

전해질과 이온 개념에 대한 중학생들의 개념변화 유형

신성희 · 박현주^{*,*} · 양기열^{*}

경상대학교 화학교육과

^{*}조선대학교 화학교육과

(접수 2015. 7. 28; 게재확정 2015. 11. 10)

Types of Middle School Students' Conceptual Change on the Concept of Electrolyte and Ion

Sung-Hee Shin, Hyun Ju Park^{*,*}, and Kiyull Yang^{*}

Department of Chemistry Education, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea.

^{*}E-mail: kyang@gnu.ac.kr

[†]Department of Chemistry Education, Chosun University, Gwangju 61452, Korea.

^{*}E-mail: hjapark@chosun.ac.kr

(Received July 28, 2015; Accepted November 10, 2015)

요 약. 이 연구는 중학생들의 전해질과 이온 개념에서 나타나는 개념 변화 유형을 조사한 것이다. 자료수집은 9학년 학생들을 대상으로 전해질과 이온 수업 전후의 개념을 조사하고, 9명의 학생들을 대상으로 반구조화된 면담을 통해 이루어졌다. 면담내용을 모두 녹음하고 전사하였으며, 그리고 학생들의 응답을 유형별로 분류하였다. 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 이온의 개념 변화 유형은 단순한 개념에서 정교화된 개념, 불완전한 개념에서 과학적 개념, 오개념에서 혼동된 개념, 오개념에서 오개념 등의 4가지로 분류되었다. 많은 학생들이 수업 전후 이온 개념 형성에 어려움을 겪고 있으며, 원자와 원자의 구성입자를 정확하게 구별하지 못하고 있었다. 둘째, 전해질 개념 변화 유형은 부분적 과학 개념에서 정교화된 개념, 오개념에서 부분적 오개념, 불완전한 개념에서 불완전한 개념, 오개념에서 오개념 등의 4가지로 분류되었다. 또한 다수의 학생들은 전해질과 비전해질의 차이점을 구분하는 것을 어려워하였다. 셋째, 연구 단원인 전해질과 이온은 교육과정에 따라 9학년 2학기에 편성되어 있고, 진학을 위한 내신성적 산출 등 바쁜 시기의 학습으로 학생들이 입자 개념 형성에 더욱 곤란을 겪고 있음을 알 수 있었다. 연구 결과를 바탕으로 학생들이 입자의 과학적 개념을 변화시킬 수 있는 교수전략을 제시하였다.

주제어: 입자, 원자, 이온, 전해질, 개념 변화

ABSTRACT. This study was to investigate the types of middle school students' conceptual change on electrolyte and ion. Data were collected by pre- and post- exams of 9th grade students' conceptions of electrolyte and ion, and by semi-structured interviews with nine students served as case representatives who participated in the study. All interviews were transcribed, analyzed and classified by conceptual change according to the responses of the students. The results are as follows: First, students' ion conceptual change was classified into four types: simple conception to sophisticated conception, incomplete conception to scientific conception, misconception to confused conception, and misconception to misconception. Most students had difficulty in understanding of the concepts of ion in pre- and post-class, and they failed to distinguish between atom and subatomic particles precisely. Second, students' conceptual change of electrolyte was also classified into the following four types: partially scientific conception to sophisticated conception, misconception to partial misconception, incomplete conception to incomplete conception and misconception to misconception. The study found that students had difficulty distinguishing the difference between electrolytes and nonelectrolytes. Third, students also had difficulty understanding the concepts on particles because they learned the 'electrolyte and ion' unit so quickly in the second semester of 9th grade in order to fill in the academic reports for applying high schools. Furthermore, some suggestions were made based on the results for understanding scientific concepts on particles.

Key words: Particles, Atom, Ion, Electrolyte, Conceptual change

서론

물질의 입자성은 화학의 기본적인 개념이며 입자성에 대한 이해는 화학 개념을 학습하는데 필수적이다.¹⁻³ 입자의 역학적 행동을 이해하지 못하는 학생들은 화학 개념을 구성하지 못하거나 기계적인 암기에 의존하게 된다.⁴

과학에 대한 인식을 조사한 연구결과에 따르면, 중학교에서 고등학교의 상급학교로 갈수록 화학이 어렵다고 인식하는 학생들이 증가하는데,^{5,6} 그 이유 중 하나는 학생들이 입자적 관점을 이해하지 못하기 때문이다.^{7,8} 학생들이 입자적 관점을 형성하지 못하는 이유는 다음과 같이 정리할 수 있다. 첫째, 중학생들이 입자 개념을 이해하기 위해 필요한 Piaget의 인지발달 수준에 도달하지 못했기 때문이다.^{9,10} Piaget 인지발달 이론에 따르면 형식적 사고 수준에 도달하지 못하면 추상적 사고를 하는데 어려움을 겪게 된다.¹¹ 추상적 사고를 하지 못하면 8학년 교육과정인 '물질의 구성'과 '우리 주위의 화합물'에 대한 학습부터 9학년 '전해질과 이온' 단원의 학습까지 곤란이 지속되는 원인으로 작용하게 된다. 둘째, 교과서에 제시된 내용의 명확성이 부족하기 때문이다.¹² 원자와 원소에 대한 학생과 교사의 인식을 조사한 연구에 따르면 교과서에 서술되어 있는 원자, 원소의 정의가 모호하고, 대부분의 교과서가 과학사적 관점에서 원자, 원소의 정의를 서술하고 있다.¹³ 또한 전해질 용액에서 어떤 일이 일어나는지에 대한 화학의 동적인 과정이 교과서에서는 정적인 도형, 그림으로 묘사되어 있기 때문에 학생들이 입자성을 이해하는 데 어려움을 가지게 된다.¹⁴ 셋째, 입자에 대한 교사의 내용 지식과 과학 교수 전략이 제한적이기 때문이다. 중학교 과학의 수업 상황을 고려할 때, 화학을 전공하지 않은 교사가 화학을 가르치는 경우가 종종 있다. 이러한 경우, 교사의 교과서에 대한 의존도가 높고, 학생들에게 개념을 정확하게 이해시키지 못하는 원인이 되기도 한다.^{15,15}

'전해질과 이온'은 물질 간 거시적 반응을 미시적 관점에서 표현하는 단원으로, 전해질과 이온 단원을 학습하기 위해서는 미시적 관점인 8학년 물질의 구성과 우리 주위의 화합물 단원에 대한 이해가 반드시 이루어져야 한다. 9학년 전해질과 이온 단원은 수용액 상태의 서로 다른 전해질 간 반응인 거시적 상황을 수용액에 포함된 미시적 입자인 이온으로 설명하는 과정이다. 수용액에 전류가 흐르는 현상, 양극이 생성되는 현상 등의 거시적 상황을 이해하기 위해서는 미시적 수준에서 입자에 대한 이해가 무엇보다 선행되어야 한다.^{16,17}

한편 미시적 수준에서 입자에 대한 이해 및 전해질과 이온에 대한 선행 연구는 화학의 기본 개념임에도 불구하고 극히 제한적으로 이루어졌다.^{18,19} 2007 개정교육과

정의 9학년 '전해질과 이온' 단원의 목표는 이온화를 통해 물질이 전해질과 비전해질로 구분되는 것을 알고 양극생성반응으로 이온간 반응을 확인하는 것이다.^{20,21} 전해질과 비전해질에 대한 연구는 학생들이 가지고 있는 다양한 사전개념의 종류,²² 사전 개념의 생성 원인, 과학적 개념 습득을 위한 효과적인 수업전략의 개발을 중심으로 진행되어 왔다.^{23,24} 양극생성반응에 대해서는 실험 수업과 모형을 활용한 수업 효과를 비교한 연구가 진행되었다.²⁵ 이러한 연구 결과에 따르면, 많은 학생들이 원자, 분자, 이온을 명확히 구분하거나 용해, 확산 등의 화학반응을 입자적 수준에서 설명하는데 어려움을 느끼고 있다.¹⁸ 그러므로 전해질과 이온 학습을 위해서는 원자, 분자, 이온 등의 미시적 입자 개념에 대한 이해가 반드시 필요하다.²³ 그러나 살펴본 것과 같이 선행 연구는 주로 학생들의 개념이나 수업전략에 초점을 두고 진행되는 경향이 있었고, 실제적으로 학생들의 개념 변화에 영향을 주는 개념 변화의 특징에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구는 수업 전후 전해질과 이온 개념 변화에서 나타나는 학생들의 특징을 조사하고 유형화함으로써, 유형별 교사의 교수 전략 및 교과서 개발에 대한 시사점을 제공하고자 한다. 이를 위한 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 이온에 대한 개념 변화는 어떻게 유형화되며, 어떤 특징이 있는가?

둘째, 전해질에 대한 개념 변화는 어떻게 유형화되며, 어떤 특징이 있는가?

이때 개념 변화는 개념 생성, 개념 재구조화 또는 발달, 개념 교환 등의 유형으로 나눌 수 있으므로,^{26,27} 학생들이 이미 가지고 있는 개념의 변화뿐만 아니라 새로운 개념을 형성하는 것도 개념 변화로 논의하고자 한다.

연구 방법

연구과정

본 연구는 중학생들의 전해질과 이온에 대한 개념 변화를 알아보기 위하여 사전, 사후 개념 조사를 실시하였고, 전해질과 이온 개념 형성에 영향을 주는 요소를 알아보기 위해 학생 개별 면담 및 수업관찰, 노트, 과학점수, 그리고 과학교사의 학생 프로파일, 교사 면담 등을 통해 자료 수집을 진행하였다.

연구 참여자

연구 참여자는 다음과 같은 과정을 통해 선별하였다. 첫째, 연구대상은 C시에 소재한 D중학교 9학년 남학생과 여학생 2개 반씩 총 120명으로 하였다. 둘째, 120명의 학

생 중 사전 및 사후 개념 조사에 성실하게 응답한 54명의 응답자를 선별하였다. 셋째, 개념변화 유형의 특징을 나타내는 학생들 중 연구 참여에 동의한 남학생 3명과 여학생 6명을 대상으로 개별 면담을 실시하였다.

수업 진행: 연구자와 함께 수업 및 연구과정을 계획하고 검토한 담당 과학교사는 수업을 Table 1과 같이 진행하였다. 1차시는 전해질과 비전해질을 구별하는 것으로, 학생들이 교과서의 탐구실험을 수행하면서 전류가 흐르는 불전과 흐르지 않는 불전을 직접 알아보는 것이다. 2, 3차시는 전해질 수용액에 전류가 흐르는 이유를 학습하고, 교과서에 제시된 그림(Figure 1)을 활용하여 염화나트륨은 불 분자에 둘러싸여 Na 이온과 Cl이온이 되는 과정에서 불의 역할을 설명하는 것이다. 4, 5차시는 이온의 이동을 확인하는 교과서의 탐구실험을 통하여 이온이 이동한다는 것을 직접 확인하는 것이다. 6, 7차시는 이온의 표현으로, 8학년 과정에서 이미 학습한 이온의 생성과 생성 이유를 다시 설명을 통해 학습한다. 8차시는 전해질을 화학식으로 표현하는 것으로, 양이온과 음이온이 이온결합물질을 형성한다는 8학년 내용을 복습하는 과정을 포함한다. 9차시는 양금 반응으로, 학생들이 교과서의 탐구실험을 수행하며 양금이 생기는 과정을 직접 확인한다.

Table 1. The instruction of 'electrolyte and ion' unit

Lesson	Contents
1	Classification of electrolytes and non-electrolytes
2-3	Current flows in the electrolyte solution
4-5	Movement of ions
6-7	Understanding ions
8	Representation electrolytes of chemical formula
9	Principles of precipitation reaction

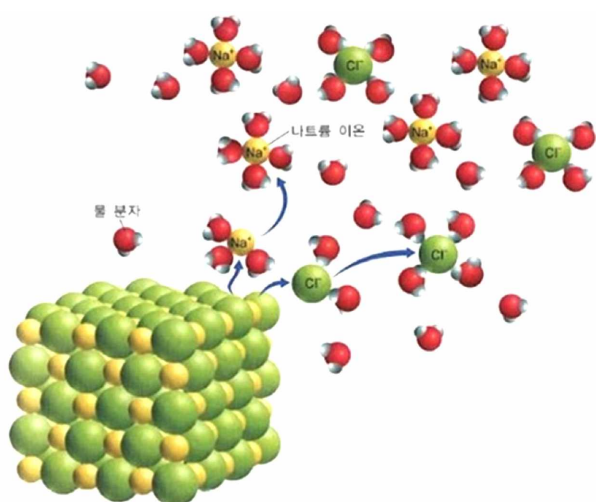


Figure 1. Figure of Ionization process of electrolyte on the science textbooks.

검사지 개발: 중학생들의 수업 전후 전해질과 이온에 대한 개념을 조사하기 위하여 검사지를 개발하였다. 검사지는 사전, 사후 검사지로 구분되며, 각 검사지 분항은 학생들이 설명을 길게 쓰거나 그림으로 개념을 표현할 수 있는 서술형 문항 2개로 구성되어 개발하였다. 개념 검사지를 실시하기 전, 중학생들을 대상으로 기초 조사를 실시하고 학생들의 응답에서 나타난 문제점을 바탕으로 하여 검사 분항을 개발하였다. 개발된 분항들은 예비소사를 통해 수정, 보완한 후에 사용하였다. 사후 검사지는 수업 후 개념 확인을 위한 형성평가 형태로 사전 검사지와 거의 유사하게 구성하였다. 각 검사지는 과학교육 전문가 2인과 화학 전공 중등교사 2인이 분항 내용의 타당도를 검토하였다.

자료수집 및 분석

자료 수집은 전해질과 이온에 대한 사전 및 사후 검사, 반구조화된 면담, 수업관찰, 분석 등을 통해 이루어졌다.

첫째, 전해질과 이온에 대한 사전 검사는 전해질과 이온의 1차시 수업이 시작되기 전 실시하였다. 학생들은 8학년 과학과 교육과정에서 원소, 원자, 이온의 차이점과 이온으로 이루어진 이온결합 물질과 분자로 이루어진 공유결합 물질에 대한 학습이 이루어진 상태였다. 학생 개념에 대한 사후 검사는 수업이 마무리 된 이후에 이루어졌다.

둘째, 면담은 연구참여자들을 대상으로 약 5개월의 기간 동안 총 5회에 걸쳐 진행되었다. 면담에 걸린 시간은 약 20분 정도였으며 면담 내용은 모두 녹음, 전사되었다. 각 면담은 추가 면담을 통하여 선행 면담에서 나타난 의문점과 문제점들을 보완해가며 이루어졌다.

1차와 2차 면담은 연구참여자들의 사전 개념을 조사하기 위하여 전해질과 이온 단위 수업이 시작되기 전에 이루어졌다. 1차와 2차 면담 질문의 예는 '이온을 초등학교 동생에게 어떻게 설명할 수 있을까?', '이온이 되는 과정을 너의 생각으로 표현한다면?' 등이다. 3차와 4차 면담은 수업이 시작된 후 2차 면담 내용에 따른 후속 질문과 더불어 전해질과 이온 개념 형성에 영향을 주고 있는 요소에 대한 학생들의 이해에 초점을 두고 다음과 같은 질문으로 진행하였다. '소금물 속에 이온이 있다면 어떻게 있을까?', '눈에 보이지 않는 것을 과학자들은 어떻게 알았을까?', '너의 이야기가 옳다는 것을 어떻게 증명할 수 있을까?'. 5차 면담은 학생들의 수업분위기, 교사와 학생의 상호작용 등 교실분화와 관련된 질문을 하였다. '네가 선생님이라면 너는 어떻게 수업을 할까?', '친구들이 수업시간에 자는 이유는 무엇이라고 생각하니?', '선생님께 질문을 잘하지 않는 이유는 무엇이니?' 등의 질문으로

학생들의 생각을 이끌어 내려고 하였다.

셋째, 수업관찰은 남학생과 여학생 각 1개반에서 2회씩 총 4회에 걸쳐 이루어졌다. 수업관찰을 통하여 학생들이 무엇을 어떻게 배우는지, 학생들의 이해를 돕고자 교사가 어떤 비유를 사용하고, 어떤 점을 강조하는지 살펴보았다. 또한 수업의 진행이 교사중심 또는 학생중심인지, 학생들의 수업태도는 어떠한지, 교사의 질문에 어떻게 반응하는지, 교사와 학생의 상호작용 등을 파악하고, 남학생과 여학생 반의 수업태도와 수업에 참여하는 모습, 수업의 흐름이나 분위기가 어떠한지도 면밀히 관찰하였다.

넷째, 문서자료는 과학교사가 기술한 참여 학생의 프로파일(과학교사가 보는 학생의 성격, 과학성적, 과학수업태도 등)과 학생이 수업시간에 작성한 노트, 수업 담당교사와의 면담 자료 등이 포함된다.

자료의 분석 및 해석은 세 가지 성분 분석법(three strands analysis)이 사용되었으며,^{28,29} 개념 검사, 학생 개별 면담, 교사의 학생 프로파일 등의 세 가지 측면을 이용한 분석을 통하여 연구의 신뢰도와 타당도를 높이고자 하였다. 개별 면담 학생들의 면담 기록과 수업관찰, 노트, 교사의 학생 프로파일, 교사의 면담자료 등을 토대로 학생들의 대답을 분석하여 개념 변화 유무를 살펴보고, 개념 변화를 유형별로 분류하고 특징을 살펴보았다.

연구결과 및 논의

이온에 대한 학생들의 개념 변화 유형 조사

학생들의 이온에 대한 개념 변화 유형은 Table 2와 같이, 양이온과 음이온이 생성되는 과정과 이유를 설명하는 방식에 따라 4가지 유형으로 분류되었다.

첫째 유형은 수업 전 이온생성에 대한 설명이 단순하였으나, 수업 후에는 정교화된 개념으로 발달해 가는 유형이다.

사전 검사에서 -전자를 잃고 +원자핵이 남으면 양이온, -전자를 받아들여 +원자핵보다 -전자가 더 크기(많기) 때문에 음이온이 된다고 설명하여, 이온생성과 원자 구성 입자에 대해 다소 불완전한 과학적 개념을 가지고 있는

경우이다. 사후 검사에서는 -전자가 빠져나가 전체 전하가 +가 되면 양이온, -전자가 들어와 전체 전하가 -가 되면 음이온이 된다고 설명하여, 수업 후 정교화된 과학적 개념으로 발달해 가는 특징을 보인다. 연구에 참여한 학생 중 25.9%의 학생들이 이 유형의 특징을 보였다.

둘째 유형은 불완전한 개념으로 시작하여 정도의 차이는 있으나 과학적 개념으로 발달하는 유형이다. 이 유형은 두 사례로 구분할 수 있다.

사례 1은 Figure 2에서 나타난 것과 같이, 불완전하지만 발달된 모습이다.

학생 1: 양이온은 이온이 되면 +만 있을 것 같은데 옆에 -가 붙어 있어서 이해하기 어려웠어요. [양이온이니 +만 있어야 할 것 같은데 빠져나간 전자를 옆에 적는 것이 이해가 어렵다는 뜻이다]. 음이온은 이해가 갔어요.

학생 1은 Figure 2에 나타난 것과 같이 사전 검사에서 양이온은 전자를 잃으면서 (+)극이 더 많아지고, 음이온은 전자를 얻어 (-)극이 많아지는 것이라고 대답하였다. 전자를 잃고 얻어서 이온이 생성되는 것은 알고 있으나 (+)극과 (-)극으로 표현한 것은 원자 구성입자에 대한 불완전한 개념을 갖고 있는 것이다. 사후 검사에서는 전자를 잃으면 양이온, 전자를 얻으면 음이온이라고 설명하고 그림으로 나타내었는데, 그림에 대한 설명 없이 전자를 잃고 얻는 것으로만 표현하였다. 이 사례는 원자구성입자와 이온에 대해 불완전한 개념을 가지고 시작하여 수업 후에는 불완전한 개념이지만 발달된 개념을 구성하고 있는 유형이다.

사례 2는 학생 2에서 나타난 것과 같이 불완전한 개념으로 시작하였으나 과학적 개념으로 발달한 사례이다.

학생 2: [8학년에서 이온이 되는 과정을 수업할 때] 이온 생성 과정을 이해를 잘 못했어요. 외우는 것으로 생각했어요. 이해하는 것이 어려웠어요. [수업 후] 지금은 이온이 어떻게 생성되는지 확실히 알 수 있어요.

Table 2. The types of students' responses in ion concept

Type	Pre-class Students' response	Post-class Students' response	Response rate, number of students (%)
1	It was described with electron movement and atomic nucleus	It was described with electron movement and total electric charge	14(25.9)
2	It was described with (-) electrode and (-) electrode or - charge and - charge	It was described with losing and gaining electron It was described with total electric charge due to electron movement	13(24.1)
3	It was described with + electron and - electron	It was described with - ion and - ion	17(31.5)
4	It was described with - and -	It was described with - electron and - electron	10(18.5)
	Total		54(100.0)

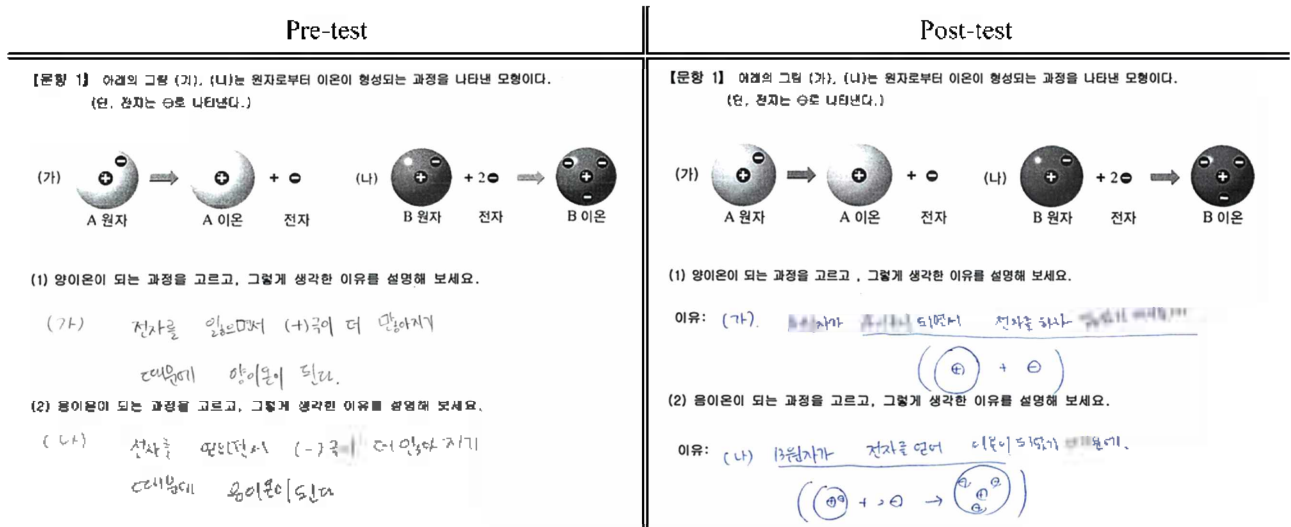


Figure 2. The example of type 2 of students' responses.

학생 2는 사전 검사에서 양이온은 양이니까 +같고, 음이온은 음이니까 -같다고 응답하였다. 수업 후 실시한 사후 검사에서는 -전자가 떨어져 나가 총 전하량이 -를 띠므로 양이온, -전자를 띠는 전자가 더해져 총 전하량이 -여서 음이온이라고 설명하였다. 학생 2는 수업 후 과학적 개념을 가지게 된 경우로 바람직한 개념 변화가 일어난 유형으로 판단된다.

셋째 유형은 오개념으로 시작하여 수업 후 개념은 형성되었으나 용어의 혼동을 겪고 있는 경우이다.

학생 3: (양이온과 음이온이 되는 과정을 설명해 볼래?) 원자가 제일 안전하게 되는 것이 맨 안에 2개가 안전한데 1개 가져오는 것보다 1개를 빼는 것이 더 쉬워서 +, +전자만 남아 양이온이 되잖아요. 음이온은 1개 있는데 2개를 넣는 것이 더 쉬워서 2개를 넣어 -전자 수가 더 많아서 음이온이 되요.

학생 3은 사전 검사에서 +전자만 남아 있어 양이온, -전자가 +전자보다 많아서 음이온이라고 대답하고, (-)는 전자로 표현한 것처럼 원자핵을 (+)전자로 설명하였다. 8학년에서 이미 학습한 원자핵을 구성하는 입자에 대한 개념이 명확하지 않아 원자핵을 -전자로 표현한 것으로 판단된다. 수업 후 실시한 사후 검사에서는 사전 검사에서 사용한 +전자와 -전자라는 표현을 +이온과 -이온으로 표현하였다. 양이온은 +이온이 -이온보다 많고, 음이온은 -이온이 +이온보다 많은 것이라는 응답은 원자 구성 입자에 대한 개념이 어느 정도 형성되었으나 정착되지 않아 용어의 혼동을 겪고 있는 것으로 판단할 수 있다. 입자

에 대한 용어는 사용하나 개념이 완전하지 않아 오개념으로도, 과학적 개념으로도 판단하기에 어려움을 보여주는 경우라고 사료된다.

넷째 유형은 수업 전 오개념이 수업 후에도 여전히 유지되고 있는 경우로, 그 수준과 범위가 올바른 과학적 개념으로 변하기보다 계속 오개념을 가진 유형이다.

학생 4: [이온이 되는 과정] 아직까지 잘 모르겠어요. 이해가 안가요. 어려워요. ([검사지를 보며] 전자의 수가 달라지는 이유는 무엇이라고 생각하니?) 그건 원래 그렇게 될 것 같아요. 선생님이 설명하실 때는 이해가 가는데 혼자 풀 때는 이해가 안가요. 이온의 종류가 많아서요.

학생 4는 사전 검사에서 -가 +보다 많이 있으면 양이온, +가 -보다 많이 있으면 음이온이라고 설명하여 양이온과 음이온에 대한 개념이 형성되지 않았음을 보여준다. 수업 후 양이온은 -전자가 이온 안에 있기 때문이므로, 음이온은 2개의 -전자를 결합시키면 -전자가 많아져서 형성된다고 설명하였다. 이는 수업 후에도 이온 개념이 제대로 형성되지 않아 검사지에 주어진 그림을 있는 그대로 해석한 것으로, 용어에 대한 개념과 이온생성에 대한 설명도 옳지 않으며 수업 전후 오개념을 그대로 가지고 있는 것으로 판단된다.

전해질과 이온 단위 수업 전후 이온에 대한 개념 변화 유형은 위에서 살펴본 것처럼 다음의 4가지로 유형화할 수 있다. 단순한 개념에서 정교화된 개념, 불완전한 개념에서 과학적 개념, 오개념에서 혼동된 개념, 오개념에서 오개념 등이다.

다음은 이온이 생성되는 과정에서 학생들이 어려움을 겪는 이유에 대한 개별 면담 내용이다. 수업 전 실시한 사전 검사에서 양이온과 음이온 생성에 대해 학생들이 혼란을 초래하는 이유는 다음과 같다.

학생 5: 처음에는 -가 더해지는데 왜 음이온이 되는지, -가 빠지는데 왜 양이온이 되는지 이해가 안 되었어요.

학생 6: 수소(H)는 전자를 2개 받을 수 있는데...(음)... 전자를 하나 받으면 2개 되어 안정한데 왜 전자를 하나 버리고 양이온이 되어야 하는지 이해가 안가요. 시험을 위해서 그냥 외웠어요.

학생 5의 경우 이온 생성에 대한 과학적 개념이 없어 수학적 개념을 먼저 생각하게 되므로 -(마이너스)인 전자를 잃으면 음이온이 된 것으로 생각한다는 것이다. -인 전자를 잃으면 음이온이 되어야 하는데 왜 양이온이 되는지 이해가 안 된다는 설명이다. 학생 6의 경우 전자를 잃거나 얻어 이온이 되는 개념이 형성되지 않는 사례로 최외각에 전자가 부족하면 전자를 채워야 할 것으로 생각하는데 전자를 잃는다는 점에서 수학적 개념과 화학적 개념이 혼동되어 이해가 잘 되지 않는다는 대담이다.

이온 생성 이유를 설명할 때 학생들의 표현을 살펴보면 원자를 구성하는 입자에 대한 오개념을 많이 갖고 있음을 볼 수 있다. -전자를 띠는 전자와 +전자를 띠는 원자핵(양성자)을 나타낼 때 전자는 주로 ‘전자 또는 음자’라고 표현하였으나, 원자핵의 경우 ‘+전자, +원자, +단’이라는 표현을 많이 사용하고 있다. 이는 8학년에서 학습한 원자 구성입자에 대한 개념이 제대로 형성되지 않은 것으로 판단되며, 이로 인해 이온 생성 과정과 이유에 대해 이해하지 못하는 학생 수가 많은 것으로 분석할 수 있다.

담당 수업교사는 학생들이 이온 개념을 어려워하는 이유 중의 하나로 교과서에 수록된 이온 생성 그림을 제시하였다. Figure 3에 나타난 것처럼 양이온 생성 그림이 학생들로 하여금 혼동을 일으키는 요인 중의 하나라는 설명이다. 아래의 교과서 그림에서는 Na의 최외각 전자 1개

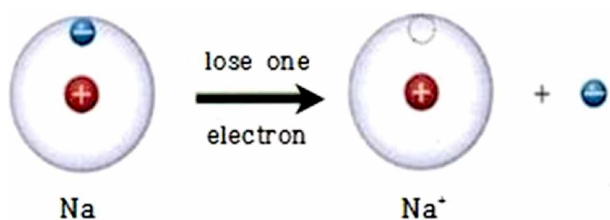


Figure 3. Ionic formation process contained in textbooks.

를 표시하고 전자 1개를 잃으면 Na⁺ 이온이 생성되는 것으로 설명하고 있다. 이로 인해 양이온은 -인 것으로 생각하게 되고, 원자에서 전자가 없어지는 것으로 이해하는 학생이 많다는 설명이다. 교과서에 제시된 그림이 오개념을 형성하는 요인으로 작용하는 것으로 볼 수 있다.

다음은 수업이 끝난 후에도 이온 생성에 대한 확실한 개념이 형성되지 않고 있는 학생들의 응답이다.

학생 6: 이건(음이온이 되는 과정) 아직 이해가 안가요. 양이온은 이해가 가요. (어떻게 이해되었는지 좀 더 자세히 설명해 줄래?) 바깥 껍데에 전자가 2개가 되어야 하는데 이것은 2개가 되었단 말이에요. [+와 -가 1개씩 있는 그림을 보며 설명하다가] 어? 1개네요. 갑자기 이해가 안가요. 모르겠어요. [전자 하나 떨어져 나가는 내용 설명 후 어떤 이온인지 다시 질문] 음이온이요. (잠시 후) 양이온이요. (왜 그렇게 생각하니?) +가 많아졌잖아요. (음...) 어려워요.

학생 7: (처음에 전자를 음자라고 표현했었는데 지금은 어떤가?) 전자인데 그 때는 생각이 안 났어요. 이온이 되는 과정은 지금도 이해가 안가요 그냥 이온이 있다고 하니 있을 것 같아서 그렇게 썼는데... 음... 잘 모르겠어요.

개별 면담 학생 중 학생 6과 학생 7은 수업 전후 이온 생성과정을 이해하기 어려워하고 있었다. 학생 6은 전자를 얻을 수도 있고 버릴 수도 있는 것에 대해 수업 전후 많은 혼동을 겪고 있는 학생 중의 한 명이다. 학생 7은 ‘이온이 있다고 하니 그런가 보다’ 하는 정도의 생각으로 자신이 눈으로 보고 확인을 해야 믿을 수 있다는 입장을 계속 유지하고 있었다. 이는 아직 형식적 사고 수준에 도달하지 못해 추상적 사고가 어려움을 보여주는 것이다.

전해질에 대한 학생들의 개념 변화 유형 조사

수업 전후 사전 검사와 사후 검사에서 나타난 학생들의 전해질과 비전해질에 대한 개념변화 유형을 Table 3에 나타내었다. 수업 전후 전해질과 비전해질에 대한 학생들의 설명 방식은 4가지 유형으로 분류되었다.

첫째 유형은 수업 전 전해질과 비전해질에 대해 어느 정도 과학적 개념을 가지고 있는 경우로 수업 후 과학적 개념이 정교해진 유형이다. 이 유형은 불의 역할 유무에 따라 두 가지 사례로 구분할 수 있다. 수업 전 불의 역할을 고려한 경우와 불의 역할 없이 이온과 분자로 설명하여 불완전하지만 전해질과 비전해질에 대한 과학적 개념을

Table 3. The types of students' responses in electrolyte concept

Type	Pre-class students' response	Post-class students' response	Response rate, number of students (%)
1	It was described with ion and molecule (with the role of water or without the role of water)	It was described with the role of water and the difference between electrolyte and non-electrolyte	8(14.8)
2	It was described with grain between water molecule	It was described with ion and grain	9(16.7)
3	It was described with Na ⁺ , Cl ⁻ and sugar molecule	It was described with ion and molecule	13(24.1)
4	It was described with grain	It was described with grain It was described with salt taste and sugar taste	24(44.4)
	Total		54(100.0)

가지고 시작한 유형이다.

사례 1은 불의 역할을 고려한 것이다.

학생 5: (소금은 물에 어떻게 녹아 있을까?) Na과 Cl를 떨어뜨려 놓으려면 누군가가 잡아당겨야 하는데 그게 물일 것 같아요. Na은 양이온, Cl는 음이온으로 녹아 있어요. (소금이 물에 녹으면 왜 안 보이는 걸까?) 물 사이에 있어서요. (설탕은 어떤 모습일까?) 물이 설탕을 떼어내는 데 분해됨이 없어요. 설탕을 물이 둘러싸고 있어요.

학생 5는 수업 전 소금은 Na⁺와 Cl⁻ 이온이 불 분자에 의해 둘러싸인 보습으로 나타내었다. Na은 양이온으로 불 분자의 산소가 둘러싸고 Cl는 음이온으로 불 분자의 수소가 둘러싸는 보습으로 표현하였는데, 불 분자를 H₂O가 아닌 HO₂로 잘못 나타낸 것을 제외하면 이온화되는 개념은 분명하게 알고 있는 것으로 판단되었다. 설탕도 불 분자가 둘러싸 보습으로 제시하였다. 수업 후에는 전해질이

불에 녹아 양이온과 음이온으로 이온화하고 불 분자의 산소와 수소가 각 이온들을 잡고 있는 보습으로 나타내어 전해질에 대한 개념이 더 정교해진 것으로 판단할 수 있다. 설탕은 비전해질로 불이 분자상태의 설탕을 붙잡고 있다고 설명하여 전해질과 비전해질에 대해 정확한 과학적 개념을 갖고 있는 유형이다.

사례 2는 수업 전 불의 역할 없이 시작하였지만 수업 후 불의 역할까지 고려하여 전해질과 비전해질을 정확하게 구분한 것이다(Figure 4).

학생 1: (소금은 물에 어떻게 녹아 있을까?) 물에 섞여 있어요. (섞여 있다는 것은?) Na⁺과 Cl⁻이 물 분자와 별개로 떨어져 있을 것 같아 물은 생각 안하고 그랬어요. (설탕물에 설탕은 왜 설탕으로 적었는가?) 설탕은 무엇으로 되어 있는지 몰라서요. (수업 후) 얼마 전에 이온과 물이 붙어 있다고 배워서 지금 보니 물 분자와 Na⁺이 붙어 있을 것 같아요. (물은 어떤 역할을 할까?) Na과 Cl를 떨어지게 하는 역할이요.


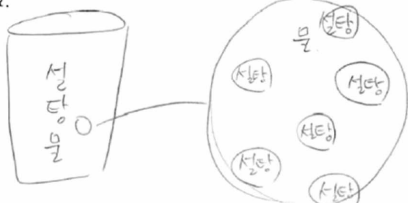
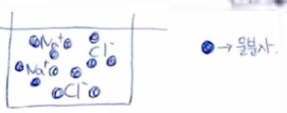
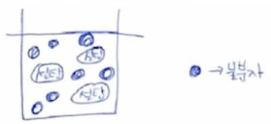
Pre-test	Post-test
<p>(2) 소금을 물에 녹이면 소금이 눈에 보이지는 않지만 분명히 모든 소금이 녹아있다는 것을 알 수 있다. 소금물 속에 소금이 어떻게 녹아있을지 여러분이 생각하는 대로 그림으로 나타내 보세요.</p>  <p>(3) 설탕물 물에 녹이면 설탕물이 된다. 설탕물 속에 설탕이 어떻게 녹아 있을까 그림으로 나타내 보세요.</p> 	<p>(2) 소금을 물에 녹이면 소금물이 된다. 소금물 속에 소금이 어떻게 녹아있을지 그림으로 나타내 보고, 그 이유를 설명해 보세요.</p>  <p>이유: Na과 Cl이 물에 녹으면 Na과 Cl이 물 분자와 떨어져 있을 것 같아 물은 생각 안하고 그랬어요.</p> <p>(3) 설탕물 물에 녹이면 설탕물이 된다. 설탕물 속에 설탕이 어떻게 녹아 있을까 그림으로 나타내 보고, 그 이유를 설명해 보세요.</p>  <p>이유: 설탕은 비전해질이므로 이온으로 나뉘지 않고 분자로 존재한 것이다.</p>

Figure 4. The example of type 1 of students' responses.

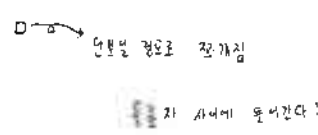
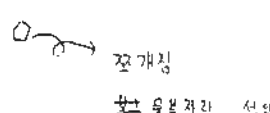
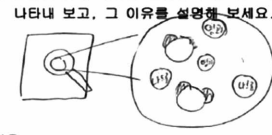
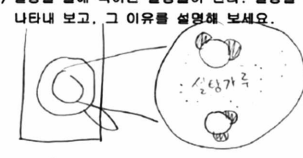
Pre-test	Post-test
<p>(2) 소금을 물에 녹이면 소금이 눈에 보이지는 않지만 썬맛을 보면 소금이 녹여있다는 것을 알 수 있다. 소금속 속에 소금이 어떻게 녹아있을지 여러분이 생각하는 대로 그림으로 나타내 보세요.</p>  <p>(3) 설탕을 물에 녹이면 설탕물이 된다. 설탕물 속에 설탕이 어떻게 녹아 있을지 그림으로 나타내 보세요.</p> 	<p>(2) 소금을 물에 녹이면 소금물이 된다. 소금물 속에 소금이 어떻게 녹아있을지 그림으로 나타내 보고, 그 이유를 설명해 보세요.</p>  <p>(3) 설탕을 물에 녹이면 설탕물이 된다. 설탕물 속에 설탕이 어떻게 녹아 있을지 그림으로 나타내 보고, 그 이유를 설명해 보세요.</p> 

Figure 5. The example of type 2 of students' responses.

학생 1은 사전 검사에서 불의 역할에 대한 설명 없이 소금분은 불과 Na⁺ 이온, Cl⁻ 이온으로 나타내고 설탕분은 설탕과 불로 표현하였다. 수업 후 실시한 사후 검사에서는 NaCl이 불에 녹아 이온이 될 때 불 분자가 이온화를 도와 준다는 설명과 함께 이온 주위를 불이 둘러싼 그림으로 표현하였다. 수업 전에는 소금이 불에 녹지만 불의 역할에 대한 개념이 없다가 수업 후 불의 역할에 대한 개념이 형성된 것으로 전해질과 비전해질에 대해 과학적 개념이 정교하게 발달한 유형이다.

둘째 유형은 수업 전 알갱이의 개념으로 시작하여 수업 후 불의 역할 없이 이온과 알갱이로 표현한 경우로, 수업 전 오개념이 수업 후에도 부분적으로 지속되는 유형으로 Figure 5와 같다.

학생 2: (고체인 소금은 보이는데 소금이 물에 녹으면 왜 안 보이는 걸까?) 물에 녹으면서 너무 작아져서요. 물 분자가 여러 개 있으면 그 사이에 들어가서 갇혀서 안 보이는 것이요. 설탕은 결정 모양이 다르듯이 소금과 약간 다를 것 같아요. (수업 후) (소금과 설탕은 물에 어떻게 녹아 있을까?) 소금이 물속에서 이온으로 분리되어 자유롭게 움직이고 있어요. 설탕은 작은 알갱이로 있어요. (이온이 움직이는 것을 어떻게 알 수 있을까?) 그냥... 선생님이 그렇다고 하니까... 믿는 거죠. 음... 의심을 해도 제가 알 수가 없을 것 같으니까요.

학생 2는 사전 검사에서 소금과 설탕이 불에 녹으면 안 보일 정도로 쪼개져서 불 분자 사이에 들어가거나 불 분

자랑 섞인다고 하였다. 수업 후에는 소금은 나트륨이온과 염화이온으로 분리되어 불에 녹아 든다고 하였으며, 설탕은 전해질이 아니므로 작은 알갱이로 있을 것이라고 하였다. 소금분과 설탕분을 나타낸 그림에서 불 분자 모형은 그렸으나 불 분자의 역할에 대해서는 설명하지 못해 불의 역할에 대한 개념이 형성되지 않은 것으로 판단할 수 있다. 설탕은 분자가 아닌 알갱이로 계속 설명하고 있어 수업 후에도 과학적 개념이 제대로 형성되지 않은 유형이다.

셋째 유형은 수업 전 불완전하지만 어느 정도의 개념을 가지고 시작하였으나, 수업 후 개념이 변하지 않고 그대로 유지되고 있는 유형이다.

학생 8: (소금은 물에 어떻게 녹아 있을까?) 염화나트륨이 물에 들어가서 나누어질 것 같아요. (물은 어떤 역할을 할까?) 물은 그냥 있을 것 같아요. (수업 후) 소금은 강전해질로 대부분 이온화되어 Na⁺ 이온과 Cl⁻ 이온으로 떨어져 있을 것 같아요. (물은?) Na⁺ 이온과 Cl⁻ 이온으로 떼는 역할이요.

학생 8은 사전 검사에서 소금분은 Na⁺ 이온, Cl⁻ 이온으로 표현하고 불 분자는 이온과 번개로 나타내었다. 설탕분은 설탕과 불로 표현하여 수업 전 전해질과 비전해질에 대한 개념이 이온과 분자로 구별되는 정도는 형성되어 있는 유형으로 판단할 수 있다. 하지만 수업 후 실시한 사후 검사에서는 소금분은 Na⁺ 이온, Cl⁻ 이온만 나타내고, 설탕분은 설탕만 제시하고 불 분자는 표현하지 않았다. 수업 후 전해질은 이온으로, 설탕은 이온이 아닌 것으로 표현한 것은 수업 전 어느 정도 형성되어 있던 전해질과 비전해질

에 대한 개념이 수업 후에도 변화 없이 그대로 유지된 형태로 판단할 수 있다. 수업 후 물은 양이온과 음이온을 떼는 역할이라고 하였으나 사후 검사에서는 표현하지 않았다.

넷째 유형은 사전 검사에서 소금과 설탕은 알갱이라는 오개념으로 시작하여 수업 후에도 계속 알갱이 또는 맛으로 설명한 두 가지 사례로 나누어지는 유형이다.

사례 1은 수업 전후 계속 알갱이로만 표현한 사례이다.

학생 3: (소금은 물에 어떻게 녹아 있을까?) 뚱글뚱글하게요. (설탕은?) 자기네들끼리 뭉쳐 있을 것 같아요. (수업 후) 소금과 설탕은 다른 모습으로 있을 것 같아요. (왜 그렇게 생각하니?) 소금과 설탕은 분자 자체가 다르잖아요. 소금은 고체일 때 네모난 모습인데 물에 녹으면 물이 소금을 바깥부터 하나씩 떼어가서 있을 것 같아요. NaCl은 물 속에서 물과 붙어 있어요.

학생 3은 사전 검사에서 소금물과 설탕물 속에 들어 있는 소금과 설탕을 모두 알갱이로 표현하였다. 수업 후 실시한 사후 검사에서는 소금과 설탕을 알갱이로 나타내고 소금은 이온화가 되고 설탕은 이온화가 되지 않는다고 설명하였다. 이온화가 되는 소금과 이온화가 되지 않는 설탕의 차이를 알갱이 모양으로 구별하였는데, 소금은 이온화가 되어 두 개의 알갱이로, 설탕은 하나의 알갱이로 구분한 것으로 보여진다. 수업 후 소금이 이온이 되고 설탕은 이온이 아닌 것은 알지만 계속 오개념을 가지고 있는 것으로 판단된다.

사례 2는 수업 전 알갱이의 개념이 수업 후에는 소금 맛과 설탕 맛으로 또 다른 오개념을 가지게 된 사례이다.

학생 9: (수업 전) 고체를 이루는 작은 분자들이 물에 닿으면 하나씩 떨어져 나가서 천천히 녹으면서 그렇게 될 것 같아요. (소금과 설탕을 왜 알갱이로 나타내었는가?) 물 속에서 (알갱이로) 돌아다니고 있을 것 같아요. (수업 후) 소금은 물과 어울려 있을 것 같아요. 설탕도 소금과 같은 모습으로 있을 것 같아요. (소금물과 설탕물을 어떻게 구별할 수 있을까?) 맛으로 구별할 수 있어요.

학생 9는 사전 검사에서 소금과 설탕은 물 속에서 알갱이로 돌아다니고 있을 것 같다고 표현하였다. 수업 후 실시한 사후 검사에서는 알갱이 대신 소금 맛과 설탕 맛으로 전해질과 비전해질을 설명하였다. 단순히 맛에 의해 소금물과 설탕물을 구별할 뿐 전해질과 비전해질에 대한 개념이 전혀 형성되지 않고 또 다른 오개념을 형성하고

있음을 보여주는 유형으로 판단할 수 있다.

전해질과 이온 단원 수업 전후 전해질 개념 변화 유형은 위에서 살펴본 것과 같이 다음의 4가지로 유형화 할 수 있다. 부분적 과학 개념에서 정교화된 개념, 오개념에서 부분적 오개념, 불완전한 개념에서 불완전한 개념, 오개념에서 오개념 등이다.

사전, 사후 검사와 개별 면담 학생들의 응답을 바탕으로 중학생들이 전해질과 이온 개념에 대해 어려움을 겪고 있는 이유를 정리하면 다음과 같다. 첫째, 형식적 조작 수준을 요구하는 이온의 개념을 학생들은 이해하기 힘들 것이라고 판단할 수 있다. 형식적 조작 수준에 완전하게 도달하지 못해 이온 개념이 형성되지 않은 학생들이 이온의 이동을 학습하게 된다면 완벽한 이해를 기대할 수 없을 것이다.¹¹

둘째, 교과서가 제시하는 원소, 원자, 이온에 대한 개념 정의가 학생들의 개념 형성을 방해하는 또 다른 요인이 된다고 할 수 있다. 교사들은 교과서에 의존하여 원소, 원자 정의를 이해하고 설명하는데 교과서에 수록된 원소, 원자의 기준과 정의가 취약하므로 교사들이 제대로 이해하지 못하고 있어 학생들의 개념 형성이 어려운 것이다. 특히 화학을 전공하지 않은 과학 교사가 화학 내용을 가르칠 때 더 어려움을 겪는다고 한다.^{1,13}

셋째, 9학년 과정의 과도한 학습량 때문이라고 할 수 있다. 4회에 걸친 수업관찰 결과 한 시간 수업 분량이 너무 많아 대부분의 수업이 교사의 일방적 전달 수업으로 진행되어, 학생들은 수업에 흥미가 떨어지고 있었다. 담당 수업교사에게 그렇게 수업을 진행하는 이유를 질문한 결과, 연구 단원은 9학년 2학기 교육과정에 편성되어 있어² 고등학교 진학을 위한 내신 성적 산출로 인해, 빠른 시간 안에 많은 내용의 수업이 진행되어야 하므로 강의식으로 진행될 수밖에 없다는 설명이었다. 짧은 시간에 이해도 잘되지 않는 내용의 전달식 수업은 화학을 어려워하는 학생들에게 학습에 대해 어려움을 겪게 하거나 학습능력 부족으로 인식될 수도 있는 것이다.

학생 8: (이온을 Na⁺와 Cl⁻로 적으면 어렵게 느끼는데 왜 그렇게 어려운지 설명해 볼래?) 이온이 뭔지를 잘 이해를 못하는 애들이 많아요. 처음에 개념을 이해하기가 어려워요. (이온 개념을 이해 못해서 어려운 거야?) 원자와 이온이 무슨 차이가 있는지 모르는 애들도 많아요. (모르면 선생님께 질문을 하면 되지 않니?) 질문을 하기엔 수업 시간도 부족하고 한 시간에 배울 내용도 많아요. 선생님께서 수업시간 동안 30명이 넘는 학생 개개인을 다 봐 줄 수는 없으니까요. (그래서 점점 더 어려워지는 거야?) 네. 그렇게 생각돼요.

물질 구성 입자에 대한 개념은 학생들이 직접 감각할 수 없는 원자와 분자 같은 이론적 모델로 설명하고 있다. 하지만 대다수의 학생들은 직관적, 경험적 사고를 하므로 입자 개념을 어려워한다.⁷

이온과 전해질에 대한 사전, 사후 검사 결과 8학년 '물질의 구성'과 '우리 주위의 화합물' 단원에서 원자와 이온의 개념이 명확하게 정돈되지 못한 학생들이 다수를 차지한다. 8학년 과정에서 원자가 이온이 되는 이유를 교사들은 '안정해지기 위해서다', '그냥 그렇게 된다' 등으로 설명한다는 것이 개별 면담 학생들의 대답이다. 그렇기 때문에 학생들은 이해가 안되지만 시험을 위해 암기하고 시간이 지나면 금방 잊어버리게 되는 것이다. 이런 상황에서 9학년 전해질과 이온 단원 수업을 하게 되면, 8학년 과정의 내용을 기억하지 못하는 학생들이 많기 때문에 다시 8학년 내용을 수업해야 하는 어려움이 있다는 것이 담당 과학교사의 설명이다. 이런 과정은 대다수의 학생들로 하여금 물질 개념을 더 이해하기 어렵게 만들고, 상급학교 진학 후 원소, 원자, 이온에 대해 기억을 못하거나 화학은 어려운 과목으로 인식하게 만드는 것이다.

원소, 원자, 이온 등이 화학의 기본 언어이긴 하지만 과목의 특성상 눈에 보이지 않는 추상적인 개념을 다루기 때문에 학생들의 이해를 돕기 위해 '그냥 그런 것이다' 라고 설명하기 보다는 시각 자료를 제시하거나 학생들이 좀 더 기억하기 쉬운 수업 교재의 개발이 필요한 단원이라고 생각된다.

결론 및 제언

9학년 전해질과 이온 단원에서 학생들이 학습에 어려움을 겪는 이유를 알아보고자, 수업 전후 전해질과 이온에 대한 학생들의 개념 변화 유형과 특징을 조사하고 분석해 보았다. 화학에서 물질 단원은 미시적 수준에서 입자 개념에 대한 이해가 선행되어야 하는데, 입자 개념 형성이 어려워 전해질과 이온에 대한 개념 형성에 곤란을 겪고 있음을 확인할 수 있었다. 본 연구 결과를 바탕으로 한 결론은 다음과 같다.

첫째, 전해질과 이온 단원 학습을 위한 기본 개념인 이온의 생성과정에 대한 학생들의 개념 변화 유형과 특징을 조사하였다. 수업 전후 이온 개념 변화 유형을 조사한 결과 단순한 개념에서 정교화된 개념, 불완전한 개념에서 과학적 개념, 오개념에서 혼동된 개념, 오개념에서 오개념 등의 4가지로 분류되었다. 이온 개념은 8학년에서 이미 학습한 내용이지만 과학적 개념이 형성되지 않아 검사지에 주어진 그림을 자신의 방식대로 해석하여 대담한 학생들이 많았다. 전자를 잃으면 음이온이 되어야 할 것

같은데 양이온이 되는 점과 최외각에 전자가 부족하면 전자를 채워야 하는데 전자를 잃는다는 점에서 혼동되어 이해가 잘 되지 않는다고 대답한 학생들도 있다. 또한 이온 생성 과정을 설명할 때 원자와 원자를 구성하는 입자에 대한 용어가 혼용되어 사용되고 있었다. 담당 수업교사는 교과서에 제시된 양이온 생성 그림이 학생들로 하여금 이온 개념 형성에 혼동을 일으키는 요인 중 하나라고 하였다. 많은 학생들이 수업 전후 이온 개념 형성에 어려움을 겪고 있으므로, 미시적 관점에서 학생들의 개념 형성을 도울 수 있는 교수학습 방법의 변화가 요구된다 하겠다.

둘째, 수업 전후 전해질과 비전해질의 차이점을 학생들이 어떻게 설명하는지 알아보고자 전해질 개념 변화 유형과 특징을 조사하였다. 전해질 개념 변화 유형은 부분적 과학 개념에서 정교화된 개념, 오개념에서 부분적 오개념, 불완전한 개념에서 불완전한 개념, 오개념에서 오개념 등의 4가지로 분류되었다. 전해질과 비전해질의 예로 제시한 소금물과 설탕물 속에 소금과 설탕이 어떻게 녹아 있을까라는 질문에 다수의 학생들이 수업 전후 알갱이로 있을 것이라고 대답함으로써 전해질과 비전해질의 차이를 구별하지 못하였다. 수업 후 소금은 이온이 되는 과정으로 설명하면서 설탕은 여전히 알갱이로 존재할 것이라고 대답한 경우도 있다. 또한 소금의 이온화 과정을 설명할 때 교과서에 제시된 물의 역할을 분명하게 설명하였음에도, 수업 후 다수의 학생들이 물의 역할을 제대로 표현하지 못하는 것으로부터 전해질에 대한 개념 형성이 어려움을 볼 수 있다. 물질 간 거시적 반응을 미시적 관점에서 표현하는 전해질과 비전해질 수업에서 추상적 사고가 어려운 중학생들의 입자 개념 형성을 도울 수 있는 다양한 자료의 제시와 효과적인 수업 교재의 개발이 요구된다 하겠다.

셋째, 본 연구 단원인 전해질과 이온은 9학년 2학기 교육과정으로 편성되어 있다. 담당 수업교사의 설명에서 알 수 있듯이 9학년 2학기는 고등학교 진학을 위한 내신 성적 산출로 인해 교사의 일방적 전달 수업으로 진행되고 있었다. 한 시간에 배워야 하는 많은 학습량과 교사의 일방적 수업 전개로 인해 학생들은 입자 개념에서 더 곤란을 겪게 되고, 결국에는 학습능력 부족으로 인식하게 되는 것이다. 선행연구에서 알 수 있듯이 대다수의 9학년 학생들은 교과서가 요구하는 인지수준에 완전하게 도달하지 못해 형식적 사고가 어려운 실정이다. 형식적 수준에 완전하게 도달하지 못한 학생들에게 추상적 입자 개념의 수업이 어려운 것은 당연한 것일 수도 있다. 전해질과 이온 단원을 현행 교육과정처럼 9학년 2학기에 편성하는 것이 적절인가에 대한 후속 연구가 필요하다고 여겨진다.

본 연구 결과를 바탕으로 앞으로의 연구 및 교수학습에

관한 몇 가지 시사점을 살펴보고자 한다.

첫째, 형식적 사고 수준에 도달하지 못한 학생들이 8학년에서 학습하는 원자 구성 입자와 이온 생성 과정에 대한 개념 형성의 어려움이 9학년에도 계속 이어지고 있으므로, 8학년 과정에서 원자, 이온에 대한 개념 형성과 원자 구성입자에 대한 정확한 용어가 사용될 수 있도록 지도하는 것이 필요하다. 더불어 학생들에게 비과학적 개념을 유발할 수 있는 교과서 삽화에 대한 점검이 요구된다.

둘째, 전해질과 비전해질은 물질 간 거시적 반응을 미시적 관점에서 설명해야 하므로 9학년 학생들이 이해하기에 어려움이 따른다. 전해질에서 물의 역할이 교과서에 수록되어 있어도 수업 후 학생들에게 개념 형성의 어려움이 따른다면, 교과서에 국한된 수업 전개보다는 교과서 내용의 재편성으로 학생들의 이해 수준에 맞는 수업 진행이 필요하다.

셋째, 9학년 2학기 교육과정에 편성된 전해질과 이온 단원 학습에서 학생들이 많은 어려움을 겪고 이해하기 어려워하므로, 학습량의 조절이나 교육과정 편성에 대한 논의가 필요하다고 생각된다.

REFERENCES

- Paik, S. H.; Ryu, O. H.; Kim, D. U.; Park, K. T. *Journal of the Korean Chemical Society* **2001**, *45*, 66.
- Yoon, K. H. An Analysis of Controversial Points on Particles and Concepts Concerning Particles in the Middle and High School Science Textbooks and College General Chemistry. Master Dissertation, Korea National University of Education, Chung-Buk, Korea, February, **2001**.
- Nam, C. Y.; Park, K. S.; Paik, S. H. *Journal of the Korean Chemical Society* **2009**, *53*, 774.
- Nakhleh, M. B. *Journal of Chemical Education* **1992**, *69*, 191.
- Kang, D. H.; Paik, S. H.; Park, K. T. *Journal of the Korean Chemical Society* **2004**, *48*, 399.
- Hwang, P. S.; Eom, K. H.; *Journal of the Research Institute of Curriculum Instruction*, **2006**, *10*, 1.
- Adbo, K.; Taber, K.; *International Journal of Science Education* **2009**, *31*, 757.
- Kabapinar, F.; Leach, J.; Scott, P. *International Journal of Science Education* **2004**, *26*, 635.
- Cheon, H. J. A Comparative Analysis of Cognitive Development Levels of 8th Grade Students and Cognitive Demands Level of the Chemistry Contents in Middle School Science 2 Textbooks by the 7th National Education Curriculum. Master Dissertation, Ewha Womans University, Seoul, Korea, July, **2009**.
- Kang, S. H.; Bang, D. I.; Kim, S. J. *Journal of the Korean Chemical Society* **2012**, *56*, 518.
- Koo, J. S. An Analysis of Cognitive Demands Level of Contents about the Section of 'Electrolytes and Ion' on the Middle School Science3 Textbooks by the 2007 Revised Curriculum. Master Dissertation, Ewha Womans University, Seoul, Korea, July, **2013**.
- Ryu, O. H. A Comparison of Concepts in Science Textbooks and the Conceptions of Teachers and Students about Element, Atom, Molecule, and the Change of Matter Based on the Historical Viewpoint. Doctor's Thesis, Korea National University of Education, Chung-Buk, Korea, August, **2002**.
- Choi, K. W. Recognition Survey of High School Students, Reserve and Science Teachers on Atoms and Element. Master Dissertation, Korea National University of Education, Chung-Buk, Korea, February, **2009**.
- Burke, K. A.; Greenbowe, T. J.; Windschitl, M. A. *Journal of Chemical Education* **1998**, *75*, 1658.
- Ko, Y. H.; Kang, D. H.; Ryu, O. H.; Paik, S. H. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2002**, *22*, 444.
- Treagust, D. F.; Chittleborough, G.; Mamiala, T. L. *International Journal of Science Education* **2003**, *25*, 1353.
- Paik, S. H. *Korean Journal of Teacher Education*, **1999**, *15*, 160.
- Yoon, H. J.; Lee, Y. H. *Journal of the Korean Chemical Society* **2014**, *58*, 580.
- Teichert, M. A.; Tien, L. T.; Anthony, S.; Rickey, D. *International Journal of Science Education* **2008**, *30*, 1095.
- Kim, C.; Hyeon, J.; Kim, h.; Song, J.; Kim, K.; Kim, S.; Cho, H.; Park, M.; Yoon, M.; Lee, W.; Lee, T.; Middle School Science 3; Doosandong Publishers: Seoul, **2010**.
- Ministry of Education, Science and Technology. Science Curriculum; Daehan Textbook Publishing: Seoul, Korea, **2007**.
- Adadan, E.; Savasci, F. *International Journal of Science Education* **2012**, *34*, 513.
- Lee, J. A. The Analysis of High School Students' Explanatory Patterns about Electrolytes and Ion. Master Dissertation, Korea National University of Education, Chung-Buk, Korea, February, **2009**.
- Taber, K. S. *International Journal of Science Education* **2000**, *22*, 399.
- Paik, S. H.; Kim, H. S.; Han, Y. H. ; Kim, S. H. *Journal of the Korean Chemical Society* **2010**, *54*, 338.
- Chinn, C. A.; Brewer, W. F. *Review of Educational Research* **1993**, *63*, 1.
- Eylon, B.; Linn, M. *Review of Educational Research* **1988**, *58*, 251.
- Park, H. J. A study of the Components or students' Conceptual Ecologies. Unpublished Doctoral Thesis. University of Wisconsin-Madison, Wisconsin-Madison, U.S.A. **1995**.
- Thorley, N. R. The Role of the Conceptual Change Model in the Interpretation Classroom Interactions. Unpublished Doctoral Thesis. University of Wisconsin-Madison, Wisconsin-Madison, U.S.A. **1990**.