

전기가 흐르는 물질로서 도체와 전해질에 대한 예비과학교사들의 개념변화 과정에 대한 연구

백성혜* · 김경은

한국교원대학교

A Study of Conceptual Change Processes among Pre-Service Science Teachers relating to Conductor and Electrolyte as Electrified Materials

Paik, Seoung-Hey* · Kim, Kyoung-Eun

Korea National University of Education

Abstract: In this research, we analysed definitions and examples of conductor and electrolysis concept in middle school science textbooks. We also surveyed 9 senior pre-service teachers' understanding of the concept definitions and appropriate examples. From the analysis of the textbooks, we found that the possibility of misunderstanding of learners is high because of the broad definition concept and narrow list of examples. After confirming the differences among pre-service teachers' understanding of the subject through questionnaires and interviews, they also debated for a need to an agreement on scientific concepts. The pre-service teachers recognized the meaning of social constructivism and the need for an agreement process in teaching science concepts.

Key words: pre-service science teacher, social constructivism, argument process, science concept, conductor, electrolyte

I. 서 론

개념은 다양한 사물, 사건, 관찰한 내용 등에서 공통적인 속성을 나타내는 정신적 표상이다(Carin, 1997). 그러나 공통적인 속성을 인식하는 과정에서 개념 학습의 어려움이 발생할 수 있다. 특히 개념에 관련된 설명이 명확하지 않거나 연관된 설명이 부족할 경우에는 개념을 이해하기 어려우며(박미진과 김영민, 2003), 정의로 개념을 설명하는 경우 학생들은 개념을 이해하지 못하고 정의를 암기하게 되는 경향이 있다(박승재, 1985). 개념의 정확한 이해를 돕기 위해 적절한 사례가 필요하지만(조광희와 송진웅, 2012), 보편적인지 않은 사례는 오히려 오개념을 유발할 수 있다(김영희, 2008). 이러한 문제를 방지하기 위하여 개념에 속하는 예와 속하지 않는 사례를 제시하는 것은 개념을 이해하는 과정에서 매우 중요하다(Tennyson & Park, 1980). 이러한 과정을 통해 유사한 개념들 간의 공통점과 차이점을 인식함으로써 각

각의 개념에 대한 이해를 깊게 할 수 있기 때문이다.

이 연구에서는 전통적으로 중등학교 과학교육과정의 독립된 단원에서 지도하는 도체와 전해질이라는 개념을 전기가 흐르는 물질이라는 공통 속성으로 비교하였을 때 나타나는 예비교사들의 인식을 알아보고, 각 개념에 관련된 사례와 비사례를 비교하는 과정에서 이루어지는 인지갈등과 개념변화과정을 파악하고자 하였다. 이러한 연구를 통해 과학 개념을 구성할 때 고려해야 할 설명 요인에 대한 누락을 파악하고, 각 개념을 명확하게 이해할 수 있는 방안을 모색해 보고자 하였다. 예비교사 교육과정에서 이러한 사고변화를 경험하지 못한다면, 앞으로 과학교사가 된 후에도 자신이 배운 방식에서 벗어나지 못하고 유사한 개념들을 명확히 구분하지 못한 채 학생들에게 전달할 가능성이 높기 때문이다.

특히 2007 개정 과학교육과정의 중학교 3학년에서는 전해질과 이온 단원이 도체를 다루는 전기 단원 뒤에 제시된다. 이는 단원을 학습하면서 두 개념의 공통

*교신저자: 백성혜(shpaik@knu.ac.kr)

**2013.06.07(접수), 2013.06.25(1심통과), 2013.10.01(2심통과), 2013.10.09(3심통과), 2013.10.11(최종통과)

***이 연구는 2013년도 KNU E 학술연구비 지원을 받아 수행하였습니다.

속성을 자연스럽게 학생들이 연결할 수 있도록 하기 위함일 것이다. 그러나 과거의 교과서에서는 이 두 단원이 나란히 제시되지 않았으므로 예비 과학교사들의 경우에는 전해질은 항상 비전해질과만 비교하고, 도체는 항상 부도체와만 비교하면서 도체와 전해질이라는 두 개념을 전기가 흐르는 물질이라는 공통된 속성으로 연결하여 이해하지 못했을 가능성이 높다.

지금까지 중등학교 수준에서 개념변화와 관련된 선행연구들도 전해질과 도체를 관련지어 비교하지는 않았다. 전해질에 대한 연구로는, 크게 오개념 및 개념변화 관련 부분과 교육과정 및 교과서 분석 관련 부분으로 나누어 볼 수 있다. Morikawa 와 Williamson (2001)은 학생들이 전해질 용액에서 전류의 흐름 메커니즘에 관해 잘못된 생각을 가지고 있음을 지적하고 전해질 용액의 전기적 중성이 어떻게 유지되는가에 관한 교수모델을 제안했다. Bruke 등(1998)은 전해질 용액에서 미시적 수준에서 동적인 화학과정이 교과서에서는 정적인 도형, 그림으로 묘사되어 있기 때문에 학생들이 이해하는 데 어려움을 가지고 있어 이를 돕기 위한 컴퓨터 애니메이션을 개발하였다. 심유경(2003)은 전해질과 이온 및 산·염기의 반응 단원에서 학생들이 가지는 오개념을 문항별로 분석하고 교사가 조직적이고 효율적인 수업 전략을 세울 수 있는 기초 자료를 제공하였다. 엄광희와 황인선(2006)은 연구에서 고등학교 학생들의 질문 비율이 높은 전해질 개념에 대해 과학교과서에서 어떻게 서술하고 있는지 분석함으로써 학생들이 과학개념 형성에 있어서 가지는 어려움의 원인을 조사하였다. 연구 결과 교과서에서는 주로 전해질 물질의 예로 이온성 물질과 분자성 물질을 모두 제시하였으나 전해질 물질의 설명에서는 주로 이온성 물질의 개념을 바탕으로 설명하고 있어 예비교사들이 전해질의 이온화에 관한 이해에 어려움을 겪는다고 설명하였다. 이정아(2009)는 고등학생들이 전해질과 이온 단원을 학습하는데 필요한 7개의 필수 학습 요소 중에서 수용액에서의 전해질의 이온화, 양이온과 음이온의 형성, 전기 분해, 전해질 수용액의 해리 메커니즘, 물질의 성질에 대한 요소에서 학습에 어려움을 겪고 있다고 보고하였다.

도체와 관련된 선행연구로 학생들의 정전기와 전기개념에 대한 연구(김재원과 오원근, 2004; 송진웅 등

2002)들이 있으며, 이 연구 과정에서 도체개념을 언급하였다. 김경은 등(2012)은 도체와 부도체가 갖는 특성을 잘 이해시켜야 정전기와 관련된 오개념을 줄일 수 있다고 주장하였다. 박모현 (2006)은 도체와 부도체를 구분하는 문항에 대한 정답률이 32%로 예보나이트 막대나 유리막대 등을 도체로 착각하는 학생이 많았으며, 실생활 상황에서 도체와 부도체에 대한 과학적 개념을 제대로 적용하지 못하고 있다고 지적하였다.

이와 같이 도체나 전해질에 관련된 선행연구들은 주로 학생들의 오개념 조사나 교육과정 및 교과서에 관심을 두고 있으며, 오개념 형성의 원인 중 하나로 교과서에 대한 문제점 분석도 이루어졌다. 따라서 이 연구에서는 예비과학교사들을 대상으로 도체와 전해질의 각 개념을 전류가 흐른다는 공통적인 속성으로 보았을 때 어떻게 구분하고 있는지 조사하고, 사례와 비사례를 통해 개념변화과정이 어떻게 일어나는지 알아보고자 하였다. 이를 위하여 예비교사들이 중등학교에서 배웠던 교육과정의 교과서를 분석하여 관련 개념을 제시하는 유형을 찾아 비교하였다. 그리고 예비과학교사들의 인지갈등 과정과 개념변화 과정을 분석함으로써 각 개념을 이해하려면 필요한 사례들과 설명 요인에 대해 파악하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

연구대상은 우리나라 중부에 위치한 국립대학교의 화학교육학과 4학년 학생들로, 과학교사 교육과정에서 요구하는 대부분의 교과목을 이수하였고, 연구자와 레포를 충분히 형성하고 있어서 면담에 필요한 시간 및 노력을 할애할 의사가 있는 9인으로 선정하였다. 연구 대상자에 대한 정보는 다음 Table 1과 같다.

예비교사들은 학년은 동일하였으나, 예비교사 9는 입학년도가 빨라서 다른 예비교사들과 달리 초등학교, 중학교는 6차 교육과정을 이수하였고 고등학교는 7차 교육과정을 이수하였다. 예비교사 1-8은 초등학교, 중학교, 고등학교 모두 7차 교육과정을 이수하였다. 연구대상자인 모든 예비교사들은 화학교육을 전공 또는 복수 전공하였다.

Table 1
Information of subjects

분류기호	성별	이수 교육과정			학번	주전공(복수전공)
		초	중	고		
예비교사 1	여	7	7	7	09	화학교육
예비교사 2	여	7	7	7	09	화학교육
예비교사 3	여	7	7	7	09	화학교육
예비교사 4	남	7	7	7	09	환경교육(화학교육)
예비교사 5	여	7	7	7	09	화학교육
예비교사 6	여	7	7	7	09	환경교육(화학교육)
예비교사 7	남	7	7	7	09	환경교육(화학교육)
예비교사 8	여	7	7	7	09	화학교육
예비교사 9	남	6	6	7	06	화학교육

2. 자료 수집 기간 및 분석 방법

이 연구에서는 2012년 1월부터 2012년 8월까지 총 8개월에 걸쳐 자료가 수집되었다. 연구에 필요한 자료는 교과서, 설문지, 면담, 수업관찰, 보고서, 기타자료 등을 통하여 얻었다. 분석의 타당성을 높이기 위하여 모든 자료는 화학교육 전문가 1인과 관련 과목 지도경험 있는 교직경력 10년 이상의 현장교사이자 화학교육 박사과정 3인, 화학교육 석사과정 5인과 함께 동료검토 방법을 사용하여 반복적인 비교분석을 실시하였다. 비교분석방법은 모든 자료의 분석을 정해진 범주나 코드를 사용하지 않고 반복적으로 비교하는 과정을 통하여 여러 자료 내용이 나타내는 공통적 범주나 속성들을 탐색 도출해내는 분석방법으로 (Merriam, 1998), 질적 연구방법에서 널리 사용되고 있으므로 이를 채택하였다.

3. 분석 교과서

연구 대상자들이 도체와 전해질 개념을 배운 중등 교육과정의 교과서를 분석하여 교과서가 개념의 인식에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 2007 개정 중학교 과학 3 교과서의 경우 도체와 전해질 개념이 함께 제시되는 교과서이고, 7차 중학교 과학2와 고등학교 물리 I, 6차 중학교 과학2 교과서는 도체 개념만을 제시하였고, 7차 고등학교 과학과 6차 중학교 과학2는 전해질 개념만을 제시하였다. 분석한 교과서는

Table 2와 같이, 총 35종으로 도체 개념을 포함하는 25종과 전해질 개념을 포함하는 19종이다. 2007 개정 교육과정 중학교 과학3 교과서 9종은 도체와 전해질 개념 모두를 포함하고 있다. 이 외의 다른 교과서들은 도체와 전해질 중 한 개념만을 포함하고 있다. 이 연구에서는 6차 중학교 과학2 교과서 2종, 7차 고등학교 물리 I 교과서 7종, 7차 중학교 과학2 교과서 7종, 2007 개정 교육과정 중학교 과학3 교과서 9종 총 25종의 교과서에 제시된 도체 개념의 정의와 사례를 분석하였다.

4. 초기 개념 조사 설문지와 면담

예비교사들의 도체와 전해질 개념에 대한 초기 개념을 조사하기 위하여 도체와 전해질 개념의 정의와 사례를 묻는 설문지를 작성하였다. 설문지는 선행연구와 교과서를 분석한 결과를 바탕으로 연구자와 화학교육 전문가 1인과 박사과정 3인과 석사과정 5인의 검토를 거쳤다. 설문지는 Table 3과 같이, 도체와 부도체, 전해질과 비전해질의 정의와 사례를 묻는 문항으로 구성되어 있었으며, 전해질과 도체의 관계를 개념도로 나타내도록 하였다.

면담은 설문지에 작성한 개념도를 중심으로 도체와 부도체, 전해질과 비전해질에 대한 예비교사들의 생각을 알아보기 위하여 50분 내외로 실시하였다. 설문지와 1차면담을 통해 예비교사들의 도체와 전해질의 초기 개념을 확인하였다.

Table 2
Textbooks for analysis

교과서	출판사	저자	분류기호
2007개정 중학교 과학3 (도체, 전해질)	교학사, 2012	박희송 외 15인	A1
	금성출판사, 2012	이성묵 외 11인	A2
	동화사, 2012	김성진 외 11인	A3
	두배의 느낌, 2012	김성원 외 8인	A4
	두산동아, 2012	이찬중 외 11인	A5
	미래엔, 2012	박봉상 외 8인	A6
	비상교육, 2012	이준용 외 11인	A7
	천재교육, 2012	이면우 외 12인	A8
	천재문화, 2012	유준희 외 11인	A9
7차 중학교 과학2 (도체)	교학사, 2002	정완호 외 9인	B1
	금성출판사, 2002	이성묵 외 11인	B2
	동화사, 2002	박봉상 외 10인	B3
	두산, 2002	소현수 외 10인	B4
	디딤돌, 2002	김찬중 외 11인	B5
	지학사, 2002	이광만 외 16인	B6
	블랙박스, 2002	김정률 외 11인	B7
7차 고등학교 과학 (전해질)	교학사, 2002	정완호 외 9인	C1
	금성출판사, 2002	이문원 외 13인	C2
	대한교과서, 2002	이규석 외 9인	C3
	디딤돌, 2002	김찬중 외 7인	C4
	문원각, 2002	성민용 외 10인	C5
	중앙교육진흥연구소, 2002	우규환 외 11인	C6
	서울교육정보, 2002	이연우 외 7인	C7
7차 고등학교 물리 I (도체)	금성출판사, 2003	채광표 외 5인	D1
	중앙교육진흥연구소, 2003	이춘우 외 5인	D2
	지학사, 2003	장준성 외 4인	D3
	상문사, 2003	이희복 외 2인	D4
	청문각, 2003	고재걸 외 6인	D5
	천재교육, 2003	방형찬 외 5인	D6
	상문연구소, 2003	곽근식 외 3인	D7
6차 중학교 과학2(도체)	교학사, 1996	정찬희 외 11인	E1
	지학사, 1996	공구영 외 12인	E2
6차 중학교 과학3 (전해질)	교학사, 1997	정찬희 외 11인	F1
	지학사, 1997	공구영 외 12인	F2
	금성출판사, 1997	김시중 외 9인	F3

Table 3
Contents of the questionnaire

문항	문항 내용	문항의 의도
1	도체, 부도체, 전해질, 비전해질을 괄호 안 개념을 이용하여 정의하시오. (고체, 액체, 기체, 물, 용매, 용질, 용해, 용액, 전류, 자유전자, 전하, 전기, 원자, 이온, 해리)	전류에 관련된 선개념을 표현하면서 개념들 간의 구분이 모호할 수 있음을 인식
2	도체, 부도체, 전해질, 비전해질의 사례를 괄호 안에서 고르고, 그 이유를 적으시오. (철 _(s) , 나트륨 _(s) , 소금 _(s) , 소금물 _(aq) , HCl _(aq) , CO _{2(g)} , O _{2(g)})	물질을 분류하는 4가지 개념과 사례를 연결 지을 때, 물질의 상태에 따라 분류가 달라질 수 있음을 인식
3	도체와 전해질 수용액에 전류가 흐르는 이유와 과정을 설명해 보시오.	전류가 흐르는 두 가지 상태(도체와 수용액)가 움직이는 입자의 차이로 인해 구분되어야 함을 인식
4	도체, 부도체, 전해질, 비전해질 개념의 개념도를 작성해 보시오.	개념도로 자신이 가지고 있던 과학개념 간의 관련성(선개념)을 드러내면서 연결되지 못한 개념에 관계에 대한 인식

5. 개념변화를 위한 간섭 과정

자신이 가지고 있는 개념을 드러냄으로써 시작되는 개념변화 과정을 경험하기 위하여 예비교사들의 초기 개념을 서로 비교할 수 있는 시간을 제공하고, 개념도에서 나타난 개념의 차이점에 대해 분석하는 시간을 가졌다. 그 후 도체와 전해질에 관련된 중등학교 교과서 내용을 분석할 시간을 주었으며, 다시 모여 자신의 생각을 새로운 개념도로 표현하고 다른 예비교사들과의 차이점과 공통점을 토론하는 시간을 제공하였다.

이 과정에서 연구자는 연구대상자의 선개념에 영향을 미쳐 개념변화로 이끌 수 있는 상황을 Table 3과 같이 4가지 유형으로 제시하였으며, 이때 관련된 과학 개념이나 현상은 전기가 흐르는 물질이라는 공통적 속성을 가지므로 이 개념들이 어떤 점에서 유사하고 어떤 점에서 다른지 파악하는 것은 중요하다는 점을 설명하였다. 그리고 예비교사들이 자신의 개념을 드러냄으로써 다른 사람들의 개념과 자신의 개념과의 차이점을 인식하고 토론을 통해 합의하는 과정을 거쳤다. 이 과정에서 예비교사들이 경험한 개념변화에 대한 자료를 수집하기 위하여 발표와 토론, 면담 등을 실시하였다.

6. 개념변화 보고서 및 추가 면담

도체와 전해질에 대해 서로 다른 인식을 가지고 있

음을 깨달은 후에, 연구대상자들이 함께 중등 교과서를 분석하고, 서로의 개념을 일치시키기 위한 토론을 하는 과정을 경험하였다. 그 후 개별적으로 보고서를 통해 자신의 개념변화 과정을 최종적으로 정리한 개념도와 함께 서술하여 제출하였다. 보고서에는 초기 설문지에서 작성한 정의, 사례와 함께 간섭 과정에서 수정을 거친 개념도를 중심으로 도체와 전해질에 대한 자신의 개념변화 과정과 그러한 변화가 일어난 이유를 적도록 하였다. 그리고 논의 과정에서 어려웠던 점과 느낀 점도 적도록 하였다.

추가 면담은 개념변화 보고서 내용을 토대로 이루어졌다. 추가 면담은 함께 이루어진 교과서 분석 후의 개념변화, 도체와 전해질 개념의 연결에 대한 사고 변화 과정, 구성주의적 개념학습 경험에 대한 인식 등에 대해 개방적 형태로 진행되었으며 50분 내외로 이루어졌다. 추가 면담에는 예비교사의 기억을 돕기 위해, 초기에 작성한 설문지와 개념도, 개념변화를 위한 간섭 과정에서 이루어진 예비교사들의 개념도와 개념변화 보고서를 함께 참고하였다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 교과서 분석

1) 도체 정의 및 사례 분석

도체에 대한 개념을 포함하고 있어 분석한 총 25종

의 교과서 중 7차 고등학교 물리 I 교과서 2종(D1, D5)은 도체의 사례만을 제시하였을 뿐 도체의 정의는 제시하지 않아 분석에서 제외하였고, 도체의 정의 분석에는 총 23종의 교과서를 이용하였다.

Table 4와 같이, 교과서는 도체를 ‘자유전자가 있어서 전류가 잘 흐르는 물질’ 이라고 정의한 ‘가’ 형과 ‘저항이 작아 전류가 잘 흐르는 물질’ 이라고 정의한 ‘나’ 형의 두 가지 유형으로 제시하고 있다. ‘가’ 형 정의는 도체의 전하 흐름의 원인을 자유전자에 의한 것으로만 한정하였다. 하지만 도체에서 전하의 흐름은 자유전자뿐만 아니라 수용액 상태에서 이온과 같은 다른 요인도 존재한다. ‘가’ 형은 금속의 경우만 포함하는 협의의 정의로, ‘나’ 형은 모든 도체의 사례를 포함하는 광의의 정의로 볼 수 있다.

하지만 ‘나’ 형의 정의는 제 6차 교육과정 과학 교과서에서 100%, 제 7차 교육과정 과학 교과서에서 92%의 비율로 제시된 것에 반해, 2007 개정 교육과정 교육과정에서는 44%로 이전 교육과정에 비해 낮은 비율을 보이고 있다.

25종의 교과서에 제시된 도체의 사례를 분석하였다. 교과서의 본문, 탐구와 확인하기 문제 등에서 제시된 사례를 분석에 포함하였다. 교과서에 제시된 도체의 사례는 총 16가지로, 고체 금속 순물질 10가지(구리, 은, 금, 철, 알루미늄, 니크롬, 텅스텐, 백금, 콘스탄틴, 납), 고체 금속 혼합물 3가지(클립, 동전, 열쇠), 액체금속 수는 1가지, 공유결합물질 흑연(연필심) 1가지, 그리고 전해질 수용액 소금물 1가지였다.

모든 교과서에서는 도체의 사례로 a형 고체 금속결합물질을 모두 제시하였다. 그 외의 유형들은 간헐적으로 교과서에 제시되었다. 도체의 ‘나’ 형 정의는 고체 금속뿐만 아니라 액체 상태의 산, 알칼리, 전해질 수용액과 이온화된 기체도 사례로 볼 수 있다. 분석한 교과서의 74%가 도체를 ‘나’ 형으로 정의하였지만, 도체의 사례로는 고체 금속만을 제시하여 학생들은 고체 금속만이 도체라고 생각할 가능성이 높다.

개념을 정확히 이해시키기 위해서는 정의와 함께 사례와 비사례를 구분할 수 있도록 제시하는 것이 필요하다(Tennyson & Park, 1980). 도체로서 액체 수은이나 소금물은 학습자가 도체를 고체 상태에 한정하여 생각하는 사고에서 벗어날 수 있게 하여, 학습자의 사고를 확장시킬 수 있는 사례이다. 또한 공유결합물질인 연필심(흑연)은 3개의 탄소원자끼리의 결합을 형성하여 1개의 전자가 남게 되고 이것이 자유전자와 같이 행동하여 전위차가 주어졌을 때 전류가 흐르게 된다. 따라서 흑연의 사례는 도체가 금속만 해당한다는 사고를 버리는데 도움을 줄 수 있다. 교과서는 도체를 정의할 때 ‘나’ 형의 비율이 높지만, 사례를 제시할 때에는 ‘가’ 형의 비율이 높아서 학생들이 정의와 사례의 불일치로 인해 혼란을 느끼게 될 가능성이 높다.

2) 전해질 정의 및 사례 분석

6차 중학교 과학3 3종, 7차 고등학교 과학 7종, 2007 개정 교육과정 중학교 과학3 9종 총 19종의 교과서에 제시된 전해질개념의 정의와 사례를 분석하여 Table 5에 제시하였다.

Table 5와 같이 26%의 교과서가 전해질을 ‘고체에서는 전류가 흐르지 않으나, 수용액에서 전류가 흐르는 물질’인 ‘다’ 유형으로 정의하였고, 74%의 교과서가 전해질을 ‘물에 녹아 수용액상태에서 전류를 흐르게 한다.’는 ‘라’ 유형으로 정의하였다. ‘다’ 유형의 정의는 전해질을 고체 부도체로 한정한 협의의 정의이다. 2007개정 중학교 과학 3 교과서 A8과 A9에서는 ‘전해질에는 고체 상태뿐만 아니라 액체와 기체 상태의 물질도 있다’ 라고 제시 하고 있으며, A2에서는 물에 용해되는 이온결합화합물은 모두 전해질이며, 공유결합물질에서는 일부만이 전해질이라고 제시하기도 하였다. 이러한 설명은 모두 광의의 정의에 해당하는 ‘라’ 유형으로 분류하였다.

전해질에 관련된 사례는 교과서의 본문, 탐구와 확인하기 문제 등에서 제시된 내용을 포함시켰으며, 간

Table 4 Definition of conductor in textbooks of 7th and 2007 revised curriculum Unit: kind(%)

개념의 유형	도체의 정의	6차	7차	2007 개정	합계
가	자유전자가 있어서 전류가 잘 흐르는 물질	0	1(8)	5(56)	6(26)
나	저항이 작아 전류가 잘 흐르는 물질	2(100)	11(92)	4(44)	17(74)
합계		2(100)	12(100)	9(100)	23(100)

Table 5
Definition of electrolyte in textbooks

개념 유형	전해질의 정의	6차	7차	2007개정	합계
다	고체에서는 전류가 흐르지 않으나, 수용액에서 전류가 흐르는 물질	1(33)	2(29)	2(22)	5(26)
라	물에 녹아 수용액상태에서 전류를 흐르게 하는 물질	2(67)	5(71)	7(78)	14(74)
	합계	3(100)	7(100)	9(100)	19(100)

장과 식초 등을 전해질 수용액으로 언급한 사례는 제외하고 전해질로 제시한 경우만 분석하여 Table 6에 제시하였다.

Table 6에 제시한 바와 같이, 교과서에서 전해질의 사례로 제시된 20가지 중 염화나트륨, 염화구리 등 고체 이온결합물질이 가장 많은 9가지가 제시되었고, 공유결합물질은 6가지가 제시되었다. 분석한 6차, 7차, 2007 개정 교육과정의 19종의 모든 교과서가 이온결합물질은 전해질의 사례로 제시하고 있고 있지만 공유결합물질은 47%의 교과서만이 제시를 하고 있다. 전해질의 예로 이온결합물질만을 들 경우, 엄광희와 황인선(2006)의 연구 결과와 같이 공유결합물질은 전해질이 아니라고 학생들이 생각할 수 있다. 또한 26%의 교과서에서는 식초, 간장 등 5종류의 수용액 상태 물질을 전해질로 제시하였는데, 이는 전해질과 전해질 수용액을 혼동할 수 있게 하는 사례라고 할 수 있다.

3) 도체와 전해질의 연결

6차 교육과정에서는 중학교 과학2에서 도체 개념을, 중학교 과학3에서 전해질의 개념을, 7차에서는 중학교 과학2와 물리 I에서 도체의 개념을, 고등학교

과학에서 전해질의 개념을 다루었다. 도체와 전해질은 6, 7차 교육과정에서 동일한 학년에 제시된 적이 없다. 하지만 2007개정 중학교 과학3에서는 도체와 전해질의 개념이 각각 '전기' 단원과 '전해질과 이온' 단원에 연이어 나오면서 두 개념을 연결 지어 설명하려는 시도를 한 교과서가 2종(A2, A5) 있었다.

A2 교과서는 전해질 단원에서 전해질을 제시하기 전에 '소금이나 설탕과 같이 고체 상태에서 전류가 흐르지 않는 물질을 부도체, 철이나 구리와 같이 고체 상태에서도 전류가 흐르는 물질을 도체' 라 정의하였다. 또한 개념이해문제로 '도체와 전해질의 차이에 대하여 설명해 보자.' 라는 내용이 제시되었다. 이 교과서에서는 전해질을 '다' 유형으로 정의였는데, 고체 상태에서 전류 흐름의 유무로 도체와 부도체를 나누고, 전해질은 부도체 중 수용액에서 전류가 통하는 물질로 구분 짓고 있다.

A5 교과서에서는 도체의 개념을 '가' 유형으로 제시하고, 도체와 부도체의 전류 흐름의 유무를 자유전자로 설명하였다. 그리고 탐구 실험에서 도체의 사례로 전해질 수용액인 소금물을 제시하고 '전류가 흐른다.' 는 공통점으로 도체와 전해질을 연결하였다.

Table 6
Example types of electrolyte in textbooks

전해질의 사례 유형		사례	개수
순물질	이온결합물질 (물리변화)	고체 상태 f 염화나트륨, 황산구리(II), 염화구리(II), 질산칼륨, 염화칼슘, 수산화나트륨, 염화칼륨, 과망간산칼륨, 탄산나트륨	9
	극성공유결합물질 (화학변화)	고체, 액체, 기체 상태 g 비타민C, 아세트산 ^(o) , 암모니아 ^(g) , 이산화탄소 ^(g) , 염화수소 ^(g) , 황산 ^(l)	6
	혼합물	수용액 상태 h 식초, 간장, 탄산음료, 주스, 이온음료	5
합계			20

2. 예비교사의 도체와 전해질 개념의 관계에 대한 사전 인식 조사

예비교사들이 도체와 전해질의 개념 사이의 관계를 어떻게 이해하고 있는지 알아보기 위하여 설문지를 통해 개념도를 작성하도록 하고, 이에 대한 면담을 통해 정의와 사례가 불일치되는 경우에 둘을 일치시키는 과정을 거쳐 예비교사들의 초기 개념을 명확히 파악하였다. 이를 정리하여 Table 7에 제시하였다.

Table 7에 제시한 바와 같이, 도체는 3가지 유형으로, 전해질은 4가지 유형으로 개념이 나타났으며, 도체와 전해질의 개념을 연결하였을 때에는 크게 5가지 유형의 사고가 나타났다.

도체의 경우, 예비교사 1-7은 '가' 유형의 교과서 정의에서 도체를 고체로 한정한 '가1' 유형으로 정의하였고, 예비교사 8은 교과서의 '나' 형 정의로 제시하였다. 그러나 예비교사 9는 도체를 순물질에 한정된 '나1' 유형의 새로운 정의를 제시하였다. 전해질의 경우, 예비교사 4와 5는 전해질을 고체 부도체에 한정된 '다' 형 정의를 하였다. '다' 형 정의는 교과서에서도 제시된 전해질의 개념으로 전해질의 사례로 소금만을 제시하고, 이산화탄소 기체와 아세트산 액체를 전해질의 사례에서 제외하는 유형이다. 이러한 유형의 사고를 학생들이 제출한 보고서 자료를 통해서 확인할 수 있었다.

중고등학교 시절 과학 시간에 배운 도체의 정의가 “고체 상태에서 전류가 흐르는 물질”, 전해질의 정의가 “고체 상태에서는 전류가 흐르지 않지만 수용액

상태에서는 전류가 흐르는 물질” 이었다. 이때 수용액 상태라는 것은 물질이 물에 녹아 이온화된 상태를 말하는 것이다. 따라서 계속 이와 같은 정의로 알고 있었기 때문에 나는 망설임 없이 위와 같이 도체와 전해질의 정의를 내렸던 것이다.

(예비교사 5의 보고서)

예비교사 1-3, 6, 7은 교과서의 '라' 형 정의로 제시하였다. 예비교사 1-3의 경우는 교과서 '라'의 정의와 약간 다르게 전해질의 속성으로 물리변화만을 인정하여 '라1' 유형으로 분류하였다. 즉, 이들은 전해질의 대표적인 사례로 소금과 전해질 수용액 소금물(aq), HCl(aq)을 전해질의 사례로 포함시켰으나, CO_{2(g)}는 제외하였다. 이들에게 CO_{2(g)}를 전해질로 포함하지 않은 이유를 물었을 때, 물에 녹으면서 화학변화를 하는 것은 전해질이 아니라고 생각함을 확인할 수 있었다.

CO_{2(g)}가 H₂CO₃가 되는 것은 반응을 하게 되므로 자신의 특성을 잃게 되어, CO_{2(g)}는 전해질이 아니라고 생각했습니다.

(예비교사 1의 면담)

물에 녹아서 이산화탄소처럼 화학 반응을 일으켜 전기를 통한다면 그 물질은 이미 이산화탄소가 아니라고 생각해서, 전해질이 아니라고 생각했어요. 전해질이란 물에 녹아 물리변화를 통해 이온을 내놓는 것이라고요.

(예비교사 3의 면담)

Table 7
Conception types of pre-service teachers related to conductor and electrolyte

도체		전해질		예비교사
유형	예비교사의 개념	유형	예비교사의 개념	
가1	자유전자의 이동으로 전류가 통하는 고체 물질	다	고체에서는 전류가 안 통하지만, 수용액에서는 전류가 통하는 물질	4, 5
		라1	물에 녹아 이온화되어 전류가 통하는 물질 (물리변화만 포함)	1, 2, 3
		라2	물에 녹아 이온화되어 전류가 통하는 물질 (물리변화와 화학변화 모두 포함)	6, 7
나	전류가 통하는 물질	마	이온화되어 전류가 통하는 수용액 상태 물질	8
나1	전류가 통하는 순물질		9	

반면, 예비교사 6, 7은 전해질 속성으로 소금뿐만 아니라 $\text{CO}_2(\text{g})$ 도 전해질의 사례로 포함하여 '라2' 유형으로 분류하였다. 예비교사 8, 9는 전해질을 액체 상태의 물질로 한정하는 '마'의 새로운 정의를 제시하였다. 다음은 예비교사 8의 보고서와 예비교사 9의 면담내용이다.

고체 소금은 전해질로 봐야하는지 비전해질로 봐야하는지 생각하다가 내 생각에는 전해질은 어쨌든 전류가 통해야한다고 생각하였고, 그 상태 그대로를 봐야한다고 생각하였다. 그래서 고체 소금은 그 상태 자체로는 전류가 통하지 않으니 비전해질로 보았고, 액체(로 녹은) 소금은 전류가 통하니 전해질로 보았다. 그래서 전해질의 정의도 수정하였다. 전해질의 정의는 '용매에 용해되었을 때 이온이 해리되어 전류가 통하는 물질'이라고 생각을 하였는데 이 정의는 고체 소금도 전해질로 보는 정의이기 때문에 '용해된 상태에서 이온이 해리되어 전류가 통하는 물질. 용해된 그 상태만 전해질'로 수정하였다.

(예비교사 8의 보고서)

연구자: 전해질을 왜 수용액 상태만으로 생각을 하였나요?

예비교사 9 : 정의가 불명확 했던 것 같아요. 제가 가지고 있었던 게. 결국 수용액 상태가 중요한 거지. 전, 녹았을 때 그 상태를 중요하게 생각했어요.

(예비교사 9의 면담)

예비교사 8과 9는 전해질 개념에서 전류가 통하는 상태를 중요하게 생각하였다. 따라서 전해질의 사례로 '소금'이 아닌 '소금물'을 들었다. 학습자들은 개념의 정의로부터 핵심 되는 내용을 다양하게 판단하였다. 예를 들어 도체 개념에서는 고체, 순물질, 금속, 자유전자 등을 포함한다고 인식하거나, 전해질 개념에서는 고체, 물리변화, 용액상태 등을 포함한다고 인식하는 경우에 따라 다른 유형을 선택하였다. 그러나 이러한 개념 유형의 차이는 개념에 대한 정의와 사례를 연결하는 과정에서 명시적으로 드러났으며, 그 전에는 자신들의 개념 인식에 차이가 있을 수 있다는 점을 인식하지 못함을 면담 과정을 통해 알 수 있었다. 이러한 경험은 과학 개념을 가르쳐야 하는 교사의 입

장에서 학생들을 이해하는 데 도움을 줄 수 있을 것이라고 본다.

3. 토론을 통한 개념변화

예비교사 9명은 토론과정에서 도체와 전해질에 대해 서로 다른 이해를 하고 있었음을 깨닫고, 교과서 내용을 다시 살펴보거나 자신의 생각을 정리하는 시간을 가졌다. 그 후 학생들은 보고서를 통해 도체와 전해질에 대한 개념을 다시 표현하였는데, 토론 전에는 5가지 유형이었으나 토론을 통해 합의에 도달하면서 2유형으로 줄어들었다. 특히 전해질의 경우에는 모든 예비교사들이 물에 녹아 이온화되어 전류가 흐르는 물질로 물리변화와 화학변화를 포함한다는 단일한 정의에 모두 합의하였다. 단지 도체의 경우에만 두 가지 유형으로 나누어졌는데, 가장 많은 예비교사들(예비교사 1-6, 8)은 '자유전자의 이동으로 전류가 흐르는 물질'로 도체로 정의하였다.

그러나 예비교사 7은 토론 전에 이 사고를 가지고 있었음에도 불구하고 토론을 통해 다른 예비교사들과는 달리 '전류가 흐르는 순물질'이라는 도체의 정의로 변화하였다. 이 정의는 예비교사 9가 토론 전에 유일하게 가지고 있었던 개념으로, 예비교사 9는 토론 후에도 이 사고를 변화시키지 않았으며, 토론 과정에서 예비교사 7이 예비교사 9의 영향을 받아 생각을 바꾸게 된 것이다. 토론 전과 후의 예비교사 개념변화 과정을 정리하여 Table 8에 제시하였다.

전해질의 경우에는 토론 전에 4가지 유형으로 고르게 분포하다가 토론 후에 모든 예비교사들은 '물리변화와 화학변화를 포함하여 물에 녹아 이온화되면서 전류가 통하는 물질'로 모두 합의하였는데, 이러한 개념 변화에는 교과서에 제시된 전해질 사례 중에 $\text{HCl}(\text{g})$ 와 $\text{CO}_2(\text{g})$ 등과 같은 사례에 대한 토론이 영향을 미친 것으로 면담 과정에서 밝혀졌다.

처음엔 화학변화를 일으키는 것은 전해질이 아니고 생각했는데 그렇다면 $\text{HCl}(\text{g})$ 때문에 충돌이 생겼다. $\text{HCl}(\text{aq})$ 은 그 상태로 수용액이기 때문에 이것을 물에 녹이면 더 이상 화학변화가 일어나지 않을 것이다. $\text{HCl}(\text{g})$ 는 물에 녹이면 $\text{HCl}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$ 와 같이 물과 반응해 이온을 생성한다. 화학변화를 일으키는 물질이 전해질에 속하지 않는다면 $\text{HCl}(\text{g})$

Table 8
Change of pre-service teachers' thoughts about conductor and electrolyte before and after discussion

토론 내용	전해질								
		고체는 전류가 안 통하지만, 수용액에서는 전류가 통하는 물질		물에 녹아 이온화되어 전류가 통하는 물질				이온화되어 전류가 통하는 수용액 상태 물질	
				물리변화		물리변화와 화학변화			
		전	후	전	후	전	후	전	후
자유전자의 이동으로 전류가 흐르는 고체 물질	전	4, 5		1, 2, 3		6, 7		-	
	후		-		-		1-6, 8		-
도체	전류가 통하는 물질	전	-		-		-		8
		후		-		-		-	
전류가 흐르는 순물질	전류가 흐르는 순물질	전	-		-		-		9
		후		-				7, 9	

은 비전해질, HCl(aq)은 전해질이 될 것이다. 상태에 따라 분류가 달라진다면 명확한 정의가 아니라는 생각이 들어 화학변화도 포함시키기로 정의를 수정하였다. 교과서도 아세트산을 전해질로 포함시켰다. 아세트산도 염화수소 기체와 마찬가지로 물에 녹아 $\text{CH}_3\text{COOH}(\ell) + \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{COO}^-$ 와 같은 화학변화를 한다. 교과서에선 교육과정상 $\text{CH}_3\text{COOH}(\ell) \rightarrow \text{H}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$ 이렇게 표현을 했지만 사실은 물과 반응해 H_3O^+ 이온이 만들어 지는 것이다.

(예비교사 3의 보고서)

도체와 비슷하게 전해질의 개념이 여러 사람들의 합의를 거쳐 확장되었다. 포괄적으로 물질이 물에 녹아 수용액 상태가 되어 전류가 통하면 전해질로, 통하지 않으면 비전해질로 나눌 수 있다. 여기서 사람들끼리 합의가 마저 안 되었던 부분은, 물에 녹을 때 이온이 해리되어 전류가 통하는지를 볼 것인가(물리변화)? 아니면 물과의 반응으로 전하가 생성되는 것도 포함시킬 것인가(화학적 변화)? 에 대한 것이었다. 나는 전해질의 개념을 더 세분화시켜 내용을 포함할 수 있도록 정의를 변화시켰다. 따라서 $\text{CO}_2(\text{g})$ 를 새롭게 포함시켜 훨씬 많은 사례를 설명할 수 있었다.

(예비교사 4의 보고서)

따라서 적절한 사례의 제시를 통해 전해질과 같은

개념에 대한 구성주의적 합의가 쉽게 이루어질 수 있음을 알 수 있다. 그러나 이러한 사례를 제시한 교과서는 많지 않았으며, 사례를 제시한 경우에도 다른 사례들과 섞여 있는 경우에는 구성된 개념의 차이가 다름을 인지하지 못하는 상황에서 전해질이라는 개념 형성에 영향을 크게 미치지 못할 가능성이 많다. 이 연구에서도 토론 과정을 통해 전해질에 대한 서로의 개념이 다름을 인지하고, 그 차이를 사례를 통해 비교하면서 물에 용해되어 액성을 산성으로 변화시키는 기체 물질을 전해질로 포함시키는 과정을 통해 개념의 합의가 이루어진 것이다. 과학적 의사소통을 위해 반드시 필요한 과학 개념에 대한 합의를 형성하기 위해서는 추상적 개념의 정의와 함께 적절한 사례의 제시가 필수적이며, 특히 제시된 사례를 통해 추상적 개념에 대한 구체적 합의를 형성하는 과정도 반드시 포함할 필요가 있다고 본다.

한편, 예비교사 7과 9는 토론을 통해 도체와 전해질을 모두 가장 광범위한 정의로 바꾸었다. 이들이 토론과 교과서 분석을 하면서 다른 예비교사들과 다른 정의를 가지게 된 이유는 다소 달랐다. 예비교사 7은 토론 과정에서 예비교사 9의 의견을 수용하였는데, 그 이유는 예비교사 9의 학부 성적이 매우 좋았기 때문이다. 같은 이유로 예비교사 9는 다른 동료 예비교사들의 토론에 합의하지 않고, 자신의 생각을 고수하였다.

연구자: 왜 다른 친구들과는 다른 정의를 내리게 되었나요?

예비교사 9: 같은 화학교육과 학생들인데, 비슷한 수준이라, 저 친구의 말이 맞다면 제 말도 맞는 거니까요. 그래서 쉽게 마음을 열수 없었던 것 같아요.

(예비교사 9의 면담 자료)

도체와 부도체를 나누는 기준도 자유전자로 설명하였는데 다른 사람(예비교사 9)의 개념도를 보고 '전기가 통하는 물질'로 바꾸었다. 그리고 먼저 도체와 부도체로 나누고 물에 녹으면서 전기가 흐르는 것을 전해질, 흐르지 않으면 비전해질이라 하였다. 예를 들어 나트륨은 전기가 통하므로 도체가 된다. 또 물에 녹아 수용액이 될 수 있고 전기가 통하기 때문에 전해질도 된다. CO₂는 기체 상태에서 전기가 통하지 않으므로 부도체가 되고 물에 녹을 수 있고 전기가 통하므로 전해질도 된다. 또 전해질과 비전해질을 나눌 때 '물에 녹으면서'의 조건을 달아 물에 녹지 않으면 전해질, 비전해질 둘 다 될 수 없다. 나는 이 개념도를 만들면서 한 물질이 상태에 따라 도체, 전해질의 성질을 모두 가질 수 있다는 것을 강조하고 싶었다. 각각의 명제는 다른 사람들과 토의를 거쳐서 합의된 것은 아니지만 다른 사람의 개념도를 참고하고 생각한 것이다. 전해질과 비전해질을 부도체의 하위개념으로 한 개념도(예비교사 9)를 참고하였다.

(예비교사 7의 보고서)

예비교사 9는 동료와의 토론에는 크게 신경을 쓰지 않고 혼자서 2007개정 중학교 과학 3 교과서 7종 교과서를 분석하였다. 그리고 백과사전(네이버 두산백과사전 EnCyber)에서 도체 개념을 찾아 확인한 뒤, 교과서의 정의를 버리고 자신의 도체 개념을 '순물질'에서 '모든 물질'로 확장하였다. 이 과정에서 백과사전이라는 권위적 지식에 의존하는 경향을 보였으며, 자연현상의 공통점을 중심으로 과학 개념을 합의하면서 구성해 나가는 것의 중요성을 인식하지 못하였다.

백과사전의 정의에 따르면 저항에 따른 전류의 흐름을 고려하여 도체와 부도체를 나눈다. 정확한 도체의 정의는 다수의 교과서에서 제시하는 바와 같이

단지 자유전자가 존재하는 금속만을 도체라고 정의를 내리는 것 보다, "저항에 따른 전하의 이동의 정도"를 이용하여 도체와 부도체를 구분하는 것이 보다 정확하다고 생각한다. 이때 전하의 이동은 고체, 액체, 기체에 대해 상관이 없으며 단지 전하를 전자가 운반하는 것이 아닌 이온의 이동까지 포함한다.

(예비교사 9의 보고서)

특히 전해질의 경우에 예비교사 7이 토론 전에 가지고 있었던 개념을 다른 예비교사들이 따라주는 경험을 함으로써 개념 합의의 불필요성에 대한 인식이 강화되었다.

연구자: 토의와 교과서 분석이 도체와 전해질의 개념변화에 어떤 역할을 하였나요?

예비교사 7: 토의과정에서 도체의 경우는 개념이 변화 되었고, 전해질은 제 생각을 역시 다른 애들도 따라줘서 제 개념이 더욱 명확해 졌고요. 교과서는 명확해진 후에 본 것이라서 큰 영향을 받지는 않고 확인을 한 것 같아요.

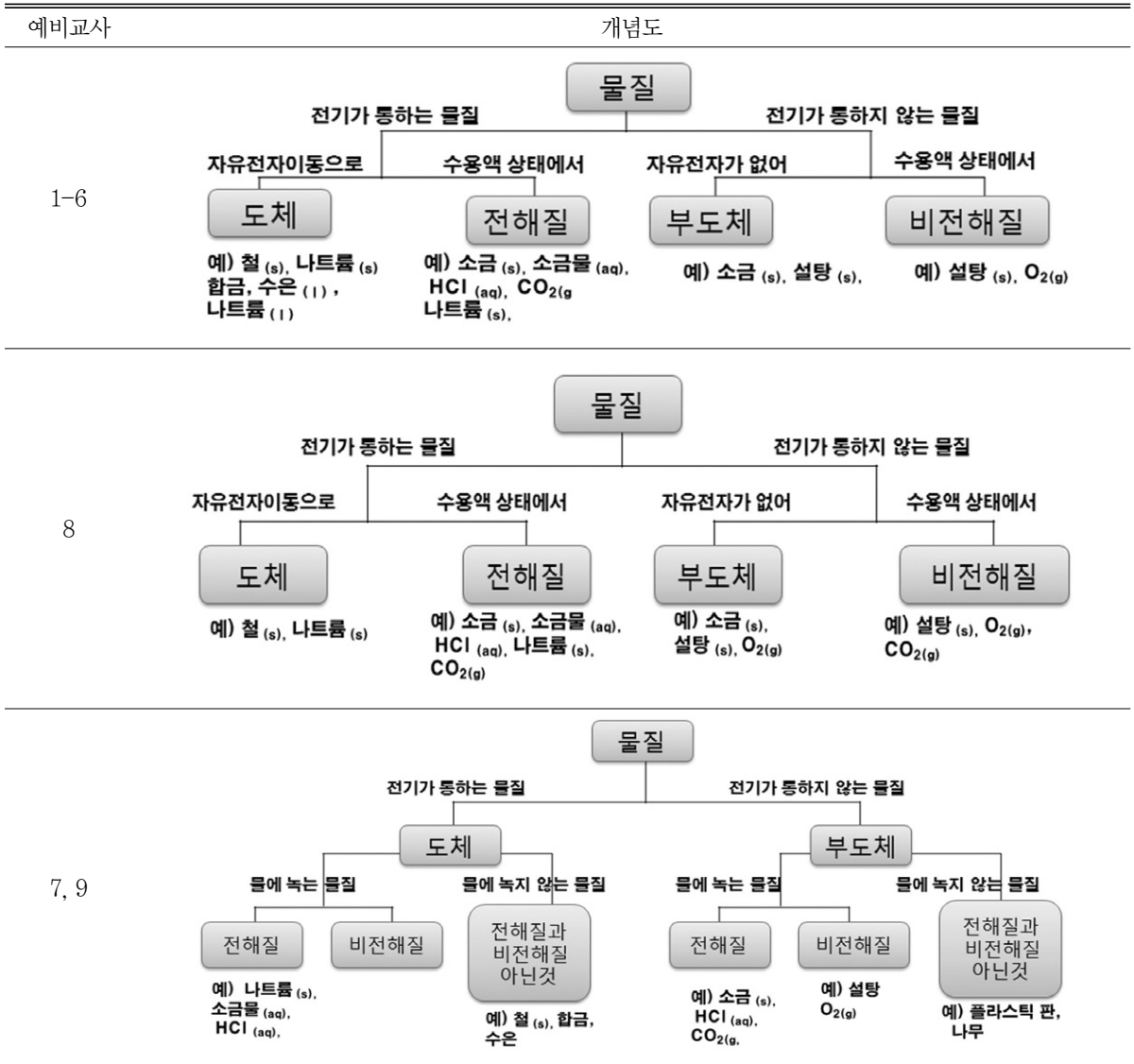
(예비교사 7의 면담 내용)

따라서 예비교사 7은 전해질과 달리 도체에서는 대부분의 동료들이 자신과 다른 개념으로 합의한 것을 알고 있었음에도 불구하고 그 상황이 자신의 사고 변화를 요구한다는 점에 대해 인지하지 못하였다. 따라서 성적이 우수하면서 권위의존적인 성향을 가지는 학습자에게 토론 학습의 의미나 개념 구성에 관련된 사회적 구성주의의 중요성을 인식시키기 위해서는 보다 명시적인 개입이 필요하다고 할 수 있다.

Table 8에서 살펴본 바와 같이 예비교사들이 토론을 통해 합의한 도체와 전해질의 관련성에 관한 개념의 유형은 크게 2가지(예비교사 1-6, 8과 예비교사 7, 9)로 구분할 수 있다. 그러나 예비교사들이 최종 보고서에 제시한 Table 9의 개념도를 살펴보면, 예비교사 1-6과 예비교사 8의 개념도 약간 다름을 확인할 수 있다.

예비교사들에게는 도체와 부도체, 전해질과 비전해질이라는 4개의 개념을 구분할 수 있는 개념도를 작성하라고 요구하였으며, 이에 해당하는 사례를 제시하도록 하였다. Table 9에 제시된 개념도는 예비교사들이 최종적으로 작성한 것으로, 사전 설문지에서 제시한 개념도 위에 교과서 분석과 토론 내용을 포함하

Table 9
Difference of examples in final concept map of pre-service teachers



여 재구성한 것이다. 토론에서 사례는 개념을 명료히 하고 합의하는 과정에서 매우 중요한 역할을 하였기 때문에 예비교사들은 토론 과정에서 다른 사례 중에서 개념에 해당되는 사례들은 최종 보고서의 개념도에 포함시켰다. 특히 고체, 액체, 기체 상태의 물질, 극성공유결합과 이온결합 물질, 물에 녹을 때 물리변화를 하는 물질과 화학변화로 구분되는 물질 등을 충분히 다루고, 이러한 구분에 따라 제시된 대표적인 사례를 개념도에 포함하도록 요구하였다. 따라서 이들

이 최종 보고서에 제시하지 않은 사례는 4가지의 개념에 포함되지 않는다고 판단한 것으로 볼 수 있다.

Table 9에 제시한 것과 같이 예비교사 1-6은 고체뿐 아니라 액체 수은이나 용융된 나트륨과 같은 상태도 도체의 개념에 포함시켰다. 그러나 부도체는 고체 상태의 물질만 포함시켰다. 또한 소금물이나 염산 용액과 같은 혼합용액, 물에 녹아 이온이 되는 극성공유결합물질인 이산화탄소 기체, 금속결합물질인 나트륨 등 다양한 상태의 물질도 전해질의 개념에 포함시켰

다. 비전해질은 물에 녹아 이온화되지 않는 다양한 상태의 물질들을 포함시켰다. 따라서 고체 설탕은 부도체이면서 비전해질에 포함되지만, 고체 소금은 부도체에만 해당되고 산소기체는 비전해질에만 해당된다. 이러한 최종 개념도를 통해 예비교사 1-6은 도체와 전해질 개념에 포함되어 있던 물질의 상태에 대한 고정관념을 많이 버리게 되었음을 알 수 있다. 이는 보고서를 통해서도 확인할 수 있었다.

토론을 거치면서 새로운 예시와 다른 사람들의 생각을 들어보니 기준이 몇 가지 변화했다. 토론을 하며 도체에 대한 정의를 내릴 때, 이전까지 '상태'에만 집중했다면 토론 후에 자유전자에 초점을 맞춰 도체의 '상태'를 넘어 자유전자에 의해 전류가 총하는 물질로서 정의를 확장시킬 수 있었다. 이에 따라 도체 개념도의 사례에 응용된 금속도 포함이 될 수 있었으며 더 많은 사례를 도체로서 설명할 수 있었다.

(예비교사 4의 보고서)

그런데 토론 과정에서 자유전자의 움직임 때문에 전류가 흐르는 물질이지만 나의 도체 정의에는 맞지 않는 사례를 발견했다. 바로 Hg(l)!! 수은은 액체 상태에서도 전류가 흐르는 금속 물질이다. 수은은 자유전자를 가지고 있어 자유전자가 움직여 전류를 흐르게 때문에 도체가 맞는데, 나의 도체의 정의는 고체 상태라고 한정되어 있기 때문에 액체 수은이 사례에 들어올 수가 없는 것이다. 따라서 나는 도체의 정의를 "고체 상태에서 전류가 흐르는 물질"에서 "자유전자의 이동으로 전류가 흐르는 물질"로 바꾸었다.

(예비교사 5의 보고서)

토론 뿐 아니라 교과서를 분석하는 과정도 개념변화에 영향을 미쳤음을 확인할 수 있었다. 특히 교과서의 예시가 도움을 주기 보다는 정확한 개념 형성에 방해를 일으켰음을 깨닫는 과정도 있었다. 이러한 인식은 앞으로 과학 개념을 가르칠 때 정의와 함께 제시하는 사례에 대한 내용을 교사로서 반성할 수 있는 기회를 제공해 줄 것이다.

교과서를 분석하는 과정에서 고체는 중요한 포인트가 아니라고 생각하게 되었고 자유전자가 더 주요한 요소라는 것을 알았다. 그래서 도체에 관한 나의 정의

와 개념도에서 고체라는 언급을 제외했다.(따라서 액체 수은도 도체에 포함되게 된다.) 나는 자유전자를 언급한 교과서로 배웠던 것 같다. 그리고 도체가 금속에 제한되는 것이 당연하다고 생각했었는데, 7개의 교과서 중 어느 것도 금속에 한정되는 경우는 없었다. 그러나 예시를 드는 것이 모두 금속(클립, 동전, 구리, 철)이고 도체의 정의에도 '금속과 같이'라는 말이 다들 들어가서 내가 그렇게 생각했던 것 같다.

(예비교사 1의 보고서)

예비교사 1은 교과서에서 도체의 정의에 금속과 고체라는 한정어가 없다는 것을 알았지만, 예시가 모두 고체 금속이며, 정의에도 '금속과 같이'라는 설명이 들어가 있어 이러한 사고가 고착화되었음을 깨달았다.

그러나 이와 대응하는 부도체 개념에서 예비교사들이 여전히 고체 상태라는 전제조건을 버리지 못하였다. 따라서 도체와 고체의 개념이 매우 강하게 연결되어 있었음을 알 수 있다. 교과서에서는 도체의 사례로 고체 금속만 제시하고 있다. 액체 금속 수은을 제시한 교과서는 분석한 25종의 교과서 중 고등학교 물리 I 3종 교과서뿐이었다. 따라서 예비교사들은 고체 금속이 도체라는 생각을 강하게 형성하고 있었다.

전형적인 예들이 갖는 공통적인 속성이 없는 독특한 예를 제공하는 '확장' 기능과 비사례를 제공함으로써 개념을 특징짓는 속성이 무엇인지 보여주는 '대조' 기능의 예는 개념의 형성에서 매우 중요하다(유주경, 2012). 현재 과학 교과서에 제시된 도체와 전해질의 사례들이 확장과 대조의 기능이 부족하므로, 가능한 한 상태종류, 결합종류, 물리화학변화종류 등을 고르게 포함할 수 있는 다양한 사례를 제시하여, 용어 정의만으로는 형성하기 어려운 과학 개념을 폭넓은 이해할 수 있도록 할 필요가 있다.

Table 9에서 예비교사 1-6과 구분된 예비교사 8은 고체 설탕과 산소 기체를 부도체와 비전해질에 모두 포함시켰다. 그리고 고체 소금은 부도체에는 포함시켰으나 비전해질에는 포함시키지 않았다. 도체와 부도체, 전해질과 비전해질의 4가지 개념은 반드시 개념도에 포함하도록 요구하였기 때문에 비록 예비교사들이 4가지 개념 중 일부를 동의어로 이해하고 있더라도 개념도에는 구분하여 제시할 수밖에 없었다. 따라서 이 연구에서는 개념 아래 제시한 사례를 통해 개념에 대한 예비교사들의 인식을 비교하고자 하였다.

이러한 해석을 토대로 볼 때, 예비교사 8은 부도체와 비전해질을 거의 동일한 것으로 인식하고 있음을 알 수 있었다. 단지 부도체의 사례에는 고체 소금이 포함되어 있으므로 비전해질보다 포괄적인 의미로 해석한다고 추론할 수 있다. 이러한 부도체와 비전해질에 대한 개념 인식은 예비교사 7과 9의 인식과 유사하다. 비록 부도체 개념에 대한 인식은 더 포괄적이지만, 예비교사 7과 9이 경우에도 부도체 아래에 비전해질 개념을 제시하였기 때문이다. 그리고 비전해질의 사례로 설탕과 산소를 제시한 것도 동일하다. 개념도를 표현하는 방법은 다양하기 때문에 그 형태는 달라 보이지만, 사례 등을 통해 예비교사 7, 8, 9의 비전해질과 부도체에 대한 개념이 유사함을 확인할 수 있다. 이에 비해 예비교사 1-6은 부도체와 비전해질의 공통적인 사례로 고체 설탕을, 부도체만의 사례로 고체 소금을, 비전해질만의 사례로 산소 기체를 들었다. 이를 통해 비전해질과 부도체라는 두 개념이 공통점을 가지지만, 서로 다른 점도 있다고 인식함을 확인할 수 있다.

앞서 분석을 통해 예비교사 7과 9는 동료와의 토론에 영향을 받기 보다는 권위의존적인 사고를 가지고 있음을 언급하였다. 개념도에서 비전해질과 부도체에 대한 사고가 이들과 유사한 것으로 나타난 예비교사 8의 경우에도 보고서를 통해 예비교사 7의 사고를 따라갔음을 파악할 수 있었다. 예비교사 8이 보고서에서 언급한 '다른 학생들'은 예비교사 1-6이 아니라, 토론 과정에서 자신의 초기 생각을 지속적으로 주장한 예비교사 7을 의미한다. 이를 통해 예비교사 8의 경우에도 성적이 우수한 예비교사 7에 대한 권위의존적인 사고를 가지고 있음을 추론할 수 있다.

거의 모든 교과서에서 고체 상태의 소금을 전해질의 예시로 들고 있었다. 여태까지 전해질은 변화를 수반하는 정의가 아니라 그 상태로만 보아야한다는 생각을 버리고 전해질의 정의를 '물에 녹아 이온화되어 전류가 통하는 물질(물리변화, 화학변화)'로 바꾸어야겠다고 생각했다. NaCl(s)뿐만 아니라 HCl(aq)와 CO₂(g)도 물에 녹아 이온을 형성하여 전류가 통하므로 다 전해질에 속한다고 생각하였다. 교과서와 여러 논문을 보고 나니 동료들과 토론했던 내용이 생각나면서 내가 고집했던 생각을 버리고 다른 학생들의 의견을 수렴하게 되었다.

(예비교사 8의 보고서)

그러나 예비교사 8은 고체 나트륨을 제외하고는 도체와 전해질의 사례로 같은 물질을 제시하지 않았다. 즉 이 두 개념은 독립적으로 분리된 개념으로 인식하고 있었으며, 이는 예비교사 1-6과 유사하며, 예비교사 7이나 9와는 다른 사고 유형이다. 따라서 예비교사 8은 도체와 전해질의 경우에는 예비교사 1-6과 유사하고, 비전해질과 부도체의 경우에는 예비교사 7, 9와 유사하다고 할 수 있다.

V. 결론 및 제언

이 연구에서는 중등학교에서 다루는 과학 개념 중에서 물리와 화학 영역에서 다루면서 전기가 흐른다는 공통적인 성질을 가지는 도체와 전해질 개념의 관련성에 대한 예비과학교사들의 사고를 알아보고, 토론을 통해 개념변화 과정을 분석하였다. 또한 예비교사들의 개념 형성에 영향을 미쳤을 것이라고 판단한 중등 과학교과서들을 분석하였으며, 설문지, 보고서, 면담 등을 통해 자료를 수집하였다.

교과서 분석을 통해, 교과서의 정의에 해당하는 사례들이 충분하지 않아서 이를 학습하는 과정에서 제한조건을 스스로 만들게 되는 상황이 일어날 수 있음을 확인하였다. 예를 들어 '자유전자가 있어서 전류가 잘 흐르는 물질', 혹은 '저항이 작아 전류가 잘 흐르는 물질'로 도체를 정의하였지만, 사례로는 고체 금속을 대부분 제시하고 있어서 예비교사들은 도체의 상태를 고체로 한정하고, 금속만 해당한다고 생각하는 경향이 있었다. 따라서 대부분의 예비교사들이 자유전자를 가지지만 액체 상태인 수은의 사례를 도체로 인식하는데 어려움을 겪었다. 또한 전해질의 정의는 '고체에서는 전류가 흐르지 않으나 수용액에서는 전류가 흐르는 물질', 혹은 '물에 녹아 수용액 상태에서 전류를 흐르게 하는 물질'로 정의하였지만, 대부분 이온 결합 물질을 사례로 제시하여서 물에 녹았을 때 화학변화를 하는 경우를 전해질로 인식하는데 어려움을 겪었다.

이 연구를 통해 개념에 속하는 사례가 가지는 속성과 해당되는 과학 개념의 정의가 적절히 연결되도록 교과서의 사례들은 사고의 확장과 비사례의 대조가 포함될 필요가 있다고 본다. 이러한 사례와 비사례에 대한 충분한 제시 없이 추상적인 정의의 서술만으로 모든 학생들이 동일한 과학 개념을 형성한다는 사고

는 구성주의적 관점으로 볼 때에도 부적절한 교육 방식이라고 할 수 있다. 그리고 이러한 문제를 예비과학 교사들을 대상으로 한 중등학교 과학 개념 연구를 통해서도 확인할 수 있었다. 연구 대상의 예비교사들은 고등학교까지 우수한 과학 성적을 유지하였으며 4년 동안 예비교사교육과정을 경험하였음에도 불구하고, 중등학교에서 다루는 과학 개념에 대한 이해가 서로 다름을 인식하고 합의하여 공통의 개념을 형성하는 과정에서 큰 어려움을 겪었다. 그리고 8개월간의 연구가 진행되었음에도 불구하고, 마지막까지 공통의 개념으로 합의하지 못하였다.

그러나 예비교사들은 전기가 통하는 물질에 관련된 개념들이 서로 일치하지 않는다는 사실을 깨닫고 토론과정을 통해 개념을 합의해 나가는 과정을 경험함으로써 사고의 변화 과정을 직접 체험할 수 있는 기회를 가지게 되었다. 이 과정에서 대부분의 예비교사들은 익숙하지 않은 물질들을 도체나 전해질의 사례에 포함하는 과정을 통해 과학 개념을 보다 정교화 하였고, 이 과정에서 스스로 가지고 있었던 개념의 정의를 변화시켰다. 그러나 일부 예비교사들은 동료들과 개념의 합의를 위해 토론하는 과정의 가치를 제대로 인식하지 못하고 교과서나 참고 문헌의 권위에 의존하여 자신의 사고를 변화시키지 않거나 혹은 자신보다 뛰어나다고 믿는 학생의 사고를 무비판적으로 따라가는 경향을 보이기도 하였다.

교재에 서술된 과학 개념은 누구에게나 동일한 의미로 전달되는 것이 아니며, 자신의 사고를 드러내고 사회적 합의를 거치면서 정교화 되어 가는 것이다. 이러한 경험은 예비교사들이 학습공동체에서 이루어지는 토론학습을 통해 다양한 사고에 대한 수렴 과정의 중요성을 인식하고, 주도적인 학습자로서 자신이 가진 사고에 대해 반성할 수 있는 능력을 기르게 해줄 수 있다. 비록 대부분의 사범대학에서 ‘과학교육론’ 강좌와 ‘과학교수학습이론’ 강좌를 통해 사회적 구성주의와 토론학습의 중요성을 가르치고 있지만, 이를 지식으로 배우는 것과 이 연구와 같은 경험을 통해 습득하는 것은 매우 다르다. 교사는 스스로 학습한 경험 이상의 것을 학생들에게 지도할 수 없기 때문이다. 따라서 앞으로 예비교사들이 교육 현장에서 자신이 받은 것과 다른 형태의 교육을 실행할 수 있는 실천적 지식을 획득할 수 있도록 예비교사 교육과정의 변화도 이루어질 필요가 있다.

마지막으로, 과학 지식에 대해 권위의존적인 경직된 사고를 버리고, 과학자뿐만 아니라 과학을 배우는 학습자도 자연 현상을 보다 잘 이해하기 위해 과학 개념을 스스로 유의미하게 확장하는 경험을 제공하는 것이 필요하다. 이 과정에서 서로의 생각을 나누는 토론 과정을 경험하고, 이를 통해 사회적 합의를 이루어가는 과정은 미국의 새로운 과학교육과정(Next Generation Science Standards, 2013)에서도 매우 중요하게 제시한 항목이다. 특히 이러한 사회적 합의 과정에 참여하기 위해서는 자신의 생각이 가질 수 있는 오류에 대해 개방적인 마음을 가질 수 있어야 하며, 이러한 문제는 자신만이 아니라 과학을 학습하는 모든 사람들이 겪을 수 있는 문제임을 인식하여야 한다. 이러한 인식이 뒤따를 때, 학생들에게 과학 개념을 전달하는 과학 교사로서의 수업 지도력이 향상될 수 있을 것이다.

국문 요약

이 연구에서는 중등학교 과학 교과서에서 도체와 전해질에 대한 정의와 사례를 분석하고, 4학년 예비교사 9명을 대상으로 도체와 전해질의 정의와 적절한 사례에 대한 이해를 알아보았다. 교과서 분석을 통해 개념의 정의보다 사례는 협소하게 제시되어 있어서 학습자가 사례로부터 제한된 정의로 이해할 가능성이 높음을 확인하였다. 예비교사들에 대한 설문과 면담을 통해서 도체와 전해질 개념에 대한 이해가 서로 다름을 확인하고, 토론을 통해 과학 개념을 합의해 나가는 과정을 경험하였다. 이러한 경험을 통해 예비과학 교사들은 사회적 구성주의의 의미를 깨닫고, 교사로서 학생들을 지도할 때 과학 개념을 합의해 나가는 과정이 필요함을 인식하게 되었다.

주요어: 예비과학교사, 사회적 구성주의, 토론 과정, 과학 개념, 도체, 전해질

참고 문헌

- 김정은, 이연정, 백성혜 (2012). 도체·부도체의 구조와 전자의 이동 학습이 중학생의 정전기 단원 이해에 미치는 영향. *현장과학교육* 6(1) pp60-68.
- 김영희 (2008). 제 7차 고등학교 과학 교과서의 물리영역에 제시된 예시 유형의 분석. *한국교원대학교 석사학*

위 논문.

- 김재원, 오원근 (2004). '전기'와 '정전기' 개념에 차이에 대한 중학생들의 이해. *새물리* 49(3): 224-231
- 박미진, 김영민(2003). 물리 외 교과서에 제시된 물리적 현상 설명이 학생들의 물리 개념 형성에 미치는 영향. *한국과학교육학회지*, 23(2), 155-164.
- 박묘현 (2006). 중학생들이 정전기 개념에 관한 실험실 상황과 실생활 상황에서의 이해도 조사. *한국교원대학교 대학원 석사학위논문*
- 박승재 (1985). 과학교육. 교육과학사.
- 송진웅, 김익균, 김영민, 권성기, 오원근, 박종원 (2002) 학생의 물리 오개념지도. (주)북스힐, p 126-155.
- 심유경 (2003). 전해질과 이온 및 산·염기 반응에 관한 고교생들의 개념 조사 연구. *연세대학교 교육대학원 석사학위 논문*.
- 엄광희, 황인선 (2006). 고등학교 학생들의 화학에 대한 질문 조사와 전해질 개념에 대한 고등학교 교과서 분석. *교과교육연구*, 10(1), 1-19.
- 이정아 (2009). 전해질과 이온에 대한 고등학교 학생들의 설명 유형 분석. *한국교원대학교 대학원 석사학위논문*.
- 조광희, 송진웅 (2012). 중학 과학 수업에서 예의 선정, 사용, 역할에 관한 교사의 의견, *교사교육연구*, 51(2), 259-270.
- Burke, K. A., Greenbowe, T. J., & Windschitl. (1998). Developing and using conceptual computer animations for chemistry instructions. *Journal of Chemical Education*, 75(12), 430-432.
- Carin, A. A. (1997). *Teaching science through discovery*, 8th ed. Upper Saddle River, New Jersey: Merrill.
- Merriam, S. B. (1998). *Qualitative research and case study applications in education: revised and expanded from case study research in education*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers.
- Morikawa, T., & Williamson, B. E. (2001). Model for teaching about electrical neutrality in electrolyte solutions. *Journal of Chemical Education*, 71(1), 29-34.
- Next Generation Science Standards(2013). <http://www.nextgenscience.org/> 검색일: 2013. 06.06.
- Tennyson, R. D. & Park, O. C. (1980) The teaching of concepts: a review of instructional design research literature. *Review of Educational Research*, 50, 55-77.