

화학전지에 대한 예비교사들의 학년별 사고 유형

한유화¹ · 허영희² · 백성혜^{3,*}

¹천안공업고등학교 · ²세광고등학교 · ³한국교원대학교

The Thinking Types of Pre-Service Chemical Cell Chemistry Teachers according to Grade

Yu-Hwa Han¹ · Young-Hoi Heo² · Seung-Hey Paik^{3,*}

¹Cheonan Technical High School · ²Segwang Hight School · ³Korea National University of Education

Abstract: This study analyzed the thinking types of pre-service chemical cell chemistry teachers according to grade and tried to find out how the education for pre-service teachers had influenced their thinking types. This study found that the pre-service education had failed to form scientific conceptions. Some pre-service teachers thought that college education couldn't help them understand the knowledge about chemical cell. In addition, they are lacking in scientific conception. Even some of them who thought college education was helpful had wrong conceptions. Most of the pre-service teachers' thoughts could not exceed the level of the high school chemistry textbooks. But, Juniors had more scientific conception than other grades through the group discussions about chemistry textbooks' contents in the course of "Theory of Science Teaching Materials". So, Pre-service education should include the pedagogical knowledge with content knowledge treated in secondary school science textbooks for educational effects.

Key words: chemical cell, pre-service education, pre-service teacher, pedagogical knowledge, content knowledge

I. 서 론

2007년도에 발표된 새교육과정을 앞두고 교육과정 평가원에서 전국의 108개교 화학교사를 대상으로 현행 교육과정에 대한 설문조사를 실시한 결과(한국교육과정평가원, 2006) 화학II를 선택한 학생의 1/3만이 교과서의 60%이상을 이해하고 있다고 보고하였다. 또한 화학II에서 가장 어려운 내용은 산화와 환원 반응이라고 조사되었다. 이공계로 진출하려는 학생수가 점점 줄어들고 있으며, 이공계 진출을 위해 대학수학능력시험에서 화학II를 선택한 학생들이 40% 내외인 것을 감안할 때, 이 단원에 대한 이해 정도는 매우 저조한 것으로 판단할 수 있다. 현행 교육과정에서는 화학전지와 전기분해의 원리를 산화와 환원반응에서 주로 다루고 있다. 따라서 화학전지와 전기분해 내용에 대하여 학생들이 어려워하는 이유가 무엇인지, 어떻게 하면 쉽게 가르칠 수 있는지에 대한 원인을 분석할 필요성이 제기된다.

화학전지에 대하여 학생, 교사를 대상으로 한 개념 이해 연구들이 최근에 몇 가지 수행되었다. 박진희 등(2006)은 전기화학의 핵심이 되는 개념이라 할 수 있는 전극전위에 대하여 화학교사들과 학생들의 사고 유형을 알아본 결과, 대부분의 학생들이 금속이 산에 녹는 경우에만 화학전지가 형성된다고 인식하였으며 교사들 중에서도 전극으로 사용된 두 금속 중 하나는 반드시 전해질에 녹아 들어가야만 전지가 형성된다고 생각하는 경우가 있음을 보고하였다. 이는 전해질의 역할을 전하를 띤 입자가 이동할 수 있는 통로라기보다는 금속을 녹여 전자를 생산해 내는 역할로만 한정시켜 생각하는 것으로 해석해 볼 수 있다.

전기분해 생성물을 예상하는 과정을 통해 화학교사들과 예비교사들이 갖는 개념을 분석한 연구(박진희, 백성혜, 2004)에서도 대다수의 예비교사들은 표준전극 전위를 활용하지 못하였으며, 전기분해할 때 물이 산화와 환원반응에 참여한다는 것을 이해하는 교사의 비율도 높지 않았음을 보여주었다. 그리고 고등학교 교과서

*교신저자: 백성혜(shpaik@knu.ac.kr)
**2007.06.05(접수) 2007.10.20(1심통과) 2008.01.22(2심통과) 2008.02.20(최종통과)

의 서술에서도 일부 오류가 있음을 확인하였다.

또한 화학교사를 대상으로 한 화학전지에 대한 개념을 알아보는 연구(강동화, 2004)에서도, 교과서에서 주로 다루어지는 아연과 구리 금속 이외의 서로 다른 금속에서 전류의 흐름 여부와 기전력 값을 판단하는 데 화학교사들조차도 많이 혼란스러워하고 있었으며 교과서마다 전지에서 전류가 흐르는 이유와 기전력 값이 다양하게 표현되었음이 드러났다.

이순희(2002)는 다니엘 전지에서 염다리의 역할을 알아보는 연구를 통하여 대부분의 학생들이 전류의 개념을 도선에서의 전자의 이동만으로 제한하여 생각하고 있음을 발견하였고, 박진희 등(2004)은 교사와 예비교사들도 염다리의 중요 역할을 이온 전달에 의한 용액내 전하 균형을 맞추는 것으로만 이해하고 있으며 폐회로의 완성이라는 관점은 거의 가지지 못함을 지적하였다.

외국의 경우에도 이와 유사하게 Özkaya(2002)는 예비교사들을 대상으로 전기화학에 대한 개념을 조사하였는데 예비교사들 역시 학생들과 유사한 어려움이 있음을 밝히고, 그 원인으로 교재의 서술 방식을 문제점으로 지적하였다. Ogude, Bradly(1996)는 전기화학 관련 문제들로 학생들의 개념 이해 정도를 분석한 결과 학생들이 기계적인 문제풀이는 할 수 있으나 정성적인 개념 이해가 부족하다는 것을 언급하였다. 표준화된 전위나 염다리의 역할에 대한 학생들의 어려움을 조사한 연구(Allsop & George, 1982)도 찾아볼 수 있다.

이러한 선행연구들의 결과로 볼 때 한국교육과정평가원의 보고에서 학생들이 가장 어렵다고 조사된 화학전지와 전기분해 관련 내용은 화학교사들까지도 과학적 개념이 부족하며, 교과서 서술 역시 학생과 교사의 정확한 개념 이해에 도움을 주지 못하였음을 알 수 있다.

이에 본 연구에서는 학생, 예비교사, 교사의 전반적이고 연속적인 어려움의 해결 방안을 교사양성교육에서 찾아보고자 한다. 화학전지의 전극과 전해질의 종류를 바꾸어줄 때 전류의 흐름에 대한 과학적 개념을 형성하는 데 예비교사들이 관련교육을 이수한 정도나 특정 과목의 교육에 의해 화학전지에 대한 사고 유형이 어떻게 달라지는지 알아봄으로써 이들이 과학적 사고를 형성하는 데 영향을 준 요인을 알아보고자 한다.

II. 연구내용 및 방법

1. 연구 대상

중소도시 근교에 있는 한 교원양성대학의 화학교육

과에 재학 중인 학생들을 대상으로 하였다. 연구 당시에 재학 중인 모든 학생을 대상으로 하되 연구에 참여하기를 원하지 않는 일부 학생들을 제외하고 1학년 학생 18명, 2학년 7명, 3학년 14명, 4학년은 13명으로 모두 52명의 학생이 참여하였다. 대학교 1학년 학생의 경우 고등학교 과정을 이수하고 막 대학에 입학한 3월 초에 설문을 실시하였고, 2학년부터 4학년까지는 대학 과정이 거의 마무리되는 11월 말 경에 실시하여 연구를 진행하였다.

연구 대상자들이 화학 전지와 관련하여 학교교육과정을 통해 접할 수 있는 과목은 2학년 학생들은 일반화학, 3학년 학생들은 분석화학과 화학고재론이다. 4학년 때에는 화학전지와 관련된 특정 과목을 더 이수한 학생들이 없었기 때문에 3학년의 경우와 수강 과목에서는 차이가 없었다. 예비교사들은 모두 고교과정에서 동일한 6차 교육과정에 의한 교과를 이수했는데, 1학년 학생의 경우 아직 대학교육을 받기 전의 상태로 화학전지와 관련하여 고등학교 과정의 화학II를 이수하였으며, 대학교육을 받은 상급학생들과의 비교대상으로서 연구에 포함시켰다. 이들이 고등학교 과정에서 배우는 화학II 교과서에 주로 제시되어 있는 화학전지 내용과 예비교사 양성과정에서 배운 일반화학, 분석화학 교재에 수록된 화학전지 관련 내용을 비교하면 Table 1과 같다.

화학II에서 제시되는 내용요소들은 볼타전지를 제외하고 모두 일반화학이나 분석화학에서도 다루어지고 있었으며, 일반화학에서는 조금 더 심화된 내용으로 설명되어 있었다. 예를 들면 반응의 자발성에서 고등학교 화학II는 반쪽반응을 이용하여 전체 기전력을 계산하고, 기전력의 부호로 판단하도록 되어있고, 일반화학에서는 깁스자유에너지의 식을 통해 정량적 값을 계산하여 자발성을 예측한다. 분석화학에서는 표준전위를 계산하고 E°와 평형상수와의 관계로서 정량적인 계산과

Table 1
The comparison of chemistry II, general chemistry and analysis chemistry in the contents of chemical cell

Contents	Chemistry II	General chemistry	Analysis chemistry
Voltaic cell	O	×	×
Daniell cell	O	O	O
Normal electrode potential	O	O	O
Electromotive force	O	O	O
Spontaneity	O	O	O
A variety of cell	O	O	O

측정방법을 익히고, 지시전극, 접촉전위의 개념을 바탕으로 전위차법을 이용하여 전문적으로 활용되는 다양한 예가 제시되어 있다.

2. 연구 절차

화학전지에 관한 선행 연구 및 이와 관련된 문헌 자료 등을 토대로 예비교사들에게 투입할 설문지를 개발하였다. 개발한 설문지는 1차 예비 검사를 거쳐서 수정한 후 과학교육전문가와 화학교사의 검토를 통해 최종 수정, 보완한 후에 사용하였다. 설문지로 얻은 결과를 토대로 연구 대상자들의 화학전지에 대한 사고 유형을 분석하였고, 이들 연구자들의 일부를 선정하여 사후 면담을 실시하여 이들의 사고 유형에 영향을 미친 원인과 그 변화 과정을 추적하였다.

3. 설문지

설문지는 대상자의 인적사항과 대학교 교육과정 중 화학전지와 관련된 수업이 화학전지 개념 이해에 영향을 주었는지를 묻는 기초 조사 문항과 화학전지에 대한 학생들의 사고 유형을 알아보는 본문항으로 구성하였다. 본문항의 내용은 화학전지에서 묻은 황산을 전해질로 하고, 전극의 종류를 변경하였을 때 전류의 흐름 여부와 염화나트륨수용액을 전해질로 하고, 전극의 중

류를 바꾸어 주었을 때 전류의 흐름 여부를 ○, ×로 먼저 표시하고 그 이유를 간단히 나타낼 수 있도록 하였다. 또한 각각의 전지에서 몇 가지 물질의 표준전극전위표를 이용하여 기전력을 예상하게 하여 전극과 전해질에 대한 사고를 추론하기 위한 자료로 이용하였다. 문항 내용과 그 문항을 통해 알아보하고자 하는 주안점을 Table 2에 제시하였다.

4. 응답유형 분석

예비 교사들의 응답 내용을 분석하여 크게 5가지 유형으로 구분하였다.

A 유형은 전해질 용액에 존재하는 양이온의 이온화 경향이 두 전극의 이온화 경향 사이에 존재하여야 전류가 흐른다는 생각이다. B 유형은 두 전극 중 최소한 한 전극의 이온화 경향이 전해질 용액 내 양이온의 이온화 경향보다 커야 전류가 흐른다는 생각이다. C 유형은 전해질 용액과 상관없이 아연 극과 구리 극, 혹은 아연 극과 철 극을 연결하면 전류가 흐르지만, 구리 극과 은 극을 연결하면 전류가 흐르지 않는다는 생각이다. D 유형은 과학적 개념으로 전해질 용액과 상관없이 두 전극의 이온화 경향에 차이가 있으면 전류가 흐른다는 생각이다. E 유형은 응답의 유형이 다양하고 일관성이 없어서 어떤 경향성을 파악할 수 없는 경우이다.

Table 2
Contents of the questionnaire and the intention that the question implied

Electrolyte	Electrode		Will electric current flow in the cell if ionization tendencies of two electrodes and the electrolyte are below
	A	B	
Dilute sulfuric acid (H ⁺ , SO ₄ ²⁻)	Zn	Cu	A electrode > Hydrogen > B electrode
	Zn	Fe	A electrode > B electrode > Hydrogen
	Cu	Ag	Hydrogen > B electrode > A electrode
Sodium chloride solution (Na ⁺ , Cl ⁻)	Zn	Cu	Sodium > A electrode > Hydrogen > B electrode
	Zn	Fe	Sodium > A electrode > B electrode > Hydrogen
	Cu	Ag	Sodium > Hydrogen > B electrode > A electrode

Table 3
Types of pre-service chemistry teachers' responses

Type	Electrolyte		H ₂ SO ₄ (aq)			NaCl(aq)	
	Electrode	Zn/Cu	Zn/Fe	Cu/Ag	Zn/Cu	Zn/Fe	Cu/Ag
A		○	×	×	×	×	×
B		○	○	×	×	×	×
C		○	○	×	○	○	×
D*		○	○	○	○	○	○
E	Random responses						

○ : Current flows, × : Current doesn't flow, * : Scientific conception

5. 면담

설문지 응답 결과를 토대로 예비 교사들의 사고 유형을 분석한 후 설문의 내용에 대한 근본 원인을 알아보고, 이러한 사고를 갖는 이유를 추적해보기 위하여 면담을 실시하였다. 면담자의 선정은 각각의 사고 유형을 대표할 수 있는 학생으로 선정하되 긍정적으로 연구에 참여할 의사를 가진 대상자를 중심으로 연구자 임의로 7명을 선발하였다. B 유형과 E 유형은 높은 비율을 보이면서도 고등학교 교육을 받은 학생들의 사고 유형도 구체적으로 알아볼 수 있는 1학년 중에서 2명씩, D 유형은 가장 높은 비율을 보인 3학년 중에서 3명을 선정하였다. 비교적 자유롭게 대화하는 비구조화된 형태로 면담이 이루어졌으며 면담 시간을 여유 있게 확보하고자 노력하였다. 또한 면담 대상자들의 사고에 간섭이 일어나지 않도록 연구자 1인과 면담자 1인의 개별 면담을 실시하였고, 1회 면담은 대략 10~30분 정도 소요되었다. 면담한 내용은 모두 녹음하였고, 녹음한 자료는 전사하여 기록하였다.

III. 연구결과 및 논의

1. 대학 교육이 화학전지에 대한 이해에 미친 영향

예비교사 양성과정에서 이루어지는 대학교육중 학생들이 화학전지에 관한 내용을 학습할 수 있는 수업으로는 일반화학, 분석화학 등의 내용학 과목과 과학교재론 등의 교과교육학을 들 수 있다. 설문을 통하여 이러한 대학 교육이 화학전지에 대한 이해에 어떻게 영향을 주었는지를 조사하였고, 학생들의 응답유형에 따라 분류하여 Table 4에 제시하였다. 단, 대학에서 아직 화학전지 관련 내용을 배우지 않은 1학년 학생들은 설문에 포함시키지 않았다.

학생들의 응답유형을 분석한 결과 대학교육이 화학전지의 관련 내용 이해에 거의 영향을 주지 않았다고 응답한 학생은 전체의 33%(11명)이었으며, 이들 11명

중 8명은 B 유형으로 응답하였다. B 유형은 두 전극 중 최소한 한 전극의 이온화 경향이 전해질 용액 내 양이온의 이온화 경향보다 커야 전류가 흐른다는 생각이다. 이 사고는 전형적인 고등학교 수준의 사고라고 볼 수 있다. 대부분의 화학II 교과서에서는 전해질 용액으로 묽은 황산을 사용하고, 아연 전극과 구리 전극의 사례를 제시하였다. 전해질 용액인 묽은 황산과 비교하여 아연 전극의 이온화 경향이 더 크므로, 아연이 묽은 황산 용액 속에서 산화되며 전해질 용액의 양이온이 환원된다는 것을 서술한다. 따라서 B 유형으로 응답한 학생들은 고등학교 교과서 진술 수준의 사고에서 벗어나지 못하고 있음을 짐작할 수 있다.

이러한 유형을 보인 세 명의 학생들과 면담을 실시하였고, 그 중의 한 명과 면담한 자료는 다음과 같다.

면담자: 지난번 응답한 내용인데, 한 번 정리해서 나한테 이 야기를 해줘요. 전극하고 전해질 속의 이온이라든가 전압 구하기라든가.

학생 1: 이게(Zn|H₂SO₄|Cu) 그냥 산화-환원 때문이에요. Zn이 Zn²⁺ 되면서 전자 공급해 주고요. 구리에서는 전자가 나오면서 수소가 발생해 가지구요. 이게 나중엔 감극 아니 무슨 현상 때문에 전압이 점점 낮아지는 건데.

면담자: 다른 것은?

학생 1: 이거(Zn|H₂SO₄|Fe)는 철이 수소보다 그게 잘 되니까? 아! 아니다 이것도 마 찬가지다. 여기(전해질에) 철은 아니고 탄 이온이 없으니까(철에서) 수소가 계속 발생하고 점점 이게 무슨 현상 때문에 달라붙어 가지고 나중에 감극제를 넣어줘야 하는 건데.

면담자: 또 ?

학생 1: 그리고 이거(Cu|H₂SO₄|Ag)는 전해질이 H₂SO₄니까, 근데 수소, 구리, 수은, 은의 순서잖아요. 수소가 이게 뭐지? 반응성이 커서 이온화가 잘되니까, 이 온화 경향이 더 크니까, 이거 두 개(구리와 은)보다 수소가 반응성이 크니까. 이게(구리와 은) 이온으로 나올 생각을 못하는 거예요.

면담을 통하여 B 유형의 사고를 보인 이들이 화학전지에서 전류의 흐름 여부를 판단할 때에는 두 전극 중 최소한 한 전극의 이온화 경향이 전해질 용액 내 양이온의 이온화 경향보다 커야 전류가 흐를 수 있음을 근거로 한다는 것을 확인할 수 있었다. 이 연구에서 분석한 대부분의 고등학교 화학II 교과서에서는 전해질 용액으로 묽은 황산 이외의 소금물을 사용하거나 구리 전극과 은 전극 등의 사례를 제시하는 경우는 거의 없었다. 따라서 이러한 유형의 사고는 교과서에 충실한 교수학습의 결과라고 생각해 볼 수 있으며 교과서에서 좀더 다양한 사례를 통해 화학전지의 기본 구성 원리를 제시할 필요성을 나타낸다. 교과서 서술의 문제점을 지적한 많은 연구(Ogude & Bradly, 1996; Sanger &

Table 4
The effect of college education influences on pre-service teachers' understanding of chemical cell

Type	Number of response(%)					Total
	A	B	C	D*	E	
Have no effect on	0(0)	8(24)	0(0)	2(6)	1(3)	11(33)
Have an effect on	0(0)	5(15)	0(0)	3(9)	1(3)	9(27)
Have much effect on	2(6)	4(12)	0(0)	5(15)	3(9)	14(42)

* Scientific conception

Greenbowe, 1999; Özkaya, 2002; 유성이, 백성혜, 2000; 박진희, 백성혜, 2004; 박진희 등, 2004)들에서 교과서의 애매하고 충분하지 못한 설명이 학생이나 교사의 개념이해를 어렵게 함을 지적하였는데 과학적 개념을 형성할 수 있는 다양한 예시와 정확한 개념정의 를 교과서에서 제시해야 할 필요성이 있음을 보고하였다.

화학전지의 이해에 대학교육이 많은 도움을 주었다고 인식한 학생들은 전체의 42%(14명)로 나타났으며, 이들 중 과학적 개념인 D유형의 사고를 보인 학생은 5명이다. 이 학생들에게는 예비교사 양성과정에서 이루어진 대학교육이 올바른 과학적 개념을 형성하는 데 매우 바람직한 효과로 작용했음을 짐작할 수 있다. 그러나 나머지 9명의 학생들은 대학교육의 영향을 많이 받았다고 인식하였지만, A유형이나 B유형, E유형과 같은 잘못된 개념을 가지고 있었다. 예비교사 양성교육을 통해 학생 스스로는 과학적 개념을 형성하였다고 믿고 있으나, 잘못된 개념을 갖고 있다는 것 자체도 인식하지 못한다는 점은 문제점이라고 할 수 있다. 이는 예비교사 교육이 과학적 개념을 형성할 만큼 효율적으로 이루어지지 못하고 있음을 의미하는 것으로, 앞으로 학교 현장에서 직접 교수학습을 지도하게 될 예비교사들을 위한 교육과정 프로그램의 적합성과 수준을 점검할 필요성을 제기한다.

2. 화학전지에 대한 예비교사들의 학년별 사고 유형

전지에서 묶은 황산을 전해질로 하고, 전극의 종류를 변경하였을 때 전류의 흐름 여부와 염화나트륨수용액을 전해질로 하고, 전극의 종류를 바꾸어 주었을 때 전류의 흐름 여부에 대한 설문을 실시하였다. 그 결과를 토대로 예비교사 양성교육을 이수한 정도에 따라 사고유형이 어떻게 달라지는 알아보기 위하여 화학전지에 관한 사고 유형의 빈도를 학년별로 분석하였다 (Table 5).

대학교 1학년인 예비 교사들은 B 유형과 E 유형이 95%로 가장 보편적이었다. 특히 B 유형이 56%로 가장 많았다. 대학교 2학년인 예비교사들의 경우에도 71%의 B 유형이 나타났으며, 4학년에서도 62%의 학생들이 B 유형으로 응답하였다. B 유형은 고등학교 교과서 진술 수준의 사고이다. 대학교에서는 고등학교 화학II에서 제시된 볼타전지를 더 이상 다루지는 않고, 화학전지와 관련하여 일반화학과 분석화학에서 심화된 내용을 배우도록 되어있다. 그러나 일반화학을 수강한

Table 5
Types of pre-service teachers' conceptions related to chemical cell according to grade

Grade	Type	Number of response(%)				
		A	B	C	D*	E
Freshman n=18		0(0)	10(56)	1(5)	0(0)	7(39)
Sophomore n=7		1(14)	5(71)	0(0)	1(14)	0(0)
Junior n=14		0(0)	4(28)	0(0)	6(43)	4(29)
Senior n=13		1(8)	8(62)	0(0)	3(23)	1(8)

* Scientific conception

대학교 2학년 예비 교사들의 경우와 분석화학까지 수강한 4학년 예비 교사들의 경우에도 대학교 신입생들과 마찬가지로 B 유형의 사고가 보편적이었다는 점은 대학교의 예비교사 교육과정이 학생들의 화학전지에 대한 사고 유형을 과학적 사고 유형으로 바꿀 만큼 도움이 되지 못하였음을 의미한다. 따라서 고등학교 교과서에 나오는 볼타전지와 연계하여 예비교사 양성과정에서도 반복과 심화의 형태로 더욱 집중적으로 다루어질 필요가 있음을 시사한다.

E 유형은 사고에 일관성이 없고 상황에 따라 달라져서 어떤 경향을 파악하기 어려운 경우였다. 1학년 예비 교사들의 39%는 E 유형의 사고로 구분하였다. 그러나 E 유형의 응답자 7명 중에서 6명은 이유에 대한 답변보다는 기전력 계산 과정에 대한 서술에 더욱 관심을 기울이고 있었다. 따라서 이들의 사고 역시 어떤 경향성을 보인다고 말할 수 있다. 그 중에서 4명은 원리를 설명하는 과정도 유사하였다. 이러한 유형을 보인 예비 교사들 중에 2명을 선정하여 면담을 실시하였다. 그 중 한 명이 설문지에 답한 예를 제시하면 Fig 1과 같다.

A전극	전해질	B전극	전류가 흐르나요? (○,×)	산란가 흐르다면 기전력값(어느값)은?	원리나 이유는?
Zn	NH ₄ Cl(aq)	Cu	○	1.1V	$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ $+ 2Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow 2Cu$ $Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$
Zn	NaCl(aq)	Fe	○	0.32V	$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ $+ 2Fe^{3+} + 2e^- \rightarrow 2Fe^{2+}$ $Zn + Fe^{3+} \rightarrow Zn^{2+} + Fe^{2+}$
Cu	NaCl(aq)	Ag	○	0.46V	$Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$ $+ 2Ag^+ + 2e^- \rightarrow 2Ag$ $Cu + 2Ag^+ \rightarrow Cu^{2+} + 2Ag$

Fig. 1 A response of one preservice teacher classified into E type

이 학생은 소금물을 전해질 용액으로 사용하였을 때 아연과 구리 전극, 아연과 철 전극, 그리고 구리와 은 전극을 연결하면 전류가 흐른다고 응답하였다. 그러나 묽은 황산 용액을 전해질로 사용하였을 때에는 아연과 구리 전극과 아연과 철 전극의 경우에는 전류가 흐르지만, 구리와 은 전극의 경우에는 전류가 흐르지 않는다고 생각하였다. 따라서 전해질 용액의 양이온이 두 전극보다 이온화 경향이 큰 경우에도 한 경우(소금물 전해질)에는 전류가 흐르고, 다른 경우(묽은 황산 전해질)에는 전류가 흐르지 않는다고 응답하여 일관성이 결여되었다. 이러한 설문지 응답을 중심으로 면담을 실시하였다.

면담자: 여기($\text{Cu(H}_2\text{SO}_4\text{)Ag}$)에 답한 것 좀 설명해 볼래요? 여기서 왜 전류가 흐르지 않는 거죠?

학생 2: 여기 구리랑 은이 수소보다 반응성이 두 개 다 작으니까.

면담자: 여기서($\text{Zn(H}_2\text{SO}_4\text{)Fe}$)는? 여기는 아연과 철이 모두 수소보다 반응성이 크잖아요

학생 2: 볼타전지에서 (반응성이) 큰 쪽이 전자를 주고, 어차피 줄 수는 있는 거잖아요. 한 쪽이 전자를 주고 그리고 전자가 갔으니까, 누군가 받을 거니까(전기가 통하는 것이고) 그리고 여기서($\text{Cu(H}_2\text{SO}_4\text{)Ag}$)는 전자를 줄게 없으니까 전기가 못 흐르다.

면담자: 그럼 전해질을 염화나트륨 수용액으로 했을 때는 모든 경우 전류가 흐른다고 했는데, 어떻게 생각한 거야?

학생 2: 화II(교과서)에서는 염화나트륨을 전해질로 쓰는 게 나오나요?

면담자: 글썄.

학생 2: 그래서 보통 화II(교과서)에서 본 게 황산이잖아요. 그러니까 이거(황산이 전해질인 문항)는 화II(교과서)에서 배운 거니까 확실하게 될 것 같다고 해놓고, 뒤에는(염화나트륨 수용액) 계속 고민했는데...근데 염화나트륨 수용액이 전기가 통할 것 같으니까, 전류가 흐를 것이라 생각하고 이 식(표준환원전위를 이용한 계산식)을 써 본거죠.

면담자: 그럼 염화나트륨 용액이 전해질일 때 용액 속의 나트륨 이온 하고 아연 전극하고의 관계는 별로 생각 안했네?

학생 2: 네.

면담자: 해놓고 보니까 앞(황산 전해질)이랑 뒤(염화나트륨 전해질)랑 안 맞지 않나?

학생 2: 글썄 좀.. 제가 기전력 계산한 것은 때려 맞춘거죠.

이 학생은 전류의 흐름 여부를 판단하는 과정에서 전해질이 묽은 황산 용액인 경우는 교과서에서 많이 보아온 볼타전지를 근거로 전해질에 녹는 금속판의 경우에만 전류가 흐른다고 판단하였으며, 전해질이 소금물인 경우에는 전해질 용액으로 배운 기억 때문에 막연히 금속판의 종류에 상관없이 전류가 흐를 것이라고 생각하였음을 알 수 있다. 그러나 연구자가 이 두 사고

사이에 연관성이 없음을 지적하자, 자신이 별 생각 없이 기전력 계산만으로 답을 하였음을 인정하였다. 일관성 없는 경험적 판단으로 전류의 흐름 여부를 나름대로 판단하고 문제를 풀기 위한 하나의 방법으로 기전력 값을 기계적으로 계산한 것이다. 박진희 등(2006)도 대학교 1학년 학생들 대상의 인식조사에서 전극전위나 전압에 관련된 계산 문제를 잘 해결한다고 해서 전극전위나 전압에 대한 정확한 개념을 가지고 있는 것은 아님을 확인하였다. 따라서 단순히 수리적인 계산과 같은 문제풀이에 치중하기 보다는 금속의 이온화 경향 차이로 생기는 전위차에 의한 전지 형성의 기본 원리를 다양한 예시로 제시할 필요가 있음을 알 수 있었다.

그러나 특이하게도 3학년 예비 교사들의 경우에는 과학적 개념인 D 유형의 사고를 하는 경우의 수가 가장 많았다. D 유형의 사고를 하는 경우가 43%로 가장 많았던 대학교 3학년에 재학 중인 예비 교사들 중에 몇 명의 학생들과 면담하여 어떻게 생각했는지 알아보았다.

면담자: 전해질이 있으면 전지의 전기가 통한다는 건 물리에서 배운 거예요? 화학 시간에 배운 거예요?

학생 3: (대학교 3학년에 배우는) 과학교재론에서 배운 거 같아요.

면담자: 과학교재론 시간에? 어떻게 수업했는데요?

학생 3: 그 때 다른 조가 실험했는데 소금물을 전해질로 써서 화학 전지에 전류가 흐른다고 했어요. 아닐 것 같았는데, 흐른다는 실험을 보여주니까. 아, 흐르는구나 했죠. 실제로 실험으로 보여주었잖아요. 그래서 그냥 전해질이니까 전류가 흐르는구나. 근데 이온이 이동해서 전자를 주고받고 하니까 그 부분은 확실한 거 같아요. 왜냐하면 물리에서 봐도 애는 도선이지만 여기에 전구를 연결하는 건 다른 쪽이지만 이 자체는 전지로 표현할 수 있잖아요. 물리에서 얘기하는 건 전지 하나 표현하고 아무 시스템이 없을 뿐이고. 여기부분을 전지로 묶을 수 있잖아요. 그러면 여기 플러스극 마이너스극 중간은 전해질 그러면 건전지랑 똑같잖아요.

학생 3은 과학교재론 시간에 다른 조의 실험결과를 통해 전지의 전해질로 소금물을 사용하여도 전류가 흐른다는 사실을 알게 되었다고 답하였다. 그리고 물리 시간에 다루는 전기 회로와 관련지어서 전해질이 전하를 띤 입자를 나른다는 점에서 도선과 같은 역할을 한다고 생각하였다. 박진희 등(2006)이 화학전지 단원에서 대다수의 학생들이 전해질은 금속을 산화시킬 수 있는 산용액이어야 된다고 생각함으로써 소금물과 같은 이온결합성 물질이 녹은 용액이나 염기성 용액도 역시 전해질의 역할을 할 수 있다는 사고를 가지고 있지 못하다고 지적했듯이, 과학적 개념인 D 유형의 사

고를 갖기 위해서는 전해질 용액의 역할을 제대로 인식할 필요성이 있다. 또한 학생들이 올바른 개념을 형성하도록 예비교사 교육과정에서 학생3과 같은 갈등 상황을 제공할 수 있는 수업 기회가 꼭 필요하다고 생각한다. 과학교재론은 예비교사를 위한 교수법을 가르치기 위한 수업으로 화학전지에 대한 내용을 직접적인 수업의 주제로 다루는 교과내용학 과목은 아니다. 중등학교 교재에 나오는 내용을 소재로 하여 주로 토론을 통하여 과학적 개념을 형성할 수 있도록 한다.

과학교육에서 무엇을 개념 변화로 볼 것인가에 관하여 학자들마다 다양한 유형으로 정의를 내리지만, 이 학생은 새로운 개념이 기존의 사고에 갈등을 일으켜 과학적 개념을 형성하였다. 특히 지식의 구성 과정에서 학습자의 능동적인 참여와 환경과의 상호작용이 일어날 수 있는 조건이 마련되어 구성주의적 학습의 원리를 이용한 교사교육이 이루어졌다는 점에서 매우 바람직한 수업이 이루어졌다고 볼 수 있다.

D 유형의 사고를 하는 다른 학생 한 명과도 면담하였다.

면담자: 전해질의 역할은 어떻게 알게 된 거죠?

학생 5: 아, 근데 이게요. 솔직히 수업시간(대학교 3학년 때 배우는 분석화학)에 배운 건 잘 기억이 안 나고요. 저희가 (대학교 3학년 때 배우는) 과학교재론 시간의 화학 시간에 이런 부분 했었거든요. 과학교재론 시간에 했는데, 그게 교수님이 교과서 같은 거 보고 오류라든가 그런 거 찾아보라고 그런 식으로 내신 과제였거든요. 조별로 발표하면서 저희 조에서 이거(화학전지) 하면서 이런 저런 이야기를 많이 했거든요. 여기 사이에서...(머뭇거림) 그때 이거요... 수업시간에 발표할 때도 되게 이 부분이 논쟁거리가 있는 부분이었거든요? 저희가 발표할 때. 그래서 그 때 애들하고도 얘기도 되게 많이 했어요. 그래 가지고 그냥 그런 거 같은데.

면담자: 그러니까 결론은 아는데 설명은 조금 미흡했구나.

학생 5: 그러니까 저희는 그 책에 나온 대로 그냥 애는 이렇게 생각하면. 아니 이걸이래서 이런 것 같아 하고 막 반박하고 토론해 가지고 그때 막 어떤 결론을 내려가지고 제일 맞는 거 같은 걸로 이렇게 해가지고 한 거였거든요. 그래서 그 당시에는 그 생각이 확실한지 틀린지...

면담자: 그럼 수업시간에 교정은 안 받았어요? 그 내용에 대해서?

학생 5: 그렇게 확실하게는(안 받았어요). 교수님이 거기에 대해서 무슨...커멘트를 해주셨는데. 제가 조금 더 모르는 부분까지는 얘기 안 하셨어요. 거기까지 얘기하면 제가 아는 부분까지만 얘기하고 제가 확실치 못한 부분에 대해서는 봐줄 시간도 적고 그러니까 얘기를 안 하셨거든요. 그러니까 그 확실치 못한 부분에 대해서는 맞고 틀리고를 잘 모르고 그냥 거기 전지 단원하고 관련된 그냥 그런 것만 얘기를 하다 보니까 제일 중요하고 제가 이런 거하고 관련지는 거는 그렇게 말씀 안

했던 거 같은데. 그 때 그 발표한 내용은 교수님께서 그냥 그런 식으로 하면 된다는 식으로 얘기하셨는데. 그때 생각이 잘 안 나서...전 이게 맞는지 틀리는지 모르고 한 거예요. 전 그 때 토론했던 내용을 생각하 고서 쓴 거예요. 전 이게(설문응답) 맞는지 틀리는지 모르고 쓴 거예요.

위의 면담에서 볼 수 있듯이 학생 5는 주어진 과제에 대해 열심히 토의와 연구를 통해 전극과 전해질에 대한 나름대로의 결론을 가지고 있지만 사고의 정리가 되지 않은 혼란한 상태였다. 조별 토론을 통해 많은 생각을 하게 되었지만, 토론을 통해 나온 D유형의 사고가 과학적 사고인지에 대해서는 확신을 가지고 있지 못한 것이다. 이는 담당 교수가 확실한 지식으로 정리 해주지 않았기 때문으로 생각할 수 있으나, 지식이라는 것이 끊임없이 발달해 나간다는 측면에서 절대적 진리인 것처럼 지식을 전달하기 보다는 많은 토론과 사고를 통해 스스로 지식을 형성해 나가는 과정이 더욱 중요할 수 있다. 이러한 점에서 학생이 많은 토론과 논쟁을 통해 스스로 D유형의 사고를 형성하게 되었다는 점은 매우 중요하다. 그러나 설문에서는 표면적으로 D 유형이었지만, 연구자와의 면담이 없었더라면 내용 이해의 불확실성을 가지고 있었기에 계속해서 과학적 개념을 유지할 수 있으리라는 데에는 의문을 갖게 한다. 물론 학생 개인적인 학습 능력이나 노력도 중요한 요인이 될 수 있겠지만 예비교사 교육과정에서 다루는 화학의 전반적인 내용을 모두 배운 4학년들이 일반화학만 이수한 2학년들과 마찬가지로 B 유형이 주된 유형이라는 점도 예비교사 교육이 과학적 개념으로 정착하기에 효율적이지 못한 면이 있음을 의미하는 것이라고 할 수 있다.

따라서 예비교사 양성과정에서는 내용학적인 면에서의 지식의 구조에 대한 학습뿐만 아니라 박진희와 백성혜(2004)가 지적하였듯이 중등학교 교육과정과 연계성을 유지할 수 있는 주제를 다루면서 학습자의 능동적 참여나 환경과의 상호작용이 일어날 수 있는 적절한 교수법을 활용하여 올바른 개념을 형성하고 지속될 수 있도록 하는 과정이 꼭 필요할 것이다.

V. 결론 및 제언

학교 현장에서 교사에게 필요한 교수내용지식 중 교사가 과거 학습자로서 받은 경험이 교사로서 학생들을 가르치는 데 가장 중요한 판단 기준이 된다(박재원, 2006)는 점을 고려할 때 예비교사 양성 교육과정에서 형성된 개념은 이들이 장차 학교현장에서 가르칠 때

중요한 요인으로 작용할 수 있으며 결국 학생들의 사고에까지 직접적인 영향을 줄 것임에 틀림이 없다.

따라서 이 연구에서는 화학전지와 관련한 전반적이고 연속적인 어려움의 해결 방안을 교사양성교육에서 찾아보고자 하였다. 예비교사를 대상으로 화학전지에 대한 사고유형을 학년별로 분석하고, 예비교사 양성 교육이 이러한 사고 유형에 어떤 영향을 주었는지 알아보았다.

연구를 통하여 화학전지의 전극과 전해질의 종류를 바꾸어줄 때 전류의 흐름에 대한 과학적 개념을 형성하는 데 예비교사 양성교육이 효율적이지 못함을 밝혔다. 예비교사들 중에는 대학교 예비교사 교육과정에서 화학전지 관련 내용을 이해하는 데 거의 영향을 주지 않았다고 인식하였으며 이들은 대부분 과학적 개념이 부족하였다. 대학교육의 영향을 많이 받았다고 인식한 학생들의 절반 이상도 잘못된 개념을 갖고 있었다.

연구대상인 예비교사 중 2학년과 4학년 학생들은 반수 이상의 학생들이 고등학교 교과서에 서술된 진술 방식의 수준을 넘어서지 못하였으며, 아직 예비교사 교육과정을 접하지 못한 대학 신입생의 주된 사고 유형과 같았다. 볼타 전지에서 전류가 흐르는지를 판단하는 기준으로 전극과 전해질 용액의 이온화 경향만을 단순히 비교하여 사고하게 되면, 소금물에서 나트륨 이온보다 이온화 경향이 작은 두 금속, 예를 들면 아연과 구리를 연결해도 전류가 흐르는 현상이나 다니엘 전지에서 금속 전극과 전해질 용액의 양이온이 동일한 경우에 전류가 흐르는 현상 등을 설명하기 어렵다. 고등학교까지의 교육에서는 사고의 단순화를 위하여 제한된 사례만을 제시하는 것이 교육적 측면에서 효율적일 수 있으나, 대학교 예비교사 교육과정에서도 두 개의 전극 사이에 이온화 경향 차이로 나타난 전위차 때문에 전류가 흐른다는 것을 사고하는 것이 부족하다는 점은 문제점이라고 할 수 있다.

3학년에서는 다른 학년과 다르게 과학적 개념을 갖는 학생 비율이 높게 나타났는데 이는 교과 교육학 영역인 과학교재론 수업을 통해 고등학교 화학 관련 교재들을 분석하면서 조별 토론 및 논의 등을 통해 과학적 사고가 형성된 것으로 나타났다. 그러나 이들 중에는 자신의 개념에 확신을 가지지 못하는 경우도 있었다. 일부 예비 교사들은 대학 교육을 통해 부분적으로만 전해질 용액과 전극 사이의 관계를 이해하게 되어서 상황에 따라 새로운 개념을 적용하거나 과거의 개념을 적용하는 등 일관성 없이 혼란스러운 응답 유형을 보였는데 4학년 학생들이 3학년 학생들과 이수과목

의 차이가 없음에도 불구하고 1,2학년과 비슷한 사고 유형을 보인 원인은 기존의 개념을 과학적 개념으로 정착시키지 못한 것으로 생각된다.

따라서 전기 화학에 관련하여 예비 교사들이 고등학교 수준의 내용을 넘어서서 보다 깊이 있게 과학적 개념을 형성할 수 있도록 하기 위한 노력을 대학교의 예비교사 교육과정에서 기울여야 할 것이라고 생각한다. 고등학교에서 다루는 볼타 전지의 내용과 연계하여 다양한 사례를 들어 전기 화학에 관련된 예비 교사들의 사고가 심화되고 확장될 수 있도록 화학전공자들과는 구분된 교재 및 교육과정의 구성이 필요하다. 특히, 내용 지식을 가르치는 과정에서 관련된 교수 지식이 심층적으로 함께 다루어져야 교육적 효과가 극대화 될 것이다.

이 연구에서는 같은 기간에 특정집단으로부터 추출된 예비교사를 대상으로 학년별로 나타나는 화학전지와 관련된 사고 유형이 보편적으로 어떻게 나타나는지를 알아보았지만, 같은 교육과정을 이수하더라도 학생 개인의 수준과 노력 여하에 따라 이해 정도는 달라질 것이다. 따라서 더욱 다양한 학생들을 대상으로 한 질문과 면담 과정을 통하여 학생 수준에 따른 이해도 비교나 자신의 개념을 버리고 새로운 개념을 받아들이기 위한 인지갈등 과정, 새로 형성된 과학적 개념을 지속적으로 유지시키기 위한 학습전략 등에 관한 연구는 앞으로도 계속 이루어져야 할 부분이라 생각된다.

국문 요약

이 연구에서는 화학전지에 대한 예비화학교사들의 학년별 사고 유형을 분석하고, 예비교사 양성교육이 이러한 사고 유형에 어떤 영향을 주었는지 알아보았다. 연구 결과, 화학전지의 전극과 전해질의 종류를 바꾸어 줄 때 전류의 흐름에 대한 과학적 개념을 형성하는 데 예비교사 양성교육이 효율적이지 못함을 밝혔다. 예비교사들 중에는 대학교육이 화학전지 관련 내용을 이해하는 데 거의 영향을 끼치지 않았다고 인식하였으며 이들은 대부분 과학적 개념이 부족하였고, 많은 영향을 받았다고 인식한 학생들도 잘못된 개념을 가지고 있는 학생들이 절반 이상을 차지했다. 3학년을 제외한 예비교사의 반수 이상의 학생들이 갖고 있는 사고 유형은 고등학교 교과서에 서술된 진술 방식의 수준을 넘어서지 못하였다. 3학년에서는 다른 학년과 다르게 과학적 개념을 갖는 학생 비율이 높게 나타났는데 이는 과학교재론 수업 시간에 고등학교 화학 관련 교재들에 대

해 조별 토론하면서 형성된 것으로 나타났다. 따라서 교원양성대학에서는 중등교육과정에서 다루는 과학내용지식을 가르치는 과정에서 관련된 교수 지식을 함께 다루어야 할 것이다.

참고 문헌

- 강동화 (2004). 화학전지에 관한 화학교사들의 개념 분석 및 교과서 분석, 한국교원대학교 석사학위 논문.
- 박재원 (2006). 물 속에서의 무게와 압력 단원에서 초등 교사의 교수내용지식 분석, 한국교원대학교 대학원 박사학위 논문.
- 박진희, 김동욱, 백성혜 (2006). 전국 전위에 대한 고등학교 화학교사와 학생들의 인식 조사. 한국과학교육학회지, 26(2), 279-290.
- 박진희, 김동욱, 백성혜 (2004). 다니엘 전지를 구성하는 열다리의 역할에 대한 고등학생, 화학교사 그리고 예비 과학 교사들의 개념 유형 분석. 한국과학교육학회지, 24(3), 544-555.
- 박진희, 백성혜 (2004). 전기분해 생성물을 예상하는 과정을 통해 화학교사들과 예비교사들이 가지는 개념의 문제점에 대한 분석. 대한화학회지, 48(5), 519-526.
- 유성이, 백성혜 (2000). 입자와 에너지 관점에서 분석한 초등학교와 중학교 전류와 전지 단원의 문제점. 한국과학교육학회지, 20(3), 432-442.

이순희 (2002). 다니엘 전지에 대한 오개념 원인 분석 및 실험을 통한 개념 변화 연구, 한국교원대학교 석사학위 논문.

한국교육과정평가원 (2006). 화학 영역 교육과정 개정안 검토를 위한 협의회 회의자료.

Allsop, R. T., & George, N. H. (1982). Redox in Nuffield Advanced Chemistry. *Education in Chemistry*, 19, 57-59.

Özkaya, A. R., (2002). Conceptual Difficulties Experienced by Prospective Teachers in Electrochemistry: Half-Cell Potential, and Chemical and Electrochemical Equilibrium in Galvanic Cell. *Journal of Chemical Education*, 7(96), 735-738.

Ogude, N. A., & Bradly, J. D. (1996). Electrode Processes and Aspects Relating to Cell Emf, Current, and Cell Components in Operating Electrochemical Cells. *Journal of Chemical Education*, 73(12), 1145-1149.

Sanger, M. J., & Greenbowe, T. J. (1999). An Analysis of College Chemistry Textbook As Sources of Misconception and Errors in Electrochemistry. *Journal of Chemical Education*, 76(6), 853-860.