

위기 상황에의 대처 전략을 통한 초등교사들의 과학에 대한 인식론적 신념 연구

한수진 · 이인혜 · 강석진[†] · 노태희
(서울대학교) · (전주교육대학교)[†]

An Investigation of Elementary School Teachers' Epistemological Beliefs about Science on the Bases of Their Strategies for Coping with Critical Incidents

Han, Sujin · Lee, Inhye · Kang, Sukjin[†] · Noh, Taehee
(Seoul National University) · (Jeonju National University of Education)[†]

ABSTRACT

In this study, we examined the types and the characteristics of elementary school teachers' strategies for coping with critical incidents in science classes. Teachers' epistemological beliefs about science were then investigated on the bases of the types of their coping strategies. The teachers ($N=107$) in 23 elementary schools were asked to respond to an open-ended question about the critical incidents they had experienced in science classes and how to cope with them. Seven types of coping strategies were identified as follows: avoiding, reinterpretation, adjusting, prevaricating, justifying, exploring, and explaining. Among them, adjusting and justifying were the major strategies. In order to classify teachers' epistemological beliefs about science, their coping strategies were grouped into four categories such as transferring facts, constructing facts, transferring meanings, and constructing meanings. The results indicated that most teachers still possessed traditional epistemological beliefs about science. The potential of critical incidents as a probe for revealing teachers' epistemological beliefs about science is discussed.

Key words : critical incident, epistemological beliefs about science, coping strategy, elementary teacher

I. 서 론

현대 사회에서 부딪히게 되는 과학 관련 문제들에 대해 합리적인 의사 결정을 내릴 수 있는 과학적 소양은 과학교육의 중요한 목표이다. 과학적 소양을 함양하기 위해서는 과학 교과 지식뿐만 아니라 과학 지식의 속성이나 정당화 과정 등과 같은 과학의 본성에 대한 이해도 필수적이다(NRC, 2000). 그러나 선행 연구(김지나 등, 2008; Khishfe, 2008)에서는 학생들이 과학의 본성에 대해 현대 인식론과 일치하지 않는 견해를 지닌 것으로 보고되었다. 학생들이 과학과 사회의 관계나 과학의 속성을 제대로

이해하지 못하면 과학과 관련된 사회적 이슈에 대해 올바르게 평가하기가 어렵다(McComas, 1998). 또한, 과학 지식의 본성에 대해 현대 인식론적 견해를 지니지 못한 학생은 과학 지식을 암기하려는 경향이 있는 것으로 보고되었는데(Davis, 2003), 이는 구성주의 학습에도 장애가 된다. 과학의 본성에 대한 이해는 과학에 대한 태도에도 영향을 줄 수 있다고 제안되었다(McComas, 1998). 과학을 암기해야 할 사실로 받아들이는 학생들은 과학 수업에 흥미를 느끼지 못하고 과학에 대한 부정적인 태도를 형성하기 쉬울 것이다.

학생들에게 과학의 본성을 가르치기 위해서는 우

선 교사가 과학에 대해 적절한 신념을 지니고 있어야 한다(Akerson *et al.*, 2007). 과학에 대한 교사의 신념과 교수 행동이 서로 관련이 있다는 연구 결과(Brickhouse, 1990)로 볼 때, 학생들의 과학에 대한 견해에 영향을 미칠 수 있기 때문이다. 예를 들어, 과학에 대해 실증주의적 신념을 지닌 교사는 수업을 진행할 때 과학 지식을 효과적으로 전달하는 것에 중점을 두고, 과학에 대한 현대 인식론적 신념을 지닌 교사는 학생들이 스스로 탐구할 수 있는 학습 환경을 조성하는 것으로 보고되었다(Kang, 2008).

이러한 맥락에서 교사의 과학에 대한 인식론적 신념에 관한 설문 연구들이 적지 않게 이루어졌지만, 연구 결과는 일관되지 않다. 교사들이 상대주의나 도구주의와 같은 현대 인식론적 신념을 지닌 것으로 보고한 연구도 있지만 권성기, 1997; 박윤배, 2000), 교사들이 과학 지식에 대해 전통적이거나 현대적인 관점과 거리가 먼 인식론적 신념을 지닌 것으로 보고한 연구도 있다(김정민 등, 2007). 한편, 질적 연구에서도 교사들이 과학의 본성에 대해 피상적으로 이해할 뿐 일관성 있는 현대 인식론적 신념은 부족하다는 결과(양일호 등, 2005; Akerson *et al.*, 2007)와 교사들이 대체로 과학의 본성에 대해 적절히 이해한다는 결과가 혼재한다(Abd-El-Khalick *et al.*, 1998).

한 개인의 과학에 대한 인식론적 신념은 맥락에 따라 달라질 수 있다(Leach *et al.*, 2000). 그런데 이제까지 대부분의 과학에 대한 인식론적 신념 검사는 구체적인 상황을 제시하지 않은 일반적인 질문들로 구성되어 있어서, 실제 수업 장면에서 나타나는 교사의 과학에 대한 인식론적 신념을 파악하는데에는 한계가 있다(Nott & Wellington, 1998). 따라서 교사의 인식론적 신념 조사에 구체적인 과학 수업 장면을 활용할 필요성이 있다. Nott & Wellington (1998)은 과학 수업에서 교과서와 다른 실험 결과가 나오거나 과학 및 과학자와 관련된 윤리적인 문제 상황에 직면하는 장면을 위기 상황(critical incident)으로 정의하고, 교사의 과학에 대한 인식론적 신념에 따라 실험과 관련된 위기 상황에서의 대처 방법이 다르다고 주장하였다.

과학에 대한 교사의 인식론적 신념은 교수 행동에 영향을 주므로 교수 행동을 분석함으로써 과학에 대한 교사의 인식론적 신념을 밝힐 수 있을 것이다. 그런데 지금까지 선행 연구들은 주로 위기 상황에 대한 교사들의 대처 전략에만 초점을 두었을 뿐(Kwon

et al., 2009; Nott & Wellington, 1995), 교사들의 대처 전략과 인식론적 신념 사이의 관계를 체계적으로 분석하려는 시도는 부족했다.

따라서 이 연구에서는 초등학교 과학 수업에서 예상과 일치하지 않는 실험 결과를 접했던 교사들의 경험과 교사들의 대처 전략을 조사하였다. 그리고 위기 상황에서의 교사의 대처 전략을 분석하여 과학에 대한 교사의 인식론적 신념을 탐색하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상 및 절차

이 연구는 전라북도의 23개 초등학교 교사들을 대상으로 하였다. 총 170개의 설문지를 우송하여 1개월 후 128개(75.3%)를 회수하였다. 일부 문항에 대한 응답이 누락된 교사 21명을 제외한 107명을 최종 분석 대상으로 하였다. 배경 변인에 따른 교사들의 분포는 표 1과 같다. 경력별로는 5년 미만인 교사가 50명(46.7%)으로 가장 많았으며, 5년 이상~10년 미만인 교사가 32명(30.0%)으로 많았다. 또한, 실험 수업을 한 달에 3~4회 실시하는 교사가 61명(57.0%)으로 비교적 실험을 자주 실시하는 것으로 나타났다.

표 1. 교사들의 배경 변인에 따른 분포 (N=107)

변인	빈도(%)
성	
남자	21(19.6)
여자	86(80.4)
경력	
5년 미만	50(46.7)
5년 이상~10년 미만	32(29.9)
10년 이상~15년 미만	14(13.1)
15년 이상	11(10.3)
실험 수업 빈도(4주 당 횟수)	
1~2회	9(8.4)
3~4회	61(57.0)
5~6회	10(9.3)
7회 이상	16(15.0)
무응답	11(10.3)

2. 검사 도구

이 연구에서는 교사들이 수업에서 겪었던 실험과 관련된 위기 상황 사례와 대처 전략을 조사하기 위해 개방형의 위기 상황 설문지를 제작하여 사용하였다. 위기 상황 설문지는 수업에서 예상과 다른 결과가 나왔던 실험 사례와 그 상황에서의 대처 전략을 자세히 서술하도록 구성하였다. 교사들의 설문지 작성에 참고가 될 수 있도록 응답의 예시를 제시하였다. 예시는 한 중학교 교사가 나트륨의 불꽃 반응색이 교과서와 달리 노랑색이 아니라 주황색으로 관찰된다는 학생의 질문에 당황하는 상황과 그때 교사의 대처 전략을 일화 형식으로 자세히 기술한 것이었다. 이와 같이 중학교의 실험 사례를 제시함으로써, 교사들의 응답 내용에 영향을 주지 않도록 하였다.

설문지는 과학교육 전문가 3인에게 안면 타당도를 검토 받았으며, 연구 대상이 아닌 초등교사들을 대상으로 2차례의 예비 검사를 실시하여 수정·보완하였다. 또한, 교사의 배경 변인으로 성, 경력, 실험 수업 빈도 등을 조사하였다.

3. 자료 분석

과학 수업 중 교사들이 실험과 관련하여 경험한 위기 상황을 분석하여 실험 주제의 영역별, 학년별 빈도를 구하였고, 교사들의 대처 전략을 결과에 대한 평가, 원인 제시, 실험 과정 수정의 3가지 기준을 바탕으로 분류하였다.

분류 기준은 선행 연구를 토대로 선정하였다. Samarapungavan *et al.*(2006)에 의하면, 화학 전공 고등학생과 대학생들은 예상치 못한 실험 결과에 대해 개인적 실수 또는 오류로 생각하여 오류를 수정하거나 결과를 조작하려는 경향이 있지만, 화학자들은 실험이 예상과 다를 수 있다고 생각하고 그 결과가 새로운 가능성을 제안하는지 확인하려고 하였다. 즉, 위기 상황에서 실험 결과를 어떻게 평가하느냐에 따라 대처 전략이 달라질 수 있으므로, 결과에 대한 평가를 분류 기준으로 선택했다. 한편, 위기 상황에서 예상과 다른 실험 결과가 나타난 이유를 학생들에게 설명하는 교사의 행동은 학생들에게 과학의 과정적 측면의 중요성을 강조하고 학생들이 실험을 비판적으로 평가하는 기회가 될 수 있다(Nott & Wellington, 1998). 반면에, 실험을 과학 개념 학습의 도구로 생각하여 실험의 결과만을 중요시하는 교사는

위기 상황을 단순한 실수나 오류로 취급하여 이유를 제시하지 않을 것이다. 또한, 학교 과학에서는 정해진 과학 지식을 효과적으로 학습시키기 위해 가능하다면 교과서 내용과 일치하는 실험 결과를 보여주려는 경향이 있다(Kwon *et al.*, 2009). 이 때문에 위기 상황에서 교사들이 원하는 실험 결과를 얻기 위하여 실험 과정을 조정하는 경우가 있다. 그러나 이러한 행동은 학생들에게 과학이 최종 결과물 혹은 객관적인 진리라는 이미지를 전달할 수 있다. 따라서 교사가 실험 결과에 대한 원인을 제시하거나 실험 과정을 수정하는 것은 학생들의 과학에 대한 이미지에 영향을 줄 수 있으므로, 원인 제시와 실험 과정 수정을 분류 기준으로 선택했다.

이러한 기준을 바탕으로 연구자 중 2인이 교사들의 대처 전략을 각자 분류한 뒤, 분석자간 일치도를 구했다. 분석자 간의 차이를 검토·논의하여 분류 기준을 명확히 한 뒤 다시 유형을 분류하는 과정을 반복했다. 분석자간 일치도가 92.3%에 도달한 후, 연구자 1인이 모든 응답을 다시 분류하였다.

III. 결과 및 논의

1. 교사들이 겪은 위기 상황의 사례

교사들이 예상과 다른 실험 결과를 경험했다고 응답한 실험의 사례는 총 223개로, 교사 1인당 응답 수는 평균 2.1개였다. 영역별로는 ‘물질’과 ‘에너지’ 영역의 사례가 124개와 56개로 많았고, 학년별로는 5, 6학년의 사례가 각각 85개와 72개로 많았다. 교사들이 경험한 위기 상황 중 응답 수가 4회 이상인 사례는 표 2와 같다.

2. 위기 상황에서 교사들의 대처 전략

결과에 대한 평가, 원인 제시, 실험 과정 수정과 같은 3가지 기준을 바탕으로 위기 상황에서 교사들의 대처 전략을 분석한 결과, 외면, 재해석, 조정, 얼버무림, 변명, 탐색, 설명 등의 7가지 유형으로 구분되었고(표 3), 대처 전략별 빈도는 표 4와 같다.

1) 외면

외면은 예상과 다르게 나온 실험 결과를 무시하고 원래 계획대로 교과서 내용을 제시하는 대처 전략이다. 여기서는 실험 결과에 대해 평가를 내리지도 않고, 위기 상황을 해결하려는 어떤 시도도 이루

표 2. 교사들이 경험한 위기 상황의 대표적 사례

학기 ¹	실험	위기 상황
3-1	간이 온도계 만들기	제작이 어렵고 작동이 잘 안됨
	녹말과 요오드 용액의 반응색 관찰하기	반응색이 보라색보다는 남색이나 검정색에 가까움
4-1	사인펜 잉크 색소 분리하기	색소의 종류와 순서가 지도서와 다르거나 분필 이용 시 분리가 되지 않음
	렌즈를 통과한 빛이 나아가는 모양 관찰하기	빛이 모아지는지 퍼지는지 잘 보이지 않음
	물과 아세톤에 잉크 녹이기	아세톤에 수성 잉크가 녹거나 물에 유성 잉크가 녹음
	간이 비중계로 용액의 진하기 비교하기	간이 비중계의 높이 차이가 적음
5-1	여러 가지 결정 만들기	결정이 만들어지지 않음
	식물과 햇빛의 관계에 대한 실험하기	빛을 차단한 부분이 요오드 용액에 의해 색이 변하거나 빛을 받은 부분이 색이 변하지 않음
	대류 상자 실험하기	향연기가 양쪽에서 모두 나오거나 상자에 가득 차서 이동을 관찰할 수 없음
5-2	안개 발생 실험하기	안개가 발생하지 않음
	화산 분출 모형 실험하기	불이 붙지 않거나 불이 붙어도 분출이 잘 일어나지 않음
6-1	간이 전동기 만들기	전동기가 작동하지 않음
	전류가 흐르는 에나멜선 주위의 나침반 방향 관찰하기	나침반 바늘이 움직이는 방향이 교과서와 다르거나 거의 움직이지 않음
	이산화탄소와 석회수의 반응 관찰하기	석회수가 흐려지지 않음
6-2	이산화탄소 발생시키기	대리석과 염산의 반응에서 이산화탄소가 거의 발생하지 않음
	이산화탄소의 성질 알아보기	공기와 무게 차이가 나타나지 않음
6-2	촛불 관찰하기	겉불꽃 색을 관찰하기 어려움

¹ 7차 교육과정에 따른 구분임.

표 3. 위기 상황에서 교사의 대처 전략

유형	결과에 대한 평가	원인 제시	실험 과정 수정
외면	없음	-	-
재해석	성공	-	-
조정	실패	무	유
얼버무림	실패	무	무
변명	실패	유(교사)	무
탐색	실패	유(학생)	유/무
설명	가능한 현상	유(교사)	무

어지지 않는다. 대신 교사는 기대했던 실험 결과가 나온 모둠의 결과 또는 실험 동영상 자료를 보여 주기도 하고, 단순히 교과서의 과학 개념을 가르치기 위해 강의를 하기도 한다. 전체 응답의 14.8%가 이 유형에 해당하였다.

표 4. 대처 전략별 빈도¹

대처 전략	빈도(%)
외면	30(14.8)
재해석	24(11.8)
조정	68(33.5)
얼버무림	4(2.0)
변명	55(27.1)
탐색	8(3.9)
설명	1(0.5)
분류 불가	13(6.4)
계	203(100)

¹ 중복 응답 포함.

<촛불 관찰하기>

‘종이 대신 유리판을 넣었다 꺼내어 봅시다. 그을

음이 가장 많이 묻은 부분은 어디입니까?”라는 실험 내용은 참 애매하다. 책대로 실험을 해 보면 곱볼꽃 부분이 가장 그늘음이 많이 묻는다. 이럴 때는 이 실험의 결과보다 곱볼꽃이 가장 그늘음이 많은 이유에 대해 과학적 이론을 설명한다.

이와 같이 교사들이 위기 상황을 인식하고 있지만 대처 전략으로 위기 상황에 대해 언급하지 않는 전략을 선택하는 이유는 실험 결과가 예상과 다르면 오히려 학생들의 개념 이해에 방해가 될 수 있다는 인식이 널리 퍼져 있기(문경원과 김영수, 2009) 때문이다. 즉, 외면 전략에는 교과서 내용에 대한 믿음과 과학 지식은 확실하다는 교사의 신념이 반영되어 있다.

2) 재해석

재해석은 교과서와 일치하지 않는 실험 결과가 나오더라도 일치하는 일부 실험 결과에만 주목하거나 실험 결과가 교과서와 일치하는 것으로 나름대로 해석해 버리는 대처 전략이다. 전체 응답의 11.8%가 이러한 유형에 해당하였다. 교사들은 교과서와 부합하는 증거만을 선택하여 실험 결과가 교과서와 일치한다고 말하거나 실험 결과가 교과서와 완전히 일치하지는 않지만 차이가 크지 않으므로 문제가 없다고 가르친다.

〈가루 물질에 요오드 용액 떨어뜨리기〉

녹말과 요오드 용액이 만나면 보라색이라고 지도서에 나와 있다. 그런데 실험을 해 보니, 거의 검은색에 가까웠다. 그렇지만 아이들에게, “이건 검은색이라기보다는 어두운 보라색이야.”라고 말했다. 아이들도 수긍하였다.

한편, 재해석 전략 중에는 학생들에게 실험 결과가 교과서와 일치하는 이유까지 구체적으로 제시하며, 자신의 대처를 정당화하는 경우도 있었다.

〈대류 상자 실험하기〉

대류 상자 안에서 수직으로 올라가던 향이 사방으로 퍼지며 방향을 알기 힘들었다. 학생들에게, “대류 상자의 크기가 작아서 향 연기가 움직이는 방향을 정확히 볼 수는 없었지만 향이 가운데에서 약간 흔들리는 것은 공기의 이동이 있다는 증거야. 그리고 모래 쪽에 더 뿌옇게 연기가 모이지? 이걸 그쪽으로 공기가 이동했기 때문이란단.”라고 말했다.

재해석은 교과서와 실험 결과의 차이를 다루지 않기 때문에 위기 상황의 해결을 위한 전략이라고 보기는 어렵다. 이와 같은 전략은 교과서에 대한 믿음이 강해서 실험 결과와의 차이를 논쟁적으로 줄이려는 심리가 작용하거나 교과서를 그대로 가르쳐야 한다는 의무감이 강하기 때문일 수 있다. 이러한 전략은 학생들에게 모든 과학 실험이 항상 성공한다는 왜곡된 이미지를 전달할 수 있다(Tsai, 2002)는 점에서 문제의 소지가 있다.

3) 조정

조정은 교사가 실험 과정을 변화시켜 실험 결과가 교과서와 같아지도록 만드는 대처 전략이다. 이 유형에 해당하는 응답이 전체의 33.5%로 가장 많았다. 일반적으로 조정 전략에서 교사는 실험 과정에 실수가 있다고 판단하여 다시 실험을 하거나 기구나 재료를 바꾸어 실험한다. 어떤 교사들은 이전의 경험을 바탕으로 재료나 실험 시간을 바꾸는 등 과정 자체를 수정하여 원하는 결과가 나오도록 시도하기도 한다.

〈빗방울 만들기〉

물의 온도를 높게 유지하고 얼음 위에 드라이아이스를 추가하여 온도차를 크게 하고, 은박접시를 큰 모양으로 접어 활용하였더니 실험 결과를 선명히 볼 수 있었다. 물방울이 모여져 비가 내린다는 병합 설에 어울리는 실험이 되고, 드라이아이스의 사용량을 늘이면 은박지에 눈까지 맺힌다.

조정은 위기 상황을 해결하기 위해 교사가 적극적인 조치를 취하지만, 자신이 알고 있는 지식을 활용할 뿐 학생들에게는 이유를 설명하지 않는다는 점에서 교사 중심적이며 권위적이다(Nott & Wellington, 1995). 교사가 조정 전략을 택하는 이유는 학생들에게 불필요한 혼동을 일으키지 않으면서 과학 개념을 효과적으로 전달하기 바라고 때문일 것이다. Kwon *et al.*(2009)도 대부분의 교사들은 학생들이 실험 수업을 통해 이미 규명된 과학 지식을 학습하기 바란다고 지적한 바 있다. 그러나 이러한 조정 전략은 학생들에게 실험 결과에 정답이 있다는 이미지를 전달할 수 있고, 이로 인해 실험 활동을 할 때 교과서와 맞지 않는 데이터를 버리거나 자신의 실험 결과 대신 다른 모둠의 실험 결과를 베끼는 것과 같은 조작 행동을 유발할 수 있다(Rigano & Rotchie,

1995).

4) 얼버무림

얼버무림은 실험 결과가 예상과 달라서 실패했다고 평가하지만, 그 원인을 설명하려는 시도는 하지 않는 대처 전략이다. 이 유형은 전체 응답의 2%로 적었는데, 이는 대부분의 교사들이 위기 상황에 직면했을 때 무엇인가 조치를 취해야 한다고 생각하기(Kwon *et al.*, 2009) 때문인 것으로 보인다. 이 유형과 같이 소극적으로 대처하는 교사는 실험 내용에 대해 관련 지식이 부족하여 자신감이 없을 가능성이 있다. 실제로 과학 내용 지식이 부족하고 과학에 대해 자신감이 없는 교사들의 수업은 단순히 교과서의 내용을 학생들에게 전달하는 수준에 머무르는 경향이 있었다(임정환, 2003).

<안개 발생 실험하기>

아이들한테 “실험이 잘 안 된다. 원래 이렇게 하면 안개가 발생해야 하는데 말이야. 그냥 이렇게 하면 안개가 발생되는지 알고 있으면 돼.”라는 식으로 이야기하고 실험을 마무리했다.

5) 변명

변명은 위기 상황을 실험이 실패한 것으로 평가하고, 실패한 원인을 설명하는 대처 전략이다. 교사들은 실험 과정을 점검하여 실험이 잘못된 이유를 제시하기도 하였지만, 임기응변식으로 대처하는 경우도 있었다. 전체 응답 중 27.1%가 이 유형에 해당하였다. 교사들은 실패의 원인으로 주로 기구나 재료의 문제, 실험 과정에서의 실수, 실험 환경 등을 거론하였다. 물론 초등 교과서의 실험은 복잡한 과정을 거치지 않는 경우가 많으므로 예상과 다른 실험 결과가 실험 기술 부족이나 부주의로 인한 오류일 가능성도 다분히 있다. 그러나 예상과 다른 결과를 실수나 오류로 인한 실패라고 설명하는 것은 학생들에게 실험 결과에 정답이 있다는 인식을 심어줄 수 있다.

<물과 아세톤에 잉크 녹이기>

원하는 결과가 나오지 않아서 당황했지만, 왜 잘못된 결과가 나왔는지에 대한 아이들의 질문에 “아세톤이 순수하지 않거나 농도가 낮아서일 수도 있고, 수성 사인펜의 성분이 100% 수성이 아닐 수도 있어서 수성 사인펜이 아세톤에도 녹아 퍼져 나갔을 거야.”라고 답변했다.

6) 탐색

탐색은 위기 상황을 실험이 실패한 것으로 간주하고, 그 원인을 학생들에게 생각하거나 토의해 보도록 유도하는 대처 전략이다. 전체 응답의 3.9%가 이 유형에 해당하였다. 학생들로 하여금 문제를 인식하고 해결해 보도록 안내한다는 점에서, 교사는 지식의 전수자가 아닌 조언자의 역할을 담당하는 학생 중심적인 수업을 진행한다고 볼 수 있다.

<전류가 흐르는 에너멜선 주위의 나침반 방향 관찰하기>

6개 조 중 절반 정도가 오류가 있었고, 교과서와 같은 결과가 나오지 않아서 오류가 생긴 이유를 전체가 토의해 보았다.

탐색 전략은 예상치 못한 실험 결과에 관심을 가지고 그 원인을 파악하기 위해 노력하는 과학자의 탐구 활동(Dunbar, 2000)과 유사한 경험을 학생들에게 제공한다. 교사가 예상과 다른 실험 결과를 무시하지 않고 오히려 이에 대한 토의를 유도할 경우, 학생들은 실험 결과를 조작하지 않으며(Rigano & Rotchie, 1995), 과정적 측면에서 과학의 본성에 대한 이해를 증진시킬 수 있다. 그러나 이 전략을 선택한 교사들의 실제 목적은 실험이 잘못된 원인을 찾아내어 원래의 결과를 얻는데 있으므로, 여전히 교과서의 지식이 절대적이라는 인식을 전달할 수 있다.

7) 설명

설명은 위기 상황을 실험 과정에서 발생할 수 있는 가능한 현상으로 간주하고 원인을 제시하는 대처 전략이다. 이와 같은 유형에 해당하는 응답은 전체의 0.5%에 불과했다. 교사는 실패의 원인으로 실험 과정에서의 단순한 실수나 오류가 아닌 실험의 내재적 한계를 제시하거나 실패를 설명할 수 있는 새로운 이론을 제안한다. 이러한 대처 전략은 학생들에게 과학이 자연 현상을 이해하려는 인간 활동이라는 이미지를 보여줄 수 있다. 그러나 동시에, 교사가 일방적으로 원인을 제시하기 때문에 과학이 자신들과 동떨어진 과학자들만의 활동이나 결과라는 인식을 학생들에게 전달할 수도 있다.

<구슬이 가라앉는 빠르기 비교하기>

실험 결과에 대해 학생들에게 설명한 내용은 다음과 같다. “첫째, 핀셋을 이용하여 떨어뜨리기 때문

에 핀셋을 놓는 위치와 시각이 달라질 수 있다. 둘째, 물과 식용유의 비중을 비해 쇠구슬의 무게가 무거워 두 액체의 비중 차이를 상쇄시켰다.”

3. 위기 상황에 대한 교사들의 대처 전략과 인식론적 신념

과학 수업은 교사와 학생, 학생과 학생 간의 상호 작용을 통해 지식이 형성되는 장이다. 위기 상황에서 교사의 대처 전략은 지식 생성 과정에서의 돌발 상황을 처리하는 방식이므로, 이를 이용하여 과학 지식에 대한 교사의 인식론적 신념을 추론해 볼 수 있다. 그런데 인식론적 신념은 단일한 실체가 아니므로 한 사람이 여러 차원의 신념 체계를 가질 수 있고, 신념 체계가 반드시 동시에 발달하지도 않는다는 주장이 있다(Hofer, 2000). 따라서 과학에 대한 교사의 인식론적 신념도 다양한 각도에서 접근해 볼 필요성이 있다.

지식에 대한 인식론적 신념에 따라 과학을 가르치는 교사의 교수 행동이 달라진다. 예를 들어, 과학 지식을 객관적인 실체로 인식하는 교사는 과학 수업에서 과학 지식을 정보나 사실의 집합으로 다루고, 과학 지식의 효과적인 학습을 위한 도구로 실험을 사용할 것이다. 반면, 과학 지식을 잠정적인 속성을 지닌 것으로 이해하는 교사는 탐구나 사고 과정의 결과물이 과학 지식이므로, 학생들이 과학의 과정적 측면을 경험하는 데 중점을 두고 실험을 지도할 것이다. 한편, 지식과 학습자 사이의 관계에 대해서 전통적인 과학교육은 객관적인 지식 체계의 수용을 중시한 것에 비해, 최근의 과학교육은 학생들이 스스로 의미를 구성하는 상대주의적 시각을 강조하고 있다. 이와 같은 인식론적 신념의 변화에 따라 교사의 교수 행동도 지식의 효과적 전달에서 학생들의 유의미한 경험 제공과 의미 구성의 지원으로 변화되고 있다.

이상의 논의를 종합할 때, 과학 수업 상황에서 나타나는 교사의 과학에 대한 인식론적 신념을 구체적으로 탐색하기 위해서는 크게 지식에 대한 인식론과 지식과 학습자 사이의 관계에 대한 인식론의 두 가지 차원에서 접근하는 것이 적절하다(Kang, 2008). 지식에 대한 인식론 차원은 과학 지식을 절대적이고 확실하며 개별적인 사실로 구성된 것으로 보는지, 아니면 고정되기보다는 변화하며 상호 연관된 개념들의 조직으로 보는지에 관한 것이다. 관계에

대한 인식론 차원은 사람과 지식의 관계에 관한 것으로서, 과학 지식이 전능한 권위에 의해 전달되는지, 아니면 개인의 경험이나 판단에 의해 구성되는지에 관한 것이다.

이 연구에서 나타난 교사의 위기 상황에 대한 7가지 대처 전략 유형을 지식에 대한 인식론과 관계에 대한 인식론 차원을 기준으로 구분하면 그림 1과 같다.

‘사실 전달’은 지식에 대한 인식론과 관계에 대한 인식론 차원에서 모두 전통적 관점에 해당하는 경우이다. 이 관점에서 실험은 과학 지식을 재현해냄으로써 학생들에게 그 지식이 참임을 확신시키는 좋은 수단이다. 또한, 수업 과정에서 학생들의 참여보다는 객관적인 지식을 효과적으로 전달하는 것을 강조한다. 위기 상황에 대한 대처 전략 중 교과서와 실험 결과의 일치를 중시하는 외면, 재해석, 조정, 변명, 얼버무림은 과학 지식의 객관성을 전제로 학생들에게 지식을 전달하려는 경향이 강하므로 사실 전달에 해당한다. 전체 전략의 89%가 이 범주에 해당할 정도로, 대부분의 교사들이 지식에 대한 인식론과 관계에 대한 인식론 차원에서 모두 전통적 관점을 지니고 있었다. Nott & Wellington(1998)은 위기 상황이 학생들에게 과학의 본성을 제대로 가르칠 수 있는 좋은 기회가 된다고 제안하였다. 그러나 이 연구의 결과는 위기 상황에 대처하는 교사의 전략은 대부분 전통적 인식론의 틀을 벗어나지 못하므로, 위기 상황이 오히려 과학에 대한 잘못된 이미지를

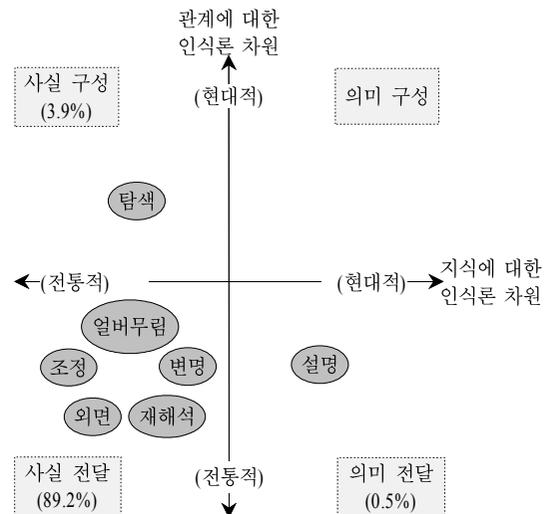


그림 1. 대처 전략 유형과 인식론적 관점

고착시키는 계기가 될 가능성도 있음을 보여 준다.

지식에 대한 인식론 차원에서는 전통적 관점에 해당하지만, 관계에 대한 인식론 차원에서는 현대적 관점에 해당하는 ‘사실 구성’은 객관적인 과학 지식을 학생들이 구성할 수 있도록 교사가 안내해야 한다는 관점이다. 위기 상황에서 예상과 다른 실험 결과를 실패로 평가하지만, 원인을 토의할 기회를 제공하는 탐색 전략은 지식의 속성에 대해서는 전통적 관점이지만, 관계에 대한 인식론 차원에서는 현대적 관점에 가까우므로 사실 구성으로 분류할 수 있다. 이러한 관점의 존재는 지식에 대한 인식론적 신념이 교수-학습과 별개로 존재할 수 있음을 보여 준다. 즉, 인식론적 신념이 독립적인 여러 개의 차원으로 구성된다는 선행 연구(Hofer, 2000; Kang, 2008)의 주장을 뒷받침한다.

‘의미 전달’은 지식에 대한 인식론 차원에서는 현대적 관점이지만 관계에 대한 인식론 차원에서는 전통적 관점인 경우이다. 이 관점은 예상과 일치하지 않는 실험 결과는 가능하다고 생각한다는 측면에서는 상대주의적 인식론에 해당한다. 그러나 학생들에게 지식을 구성해 볼 기회를 주기보다 교사가 일방적으로 지식을 전달하거나 학생들을 정해진 결론으로 유도하므로 관계에 대한 인식론 차원에서는 전통적 인식론에 가깝다. 예상과 다른 실험 결과가 나타날 수도 있다고 생각하고, 그 원인을 가르치는 것을 증시하는 설명 전략이 이 범주에 해당한다. 언뜻 보기에 상호모순적인 이러한 관점이 가능한 것은 과학 지식은 잠정적이며 변할 수 있다고 생각하지만, 학생들은 과학자가 아니라고 생각하기 때문일 수 있다. 즉, 학생들은 과학자들처럼 능동적으로 탐구하고 과학 지식을 구성하기 어렵다고 보는 것이다(Kang, 2008). 사실 구성과 마찬가지로 의미 전달도 인식론적 신념이 두 가지 이상의 차원이 얽힌 복합적 성격을 지니고 있음을 보여 준다.

한편, 지식에 대한 인식론과 관계에 대한 인식론 차원 모두에서 현대적 관점인 ‘의미 구성’에 해당하는 대처 전략은 발견되지 않았다. 의미 구성은 현대 인식론적 관점에서 이상적인 교사에게 기대하는 관점이다. 이러한 관점을 지닌 교사는 위기 상황에 처하더라도 오히려 이를 계기로 학생들이 과학의 본성에 대한 올바른 이해를 하게 되는 기회로 삼으려 할 것이다. 대부분의 교사가 사실 전달 범주에 속하고, 의미 구성 범주에 속하는 교사가 한 명도 없었

던 결과는 교사들이 과학 지식의 인식론에 대해 대체로 현대적 관점을 지니고 있다는 선행 연구(권성기, 1997; 박윤배, 2000; Abd-El-Khalick *et al.*, 1998)와 상반된다. 이러한 불일치는 교사들이 과학 지식의 본성을 단순히 지식으로만 받아들였을 뿐 이를 내면화하는 단계까지 이르지 못했기 때문일 수 있다(남정희 등, 2007).

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 과학 수업에서 교과서와 다른 실험 결과가 나왔을 때 교사가 겪었던 위기 상황과 그때의 대처 전략을 조사하고, 이를 바탕으로 교사의 인식론적 신념에 대해 분석하였다. 연구 결과, 전체 응답 중 조정과 변명 전략이 많았으며, 선행 연구에서 보고되지 않았던 재해석이나 설명과 같은 새로운 대처 전략이 나타났다. 또한, 대부분의 교사들은 과학 지식을 절대적이고 변하지 않는 개별적인 사실의 집합으로 인식하고 있었으며, 정확한 지식을 학생들에게 전달해야 한다는 신념을 지니고 있었다. 이는 대부분의 초등교사가 위기 상황에 직면했을 때 이를 제대로 활용하지 못하고 있음을 보여 준다. 따라서 이 연구 결과로부터 다음과 같은 시사점을 얻을 수 있다.

첫째, 이 연구에서 나타난 새로운 대처 전략은 모두 선행 연구(Kwon *et al.*, 2009; Nott & Wellington, 1995)에 비해 보다 구체적인 기준을 사용하여 분류하였기 때문에 구분된 유형이다. 재해석은 교사가 실험을 성공적인 것으로 평가한다는 점에서 다른 유형과 구별되는 특징을 지닌다. 위기 상황에서 재해석 전략을 선택한 교사는 위기 상황이 발생하지 않은 것처럼 수업을 진행하면서 실험과 교과서를 조화시키려 노력한다. 설명은 예상치 못한 실험 결과에 대한 원인을 제시한다는 점에서 변명과 유사하나, 실험 결과를 가능한 현상으로 받아들인다는 점에서 새로운 전략이다.

둘째, 이 연구 결과와 달리 많은 선행 연구에서 교사들이 현대적 인식론적 신념을 지니고 있는 것으로 보고된 것은, 검사 도구나 상황의 특성에 기인했을 가능성이 있다. 즉, 이 연구에서는 선행 연구처럼 탈맥락적인 문항을 제시하거나 주어진 진술문 중에서 선택하는 방식 대신, 실험 관련 위기 상황에서 교사의 대처 전략을 통해 교사의 인식론적 신념을 조

사하였다. 따라서 과학의 본성에 대해 단순히 지식으로 알고 있는 것을 뛰어 넘어 교사가 실제로 수업에서 표출하는 인식론적 신념이 무엇인지를 파악할 수 있었다. 이는 예상과 다른 실험 결과로 처하는 위기 상황이 예비 교사나 현직 교사의 실제적인 과학에 대한 인식론적 신념을 파악하기 위한 검사 도구로 활용될 가능성이 있음을 시사한다. 인식론적 신념은 맥락에 의존하므로(Leach *et al.*, 2000), 위기 상황의 종류에 따라서도 교사들의 과학에 대한 인식론적 신념이 달라질 가능성이 있다. 따라서 위기 상황을 과학에 대한 교사들의 인식론적 신념을 파악하기 위한 도구로서 사용하기 위해서는 자주 발생하는 위기 상황을 선정한 후, 이를 이용하여 교사의 인식론적 신념을 분석하는 추후 연구가 이루어질 필요성이 있다.

한편, 이 연구에서는 인식론적 신념이 독립적인 차원으로 구분할 수 있음을 가정하고, 교사의 인식론적 신념을 지식에 대한 인식론 차원과 관계에 대한 인식론 차원으로 구분하였다. 그 결과, 의미 전달이나 사실 구성과 같이 지식에 대한 인식론 차원과 관계에 대한 인식론 차원에 대한 견해의 발달 정도가 일치하지 않는 경우가 실제로 발견되었다. 이는 앞으로 과학에 대한 인식론적 신념 연구에서 다차원적 접근이 필요함을 시사한다. 또한, 위기 상황을 교육적으로 의미 있는 기회로 삼기 위해서는 예비 교사 교육 과정에서부터 학문적으로 과학의 본성을 교육하는 것에 덧붙여 구체적인 위기 상황에서 어떻게 대처할 것인지에 대한 실천적 지식을 교육할 필요성이 있다. 이를 위해 위기 상황에 처했을 때 예비 초등교사들이 어떠한 대처 전략을 선택할 것이고, 그 전략의 특징은 무엇인지에 대한 실태 파악 연구가 선행되어야 한다.

참고문헌

권성기(1997). 초등학교 교사와 예비교사의 과학의 본성에 관한 인식 차이. *과학 · 수학 교육연구*, 20, 1-12.
 김정민, 여성희, 심규철(2007). 초등학교 예비교사와 현직 교사의 과학 및 과학 교육에 대한 신념. *초등과학교육*, 26(5), 489-498.
 김지나, 김선경, 김동욱, 김현경, 백성혜(2008). 초등학생들의 과학의 본성에 대한 명시적 교수 효과 분석. *초등과학교육*, 27(3), 261-272.
 남정희, Mayer, V. J., 최준환, 임재항(2007). 예비 과학교

사의 과학의 본성에 대한 인식. *한국과학교육학회지*, 27(3), 253-262.
 문경원, 김영수(2009). 광합성 실험과 호흡 실험에 대한 중등 생물교사들의 경험과 의견 조사. *한국생물교육학회지*, 37(2), 269-286.
 박윤배(2000). 중등 과학교사들의 과학관과 학습관. *한국과학교육학회지*, 20(2), 244-249.
 양일호, 한기갑, 최현동, 오창호, 조현준(2005). 초등 신규 교사의 과학 본성에 대한 신념. *초등과학교육*, 24(4), 360-379.
 임칭환(2003). 초등교사의 과학 교과교육학 지식의 발달이 과학 교수 실제와 교수 효능감에 미치는 영향. *한국지구과학회지*, 24(4), 258-272.
 Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural nature. *Science Education*, 82(4), 417-437.
 Akerson, V. L., Hanson, D. L. & Cullen, T. A. (2007). The influence of guided inquiry and explicit instruction on K-6 teachers' views of nature of science. *Journal of Science Teacher Education*, 18(5), 751-772.
 Brickhouse, N. W. (1990). Teachers' belief about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, 41(3), 53-62.
 Davis, A. (2003). Untangling dimensions of middle school students' beliefs about scientific knowledge and science learning. *International Journal of Science Education*, 25(4), 439-468.
 Dunbar, K. (2000). How scientists think in the real world: Implications for science education. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21(1), 49-58.
 Hofer, B. K. (2000). Dimensionality and disciplinary differences in personal epistemology. *Contemporary Educational Psychology*, 25(4), 378-405.
 Kang, N. H. (2008). Learning to teach science: Personal epistemologies, teaching goals, and practices of teaching. *Teaching and Teacher Education*, 24(2), 478-798.
 Khishfe, R. (2008). The development of seventh graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(4), 470-496.
 Kwon, S. G., Lee, M. K. & Nam, I. K. (2009). How did elementary teachers handle critical experiments in science classrooms? *Elementary Science Education*, 28(2), 105-120.
 Leach, J., Millar, R., Ryder, J. & Sere, M. G. (2000). Epistemological understanding in science learning: The consistency of representations across contexts. *Learning and Instruction*, 10(6), 497-527.
 McComas, W. F., Clough, M. P. & Almazroa, H. (1998). The role and character of the nature of science in science education. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science*

- in science education: Rationales and strategies*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- National Research Council (2000). *Inquiry student understanding of nature of science: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy Press.
- 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' understandings of the nature of science. *Science & Education*, 7(6), 579-594.
- Rigano, D. L. & Rotchie, S. M. (1995). Student disclosures of fraudulent practice in school laboratory. *Research in Science Education*, 25(4), 353-363.
- Samarapungavan, A., Westby, E. L. & Bodner, G. M. (2006). Contextual epistemic development in science: A comparison of chemistry students and research chemists. *Science Education*, 90(3), 468-495.
- Tsai, C. C. (2002). Nested epistemologies: Science teachers' beliefs of teaching, learning and science. *International Journal of Science Education*, 24(8), 771-783.