

CoRe 개발 과정을 통한 과학교사의 PCK 변화에 관한 사례 연구 -중학교 1학년 「분자의 운동」을 중심으로-

장호순 · 최병순*

한국교원대학교

A Case Study on the Development of Science Teachers PCK through development of Content Representation (CoRe) -Focusing on 「Molecular Motion」for 7th grade class-

Hyo-Soon Jang · Byung Soon Choi*

Korea National University of Education

Abstract: The purposes of this study are to examine what the participants experienced when developing Content Representation (CoRe) of 「molecular motion」 for the 7th grade in collaboration with experienced chemistry-trained teacher and non-chemistry-trained teacher and to investigate how the participants' PCK changed in their classes after developing CoRe. The participants were one experienced chemistry-trained teacher, two physics-trained teachers, and one researcher. The participants were selected by purposeful sampling. For this study, the discussions on developing CoRe was recorded and two physics-trained participants' classes were video-taped, and constructed/semi-constructed interviews were conducted. All data were transcribed for analysis. The participants experienced reflective thinking of their knowledge and previous classes, corrected their own misconception and clarified those conception, recognized the contents and the goals of 「molecular motion」 class, enhanced understanding of students' pre-conception during the development of CoRe. Especially, the two physics-trained teacher-participants confessed that they recognized clearly the contents and the goals of 「molecular motion」 class and identified their deficiency in 'particle viewpoint' in their previous classes. Their recognition was realized in the course of interaction with experienced chemistry-trained teacher. Among the components of PCK, knowledge of science curriculum was most influent on two physics-trained teacher-participants' classes, and they emphasized 'particle viewpoint' and 'molecular motion' in their classes. In addition, they introduced new teaching strategies that were discussed in the course of developing CoRe. The influence on the participants' PCK was different according to their reflective thinking on their own knowledge and previous classes and their affective characteristic. The implication of this study is that, the course of developing CoRe can promote reflective thinking that is essential for increasing teachers' professionalism and significantly influence on PCK. Especially, developing CoRe in collaboration with experienced chemistry-trained teacher and non-chemistry-trained teacher can identify deficiency in their classes and thereby, improve their classes. And, it takes time and effort to internalize the participant's recognition in their teaching practice.

Key words: Pedagogical Content Knowledge (PCK), developing Content Representation (CoRe), reflective thinking, teachers' professionalism, case study

I. 서 론

현재 세계적으로 교육개혁이 논의되고 있는데, 그 초점은 교사 교육의 변화와 교사의 전문성 향상이다 (박미화 등, 2007). 교사는 학교 현장에서 다양한 역할을 수행하고 있지만, 수업은 교사에게 하는 일의 전

부라고 해도 과찬을 정도로 교사 일의 대부분을 차지하고 있다. 즉 교사의 수업 전문성은 교사가 나타내 보이는 전문성의 핵심을 이루고 있다고 할 수 있다.

가르친다는 것은 교사가 다중적인 상황과 목적에 대해 동시에 반응하고, 아주 빠른 속도로 판단하고 실행해야 하는 것을 요구받는 복잡하고 비-구조화된 상

*교신저자: 최병순(bschoi@knu.ac.kr)

**2010.07.25(접수) 2010.08.23(1심통과) 2010.10.03(2심통과) 2010.10.04(최종통과)

황으로(Gess-Newsome, 1999), 많은 교사들이 특정한 개념을 특정한 학생들이 이해하도록 어떻게 도울 것인가에 대한 지식을 가지 있게 여긴다(Magnusson *et al.*, 1999). 그러나 단순히 내용을 아는 것만으로는 충분하지 않고, 주제가 제시되어야 하는 순서, 그것들을 도입하는 방법, 어떤 시범 실험을 사용할지, 어떤 질문을 할 것인지, 학생들의 반응에 응답하는 방법, 학생들이 배운 것을 평가하는 방법, 각종 학습 자료들의 유용성 등에 대한 지식을 소유해야만 한다(Tobin *et al.*, 1999). 이것이 교사의 '수업 전문성'이다. 즉 교사들은 내용 전문가들과 같은 내용의 지식을 다루지만, 내용 전문가와는 구별되는 그들만의 전문적 지식을 필요로 한다.

Shulman(1986, 1987)이 교과 내용을 특정한 학생들이 이해 할 수 있는 형태로 변형하여 표현할 때 사용하는 교사만의 전문 지식으로 PCK(Pedagogical Content Knowledge)를 도입한 이래로, 많은 교육연구자들(곽영순, 2007a; 임청환, 2003; Gess-Newsome, 1999; Loughran *et al.*, 2004; van Driel *et al.*, 2001)도 수업 실제에서 교사의 전문성을 드러내 주는 가장 중요한 개념으로 PCK를 받아들이고 있다. 미국의 국가 과학 교육 표준(National Science Education Standard)도 과학 교사를 위한 전문성 발달의 필수적 요소로 PCK를 언급하고 있다(임청환, 2003 재인용).

연구들에서 PCK 발달에 영향을 주는 여러 요인이 있지만 필수적인 요소로 교과 내용 지식을 들고 있다. 교과 내용 지식이 PCK 발달을 보장하지는 않지만, 내용에 대한 깊이 있는 이해 없이는 PCK가 발달하지 않는다(Gess-Newsome, 1999; van Driel *et al.*, 2001). 우리나라 중 고등학교 과학의 경우 통합과학이 과학을 가르치는 가장 효과적인 방법(최미화 등, 1999)이라는 인식하에 전공 배경이 다른 교사들에 의해 통합적으로 가르쳐지고 있다. 그러나 통합 과학을 가르칠 때 교사들은 비전공 영역 내용에 대한 깊이 있고 구조화된 교과 내용 지식을 소유하기 힘들다. 백성혜 등(2005)은 고등학교 과학의 생물 영역을 가르치는 비전공 초보 고등학교 교사들이 내용에 대한 이해 부족과 교수에 대한 자신감 부족을 보인다고 밝히고 있으며, 숙련된 과학 교사들도 전공 영역 밖의 주제를 가르칠 때는 PCK가 제한된다고 한다(van Driel *et al.*, 2001). 과학과 마찬가지로 통합적 접근을 하는 중학교 사회과 연구에서 이혁규(2005)도 숙련된 비전공

교사들의 경우 오랜 교수 경험에도 불구하고 비전공 영역을 가르칠 때는 전공 교사와 비교해 볼 때 교과 내용의 교수학적 변환에서 일정한 정도의 결여가 나타난다고 주장했다. 과학교육에서 통합적 접근이 중요함을 강조하고 있음에도 불구하고, 통합 과학을 가르치는 비전공 교사들이 겪는 어려움에 대한 연구(이학동, 1986; 박정희, 2005)는 있어왔지만, 그 어려움을 보완해 주기 위한 연구는 거의 없는 편이다.

교사들의 교수가 보다 더 잘 이해되어지고 수업 전문성 신장에 도움이 될 수 있으려면 특정 내용 영역의 PCK에 대한 구체적인 표명이 필요하다. 교사들은 주제에 의해 분화된 특정 지식을 가지며, 각각의 주제에 대해 PCK를 발달시켜야(Magnusson *et al.*, 1999) 하기 때문이다. 그러나 PCK는 교사의 여러 지식 기반-교과 내용 지식, 일반 교육학 지식, 상황 지식-의 통합, 변형으로 나타나는 것이라 그 특성이 복합적이고 암묵적이다. 또한 교사들은 이를 효과적으로 드러내기 위한 언어나 기회를 가지기 어렵기 때문에 PCK를 명시적으로 드러내기 쉽지 않다. 따라서 과학 내용 영역에서 즉시 이용할 수 있는 PCK의 구체적인 예는 별로 많지 않으며(Loughran *et al.*, 2004), 숙련된 교사들이 오랜 교수 경험을 통해 발달시킨 교수와 관련된 노하우가 체계적으로 전수되지 못한 채 숙련된 교사의 은퇴와 더불어 사장되어 버리고 만다. Loughran 등(2004, 2006)이 과학교사들의 교수에 대한 전문적인 지식을 포착하고, 기술하고, 문서화하기 위해 개발한 CoRe(Content Representation)(표 I-1)는 특정 영역이나 주제에 대해 서술적 기술을 하는 것으로, 특정 집단의 과학 교사들이 특정 교과 영역이나 주제의 내용을 개념화하는 방식에 대한 개관을 제공한다. 표 I-1의 CoRe 질문 항목은 교사의 교육 과정에 대한 지식, 학생 이해에 대한 지식, 교수 전략에 대한 지식, 평가에 대한 지식에 해당되는 것으로 써 연구들(임청환, 2003; Magnusson *et al.*, 1999)에서 PCK의 구성 요소로 받아들여지는 것들이다. 그러므로 최근 교사의 전문성 신장과 관련되어 논의가 활발해지고 있는 교사 학습 공동체(서경혜, 2008) 등에서 숙련된 전공 교사와 비전공 교사가 함께 CoRe를 개발하는 활동을 하는 것은 숙련된 교사들의 PCK를 명시적으로 드러낼 수 있는 기회를 제공함으로써 비전공 교사들이 통합 교과를 가르치면서 겪는 어려움을 해소시키는데 크게 기여할 것이라고 기대할 수 있다.

표 I-1

CoRe(Content Representation)(Loughran et al, 2004; 2006)

	주요 과학 아이디어/개념			
	big idea A	big idea B	big idea C	big idea D
1. 이 개념에 대해 학생들이 무엇을 학습하기를 바라십니까?				
2. 학생들이 이것을 아는 것이 왜 중요한가요?				
3. 이 개념에 대해 그 외에 선생님이 알고 있는 것은 무엇입니까?(아직 학생들이 학습해야 될 내용은 아니지만)				
4. 이 개념을 가르칠 때 어려운 점들/ 한계점들은 무엇인가요?				
5. 이 개념을 가르치는 것에 영향을 주는 학생들의 생각은 무엇인가요?				
6. 이 개념을 가르치는 것에 영향을 주는 다른 요인들은 무엇인가요?				
7. 교수 전략(사용한 특별한 이유들)				
8. 이 개념에 대한 학생들의 이해나 혼동을 확인하는 특별한 방법들은 무엇인가요?				

표 II-1

연구 참여자

연구 참여자	전공	경력(년)	학력	근무지	분자운동 수업횟수(회)
J 교사	화학	21	석사	중학교	8
H 교사	물리	18	석사	중학교	5
L 교사	물리	5	석사수료	중학교	5
연구자	화학	12	학사	중학교	5

이 연구에서는 중학교 1학년 「분자의 운동」단원에 대해 숙련된 화학 전공 교사와 비전공 교사가 공동 작업으로 CoRe를 개발하면서, CoRe 개발 논의 과정에서 연구 참여자들이 경험하는 것은 무엇이며, 개발 과정을 경험한 후 비전공 연구 참여자들의 수업에서 나타나는 PCK 변화는 어떠한지 알아보았다. 중학교 1학년 화학 영역은 [물질의 세 가지 상태], [분자의 운동], [상태변화와 에너지] 세 개의 단원으로 구성되어 있는데, 이 세 단원은 모두 분자 운동과 연관성을 가지고 있다. 따라서 「분자의 운동」은 중학교 화학 내용을 이해하는 데 있어 기본이 되는 내용이다. 그러나 추상적인 용어나 미시적이고 형식적 모델을 사용하는 특성으로 인해 학생들이 이해하기 어려워하고(서울대학교 과학교육연구소, 2004), 교사들 특히 비전공 교사들이 가르치기 어려워하는 단위 중의 하나다(이화진 등, 2006). 이 연구를 통해 교사 전문성 신장과 관련하여 현직 교사 연수나 예비교사 교육에 대한 시사점을 얻을 수 있을 것이며, 산출된 CoRe는 「분자의 운동」을 가르치는 것과 관련된 교사들의 구체적인 PCK 사례로서 다른 과학 교사들에게 참고 가능한 자료로 이용될 수 있을 것이다.

II. 연구 방법

1. 연구 참여자

이 연구는 도구적 사례 연구(instrumental case study)의 방법을 취하여 연구 참여자(표 II-1)를 의도적 표본 추출(purposeful sampling)하였다(Creswell, 2005 재인용). 「분자의 운동」단원에 대한 수업 동영상상을 통해 일정 수준 이상의 PCK를 가지고 있는 것으로 동료 연구자들 사이에서 확인된 J 교사를 숙련된 화학 전공자로 섭외하였다. 전화를 통한 연구 참여 의뢰에 대해 호의적인 반응을 보인 L 교사와, 지역 연구모임에서 J교사로부터 CoRe 개발 모임에 대해 듣고 참여 의사를 밝혀 온 H 교사를 비전공자로 섭외하였다. J 교사는 화학 교육을 전공한 석사 학위소지자로 교직 경력 21년차인 여교사며, 분자의 운동 수업을 8번 하였다. L 교사는 물리 교육을 전공한 경력 5년차 여교사로 처음에 시골 학교로 발령을 받아 혼자서 3년 동안 3개 학년의 과학 수업을 도맡아 하였고, 지금은 지방의 중소 도시에서 중학교 1학년을 가르치고 있으며 5년째 분자운동을 가르친다고 하였

다. H 교사는 물리 교육을 전공한 경력 18년차 여교사로 오랜 기간 중학교에서 근무하다가 1년여의 고등학교 근무 후 올해 다시 중학교로 옮겼으며 분자 운동은 5번째 가르치는 것이라고 하였다. 연구자는 화학을 전공한 경력 12년의 중학교 교사로 CoRe 자료 개발 과정에서는 관찰자로서 참여자의 입장(채동현 외, 2003)을, 연구 참여자들의 수업 관찰 시에는 관찰자로서의 입장을 견지하며 연구를 수행하였다.

2. CoRe 개발 및 자료 수집

연구자는 연구 참여자들과 일상의 경험, 교육활동에 대한 의견 등을 교환하며 래포를 형성하기 위해 노력하였으며, 연구를 진행하는 동안 연구 일지 작성하여 연구 진행 상황, 수업 관찰 후 연구자의 의견 등을 간단하게 기록하였다. 연구의 신뢰도를 높이기 위해 관찰, 면담, 시청각 자료, 문서 등 다양한 출처의 자료를 수집하였다.

CoRe 개발을 시작하기 전 논의를 좀 더 수월하고 효율적으로 진행하며, 산출될 CoRe의 타당도를 높이기 위한 수단으로 중학교에서 「분자의 운동」단원을 가르쳤던 경험이 있는 대학원 석사 과정 파견 교사 4인, 현재 중학교에서 「분자의 운동」을 가르치고 있는 현직 교사 2인, 연구 대상자 J 교사와 L 교사에게 「분자의 운동」단원에 대한 CoRe를 작성하게 하였다. CoRe 개발 모임에서는 이렇게 수집된 기초 자료와 연구 참여자들의 교수 경험을 토대로 삭제, 추가, 수정 작업을 통해 「분자의 운동」단원에 대한 CoRe를 구성하였다.

CoRe 개발은 표 II-2에서와 같이 2008년 5월 13일부터 6월 12일까지 방과 후에 J 교사의 학교에서 1주일에 한 번씩 모두 5차의 모임을 통해 진행되었으며, 1회 모임 당 평균적으로 2시간 30분~3시간 정도의 시간이 소요되었다. CoRe 개발 과정에서의 모든 논의 과정을 녹음하여 전사하였다.

표 II-2
CoRe 개발 과정

모임날짜	개발내용
5/13	big ideas 선정
5/20	big ideas 재검토 및 질문2 개발
5/27	질문 3, 4, 5, 6 개발
6/ 3	질문 7, 8 개발
6/12	각 big idea별 검토 및 수정

연구 참여자들의 수업을 관찰할 때는 미리 연구 참여자들에게 CoRe 개발 과정에서 논의되었던 것을 그대로 따라야 할 필요는 없다고 알려준 후, 연구자는 수업에 관여하지 않고 관찰만 하였다. L 교사는 「분자의 운동」단원을 6월 23일부터 7월 14일까지 8차시에 걸쳐, H 교사는 6월 24일부터 7월 2일까지 6차시에 걸쳐 진행하였다. 「분자의 운동」단원의 모든 수업은 교실 뒤쪽에 캠코더를 설치하여 녹화한 후 전사하였다.

면담은 네 차례 진행되었는데, 반구조화된 형식으로 교수 경험, 과학 교육관, 수업 방식 등에 관해 사전면담을 했으며, 단원 수업 중 비구조화된 형식으로 수업에 대한 면담이 이루어졌다. 또한, 단원에 대한 수업이 끝난 직후 이메일을 통한 구조화된 면담으로 CoRe 개발 과정, 수업에 대한 의견을 물었다. 전사 자료 분석 후 연구자의 해석에 대한 연구 참여자 검토를 위한 사후 면담이 이루어졌다. H 교사는 CoRe 개발 시작 이후에 연구에 참여하여 이메일을 통해 사전 면담 내용을 확인하였다. 각 면담은 개별적으로 이루어졌으며, 면담 내용은 모두 녹음한 후 전사하였다.

3. 자료 분석

CoRe 개발 과정에서 교사가 경험하는 것을 파악하고 연구 참여자의 실제 수업에서의 PCK 변화를 알아보기 위해, 1차 분석에서는 CoRe 개발 논의 과정과 수업에 대한 전사자료 여백에 특징을 요약하는 형식으로 자료를 검토하였다. 그 후 주제 분석(Creswell, 2005)방법으로 관련 내용끼리 묶어주는 범주화 작업을 진행했다. 2차 분석에서는 CoRe 개발 논의 과정에서 교사가 경험한 내용으로 범주화한 것과 수업 실제에서의 PCK 변화와의 연관성을 고찰하였다. 자료는 반복적으로 비교 분석하여 만족스러운 상태(Creswell, 2005)가 될 때까지 검토하여 그 의미를 해석하였다. 그 후 연구 참여자와의 사후 면담을 통해 연구자의 해석을 확인하였으며, 동료 연구자들의 검토를 통해 수정 보완하였다. 질적 연구의 타당성을 높이기 위해 이 연구에서는 자료의 다각화(triangulation), 동료 피드백, 연구 참여자 검토, 심층적 기술의 방법을 적용하였다.

III. 연구 결과 및 논의

이 장에서는 CoRe 개발 과정에 대해 알아보고, CoRe 개발 논의 과정에서 연구 참여자들에게 의미 있는 경험이 되었던 논의 내용을 유형별로 고찰했다. 그리고 CoRe 개발 논의 내용이 수업 실제에 얼마나 반영되어 나타나는가를 알아보기 위해 연구 참여자의 수업 실제에서의 PCK 변화에 대해 알아보았다. PCK에 영향을 미치는 요인이 다양할 수 있기 때문에 PCK 변화를 분석할 때는 PCK의 구성요소별로 살펴보지 않고 수업 전사 자료에서 CoRe 개발 경험과 관련된 수업 모습을 포착하였다. 그 중 연구 참여자가 CoRe 개발 과정 경험으로 인해 이전 수업과 달라진 부분이 라고 확인한 것들을 내러티브 방식으로 기술했다. 그리고 이러한 변화가 PCK의 구성요소와 어떻게 관련 되는지 논의하였다. 특히 이 논문에서는 CoRe 개발 과정으로 인해 PCK에서 많은 변화를 보인 H 교사를 중심으로 기술했다.

1. CoRe 개발 과정에 대한 고찰

1) big ideas의 선정

big ideas는 특정 주제나 영역에서 다루어져야 할 가장 기본적이고 핵심적인 과학 아이디어를 의미한다. CoRe 기초 자료 조사에서 8명의 교사들이 제시한 big ideas는 전공, 교육경력, 다양성만큼이나 다양했다. ‘분자가 움직이고 있다.’는 것은 대부분의 교사가 제시하고 있는데, 스스로 움직이고 있다는 것을 다룬 교사는 8명 중 3명에 불과했다. 그 다음 많은 응답을 한 것은 ‘온도가 높아지면 분자 운동이 활발해진다.’는 것이었으며, 상태에 따른 분자 운동의 차이, 보일의 법칙, 샤를의 법칙, 증발과 확산, 분자운동에서의 충돌, 기압의 원인으로서는 충돌 등은 각 내용별로 2~3명의 교사들이 제시했다.

다양하게 제시된 내용들 중 어떤 것을 CoRe에서 big ideas로 선정할 것인가 하는 문제는 많은 고민을 하게 했는데, 개발 모임 중 가장 많은 시간이 할애되었으며 연구 참여자들 간에 가장 활발한 논의가 일어나게 했다.

증발과 확산 개념은 분자가 스스로 움직이는 것을 추론해가는 교수전략의 차원에서 접근하기로 하여

big idea에서 제외했으며, ‘분자가 스스로 움직인다.’는 것과 ‘온도가 높아지면 분자 운동이 활발해진다.’는 이견 없이 big ideas로 받아들여졌다. 그 밖에 상태에 따른 분자 운동의 차이, 보일의 법칙, 샤를의 법칙, 기압의 원인으로서는 충돌 등을 big ideas로 선정하였다. 분자들의 불규칙적인 충돌은 화학 전공 교사들만이 big idea로 제시한 것인데, 학생 수준과 교육 과정에 대한 고려에서 제외되었다가 현상을 설명할 수 있는 유용한 개념이라는 논리에 의해 big idea로 선정하였다. 논의를 통해 총 7개의 big ideas가 선정되었으며, 선정하는 과정에서 전공 교사들의 의견이 강하게 피력되고 비전공 교사들은 대체로 수용하는 입장을 보였다.

2) big ideas의 제시 순서

Loughran 등(2004; 2006)은 big idea의 제시 순서를 특별히 언급하지 않았다. CoRe에 대한 학습 과정에서 동료 연구자들과 big ideas를 중요도 순으로 제시하는 것이 좋겠다는 논의가 있었기 때문에, 기초 자료로 쓸 CoRe를 수집하는 과정에서 연구 참여자들에게 「분자의 운동」에서 학생들에게 가르쳐야 할 중요도 순으로 big ideas를 제시해 줄 것을 요청하였었다. 그러나 연구 참여자들은 ‘분자들은 스스로 끊임없이 움직이고 있다.’는 big idea A를 가장 중요하게 다루어야 할 내용으로 선정한 다음부터는 중요하다고 생각하는 순서라기보다는 그 다음에 다루어야 할 내용, 즉 가르쳤던 순서에 따라 big ideas를 구성하려는 경향을 보였다. 개발한 「분자의 운동」 CoRe는 연구 참여자들이 생각하는 교수 순서에 따라 구성되었다.

3) CoRe 개발 과정에 대한 논의

CoRe를 작성하는 순서는 다양할 수 있으나, 이 연구에서는 big ideas를 선정한 후 CoRe 질문 항목별로 가로축으로 먼저 개발한 뒤 각 big idea별로 검토하는 과정을 거쳤다. 이 과정은 전체적인 연관성을 살펴해보면서 개발한 후 각 big idea별로 정리할 수 있는 장점이 있으나, 교사들에 따라 각 big idea별로 개발한 후 전체적인 검토를 하는 것도 무리는 없을 것이다. 그리고 big ideas를 제시하는 순서는 중요도보다는 교수 순서를 따르는 것이 교사들의 실제 사고 과정과 밀접하게 연관되어 있어 개발이 용이하다는 것을 확인할 수 있었다.

CoRe를 개발하는 과정에서 논란과 고민이 가장 많았던 것은 'big ideas를 무엇으로 선정하고 어떤 순서로 제시할 것인가'와 CoRe의 질문 2 '학생들이 이것을 아는 것이 왜 중요한가요?'를 작성하는 것이었다. Loughran 등(2006)이 밝힌 것처럼 CoRe 개발에서 가장 많은 시간과 노력, 숙고를 요하는 과정이 big ideas의 선정과 조직 과정이라는 것을 이번 연구에서도 확인해 볼 수 있었다. big ideas를 선정하고 조직하는 것은 질문 3과 더불어 가르칠 내용의 범위와 깊이, 즉 특정 주제의 교육과정에 대한 문제인데, 연구 참여자들은 모두 「분자의 운동」에 대해 5번 이상의 교수 경험이 있었음에도 불구하고 big ideas를 선정하는 것을 어려워했다. 질문 2는 구체적 내용의 교수 목적에 관한 것으로 연구 참여자들은 개략적인 차원에서 「분자의 운동」을 왜 가르쳐야 하는가에 대해서는 잘 인지하고 있었으나, 각각의 big idea에 대해서 가르치는 이유를 생각해내는 것을 어려워했다. CoRe의 다른 질문 항목에 대한 개발은 연구 참여자들의 교수 경험을 토대로 비교적 쉽게 진행되었다. 이것은 연구 참여자들이 그동안의 교수 활동에서 PCK의 여러 구성 요소 중 교육과정에 대한 고민을 가장 약하게 했었다는 것을 드러내는 것이다. big ideas를 선정하고 조직하며, 교수 목적을 개발하는 것을 비롯하여 전체적으로 전공자의 의견이 많이 반영되었다.

2. CoRe 개발 경험의 의미

1) 지식과 이전 수업에 대한 반성

CoRe 개발 과정 동안 연구 참여자들은 본인들이 가지고 있던 교과 내용 지식과 이전 수업에 대해 반성하는 모습을 여러 차례 보였다.

H: 개념을 내가 뭘 모르고 뭘 아는지 그거를 알게 되는 계기가 되는 거 같아요.

J: 지금 더 헤매고 있어요.

H: 그러니까... 내가 뭘 알아야 하는데 내가 그걸 알려고 하지 않았구나. 그런.

J: 자만에 빠졌었구나.(웃음)

(중략)

연: 근데 이게 남이 써 놓은 걸 보면 어렵듯하게 내가 다 알고 있었던 거 같아요. 근데 내가 쓰려고 하면 이게 잘 안 되더라고요. (웃음)

L: 공부를 많이 해야 되겠어요. (CoRe 개발 2차 모임, 2008.05.20)

CoRe는 주먹구구식의 학습 전개를 체계적으로 정리해가는 과정에서 내가 무엇을 알고 있는지 무엇을 알아야 하는지에 대한 과정을 드러낼 수 있었습니다. (H 교사 이메일답변, 2008.07.24)

비전공 H 교사는 특히 CoRe 개발 과정이 교과 내용에 대해 자신이 무엇을 알고 있었는지, 모르고 있었는지를 분명하게 확인할 수 있는 계기가 되었음을 개발 과정에서뿐만 아니라 다른 연구 모임과 후배와의 사적 만남에서도 얘기할 정도로 교과 내용 지식을 체계적으로 정리해 볼 수 있는 계기가 되었다고 했다. L 교사 또한 CoRe 개발 과정이 자신의 교과 내용 지식이 부족하다고 느끼고 공부를 더 많이 해야 하겠다고 생각하는 반성의 시간이었다고 밝혔다. 화학을 전공한 숙련된 J교사도 big ideas 선정을 위해 고민하면서 정확하게 잘 모르는 지식이 존재함을 깨닫고 그동안 자만에 빠졌었다고 반성을 하는 계기가 되었다고 했다. 물론 연구자도 다른 사람들이 작성해 놓은 것을 보면 다 아는 것 같았는데 막상 스스로 작성하려고 할 때 명확하게 정리되지 않는 경험을 통해, 그동안 피상적으로 알고 있는 내용들이 많았었다는 것을 확인할 수 있었다.

또한 H 교사는 자신의 기존 수업에 대해 전체적인 구조 속에서 수업을 진행하지 못하고 교과 내용을 분절적으로 다루었던 것과 전공 교사들에 비해 입자성을 강조하지 못하고 거시적인 관점에서만 접근했던 것을 반성하는 시간을 가졌다.

저도 사실 입자적 관점에서 수업을 한 번도 진행을 해보지 않았거든요. 교사 자신이 그런 거 같은데... (CoRe 개발 5차 모임 H 교사, 2008.06.12)

연구자 또한 구성주의에 입각한 교수전략을 논의하면서 학생들의 선개념을 토대로 개념 변화를 이끌어 가기보다는 지식을 잘 구조화시켜 전달하려고 했었던 이전 수업에 대한 반성의 시간을 가질 수 있었다.

2) 교사 오개념의 확인 및 개념의 정교화

과학 교육의 중요한 목표 중의 하나는 학생들이 가

지고 있는 오개념을 과학적 개념으로 바꿔주는 것이다. 그런데 학생들이 오개념을 가지게 되는 원인 중 하나는 교사의 잘못된 비유나 교사 자신의 오개념에 의한 것이라고 한다(조희형 등, 2005). 이번 CoRe 개발 과정에서는 연구 참여 교사들이 가지고 있던 오개념이 많이 드러났다. 전공, 비전공을 떠나 개발 과정에 참여한 모든 교사들이 오개념을 가지고 있었는데 대표적인 경우는 다음과 같다.

〈다른 분자와 충돌 시 분자의 속력 변화와 관련된 오개념〉

연: 분자는 직선으로 움직이다가 다른 분자와 충돌하면 서 운동 방향이나 속력이 바뀐다 이러면 되나요?

J: 아, 속력은 안 바뀌죠.

L: 운동 방향만.

(중략)

J: 운동 방향은 바뀌나 속력은 변하지 않는다.

(CoRe 개발 1차 모임, 2008.05.13)

〈분자의 운동〉

H: 분자가 직선으로 움직인다고 하는 거는 물론 진공 상태에서 될 거구요, 그죠?

(CoRe 개발 2차 모임, 2008.05.20)

〈분자운동 원인〉

H: 분자가 왜 움직이죠? 왜 가만하... 충돌을 하기 때문에 움직이는 거죠?

(CoRe 개발 2차 모임, 2008.05.20)

H 교사의 경우, 분자가 다른 분자와 충돌하기 전까지는 직선운동을 한다는 사실을 분자에 작용하는 힘이 없다는 사실과 관련지어 이해하지 못하고 진공과 관련짓고 있었고, 분자가 움직이는 원인을 내부 에너지에 의한 것이 아니라 충돌로 이해하고 있었다. L 교사와 J 교사의 경우 분자의 충돌을 고정된 분자와의 완전탄성 충돌 개념으로만 이해하고 있었다.

CoRe 개발과정에서 「분자의 운동」단원에서 드러난 교사의 오개념은 ‘분자가 다른 분자와 충돌할 때 속력이 변하지 않을 것이다.’ ‘분자가 직선으로 움직이는 현상은 진공에서만 나타나는 현상이다.’ ‘분자는 충돌하기 때문에 움직인다.’ 등으로 주로 미시적인 세계에서의 분자 운동과 관련된 것이었다. 비록 중학교 학생들에게 직접적으로 가르쳐지는 내용은 아니지만 학

생들의 깊이 있는 이해를 도와주기 위해서는 교사가 명확히 알 필요가 있는 개념들이다.

CoRe 개발과정에서 드러났던 연구 참여자들의 오개념은 곧바로 이어지는 논의 과정을 통해 과학적 개념으로 수정되었으며, 오개념을 보이지 않았던 개념이라 하더라도 논의 과정을 통해 그 개념의 의미에 대해 보다 더 명확히 인식할 수 있었다.

H: 분자가 왜 움직이죠? 충돌을 하기 때문에 움직이는 거죠?

연: 에너지가 있으니까 움직이는 거죠. 에너지가 있으니까 움직이다가 충돌하게 되는 거죠.

H: 그러다가 이상기체가 되는 -273에서는 모든 분자들이 부피가...

연: 분자 운동이 0 이라고 보는 거죠.

H: 음. 이럴 때는...

J: 실재론 아니고, 이상기체만.

(CoRe 개발 2차 모임, 2008.05.20)

3) 교수 목표의 명확한 인식 및 초점 교수 내용 확인

학생들에게 설득력 있는 수업이 되려면 수업 내용에서 중요한 것이 무엇이며 그것이 어떤 의미가 있는지 보여줄 수 있어야 하며, 그런 과정은 학습에 대한 동기 유발 측면에서 중요하다(곽영순 등, 2007b). 그러나 다음의 논의 과정이 보여주는 것처럼 연구 참여자들은 「분자의 운동」에 대한 오랜 수업에도 불구하고 big ideas의 선정과 조직, CoRe 질문2에 대한 생각을 정리하는 것을 어려워했다.

연: 관성 때문에 직선으로 움직이기는 하는데 그렇게 움직이는 것을 애들은 왜 알아야 되는 거죠?

H: ~그건 이제 물리에서 들어가면은요, 관성을 이해하는 게 우리가 물체, 일상적인 힘과 운동과의 관계에서...그... 왜 알아야 되느냐구요?...하하

연: 그걸 왜...

H: 학생들은 왜 아는 것이 중요한가...

(CoRe 개발 2차 모임, 2008.05.20)

그 이유는 다음과 같은 연구 참여자의 언급을 통해서도 확인할 수 있듯이 평상시 수업에서 교사 스스로 구체적인 내용을 왜 가르쳐야 하는가에 대한 명확한 인식 없이 단지 교과서에 제시되어 있는 내용을 어떻

게 하면 보다 잘 가르칠 수 있을까에 고민의 주안점을 두고 수업을 진행해왔기 때문이다.

분자의 운동이라는 이야기는 했지만 그것이 스스로 운동한다는 것도 사실 이번에 처음 생각을 한 거예요. 그러니까 스스로 운동한다는 이야기는, 왜냐하면 그게 교과서에 있으니까, 이야기는 하지만 그 의미에 대해서는... 왜 스스로 운동을 하는지에 대한 의심도 하지 않았었고...

(H 교사 사후면담. 2008.10.02)

학생들이 무엇을 학습하기를 바란다는 목표의식이 없었습니다. 그저 가르쳐야 한다는 생각뿐이었습니다.

(H 교사 이메일답변. 2008.07.24)

Gess-Newsome(1999)은 초보교사들이나 경험 있는 교사들이라 하더라도 자신의 전문적 지식 영역 밖의 주제를 가르칠 때는 교과서에 의존하는 경향이 나타난다고 했는데, 이 연구에서도 비전공 영역에 대해 교사 스스로 적극적으로 교육과정을 재구성하고 왜 가르치는가를 고민하기 보다는 교과서에 의존해서 가르치는 측면이 있었음을 확인해 볼 수 있었다. 그러나 CoRe 개발 논의 과정은 연구 참여자들이 구체적 내용과 관련되어 무엇을, 왜 가르쳐야 하는가, 즉 학습 목표와 목적에 대해 분명한 인식을 갖게 하는 과정이었다.

과학 교육에 대한 철학과 함께 학습에 대한 목표를 명확하게 할 수 있었다고 생각합니다.

(H 교사 이메일답변. 2008.07.24)

big idea와 함께 이것이 왜 중요한가를 정리(질문 2)하면서 수업에서 내가 무엇을 가르칠 것이냐가 더 분명히 드러났다. (L 교사 이메일답변. 2008.10.09)

또한 화학 비전공자인 H 교사와 L 교사가 「분자의 운동」 단원이 비교적 쉽게 빨리 진행할 수 있는 단원이라고 한 것에 비해, 화학 전공자인 J교사와 연구자는 이 단원을 가르치는데 시간이 오래 걸린다고 했다. 또한 전공자들은 중학교 「분자의 운동」단원에서 가장 핵심적으로 가르쳐야 하는 것이 '분자가 스스로 운동한다는 개념' 이고, 시간이 다소 걸리더라도 기본 개념을 공들여서 확실하게 다루고 나면 다른 내용의 학습

도 쉽게 일어날 수 있음을 강조하면서 수업에서의 초점이 어디에 있어야 하는지를 분명히 했다.

연: 핵심적인 거, 중심 개념 하나 딱 잡으면 그 나머지는 좀 쉽지 않나요?

J: 그러게. 이게 여러 사람이 같이 하는데 다른 전공자는 여기를 굉장히 쉽게 빨리 가는데 나는 죽어도 못하... 여기 보면 이거 갖고 한 시간에... 난 두 시간 잡아요. 한 시간은 주로 그런 그림 그리기 하고 나중에 이제 그게 잘 되면...애들이 나중에 굉장히 좋은 거야...요거만 알면 나머지는...공을 들여야 돼. (CoRe 개발 4차 모임. 2008.06.03)

화학 전공자들과의 논의 과정을 통해 비전공 H 교사는 「분자의 운동」단원 수업에서 입자적인 관점으로 분자 운동과 다른 현상들을 관련지어 설명해 가는 것이 특별히 강조되어야 함을 인식하게 되었다고 했다.

H: 아, 이 수업을 할 때는 온전히 그냥, 완전히 입자적인 관점에서 애들하고 얘기를 하라는 거네요.

J: 그렇지. 입자적인 관점으로.

H: 그러니까 예를 들면, 상태 변화하는 과정에서 열 에너지를 흡수하지만 그 열에너지 흡수하는 것이 온도, 그 분자 운동과...그러니까 변화하는 과정에서 이 시점과 이 시점의 어떤 차이를 입자적인 관점에서 이야기...

(CoRe 개발 4차 모임. 2008.06.03)

4) 학생에 대한 이해 증진

구성주의 교수-학습관에서 수업의 가장 기본적인 토대가 되는 것은 학생의 선개념에 대한 이해다. CoRe 개발과정 동안 각 big idea별로 그 개념을 가르치는 데 영향을 주는 학생들의 생각이 무엇인가를 고민하면서 L 교사는 학생들에 대한 이해를 높일 수 있었다고 했다.

수업 전에 가르칠 때의 어려운 점과 학생이 갖기 쉬운 오개념들을 정리하므로 실제 수업에서 학생 개념에 더욱 유념하게 됨. CoRe 4~6 단계를 정리하면서 설명을 할 때 어떤 표현을 해도 되는지 하면 안 되는 지가 더 분명해지고, 비유를 이용한 설명이 더 신중해짐.

(L 교사 이메일답변. 2008.10.09)

5) 정보 교환 과정

CoRe 개발 논의 과정은 「분자의 운동」단원뿐만 아니라 단원과 직접 관련이 없는 내용이라 하더라도 본인의 교수전략에 대해서, 또는 연수를 통해 새롭게 인식하게 된 내용 등에 대해 의견 교환이 이루어지는 과정이었다. 특히, L 교사는 정보가 교환되는 과정을 경험하면서 선배 교사들의 수업 기술을 배울 수 있었다고 했다.

(진공의 존재를 설명하는 J교사의 전략)

J: 진공 개념이 없는 거 같아요. 분자와 그 분자와 가장 가까이에 있는 분자 사이, 그죠?

연: 분자와 분자 사이?

J: 분자와 분자 사이라고 하지 말고, 분자와 그 분자에서 가장 가까이에 있는 분자.

연: 그냥 분자 사이라고 하면 안 돼요?

J: 왜냐면, 애들이 분자와 분자라면 또 다른 분자가 있을 수 있잖아요. 그러니까 어떤 분자와 그 분자와 가장 가까이 있는 분자로 한정을 지어 놓으면... 그걸 한정을 지어야 될 것 같아...

(CoRe 개발 3차 모임, 2008.05.27)

연: 확산하고 용해하고 섞어서 쓰면 안 된다고 하더라고요. 전혀 다른데 애들은 섞어서 쓴다고...

(CoRe 개발 2차 모임, 2008.05.20)

선배 선생님들의 여러 가지 수업기술을 배울 수 있어서 여러모로 유익한 시간이었다.

(L 교사 이메일답변, 2008.10.09)

지금까지 살펴본 바와 같이 CoRe 개발 논의 과정에서 연구 참여자들은 스스로의 지식에 대한 반성의 시간을 갖고 교사 자신의 오개념을 확인하고 개념을 명료화하는 과정과, 기존 수업에 대한 반성과 더불어 무엇을 왜 가르쳐야 하는지 교수 목표를 명확히 인식하고 교수 초점 내용과 학생들의 선개념을 확인하는 기회를 가질 수 있음을 알 수 있었다. 특히 비전공 연구 참여자들은 CoRe 개발 논의 과정에서 얻은 가장 큰 영향으로 무엇을 왜 가르쳐야 하는가를 좀 더 명확하게 인식하게 된 것이라고 했다. 비전공 연구 참여 교사들이 이런 인식을 할 수 있었던 것은 숙련된 전공자와의 논의 과정이 있었기 때문에 가능한 일이었다고

생각해 볼 수 있는데, 이것은 다음과 같은 H 교사의 의견을 통해서 확인해 볼 수 있다.

교사가 무엇을 알아야하는지에 대한 요소들도 명확하지 않았습니디. 전공 교사와 함께 구성할 때에야 비로소 인식하게 되었습니다.

(H 교사 이메일답변, 2008.07.24)

비전공 연구 참여자들이 이전의「분자의 운동」수업에서 분자의 입자성과 운동을 강조하지 않았었다고 한 면과, 분자가 운동하는 사실보다는 힘과 에너지적인 관점으로 모든 현상을 설명했었다고 한 면은 이혁규(2005)가 주장했던 비전공영역에 대한 일종의 결여라고 생각해볼 수 있다. 이 연구를 통해 숙련된 전공자와 비전공자가 공동으로 CoRe를 개발하는 과정이 비전공자들이 보이는 이러한 문제를 확인하고 반성적 사고를 활성화시킴으로써 대안을 모색해 보는 기회를 제공함을 확인할 수 있었다. CoRe 개발 과정을 통해 연구 참여자들이 반성적 사고를 활성화 시킬 수 있었던 몇 가지 이유를 생각해 볼 수 있다. 우선 CoRe의 8개 질문은 많은 연구에서 밝히고 있는 PCK의 구성요소들로 이루어짐으로써 연구 참여자들이 교사 전문 지식의 핵심인 PCK 구성요소에 대해 체계적으로 정리할 수 있는 기회를 가질 수 있었다는 것이다. 기존의 학습 자료가 학생들의 흥미 제고를 위한 학생 활동 자료나 이해를 용이하게 하기 위한 플래시 자료 등 주로 가르치는 절차와 방법에 대한 것으로 교사의 교육적 의사 결정 과정에 대해 알기 어려웠던 반면에, CoRe의 질문은 가르칠 내용에 대한 전체적인 개관을 살펴볼 수 있었다. 또한, PCK의 전반적인 구성요소를 체계적으로 다룸으로써 교사들이 수업에 필요한 지식을 체계적으로 재구성하는 과정에서 반성하고 대안에 대해 생각해 볼 수 있는 기회를 제공할 수 있었다. 둘째, CoRe 개발 과정은 연구 참여 교사들의 평상시 수업 활동에서 암묵적이고 복합적으로 표현되던 PCK의 구성요소들을 명시적으로 글로 표현해 보는 구성활동을 하게 함으로써, 교사들에게 불확정적 문제 상황을 유발시키고 교사들이 그것을 해결해 가는 과정에서 반성적 사고를 가능하게 하였다(노진호, 1996; 이생주, 2006). 셋째, CoRe를 작성해 나가는 과정에서 연구 참여자들은 자신의 이전 수업을 객관화시켜서 되돌아 볼 기회를 갖게 되는데, 이것은 Schön의

‘행위에 대한 반성(reflection-on-action)’(박미화 등, 2007)에 해당되는 것으로써, 연구 참여자들은 거리를 두고 자신의 수업을 객관적으로 바라보며 평가적, 비판적으로 그 상황을 숙고하면서 반성적 사고를 활성화시킬 수 있었다. 넷째, 다른 교사들과 공동 작업으로 CoRe를 개발하는 과정이 반성적 사고를 활성화시켰다고 볼 수 있다. 교사의 반성은 교사 혼자 스스로 하는 개인적 활동에서부터 출발하지만, 최근의 연구들은 교사의 반성은 사회적 실천과 동료와의 토의와 토론이라는 사회적 맥락을 함께 고려해야 한다고 강조한다. 동료 교사들과 함께 나누고 공유할 때 교사의 반성 능력이 더욱 실제적이고 명료해 질 수 있다는 것이다(이생주, 2006). 특히 논의 과정에서 숙련된 전공 교사가 오랜 교수 경험을 통해 축적해왔던 암묵적인 PCK가 요소별로 명시적으로 드러날 수 있었고, 비전공 연구 참여자들은 전공 교사의 수업 경험에 비추어 자신의 경험을 반추하면서 명확한 교수 목표를 인식하고, 수업에서 초점을 두고 가르쳐야 하는 부분이 어떤 부분인지를 확인할 수 있었다고 볼 수 있다.

3. CoRe 개발 경험 후 교사의 PCK 변화(H 교사를 중심으로)

「분자의 운동」 단원을 2년 만에 다시 가르친다는 H 교사는 학생들이 흥미로워할만한 다양한 사례를 시범 실험의 형태로 제시하면서 학생들의 이해를 확인하기 위한 질문을 계속 던지며 내용을 전개해갔다. 수업은 전반적으로 CoRe 개발 과정에서 논의되었던 교수절차 및 전략을 따르려고 노력하는 모습으로 진행되었다. H 교사는 수업을 계획할 때부터 CoRe 개발과정에서 논의되었던 big ideas 확인을 통해 무엇을 가르칠 것인가를 인식한 후 수업을 시작했다고 말했다.

1) 수업목표에 대한 명확한 인식

H 교사는 지금까지 분자의 운동을 가르쳐 오면서 거시적인 차원에서만 접근했었고 입자적인 관점을 가지고 수업을 해 본 적이 없었다고 했다.

H: 확산이라는 거를 그냥 농도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하는 것이 그것이 자연스러운 방향이라고 이제 이야기를 해 나갔는데…

연: 전에 그러니까 CoRe 작성하시기 전에는 교과서

에 있는…

H: 예, 그 상황정도라면. 퍼져 나간다. 퍼져 나간다. 그러니까 전체적인 거시적인 관점에서만 이야기를 한 거지 그런 입자적인 관점에 대한 이야기를 음…안 했었어요. (H 교사 수시면담. 2008.06.25)

H 교사는 CoRe 개발 과정을 통해 그동안 「분자의 운동」을 가르쳐오면서 교과서에 제시되어 있으니까 가르치기는 했지만, 교사 스스로 왜 분자가 운동을 하는지 의심해 본 적도 없이 피상적으로 가르쳐 왔음을 느끼는 계기가 되었고, 이 단원에서 ‘무엇을 왜 가르쳐야 하는가’라는 수업의 목표와 목적에 대해서 정리해 볼 수 있게 되었다고 했다.

이런 거(CoRe)를 통해서 ‘아 내가 무엇을 애들한테 이야기를 해야 되겠구나’는 정리를 해 본 계기가 된 거예요. (H 교사 사후면담. 2008.10.02)

2) 입자적 관점의 접근과 학생 선개념의 확인

H 교사는 1차시에서 그림 그리기 활동을 도입해서 학생들의 선개념을 드러내고자 했다.

자 이제부터 선생님이 나눠준 종이 있지? 그 종이에다가 1번부터 8번까지 시간 경과에 따라서 지금 이 상황을 너희들 표현하고 싶은 대로 표현해.

(H 교사 1차시 수업. 2008.06.24)

H 교사는 전공 교사와 함께 CoRe를 개발하는 과정을 통해 「분자의 운동」학습에서 가장 중요하게 초점을 잡고 가르쳐야 할 부분이 분자가 스스로 움직이고 있다는 사실이며, 입자적인 관점으로 모든 것을 설명해 나가야 한다는 것을 확인하게 되었다고 했다. 그래서 학생들이 이미 분자에 대해 학습한 상태기 때문에 어느 정도 입자적 관점을 갖고 있는지를 확인하기 위한 과정으로 그림 그리기 활동을 했다.

3) 수업의 초점화

그러나 학생들은 거의 대부분 연속적인 물질관으로 암모니아의 확산을 표현했다. 학생들이 입자적 관점을 거의 갖고 있지 못한 것을 확인한 상태에서 H 교사는 2차시에서는 역할놀이를 통해 입자적으로 접근하는 모습을 보였다.

자 애들이 전부 일어서. 전부 일어서세요. 의자 집어 넣고 의자 뒤로 가세요. ...여기 남아 있는 여러분들은 공기 중에 있는 공기 알갱이야.

(H 교사 2차시 수업. 2008.06.25)

H 교사는 2차시와 3차시에도 계속 그림 그리기 활동을 도입했다.

우리 지금 교실에서 움직인 그거를 공기와 암모니아 알갱이라고 생각을 하고 그거를 여기다 다시 표현을 해보자고요. (H 교사 2차시 수업. 2008.06.25)

잉크를 한 방울 떨어뜨려보세요. ...선생님이 돌이서 하나. 종이 한 장씩을 줄 거야... 그림 한 사람은 찬물, 한 사람은 더운 물 표현해주세요. ...그래서 두 개가 비교가 되어야 해.

(H 교사 3차시 수업. 2008.06.26)

H 교사는 3차시에 걸쳐 학생들에게 서로 다른 상황 속에서 확산이 일어나는 모습을 시간 경과에 따른 8컷, 4컷 만화로 표현해 보게 했다. 1차시에는 위에서 언급한 것처럼 멀리 떨어진 암모니아 냄새를 맡기까지의 과정을 그림으로 표현하게 했다. 1차시에서 대부분의 학생들이 연속적인 모델로 표현했었기 때문에 2차시에서는 역할놀이를 통해 공기 중에서 확산되는 암모니아를 표현해 보게 한 뒤 다시 암모니아가 공기 중으로 확산되는 과정을 그림으로 표현하게 했다. 3차시에는 증발과 확산의 용어 정의 후 찬물과 더운물에서 잉크가 확산되는 속도 차이를 실험을 통해 확인해 본 후 그 과정을 그림 그리기로 표현하게 했다. 이러한 일련의 활동들을 통해 H 교사는 학생들에게 물질이 분자로 되어 있고 이 분자들이 움직이고 있다는 것을 각인시키려고 했다.

...하여튼 입자적인 관점을 애들한테 최대한 부각시켜 보려고...(H 교사 사후면담. 2008.10.02)

연구자는 이것을 전공자와의 CoRe 개발 과정에서 「분자의 운동」 단원 수업에서 무엇을, 왜 가르쳐야 하는가에 대한 교수 목표를 확립하고 수업의 초점을 어디에 놓아야 할지를 인식한 H 교사가 수업에 초점을 만드는 것으로 해석하였다. 가르칠 내용을 평면적으

로 늘어놓는 것이 아니라 3차시에 걸쳐서 비슷하면서도 좀 더 심화되어 가는 내용으로 분자가 움직이는 것을 그림으로 표현하게 하는 활동을 통해 분자의 운동을 각인시키고 있는 것이다.

4) 새로운 교수 활동의 도입

H 교사는 「분자의 운동」 단원 수업을 입자적인 관점을 가지고 접근하기 위해 이전에는 사용해 보지 않았던 확산 과정을 그림으로 그려보게 한다거나, 학생들이 입자로서 움직이게 하는 역할놀이와 같은 CoRe 개발 과정에서 논의되었던 교수 활동들을 시도하게 되었다고 했다.

아이들한테 그림을 그리게 한다거나...그런.. 그림을, 분자 운동적인 그림을 그려보지는 않았어요. 분자 운동을 가지고 연속적인 상황을 만들어 보겠다는 것도 사실은 이번이 처음이었어요.

(H 교사 사후면담. 2008.10.02)

5) 수업을 통한 지식의 내면화 과정

그러나 H 교사는 2차시 후 수시면담에서 입자적 관점을 가지고 분자의 운동을 설명하기 위해 여러 가지 시도를 해 보는데 실통치 않다는 말로 인식과 실천 사이에 괴리가 존재함을 토로했다. 고민해 볼 의지가 없는 학생들, 충분하지 않은 시간의 문제도 있지만 교사 자신이 내면화 되어 있지 않아서 힘들었다고 했다. 실제 H 교사는 2교시 수업에서 분자가 언제까지 움직일 것인가라고 학생들에게 물으며, 골고루 섞이게 될 때까지 움직인다는 거시적 관점에서의 해석을 드러내기도 했다.

어떤 거에 대해서 애들한테 질문을 던졌을 때 애들이 고민을 해보려고 하는 의지가 없었다는 것도 일차적인 요소고...그리고 문제를 던져준 사람 자신이 그런 현상을 제시해 보지만...내가 과학적인 원리를 일목요연하게 논리적으로 전개를 해서 갖고 있는 나 이거지. (H 교사 사후면담. 2008.10.02)

그럼 언제까지 움직여요? 언제까지 그렇게 움직일 건가요? 아까 암모니아 알갱이들 언제까지 그렇게 움직일 건가요?...어떻게 될 때까지? (중략) 골고루 섞였나요?

(H 교사 2차시 수업. 2008.06.26)

H 교사는 1, 2차시에서 입자적인 관점을 갖게 하려고 했던 활동들이 의도와는 다르게 결과적으로는 입자적인 관점을 충분히 전달하지 못했었다고 생각하며, 3차시 이후에서야 일관되게 입자적으로 접근을 했었고, 「분자의 운동」단원 수업을 끝나치고 나서야 어느 정도 내면화되었다고 얘기했다.

제가 이 수업을 끝내고 나서야 비로소 분자운동에 대해서 나름대로의 그런 정리와.. 내가 입자적인 관점이 이제야 비로소 정립이 됐다는 느낌이 들어요.

(H 교사 사후면담. 2008.10.02)

6) 입자적 관점의 다른 단원에서의 확장

또한 CoRe 개발 과정을 통해 입자적 관점을 가지게 된 것이 7단원 「물질의 상태 변화와 에너지」에도 영향을 미쳐서 열 받으면 분자가 당연히 움직인다고 생각했던 것이 보다 더 미시적인 상태에서의 해석으로까지 확장이 되었다고 했다.

이걸 하면서부터 상태 변화와 에너지까지도 영향을 미쳤어요...가열냉각 곡선에 있어서도 점점 열과 분자운동과의 관계를 생각을 하게 된 거예요.

(H 교사 사후면담. 2008.10.02)

H 교사는 CoRe 개발 과정이 없었다면 이번에도 별 다른 고민 없이 이전 수업과 같은 상투적인 방법으로 수업을 했었을 것이라며, CoRe 개발 과정을 통해 이런 시도를 하게 된 것이 교사와 학생들에게 즐거움을 줄 수 있었던 활동이라고 얘기했다.

아 저는 뭐...(CoRe개발)안 했으면 고민 안 하고 수업 했을 거예요. 정말로. 정말. ...그냥 애들한테 계속 분자는 뭐.. 그냥... 계속 주입식으로 계속 상투적인 이야기만 했겠지. (H 교사 사후면담. 2008.10.02)

어, 이번에 그래도 수업하면서 애들한테 여러 가지를 많이 시도해 보려고 노력했어요...시도를 해 보면서 나름대로 즐거웠어요. ...애들은 좀 즐거워했던 거 같아요. (H 교사 사후면담. 2008.10.02)

결과적으로 H 교사의 수업은 CoRe 개발 과정에서의 논의 내용을 충실히 반영하려고 노력한 모습으로

요약될 수 있는데 여기에는 몇 가지 요인이 있다. 중요한 요인 중의 하나는 반성적 사고다. H 교사는 CoRe 개발 과정을 통해 자신이 무엇을 알고 있는지, 모르고 있었는지를 분명히 정리할 수 있었다며 자신의 교과 내용 지식에 대해 반성하는 계기가 되었다고 여러 차례 밝혔다. 또 H 교사는 풀어 놓기만 하고 정리를 하지 않는 자신의 수업 방식과 입자성과 분자의 운동을 강조하지 않던 이전의 수업에 대해서도 반성을 했다. H 교사는 이렇듯 자신의 교과 내용 지식과 기존 수업에 대한 반성을 통해 수업을 변화시켜야 한다는 필요성을 느낀 상태에서 수업에서 다룰 내용과 목적에 대해 생각하며 교수 활동에 임하게 된 것이다.

이 과정(CoRe 개발)을 통해서 수업 단원에 대한 지식 구조의 지도를 그려볼 수 있었습니다. 가르쳐야 할 요소에서부터 수업을 받을 학생들에 대한 이해와 교사 자신이 가지고 있어야 할, 단원에 대한 지식에서 무엇을 알아야하는지에 대한 명확한 활동입니다.

(H 교사 이메일답변. 2008.07.24)

제 수업이 문제가, 저는 애들한테 풀어 해쳐 놓고... 풀어 해쳐 놓기만 해요...그래서 저도 이제 반성을 했어요. (CoRe 개발 5차 모임 H 교사. 2008.06.12)

또 한 가지 요인은 H 교사의 정의적 특성이다. H 교사는 본인의 성격 특성으로 새로운 것에 의해 격려되고, 두려움이 없으며, 필요하다고 생각되면 즉시 추진하는 추진력을 들었다.

새로운 거를 보는 거에 대해서 막 격려되고 이런 거 (있어요)... 앞뒤를 안 가려요...그래서 두려움이 없어요...바로 실행을 해요. 앞에 어떤 목표가 놓였어요. 그러면 이제 그거를 이제 헤집고 가야 되요. 추진력이 있어요. (H 교사 사후면담. 2008.10.02)

이러한 H 교사의 정의적 특성은 실제 수업에서 CoRe 개발 과정에서 논의되지 않았던 활동이라 하더라도 수업에 도움이 될 거라고 생각되는 새로운 활동들을 끊임없이 시도하는 면에서도 확인할 수 있다.

선생님이 요걸 한 번 잠깐 예쁜 그림이 있어서 한 번 모아봤어요. (잉크가 확산되는 단계를 찍은 '물

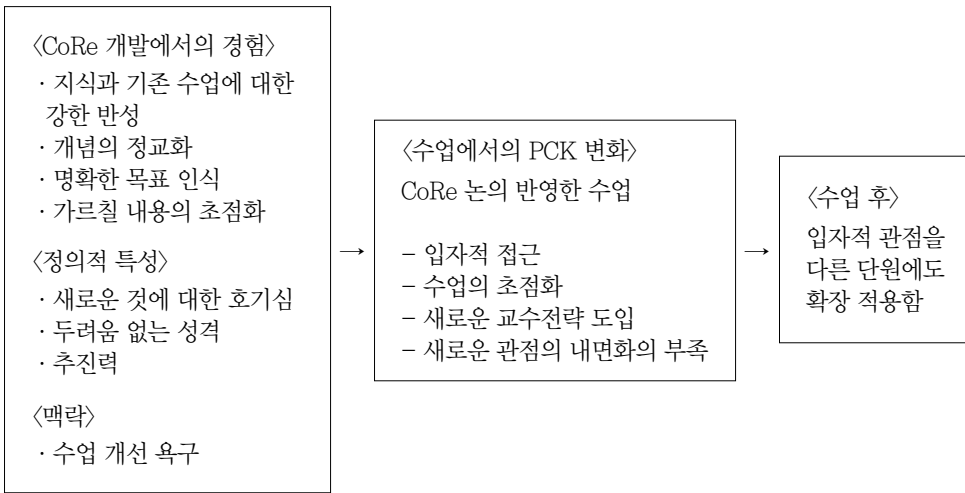


그림 Ⅲ-1 H 교사의 PCK 변화 양상

한 방울’ 책 속의 사진들을 모아 동영상화 함).

(H 교사 3차시 수업, 2008.06.26)

지금까지 살펴본 바와 같이 H 교사는 전공 교사와 함께 CoRe 개발을 하면서 수업 목표를 명확히 인식하고 초점으로 다루어야 할 내용이 무엇인지를 명확히 인식하는 경험을 했다. 이런 경험은 새로운 것이라도 두려워하지 않고 추진하는 H 교사의 정의적 특성과 수업을 개선해야겠다는 의지가 함께하면서 H 교사로 하여금 이전과는 다르게 「분자의 운동」단원 수업을 입자적으로 일관되게 접근하려는 시도를 하게 했다. 그러나 수업 초반에는 교사 자신에게 이러한 관점이 내면화되어 있지 않아 인식과 실천 사이에 괴리가 존재했으며, 단원이 끝나면서 비로소 내면화를 경험했으며 그것은 다른 단원의 수업에도 영향을 주었다고 했다. H 교사의 PCK 변화 양상을 간단히 나타내면 그림Ⅲ-1과 같다.

H 교사의 수업 변화에서 ‘수업 목표에 대한 명확한 인식’과 ‘입자적 관점의 접근’은 Magnusson 등(1999)이 제시한 PCK의 구성 요소 중 과학 교육과정에 대한 지식의 변화라고 볼 수 있다. H 교사는 CoRe 개발 과정을 통해 ‘무엇을 왜 가르쳐야 하는지’에 대한 인식, 즉 과학 교육과정에 대한 지식의 변화를 가장 크게 받은 영향으로 꼽았다. 또 3차시에 걸쳐 비슷한 내용의 다른 상황을 그림으로 표현하게 하면서 분자의 운동을 각인시키려고 했던 ‘수업의 초점화’와

CoRe에서 논의된 ‘새로운 교수 활동 도입’ 측면은 PCK 구성 요소 중 교수 전략에 대한 지식의 변화라고 볼 수 있다. 그러나 학생 이해에 대한 지식에서의 큰 변화는 관찰되지 않았다. H 교사는 실제 수업에서 CoRe에서 논의되었던 것처럼 학생들의 선개념을 확인하기 위한 그림 그리기 활동을 시도하긴 하였으나 선개념을 이용한 수업 전개는 별로 나타나지 않았으며, 학생들의 오개념을 염두에 둔 발문도 찾기 어려웠다. H 교사는 면담에서 다양한 현상 제시를 통한 동기 유발에 관심을 가지고 수업을 진행한다고 하며 학생들의 선개념을 강조하는 모습을 보이지 않았었다. 개발을 시작하기 전 CoRe 개발 방향에 대한 논의에서 구성주의적 관점으로 접근하자는 합의가 있었음에도 불구하고, H 교사가 학생의 오개념에 대한 지식을 활용하지 않은 경우에서 보듯이 한 번의 CoRe 개발 경험을 통해 과학 교수를 위한 지향 자체가 쉽게 바뀌지 않는다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 아는 것이 곧 바로 실천으로 연계되지 않고 수업을 통해 내면화되는 과정이 필요했고, 내면화 이후 입자적 관점을 다른 단원으로 확장 적용하게 되었다는 것을 통해 PCK가 경험을 통해 발달한다는 것도 확인할 수 있었다. H 교사는 평가에 대한 지식의 경우에서도 이전 수업과 다른 변화를 보였다고 언급하지 않았다. H 교사는 짧은 시간 내에 교사 자신에게 명확히 내면화되지 않은 내용을 가르치느라 학생들의 이해를 확인하기 위한 여력이 없었던 것으로 보인다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 숙련된 화학 전공자와 비전공자가 공동 작업으로 중학교 1학년「분자의 운동」단원에 대해 CoRe를 개발하면서 경험하는 것이 무엇이며, 개발 과정 경험 후 수업에서 PCK는 어떤 변화를 보이는지 알아보았다.

CoRe 개발 논의 과정에 대한 분석을 통해 연구 참여자들이 평상시 수업에서 '무엇을 왜 가르쳐야 하는가', 과학 교육과정에 대한 고민이 부족했음을 확인할 수 있었다. 연구 참여자들은 CoRe 개발 과정을 통해 자신의 교과 지식의 이해 부족에 대해 반성하고 오개념을 수정하고 개념을 명료화하는 과정을 거쳤다. 또한 무엇을 왜 가르쳐야 하는지, 즉 교수 내용과 목표를 분명히 인식하고, 핵심적으로 가르쳐야 할 내용을 확인했으며 학생들의 선개념을 확인하는 경험을 했다. 특히 비전공 연구 참여자들은 숙련된 전공 교사와의 논의를 통해 이전의 수업에서 보여 왔던 일종의 결여를 확인하고 수업에서 초점으로 다루어야 할 내용과 교수 목표를 명확히 인식하게 되었다고 했다.

CoRe 개발 논의 과정에서 반성적 사고를 불러일으킨 부분은 비전공 연구 참여자의 실제 수업에도 영향을 주는 것으로 나타났다. H 교사는 PCK의 구성 요소 중 과학 교육과정에 대한 지식에 가장 큰 영향을 받았다고 밝혔으며, 이것은 수업에서 입상성과 분자의 운동을 강조하는 모습으로 나타났다. 또한 비슷하면서도 심화되는 과정으로 수업에 초점을 만드는 모습과 CoRe 개발 과정에서 논의되었던 새로운 교수 활동을 도입하는 모습에서 교수 전략에 대한 지식에도 영향이 있었음을 알 수 있었다. 그러나 학생의 이해에 관한 지식과 평가에 관한 지식에서는 큰 영향이 나타나지 않았다. H 교사의 경우 반성적 사고가 주로 교과 내용 지식에 대한 이해 부족과 구체적으로 어떤 내용을 왜 가르쳐야 하는지에 대한 고민이 부족했던 이전 수업에 대해 일어났었는데, 실제 수업에서도 주로 이 부분에서 변화가 있었음을 확인할 수 있었다. 이는 CoRe 개발 과정에서 PCK의 여러 구성요소를 동시에 다루지만 그것이 실제로 교사의 PCK에 영향을 미치는 정도는 교사의 반성 정도에 따라 달라짐을 뜻한다. 또한 인식이 곧바로 실천으로 연결되는 것이 아니라 내면화되기까지는 시간과 노력이 요구된다는 것, 즉 많은 교육 연구자들의 주장처럼 PCK가 경험을 통해

성장한다는 사실도 확인할 수 있었다.

위와 같이 CoRe 개발 논의 과정이 교사의 PCK에 영향을 주어 수업에 유의미한 변화를 일으킬 수 있었던 이유는 교사의 전문성 신장에 필수적인 요소로 강조되고 있는 반성적 사고를 활성화를 시켰기 때문이다. 구성주의 교육 환경에서는 교사를 성인 학습자로 간주하는데, 자신의 신념과 과거 경험을 토대로 반성적 사고를 통해 전문성을 발달시켜 간다(정애란 등, 2007)고 보고 있으며, 그 방법으로 주체적인 지식 구성활동을 강조한다(손지영, 2005). 대부분의 교사 교육자들도 반성의 과정이 절대적으로 교사의 전문성 발달의 정도를 결정한다는 데 동의하며, 경험에 관한 체계적인 반성이 부족하면 교육학 지식이 심하게 제한받게 될 것이라고 하였다(Gess-Newsome, 1999). 따라서 교사의 반성적 사고 능력을 함양시키는 것은 교사의 전문성 발달에 핵심적인 요소가 될 것이다. CoRe를 개발하는 과정은 수업 경험의 객관화, PCK 구성 요소의 체계적 검토, 명시적으로 글로 표현하는 구성활동, 깊이 있는 사고, 동료 교사와의 상호작용 등을 가능하게 함으로써 교사의 반성적 사고를 촉진하는 유용한 역할을 할 수 있음을 확인할 수 있었다. 특히 이 연구에서는 전공자와 비전공자가 공동으로 CoRe를 개발하는 과정을 통해 숙련된 전공 교사들의 암묵적인 PCK를 명시화시킴으로써, 비전공자들이 자신의 수업 경험을 의미 있게 반성할 수 있는 기회를 제공할 수 있었다.

이 연구에서는 다른 과학 교사들이 활용할 수 있는 세련된 수준의 CoRe를 개발하고자 했었기 때문에 단어 하나하나의 선택에 신중을 기하느라 개발 기간이 오래 걸렸었다. 그러나 내용과 논의에만 중점을 둔다면 개발 기간이 훨씬 단축될 수 있을 것이다. 따라서 과학교사들의 비전공 영역에 대한 전문성 신장을 위해 전공 배경이 다른 과학교사들이 공동으로 CoRe를 개발하는 구성적 활동의 현직 교사 연수 프로그램이 필요하며 현실적으로 적용 가능하리라 생각된다. 특히 CoRe 개발을 통한 논의가 교사의 PCK에 영향을 미치는 정도는 교사의 반성적 사고 정도에 따라 달라지므로, 교사 나름대로 교육과정을 재구성해서 가르치기 어려워하는 초보 교사와 숙련된 전공 교사들이 공동으로 CoRe를 개발해 보는 경우 그 효과가 크게 나타나리라 생각한다. 또한 CoRe는 교사 전문성의 핵심인 PCK의 구성요소를 유기적으로 다루면서 무엇을

알고 있는지 모르고 있는지 지식에 대한 반성의 과정이 될 수 있으므로, 예비교사의 실천적인 지식 구성을 돕기 위해 예비교사 교육 프로그램에서도 CoRe를 개발하는 과정을 도입하는 것이 필요하다고 생각한다.

CoRe 개발을 통한 논의 과정이 교사 전문성 향상에 유의미한 영향을 준다고 할 때, 교사의 수업 전문성은 학생들의 개념 이해를 담보로 해야 한다. 따라서 이후의 연구에서는 CoRe 개발 과정을 통해 변화된 PCK에 의해 학생들의 과학 개념에 대한 이해도는 어떤 변화를 보이는지도 알아볼 필요가 있다.

국문 요약

이 연구의 목적은 숙련된 전공 교사와 비전공 교사가 공동 작업으로 중학교 1학년 「분자의 운동」에 관한 CoRe를 개발하면서, 개발 과정에서 연구 참여자들이 경험하는 것은 무엇이며, 개발 과정 경험 후 이들이 수업에서 나타나는 PCK 변화는 무엇인지 알아보는 것이었다. 이 연구는 도구적 사례 연구이며, 연구 참여자를 의도적 표본 추출하였다. CoRe 개발 과정 녹음과 수업 관찰 녹화, 면담으로 자료를 수집하였고, 모든 자료는 전사 후 분석하였다.

연구 결과, 연구 참여자들이 CoRe 개발 논의 과정을 통해 교과 내용 지식과 이전 수업에 대해 반성하고, 교사 자신의 오개념을 수정하고 개념을 명료화했으며, 교수 내용과 목표를 분명히 인식하고, 학생들의 선개념에 대한 이해를 높이는 경험을 한다는 것을 확인할 수 있었다. 특히 비전공 연구 참여자들은 전공 교사와의 논의를 통해 이전의 수업에서 입자적 관점이 부족했던 면을 확인하고, 「분자의 운동」에서 무엇을 왜 가르쳐야 할지를 명확히 인식하게 되었음을 강조했다. CoRe 개발 경험 후 비전공 연구 참여자들은 PCK의 구성 요소 중 과학 교육과정에 대한 지식이 가장 큰 영향을 받아, 수업에서 입자성과 분자의 운동을 강조하는 모습을 보였다. 또 CoRe에서 논의된 새로운 교수 전략을 도입했다. 비전공 연구 참여 교사들의 PCK가 변하는 정도는 자신의 지식과 이전 수업에 대한 반성적 사고 정도와 교사의 정의적 특성에 따라 달랐다.

이 연구를 통해 CoRe 개발 과정이 교사의 전문성 신장에 필수적인 반성적 사고를 촉진시키고, PCK에도 유의미한 영향을 미침을 확인할 수 있었다. 특히

전공자와 비전공자가 공동으로 CoRe를 개발하는 논의 과정을 통해 통합 교과에서 비전공자들이 보이는 일종의 결여를 확인하고 보완할 수 있음을 알 수 있었다. 또한 인식이 곧바로 실천으로 연결되는 것이 아니라 내면화되기까지는 시간과 노력이 요구된다는 것도 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- 곽영순(2007a). 교과별 내용 교수법(PCK) 개발 연구의 이론과 실제. 열린교육실행연구, 10, 81-114.
- 곽영순 · 강호선 · 남경식 · 백종민 · 방소윤(2007b). 수업 컨설팅 바로하기. 서울: 도서출판 원미사.
- 노진호(1996). 존 듀이의 교육이론: 반성적 사고와 교육. 서울: 문음사.
- 박미화 · 이진석 · 이경호 · 송진웅(2007). 과학 수업에 대한 반성적 사고의 개념적 정의와 유형: 예비 과학교사를 중심으로. 한국과학교육학회지, 27(1), 70-83.
- 박정희(2005). 중학교 과학교사의 과학교과 지도 능력에 대한 인식 조사. 교육학 석사학위논문. 한국교원대학교.
- 백성혜 박미현(2005). 제7차 교육과정의 고등학교 1학년 '과학' 과목을 가르치는 교사의 전공에 따른 수업 특징 비교. 교원교육, 21(3), 63-82.
- 서경혜(2008). 학교 밖 교사학습공동체에 대한 사례연구. 한국교원교육연구, 25(2), 53-80.
- 서울대학교 과학교육연구소(2004). 분자의 운동. 서울: 서울대학교 과학교육연구소
- 손지영(2005). 구성주의적 접근을 통한 교사교육의 방향. 한국홀리스틱교육학회지, 9(2) 17-32.
- 이생주(2006). 반성적 사고의 관점에서 초등교사 교단 일기 쓰기 경험의 의미 탐색. 교육학 석사학위논문. 한국교원대학교.
- 이학동(1986). 통합과학교육의 실태조사. 한국과학교육학회지, 6(2), 43-52
- 이혁규(2005). 교과 교육현상의 질적 연구. 서울: 학지사.
- 이화진 · 오은순 · 송현정 · 전효선 · 강대현 · 권점례 · 곽영순 · 진의남 · 유정애 · 이경언 · 양윤정 · 이병천 · 이미숙 · 김명화 · 오상철 · 홍선주(2006). 수업 컨설팅 지원 프로그램 및 교과별 내용 교수법(PCK) 개발 연구: 2006 KICE 교수학습개발센터 운영을 중심으

로. 한국교육과정평가원 연구보고, RRI 2006-1.

임정환(2003). 과학 교과교육학 지식의 본질과 발달. 한국지구과학회지, 24(4), 235-249.

정애란 · 맹승호 · 이선경 · 김찬중(2007). 교육실습에 참여한 예비 과학교사의 과학수업 실행에 대한 관심 영역과 반성적 사고. 한국과학교육학회지, 27(9), 893-906.

조희형 · 최경희(2005). 과학교육의 이론과 실제. 서울: 교육과학사.

채동현 · 박현주 · 이수영(2003). 과학교육의 질적 접근. 서울: (주)북스힐.

최미화 · 최병순(1999). 통합주제를 중심으로 한 중학교 수준의 통합과학 내용 구성 방안. 한국과학교육학회지, 19(2), 204-216.

Creswell, J. W.(1998). Qualitative Inquiry and Research Design. 조흥식 · 정선옥 · 김진숙 · 권지성(역)(2005). 질적 연구 방법론. 서울: 학지사.

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.

Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A.(2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. Journal of Research in Science Teaching, 41(4), 370-391.

Loughran, J., Berry, A., & Mulhall, P.(2006). Understanding and Developing Science teachers' pedagogical content knowledge. Clayton: Sense Publishers.

Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H.(1999). Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. 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.

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 Educational Review, 57, 1-22.

Tobin, K. & McRobbie, C. J. (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.

van Driel, J. H., Beijaard, D., & Verloop, N.(2001). Professional Development and Reform in Science Education: The Role of Teachers Practical knowledge. Journal of Research in Science Teaching, 38(2), 137-158.