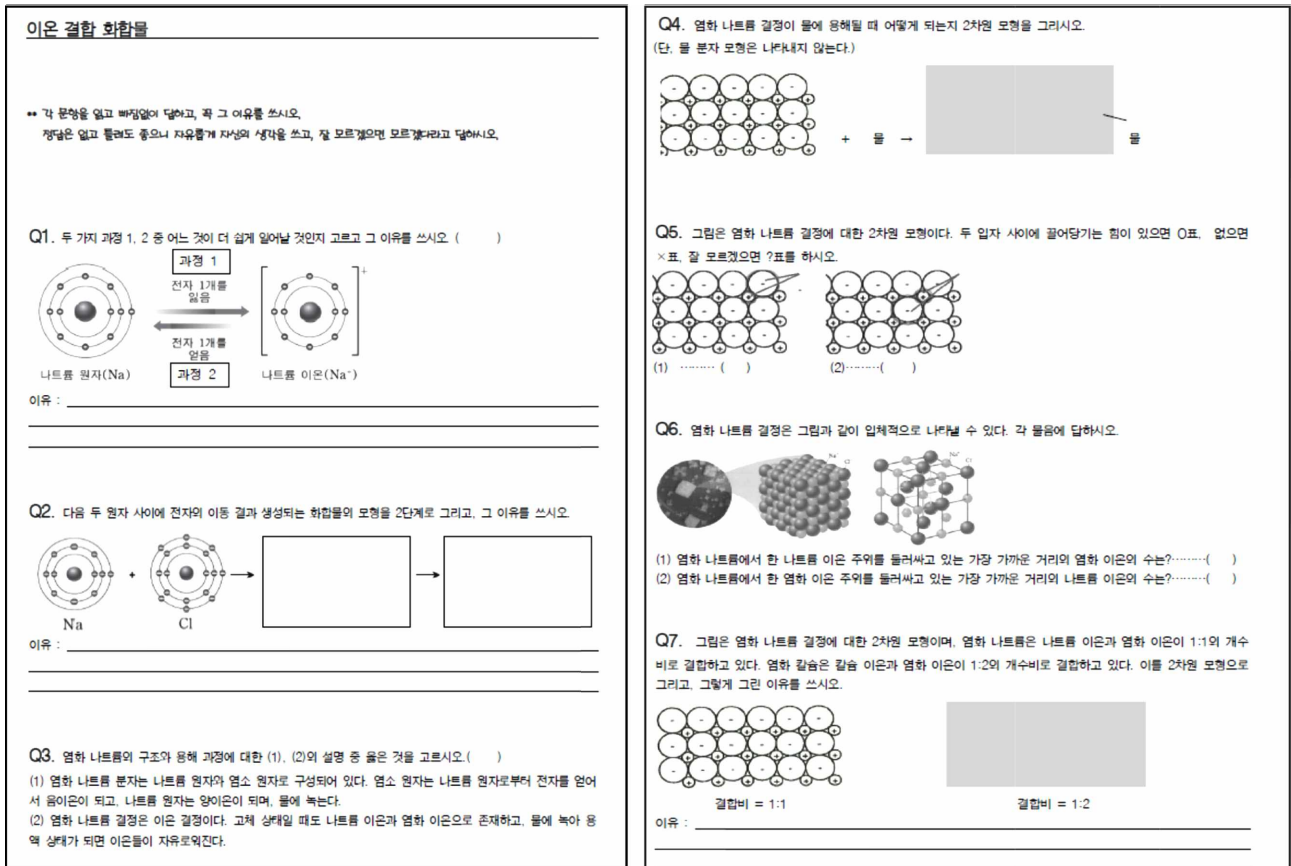


Figure 1. Questionnaire.

항을 푸는 데 시간 제한을 두지는 않았으나 보통 20-30분 정도 소요되었다. 분항의 신뢰도는 Cronbach's α 가 .728이었다.

연구 결과 및 논의

교과서 분석

중학교 과학2 「물질의 구성」 단원. 중학교 과학2 「물질의 구성」 단원에서 상위기준은 이온의 형성을 설명하고 이를 이온식과 모형으로 나타내며, 간단한 이온 화합물을 원소 기호로 나타낼 수 있도록 하는 것이다.³⁵ 교과서별로 분류 기준(Table 1)에 따라 ‘이온 화합물’의 설명 개념을 분석한 결과는 Table 2와 같다.

이온 화합물은 전기적으로 전하를 띤 이온들이 정전기적 인력에 의해 강하게 결합해 이루어진 물질이고, 양이온과 음이온이 일정한 결합비로 규칙적으로 배열되어 있다.³⁶ 교과서별로 이온 화합물의 설명 개념을 비교하면 Table 2에서 양이온과 음이온이 일정한 결합비로 전기적으로 결합한다고 설명한 경우는 2종이었고, 정전기적 인력이나 강한 결합, 규칙적 배열에 관한 설명을 포함하지 않은 경

우는 2종이었다. 이처럼 중학교 과학2는 이온 화합물에 대해 설명할 때 사용해야 하는 개념인 정전기적 인력, 강한 결합, 규칙적 배열, 결합비/개수비를 선택적으로 사용하면 시 실효하고 있다.

따라서 양이온과 음이온이 일정한 결합비로 결합한다고 설명한 교과서 6종 중에서 2종은 양이온과 음이온이 만나서 화합물을 이루며, 전체적으로 중성을 이루기 위해 일정 결합비를 이룬다고 생각할 수 있게 하고 있지만, 4종은 이온 화합물이 어떻게 형성되는지 모르는 상태에서 이온 화합물의 화학식과 결합비를 학습하게 하고 있다. 중학교 과학2의 경우 상위기준³⁴이 화합물의 종류나 정의에 대한 기준은 없고, 몇 가지 화합물을 원소 기호로 나타내게 하고 있어서 교과서별로 이온 화합물에 대한 설명 개념에 차이가 큰 것으로 보인다.

중학교 과학2에서 이온 화합물을 설명할 때 사용한 모형은 이온화 모형과 결정 모형이다.^{38,41} 교과서별 이온 화합물의 설명 모형을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 교과서 5종이 이온화 모형을 제시하고 있는데, 이 중 4종은 결정 모형을 함께 제시하여 결정이 물에 녹아 이온화되어 전류를 흐르게 함을 보여주었으나, 1종은 결정에 대한 설명이

Table 2. Analysis of scientific concept of ionic compound in Science2 「Composition of matter」

Scientific concept	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29
Electrostatic attraction					○		○		
Strong bond		○	○					○	
Regular arrangement	○		○	○					
Stoichiometric ratio	○				○	○	○	○	○

Table 3. Analysis of scientific model of ionic compound in Science2 「Composition of matter」

Model	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29
Ionization model	○	○	○					○	○
Crystal model	Space-filling model	○	○	○	○		○	○	○
	Ball and stick model	○					○		

나 모형 없이 이미 이온화되어 있는 모형만을 제시하였다.

Table 2와 Table 3에서 보면 중학교 과학2는 이온 화합물에 관해 설명할 때 대부분 공간 채움 모형이나 공 막대 모형의 결정 모형을 제시하였으나 설명 개념은 정전기적 인력, 강한 결합, 규칙적 배열, 결합비/개수비 중 몇 가지를 선택적으로 사용하여 설명하였다. 특히 정전기적 인력, 강한 결합, 규칙적 배열은 2~3종의 교과서만이 설명하였고, 결합비/개수비는 6종의 교과서가 설명하였다.

고등학교 화학I 「아름다운 분자 세계」 단원. 고등학교 화학I 「아름다운 분자 세계」 단원은 화학 결합에 대해 다룬다. 이 단원의 성취기준은 물과 용융 NaCl의 전기 분해 등을 통해 화학 결합의 전기적 성질을 설명하고, 옥텟 규칙으로 화학 결합을 설명할 수 있도록 제시하고 있다.³⁵ 교과서별로 공통으로 설명하고 있는 설명 내용을 분류하면 ‘이온 결합 형성’, ‘이온 결합 형성과 에너지’, ‘이온 결합 화합물의 구조’, ‘이온 결합 화합물의 성질’이다.

이러한 내용을 설명할 때 사용한 개념을 교과서별로 Table 1의 분류 기준에 따라 분석한 결과는 Table 4와 같다. ‘이온 결합 형성’에 대하여 교과서 3종이 이온 결합은 양 이온과 음이온 사이의 정전기적 인력에 의해 이루어진다고

설명하였다. 결합비에 대해서는 1종은 설명하지 않았고, 3종은 보충 설명이나 자료 형태로 간단히 설명하였다. ‘이온 결합 형성과 에너지’에 대하여 3종은 에너지가 가장 낮아 안정한 거리에서 결합한다고만 설명하였을 뿐, 안정화 에너지에 관하여는 설명하지 않았고, 교과서 1종만이 이온 결합 형성을 안정화 에너지 측면에서 설명하였다. ‘이온 결합 화합물의 구조’에서는 교과서 1종이 구조에 대해 설명하지 않았고, 2종이 NaCl의 3차원 결정 구조를 설명하였다. ‘이온 결합 화합물의 성질’에서는 교과서 2종이 녹는점, 부서짐, 용해/수화, 전기 전도성 4가지 성질 중 2~3 가지를 선택적으로 설명하였다.

고등학교 화학I 에서 이온 결합 화합물을 설명할 때 교과서별로 제시한 모형을 비교하면 Table 5와 같다. ‘이온 결합 형성’에서 모두 전자의 이동을 모형으로 제시하고, 전자가 이동하여 이온이 형성되고 이온 결합 화합물이 생성되었음을 표현하고 있으나, 정전기적 인력을 모형으로 표현한 것은 1종뿐이었다. ‘이온 결합 형성과 에너지’에서 모두 이온 간 거리와 퍼텐셜 에너지 곡선을 제시하였으나, 본-하버 사이클 모형을 제시한 것은 1종뿐이었다. ‘이온 화합물의 구조’에서 모두 염화 나트륨 결정의 공간 채움 모형을 제

Table 4. Analysis of scientific concept of ionic compound in Chemistry I 「Beautiful molecular world」

Contents	Scientific concept	H11	H12	H13	H14
Ionic bond formation	Electrostatic attraction	○	○		○
	Bond	○	○	○	○
	Stoichiometric ratio		△ ^a	△ ^a	△ ^a
Ionic bond formation and energy	Balance between attraction and repulsion	○	○	○	○
	Stabilization energy				○
Ionic compound structure	Regular arrangement		○	○	○
	Crystal structure		○		○
Ionic compound property	Melting point	○	○	○	○
	Crack	○	○		○
	Dissolution/hydration	○		○	○
	Electric conductivity	○	○		○

^aSupplementary explanation

Table 5. Analysis of scientific model of ionic compound in Chemistry I 「Beautiful molecular world」

Contents	Model	H11	H12	H13	H14
Ionic bond formation	Electron transfer model	○	○	○	○
	Electrostatic attraction model	○			
Ionic bond formation and energy	Inter-ionic distance and potential energy	○	○	○	○
	Born-Haber cycle				○
Ionic compound structure	Space-filling model	○	○	○	○
	Ball and stick model		○		
Ionic compound property	Melting point	○			○
	Crack	○	○		○
	Dissolution/hydration	○		○	
	Electric conductivity			○	

시하였으나, 공막대 모형을 제시한 것은 1종뿐이었다. ‘이온 화합물의 성질’에서는 모두 녹는점, 부서짐, 용해/수화, 전기 전도성 중 선택적으로 1~3 가지를 제시하였고, 4가지 성질에 관한 모형을 모두 제시한 교과서는 없었다.

Table 4와 Table 5에서 이온 결합을 설명할 때 사용한 설명 개념과 모형을 같이 살펴보면 ‘이온 결합 형성’에서 대부분 정전기적 인력에 의한 이온 결합을 설명하였지만 정전기적 인력을 모형으로 표현한 것은 1종뿐이었고, 정전기적 인력 설명이나 모형을 모두 제시하지 않은 교과서도 있었다. ‘이온 결합 형성과 에너지’에서 본-하버 사이클에 대해 설명하고 모형을 제시한 것은 1종뿐이었다. ‘이온 화합물의 구조’에서는 모두 공간 채움 모형을 제시하였지만 결정 구조에 대한 설명을 같이 한 것은 2종이었다. ‘이온 화합물의 성질’에서는 개념과 모형을 함께 제시한 것이 1종뿐이었다. 이처럼 이온 화합물을 다룰 때 설명만 하고 모형으로 표현하지 않거나 모형만 제시하고 설명을 하지 않은 경우가 많았다.

고등학교 화학II 「다양한 모습의 물질」 단원. 고등학교 화학II 「다양한 모습의 물질」 단원은 고체의 종류를 다룬다. 이 단원의 성취기준은 고체의 종류를 설명하고, 금속의 결합 특성과 결정 구조를 설명할 수 있게 하고 있다³⁵. ‘이온 결정의 성질’, ‘이온 결정의 구조’를 설명할 때 사용한 개념을 분류 기준(Table 1)에 따라 비교하면 Table 6과 같다.

교과서 4종이 ‘이온 결정의 성질’을 설명할 때 이온 간의

전기적 결합으로 인해 녹는점이 높다는 것을 공통적으로 설명하였으나 부서짐에 관해서는 2종이 설명하였다. 전기 전도성에 관해서는 1종만이 설명하였고, 용해/수화에 대해서는 4종 모두 설명하지 않았다. ‘이온 결정의 구조’에서 2종은 금속 결정을 예로 들었고, 이온 결정을 직접 예로 들어 설명한 것은 1종, 결정성 고체 구조 중에서 이온 입자로 될 수 있다고 간접적으로 설명한 것은 1종이었다. ‘이온 화합물의 성질’은 화학I에서 다루므로 화학II에서는 선택적으로 녹는점과 부서짐 위주로 설명하였는데 화학I에서 학습하지 않은 개념(용해/수화)은 후속 학습인 화학II에서 학습하지 못할 수도 있게 된다.

이온 결정을 설명할 때 교과서별로 제시한 모형을 비교하면 Table 7과 같다. ‘이온 결정의 성질’에서는 교과서 2종이 부서짐에 관한 모형을, 1종이 전기 전도성에 관한 모형을 제시하였다. 교과서 4종 모두 녹는점 모형이나 용해/수화 모형은 제시하지 않고 있다. ‘이온 결정의 구조’에서는 교과서 3종이 이온 결정격자 모형을 제시하였고, 2종이 단위격자/세포 모형을 제시하였다.

Table 6과 Table 7을 보면 ‘이온 결정의 구조’에서 이온 결정의 모형을 제시한 것은 3종이지만, 설명까지 함께 제시한 것은 1종뿐이었다. 이온 결정의 단위격자 모형을 설명과 함께 제시한 것은 2종이었다.

그러나 고체의 결정 구조를 설명할 때 단위격자 구조가 면심 입방인 구조에서 이온 결정을 직접 예로 들어 설명하며 모형을 제시한 것은 1종뿐이었다. 또 다른 1종은 결정

Table 6. Analysis of scientific concept of ionic crystal in Chemistry II 「Diversified appearance of matter」

Contents	Scientific concept	H21	H22	H23	H24
Ionic crystal property	Melting point	○	○	○	○
	Crack		○	○	
	Dissolution/hydration				
	Electric conductivity			○	
Ionic crystal structure	Ionic crystal			○	
	Unit cell	○		○	○

Table 7. Analysis of scientific model of ionic crystal in Chemistry II 「Diversified appearance of matter」

Contents	Model	H21	H22	H23	H24
Ionic crystal property	Melting point				
	Crack		○	○	
	Dissolution/hydration				
Ionic crystal structure	Electric conductivity	○			
	Crystal model	○	○	○	
	Unit cell			○	○

Table 8. Analysis of questionnaire

(unit: %)

No	Contents	Question Type	Correct answer			
			Middle 2nd	High 1st	High 2nd	High 3rd
Q1	Ion formation and energy	Choice	20.5	22.0	8.0	18.0
		Explanation	11.4	18.0	6.0	8.0
Q2	Ionic bond formation process	Model	9.1	6.0	36.0	44.0
		Explanation	2.3	0.0	12.0	34.0
Q3	Dissolution process of NaCl	Choice	45.5	36.0	32.0	84.0
Q4	Dissolution model of NaCl	Model	34.1	36.0	54.0	86.0
Q5	2-Dimensional model of NaCl crystal	Choice	70.5	36.0	80.0	90.0
		Choice	68.2	24.0	66.0	86.0
Q6	2-Dimensional model of NaCl crystal	Choice	27.3	14.0	32.0	76.0
		Choice	9.1	12.0	32.0	78.0
Q7	Stoichiometric ratio and model of CaCl ₂ crystal	Model	20.5	6.0	16.0	28.0
		Explanation	45.5	16.0	24.0	38.0

성 고체 중에는 이온 입자로 형성된 것도 있다고 간접적으로 설명하였으나 모형으로 표현하지 않았다. 2종은 이온 결정의 부서짐을 설명할 때 이온 결정 모형을 표현하였을 뿐, 고체의 결정 구조는 언급하지 않았다.

고등학교 화학II에서 성취기준³⁵은 고체의 종류, 금속의 결합 특성 및 결정 구조를 설명하게 하는 것으로 모두 고체의 종류를 4가지로 분류하여 설명하였지만 결정 구조는 금속에 한하여 설명하는 것으로 해석할 수도 있어 교과서마다 ‘이온 결정의 구조’에 대해 다루는 내용에 차이가 있었던 것으로 보인다.

학생 설문 분석: 학생 설문 검사 결과 문항별 정답률은 Table 8과 같다. 10점 만점 중 평균은 중학교 2학년 2.9점, 고등학교 1학년 2.0점, 고등학교 2학년 3.2점, 고등학교 3학년 5.2점으로 고등학교 1학년에서 가장 낮았고, 고등학교 3학년에서 가장 높게 나타났다.

문항 Q1은 ‘이온 형성과 에너지’에 관한 문항으로 고등학교 화학I에서 이온화 에너지를 배운 후라면 옳게 답할 수 있는 문항이었으나 화학I을 학습한 고등학교 2, 3학년에서 정답률이 각각 8.0%, 18.0%로 오히려 중학교 2학년, 고등학교 1학년에서의 20.5%, 22.0%보다 낮았다. Q1과 같이 응답한 이유에 대해서는 이온화 에너지에 대하여 화학I에서 배웠음에도 불구하고, 옥텟 규칙에 근거하여 이온화

되는 과정이 더 쉽게 일어날 것이라고 설명한 유형이 많았다. 옥텟 규칙에 대해 배우지 않은 중학교 2학년, 고등학교 1학년의 경우 오히려 전자를 잃고 이온이 생기기보다는 원자 상태가 더 안정하다거나 나트륨 이온이 양이온이므로 전자를 만나는 것이 쉬울 것이라고 설명하여 정답률이 더 높았다.

문항 Q2는 ‘이온 결합의 형성 과정’에 관한 문항으로 응답 유형별 모형의 대표적인 예와 응답률은 Table 9와 같다. 문항 Q2는 고등학교 화학I에서 화학 결합의 종류에 대해 배운 후에 답할 수 있는 문항으로 고등학교 2~3학년에서 정답률이 높았다. 이온 결합을 형성하는 과정의 2단계 모형을 모두 정확하게 표현한 유형은 9.1%~44.0%로 정답률이 높지 않았고, 전자의 이동으로 이온이 형성되는 1단계만 옳게 표현한 유형이 20.5%~32.0%이었다. 나트륨 원자와 염소 원자로부터 직접 전자의 이동이 있어 결합한다고 표현하였거나 잘 몰라서 2단계 모두 옳지 않게 표현한 유형이 중학교 2학년과 고등학교 1학년에서 많았고, 이온 결합이 형성될 때 원자 자체가 변하는 것으로 잘못 표현한 경우도 있었다. 이와 같이 답한 이유를 이온 간의 정전기적 인력에 의한 결합임을 명확하게 설명한 경우는 34.0% 이내로 모형으로 표현하기(44.0% 이내)보다 더 낮은 정답률을 나타내었다. 또한 4.5%~12.0%의 학생은 전자의 이동

Table 9. Answer types for Q2 (unit: %)

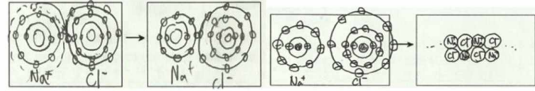
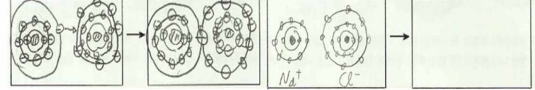
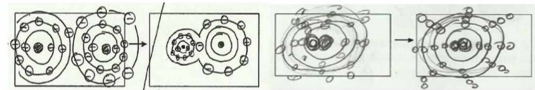
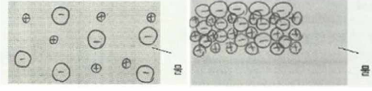
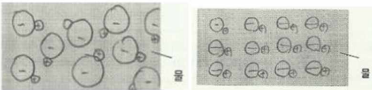
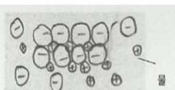
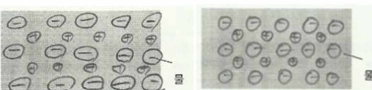
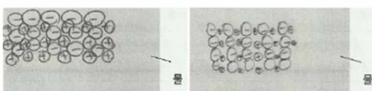


Type	Model	Answer			
		Middle 2nd	High 1st	High 2nd	High 3rd
1. 2-Step correct		9.1	6.0	36.0	44.0
2. Only 1-step correct		20.5	26.0	24.0	32.0
3. Wrong		70.4	68.0	40.0	24.0

Table 10. Answer types for Q4 (unit: %)

Type	Model	Answer			
		Middle 2nd	High 1st	High 2nd	High 3rd
1. Completely dissociation		34.1	36.0	54.0	86.0
2. Dissociation into cation and anion		13.6	4.0	8.0	4.0
3. Partially dissociation		2.3	0	0	0
4. Loosen		6.8	2.0	4.0	0
5. Remain		25.0	2.0	0	0
6. Nothing		4.5	4.0	2.0	0
7. Separation into two poles		2.3	0	0	0
8. No answer		11.4	52.0	32.0	10.0

으로 직접 이온 결합이 형성된다고 하였고, 6.0%-12.0%의 학생은 이온이 결합하여 분자가 형성된다고 하여 이온이 형성된 후 이온 결합을 형성하는 과정을 공유 결합과 혼동하고 있었다. 30.0%-40.9%의 학생들은 글로 설명하기가 어려워하였다.

분항 Q3, Q4는 각각 ‘연화 나트륨의 용해 과정’과 ‘연화

나트륨의 용해 모형’에 관한 분항으로 다른 분항들에 비해 비교적 정답률이 높았다. Q4 응답 유형별 모형의 대표적인 예와 응답률은 Table 10과 같다. 연화 나트륨의 용해 모형에 대하여는 해리되지 않는다거나 ‘양이온! 음이온’으로 해리된다거나 녹아서 없어진다’ 등의 다양한 유형의 오개념을 보였다.

분항 Q5는 ‘염화 나트륨 결정의 2차원 모형’에 관한 분항으로 중학교 2학년과 고등학교 2, 3학년의 대부분(66.0%~90%)과 고등학교 1학년의 24.0%~36.0%는 이웃하는 모든 이온 사이에 끌어당기는 힘이 있다고 응답하였다. 교과서 내용 분석 결과, 교과서 9종 중 8종이 3차원의 이온 결정 모형을 제시하였으므로 2차원 모형을 통해 염화 나트륨 결정을 표현한 경우 많은 수의 염화 나트륨이 보인 것으로 생각하는 오개념은 적었지만, 학생 중의 2.0%~18.2%는 이온 사이에 인력이 작용하지 않는다고 응답하였고, 8.0%~66.0%는 모른다고 응답하였다.

분항 Q6은 ‘염화 나트륨 결정의 3차원 구조’에 관한 분항으로 두 가지의 결정 모형(공간 채움 모형, 공 막대 모형)을 모두 제시하였으므로 입화 이온은 여섯 개의 나트륨 이온으로 둘러싸여 있고, 각 나트륨 이온은 여섯 개의 염화 이온으로 둘러싸여 있음을 쉽게 알 수는 있다. 교과서 내용 분석 결과, 중학교 과학2 교과서 8종, 화학1 교과서 4종의 교과서가 염화 나트륨의 결정 모형을 제시하였으므로 분항에 제시한 모형을 보고 답할 수 있었으나 중학교 2학년~고등학교 2학년까지는 무 응답률이 높았다.

분항 Q7은 ‘염화 칼슘 결정의 결합비와 모형’에 관한 분

항으로 전체적으로 정답률이 낮았다. Q7 응답 유형별 모형의 대표적인 예는 Table 11과 같다.

‘칼슘 이온: 염화 이온의 개수비=1:2’임을 고려하여 염화 칼슘의 2차원 모형을 잘 표현한 유형1과 유형2는 6.0%~28.0%로 낮았다. 양이온과 음이온의 결합비율 반대로 생각하여 ‘칼슘 이온: 염화 이온의 개수비=2:1’로 표현한 유형3과 유형4도 있었으며(6.0%~18.1%), ‘칼슘 이온: 염화 이온의 개수비=1:1’로 표현한 유형5도 적지 않았다(2.0%~22.7%). 결정 전체 모형은 표현하지 못하고, 양이온과 음이온의 개수비만 고려하여 단위 입사만 표현한 유형 6과 유형7도 있었다(10.0%~22.0%). 전체적으로 모른다고 응답한 유형이 가장 많았고, 고등학교 1학년에서 중학교 2학년보다 더 낮은 정답률(정답 6%, 모른 76.0%)을 보였다.

이와 같이 답한 이유에 대한 응답률은 Table 12와 같다. 모른다고 응답한 경우가 29.5%~82.0%로 많았으나 ‘칼슘 이온: 염화 이온의 개수비=1:2’이기 때문이라고 옳게 응답한 유형(16.0%~45.5%)은 앞서 염화 칼슘 결정 모형을 정확하게 표현한 유형(6.0%~28.0%)보다 많았다. 이 결과는 ‘칼슘 이온: 염화 이온의 개수비=1:2’임을 알고 있지만 모형으로 표현하는 것에는 어려움이 있었던 것으로 해석된다.

Table 11. Answer types for Q7

(unit: %)




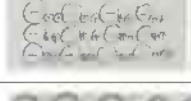



Type	Model	Answer			
		Middle 2nd	High 1st	High 2nd	High 3rd
1. $\text{Ca}^{2+} : \text{Cl}^- 1:2$ Consideration of repulsion		2.3	2.0	6.0	12.0
2. $\text{Ca}^{2+} : \text{Cl}^- 1:2$ No consideration of repulsion		18.2	4.0	10.0	16.0
3. $\text{Ca}^{2+} : \text{Cl}^- 2:1$ Consideration of repulsion		4.5	4.0	0	8.0
4. $\text{Ca}^{2+} : \text{Cl}^- 2:1$ No consideration of repulsion		13.6	2.0	0	4.0
5. $\text{Ca}^{2+} : \text{Cl}^- 1:1$ Consideration of repulsion		22.7	2.0	16.0	12.0
6. $\text{Ca}^{2+} : \text{Cl}^- 1:2$ Only CaCl_2 unit		11.4	6.0	14.0	6.0
7. Only Unit $\text{Ca}^{2+} : \text{Cl}^- 2:1$		4.5	4.0	8.0	0
8. No answer		22.8	76.0	46.0	42.0

Table 12. Reason types for Q7 Answer

(unit: %)

Type	Answer			
	Middle 2nd	High 1st	High 2nd	High 3rd
1. $\text{Ca}^{2+} : \text{Cl}^- = 1:2$	45.5	16.0	24.0	38.0
2. $\text{Ca}^{2+} : \text{Cl}^- = 2:1$	18.2	0	2.0	0
3. Repulsion between cation and anion	0	2.0	2.0	2.0
4. Etc	6.8	0	4.0	2.0
5. No answer	29.5	82.0	68.0	58.0

이는 이온화식을 표현할 때 양이온과 음이온의 비가 1:1이 아닌 경우 어려워한다⁶는 선행 연구 결과와도 일치한다. 또한 칼슘 이온의 개수가 염화 이온보다 더 많은 것으로 결합비를 잘못 이해한 유형도 중학교 2학년의 경우에 18.2%로 높았다. 이는 중학교 2학년에서 이온 화합물에 대해 정확히 이해하지 못한 채 이온의 전하량이나 결합비에 대해 학습한 결과 잘못 이해한 경우가 많았던 것으로 해석된다.

결론 및 제언

이 연구에서는 이전 교육과정에 비해 2009 개정 교육과정에서 학습 내용이 크게 줄어든 이온 화합물의 설명 개념과 모형에 대해 분석하고, 설문 검사지를 제작하여 학생들이 이온 화합물에 대해 어떻게 이해하고 있는지 조사하였다.

이온 화합물의 교과서 내용을 분석한 결과, 중학교 과학 2, 고등학교 화학I과 화학II 교과서에서 이온 화합물을 설명할 때 사용한 개념은 교과서별로 차이가 있었고, 설명해야 할 개념들 중 몇 가지 개념들을 선택적으로 제시하고 있었다. 또한 이온 화합물을 설명하면서 제시하는 모형도 교과서별로 차이가 있었고, 설명 개념을 함께 제시한 경우도 있었지만 설명 없이 모형만 제시하거나 설명만 하고 모형은 제시하지 않은 경우도 있었다. 이로부터 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 교과서별 설명 개념과 모형 제시의 차이는 성취기준이 구체적이지 않은 경우 더 크게 나타났다. 즉, 중학교 과학2에서 이온 화합물의 정의에 대한 성취기준은 없고 화합물을 원소 기호를 사용하여 나타내도록 하고 있어 이온 화합물을 설명할 때 교과서마다 정전기적 인력, 강한 결합, 규칙적 배열, 결합비를 선택적으로 설명하였다. 고등학교 화학II에서도 성취기준이 금속의 결정 구조만을 설명하도록 하여³⁴ 교과서마다 이온의 결정 구조를 선택적으로 설명하였다.

둘째, 학년별로 동일한 개념을 다루게 될 때 후속 학습에서는 학습 개념이 반복되지 않도록 선수 학습 내용을 선택적으로 다루고 있어서 학년별로 설명개념이 연속되지 않고 단절될 수 있다. 또한 선수 학습에서 설명개념과 모형을 선택적으로 제시한 경우 후속 학습에서 누락이 있을 수

있다. 즉, 중학교 과학2에서 다른 ‘결합비’의 내용은 후속 학습인 화학I에서는 선택적으로 다루어졌고, 화학I에서 다루었던 ‘이온 결합 화합물의 성질’은 화학II에서는 선택적으로 ‘녹는점과 부서짐’만 다루고 있다. 따라서 중학교에서 학습 경험이 없는 경우 후속 학습에서 곤란을 겪을 수도 있다.⁹

다음으로 중학교 2학년, 고등학교 1~3학년 학생들이 이온 화합물에 대한 학습을 한 후 관련 문항에서 어떻게 설명하고 표현하는지를 조사 분석한 결과, 학년별로 약간의 차이가 있으나 염화 나트륨 용해 과정(Q3)과 모형(Q4), 염화 나트륨 결정의 2차원 모형(Q5)에 관한 이해도는 높은 반면 이온의 형성과 에너지(Q1), 이온 결합의 형성 과정(Q2), 염화 나트륨 결정의 3차원 모형(Q6), 염화 칼슘 결정의 결합비와 모형(Q7)에 관해서는 어려워하는 것으로 나타났다.

‘이온 화합물의 형성’에 대해서는 전자를 주고받아 이온 결합한다거나 서로 반대의 전하를 띤 이온이 만나 형성하는 화합물도 분자로 된 공유 결합 화합물이라고 잘못 이해하고 있는 경우가 있었다. 따라서 이온 화합물을 전자의 이동과 함께 설명할 때 분자로 된 화합물과의 차이를 명확히 해야 할 것으로 보인다. ‘이온 화합물의 용해’ 과정에 대해서는 학생들의 이해도가 높은 편이었으나 일부 학생들은 해리되지 않는다거나 ‘양이온+음이온’의 상태로 해리된다는 등의 다양한 유형의 오개념을 가지고 있었다. 따라서 이러한 오개념을 줄이기 위해서는 우선 과학적 개념을 정확히 이해시키고 추상적인 텍스트뿐만 아니라 다양한 모형 제시를 통해 명확한 개념 형성을 도와주어야 할 것이다. 또한 ‘이온 화합물의 모형과 결합비’에서 염화 나트륨 한 가지 모형만을 제시하기보다는 다양한 유형의 모형을 제시하고, 염화 칼슘과 같이 양이온과 음이온의 결합비가 1:2인 다른 결정의 모형을 함께 제시한다면 학생들은 양이온과 음이온의 결합비를 좀 더 쉽게 이해할 수 있을 것이다. 이러한 학생 응답 유형을 종합하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 문항 전체에서 학년이 증가할수록 정답률이 높아지는 편이었으나 고등학교 1학년의 경우는 중학교 2학년의 경우보다 정답률과 평균이 낮았고, 고등학교 3학년에서는 정답률이 높았다. 고등학교 1학년은 2009 개정 교육과정

상 고등학교 과학에서 이온 화합물 관련 내용을 학습하지 않았다. 이 결과는 중학교 2학년에서 이온과 이온식을 처음 학습하고 고등학교 1학년에서 후속으로 학습하지 않아 이온 화합물을 학습한 직후인 중학교 2학년보다 고등학교 1학년에서 이해 수준이 상당히 낮은 것으로 볼 수 있다. 즉, 화학 학습의 연계성 측면에서 이온에 관련된 내용이 잘 연계되지 못하고 있으며, 고등학교 1학년에서 배우는 과학에서 이 내용이 추가되어야 할 필요가 있음을 보여주는 예라 할 수 있다.²⁸

둘째, 고등학교 2학년, 3학년에서는 화학I, 화학II를 선택하여 화학 결합 물질로서의 이온 결합 화합물을 구체적으로 학습하게 됨에 따라 이온 결합 화합물에 대한 과학적 개념을 형성하게 됨을 알 수 있다. 그러나 학생들은 이온 결합 화합물에 대해 다양한 개념을 가지고 설명하고 있었고 많은 경우 글로 설명하거나 모형으로 표현하는 것에 어려움을 느끼고 있었다. 따라서 이온 결합 화합물의 과학적 개념을 가르칠 때 추상적인 텍스트와 한두 가지의 모형만을 제시하기보다는 다양한 모형을 설명과 함께 제시하고, 학생들이 직접 그려보거나 설명할 수 있도록 하는 학습 방법이 필요할 것으로 보인다.^{4,15-18}

본 연구의 결과와 관련하여 몇 가지 제언을 하면 다음과 같다. 중학교 과학2에서 화합물에 대한 성취기준은 없고, 화합물을 원소 기호를 사용하여 나타내게 하고 있어 이온으로 된 화합물에 대한 설명이 교과서별로 크게 달랐다. 일부 교과서가 이온으로 된 화합물에 대한 설명을 도입한 경우는 이온식, 화합물에서의 결합비를 설명하는 것이 후속 학습인 화학 반응식과의 연계성 측면에서 필요하다고 판단했기 때문일 것이다. 이 경우 이온 화합물의 형성과정질을 설명할 때 중학교 2학년 학생 수준에서 어려운 개념이더라도 우리 주위의 화합물 중 전자가 이동하여 생긴 이온들이 결합하여 형성되는 이온 화합물이 있다는 것을 소개하고,²³ 이온의 형성, 정전기적 인력, 이온 간의 강한 결합, 이온 결정의 규칙적인 배열과 결합비의 개념을 사용하여 정확히 설명³해야 한다. 그러나 중학교 2학년 학생 수준에서 이온 결합 개념을 이해하기 어렵고, 3학년 과정을 시작할 때 이 내용을 기억하고 있기도 어려우므로^{7,33} 현행 성취기준에서처럼 중학교 2학년 과정에서 이온 화합물에 대해 다루지 않는 것이 바람직하다면 이온 화합물을 의미할 수도 있는 내용의 성취기준-화합물을 원소 기호로 나타내기도 제시하지 않고 3학년 과정에서 이온 화합물을 학습하게 하는 것이 바람직할 것이다.

또한 학생들은 이온 화합물에 대해 글로 설명하거나 모형으로 표현하는 것에 어려움을 느끼고 있으므로 이온 화합물 개념의 명확한 이해를 위해서는 중학교 과학2에서 처음 이온 화합물을 다룰 때 일부 교과서가 아니라 교과서

전체에서 정전기적 인력, 강한 결합, 규칙적 배열, 결합비와 같은 과학적 개념을 명확하게 제시해야 한다. 또한 설명 개념을 명확하게 하기 위해 모형을 제공할 때는 다양한 형태의 모형을 제공하고 설명을 함께 제시해야 한다. 끝으로 이온 화합물과 같은 추상적 개념의 이해를 돕기 위해서는 학생들이 직접 그려보거나 설명할 수 있도록 하는 다양한 학습 방법을 제시할 필요가 있다.

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

REFERENCES

- Nakhleh, M. B.; Samarapungavan, A.; Saglam, Y. *Journal of Research in Science Teaching* **2005**, *42*, 581.
- Teichert, M. A.; Tien, L. T.; Anthony, S.; Rickey, D. *International Journal of Science Education* **2008**, *30*, 1095.
- Barke, H. D.; Hazari, A.; Yitbarek, S. *Misconceptions in Chemistry Addressing Perceptions in Chemical Education*; Springer: **2009**, 21.
- Taber, K. S. *EducacioQuimicaEduQnumero 4* **2009**, 13.
- Yoon, H. J.; Lee, Y. H. *Journal of the Korean Chemical Society* **2014**, *58*, 580.
- Yoon, H. J.; Lee, Y. H.; Kim Y. S. *Journal of the Korean Chemical Society*, **2015**, *59*, 499.
- Shin, S. H.; Park, H. J.; Yang, K. U. *Journal of the Korean Chemical Society*, **2016**, *60*, 48.
- Treagust, D. F.; Chittleborough, G.; Mamiala, T. L. *International Journal of Science Education* **2003**, *25*, 1353-1368.
- Kang, S. H.; Cho, S. A. *Journal of the Korean Chemical Society* **1999**, *43*, 707.
- Johnstone, A. H. *School Science Review* **1982**, *64*, 377.
- Taber, Keith S. *Chemical Misconceptions-prevention, diagnosis and cure Volume II*, Royal Society Chemistry: 2002.
- Kang, N. H.; Lee, E. M. *Journal of Korea Association Science Education* **2013**, *33*, 132.
- Yun, E. J.; Park, Y. B. *Journal of Korea Association Science Education* **2013**, *33*, 735.
- Ju, H. M., *Korea Textbook Research Foundation*, International Textbook Symposium; Seoul Museum of history: Seoul, October 2015.
- Ministry of Education and Science Technology. *Science Curriculum*, **2011**, No 2011-361.
- Seo, J. H.; Chung, J. I.; Han, J. Y. Paik, S. H.; Dong, H. K.; Kim, Y. J. *Educational Research*, **2010**, *49*, 5.
- Jo, K. H.; Song, J. W. *Teacher Education Research*, **2012**, *51*, 259.
- Lee, G. H. *Journal of Korean Earth Science Society*, **2011**, *32*, 687.
- Go, H. S.; Kim, K. E.; Paik, S. H. *Journal of the Korean Chemical Society* **2012**, *56*, 739.
- Kim, S. H.; Lee, E. S.; Paik, S. H. *Journal of Korea Association Science Education*, **2008**, *28*, 291.

21. Park, J. S.; Cho, H. H. *Journal of Korea Association Science Education* **1986**, *6*, 35.
22. Ministry of Education. Science Curriculum, **1997**, No 1997-15.
23. Ministry of Education and Human Resources Development. Science Curriculum, **2007**, No 2007-79.
24. Kang, S. H.; Bang, D. I.; Kim, S. J. *Journal of the Korean Chemical Society* **2012**, *56*, 739.
25. Whang, I. S.; Eom, K. H. *Journal of Research in Curriculum Instruction*, **2006**, *10*, 1.
26. Han, Y. H.; Kang, D. H.; Yang, I.H.; Paik, S. H.; Park, K. T. *Journal of the Korean Chemical Society* **1999**, *43*, 340.
27. Chun, H. J. A Comparative Study on the Approaches 'Ion' Concept in Science Textbooks by National Curriculum Changes, Master Dissertation, Chosun University, Gwangju, Korea, February, 2012.
28. Lee, S. J. A content analysis on the part of ion & electrolyte in science3 textbook of 2007 revised curriculum, Master Dissertation, KookMin University, Seoul, Korea, January, 2013.
29. An, M. K.; Son, Y. A.; Kim, D. R. *Secondary Education Research*. **2013**, *61*, 871.
30. Lee, S. Y. Comparative Analysis of Connectivity between the Chemistry Part to Middle School Science and High School Chemistry in 2009 Revision Curriculum, Master Dissertation, Kongju National University, Gongju, Korea, December, 2013.
31. Dong, H. K.; Kim, H. K.; Lee, I. H.; Kwon, K. P.; Lee, G. H. 68th conference, July, 2015, Korea Association Science Education, KAIST IT Convergence Campus, Daejeon.
32. Kwon, H. S. *Chemical Education*, **2008**, *35*, 31.
33. Jung, J. Y. An Analysis on the Level of Cognitive Demand Degree for Evaluation Questions about the Section of 'the Characteristics of Materials' and 'Electrolyte and Ion' in the Science 3 Textbook for the 2nd Grade of Middle School, Master Dissertation, Ewha Womans University, Seoul, Korea, December, 2012.
34. Ministry of Education and Science Technology. catalog of textbook 2014-1. 2012.
35. Ministry of Education and Science Technology. 2009 Revised Curriculum standard of accomplishment. 2012.
36. Davis, A. H.; Challoner, J.; Bumie, D.; Dinwiddie, R.; Harvey, D.; Hughes, D.; Sparrow, G.; Stotte, C.; Weeks, M. *SCIENCE: The Definitive Visual Guide. Hard cover*: DK (Dorling Kindersley) Publishing: 2012.
37. Atkins, P.; Jones, L. *Chemical Principles: The Quest for Insight, 5th edition*. W. H. Freeman and Company: 2012.
38. McMurry, J. E.; Fay, R. C. *Chemistry. 6th edition*; PEARSON: 2012.
39. Oxtoby, D. W.; Gillis, H. P.; Campion, A. *Principles Modern Chemistry. 7th edition*; CENGAGE Learning: 2012.
40. Masterton, W. L.; Hurley, C. N. *Chemistry: Principles and Reactions. 6th edition*; CENGAGE Learning: 2009.
41. Moore, J. W., Stanitski, C. L.; Jurs, P. C. *Principles of Chemistry: The Molecular Science, Brooks/Cole*; CENGAGE Learning: 2010.
42. Raymond C.; Overby, J. *General Chemistry: The Essential Concepts, 6th edition*; The McGrawHill Companies: 2010.
43. Zumdahl, S. S.; Zumdahl, S. A. *Chemistry. 8th edition*, CENGAGE Learning. 2010.
44. Houghton, H. O. *Houghton Mifflin Science, Grade 6*, Mifflin, G. ed.: Houghton Mifflin Harcourt (HMH): 2007.