

과학 및 과학 교수학습에 대한 과학교사의 인식론적 이해의 탐색

이선경* · 유은정 · 최종림 · 김찬중 · 한혜진¹ · 신명경²

서울대학교 · ¹군서고등학교 · ²경인교육대학교

Exploring Science Teachers' Epistemological Understanding of Science and Science Teaching and Learning

Lee, Sun-Kyung* · Yu, Eun-Jeong · Choi, Jong-Rim · Kim, Chan-Jong
Han, Hye-Jin¹ · Shin, Myeong-Kyeong²

Seoul National University · ¹Gunseo High School · ²Gyeongin National University of Education

Abstract: The purpose of this study was to explore science teacher's epistemological understanding of science and science teaching and learning, from the perspective of inquiry as the process of scientific knowledge building. Three science teachers participated in this study. The data were collected from individual in-depth interviews and classroom videotaping. The results show a case involving coherent and consistent data. It showed that the teacher's epistemological understanding of science and science teaching and learning consisted of five categories: scientists doing science with scientific thinking; scientific thinking as the process of knowing; science learner in the learning process of scientific thinking; science teacher as a man/woman with good understandings of science; and teaching and learning as the process of knowing science. Based on the results, discussions and implications about science education and science teacher education were presented.

Key words: science teacher, epistemological understanding, science teaching and learning

I. 서 론

과학교사 연구에서 교사의 지식 기반은 전문성 발달의 핵심이다. 이때 과학교사의 지식은 과학을 가르치는 행위 즉, 교수실행과 중층으로 엮여 분리되지 않는 성격을 갖는다. 과학 교사의 지식은 개념적이고 명시적인 지식을 포함해서, 실행과 연관되어 묵시적이고 체화된 지식을 의미한다(곽영순, 2006; 이선경 등, 2009; Kang, 2007). 그런 의미에서, 과학교사의 지식 기반은 교육학적 내용지식(Pedagogical Content Knowledge) 혹은 실천적 지식(Practical Knowledge)이라는 이름 하에, 그 내용이 과학교육과정, 학습자에 대한 이해, 교수학습 방법, 평가 등의 여러 범주로 파악되어 왔다(정득실 등, 2007; Magnusson et al., 1999; Park, 2007; van Driel et al., 1998). 이를 토대로, 여러 연구들은 실행에서 드러나는 지식의 특징과 그 변화 과정을 이해하려는 시도를 해 왔다(한혜

진 등, 2009; van Driel et al., 2001). 또 최근에는 과학 교사의 인식론적 신념이나 이해를 살펴보고 그 발달을 탐색하는 연구가 증가하고 있다(Méheut & Psillos, 2004; Park, 2007; Tasi, 2002; Zembal-Saul et al., 2000). 이러한 연구의 맥락은 과학교사의 과학 교수학습의 변화가 과학교육의 목표 즉, '과학을' 이해하고 '과학에 대해' 이해해야 하는 목표와 일관되게 이루어져야 한다는 것을 의미한다.

과학교육의 궁극적 목표는 학생들이 탐구를 통해 과학 지식을 이해하는 것과 탐구가 어떤 과정인지를 이해하는 것 모두를 포함한다(NRC, 1996; 2000). 이때 '과학 지식의 이해'는 교육과정 및 교과서에 그 목적과 내용이 분명히 다루어져 있고, 따라서 교사에게도 그 목적과 내용이 분명해 보인다. 반면, '과학 지식을 이해하는 과정'으로서의 '탐구와 탐구 자체에 대한 이해'는 구체적으로 어떤 내용을 어떻게 가르칠 것인지가 분명해 보이지 않는다. 더욱이, 과학 지식의

*교신저자: 이선경(sunlee@snu.ac.kr)

**2009.10.26(접수) 2010.01.08(1심통과) 2010.04.05(2심통과) 2010.04.05(최종통과)

***이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(2009-0075054)

이해를 학교 교육이 다루어야 할 ‘내용’으로 보고, 탐구를 그 지식을 다루는 ‘방법’으로 본다면, ‘내용’과 ‘방법’의 통합된 본질은 불분명해 보인다. 즉, 내용과 방법의 통합된 본질에 반대하는 사람은 거의 없겠지만, 그 관계는 학교 과학에서 거의 강조되지 않았고 왕왕 두 극단 중 하나만 반영하는 경향이 있다 (Haefner & Zembal-Saul, 2004). 예를 들면, 초등 과학은 과학의 과정 즉, 관찰, 가설설정, 실험 등의 과학의 과정 기능을 강조하는 특징을 갖는다. 이와 대조적으로, 중등 과학은 지식이 생성되는 방법으로서의 탐구에는 주목하지 않고 과학 지식을 강조하는 경향이 있다.

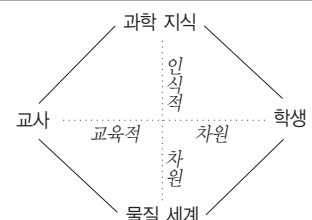
이처럼 탐구가 과학 학습에서 내용과 분리된 과정으로 다루어진 경향과 마찬가지로, 탐구와 내용의 통합적 이해는 과학 교사의 전문성 신장을 위해 중요한 요소가 아니었다(Haefner & Zembal-Saul, 2004). 실제로 많은 예비 및 현직 교사는 ‘탐구로서의 과학’을 배우지 못하였고, 지식 생성 과정으로서의 탐구에 기반한 수업 경험도 부족한 것이 현실이기 때문이다 (심재호 등, 2010). 그러나 과학교육은 지식 생성 과정인 탐구로서의 과학을 가르치고 배울 것을 다 다루고 있고, 이에 따라 학생들은 과학적 탐구를 통하여 과학 개념을 배울 뿐 아니라 과학 지식이 어떻게 생성되고 받아들여지는지 학습하는 것을 목표로 하고 있다. 따라서 과학 교사의 교수 실행에 있어서 내용과 탐구의 통합적인 이해는 과학교육의 궁극적인 과학교육의 목표를 성취하기 위해 필요하다(NRC, 1996). 과학교사가 과학 지식의 내용과 방법의 통합적 관점으로 과학 교수학습 관점을 이해하고, 그와 일관된 방식으로 교수활동을 하는 것은 인식론과 학습심리학의 차원이 교차하는 영역에 대한 교사의 이해와 실천을 필요로 함을 의미한다¹⁾. 즉, 지식 생성 과정으로서의 탐구에 대한 인지적인 이해와 교실 상황에서의 실천이 상호 엮이고 중첩된 실제적 인식론의 추구가 필요

한 것이다.

한편, 과학교육 연구에서 과학자 활동의 본질인 탐구에 대한 이해는 주로 과학의 본성(NOS, nature of science)으로 탐색되어 왔다. 과학의 본성은 현대 인식론의 토대 하에 그 구성 요소와 특징인 잠정성, 이론의존성, 독창성, 지식 구성에의 사회문화적 영향 (Lederman, Abd-El-Khalick, Bell, & Schwartz, 2002; Tsai & Liu, 2005) 등으로 조명되어왔다. 최근에는 참 탐구(authentic inquiry)에 기반한 활동을 통해 교사와 학생들이 과학의 본성에 대한 이해를 어떻게 발달시켜 가는지에 대한 연구가 활발히 진행되는 경향을 보인다(김미경과 김희백, 2008; Chinn & Malhotra, 2002; Schwartz *et al.*, 2004). 그 일련의 연구에서 탐구는 개념 정의를 통해 학습되어야 할 대상이기 보다는, 과학의 본성을 학습할 수 있는 맥락을 제공한다는 전제를 갖는다. 탐구의 본질에 대한 이해 즉, 과학의 본성은 실제 경험을 통해 체득해야 할 지식이라는 것이다. 학생과 교사가 탐구를 경험할 뿐 아니라 그 경험을 통해 탐구를 이해하는 연구를 수행하는 것은 학교 교육에서 탐구를 어떻게 다루어야 하는지에 대한 전통적인 수업에 도전하는 이상적인 방식이며 장래 과학교육의 비전을 제시해 준다.

그러나 교사와 학생이 참 탐구 경험을 하는 과정을 다룬 연구는 엄격한 교육과정에서 포괄하는 시공간의 제한에서 벗어나 있는 경우가 많으며, 우리나라의 과학 수업은 여전히 전통적인 방식으로 이루어지는 경우가 많다. 이에, 탐구를 학생 활동 중심의 특정 주제 혹은 특정 상황에 제한하여 이해하기 보다는 전통적인 수업에서도 그 실체를 찾고 규명해야 할 필요가 있다. 즉, 다양한 수업 상황, 극단적으로는 교사의 설명 주도적인 강의 수업에서도 탐구의 위치를 지식 생성 과정으로서 탐색할 필요가 있다. 강의 중심의 전통적 교수활동에서 과학 교사는 학생들에게 과학의 세계를 재현(representation)하고 그 과학 세계를 만들어가

1) 오른쪽 그림은 물질 세계와 과학 지식으로 이어진 인식론적 축과 교사와 학생으로 이어진 교육의 축을 통해, 과학 교실 수업에서 과학 지식 생성으로서의 탐구의 위치를 보여준다. 수직축은 ‘인식론’의 차원 즉, 지식이 물질 세계에 대해 어떻게 작동하는가를 나타내고, 수평축은 ‘교육(교수)’의 차원 즉, 교사와 학생들이 선택하는 부분을 나타낸다(Méheut & Psillos, 2004). 과학 수업에서 교사와 학생들은 물질 세계를 과학 지식이 어떻게 표현하는지에 대한 활동, 즉 탐구를 통한 지식 생성에 참여하게 된다고 볼 수 있다. 따라서 과학 교사는 과학내용의 본질적 측면, 다시 말해 과학 영역의 중심 개념과 원리 그리고 그것들이 어떻게 조직되는가의 측면을 가르치는 것에 대한 교육적 지식이 요구된다 하겠다.



과학의 인식적 차원과 교육적 차원 (Méheut & Psillos, 2004)

는 내용과 방법의 통합적 과정에 학생들이 간접적으로 참여하게 된다. 과학 수업 과정에서 과학교사가 과학을 재현하는 과정을 통해 학생들은 과학의 본성에 대한 특정 관점을 암묵적으로 전달받게 될 것이기 때문이다(Zeidler & Lederman, 1989; 노태희 등, 2002 재인용).

이상의 연구의 필요성을 토대로 하여, 본 연구는 현직 과학 교사의 과학 지식 생성 과정에 대한 인식론적 신념을 살펴보고 과학 수업에서 교수학습의 측면과 어떻게 연관되는지에 대한 교사 자신의 이해를 탐색하고자 한다. 이를 통해, 교사의 수업실행의 실천적 지식인 과학 지식 생성과정에 대한 인식론적 신념을 밝히는데 연구의 목적이 있다.

이 연구의 의의는 첫째, 다양한 교육 상황, 특히 교사주도적인 수업을 하는 교사가 암묵적으로 반영하는 탐구의 본질을 교사 개인의 언어를 통해 조명함으로써, 단순히 실험이나 과정기능과 동일시하기 쉬운 탐구의 본질적 의미를 재고하고 확장해 볼 수 있다는 데 있다. 둘째, 과학 지식 생성 과정으로서 탐구에 대한 과학교사의 인식론적 신념에 대한 파악은 과학 교사의 전문성 신장 측면에서 교사가 자신의 수업 실행의 본질을 직면하고 변화의 출발점으로 삼을 수 있다.

II. 연구 방법

1. 연구 참여 교사

이 연구의 처음부터 끝까지 연구진에게 정보를 제공한 교사는 서울과 경기권의 중학교 및 고등학교에서 과학을 가르치고 있었던 세 명의 교사였다. 연구에 참여한 교사들은 모두 자발적으로 면담에 응했고 연구진에게 수업 참관 및 녹화를 허용하였다. 연구 당시, 세 명의 연구 참여 교사들은 서울과 경기권의 중학교 혹은 고등학교에서 과학을 담당하고 있었으며, 대학원 석사 졸업 혹은 박사 과정 중에 있었다. 세 명의 연구 참여 교사 중에서 본 연구의 사례로 제시될 강민(가명) 교사는 사범대학을 졸업하고 임용시험을 거쳐 교사가 되었으며 5년간 중학교에서 과학을 가르쳐왔다. 그 후 파견교사로 대학원에서 석사학위를 취득하고 고등학교로 복귀하였으며, 연구 당시 2학년 지구과학을 담당하고 있었다.

2. 자료 수집 및 해석

과학을 가르치고 배우는 것과 관련해서 과학에 대한 과학교사의 인식론적 이해를 알아보기 위해서는 두 가지 측면을 살펴보아야 한다. 즉, 과학의 본질에 대한 이해와 과학 교수학습의 본질에 대한 이해를 알아보는 것을 포함한다(Waters-Adams, 2006). 그러나 이 두 가지 측면은 서로 복합적으로 연관되어 있어서, 교사의 이해를 탐색할 때 교수실행 전체를 고려해야 한다(Lakin & Wellington, 1994). 이런 이유로, 교사가 지닌 과학의 본성을 탐색하기 위해서는 구조화된 인터뷰 방식이나 질문지를 통해서 알기 어렵다(우종옥과 소원주, 1995).

이러한 방법론적 근거 아래, 자료 수집은 연구 참여 교사와의 심층 개별 면담, 수업 관찰 및 녹화로 이루어졌다. 본 연구에서 주로 활용한 자료는 면담기록물이었으며, 수업 관찰 및 녹화 자료는 보조 자료로 활용되었다. 개별 심층 면담은 1시간 30분에서 2시간 30분까지 2-3회씩 이루어졌다. 면담 시간과 횟수는 개인 형편과 면담 진행 상황에 따라 달랐다. '가' 교사의 1차 면담은 약 2시간, 2차 면담은 약 2시간 30분이었고, '나' 교사의 면담은 약 1시간 30분씩 3회 실시되었고, '다' 교사의 1차 면담은 약 2시간 30분, 2차 면담은 약 2시간 동안 진행되었다.

면담은 반구조화된(semi-structured) 형식으로 진행되었으며, 교사에 대한 전반적인 사항 및 인식론적 이해에 관해서 이루어졌다. 교사의 전반적인 사항에 관한 면담 내용은 과학을 전공하게 된 이유, 과학교사가 된 동기 및 준비과정, 과학 교사로서의 수업 실행, 일상적 수업 장면에 대한 묘사 등을 포함하였다. 교사의 인식론적 이해에 관해서는 주로 연구 참여 교사의 과학의 인식론에 대한 질문과 과학 교수학습에 대한 이미지, 신념 등에 초점을 두었다. 교사의 인식론을 알아보는 주요 질문은 '과학이 무엇이라고 생각하시나요?', '과학자의 활동을 (직접 경험한 것을 토대로 혹은 예상하는 대로) 묘사해 주세요', '과학자의 활동과 학교 과학은 어떤 점이 같으며 어떤 점이 다른가요?', '학생들이 과학을 배워서 어떤 사람이 되길 원하는지요?', '과학을 가르치고 배우는 것에 대한 이미지가 비유가 있으면 말해 주세요', '선생님의 과학 수업을 묘사해 주세요', '과학 수업에서 가장 신경 쓰는 부분이 있다면 무엇인가요?' 등이었다. 주요 질문에

대해서 연구 참여 교사의 초기 응답은 추상적이고 개념적으로 표현되는 경향이 있었다. 과학자의 활동과 학교 과학에서 다루는 교수학습에 관한 질문들은 인식론적 신념을 묻는 것이었으므로, 교사는 자신의 인식론을 교수학습의 심리화적인 상황 및 행동과 연관해서 표현해야 하기 때문에 표현상의 어려움을 많이 겪었다. 따라서 주저자인 면담자는 충분한 시간적 여유를 갖고 연구 참여 교사에게 추가로 예를 들거나 구체적으로 이야기하도록 요청하여 풍부하고 구체적이고 일관성을 지닌 신념을 이해하려고 노력하였다.

면담 초기에 면담자는 이 면담이 교사의 응답을 평가하기 위한 것이 아니라 교사의 생각을 있는 그대로 알기 위한 것이라고 설명하였다. 즉, 연구 참여 교사에게 사범대학을 다니면서 배운 과학교육에 관한 여러 가지 개념적 정의들에 대해서는 해체시키고, 자신의 생각이 어떤지 마음을 잘 들여다보고 자신이 믿는 것에 대해 이야기해달라고 요청하였다. 이 요청을 연구 참여 교사는 잘 이해하였다. 예를 들어, 면담 과정에서 이야기하다가도 '이 대답은 제가 완전히 동의하거나 제 생각과 같진 않아요. 제 생각은..' 혹은 '대학에서는 이렇게 배웠지만, 제 생각은...' 등의 표현을 하기도 하였다.

면담과 더불어, 연구진은 세 교사의 수업을 관찰하고 비디오 녹화하였다. 교사에게 평소 자연스럽게 이루어지는 수업을 참관할 수 있도록 요청하여, 연구자는 수업에 방해가 되지 않도록 교실 뒤에서 수업을 비디오로 녹화하였다. '가' 교사의 수업은 6차시 촬영, '나' 교사의 수업은 5차시 촬영, '다' 교사의 수업은 12차시를 촬영하였다. '가'와 '나' 교사의 수업은 촬영분 모두를 자료로 사용하였고, '다' 교사의 수업 촬영 자료는 시간 순으로 번호를 매기고 짝수 회에 해당

되는 6차시를 자료로 사용하였다.

본 연구의 주 자료인 면담 자료 해석의 초점은 연구 참여 교사의 과학 및 학교 과학, 그리고 과학 교수학습에 대한 인식론적 이해에 두었다. 자료 해석은 크게 세 단계로 이루어졌다. 첫 단계에서 본 논문의 주저자인 연구자가 면담 전사본을 처음부터 끝까지 여러 차례 읽으면서 대화 주제가 전환되는 것을 기준으로 각 대화 내용에 대한 주요어를 찾고 교사의 응답을 메모하고 연구자의 해석을 기술했다(표 1). 면담 내용에 대한 메모와 해석을 중심으로, 교사 응답의 흐름에 있어서 내용의 정합성을 파악했으며, 표현이 애매하지 않은지, 그리고 대화 주제가 바뀔 때 응답 내용이 일관성이 있는지를 점검했다.

두 번째 단계에서는 첫 단계에서 추출했던 주요어를 중심으로 면담 내용을 범주화하였다. 초기 범주는 교사의 인식론적 이해를 드러내는 주요어를 나열하여 구성되었다. 예를 들어, '추론-문제풀이 능력-판단-고차적 사고-연결-문제상황 적용-의미의 이해-현상과 연결-의미 설명-과학자 실험-확인 실험-학교 실험-새로운 사실-원인과 결과 연결-과학자의 사고방식-논리적 설명-다양한 방식의 설명-개념 연결과 판단-의미 이해와 연결-개념과 개념간 연결-다양한 지식의 조합-연결 과정 탐구-개념 연결과 문제 해결-사고 방식' 등으로 이어진 일련의 주요어와 그에 해당되는 면담 내용이었다. 이후, 면담 내용의 선후에 상관없이 주요어를 중심으로 면담 내용을 재조합하는 분석 과정을 수행하였다. 예를 들어, 지식의 구성 과정으로서 '사고'의 작용과 기능에 관한 면담 내용으로 위의 주요어에 해당되었던 '고차적 사고-과학자의 사고 방식-사고 방식'으로 구성된 면담 내용을 발췌하고, 동시에 '사고'라는 말은 언급되지 않았지만 교

표 1
면담 전사본 분석의 예

면담 전사본	주요어 메모 및 해석
강민: 아니.. 그러니까 뭔가 이렇게 어떤 현상이 있는 거예요 현상. 내가 이전 왜 그렇지 궁금한 거예요. 그러면 아까도 얘기했지만 기존의 세 개를 배웠는데 이 조합은 엄청나게 다양할 수 있잖아요. 어떤 문제를 풀 때.. 그러니까 이 현상을 왜 그럴까 이해할 때도 기존의 여러 가지 과학적 사실들이 있는 거예요. 기존의 내가 배웠던 거. 요런 거를 요렇게 조합해서 요걸 설명해 낼 수도 있고 요?게 해서 설명할 수도 있는 거잖아요. 그렇게 얘기하면 이것도 새로운 거 같아요. 왜냐하면 조합은 무궁 무진 할 수 있으니까.	지식의 다양한 조합 다양한 설명 새로운 설명 추구가 탐구 현상에 대한 궁금증이 생김. 기존에 알고 있는 지식의 조합은 다양함. 어떤 문제 상황에서 기존의 과학적 사실들, 내가 알고 있던 것을 조합에 따라 설명할 수 있게 됨. 조합은 다양하므로 새로운 것.

수학습 상황에서 그 의미를 내포하는 ‘연결-문제 상황 적용-의미의 이해-현상과 연결-의미 설명-개념 연결과 판단-의미 이해와 연결-개념과 개념간 연결’ 등을 범주화하였다.

세 번째 단계에서는 첫 단계와 두 번째 단계를 순환적으로 반복하여 인식론에 관한 범주를 정교화하는 과정을 거쳤다. 최종적으로, 과학 및 과학 교수학습과 연관된 인식론의 범주로서, ‘과학적 사고를 통해 과학을 수행하는 과학자’, ‘앞의 과정으로서 과학적 사고’, ‘과학적 사고를 배우는 과학 학습자’, ‘과학을 잘 이해한 사람으로서 과학 교사’, ‘과학을 알아가는 교수학습 과정’의 다섯 개로 나누었다. 이 범주들은 배타적이기 보다는 각자 하나의 강조점을 갖고 다른 범주들과 상호 연관되고 보조적인 것이다. 이와 더불어, 연구진은 수집된 면담 자료를 통해 해석된 교사의 인식론적 이해와 교수실행의 일관성 측면에서 수업 녹화 자료를 살펴보았다. 즉, 과학 수업에서 연구 참여 교사의 화행이 면담에서 나타난 과학 및 과학 교수학습의 인식론적 이해와 일관성이 있는지의 관점에서 검토되었다. 과학 및 과학 교수학습에 대한 교사의 인식론적 이해는 개념적인 인식과 교수 경험 간의 변증법적 과정을 포함하기 때문이다(Nott & Wellington, 1996). 이 모든 과정에서, 연구진은 면담 자료를 반복하여 검토하고 수업 자료를 토대로 그 타당성을 확보했으며, 수차례의 논의를 거쳐 해석에 대한 합의를 하였다.

연구 결과로서, 세 연구 참여 교사의 자료를 분석하고 해석하는 과정에서 교사의 과학 및 과학 교수학습에 관한 인식론적 이해가 정합적이고, 수업에서 이러한 교사의 이해가 일관성 있게 드러난 한 교사의 사례를 제시하고자 한다. 교사가 지닌 과학의 인식론적 이해가 정합적이라는 것은 과학이 무엇인지, 과학자가 어떤 활동을 하는지, 과학자의 과학과 학교 과학과의 공통점과 차이점은 무엇인지에 대한 이야기가 여러 번의 반복된 질문 혹은 조금씩 초점이 다른 질문에 대해 동일한 의미의 답변을 하였다라는 것을 의미한다. 그렇다고 해서 다른 두 명의 연구 참여 교사의 인식론적 이해가 이율배반적이었거나 모순이었다는 뜻은 아니다. 다만, 자료를 분석하고 해석하는 과정에서 몇 가지 간극이 발견되었고 그 간극은 추후 면담을 통해서 좁혀지기 어려운 부분을 담았다. 연구의 목적과 내용이 교사의 교수실행과 관련된 과학의 인식론을 탐

색하는 것이었기 때문에 면담 과정에서 연구 참여 교사들이 평소에 의식하지 못했던 내면의 생각과 신념을 이끌어내는 과정은 쉽지가 않았다. 그로 인해, 교사들은 다소 표현의 어려움을 겪기도 하고 연결 고리가 부족한 이야기들이 펼쳐지기도 했기 때문이다. 또, 과학의 인식론적 이해와 과학 교수학습에 대한 인식론적 이해가 일관성 있다는 것은 면담에서의 교사의 이야기가 과학 수업에서의 교사의 화행과 행동으로 표현되었다고 해석하는데 무리가 없음을 의미한다.

따라서 연구진은 면담 자료의 과도한 해석을 경계하고, 최종적으로 자료의 정합성과 일관성 측면에서 ‘다’ 교사에 해당하는 ‘강민’ 과학 교사의 사례를 채택하였다. 나머지 두 교사로부터 수집된 자료의 해석이 연구의 주제와 논의를 이끌어내기에 다소 불충분하였기 때문이다. 이는 연구 당시 본 연구진의 이론 및 방법론적 한계에 기인할 수도 있으며 다른 문제 제기와의 논의가 개진될 여지를 남긴다.

Ⅲ. 연구 결과

본 연구 결과는 세 명의 연구 참여 교사 중에서 과학 및 과학 교수학습에 대한 인식론적 이해의 정합성을 보여주고, 수업 실행과의 일관성을 나타낸 강민 교사의 사례를 다룬다. 연구 결과는 강민 교사가 지닌 과학 및 과학 교수학습의 인식론적 이해로서, ‘과학적 사고를 통해 과학을 수행하는 과학자’, ‘앞의 과정으로서 과학적 사고’, ‘과학적 사고를 배우는 과학 학습자’, ‘과학을 잘 이해한 사람으로서 과학 교사’, ‘과학을 알아가는 교수학습 과정’ 순으로 제시하고자 한다.

1. 과학적 사고를 통해 과학을 수행하는 과학자

강민 교사는 과학 및 과학자의 본질에 대해 표현하는 것을 어렵게 여겼다. 그 이유는 연구의 방법론적 어려움에서도 밝힌 것과 같이, 과학 및 과학자의 본질에 대한 이야기는 강민 교사에게 있어서 일상의 화제가 아니었을 뿐더러 별로 생각해 볼 기회가 없었던 주제였기 때문이다. 따라서 면담자는 과학 학습자로서 과학을 배우고 또 교사로서 과학을 가르쳐 온 경험을 통해 형성된 암묵적인 이해를 이끌어내려고 시도하였다. 여러 번의 표현에서 반복되는 것을 발췌해 연결해보면, 강민 교사는 ‘과학’ 하면 딱 떠오르는 것이 무엇

이냐는 질문에 대해 “자연의 법칙”이라고 하였으며, 구체적으로 “대상이 자연이잖아요. 어떻게 돌아가는지를 [연구하는 것이 과학]... 인간 사회가 돌아가는 것을 연구하는 것은 사회고..”라고 표현하였다. 자연이 어떻게 돌아가는지에 대한 법칙을 알아내어 “결과적으로 하나하나 과학의 기초 지식이 쌓여가면서 나온 산물”이 과학이라고 생각하고 있었다. 정리하면, 강민 교사는 과학을 자연 현상을 연구하여 만들어진 법칙이나 지식의 산물로 인식하고 있다고 볼 수 있다. 이러한 과학의 산물이 강민 교사 자신에게 생활이나 물리적인 측면에서 특별한 영향을 주었다고 여기는 건 없었으며, 교사 개인적으로 “지적인 만족감” 측면에서 “모르는 걸 아는 [알아가는] 재미”를 느끼게 해 준다고 하였다. 그 배경에는 교사로서 학생들을 가르치는 일을 하다 보니 과학 내용을 지적인 대상으로 취급하게 된 것이 자리 잡고 있었다.

이러한 과학을 수행하는 과학자에 대한 강민 교사의 이해를 밝히는 것도 쉽지 않았다. 여러 번의 다양한 형식의 질문을 통해, 강민 교사는 자기 주변에 과학자가 없기 때문에 과학자가 어떻게 활동하는지 잘 알 수 없지만, “어떤 예측을 갖고 실험을 하지 않으며 실험한 결과에 대해 성공과 실패의 판단이나 확인을 하지 않을 것”이라고 하였다. 과학자는 그런 실험 과정을 통하여 “데이터를 비교하고 결론에 도달하게 되는 것”이라고 생각하였다. 강민 교사는 과학자를 “문제를 해결하는 사고방식을 갖추었기 때문에, 그 사고방식으로 이론을 만들어내는 사람”으로 여겼다.

강민 교사의 과학과 과학자에 대한 이러한 이해는 과학교사나 과학을 배우는 학생들, 그리고 과학을 배웠으나 과학에 종사하지 않는 일반인이 과학 지식과 내용을 다루는 것 이상의 접근을 과학자가 한다고 여겼다. 강민 교사는 과학자 과학을 “... 뭔가를 밝혀내는 거. 새로운 사실을, 확인은 아니고...”이라고 생각하였고, “학교 과학은 이론을 확인”하는 차원이기 때문에 과학자들의 과학은 무언가 다른 과정을 겪는 것으로 인식하고 있었다. 이러한 강민 교사의 생각은 과학자의 활동인 과학에 대한 생각을 학교 과학과 비교하면서 풀어나가는 과정에서 과학자의 과학과 학교 과학의 인식론적 차이를 전제하는 것으로 나타났다. 학교 과학은 지식이나 이론을 확인하는 실험인 반면, 과학자의 과학은 결론을 예측하지 않은 상태에서 실험을 하고 그 결과를 비교하면서 결론을 만드는 과정

이라는 것이다. 이와 관련된 면담 발췌문은 다음과 같다.

우리 학교에서 실험 같은 걸 하면은 이미 배운 거를 확인하는 실험이잖아요. 과학자는 그런 일을 할 것 같지는 않거든요. 실험도구가 똑같아도 그 사람은 다른 실험. 실험 목적이 달랐겠죠... [과학자는] 아무튼 뭔가를 밝혀내는 거. 새로운 사실을, 확인은 아니고... 그 사람은[과학자는] 그런 예측부터 없지 않았을까요? 만약에 그런 식으로[학교 과학 실험에서 하듯이] 예측을 했다면 우리[학교 과학]처럼 확인 실험이겠죠...[과학의] 과정은... 뭐 왜 그런가 비교하고.. 결론을 내리겠죠. 무슨 무슨..

위의 발췌문에서 볼 수 있듯이, 강민 교사에게 있어서 과학자는 궁금한 혹은 해결해야 할 문제에 대해 결과에 대한 예측이 없이 실험을 하고 그 결과를 가지고 결론을 내린다고 이해 되었다. 또한 과학자는 문제를 해결하는 사고방식을 이미 지닌 사람이고, 그 사고방식을 통해 이론을 만드는 사람이라는 전제가 깔려 있었다. 즉, 과학자는 문제 해결을 위한 사고방식을 갖고 있는 반면, 학생은 아니라는 것이다. 교사는 그 사고방식을 학생들에게 가르쳐 준다고 여겼다.

과학자가 가지고 있는 그 사고의 어떤 방식 있잖아요. 그 사람은 이미 그걸 가진 거고... 문제를 봤을 때 뭐 해결하고 그런 사고방식이 그 사람은 그걸 가진 거고. 나는 학생들한테 그걸 가르쳐 주는 거고. 그 사고방식을... 그러니까 다르다는 거죠. 전혀, 그 사람은 이미 가진 사람이고 그거에 맞춰서 이제 문제를 이제 이론을 만드는 사람인 거고 학생은 그걸 하는 건 아니니까요.

2. 앞의 과정으로서 과학적 사고

앞 절에서 살펴보았듯이, 교사가 표현한 과학자의 사고방식은 현상을 설명하는 과정 즉, 알아가는 과정을 의미했다. 과학자의 사고방식과 학생의 사고방식이 다르다는 것은 학생은 그 사고방식을 배워가는 과정에 있기 때문에 차이가 있으며, 그 사고방식을 배운 성인 중에서도 특히 과학자는 좀 더 창의적인 새로운 방식의 사고를 할 수 있는 사람으로 인식되었다. 강민

교사에게 “안다는 것”은 현상에 대해 가지고 있던 개념들을 잘 연결해서 명확하게 설명하는 것을 의미했다. 기존에 있는 개념들을 적절히 조합해도 모를 때는 새로운 것, 다시 말해 새로운 개념이나 조합 방식이 필요하다고 생각했다. 즉, 이상 현상이 나타났을 때 새로운 것을 찾아 설명이 되면 해결이 되고 알게 되는 것이다.

[안다는 건] 명확해지는 거? 안다 라고 하는 건.. 깨끗해지는 거? 의심이 없어지는 거죠... 안다 라고 하는 건 어떤 현상 있잖아요. 어떤 현상이 있을 때 내가 기존에 있었던 게 있어요. 가지고 있었던 개념들이 있는 거예요. 그걸 쪽 잘 연결을 해서. 그 현상이. 예를 들어 요렇게 요렇게 연결해서 그 현상이 짝 설명됐어요. 명확해. 그럼 아는 거죠. 그런데 기존에 있는걸 아무리 조합해도 모르겠는 거예요. 그러니까 요게 필요한 거죠. 별이 필요한 거죠. [이상한 현상이 나타나면] 별[★][그림 1]을 찾아내려고 해야 되는 거죠. 그게 과학자 인거죠... 별[★]을 찾아서 그 별[★]로 설명이 되면 해결이 되는 거죠. 아는 거죠 진정. 그런데 일반인은 그게 이해가 안 되도 넘어가는 거죠. 왜냐하면 그게 중요하지 않거든요 그 사람에게. 하지만 과학자는 찾아내려고 하는 거죠. 기존 것으로 해보다 다 안 되면...

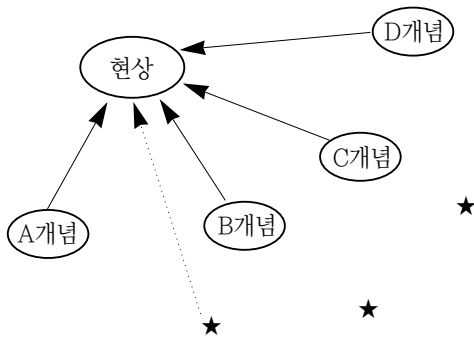


그림 1 현상 설명을 위한 개념의 연결

이러한 상황은 과학 수업 즉, 교수학습 상황에서 강민 교사가 종종 경험할 수 있는 것이었다. 교사는 과학자들이 찾는 것과 같은 새로운 것을 학생들에게 가르쳐 주려고 하기 보다는 기존의 개념들을 잘 조합하여 설명해 주는 역할을 한다는 것이다. 강민 교사의 설명이 학생들에게 잘 이해가 안 되는 경우는 강민 교

사가 제시한 것으로는 학생 스스로 납득할 수 있는 조합이 적절하지 않기 때문에 발생한다는 것이다. 또는 교사가 제시한 조합을 학생이 자신의 것으로 만들지 못하거나 그 조합에 필요한 관련 개념이 없기 때문이다. 따라서, 교사는 관련된 것들 즉, 학생들에게 결핍된 것을 발견하여 연결하는 방식을 알려줘야 한다는 점을 강조했다.

아닌가? 근데 제가 이해가 되는 거잖아요. 가르치는 내가 이해가 되는 거잖아요. 기존에 있는 것들로 교과서에 배우는 것들로 다 아귀가 맞아지니까 이해가 되는 거잖아요. 그러면 설명 학생이 이해가 안되요. 그러면 그 얘기는 무슨 얘기냐. 제가 이제 기존에 있는 게 있잖아요. 이렇게. [그림 1] 기존에 이렇게 있는 게 있는데 저는 이걸 다 아는 거예요. 이걸. 이미. 별[★]은 저의 관심사가 아니예요. 학교에서 가르쳐 주는 것도 이 점[개념]으로도 다 이해가 되는 애들인 거예요. 근데 만약에 어떤 애가 이 현상이 이해가 안 된다. 그렇다면 그 아이는 조합을 잘 못하고 있거나. 이 점[개념]을 몇 개 못 갖고 있는 거죠. 그럼 저는 이 점[개념]을 알려주면 되는 거죠. 예를 들어 최근에 어떤 애가 있었어요. 어떤 애 반장 애가 있는데 개가 기초를.. 기초 지식이 진짜 딸리는 애예요. 그래서 내가 무슨 이렇게 태풍이 저위도에서 고위도로 가면 수증기를 별로 못 얻어서 소멸한다 그런 얘기를 했는데 그걸 이해를 못하는 거예요. 이해를 못했던 이유 중의 하나가 저위도와 고위도를 구분을 못했던 거예요. 그래서 그걸 제가 설명을 해줬어요. 이렇게 해서 적도 쪽이 있고, 북극 쪽이 있는데 이렇게 해서 위도 이렇게 하면 이쪽이 고위도고 이쪽이 저위도가 된다.. 그랬더니 개가 아~ 하면서 이해를 한거예요. 그러니까 점[개념]을 하나 제가 채워 넣어 준거죠. 명확해진 건가요?

이와 관련하여, 강민 교사에게 여전히 어려운 점은 학생 스스로 연결할 수 있도록 도와주는 것이다. 교사가 개념 하나를 던져줄 수 있고 연결 방식을 알려줄 수 있지만, 학생 스스로 연결하는 것은 또 다른 문제이기 때문이다. 즉, 사고하는 방식은 교사가 그 과정을 시연해 줄 수는 있지만, 학생의 머리 속까지 제어할 순 없기 때문에 가르쳐 주기가 어렵다는 것이다.

근데 아까 제가 참 고민이다. 얘기했잖아요. 이, 제가 쪽 얘기했던 거, 나를 애들한테 가르쳐주면서 이게 참 안되는구나, 다 해서 이걸 개념들을 연결시키는 게 머릿속에 있는 거라서, 이게 참 어렵다, 그건 내가 개념 하나를 던져 줄 순 있는데 이걸 연결시키는 거는 하, 또 다른 문제인 것 같아요. 그거는 참, 안되는구나. 쉽지가 않구나, 내가 사고하는 방식은 이게 가르쳐주기가 참 어렵구나.

3. 과학적 사고를 배우는 과학 학습자

앞서 살펴보았듯이, 강민 교사는 과학 학습자인 학생과 과학자는 다른 사고방식을 지닌 사람으로 간주하였다. 이와 같이 학생과 과학자의 사고방식의 차이에 대한 구분은 배움의 과정에 있는 학생과 배움의 과정을 거쳐 결과적으로 과학자가 된 어른을 단순히 결과적으로 판단한 것이었다. 그러나 사고방식의 획득 과정을 살펴보면, 과학자가 과학적 사고를 생득적으로 획득한 것이 아니며, 과학자도 과학 학습의 과정을 거쳐 성장했다는 것이다. 그 이유는 동일한 교육과정을 운영하는 학교 교육을 받은 학습자 중에 소수가 과학자가 되는 것이기 때문이라는 것이다.

배우는 건 웬지 똑같은 것 같아요. 과학자가 된 사람도 똑같이 배웠을 텐데. 그죠? 근데 누군가는 과학자가 되고, 누군가는 일반인인 내가 되고. 그 사람과 내 생각이 다르다고 얘기하기도 좀.. 뭐하네요...

네. 근데. 똑같은 교육을 받았을 것 아니에요. 암튼 그 과학자가 된 사람이 뭘 타고나서 과학자가 된 것 같진 않아요. 딴사람보다.. 음.. 똑같이 배웠잖아요? 내가 학교에서 배웠어요 이렇게 A라는 사람이 있고, B라는 사람. 똑같은 교육과정으로 이렇게. 근데 애는 과학자가 됐어요. 그래서 막 실험 같은걸 해요. 애는 그냥 일반인이 됐어. 똑같은걸 배웠는데 만약에 학교에서 가르쳐 준 게 어떤 그런.. 사고의 과정, 뭐 이런 걸 학교에서 가르쳐줬는데 A는 일반인이 되고 B는 과학자가 됐다. 그런데 만약에 과학자의 사고가 이 학교에서 가르치는 사고랑 만약에 다르다면, 그 얘기는 이 사람은 다른 무언가를 갖고 있다는 거잖아요. 그런데 이게.. 타고난 것 같진 않아요. 어디선가 배웠을 것 같아요. 음.. 어디선가.. 그런데 그

게 학교라고 이야기 하니까 조금 이게 맞지가 않네요.. 학교에서 배운 건 이건데.. 요게 아닌데.. 그럼 애는 어디서 배웠지?

그렇다면, 과학 학습자인 학생들 중에서 어떤 사람은 일반인이 되고 어떤 사람은 과학자가 되는 그 차이는 어디서 생기는 것일까? 그 질문에 대한 대답은 매우 복잡한 변인과 다양한 상황이 얽혀 있는 것이기 때문에 하나의 이유를 찾는 것이 바람직하지 않을 것이다. 그 보다는 학생과 과학자의 문제해결 차이는 어디에 있는가를 탐색하는 게 적절한 듯 했다. 이에 대해, 강민 교사는 특정한 문제 해결을 할 때 학생과 과학자의 차이는 기존에 알고 있는 것을 조합하는 능력의 차이로 설명하였다.

그러니까 뭔가 이렇게 어떤 현상이 있는 거예요 현상. 내가 이걸 왜 그럴지 궁금한 거예요. 그러면 아까도 얘기했지만 기존의 세 개를 배웠는데 이 조합은 엄청나게 다양할 수 있잖아요. 어떤 문제를 풀 때.. 그러니까 이 현상을 왜 그럴까 이해할 때도 기존의 여러 가지 과학적 사실들이 있는 거예요. 기존의 내가 배워왔던 거. 요런 거를 요렇게 조합해서 요걸 설명해 낼 수도 있고 요렇게 해서 설명할 수도 있는 거잖아요. 그렇게 얘기하면 이것도 새로운 거 같아요. 왜냐하면 조합은 무궁 무진 할수 있으니까.

이 내용은 앞서 탐구를 새로운 것을 창출하는 과정으로 보았던 설명과 같은 맥락을 갖는 것으로 해석되었다. 즉, 과학자의 과학을 막연하게 “... 뭔가를 밝혀내는 거. 새로운 사실을, 확인은 아니고...”라고 생각했던 것에서 “기존의 것들을 조합하고 연결하는 과정”으로 구체화하게 되었다. 이 설명들은 모두 일관되게 과학자 탐구에 대한 묵시적 인식을 보여주며, 과학자 과학의 중심에 놓인 사고의 본질은 학생 사고의 본질과 동일하지만 과학자는 학생의 과학 너머를 포괄하는 것으로 이해하고 있음을 보여주었다(그림 2).

어 그런 것 같은데요. 하지만 결국은 똑같은 거죠 연결이니까. 다만 차이는 이거를 애네들은 하는 거고, 과학자는 이것 까지도 갈 수 있는 사람들이고... 저는 꼭.. 음.. 그러니까, 결국은 아무튼 뭔가를 연결시키는 거잖아요. 학생도 뭔가를 연결시켜서 현상을

바라보고 이해하는 거고 과학자도 뭔가를 연결시키는 건데. 이.. 똑같은 거 아닌가요? 똑같은 거.. 연결시키는 거 연결의 과정. 그건 똑같은 것 같아요. 그런데 과학자는 거기다가 요걸 찾아내는 것 까지 갖고 있는 거죠.

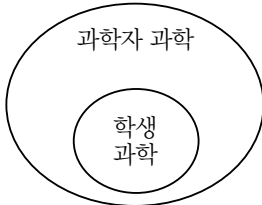


그림 2 학생 과학과 과학자 과학

4. 과학을 잘 이해한 사람으로서 과학 교사

강민 교사는 자신을 “과학을 잘 이해한 사람”으로 표현했다. 중학교 과학 교사로서, 고등학교 지구과학 교사로서 학생들보다 과학 개념들의 의미를 파악하고, 그 개념들 간의 연결과 조합을 잘 하고 있는 사람이라고 생각했다. 그리고 교사가 가르칠 내용을 잘 이해하면 설명의 수준과 폭이 달라질 것이며, 수업 시간에 그 내용을 잘 설명했을 때 가장 즐거운 사람은 바로 “교사” 자신이라고 했다. 이러한 생각은 강민 교사로 하여금 끊임없이 전공 내용을 학습하게 하는 계기를 만들어 주었으며, 내용을 잘 설명하는 지식 추구의 토대를 만들어 주었다.

교사: 뭐 이런 애들 가르치는 정도는 이해해도 그 애들하고 똑같은 순 없잖아요. 그리고, 확실히 좀 더 많이 알면 애들한테 더 설명해 줄 수 있는 게 폭이 다양해 질수 있는 것 같긴 해요. 접근.

연구자: 예를 들어줄 수 있을까요?

교사: 그러니까 뭐 그냥. 내가 잘 모르면 그냥 교과서에 있는 얘기 정도로만 끝나잖아요. 근데 그걸 내가 진짜로 잘 이해하면 설명에 그런 수준이 달라지는 거죠.

교사: 적어도 제가 애들한테 가르쳐주려고 하는 건 요고예요.

연구자: 개념과 개념 사이의 연관.

교사: 네

연구자: 그럼 그게 선생님은 일단은 잘 되고 있는 사람이고.

교사: 그런 거죠.

과학 교사로서 강민 교사는 학생들이 과학을 잘 이해할 수 있었으면 하는 바람을 가지고 있었다. 이러한 바람은 학생들이 “과학을 잘 이해한 사람”으로서 과학 교사인 자신과 같이 되었으면 좋겠다고 표현되었다.

교사: 저는 애들한테 원하는 게 어.. 나처럼 되면 좋을 것 같아요. 나.

연구자: 아.. 선생님이 어떤데?

교사: 그냥 과학을 잘 이해한 사람이죠. 교과서 과학을 잘 이해한 사람 그 애들도 딱 고만쿰만 되길 원하는 거예요 저는. 과학자가 되길 원하는 건 아니고.

학생들이 과학을 잘 이해할 수 있도록 강민 교사가 수업에 들어가기 전에 가르쳐야 할 “핵심 내용”이 무엇인지 파악하고 그 부분을 어떻게 설명할 것인지를 고민한다고 했다. 그리고 수업 시간에는 교사의 설명 위주로 진행되기 때문에 교사가 준비한 내용과 자료에 근거해서 학생들은 따라오는 식으로 진행된다고 했다.

연구자: 수업 들어가기 전에 제일 먼저 뭘 고민하고 뭘 생각하고 그래요?

교사: 그냥.. 오늘.. 배워야 될 내용 하고 핵심? 그리고 어떤 식으로 좀 그러니까 뭐가 좀 중요한 건지. 전체 내용 중에 핵심이 뭔지를 좀 파악한 다음에 그 부분을 어떻게 가르칠 것인지 고민하는 거죠. 어떤 설명이 좋을까. 또는 어떤 자료를 보여주는 게 좋을까.

연구자: 음.. 그러면 그 수업에서 선생님들 반 학생들 하고는 어떤 일들이 일어나? 선생님 하고 사이에서는?

교사: 그냥 내가 설명.. 뭐.. 저의 짜여진 각본대로 아이들이 따라 오는 거죠 뭐. 설명 애들한테 뭐 되게 이렇게 막 정말 이렇게 막 두리뭇술.. 무슨 질문이라고 해야 할까요.. 되게 막 거창한 질문을 해도 결국은 애들이 여기서 뭐 대답

하고 있겠지.. 뭐 대답 나오게 해야지.. 뭐 이 런거죠.

5. 과학을 알아가는 교수학습 과정

앞서 밝혔듯이, 강민 교사는 과학은 과학자가 하는 활동이고 과학적 사고는 과학자가 연구할 때 활성화 되는 사고라고 생각하고 있었다. 또, 학교 과학에서 교사와 학생이 다루는 과학적 사고는 과학자의 사고 방식과는 다른 수준으로 여겼다. 즉, 학생은 과학자의 사고방식을 배워가는 과정에 있는 과학 학습자였으며, 학생이 과학적 사고를 하게끔 도와주는 역할은 교사가 하는 것이었다.

강민 교사의 일상적 과학 수업에서 학생이 과학적 사고를 배우는 과정은 교사의 설명에 의존하는 것이었다. 과학을 잘 이해하고 있는 교사가 개념의 의미를 잘 설명하고, 개념들을 잘 조합하고 연결하여 문제풀이를 해주는 것을 학생이 익히는 과정이 과학적 사고를 습득하는 과정이라는 것이다. 강민 교사의 표현에 따르면, 학교 과학 수업에서 교사가 학생에게 보여주는 과학적 사고는 무엇인지를 설명하는 과정에서, 주요어는 “추론”과 “판단”이었다. 이때, 추론은 알고 있는 것을 조합해서 현상을 설명하는 것을 의미하였으며, 문제 상황에서 알고 있는 것들은 떠올려 연결하고 조합하는 판단 능력이 요구된다는 것이다. 이와 관련된 발췌문은 다음과 같다.

추론? 현상이 있을 때 내가 알고 있는 것을 이렇게 막 조합을 해가지고 그 현상을 설명해 내는 거? 또는 데이터가 있을 때 그것을 막 엮어가지고 무언가를 설명해 내는 거?... 근데 막, 아주 막, 제가 얘기하는 게 고차원적인 능력은 아닌 거 같아요. 고차원적인 사고, 뭐 그런 능력 같진 않고, 그러니까 음, 아까 막 그런 거 생각난다. 분자간의 인력, 뭐, 끓는 점이 높은 거는 뭐.. 분자간의 인력이 강한 물질이고,, 뭐 이런 거 있잖아요. 그런, 심플한 문장 하나를 기억을 했다가 내가 그런 거랑 관련된 문제가 나왔을 때 그 상황에서 그걸 딱 생각해 낸다는 거죠. 그래서 문제를 푸는 거. 이걸 근데 보니까 그렇게 대단한 능력 같진 않아요. 그냥. ... 그러니까.. 익숙해지는 거죠. 이렇게. 이런 문제 접근하는 방식에, 방식을 익숙하게 만들어 주는 거죠. 학생에게.

과학자 과학, 즉 과학적 사고를 신장시킨다는 점에서 강민 교사는 “제가 하는 방식도 괜찮은 방법이라는 거죠”라며, 자신의 수업에 만족을 드러냈다. 강민 교사는 수업에서 학생들에게 개념 간 연결하게 하고 문제 해결 방법을 배워나가게 하는 것에 초점을 둔다고 했다. 즉, 그 초점은 문제 해결을 위한 접근법을 익히는 것이며, 과학자들의 접근과 유사하다는 것이다.

그러니까 제가 수업시간에 애들한테 막 개념 간 연결시키고 이런 것들, 애들이 이런 저, 그, 문제를 해결해가는 그 방법을 배워가는 거. 그런 거죠. 접근하는 방법을 익히는 거 그것도 역시 그것도, 과학자들이 하는 그런 접근과 비슷한 점이. 속하는 부분이 있기 때문에

강민 교사는 자신의 방식대로 기존의 것을 연결시키다 보면 새로운 것을 찾아내는 것까지도 가능하게 된다고 생각했다. 그렇기 때문에 동일한 학교 교육을 받은 학생이라도 누군가는 과학자의 사고 즉, 새로운 조합과 연결의 능력을 갖추게 된다는 것이다. 이것은 과학자가 되기 위해서 혹은 과학자 활동을 경험하기 위한 탐구가 낫설고 새로운 무언가를 의미하는 것이 아니라는 점과 연관되어 있다. 즉, 강민 교사의 과학 수업은 전통적인 방식의 강의식이지만, 개념과 개념을 연결하는 사고 과정을 교사가 시연하고 학생이 그 과정을 받아들이고 문제 해결에 적용하는 과정이기 때문에 과학자 사고를 키울 수 있다는 것이다.

근데 해결되지 않은 것이 여기에 지금 있는데요. 요거 별[그림. 1의 ★] 별... 근데 이걸 하다.. 이렇게.. 기존 것을 이렇게 하다 보면 이런 새로운 것을 찾아내는 것 까지도 가능해 질 것 같아요. 그러니까 아까 제가 얘기 했잖아요. 둘 다 아까 A라는 학생과 B라는 학생이 둘 다 똑같이 학교 교육을 받아왔는데 왜 이 아이는 과학자가 됐을까. 근데 아까 제가 설명했죠. 과학자는 요렇게 새로운 거를 만들어 내는 능력도 있는 애들이다. 그 얘기는 애가 이렇게 새로운 거를 만들어 내는 거를 그냥 처음부터, 태어날 때부터 갖고 태어나지 않은 이상은 어딘가에서 이걸 배워왔다는 거잖아요. 근데 똑같은 교육과정을 밟았다는 것을 생각해 보면 이런 걸 하다보면, 기존 것을 연결시키다 보면은 요런 능력도 부가적으로 얻어질 수

있다는 거죠. 그렇게 따지면 지금 하는 방식도 나쁘지 않다는 거죠. 왜냐면 결국은 그걸 잘한 아이는 그 사고력까지 갈 수 있으니까.

과학 수업에서 강민 교사는 학생들에게 “논리적으로 많이 설명을 하려고 한다”는 것에 초점을 둔다고 했다. 논리적으로 설명한다는 의미는 학생의 이해를 목적으로 한다는 것이다.

그건 개[학생]가 그걸 이해하는 거죠. 이해. 그러니까 최종 목적은 애들이 그걸 이해하게 만드는 건데 내가 막 열심히 논리적으로 설명을 해주면 이해할 수 있겠지

강민 교사는 논리적으로 설명할 때 학생들이 이해하지 못하여 겪었던 어려움을 예로 들었다. ‘기층의 안정도’를 가르칠 때, 교과서에서 다루는 개념은 세 가지 내용으로 압축되었고, 그 중에 두 가지는 문제에 적용하기 쉬운 것이었으나 다른 하나는 학생이 문제에 적용해야 한다고 “판단”해야만 하는 개념이었다. 즉, 대기는 기본적으로 세 가지 내용을 알고 그래프를 해석할 줄 알면 어렵지 않게 이해할 수 있다고 강민 교사는 생각했으나 실제 학생들은 내용을 문제에 적용하는 데 어려움을 겪는 것을 보았다. 이와 관련된 이야기를 하면서, 교사로서 학생들에게 가르쳐 주고 싶은 것은 개념들을 어떻게 서로 연관시키고 적용할 것인지 판단하여 문제를 해결하는 그 경로를 학생들이 경험할 수 있게 하는 것으로 표현되었다. 그리고 그 경로 혹은 과정은 결국 우리가 과학교육에서 지식 생성 과정이라고 부르는 탐구의 본질을 표현한 것으로 해석 가능하다.

교사: 지구과학에서 기층의 안정도라고 판단하는 문제가 있거든요. 이 애들이 이 문제를 진짜 많이 어려워했어요. 이렇게 기온 분포가 있어요. 100m 10도, 200m 20도. 그랬을 때 이 공기층이. 대기가 현재 안정한가 불안정한가를 판단하는 게 있어요. 근데 그게 설명하기 너무 어려운데요... 이게 뭐가 있다면. 이 공기가 예를 들어 10도예요. 그러면 10도 공기가 100m를 올라간다고 해봐요. 여기가 지금 9.5도라고 해봐요. 지표면에 있는 거는 10도인데 이날의

분포가. 100m 올라 갔을 때는 9.5도인 거예요. 근데 단순히 올라갈수록 공기가 온도가 낮아지니까. 불안정하다 그렇게 판단할 수 없는 게 뭐냐면. 이 공기가 이제 100m로 올라가는 거예요. 그러면 이게 건조단열감율이라는 게 있어요. 그래서 100m 올라가면 공기온도가 내려가게 되어있어요. 이게 부피가 팽창하면서. 그래서 100m 올라가면 몇 도가 떨어지냐면 1도가 떨어져요. 그럼 이 공기는 100m 올라가면 몇 도가 되냐면 1도가 떨어지니까 9도가 되는 거예요. 9도가. 그러면 올라가면 주변에 있는 공기들은 9.5도인 거예요. 주변 공기보다 무겁잖아요. 아니 온도가 낮잖아요. 도로 내려와요. 그러니까 결과적으로 이 기층은 안정한 거예요.

연구자: 그런데 애들이 뭘 [이해하지 못하나요?]

교사: 이 건조단열 곡선이 있어요. 이게. 맨 처음엔 이렇게 설명을 했어요. 애들아 봐봐. 이 공기가 100m 올라가면은 9도가 되잖아. 그러면 주변 공기보다 온도가 낮으니까 무거워서 밑으로 내려와, 근데 이 애들은 이해가 안되는 거예요. 그러니까 설명을 하나하나 더 해야 하는 거예요. 이거의 의미까지. 날마다. 오늘은 온도가 10도인데 어제는 5도일수가 있잖아. 날마다 온도가 다르지? 그러면 애들이 네 그래요. 거 봐 온도가 날마다 다르잖아. 오늘은 이런 거야 온도분포가. 오늘은 온도분포가 이래. 내일은 다를 수 있다. 내일은 이럴 수 있지. 오늘은 이래. 오늘은. 그럼 오늘은 기층이 안정할까 불안정할까? 라고 얘기하는 거예요. 그러니까 그 전에는 하지 않았던 얘기를 더 하는 거죠.

연구자: 그래도 [학생들이] 못 알아 들어요.

교사: 그럼 또 다른 식으로 계속 설명하는 거예요. 그러면서 아 애들은 그래프가 안 되는구나. 판단하는 거예요. 애들이 그래프에 익숙하지 않아서 그러는구나. 그럼 이제는 그냥 공기. 여기 공기가 이제 10도야. 여기는 공기가 10도고, 여기는 100m 올라갔을 때가 9.5도야. 근데 이제 이 공기가 100m 올라간다고 해보자. 그러면 몇 도가 되게 그러면 애들은 알아요. 이걸 알거든요. 애들은 이걸 알아 이걸. 그럼 9도요! 그래. 그러면 봐 바 주변공기랑 비교하니까 이 공기는 어때 온도가 더 낮잖아. 그러

면 애는 다시 내려오는 거야. 그러면 안정일까 불안정일까? 뭐 이렇게 얘기하는 거죠. 이렇게도 설명했다가. 그래서 야. 오늘은 지표면의 기온이 10도고 그 다음에 100m 올라갔을 때 공기는 9.5도고 요고를 그래프로 그려놓은 게 이거야. 요고를 그래프로 그려놓으면 이렇게 되는 거야. 그리고 우리는 이제 판단하는 거지. 100m 올라가면 몇 도가 된다고? 9도. 이 9도가 이렇게 되는 거라고. 그러면 공기온도가 이렇게 무거우니까, 낮으니까. 내려가. 이렇게 다양하게 설명을 하는 거죠. 그래도 이해를 못하는 거예요.

연구자: 뭐가 원인인거예요?

교사: 기본적으로 몇 개를 알[아야 해요]. 그래프를 해석할 줄 알고, 이 건조단열을 100m당 1도를 알고, 주변보다 온도가 낮으면 내려간다. 이거 세 개만 알면 되는 건데도 오히려 이거를 더 어려워하는 거지 애들이... 근데 여긴 오히려 내가 제시해 줄게 몇 개 안되요. 그럼 이제 나머지는 요거 세 개를 가지고 이제 막 엮어서 생각하는 거잖아요. 판단하는 거잖아요. 근데 그 판단하는 거를 눈으로 보여줄 수 없다는 거죠. 그러면서 제가 막 이렇게도 설명하고 저렇게도 설명하지만 여전히 애들은 오리무중인거죠. 음. 내 머릿속에서 이런 것들을 막 엮어내는 그런 거 있잖아요. 요 세계를 막 이렇게 엮고 저렇게 엮고 이 엮는 거는 내 머릿속에 있는데 애들한테도 그걸 보여주고 싶은데 그 길을. 그걸 잘 안 보여지는 거죠. 내 설명으로는. [그 이유는] 고 과정은 제 머릿속에 있으니까... 좀 뭐, 말을 잘하고 있는 건가 모르겠네요. 과학은 요게 가까운 거죠... 요걸 키워주고 싶은 거죠...

연구자: 서로 서로 연결시키는 거

교사: 네

이상의 다섯 개 범주로 나누어 강민 교사의 과학 및 과학 교수학습에 대한 인식론적 이해를 살펴보았다. 강민 교사의 인식론적 이해는 탐구의 본질인 '과학적 사고'라는 개념 축으로 살펴볼 수 있었다. 강민 교사에게 있어서, 과학자는 학교 교육과 그 외의 교육과 경험을 통해 과학적 사고를 잘 하는 사람이었고, 학생

은 과학적 사고를 배워가는 과정에 있는 사람이었다. 과학적 사고를 잘 한다는 것은 문제해결을 위해 개념간의 연결과 조합 및 판단을 정확하고 적절하게 하는 과정이며, 학교 과학은 학생들이 과학적 사고를 잘 할 수 있도록 가르치는 과정으로 이해되었다. 따라서 교사는 과학을 잘 이해한 사람으로서, 학생들이 과학적 사고를 잘 할 수 있도록 개념을 잘 설명해 주고, 개념들 간의 연관성을 보여주며, 문제해결을 위해 개념을 어떻게 연결하고 조합하고 판단해야 하는지를 학생들이 따라할 수 있도록 보여줄 수 있어야 하는 사람이었다.

결과에서 살펴본 것처럼, 강민 교사의 과학에 대한 인식론적 이해와 과학 교수학습에 대한 인식론적 이해는 정합성있게 드러났다. 예를 들어, 과학적 사고는 여러 범주에서 같은 의미로 표현되었고, 과학적 사고가 과학 교수학습에서 어떻게 다루어져야 하는지도 동일한 의미로 사용되었다. 그리고 강민 교사의 인식론적 이해는 과학 수업에서 일관성있게 드러났다. 교사의 발화는 주로 학생들에 수업의 목표 내용을 어떻게 이해해야 하는가를 설명하는 데 집중되었으며, 교사가 직접 작성한 수업 자료를 배포하고 그 자료를 중심으로 내용이 전개되었다. 이러한 수업 장면은 강민 교사의 일상적인 것으로 여러 차례의 면담에서 밝힌 자신의 수업 즉, 인식론과 관련하여 표현한 교수실행의 주안점 및 특징과 일관된 것이었다.

강민 교사의 수업은 본인이 인식한 대로 교사주도적인 설명식이었다. 강민 교사의 수업을 관찰했을 때, 교사는 수업 시간의 대부분을 교과 내용의 설명하고 문제를 푸는 데 할애하고 있었다. 교사는 과학 내용을 꼼꼼히 짚어주고, 개념들 간의 연관성을 여러 가지 방식으로 설명하고, 문제를 푸는 식으로 수업을 진행하였다. 강민 교사에게 있어서 자신의 설명을 학생들에게 전달하는 것은 수업의 전부인 것 같았다. 교사의 설명은 과학 수업의 목표가 되는 현상과 개념을 어떤 식으로 생각해야 하는가에 초점이 있었으며, 그 목표를 위해 필요한 자료는 유인물, 판서, 사진, 시뮬레이션 등 다양한 모드로 제공되었다. 특히, 문제를 풀 때 적용할 개념을 어떤 것인지를 찾고, 왜 그 개념을 적용해야 하는지에 초점을 두고 설명을 하였다.

이처럼 교사의 설명은 학생들의 이해가 목표였지만 학생의 목소리는 수업 전면에 드러나지 않았다. 교사의 설명 중간에 학생이 질문을 할 경우에, 교사는 "이 설명이 끝난 다음에 네 질문을 듣자"라고 하면서 자신

의 설명을 지속하였다. 이처럼 교사가 설명 중에 학생의 질문을 받지 않는 것은 단순히 학생의 질문이 가치가 없다고 판단해서가 아니었다. 교사는 자신의 설명이 다 끝난 다음에 학생들의 질문을 받았고 그에 대한 응답을 하였기 때문이다. 간혹 강민 교사는 자신의 설명이나 문제 풀이 과정을 잘 이해했는지를 학생들에게 묻곤 했다. 학생들은 가끔 “조금씩 헷갈리는 게 있다”고 하였고, 강민 교사는 경우에 따라 다음 내용으로 넘어가거나 해당 내용을 다시 설명을 시도하거나 하였다. 그 경계에는 학생이 어느 부분에서 이해가 안 되는지를 파악하기 보다는 교사 스스로 설명이 충분한지 불충분한지에 있는 듯 했다.

강민 교사의 과학 수업이 교사주도적 설명의 특징을 갖는 것은 과학이라는 학문적 도구로 자연현상에 대해 알아가는 즐거움을 갖는 개인적 배경과도 연관이 있는 것으로 해석된다. 강민 교사는 과학 교수학습 전략 보다는 내용학에 더 관심이 있었으며, 연구가 시작되기 직전까지도 과학교사모임을 통해 전공에 대한 심화 내용을 꾸준히 공부하고 있었다. 최근에는 교수학습 전략에도 관심을 갖게 되었지만, 여전히 강민 교사는 자신이 공부한 방식처럼 학생들이 학습하기를 원했다. 따라서 강민 교사에게 있어서 과학 교수학습에서 교사의 역할은 개념을 설명해 주는 역할을 함과 동시에, 학생의 사고를 촉진시키기 위해 자신의 사고 과정을 재현해 주는 역할이 핵심이 되고 있었다.

그러나 강민 교사는 문제를 잘 해결하기 위해 관련 개념들을 찾고 조합하는 과정을 교사가 제시하는 데는 한계가 있으며 학생의 노력이 필요하다는 인식을 갖고 있었다. 그 과정에서 활성화되는 사고방식은 선언적 지식을 토대로 한 과정적 지식에 해당된다고 할 수 있다. 과정적 지식은 교사가 여러 가지 방식의 문제를 제시하고, 문제의 패턴에 따라 개념들을 적절하게 적용하는 방식을 보여주는 것을 학생이 받아들이면서 획득할 수 있다. 하지만, 결국 교사가 없는 상황에서 학생은 문제를 해결해낼 수 있어야 한다. 그 능력을 가지려면 학생은 자신이 가진 정보 중에서 특정 정보를 조합하고 연결하여 문제를 해결하는 과정, 그 과정을 스스로 깨우치는 차원에 도달해야 한다는 것이다. 그 능력을 키워주기 위해 교사가 어떻게 해야 하는가는 연구 당시에 강민 교사의 고민거리로 남아 있었다.

IV. 결론 및 논의

이 연구는 과학교사의 전문성 신장을 위한 지식기반의 일부로서 과학 교사의 과학 및 과학교수학습에 대한 인식론적 이해를 탐색한 것이다. 구체적으로 과학이 포괄하는 지식과 탐구에 대한 인식론을 ‘강민’ 과학 교사가 과학을 가르치는 것과 어떻게 연관하여 이해하고 있는가를 살펴보았다. 따라서 연구의 결과는 강민 교사의 명시적 지식 뿐 아니라 교수활동 경험을 통해 체화된 묵시적인 신념으로서, 교수학습 실행과 일관성을 지닌 인식론적 이해를 다루었다.

강민 교사의 사례를 통하여 도출된 논의점과 시사점은 크게 두 가지로 살펴볼 수 있다. 첫째, 교사의 체화된 지식이나 신념을 통해 볼 때, 교사주도적인 강의식 수업에서 탐구는 어떤 구인으로 그리고 어떤 과정으로 존재하는가이다. 이 논의를 통해, 수업의 양태를 넘어서 탐구의 본질적 의미를 지식 생성 과정으로서 재고하고 확장해보고자 한다. 강민 교사의 인식론적 이해를 담은 이야기는 강의 위주의 수업을 운영하는 과학교사가 교수실행의 경험을 통해 체화한 지식의 표현이었다. 대부분의 과학 교사들이 과학 수업에서 과학의 본성이나 탐구의 본질을 다루는 것에 대해 거의 고려하지 못하는 것과 마찬가지로, 강민 교사의 과학 수업에서도 탐구는 명시적으로 자리 잡고 있지 않았다. 강민 교사의 과학 교수실행에서 주안점은 교과 의 핵심 내용을 중심으로 논리적으로 잘 조직해 설명하는 데 있었다. 이 방식은 일상적인 교수실행에서 다수의 과학 교사들에게 익숙한 방식이다. 따라서 강민 교사가 과학을 가르치는 것과 관련하여 과학에 대한, 그리고 과학 교수학습에 대해 지닌 인식론적 측면은 매우 개인적이고 묵시적인 지식 혹은 신념으로 자리하고 있었다. 강민 교사의 인식론적 이해의 범주나 내용은 교사 개인 특유의 언어적 표현으로 구성되었다.

강민 교사의 인식론적 이해로 나타난 개인 특유의 언어적 표현의 의미는 탐구의 본질을 반영하고 있었다. 과학 지식 생성으로서의 탐구 과정의 특징 중 하나는 문제를 해결하기 위해 여러 가지 증거를 토대로 설명을 구성하고, 그 과정에서 기존의 지식과 일관성을 갖는지를 점검하는 데 있다. 강민 교사의 면담 내용으로부터 우리는 과학 수업에서 교사가 과학 개념을 설명하거나 문제를 해결할 때 탐구의 본질을 내포하고 있음을 해석할 수 있었다. 강민 교사는 개념을

설명할 때 그 개념의 의미를 이해하는 데 초점을 두고, 문제를 해결할 때는 알고 있는 개념들 중에서 어떤 개념을 사용할 것인지를 “판단”하고 개념들을 “연결”하는 과정이 중요하다고 보았다. 강민 교사가 탐구를 직접 정의 내리지는 않았지만, 이 개념 설명 과정이 탐구의 본질을 반영하는 것으로 해석해 볼 수 있다. 그러나 교사의 설명주도적인 수업에서 탐구 과정은 전적으로 교사에 의해서 재현되는 것으로 나타났다. 개념 설명이나 문제 풀이 과정은 주로 교사가 학생들에게 시연하는 형태로 이루어졌으며, 그 과정은 교사 주도의 과학 지식 생성 과정을 표현하는 것이 되었기 때문이다.

또한, 강민 교사의 문제 풀이 과정에 대한 설명을 토대로 교사가 재현하는 탐구 과정의 수준에 대해 생각해 볼 수 있었다. 교사가 문제 풀이를 할 때 사용할 개념을 판단하고 개념들을 적절히 연결하는 과정은 교사가 학생들에게 제공하는 설명으로 표현된다. 교사가 머리 속에 있는 개념의 의미나 문제 해결 과정을 학생에게 언어로 제시하는 과정은 과학자가 문제를 해결하는 과정과 닮아 있다. 이때 문제 풀이는 두 가지 수준으로 나누어 볼 수 있는데, 하나는 전형적인 문제 풀이 과정으로 여러 개의 유사한 문제를 푸는 연습 과정이고, 다른 하나는 문제 해결 패턴으로는 해결할 수 없는 새로운 패턴의 문제 풀이에서 새로운 개념을 적용하거나 또는 개념의 조합을 달리하는 시도를 하는 과정이다. 전자의 과정에서 교사는 과학 개념들을 설명하고 그 개념들을 조합하여 문제에 적용하는데 학생들은 그 적용 패턴을 습득하는 것이 중요하다. 즉, 전자의 과정은 과학자들이 정상 과학에서 문제 풀이하는 과정과 닮아 있다. 후자의 과정에는 기존의 사고방식과 다른 새로운 사고방식 즉, 개념의 새로운 조합이나 다른 학문의 지식을 끌어오는 등의 창의력이 요구된다. 후자의 과정은 과학자들이 종종 경험하는 새로운 상황 즉, 변칙사례의 출현이나 혹은 기존의 지식으로 해결되지 않는 문제 해결 과정과 유사하다. 마찬가지로, 이 경우에 과학자들은 상상력과 창의력을 발휘해야 하는 것이다.

둘째, 과학 지식 생성 과정으로서 탐구에 대한 과학 교사의 인식론적 이해는 과학 교사의 전문성 신장을 위해 중요하게 다루어야 하며, 그 출발은 교사 개인 특유의 언어적 표현과 과학교육학에서 사용되는 개념과의 대응으로부터 시작되어야 할 것이다. 과학 교사

의 전문성이 자기발견적(heuristic)으로 신장되기 위해서는 자신의 교수실행을 대면하고, 교수실행에 대한 자신의 신념을 드러내고, 변화 지점을 인지하고, 반성적 사고와 개선 노력을 통해 변화를 피어야 한다. 그렇다면, 교수실행에 대한 교사 자신의 언어와 이해로부터 교육적으로 정교화되고 바람직한 언어와 이해로 발전시킬 수 있는 기회를 가져야 할 것이다. 교수실행에 대하여 교육적 언어와 이해를 갖는다는 것은 교사가 자신의 교수실행에 대한 반성적 고찰을 이론적 토대 위에서 변증법적으로 발전시켜야 한다는 의미이다. 즉, 교사의 교수실행에 대한 실천적 지식이 개인적 언어의 형태를 갖고 있더라도 그 의미를 공식적 용어와 대응함으로써, 교사가 교수실행의 경험을 통해 형성해 온 실천적 지식의 가치를 높이고 발전의 틀로 만들어 갈 수 있도록 해야 하기 때문이다.

앞서 언급했듯이, 강민 교사의 설명은 단순히 교과서의 내용을 전달하는데 그치지 않고 자신의 사고 과정을 반영하고 있으며 그 과정을 학생이 배우기를 바라는 교육의 목표를 갖고 있었다. 강민 교사가 대학이나 대학원에서 과학의 본질인 탐구를 접했음에도 불구하고 자신의 수업과 연결하지 않고 있었다. 다수의 교사들이 그렇듯이, 강민 교사의 경우에도 탐구는 설명주도적인 강의식 수업과는 거리가 먼 것으로 여기고 있었던 것이다. 그러나 강민 교사의 면담 내용과 수업실행을 통해, 과학 지식의 생성과정으로서의 탐구의 본질인 개념의 연결과 조합을 만드는 다양한 수준의 논의과정을 무의식적으로 자신의 설명 방식에 구현하고 있음을 볼 수 있었다. 과학교사가 수업에서 과학의 과정을 재현할 때 학생들은 그 과정의 본질적 측면을 보고 익히게 될 것이다. 이러한 점을 감안할 때, 과학수업에서 교사주도적인 설명에 어떤 과학의 인식론을 잠재하고 있는지를 포함하여 과학수업에 실재하는 인식론적 특징에 대한 교사 자신의 자각이 필요하다. 교사의 자각을 토대로 교사와 연구자가 협력하여 실제적 인식론의 정교화를 위한 노력이 교사 전문성 신장의 중심으로 지속되어야 할 것이다.

국문 요약

이 연구의 목적은 과학교육의 목표인 과학 지식과 지식 생성 과정으로서의 탐구 관점에서, 과학 교사가 지닌 과학 및 과학 교수학습에 대한 인식론적 이해를

탐색하는 것이었다. 세 명의 현직 과학 교사가 연구에 참여하였고, 개별 심층 면담과 수업 녹화를 통해 자료가 수집되었다. 연구 결과로서, 자료의 정합성과 일관성을 보여준 한 과학 교사의 사례를 보고하였다. 연구 결과는 과학 및 과학 교수학습의 인식론적 이해로서, '과학적 사고를 통해 과학을 수행하는 과학자', '앞의 과정으로서 과학적 사고', '과학적 사고를 배우는 과학 학습자', '과학을 잘 이해한 사람으로서 과학 교사', '과학을 알아가는 교수학습 과정'의 다섯 개 범주로 구성되었다. 이상의 연구 결과는 전통적 강의 수업을 하는 중등 과학 교사가 체화한 지식으로서, 과학 지식 및 지식 생성 과정으로서의 탐구를 교수학습 측면에서 조명되었다. 연구 결과를 토대로, 과학 교육 및 과학 교사 교육에 관한 논의와 시사점을 제시하였다.

감사의 글

본 연구에 참여하여 자신의 이야기를 진솔하게 나누어 준 연구 참여 교사들께 진심으로 감사드립니다.

참고 문헌

- 박영순 (2006). 중등과학교사들이 말하는 교과교육학지식의 의미와 교직 전문성 제고 방안. *한국과학교육학회지*, 26(4), 527-536.
- 김미경, 김희백 (2008). 개방적 참탐구 활동에서 학생들의 과학의 본성에 대한 이해에 영향을 미치는 요인 탐색. *한국과학교육학회지*, 28(6), 565-578.
- 노태희, 김영희, 한수진, 강석진 (2002). 과학의 본성에 대한 초등학생들의 견해. *한국과학교육학회지*, 22(4), 882-891.
- 우중옥, 소원주 (1995). 과학인식론의 일부 주제에 대한 고등학생들의 견해. *한국과학교육학회지*, 15(3), 349-362.
- 심재호, 신명경, 이선경 (2010). 2007 개정 과학과 교육과정의 주요 내용의 실행에 관한 현직 과학 교사의 인식. *한국과학교육학회지*, 30(1), 140-156.
- 이선경, 오필석, 김혜리, 이경호, 김찬중, 김희백 (2009). 과학 교사의 교수내용지식과 실천적 지식에 관한 연구 관점 고찰. *한국교원교육연구*, 26(1), 27-57.
- 정득실, 김찬중, 이선경, 오필석, 맹승호, 정애란 (2007). 구성주의적 수업을 위한 워크숍에 참여한 중등 과학 교사의 교수 지향과 수업 실행. *한국과학교육학회지*, 27(5), 432-446.
- 한혜진, 이선경, 김찬중, 이경호, 김희백, 오필석, 맹승호 (2009). 생애사적 접근을 통한 과학교사의 교수실행 변화과정에 관한 사례연구. *한국과학교육학회지*, 29(1), 22-42.
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86(2), 175-219.
- Haefner, L. A. & Zembal-Saul, C. (2004). Learning by doing? Prospective elementary teachers' developing understandings of scientific inquiry and science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 26(13), 1653-1674.
- Kang, N.-H. (2007). Elementary teachers' epistemological and ontological understanding of teaching for conceptual learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(9), 1292-1317.
- Lakin, S., & Wellington, J. (1994). Who will teach the 'nature of science'? Teachers' views of science and their implications for science education. *International Journal of Science Education*, 16(2), 175-190.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Broko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education* (pp. 95-132). Netherlands: Kluwer Academic Publisher.
- Méheut, M. & Psillos, D. (2004). Teaching-learning sequences: Aims and tools for science

education research, *International Journal of Science Education*, 26(5), 515-535.

National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington, D.C.: National Academy Press.

National Research Council (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. National Academy Press, Washington, DC, USA.

Nott, M., & Wellington, J. (1996). Probing teachers' views of the nature of science: How should we do it and where should we be looking? In G. Welford, J. Osborne, & P. Scott (Eds.), *Research in science education in Europe*. London: Falmer.

Park, S. (2007). Teacher efficacy as an affective affiliate of pedagogical content knowledge. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 27(8), 743-754.

Schwartz, R. S., Lederman, N. G., & Crawford, B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, 88(4), 610-645.

Tasi, C.-C. (2002). Nested epistemologies: Science teachers' beliefs of teaching, learning and science. *International Journal of Science Education*, 24(8), 771-783.

Tsai, C.-C., & Liu, S.-Y. (2005). Developing

a multi-dimensional instrument for assessing students' epistemological views toward science. *International Journal of Science Education*, 27(13), 1621-1638.

Van Driel, J. H., Verloop, N., & De Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673-695.

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.

Waters-Adams, S. (2006). The Relationship between understanding of the nature of science and practice: The influence of teachers' beliefs about education, teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 28(8), 919-944.

Zeidler, D. L. & Lederman, N. G. (1989). The effects of teachers' language on students' conceptions of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(7), 771-783.

Zemal-Saul, C., Blumenfeld, P.C., & Krajcik, J.S. (2000). The influence of guided cycles of planning, teaching and reflection on prospective elementary teachers' content representations. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(4), 318-339.