과학 실험 실습 교육에서 초등 교사가 느끼는 딜레마

윤혜경

(춘천교육대학교)

Elementary Teachers' Dilemmas of Teaching Science Practical Work

Yoon, Hye-Gyoung

(Chuncheon National University of Education)

ABSTRACT

In their teaching practice, teachers encounter multi-dimensions of pedagogical challenges. The recognition and reflection on these challenges is crucial to advance our science teaching. This study looked into science teachers' dilemmas of their teaching practical work through their written cases. Dilemma cases are teachers' narratives organized around important events of teaching and learning. It can reveal teachers' situated cognition and be used as lens to investigate complex realities of science teaching and learning.

26 pre- and in-service elementary teachers' dilemma cases of science practical work were carefully collected and analysed to interpret what constitute tensions in elementary science practical works. They were largely grouped into three: *Curriculum and Institutional Relevance, Students Relevance, Nature of School Experiments Relevance* and divided into 7 subheadings: *'Authority of Curriculum(textbook)', 'Disappointment at external support', 'Students' interests and safety', 'Students' unscientific and inert attitude', 'Difficulty of showing expected results', 'Generalization through experiment', 'Knowledge acquisition and authentic inquiry'.*

Each dilemma was interpreted in terms of the tensions which constitute contradictory beliefs, values, expectation and realities. These dilemmas enabled to expose actual conditions of elementary science practical work and teachers' challenges otherwise can not be seen easily. Science teacher educators also can get some implications to overcome the gap between theory and practice in their teacher education.

Key words : science practical work, teacher's dilemma, dilemma case

I. 연구의 필요성

많은 사람들에게 '실험 실습'은 '과학 교육'의 대명사로, 과학 교육과 다른 교과 교육을 구분 짓는 중요한 특징으로 인식되어 왔다. 과학 실험 실습 교육의 역사를 추적한 영국의 Nott(1997)에 의하면 이미 1897년 이전에 영국에서는 실험실이 학교 과학 교육의 필수적인 항목으로 인식되고 있었다고 한다. 그는 '영국의 학교에서 왜 그렇게 많은 실험 실습을 하고 있는가?'에 대해 '아마도 실험실이 그만큼 많이 있기 때문일 것이다.'라고 냉소적으로 말했다. 반대로 과학 활동의 목적은 물질세계에 대한 지식을 얻고 이해하는 것이다. 그 소재가 물질이므로, 즉 과학이 실천적인 학문이기 때문에 과학 교육에서 실험 실습을 하는 것은 당연하다고 답해질 수 있다. 정확한 이유가 무엇이든 실험 실습은 과학 교육자들 뿐 아니라 일반인들, 학생들에게 학교 과학 교과의 가장 주요한 특징으로 인식되고 있으며, 그 중요성에 대해서는 폭넓은 동의가 이루어지고 있다(Woolnough와 Allsop, 1985).

이 논문은 2006년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2006-332-B00413).

2007.11.15(접수), 2008.2.10(1심통과), 2008.5.25(최종통과)

E-mail: yoonhk@cnue.ac.kr(윤혜경)

실험 실습은 학생들에게 흥미를 증진시키고 현상을 구체화하며 이해를 도울 수 있다는 측면에서 중시되지만 그것은 또한 많은 비용과 시간을 소비하게 하며, 실제 과학자들의 활동이나 과학의 본성을 반영하지 못한다는 점에서 논란의 대상이 되기도 한다. 또한, 학생들이 아무런 과학적 사고 없이 요리책식 실험 실습을 하는 것은 오래 전부터 비판의 대상이 되어 왔으며, 최근에 과학 교육자들 사이에서는 실험 실습 활동이 어떠한 측면에서 학생들의 과학 이해를 도울 수 있는지, 학교 실험 실습 활동의 목적과 본성에 대한 보다 세밀한 반성과 성찰이 필요하다는 것이 지적되고 있다(Jenkins, 1998; Solomon *et al.*, 1995). 학생들의 '요리책식' 실험 실습이 바람직하지 않듯이 교사들이 실험 실습의 효과와 가치에 대한 이해 없이 학생들에게 실험 실습을 지도하는 것은 과학 실험 실습 교육의 또 다른 중요한 문제가 될 수 있다. 가르치는 교사의 인식에 따라 실험 실습 활동이 매우 다른 양상으로 전개될 수 있을 것이기 때문이다.

Hodson(1998)은 교사들에게 실험 실습의 변화를 권고한다고 해서 학교 현장에 실제 변화가 생길 수 없으며, 오로지 교사들이 스스로의 능력으로 철학적이고 교육적인 논제를 다룰 수 있을 때 비로소 변화가 가능할 것이라고 주장했다. 상황과 문제에 대한 인식이야말로 변화를 위한 가장 기본적인 전제조건이다. 이러한 의미에서 교사가 과학 실험 실습에 대해 느끼는 주요한 딜레마가 무엇인지를 알아내고 분석하는 것, 그리고 연구 과정에서 이것을 교사들과 공유하는 것은 변화와 개선을 위한 첫 걸음이라고 할 수 있을 것이다. 불확실하고 혼란스러운 딜레마를 다루는 과정에서 우리는 문제를 명확히 하고, 그것을 해결하기 위한 의식적인 반추를 촉진할 수 있다(Schön, 1983; Villar, 1995). 따라서 교사가 느끼는 실험 실습의 딜레마에 대한 연구는 과학 교육 공동체의 의식적인 반추를 촉진할 것으로 기대할 수 있다.

초등 과학 실험 실습은 실제로 어떻게 이루어지고 있으며, 과학 실험 실습 지도와 관련하여 초등 교사가 느끼는 주요한 딜레마(혹은 갈등)는 무엇인가? 본 연구에서는 이 문제와 관련하여 교사 자신이 작성한 일화를 연구 도구로 활용하였다.

교사의 이야기는 교사 교육과 교사 관련 연구에서는 중요하게 인식되고 다루어져 왔다. 대표적으로 캐나다의 Clandinin과 Conelly(1991)가 지난 20여 년간 교사 관련 연구에서 이러한 연구 방법을 발전시켜 왔다. 경험을 일화의 형식으로 구성하는 것(혹은 내러티브적으로 구성하는 것)은 다른 과학적 방법으로 측정하기 힘든 어떤 관련성 혹은 정합성을 드러내는 방법이 될 수 있다(김만희, 2003). 대표적으로 MacIntyre(1981), Polkinghorne(1988)과 같은 학자들이 인간의 경험을 이해하는데 내러티브가 중심이 된다고 주장하였으며, Bruner(1986) 또한 두 가지 인지 양식, 논리 과학적 양식과 내러티브 양식이 있음을 지적하고 내러티브 양식이 인간의 상황과 경험을 이해하는데 적합한 방법이라고 주장하였다. 교사의 이야기를 중요한 자원으로 인식하는 것은 또한 교사의 실천적 지식(practical knowledge)을 중요하게 여기는 것이며, 교사 교육에 대한 구성주의적 입장을 지지하는 것에 기초한다. 실천적 지식이라는 개념은 교사의 지식이 실천을 통해 개인적, 사회적으로 구성된다는 점에서 생겨난 것이다. 수업은 잘 정립된 이론을 곧바로 적용하는 것만으로 성공적으로 이루어지지 않기 때문이다.

따라서 교사의 일화는 그에 깔린 사고의 과정과 교육적 믿음을 추론하는데 사용될 수 있으며, 과학 수업의 중요한 교수 학습 사건을 중심으로 조직된 이야기, 즉 과학 수업의 일화는 교사들의 상황적 인식을 드러내고 상황의 실제적인 특성을 이해할 수 있도록 한다.

과학 실험 실습과 관련하여 교사의 일화를 연구의 도구로 활용한 것으로는 윤혜경(2004)의 연구와 이수아 등(2007)의 연구를 들 수 있다. 두 연구 모두 일화를 사용하여 초등 예비 교사 혹은 현직 교사가 과학 수업에서 겪는 전반적인 어려움이 어떤 것인가를 파악하기 위한 것이라고 할 수 있다. 윤혜경(2004)은 초등 예비 교사들이 과학 수업에서 겪는 어려움을 교육 실습 기간 중의 일화를 통하여 조사하였다. 예비 교사가 겪는 어려움을 크게 '과학지식 · 개념 영역', '과학 실험 실습 영역', '기타 영역'으로 구분하였다. 연구 결과, 과학 지식이나 개념과 관련된 어려움보다는 실험 실습과 관련된 어려움이 2배 이상 많았다. 그 중에서 가장 많은 것은 '실험 결과가 이론과 다르게, 교사의 예상과 다르게 나온 경우', '실험 기구 사용법 및 탐구 과정을 지도해야 하는 경우', '사전 실험 및 실험 기구 준비가 미흡하여 어려움을 겪는 경우' 등이 있었다. 교사의 노

력이나 현장 여건 개선 등을 통해 쉽게 해결되기 어려운 딜레마 상황으로 네 개의 범주가 지적되었는데, '과학 이론과 다른 실험 결과가 나온 경우', '결과가 알려진 실험의 의미', '실험 활동의 개방성', '실험의 과정과 결과' 등으로 범주화되었다.

이수아 등(2007)은 서울시내 초등교사 196명을 대상으로 일화를 수집하여 분석하였는데, 모두 419개의 사례를 통해 귀납적 범주 분석 방법을 통하여 초등 교사의 어려움을 '실험 실습 영역', '수업 지도 영역', '전문 지식 영역'으로 구분하였다. 전체적으로는 윤혜경(2004)의 연구 결과와 유사하게 실험 실습 영역의 어려움이 다른 영역보다 많은 것으로 나타났으며, 실험 실습 영역에서는 '명확하지 못한 실험 결과가 나온 경우', '실험 도구가 노후하거나 미비한 경우', '예상치 못한 실험 결과가 나온 경우', '지도서에 실험 방법이 명확하게 제시되지 않아 실험이 제대로 이루어지지 않은 경우', '안전 사고의 위험이 많은 경우', '사전 실험 및 수업 준비 시간이 부족한 경우'의 어려움이 지적되었다. 이러한 내용들은 본 연구의 결과에서도 일부 다루어질 것이다. 그러나 두 선행 연구가 교사가 겪는 어려움에 대하여 전체적인 특징을 파악하기 위해 개괄적인 조사를 설문 형태로 실시한 것이라면 본 연구에서는 그 각각의 어려움에 대해 무엇이 갈등을 일으키고 있는지 보다 구체적으로 딜레마의 내용을 해석하고 구조를 이해하는데 중점을 두었다.

즉, 본 연구에서는 초등 교사들이 실험 실습 교육에서 느끼는 주요 딜레마를 일화 형식을 활용하여 조사하고, 그러한 딜레마의 내용과 구조에 대하여 이론적인 조망과 해석을 실시하고자 하였다. 일반적인 설문 조사와 달리 딜레마 일화의 작성자가 자신이 경험한 수업에 대해 충분히 생각하고 솔직하고 진정성 있는 글을 작성할 수 있도록 하는 것이 중요하다는 것을 전제하였기 때문에 대규모 설문 조사가 아니라, 소규모 모임을 통해 일화를 조금씩 수집하는 방식으로 진행되었으며, 주요한 딜레마가 무엇인지 명확히 하고, 그것을 이루고 있는 갈등의 구조를 해석하고자 하였다.

II. 연구 내용 및 방법

본 연구에서 분석한 딜레마 일화는 총 26개(예비교사의 일화 13, 현직 교사의 일화 13)이다. 딜레마 일화 수집 과정에서 가장 중요시 한 것은 연구자와 일화 작성자가 친밀한 관계 속에서 자유롭게 의사 표현을 할 수 있는 관계를 형성하고, 일화 작성 전후 소규모 만남을 통해 직접 일화에 대해 이야기하고 토론할 수 있는 상황을 만드는 것이었다. 따라서 일화의 수집은 한꺼번에 이루어지지 않고 수차례에 나누어 이루어졌다. 그러나 일화 수집 과정은 대체로 동일하게 진행되었는데 먼저 사전 모임을 통해 일화 작성 목적과 방법을 안내하고 일정 기간 동안 일화를 작성한 후 다시 모여 서로의 일화를 공유하고 문제점을 토론하는 과정으로 이루어졌다. 이러한 방식을 채택한 것은 딜레마 일화 작성과 그 가치가 그것을 활용하는 과정 혹은 맥락에 따라 달라질 수 있기 때문이다(Bryan과 Tippins, 2006). 즉, 교사가 외부에서 주어지는 설문지에 답하기 위해서 작성하게 되는 일화와 친밀한 동료 교사와 모임을 가지고 서로의 경험을 공유하기 위해, 비판적 논쟁을 제기하기 위해 작성되는 일화는 서로 다를 수 있다. 더불어 연구자가 일화 내용을 보다 정확하게 이해하기 위해서도 이러한 과정은 필요하다. 단순히 딜레마 일화를 작성하는 것에 그치지 않고 토론을 통해 비판적 논쟁을 제기하고 자신의 신념, 지식 그리고 갈등과 모순에 대해 질문함으로써 의식적으로 혹은 무의식적으로 논의하고 있지 않은 문제들을 찾아보는 과정을 통해 보다 깊이 있는 해석과 이해가 가능하다고 생각되었다. 그러나 본 연구에서는 이러한 토론의 역할에 대해서는 분석적으로 다루지 않았으며, 일차적으로 일화를 통해 드러난 주요한 딜레마의 내용과 구조를 이해하는 데 주력하였다.

예비 교사의 경우, 교육 실습 과정에서 연구자가 직접 수업을 참관하고 수업과 실제 교육 환경에 대한 이해를 공유하고 딜레마 일화를 수집, 분석하였으나 현직 교사의 경우 대부분 자신의 지난 경험에 대해 회상하여 딜레마 일화를 작성하는 방식으로 이루어졌다. 모든 경우에 있어 딜레마 일화의 작성은 허구가 아닌 현실의 진실성을 바탕으로 하였으며, 작성자가 진심으로 중요하다고 느끼는 것에 대해 문제를 제기하도록 노력하였다. 딜레마 작성 요령은 Tippins 등(2002)의 책에 제시된 작성 요령을 참조하여 구성하였는데, 딜레마의 뜻, 일화를 작성하는 목적, 일화에 포함될 수 있는 구체적인 요소

들(예를 들면 교사의 배경과 경험, 교사의 감정과 의도, 수업에서 일어난 실제적인 대화, 딜레마에 대한 교사 자신의 생각과 주장 등)을 명시하여 일화 작성자가 어떻게 글을 써야 하는지를 안내하였다. 일화의 형식은 제목, 개요, 본문, 제기하고자 하는 문제 순으로 구성하였다. 구체적인 일화의 수집 방법은 다음과 같다.

예비 교사의 일화

예비 교사의 일화 13개는 C 교육대학교 교육 실습 과정 중 작성, 수집되었다. 교육 실습 전 모임을 통해 딜레마 일화 작성 요령과 목적 등을 안내하고 교육 실습 기간 중 연구자가 수업을 일일이 참관하고 가능하면 사진이나 비디오 녹화를 통하여 수업 내용을 자세히 기록하거나 이해하기 위해 노력하였다. 교육 실습 직후 작성한 일화를 중심으로 서로 내용을 공유하고 토론하는 시간을 가졌다. 자료는 2006년 10~11월, 2007년 6월 두 차례에 걸쳐 나누어 수집되었다.

현직 교사의 일화

현직 교사 일화 13개는 다양한 경로를 통해 작성되었는데, 2006년 8월과 2006년 1월 두 차례에 걸쳐 나누어 수집되었다. 대부분 C교육대학교 교육대학원에 재학 중인 현직 교사에 의해 작성되었으나, 13개 중 4개의 일화는 개인적으로 작성된 것이 아니라 교사 연수 과정에서 8명으로 이루어진 소집단에서 토의를 거쳐 작성되었다. 소집단에서 브레인스토밍을 통해 각자의 경험에 대해 이야기를 나눈 후 가장 많은 사람이 공감하는 딜레마 일화를 하나 선택하여 이 내용을 짧은 연극으로 표현하도록 요청하였다. 따라서 여기서 작성된 4개의 일화는 대본의 형식을 띠고 있다. 딜레마 일화의 작성 방법을 다르게 한 것의 의미나 효과는 이 연구의 범위를 벗어나지만 모둠별 토론의 과정에서 보다 많은 교사들이 공통적으로 느끼는 딜레마를 탐색했을 가능성이 있다.

이와 같이 수집된 총 26개 일화의 주요 주제를 분석하였다. 하나의 일화에서 두 가지 이상의 주제가 다루어지는 경우가 있었으며, 일화에 따라서는 주요한 주제가 드러나지 않은 것도 있었다. 일화를 반복적으로 읽으며 요약하고, 일화에서 드러난 주제를 가능한 한 세분하여 나열한 뒤 다시 비슷한 것끼리 묶어보고, 다시 일화를 읽으며 주제에 해당하는 내용을 간추리는 과정을 반복하였다. 자료 분석과 해석의 진실성(trustworthiness)을 위해 딜레마 일화를 소규모 모임에서 공유하는 과정에서 딜레마의 주제를 명확히 확인하고자 노력하였다. 또한 초등교사로서의 경험(7년)과 초등 과학 교육 연구자로서의 경험(8년의 석·박사 과정), 초등교사 교육자로서의 경험(2년)을 가진 전문가와 원 자료를 공유하고 함께 검토하여 동료 확인(peer debriefing) 하는 과정을 거쳤다.

III. 연구 결과

주요한 딜레마는 표 1과 같이 '교육 과정이나 지원 체제와 관련된 딜레마', '학생과 관련된 딜레마', '학교 실험 실습의 본성과 관련된 딜레마' 등 크게 세 가지 범주로 구분되었으며, 세부적으로는 모두 7가지 유형의 딜레마로 분류되었다. 각각은 배타적이거나 완전히 독립적이지 않다. 이러한 구분은 있을 수 있는 모든 딜레마를 분류하고자 하는 목적으로 만들어진 것은 아니며, 수집된 일화를 귀납적으로 분석하며 만든 것이다. 하나의 일화에 두 가지 이상의 주제가 나타난 것도 있으며, 뚜렷한 주제를 찾기 어려운 것은 분석에서 제외하였다.

딜레마는 주제에 따라 상반되는 가치와 신념 등 갈등의 구조가 뚜렷하게 나타나는 것도 있고, 명시적으로는 잘 드러나지 않는 것이 있었다. 또한, 일화는 예비 교사의 일화와 현직 교사의 일화로 구분하여 분석하였으나, 예비 교사와 현직 교사의 차이점을 분석하는 데에는 중점을 두지 않았으며, 각각의 딜레마에 존재하는 갈등의 구조(예를 들면 상반된 신념이나 가치, 기대, 현실 등)를 파악하고자 노력하였다. 예시 일화는 전체 일화 중 각각의 딜레마를 가장 잘 보여주는 부분이라고 생각되는 것을 일부분씩 발췌하여 제시하였다.

1. 교육 과정이나 지원 체제와 관련된 딜레마

1) 교육 과정(교과서)의 권위

많은 교사는 교과서에 나와 있는 실험들이 매우 중요한 것이기 때문에 반드시 학생들이 경험하도록 해 주어야 한다는 인식을 하고 있다. 즉, 교육 과정(교과서) 전달자로서의 의무를 강하게 느끼고 있기 때문에 교사 자신이 경험을 통해 알게 된 대안적 지식이 존재하더라도 이를 활용하거나 도입하는데 갈등을 겪게 된다.

다음 일화 1에서 교사가 달개비 잎의 표피를 벗

표 1. 초등 과학 실험 실습의 주요 딜레마

주요한 실험 실습의 딜레마	일화의 수*	개요	예시 일화
1. 교육 과정이나 지원체제와 관련된 딜레마	5(3/2)		
1-1 교육 과정(교과서)의 권위	3(2/1)	교사는 교과서와 교육 과정의 내용을 충실하게 전달해야 하는 '전달자'로서의 의무를 강하게 느끼기 때문에 상황에 적절한 다른 대안적인 실험을 실시하거나 자신이 터득한 실험 방법(실천적 지식)을 도입, 적용하는 것에 매우 자신 없어 하며 갈등을 느끼게 된다.	일화 1 일화 2
2-2 지원체제에 대한 실망	2(1/1)	교사는 자신의 노력에도 불구하고 학교나 관련 기관의 지원이 원활하지 않아 실험 수업이 성공적이지 못했던 사례를 경험함으로써 지원체제에 대한 비판적 인식이 증가하게 되고 이것은 다시 자신의 추가적인 노력의 필요성에 갈등을 느끼게 한다.	일화 3 일화 4
2. 학생과 관련된 딜레마	8(2/6)		
2-1 학생들의 흥미와 안전	4(1/3)	교사는 실험 실습이 학생들의 흥미와 참여를 진작시키는 데 효과적이라고 생각하지만 동시에 학생 통제가 어렵고 안전사고가 발생할 수 있는 상황에 대해 많은 두려움을 가지고 있다. 이러한 갈등으로 인해 실험 수업을 망설이거나 수업을 실시하더라도 하나씩 따라 하는 수업으로 진행하는 경향이 생기게 된다.	일화 5 일화 6
2-2 학생들의 비과학적, 비적극적 태도	4(1/3)	교사는 학생들이 실험 실습에서 과학적인 태도를 보일 것을 기대하지만, 실제 학생들은 실험을 하나의 공연, 놀이에 가까운 것으로 인식하거나 미리 결과를 알고 있어 실제 관찰되는 현상을 무시하거나 왜곡하는 태도를 보이는 경우가 있다. 이러한 학생들의 태도로 인해 교사는 수업 진행에서 곤란을 겪게 되며 적절한 대처 방법을 찾지 못한다.	일화 7 일화 8
3. 학교 실험 실습의 본성과 관련된 딜레마	15(9/6)		
3-1 의도된 실험 결과 재현의 어려움	9(6/3)	교사는 실험 실습이 학생들에게 과학 지식을 쉽게 보일 수 있는 편리한 도구로서 역할을 할 것을 기대하지만, 실제 복잡한 교수 상황에서 의도한 실험 결과를 쉽게 보이기 어려운 경우가 빈번히 발생하고, 그 원인을 알지 못해 곤란한 상황에 직면하는 경우가 많다.	일화 9 일화 10
3-2 실험을 통한 일반화	3(3/0)	교사는 실험 결과를 통해 학생들에게 과학 지식의 타당성을 입증할 수 있기를 바라지만 실험 결과로부터 과학 지식을 일반화하거나 귀납적으로 결론을 도출해 내는 것에는 논리적인 문제가 있다는 것을 인식하게 되며, 실험 수업의 논리적 정당성에 의문을 제기하게 된다.	일화 11 일화 12
3-3 지식의 습득과 참된 탐구	3(0/3)	교사는 학교 실험 실습이 이미 확립된 과학 지식의 이해를 돕기 위한 것이라는 점을 알고 있지만, 동시에 답을 모르는 과제에 대해 참된 과학 탐구를 경험할 수 있는 기회가 학생들에게 제공되어야 한다고 생각한다. 이 두 가지 목적을 동시에 추구하고자 할 때 갈등을 겪게 된다.	일화 13 일화 14

* (예비 교사 일화의 수/현직 교사 일화의 수)

기는 효과적인 방법(칼과 핀셋을 이용하지 않고 손으로 찢는 것)을 발견했음에도 불구하고, 학생들에게는 교과서에 나와 있는 대로 실험을 수행하게 하는 것을 볼 수 있다. 즉, 교과서와 다른 실험 방법을 알고 있는 경우에도 자신의 지식에 대해 매우 회의적이고 자신 없어 하는 것을 보여준다.

〈일화 1〉 어, 이것도 되네.

개 요: 5학년 1학기 7단원 '식물의 잎이 하는 일' 중 현미경을 사용하여 잎 관찰하기 수업 관련, 교사가 나름대로의 효과적인 실험 방법을 발견하지만 교과서의 권위 때문에 수업에 잘 적용시키지 못하는 상황.

해 설: 여기는 5학년 영재반, 내일은 장학 수업이 있는 날
교 사: 달개비가 어디 있는거야. 달개비가 없는데 다른 것을 가지고 해 보자.
해 설: 장미, 선인장을 칼집을 내면서 잎을 벗겨본다.
교 사: 잘 안되네. 다르게 해 보자. 어, 잘 찢어지네. 껍질이 잘 벗겨지네. 내일 이걸 가지고 실험해야겠다.
교 사: 자, 오늘은 잎이 하는 일 중에서 기공이 하는 일을 알아보도록 하겠습니다. 먼저 잎의 뒷면에 칼집을 내서 핀셋으로 껍질을 벗겨 프레파라트를 만들어 현미경으로 관찰해 보겠습니다. 해볼까요?
학생 1: 선생님, 잎의 표피가 잘 벗겨지지 않아요?
교 사: 교과서에 있는 그림대로 다시 한 번 잘 해보세요.
학생 2: 교과서에서 칼집을 내고 핀셋으로 하라고 되어 있는데 잘 안돼요.
학생 3: 못하겠어요. 선생님이 해 주세요.
학생 4: 선생님, 저는 손으로 찢어보니까 되었어요.
교 사: 선생님도 어제 해 보니까 칼집을 내는 것보다 손으로 하는 게 잘 되었어요.
해 설: 그날 오후 선생님은 생각에 잠겼습니다. 우연히 자신이 알게 된 과정과 교과서의 실험 과정 중 어느 것이 좋은 것일까요?(현직 교사 소집단에서 생성한 일화)

일화 2에서는 교사가 사전 실험을 통해 실험의 실패를 예상하였지만 교과서에 제시된 실험이기 때문에 하지 않을 수 없다고 생각하고 수업을 강행한 것을 볼 수 있다. 교사는 여러 가지 여건으로 실험 결과를 확실히 보여주기 어려운 경우, 동영상을 활용하거나 대체 실험을 하는 것이 좋다고 생각하였지만, 교과서의 실험이 중요하기 때문에 모든 학생들이 직접 해 보도록 해야 한다는 생각이 양립하고 있었다. 즉, 교사는 '교과서의 실험이 모든 학생들이 직접 해야 하는 정말로 중요한 실험인지'에 대해 의문을 제기하고 있지만, 선뜻 자신이 교과서의 대체 실험을 준비하거나 도입하지는 못하고 있는 것이다.

〈일화 2〉 교과서의 실험은 정말 중요한 실험인가?

교과서에 나와 있는 실험으로 사이다병 위에 십 원짜리 동전을 올려놓으면 동전이 들썩거리는 실험과 삶은 달걀을 주스 병에 넣는 실험을 했다. 그러나 두 실험 모두 아이들에게 결과를 보여주는데 실패하고 말았다. 어제 미리 실험했을 때, 잘 안 된다 싶은 것을 굳이 하려고 하다가 이런 상황이 벌어진 것 같아 후회스러웠다 실험이 성공적이지 않을 것을 예상하고도 교과서의 실험이기 때문에 중요하다고 여기고 무조건 실험을 학생들이 직접 해 보도록 해야 하는 것일까? 실험의 결과가 명확하게 나타나는 동영상을 시청하게 하거나 다른 대체 실험을 하는 것이 더 좋지 않을까? 많은 사람들이 중요한 실험이라고 생각하는 교과서의 실험이 과연 정말 중요한 실험인지, 그리고 모든 학생들이 직접 해 보는 것이 요청되는 것인지.. 다음에 이번 수업과 비슷한 상황에 처한다면 어떻게 수업을 준비해야할지 잘 모르겠다. (예비교사의 일화)

교육 과정(교과서)의 권위로 인한 이러한 딜레마는 단일 국가 교육 과정 하에서 전국적으로 동일한 교과서를 사용하는 초등 교사에게 있어 특별히 더 문제가 될 수 있다. 학교 현장과 교육계에서는 교사의 자율성과 교육 과정의 융통성이 강조되고 있지만, 현실적으로 교사가 교과서 이외의 대안적인 설명이나 활동을 시도하는 것에 어려움이 있는 것으로 보인다. 교과서와 교육 과정을 충실히 구현하지 않거나 구현하지 못하는 것에 대해 교사 자신의 책임이 있다고 느끼기 때문이다. 이러한 교과서, 교육 과정 전달자로서의 책임에 대한 인식은 다른 교과보다 과학에서 좀 더 높을 가능성이 있다. Arellano 등(2001)의 연구 과정에서 드러난 바에 의하면 교사들은 과학 교과서를 하나의 수업 자료로 인식하기보다는 과학 지식을 완벽하게 제시하기 위한 도구로 인식하는 경향이 있었다. 즉, 과학 지식은 객관적인 것이며, 교과서는 객관적인 과학 지식을 정확하게 보여주는 가장 좋은 도구로 인식되는 것이다.

2) 지원 체제에 대한 실망

실험 수업을 위해서는 미리 실험 재료와 기구 등을 알맞게 준비하고, 교사 자신이 사전 실험을 실시 해 보는 것이 필요하다. 그러나 바쁜 학교의 업무와 일정으로 교사 자신이 충분한 사전 실험 준비를 할 수 없을 뿐 아니라 대개의 경우 학교 과학 실험실의 물품 관리가 허술하고 전문적인 교육을 받은 실험 조교가 지원되지 않기 때문에 실험 실습의 준비는 더욱 어려워진다. 또, 실험 실습을 위한 자세한 교사용 도움 자료도 부족한 실정이다. 교사는 실험 실습을 준비하는데 있어 자신의 노력이 부족하다고 인식하지만 동시에 학교나 관련 기관의 지원이 너무 미흡하기 때문에 실험 실습을 잘 준비할 수 없다고 생각한다. 특히 교사 자신이 사전 실험 등을 통해 노력했음에도 불구하고 실험 수업을 의

도한 대로 진행하지 못하는 사례가 발생함으로 인해 지원체제에 대한 불만을 느끼게 된다.

다음의 두 일화는 교사 자신의 노력에도 불구하고 실험 수업이 성공적이지 못했던 사례와 이에 대해 교사가 어떻게 느꼈는지를 잘 보여준다. 먼저 일화 3은 실험 조교가 사전 실험 때와 다른 재료(다른 농도의 묽은 염산)를 준비해 줌으로써 수업에 문제 상황이 발생한 것이다. 교사(예비 교사)는 묽은 염산의 농도를 적절하게 준비해 주어야 하는 것은 실험 조교의 역할이라고 생각하고 있다.

〈일화 3〉 사전 실험을 해도 실패하는 과학 실험 - 교사의 책임은 어디까지

여러 가지 방법으로 이산화탄소를 발생시켜 보는 수업이었다. 사전 실험을 통해 조개껍데기, 분필 등 여러 가지 다른 물질을 이용해 이산화탄소를 모으는 활동을 하였다. 사전 실험에서는 탄산칼슘을 제외한 모든 것에서 이산화탄소가 잘 모아졌다. 하지만 본 수업에서는 이산화탄소가 거의 발생하지 않았다. 갑자기 당황스럽기 시작했다. 가뜩이나 여러 선생님과 동료 교생들이 지켜보는 연구 수업인데...(중략)...각종 공문서 처리에 전 과목을 가르치면서 과연 현장교사들이 얼마만큼의 여유 시간이 있을까? 솔직히 나는 이전까지 과학 실험을 하기 위해서 사전 실험은 필수라고 생각하였다. 아무래도 사전에 미리 연습을 하면서 실제 수업에서 능숙하게 실험을 해 나갈 수 있고, 사전에 실수나 발생할 수 있는 문제를 차단할 수 있기 때문이다. 그러나 이번 수업에서는 사전 실험이 본 수업에 아무런 도움이 되지 않았고 오히려 본 수업에서 사전 실험과 다른 결과가 나옴으로 인해 당황하게 되었다. 실험 실패의 원인은 아마도 준비된 염산의 농도가 달라졌기 때문이라고 짐작된다. 실험을 위한 약품은 실험 조교에 의해 관리되고 준비된다. 초등교사는 늘 교실에서 학생들과 수업을 진행하고 생활하기 때문에 실험실에서 기구나 약품들을 관리하거나 별도로 준비하기 어려운 여건이다. 이런 경우, 교사가 실험을 실패한 것에 대한 책임이 있다고 할 수 있을까? 그리고 사전 실험이 효과가 없다면 굳이 바쁜 시간을 쪼개어 사전 실험을 할 필요가 있겠는가? (예비 교사의 일화)

일화 4는 교과서나 교사용 지도서의 정보가 부족하여 실험을 성공적으로 수행하기 어려웠던 사례를 보여주고 있다. 먼저 교사가 '두부 만들기' 실험을 위해 직접 간수와 콩물을 일일이 준비해야 하는 상황이며, 학교에는 이를 위해 지원해 줄 수 있는 체제가 갖추어져 있지 않은 상황임을 알 수 있다. 그리고 교사가 가장 쉽게 참고할 수 있는 교사용 지도서에도 교사가 이것을 준비하기 위해 필요한 정보가 충분히 제공되지 않았음을 알 수 있다.

〈일화 4〉 초등 과학 실험 준비의 어려움

가장 실패한 실험은 '두부 만들기'였다. 재래시장을 뒤져서 간수를 구했는데 구할 수 없었다. 그리고 어디에도 간수를 만드는 비율이 안 나온 것이다. 그래서 결국 감으로 만들었는데 너무 진하게 만든 것이었다. 그럼 조금만 부어도 두부가 응고가 되어야 하는데 응고마저 안 되는 것이었다. 나중에 알고 보니 콩물이 너무 묽어서 그런 것이었다. 그러고 나니 정말 교사용 지도서에 화가 났다. 어떻게 간수의 비율도 하나 안 나오고 콩물이 묽을 경우 잘 안 만들어 질 수도 있다는 아주 기본적인 내용도 알려주지 않는 것인가? 지도서에 대한 나의 믿음이 무너지는 순간이었다... (중략)...몇 개 모둠은 실패하고 몇 개 모둠은 성공했는데 성공한 모둠의 두부를 다들 조금씩 먹어보았다. 지도서의 도움을 받지 못했지만 두부를 만드는 경험은 참 재미있었고 학생들은 과학을 즐겁게 생각하였다. (현직 교사의 일화)

일화 3과 일화 4는 실험 실습을 위한 지원 체제에 대한 교사의 실망을 나타내고 있다. 일화 작성 후 토론 과정에서 두 교사는 과학 실험 수업을 성공적으로 지도하기 위한 일차적인 책임이 자신에게 있는지, 이를 지원하는 학교와 관련 기관에 있는지를 토론 문제로 제기하였다. 일화 3의 경우, 묽은 염산의 농도를 교사가 정확하게 요구하는 것이 필요한 일인지, 실험 조교가 알아서 지원해 주어야 하는지에 대해 의문을 제기하였으며, 일화 4의 경우, 학생들에게 즐거운 과학 실험을 제공하기 위해 교사가 어느 정도의 어려움을 감수해야 하는지를 문제 제기하였다. 초등 교사의 경우, 중등과 달리 연속적으로 수업을 실시해야 하기 때문에 교사 개인이 과학 실험 수업을 준비하는 것은 상당한 부담이 된다. 위와 같은 상황에서 지원 체제에 대한 실망은 실험 실습을 위한 교사의 추가적인 노력에 갈등을 느끼게 하며, 자칫 의욕적인 교사를 나태에 빠지게 할 수 있을 것이다.

2. 학생과 관련된 딜레마

1) 학생들의 흥미와 안전

교사는 과학 수업에서 학생의 흥미와 참여를 고

취시키기는 것이 중요하다는 것과 실험 실습이 이것에 적합하다는 것을 알고 있지만, 수업에서의 안전과 통제가 그에 못지않은 교사의 일차적인 책무라고 생각하기 때문에 실험 수업을 망설이게 된다. 특히 안전사고 발생에 대해 많은 두려움을 가지고 있는데, 이는 이전의 직접, 간접적인 경험에 기인하며, 이로 인해 직접 실험보다 시범이나 동영상을 통한 수업을 선호하기도 한다. 즉, 교사는 실험실에서의 직접 실험을 통해 학생의 흥미와 참여도를 높이도록 노력해야 하는지, 안전하고 통제된 수업을 위해 교실 수업으로 대체해야 하는지에 대해 갈등을 느끼게 된다.

다음의 일화 5는 안전과 통제를 위해 교실 시범 수업을 해야 할 지, 학생들의 흥미와 참여를 증진시키기 위해 실험실 수업을 해야 하는 지에 대해 망설이는 예비 교사의 글이다.

〈일화 5〉 교실 시범 수업? 과학실 실험 수업?

과학실 수업은 아이들이 소란스러워질 가능성이 크며, 지속적인 통제가 필요하고, 아이들의 안전을 위협하는 순간이 자주 찾아올 수 있다. 그렇다면, 나는 교실 시범 수업을 선호해야 하는가? 아니면 과학실 실험 수업을 선호해야 하는가?

과학실 수업은 교실 수업과 너무 판이하게 달랐다. 교실 뒤편의 다양한 실험 도구나 시약들은 아이들의 시선을 빼앗기에 충분했다. 수업 분위기가 굉장히 소란스러워 제대로 정보 전달이 이루어지지 않았으며, 부분적으로는 실험 도구를 가지고 자신이 원하는 다른 활동을 하는 학생들도 있었다. 또한, 이 실험은 이산화망간에 과산화수소를 반응시켜 산소를 발생시키는 실험이었는데, 이산화망간과 과산화수소를 너무 다량 반응시키는 바람에 아이들이 순간 위험한 경우도 있었다. 반응열도 상당히 높았기 때문이다. 과학실 수업은 학생들의 주위집중이 어렵고, 실험 성공률도 불투명하며, 자칫하면 아이들을 위협할 수 있는 사고가 충분히 일어날 수 있기에 아직 실습생인 우리들은 자연스레 교실 수업을 선호하는 분위기로 바뀌기 시작했다.

우리 모두 교실 수업은 굉장히 순조로우리라 생각하였다. 하지만, 교실 수업은 마냥 성공적인 교수 학습이 아니었다. 뒷자리에 앉은 아이들은 처음에 교사의 실험대를 주의 집중하던 학생들도 시간이 지남에 따라 집중력이 떨어졌다. 실물 화상기로 실험 도구를 비춰주었으나 아무래도 직접 보는 것보다 생생한 실험으로 와 닿지 않기에 학생들은 이내 흥미를 잃는 것 같았다. 결국 우리는 과학실 실험도, 교실 수업도 호락호락한 것이 하나 없다는 결론에 이르기 시작했다. (예비 교사의 일화)

특히 이러한 안전과 통제에 대한 딜레마는 예비 교사보다 경력이 많은 현직 교사에게 두드러지게 나타났다. 현직 교사 8명씩 모둠별로 활동하면서 가장 공감하는 딜레마 사례를 극 형식으로 제시하는 과정에서 절반이 이러한 문제를 다루었다. 또한, 참가자들이 개인적 논평을 작성하는 과정에서도 안전 문제에 가장 많은 반응을 보여 이 문제가 초등 현직 교사들 사이에서 많은 공감을 이루고 있다는 것을 알 수 있었다. 다음은 현직 교사 모둠에 의해 공연된 것으로 실험 도중 안전사고가 발생하자 그 옆반의 교사도 실험 수업을 꺼리게 되지만 학생들은 여전히 실험 수업을 선호하기 때문에 교사가 갈등을 느끼게 된다는 이야기이다.

〈일화 6〉 실험 수업할까? 말까?

해설: 여기는 ○○초등학교. 25학급 규모. 정년을 6개월 앞둔 교장 선생님이 계시고 과학실은 없는 학교. 제가 나와 있는 곳은 5학년 산과 염기의 성질을 알아보는 한 수업입니다. 1반 선생님은 의욕적인 젊은 선생님으로 허용적인 분위기로 수업을 이끌어 가십니다.

1반 교사: 자, 오늘은 산과 염기의 실험을 알아보기 위한 실험으로 마그네슘을 수산화나트륨과 묽은 염산에 넣어 반응을 알아보는 실험을 할 거야.

학생들: 와, 재미있겠다.

해설: 흥미롭게 실험이 진행되고 있었다. 그러던 중

1반 까불이 학생: 아아.. 눈이 아파요. 선생님

해설: 까불이는 시험관에 마그네슘을 넣고 반응을 관찰하던 중 활발한 마그네슘 반응에 눈을 다치고 만 것이다. 까불이 학생은 항상 안전 수칙을 잘 지키지 않았다.

2반 무작정 학생: 얘들아, 1반에서 산과 염기 실험하다가 사고가 났대. 까불이가 119에 실려 갔대.

2반 교사: 무슨 일인데..

2반 무작정 학생: 선생님, 산과 염기 실험하다가...

2반 교사: 얘들아, 잠깐만 내가 가보고 올게.

해설: 선생님이 1반에 가서 사고 상황을 전해 들었다.

2반 교사: 얘들아, 1반에서 산과 염기 반응 실험을 하다가 까불이란 학생이 다쳤다고 한다. 우리도 그 실험을 해야 하는데 선생님이 걱정이 많이 되거든. 위험하니까 실험하지 말고 인터넷 동영상으로 공부하도록 하자.

2반 무작정 학생: 안돼요, 선생님. 우린 안 다치고 잘

할 수 있어요. 우리 그냥 해 봐요.

2반 소시민 학생: 다치면 어떡해요? 다치면 네가 책임 질거야?

2반 교사: 이거 어떻게 해야 하지? 고민스럽네.

해설: 허용적인 분위기에서 실험을 통해 아이들의 확산적 사고를 유도할 것인가? 아니면 아이들의 안전을 위해 인터넷 수업으로 대신 해야 할까? (현직 교사 소집단에서 생성한 일화)

30여명 내외의 어린 학생들을 혼자서 지도하는 초등 교사에게 안전 문제는 항상 쉽게 해결할 수 없는 과제이다. 일화 작성 후 토론 과정에서 안전사고가 발생하는 경우 교사에게 많은 책임이 전가된다는 것을 직접, 간접적으로 경험한 것 때문에 교사들은 안전사고에 대해 많은 두려움을 가지고 있다는 것을 알 수 있었다. 또한, 학생들의 흥미와 참여를 증진시키기 위해 과학 실험 실습을 많이 실시해야 한다는 것과 안전과 통제 문제를 해결해야 한다는 딜레마로 인해 실험 수업을 하더라도 실험 방법을 자세하게 안내하고 통제하여 최대한 안전한 수업으로 이끌고자 하는 경향이 나타나는 것을 알 수 있었다.

2) 학생들의 비과학적, 비적극적 태도

많은 경우, 학생들은 실험의 결과를 미리 알고 있어 실험을 통해 얻은 결과를 신기해 하거나, 열심히 분석하거나, 토론하려고 하지 않는다. 어떤 학생들에게 실험 기구는 놀잇감으로 기능한다. 실험에 대한 학생들의 인식과 태도는 교사의 기대와 차이가 매우 크다는 것을 발견하게 된다. 또, 실험 수업에 학생들이 적극적으로 참여하도록 하는 것은 교사의 생각처럼 쉽지 않다.

Leach(1998)는 학생들이 과학에 대해 가지고 있는 견해와 신념이 실험실에 있는 교사들에게 도전이 될 수 있음을 지적하였다. 또, 교사가 탐구적인 접근 방법을 시도한다고 하더라도 학생들은 다른 사람들이 정답을 알고 있다고 인식하고 그렇게 행동하기 때문에 문제가 생긴다는 것을 지적하였다.

일화 7은 학생들이 실제 실험 결과를 본대로 나타내지 않고, 자신이 알고 있는 지식에 맞게 왜곡하여 '정답'을 말하는 것에 대해 교사가 놀라는 상황을 보여준다. 또 이렇게 반응하는 학생들을 어떻게 지도할지에 대해 교사는 난감한 상황에 처한다.

〈일화 7〉 실험 결과와 다른 정답을 말하는 아이들

4학년 '열에 의한 물체의 부피 변화' 단원의 첫 차시에 나오는 실험은 열에 의한 금속선의 길이 변화를 알아보는 실험이다. (중략). 모두들 기대하는 마음으로 실험 결과를 기다리고 있었지만 3분이 지나고, 5분이 지나고, 8분이 지나고……. 아무리 기다려도 금속선은 미동도 하지 않고 빨갛게 달궈지기만 했다. 팽팽했던 줄이 살짝 늘어진 것 같기는 했지만 기분상 그렇게 보이는 것인지 실제로 늘어난 것인지는 육안으로는 잘 알 수가 없었다. 그런데 이게 웬 일인가? 분명히 금속선에 눈에 보이는 변화가 없었던 모둠의 한 아이가 '철사를 가열했을 때 금속선이 어떻게 되었을까요?', '이것으로 금속선을 가열하면 어떤 변화가 일어난다고 말할 수 있나요?'라는 질문에 '철사와 구리선 모두 가열하니 길이가 늘어났고, 금속선은 가열하면 길이가 늘어난다.'는 대답을 하는 것이었다. 아이들의 대답은 모두 한결 같았다. 아이들은 왜 그렇게 대답하였을까? 수업이 끝나고 계속 궁금하여 실험 결과와 다른 내용을 발표하였던 그 아이에게 이것에 대해 물어보았다.

"그 때 실험에서 금속선이 내려가지 않았는데 왜 그렇게 말했어?"

"아니에요, 그거 내려간 거예요. 학원에서도 그렇게 배웠어요. 금속선은 원래 가열하면 길이가 늘어나요."

참 이상한 일이었다. '금속선은 원래 가열하면 길이가 늘어나는 것'으로 알고 있었기 때문에 그 아이의 눈에는 금속선이 늘어난 것으로 보였을까? 아니면 늘어나지 않은 것으로 보았지만 그러한 실험 결과가 아이의 생각에 아무런 영향을 주지 못하는 것일까? 그것도 아니면 속으로는 약간의 갈등이 있지만 학원에서 미리 배운 데로 말하는 것이 좋다고 믿고 있는 것일까? 교사는 이와 같은 상황에서 아이의 발표에 어떻게 반응해야 할까? (예비 교사의 일화)

일화 8에서는 교사가 실험 수업 동안 학생들을 관찰한 결과, 상위 수준 학생이나 하위 수준 학생 모두 탐구적이지 않은 태도를 보이며, 이러한 학생들과 어떻게 실험 수업을 이끌어 가여할지에 대해 고민하는 것을 볼 수 있다. 상위 수준의 학생들은 실험을 수행하고는 있지만 학원에서 배운 지식을 확인하고자 하는 것이며, 하위 수준 학생들은 과학 실험을 놀이에 가깝게 인식하고 있다. 교사의 입장에서는 이러한 학생들에게 적극적인 참여, 탐구적인 태도를 유도해 내는 것이 쉽지 않으며, 이것은 실험 수업을 망설이게 하는 요인이 되고 있다.

〈일화 8〉 상위 수준과 하위 수준 학생 관찰

2주 동안의 수업에서 학습자 특성 파악을 위해 중간 고사 및 수행 평가 결과를 바탕으로 상위 수준 학생들과 하위 수준 학생들을 집중적으로 관찰, 비교하였다. 관찰 결과 상위 수준의 학생들이 각 모둠에서 실험을 주도적으로 해 나가며, 하위 수준의 아이들은 과학실 책상이 좁아 실험대를 향해 앉지도 못한 학생, 실험에서 소외되어 물장난을 치는 학생, 그래도 도움을 주려고 주변 정리와 수조에 물 받기에 적극적인 학생 등 사실 수업 목표와는 다른 쪽에 관심을 두고 수업에 임함을 발견할 수 있었다.

상위 수준 학생들은 이미 학원과 학습지 문제 해결을 통해 우리가 말하는 '탐구'를 통한 문제 해결보다는 이미 지식 위주의 수업을 통해 산소와 이산화탄소의 성질을 알게 되며, 하위 수준 학생들은 실험과정에 의한 조작과 결과보다는 실험 기구를 만지는 것에 만족하는 유아적 습성에 집착하는 모습을 보인다. 이러한 차이를 보이는 학생들에게 어떻게 각각 의미 있는 실험 수업이 되게 할 수 있을까? 이러한 학생들과 과연 탐구적인 실험을 할 수 있을까? (현직 교사의 일화)

교사는 실험 실습에서 학생들의 탐구 능력과 과학적 태도가 길러질 것을 기대하는 반면, 학생들이 실험을 하나의 공연처럼 기대하거나 지루한 교실 수업의 대체 활동쯤으로 인식한다면 교사는 의도한 수업을 진행하기 어려울 것이다. 교사의 학생에 대한 기대 자체가 무리한 것이어서 그러한 기대를 바꾸어야 하는가? 아니면 이러한 학생의 태도를 바꾸도록 노력해야 하는가? 이러한 학생들의 실험 실습에 대한 태도는 어떻게 바꿀 수 있는가? 정답을 알고 있는 학생들의 실험에 대한 태도, 실수 없는 공연과 같은 실험 실습을 기대하는 학생들의 태도, 놀이로서 실험 실습을 기대하는 학생들의 태도는 한두 번의 노력으로 해결하기 어려운 도전을 교사에게 제기한다.

3. 학교 실험 실습의 본성과 관련된 딜레마

1) 의도된 실험 결과 재현의 어려움

많은 경우, 학교 과학 실험은 '예시적 과학 실험(Woolnough와 Allsop, 1985)'이다. 즉, 새로운 지식을 발견하기 위한 것이라기보다는 학생들이 과학의 지식주장(법칙, 이론, 일반화)을 이해할 수 있도록 돕기 위한 것이다. 따라서 교과서의 실험들은 문제가 없을 만한 상황을 선택해서 이러한 지식을 잘 보여줄 수 있도록 특별히 재단된 것이라고 할 수 있다. 교과서를 자세히 살펴보면 특정 과학 지식을 가르칠 때 효과적인 실험은 나라에 관계없이, 시대에 관계없이 유사하게 퍼져 있는 것도 이러한 이유 때문이다. 학교 과학 실험이 새로운 지식을 발견하는 것이 아니기 때문에 일면 '쉬워' 보일 수 있지만, 예정된 지식을 효과적으로 보여주기 위해서는, 즉 의도된 실험 결과를 재현하기 위해서는 각각의 실험마다 특정한 지식과 기능이 요구된다.

이러한 실험 수행을 위한 특정한 지식과 기능은 이전 교사 세대로부터 전수되거나 많은 경험을 통해 터득되는 경우가 많다. 교사는 실험 수업에서 (과학 지식에 맞는) 의도된 결과를 보이지 못하는 경우가 많으며, 이 때 어떠한 지식과 기능이 부족했기 때문인지 쉽게 알 수 없어 갈등을 겪게 된다. 전체 26개의 일화 중 이 주제를 다루고 있는 것은 9개로 가장 많아 예비 교사와 현직 교사 모두에게 이 문제가 주요한 이슈임을 알 수 있었다.

다음 일화 9에서 교사는 공기를 가열하면 부피가 증가한다는 것을 보이기 위해 사이다병 입구에 10원짜리 동전을 올려놓고 이 병을 뜨거운 물에 넣어 사이다병 안의 공기가 팽창하며 동전이 들썩이는 것을 보이고자 하였다. 교사는 병 위의 동전이 들썩거리지 않은 이유를 알지 못해 수업을 진행하기 곤란한 상황에 처한다. 이 실험을 위해서는 동전의 크기나 무게 등도 중요하며, 병 입구에 물을 충분히 묻혀 두는 것도 중요하다. 또, 유리의 두께가 너무 두꺼우면 열 전달이 잘 되지 않아 결과가 잘 보이지 않을 수 있다. 이러한 지식과 기술적인 사항들은 사전 실험을 한번 했다고 해서 교사가 바로 습득할 수 있는 사항이 아니며, 대부분의 경우 시행착오적인 여러 번의 경험을 통해 터득되는 경우가 많다.

〈일화 9〉 왜 실험이 안 될까?

정작 더 큰 문제는 사이다 병위의 십 원짜리 동전이 일으켰다. 내가 예전에 이 실험을 본 기억으로는 십 원짜리가 병 입구에서 위아래로 들썩거리면서 신나게 움직였던 것 같다. 하지만, 이것이 웬 날벼락일까. 병을 더운 물이 든 비커 속에 넣었더니 십 원짜리는 두세 번 겨우 버끔거리더니 이내 잠자코 움직일 생각도 하지 않는 것이다. 속으로 정말 큰일이다 싶었다. 다음 날 수업에서 실험이 안 될까봐 초조해졌다.

다음 날 수업이 시작되고, 교과서의 사이다병 실험이 진행되었다. 실험의 순서를 학생들에게 알려주고, 결과를 예상해 보도록 한 후 실험을 시작했다. 아이들은 의외로 공기의 부피 팽창을 쉽게 이해하고 예상 결과를 말했다.

"병 속의 공기가 팽창해서 십 원짜리 동전이 소리를 내며 움직일 것 같아요."

"맞았어요. 십 원짜리 동전이 병 입구에서 움직이겠죠? 병 속의 공기가 십 원짜리를 들어 올리니까. 자, 사이다 병위에 십 원짜리 동전을 얼른 올려놓으세요."

하지만 교실은 이내 어수선해졌다.

"선생님, 안 움직여요.", "이상해요."

내가 어제 염려했던 상황이 실제로 벌어진 것이다. 순간 여러 가지 생각이 머리를 스쳤다. 시범으로 해 볼까? 앞에서 같은 조건이라면 아이들처럼 내 십 원짜리도 잘 움직이지 않을 것이다. 시범 실험을 할 수도 없고, 그렇다고 자신 있게 실험의 어떤 부분이 잘못되어서 그렇다고 말할 수도 없는 처지였다. (예비 교사의 일화)

다음 일화 10 역시 대류 상자를 이용한 실험에서 예측했던 모습대로 대류가 일어나지 않아 곤란을 겪게 되는 이야기이다. 아마도 모래와 물의 온도 차이, 위치 등이 적절하지 않았거나 대류상자 자체에 틈이 있었을지 모른다. 마지막 부분에서 '원래 이 실험은 잘 안 된다.'는 다른 교사의 언급은 이 실험이 다른 것보다 의도된 결과를 재현하기가 어렵다는 것을 암시한다.

〈일화 10〉 교과서와 다른 실험 결과

실험은 대류상자 속에 따뜻한 물과 모래를 담아 두고 그 사이에 향을 피운 후, 향의 연기가 어느 쪽으로 나오는지 관찰하는 실험을 하여 관찰 결과로부터 공기의 움직임을 설명하게 하는 것으로 계획했다. 그러나 실험 장치를 끝내고 관찰하고 있던 대류상자에서는 예상치 못한 현상이 나타났다. 따뜻한 물이 있는 쪽의 종이 기둥에서만 향 연기가 나와야 하는데, 따뜻한 물이 있는 쪽의 종이 기둥에서 뿐만 아니라 모래가 있는 쪽의 종이 기둥에서도 조금씩 향 연기가 나오고 있는 것이었다. 왜 이런 결과가 나오는 것일까? 조금 당황되었지만 두 번째 실험을 전개해 나갔다. 두 번째 실험은 따뜻한 물 대신 얼음물을 대류상자에 넣고 결과를 관찰하는 것이다. 결과를 미리 예상한다면, 모래가 있는 쪽의 종이 기둥에서 향 연기가 나와야 한다. 하지만 몇 분 후 나타난 결과는 나를 굉장히 당황하게 만들었다. 대부분의 대류상자들은 양쪽 종이 기둥에서 비슷하게 향 연기를 토해내고 있는 것이 아닌가!

뒤편에 앉아 계신 교장 선생님의 굳은 얼굴을 바라볼 때마다 난 이마에 흐르는 식은땀을 훔치는 것 밖에 할 수 없었다. 계획했던 수업대로 전개하지 못하고 예견하지 못한 실험 결과에 의해 다르게 수업을 마칠 수밖에 없어 속상해 하는 나를 바라보며 "원래 대류상자의 실험 결과는 정확하게 나오지 않더라구!"라고 말하며, 학년부장선생님께서 위로의 말씀을 건네주셨다. (현직 교사의 일화)

위의 두 일화에서와 같이 실험 결과가 예정대로 나오지 않을 경우, 대부분 교사는 그 원인을 알 수 없어 당황하게 되고 이러한 경험은 자칫 실험 실습 지도에 대한 교사의 의욕과 자신감을 떨어뜨릴 수 있다. 교사는 학교 과학 실험 실습이 많은 경우, 과학 지식을 예시하기 위해 고안된 것이고, 이것을 예시하기 위해서는 특정한 지식과 기능이 필요하다는 것을 인식하지 못하는 것으로 보인다. 교사가 실험을 과학 지식을 쉽게 보일 수 있는 '편리한 도구'라고 생각하고, 그것을 기대하는 데 반해 실제는 상황적 요인에 적합하게 적용할 수 있는 특정한 지식과 기능을 필요로 한다는 점에서 위와 같은 딜레마 상황이 발생한다고 할 수 있을 것이다.

2) 실험을 통한 일반화

교사는 실험 결과를 통해 학생들에게 과학 지식의 타당성을 입증할 수 있기를 바라지만, 실험 결과로부터 과학 지식을 곧바로 일반화하거나 한 두 개의 실험을 통해 귀납적으로 결론을 도출해 내는 것에는 논리적이고 인식론적인 문제가 있음을 인식한다.

다음의 일화 11에서 교사는 쇠구슬 실험 하나만을 통하여 '모든 금속은 열을 받으면 부피가 늘어난다.'는 일반화로 이끌 수 없다는 것을 인식하게 된다. 또한, '물이 어는 경우'를 섣부르게 일반화하여 학생들이 잘못된 개념을 가지게 된 것을 발견하고 일반화의 문제가 중요한 문제임을 인식하게 된다. 그렇다면 어떻게 '모든 금속은 열을 가하면 부피가 늘어난다.'는 지식을 일반화하여 이야기할 수 있는가?

〈일화 11〉 쇠구슬 실험을 모든 금속에 대해 일반화하려면?

기대하기도 하고 걱정되기도 했던 나의 과학 수업 주

제는 '열에 의한 금속의 부피 변화'였다. 쇠고리에 겨우 빠져나갈 만한 쇠구슬을 가열하여 쇠고리에 통과시켜 보고 쇠구슬의 부피가 늘어났기 때문에 쇠고리를 통과하지 못하는 것이라는 결론을 도출해 내는 실험이다.

실험은 무난하게 잘 넘어가고 결과 정리도 잘 되었지만, 수업을 하며 조금 편하지 않은 부분이 마음에 남아 있었다. 우선 학생들은 쇠구슬 실험 하나만을 수행했는데 수업에서는 이를 통해 곧바로 금속의 성질 전체로 확대해서 결론을 도출하였다. 철이 아닌 다른 금속도 이 실험과 같은 결과가 나올 것이라고 일반화하려면 어떤 추가적인 디딤돌이 필요하다고 생각한다. 쇠구슬 하나만 실험을 하고 금속 전체로 결론을 도출하는 것에는 무리가 있다고 생각되었다.

수업이 모두 끝난 후 아이들의 학습지를 채점하며 아이들이 물의 부피 변화와 고체의 부피 변화를 혼동하는 것을 알 수 있었다. 아이들은 쇠구슬을 가열하면 부피가 늘어나고 식히면 부피가 줄어드는 것을 알았지만, 쇠구슬을 냉장고에서 얼리면 다시 부피가 커질 것이라고 생각하는 것이었다. 학급의 약 반 정도의 학생들이 이런 생각을 하고 있었다. 물의 경우를 일반화하여 쇠구슬에도 적용한 것이라고 볼 수 있다.

일반적으로 액체나 고체 모두 온도가 내려가면 부피가 줄어들지만 물의 경우는 예외이다. 물의 경우 얼면, 부피가 커지는 것을 다른 모든 액체나 금속에 일반화하는 것은 잘못된 것이라는 점을 강조할 필요가 있을 것이다. 그렇다면 쇠구슬의 경우는 일반화의 문제를 어떻게 짚고 넘어가야 할까? (예비 교사의 일화)

일화 12에서 교사는 제한된 수의 실험을 통해 과학 지식을 주장하는 것에 귀납주의의 논리적 한계가 있음을 인식하고 있다. 교사는 아동들에게 과학 지식의 타당성을 객관적으로 제시하고자 하는 바람을 가지고 있으며, 실험을 통해 과학 지식을 합리적으로 증명하고 싶어 한다. 그러나 동시에 귀납주의의 논리적 한계를 인식하고 있기 때문에 자신의 실험 수업에 정당성을 부여하지 못하는 것이라고 할 수 있다.

〈일화 12〉 두 가지 실험으로 일반화?

교육 과정에 맞추어 수업을 준비한 나는 실험 관찰책에 나와 있는 활동 두 가지를 실험하였다. 더운 물을 이용해 삶은 달걀을 병 속으로 넣는 것과, 페트병을 찌그러뜨리는 실험을 하였다. 그 두 가지의 실험을 통하여 공기가 식게 되면 부피가 줄어든다는 것을 확인하는 것이었다. 약간 분주하고 소란스럽기는 했지만 실험을 순조롭게 진행되었고, 사고 없이 무사히 실험을 마쳤다. (중략) 한 가지, 수업을 하면서 만족스럽지 않게 느껴진 부분은 단 두 가지의 실험으로 지식을 일반화를 시키는 과정이었다. 즉, 삶은 달걀과 페트병 실험을 통해 '귀납적'으로 온도가 낮아지면 기체의 부피가 작아진다는 사실을 일반화하여 이야기 하는 것이다. 나는 대학에서 공부하면서 귀납적 사고가 과학적 사고로서 한계가 있다는 것을 배워 알고 있다. 아이들은 나의 수업에 아무런 문제를 제기하지 않을지 모르겠지만 나 스스로는 불편함과 수업에 불만족을 느낀다. 그러나 그것에 대해서는 어떻게 해야 할 지 잘 모르겠다. (예비 교사의 일화)

위의 두 일화는 교사들이 과학 철학에서 말하는 '귀납의 문제'를 인식하고 있음을 보여준다. 귀납주의는 많은 객관적인 관찰 자료로부터 일반화된 과학 지식을 도출할 수 있다는 것인데, 이것은 관찰의 이론 의존성과 논리적 모순에 의해 비판되어 왔다. 논리적으로 아무리 많은 수의 관찰을 하더라도 그것은 제한적일 수밖에 없기 때문에 항상 그렇지 않을 가능성이 남아있게 된다. 교사들은 이러한 귀납주의의 한계가 자신의 실험 수업과도 연관된다고 생각하고, 어떻게 자신의 수업을 논리적으로 정당화시킬 수 있는지에 대해 고심한다.

교사가 실험 수업의 논리적 정당성에 대한 갈등을 벗어나기 위해서는 과학과 학교 과학 실험에 대한 관점과 과학적 사고의 본성에 대한 인식을 넓혀야 할 것으로 보인다. 또한, 교사는 과학의 모든 것이 실험실 경험이나 해보기 활동과 연관되어 있지 않다는 것을 인식할 필요가 있다. 우리가 학교 실험실에서 수집하고 제시하는 증거는 개념을 정립하기에 충분한 증거를 제시하지 못한다. 학생들에게 합리적 근거를 제시하면서 모든 과학 지식을 수용하는 것을 희망하는 것은 이치에 맞지 않으며, 차라리 학생들이 그 개념의 기원을 충분히 이해하여 그 개념의 수용을 정당화하는 것이 더 현실적이라고 주장되기도 한다(Millar, 1998). 또한, 과학적 사고의 본성에 대한 이해도 귀납주의, 경험주의로부터 그 폭을 넓혀 귀납, 연역, 귀추의 다양한 논리적인 사고의 특징을 이해할 필요가 있다.

3) 지식의 습득과 참된 참구

실험 수업에서는 이론과 맞아떨어지는, 교사가 기대하는 결과가 잘 나타나지 않는 경우가 많다. 예측과 다른 실험 결과가 발생하거나 보이고자 하는 현상이 잘 관찰되지 않는 돌발 상황에서 교사는

예정된 과학 지식과 결과를 강조하고 수업을 마무리해야 하는지, 예측과 다른 결과로부터 새로운 탐색과 탐구를 강조해야 하는지 갈등을 겪게 된다. 이것은 지식과 이론의 습득을 목표로 구성된 실험 실습을 수행하면서 참된 과학 탐구의 모습을 동시에 보이고자 할 때 겪는 딜레마라고 할 수 있다.

일화 13은 실험을 통해 예정된 과학 지식을 전수해야 한다는 생각과 실험 결과를 존중하고 과학적으로 탐구 하는 태도를 길러 주어야 한다는 교사의 두 가지 생각에서 비롯되는 딜레마라고 할 수 있다.

〈일화 13〉 교과서와 다른 실험 결과가 나오면...

과학 수업을 하다보면 실험 결과가 다르게 나오는 경우가 가끔씩 있다. 그 예로, 3학년 「우리 주위의 물질」 단원에서 '여러 가지 가루 물질에 요오드 용액과 식초 떨어뜨리기' 학습 주제를 들 수 있다. 교사용 지도서에 제시된 결과와는 다른 실험 결과가 나왔다. 이럴 경우는 어떻게 해야 하는 것일까? 실험 결과를 번복하고 전수되는 개념을 아이들에게 전할 것인가 아니면 실험 결과를 토대로 다른 결론이나 활동을 이끌어 내야 하는가? (현직 교사의 일화)

일화 14에서 교사는 수업 시간에 수업 내용 이외의 현상에 관심을 가지고 있는 학생을 발견하고 학생들로부터 비롯되는 진정한 탐구의 기회가 학교에서 주어지지 않고 있음에 대해 이야기하고 있다.

〈일화 14〉 학생들에게 과연 탐구의 기회는 있는가?

민철이는 실험 수업 중에 깔대기를 한참 바라보다가 무언가를 발견했다는 듯 웃음을 지었다. 수업이 끝난 후 왜 웃었는지 물어보자, 깔대기가 투명한 데 위쪽과 아래쪽의 두께가 달라 실눈을 뜨고 바라보았을 때 보이는 정도가 달라 재미있었다는 것이었다. 문득 나 자신에게 물음을 던졌다. 탐구란 무엇일까? 수업 목표에서 추구하는 활동이 아닌 민철이의 활동이 진정한 탐구가 아닐까? 교육 과정에서는 탐구를 중시하지만 우리는 40분이라는 짧은 시간에 교과서와 실험 관찰 책, 그리고 모둠 실험을 병행하면서 학생들에게 과연 얼마나 탐구 기회를 제공하고 있는가? 우리 자신은 '탐구'를 어떻게 이해하고 있으며, 실험 수업에서 학생들에게 과연 탐구의 기회를 주고 있는지에 관해 이야기해 보고 싶다. (현직 교사의 일화)

일화 13에서 아마도 교사는 실험 결과를 토대로 교과서와 다른 결론으로 이끌어 가기 어려울 것이다. 학생들의 수행은 오랫동안 구축된 과학 지식에 심각한 도전이 될 수 없기 때문이다. 일화 14에서 교사는 학교 실험 실습이 진정한 탐구라고 할 수 없음을 인식하고 있으며, 진정한 탐구의 기회를 학교에서 어떻게 제공할 수 있는지에 대해 갈등을 느끼고 있다. 교사들은 교과서의 과학 실험이 이미 확립된 지식의 이해를 돕기 위한 것이라는 점을 알고 있지만, 동시에 과학은 무언가 새로운 것을 '탐구'하는 것이라는 인식과 과학 수업을 통해 실제에 가까운 과학(답이 없는, 답을 모르는 과제에 대한 문제 해결)을 경험하도록 해야 한다는 생각을 가지고 있고, 이 두 가지가 갈등을 일으키고 있다고 볼 수 있다.

Woolnough(1998)는 실험 실습을 통해 학생들이 과학의 법칙과 이론을 알고, 과학자들의 방법을 이해하도록 돕고자 하는 두 가지 목적을 동시에 달성하려고 할 때 문제가 발생한다고 지적한 바 있다. 만일 이론이 분명히 드러나도록 실험 실습을 구조화한다면 학생들이 자유롭게 실험하도록 허용할 수 없을 것이고, 만일 학생들이 독립적으로 문제를 탐구하도록 격려한다면 학생들은 '옳은 이론'을 발견하지 못할 것이기 때문이다. 또한, 많은 과학 교육 연구자들은 학교 과학 실험이 지식의 습득을 위한 것으로 구성되어 있어 실제 과학의 모습을 잘 반영하지 못한다는 것을 지적하고 참된 과학 탐구(authentic scientific inquiry)의 기회가 제공되어야 함을 강조하였다(Driver *et al.*, 2000; Hodson, 1998; Wellington, 1998). 그러나 학생들의 흥미에서 출발한 주제를 가지고 끝 열린 형태로 진행되는, 실제 과학 활동을 특성을 반영한 참된 과학 탐구 활동은 학생들의 과학 지식을 늘리는 데에는 주요한 역할을 하지 못할 것이다.

예정된 지식의 습득과 끝이 열린 과학 탐구 활동을 함께 추구하는 것은 어떤 교사에게든 매우 어려운 도전적인 과제이다. 분명 학생들이 답이 미리 정해지지 않은 실제 문제, 참된 과제를 해결하기 위해 몰두하는 경험이 학교 과학에서 제공될 필요가 있다. 그러나 과학 지식을 효과적으로 전수하기 위해서 고안된 실험 실습이 이러한 모습으로 제시되기는 어렵다. 교사가 지식의 습득을 위해 고안된 실험 실습을 진행하면서 참된 과학 탐구 특징이 나타나기를 기대한다면 갈등에 빠지게 되는 것은 당

연하게 보인다. 이러한 딜레마에 대한 해결 방안의 하나로 Woolnough와 Allsop(1985)은 교사들이 '어떠한 유형'의 실험 실습 활동을 '왜'하고 있는지에 대해 정직하고 개방적이어야 하며, 학생들은 그들이 행하는 실험 실습의 종류와 목적을 알아야 한다고 주장하였다.

IV. 결론 및 논의

본 연구에서는 초등교사가 느끼는 과학 실험 실습의 딜레마를 일화를 이용해 분석하였다. 딜레마 일화는 실험 실습에서 일어난 주요 사건을 중심으로 한 서술로서, 모범적이거나 혹은 반대로 실패한 수업 사례를 대조하기 위한 것이 아니라 실제 초등 과학 교수 학습의 현실을 자세히 들여다보기 위한 렌즈와 같은 역할을 하는 도구로 사용되었다.

총 26개의 딜레마 일화가 조심스럽게 수집되었으며, 크게 '교육 과정, 지원 체제와 관련된 딜레마', '학생과 관련된 딜레마', '학교 실험 실습의 본성과 관련된 딜레마'의 세 범주로 구분되었다. 이것은 다시 7개의 세부 주제('교육 과정(교과서)의 권위', '지원체제에 대한 실망', '학생들의 흥미와 안전', '학생들의 비과학적, 비적극적 태도', '의도된 실험 결과 재현의 어려움', '실험을 통한 일반화', '지식의 습득과 참된 탐구')로 분석되었으며, 각각의 딜레마에 존재하는 갈등의 구조를 해석하였다.

이러한 딜레마 일화의 작성과 분석은 간과하기 쉬운, 혹은 드러나지 않은 학교 실험 실습의 문제점과 이로 인한 교사의 어려움을 보다 분석적으로 면밀히 살펴볼 수 있게 한다. 여기서 수집하고 분석한 일화의 내용은 각각 개별적이고 특별한 것인 동시에, 교사이면 누구나 한번쯤 느꼈음직한 공동의 문제이기도 한다. 이러한 딜레마가 없는 것 혹은 딜레마를 없게 하는 것이 과학 교육의 바람직한 이상은 아니다. 역설적으로 아무런 딜레마를 느낄 수 없다면 현재의 상황이 무엇을 의미하는지, 무엇을 위해 노력해야 하는지에 대해 어떠한 논의도 불가능할 것이기 때문이다.

본 연구에서 다루어진 교사의 딜레마를 중심으로 초등 과학 교사 교육에 주는 시사점을 생각해 볼 수 있다. 초등 과학 교사 교육(예비 교사 교육과 현직 교사 교육)에서 실험 실습은 어떻게 다루어지고 있는가? 교사들이 심각하게 느끼는 이러한 딜레마들은 교사 교육 과정에 접목되거나 반영될 필요가 있는가? 그것은 어떻게 가능한가? 이러한 물음에 답하는 것은 대학에서의 교사 교육이 이론에서 끝나지 않고 현장과 괴리되는 것을 극복하고자 하는 노력의 일환이 될 수 있을 것이다.

만일 초등 교사 교육에서 실험 실습이 단지 미리 연습해 보는 수준으로 실시되고 있다면 이것은 분명 개선이 필요할 것이다. 예를 들면 '교육 과정, 지원 체제와 관련된 딜레마'에 관해서는 교수(teaching)를 전문적 실천(professional practice)으로 바라보는 관점을 격려하고, 교사의 실천적 지식(practical knowledge)이 필요하다는 것이 강조되어야 할 것이다. 또, 적절한 지원 체제를 구축하기 위한 행·재정 시스템에 대해서도 다루어야 할 것이다. '학생과 관련된 딜레마'에 관해서는 안전을 고려한 실험 실습과 학생의 탐구 동기, 과학적 태도를 격려하는 교수법을 연구하고 익히는 것이 필요하다. 마지막으로 '실험 실습의 본성과 관련된 딜레마'에 관해서는 과학과 과학적 사고의 본성에 대한 이해가 확대되어야 하고, 개방적 탐구, 참된 과학 탐구 활동의 특징과 학교에서의 실행 방법에 대해서도 경험하거나 학습할 기회가 있어야 한다. 또한, 학교 실험 실습에서 의도한 결과를 성공적으로 재현할 수 있도록 특정한 지식과 기능을 습득할 수 있는 충분한 실험 실습 수업 시수가 필요할 것이다.

딜레마의 내용들이 교사 교육에 도입되거나 다루어지는 방법은 다양할 수 있다. 그 중 한 가지 방법은 직접 딜레마 일화를 작성하거나 다른 사람의 딜레마 일화를 읽고 이것에 대해 논평하거나 토론하는 기회 혹은 이것을 작은 규모의 조사나 연구로 발전시키는 기회를 가지는 것이다. 과학 교사 교육을 위한 딜레마 일화의 활용 사례는 외국에서 비교적 최근에 출판된 책자들에서 살펴볼 수 있다(Koballa와 Tippins, 2000; Tippins *et al.*, 2002; Wallace와 Louden, 2002). 여기에는 대개 과학 교사들이 느끼는 딜레마에 대해 교사들이 직접 작성한 일화와 이에 대한 전문가, 동료 교사 혹은 학생의 논평들이 실려 있으며, 반추와 토론을 위해 몇 가지 질문들이 제안되어 있다. 국내에서도 윤혜경(2005)이 딜레마 일화에 대한 토론 수업을 시도하고 제안한 바 있다.

교사가 느끼는 딜레마로 인해 실험 실습의 교육적 가치가 저하되는 것은 아니다. 과학 교육 과정에는 '실험 실습'이 포함되어야 한다. 현재 활용되

고 있는 많은 접근들은 교육적으로 가치가 있고 앞으로 유지해야 할 만한 것들이다. 그러나 학생들의 요리책식 실험 실습이 의미가 없듯이 교사나 교사 교육자가 그것의 본질과 목적에 대한 올바른 인식과 이해가 없다면 기계적인 활동이 되기 쉬울 것이다. 그런 의미에서 실제 실험 실습 교육을 실시하고 있는 과학 교육자가 우리 자신의 딜레마를 반추하고 학교 실험 실습 활동의 본질과 이에 대한 교육적 의미를 이해하는 것은 바람직한 실험 실습 교육에 꼭 필요한 일이 될 것이다.

참고문헌

김만희(2003). 플라니의 인식론에 근거한 과학교수의 내러티브적 성격 고찰. 한국교원대학교 박사학위 논문.

윤혜경(2004). 초등 예비 교사들이 과학 수업에서 겪는 어려움. 초등과학교육, 23(1), 74-84.

윤혜경(2005). 딜레마 일화를 활용한 과학 교사 교육, 한국과학교육학회지, 25(2), 98-110.

이수아, 전영석, 홍준의, 신영준, 최정훈, 이인호(2007). 초등 교사들이 과학 수업에서 겪는 어려움 분석. 초등과학교육, 26(1), 97-107.

Arellano, E. L., Barcenal, T. L., Bilbao, P. P., Castellano, M. A., Nichols, S. & Tippins, D. J. (2001). Case-based pedagogy as a context for collaborative inquiry in the philippines. *Journal of Research in Science Teaching, 38 (5)*, 502-528.

Bruner, J. (1986). *Actual minds, possible worlds*. Cambridges, MA: Harvard University Press.

Bryan, L. A. & Tippins, D. J. (2006). Employing case-based pedagogy within a reflection orientation to elementary science teacher preparation in Ken Appleton (Eds.) *Elementary Science Teacher Education: International Perspectives on Contemporary Issues and Practice.* 299-315, Lawrence Erlbaum Associates.

Clandinin, D. J. & Conelly, F. M. (1991). Narrative and Story in Practice and Research, in Schön, D. (Eds.) *The Reflective Turn*, Teachers College Press.

Drive, R., Newton, P. & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education, 84(3)*, 287-312.

Hodson, D. (1998). Is this really what scientist do? Seeking a more authentic science in and beyond the school laboratory. In J. Wellington (Eds.), *Practical work in school science: Which way now?*, 93-108, London: Routledge.

Jenkins, E. (1998). The schooling of laboratory science, in J. Wellington (Eds.), *Practical Work in School Science*, 35-51, London: Routledge.

Koballa, T. & Tippins, D. (Eds., 2000). *Cases in middle and secondary science education: The promises and dilemmas.* NJ: Merrill Prentice Hall.

Leach, J. (1998). Teaching about the world of science in the laboratory: the influence of students' ideas. In J. Wellington (Eds.), *Practical work in school science: Which way now?* 52-68, London: Routledge.

MacIntyre, A. (1981). *After virtue: A study in moral theory.* University of Notre Dame Press.

Millar, R. (1998). Rhetoric and reality: what practical work in science education is really for. In J. Wellington (Eds.), *Practical work in school science: Which way now?* 16-31, London: Routledge.

Nott, M. (1997). Keeping scientists in their places, *School Science Review, 78(285)*. 49-61.

Polkinghorne, D. E. (1988). *Narrative knowing and the human sciences.* State University of New York Press.

Schön, D. (1983). *The reflective practitioner*. San Francisco: Jossey-Bass.

Solomon, J., Duveen, J., Scott, L., & Hall, S. (1995). *Science through Scl Investigations: Teaching, Learning and Assessing as you go*. U.K., The Association for Science Education.

Tippins, D., Koballa, T. & Payne, B. (Eds., 2002). *Learning from cases: Unraveling the complexities of elementary science teaching.* Boston, MA: Allyn and Bacon.

Villar, L. M. (1995). *Reflective teaching. International Encyclopedia of teaching and teacher education.* Cambridge University Press

Wallace, J. & Louden, W. (Eds., 2002). *Dilemmas of science teaching*. NY: Routledge Falmer.

Wellington, J. (1998). Practical work in science: time for reappraisal. In J. Wellington (Eds.), *Practical work in school science: Which way now?*, 3-15, London: Routledge.

Woolnough, B. & Allsop, R. T. (1985). *Practical work in science*. Cambridge University Press.