

나는 왜 그렇게 대처하였는가?: 초등 과학실험 수업 중 발생한 불일치 상황에서의 교사의 대처

박지선 · 장진아 · 송진웅
(서울대학교)

Why did I Cope with so?: A Teacher's Strategy to Cope with Anomalous Situations in Primary Practical Science Lessons

Park, Jisun · Chang, Jina · Song, Jinwoong
(Seoul National University)

ABSTRACT

This study explores how a teacher copes with anomalous situation in primary practical science lesson and what factors affect teacher's strategy to cope with anomalous situations. The method of auto-ethnography was used in order to capture the inner experience of the individual teacher. For this, one of the researchers participated in this study as the teacher participant. Two science lessons that the researcher taught as a teacher were observed by a co-author and video-recorded. However, only one lesson which the teacher experienced the anomalous situation was analyzed. After the lesson, self-interviews were conducted with the co-author. Also the researcher wrote four reflective journals about anomalous situations that she experienced. What has emerged in this study is that anomalous situations were experienced by the teacher while students were doing practical work and while students were presenting their results of practical work. As each anomalous situation was experienced in different contexts, the strategies that the teacher used were different and were affected not only by the personal epistemological belief but also by the socio-cultural context that the teacher was surrounded by. This study has implications to help teachers who have difficulties in coping with anomalous situations.

Key words : anomalous situation, socio-cultural context, primary practical work, teacher's strategy

I. 들어가며

과학이 다른 교과와 가장 구별되는 특징은 '실험'을 포함하고 있다는 점이다(Wellington, 1998). 학교 과학 실험은 학생들의 흥미를 증진시키고, 현상을 구체화하여 이해를 돕는다는 측면에서 중시되어 왔지만 다른 한편으로는 실제 과학자들의 활동이나 과학의 본성을 충분히 반영하지 못하고 있다는 점에서 비판을 받고 있기도 하다(Lawson *et al.*, 1999; Yang *et al.*, 2006). 그럼에도 불구하고, 여전히 실험은 과학 지식과 탐구 과정의 이해를 돕는다

는 측면에서 과학에서 핵심적인 위치를 차지하고 있다(Abrahams & Millar, 2008).

교사들은 학교 과학 수업에서 실험이 차지하는 위상만큼이나 실험에 대한 부담감과 어려움을 호소한다. Lee *et al.*(2007)의 연구에 따르면 과학 수업에서 과학 지식이나 개념과 관련된 어려움보다도 실험 실습과 관련된 어려움이 2배 이상 많았다. 그 중에서도 가장 많은 것은 '실험 결과가 기존 이론 또는 교사의 예상과 다르게 나온 경우(이하 불일치 상황)'이었다. Yoon(2008)은 교사라면 불일치 상황을 한번쯤 느껴봤음직한 공동의 문제로 지적하였다.

이와 같이 학교 과학 수업에서 빈번히 일어나고 있는 불일치 상황에 대한 어려움의 호소에도 불구하고, 이를 본격적으로 다룬 연구들은 많지 않다. 불일치 상황에 대한 지금까지의 연구들은 크게 교사 딜레마 연구와 과학의 본성에 대한 인식 조사 연구로 나뉠 수 있다. 교사 딜레마 연구에서는 과학 수업이나 과학 실험 수업에서 교사가 겪는 어려움에 대한 전체적인 특징과 그 유형을 탐색하는 가운데 ‘불일치 상황’을 부분적으로 다루고 있다(Lee *et al.*, 2007; Yoon, 2004; Yoon, 2008). 과학의 본성 연구에서는 불일치 상황을 구체적인 맥락으로 제시하여 이에 대한 대처를 통해 교사나 학생이 가지고 있는 과학에 대한 관점 또는 과학의 본성에 대한 인식을 조사하고자 하였다(Han *et al.*, 2011; Jho & Song, 2011; Kang & Jang, 2012; Kwon *et al.*, 2009; Nott & Wellington, 1995).

위의 연구들은 공통적으로 불일치 상황이 과학 교육 연구에서 주목해야 할 문제이며, 불일치 상황에 대한 교사의 대처가 중요함을 지적하고 있다. 교사들은 역동적이고 복잡한 수업 상황에서 불일치 상황을 마주하게 된다. 그렇기 때문에 교사의 대처에는 교사의 인식론적 신념 이외의 다양한 요소가 영향을 미칠 수 있다. 그러므로 실제 수업 관찰을 통해 교사의 인식론적 신념 이외에 상황적 요소가 어떻게 교사의 대처에 영향을 미치는지 살펴보는 것은 매우 중요하다.

본 연구에서는 실제 수업에서 발생하는 불일치 상황을 다루되, 자문화기술지(auto-ethnography)의 형식을 취하여 연구자 자신이 경험한 불일치 상황을 통해 불일치 상황에 어떻게 대처하였으며, 왜 그렇게 대처하였는지를 알아보려 한다. 기존의 연구에서도 확인할 수 있듯이, 불일치 상황은 교사들에게 대체로 부정적으로 인식되고 있다. 이처럼 부정적인 상황으로 인식되고 있는 현상에 대한 질적 연구를 실시할 경우, 연구 참여자가 이에 대해 질책을 당한다는 느낌이 들 수 있을 수 있으며, 솔직한 내면적 성찰 과정을 알아내는 데 어려움을 겪을 수 있다. 이에 연구자 자신이 연구 참여자가 되어 자신의 경험을 탐구하는 자문화기술지의 연구 방법을 사용함으로써 위에서 언급한 어려움을 극복하고, 교사가 불일치 상황에 직면하였을 때 겪을 수 있는 내적 과정을 심층적으로 탐구하고자 하였다. 또한 본 연구의 결과를 제시할 때, 필자를 ‘연구자’

라고 칭하지 않고, ‘나’라는 1인칭 주어를 사용하여 연구 결과를 서술하였다. 이를 통해 연구자이자 연구 참여자가 경험한 것을 생생하게 전달하고, 독자로 하여금 공감을 불러일으킬 수 있는 글쓰기를 하고자 하였다. 이러한 시도는 과학교육 논문에서는 흔하지 않으나, Oh(2013)와 Han(2012)의 연구에서도 일부 찾아볼 수 있다.

II. 연구 방법

1. 자문화기술지

본 연구는 연구자 자신이 연구 참여자가 되어 자신의 삶과 경험을 탐구하는 자문화기술지의 형식을 따른다. 자문화기술지는 “자기(self)와 타자(others) 간의 공유된 문화적 맥락을 자기의 경험을 중심으로 밝혀내는 방식”으로 독자의 공감과 이해를 불러일으킬 수 있는 효과적인 연구 방법이다(Kim, 2015). 이는 끊임없는 자아 성찰의 과정을 거치면서 문화적 실천 속에서 종종 간과되기 쉬운 이슈에 대한 통찰을 제공하기도 한다(Kim & Lee, 2011).

자문화기술지는 단순한 개인의 이야기를 서술하는 문학적 성격을 띤 자서전과는 달리, 개인의 경험에서 시작하여 이론적 논의를 거치는 질적 연구의 한 방법이다(Kim, 2015). 자문화기술지의 유형은 크게 세 가지로 구분된다(Reed-Danahay, 1997). 특정 집단의 소수자로서의 경험을 다루는 소수자 문화기술지(minority ethnography), 연구과정에서 발생하는 연구자의 경험과 성찰을 강조하는 성찰적 문화기술지(reflective ethnography), 개인적인 삶을 사회문화적 맥락에서 분석하는 자전적 문화기술지(auto-biographic ethnography)가 있다. 본 연구는 초등 교사인 연구자가 직접 과학 실험 수업을 하면서 경험하게 되는 불일치 상황에 대한 성찰을 다룬 성찰적 문화기술지에 해당한다. 자문화기술지를 쓰는 방식은 기술적-사실적 글쓰기(descriptive realistic writing), 고백적-감성적 글쓰기(confessional-emotive writing), 분석적-해석적 글쓰기(analytical-interpretive writing)로 구분된다(Chang, 2008). 본 연구는 개인적인 경험을 이론적 틀에 기초하여 분석 및 해석하고, 글을 쓰는 방식인 분석적-해석적 글쓰기를 시도하였다.

2. 연구 참여자

연구 참여자는 본 연구의 주 연구자로서 초등교사인 동시에 과학교육을 연구하는 박사과정 학생이다. 본 연구의 자료를 수집할 당시 8년차 교사로 서울의 한 초등학교에서 과학 수업 전담교사로 재직 중이었다. 본 연구자는 질적 연구 방법론 수업을 수강하면서 본인의 수업을 녹화 후 관찰하고, 이에 대한 성찰을 하는 과제를 수행하였다.

본 연구 참여자는 교사로서, 학생들이 과학 수업에서 과학 개념을 학습을 하는 것도 중요하지만, 과학적 사고를 경험하는 것이 더 중요하다고 생각하였다. 그러나 이상과 현실에는 간극이 존재하며, 현실을 무시하고 이상만을 추구할 만큼 용감하지 못하다고 스스로를 평가하였다. 예를 들어 과학 개념 학습이 평가와 직결되기 때문에 과학 개념 학습을 소홀히 할 수 없으며, 이상을 실천하기 위한 교육과정을 새로 구성하기보다는 주어진 교육과정 또는 교과서에 의존하는 수업을 하고 있다고 하였다. 교과서에서 제시한 실험을 하면서 과학 개념 학습뿐 아니라, 과학적 사고를 경험하도록 하고 싶어 하였다.

본 연구 참여자는 앞서 언급한 것처럼 초등 교사인 동시에 박사과정 학생이다. 본 연구가 진행될 당시, 연구 참여자는 초등 과학 실험에서의 학생들의 학습에 연구 관심을 두고 연구 주제를 탐색하던 과정에 있었다. 이러한 과정에서 본인이 초등 교사로서 과학 실험 수업을 하던 중에 경험한 불일치 상황에 관심을 갖고, 이에 대한 성찰을 하게 되었다.

3. 연구 자료 수집 및 분석

연구자는 대학원에서 질적 연구 방법론을 수강하면서 본인의 5학년 과학 수업을 두 차례 녹화하였으며, 연구자로서 갖고 있는 연구 관심사를 초점으로 나의 수업을 분석하는 글쓰기를 하였다. 불일치 상황이라는 연구 관심사를 가지고 있었던 연구자는 교사로서 불일치 상황에 직면하였던 5학년 1학기 전기회로 단원의 수업 한 차시를 연구대상으로 삼았다.

본 연구에서 수집한 자료는 자기관찰 자료와 일반적인 참여관찰 자료, 자기 인터뷰 자료로 구성된다. 자기관찰 자료란 자문화기술지의 대표적인 자료 수집 방법으로 일련의 사건을 객관적으로 기술하는 것이 아니라, 연구자 내면의 변화에 대한 자기 관찰을 담은 자료를 의미한다. 자기관찰 자료는 연구자의 주관적 판단을 기술한 자료이므로 신뢰

하기 어렵다는 비판이 있을 수 있으나, 일반적인 참여관찰로는 밝혀내기 어려운 참여자의 내적 변화를 심층적으로 담아낼 수 있다는 장점이 있다. 일반적인 참여관찰 자료란 일련의 사건을 관찰자 입장에서 관찰하고 기록한 것을 말한다. 이 연구에서는 불일치 상황이 발생한 수업 한 차시를 전사한 자료가 일반적인 참여관찰 자료에 해당한다. 이러한 참여 관찰 자료는 자기관찰 자료의 신빙성을 확인하는 삼각검증 자료로 활용되었다. 자기 인터뷰 자료는 연구자 자신을 대상으로 인터뷰한 자료를 뜻한다. 본 연구에서는 공동 연구자 중 한 명이 연구자를 인터뷰하는 형식으로 진행되었다. 자신에 대한 인터뷰를 통해 자신의 기억을 자극하고, 자기 관찰 자료에서 표현되지 못한 정보를 획득할 수도 있으며, 기억 자료로 부터의 정당성을 확보할 수도 있다(Kim & Lee, 2011).

한 차시 분량의 수업 전사 자료와 연구자가 작성한 4개의 자기관찰 자료, 자기 인터뷰 전사 자료를 대상으로 불일치 상황에 대한 연구자의 대처방식과 이에 영향을 준 요인을 찾기 위하여 내용을 범주화하였다. 범주화된 내용을 다시 상위범주로 묶고, 상위 범주에 해당하는 내용들을 추가적으로 발견하기 위하여 다시 전사본과 관찰 영상을 반복 관찰하였다. 이처럼 귀납적인 접근에서 자료 분석을 시작하여 연역적인 방법으로 이동하였다가, 다시 귀납적으로 돌아가는 ‘지속적 비교 분석 기법’을 통해 자료를 분석하였다. 귀납적인 접근에서 자료 분석을 시작할 때, 연구 참여자의 실제적인 언어를 직접 사용하여 코딩하는 방식(in-vivo coding)을 사용함으로써 참여자의 목소리에 가치를 두고자 노력하였다.

예를 들어 다음은 교사의 대처 방식에 영향을 준 요인에 대한 범주화 예시로서 아래의 교사 담화들은 ‘시간 부족’이라고 범주화 되었다. 자기 관찰 자료 이외에 자기 인터뷰 자료, 일반적인 참여 관찰 자료를 다양하게 활용하여 범주화 하였다.

[자기 관찰 자료]

시간이 없어서 내가 나서서 해결해 줄 수밖에 없었음.
→ 하위 코딩: ‘시간이 없어서’ 해결해줌
→ 중(상)위 코딩: 시간 부족

[자기 인터뷰 자료]

정대 시간이 부족하고, 그 수업 시간 이외에 다른 반이

(과학실에) 또 들어오기 때문에.

- 하위 코딩: 다른 반이 옴으로 '시간의 부족'
- 중(상)위 코딩: 시간 부족

[일반적인 참여 관찰 자료]

- 1) 교사: “너네 뭐하고 있어? 각자 도와줘야 빨리 할 것 같은데?”
 - 하위 코딩: ‘빨리’해야 함
 - 중(상)위 코딩: 시간 부족
- 2) 교사: 얼마나 남았어? 너희 다하면 선생님 이제 하려고 하는데
 - 하위 코딩: ‘너희 다하면’ 하려고 함
 - 중(상)위 코딩: 시간 부족

연구자는 분석 대상수업을 참관하였던 공동 연구자와 분석 결과를 공유하고, 논의과정을 거쳐 분석의 타당성을 확보하고자 노력하였다.

III. 연구 결과

1. 나는 불일치 상황에서 어떻게 대처하였는가?

나는 본 연구를 위하여 공동 연구자의 참관 아래 실시한 2차시 분량의 수업 중에 한 차시에서 불일치 상황을 경험하게 되었다. 5학년 2단원 전기회로 중 전구의 연결방법에 따른 전구의 밝기를 비교하는 차시의 수업을 진행하면서 나를 당황하게 하는 두 번의 불일치 상황을 마주 하였다.

학생들은 교과서에서 제시하고 있는 전구의 연결방법에 따른 전구의 밝기를 비교하는 실험들을 하고 있었고, 나는 학생들이 실험을 하는 동안 각 모둠을 순회하며 실험이 잘 진행되고 있는지 살피고 있었다. 그러던 중에 한 모둠에서 나에게 도움을 요청해 왔다. 나는 그 학생들을 따라 해당 모둠으로 자리를 옮겨 학생들의 이야기를 듣기 시작하였다. 학생들은 선생님이 말한 대로, 그리고 교사가 지시하는 대로 전기 회로를 구성하였지만 불이 들어오지 않는다고 하였다. 학생들에게 무엇이 문제인 것 같은지 본인들이 생각해 보도록 유도한 뒤, 나는 자리를 옮겨 다른 모둠을 살펴보았다. 몇 분이 흐른 뒤, 해당 모둠이 문제를 해결하였는지 확인하기 위해 다시 방문하였으나, 문제를 해결하지 못하고 있자 직접 해결해 주었다.

또 다른 불일치 상황은 학생들이 실험을 마친 뒤 실험 결과를 발표하는 중에 마주하게 되었다. 나는

실험 후 학생들의 발표를 통해 실험 결과를 정리를 하며, 실험 결과에 해당하는 내용을 미리 프리젠테이션 파일로 준비를 하는 편이었다. 이 수업에서도 역시 프리젠테이션 파일에는 나의 질문과 함께 실험 결과에 해당하는 내용이 적혀 있었다. 나는 학생들에게 질문을 하고, 학생들이 질문에 답하면, 프리젠테이션 파일을 보여주면서 해당 내용을 정리하는 방식으로 진행하고 있었다. 나는 두 개의 전구를 병렬 연결하고, 하나의 전구를 빼었을 때 어떤 실험 결과를 얻었는지 질문하였고, 이에 대한 예상 대답으로 ‘두 개의 전구를 병렬 연결하였을 때, 하나의 전구를 빼더라도 다른 전구는 그대로 불이 들어오며, 전구의 밝기 또한 변함이 없다’라는 내용을 프리젠테이션 파일로 준비하였었다. 그러나 한 학생이 불이 더 약해진 것 같다는 실험 결과를 발표한 것이다. 나는 이에 대해 다소 당황하며 다시 한 번 관찰할 기회를 주겠다고 하며, 해당 모둠 학생들에게 남아서 다시 관찰할 것을 권유하였다.

여기서 두 모둠의 학생들 모두 실험 중에 실험 결과가 이론과 다르게 나오는 경험을 하였지만, 교사로서 내가 불일치 상황을 인지하고 마주한 시기는 달랐다. 하나는 실험 중에 알게 되었고, 다른 하나는 주어진 실험 시간이 끝난 뒤에 알게 되었다. 그리고 나는 처음과 달리 두 번째 상황에서 다소 당황하여 어떻게 대처해야 할지 망설이게 되었다.

1) 실험 과정 중 발생한 불일치 상황에서의 교사 대처 방식: “뭐가 문제인 것 같아?” vs. “선생님이 해결해줄게”

나는 학생들이 실험이 잘 되지 않는다고 말하였을 때, “뭐가 문제인 것 같아?”라고 되물으며, 학생들이 스스로 문제를 탐색하고 해결하기를 기대하였다. 그렇게 학생들이 스스로 해결하도록 시간을 주었지만, 문제를 해결하지 못하여 내가 나서서 문제를 해결해 주었다. 선행연구에서는 이런 교사의 대처 전략을 ‘탐색’과 ‘조정’이라고 불렀다. 탐색은 실험이 잘 되지 않은 원인을 학생들에게 생각하거나 토의하도록 유도하는 전략이며, 조정은 교사가 실험이 기대하는 바대로 되도록 적극적인 조치를 취하는 전략이다(Han et al., 2011). 실험 과정 중에 발생한 불일치 상황에서 나는 ‘탐색’과 ‘조정’이라는 대처 전략을 시간차를 두고, 모두 사용하였다.

[일반적인 참여관찰 자료]

(서은이가 다른 모둠을 살펴보고 있는 교사에게 다가가 도움을 청하자 교사가 서은이네 모둠으로 왔다.)

나(교사): **뭐가 문제인가 같이?**

성훈: (땀 지하다가 교사가 오자 실험 도구 쪽으로 몸을 기울이며) 몰라요. 지금 전선ियो. 같이 도와주자. 이거 안 통해. 이거

나(교사): 선생님한테 뭔가 요청을 해보세요. 뭐가 문제인지.

성훈: 요청! 뭐가 문제인가요?

나(교사): **너희가 한번 알아봐야지.** 뭐가 잘못된 것 같아? 선생님한테 얘기를 하세요. 그러면... (한 학생이 교사 컴퓨터를 만져 동기유발 때 봤던 동영상을 켜는 장난을 치자 말을 잇지 못하고 자리를 떠남)

나는 나에게 도움을 요청하는 아이들에게 “뭐가 문제인 것 같이?”, “너희가 한번 알아봐야지.”라고 이야기하며 스스로 해결하기를 권하였다. 이 상황에서 적극적인 해결사가 되기보다는 소극적 방관자가 되기를 선택하였다. 이를 통하여 학생들이 주도적으로 문제를 해결해 나가기를 기대하였다. Nott and Wellington (1998)은 이와 같은 불일치 상황이 발생하였을 때, 이에 대한 토의를 유도하면 과학의 과정적 측면에 대한 과학의 본성에 대한 이해를 도울 수 있다고 하였다. 또한 토의를 유도하는 것은 학생들이 실험 결과를 조작하지 않도록 돕는 길이기도 하다(Han *et al.*, 2011; Rigano & Ritchie, 1995).

그러나 학생들은 나의 기대와는 달리 무엇이 문제인지 찾지 못하였다. 5분의 시간이 흐른 뒤에 이 모둠을 다시 찾아갔을 때에는 처음에 취했던 입장을 바꿔 직접적인 해결사로 나섰다.

[일반적인 참여관찰 자료]

나(교사): 잘 되고 있니?

서은: 몰라요. 꽃났는데 또 안 돼요. 아까는 한쪽만 켜지다가 한쪽은 안 켜지고 아까는 이쪽만 켜지다가 안 켜지고

성훈: (전지를 흔들면서) 야. 이거 다 달았네. 여기 봐봐. 여기에 물이.....

주현: (다시 건전지를 빼서 끼우며 다시 시도해보고 있다. 이를 모두가 지켜본다.)

서은: 안돼요.

나(교사): 안 돼? 그러면 **혹시 전구의 문제인 거 아니야?** 그러면?

동욱: 아니면....., 그냥 아예 안 들어오는 거 아니야?

나(교사): **(전구를 확인하기 위해 전기회로를 다시 만들며)** 전구가 안 되는 거 아니야?

성훈: (교사에게 몸을 기울이며) 원래 되는 거예요? 안 되는 거예요?

나(교사): 되는 거지.

성훈: 야! 됐어. 야! 원래 되는 거래. (불이 들어오자) 옹!

나(교사): 어. 그러면 (전구를 가리키며) 애가 안 되는 거네. 잠깐 선생님이 그러면 전구를 다시 줄게.

나는 학생들이 아직도 문제를 해결하지 못하였다는 것을 보고 답답하기도 하고, 실험 시간이 부족할까봐 조바심도 났다. 이러한 이유로 나는 직접 나서서 전구에 문제가 있음을 알아내고 전구를 바꾸어주었다. 위의 담화에서도 볼 수 있듯이, 나는 학생들에게 전구가 문제인지 않을까 하고 되묻고는 내가 직접 전구의 문제인지 확인하고자 전기회로를 만들고, 전구가 문제가 있음을 확인시켜주었다. 수업을 할 당시에는 학생들에게 전구가 문제인지를 어떻게 하면 알 수 있을지 생각해 볼 기회를 주기는커녕, 어떻게 전구가 문제인지를 알게 되었는지에 대해서도 설명하지 않고 전구를 바꾸어 주었다. 수업을 하고 난 뒤, 일반적인 참여관찰 자료 즉 수업의 동영상과 전사본을 보면서야 나는 ‘학생들한테 전구가 문제인 것 같은데, 어떻게 하면 전구가 문제인 것을 확인할 수 있을까?’와 같은 질문을 던져 학생들이 스스로 생각해볼 기회를 주지 않았는지 아쉬워하였다. 이처럼 교사가 직접 해결해 주지만 이에 대해 설명을 충분하게 하지 않는 교사의 대처는 초등 교사들에게 흔히 관찰되는 모습이다(Yoon, 2008; Han *et al.*, 2011). 이러한 대처는 학생들이 불일치 상황이 일어났을 때, 스스로 해결하기보다는 교사에게 의지하게 된다는 점에서 충분한 설명 없이 교사가 직접 해결하는 대처 방식에는 주의를 기울여야 한다.

2) 실험 결과 발표 중에 발생한 불일치 상황에서 의 교사 대처 방식: “원래는 이렇게 나와야해”

나는 학생들이 실험을 하고 나면 실험 결과를 발표하는 시간을 통해 수업 내용을 정리하는 편이다. 이 수업에서도 역시 실험 결과를 학생들에게 질문하며 내용을 정리하였다. 아래의 담화는 두 개의 전구가 병렬로 연결되어 있을 때, 한 개의 전구를 빼면 전구의 불빛이 어떻게 변화되는지 학생들에

게 묻고 답하는 장면이다.

[일반적인 참여관찰 자료]

(두 개의 전구가 병렬로 연결되어 있을 때, 한 개의 전구를 빼면 불빛이 어떻게 되는지 교사가 학생들에게 질문함.)

나(교사): 켜져 있다고? 아까 세준이가 얘기 했잖아. 조금 더 덧붙일 이야기 없나 해서요. 준우 너 덧붙일 얘기 있었던 거 아니야?

준우: 음.....

나(교사): 없나봐. 그럼 조금 더. 어! 여기!

지우: (일어서면서) **빛이 약해졌었어요.**

나(교사): **빛이 약해졌어요?** (같은 모듈의 서영이가 손을 들고 있다) 서영이는 왜?

서영: (일어서면서) 빛이 그대로 였는데.....

나(교사): 같은 모듈인데 왜 이렇게 다르지? 서영이가 보기에는 그대로 였고, 지우는 조금 약해졌었어요?

지우: (고개를 가우뚱함)

나(교사): 아. 그러면 주현이는?

주현: 그 뭐지? 하나를 빼면 하나는 꺼지고.....

나(교사): 하나를 빼면 하나는 꺼지고 이쪽은 켜진다. 아까 얘기한 거예요. 맞습니다. 불이 한쪽은 이걸 빼더라도 이거 꺼지지 않아요. 불빛의 밝기도 원래는 달라지지 않는데요. 어..... (지우를 한번 바라보며) 여기 있는 친구는 불빛이 흐려지는 것 같다고 했는데..... **다시 한 번 관찰을 해보도록 할게요. 아니면 남아서 할 수 있는 기회를 줄게. 하고 가세요.**

학생들: 반에 안가고 여기서 남아서 하고 가야 한다고요?

나(교사): 아니. 이 친구들. 아니면 다음 시간에. 시간이 이렇게 됐구나. **아니면 다음 시간에 선생님이 보여줄게.**

나는 학생들이 병렬로 연결된 전구 중 하나를 빼더라도 불빛의 밝기는 변하지 않는다고 대답하기를 기대하였다. 그러나 한 학생이 빛이 약해졌다고 대답하였고, 예상과 다른 결과와 답변에 나는 다소 당황하였다. “원래 달라지지 않는데요. 어...”하며 말끝을 흐리는 모습에서도 볼 수 있듯이, 나는 어떻게 대처하면 좋을지 몰라 당황하고 있었다.

나는 지우가 “빛이 약해졌었어요.”라고 대답하였을 때, “빛이 약해졌어요?”라고 되물으며, 지우에게 다시 대답할 기회를 주었다. 그리고는 지우의 대답에 대한 설명은 하지 않은 채, “불빛의 밝기도 원래는 달라지지 않는데요.”라고 ‘얼버무리는’ 대처 전략을 사용하였다. 이렇게 얼버무리는 것이 째짤한

나머지 학생들에게 남아서 다시 한 번 해보고 가라고 권유하기도 하고, 실험 결과를 다시 보여주겠다고 말하기도 하였다. 즉, 예상하지 못한 불일치 상황에 적합한 대처를 하지 못한 것이다.

2. 나는 왜 그렇게 대처하였는가?

나는 실험 과정 중 직면한 불일치 상황에서 학생들이 직접 탐색할 기회를 주려고 하였으나, 결국에는 직접 나서서 문제를 해결해 주었다. 실험을 마친 뒤 실험 결과를 발표하는 과정에서 직면한 불일치 상황에서는 실험 과정 중에 직면한 불일치 상황과 달리 직접 탐색할 기회를 주지 않고, 교사가 기대하는 실험 결과가 무엇이었던지를 제시하였다. 그 뿐 아니라, 학생들이 경험한 불일치 상황이 틀렸다고 평가하였지만, 그 원인을 설명하려는 시도는 하지 않았다. 여기에서 나는 수업을 진행한 교사로서 직면한 불일치 상황에서 왜 그렇게 대처하였는지, 그리고 한 수업 내에서도 왜 다르게 대처하였는지에 대해 이야기하고자 한다.

1) 제도적 틀 안에 갇힌 수업

(1) “시간이 없어서”

[자기관찰 자료 2]

보통은 전기회로가 불이 안 들어오는 것은 전선 연결이 잘 안되거나 전구의 문제, 아니면 거전지의 문제임. 그런데 아이들은 전구의 문제일 거라고 생각 못함. 다른 모듈은 실험을 거의 다 끝내서 추가 실험을 하고 있는데 이 모듈은 시작도 못하고 있고... 시간이 없어서 내가 나서서 해결해 줄 수밖에 없었음.

40분이라는 제한된 수업 시간 내에서 학생들에게 주어지는 실험 시간은 한정적이다. 실험 중 발생한 불일치 상황에서 나는 학생들에게 실험이 잘 안 되는 이유를 탐색할 기회를 주었지만, 결국에는 내가 나서서 문제를 해결해 줄 수밖에 없었다. 위의 자기 관찰 자료 발췌문에서도 볼 수 있듯이, 주어진 시간 내에 실험을 다 하지 못할 것이라는 걱정 때문에 교사는 대처방법을 바꾸게 되었다.

특히, 나는 과학 교과 전담 교사였기 때문에 수업 시간을 엄수해야 한다는 압박감이 더 컸다.

[자기 인터뷰 자료]

절대 시간이 부족하고, 그 수업 시간 이외에 다른 반이 (과학실에) 또 들어오기 때문에.

이러한 시간에 대한 제약으로 인해 학생들에게 탐구를 할 기회를 주어야 한다는 신념을 갖고는 있지만 실행에 적극적으로 옮기지 못하였다.

(2) “실험은 다 해봐야 하니깐”

[일반적인 참여관찰 자료]

23분 20초 나(교사): 너희 4개 다 해냈어요? 그러면 밑에 생각해 볼까요도 해냈어요?

26분 50초 나(교사): 너희 다 됐니?

28분 30초 나(교사): 얼마나 남았어? 너희 다하면 선생님 이제 정리하려고 하는데.....

위에서 볼 수 있듯이, 나는 계속해서 학생들이 주어진 실험을 다 해보았는지를 확인하였다. 그리고 되도록 다 할 때까지 기다려주려고 노력하였다. 내가 실험 과정 중에 발생한 불일치 상황에서 대처 전략을 바꾸었던 이유는 40분이라는 제한된 시간 때문만이 아니라, 학생들이 주어진 실험들을 다 해 봐야 한다는 생각을 가지고 있기 때문이기도 했다. 다시 말하면, 학생들이 주어진 실험들을 제한된 시간 내에 다 해보고 결과를 관찰하기를 기대하였기 때문이다. 많은 교사들이 교과서에 있는 것들을 다 가르치고 학생들이 경험해 보아야 한다는 의무감을 갖고 있듯이(Tsai, 2002), 나 역시도 그러한 의무감에서 자유롭지 못하였다. 특히 우리나라 초등 교사의 경우, 교과서 의존도가 높은 편이기 때문에, 교과서에 있는 것들을 다 가르치고 학생들에게 경험하도록 해야 한다는 의무감이 더 높다(Cho et al., 2008).

2) 과학 지식에 대한 교사의 인식론적 신념

(1) “올바른 실험 결과를 아이들이 알고 넘어가야”

[자기관찰 자료 4]

이 상황을 아이들이 스스로 해결해 나가도록 마냥 기다려 줄 수만은 없는 이유는 마음 한켠에 교과서 실험을 아이들이 다 해봐야 하고, 올바른 실험 결과를 아이들이 알고 넘어가야 한다는 생각 때문이다.

자기관찰 자료에서 볼 수 있듯이, 나는 학생들이

탐색이라는 과정을 통해 스스로 문제를 해결해 나가기를 기대하고 있지만, 올바른 실험 결과를 알고 넘어가야 한다는 생각 때문에 충분히 기다려주지 못하였다. Han et al.(2011)의 연구에 따르면, 학생들이 탐색할 기회를 주는 것과 올바른 실험 결과를 가르쳐주는 것 모두 과학적 사실을 가르쳐야 한다는 전통적 인식론이 반영된 대처 방법이다. 그러나 탐색할 기회를 주는 것은 지식을 학생들이 구성하도록 하는 것이며, 올바른 실험 결과를 가르쳐주는 것은 과학적 지식을 효과적으로 전달하고자 하는 것으로 서로 다른 인식론적 신념을 바탕으로 한 대처 방법이다. 즉, 나는 한 상황에서 어떠한 인식론적 신념을 선택할 것인가에 대한 고민 끝에 그래도 실험 결과를 제대로 알아야 한다는 신념을 선택한 것이다.

[일반적인 참여관찰 자료]

(두 개의 전구가 병렬로 연결되어 있을 때, 한 개의 전구를 빼면 불빛이 어떻게 되는지 교사가 학생들에게 질문함)

(중략)

지우: (일어서면서) 빛이 약해졌어요.

나(교사): 빛이 약해졌었어?

(중략)

나(교사): 하나를 빼면 하나는 꺼지고 이쪽은 켜진다. 아까 얘기한 거예요. 맞습니다. 불이 한쪽은 이걸 빼더라도 이걸 꺼지지 않아요. 불빛의 밝기도 원래는 달라지지 않는데요. 어..... (지우를 한번 바라보며) 여기 있는 친구는 불빛이 흐려지는 것 같다고 했는데..... 다시 한 번 관찰을 해보도록 할게요. 아니면 남아서 할 수 있는 기회를 줄게. 하고 가세요.

위의 상황 역시 내가 올바른 실험 결과를 가르쳐 줘야 한다는 인식론적 신념을 가지고 있으며, 그것이 다른 인식론적 신념과 충돌하고 있다는 것을 보여주고 있다. 나는 교사로서 학생들로부터 기대하는 대답을 상정해두고 질문을 먼저 던졌다(Initiation). 그리고 지우는 이에 대해 빛이 약해졌다고 대답(Reply)하였지만, 이는 내가 기대하였던 대답과는 달랐다. 그렇기 때문에 나는 “빛이 약해졌었어?”라고 되물었고, 이는 암묵적으로 교사가 기대한 대답이 아니었음(Evaluation)을 의미한다. 학생들은 교사가 기대하고 있는 대답을 찾기 위한 일종의 추측 게임(guessing game)을 하고 있었다(Son, 2002). 이

리한 담화 패턴(I-R-E)은 정답을 찾고자 하는 교사와 학생과의 상호작용에서 많이 나타난다(Mcneill & Pimentel, 2009).

(2) “그러나 어디까지 얼마나 내가 설명해야 하나?”

아래의 자기 인터뷰 자료에서도 볼 수 있듯이, 나는 전구의 밝기 변화까지 학습의 주된 목표로 삼았던 것은 아니었다.

[자기 인터뷰 자료]

전구의 밝기는... 나는 사실 어떤 전구가 밝으나 밝지 않으나에 초점을 두진 않았어. 아까도 말했듯이 나는 밝기가 달라진다. 뭐가 더 밝고, 뭐가 더 어둡고를 아는 게 핵심은 아니었는데...

그래도 그 중에 그거 이외에 조금 더 필요한 아이들이 있잖아. 개념들을 무시하고 내가 요청도만 가르치는 게 맞다고 생각하진 않기 때문에, 어떻게 달라진다는 것까지 언급을 했는데...

‘두 개의 전구를 병렬 연결하였을 때, 하나의 전구를 빼더라도 다른 전구는 그대로 불이 들어온다’는 것이 모든 학생들을 위한 학습 목표였다면, ‘전구의 밝기 또한 변화가 없다’는 위의 자기 인터뷰 자료에서 언급한 ‘그거 이외에 조금 더 필요한 아이들’을 위한 내용이었다. 그러나 예상치 못하게 한 학생이 불의 밝기가 더 약해졌다는 관찰 결과를 발표한 것이다.

불의 밝기가 더 약해졌다는 관찰 결과를 들었을 때, 나는 실제로 전구의 밝기가 더 약해질 수도 있다고 생각하였다. 순간의 찰나에 정확한 물리적 설명이 떠오르지는 않았지만, 전지의 내부저항과 관련이 있을 것이라는 생각이 스쳐지나갔다. 실제로 병렬로 연결된 두 개의 전구 중 하나를 빼게 되면, 건전지의 내부 저항의 영향으로 전구의 밝기는 아주 미세하지만 밝아진다. 전지의 내부저항으로 인해 전기 회로의 전체 저항의 크기가 달라지면서, 전구 하나에 걸리는 전류의 크기는 전구 한 개일 때가 전구 두 개를 병렬로 연결하였을 때보다 크다. 즉, 병렬로 연결된 두 개의 전구 중 하나를 빼게 되면 전구 하나에 걸리는 전류의 크기가 커지게 되고, 그 전구에서 소모되는 전력 역시 커지면서 전구의 밝기가 밝아지게 된다. 그러나 이 순간 나는 회로를 그려보고 물리적인 계산을 해보면 정확히 알 수 있겠지만, 이러한 내용들이 정확하게 계산되지 않

았다. 막연하게 불빛이 전지의 내부저항 때문에 달라질 수 있겠다고만 생각하였다. ‘빛이 약해졌었어?’라고 학생의 이야기를 반복하면서 시간을 벌며 내가 어떻게 대처해야 할까 생각해 보았다. 그러나 또한 이 현상에 대해 정확하게 설명하기 위해서는 시간이 필요했기 때문에 학생들에게 명쾌한 설명을 당장 제시할 자신이 없었으며, 무엇보다 초등학교 5학년 학생들에게 내부저항에 대해 언급하는 것 자체가 불가능하다고 생각되었다.

즉, 개념을 제대로 알아야 하지만 과연 내가 그것을 초등학교 5학년 학생에게 설명할 수 있을 것인지, 어떻게 어디까지 설명하여야 하는가에 대한 찰나의 고민이 있었다. 결과적으로 초등학교 5학년 수준에서 설명 가능한 지식을 ‘가르쳐야 하는 지식’ 그리고 ‘가르칠 수 있는 지식’으로 타협한 채 수업을 진행하였다.

3) 교사와 학생의 상호작용의 종류

(1) 소수의 학생과 교사 vs. 전체 학생과 교사

나는 이 연구를 진행하면서 한 수업 내에서 2번의 불일치 상황을 경험하였으나, 각 상황에 대한 나의 대처 방법은 상이했다. 두 상황에서 주목할 만한 차이점은 교사와 학생의 만남이 이루어지는 맥락이 다르다는 점이다. 실험을 하는 과정에서는 개인 학생 또는 소수의 학생과 교사와의 상호작용이 주로 일어나는 반면, 실험 결과를 발표하는 과정에서는 교사와 전체 학생과의 상호작용이 주로 일어난다. 첫 번째 불일치 상황은 실험을 하는 과정에서 발견되었기 때문에 소수의 학생들과 교사와의 상호작용을 통해 문제를 해결하는 유연성이 발휘되었다. 그러나 두 번째 경우는 일부 학생에게서만 발생하였던 불일치 상황이 전체 학생들과의 상호작용에서 드러났다. 교사가 일부 학생만을 대상으로 설명 또는 다른 대처를 할 경우, 나머지 학생들이 의미 없이 기다릴 것이라는 생각 때문에 첫 번째 상황과 같이 유연하게 대처하지 못하였다.

[일반적인 참여관찰 자료]

나(교사): 다시 한 번 관찰을 해보도록 할게요. 아니면 남아서 할 수 있는 기회를 줄게. 하고 가세요.
학생들: 반에 안가고 여기서 남아서 하고 가야 한다고요?

나(교사): 아니. 이 친구들. 아니면 다음 시간에. 시간이 이렇게 됐구나. **아니면 다음 시간에 선생님님이 보여줄게.**

첫 번째 상황과 같이 일부 학생들에게 탐색할 기회를 주고 싶지만, 다른 학생들이 기다리고 있는 상황에서 그럴 수 없다고 판단하여 수업이 끝난 뒤에 남아서 할 수 있는 기회를 주겠다고 말하였다. 즉, 교사와 전체 학생과의 상호작용 중에 발견된 불일치 상황에 대해서는 실험 과정에서 발견된 불일치 상황과 같이 유연하게 대처하지 못하였다.

두 상황에서 다르게 대처한 데에는 여러 가지 이유가 있을 수 있지만, 나에게서는 불일치 상황이 언제 일어났느냐가 가장 중요하게 작용하였다. 두 상황은 교사와 학생의 만남이 이루어지는 맥락 이외에도 불일치 상황이 일어나게 된 원인에도 차이가 있다. 하나는 실험 준비물의 문제로 일어난 불일치 상황이며, 다른 하나는 관찰의 문제로 일어난 불일치 상황이다. 그러나 불일치 상황이 일어나게 된 원인이 내가 대처에 큰 영향을 주었다고 생각하지 않았다. 각 불일치 상황이 반대의 상황에서 일어났다고 가정해 보았다. 관찰의 문제로 일어난 불일치 상황이 수업 중간에 일어났다면, 불일치 상황을 마무리하였던 모둠의 학생들에게 다시 한 번 관찰 또는 생각할 기회를 주는 등 유연하게 대처하였을 것이다. 반면, 전체 학생을 대상으로 수업을 정리하는 시간에 한 학생이 준비물의 문제로 실험을 다 못했다고 말했다면, ‘너희가 하지 못한 실험에서는 이러한 결과가 나왔어야 한다’라고 설명하고 넘어가는 등 유연하게 대처하지 못했을 것이라고 생각된다.

IV. 맺는 말

본 연구에서는 학교 과학 실험 수업에서 발생하는 불일치 상황이 어떠한 모습으로 발생하며, 교사는 이에 대해 어떻게 대처하는지, 교사의 대처에 영향을 주는 요인들에는 어떠한 것이 있는지 알아보고자 하였다. 교사가 불일치 상황을 경험하였을 때 겪는 내적 과정을 효과적으로 기술하기 위하여 연구자 본인이 연구 참여자가 되어 경험한 내용을 이론적 틀에 기초하여 분석하고 해석하였다. 연구 결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 과학 실험 수업에서 교사는 실험을 하는

과정과 실험의 결과를 발표하는 과정에서 불일치 상황을 직면하였다. 엄밀히 말하면, 학생이 경험한 불일치 상황은 모두 과학 실험을 하는 도중이었지만, 교사가 불일치 상황을 인지하게 되는 경험을 한 것은 실험을 하는 과정과 실험 결과를 발표하는 과정에서 각각 이루어졌다. 이는 교사가 불일치 상황을 경험하는 맥락의 특성이 다양할 수 있으며, 그 특성이 교사의 대처에 영향을 미칠 수 있음을 시사한다. 본 연구에서는 교사가 언제 불일치 상황을 경험하는지가 다른 요인보다도 크게 작용하였다.

둘째, 불일치 상황에 대한 교사의 대처 방식은 상황 의존적이었으며, 임기응변적(*ad hoc*)이었다. 본 연구의 서로 다른 불일치 상황에서 교사는 다른 대처 방식을 보였을 뿐 아니라, 한 불일치 상황 내에서도 대처 방식의 변화를 보였다. 이는 역동적인 수업 상황 내에서 교사가 임기응변적으로 대처하는 모습을 보여준다.

셋째, 교사의 대처 방식은 개인의 인식론적 신념 뿐 아니라, 사회 문화적 맥락의 영향을 받았다. 선행 연구에 따르면(Han *et al.*, 2011; Kang & Jang, 2012; Nott & Wellington, 1995), 교사의 지식에 대한 인식론적 신념에 따라 불일치 상황에 대한 교사의 대처 전략은 달라질 수 있다. 본 연구에서도 올바른 지식을 학생들이 알고 가야 한다는 지식에 대한 인식론적 신념이 교사의 대처 전략에 영향을 미치는 모습이 관찰되었다. 그러나 교사가 처한 사회 문화적 맥락이 교사가 가지고 있는 인식론적 신념에도 갈등을 야기하여 불일치 상황에 대한 교사의 대처 방법에 영향을 미치기도 하였다. 예를 들어, 어디까지가 해당 학생들에게 가르칠 수 있는 지식인가에 대한 고민이 올바른 지식을 가르쳐야 한다는 교사의 인식론적 신념과 충돌하였다. 또한 전체 학생을 대상으로 하는 수업 말미에 불일치 상황을 마무리하였을 때에는 수업 중간에 불일치 상황을 마무리하였을 때와는 달리 탐구할 기회를 주지 못하였다. 이처럼 실제 수업에서의 교사의 대처 방식에는 개인의 인식론적 신념보다는 사회 문화적 맥락의 영향을 더 크게 받는 것으로 나타났다.

실제 수업은 매우 역동적이며 예측이 어려우며, 이 때 일어나는 불일치 상황 역시 그러하다. 본 연구는 기존 연구들과 달리 실제 수업에서 일어난 불일치 상황을 둘러싼 사회 문화적 맥락을 고려하였다는 측면에서 그 의미가 있다. 불일치 상황이 발

생되는 또는 교사가 인지하는 시점에 따라 교사가 처한 상황적 맥락이 다르며, 이로 인해 교사의 대처가 달라진다는 것을 알 수 있었다. 그리고 교사를 둘러싼 사회 문화적 맥락이 교사가 가진 인식론적 신념에 갈등을 야기하여 대처 방법에 영향을 주는 모습도 확인할 수 있었다. 따라서 불일치 상황에 대해 어려움을 겪는 교사들에 도움을 주고자 하거나, 교사가 현대적인 인식론적 관점을 가지고 일관된 대처를 하도록 돕고자 할 때, 교사를 둘러싼 사회 문화적 맥락에는 어떠한 것들이 있는지 고려할 필요가 있다.

이 연구는 다소 생소한 질적 연구 방법인 자기문화기술지의 형식으로 기술되었다(Han, 2012). 연구자가 연구 참여자가 되어 자신의 경험을 이론적 틀에 기초하여 분석 및 해석, 기술하는 이 연구 방법은 불일치 상황에서 교사가 겪는 내적 과정을 심층적으로 나타내는 데 효과적이었다. 다소 제한된 사례를 통해 연구가 진행되었으나, 연구의 신뢰성과 타당성을 확보하기 위해 본 연구에서 소개된 여러 연구 방법들은 추후 과학 교육 연구에 도움이 될 것으로 기대된다.

참고문헌

- Abrahams, I. & Millar, R. (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969.
- Chang, H. (2008). *Autoethnography as method*. Walnut Creek, CA: Left Coast Press, Inc.
- Cho, H., Yang, I-h., Jeong, J-H., Shin A-K. & Sohn, J. (2008). Analysis of the elementary school students' views about lab-based science learning. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 27(2), 117-133.
- Han, J. (2012). Autobiographic research on the life of an assistant professor of science education at a college of education. *Journal of Science Education*, 36(1), 1-13.
- Han, S., Lee, I., Kang, S. & Noh, T. (2011). An investigation of elementary school teachers' epistemological beliefs about science on the bases of their strategies for coping with critical incidents. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 30(1), 61-70.
- Jho, H. & Song, J. (2011). The observation type of primary students and the effect of their views of science on observation activity in anomalous situation. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 30(4), 405-414.
- Kang, H-s. & Jang, H-j. (2012). Analyses of elementary school students' epistemological beliefs through investigation of their coping strategy types for anomalous situations in science classes. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(7), 1087-1098.
- Kim, M. C. (2015). What made me decide to become a Doctor at Seoul National University? *Anthropology of Education*, 18(2), 163-195.
- Kim, Y. & Lee, D. (2011) An inquiry on the theoretical perspectives and methodological characteristics of auto-ethnography. *The Journal of Yeolin Education*, 19(4), 1-27.
- Kwon, S. G., Lee, M. K. & Nam, I. K. (2009). How did elementary teachers handle critical experiments in science classroom? *Journal of Korean Elementary Science Education*, 28(2), 105-120.
- Lawson, A. E., Lewis, C. M. & Birk, J. P. (1999). Why do students "cook" lab data? A case study of the tenacity of misconceptions. *Journal of College Science Teaching*, 29(3), 191-198.
- Lee, S. A., Jhun, Y. S., Hong, J. E., Shin, Y. J., Choi, J. H. & Lee, I. H. (2007). Difficulties experienced by elementary school teachers in science classes. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 26(1), 97-107.
- McNeill, K. L. & Pimentel, D. S. (2009). Scientific discourse in three urban classrooms: The role of the teacher in engaging high school students in argumentation. *Science Education*, 94(2), 203-229.
- Nott, M. & Wellington, J. (1995). Critical incidents in the science classroom and the nature of science. *School Science Review*, 76(276), 41-46.
- Nott, M. & Wellington, J. (1998). Eliciting, interpreting and developing teachers' understanding of the nature of science. *Science & Education*, 7(6), 579-594.
- Oh, P. S. (2013). Secondary science teachers' thoughts on 'good' science teaching. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(2), 405-424.
- Reed-Danahay, D. E. (1997). *Auto/ethnography: Rewriting the self and the social*. Oxford, New York: Berg
- Rigano, D. L. & Ritchie, S. M. (1995). Student disclosures of fraudulent practice in school laboratory. *Research in Science Education*, 25(4), 353-363.
- Son, M. (2002). A reconsideration of demonstration of lessons in science classrooms: Understandings and mis-

- understandings of practical knowledge as school knowledge. *The Journal of Curriculum Studies*, 20(3), 243-269.
- Tsai, C. C. (2002). Nested epistemologies: Science teachers' belief of teaching, learning and science. *International Journal of Science Education*, 24(8), 771-783.
- Wellington, J. (1998). Practical work in science: Time for a reappraisal. In J. Wellington (Ed.), *Practical work in school science. Which way now?* (pp.3-15). London: Routledge.
- Yang, I-H., Jeong, J-W., Hur, M., Kim, Y-S., Kim, J-S., Cho, H-J. & Oh, C-H. (2006). An analysis of laboratory instructions in elementary school science. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 25(3). 281-295.
- Yoon, H-G. (2004). Pre-service elementary teachers' difficulties in science lessons. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 23(1), 74-84.
- Yoon, H-G. (2008). Elementary teachers' dilemmas of teaching science practical work. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 27(2), 102-116.