



## 중학교 1학년 상태변화 실험수행과정에서 나타난 예비과학교사의 논증구조 및 이에 영향을 미치는 요인과 예비교사교육에 대한 인식 분석

백성혜\*, 손수희  
한국교원대학교

### An Analysis of Pre-Service Science Teachers' Argument Structures, the Factors Affecting the Practice of State Change Experiment in 7<sup>th</sup> Grade and Cognition of Pre-Service Education

Seoung Hye Paik\*, Su Hee Son  
Korea National University of Education

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 15 November 2013

Received in revised form

25 November 2013

26 February 2014

Accepted 27 February 2014

##### Key words:

pre-service teacher,  
argument structure,  
science experiment

#### ABSTRACT

The purpose of this study is to research pre-service chemistry teachers' inquiry ability and perception on inquiry by analyzing their argument structure. Nine graduating senior students have participated in this study. They have experimented with mass change during state change, which is included in 7th grade science textbook. We have analyzed pre-service teachers' experimental reports using Toulmin's argument model. Also, we have researched their views on science and experiments through questionnaires and semi-structured interviews. As results show, various factors have affected pre-services' argument structures; lack of science knowledge and inquiry ability, belief about error, and additive data. This study shows that pre-service teachers' inquiry abilities is insufficient, and it is necessary to review rearrangement of pre-service science teacher curriculum in order to offer inquiry experiments in teacher education program.

## 1. 서론

과학적 탐구가 수행되는 과정은 매우 복잡하고 다중적이다. Giere 등(2006)은 과학자들이 실험을 통해 자료를 수집하고, 이를 설명하는 모델로부터 연역적인 과정을 통해 예측하는데, 이 과정에서 실세계를 설명하는 모델이 수정되거나 정교화 된다고 하였다. 따라서 학교 과학 활동에서도 학생들이 과학자가 하듯이 관찰과 실험 자료를 근거로 이론을 개선하고 새로운 지식을 구성하여야 한다(Lee *et al.*, 2012). 하지만 실제 학교 과학에서는 과학자의 탐구와는 다른 형태의 탐구가 이루어진다. 교사가 교실에서 셋팅한 인위적인 현상을 관찰하거나, 실험은 과학 이론의 확인을 위한 목적으로만 수행되는 경우가 일반적이며, 예측을 생성하거나 예측과 자료를 비교하여 실세계를 설명하는 모델을 정교화 하는 과정은 거의 일어나지 않는다(Han, 2012). 만약 실험을 통해 얻은 자료가 과학 지식에 일치하지 않는 경우는 도구의 조작 미숙이나 오차로 간주하고 과학 이론을 수용한다(Cho & Song, 2011; Han *et al.*, 2012; Kim & Kwon, 2005; Noh *et al.*, 2000). 따라서 교과서에 제시된 실험도 기구조작, 측정, 기록전달이나, 자료 해석의 예상과 추리와 같은 비교적 기초적이고 수동적인 탐구에 치중되어 있다(Kim *et al.*, 2012).

과학교육에서 탐구가 강조되는데 불구하고, 많은 연구들이 실제 학교 과학실험을 통해 의도한 교육목적이 달성되지 못한다는 지적하였다(Gray & Kang, 2012; Han *et al.*, 2012; Lee & Lee, 2012). 이러한

과학 실험의 궁극적인 문제는 교사들이 과학 탐구의 본질을 잘 이해하지 못하기 때문이다(Choi & Seo, 2012; Han, 2012; Lee *et al.*, 2012). 교사들은 대체로 확인 실험 수업 모형에 의존하였고(Park, 2011), 학생들의 실험수행능력이 낮다고 보고 따라하도록 안내하고(Kim & Song, 2003), 탐구적 사고 과정보다는 실험 조작에 더 많은 관심을 기울였다(Han, 2012). 이는 측정의 불확실성에 대한 인식이 부재하기 때문이다(Lee & Lee, 2012).

이러한 학교에서 실험 방식은 수동적인 태도(김희경과 송진웅, 2003), 보편적인 과학방법이 있다는 인식(Dodick *et al.*, 2009; Lederman, 1992), 실험 조건에 대한 인식의 부재(Chang, 2012; Chinn & Malhotra, 2002) 등 학생들에게 과학탐구에 대한 그릇된 신념을 심어준다(Winschil *et al.*, 2008). Chang(2012)은 이러한 문제를 해결하는 방안 중 하나로 “역사실험(historical experiments)”을 제안하였다. 과학 이론을 검증하기 위한 실험이 아니라, 과학자가 과학 이론을 형성하는 과정에서 경험한 실험을 제공함으로써 실험의 제한점 안에서 이론이 도출되는 과정을 이해할 수 있으며, 자신의 이론을 지지하는데 도움을 주는 “보충 실험(Complementary experiment)”의 필요성도 인식하게 된다는 것이다. 즉, 역사 실험과 보충 실험은 학교 수업을 통해 학생들에게 과학을 안내할 수 있다고 그는 주장하였다.

과학교사의 과학에 대한 신념은 과학교육의 성공을 위한 주요한 요소 중 하나이다(Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Kim, 2000). 학교에서 수행하는 과학 활동과 과학자의 활동이 다르다고 생각하는

\* 교신저자 : 백성혜 (shpaik@knue.ac.kr)

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2014.34.3.0197>

교사들의 신념은 교사가 탐구수업을 계획하고 실행하는데 부정적인 영향을 미쳤다(Kim, 2011). 특히 교사가 수업시간에 보였던 과학의 본성에 대한 관점은 이를 가르쳤던 학생들에게 영향을 미쳤다(Kim et al., 2007).

이러한 문제를 예비교사 교육과정으로부터 지적한 연구들도 있다. Kim 등(2008), Nam 등(2007)은 예비교사들에게 과학적 탐구를 경험할 기회를 충분히 제공하지 못하고 있다고 하였으며, Youn 등(2012)과 Whindschitl 등(2008)은 심지어 과학에 대한 왜곡된 이미지를 예비교사들에게 심어 주고 있다고 지적하였다. 또한 교사들의 실천적 지식에 예비교사 교육은 큰 영향을 미치지 못하였으며, 학습자로서의 경험이 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다(Bang & Paik, 2010).

따라서 이 연구에서는 예비과학교사들을 대상으로 중학교의 교과서 실험을 수행하는 과정에서 예상과 다른 관찰이 나타났을 때 어떠한 반응을 나타내는 지에 대해 알아보고자 하였다. 이러한 반응 유형을 분석하는 틀로는 Toulmin의 논증구조를 사용하였다. 또한 자신의 생각을 보충하기 위하여 제한한 실험 결과에 대한 예비교사들의 반응도 추적하였으며, 이에 영향을 주는 요인을 조사하였다. 이를 통해 예비과학교사들이 학교 실험에 대해 가지는 인식을 파악하고, 예비교사교육 과정에 포함시켜야 할 내용을 제안하고자 하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 실험의 선정

2007 개정 교육과정과 2009 개정 교육과정의 중학교 1학년 과학에 제시된 화학 영역의 목표 중에는 ‘기화, 액화, 응고, 용해, 승화와 같은 여러 가지 상태변화 현상을 관찰하게 하고, 이를 모형을 사용하여 설명할 수 있다.’라는 내용이 제시되어 있다. 이를 반영한 많은 교과서에서는 상태변화에서 부피만 변하고 물질 자체의 성질이나 질량이 변하지 않음을 실험을 통해 이해하도록 내용을 구성하여 제시하였다. 그리고 이러한 특성이 나타나는 이유는 물질을 이루는 기본 입자인 분자의 성질이 변하지 않으며, 물질의 상태가 변해도 사라지거나 변하지 않기 때문이라고 서술하였다. 총 16종의 교과서에서 제시된 관련 실험의

Table 1. Types of textbook experiments related to state change phenomena

실험 내용	교과서 종류
액체(아세톤, 드라이아이스)의 상태변화에 따른 질량 변화에 대한 실험	8종
고체(양초, 아세트산나트륨, 설탕)의 상태변화에 따른 질량 변화에 대한 실험	6종
질량과 연관 지은 상태변화에 대한 실험 없음	3종

	비커질량	비커+양초	비커+녹인양초	비커+ 굳은양초
질량	162.95g	182.67g	182.49g	182.59g

Figure 1. The result of candle state change experiment

내용을 살펴보면 Table 1과 같다.

그런데 실제 실험 결과를 보면, 양초의 경우 고체에서 액체로 변하면서 부피 팽창에 따른 약간의 무게 감소가 나타난다(Figure 1). 한 교과서의 실험 과정대로 따라해 보았을 경우 고체 양초를 녹여 액체를 만들면 저울의 눈금이 0.01g 단위에서 감소한다. 하지만 다시 굳히면 고체 양초가 되면서 저울의 눈금은 본래로 돌아온다. 이 실험은 매우 간단하고 실험 결과를 뚜렷이 관찰할 수 있어 예비교사들에게 인지갈등을 유발하기 쉬워(Kim & Kwon, 2005; Noh et al., 2000), 보충실험을 계획하는데 효과적이다.

### 2. 연구 대상

연구 대상자는 중부권에 위치한 사범대학의 화학교육과와 환경교육과 4학년 학생들을 대상으로 하였다. 연구에 참여한 학생들은 9명이었으며, 그 중 6명(A, B, C, E, H, I)은 화학교육과이고 이들 중 E와 H는 각각 공통과학교육과 수학교육을 복수 전공하였다. 나머지 3명(D, F, G)은 환경교육과로 화학교육을 복수전공 하였다. 실험은 모두 개별적으로 실시하였지만, 처음에 정한 자리배치는 마지막 시간까지 유지되었다. 예비교사들은 3개의 테이블에 2~4명씩 앉았으며, 실험 도중 실험에 관련된 의견을 주고받기도 하였다. 예비교사 D, F, G가 같은 테이블, 예비교사 A, B, C, I가 같은 테이블, 그리고 예비교사 E, H가 같은 테이블에 앉아 실험하였다.

### 3. 연구 절차

예비교사들에게 중학교 1학년 교과서의 양초 상태변화 실험 내용을 제시하고, 실험을 따라한 후에 보고서를 작성하도록 하였다. 연구에 참여한 예비교사의 독립적인 사고과정을 알 수 있도록 실험은 개별로 실시하였다. 그 후 고체 양초와 액체 양초의 질량이 변하게 된 원인을 찾아보는 보충 실험을 제안하도록 하였다. 이 실험도 예비교사들이 모두 각자 실험을 실시하도록 하였으며, 9명의 예비교사들은 자신만의 과학적 탐구방법을 고안해 실험을 실시하였다. 보충 실험동안 예비교사들은 종종 주위에 같이 앉은 동료들과 실험 원리와 방법 결과 등을 같이 토론하기도 하였다. 실험이 끝난 후에 결과에 대한 발표 및 토론을 하였다. 이후 실험 보고서와 설문지를 바탕으로 반구조화 면담을 실시하였다.

### 4. 자료 수집

#### 가. 실험 보고서

실험 보고서의 종류는 양초의 상태변화 실험과 보충 실험의 2종류이다. 양초의 상태변화 실험을 실시할 때 교과서 복사본이 참고자료로 제공되었고, 보고서에는 예비교사들이 실시했던 실험 방법과 실험 기구 등을 상세히 기록하도록 요구하였다. 실험 보고서는 실험 이후 바로 개별적으로 작성해서 제출하도록 하였다.

보충실험에서는 예상과 다른 실험에서 양초의 상태변화에 따른 질량 변화가 생기는 원인을 알아보기 위해 실험을 설계하여 탐구하도록 하였다. 이는 3시간 동안 이루어졌으며, 실험이 끝난 후 토론 시간을

가졌다. 보고서의 제출 기한은 토론 이후 일주일 이내로 한정하였다. 실험 보고서 방식은 자유롭게 하였다.

나. 설문지

실험을 마친 후에 학생들에게 대학 실험 수업에서 배운 것과, 가장 주의를 기울인 부분, 이론을 확인하는 실험의 의미에 대한 질문을 묻는 설문을 실시하였다. 이 문항은 자유 응답의 형태로 제시하였다.

다. 면담

연구대상인 예비과학교사의 인식을 다면적이고 심층적으로 이해하기 위해 반구조화 면담을 실시하였다. 면담을 실시하기 전 예비과학교사의 실험 보고서 및 설문지를 과학교육전문가 1인과 현장 교사 1인과 함께 심층적으로 분석한 후 면담 프로토콜을 준비하였다. 면담은 연구자와 연구대상자 간 1:1로 진행되었으며, 면담시간은 50분~90분이 소요되었다. 면담 이후 분석과정에서 질문 사항이 있는 경우는 추가 면담을 실시하였다. 면담 내용은 모두 녹음한 후 전사되었다.

라. 수업관찰자료

예비교사가 실험을 수행하는 과정과 예비교사 간의 상호작용을 알아보기 위해 자료가 수집되었다. 수업 관찰 중 파악되는 연구 참여자의 특징을 노트에 짧게 기록하고, 예비교사간의 상호작용을 파악하기 위해 각 실험테이블에는 녹음기가 배치되었으며, 전체적인 실험 수업상황을 파악하기 위해 비디오 녹화하였다. 녹음 및 녹화자료는 데이터 분석과정에서 필요에 따라 참고하였다.

5. 자료 분석

연구에서 수집한 자료 중 실험 보고서와 전사한 면담자료는 모두 문서화하였고 기타 문서자료와 함께 수업 관찰 자료도 함께 분석되었다. 실험보고서, 설문지, 면담 등 다양한 자료를 수집함으로써 자료의 다각화(Triangulation)를 통하여 질적 연구로서의 신뢰도와 타당도를 확보하려고 하였다(Merriam, 1998). 자료로부터 나타난 예비교사들의 사고를 분석하기 위해 Toulmin(2003)의 논증모델을 이 연구의 특성에 맞추어 간단히 수정하여 사용하였다. 예비교사들이 자신의 사고를 정당화 하는 과정에서 논증의 형식이 나타나기 때문이다(Hyun, 2010).

Toulmin(2003)은 주장(C-claim)과 근거자료(D-data)의 논증을 보다 정당화하는 조건으로 보증(W-warrant), 한정어(Q-qualifiers), 반박(R-rebuttal), 지지(B-backing)과 같은 구성 요소를 제안하였다. 한정어(Q)와 반박(R)은 자료의 정당화에 대한 주장을 전달하는 힘의 정도를 지적하기 위해 필요하다. 한정어(Q)는 정당한 이유가 이행되는 강도를 의미하며, 반박(R)은 그 정당화의 일반적 권위가 인정되지 않는 상황을 의미한다. 또한 '왜 그렇게 생각하는가?' 즉, 보증(W)에 대한 또 다른 보증이 필요할 때 지지(B)를 제시하였다. 지지(B)는 보증의 배후에 있으며, 정당한 이유들 자체가 어떠한 권위도 지니지 못하거나 통용되지 못하게 하는 다른 보증이다. 이를 Figure 2에 제시하였다.

그러나 이 연구에서는 예비교사들의 논증 구조에서 지지나 반박에

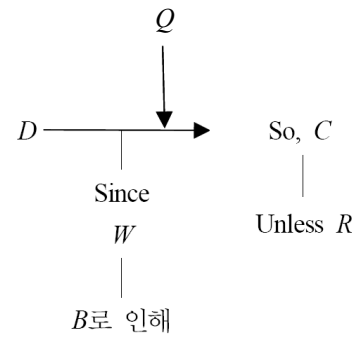


Figure 2. Toulmin's argument model

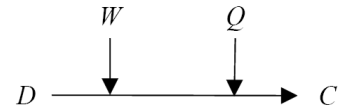


Figure 3. Pre-service teachers' argument model

Table 2. Pre-service teachers' argument elements in candle state change experiment

근거자료(D)	주장(C)	한정어(Q)	보증(W)	예비교사
○	○	○	○	A, B, F, G, H
○	○	○	X	C, D, E
○	x	○	X	I

대한 부분을 찾기 어려웠기 때문에 보다 단순화한 Figure 3의 논증 모델로 분석하였다.

그 대신 한정어의 의미를 확장하여 해석하였다. 이 연구에서 한정어(Q)는 주장이 나타나지 않는 이유, 혹은 요인을 제시한 것이며, 이러한 요인이 제거될 때 주장이 맞을 것이라고 가정하는 상황을 의미한다. 예를 들어 가열하면 양초의 질량이 줄어드는 이유를 증발 때문이라고 제시한 경우를 한정어로 보았으며, 따라서 증발하지 않는다면 질량이 보존될 것이라는 주장과 연결시켰다. 이 연구의 타당한 자료 분석을 위해 과학교육전문가 1인과 현장 교사 1인이 함께 분석하였으며, 이후 박사과정에 다니는 현장 교사 4인, 석사과정에 다니는 현장 교사 5인이 추가로 검토하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 양초의 상태변화 실험에서 나타난 예비과학교사의 논증구조

9명의 예비교사는 모두 고체 양초를 녹여 액체 양초가 되었을 때 측정값이 약간 감소하는 것을 관찰하였다. 하지만 8명의 예비교사는 고체 양초를 녹여도 질량이 일정하게 유지된다고 주장하였다. 그리고 실험의 근거자료가 다르게 나온 이유를 실험오차에서 찾으려고 하였다. 즉 실험오차를 예상과 다른 실험 결과에 대한 한정어로 사용하였다. 예비교사들의 보고서에서 실험결과의 근거자료로부터 주장을 이끌어 내는 과정에서 나타난 논증 요소는 Table 2와 같다.

9명의 예비교사 중 5명의 예비교사는 근거자료, 주장, 한정어, 보증의 요소가 모두 나타났다. 그러나 요소가 모두 제시되었다고 해도 논리적으로 타당한 논증구조를 가진 것은 아니다. Figure 4는 예비교사

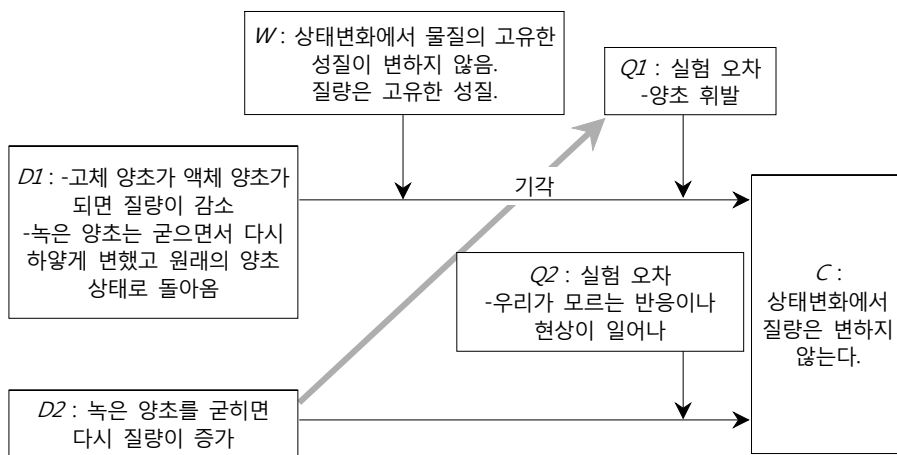


Figure 4. Pre-service teacher A's argument structure in candle state change experiment

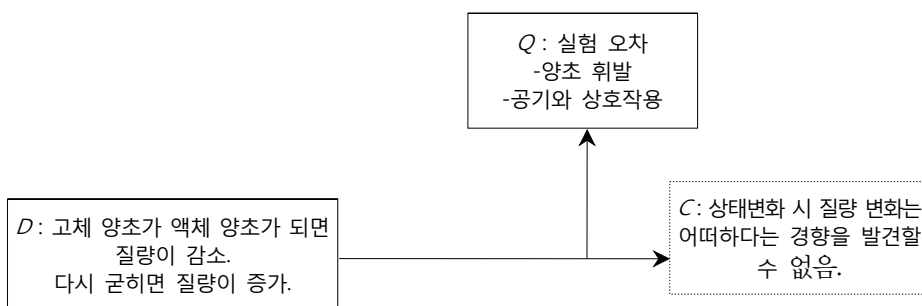


Figure 5. Pre-service teacher I's argument structure in candle state change experiment

A의 논증구조이다. 그는 처음 논의 과정에서는 고체에서 액체로 갈 때 질량이 감소하는 현상(D1)에도 불구하고 상태변화에서 질량은 변하지 않는다(C)는 주장을 하였고, 물질이 상태변화에서 고유한 성질은 변하지 않으며 질량은 물질의 고유한 성질이므로 상태변화 할 때 질량이 변하지 않는다는 보증(W)을 제시하였다. 그리고 질량이 감소한 이유는 양초의 성분이 증발하였기 때문이라는 한정어(Q1)를 제시하였다.

예비교사 A는 자신이 제시한 한정어의 조건을 증명하기 위한 보충 실험으로 액체 양초를 다시 굳히는 실험을 실시하였다. 이 과정에서 녹은 양초가 굳으면서 다시 질량이 증가한다는 근거자료(D2)를 얻었다. 이 자료는 양초의 어떤 성분이 액체가 됐을 때 공기 중으로 날아간다는 한정어(Q1)와 상충된다. 따라서 이 한정어를 기각하고 우리가 모르는 반응이나 현상이 일어날 수 있다는 새로운 한정어(Q2)를 제시하여 질량이 일정해야 한다(C)는 주장을 유지하였다.

예비교사 A의 논리에서 모순은 보증에 있다. 상태변화할 때 질량이 변하지 않는다는 주장을 하기 위하여 물질의 고유한 성질이 변하지 않는다는 보증을 제시하였으나, 이들 간에는 주장과 보증의 관계가 성립하지 않는다. 질량이라는 물질의 고유한 성질이 변하지 않는 상태변화를 하였기 때문에 상태변화에서 질량이 보존되었다고 주장하는 것은 논리적으로 보았을 때 어순만 바꾼 상황이기 때문이다. 예비교사 H도 유사한 논증구조를 가지고 있었으며, 이러한 예비교사 A와 H의 사고는 중·고등학교 과학교사들도 가역변화는 물리 변화, 비가역변화는 화학변화라고 생각했던 Paik & Kim(2002)의 선행 연구 결과와 관련이 있다. 양초를 가열하여 액화시킨 후에 다시 냉각시켜서 굳히면 양초가 만들어지므로 이러한 가역반응을 통해 양초의 가열과 냉각 과정은 물리 변화라고 가정하는 시각을 가지고 있기 때문이다. 그러나

가열을 통해 화학반응이 일어나더라도 질량은 보존되며, 가역반응을 통해 다시 생성물이 반응물로 되돌아올 수 있기 때문에 다시 본래의 반응물 상태로 되돌아왔다는 근거자료로부터 가열 후에도 물질의 성질이 변하지 않았다고 보증하는 것은 논리적 문제를 가지며, 선행연구에서도 이러한 점을 지적하였다.

예비교사 C, D, E는 주장에 대한 보증이 나타나지 않았으며, 예비교사 I는 주장과 보증이 모두 나타나지 않았다. 보증과 주장을 모두 제시하지 못한 예비교사 I의 논증구조를 Figure 5에 제시하였다.

그는 양초를 가열 후 액체 상태와 고체 상태의 질량을 측정하였고, 액체가 되면 0.21g 감소하고 고체가 되면 0.06g 증가하는 것을 관찰하였다. 그러나 이 증거자료로부터 어떠한 주장도 하지 못하였다. 따라서 근거자료로부터 주장을 정당화하는데 필요한 한정어도 의미를 가지지 못한다. 주장 자체를 제시하지 못하였기 때문이다. 또한 그는 이 실험에 대한 보증으로 상태변화할 때 분자 수의 변화가 없다는 것을 인식하지 못하였기 때문에 실험 결과에 대한 논증구조를 형성하였다고 보기 어렵다.

그런 의미에서 주장과 한정어는 있지만 보증을 제시하지 못한 예비교사 C, D, E의 경우에도 논증구조가 제대로 형성되었다고 말하기 어렵다. 근거자료와 다른 주장, 그리고 보증이 없는 주장은 논리적 의미를 형성하지 못하기 때문이다.

## 2. 보충 실험에서 나타난 예비과학교사의 논증구조

실험에 참여한 모든 예비교사들이 액체양초의 질량이 고체양초의 질량보다 작음을 확인하였다. 이에 대한 한정어로 실험 오차를 제시하

였기 때문에, 연구자는 실험 오차란 무작위한 방향성을 가져야 하는데, 모든 실험에서 일관성을 나타낸다면 이를 오차로 보는 것은 타당하지 않음을 지적해 주었다. 그리고 왜 이러한 규칙성이 나타나는 지에 대한 보충 실험을 수행하고 주장을 하도록 요구하였다. 보충 실험의 과정에서 예비교사들은 한정어로 생각했던 요인을 통제하기 위한 실험을 실시하고, 근거자료를 통해 한정어와 주장을 기각하거나 수용하는 사고 과정을 거쳤다. 이 과정에서 예비교사들의 실험에 대한 논증 구조를 파악하였다.

예비교사 A, B, F는 실험 결과로 얻은 근거자료로부터 질량이 보존된다는 주장을 무게의 변화로 변화시켰다. 그리고 한정어로 측정도구인 전자저울이 부력을 고려하지 못하므로 무게를 측정하였다고 제시하였다. 이러한 논증 구조는 논리적 설득력을 가진다고 볼 수 있다. 그러나 예비교사 C, D, E, G, H는 질량보존에 대한 근거자료를 얻지 못하였음에도 불구하고 질량이 보존된다는 주장을 유지하였다. 따라서 논증구조의 논리에 문제가 있다고 판단할 수 있다. 예비교사 I는 근거자료로부터 어떠한 주장도 하지 못하였는데, 이는 양초의 상태변화 실험에서와 같은 특성이었다. 이를 Table 3에 제시하였다.

Figure 6은 예비교사 F의 논증 구조이다.

예비교사 F는 양초의 상태변화 실험에서 근거자료에 대한 한정어로 양초의 휘발을 제시하였으나, 파라필름으로 밀봉시켜도 질량이 감소하였고, 다시 굳혔을 때 질량이 증가하는 현상 때문에 이 한정어를 기각하였다. 그리고 다른 실험의 오차로 측정 도구의 문제를 제기하였다. 전자저울은 물체의 질량이 아닌 무게를 측정한다는 것이다. 그리고 이에 관련된 보충실험으로 용수철 저울의 추를 물속에서 측정할 때와

Table 3. Pre-service teachers' argument elements in the supplement experiment

근거자료(D)	주장(C)	한정어(Q)	보증(W)	예비교사
○	○	○	○	A, B, F
X	○	○	X	C, D, E, G, H
X	X	○	X	I

공기 중에서 측정할 때를 비교하여 부력에 차이가 남을 확인하였다. 따라서 이 근거자료로부터 부력의 작용을 보증으로 제시하고 무게의 변화를 주장으로 제시하였다.

예비교사 F에게 새로운 한정어인 저울의 문제를 부력으로 생각한 이유에 대해 물어보았다.

**예비교사 F :** 닫혀 있는 상태가 아니라 열린 상태라면, 제가 그때 생각했을 때에는 아무래도 액체가 이정도 크기라고 하면 고체는 이정도 크기잖아요. 부피가 줄어들면 그만큼의 공기가 치환되어서 그 공기만큼 무게가 더 늘어날 것이라고 생각했거든요. 그래서 부력이라는 개념을 생각했었습니다.

그러나 예비교사 F의 실험 설계는 양초의 상태변화에서 나타난 측정값의 변화를 설명해주지 못한다. 그가 실시한 실험은 서로 다른 유체에서 물체에 작용하는 부력이 다르다는 근거자료를 제시한 것이고, 같은 유체에서 질량이 같고 부피가 다른 물체의 무게가 다른 지에 대한 근거자료가 아니기 때문이다.

예비교사 C, D, E, G, H는 새로운 근거자료를 얻지 못하였음에도 불구하고 지속적으로 한정어를 바꾸어가면서 주장을 유지하였다. Figure 7은 보충실험에서 분석한 예비교사 C의 논증 구조이다.

예비교사 C는 상태변화하면서 질량이 변한 이유는 젓개로 사용한 유리 막대에 양초가 묻었고, 공기의 흐름에 의한 영향 때문이라는 한정어를 제시하였다. 따라서 보충 실험으로 유리 막대를 사용하지 않고 밀봉을 시켜 실험을 실시하였다. 그러나 역시 질량이 감소하였기 때문에(D2) 자신이 제시한 한정어를 버리고 새로운 한정어를 제시하였다. 그는 '비커에 비해 양초를 너무나 적은 양을 넣고 실험한 것이 실험결과에 영향을 미쳤을 것이다.'(Q2)라는 한정어를 제시하고 이를 증명하기 위해 양초의 양을 달리하면서 보충 실험을 실시하였다. 그러나 근거자료 D3와 같이 양초의 양에 관계없이 모두 0.1g 정도 차이가 나타났다. 이러한 근거자료로부터 다시 한정어를 버리고 새로운 한정어로, '녹기 전 온도와 녹은 후 온도 차이(온도 증가)로 질량이 감소했을

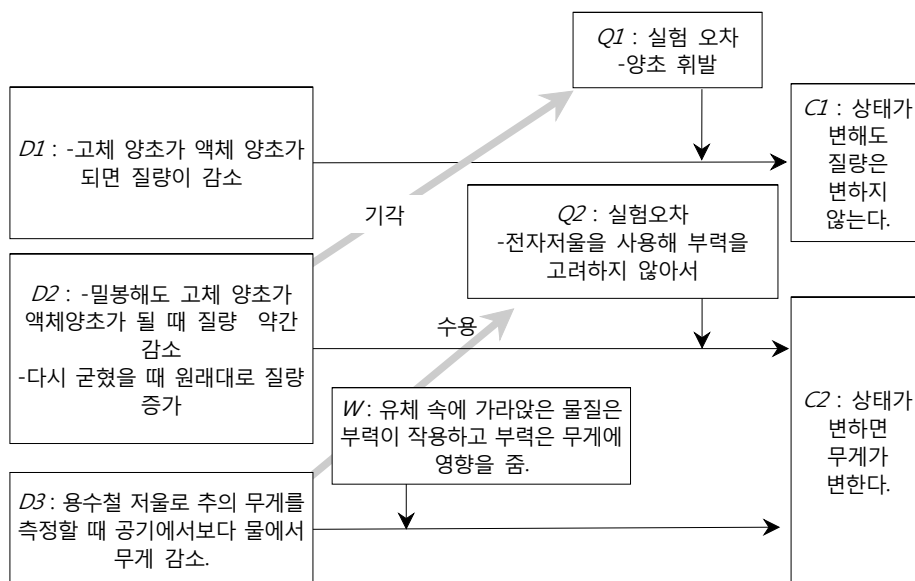


Figure 6. Pre-service teacher F's argument structure in the supplement experiment

것이다.’(Q3)을 제안하였다. 그리고 양초의 상태에 따른 질량 변화를 관찰한 후, ‘실험 결과 충분히 시간이 지난 후, 녹은 액체가 다시 굳어져 고체가 되었을 때 질량은 녹이기 전의 것과 동일하게 측정되었다.’(D4)라고 하며 Q3를 수용하였고, 상태변화 시 질량은 변하지 않는다는 주장을 유지하였다. 그러나 액체 양초에서 질량이 감소하는 근거 자료에 대해서는 ‘식히는 과정에서 액체가 고체로 다시 굳어버리기 때문에 녹이기 전 온도와 똑같은 온도를 유지시켜주며 액체 상태의 질량을 측정하기 어렵다.’는 한정어를 통해 실험을 마무리하였다.

예비교사 C도 논증구조에서 오류를 범하고 있다. 보충실험의 문제는 상태변화에서 양초의 질량이 다른 이유를 알아보는 것이다. 그런데 예비교사 C는 고체 양초가 액체가 되었다가 다시 굳었을 때 질량이 처음과 같아졌기 때문에 중간에 액체에서 질량이 감소하는 현상을 관찰하였음에도 자신의 실험 결과가 상태가 변할 때 질량은 변하지 않는다는 주장을 뒷받침할 수 있다고 생각했다. 또한 한정어의 조건을 확인하지 못하는 실험을 설계하였다. 예비교사 C는 ‘녹기 전 온도와 녹은 후 온도 차이로 질량이 감소했을 것이다.’라는 조건을 확인하기 위해 D4의 근거자료를 얻으 보충실험을 설계하였다. 그런데 이 실험에서 온도를 측정하지 않고 상태변화만 관찰하고, 그 결과를 통해 온도 때문에 질량이 달라진다는 한정어를 증명하기 어렵다는 점을 인지하지 못하고 이를 수용하였다.

이와 같이 보충실험에서 9명의 예비교사들은 근거자료를 생성하고 주장과 이에 대한 한정어의 논증구조를 형성하는 데 많은 오류를 범하였다. 양초의 상태변화 실험은 교과서에 실험 과정이 제시되었기 때문에 근거자료를 생성하는 데에 오류를 범하는 경우가 관찰되지 않았으나, 보충실험은 근거자료를 얻기 위한 실험 설계 과정에서부터 오류가 발생하여 논증구조의 문제가 나타났다.

### 3. 논증에 영향을 미치는 요인

#### 가. 주장과 관련된 보증에 대한 이해 부족

예비교사들의 보증에 대한 이해 결핍은 논증 구조에 영향을 주었다. 교과서에 제시된 양초의 상태변화 실험에서는 5명의 예비교사들이 보증을 제시하였으나, 스스로 실험을 설계하는 보충실험에서는 단지 3명의 예비교사만이 보증을 제시하였다. 예비교사 C, D, E, I는 실험과정에서 한 번도 보증을 드러내지 않았다. 그리고 이들은 공통적으로 자신의 실험 설계의 이유에 대해 명확히 설명하지 못하였다. 다음은 보충실험에서 한정어로 온도의 영향을 언급하고 상태변화 할 때에도 온도가 같으면 질량이 보존될 것이라고 주장한 예비교사 C와의 면담 내용이다.

**면담자 :** 자기 생각은 온도 변화 때문이다. 온도가 어떻게 영향을 미친 거죠?

**예비교사 C :** 맨 처음에 공기의 흐름을 말한 게, 엄청난 영향을 따지면 기체 분자의 운동이 활발해져서 밀봉된 상태에서 압력이 높아지고, 그런 걸로 영향을 미칠 거라고 생각을 했거든요. 온도가 높아 졌을 때 솔직히 그 안에 있는 분자 운동 이런 거 밖에 없잖아요. 저는 밀봉된 상태에서 고체 양초가 있으면 그 위에 있는 기체가 영향을 미치지 않을까 생각했는데, 엄청 미미할거 같긴 해요.

**면담자 :** 지금 밀봉을 했잖아요. 밀봉을 했으면 그 비커 안에 들어 있는 기체 분자 수에는 영향을 안 받지 않았을까요? 분자 수는 똑같잖아요.

분자 수가 똑같으면 입자가 똑같이 있으니까 질량이 똑같아야 하는 거 아니에요?

**예비교사 C :** 입자수가 늘어난다는 개념이 아니라, 운동이 활발해지니까, 비커에 미칠 수 있다고 생각을 했었어요.

**면담자 :** 운동을 하면, 질량에 영향을 준다?

**예비교사 C :** 비커 밖에 충돌수가 많아질 거라 생각을 해서(중략) 잘 모르겠어요. 아직도 이 실험에 대해서.

보증에 대한 이해 부족은 상태변화, 입자수, 질량, 온도 등의 관계를 제대로 이해하지 못하는 것이기 때문에 보충실험의 설계에서도 많은 문제가 드러났으며 거듭되는 실험에도 불구하고 근거 자료와 주장과 한정어 사이에 끊임없는 공회전을 하도록 만들었다.

#### 나. 탐구능력 부족

예비교사들은 예상과 다른 실험 결과를 설명하기 위하여 스스로 실험을 설계하여 탐구하는 과정에서 문제 인식, 변인 통제, 자료해석, 자료 변환 등의 탐구능력이 매우 부족한 것으로 나타났다. 근거자료와 주장 사이에 불일치한 상황이 나타날 때, 이에 대한 문제를 인식하지 못하거나, 적절한 보충 실험을 통해 보증을 하려고 할 때 필요한 변인을 선택하지 못하는 경우가 빈번히 관찰되었다. 또한 근거자료가 주장과 다름에도 불구하고 근거자료를 무시하고 주장을 되풀이함으로써 자료해석 능력의 부족을 보여주기도 하였다. 앞서 제시한 논증구조의 특성에서도 예비교사들이 근거 자료를 통해 주장을 하는 과정에서 다양한 탐구능력의 오류가 나타났음을 지적하였다. 그 외에도 자료를 해석하여 주장을 하기 위해 필요한 자료 변환 능력이 부족하다는 특징이 있었다. 예를 들어 예비교사 A는 Figure 8과 같이 실험결과를 그래프로 변환하였다.

D4는 총 18번의 측정 중 두 번 측정값이 감소하였는데 그래프에서 모든 수치를 포함하지 않고 변화한 부분만 취하여 그렸기 때문에 그래프를 통해서도 질량 변화가 컸다고 생각하기 쉽다. 또한 D4, D5, D6를 비교해 보면, D4에서는 거의 일정하게 유지되고, D5에서는 고체와 액체 사이 질량이 0.03g 규칙적으로 변하고, D6에서는 0.05g 변한 후, 0.02g 규칙적으로 변하지만, Y축의 단위를 D4에서는 0.002, D5에서는 0.02, D6에서는 0.01로 단위를 각기 달리 하였기 때문에 그래프를 통해서도 각 실험 조치에 따른 무게 변화정도의 차이를 알 수 없다. 이러한 경향은 예비교사 H, I에서도 그대로 나타난다. 이들은 실험 간에 단위를 고정시키지 않아, 그래프를 비교해서는 어떤 실험이 유의미한지 알 수 없었다. 예비교사 F는 예상과 같은 실험에서 그래프를 통해 변화된 정도를 표현하고자 하였는데, 그래프의 x축과 y축 뿐만 아니라 그래프 자체가 무엇을 나타내는 것인지 표시하지 않았다.

#### 다. 오차에 대한 신념

교과서에 제시된 실험과 보충실험에서 얻은 결과가 주장하고자 하는 바와 달랐을 때 모든 예비교사들은 한정어로 실험 오차를 언급하였다. 보충 실험을 통해서도 근거자료가 변하지 않음에도 불구하고, 예비교사들은 새로운 한정어를 찾는 작업을 끊임없이 지속하면서 처음에 제시한 주장을 버리지 않으려는 경향을 보였다.

Table 4. Pre-service teachers' thoughts about college experiments

응답	예비교사
이론 확인	A, B, C, D, E, F, G, I
실험 조작 능력	A, B, C, H, I
데이터 처리	H
실험 설계	I
이론과 다른 내용 토론	D

Table 5. Pre-service teachers' thoughts about the focus of college experiments

응답	예비교사
이론을 확인하기 위한 정확한 실험, 오차 제거	A, D, E, R, G, H, I
이론 조사	F, I
반복실험을 통한 신뢰도	D
실험 안전	B, D
적절한 실험 기구	B, D
데이터 처리와 분석	C

양초의 상태변화 실험 결과가 예상과 다르게 나왔을 때, 4명의 예비교사들(C, D, E, I)이 한정어만 제시하고 보증을 제시하지 않았다. 한정어와 보증을 모두 기술했던 예비교사들 중 질량 변화를 단순한 실험 오차라고 설명했던 예비교사 G를 제외한 예비교사 A, B, F, H도 보증보다는 한정어로 오차의 원인에 집중하였다. 예를 들어 예비교사 B는 실험 보고서에서 다음과 같이 기록하였다.

‘기열 전 후 양초의 분자 개수는 일정하므로 양초의 질량은 변함이 없어야 하지만 약간 감소하였다.’  
 ‘이렇게 간단한 실험이라도 더 정확하게 실험하기 위해 어떻게 실험하면 좋을까라는 생각이 들었다.’  
 ‘오차율을 줄이기 위해서 많은 양의 양초를 사용한다면 상대 무게달기 오차가 감소할 것이다.’

(예비교사 B의 1차 실험 보고서 중 일부)

예비교사 B의 보고서를 통해 실험 오차를 줄이기 위한 방법에 많은 관심을 가지고 있음을 확인할 수 있다. 많은 예비교사들이 자신의 근거 자료를 한정하는 결과를 얻음에도 불구하고, 새로운 보증과 주장을 찾기 보다는 오차라는 한정어에 매달려 주장을 지지하려는 태도는 논증구조에 바람직하지 못한 영향을 미쳤다.

이렇게 실험 결론에서 자료가 가지는 과학적인 의미를 이해하고 원인을 설명하는데 소홀한 예비교사의 경향은 Windschitl 등(2008)의 연구에서 나타난 학생들의 탐구에 대한 인식론적 특성과 유사하다. 또한 실험결과가 자신의 이론과 일치하지 않는 경우 불일치 가능성을 열거하면서 오차의 발생 원인이라고 명명할 뿐 불일치를 해소하려는 노력을 전개하지 않다는 Lee 등(2012)의 연구 결과와도 일치한다.

4. 예비교사교육에 대한 인식

예비교사들은 대학수준의 화학 실험 과정을 모두 이수하였음에도 불구하고, 중등교육과정의 실험에서 제대로 된 논증구조를 형성하지 못하였다. 이는 앞으로 교사가 되어 학생들에게 탐구 활동을 지도할 때 교과서의 실험 내용을 따라하는 수준에서 벗어나 실험의 논증과정

Table 6. Pre-service teachers' thoughts about confirming scientific theory in experiments

응답	응답에 대한 이유	예비교사
도움이 된다.	눈으로 보는 것이 이해가 잘되기 때문에, 기억에 오래 남기 때문에 과학자가 과학지식을 만든 방법을 경험할 수 있기 때문에	B, C, D, E, F, I H
도움이 안 된다.	진정한 탐구가 아니므로	A, G

을 가르치는 능력을 형성하지 못한 것이라고 할 수 있다.

예비교사들은 대학 실험 수업을 통해 배운 것(Table 4)과 실험 수업 동안 집중하는 것(Table 5)에 대한 설문조사를 실시하였다. 그 결과 9명의 예비교사들이 모두 이론을 확인하는 것이라고 답하였다. 이론을 확인하는 실험의 의미에 대해 대부분의 교사들이 도움이 된다고 답하였고, 그 이유로 이해가 잘되거나, 과학자의 방법을 경험할 수 있기 때문이라고 답하였다(Table 6). 그러나 학생들의 논증구조를 보았을 때 실험을 통해 주장하고자 하는 내용에 대한 이해를 도모했다고 보기 어려운 점이 있다. 도움이 되지 않는다고 응답한 2명은 대학에서 배운 실험이 진정한 탐구가 아니어서 도움이 되지 않았다고 응답하였다.

다음은 예비교사 C와의 면담자료이다.

**면담자 :** 그럼 우리가 대학교에서 하는 실험과 중고등학교 실험은 어떤 거 같아요?

**예비교사 C :** 좀, 중고등학교 실험보다 저희가 하는 실험이 더 많이 달린 거 같아요. 저희가 실험하는 자세도 잘못된 거 같고. 저도 실험할 때 옆에 조에 물어봐서 데이터 맞추고, 데이터 조작도 하고, 그렇게 해서, 결과를 뵈히 아니까, 공부를 다 한 상태에서 실험을 하니깐, 보고서에 이론도 미리 써오고 하잖아요. 그거에 맞게 나와야 하니깐.

**면담자 :** 보고서 쓸 때 실험을 하지 않아도 답은 아는 거네요?

**예비교사 C :** 아무래도 좀 그런 거 같아요. 정해진 걸로 하는 거니까, 정해진 이론값이 있으니까. 그런 거 같아요. 그거(이론값)에 맞게, 몇 번 시도해도 안 나오면 오차 분석으로 끝내고.

예비교사 C는 면담과정에서 평소의 실험 수업에서 실험을 하지 않아도 실험의 결과는 알고 있으며, 이론값에 맞도록 실험값을 얻도록 노력하고 차이가 생기면 오차를 분석하는데 집중한다고 언급하였다.

예비교사들이 과학교사 양성교육에서 경험한 실험에 대한 인식이 중학교 1학년 수준의 실험을 실시하는 데에서도 그대로 드러났다. 이러한 점에서 미루어 볼 때, 과학교사 양성교육의 실험 수업을 통해 형성되는 예비교사들의 경험은 이들이 과학교사가 되어 중학교 과학 실험을 실시할 때에 영향을 미칠 수 있을 것이라고 판단된다. 다음은 중·고등학교와 대학교, 과학자의 실험에 대한 예비교사 I와의 면담내용이다.

**면담자 :** 실험이 3가지 종류가 있다고 하면, 중·고등학교에서 학생들이 하는 실험, 대학생의 실험, 과학자의 실험이 있잖아요. 이것들이 같다고 생각해요 다르다고 생각해요?

**예비교사 I :** 저는 다르다고 생각해요. 대학교 실험에서 느낀 건데, 오차가

이렇게 많이 있을 수 있다는 것을 알았어요. 중·고등학교 때는 선생님들이 결과를 방향을 맞춰놓은 건데, 그대로 해보기만 하는 거고, 대학교는 어쨌든 결과를 모르고 하게 되니까요, 일단 오차가 이 정도 있을 수 있다. 계속 오차라고 생각하긴 했지만, 차이가 있을 수 있다 정도는 확장이 된 거 같아요. 그런데 중·고등학교 때는 무조건 이렇게 나온다고 생각을 했어요. 그러한 실험들을 거의 하나씩 크게 달랐던 실험이 없었던 같아요.

**면담자 :** 예상과 달랐던 실험이 없었는데, 대학교 오니까 오차가 있을 수 있다는 점을 알았던 점이 대학 실험과 학교 실험의 차이점인 거네요. 그러면 고등학교 실험은 거의 결과를 알고 실험을 했다는 거네요.

**예비교사 I :** 네. 거의.

**면담자 :** 그런데 대학교 실험은 결과를 모르는 상태로, 그럼 과학자의 실험은 어떤 거 같아요?

**예비교사 I :** 제가 생각한 과학실험의 실험은 변인 같은 게 통제가 거의 완벽한 실험으로 생각했고, 시행횟수나 이런 점에서도 엄청 많고.

**면담자 :** 그럼 과학자의 실험은 더 정확하고 정밀한 실험이다?

**예비교사 I :** 네.

예비교사 I는 고등학교 실험은 이미 예상된 결과가 나와야 하며, 과학자의 실험도 엄밀하기 때문에 큰 오류가 없지만, 대학교에서의 실험은 변인 통제 등의 문제로 실험을 하면서 오차가 많았던 점에 놀랐다고 하였다. 그는 실험이 정밀하기 못하기 때문에 다양한 오차가 발생하므로 실험 결과로부터 주장을 도출하지 못한다고 생각하였다. 이러한 사고는 양초의 상태변화 실험과 보충 실험에서 드러났다.

전반적으로 볼 때 예비교사 교육과정 동안 이루어지는 실험 수업을 통해 예비교사들의 탐구적 사고를 길러주기 어려운 것으로 나타났다. 예비교사들이 대학의 실험과정에서는 왜 그렇게 설계되었는지, 왜 이러한 근거자료로부터 주장을 할 수 있는 지에 대한 고찰이 이루어지지 않고, 실험결과를 보증이 되는 이론적 근거에 맞추는 활동만 하기 때문에 중학교 1학년 과학 수준의 간단한 실험과정에서도 논증구조를 제대로 형성하지 못한 것이다.

과학교사 양성교육에서는 대학 수준의 전공 실험을 경험시키는 것보다 수준이 낮은 실험이라고 하더라도 실험 결과로부터 보증과 한정어, 주장을 타당하게 이끌어내는 논증구조를 제대로 갖출 수 있도록 예비교사들을 지도해야 한다. 그래야 예비과학교사들이 교사가 되어 학교현장에 나갔을 때 학생들에게 탐구능력을 신장시켜줄 수 있는 실험수업을 제공할 수 있으며, 진정한 과학자의 양성을 가능하게 할 것이다.

실험에서 실험값과 이론값의 차이를 오차로 여기며 오차의 원인에 대해 매우 집중했던 예비교사들의 경향은 실험에 대한 인식에서도 그대로 나타났다. 다음은 예비교사 B의 예상과 다른 실험 보고서 내용 중 일부이다.

중학교 1학년을 대상으로 이 실험 수업을 진행할 때 내가 수행한 결과처럼 약간의 오차가 나타나게 되는데 아이들이 고체에서 액체가 되면 질량이 변한다는 오개념을 가지지 않도록 모든 아이들의 실험 결과를 교사는 관찰하고 결과에 대해 토의해보고 실제로는 물질의 양이 변하지 않는다는 것을 아이들에게 알려주어야 한다.

#### (예비교사 B의 교과서의 실험 보고서 중 일부)

중학생들에게 실험을 통해 혼란스러운 상황을 제공하면 안 된다는

생각은 예비교사 I와의 면담 내용에서도 찾을 수 있었다.

**면담자 :** 이 실험을 중학생들한테 해 볼 거 같아요?

**예비교사 I :** 지금 수업이랑 설문조사를 하면서 혼란스러운 게 실습을 갖는데 거기서도 상태변화를 배우고 있어요. 당연히 선생님들도 실험을 안 하려고 하죠. 저도 생각을 해봤는데, 잘 모르겠어요. 여기도 적었는데. 전부 다 보여줄 수 없는데, 아직 학생들은 이 이론이 틀린 것도 잘 모르는데, 이것을 보자하고 다른 것을 던져주면 혼란스러워할 거 같아요. 물론 창의적으로 생각하는 학생들도 있을 것 같은데, 매우 소수라고 생각하거든요. 교사가 수업을 하면 중간층을 끌고 가야 하는데, 개념화가 되지 않을 거 같아요. 생각을 여러 가지로 해볼 수 있을 거 같은데.

**면담자 :** 학생들에게 정확한 것을 가르쳐야 하는 거네요?

**예비교사 I :** 네, 명확하게. 정확한 거는 없죠.

**면담자 :** 이론은 정확하지 않고 수정될 수 있다고 생각을 하잖아요. 그걸 학생들에게 가르쳐야겠다는 생각은 안 해요?

**예비교사 I :** 바뀔 수 있다는 점예요? 음, 그런데, 학생들은 이 이론을 배우지도 못했는데 아직, 계속 변화가능성부터 이야기하면... 제가 과외를 할 때도 원자가설 바뀌는 것을 수업을 했는데, 학생이 바뀔 거면 왜 가르치냐는 식으로 질문을 해서 저도 고민을 했었거든요. 그 말도 일리가 있는 것으로 생각이 되어서... 그리고 계속 이거 틀린 거 아니에요? 틀린 거 아니에요? 이런 식으로 반응을 하는 거예요. 뒤에 오비탈을 배우고 나니까. 그래서 일단 나중에 틀렸다. 아니면 바뀔 가능성이 있다. 이런 식으로 자꾸 수업을 하면 받아들이기가 더 힘들지 않을까요?

이러한 예비교사의 실험에 대한 인식은 Chang(2012)의 견해와 상반된다. Chang은 학생들에게 자연그대로를 실험현상으로 제시해주어야 하며, 이론과의 불일치로 인해 명확히 설명이 어렵다고 하더라도 이것은 올바른 과학지식과 과학의 본성을 심어줄 것이라고 하였으며, 학생들에게 과학에 대한 호기심을 심어주며 긍정적으로 작용할 것이라고 하였다.

## IV. 결론 및 제언

이 연구를 통해 중학교 1학년 수준의 실험을 수행하는 과정에서도 예비교사들의 논증구조는 매우 취약함을 확인할 수 있었다. 특히 교과서 실험의 경우에는 근거자료를 얻는 과정이 명확하게 제시되어 있기 때문에 근거자료로부터 주장을 하는 과정에서 필요한 보증이 부족한 경우가 많이 관찰되었으나, 스스로 보충실험을 설계하고 이를 통해 자신의 잠정적 결론을 점검하는 활동에서는 보증 뿐 아니라 근거자료를 얻는 활동도 제대로 이루어지지 않는 경우가 많았다. 논증요소를 모두 갖춘 경우에도 논리적으로 논증구조를 형성하지 못한 경우가 대부분이었다. 예비교사들은 근거자료가 주장과 다름을 인식하지 못하거나 인식하여도 실제 주장을 기각하지 못하는 것으로 나타났다. 또한 자신의 주장과 상충되는 한정어를 제시하는 오류도 있었다. 예비교사들이 대학교 수준이 아닌, 중학교 수준의 실험을 수행하는 과정에서도 제대로 된 논증구조를 형성하지 못하였다는 사실을 통해 실험의 수준과 상관없이 탐구능력이 매우 부족함을 알 수 있다.

이러한 연구 결과를 통해 예비교사들은 스스로 실험을 설계하고 탐구하는 과정에서 문제 인식, 변인 통제, 자료 해석, 자료 변환 등의



능력이 매우 부족하며, 특히 논증구조상 보증에 대한 이해 부족이 논증 구조를 제대로 형성하는데 큰 걸림돌이 됨을 확인할 수 있었다. 그리고 예비교사들은 실험 결과가 예상과 다를 때 오차에 대한 신념이 매우 강해서 자신의 근거 자료를 토대로 주장을 하는 능력이 매우 약함을 알 수 있었다. 근거자료에 대한 주장에 필요한 보증이 나타나지 않았던 예비교사들은 관련 근본 지식이 부족하거나, 탐구에 대한 인식이 부족하여 실험을 통해 관찰되는 사실만 서술할 뿐 관찰 현상이 왜 그렇게 나타나는 지에 대해 사고하는 능력이 부족하였다.

예비교사 교육과정 동안 경험하는 대학 실험 수업은 대부분 이론의 확인과 실험 조작 능력 등이며, 특히 오차를 제거하고 이론에 맞는 실험을 하는 것에 초점을 두고 있는 것으로 나타났다. 따라서 진정한 의미의 탐구실험을 경험하거나 인식하지 못하였음을 알 수 있다. 중고등학교 과학교육에서 실험의 의미가 학생들에게 제대로 전달되는 것은 과학교사를 통해서이다. 그러나 단지 많은 실험을 경험한다는 것만으로 논증구조를 제대로 형성하고 탐구적 사고를 할 수 있을 것이라고 기대할 수는 없다. 이는 정교한 교육과정을 통해서만 획득될 수 있다. 이 연구를 통해 예비과학교사교육에서 반드시 길러주어야 할 능력이 있음을 확인할 수 있었다.

과학교사가 교과서의 실험을 그대로 따라 수행할 수 있고, 실험 결과가 예상과 다를 때 이를 오차로 간주하고 이론값에 근거하여 과학적 주장을 한다면, 학교에서 이루어지는 실험은 교육적 가치를 가지기 어려울 것이다. 이러한 문제 때문에 실험실을 개선하고, 실험 재료비 등이 풍부해도 학교에서는 실험을 통해 얻는 교육적 효과가 미비하기 때문에 실험을 기피하는 것일 수 있다. 실험의 진정한 의미는 실험 결과로부터 얻는 증거자료가 주장을 보증하는지, 보증하지 않는다면 어떤 한정어가 가능한지 등에 대한 사고 능력을 길러야 하는 것이다.

그리고 이러한 능력을 교사들이 획득하기 위해서는 예비교사 교육 과정의 개선이 필요하다. 그러나 아직까지 예비교사 교육과정에서 탐구 실험과정에서 필요한 예비교사들의 논증 구조를 길러줄 수 있는 교육의 중요성과 교육적 효과를 알아본 연구는 거의 수행되지 못하였다. 앞으로 많은 연구를 통해 교사들이 과학적 탐구 실험의 논증 구조를 제대로 지도할 수 있는 능력을 갖추게 된다면 중등학교에서 이루어지는 과학 실험 수업과 과학자들의 탐구 실험의 차이가 질적으로 줄어들게 될 것이며, 궁극적으로 과학교육이 지향하는 목표인 탐구적 사고력을 학생들의 획득할 수 있도록 효과적인 교육이 이루어질 수 있을 것이다.

이 연구에서는 상태변화에서 나타나는 질량변화에 초점을 둔 연구를 진행하였으나, 이 외에도 탐구 실험의 논증구조를 파악할 수 있는 다양한 실험들이 발굴될 필요가 있다. 이를 통해 당연한 기정사실로 받아들여졌던 과학 개념에 대해 탐구적 사고 능력을 기르고, 창의적인 새로운 방식의 사고가 가능하도록 지도할 수 있을 것이다.

## 국문요약

이 연구에서는 중등 교육과정의 실험을 수행하는 과정에서 예비과학교사의 논증구조를 분석함으로써 예비과학교사의 탐구 능력과 탐구에 대한 인식을 조사하고자 한다. 사범대학교 4학년에 재학 중인 예비과학교사 9명을 대상으로 하였으며, 중학교 1학년 과학교과서의 상태변화에 관한 실험을 수행하였다. 예비교사들의 실험 보고서는

Toulmin의 논증구조를 분석틀로 분석되었다. 또한 설문지를 통해 과학 실험에 대한 인식조사를 하였으며, 반구조화된 면담을 실시하였다. 연구결과, 예비교사들의 논증에는 과학지식의 결핍, 탐구 능력 미흡, 오차에 대한 신념, 추가 근거자료가 영향을 미쳤다. 이러한 연구 결과를 통해 예비교사들의 실험 탐구능력 수준은 미흡하며, 예비교사 교육과정을 재구성하여 교사교육 프로그램을 통해 탐구 실험을 경험할 수 있는 기회를 제공할 필요가 있다고 주장하였다.

**주제어 :** 예비교사, 논증구조, 과학실험

## References

- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Improving science teacher's conceptions of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701.
- An, Y. L., & Kim, H. J. (2011). Recognition of the nature of science by preservice science teachers on the basis of the atomic model. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 31(4), 539-556.
- Bang, E. J., & Paik, S. H. (2010). An analysis of middle school teachers' orientations toward teaching science (OST) and factors affecting OTS. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 30(6), 719-738.
- Buffler, A., Lubben, F., & Ibrahim, B. (2009). The relationship between students' views of the nature of science and their views of the nature of scientific measurement. *International Journal of Science Education*, 31(9), 1137-1156.
- Chang, H. (2012). Can historical experiments improve scientific education. 2012 First IHPST Asian Regional Conference. Seoul National University (SNU), Seoul, South Korea, 18-20 October, 2012.
- Choi, B. S. (2009). Research of chemistry textbooks and teaching. Seoul: Free Academy.
- Choi, J., & Seo, H. Y. (2012). Effect of Inquiry-based biology program on pre-service science teachers' perceptions on the nature of science and affective domain of science. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 32(5), 879-889.
- Dodick, J., Argan, S., & Chase, P. (2009). Understanding scientific methodology in the historical classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.
- Fairbrother, R., & Hackling, M. (1997). Is this the right answer? *International Journal of Science Education*, 19(8), 887-894.
- Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical content knowledge: An introduction and orientation. In J. Gess-Newsome & N. Lederman (Eds). *Examining pedagogical content knowledge*. MA: Kluwer Academic Publishers.
- Gray, R., & Kang, N., H. (2014) The structure of science arguments by secondary science teachers: Comparison of experimental and historical science topics. *International Journal of Science Education*, 36(1), 46-65.
- Han, G. B., Min, H. J., & Paik, S. H. (2012). The teachers' and students' perceptions on lectures and experiments of law of definite proportion in middle school science classes. *Journal of the Korean Chemical Society*, 56(1), 144-158.
- Han, Y. H. (2012). Development of classroom inquiry model to improve scientific communication ability (Doctoral dissertation). Korea National University of Education, Chungbuk.
- Hyun, N. S. (2010). Use of Toulmin's argumentation in humanities writing. *Thinking and Representation*, 3(2), 63-97.
- Jho, H. K., & Song, J. W. (2011). The observation type of primary students and the effect of their views of science on observation activity in anomalous situation. *Elementary Science Education*, 30(4), 405-414.
- Kim, H. H. (2011). Secondary science teacher's views about the nature of science and relationship to their pedagogical content knowledge (Master's thesis). Korea National University of Education, Chungbuk.

- Kim, H. K., & Song, J. W. (2003). Middle school students' idea about the purposes of laboratory work. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 23(3), 254-264.
- Kim, J., Jeon, E., & Paik, S. (2007). The analysis of the nature of science views of science textbook, science teacher and high school students. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 27(9), 809-817.
- Kim, J. N., & Kwon, J. S. (2005). The types of students' responses to anomalous situations in physics - Observation, perception about observation, belief change about preconception, contents and types of suggested experiments, cognitive conflict level by the belief change. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 25(2), 162-172.
- Kim, J. Y., Han, J. E., & Park, J. S. (2012). The analysis of inquiry activities in high school chemistry II textbooks on the revised 2009 curriculum. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 32(5), 928-937.
- Kim, Y., Park J., Park, J., Kim, Y., & Lee, H. (2008). A research of setting new subject education course and teaching contents development to seek substantiality of science teacher training. Seoul: Education Ministry.
- Kim, Y. K. (2006). Analysis of science teachers' philosophical views on science (Doctoral thesis). Korea National University of Education, Chungbuk.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(4), 331-359.
- Lee, E. M., & Kim, B. K. (2012). A study on secondary school students' reasoning types about measurement. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 32(2), 293-305.
- Lee, S. K., Lee, G. H., Choi, C. I., & Sin, M. K. (2012). Analyzing Coordination of Theory and Evidence Presented in Pre-service Elementary Teachers' Science Writing for Inquiry Activities, *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 32(2), 201-209.
- Marriam, S. B. (1998). *Qualitative research and case study application in education*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Nam, J. H., Mayer, V. J., Choi, J. H., & Lim, J. H. (2007). Pre-service science teachers' understanding of the nature of science. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 27(3), 253-262.
- Noh, T. H., Lim, H. Y., & Kang, S. J. (2000). Types of students' responses to anomalous data. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 20(2), 288-296.
- Paik, S. H., & Kim, S. K. (2002). A survey of secondary school science teachers' thinking on classifying phenomena related to dissolution of ionic compound and acid into physical and chemical change. *Journal of the Korean Chemical Society*, 46(6), 561-568.
- Park, K. W. (2011). A comparative analysis on the science experiment lesson thinking process between elementary school beginning teachers and experienced teachers. *The Journal of Elementary Education*, 24(3), 273-296.
- Toulmin, S. E. (2003). *The uses of argument*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Tsai, C. C. (1999). Laboratory exercises help me memorize the scientific truths: A study of eight graders scientific epistemological views and learning in laboratory activities. *Science Education*, 83(6), 654-674.
- Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(5), 941-967.
- Yoon, H. G. (2011). Pre-service elementary teachers' inquiry on a model of magnetism and changes in their views of scientific models. *Elementary Science Education*, 30(3), 353-366.
- Yoon, H. G., Jung, Y. J., Kim, M. J., Park, Y. S., & Kim, B. S. (2012). Examining pre-service elementary teachers' views on science inquiry teaching during peer teaching practice, *Elementary Science Education*, 31(3), 334-346.