

끓는점 오름에 대한 내용표상화(Content Representation) 활동에서 나타난 예비교사의 PCK 특징

이영민 · 허진휴*

전북대학교

Characteristics of Pre-service Teachers' PCK in the Activities of Content Representation of Boiling Point Elevation

Lee, Young Min · Hur, Chinyu*

Chonbuk National University

Abstract: This study analyzes pre-service teachers' PCK dealing with visualization of the contents related to boiling point elevation and teaching methods in mock-lessons. As a result of analyzing pre-service teachers' knowledge based on PCK factors, most of the pre-service teachers accentuated on understanding boiling point elevation conceptually, whereas some of the others inclined to make students understand boiling point elevation in a scientific way, let the kids use numerical formulas to describe the concept, and motivate them to learn through the examples in real life. The pre-service teachers represented majority of the important facts of boiling point elevation as the knowledge required to understand things conceptually. However, they did not focus on improving the scientific thinking and inquiring levels of the students. Also, the pre-service teachers tended to teach at the level and order of the textbook. In some other cases, they considered the vocabularies and materials in the textbook (which could have been highlighted in the editing sequence) as the main topic to learn, or regarded the goal as giving students the ability to solve exercises in the textbook. It turned out that the pre-service teachers had a low level of knowledge of their students. It is recommended that they should make use of the materials given (such as data related to the misconception of students) during the training session. The knowledge of teaching and evaluating students was described superficially by the pre-service teachers; they merely mentioned the applications of models, such as the cyclic model and discovery learning, rather than thinking of a method related to the goals, or listed general assessment methods.

Key words: boiling point elevation, content representation, pre-service teacher's knowledge, pedagogical content knowledge, teachers's professionalism

I. 서론

2009 개정 교육과정의 고등학교 화학 II 교과에서 '다양한 모습의 물질' 단원에 포함된 묽은 용액의 성질 중 하나인 끓는점 오름 현상은 일상생활에서 흔히 관찰되는 현상으로 과학과 교육과정에서 중요하게 다루고 있는 개념이다. 용매에 용질이 섞여서 용액이 되면 순수한 용매와는 다른 성질이 나타나는데 그 원인을 이해하기 위해서는 미시세계와 관련된 추상적인 지식이 요구된다(윤희숙, 정대홍, 2006). 그러나 학생들은 거시적으로 관찰되는 현상과 미시세계에 대한 화학

지식의 관계를 이해하는데 어려움이 있으며(김도욱, 1992), 이 개념과 관련된 학생의 성취도는 낮은 것으로 보고되었다(홍미영 등, 2002). 따라서 학생들이 개념에 대해 올바르게 이해할 수 있는 방안을 모색하기 위해 교과서의 설명을 분석하거나 교사의 개념 이해를 조사한 연구가 진행되었다(김성혜 등, 2008; 윤희숙, 정대홍, 2006; 이송연 등, 2010; 하성자 등, 2005). 이들 연구에서는 학생과 교사의 개념 이해에 미치는 교과서의 영향력과 함께 개념과 관련된 교과서의 기술 내용을 보완할 필요성을 제시하였다. 또한 학생은 물론 교사나 예비교사들도 묽은 용액의 성질

*교신저자: 허진휴(chinhyu@hanmail.net)

**2013.10.01(접수), 2013.11.04(1심통과), 2013.11.15(2심통과), 2013.12.05(최종통과)
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2013.33.7.1385>

에 대한 오개념을 유지하고 있거나 개념 이해가 불완전하다는 것을 밝히고 있다.

학생들이 과학 개념을 이해하는 기회는 대부분 학교의 과학 수업에서 주어지고 학생의 학업 성취에 미치는 교사의 영향이 크기 때문에(강대훈 등, 2004), 묶은 용액의 성질에 대한 교사의 개념 이해 정도를 분석하는 연구와 더불어 교수 학습을 계획하고 실행하는 과정에서 요구되는 예비교사나 교사의 지식을 교수적 관점에서 점검할 필요가 있다.

과학 교사는 수업 시간에 다루어지는 개념과 관련된 학문적인 과학 내용 지식을 잘 아는 것도 물론 중요하지만(이지희 등, 2002; 허미연, 백성혜, 2009), 해당 과학 개념을 가르치는 목적이 무엇이고, 어떤 순서로 전개할 것인지, 적절한 예시의 선택과 그것을 도입하는 방법, 수업에서 어떤 단어를 사용하는지, 내용에 대해 학생들은 어떻게 인지하는지 등에 대한 지식을 소유해야 한다(Tobin *et al.*, 1999). 이처럼 교사가 가져야 할 지식은 내용 전문가의 지식과는 구분되어야 한다는 입장에서 Shulman(1986)이 교사지식기반중의 하나로 내용교수지식(Pedagogical Contents Knowledge, 이하 PCK)을 도입한 이래, 많은 연구자들이 PCK를 교사만의 전문 지식으로 받아들이고 있다.

최근 국내에서도 교사의 수업 전문성에 대한 관심이 증가하면서 PCK에 대한 이론적 연구(임청환, 2003; 조희형, 고영자, 2008)와 실제 수업에서 발견되는 현직 교사의 PCK 특성에 대한 연구들(고미례 등, 2009; 광영순, 2008; 민희정 등, 2010; 방은정, 백성혜, 2010; 장효순, 최병순, 2010)이 이루어졌다. PCK는 경험을 바탕으로 축적되는 실천적 지식의 성격을 가지고 있기 때문에(임청환, 2003; Magnusson *et al.*, 1999) 대부분의 PCK 연구가 현직 교사들을 대상으로 이루어지는 것은 자연스러운 일이다. 하지만 교사의 교수 행동은 예비교사 시기의 교육적 경험에 의해 영향을 받는다(Bullough, 2001; Pignatelli & Pflaum, 1992)는 것을 근거로 예비교사를 대상으로 하는 PCK 연구도 진행되었는데, 교육 실습에서 실행한 수업에서 나타나는 PCK의 특징을 분석하거나(박철용 등, 2008) 수업을 계획하고 실행하는 과정에서 고려하는 PCK 요소와 그 특징에 대한 연구가 이루어졌다(김경순 등, 2011; 노태희 등, 2010). 또한 예비교사교육과정에서 전문성 신장을 위한 실제적인 방법으로 멘토링을 제안하여 그 효용성을 제안한 연구도

있다(이송연 등, 2011; 윤지현 등, 2012). 하지만 교사양성과정에서 예비교사의 PCK를 설립하는 기회를 주는 것이 중요하다(Loughran & Nilsson, 2012)는 관점에서 보면 예비교사를 대상으로 한 PCK 연구는 아직도 부족하다고 볼 수 있다.

지금까지 PCK에 대한 대부분의 선행연구는 과학 교과 전반에 걸친 일반적인 PCK를 대상으로 이루어졌다. 하지만 PCK는 교과 내용 지식을 포함하기 때문에 주제에 따라 달라지는 특성을 가지고 있으므로(이기영, 2009; Magnusson *et al.*, 1999) 구체적인 과학 주제에 따른 PCK 연구가 필요하다고 선행연구자들은 제안하고 있다(광영순, 2008; 박재원 등, 2007; 최경숙 등, 2011; Loughran *et al.*, 2004). 따라서 이 연구는 서두에 제시한 바와 같이 과학 개념 이해에 어려움을 보이는 묶은 용액의 성질 중 끓는점 오름에 관한 수업 계획과 실행 과정에서 나타나는 예비교사의 PCK 특성을 탐색하고자 한다.

암묵적인 형태로 존재하는 PCK는 그것을 알아보거나(recognize) 표현하는(articulate) 것이 어렵기 때문에, Loughran 등(2006)은 교사의 PCK를 문서화 구체화하는 도구로 Content Representation(CoRe)과 Pedagogical and Professional experience Repertoires(PaP-eRs)를 제안하여 PCK를 통합적으로 이해하는 방법을 제시하였다. CoRe는 교수 핵심 내용의 수준과 특성에 관한 교사들의 PCK를 이해하기 위한 질문으로 이루어져 있으며, PaP-eRs는 실제 교수 실행에 대한 구체적인 내용을 표현한 것이다. 이 중 CoRe는 PCK와 관련된 여러 연구에서 독립적인 도구로 활용되었는데, 예비교사나 교사의 PCK를 분석하는 자료로 사용되거나(민희정 등, 2011; 박철용 등, 2008) PCK 분석틀 개발에 적용되었고(이기영, 2009), 교사가 갖는 구체적인 PCK의 내용과 그 수준의 평가에도 사용되었다(광상원, 최병순, 2012). 또한 예비교사들이 PCK 요소를 분명하게 볼 수 있는 PCK 렌즈를 갖게 하기 위해 이를 활용하였으며(이송연 등, 2011), 동료장학 모임의 주요 활동으로 CoRe 개발 과정을 활용하기도 하였다(정행남, 최병순, 2013). 이외에도 장효순과 최병순(2010)은 CoRe를 작성하고 개발하는 과정이 교사의 PCK 발달에 유의미한 작용이 있다고 밝혔으며 이를 예비교사교육과정에 적용할 것을 제안한 바 있다.

이 연구에서는 예비교사의 PCK를 알아보는 도구

중의 하나로 CoRe를 사용하였으며 개인이 작성한 CoRe를 바탕으로 동료와의 의견을 교환하는 토의 내용과 개인이 진행하는 모의수업과정을 관찰하였다. CoRe를 작성하고 모둠 토의를 통해 합의된 CoRe를 만들어 가는 과정을 '내용표상화 활동'으로 정의하고, 끓는점 오름에 대한 예비교사들의 내용표상화 활동과 모의 수업 실행 중에 나타나는 예비교사의 PCK 특징을 분석하였다.

끓는점 오름과 관련한 개념 이해를 다룬 선행연구나 과학 전반에 걸친 일반적인 PCK 특성에 대한 연구들과는 달리 이 연구에서는 교수자의 입장에 선 예비교사가 끓는점 오름이라는 특정한 주제에 대한 수업을 준비하고 실행하는 과정에서 보이는 PCK 특징을 보고자 한다. 이 연구를 통해 얻어지는 끓는점 오름 현상에 대한 예비교사의 과학교수지향, 교육과정에 대한 지식, 학생 이해에 대한 지식, 교수 전략에 대한 지식, 평가에 대한 지식의 특징은 예비교사의 구체적인 PCK를 이해하는 것과 더불어 수업 전문성 향상을 위한 효과적인 예비교사교육에 기반이 되는 자료로 활용할 수 있을 것이다.

II. 연구방법

1. 연구대상

연구에 참여한 예비교사는 전북소재 사범대학 화학 교육전공 3학년에 재학 중인 28명이다. 연구는 두 해에 걸쳐 진행되었으며, 2012년에 3학년인 16명과, 2013년에 3학년인 12명이 연구에 참여하였다. 교육과정상 동일한 시점에 연구가 진행되었고, 전공과목의 담당교수 및 수업 활동에 차이가 없기 때문에 자료 수집 시점의 상이함은 연구 결과에 영향이 없는 것으로 간주할 수 있다.

예비교사들은 모두 연구진행시기 이전의 교과교육 관련 수업에서 개인 과제 및 조별 토의를 통해 중학교 과학의 화학 영역과 화학 I 과목에 대한 교육과정 및 교과서 분석을 심도 있게 완료하였고, 화학 II 과목에 대해서는 과제 및 토의활동 없이 교과서와 교육과정을 개인적으로 학습한 상태였다. 또한 끓는점 오름에 대한 전공 수준의 지식은 '일반화학 및 실험 1,2' 과목과 '물리화학 2' 과목에서 학습하였다.

2. 연구절차 및 자료 수집

담당 교수는 수업에서 교사의 전문적 지식과 PCK에 대한 이론적 내용을 강의 하였고, 분자의 운동에 대한 경력교사의 CoRe 개발 자료(장효순, 2009)를 참고하여 그와 동일한 주제에 대하여 개별적으로 작성하는 과정을 통해 CoRe 작성 방법을 숙지하게 하였다. 그 후 예비교사들은 시중에 출판된 4종의 교과서와 교육과정 해설서를 참고하여 강의시간 중 3시간에 걸쳐 개별적으로 끓는점 오름에 대한 CoRe를 작성하였다. 작성 과정에서 대학의 전공 교재를 참고하는 것에는 제한을 두지 않았다. 연구에 사용한 CoRe는 Loughran 등(2004)의 원문을 번역하여 사용하였으며 질문 이해도를 높이기 위해 원문의 의미가 변형되지 않는 범위에서 문장을 수정하였다. CoRe의 big idea의 개수는 최소 4개로 작성하도록 했으며 추가되는 big idea의 수는 제한을 두지 않았다. 예비교사들은 중요하다고 생각하는 내용부터 big idea를 순서대로 작성하였다. 연구에 사용된 CoRe 서식은 Table 1과 같으며 여기서 1번 항목인 '학생이 무엇을 학습하기를 바라는가?'에 대한 응답은 핵심아이디어(key idea)로 표현한다.

CoRe를 작성한 후 3인 또는 4인으로 이루어진 모둠을 구성하여 개인이 작성한 CoRe 자료를 기반으로 서로의 의견을 나누는 내용표상화 활동을 통해 합의된 CoRe를 개발하였다. 총 9개 모둠의 토의 과정을 모두 녹음하였고 녹음된 내용은 전사하였다. 이 연구에서는 28명의 예비교사를 모둠의 번호와 알파벳으로 구분하여 1A에서 9D까지 표현한다. 예를 들어, 모둠 1에 속한 예비교사 3인은 이름순으로 예비교사1A, 예비교사1B, 예비교사1C로 나타냈다.

모든 예비교사들은 모둠 토의가 끝난 후 끓는점 오름에 대한 1차시분의 수업지도안을 작성하고 모의수업을 진행했다. 모의수업은 수업시간 외에 모둠별로 따로 모여서 진행했으며, 이때 수업자 외의 다른 모둠원은 학생의 역할을 대신했다. 수업 진행 시간은 개인별로 최소 25분에서 최대 40분정도이다. 예비교사들의 모든 수업은 교내의 수업행동분석실의 기기를 이용하여 녹화하였고 연구자는 비디오파일의 형태로 자료를 수집하였다.

면담은 각 자료에 대한 연구자의 검토 후에 토의 과정과 모의수업에서 유의미한 특징을 나타낸 예비교사

Table 1
Eight aspects of CoRe

Division	big idea A	big idea B	big idea C	big idea D
1. What do you intend the students to learn about this idea?				
2. Why is it important for students to know this?				
3. What are the ideas that you should know previously? (ideas that students are not required to know yet)				
4. What would be the hindrances or limitations when you teach this idea?				
5. What would be the thinking of students that influences your teaching of this idea?				
6. What can be the other factors that also influences your teaching of this idea?				
7. What is the particular reason that you use certain teaching procedures to teach this idea?				
8. How would you tell if the students have understood or confused?				

를 대상으로 반구조화된 형식으로 진행하였으며 면담 과정은 모두 녹음하였다. 면담은 연구대상자가 작성한 CoRe 자료와 토의 과정 전사자료, 수업지도안과 모의수업 녹화자료를 연구자와 연구대상자가 함께 보면서 진행되었다.

3. 자료 분석

이 연구는 자료의 타당성과 결과의 신뢰도를 위해 예비교사의 CoRe 작성 자료, 모둠별 토의 활동 내용, 수업지도안, 모의 수업 내용과 면담 등의 다양한 자료를 통해 예비교사의 특징을 분석하였으며, 연구대상자의 상황을 구체적으로 이해할 수 있도록 심층적으로 기술하였다.

예비교사의 PCK는 선행연구의 PCK 요소 분류를 참고하여(Cochran *et al.*, 1993; Grossman, 1990; Magnusson *et al.*, 1999; Shulman, 1987) 과학교수지향, 교육과정에 대한 지식, 학생 이해에 대한 지식, 교수 전략에 대한 지식, 그리고 평가에 대한 지식으로 나누어 분석하였다.

먼저 예비교사들이 작성한 CoRe 내용과 함께 모둠

토의 내용을 검토하여 각 PCK 요소에 대한 특징을 탐색하였다. CoRe 작성 자료와 모둠 토의 내용은 예비교사의 CoRe에 대한 응답 내용을 기준으로 PCK 요소별로 나누어 분석하였다. 과학교수지향과 교육과정에 대한 지식은 CoRe 1번과 2번 항목의 응답 및 그와 관련된 토의 내용을 중심으로 분석하였다. 학생 이해에 대한 지식은 CoRe 5번 항목의 응답과 토의 내용을 중심으로 분석하였으며, 교수 전략에 대한 지식은 CoRe 7번 항목과 토의 내용, 평가에 대한 지식은 CoRe 8번 항목의 응답과 토의 내용을 중심으로 분석하고 기술하였다. 이 때 토의 관찰 대상 모둠은 의견 교환이 가장 활발한 2개 모둠으로 선택하였으며, 토의 내용을 통해 특징적으로 나타난 예비교사의 PCK 요소를 포착하고 그와 관련된 내용을 수업지도안과 모의수업 실행에서 찾아 그 특성을 분석하였다.

모든 자료는 연구자 2인이 각각 분석하여 PCK 요소에 해당하는 부분을 추출하였고 공통적으로 합의되는 부분을 채택하였고 이 내용은 연구자 2인과 교과내용전문가 1인, 고등학교 교사 1인의 최종 검토를 거쳤다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 예비교사의 과학교수지향의 특징

예비교사의 과학교수지향은 CoRe 자료를 비롯하여 토의 과정과 모의 수업에서 관찰할 수 있었는데 대부분의 예비교사들은 끓는점 오름에 대한 개념적인 이해를 중시하는 설명 중심의 교수지향을 보였다. 그러나 일부 예비교사는 아래와 같이 과학이란 현상을 설명하는 도구이고, 수식은 학습할 대상이 아니라 개념을 이해하는 수단이라는 것, 그리고 실생활 응용가능성을 중시하는 교수지향을 보이기도 하였는데 각각의 특징은 다음과 같다.

현상을 설명하는 도구로 개념 활용 중시

과학 개념은 현상을 설명하는 도구라고 여기는 예비교사는 비휘발성 용질이 포함된 용액을 끓일 때 온도가 계속 올라가는 현상을 단순히 관찰하고 규칙성이 있다는 사실을 아는 것에 그치지 않고 그 원인을 과학적인 지식을 활용하여 이해해야 한다고 토의과정에서 강조하였으며 모의수업 과정에서도 시범실험을 보여주고 시범실험의 결과가 나타나는 원인에 대해 학생들이 스스로 생각할 수 있도록 적극적인 유도를 하고 있음을 볼 수 있었다.

예비교사1A : 학생들이 이것을 아는 것이 중요한 이유는 우리 주위에 나타나는 현상을 단순하게 일어나는 것이 아니라 과학적으로 설명할 수 있다는 것을 학생들이 알아야하기 때문에. 그러니까 단순하게 '아, 끓는점 오름이네?', '애는 좀더 높게 올라가네?' 이렇게 이해하는 게 아니라, 그걸 과학적으로 해석할 수 있다는 걸 알려주기 위해서.

(모둠 1의 토의 내용 전사)

예비교사1A : 이렇게 소금물이 끓을 때 물이 끓는 온도보다 높은 온도에서 끓는 현상은 증기압력과 연결해서 설명할 수 있어요. 앞으로 이런 현상을 보면 '아, 끓는점이 올라갔구나' 여기서 끝내지 않고, 왜 그런지, 우리가 배운 과학적인 지식을 가지고 설명할 수 있어야 돼요.(중략...시범실험을 보여준 후) 아까 첫 번

째 실험 결과가 왜 그렇게 나타나는지 생각해 보고 학습지에 적어봅시다. 혹시 생각하다가 어려운 것이 있으면 짝한테 물어봐도 되고 선생님한테 질문해도 좋아요. 반드시 본인이 생각해 보세요. 그 결과가 왜 나타났을까?

(예비교사1A의 모의수업 중)

학생들이 결과를 스스로 생각하도록 지도하는 내용은 모의수업과 수업지도안의 여러 부분에서 강조하여 표현되었는데, 면담과정에서는 과학은 현상을 설명하는 도구로 인식되어야 한다는 자신의 신념을 반영하는데 어려움이 있을 것으로 생각하였다.

연구자 : 학생들이 과학이 도구라는 것을 인식하게 하도록 특별한 계획이 있었어요? 수업준비를 할 때?

예비교사1A : 직접 실험하고 관찰하고 스스로 왜 그런지 생각해보게 하는 거요. 위험해서 시범실험을 선택하긴 했는데... 그런데 위험하지 않으면 모든 학생들이 직접(실험)하는 것으로(수업)계획했을 것 같아요. 직접 관찰하고 원인이 뭔지 스스로 생각하는 게 아니라면... 그냥 시험에 나오는 내용밖에 안되는 거니까...그런데 준비를 이렇게 해도 실제 학교 현장에서 학생들이 이렇게 잘 따라올 것 같지는 못해요.

(예비교사1A와의 면담 중)

수식은 개념 이해를 위한 수단으로 활용 강조

수식은 그 개념에 영향을 주는 변인을 표현하기 위한 방법으로, 단지 개념을 이해하기 위한 수단이라는 교수 지향을 보인 예비교사는 핵심아이디어 중 하나로 끓는점 오름에 대한 수식을 제시했는데, 이것을 아는 것이 중요한 이유는 공식 자체가 아니라 변인과 끓는점 오름의 관계를 나타내기 위해서라고 하였다.

예비교사1B : 이런 수식을 이용하는 것은 끓는점 오름 개념을 알기 위한 건데, (학생들은)이 몰랄 농도를 구하는 게 중요하고 kb값이 중요하다고 생각할 수 있잖아. 그러니까 이게(끓는점 오름 개념) 훨씬 더 중요해서 이걸(수식) 하는 건데, 이게(수식) 더 중요하다고 착각할 수 있

는 거지. 식은 끓는점오름을 학습하기 위해서,
더 잘 이해하기 위해서 쓰는 것일 뿐인데.

(모둠1의 토의 내용 전사)

예비교사B : 우리는 이걸(끓는점오름이 몰랄농도에
비례한다는 내용) 설명하려고 수학에서 수식
을 빌려온 거예요. '끓는점 오름은 몰랄농도
에 비례한다.' 또 '용매의 종류와는 상관이 없
다.' 이렇게 길게 얘기해야 할 것을 간단하게
식 하나로 표현한 거예요. 그래프도 마찬가지로
예요.(중략) 이 식을 외우려고 하지 마세요. 그
관계를 생각해보면 이해할 수 있어요. 영향을
주는 게 뭔지, 어떻게 영향을 주는지. 비례하
는지 반비례하는지.

(예비교사B의 모의 수업 중)

예비교사1B가 과학에서 수식의 활용을 수업에서 강
조한 이유는 과학적 개념이나 변인사이의 관계를 설
명하기 위해 과학자들도 수식의 형태를 사용했다고
생각하고 있기 때문에 학생들에게도 같은 방법들을
적용하는 것이 중요하다고 생각하였다.

연구자 : 특별히 수식을 빌려온 거라는 내용을 강조
한 이유가 있어요?

예비교사1B : 솔직히 과학 싫어하는 애들은 수식 때
문인 경우가 많은 것 같아요. 과외 하는 학생
들을 보면. 지금 과외 하고 있는 애가 수식 때
문에 과학이 싫다고 했거든요. 솔직히 과학자
들이 수학을 빌려온 게 맞잖아요. 그거 설명
하려고(웃음). 과학자들도 그렇게 한거니까...
애들도 그렇게 인식하면 좀 덜 어려워하지 않
을까요?

(예비교사1B와의 면담 중)

공식은 자연 현상의 규칙성을 정량적으로 다루는
것에 지나지 않고 공식을 안다고 해서 자연 현상의 원
인을 알게 되는 것 아니므로(김성혜 등, 2008), 이러
한 교수 지향을 지니는 예비교사는 공식 암기와 문제
풀이를 강조하는 교사의 일방적인 수업(방은정, 백성
혜, 2010)보다는 바람직한 수업을 진행할 것이라 기
대할 수 있다.

개념의 실생활 응용가능성을 중시

학습에서 익힌 개념을 실생활에 응용하는 것이 중
요하다고 생각하는 예비교사는 학생들이 학습한 개념
을 실제 활용할 수 있다는 가능성과 기대를 갖게 하는
것을 중요한 동기유발 요소로 여기고 있었다. 이처럼
학습한 개념의 실생활 응용을 중시하는 교사는 학생
의 동기와 지적인 흥미를 고려하는 수업을 진행할 것
이라 예상할 수 있다.

예비교사2A : 끓는점 오름 현상을 이해하고 이걸 어
떻게 활용 할 것인지 모르면 이거 왜 해야 해
요? 이런 생각부터 들잖아. 특히 수학이 그렇
지 않아? '이거 배워서 뭐해요?' 이러잖아. 그
런 것처럼 여기서도 끓는점 오름 현상을 배우
면서 이거 어디다가 써요? (이런)말을 했는데
대답을 못해주면 동기유발이 안되지 않을까?

(모둠2의 토의 내용 전사)

2. 교육과정에 대한 지식의 특징

교육과정에 대한 지식은 교육과정의 내용, 교육과
정의 목적과 목표, 선후 학년에 대한 지식의 관련성
등을 포함한다(임청환, 2003; Abell, 2007;
Magnusson *et al.*, 1999). 이 연구에서 예비교사의
교육과정에 대한 지식은 개별적으로 작성한 CoRe 자
료를 중심으로 가르칠 내용을 선정하는 것과 그 내
용을 가르치는 것의 목적 및 목표와 관련된 특징을 분
석하였다.

가르칠 내용에 해당하는 예비교사의 핵심아이디어
는 끓는점 오름의 정의 또는 현상(A), 끓는점 오름이
나타나는 원인(B), 끓는점 오름에 영향을 주는 변인
(C), 식과 그래프의 이해(D)와 끓는점 오름 개념의 적
용(E), 끓는점과 증기압력의 정의(F), 용액의 총괄성
(G)으로 구분할 수 있다. 중요도 순서로 제시된 핵심
아이디어 중에서 첫 번째와 두 번째 순위의 핵심아이
디어 내용을 정리하면 Table 2와 같다.

예비교사들이 끓는점 오름에 대해서 수업해야할 내
용 중 첫 번째로 중요하다고 생각하는 것은 끓는점 오
름의 정의와 현상, 끓는점 오름의 원인 및 변인, 끓는
점의 정의와 증기압력의 정의이다. 두 번째로 중요하
다고 생각하는 내용도 끓는점 오름과 끓는점, 증기압
력의 정의와 끓는점 오름의 원인과 변인 등의 내용이

Table 2
Pre-service teachers' key ideas

key ideas		pre-service teachers' ID
1 st choice	2 nd choice	
Definition of boiling point elevation and the phenomenon (A)	Cause of boiling point elevation (B)	1A 3A
	Variations of boiling point elevation (C)	2B 9A 9B
	Definitions of boiling point and vapor pressure (F)	2A 7C
Cause of boiling point elevation (B)	Variations of boiling point elevation (C)	4A
	Definitions of boiling point and vapor pressure (F)	7B
	Colligative properties (G) etc. (H)	5A 9D
Variations of boiling point elevation (C)	Cause of boiling point elevation (B)	2C
	Variations of boiling point elevation (C)	3C 6A 9C
	Definitions of boiling point and vapor pressure (F)	5C
Definitions of boiling point and vapor pressure (F)	Definition of boiling point elevation and the phenomenon. (A)	1B
	Variations of boiling point elevation (C)	8D
	Definitions of boiling point and vapor pressure (F) Colligative properties (G)	6B 6C 7A 8A 8B 4C 4B
etc. (H)	etc. (H)	1C 3B 8C

대부분을 차지하고 있다. 그러나 식과 그래프의 이해와 끓는점 오름 개념의 적용은 첫 번째와 두 번째 순위에는 포함되지 않았다. 고등학교 화학 과목의 목표가 화학적 개념을 이해하는 것 외에도 과학적 사고와 탐구능력을 기르는 것(교육과학기술부, 2011)임에도 불구하고 대부분의 예비교사들은 개념을 이해하기 위해 습득해야 하는 지식에만 초점을 맞추고 있는 것을 볼 수 있다.

예비교사의 핵심아이디어의 세부 내용은 크게 7개의 대범주와, 16개의 하위 범주로 나눌 수 있다. 28명의 예비교사가 작성한 CoRe 1번 항목의 응답에 해당하는 총 112개의 핵심 아이디어를 화학Ⅱ 교과서 끓는점 오름 부분의 순서를 참고하여 범주에 따른 빈도를 제시하면 Table 3과 같다.

전체 핵심아이디어 중 빈도가 높은 끓는점 오름의 정의 및 현상, 끓는점 오름의 원인, 끓는점 오름의 변인, 끓는점과 증기압력의 정의에 대한 특징을 구분하여 설명하면 다음과 같다.

끓는점 오름의 정의 및 현상

끓는점 오름의 정의 및 현상(A) 범주에 해당하는 핵심아이디어는 16개로 끓는점 오름의 정의(A1)로 구분되는 핵심아이디어는 끓는점 오름의 용어를 설명하는 형태로 진술하고 있으며 대부분의 핵심아이디어가 이것에 해당한다. 끓는점 오름의 정의를 핵심아이디어로 제시한 예비교사들은 학습에 앞서 용어의 의미를 아는 것이 중요하다고 생각한다.

- 용어의 의미를 알아야 하듯 정의를 알아야 한다.
- 학습에 앞서 단어의 정의를 아는 것이 개념을 아는 것의 디딤돌이 될 수 있다.

(CoRe 2번 항목 응답 일부)

반면 끓는점 오름의 현상(A2)으로 구분되는 핵심아이디어는 설탕물이 끓는 현상을 예로 들거나 용매와 용액의 끓는 현상의 차이를 관찰되는 현상으로 진술하였으나 용어의 의미를 핵심아이디어로 제시한 예비

Table 3
The examples of key ideas about boiling point elevation

	Division	examples	N
A. Definition of boiling point elevation and the phenomenon.	A1. Definition of boiling point	<ul style="list-style-type: none"> - Students should understand the concept of boiling point elevation. - Boiling point elevation is a phenomenon which the boiling point of a pure solvent elevates when a non-volatile solute is added. 	16
	A2. Phenomenon of boiling point	<ul style="list-style-type: none"> - Boiling point of a pure solvent and a solution are different. - The temperature of sugar water increases as it is boiled. 	
B. Cause of boiling point elevation	B1. Vapor pressure depression	<ul style="list-style-type: none"> - Boiling point elevation happens from the difference in vapor pressure of pure solvent and that of a dilute solution. - To reach the boiling point, the temperature of a solution has to be increased, because the vapor pressure of a solution is lower than the solvent's. 	15
	B2. Role of solute	<ul style="list-style-type: none"> - A non-volatile solute prevents the solvent from vaporizing. - The presence of a non-volatile solute lowers the surface area of the vaporizing solvent; causing boiling point to increase. 	
	B3. Thermodynamic reason	<ul style="list-style-type: none"> - The students should understand boiling point elevation with the concept of entropy. - The students should understand boiling point elevation in a thermodynamical view. 	
C. Variations of boiling point elevation	C1. Number of particles (molality, mole number)	<ul style="list-style-type: none"> - The magnitude of the boiling point elevation depends on the number of solute molecules dissolved in the solution. - The magnitude of boiling point elevation is proportional to the molality, but is inconsistent to the kinds of the solute. 	30
	C2. Molal boiling point elevation	<ul style="list-style-type: none"> - Molal boiling point elevation constant is a constant that is a characteristic of the solvent. - The boiling point varies to the kinds of the solvent, for each solvent has specific value of molal boiling point elevation constant. 	
	C3. C1+C2	<ul style="list-style-type: none"> - Boiling point elevation is inconsistent to the kinds of the solute, and depends on the concentration of the solution. 	
	C4. Kinds of solvent	<ul style="list-style-type: none"> - The magnitude of the boiling point elevation can vary to the kinds of the solvent. 	
D. Comprehension of graphs and tables	D1. Equations	<ul style="list-style-type: none"> - Students should be able to comprehend equations related to boiling point elevation using the concept of Molality. 	6
	D2. Graphs/figures	<ul style="list-style-type: none"> - Students should learn the change occurred by the boiling point elevation, which is shown on the phase diagram. 	
	D3. D1+D2	<ul style="list-style-type: none"> - Students should understand formulas and graphs related to boiling point elevation. 	
E. Applications of boiling point elevation	E1. Measuring molecular weight	<ul style="list-style-type: none"> - Students should calculate the molecular weight using the concept of boiling point elevation. 	8
	E2. Applications on real life	<ul style="list-style-type: none"> - Students should be able to give examples of boiling point elevation in real life. 	
F. Definitions of boiling point and vapor pressure	F1. Definition of boiling point elevation	<ul style="list-style-type: none"> - Boiling point is the temperature when the vapor pressure of a liquid becomes equal to the surrounding pressure. 	21
	F2. Definition of vapor pressure	<ul style="list-style-type: none"> - Vapor pressure is the pressure exerted by the vapor in equilibrium; the state when the vaporizing speed equals to the sublimating speed. 	
G. Colligative properties	G1. Boiling point elevation as a colligative property	<ul style="list-style-type: none"> - Boiling point elevation is one of the characteristics of the colligative properties of solution. 	8
	G2. Significance of colligative property	<ul style="list-style-type: none"> - Students should understand the colligative properties of dilute solution. 	
H. etc.	H1. etc.	<ul style="list-style-type: none"> - Students should keep in mind the non-volatility of a solute when they study b.p. elevation. - Students should acknowledge the fact that Molality is used because the volume of a liquid change with temperature. 	8
total			112

교사들과 비교하여 학생이 알아야 하는 중요성에 대한 내용은 차이를 보이지 않았다.

끓는점 오름의 원인

끓는점 오름의 원인(B)은 15개로 증기압력 내림(B1)을 제시한 것이 7개, 용질의 역할(B2)을 제시한 것이 6개이고 열역학적 관점(B3)에서의 원인은 2개의 핵심 아이디어로 나타났다. 여기서 열역학적인 관점이란 끓는점 오름에 대한 현상을 깁스에너지, 엔트로피 등의 열역학적 개념으로 이해하는 것이다(최미화 등, 2004). 예비교사가 증기압력 내림과 용질의 역할을 대부분의 핵심아이디어로 제시하고 있는 것은 교과서의 내용과 관련이 있는 것으로 생각된다. 현재 사용 중인 4종의 교과서를 분석한 결과 Table 4와 같이 모두 끓는점 오름의 원인을 증기압력 내림으로 설명하며, 증기압력 내림의 현상을 용액 내에서 용질 입자의 역할로 설명하고 있다(김희준 등, 2011; 노태희 등, 2011; 류해일 등, 2011; 박종석 등, 2011).

이처럼 모든 교과서가 끓는점 오름에 대한 원인에서 열역학적인 관점의 설명을 포함하고 있지 않으며 이와 같은 이유로 대부분의 예비교사가 핵심 아이디어를 입자 수준으로 설명하는 속도론적 관점(최미화 등, 2004)을 제시한 것으로 보인다. 열역학적인 관점으로 끓는점 오름의 원인을 제시한 일부 예비교사들은 학생들이 현상을 여러 관점으로 해석할 수 있다는 것을 아는 것이 중요하기 때문이라고 하였다. 이에 대한 예비교사의 응답 예시는 다음과 같다.

- 끓는점 오름을 해석할 때 분자수준에 대한 해석

이외에 열역학적인 관점으로 해석할 수 있다는 것을 알고 학생들이 한 가지 관점만 가지고 생각하는 것을 막기 위해.

- 열역학을 도입하여 끓는점오름에 대해 여러 측면에서 이해하는(사고하는)것을 알게 하기 위해. 엔트로피와 관련된 것은 모든 현상에 해당되는 사항이므로 이를 통해 아는 것이 좋다.

(CoRe 2번 항목 응답 일부)

끓는점 오름의 변인

끓는점 오름의 변인(C)은 전체 핵심아이디어 중 30개를 차지하며 세부적으로 용질의 입자수(몰수, 몰랄농도), 용매의 종류, 몰랄 오름 상수에 관한 내용으로 나눌 수 있다. 끓는점 오름이 용질의 입자수(몰수, 몰랄농도)에 비례한다는 내용의 핵심아이디어(C1)는 19개로 가장 많은 수를 차지했으며, 그 뒤를 이어 8개의 핵심아이디어가 몰랄 오름 상수에 관한 내용(C2)을 제시하였다. 2개의 핵심 아이디어는 앞의 내용을 모두 포함하였고(C3), 용매의 종류에 따라 끓는점 오름의 정도가 다르다(C4)는 내용의 핵심아이디어도 1개가 나타났다. 끓는점 오름은 묽은 용액의 총괄성 중의 하나이다. 총괄성이란 용질의 종류에는 관계없이 용질의 개수에만 관계된 성질이며 용질의 몰수와 끓는점 오름 사이의 관계를 나타내는 몰랄 오름 상수는 용매에 따라 실험적으로 결정되는 값이다(Atkins & Paula, 2006; Zumdahl & Zumdahl, 2008). 고등학교 교육과정에서도 끓는점 오름을 포함한 용액의 총괄성을 용질의 몰수에만 관계되는 묽은 용액의 특성으로 다루고 있으며, 동일 용매에 녹아있는 용질의

Table 4
Explanation of boiling point elevation and vapor pressure depression in textbooks

	textbook A	textbook B	textbook C	textbook D
Factors affecting boiling point elevation	Vapor pressure depression	Vapor pressure depression	Vapor pressure depression	Vapor pressure depression
Factors affecting vapor pressure depression	The solute molecules inhibit the vaporization of the solvent.	Attractions between solvent molecules and solute. The number of solvent molecules on the surface of the solution decreases.	The solute molecules inhibit the vaporization of the solvent.	Attractions between solvent molecules and solute. The number of solvent molecules on the surface of the solution decreases.

몰수가 다른 경우만을 다루고 있다. 끓는점 오름이 입자수나 몰수, 몰랄농도에 비례한다는 내용을 핵심아이디어로 제시한 예비교사들은 학습 목표에 대한 이해가 잘 되어 있는 것으로 볼 수 있다. 그러나 몰랄 오름 상수가 용매의 종류에 따라 결정된다는 내용을 핵심아이디어로 제시한 예비교사들은 교육과정에 제시된 성취 수준에 대한 이해 부족으로 주된 학습 내용을 설명하기 위해 제시된 비례상수의 특징을 중요하게 생각하고 있다고 볼 수 있다. 현재 사용되는 4종의 교과서에는 ‘몰랄 오름 상수는 농도가 1m인 용액의 끓는점 오름이다’, ‘몰랄 오름 상수가 용매의 종류에 따라 달라진다’ 라는 표현과 함께 여러 용매의 몰랄 오름 상수를 표로 제시하고 있다(Figure 1).

몰랄 오름 상수에 대한 내용은 끓는점 오름에 대한 교과서의 전체 분량 중 많은 부분을 차지하고 있으며 4종의 교과서 모두 여러 용매의 몰랄 오름 상수를 표로 제시하고 있기 때문에 강조되어 보인다. 교과서는 학생과 교사의 사고에 영향을 미치므로(강대훈 등, 2004; 백성혜, 조미정, 2005) 이러한 교과서의 표현은 학생과 교사로 하여금 용매의 종류가 끓는점 오름의 새로운 변인이라고 생각할 우려가 있으며, 또한 몰랄 농도와 끓는점 오름 사이의 비례 상수인 몰랄 오름 상수 자체를 학습해야 할 중요 개념으로 생각할 수 있다. 연구 결과 예비교사들도 이를 혼동하고 있음을 확인할 수 있었는데, 실제 예비교사들의 CoRe 응답 내용을 보면 용매의 종류를 끓는점 오름에 대한 변인으로 생각하고 있고, 이것을 가르쳐야 할 핵심아이디어로 여기고 있음을 볼 수 있다. 다음은 예비교사의 CoRe 작성 자료 중 일부이다.

- 용매의 종류에 따라 끓는점 오름의 정도가 다르다. (CoRe 1번 항목 응답 일부)
- 총괄성은 용질의 종류에 상관없는 성질로 용매의 종류에는 영향을 받는다는 것을 알아야하기 때문. (CoRe 2번 항목 응답 일부)

위와 같이 용매의 종류가 끓는점 오름의 주요 변인이라고 생각하는 예비교사들은 실제 수업에서도 이 내용을 언급할 것으로 예상할 수 있다. 교사의 지식이 학생의 이해에 영향을 주므로(강대훈 등, 2004) 이처럼 생각하는 예비교사는 실제 수업에서 학생들에게 용액의 총괄성 보다 용매에 따라 몰랄 오름 상수가 달라진다는 내용을 더 강조하여 오해를 유발하거나 오개념을 심어줄 가능성이 있다.

몇몇의 예비교사들은 자신이 제시한 핵심아이디어를 알아야 하는 중요한 이유, 즉 학습의 목표를 아래와 같이 물질의 분자량을 계산하거나 농도를 구하기 위해서라고 응답했다.

- 용액의 몰랄농도에 비례하는 것을 알게 되면 끓는점 오름을 통해 용질의 분자량을 알 수 있기 때문이다.
- 용매의 종류를 알고 있을 때 끓는점을 측정하여 물질의 농도를 알 수 있게 된다. (CoRe 2번 항목 응답 일부)

이는 교과서의 개념 확인 문제의 영향을 받은 것이라고 생각할 수 있는데 4종의 교과서 모두 끓는점 오름을 통하여 용액의 농도를 구하거나 용질의 분자량을 구하는 형태로 제시되어있다.

표 1-4 몰랄 오름 상수

용매	끓는점(°C)	몰랄 오름 상수(K _b : °C/m)
물	100	0.513
에탄올	78.3	1.23
벤젠	80.1	2.64
이황화 탄소	46.0	2.42

출처: CRC, 2008

Fig. 1 Table of molal elevation constants (textbook A)

끓는점과 증기압력의 정의

예비교사의 핵심아이디어 중 끓는점과 증기압력의 정의(F)가 두 번째로 높은 비율을 차지하고 있다는 것을 볼 수 있다. 예비교사들은 끓는점 오름을 학습할 학생들이 상태변화의 조건을 온도뿐만 아니라 압력조건도 함께 고려해야 하는 것을 알아야하기 때문에 끓는점의 정의(F1)을 핵심아이디어로 제시하였다. 또한 끓는점 오름 현상의 원인이 증기압력 내림으로 설명되기 때문에 증기압력이 무엇인지 정의(F2)를 확실히 알아야 하는 것이 중요하다고 생각하고 있다.

- 학생이 끓는점을 단순히 상변화의 관점에서 아는 것과 증기 압력의 관점에서 아는 것은 끓는점 오름에 대해 이해하는데 중요한 요인이 된다.
 - 증기압력에 대한 명확한 개념을 알아야 끓는점을 이해하고 끓는점 오름에 대해서도 이해할 수 있다.
- (CoRe 2번 항목 응답 일부)

이처럼 예비교사들은 끓는점 오름을 설명하기 위해 그와 관련된 다른 과학 개념을 정확하게 이해하는 것을 중요하게 생각하고 있음을 알 수 있다.

그 외의 핵심아이디어

이외에 끓는점 오름을 식과 그래프로 이해(D)하는 것을 핵심아이디어로 제시한 예비교사는 개념을 이해하기 위해 수식이나 그래프를 수단으로 사용하는 것과 수식이나 그래프를 수학적으로 활용 하는 능력이 중요하다 것으로 그 중요성을 말하고 있다. 끓는점 오름의 적용(E)에서는 교과서 예제로 제시된 분자량의 측정과 STS 관점에서 본 실생활 예를 제시하였으며, 총괄성(G)에서는 끓는점 오름은 용액의 총괄성을 나타내는 특징 중 하나이고 묽은 용액의 성질을 이해하는 것이 중요하다고 제시하고 있다. 기타(H) 핵심아이디어로는 용질이 비휘발성 비전해질임을 알아야 한다는 것, 몰랄농도를 사용하는 이유, 여러 가지 농도의 표현 등이 있다.

3. 학생 이해에 대한 지식의 특징

교수경험이 없는 예비교사들의 학생 이해에 대한 지식은 부족하다(박철용 등, 2008; 이송연 등, 2011)는 선행연구 결과와 마찬가지로 이 연구에 참여한 예

비교사들도 이 영역의 지식이 부족하여 학생의 선개념이나 학습할 때의 어려움 등에 대한 내용을 수업에 적용하는 것에 어려움을 겪고 있음을 보였다. 예비교사들의 CoRe 작성 내용 중 학생 이해와 관련된 대부분의 진술문이 ‘~일 것이다’ 처럼 예상의 형태를 갖는 것도 같은 의미로 해석할 수 있다. 예비교사의 학생 이해에 대한 지식은 자신의 학생 시기 학습 경험과 추측에 의존하는 것으로 나타났는데 그 특징은 다음과 같다.

자신의 학습 경험으로 학생 이해

예비교사들은 이러한 지식의 부족을 자신의 학생 시기 학습 경험을 통해 보완하려는 모습을 보였다. 다음은 예비교사 1B의 CoRe 응답과 토의과정의 일부이다.

- 혼합용액의 경우 물질의 수에 따라 가열곡선의 온도 그래프가 평행한 구간이 나타나는데, 용질을 포함한 용액의 끓는점은 계속 올라간다. 학생들은 평행한 구간을 끓는점이라고 생각하기 때문에 끓는점이 올라가는 현상을 보고서 끓는점이 아니라고 생각할 수 있다.

(예비교사1B의 CoRe 5번 항목 일부)

예비교사1B : 난 어렸을 때 혼동했던 게 뭐냐면, 항상 머릿속에 ‘끓는점’이라는 건 평행한 구간이다, 그렇게 나와야 한다고 생각을 했거든. 근데 이렇게 끓고 있는데 온도가 올라가면 그게 끓는점이 아니지 않을까 생각했어.

(모둠1의 토의 내용 전사)

예비교사1B는 자신이 학생 시기에 끓는점 오름에 대한 내용을 처음 접했을 때 겪은 혼란을 기억하여 학생의 생각에 대한 이해를 시도하였다. 하지만 예비교사1B는 이 내용을 실제 수업에 어떤 방법으로 적용할지는 어려움을 느낀다고 하였다. 또한 자신이 가지고 있는 학생 이해에 대한 생각이 옳은지에 대한 확신을 보이지 않았다.

연구자 : 여기 (학생들이)끓는점이 없다고 생각할 수 있다고 한 내용이 있는데, 왜 그렇게 생각했어요?

예비교사1B : 제가 고등학생 때 그렇게 생각했거든

요. 중학교에서 끓는점 배울 때 가열곡선에서 평행한 점이라고 배웠는데 끓는점 오름에서 나오는 그래프는 계속 증가하는 그래프였거든요. 그걸 처음 볼 때 했던 생각이었어요.

연구자 : 그럼 그 내용을 수업 준비할 때 고려했나요?

예비교사1B : 생각하기는 했는데... 그걸 어떻게 설명해야할지 어려웠던 것 같아요. 고민하다가 그냥 안하기로 한 것 같아요. 그냥 말로 '이건 (온도가)계속 올라가지만 끓는점인건 맞아' 하기도 그렇고, 어떤 방법으로 알려줘야 할지 어려워요. 솔직히 진짜 학생이 없으니깐 정말 그렇게 생각하는지도 모르겠고(웃음)

(예비교사1B와의 면담 중)

예비교사2A도 학생시기의 경험에서 학생 이해에 대한 지식을 표현하려고 노력하였다. 다음은 예비교사2A의 CoRe 응답과 토의과정의 일부이다.

· 증발과 끓음의 차이를 구분하지 못할 것이다.

(예비교사2A의 CoRe 5번 항목 일부)

예비교사2A : 고등학교 때 이거를 공부할 때 어려웠던 게 뭐냐면, 증발이랑 끓음이랑 차이를 몰라서. 끓음 현상은 아는데, 증발이랑 끓음 차이가 뭐야? 라고 물어봤을 때 이거다 딱 대답할 수 있는 사람이 없었어. 어쨌든 끓는점 오름 현상은 끓음이랑 관련된 거잖아.

(모둠2의 토의 내용 전사)

이 예비교사는 CoRe 작성 중 가장 어려웠던 항목을 학생의 생각에 대한 질문이라고 답했다. 예비교사2A도 예비교사1B와 마찬가지로, 학생 이해에 대한 자신의 생각을 실제 수업에 반영하는 것은 어려워했다.

연구자 : 제일 어려웠던 게 뭐예요?

예비교사2A : 그거... 학생에 대한 생각... 학생의 생각 적는 거요. 잘 모르겠어요.

연구자 : 증발과 끓음의 차이를 학생들이 잘 모를 것 같다고 했는데, 그걸 모의수업 할 때 고려해서 반영한 내용이 있어요?

예비교사2A : 아노... 이거(CoRe)작성하기는 했지만 그걸 수업할 때 특별히 생각하지 않았던 것 같

아요. 지도안에는 그 내용을 쓰기는 했는데 실제 수업에는 솔직히 적용하기 힘들 것 같아요.

연구자 : 왜요?

예비교사2A : 솔직히 작성해야하니까 생각 해낸 거라(웃음)... 뭐가 있을까 고민해서 겨우 생각한 거라... 학생의 선개념 확인을 해야하는 게 중요하니까 지도안에는 썼는데 실제로 수업할 내용하고 어떻게 연결해야할지...

(예비교사1B와의 면담 중)

이처럼 위의 예비교사들은 학생 시기에 끓는점 오름을 학습할 때의 경험을 기억하여 가르칠 학생에 대한 이해를 시도했으나, 실제 수업경험이 없고 학생을 접할 기회가 없었기 때문에 이들의 학생 이해에 대한 지식은 불완전한 것으로 보인다.

추측에 의한 학생 이해

위의 두 예비교사가 자신의 학생 시기의 경험을 근거로 학생 이해를 시도한 반면, 일부 예비교사들은 막연하게 예상을 하거나 올바른 과학 개념에 대한 틀린 이해를 학생의 선개념으로 들기도 하였다. 예를 들어 예비교사2B는 학생들은 끓는점이 물질의 고유한 특성이라는 생각이 강하게 있기 때문에 용매와 용액의 시간에 따른 온도 변화가 다른 양상을 보이는 현상은 서로 다른 물질이기 때문에 관찰되는 당연한 결과라고 생각할 가능성을 예상하였다.

· 끓는점이 달라지는 것은 물질이 다르기 때문이라고 생각한다.

(예비교사2B의 CoRe 5번 항목 일부)

예비교사2B : 애들은 끓는점을 물질의 고유 성질로 알잖아요. 끓는점이 달라지는 것은 당연히 물질이 다르기 때문 인거지. 물과 설탕물의 끓는점이 다른 이유는 '두 물질이 다르기 때문이다.' 라고 생각을 하면, 아예 성질이 변했다고 생각하면. 그렇지 않아요?

(모둠2의 토의 내용 전사)

하지만 예비교사2B는 이러한 생각을 특별한 근거 없이 예상에 의해서만 했음을 토의과정 중에서 관찰할 수 있었다.

예비교사2C : 끓는점이 올라가는 게 물질이 달라서?

예비교사2B : 응. 고유 성질이니까 끓는점이 다르게 나타나는 두 물질은 완전히 다른 물질이다.

예비교사2C : 그 끓는점은 (가열곡선에서의 온도 변화 그래프)평행한거고 이건(끓는점오름은) 계속 증가하는 그래프인데?

예비교사2A : 정말 그렇게 생각할까? (웃음)

예비교사2B : 음... 그냥 그럴 것 같아. 잘 모르겠다. 그냥 생각한거야. (웃음)

(모둠2의 토의 내용 전사)

이외에도 일부 예비교사들은 ‘끓는점 오름은 용질의 종류에 의해 변한다’ 또는 ‘몰랄 오름 상수도 용질에 따라 달라진다’ 등의 끓는점 오름에 대한 비과학적인 지식을 학생의 생각으로 제시하기도 하였다.

4. 교수 전략에 대한 지식의 특징

예비교사들의 CoRe를 분석한 결과 교수 전략에 대한 지식은 실험 또는 시범실험, 실생활 예시, 분자 모형 활용, 그래프나 그림을 통한 설명 등 과학 교과 전체에서 사용되는 일반적인 교수 전략을 나열하고 있을 뿐 구체적인 방법은 제시하지 못하는 것으로 나타났다. 또한 ‘발견학습’, ‘순환학습’ 등의 수업 모형만을 제시하고 있으며 학습목표 도달을 위한 모형의 적절한 활용을 구체적으로 나타내지 못함을 볼 수 있었다. 그러나 토의 과정에서는 학생 이해 수준을 고려한 구체적인 예시를 고민하거나, 개념의 도입 방법에 대해 의견을 교환하는 모습도 볼 수 있었다. 다음은 학생의 수준을 고려하여 개념을 설명하려는 예비교사의 생각이 토의에서 나타난 내용이다.

예비교사1B : 에탄올이란 물 섞인 것 하고 소금물의 끓는점 그래프를 제시하는 거야. 에탄올은 물에 녹고 비휘발성 분자가 아니야. 그래서 에탄올과 물을 섞었을 때는 끓는점이 두 번 나타나. 근데 소금물은 올라가는 대로 그래프에 나타나잖아.(중략) 학생이 ‘끓는점이 아니에요’ 하고 생각할 수 있잖아. 그럼 이때 혼동을 피하기 위해서 이때 끓는점 차이와 압력 그래프를 제시하는거야.

(모둠1의 토의 내용 전사)

이 예비교사는 자신의 학습자 시기의 경험을 기반으로 학생의 이해 수준을 예상하여 끓고 있는 도중에 온도가 계속 올라가는 현상을 학생들이 이해하기 어려울 것이라고 생각하였다. 따라서 학생들에게 두 가지 순물질로 이루어진 혼합물(휘발성 용질을 포함하는 용액)의 온도 변화 그래프와 소금물(비휘발성 용질을 포함하는 용액)의 온도 변화 그래프를 비교하게 한 뒤, 온도에 따른 증기압력 변화 자료를 제공하여 끓는점을 증기압력과 연결하여 이해하도록 하는 전략을 제시하였다.

하지만 이 내용을 실제 모의 수업에서 적절하게 실행하는 것에는 어려움을 느끼고 있었는데, 모의 수업에서 물과 에탄올 혼합 용액과 소금물을 가열할 때의 온도변화를 관찰하는 실험을 진행했으나 두 현상의 결과가 다르게 나타나는 이유를 학습목표와 적절하게 연계하여 설명하지 못하는 모습을 보였다. 학생 이해를 바탕으로 교육과정이 고려되어야 바람직한 교수 전략이 나타나므로(방은정, 백성혜, 2012) 학생의 이해 수준을 중시하여 교수 전략을 고민한 예비교사의 행동은 바람직하다고 볼 수 있겠으나, 이처럼 수업의 실행에서 자신의 생각을 적용하지 못하고 있는 것은 지식적으로 가지고 있는 PCK를 실행하는 능력이 부족한 것이라 판단할 수 있다.

이외에도 끓는점 오름이라는 용어를 도입하는 데 있어 예비교사들은 서로 다른 의견을 가지고 있었고, 토의를 통해 생각을 수정하고 의견을 수렴하는 과정에서 각자의 교수 전략에 대한 생각을 볼 수 있었다.

예비교사1A : 강의법으로 하면 학생들이 직접 경험하지 않아서 낯설 수 있어.

예비교사1B : 강의법이라서 낯선 게 아니라 학생들이 처음 끓는점 오름에 대한 입문을 하는 거잖아.

예비교사1A : 강의식으로만 가르치는 거잖아 끓는점 오름에 대해서. 학생들이 직접 경험해보지도 않았는데 강의로만 가르치는 거 한계 아닌가?

예비교사1C : 꼭 강의법으로 해야돼? 실험식 수업하면 안돼?

예비교사1B : 개념을 처음 알 때는 강의식이 낫지. ‘끓는점 오름이란 이런 겁니다.’ 말을 해주면 되는데, 실험을 통해서 끓는점 오름을 어떻게 알게 할 건데?

예비교사1A : 그래서 처음 방향을 발견학습으로 잡

있어, 나는. 끓는점 오름 도입할 때 학생들이 실험을 해서 '농도에 따라서 끓는점이 높아지는구나.' 발견을 한 다음에 내가 이걸 강의식으로 설명을 하는 거.

예비교사1C : 나도, 실험 먼저 해서 알게 한 다음에.
(모둠1의 토의 내용 전사)

예비교사1B는 끓는점 오름이 학생들이 처음 접하는 개념이므로 교사가 강의식으로 설명을 해야 한다는 의견이고, 반면 예비교사1A와 1C는 끓는점 오름은 현상이기 때문에 직접 경험하거나 실험을 통해 관찰하는 과정이 필요하다고 생각한다. 이들 예비교사들은 서로의 의견을 절충하여 끓는점 오름 개념을 도입하기 전에 현상과 구체적인 자료(가열시간에 따른 온도)를 제시하여 규칙성을 '발견' 하도록 하고, 그 현상에 해당하는 용어를 도입한 다음 그것의 원인을 '강의식으로 설명' 하는 것으로 결론지었다. 여기서 예비교사들은 적용하고자 하는 수업 모형만을 제시할 뿐 구체적인 교수행동요소를 제시하지는 못하였는데, 이는 예비교사들이 수업모형 적용을 어려워한다는 이송연 등(2011)의 연구와 비슷한 결과이다. 또한 예비교사들은 목표 도달을 위한 모형의 실행을 고민하기보다 수업모형의 특징에 맞는 요소를 수행하는 것을 중요하게 생각하고 있음을 볼 수 있었다.

5. 평가에 대한 지식의 특징

예비교사의 CoRe 자료를 분석한 결과 끓는점 오름이라는 구체적인 개념에 대한 특별한 평가 방법을 고안하거나 학습 목표와 연계한 평가 내용이나 방법을 고민하는 예비교사는 없었으며 일반적인 평가 방법을 나열하는 수준에 그치고 있었다.

- 교과서의 익히기 문제를 통해 확인한다.
 - 끓는점 오름 현상이 일어나는데 영향을 미치는 요인을 적게 한다.
 - 끓는점 오름의 정의를 말하게 한다.
 - 용질의 몰수를 변화시켜 끓는점 오름을 예측하게 한다.
- (CoRe 8번 항목 응답 일부)

토의를 진행하는 과정에서도 평가와 관련한 항목에 많은 시간을 할애하지 않았으며 다른 항목에 비해 토

의한 내용이 매우 적음을 볼 수 있었다. 또한 수업지도안이나 모의수업에서도 평가에 대한 부분은 개념 확인에 그치는 수준에 머물고 있음을 관찰할 수 있었다.

예비교사2C : 자, 오늘 배운 내용을 잘 이해하고 있는지 확인해봅시다. 몰랄오름 상수는 무엇에 영향을 받는다고 했었죠?

학생(예비교사2A) : 용매요!

학생(예비교사2B) : 용매의 종류요!

예비교사2C : 그렇죠. 그럼 끓는점 오름 값을 구하는 식을 이용해서 선생님이 나눠주는 문제들을 풀어보도록 합시다.

(예비교사2C의 모의수업 중)

일부 예비교사들은 자신이 설계한 형성평가 문항과 학습목표와의 연계가 적절하지 않았으며, 또한 수업지도안이나 모의수업 중에 평가에 대한 요소가 전혀 없는 경우도 있었다. 이처럼 예비교사의 평가에 대한 지식은 부족한 것으로 관찰되었는데 이는 예비교사가 수업을 계획할 때 효과적인 평가 계획을 세우지 못하거나 거의 고려하지 못한다는(김경순 등, 2011; 노태희 등, 2010) 선행연구의 결과와 비슷하다.

IV. 결론 및 제언

이 연구는 미시적 세계에 대한 지식이 요구되는 끓는점 오름 개념에 대한 학생의 성취수준이 낮고 교사나 예비교사들의 이해도 불완전하며 학생의 학업 성취에 교사의 영향이 크다는 연구 결과를 토대로, 끓는점 오름에 대한 교수적 관점을 점검할 필요성에 의해 이루어졌다. 이에 따라 수업과 관련된 전문성을 대변하는 PCK를 끓는점 오름이라는 특정 주제에 대하여 예비교사를 대상으로 그 특징을 내용표상화 활동, 모의수업, 그리고 면담을 통하여 분석하였다.

예비교사의 끓는점 오름에 대한 PCK의 특징을 분석한 결과, 대부분의 예비교사들은 끓는점 오름의 정의, 끓는점의 정의와 증기 압력의 정의 등 개념의 의미를 학습하는 것을 중요하게 생각하고 있었다. 그러나 일부는 현상을 설명하는 도구, 개념 이해 수단으로서의 수식 활용, 실생활 응용을 중시하는 과학교수지향을 보이기도 하였다. 또한, 예비교사들은 교육과정 지식과 관련된 가르칠 내용의 선정과 그 내용을 학습

해야 하는 이유에 대해서도 개념을 이해하기 위해 습득해야 하는 지식에만 초점을 맞추고 있었으며, 과학적 태도나 탐구와 관련된 내용은 그 비중이 매우 낮게 나타났다. 그리고 예비교사들의 학생 이해에 대한 지식은 부족하고, 학생의 선개념이나 이해 등을 고려하여 수업을 계획하고 실행하는 것에 어려움을 느끼고 있었다. 따라서 예비교사들은 자신의 학습자 시기의 경험을 근거로 간접적으로 이해하는 것으로 나타났는데 이는 실제 수업 경험이 없는 예비교사는 학생 이해에 대한 지식은 제한적일 수밖에 없기 때문이다. 마지막으로 예비교사들은 주제에 특징적인 교수 전략이나 평가 방법을 고안하는 지식이 부족하여 전공 과정에서 교과교육 강의를 통해 여러 가지 수업 모형이나 전략, 평가 방법에 대해 이론적으로 학습한 상태이지만 이를 실제 활용하는 것에는 한계를 보였다. 예비교사들은 끓는점 오름이라는 특정한 주제가 주어졌음에도 교수 전략이나 평가에 대한 일반적인 내용들만을 나열하고, 자신의 CoRe 자료나 수업지도안에 제시한 전략도 실제 모의 수업에서 실행하는 것에 어려움을 가지는 것을 볼 수 있었다. 또한 수업 목표 도달을 위한 모형과 전략 선택에 대한 고민보다 자신이 정한 수업 모형이나 전략을 '바르게 수행' 하는 것에 초점을 두고 있는 모습을 볼 수 있었다.

예비교사들의 특정 주제에 대한 PCK 특성을 알아본 이 연구의 결과로부터 예비교사 교육과정에서 어떤 점에 초점을 맞추어 교육을 해야 할 것인지에 대한 시사점을 제시할 수 있다.

첫째, 예비교사들이 목표에 맞는 바람직한 교수지향을 함양할 수 있도록 안내가 필요하다. 과학교수지향은 과학을 가르치는 목표와 목적에 대한 신념으로 PCK의 다른 요소에 영향을 주는 가장 포괄적인 요소(Magnusson *et al.*, 1999)이기 때문에 이에 따라 수업의 방향이 결정될 수 있고, 학생들의 학습에도 영향을 미칠 수 있다. 따라서 예비교사들이 가지는 교수지향이 어떤지 파악하고 전통적인 설명중심의 교수지향보다는 학생들의 바람직한 과학 학습을 위해 적절한 교수지향을 지닐 수 있는 기회가 예비교사 교육과정에서부터 주어져야 한다.

둘째, 교육과정에 제시된 과학교육 목표를 이해하고 특정 주제의 교수학습 과정에서 다양한 영역의 목표와 교육과정상 내용 연계를 고려하도록 지도해야 한다. 2009 개정 과학과 교육과정에서 화학 II 과목

은 문제 해결을 위한 지식을 습득하는 것에 목적이 있기도 하지만, 수준 높은 화학적 개념, 원리나 법칙을 활용하여 과학적 사고와 과학적 탐구 능력을 신장하는 것도 중요하다(교육과학기술부, 2011). 예비교사들은 수업할 주제의 지식적인 측면에만 비중을 두고 있으므로 과학적 사고 및 탐구 능력과 관련된 내용도 충분히 고려하도록 지도할 필요가 있다. 또한 예비교사들은 중등학교 현직 교사들과 마찬가지로 교과서에 의존하는 경향이 큰 것으로 나타났는데(최경희, 김숙진, 1996), 특히 핵심아이디어를 선정하고 그 중요성을 제시할 때 높은 교과서 의존을 보였다. 예비교사들은 대학 교육과정을 통해 끓는점 오름의 원인에 대해 열역학적인 관점을 가지고 있지만 중기 압력 내림, 용질의 역할 등과 같이 교과서에 서술된 내용으로 한정하여 핵심아이디어를 제시하고 있다. 현재 교육과정에서 묶은 용액의 총괄성에 대한 설명을 입자적 관점으로 제시된 것으로 보아 이것에 대한 예비교사의 교육과정 이해는 적합하다고 볼 수 있다. 하지만 선행연구(김성혜 등, 2008; 하성자 등, 2005)에서 학생들이 개념을 올바르게 이해하기 위해서는 열역학적인 설명이 필요하다고 제안한 바 있다. 현재 2009년 개정 교육과정의 화학 II 과목에는 묶은 용액의 성질 내용 이후 엔트로피 등의 열역학적인 개념들이 제시되어 있으므로, 열역학적인 개념을 학습한 후 심화 과정으로 묶은 용액의 성질에 대한 열역학적인 이해를 소개하여 학생들의 이해를 돕는 방법에 대한 고려도 필요하다.

셋째, 예비교사들이 학생 이해에 대한 지식을 넓힐 수 있는 기회를 충분히 제공해야 한다. 대부분의 예비교사들이 학생 이해에 대한 지식은 부족하며 어려움을 느끼고 있는 것으로 나타났는데, 실제 학생을 대할 기회가 매우 제한적인 예비교사 교육과정에서는 이를 보완할 방법이 필요하다. 따라서 학생 이해에 대한 지식을 간접적인 방법으로 접할 수 있도록 오개념 연구 결과를 활용하는 등 실제 수업 환경을 충분히 제공할 수 없는 예비교사교육과정의 한계를 효과적으로 보완할 교육 방법의 고안이 필요하다.

넷째, 예비교사의 교수 전략과 평가에 대한 지식이 이론적 지식으로만 머물지 않고 실천적 지식으로 발현되도록 지도해야 한다. 예비교사들은 예비교사 교육과정을 통해 수업 모형 등의 교수 전략 지식과 평가에 대한 지식을 학습했지만 이를 실제 수업에 적용하는 것을 어려워함을 보였다. 따라서 예비교사들이 직

간접적으로 수업을 실행하고 그것을 반성적으로 점검하는 기회를 확대하여 이론적으로 형성된 예비교사의 지식을 실제 수업에 효과적으로 적용할 수 있도록 지도해야 한다.

교사의 수업전문성이 강조됨에 따라 예비교사 교육과정에서부터 PCK를 발달시키는 것이 중요하게 여겨지고 있다. 하지만 PCK는 경험을 통해 발달되는 실천적 지식의 성격을 갖기 때문에 제한적인 수업 경험만이 가능한 현재의 예비교사 교육과정을 보완할 수 있는 구체적인 교육 자료의 개발과 활용 방안을 모색할 필요가 있다. 또한 끊는점 오름 뿐만 아니라 화학 분야에서 오개념이 존재하거나 학생 성취 수준이 낮은 다른 주제에 대한 예비교사의 PCK 특성에 대한 추가 연구가 필요하며, 연구 결과를 공유하여 예비교사의 교과교육학 강좌에서 활용할 수 있는 교육 자료로 재구성할 필요가 있다. 그리고 발달된 PCK를 가진 경력 교사의 수업 지도안이나 동영상의 공유가 가능한 체계를 구성하여 간접적인 수업 경험을 제공함으로써 예비교사가 어려움을 보이는 학생 이해에 대한 정보를 얻을 수 있게 하고, 화학의 각 주제별로 구체적인 교수 전략과 평가 방법이 포함된 자료를 개발하여 예비교사 교육과정에서 활용하는 방안을 제안하고자 한다.

국문 요약

이 연구는 끊는점 오름에 대한 내용표상화 활동과 모의수업 실행을 통해서 예비교사의 PCK를 분석하였다. 예비교사의 지식을 PCK 요소에 따라 분석한 결과, 대부분의 예비교사는 끊는점 오름에 대한 개념적인 이해를 중시하였는데, 일부는 끊는점 오름 현상을 과학적인 시각으로 이해하고, 수식을 도구로 사용하며, 실생활에 적용되는 경험을 통해 학습 동기를 연계하는 과학 교수 지향도 보였다. 예비교사는 끊는점 오름에 관하여 가르쳐야 할 중요한 내용의 대부분을 개념 이해를 위해 습득해야 할 지식으로 제시했으며, 과학적 사고나 탐구능력 신장을 위한 내용은 나타나지 않았다. 또한 교과서 내용의 수준과 전개 순서에 의존하는 경향을 보였으며 일부는 교과서 편집상 강조되어있는 용어나 자료를 학습할 내용으로 여기거나, 예제 문제의 풀이를 학습 목표로 보는 경우도 있었다. 학생 이해에 대한 지식은 부족한 것으로 나타났는데, 실제 교수 경험이 없는 예비교사들은 자신의 학습 경

험을 바탕으로 학생 수준을 간접적으로 이해하려고 시도하므로, 예비교사교육과정에서 오개념 자료 등을 적극적으로 활용할 필요가 있다. 교수 전략과 평가에 대한 지식은 다른 요소에 비해 피상적으로 표현되었는데, 목표와 연계된 방법을 고민하기 보다는 순환학습과 발견학습 같은 모형의 적용만을 언급하거나 일반적인 평가 방법을 나열하는데 그쳤다.

참고 문헌

- 교육과학기술부(2011). 과학과 교육과정, 교육과학기술부 고시 제 2011-261호.
- 강대훈, 백성혜, 박국태(2004). 용해 현상에 대한 학생들의 개념유형 및 교사들의 지도 실태. *대한화학회지*, 48(4), 399-413.
- 고미례, 남정희, 임재향(2009). 신입 과학교사의 교과교육학 지식(PCK)의 발달에 관한 사례연구. *한국과학교육학회지*, 29(1), 54-67.
- 곽상원, 최병순(2012). 중등학교 과학 교사의 밀도에 관한 내용교수지식 수준과 그에 따른 내용 표상의 구성 요소별 특징. *대한화학회지*, 56(1), 128-136.
- 곽영순(2008). 과학과 교과교육학 지식 유형별 교사 전문성의 특징 연구. *한국과학교육학회지*, 28(6), 592-602.
- 김경순, 윤지현, 박지애, 노태희(2011). 중등 과학 예비교사들이 수업시연 계획 및 실행에서 나타난 교과교육학 지식의 요소. *한국과학교육학회지*, 31(1), 99-114.
- 김도욱(1992). 끊는점 오름의 학습에서 세 가지 수업모형의 효과 비교-연역식, 귀납식, 비유를 사용한 수업 모형. *한국과학교육학회지*, 12(1), 35-46.
- 김성혜, 이은실, 백성혜(2008). 묶은 용액의 성질에 대한 교과서 내용 분석 및 화학전공교사의 사고유형 조사. *한국과학교육학회지*, 28(4), 291-301.
- 김영민, 박종원, 박종석, 이효녕, 김영신(2010). 과학 교사 양성과정에서 과학교육학 과목 운영에 대한 과학 교사들의 인식과 요구. *한국과학교육학회지*, 30(6), 785-798.
- 김희준, 김호성, 이보경, 이수미, 이영식, 이정희, 이진승, 이희나, 조향숙(2011). *고등학교 화학Ⅱ*. (주)상상아카데미:과주.
- 노태희, 최성신, 강석진, 이순영, 배병일, 고숙영, 주영, 최숙영(2011). *고등학교 화학Ⅱ*. 천재교육:서울.
- 노태희, 윤지현, 김지영, 임희준(2010). 초등 예비 교사들이 과학 수업 시연 계획 및 실행에서 고려하는 교과교육학지식 요소. *초등과학교육*, 29(3), 350-363.

- 류해일, 김창석, 이광필, 이종백, 박상배, 강승구, 김용연, 이희권(2011). 고등학교 화학Ⅱ. 비상교육:서울.
- 민희정, 박철용, 백성혜(2010). 교수 실제를 통한 초임 과학교사의 PCK 분석. 한국과학교육학회지, 30(4), 437-451.
- 박재원, 원정애, 백성혜(2007). 물속에서의 무게와 압력에 대한 초등 교사의 교수 내용 지식 분석. 초등과학교육, 26(2), 226-241.
- 박종석, 윤용, 정지오, 조은미, 류시경(2011). 고등학교 화학Ⅱ. (주)교학사:서울.
- 박철용, 민희정, 백성혜(2008). 교육실습을 통한 예비교사의 교수내용지식 분석. 한국과학교육학회지, 28(6), 641-648.
- 방은정, 백성혜(2010). 중학교 과학교사의 교수지향과 이에 영향을 미치는 요인 분석. 한국과학교육학회지, 30(6), 719-738.
- 방은정, 백성혜(2012). 중학교 과학교사의 교수 전략을 통한 교수지향 분석. 대한화학회지, 56(2), 274-289.
- 백성혜, 조미정(2005). 대기 중의 수증기량이 증발과 끓음에 미치는 영향에 대한 고등학생과 화학 전공 교사들의 인식 조사 및 관련 교과서 내용 분석. 한국과학교육학회지, 25(7), 773-786.
- 양일호, 서형두, 정진우(2004). 초등 과학 교사들의 수업에서 나타나는 교수 행동 요소와 수업 유형 분석. 한국과학교육학회지, 24(3), 565-582.
- 윤지현, 임희준, 박지애, 노태희(2012). 멘토링을 통한 초등예비교사의 과학PCK 특징 및 멘토링에 대한 인식 고찰. 초등과학교육, 31(1), 99-108.
- 윤희숙, 정대홍(2006). 끓는점 오름 현상에 대한 학생, 예비교사, 화학교사의 개념 분석. 한국과학교육학회지, 26(7), 805-812.
- 이기영(2009). 지구과학 교사의 주제-특정적 PCK 분석. 예비교사와 현직교사 사례. 한국지구과학회지, 30(3), 330-343.
- 이승연, 김성혜, 백성혜(2010). 묶은 용액의 성질에 대한 화학전공 예비교사들의 이해 및 화학교사 양성교육에 대한 인식 사례연구. 대한화학회지, 54(6), 787-798.
- 이승연, 민희정, 원정애, 백성혜(2011). 멘토링을 통한 예비화학교사들의 Pedagogical Content Knowledge 변화. 한국과학교육학회지, 31(4), 621-640.
- 이지희, 정진우, 우종욱(2002). 중등학교 과학 교사들의 대기압에 관련된 개념 분석. 한국과학교육학회지, 22(3), 560-570.
- 임청환(2003). 과학 교과교육학 지식의 본질과 발달. 한국지구과학회지, 24(4), 235-249.
- 장효순(2009). CoRe 개발 과정을 통한 과학교사의 PCK 변화에 관한 사례연구 중학교 1학년 「분자의 운동」을 중심으로-. 교육학 석사학위논문. 한국교원대학교.
- 장효순, 최병순(2010). CoRe 개발 과정을 통한 과학교사의 PCK변화에 관한 사례연구 중학교 1학년 「분자의 운동」을 중심으로-. 한국과학교육학회지, 30(6), 870-885.
- 정득실, 김찬중, 이선경, 오필석, 맹승호, 정애란(2007). 구성주의적 수업을 위한 워크숍에 참여한 중등 과학 교사의 교수 지향과 수업 실행. 한국과학교육학회지, 27(5), 432-446.
- 정행남, 최병순(2013). 동료 장학 모임에 참여한 과학교사의 경험 사례 연구. 한국과학교육학회지, 33(1), 63-78.
- 조희형, 고영자(2008). 과학과 교수내용지식(PCK)의 재구성 과 적용 방법. 한국과학교육학회지, 28(6), 618-632.
- 최경숙, 원정애, 백성혜(2011). '전기 회로 꾸미기' 단원의 수업에서 나타난 초등교사의 PCK 특성. 초등과학교육, 30(3), 315-329.
- 최경희, 김숙진(1996). 과학 교과서 선정과 평가에 관련된 교사들의 인식 조사와 과학 교과서 평가틀 개발에 관한 연구. 한국과학교육학회지, 16(3), 303-313.
- 최미화, 이덕환, 박준우(2004). 중등 화학 교육 과정에 대한 물리화학적 고찰:(1) 상변화와 상평형. 대한화학회지, 48(3), 300-310.
- 하성자, 김범기, 백성혜(2005). 어느점 내림 현상에 대한 교과서 내용 및 중등 과학 교사들의 개념 분석. 한국과학교육학회지, 25(2), 88-97.
- 허미연, 백성혜(2009). 용해와 확산에 관련된 혼합 현상에 대한 중등 과학교사들의 사고 특성. 대한화학회지, 53(5), 585-608.
- 홍미영, 전경문, 이범홍, 이양락(2002). 대학수학능력시험 화학Ⅱ 문항에 대한 학생들의 응답 분석. 한국과학교육학회지 22(1), 204-213.
- Atkins, P., & de Paula, J. (2006). Physical Chemistry(7th edition). Oxford:U.K.
- Bullough Jr, R. V. (2001). Pedagogical content knowledge circa 1907 and 1987: A study in the history of an idea. Teaching and Teacher Education, 17, 655-666.
- Cochran, K. F., DeRuiter, J. A., & King, R. A. (1993). Pedagogical content knowing: An integrative model for teacher preparation, Journal of Teacher Education, 44(4), 263-272.
- Gess-Newsome, J. (1999). Secondary teachers Knowledge

- and Beliefs about Subject Matter and their Impact on Instruction. In J., Gess-Newsome and N. G. Lederman(Eds.). *Examining Pedagogical Content Knowledge: The Construct and its Implications for Science Education* (pp.51-94). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press. Cited from Hashweh(2005).
- Hashweh, M. Z. (2005). Teacher pedagogical constructions: A reconfiguration of pedagogical content knowledge. *Teachers and Teaching: Theory and Practice*, 11(3), 273-292.
- Loughran, J.J., Gunstone, R.F., Berry, A., Milroy, P., & Mulhall, P. (2000, April). Science cases in action: Developing an understanding of science teachers' pedagogical content knowledge. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, New Orleans, LA, USA.
- Loughran, J., Berry, A., & Mulhall, P. (2006). *Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge*. Rotterdam: Senses Publishers.
- Loughran, J., & Nilsson, P. (2012). Exploring the Development of Pre-Service Science Elementary Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Science Teacher Education*. 23, 699-721.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science. In J., Gess-Newsome and N. G. Lederman(Eds.). *Examining Pedagogical Content Knowledge: The Construct and its Implications for Science Education* (pp.95-132). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Pignatelli, F., & Pflaum, S. (1992). *Celebrating diverse voice*. CA: Corwin Press, Inc.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4-14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Education Review*, 57, 1-22.
- Tobin, K & McRobbie, C. K. (1999). Pedagogical Content Knowledge and Co-Participation in Science Classrooms. In J., Gess-Newsome and N. G. Lederman(Eds.). *Examining Pedagogical Content Knowledge: The Construct and its Implications for Science Education* (pp.215-234). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Veal, W. R., & MaKinster, J. G. (1999). Pedagogical content knowledge taxonomies. *Electronic Journal of Science Education*, 3(2), 22-35.
- Zumdahl, S. S., & Zumdahl, S.A. (2008). *Chemistry(7edition)*. Houghton Mifflin Company: Boston, USA.