

관찰과 재현에 대한 예비 생물교사들의 가치지향점 -객관성을 중심으로-

신세인, 이준기*, 하민수¹
전북대학교, ¹강원대학교

Pre-service Biology Teachers' Value Orientation Related to Observation and Representation: Focus on Objectivity

Sein Shin, Jun-Ki Lee*, Minsu Ha¹

Chonbuk National University, ¹Kangwon National University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 21 July 2016

Received in revised form

7 August 2016

12 August 2016

Accepted 13 August 2016

Keywords:

Objectivity

Value orientation

Observation

Representation

Pre-service biology teacher

ABSTRACT

This study aims to explore pre-service biology teachers' value orientation in terms of scientific observation and representation in plant cell microscope observation experiment. This study focuses on the pre-service teachers' value orientation in relation to objectivity. To achieve this aim, we used a hypothetical situation that pre-service teachers should teach tacit knowledge related to observation and representation during the cell observation class. We presented a hypothetical situation to fifty pre-service biology teachers and collected their answer about that hypothetical situation. These answers were categorized inductively based on constant comparative analysis. The result shows that four types of pre-service teachers' value orientation, 'presence confirmation', 'mechanical objectivity', 'students' subjectivity', and 'trained judgement', are confirmed. This result also shows that various value orientation could be reflected on teaching an experiment and tacit knowledge related to the experiment. Also, many pre-service teachers value 'mechanical objectivity' in observation and image representation. Also, pre-service teachers' value orientation and perception of objectivity in scientific practice could have an influence in teaching science, this result could give provide suggestions on science teachers' education in terms of scientific practice.

1. 서론

교사 개인이 지향하는 가치와 신념은 교수 상황에 반영되어 학생들에게 직·간접적으로 영향을 미친다. Eisner & Vallance (1974)는 이러한 교사의 인지적 신념체계를 '교육적 가치지향점'으로 설명한 바 있다. 아무리 동일한 교육과정을 지도하는 상황이라 하여도, 교사들 간의 지향하는 가치의 방향이 다르다면 수업 중 학생들에게 보다 강조하는 내용이나 혹은 피드백의 시점 역시 같을 수 없을 것이다. 따라서 교과를 막론하고 개별 교사의 교육과정 재구성고 교수법에 대한 선택과 운용은 교사 개인의 가치지향점이나 신념에 의해 결정되고 실행되어 오고 있음을 선행연구들은 보여주고 있다(Yoo & Chung, 2005; Chung, 2005; Chung, 2006; Bain & Ennis, 1995). 이는 과학교육과에서도 예외일 수 없다. 특히 과학교육 분야에서는 교사의 과학적 지식이나 과학적 실천에 대한 가치관과 신념은 과학교육 전반의 교수-학습 과정에서 매개될 가능성이 높기 때문에, 과학 교사와 예비 과학 교사들의 과학의 본성에 대한 이해나 신념에 대한 연구는 꾸준히 이루어져 왔다(Yoon, Kang, & Kim 2015; Kim, 2010; Nam *et al.*, 2007). 최근 과학교사 양성과정에서 예비교사들에 대한 과학의 본성 교육의 중요성이 강조되고 있으며, 이에 대한 교육효과로 예비교사들의 가치 지향 및 인식론적 관점이 변화하는 것이 선행연구를 통하여 그 중요

성이 여러 차례 보고된 바 있다(Jung & Shin, 2015; Paik & Nam, 2010; Choi & Seo, 2012).

과학교육현장에서 이러한 교사의 가치지향점은 언어로 표현되는 지식인 형식적 지식(explicit knowledge)보다는 실제 실천과 밀접한 관련이 있는 암묵적 지식(tacit knowledge)의 전달과정에서 깊이 드러난다. 암묵적 지식은 과학적 실천이 활발히 이루어지는 공간에서 과학적 지식 생성에 큰 영향력을 발휘해왔다(Polanyi, 1958). 개인에게 체화되어 나타나는 암묵적 지식에는 단순 노하우뿐만 아니라 신념이나 가치관도 포함된다(Nonaka, 1994). 또한 암묵적 지식과 관련된 교수-학습은 대부분 교사와 학생의 직접적 상호작용에 의해 이루어지기 때문에 교사의 가치지향점이 더 직접적으로 전달될 가능성이 높다. 따라서 학생들이 과학적 실천 행위를 학습하는 과정에서 지식뿐만 아니라 암묵적으로 교수자의 과학에 대한 태도와 가치지향점을 함께 체득하게 된다(Park, 2010).

과학적 가치지향점이 매개된 암묵적 지식의 학습 상황의 대표적인 예로는 학생들이 수동태 형식의 문장이나 수량화 표현 또는 명사화된 언어 표현 등을 자연스럽게 사용하여 과학 실험보고서나 소논문을 서술하게 된 현상을 들 수 있다. 어떤 교과서나 교육과정에서도 실험 결과를 기록하는 문체나 문장 형식에 대한 지도방향이 명시되어 있지 않았음에도, 많은 학생들은 수동태의 문장을 통해 중립적이고 객관적

* 교신저자: 이준기 (junki@jbnu.ac.kr)

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2016.36.4.0617>

인 입장에서 실험보고서를 쓰고 있다(Sheldrake, 2004). 이러한 현상의 배경에는 19세기 후반 과학자들 사이에서 객관적인 지식과 중립적 태도를 추구하면서 과학적 글에서의 수동형 문장이 급격히 증가한 데에 있다(Reeves, 2005; Sheldrake, 2004). 과학자들이 추구한 이러한 가치들이 반영된 과학적 글쓰기의 수사법(rhetoric)은 오랜 세월동안 전승되면서 현대의 과학 현장은 물론 과학 교육 현장의 학생들의 과학적 수행에 영향을 미치고 있는 것이다(Reeves, 2005; Shin, 2009). 학생들이 이러한 수사법을 학습하는 과정에는 과학적인 글이 가치중립적이고 객관적으로 서술되어야 한다는 과학 교사의 인식과 신념이 큰 영향을 미치는 것으로 판단되고 있다(Sheldrake, 2004). 이처럼 교사의 과학에 대한 가치가 담긴 암묵적 지식의 학습은 장차 학생들의 과학적 행동과 과학의 본성에 대한 이해에도 큰 영향을 미칠 것으로 보이며, 비단 과학적 글의 수사법에 관해서만 나타나는 현상은 아닐 것이다. 과학교육 현장에서 이루어지는 다양한 과학적 실천들이 암묵적으로 교수·학습 되는 과정에서 교사의 가치지향점은 학생들에게 전달될 가능성이 크기 때문에, 여러 과학적 실천들에 대한 과학 교사 및 예비교사들의 가치지향점을 점검해 볼 필요가 있다.

이 연구에서는 관찰과 이미지 재현(representation)이라는 과학적 실천을 중심으로 장차 교사가 될 예비교사들의 가치지향점을 탐색해 보려 한다. 역사적으로 관찰은 과학탐구에서 가장 전통적이고 동시에 핵심적인 방법이었다(Daston & Galison, 2007). 특히 생물학에서 관찰은 이론의 검증으로서의 수단으로뿐만 아니라 그 자체로 주된 실험이자 과학적 방법으로 여겨지며 더욱 높은 지위를 차지하고 있다. 생물학은 관찰을 통한 사실지식의 서술(description)방식을 토대로 발전한 역사를 지니기 때문이다(Mayr, 1997). 이러한 배경에서 현재 과학 교육과정에서 제시된 생물과목 탐구활동 중 대부분은 관찰을 기반으로 이루어져있으며, 학생들이 인식하는 생물 교과 실험의 핵심적 특성 또한 ‘관찰’임이 보고된 바 있다(Lee *et al.*, 2015).

과학교육 현장을 비롯하여 많은 과학 현장에서 이루어지는 관찰은 이미지 재현과 함께 이루어진다. 특히 현미경과 같은 도구를 활용하는 관찰 실험의 경우 이미지 재현은 더욱 중요한 역할을 한다. 일반적으로 하나의 현미경을 통해 상을 관찰하는 행위는 제한된 시공간에서 오직 혼자 경험하는 지극히 개인적인 일이기 때문이다. 다시 말해, 현미경에 관찰된 상을 같은 시간에 동시에 다 같이 보기 힘들며, 현미경을 통해 미시 공간을 관찰하는 동안 시각과 의식은 철저하게 내부 공간에만 존재한다고 볼 수 있으며, 외부 공간과는 분리된다. 이 때문에 현미경을 사용한 과학자들은 개인의 현미경 관찰의 경험을 타당한 과학적 현상의 증거로 제시하기 위하여 이미지나 사진으로의 재현이라는 방법은 필수적이었다. 뿐만 아니라 교육적으로도 학생들이 관찰한 내용을 직접 그림으로 그려 재현하는 과정에서 과학적 관찰 능력과 모델링 능력이 향상하는 효과가 있다고 알려져 왔기 때문에, 일반적으로 많은 생물 교과의 탐구 과정에서 관찰과 이미지 재현은 함께 이루어지고 있다(Kim & Stephan, 2014).

하지만 ‘어떻게 관찰해야 하며, 어떻게 본 것을 그림으로 재현해야 하는가?’에 대한 지향점은 명시적으로 교과서에 나타나 있지 않다. 즉 관찰과 재현을 기반으로 한 탐구활동은 여러 가지 암묵적 지식과 가치지향점이 매개된 활동이다. 이 연구에서는 이러한 활동을 지도할 때 나타나는 교사의 가치지향점 중에서도 특히 객관성을 중심으로 살펴보고자 한다. 과학적 관찰과 관련된 가치와 신념을 이야기하는데

있어 객관성은 논의하지 않을 수 없는 주제이기 때문이다. 관찰이라는 개인의 경험이 보편적 과학지식으로 변화 과정에서 객관성과 주관성 사이의 강한 줄다리기는 불가피하게 나타날 수밖에 없다(Daston & Galison, 2007). 대부분의 사실의 발견과 이를 통한 지식의 생성은 관찰을 통해 이루어져 왔으며, 발견된 지식의 타당성과 신뢰성은 곧 관찰과 재현이 객관적으로 이루어졌는지를 의미한다. 따라서 객관성과 그 반대편에 있다고 여겨지는 주관성에 대한 의문들은 과학에 대한 인식론적 탐구의 핵심에 자리해왔다(Daston, 1992; Lee, 2013; Reiss & Sprenger, 2014). 때문에 과학의 본성과 관련된 과학교육 연구에서는 객관성과 주관성을 과학의 본성과 관련된 하나의 주제로 다루고 있다(Smith & Scharmann, 1999; Chen, 2006). 또한 국내 과학교육 연구에서는 Kim & Kim(2003)이 Polanyi(1958)의 인식론을 중심으로 과학교육의 관점에서 객관성과 주관성에 대한 이론적 이해가 필요함을 강조한 바 있다.

과학적 객관성의 개념에는 그 자체로 다양한 의미가 내포되어 있다. Reiss & Sprenger(2014)는 객관성을 세 가지 개념으로 구분하며, 자연 현상과 같은 사실을 충실하게 재현하는 정도(faithfulness to facts), 규범과 가치에서의 중립 추구(absence of normative commitments and value-free ideal), 개인적 판단과의 중립(freedom from personal biases)으로 구분하였다. 사실에 충실한 재현으로서의 객관성이 존재론적(ontological) 의문에서 시작된 개념이라면, 규범과 가치 그리고 개인적 판단과의 중립은 인식론적(epistemological) 의문에서 시작된 개념으로 볼 수 있다. 이에 더해 Daston & Galison(2007)은 과학사를 바탕으로 과학자들이 과학적 관찰과 이미지 재현 행위 중 객관성을 추구하는 것이 윤리적인 신념으로서 이루어졌음을 주장하기도 했다. 때문에 이러한 과학자들의 신념은 일종의 인식적 덕성(epistemic virtue)이라 칭해지기도 했다. 과학자들에게 관찰과 같은 수행은 지식을 얻는 행위라는 점에서 인식론적인 문제이기도 했지만, 과학자 개인의 과학적 자아가 어떻게 과학을 행하는 것이 옳은 것인지에 대한 문제, 즉 윤리적인 문제였기 때문이다. Daston & Galison(2007)은 17세기부터 20세기 동안의 과학사에서 과학자들의 과학적 자아가 추구하는 인식적 덕성에 따라 그들이 추구하는 시야(sight)도 달라졌으며, 그 시야를 통해 관찰하는 행위와 그 결과물이 달라졌음을 보여주었다. 그들은 과학적 도해(atlas)들을 역사적 관점에서 분석함으로써, 이상적 자연의 모습을 추구하는 ‘자연에 충실함’(truth-to-nature), 주관의 억제를 추구하는 ‘기계적 객관성’(mechanical objectivity), 훈련을 통해 만들어진 과학적 전문가들의 해석적 시각과 판단을 추구하는 ‘훈련된 판단’(trained judgement)이라는 세 가지 인식적 덕성이 나타나왔음을 주장하였다. 이를 바탕으로 Daston & Galison(2007)은 ‘기계적 객관성’이라는 인식적 덕성이 과학에 영향력을 발휘하기 시작한 것은 불과 19세기부터로, 비교적 최근의 일이며 객관성을 추구하지 않은 과학들이 존재했었고 여전히 존재하고 있음을 보여주었다.

비록 현대의 사회적 구성주의 관점에서 과학적 객관성이라는 이상에 도달하는 것은 회의적으로 여겨지고 있지만, 많은 과학자들은 인식적 덕성의 하나로서 객관성이라는 이상적 가치를 지향하고, 객관성을 얻기 위한 다양한 노력을 해왔다는 점은 자명하다(Daston & Galison, 2007; Shamo & Resnik, 2015). 때문에 과학적 객관성은 인식적, 윤리적 가치로서 현대의 과학 현장은 물론 과학교육 현장 곳곳에서 여전히 영향을 미치고 있을 것이라 판단되며, 과학교육에서

다루는 과학지식과 과학적 실천과 관련된 객관성에 대한 이론적 이해가 필요한 상황이다(Kim & Kim, 2003). 따라서 이 연구에서는 관찰과 재현이라는 과학적 실천 행위와 관련하여 나타나는 예비교사들의 가치지향점을 객관성을 중심으로 살펴보고자 한다.

이 연구에서는 ‘과학적 실천을 행하는 상황’이 아닌 ‘과학적 실천을 가르치는 상황’과 관련된 예비 생물교사들의 가치지향점을 논의하려 한다. 연구에 참여하는 예비 생물교사들은 교원양성과정을 통하여 잠재자아와 정체성이 분화되기 시작하며, 교육과정을 통해 생물학을 비롯한 과학과 과학 교육을 동시에 익히기 때문에 과학적 자아(scientific self)와 함께 교육적 자아(pedagogical self)가 함께 발달되는 시기로 볼 수 있다(Kim *et al.*, 2007; Park & Bae, 2012; Han, 2012). 또한 예비 과학교사들의 과학과 과학 교수에 대한 신념은 상황과 맥락에 따라 다르게 나타난다고 알려져 있다(Yoon, Kang, & Kim, 2015). 때문에 이 연구에서는 하나의 특수한 과학 교수 상황을 중심으로 예비 생물교사들의 가치지향점을 파악하고자 한다.

이 연구에서 설정한 과학 교수 상황은 학생들이 현미경을 사용하여 양파 표피 세포를 관찰하고 재현하는 상황이다. 현미경을 사용한 세포 관찰 실험은 국내 과학과 교육과정의 중학교 1학년 과정에 제시되는 실험이다(MEST, 2011). 이 실험에서 학생들은 우선 주어진 세포를 정지 상태로 고정하고 염색함으로써 현미경으로 관찰이 용이한 형태로 현미경 표본을 제작한다. 그 뒤 현미경을 조작하며 초점을 맞춘다. 이를 통해 학생들은 인간의 눈으로는 직접 볼 수 없는 작은 세포들을 보며 시각 감각의 확장을 경험하고, 보이는 상을 관찰한다. 위에서도 언급하였듯이 일반적으로 학생들의 관찰은 자신의 관찰 경험을 그림으로 기록하는 과정과 함께 이루어진다. 이러한 현미경 관찰 실험 과정 전반이 제대로 이루어지기 위해서는 관찰과 재현과 관련된 다양한 암묵적 지식이 필요하며, 교사가 이 암묵적 지식을 전달하는 과정에서 개인의 가치지향점이 반영될 것으로 보인다. 따라서 이 연구에서는 예비교사들에게 현미경 세포 관찰 실험의 관찰과 재현 과정과 관련하여 학생들이 교사에게 질문하는 상황을 제시함으로써, 객관성을 중심으로 예비교사들이 지니고 있는 가치지향점을 살펴보고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 참여자

이 연구에는 남부권 소재의 교원양성기관에 재학 중인 생물전공 예비교사 50명이 참여하였다. 연구 참여자들을 학년별로 살펴보면, 1학년 14명, 2학년 9명, 3학년, 13명, 4학년 14명이었다. 이들은 모두 1학년 1학기 일반생물학 실험 수업의 이수 과정을 통하여 식물과 동물세포의 관찰실험 과정에 대한 실질적 경험이 있는 상태이며, 대학 진학 이전에 중·고등학교 때의 교육과정을 통하여 현미경을 활용하는 수업을 한 가지 이상 체험한 상태였다. 연구 참여자들이 직접적 체험을 통해 경험했다고 술회한 현미경 사용경험은 해부현미경(실체현미경) 이외에도 자신이 직접 생체 재료를 관찰할 수 있는 상태로 제작해야 하는 과정이 포함된 현미경 표본 제작과정을 동반하는 광학현미경을 통한 세포의 구조 관찰과정을 포함하는 것이었다. 또한 수업 중 경험한 상황에 해당하기 때문에 담당 생물교사의 상황에 따른 지도행위를 상호작용적으로 경험한 바 있고 이를 기억하고 있는 상태였다. 따라서 연구에 참여한 모든 예비교사들이 연구자들이 제시한 상황인 ‘현미경을 사용한 세포관찰 실험’의 시나리오를 인지하고 질문에 대한 견해를 피력하는데 있어 어려움이 없는 상태로 판단하고 연구를 실시하였다.

2. 자료 수집

이 연구에서는 예비교사들의 관찰에 대한 인식이 어떠한지 확인하기 위하여 Figure 1과 같이 학교 현장의 생물 수업 과정 중, 현미경 세포 관찰 실험에서 일상적으로 일어날 수 있는 상황을 제시하고 그에 대한 연구참여자 자신의 생각을 서술하도록 하였다. 제시된 상황은 한 모둠에서 제작한 양파 표피 현미경 표본으로 관찰된 상을 그림으로 재현하는 과정에서 학생들이 교사에게 질문하는 상황으로, 양파 표피 세포 외에도 예상치 못한 공기방울이 상에 출현하면서 학생들은 재현과 관련된 상반된 내용의 질문을 하고 있다. 이때 학생 A는 정확치는 않지만 자신의 눈앞에 보이는 원형의 대상이 공기방울이라고 지레 짐작하여 질문하고 있는 상황이다. 학생 A는 공기방울을

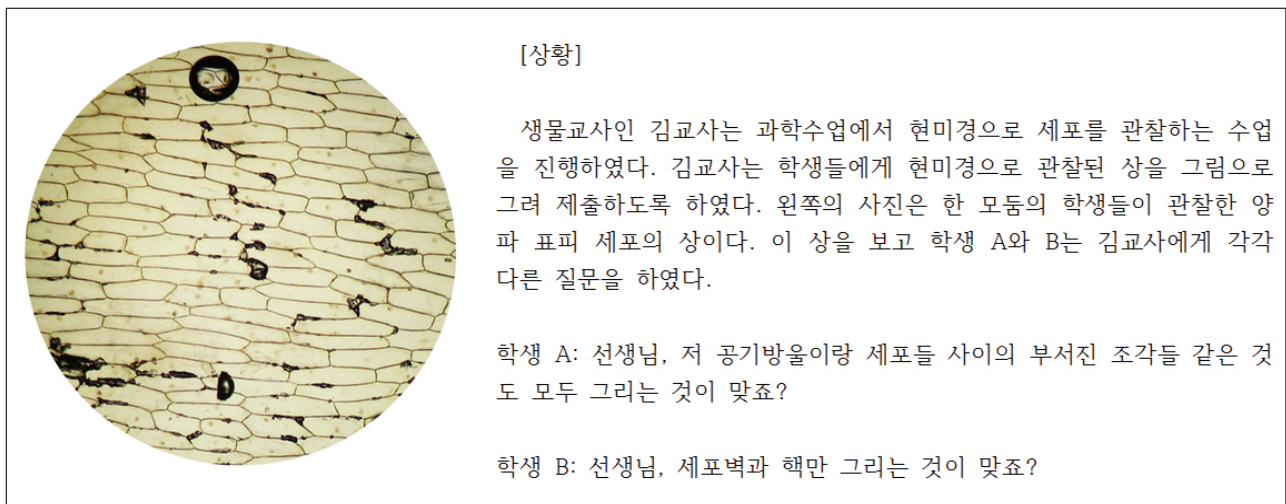


Figure 1. Presented hypothetical situation to pre-service biology teachers

포함해서 모두 그려야 하는지, 학생 B는 세포벽과 핵만 그려야 하는지 묻고 있다. 이러한 상황 속에서의 설문지를 작성하는 예비교사의 만약 실제 상황이라면 학생 A와 B에게 어떤 대답을 해줄 것이며, 왜 그러한 선택을 했는지 이유를 서술하도록 설문지를 구성하였다. 이 설문지는 먼저 생물교육 전문가 2인에 의한 수차례의 회의를 통해 초안을 개발하였으며, 현지 과학교사 2인의 타당성 검토를 거쳐 완성하였다.

3. 자료 분석

이 연구에서는 수집된 예비교사들의 응답 자료들을 반복적 비교분석(constant comparative analysis)을 통해 귀납적으로 범주화하고, 이를 해석하는 과정을 거쳐 관찰과 재현에 대한 예비교사들의 가치지향성 유형을 도출하였다. 구체적으로 연구자들은 우선 각각의 예비교사들의 질적 응답 자료들 사이의 공통점을 바탕으로 예비교사들의 인식 유형을 도출하는 귀납적 분석을 수행하였다. 이후 수차례의 정기적인 세미나와 회의를 통해서 분석자 사이의 일치성을 확인하였다. 연구자들 사이에 자료의 처리나 유형 등에 대해서 의견이 일치하지 않을 경우는 관련 문헌 분석을 보강하고 이에 대해서 재분석을 실시하여 다시 맞추어 보는 절차를 거쳤다. 특히 이 과정에서 연구자들은 과학적 객관성과 과학적 관찰을 주제로 하는 과학사, 과학철학 문헌들을 중심으로 도출된 유형에서 나타나는 예비교사들의 인식적 특성을 해석하고자 했다. 최종적으로 모든 연구자가 합의하는 범주 유형을 도출하였고, 이후 질적 자료들을 반복적으로 재분석하면서 각 유형에 해당하는 대표적인 사례들을 선별하였다. 이와 같은 사례 추출은 범례적 이해의 방식을 따랐다

III. 연구결과 및 논의

1. 예비 생물 교사들의 관찰과 재현에 대한 가치지향 유형

예비교사들의 응답 자료를 탐색적으로 분석한 결과, 예비교사들의 관찰에 대한 인식은 크게 ‘존재확인 지향’, ‘기계적 객관적 지향’, ‘학생의 주관성 지향’, ‘훈련된 판단 지향’이라는 네 가지 주제로 나눌 수 있었다. 첫째, ‘존재확인 지향’ 유형에 속하는 8명(16%)의 예비교사들은 존재의 확인을 위한 수단으로서 관찰을 인식하였다. 둘째, ‘기계적 객관적 지향’ 유형에 속하는 26명(52%)의 예비교사들은 관찰은 객관적으로 이루어져야 한다는 인식을 나타내었다. 셋째, ‘학생의 주관성 지향’ 유형에 속하는 8명(16%)의 예비교사들은 관찰의 주관적 성격을 인정하고 있었다. 넷째, ‘훈련된 판단 지향’ 유형에 속하는 6명(12%)의 예비교사들은 현미경 관찰을 위하여 현미경 표본을 제작하는 과정에서 생성된 인공적 산물의 존재와 의미에 집중하여 자신의 주장을 펼쳤다. 위의 네 가지 유형에 해당하지 않는 기타 의견을 나타낸 예비교사는 2명이었다.

가. 존재확인 지향

일부 예비 생물교사들은 학생들에게 기포와 부서진 조각들을 그리지 않아도 된다고 지도할 것이라 하였다. 그들은 제시된 상황에서

실험의 목적은 세포와 세포를 구성하는 핵과 세포벽을 확인하는 것임을 강조하며 자신의 주장을 뒷받침하였다. 즉 존재확인 지향 유형의 예비교사들은 관찰이나 재현 행위보다는 수업목적 달성에 더 큰 가치를 두고 있다. 이 유형의 예비교사들의 관점에서 볼 때, 제시된 교수 학습 상황은 생물학 탐구에서 종종 등장하는 존재검증을 위한 실험에 해당한다고 볼 수 있다. 현미경으로 생체시료만을 쳐다보는 것이 어떻게 실험인가 생각할 수도 있겠지만, 이것은 생물학 탐구가 지니는 특수성으로 생물학에서 특정 구조의 존재유무에 해당하는 ‘무엇’의 문제를 풀기 위한 사실정보의 확인 과정은 매우 중요한 것으로 여겨져 왔다(Mayr, 1997; Lee et al., 2015). Park et al.(2005)은 이러한 형태의 관찰을 다른 유형과 구분하여 ‘직접 관찰법’으로 분류하며 추측을 검증하는 하나의 방법으로 소개하고 있다. 또한 Lee et al. (2015)의 연구에서는 생명과학의 경우 이러한 방식의 현미경 관찰들이 ‘실험’의 의미를 함유하고 있음을 언급한 바 있다.

학생 A와 B가 ‘존재확인 지향’ 유형에 해당하는 반응을 보인 예비교사들의 가치지향점은 ‘세포벽’과 ‘핵’에 대해서만 존재 유무를 선별적으로 확인하고 이를 그림으로 나타내는 것이다. 제시된 상황과 같은 조건에서 이루어지는 관찰 실험에서는 이론이나 배경지식이 관찰 행위 이전에 학습자에게 습득되어 있어야 한다. 다시 말해, 이 연구에서 주어진 실험 상황의 맥락으로 보면 어떤 것이 세포벽이고 핵인지를 사전에 지식적으로 알고 있으며, 이에 대한 판별도 할 수 있는 상태에서 그 대상에 대한 주의집중이 이루어질 수 있다. 이러한 배경 지식은 학생이 이미 선행경험을 통해 가지고 있거나, 관찰 과정에서 교사나 교과서 등을 통해 습득되어 관찰에 반영할 수도 있다. 하지만 궁극적으로 ‘존재확인 지향’ 유형 지도행위를 언급한 예비교사들은 지식이나 인지적 학습이라는 결과를 위한 수단으로서 관찰을 대할 뿐, 관찰이나 재현이라는 수행 자체를 비중 있게 생각하고 있지 않고 있었다.

“실험 목적을 생각해보면 어떤 모양인지 확인하는 것이니까 전부 그럴 필요는 없다.” [예비교사 WS]

“실험에서 세포관찰 시 인식하면 되는 것은 핵과 세포벽이다.” [예비교사 YS]

“실질적으로 세포의 핵과 세포벽 등을 관찰하는 실험이기 때문에 불필요한 공기방울은 관찰하지 않아도 되기 때문이다.” [예비교사 BR]

예비교사 WS는 실험의 목적이 대상의 형태의 확인임을 강조하고 있으며, 예비교사 YS와 BR은 관찰의 대상, 즉 핵과 세포벽이 이미 정해졌음을 강조하고 있다. 이 유형 예비교사의 경우 주어진 실험의 목적은 대상의 존재와 특성의 확인이라 인식하고 있으며, 정해진 대상이 아닌 것들은 무의미한 존재이기에 관찰과 재현의 대상이 아니다. 또한 관찰은 존재 확인을 위한 수단적 행위라는 인식을 내포하고 있다.

“A 학생은 기초지식이 부족하므로 기초지식을 가르쳐준다. B학생은 기초지식이 있으므로 심화지식을 가르친다.” [예비교사 YK]

이러한 인식은 예비교사 YK의 주장에서 더욱 확연히 드러나며

이 예비교사의 경우 이 실험의 목적은 결국 지식의 전달이다. 즉 이 유형의 예비교사들에게 있어 중요한 것은 관찰과 재현의 수행이라기 보다는 관찰을 통해 확인할 대상이다. 이들이 보기에 주의를 집중할 대상이 정해져 있는 상황에서, 주의 집중 대상이 아닌 것의 관찰과 재현은 무의미한 것이다.

나. 기계적 객관성 지향

전체 참여자 중 절반 가량에 해당하는 예비 생물교사들은 학생들이 수행하는 관찰은 객관적으로 이루어져야 함을 강조하고 있다. 따라서 이들은 학생 A의 말에 동의하며 현미경의 상을 보이는 그대로 모두 다 그리도록 지도할 것이라 언급했다. 이들이 말하는 객관적 관찰과 재현은 개인의 주관이 억제된 과정을 의미한다. 이러한 객관성의 추구는 과거 19세기부터 나타난 기계적 절차를 바탕으로 자신의 이론이나 해석과 같은 주관적 요소를 억제하며 관찰하고 이미지를 재현하려는 과학자들의 노력과 유사하다. 17세기~18세기 사이 측정과 정량화 등을 통한 체계적 관찰이 과학의 가장 중요한 가치이자 공유된 규범으로 서서히 자리하기 시작하면서, 19세기 이후부터의 과학에서는 연구자 혹은 관찰자의 주관성 문제를 완벽히 극복하는 것이 과학자 사회의 지상과제로 자리하게 되었다(Radder, 1988, 1993, 2003). Daston & Galison(2007)은 이러한 노력이 기계적 절차를 바탕으로 이루어지며, 과학자는 주관이 없는 기계처럼 행동해야함을 지향했다는 점에서 이러한 과학자들의 인식적 덕성을 기계적 객관성(mechanical objectivity)이라 이름을 붙였다.

19세기 이후 과학자들이 중요하게 생각해 온 부분은 ‘개인으로서의 관찰자’라는 한계를 극복하는 것이다. 특정 시간이나 공간적 맥락에 매인 일회적 사건으로서의 관찰은 객관성을 확보하기 어렵다는 것이다. 객관성이 과학의 핵심 가치지향성이 되는 과정에서 정량화나 측정의 논리도 포함되었지만 무엇보다도 재현가능성에 기반을 둔 일반화 논리가 핵심가치로 자리하게 되었다. 다시 말해, 나에게서 나타난 것은 다른 사람에게서도 나타나야 하며, 내가 보는 모든 것은 다른 이에게도 가감 없이 모두 그대로 보여야 하는 것이 바로 객관성의 덕성(virtue)인 것이다(Lee, 2009; Radder, 1988, 1993, 2003). 과학을 탐구하는 과정에서 기계적 객관성을 추구해야 할 최고의 덕성으로 여기고 실천을 하게 될 경우 개인사(個人史)를 통해 축적된 서로 다른 다양한 경험과 사전지식 그리고 그 뿌리가 되는 세계관이나 인지구조의 개입을 부정해야 한다. 이러한 입장은 개인으로서의 관찰자 혹은 연구자의 탈자(脫自我) 과정을 과학적 객관성 실현의 전제조건으로 간주하고 있다(Lee, 2009). 이 연구에서도 일부 예비교사들은 눈앞에 감각 지각되는 모든 것을 선별 없이 그대로 옮겨야 하며, ‘객관적인 관찰’을 실현하기 위해서는 사전지식을 개입시키면 안 된다는 의견을 개진하고 있다.

기계적 객관성을 추구하는 과학자들은 주관을 배제하며 대상 그 자체의 모든 특성을 그대로 관찰하려 노력하기 때문에, 이미지로의 재현하는 과정 또한 관찰 대상의 모든 특성을 그대로 담으려 한다. 결국 눈에 보이는 기포들을 그대로 재현해야 한다는 예비교사들의 주장에는 19세기부터 과학계에 나타난 기계적 객관성에 대한 신념이 반영되어 있다고 볼 수 있다. 이러한 기계적 객관성 추구에 대한 신념은 학문 공동체 안에서의 언어사용 규칙으로서의 과학담론의 표현방

식의 변화로도 잘 드러나 있다. 예를 들어 1800년대 논문에서는 찾아볼 수 있던 사람을 주어로 하는 ‘I’ 또는 ‘We’와 같은 일인칭 대명사와 능동태식 서술방법은 오늘날의 과학기술논문에서는 객관성의 추구로 인해 찾아보기가 힘들어졌다. 대신에 대부분의 텍스트들에서 ‘this study’와 같은 사물주어의 사용과 수동태식 서술방법이 지배적인 규범이 되고 있다. 이러한 서술방식의 변화는 이전의 개인적이고 주관적인 텍스트들을 다분히 객관적인 느낌으로 읽히도록 만드는 효과를 거두었다고 평가되고 있다(Hyland, 2002; Kuo, 1999; Reeves, 2005; Sheldrake, 2004; Tang & John, 1999).

“과학에서의 관찰은 우리가 보는 모든 것을 그대로 보고 그대로 기록하는 것이라고 생각하기 때문이다.”

[예비교사 WK]

“A와 B학생 모두에게 보이는 것을 모두 그리라 할 것이다. B학생의 경우 사전 지식으로 인해 세포벽화 핵심을 인지하고 있지만, 보다 객관적인 관찰을 위해서는 단순한 ‘관찰’에서 시작되어야 한다고 믿기 때문이다.”

[예비교사 HR]

예비교사 WK와 HR는 관찰이 눈앞에 대상을 보이는 것을 그대로 보는 것이며, 보이는 것을 그대로 기록하는 것까지 이어져야 한다고 인식하였다. 예비교사 WK는 과학에서의 관찰, 즉 과학적 관찰은 보이는 모든 것을 보는 것 즉 시각 기관에 주어진 정보를 그대로 받아들이는 것을 의미한다. 나아가 예비교사 HR는 보이는 것을 그대로 보는 것을 ‘단순한 관찰’이라 칭하며, ‘객관적 관찰’을 위한 기본 전제로 보고 있다. 즉 예비교사 HR에게 있어 이 실험의 주를 이루는 관찰은 ‘객관성’을 지녀야 하는 것이며, 이를 위해 사전지식으로 인한 인지가 있더라도 이를 누르고, 보이는 그대로의 보아야 함을 주장한다. 결국 예비교사 HR의 관점에서의 객관성은 기계적 객관성의 추구가 한창이던 19세기 과학자들이나 초기 논리실증주의자들의 관찰 담론에서 보인 것과 같은 과학에 대한 절대론적 가치지향 측면이 드러나고 있다(Lee, 2002, 2009). 이는 개인으로서의 관찰자의 인지적 틀에 의한 해석과도 같은 주관적 개입 없이 주어진 자극을 그대로 받아들여야 달성될 수 있는 것이다.

“B학생은 A보다 수업 자료에 집중하지 않고 제출에만 관심이 쏠린 것 같다.”

[예비교사 JH]

“상상으로 쓴다면 조작된 것이고, 만약 그대로 그리지 않고 상상해 그린다면 이 후에 세포의 모양을 생각해내려고 할 때 관찰에 기반하지 않고 자신이 상상해 그린 것만이 생각날 것이다.”

[예비교사 IS]

“어떤 식으로든 관찰 결과를 왜곡하는 버릇이 생기지 않도록 해야한다.”

[예비교사 SH]

위의 예비교사 WK와 HR의 의견에서 더 심화되어, 예비교사 JH, IS, SH도 보이는 그대로를 그려야 한다고 주장과 함께 그대로 그리지 않는 행위의 부정적 성격을 언급하고 있다. JH 예비교사는 B학생의 일부 대상만 그리는 행위가 수업에 집중하지 않으며 제출에 매달리는 것으로 해석하고 있다. JH 예비교사에 따르면 B학생은 실험 참여에

불성실하고, 결과지향적인 학생인 것이다. 더 나아가 예비교사 IS와 SH에게 있어서 보이는 그대로 그리지 않는 것, 다시 말해 시각 기관에 주어진 정보 중 일부분을 보고 재현하는 행위는 조작 혹은 왜곡과 같은 윤리적 측면에서 부정적인 행위이다.

관찰과 실험을 동일한 의미공간에서 바라본다면, 이러한 행위는 연구자의 가설에 부합하는 데이터만을 의도적으로 골라 모으는 의도적 취사선택 행위에 해당한다. 밀리컨의 기름방울 실험이나 멘델의 지나치게 규칙성에 부합하는 관찰기록 등에 대한 과학사 연구들을 통해 종종 회자 되는 관찰의 이러한 측면은 과학연구의 객관성을 무너뜨리는 위험요인이며, 연구윤리에서는 중요한 이슈로 종종 다루어지는 영역이다(Shamoo & Resnik, 2015). 따라서 관찰과 재현 행위에서의 인간의 주관이나 개입, 혹은 상상을 경계하고 있음을 알 수 있다. 이러한 입장은 선행연구들 중 Jin *et al.*(2011)의 선행연구에서도 유사하게 나타나는데, 연구에서는 고등학생들이 세포 관찰 후 결과를 보고하는 과정, 즉 이미지로 재현하는 과정에서 실제 관찰된 상의 일부를 학생들이 자의적으로 생각하는 현상을 ‘오류’로 판단하며 학생들이 객관적 관찰을 추구해야함을 강조한 바 있다. 지금도 이것은 과학계에서 문제가 되고 있다. 예를 들어 이미지 관련 프로그램을 활용하여 용인범위 이상으로 밝기나 해상도를 조절하여 강조하고자 하는 목적부위를 제외하고 다른 부분들을 보이지 않게 하는 것과 같은 행위에 대해서 연구의 객관성을 침해하고 윤리적으로 옳지 못한 행위로 보고 있다(Frow, 2012). 이러한 맥락에서 살펴볼 때, 최근 강조되고 있는 연구윤리 교육을 통하여 이러한 기계적 객관성 가치지향은 학생들에게 암묵적으로 학습될 가능성이 있다.

“과학은 객관적인 학문이기 때문에 보이는 것을 그대로 그려야한다.”
[예비교사 YJ]

“과학의 시작은 객관적인 관찰로부터 시작되기에 관찰한 것을 그대로 그린 뒤, 그렇게 나타난 원인과 과정을 밝히는 것이 옳다.”
[예비교사 ES]

예비교사 YJ와 ES는 관찰을 넘어 과학에 대한 인식을 바탕으로 자신의 주장을 나타내었다. 이 예비교사들에게 있어 과학은 객관적이라는 특성을 갖는다. 예비교사 YJ는 과학의 객관성을 전제로 과학에서 이루어지는 관찰과 재현이 보이는 그대로 이루어져야 함을 강조하였다. 보이는 것을 그대로 그려야 한다는 기계적 객관성의 추구는 현미경 CCD(Charge-Coupled Device) 카메라와 같은 사진기술 완비된 오늘날에는 쉬운 일이지만, 외안 현미경을 통해 상을 관찰하면서 드로잉을 통해 결과를 남겨야만 했던 카메라 발명 이전의 생물학자들에게는 쉽지 않은 일이었다. 사진 기술이 과학계에 보편화되기 이전, 현미경 관찰 이외에도 생물학의 많은 영역에서는 점묘(stippling)라는 기법을 활용하여 주관적 인상을 통한 드로잉을 막고자 하였다(Dempsey & Betz, 2001; Dalby & Dalby, 1980; Gaspar & Salgado, 1997; Leslie, 1995). 세포나 조직 혹은 생물체에 대한 그림을 그리는 과정에서 점묘를 사용하면 보다 세밀하고 입체적인 표현이 가능하며, 가감 없이 관찰되는 대로 모두 옮겨 그리는 것이 가능하다. 여차피 사진 역시 무수한 픽셀(pixel)이 모인 점묘화이기 때문에 사실상 마찬가지로 할 수 있다(Secord, 2001).

예비교사 ES는 과학은 객관적인 관찰과 관찰 사실들의 논리적 정

당성에 의해 이루어진다고 믿는 ‘소박한 귀납주의’, 즉 초기 논리 경험주의의 관점과 유사한 점을 보인다(Lee, 2002, 2009). 무매개적 관찰의 중요성과 직접적 감각을 기반으로 한 관찰의 중요성을 강조한 논리실증주의자들은 현미경을 사용한 관찰과 맨눈으로의 관찰을 동일하다고 보지 않을 만큼 극단적인 입장이었다. 즉, 관찰은 과학에서 모든 추론이 딛고 서는 튼튼한 땅인 ‘토대(foundation)’에 해당하는 ‘사실(fact)’을 수집할 수 있는 유일한 수단이기 때문에 주관성이 완전 배제된 상태에서의 엄밀한 상태에서 수행해야하고, 개별 과학자의 해석은 그 이후의 추론과정을 통해 일어나야 한다는 것이다(Lee, 2009).

다. 학생의 주관성 지향

일부 예비교사들은 학생 개개인에게서 보이는 바와 인식되는 바가 다르다는 전제를 바탕으로 학생의 관찰에 개입하지 않아야 한다는 중립적 태도를 나타내었다. 이러한 가치지향을 나타내는 예비교사들은 학생 스스로가 자신에게 보이는 대로 자유롭게 그리도록 지도하는 것이 바람직하다고 주장했다. 이 때 ‘보이는 대로’ 그려야 한다는 주장은 ‘기계적 객관성 지향’ 유형에서 주장한 ‘보이는 대로 그리는 것’과는 다른 것이다. ‘기계적 객관성 지향’ 유형에서 관찰과 재현의 객관성을 추구하던 예비교사들이 시각 기관에서 수동적으로 수용되는 모든 정보를 보는 것을 주장했다면, ‘학생의 주관성 지향’ 유형의 예비교사들에게 보는 것은 수용된 모든 정보 중 개인의 인지적 틀을 바탕으로 일부를 받아들이고 해석하는 것이다.

이러한 예비교사들의 인식은 이론 혹은 지적 해석틀과 같은 주관적 요소가 관찰과 분리될 수 없음을 주장한 과학철학자 Hanson(1961)의 의견과 유사하다. 그는 직접관찰과 경험을 통해 과학 이론이 형성된다는 초기 논리 경험주의 철학자들의 주장에 대해 비판적인 입장을 취하며, 관찰을 기반으로 한 지식 생성이 절대적이지 않음을 주장했다. 그는 특정한 대상을 바라보고 (looking) 있는 두 사람이 그 대상을 동일한 것으로 보지(seeing) 못하는 문제를 제기하며, 관찰의 이론의 존성(theory ladenness)을 주장하였다. 이에 따르면 관찰도 개개인이 이미 지니고 있었던 경험이나 지식 혹은 기대하는 바에 따라 다양하게 나타날 수 있다. 선행연구들은 과학교육에서의 관찰이 능동적인 과정이며 과학적 관찰과 관련된 주관적 요소로서 관찰자의 경험상황이나 배경지식, 훈련정도, 감각정보에 대한 해석차이 등을 제시하였다(Brickhouse, 1994; Driver *et al.*, 1982; Heath, 1980; Tomkins & Tunnicliffe, 2001). 특히 Driver *et al.* (1982)의 경우, 같은 대상에 대해서도 관찰자마다 다르게 표현하게 되는 이유는 개인마다의 다양한 경험과 연습을 통해 얻은 지적틀(intellectual framework)의 차이 때문이라고 하였다. Jeong(2006)은 관찰에 관한 관찰귀추모형(OAM : Observing Abduction Model)을 제시하면서 관찰이 단순한 감각정보 수집을 통한 사실지식 획득 이상의 것임을 설명하고 있다. 이 과정에서 관찰자 개인의 지적틀은 관찰에 본질적으로 개입되는 요소이며, 개인차를 나타내기 때문에 어느 정도는 주관적 측면이 있을 수밖에 없다(Byeon *et al.*, 2009). 또한 학생들이 이미 사전 지식이 많은 상태에서 현미경을 관찰하고 보고하는 과정에서 보이는 실제 상에서의 생각과 변형 과정을 거치는 현상도 이러한 맥락에서 그들의 지적틀을 거쳐서 이루어지는 관찰행위로 해석될 수 있다(Jin *et al.*, 2011). 이

유형의 예비교사들은 이와 같이 학생 개개인이 모두 다를 수 있다는 측면에서 개별적이고 주관적인 관찰을 인정하고 있었다.

“학생에 따라서 중요하게 생각하는 것이 서로 다를 수 있기 때문에 제한을 두어서는 안된다고 생각한다.”

[예비교사 SJ]

“A와 B 중 한명을 골라 이 아이가 말한 대로 그러라'라고 하기 보다는 보이는 대로, 그리고 싶은 대로 그러라고 할 것이다. A와 B는 중요하게 생각하는 부분과 관점이 다를 것이라고 생각한다.” [예비교사 JE]

예비교사 SJ, JE의 사례와 같이 이 유형의 예비교사들에게 관찰은 개인의 인지나 생각, 관점이 반영된 행동이며, 이 때 개인의 인지 구조가 다르므로 관찰도 개인마다 다르다는 인식을 나타내고 있다. 이러한 관점은 최근의 과학교육이 강조하는 과학의 본성 측면에서 ‘과학 지식의 주관성’ 문제와 맥을 같이 하고 있다(Paik & Nam, 2010). 학생 개개인마다 관찰 대상을 다르게 생각하는 면이 있을 때, 이를 결과적 객관성의 추구를 통하여 하나로 통일하기 위한 지도를 하지 않고 다양성을 그대로 인정하는 방식이다. 미국 과학교사협회에서 제시한 과학의 본성에 대한 내용들(NSTA, 2002) 중 ‘과학이 아무리 객관적이 되려고 노력해도, 과학지식의 개발에는 주관적인 요소들이 항상 존재한다’는 것과 Lederman(1992)이 제시한 과학의 본성에 대한 7가지 정의들 중에서 ‘과학지식의 주관성’ 항목이 여기에 해당한다. 예비교사 SJ, JE의 과학의 본성 요소 중 ‘과학지식의 주관성’에 기인한 것으로 볼 수 있으며, 포스트모던 과학철학과 현대과학교육의 흐름에 부합하는 가치지향에 의한 교수행위로 볼 수 있다.

다만, 교사가 이러한 가치를 지향하고 이에 입각하여 예비교사 SJ, JE의 경우와 같이 지도했을 경우에는 그렇다고 과학이 개인마다 제멋대로인 채 수행되고 있는 것이 아님을 추가 지도해 주어야 한다. 개별적 신념과 가치, 패러다임의 규범, 선행지식과 같은 주관성 요소가 개입되어 제각기 다른 결과가 나타날 수 있지만 이에 대해서 과학자 사회의 지속적인 동료검증과정과 개방적인 비판에 의해서 단순한 개인 수준에서의 주관성이 아닌 과학자 사회의 공동체 수준의 상호주관성(inter-subjectivity) 측면까지 이해할 수 있도록 지도해야 할 것이다(Constantina & Constantine, 2014). 다시 말해 모두 다른 지적들을 통해 다른 눈으로 세상을 보는 개인들의 관찰의 다양성을 인정해도, 절차적 객관성의 확보 노력을 통해 현대과학이 추구하는 객관화가 가능해짐을 추가 지도해 주면 좋을 것이다.

라. 훈련된 판단 지향

과학적 실천이 언제나 절대적이고 정확하게 이루어지지는 않는다. 특히 실험과 같이 인간의 인위적인 개입(intervening)이 이루어지는 상황에서는 자연 그대로의 현상이나 이론에 부합하지 않는 인위적 정보가 발생할 가능성이 증가한다(Hacking, 1983). 대부분의 전문 과학자들은 이러한 정보들을 의미 없는 정보인 노이즈로 판단하거나, 통계적 기준에 근거하여 아웃라이어 혹은 오차로 판단한다. 이 연구에서 주어진 상황이 나타나게 된 근본적 원인인 현미경 상의 공기방울은 현미경 표본 제작 과정에서 우연히 생성된 것이며 자연 그대로의 현상과는 부합하지 않는 인공적인 산물이다. ‘훈련된 판단 지향’의

예비교사들은 상에 나타난 이러한 인공적 산물인 공기방울에 초점을 맞추어 자신의 주장을 펼쳤다. 예비교사들은 관찰된 공기방울이라는 대상이 단순히 의미 없는 정보인지, 혹은 의미 있는 정보인지에 대하여 다양한 의견을 지니고 있었는데, 이 유형의 예비교사들의 경우 원래의 관찰대상이 아닌 대상이라도 나름의 교육적 의미가 있다고 인식하고 있다. 나아가 정보의 의미를 판단하는 능력이 학생들에게도 필요하다는 주장도 나타났다.

“A에게 보이는 것 모두 그러라고 한다. B에게 세포벽과 핵이 중요하다고 생각한다면 그렇게 하라고 한다. 현미경으로 세포를 관찰하는 과정에서 깔끔하고 완벽한 상을 얻기는 힘들기 때문에 공기방울이나 세포 사이 조각들이 생기기도 하는데, 이는 우리가 실험을 진행할 때 언제나 교과서대로 정확한 결과를 얻을 수는 없다는 점을 학생들이 인지하는 기회가 될 수 있다.” [예비교사 KJ]

예비교사 KJ에게 있어 공기방울의 출현은 교과서에 나온 것과는 다른 상이 나오는 뜻밖의 상황이지만, 이는 또 다른 교육적 의미를 지닌다. 예비교사 KJ는 언제나 교과서에서와 같이 정확한 모습이 나타나지 않음을 배울 수 있는 기회라고 주장했다. 즉 이 예비교사는 과학의 본성의 측면에서 과학이 언제나 교과서처럼 완벽하게 이루어지지 않음을 인식하며, 이러한 사실을 학생들에게도 전달할 수 있는 기회로 보고 있다.

“학생 A의 경우 관찰된 검은 부분이 부서진 조각이나 공기방울이란 걸 알지만 B는 그렇지 않다. 단순히 핵과 세포벽 관찰하는 실험보다 그 과정에서 예상치 못한 상황에 의문을 가지고 탐구하는 과정도 중요하다. 그래서 A와 B 모두 관찰한 모든 것을 그리게 하고 그에 대한 설명을 적는 활동을 하게 한다.” [예비교사 SW]

“일단 교과서의 지식전달에서는 공기방울은 논외이므로 학생이 원한다면 굳이 그리지 않아도 상관없지만, 대학에 와서 보니까 자신이 관찰하고 있는 것이 이물질인지 진짜 보려고 하는 것인지 구별을 못하는 사람들이 많았다. 그래서 학생에게 원한다면 그려보게 해서 알아두는 것도 좋을 것 같았기 때문에 위와 같이 대답하였다.” [예비교사 JW]

더 나아가 예비교사 SW는 공기방울의 출현과 같은 ‘예상치 못한 상황’이 왜 일어났는지에 대한 의문에 대한 탐구로 이어질 수 있음을 주장한다. 결국 이 예비교사 또한 예상치 못하게 나타난 대상은 또 다른 교육의 대상으로서 의미를 부여했다고 볼 수 있다. 예비교사 JW는 이미지 표상에 대해서는 강경한 자신의 의견을 피력하지 않지만, 상에 나타난 모든 것을 그리는 행위를 통해 얻을 수 있는 이점에 대해 이야기한다. 그는 자신의 개인적 경험을 바탕으로 볼 때, 관찰 대상과 예상치 못했던 것을 구별하고 판단할 수 있는 능력이 필요함을 이야기 하고 있다.

현미경을 통한 관찰 사실에서 원래 목적인 대상을 구별하거나, 대상의 의미를 판단하는 능력은 전형적인 암묵적 지식으로 볼 수 있다(Polanyi, 1958). Polanyi(1958)는 과학적 지식은 개인의 지적 판단, 기술 나아가 열정과 같은 개인적 요소들을 바탕으로 형성되는 개인적 지식(personal knowledge)이라 주장하였다. 또한 걸음으로는 드러나지 않으나 과학자 개인에게 체화되어 있는 암묵적인 지식(tacit knowledge)

을 개인적 지식의 중요한 특성으로 제안하였다. 그는 암묵적 인식의 구조가 개인의 인식을 의식의 초점을 두는 대상에 대한 인식인 초점식(focal awareness)과 그 초점식이 이루어지는 전반의 행동과 관련된 보조식(subsidiary awareness), 그리고 이 두 가지 인식방식을 연결시키는 인식자로 이루어졌음을 이야기한다(Nam, 2008). 현미경 세포 관찰 실험의 경우 관찰하고자 하는 세포가 초점식의 대상이며, 그 세포를 보기위해 수행되는 현미경 표본 제작 과정이나, 현미경의 초점을 맞추는 행동과 관련된 인식과 같은 보조식들이 필요하다. 더불어 예비교사 JW가 이야기 했듯이 관찰할 대상과 무의미한 대상을 구별하고 판단하는 감식(connoisseurship)도 중요한 보조식의 역할을 한다.

예비교사 JW가 자신의 주장 앞 부분에서 말했듯이, ‘교과의 지식 전달’을 위한 목적 하에서는 공기방울은 의미 없는 대상이다. 이는 외현적 지식 전달을 위한 수단으로서 관찰 실험을 인식했던 ‘존재 확인 지향’ 유형과 같다. 하지만 현미경 관찰이라는 실천 과정에서 중요한 역할을 하는 암묵적 지식인 판단력 혹은 감식의 필요성을 인식했다는 점에서 예비교사 JW는 다른 유형의 예비교사들과는 큰 차이가 있다.

그렇다면 이러한 개인적, 암묵적 지식들을 기반으로 한 지식이 객관적일 수 있는가? Polanyi는 과학자의 암묵적 지식, 기술, 열정과 같은 개인적 요소들의 개입된 행동들은 주관성을 넘어 “보편적 타당성을 주장하는 책임 있는 행위”로 주장했다(Kim & Kim, 2003). 다시 말해 과학지식은 과학자의 개인적 요소들의 개입을 통해 객관성을 확보한다고 본 것이다(Kim & Kim, 2003). 하지만 이러한 객관성은 위에서 언급한 ‘기계적 객관성’과는 다른 수준의 객관성이다. 여기서의 객관성은 개인적 지식을 통해 주관성과 긴밀하게 연결되어 있는 개념이다.

Daston & Galison(2007)은 자아를 억압하며, 개인과 지식의 분리를 추구했던 ‘기계적 객관성’과 달리 자신의 존재를 인정하는 새로운 객관성의 등장을 과학자들의 인상학적 시야, 혹은 해석적 시야를 바탕으로 이미지를 생성하고 사용한 과학사적 사례들을 통하여 보여주었다. 20세기 중반부터 등장한 이 과학자들은 자신의 자아를 억제하며 지식과 분리시키며 과학의 객관성을 얻는데 한계를 느끼기 시작했다. 때문에 이미지 생산 절차에서는 과학자의 자아를 배제한 채 객관적으로 진행하려 노력하였으나, 그 이미지를 해석하고 의미를 부여하는 판단 과정에서 자신의 주관관을 나타내기 시작한다. Daston & Galison (2007)은 이러한 인식적 덕성을 ‘훈련된 판단(trained judgement)’이라 칭했는데, 당시 과학자들이 자신의 해석과 직관적 판단을 신뢰했던 배경에는 과학의 전문화와 급속한 과학교육의 발전으로 인하여, 개개인이 해당 학문에서 이루어지는 과학적 실천에 대해 지속적으로 훈련받았을 수 있었기 때문이다. 결국 여기서 말하는 판단은 개인에게 깊숙이 내재화된 암묵적 판단으로 수많은 교육 경험을 통해 이루어질 수 있는 것이었다(Polanyi, 1958; Nonaka, 1994).

암묵지의 전수는 과학사회의 오랜 관심사였으며, 과학적 실천에 대한 선행연구들에서 그 중요성이 다시 한 번 재확인 된 바 있다(Bak, 2010; Collins, 1974; Latour & Woolgar, 1986; Pickering, 1984; Lynch, 1997). 선행연구들에 의하면, 이공계 대학원생들의 실험실 생활 과정은 과학지식의 전수 뿐 아니라 그들이 과학자로서 사회화 되는 과정을 겪는 곳이라고 보고하고 있다. 바로 이 ‘사회화’라고 하는

것이 지도교수나 선배와의 상호작용 과정을 통하여 해당 학문세계의 규범과 가치관을 내면화 하는 과정으로 설명되고 있으며, 대학원생들은 이 과정에서 형식적 지식보다는 암묵적 지식을 더욱 중요시 한다고 알려져 있다. 특히 과학기술을 연구하다 예기치 않게 발생하는 우연적 사건들에 대처할 경우가 많이 생기는데, 이때 필요한 것이 체화된 장인적 숙련이며 이것이 암묵적 지식의 내면화를 통해 획득된다는 것이다(Bak, 2010). Bak(2010)의 연구에서 언급된 ‘체화된 장인적 숙련’은 Daston & Galison (2007)이 강조한 새로운 형태의 객관성인 ‘훈련된 판단’과 맥을 같이 한다.

Kim & Kim (2003)은 과학교육현장에서 암묵적 지식의 구성 요소 중 초점식의 전달만한다면 학습자는 진정으로 지식을 내면화하지 못하며, 보조식이 함께 제공되어야함을 주장했다. 이를 바탕으로 볼 때, 교사는 현미경 관찰 실험과 같은 하나의 탐구를 지도하는 과정에서 탐구에서 다루는 지식의 보조식에 대해서도 교육적으로 고려할 필요가 있다. 또한 학생 개개인의 암묵적 지식이 반영된 관찰과 이미지의 재현 행동이 이루어지는 것임을 고려하고 지도해야한다. 예를 들어 어떤 학생이 렌즈에 묻은 얼룩이나 공기방울을 유심히 관찰하고 있을 때, 교사가 이를 알고 무조건 세포를 찾아주려 하기보다는, 학생이 얼룩이나 공기방울에 대해 설명하고 구별할 수 있는 능력 - 훈련된 판단 혹은 체화된 장인적 숙련 - 을 체득할 수 있도록 옆에서 독려해야 할 것이다. 다시 말해, 눈앞에 보이는 것이 공기방울과 같은 방해물에 의한 간섭 없이 해당 수업이 목표로 하는 지식을 얻는 것도 중요하지만, 더욱 중요한 것은 학생 스스로가 작은 과학자와 같이 예기치 않은 상황에서 객관적이고 합리적인 판단을 내릴 수 있는 힘을 얻도록 도와주는 것이다.

앞서 나온 ‘존재 확인 지향’ 유형의 예비교사들이 관찰하고자 하는 대상의 존재 자체에 집중했다면, ‘훈련된 판단 지향’ 유형의 예비교사들은 관찰하고자 하는 대상의 존재를 판단할 수 있는 능력을 더 중요시하고 있다는 점에서 차이를 보이고 있다. 또한 ‘훈련된 판단 지향’ 유형은 관찰을 학생 개개인의 개별적 행위로 간주한다는 면에서는 ‘학생의 주관성 지향’ 유형과도 유사한 면이 있다. 하지만 ‘학생의 주관성 지향’ 유형이 학생들의 다양한 해석들을 모두 인정하는 관점이라면, 이 유형의 예비교사들은 관찰대상 판별에 대한 동일한 해석들을 지향한다는 점에서 ‘학생의 주관성 지향’ 유형과는 차이가 있다.

2. 세포 관찰과 재현에 대한 예비 생물교사들의 행위 시스템 모형

지금까지의 연구 결과들을 통하여 생물전공 예비교사들이 현미경 세포 관찰이라는 동일한 상황에 대해서도 과학적 객관성에 대한 가치 지향의 차이로 인하여 학생에 대한 피드백의 방식이 상이함을 확인해 볼 수 있었다. 또한 이들이 자신의 교수행위의 근거로 삼고 있는 객관성의 가치기준 역시 단일한 것이 아님을 알 수 있었다. 관찰과 같은 탐구행위에서 수시로 이루어지는 교사의 피드백은 가장 대표적인 교사의 교수행위에 해당하며, 학생에게 긍정적 혹은 부정적인 피드백을 통해 자신이 이상적으로 생각하는바 도달점 행동상태로 만들어 가려는 행동양식이다.

다양한 인지구조를 가지고 있는 개인들이 외부로 표출하는 하나의 ‘행위’는 일종의 실천(practice)임과 동시에, 외부로 표출되기까지 여러 가지 잠재자이나 암묵지를 매개하는 상당히 복잡한 과정을 거치게

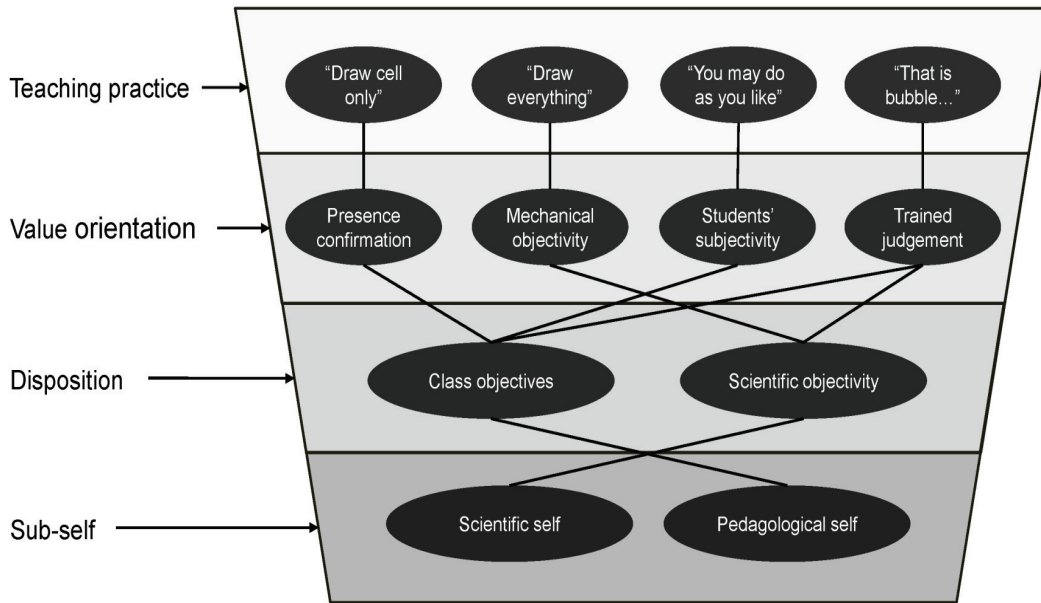


Figure 2. Pre-service biology teachers' action system model related to teaching microscopic observation and representation

될 것이며, 이러한 걸음으로 드러나는 행위를 설명하는 심성모듈의 한 종류인 ‘행위 시스템(action system)’의 구조는 오랜 세월 인지심리학과 인지신경과학의 연구주제였다(Konorski, 1967; Martindale, 1981, 1991). Shallice(1978)는 인간의 행위가 외부로 표출되는 과정에서 다층적이고 복잡한 단위가 존재하며, 심성모듈 내의 행위단위라고 부르는 외부 운동으로 이어지는 말단의 단위로 출력되기까지 여러 번의 연계적 점화에 의한 선택적 조합과정을 거친다고 보고하였다. 그리고 그 모든 행위의 가장 심연에는 ‘잠재자아(sub-self)’의 경쟁적 활성화와 억제효과가 존재한다는 모델을 발표하였다. 교사가 여러 가지 형태로 보여주는 ‘교수행위’ 역시 인간이 외부로 드러내는 하나의 ‘행위’라 할 수 있다. 예비교사들의 교수행위를 Shallice(1978)의 행위시스템 모형에 적용하여 분석해 보면, 행위단위는 교수행위(teaching practice)로, 연구결과 발견된 4가지의 가치지향(value orientation)은 행동을 기저에서 선택적으로 활성화 하는 층으로, 이러한 가치지향을 활성화 시키는 근거에는 예비교사 스스로 수업목표와 과학적 객관성 중 어느 것을 더 중요하게 생각하는지에 대한 성향단위(disposition) 층이 존재하며, 최저수준에는 자기 자신의 정체성에 해당하는 과학적 자아(scientific self)와 교육적 자아(pedagogical self)라는 경쟁하는 잠재자아가 존재한다고 볼 수 있다. 이것을 간략히 모형화하면 Figure 2와 같다.

이러한 교수행위 모형에 의해서 교사의 행동을 예측해 보면, 교사가 학생의 어떤 상황을 맞닥뜨리면 의식수준 밑바닥에서 드러나지 않던 자신의 잠재자아 중 어느 하나가 활성화 되고, 그 이후의 계열적 활성화 과정으로 특정 교수행위가 이루어지며 학생에게 표출되는 행위가 어느 것으로 결정될지를 가르게 되는 신호등 역할을 하는 여러 단계가 있는 것이다. 예를 들어, 학생이 양파표피세포를 관찰하다가 교사에게 과학실에서 질문을 하는 상황에 직면해서 교사는 무의식적으로 과학적 자아가 활성화 될 수 있을 것이다. 활성화된 과학적 자아는 단순한 수업목표 달성보다는 과학적 객관성을 추구하는 방향으로 인지구조의 활성화를 이끌게 된다. 교사의 심성모듈 내에서 활성화

된 과학적 객관성에 대한 성향은 이어서 그 자신이 초중등 교육과정 및 예비교사 교육 단계에서 다양한 암묵적 지식내면화 과정을 통해 형성한 객관성에 대한 가치지향의 방향을 선택하고 이에 대한 활성화를 진행한다. 마지막으로 행위시스템은 결정된 가치지향의 필터에 의해서 교사의 학생에 대한 교수행위를 조립하고 외부로 출력할 것이다. 만약 교사가 기계적 객관성을 추구하고 있다면 학생에게 현미경 상에 보이는 모든 것을 가감 없이 모두 그럴 것을 지도하는 교수행위로 이어질 것을 예측해 볼 수 있다.

IV. 결론 및 제언

이 연구는 예비 생물교사의 관찰과 재현 행동과 관련된 개인의 가치 지향점이 무엇이며, 이 중 객관성은 어떠한 지위를 차지하고 있는지 알아보기 위해 이루어졌다. 연구 결과 예비 생물교사들은 같은 관찰과 이미지 재현이라는 과학적 실천에 대해서 다양한 양상의 가치를 지향하고 있음을 확인할 수 있었다. 이 연구에서는 크게 ‘존재 확인 지향’, ‘기계적 객관성 지향’, ‘학생의 주관성 지향’, ‘훈련된 판단 지향’, 네 가지 유형이 나타났다. 연구 참여자 중 약 절반의 예비 생물교사들은 ‘기계적 객관성 지향’ 유형을 나타낸 것으로 보아 객관성이 관찰과 이미지 재현행위에 대해 중요한 신념으로 작용하고 있음을 확인할 수 있었다. 서론에서 언급한 바와 같이, 이러한 다양한 가치들은 학생들의 과학적 실천 지도 과정에서 암묵적으로 반영될 가능성이 높다. 이 때 교사들은 우선적으로 다양한 유형의 가치가 존재함을 인정하고 이해하는 것이 필요하다. 또한 그 중 자신이 지향하는 가치는 무엇이며 실제 탐구과정에서 암묵적인 지식을 전달하는 과정에서 자신의 어떤 가치관이 매립되어 있는지도 확인할 필요가 있다.

특히 교수 상황에서 자신이 지향하는 가치가 다른 가치들과 충돌하는 상황이 벌어지지 않도록 주의할 필요가 있다. 교수과정에서 교사가 추구하는 가치는 또 다른 가치와 충돌할 경우 학생에게 혼란을 유발할 수 있기 때문이다. 특히 이들이 각 과학적 실천 과정에서 암묵

적으로 지향하는 가치가 현대 사회의 과학교육에서 추구하고 있는 명시적인 가치와 일치하는지 혹은 충돌하는지에 대한 논의가 필요하다. 현재 과학교육에서 강조하는 사회적 구성주의 관점의 과학의 본성을 교사가 형식적 지식으로 받아들이더라도, 실제 과학적 실천을 지도하는 과정에서 암묵적인 행동에서는 다른 특성의 지향점을 나타내고 있을 가능성이 있다. 예를 들어 한 교사가 과학의 본성과 관련된 교수학습 과정에서 과학 지식이 절대적 진리가 아니며 반드시 객관적이지는 않음을 강조하지만, 실험 시간에 암묵적으로 객관적 관찰과 재현을 추구하는 교수 행위가 학생들에게는 혼란스럽게 다가올 수 있다. 이와 같은 혼란을 초래하지 않기 위해서는 과학교육자들과 과학교사들은 과학적 실천의 과정에서 나타나는 다양한 가치지향점에 대한 이론적 이해가 선행되어야 할 것이다.

Kim & Kim (2003)은 현대 교육의 인식론적 배경인 사회적 구성주의를 중심으로 강조되는 상대주의와 객관성이라는 가치가 충돌하는 상황에 빠질 수 있는 문제를 제기하며 객관성에 대한 이론적 이해가 필요함을 강조한 바 있다. 현대 과학교육에서 이루어지는 사회적 구성주의 기반의 과학의 본성 교육에서는 관찰의 이론의존성이 종종 일어남을 강조하며, 과학적 관찰이 절대적으로 객관적이지 않음을 강조한다. 더 나아가 포스트모던 과학 철학이 도래한 이후 관찰의 이론 의존성을 비롯하여 과학의 상대주의가 강하게 강조되다보니, 종종 과학의 특성으로 객관성을 떠올리는 것이 전통적 발상이며, 시대에 뒤떨어진 과학관으로 판단되기도 한다. 하지만 현재 과학 현장과 과학교육에서는 객관성을 추구하는 과학적 실천과 노력이 곳곳에서 이루어지고 있다. 또한 객관성은 그 자체로 다층적인 개념으로서, 무조건적으로 주관성을 배제하는 기계적 객관성만을 의미하지 않는다. 이 연구 결과의 ‘훈련된 판단 지향’ 유형에서 언급했듯이, 많은 경험과 훈련을 바탕으로 한 판단, 직관 등의 주관적 요소들이 개입한 과학적 실천을 통해서도 과학의 객관성은 추구될 수 있다. 따라서 무조건적인 객관성에 대한 긍정이나 부정보다는, 객관성의 개념공간을 파악한 후 과학교육 맥락에서 추구해야 할 객관성이 무엇인가에 대한 충분한 논의가 이루어져야 할 것이다.

이 연구에서는 또한 예비 교사의 인식이 학생들의 관찰과 재현에 대한 행동의 가치 평가로 이어질 수 있음을 확인했다. 기계적 객관성을 추구하는 교사에게 있어 학생이 주의집중하지 않은 대상을 제외하고 재현하는 행위가 단순히 나타내거나 비윤리적인 행위로 인식되었다. 이러한 결과는 학생과 교사가 바라는 과학적 실천에 대한 가치 지향점이 다를 때, 서로의 행위에 대한 평가는 충돌할 수 있음을 암시한다. 따라서 교사는 교수 맥락을 고려하여 어떤 지향을 추구하는 것이 적합한지 고려해야 한다. 예를 들어 학생들이 태어나 처음 경험한 대상을 현미경으로 관찰하며, 사실을 발견하는 맥락에서는 기계적 객관성 기반의 관찰과 재현을 추구하는 것이 타당할 것이다. 반면 학생들이 이미 대상에 대한 경험이나 선행개념이 있는 상태이거나, 단순히 대상의 존재를 확인하는 관찰과 재현 실험에서 무조건적으로 객관성을 추구하는 것은 무의미한 일이다. 이러한 상태에서 학생들이 무의미하다고 판단되는 대상을 자세한 관찰과 재현을 지도하는 것은 아이들에게 비효율적으로 느껴질 수 있다. 이미 학생 개인의 인지적 주의집중 대상은 이미 정해져 있기 때문이다. 따라서 교사는 같은 관찰 실험이더라도 어떤 맥락에서 사용되느냐에 따라 관찰과 이미지 재현 방식의 지향점이 다양할 수 있음을 견지하는 것이 중요하다.

이 연구는 그동안 과학교육에서 다루지 않았던 관찰과 이미지 재현에서 필요한 암묵적 지식의 교수 과정에서 나타나는 교사의 가치지향, 특히 객관성을 중심으로 살펴보고자 한다. 암묵적 지식은 많은 과학적 실천을 경험하고 학습하는데 있어 필수적이다. 또한 서론에서 언급했듯이 암묵적 지식은 형식적 지식에 비해 교사가 지향하는 가치가 더욱 깊이 매개되어 학생들에게 전달된다. 따라서 앞으로 관찰과 이미지 재현 뿐 아니라 과학교육에서 이루어지고 있는 다양한 암묵적 지식의 교수 과정에서 교사들이 추구하는 가치지향점을 살펴보고 이러한 가치가 학생들에게 미치는 영향에 대한 후속 연구가 이루어져야 한다. 또한 과학교육 측면에서 객관성에 대한 구체적인 이해가 필요하다. 객관성이 여러 의미를 내포하고 있는 다층적 개념임에도 지금까지 객관성은 과학의 본성의 한 가지 요소로만 여겨지는 경우가 많았다. 과학적 실천의 교수 상황에서 나타나는 예비교사들의 가치지향점을 보다 심도 있게 이해하기 위해서는, 객관성이 과학교육에서 어떠한 측면으로 이해되고 있으며, 어떠한 의미를 지니는지 알아볼 필요가 있다.

국문요약

과학교육현장에서 이루어지는 과학적 실천(practice) 과정에는 다양한 암묵적 지식이 존재한다. 교사는 이 암묵적 지식을 학생들에게 지도하는데 있어 자신의 과학에 대한 가치지향점을 반영할 가능성이 높다. 따라서 이 연구에서는 현미경 세포 관찰 실험 상황에서 관찰 및 이미지 재현이라는 과학적 실천의 지도 과정에서 나타나는 예비교사들의 가치지향점을 확인해보고자 한다. 특히 이 연구에서는 과학적 관찰행동의 가장 큰 지향점인 객관성을 중심으로 예비교사들의 인식을 확인해보고자 한다. 이를 위하여 예비교사 50명에게 현미경 세포 관찰 실험에서 일어날 수 있는 상황에 대하여 자신의 생각을 서술하게 하였고, 서술한 자료들은 과학교육 전문가 2인의 반복적 비교분석을 통해 귀납적으로 범주화되었다. 그 결과 존재의 확인을 위한 수단으로서 관찰을 인식하는 ‘존재 확인 지향’, 관찰은 객관적으로 이루어져야 한다는 ‘기계적 객관성 지향’, 관찰의 주관적 성격을 인정하는 ‘학생의 주관성 지향’, 관찰 대상과 표본 제작 및 관찰 과정에서 나타나는 인공적 산물을 구별하는 능력을 중시하는 ‘훈련된 판단 지향’의 4가지 유형을 확인할 수 있었다. 이 중 ‘기계적 객관성 지향’ 유형이 예비 생물교사들에게 가장 많이 나타나 객관성이 관찰과 이미지 재현 행위에 대해 중요한 신념으로 작용함을 알 수 있었다. 또한 하나의 실험과 그 실험에 매개된 암묵적 지식에 대한 지도 과정에서 예비교사들의 다양한 가치지향점이 반영될 수 있음을 확인할 수 있었다. 교사들의 과학적 실천에 대한 이러한 가치지향점은 학생들의 지도행위와 평가에 직접적 영향을 미친다는 점에서 앞으로 교사교육에 많은 시사점을 줄 수 있을 것이다.

주제어 : 객관성, 가치지향점, 관찰, 재현, 예비 생물교사

References

- Bak, H. J. (2010). Laboratory Experiences of Graduate Students and Becoming a Scientist. - Learning Tacit Knowledge and Norms of Science -. *Discourse* 201, 13(2), 65-91.
- Brickhouse, N. W. (1994). Children's observation, ideas, and the development of classroom theories about light. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(6), 639-656.
- Byeon, J. H., Lee, J. K., & Kwon, Y. J. (2009). An analysis of meanings and processes about scientific observation in the science education. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 29(5), 531-540.
- Chen, S. (2006). Development of an instrument to assess views on nature of science and attitudes toward teaching science. *Science Education*, 90(5), 803-819.
- Choi, J., & Seo, H. A. (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 Science Education*, 32(5), 879-889.
- Chung, W. Y. (2005). An analysis of teaching behaviors in physical education using teacher's value orientation. *Korean Journal of Sports Pedagogy*, 12(2), 61-71.
- Chung, W. Y. (2006). An analysis of teaching behaviors of physical education teachers and intrinsic motivation of middle school students according to value orientation of teachers. *Korean Journal of Sport Psychology*, 17(2), 147-163.
- Collins, H. M. (1974). The TEA Set: Tacit knowledge and scientific networks.. *Social Studies of Science*, 4, 165-186.
- Constantina, S., & Constantine, S. (2014). Subjectivity and objectivity in science: An educational approach. *Advances in Historical Studies*, 3, 183-193.
- Daston, L. & Galison, P. (2007). *Objectivity*. Brooklyn, NY: Zone Book.
- Daston, L. (1992). *Objectivity*. *Social Studies of Science*, 22(4), 597-618.
- Dempsey, B. C., & Betz, B. J. (2001). Biological drawing: A scientific tool for learning. *The American Biology Teacher*, 63(4), 271-279.
- Driver, R., Gott, R., Johnson, S., Worsley, C., & Wylie, F. (1982). *Science in schools Age 15 : Report No.1.*, London : H.M.S.O.
- Eisner, E. W., & Vallance, F. (1974). *Conflicting conception of curriculum*. Berkeley, CA; McCutchan.
- Frow, E. K. (2012). Drawing a line: Setting guidelines for digital image processing in scientific journal articles. *Social Studies of Science*, 42(3), 369-392.
- Hacking, I. (1983). *The Representing and intervening: Introductory topics in philosophy of natural science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Han, J. Y. (2012). Research on the pre-service teachers' life and identity change in a college of education. *Teacher Education Research*, 51(1), 75-89.
- Hanson, N. R. (1961). *Patterns of discovery: An inquiry into the conceptual foundations of science*. Cambridge: University of Cambridge.
- Heath, T. (1980). Observation, perception and education. *Science Education*, 2(2), 155-160.
- Hyland, K. (2002). Authority and invisibility: authorial identity in academic writing. *Journal of Pragmatics*, 34, 1091-1112.
- Jeong, J. S. (2006). The validation of the observing abduction model by using the task of animal figure recognition. *The Korean Journal of Biological Education*, 34(2), 288-296.
- Jin, H. J., Lee, I. S., & Kwon, Y. J. (2011). Development of an error-type analysis frame and analysis of high school students' error-types in observation behavior using microscopes. *Journal of The Korean Association for Science Education*, 35(2), 127-137.
- Jung, C. M., & Shin, D. H. (2015). The learning experience of 7th graders on NOS (Nature of Science) as a process in research-based becoming a scientist" mentor-mentee program. *Journal of The Korean Association for Science Education*, 35(4), 629-648.
- Kim, H. T., Yoon, J., Choi, H., Lee, D. J., & Kim, J. G. (2007). A study on the motivation of pre-service biology teachers and students of science education for entrance into college of education and their professional choice after graduation - Focusing on the students of Seoul National University -. *The Korean journal of Biology Education*, 35(3), 475-494.
- Kim, M. H. & Kim, B. K. (2003). A Study on the Objectivity of Scientific Knowledge: Focused on Michael Polanyi's Epistemology. *Journal of The Korean Association for Science Education*, 23(1), 100-116.
- Kim, Q. & Stephen, T. (2014). Drawing-to-learn: A framework for using drawings to promote model-based reasoning in biology. *CBE-Life Sciences Education*, 14(2), 1-16
- Kim, S. Y. (2010). Exploring preservice science teachers' views of the nature of science: Biology vs. non-biology teachers. *Journal of The Korean Association for Science Education*, 30(2), 206-217.
- Konorski, J. (1967). *Integrative activity of the brain*. Chicago: University of Chicago Press.
- Kuo, C. H. (1999). The use of personal pronouns: Role relationships in scientific journal articles. *English for Specific Purposes*, 18(2), 121-138.
- Latour, B., & Woolgar, S. (1986). *Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts*. Princeton: Princeton Univ. Press.
- Lederman, N. G. (1992). Students and teachers' conception of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
- Lee, J. K., Shin, S., & Ha, M. (2015). Comparing the structure of secondary school students' perception of the meaning of 'Experiment' in science and biology. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(6), 997-1006.
- Lee, S. (2002). Two roles of experiment: Fact acquisition and theory testing. *Cheolhak*, 72, 273-294.
- Lee, S. (2009). *Phenomena and instruments*. Hanul Academy: Seoul.
- Leslie, C. W. (1995). *Nature drawing, a tool for learning*. Dubuque, IA: Kendall/Hunt Publishing Company.
- Lynch, M. (1997). *Scientific Practice and Ordinary Action: Ethnomethodology and Social Studies of Science*. London: Cambridge Univ. Press.
- Martindale, C. (1981). *Cognition and consciousness*. Pacific Grove, CA: Brooks/ Cole.
- Martindale, C. (1991). *Cognitive Psychology : A Neural-Network Approach*, Cole Publishing Co.
- Mayr, E. (1997). *This is biology: The science of living world*. Belknap Press of Harvard University Press: Cambridge, MA.
- Ministry of Education, Science and Technology of Korea (MEST) (2011). *The 2009 Revised Science Curriculum*.
- Nam, J. (2008). The purpose of mathematics education based on Michael Polanyi's epistemology. *The Journal of Educational Research in Mathematics*, 18(1), 137-156.
- Nam, J., Mayer, V. J., Choi, J., Lim, J. (2007). Pre-service science teacher' understanding of the nature of science. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 27(3), 253-262.
- National Science Teachers Association (2002). *A high school framework for national science education standards: Scope, sequence, and coordination of secondary school science Vol. III: ed. by Bill G. Aldridge*. Washington, D.C. : National Science Teachers Association.
- Nonaka, I. (1994). A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation. *Organization Science*, 5(1), 14-37.
- Paik, S. H., Nam, C. Y. (2010). The effect of explicit instructions related to nature of science on pre-service science teachers' perception change. *The Korean Journal for the Philosophy of Science*, 13(1), 83-106.
- Park, J., & Bae, S. (2012). Analyzing career paths and college life plans of department of chemistry education students in teachers' college examined by their roadmaps. *Journal of the Korean Chemical Society*, 56(6), 751-758.
- Park, S. H., Ko, K. T., Jeong, J. S., & Kwon, Y. J. (2005). Types of hypothesis-testing methods generated in students' biology inquiry. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 25(2), 230-238.
- Pickering, A. (1984). *Constructing Quarks: A Sociological History of Particle Physics*. Chicago: University of Chicago Press.
- Polanyi, M. (1958). *Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Radder, H. (1988). *The material realization of science*. Assen/Maastricht, The Netherlands: Van Gorcum.
- Radder, H. (1993). Science, realization and reality: The Fundamental issues. *Studies in History and Philosophy of Science*, 24, 327-349.
- Radder, H. (2003). *The philosophy of experimentation*. Pittsburgh, PA: University of Pittsburgh Press.
- Reeves, C. (2005). *The language of science*. Routledge: New York, New York, USA
- Reiss, J. & Sprenger, J. (2014). *Scientific Objectivity*, In E. N. Zalta (Ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Summer 2016 ed.). Retrieved from <http://plato.stanford.edu/archives/sum2016/entries/scientific-objectivity/>
- Secord, A. J. (2001). Fun with dots: Non-interactive stippling of grey scale images and animations. *Technique Report*, UBC ID# 27984004.
- Shallice, T. (1978). The dominant action system: An information-processing approach to consciousness. In K. S. Pope & J. L. Singer (Eds.), *The stream of consciousness: Scientific investigation into the flow of human experience*. New York: Plenum.
- Shamoo, A. E., & Resnik, D. B. (2015). *Responsible Conduct of Research*.

- Third edition. Oxford: New York.
- Sheldrake, R. (2004). Are we active? Or should the passive be used?. *School Science Review*, 86, 8-10.
- Shin, S. K. (2009). Language of Science: in aspects of theory-constitution and communication. *Ratio et Oratio*, 2(1), 35-60.
- Smith, M. U. and Scharmann, L. C. (1999), Defining versus describing the nature of science: A pragmatic analysis for classroom teachers and science educators. *Science Education*, 83(4), 493-509.
- Tang, R., & John, S. (1999). The 'I' in identity: Exploring writer identity in student academic writing through the first person pronoun. *English for Specific Purposes*, 18, S23-S39.
- Tomkins, S. P., & Tunnicliffe, S. D. (2001). Looking for ideas: observation, interpretation and hypothesis-making by 12-year-old pupils undertaking science investigations. *International Journal of Science Education*, 23(8), 791-813.
- Yoo, J. & Chung, W. Y. (2005). Development and validation of Korean physical education teacher' value orientation inventory. *Korean Journal of Sport Psychology*, 16(1), 127-140.
- Yoon, H. K., Kang, N. H., & Kim, B. S. (2015). Pre-service science teachers' epistemological beliefs about scientific knowledge, science learning, and science teaching: Context dependency of epistemological beliefs. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(1), 15-25.