



## 예비 과학교사의 연구 수행 경험이 학생의 물리 오개념에 대한 이해 및 ‘연구자로서의 교사’에 대한 인식에 미치는 영향

고연주, 이현주\*  
이화여자대학교

### Pre-service Science Teachers' Understanding of Students' Misconceptions in Physics and Perceptions on "Teacher as a Researcher" through the Research Experience

Yeonjuo Ko, Hyunju Lee\*  
Ewha Womans University

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 24 May 2014  
Received in revised form  
20 June 2014  
13 July 2014  
Accepted 16 July 2014

##### Keywords:

pre-service science teachers,  
physics misconceptions,  
research experience,  
teacher as researcher

#### ABSTRACT

Recent studies have shown that teachers should be aware of and understand students' misconceptions, which is one of the major components of PCK. However, teachers often have difficulties in understanding misconceptions and in applying appropriate instructional strategies to change misconceptions. Thus, we designed a method course for pre-service teachers (PSTs) adapting the concept of "teacher as researcher." In the course, PSTs conducted research to investigate students' misconceptions in physics. Twenty-five female PSTs participated in the study. They went through the research process including creating question items, administering items to their target populations, collecting and analyzing student responses, and writing a research paper. Data source included individual interviews with the PSTs, field notes during classroom observation and PSTs' research papers. The results were as follows. First, the PSTs confirmed students' misconceptions and learning difficulties in physics. They experienced discrepancies between their conjecture and research findings. Second, PSTs developed the sophisticated understanding of students' misconceptions and appropriate teaching strategies. Third, the research experience provided the PSTs opportunities to reexamine their physics content knowledge while creating items and explaining scientific concepts. They realized that physics teachers should develop sound understanding of physics concepts for guiding students to have less misconception. Lastly, they realized the necessity of being a teacher as a researcher.

## 1. 서론

학생의 과학 이해에 대한 지식은 교사의 전문성을 나타내는 교과교육학지식(Pedagogical Content Knowledge, PCK)의 핵심 구성요소로 알려져 있다(Grossman, 1990; Magnusson, Krajcik, & Borko, 1999; Park & Oliver, 2008; Tamir, 1988). 이 지식을 습득하는 것은 교사가 특정 주제에 대한 학생의 선개념을 인지하고, 학생들이 새로운 과학 개념을 습득하는 과정과 그 과정에서 겪는 어려움을 파악하는 것을 의미한다. 또한 학생들에게서 공통적으로 발견되는 오개념과 그 원인, 오개념을 교정하기 위한 교수학습 전략을 마련하는 것도 포함한다. 이는 구성주의적 관점에서 학습자의 선개념을 파악하고 오개념을 과학적 개념으로 변화하는 것을 과학 교수학습의 핵심 목표로 선정한 것과 그 맥락을 같이 한다(Fosnot, 1996).

오개념에 대한 연구는 과학 교과와 다양한 분야와 주제를 대상으로 이루어졌다(Bisard *et al.*, 1994; Driver *et al.*, 1994; Hamza & Wickman, 2008). 특히 개념이 간단하면서도 추상적인 물리 분야에서 오개념에 대한 연구가 활발하게 진행되었으며(Diaz *et al.*, 2013; Duit, 1993; Hammer, 1996), 주로 오개념의 종류와 원인을 탐색하고 학생들의 다양한 오개념을 과학적 지식으로 바꾸기 위한 개념 변화 교수

전략에 대한 연구들이 수행되었다(Guzzetti, 2000; Posner *et al.*, 1982).

예비교사들은 대학에서 개설되는 방법론 강의(예: 과학교과교육론, 과학교재연구및지도법 등)를 통해 기존 연구에서 보고된 주요 오개념과 그를 과학적 개념으로 교정하기 위한 교수학습 전략을 학습한다. 그럼에도 불구하고, 교사들은 학생들이 어떠한 오개념을 갖고 있으며, 왜 그러한 오개념을 갖게 되는지, 적절한 교수전략을 수업에서 어떻게 활용해야 하는지 어려움을 겪는다는 연구가 지속적으로 보고되었다(Berg & Brouwer, 1991; Han, Kang, & Noh, 2010; Park, 2012; Marion *et al.*, 1999; Meyer, 2004). 한 예로, Berg and Brouwer (1991)는 고등학교 교사들이 힘과 중력에 대한 학생들의 오개념과 개념변화 전략을 알지 못하고 있음을 알아내었다. Han *et al.* (2010) 역시 대학 교육과정을 거의 마친 초등 예비교사 106명을 대상으로 오개념에 대한 지식을 검사한 결과, 예비교사들이 학생의 오개념이 다양하다는 점은 인지하였으나 학생들의 오개념 유형이나 비율은 제대로 파악하지 못하고 있음을 밝혀냈다. 또한 선행 연구들은 교사들이 학생들의 오개념에 대한 이해가 중요하다는 점은 인지하고 있으나, 실제 교수에 오개념에 대한 이해를 효과적으로 적용하지 못함을 지적하기도 하였다(Gomez-wiep, 2008; Halim & Meerah, 2002; Park, Han, & Noh, 2010). 예를 들어, Park *et al.* (2010)은 과학교사 94명을 대상으로 오개념에 대한 인식을

\* 교신저자 : 이현주 (hlee25@ewha.ac.kr)  
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2014.34.5.0449>

설문 조사한 후, 교사들이 제시한 오개념을 중학생 240명이 실제 갖고 있는 오개념과 비교하였다. 교사들은 학생들의 오개념 유형은 어느 정도 파악하고 있었지만, 실제 학생들에게 주로 나타나는 오개념은 잘 예상하지 못했다. 또한 대부분의 교사들이 학생들의 오개념을 인지해야 한다는 필요성은 느끼고 있으나, 가르치는 데 있어 이를 자주 활용하지 않거나 단순한 방법으로 사용하고 있다고 응답하였다. 이는 30명의 초등 교사들을 대상으로 반구조화된 면담을 실시한 결과, 대부분의 교사들이 학생 오개념을 인지하더라도 선개념을 그들의 수업의 시작점으로 사용할 뿐 오개념을 고려하지 않았다는 Gomez-Zwiep (2008)와도 연관된다. 즉, 교사들이 학생 오개념을 인지하는 것과 학생들의 오개념을 고려하여 가르치는 것, 학생들의 개념 이해를 높이기 위한 교수전략을 제안하는 것은 상호연관성이 적다는 것을 의미한다 (Halim & Meerah, 2002).

특히 예비교사들은 학습자에서 교사로 전환되는 과도기에 위치하기 때문에 배우는 사람에서 가르치는 사람으로의 관점 전환이 요구된다. 따라서, 이론에 대한 학습만으로는 학습자의 관점으로부터 교사로의 관점으로 이동하기 어려우며 (Frederik *et al.*, 1999), 관점의 이동을 위해서는 실제 학생들을 가르치는 현장과 유사한 상황에서 본인의 생각과 반대되는 순간을 경험하는 것이 필요하다. 즉, 예비교사들은 학생들이 드러내는 오개념을 실제로 관찰함으로써, 학생들이 과학을 이해하는 방식과 오개념을 표현하는 방법에 대한 보다 실제적인 지식을 갖추어야 한다. 그러나 예비교사가 한 달 간의 교육실습과 일정 시간의 교육봉사를 통해 이러한 지식을 갖추는 것은 쉽지 않다. 이에 Jang (2009, 2010)은 예비교사가 오개념을 효과적으로 다룰 수 있는 교수전략을 수업에 적용하기 위해서는 학생들의 오개념을 실제로 확인하고 이를 바탕으로 수업을 설계해보는 기회가 제공되어야 한다고 제안하였다. 즉, 학생들의 오개념과 이를 교정할 수 있는 전략에 대한 지식을 함양할 수 있는 교수 전략이 필요함을 시사한다.

이에, 본 연구자는 중·고등학생의 물리 오개념에 대한 예비 과학교사의 이해를 높이기 위하여 ‘연구자로서의 교사(teacher as researcher)’의 개념을 적용하고자 하였다. 교사로서의 연구 경험은 이론적 지식으로부터 가르칠 수 있는 지식으로의 전환에 도움을 주며 (Smith & Sela, 2005), 교사 전문성 발달에 도움이 되는 것으로 알려졌다 (Churcher, 2007; Liston & Zeichner, 1990). Smith and Sela (2005)는 실행 연구에 참여한 초임 교사들이 교사로서의 신념이 강화되었으며, 학생과 그들 자신, 그리고 과학 주제에 대해 학습하게 되는 계기가 되었다고 하였다. van Zee (1998) 역시 예비 초등 교사들이 방법론 강의에서 연구에 참여한 결과, 과학을 배우는 학습자로서 과학 학습에 대해 되돌아보게 되었을 뿐만 아니라 본인의 교수를 반성하는 경험을 하였다고 보고하였다. 국내에서는 Yoon (2011)이 초등 예비교사들을 대상으로 초등학생의 과학 개념을 조사하는 연구과정을 통해 예비교사들의 학생에 대한 지식과 교과 지식, 질문 구성능력 및 지도 계획 능력 등이 향상되었음을 밝혔다. 그러나 이와 같은 선행 연구들에서 제공한 연구 경험들은 대부분 교육학 분야에서 일반적으로 행해지는 연구 과정의 일부 요소만을 포함하고 있거나 소수의 학생들을 대상으로 개념을 조사해보는 활동과 유사하여 연구자로서의 교사 역량을 함양하는 데에는 다소 부족할 수 있다. 이에 본 연구에서는 예비교사들이 연구자로서의 역량을 갖추는 것에 대한 필요성 및 중요성을 인지하고, 반성적 실천인 (reflective practitioners)으로서 학생의 개념에 대한 지식을 발전시켜

나가는 경험을 할 수 있도록 (Anderson & Mitchener, 1994, Cochran-mith & Lytle, 1993), 연구의 전 과정을 연구자와 함께 수행해 나가도록 하였다. 즉, 예비교사들은 중·고등학생들의 오개념을 파악하기 위해 문헌을 조사하고 설문 문항을 제작하였으며, 다수의 학생들에게 설문지를 투입하였다. 이들 중 일부는 구체적인 답변을 얻기 위해 학생들과 면담을 실시하기도 하였다. 또한 수집한 자료를 분석하여 오개념의 양상과 원인을 파악한 후, 오개념을 교정할 수 있는 교수 전략도 함께 제시해보았다. 마지막으로, 발표를 통해 동료들의 의견을 수렴한 후 최종 보고서를 작성하였다. 본 연구에서 설정한 연구 문제는 다음과 같이 요약될 수 있다.

첫째, 예비 과학교사들의 연구 경험은 학생의 물리 오개념에 대한 지식을 높이는 데 어떠한 효과가 있는가?

둘째, 예비 과학교사들의 연구 경험을 통해 ‘연구자로서의 교사’에 대해 어떻게 인식하였는가?

## II. 연구 방법

### 1. 연구 참여자 및 연구 절차

본 연구는 서울에 위치한 사범대학에서 ‘물리교과교육론’을 수강한 3, 4학년 예비 과학교사 25명 중 연구 참여에 동의한 16명을 대상으로 진행되었다. 이 교과목은 예비 과학교사들이 기본적으로 알아야 할 물리 교육과 관련한 다양한 이론들을 살펴보고 실제 과학 교육 현장에의 적용 가능성에 대해 탐색하는 것을 목표로 한다. 연구자 중 1인은 교과목의 교수자로서, 16주 중 4주간 학생들의 선개념과 오개념에 대한 이론적인 내용과 관련 과학 학습 이론에 대하여 강의를 진행하였다. 그리고 예비교사들에게 ‘연구자로서의 교사’의 개념을 소개하면서, 교육 현장에서 교사가 연구 역량을 갖추는 것의 필요성을 강조하였다. 또한 예비교사들이 연구를 원활히 수행할 수 있도록 연구의 전반적인 과정을 소개하였으며, 역학 분야의 오개념 연구 결과들을 예시로서 소개하였다. 예비 과학교사들은 약 10주간 Figure 1에 제시된 순서에

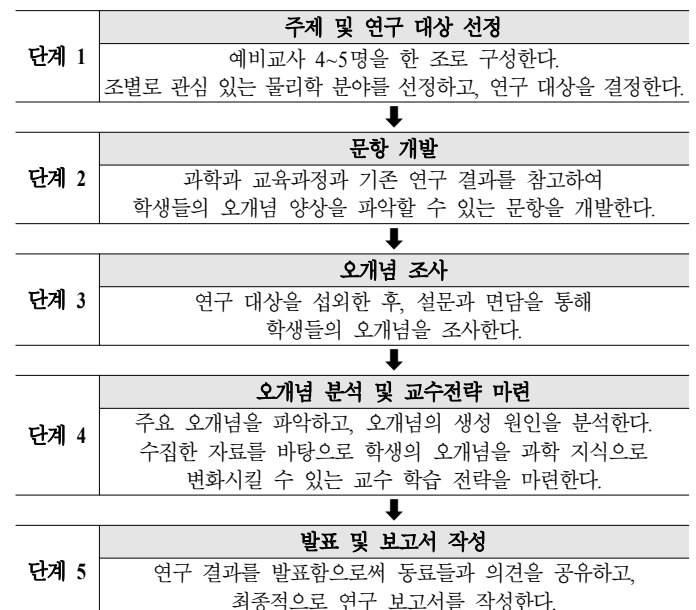


Figure 1. PSTs' Research Procedure

따라 조별로 오개념 연구를 수행하였고 그 결과를 발표하였다.

먼저, 4~5명이 한 조로 구성된 예비교사들은 전기, 자기, 열과 에너지, 빛, 파동, 현대 물리 분야 중 한 영역을 선정한 후, 조사 대상 학생들(예: 중고등학생, 대학생)을 선정하였다(단계1). 그리고 이들은 선택한 영역에서 밝혀진 오개념들의 종류를 선행 연구 분석을 통해 조사하였으며, 가장 주된 오개념으로 판단되는 2~3개를 선정하도록 하였다. 이 오개념들을 실제 학생들이 어느 정도 갖고 있는지, 그 오개념을 갖는 이유는 무엇인지 등을 밝히기 위해 과학과 교육과정을 참조하여 기존에 개발된 문항들(예: Song et al., 2004)을 연구대상 수준에 맞게 수정·보완하였다. 예비교사들은 이러한 과정을 거쳐 선다형, 주관식, 진위형 형태의 문항 5~6개를 개발하였다. 이 때 문항들은 학생들의 과학지식을 측정하기 보다는 학생들의 개념을 드러내도록 하는 데 초점을 두었다(단계2). 이후, 예비 과학교사들은 주변 지역의 학교에 연락을 취하여 학생들이 연구에 참여할 수 있도록 허락을 받은 다음 설문조사를 실시하였으며, 문항에 대한 답변만으로 자료가 충분하지 않은 경우에는 인터뷰를 통하여 학생들의 개념을 파악하고자 하였다(단계3). 이들은 수집한 자료에 근거하여 학생들의 오개념 양상과 원인을 분석하였으며, 일부 조에서는 성별이나 학년, 학교급 별로 구별하여 비교·분석하였다. 또한 분석 결과를 기반으로 학생들의 오개념을 과학 지식으로 교정할 수 있는 교수전략을 마련하였다(단계 4). 마지막으로, 예비교사들은 연구 결과를 수업시간에 발표한 후 다른 조와 의견을 교환하였으며, 피드백을 고려하여 최종 보고서를 작성하였다(단계5). 예비교사들이 제작한 문항의 예시는 Figure 2와 같다. '전류가 전구를 지나가면 소모된다'는 생각은 전기 분야의 대표적인 오개념이라 할 수 있다. 예비교사들은 이 오개념을 확인하기 위해 연관된 세 문항을 개발하여 세 응답의 패턴을 분석하였다.

## 2. 자료 수집 및 분석

본 연구자는 물리교과교육론을 수강한 25명의 예비 물리 교사 중,

연구 참여 동의를 받은 16인을 대상으로 모두 개별 면담을 실시하였다. 각 면담은 다른 사람의 방해받지 않는 조용한 연구실에서 25분에서 40분간 진행되었으며, 연구자는 오개념 조사 연구 경험에 대하여 대화 형식으로 질문하여 연구 참여자들이 자유롭게 본인의 의견과 생각을 표현하고 이를 공유할 수 있도록 분위기를 조성하였다. 참여자의 답변이 모호한 경우에는 추가 질문을 통하여 구체적으로 설명하도록 유도하였으며, 이에 따라 핵심 질문을 제외한 세부 질문은 연구 참여자의 응답 흐름에 따라 자연스럽게 진행되었다. 면담 내용은 각 연구단계에서 경험한 것과 어려웠던 점, 학생 응답을 분석하면서 새롭게 발견한 점, 연구 경험을 통해 배운 점과 느낀 점, 교사의 연구자로서의 역할에 대한 생각 등을 포함하였다. 면담의 전 과정은 녹음 후 전사하여 자료 분석에 이용하였다. 또한 본 연구자는 예비교사들이 연구결과를 발표하는 것을 관찰하며 작성한 현장노트와 연구의 진행절차를 확인하기 위해 학생들이 제출한 최종 보고서를 보조 자료로 활용하였다. 예비교사들의 발표와 보고서 내용은 면담 시 수집된 내용 외에도 자료 분석의 과정, 결론 도출 과정, 교수학습 방법에 대한 제언 등에 대해 자세한 정보를 제공하였다. 수집된 자료의 분석은 Miles and Huberman (1994)이 제안한 방법에 따라 연구 문제와 관련된 중요한 어구나 문장을 중심으로 코딩하는 과정을 거쳤으며, 코딩한 자료에서 드러나는 주제들을 선정하였다. 연구 결과는 그 주제들을 중심으로 서술하였다.

## III. 연구 결과

예비 물리 교사들에게 나타난 연구 경험의 효과는 다음과 같이 크게 네 가지로 분류할 수 있었다. 첫째, 학생들이 주로 갖고 있는 물리 오개념의 종류와 양상 및 오개념 형성 원인을 확인하였으며, 둘째, 학생들의 물리 오개념을 교정하기 위한 적절한 교수전략에 대한 이해가 높아졌다. 셋째, 문항을 개발하고 과학적 개념을 설명하는 과정에서 본인의 물리 내용 지식을 재점검하였으며, 넷째, 본인 스스로를 되돌아 봄으로써 연구자로서의 교사 역할의 필요성을 깨닫게 되었다. 각각에

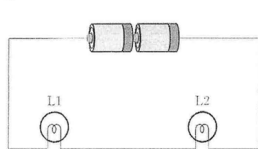
(모든 문제에서 회로에 사용된 전구, 저항, 전지는 모두 같으며 도선의 저항은 무시한다.)

[문항 1 ~ 문항 3]

각 문항별로 주어진 회로에서 두 전구의 밝기를 비교한 보기로 옳은 것을 고르시오.

(전구의 밝기가 0인 것은 전구가 꺼져있는 것을 말한다.)

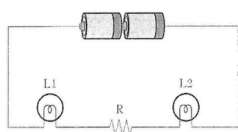
문항 1.



- ㉠ L1의 밝기 > L2의 밝기 > 0
- ㉡ L2의 밝기 > L1의 밝기 > 0
- ㉢ L1의 밝기 > L2의 밝기 = 0
- ㉣ L2의 밝기 > L1의 밝기 = 0
- ㉤ L1의 밝기 = L2의 밝기 > 0
- ㉥ L1의 밝기 = L2의 밝기 = 0

- 왜 그렇게 생각하시나요? (Ex. L1에 더 많은 전류가 흐르기 때문이다.)

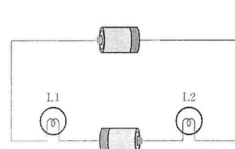
문항 2.



- ㉠ L1의 밝기 > L2의 밝기 > 0
- ㉡ L2의 밝기 > L1의 밝기 > 0
- ㉢ L1의 밝기 > L2의 밝기 = 0
- ㉣ L2의 밝기 > L1의 밝기 = 0
- ㉤ L1의 밝기 = L2의 밝기 > 0
- ㉥ L1의 밝기 = L2의 밝기 = 0

- 왜 그렇게 생각하시나요?

문항 3.



- ㉠ L1의 밝기 > L2의 밝기 > 0
- ㉡ L2의 밝기 > L1의 밝기 > 0
- ㉢ L1의 밝기 > L2의 밝기 = 0
- ㉣ L2의 밝기 > L1의 밝기 = 0
- ㉤ L1의 밝기 = L2의 밝기 > 0
- ㉥ L1의 밝기 = L2의 밝기 = 0

- 왜 그렇게 생각하시나요?

Figure 2. Examples of Questionnaire Items

대한 구체적인 서술은 다음과 같다.

### 1. 학생들의 물리 오개념의 종류와 양상 및 원인 확인

예비교사들은 중 고등학생들이 오개념을 갖고 있을 것이라 예상하면서도, 얼마나 많은 학생들이 선행 연구에서 보고된 오개념을 갖고 있는지, 왜 이러한 오개념을 갖게 되었는지에 대해서는 쉽게 예상하지 못했다. 예를 들어 전기 부분을 담당했던 P4와 조원들은 전류, 전압, 저항의 의미와 이들의 관계를 나타내는 옴의 법칙은 중학교에서부터 학습하므로 대부분의 고등학생들은 용어의 의미와 용어 간 관계를 알고 있을 것이라 생각하였다. 그러나 P4의 조사 결과, 학생들은 “전기 회로에서 전류가 전구를 지나가면 소모된다”, “전지가 전류를 흘려보낸다”는 오개념을 갖고 있었으며, 이 오개념들은 고등학교 1학년뿐만 아니라 자연계에 진학한 고등학교 2, 3학년 학생들에게서도 나타났다. P4를 비롯한 예비교사들은 학생들의 개념을 조사한 후, 상당히 많은 수의 학생들이 핵심이 되는 개념(예: 전류, 전압, 빛의 직진, 열에너지 등)에 대해 오개념을 갖고 있음을 알게 되었다. P8의 경우, 중학교 2학년을 대상으로 빛의 성질과 관련된 학생들의 오개념을 확인하게 되었다.

저희가 빛의 진행(에서 나타난 오개념을 조사)할 때, 애들에게 이쪽에서 어두운 관 만들어놓고 ‘이쪽에서 불을 켜면 어디까지 갈까?’ (물어 봤어요). c자관을 만들어 놓고 근데 애들이 빛은 직진하니까 ‘여기까지만’ 하는 거예요. 그리고 어떤 애들은 중간까지만. 빛은 퍼져서 여기까지 갈 것 같다 여긴 너무 머니까. (P8)

P8의 조사 대상이었던 중학생들은 빛이 직진한다는 점은 이해하고 있었으나, 장애물이 있을 때 빛이 더 이상 진행하지 못한다고 생각하거나 빛이 광원 부근에만 존재한다고 믿었다. 위와 같은 응답은 예비교사들이 이전 학교 급에서 학습한 물리 개념에 대해 학생들이 정확하게 이해했을 것이라 기대한 것과 다소 판이한 결과였다. 본인의 예상보다 많은 학생들이 해당 오개념을 갖고 있음을 알게 된 예비교사들은 다음과 같은 반응을 보였다.

(저는) 당연히 물리 기초 지식은 다 알고 있을 거라고 생각을 하고 있었는데, 이번에 일반 학교 애들을 만나보면서 굉장히 충격 받았어요. (고등학교) 애들이 정말 기초적인 옴의 법칙이라던가 회로연결 같은 것도 모르는 애들이 많고. 너무 충격이었어요. (P13)

학생들이 오개념을 갖고 있을 거라는 거는 누구나 상상을 하잖아요. 내가 상상을 해서 여기 어렵게 생각할거고, 이거에서 잘못 알고 있을 것이고. 그렇지만 이렇게 내가 생각했던 거랑 결과가 완전히 좀 다르게 나왔어요. “이런 걸 왜 모르겠어?” 했던 부분을 아이들은 모를 수 있다는 거예요. 예를 들면 그림자에 색깔이 있다고 생각하는 것 있잖아요. 그림자는 빛이 없는 어두운 부분일 뿐인데 “초록색 빛을 비췄을 때는 어두운 초록색이 될 거야.”(라고 말하는 거라던가. 아니면 진짜 충격적인 거는 물체에서부터 빛이 뻗어나간다고 생각하는 아이들도 있었고요. (P3)

P13은 설문대상이었던 고등학생들이 “전류가 저항을 지나가면서

소모된다”고 생각하거나, “전지가 전류를 충전한다”, “전류의 방향은 전기 내부의 +에서 -로의 방향이다” 등 다양한 종류의 오개념을 갖고 있음을 알게 되었다. 예비교사들이 연구자와의 면담에서 가장 빈번하게 언급한 것은, 학생들에게서 드러난 실제 오개념과 본인의 예상 오개념 사이에 큰 차이가 있다는 것이었다. P13이 연구자와의 면담 내내 충격이라는 단어를 반복한 것은 P13이 고등학생들의 전기에 대한 이해 수준을 예측하지 못했음을 보여준다. P3의 응답도 이와 유사하다. 그림자에 색깔이 있다고 믿거나, 물체가 방출한 빛이 우리 눈에 도달한다고 믿는 것은 대표적인 오개념 중에 하나로, 학생들은 나름대로 타당한 근거를 갖고 본인만의 과학 개념을 가지고 있었다. 그러나 P3의 예상 오개념과 중, 고등학생들에게서 등장한 실제 오개념은 종류와 빈도 면에서 차이가 있었다. “단원별로 유형별로 대표적인 오개념이 있을 정도로 학생들이 이렇게 심각하게(오개념을) 가지고 있는지 사실은 잘 몰랐어요”라는 P9의 응답 역시, P9가 오개념을 조사하기 전까지 학생들이 어떠한 오개념을 갖고 있으며 개념을 습득하는 데 어떠한 어려움을 겪는지 파악하지 못했음을 보여준다.

예비교사들은 오개념의 종류를 확인하는 데 그치지 않고, 각 문항에 대한 학생들의 응답의 추이를 분석함으로써 오개념 양상을 알아내고자 하였다. 예를 들어 P6은 물체에 빛의 색을 바꾸어가며 빛을 비추었을 때 우리 눈에 보이는 색을 대학생들에게 질문함으로써, 광원에서 오는 빛의 반사와 흡수에 대한 학생들의 개념을 알아보았다.

“어두운 방에서 흰 공을 초록색 빛으로 비추면 무슨 색으로 보이냐? 빨간 공을 초록색 빛으로 비추면 무슨 색으로 보이고 다시 빨간 공을 노란 빛으로 비추면 무슨 색으로 보이냐?” 라는 3가지 문제를 만들었어요. 반사 광원에서 오는 빛의 반사하고 흡수하는 두 가지 개념을 물었던 문제였는데... “사실 흰색 공이든 초록색 공이든 초록색으로 비춘다 생각하면은 그냥 쉽게 초록색 아니냐?”라고 보통 문과는 그렇게 답했어요. 그런데 이과 중에 한 명이 “흰색이다. 왜냐하면 빛은 반사해서 보이는 거 때문에 흰색 공에서 반사가 된다”라고 하는 거예요. 개념만 주입을 시켰지 광원부터 시작해서 세부적인 내용까지 제대로 익히지 못해서 틀렸다는 생각을 했어요. (P6).

P6은 연속된 문항에 대한 답변들을 분석한 결과, 학생들이 물체의 색깔을 물체 고유의 특성으로 여긴다는 오개념을 발견하였다. 또한 학생들이 정답을 맞췄어도 해당 개념에 대한 이해 정도는 학생들마다 차이가 있음을 알게 되었다. 정답을 선택한 학생들은 사람이 인식하는 물체의 색은 물체가 흡수하지 못하고 반사하는 빛의 색이라는 개념 자체는 인지하고 있었으나, 일부는 빛에 파동의 성질이 있다는 사실을 모르거나, 또는 물체가 빛을 반사할 때 특정 파장만 반사하고 주변의 파장은 모두 흡수된다는 개념을 갖고 있기도 하였다. 일부 예비교사들은 성별, 학교급별, 또는 문이과별로 결과를 비교하여 분석하여 결과를 도출하였다. 에너지 보존에 대한 오개념을 조사한 P14는 중학교에서 고등학교로 가면 정답을 맞히는 비율은 높아지지만 오개념 유형은 비슷하게 구분할 수 있음을 알아내기도 하였다.

오개념의 양상을 확인한 예비교사들은 학생들의 오개념 종류와 수준이 다양하게 된 원인을 찾아보고자 하였다. 예를 들어, P8과 P1은 문항에 대한 답변을 분석함으로써 오개념 유발 요인들을 추측해보았다.

저희가 빛 부분 했거든요, 그냥 빛이 이렇게 사방으로 퍼져나간다는 건데, 애들은 그걸 또 교과서에 화살표가 이렇게만 돼있으니까 그쪽 방향으로만. 아예 생각하지도 못한 오개념이잖아요. 진짜 학생들한테 설명할 때, 오개념이 조그만 것에서도 생기는구나 생각했어요. 교과서도, 교과서 그림 같은 것도 그렇고. 사실 빛의 색이, 빛이 흰색이라는 게 흰색이 아닌데, 근데 교사나 교과서에 자주 그렇게 흰색, 흰색 하니까 정말 흰색 물감처럼 섞어서 흰색 이렇게 생각을 하더라고요. (P8)

저희는 빛의 3원색과 색의 3원색을 구분할 수 있는지에 대해서 했는데, 초록 사과와 빨간 사과에 초록빛을 비추면 어떻게 보일지에 대해서 조사를 했어요. 학생들이 대답을 할 때, "일상생활에서 어떤 색을 비췄더니", "어떤 조명 밑에서 봤더니 그렇게 보였기 때문에" 그런 답이 많았어요. (P1)

P8은 학생들이 오개념을 갖는 이유로 과학 개념을 그림과 글로 표현하는 과정에서 나타나는 오류를 들었다. 교과서에 빛이 퍼져나가는 방향을 화살표로 나타내는 데 있어 표현의 한계로 일부 방향으로만 화살표를 그린 점과, 빛이 모여 백색광을 이루는 것을 교사가 흰색으로 표현하는 점을 근거로 들어 설명하였다. 이와 유사하게 P4도 전류의 흐름을 물에 비유한 표현방식이 오히려 학생의 개념 습득에 혼란을 줄 수 있음을 인지하였다. 한편, P1의 경우에는 많은 학생들이 본인의 사전 경험에 기초하여 현상을 해석한다는 것을 알아냈다. P1은 학생들이 실제로 단색광을 물체에 비추본 경험을 떠올리거나, 또는 실제로 경험하지는 않았지만 본인의 지식구조를 바탕으로 그럴 것이라고 추측하는 데서 오개념을 갖게 된다고 설명하였다. 위의 응답을 종합해보면, 예비교사들은 학생들이 다양한 종류의 오개념을 갖고 있으며, 교사, 교과서, 본인의 사전 경험 등을 통해 오개념을 형성한다는 점을 직접 체험하였음을 알 수 있다.

## 2. 오개념을 교정하기 위한 교수전략에 대한 지식의 정교화

중고등학생들의 물리 오개념의 양상과 그 원인을 파악한 참여 교사들은 학생의 오개념을 과학적 개념으로 교정할 수 있는 교수전략을 마련하고자 하였다. 이들은 선행연구들(예: Hashweh, 1986; Kim & Kwon, 1995; Posner *et al.*, 1982)에서 언급한 바대로 단순히 과학 지식을 전달하는 것만으로 오개념을 과학적 개념으로 전환할 수 없다고 판단하고, 이를 위한 방법을 다각도로 살펴보았다. 예비교사들은 먼저 오개념을 교정하기 위한 방법으로 그 선행연구들을 참조하여 학생들의 선개념과 과학적 지식 간에 인지갈등을 일으킬 수 있는 방법을 찾아보았다.

저는 자기에 대한 파트를 맡았는데, 자기에 대해서 이제 고무 자석이라는 예를 들었어요. "전기가 안 통하면 자기가 통하지 않는다", "자성을 띠지 않는다", 이게 오개념이거든요. 이걸 고쳐줄 방안을 생각하다가 제가 고무자석을 생각해 냈어요. 오개념을 해결할 방안을 찾기 위해서 학생들에게 가시적으로 보이는 거를 사례를 들어야 되는 것 같아요. 약간 과학의 개념이 추상적인 것들인데, 추상적인 개념을 실제랑 연결을 시키는 게 (필요하고). (P7)

P7은 고등학생들이 "전기가 통하지 않으면 자성을 띠지 않는다"는 오개념을 과학적 개념으로 대체할 수 있도록 전기는 통하지 않지만

자성을 띠는 고무자석을 활용할 것을 제안하였다. 이는 교수가 "무게 중심은 항상 물체 내부에 존재한다"는 역학 분야의 오개념을 교정하기 위해 도넛을 예로 들어 설명한 것에 착안한 것이었다. 한편, 주요 오개념이 무엇인지 학생들에게 직접 언급하여 제시하는 것을 수업전략으로 제시한 경우도 있었다. P6은 오개념이 한 번 생기면 쉽게 바뀌지 않는다는 점을 들어 "애들아 이거 조심해. 여기서 이렇게 생각할 수도 있지? 하지만 이렇게 생각하면 안 되고 이렇게 생각해야 하는 거야."와 같이 불완전한 개념을 학생들에게 설명함으로써, 오개념을 예방하고 올바른 개념 습득에 대한 방향성을 제시하고자 하였다. 더불어 예비교사들은 오개념을 교정하기 위한 중요한 전략으로 학생들의 오개념에 주의를 기울이고 지속적인 관심을 갖는 것을 꼽았다.

만약에 내가 교사가 되면 애들이 가질 수 있는 오개념에 대해서 주의 집중해서 계속 관심을 기울이지 않으면 그냥 넘어갈 수 있겠다는 생각을 했어요... 잘 모른 상태에서 가르칠 수 있어요 얼마든지. 그냥 아는 척하면서 가르치고 애들이 잘 배우든 못 배우든 간에. 그리고 (교생을 다녀오니) 제가 잘 모를수록 애들 잘 아는지 모르는지는 무시하고 빨리 빨리 나가려고 하고 더 관심을 안 기울이게 되더라고요. 근데 진짜 선생님이 됐을 때, 선생님이 진짜로 애들 오개념 관심 기울이지 않고, 자기가 알아서든 몰라서든 자기 독단적으로 나가면 오히려 안 가르치는 것 보다 못할 수도 있잖아요. (P3)

보통 선생님들이 학교에서 애들이 오개념을 가지고 있다 해도 그거(오개념)에 대해서 해결 하려고 애를 쓰지 않잖아요. 그냥 지식을 전달하고 평가하고 이게 다잖아요. 평가하는데 피드백이 별로 없는데, 평가 한 후에 이제 피드백을 해서 오개념을 개선시켜줘야 될 것 같았어요. (P11)

P3과 P11은 학생들의 과학 지식수준을 평가한 후, 학생들의 오개념을 올바른 과학 지식으로 대체할 수 있도록 학생의 오개념에 지속적인 관심을 갖고 피드백 제공과 같은 적극적인 노력을 해야 한다는 입장을 밝혔다. P3의 경우 초등학교로 교생을 다녀온 본인의 교수경험을 살려 학생들의 오개념을 주의 깊게 관찰할 필요가 있음을 피력하였으며, P11은 교사가 지식 전달에 초점을 두기 보다는 학생들의 개념 이해 수준을 파악하고 오개념에 민감하게 반응해야 한다고 주장하였다. 이외에도 탐구 실험을 통해 스스로 실험을 수행하여 결과를 얻고 해석하는 연습하기, 우리 주변에서 볼 수 있는 현상에 비유하여 설명하기 등이 교수전략으로 제시되었다. 참여 교사들은 동료들과 함께 본인들이 제시한 교수전략에 대해 서로 공유하는 시간을 가졌다. 예비교사들은 교수에 대한 실제적 경험이나 이해가 부족하기 때문에, 제시한 수업 전략의 구체성이나 효율성 측면에서는 다소 불충분한 점이 있었다. 그러나 적어도 이들은 공유의 과정을 통해 그 점에 대해 인식하기 시작하였으며, 동료들과 이야기를 나누면서 교수 전략을 정교화해보는 경험을 하였다.

## 3. 본인의 물리 내용 지식에 대한 재점검

본 연구에 참여한 예비교사들은 지난 십여 년간 학습자의 입장에서 많은 시험들을 치러왔지만, 실제 교사(또는 연구자)의 입장에서 평가 문항을 제작해본 경험은 매우 제한되었다. 특히, 본 교과목에서 개발해야 하는 오개념 측정 문항은 단순히 관련 과학 지식의 유무를 확인하기

보다는 학생들의 잘못된 물리 개념을 드러낼 수 있도록 하는데 초점이 있기 때문에 많은 어려움이 있었다. 이에, 예비교사들은 기존 연구에 사용된 오개념 검사 문항들을 풀어보고, 그것을 수정·보완하는 것을 시작으로 문항 제작에 착수하였다. 이들은 기존의 오개념 문항들을 풀어보면서 당연히 쉽게 정답을 고를 수 있을 것이라고 생각했던 본인의 예상이 엇나가는 경험을 하게 되었다.

제가 문제를 풀어보잖아요. 저는 열전도, 이 부분을 했거든요. “아이스크림을 안 녹게 하려면 솜으로 싸는 게 좋으나, 호일로 싸는 게 좋으나?” 이걸 하는데 저는 당연히 이마트에서 아이스크림 줄 때 호일 같은 걸로 싸잖아요. (그래서) 당연히 호일이라고 했거든요. 그런데 정답이 솜인 거예요. 솜이 단열이 제일 잘 되어서 (솜으로 했을 때) 제일 아이스크림이 안 녹는다 하더라고요. (P9)

P9는 어느 정도 확신을 갖고 문제를 풀었으나, 찬 물체를 차가운 상태로 유지하는 데 필요한 물질을 고르지 못했다. 오히려 솜은 보온에 유리한 물질이므로 차가운 아이스크림을 녹지 않도록 하는 데 불리할 것이며, 일상에서 사용되는 호일과 유사한 재질의 아이스크림 보관용 폼이 보온에 유리할 것이라 보았다. 즉, 열전도가 낮은 물질이 차가운 물체를 찬 상태로 유지하는 데 도움이 될 것이라 생각하지 못했다. P9는 “아이들의 오개념을 수정해준다고 하면서, 실제 그 오개념을 제가 가지고 있었던 거예요.”라며, 본인이 교사로서 정확한 개념을 모르고 있었다는 데 당황했던 경험을 이야기 하였다. 이와 같은 응답은 다른 예비교사들에게서도 나타났다. P1과 P11은 대학에서 심화 물리 과목을 배웠기에 고등학교 수준의 물리는 상대적으로 쉽다고 생각했으나, 문제를 풀면서 정답을 선택하는 데 어려움을 겪었다고 솔직히 고백하였다. P6 역시 본인의 물리에 대한 이해가 부족함을 알게 되었으며, “교사가 되었을 때 내가 오개념을 학생들에게 전달할 수도 있겠구나”라는 생각에 다소 두려웠다고 응답했다.

이러한 경험을 바탕으로 예비교사들은 문항을 수정·보완해가면서 물리 내용 지식을 재차 점검해나갔다. 이들은 기존 연구와 교과서 등을 참고하여 개발한 문항들을 실제로 투입하기 전에 동료들과 교수자, 전공자들에게 피드백을 받아 불명확한 용어의 사용을 줄였으며, 문장의 흐름이 어색하거나 중복된 답이 등장하는 경우 문장을 수정하였다. 이 때, P2와 P3을 비롯한 예비교사들은 연구 대상과 동일한 연령대의 학생들을 섭외하여 예비 조사를 실시해보기도 하였다.

저희가 설문 두 번했거든요. 처음에 설문지를 했는데, “빛을 비추었을 때, 뒤에는 무슨 색인가요?”(라는 질문이 있었어요.) (저희는) 이거를 볼 때 검정색을 의도하고 말했는데, (어떤 학생의 답변 중에) “그 물체가 투명하면 그 빛색이 그대로 나오는 거 아닌가요?” 이런 말이 있었어요. 이거 저희가 문제를 잘못 낸 거잖아요. 이거 (물체는) 불투명한 거고, 바닥은 하얀색이라고 가정을 해야 하고. (P3)

P3과 조원들은 투명한 물체에 빛을 비추면 빛이 투과한다는 점은 알고 있었으나, 물리 문제 상황에서 고려해야 하는 여러 조건들에 대해 꼼꼼히 검토해서 문항을 제작해야 한다는 점도 알게 되었다. 이처럼 예비교사들은 여러 번의 수정을 거친 후에야 문항의 완성도를 높여나갔다. 문항에서 묻고자 하는 바가 분명하게 드러나지 않거나, 문제를 해결하는 데 필요한 조건이 주어지지 않은 경우도 있었으며, 문항의

정답이 복수인 경우도 존재하였다. 예비교사들은 문항을 지속적으로 수정하면서 본인의 물리 지식을 확인하고, 필요한 내용은 찾아가면서 보충해 나갔다.

일부 예비교사들은 설문조사나 인터뷰를 수행한 후에 연구에 참여한 학생들로부터 정답과 그 이유에 대한 설명을 요청받기도 하였다. 한 예로 P12는 고등학교 한 반 전체를 대상으로 문제에 대한 해설을 진행하였다.

식이나 문제가 아니고 원리를 설명해야 되는 입장에서 되게 힘든 거예요. 그래서 이거를 되게 버벅대고 제대로 설명을 못했어요. 애들이 “이거 왜 그런 거예요? 이거 왜 정답이 아니예요?” 하는데 설명을 못하겠는 거예요. (P12)

P12는 질문에 대한 설명을 준비하지 못해 난감했던 당시 상황을 떠올렸다. 물리 공식을 이용하여 문제를 풀고 정답을 맞히는 데 익숙한 P12에게 개념을 자세히 설명하는 것은 어려운 일이었다. 학생들의 질문에 난색을 표한 것은 다른 예비교사들도 마찬가지였다. 다음 P7의 응답에서도 잘 드러났다.

전자기학 파트가 있었거든요. 그 과목이 있었는데 되게 어려운 것들을 배우잖아요, 계산하는 것을 배우고, 고등학교 때도 되게 어려운 것들을 배우는데 자기란 무엇인가에 대한 개념이 없더라고요. 큰 그림, 이런 것도 몰랐구나 생각이 되고 그런 근원적인 것들을. (중략) ‘이제 머리에 자기에 대한 개념이 없었구나, 이런 것도 물리 교육과 인데 모르는구나.’ 생각이 들었어요. (P7)

P7은 본인의 내용이해가 충분하지 못함을 깨닫고, 물리학 교재를 찾거나 전공자에게 관련 내용을 묻는 등 적극적인 태도를 보였다. P5도 “제가 생각하기에도 귀찮을 정도로 교수님께 질문했어요”라고 하면서, 내용에 대한 이해를 높이기 위해 노력했음을 표현하였다. 다른 예비교사들도 이전에 수강한 강의를 되짚어 보거나 책과 인터넷으로 찾아보고, 동료들에게 물어보는 등의 노력을 보였다. 이 과정에서 교사가 갖추어야 하는 내용 지식의 중요성에 대해 절실히 느꼈다.

(대학에서) 일반 물리학, 고급, 첨단물리까지 하잖아요. 그런데 이런 것(심화 물리) 까지 해야 하나? 임용보고 나면 애들한테 가르치는 건 쉬운 물리인데, 우리가 그걸 어떻게 하면 더 잘 가르치는지를 배우는 게 맞지, 이렇게 전공을 자연대 애들까지 깊게 파야 되나? 라는 생각을 했었어요... (그런데) 막상 이렇게 (오개념을 조사)하다 보니 (물리 내용을) 정말 세세하게 깊이 파고 들어가야 하는 거예요. (P4)

어떻게 보면 시험(임용고사)을 봐서 통과를 해야 교사가 되는 거긴 하지만, 정말 문제만 풀 줄 알죠. 정확한 개념보다는. 애들을 위해서, 오개념을 분석을 하는 것도 있지만 자기 스스로를 위해서 개념을 조금 더 확실하게 알아야지 더 잘 가르칠 수 있을 것 같아요. 원래 더 확실하게 아는 내용이면은 무슨 질문이 들어와도 어떻게 되는데(대처할 수 있는데), 근데 내가 거기에 대해 알고 있지 못하면 당황할 수 있으니까. (P10)

선행 연구들 (예: Magnusson *et al.*, 1999; Park & Oliver, 2008; Stengel, 1997).에서 과학교사의 내용 지식에 대한 중요성을 언급했던

것과 유사하게, 본 연구에 참여한 예비교사들도 연구 경험을 통해 과학 교사가 갖추어야 하는 내용지식의 중요성과 그것이 교사의 전문성과 밀접하게 연관됨을 깨닫게 되었다.

#### 4. '연구자로서의 교사' 역할의 필요성 인식

대부분의 예비교사들은 학생들의 물리 오개념을 조사한 연구 경험에 매우 긍정적인 반응을 보였다. "이론을 하나 정해서 발표하는 기존의 수업과 달리 (오개념을) 스스로 찾아내고 해결 방안도 제시하고 수업을 어떻게 할지 생각해보는 기회가 되었어요"(P8), "줄긋고 밑줄치고 동그라미 치는 수업이 아니라 직접 발로 뛰고 진짜 대학생이 된 기분이었어요"(P9)와 같은 예비교사들의 응답은 이를 잘 뒷받침한다. P13은 연구에 대한 생각의 변화를 다음과 같이 설명하였다.

그 전에는 제가 직접 하는 것에 대해서 되게 거부감을 가지고 있었거든요. 움직이는 것도 귀찮고 그랬는데... 또 답이 정해져 있는 연구를 하면은 그게 결과랑 안 맞으면 굉장히 불안해지고 맞추려고 자료를 조작하거나 그런 일이 생겼어요. 근데 이거는 정해지지 않은 결론을 저희가 도출하는 거니까 '아, 이런 식으로 애들이 생각하는구나.' 알 수 있어서 좋았어요. (P13)

P13과 같이 연구에 익숙하지 않은 예비교사들이 직접 문항을 제작하고 학교에 설문을 부탁하여 자료를 수집하며 오개념의 원인을 분석하는 과정은 쉽지 않다. 그러나 학생들의 물리 오개념을 직접 알아보고 이를 통해 본인만의 결과를 얻어냈다는 성취감, 이론으로는 접하지 못했던 학생들의 다양한 생각을 알아볼 수 있었던 경험 등을 매우 의미 있게 평가했다. 예를 들어, P12도 "지금까지는 중간고사 봤으면 그냥 채점하고 평균 몇 점이고, 어떤 게 난이도가 높아서 많이 틀렸었고 이런 것만 체크했지, 왜 1번에 이거를 선택했는지는 분석하지 않았잖아요"라고 하면서, 연구 과정을 통해 생생하고 실제적인 지식을 습득했다는 점을 매우 가치 있게 보았다.

연구 시작 전 예비교사들은 '연구자로서의 교사'라는 개념에 대한 인지도가 낮았으며, 이론을 통한 지식 습득에 익숙하였기에 연구에 대한 부담감과 걱정이 컸다. 처음에는 대다수의 예비교사들이 연구를 교수, 연구원들만 하는 것으로 생각하거나 실험과 같은 이공계의 연구만을 떠올렸기 때문에, 전문가가 아닌 본인들이 연구를 진행할 수 있을지에 대한 확신을 갖지 못했다. 그러나 연구 경험을 통해 교사들도 연구를 통해 지식을 생산하는 주체가 될 수 있다는 점에 대해 주목하게 되었다.

연구나 조사하는 게 너무 막연하기도 하고 되게 힘든 작업 같잖아요. 개인적으로 우리가 몇 명씩 모여서 하기에는 표본도 많아야 되고, 몇 천 명, 몇 만 명씩 되어야 될 것 같은데 생각보다 친근하게 다가왔던 것 같아요. 이거 우리도 하면서 우리도 할 수 있구나, 생각보다 괜찮구나 하는 생각도 들었고요. (P11)

연구라는 것을 연구자나 아니면 대학이나 높은 정책적인, 학문적인 그런 일을 하시는 분들만 연구를 한다고 생각할 수 있지만 사실 교사가 표본 구하기는 더 쉬워요. 교사가 자기 반이나 가르치는 애들한테 표본 구하는 건 정말 쉽고, 교사들이 자기 의지를 가지고 연구를 해가지고 그 결과를

바탕으로 자기 수업을 구성한다면 훨씬 발전적인 방향이 될 수 있고 즉각적인 반응이 될 수 있겠죠. 현장에 있는 건 교사니까, 그것을 바로 적용할 수 있는 것도 '나니까, 교사가 의지를 갖는 게 중요할 것 같고 의미 있다고 생각해요. (P3)

'연구'라는 단어가 어렵게만 느껴졌던 P11은 학생들의 물리 오개념 조사를 통해 예비교사들도 특정 주제에 대한 연구를 수행할 수 있음을 알게 되었다. 나아가 P3은 학생을 직접 가르치는 교사가 학생들의 문제점이나 요구사항을 파악하기 쉽기 때문에 교사로서 연구를 수행한다면 학생을 이해하여 가르치는 데 실질적인 도움이 될 것으로 보았다. 교사가 학생을 대상으로 연구하는 것이 교사와 학생 모두를 위한 발전적인 교수학습을 이끌어낸다는 것이다. 이는 예비교사들이 교사로서의 연구의 중요성과 필요성을 깨닫기 시작했음을 의미한다. 따라서 예비교사들에게 배우는 사람으로서의 연구였던 이번 경험이 교사로서의 연구의 시작점이 되는 동시에, 지속적으로 연구를 진행할 수 있는 촉진제가 될 것이라 기대한다.

#### IV. 논의 및 제언

본 연구에서는 예비 과학교사들의 중 고등학교 또는 대학생들이 갖고 있는 물리 오개념에 대한 이해와 이에 대한 교수학습 전략에 대한 지식을 높이고자 직접 학생들의 오개념을 탐색해보는 연구 경험의 기회를 제공하였다. 이는 '연구자로서의 교사'의 개념을 도입한 것으로, 예비교사들은 연구계획을 수립하는 것부터 설문 문항을 구성하고 오개념의 양상과 원인을 파악하는 것까지 주체적으로 연구를 수행하였다. 현재 교과교육론에서 학생들의 선개념이나 오개념, 개념 교환 전략이나 모형을 이론으로 학습하고 있으나, 예비교사는 물론 초임교사를 비롯한 현직교사들도 여전히 학생들이 갖고 있는 오개념이 무엇인지, 오개념을 갖게 되는 원인이 무엇인지 알지 못하는 경우가 많다 (Berg & Brouwer, 1991; Jang, 2009). 또한 오개념에 대해 인식하고 있더라도 이를 적용한 수업전략을 마련하는 데에 여전히 어려움을 겪고 있다 (Gomez-Zwiep, 2008; Meyer, 2004). 본 연구에서 예비교사들은 스스로 문제를 탐색하고 이를 해결해나가는 연구의 과정을 수행하였으며, 이 경험은 다음과 같은 긍정적 효과를 나타냈다. 첫째, 예비교사들이 직접 학생들을 만나 설문조사를 하고 인터뷰를 수행하면서 학생들이 갖고 있는 주요 오개념들의 특징과 원인에 대한 실제적 지식을 함양하는 데 도움을 주었다. 둘째, 오개념을 과학 지식으로 대체하기 위한 교수전략을 마련하고, 다른 동료와 마련한 교수전략을 평가함으로써 오개념 교수전략에 대한 이해가 증진되었다. 셋째, 연구 경험을 통해 예비교사들은 교사가 갖추어야 하는 내용 지식의 중요성을 깨닫게 되었으며, 이를 통해 본인의 물리 내용 지식을 재점검하는 계기가 되었다. 마지막으로, 예비교사들은 연구자로서의 교사 역할의 필요성을 깨닫게 되었다. 일반적으로 교사의 지식은 행위 중 반성(reflection-in-action) 또는 행위에 대한 반성(reflection-on-action)의 교수 경험을 통해 여러 해에 걸쳐 발달하는 것으로 알려졌다(Schön, 1983, 1987). 따라서 이론적으로만 학습하고 중 고등학생을 직접 가르쳐본 경험이 부족한 예비교사들이 학생의 과학 이해에 대한 실제적인 지식을 습득하는 것은 쉽지 않은 현실이다. 연구 경험의 제공은 이에 대한 하나의 대안으로서 제안될 수 있겠다.



나아가, 예비교사 교육에 있어 연구자로서의 교사의 개념을 보다 확대 적용시킬 필요가 있다. 대부분의 선행 연구들은 현장 교사들이 본인의 학생들을 대상으로 연구를 진행하여 교사로서의 신념을 강화하고 학생에 대한 이해를 높임으로써 수업을 개선하는 데 도움이 되었다고 밝히고 있다. 즉, 현장 교사들을 대상으로 한 연구들은 대부분 교사들의 전문성을 함양하는데 초점을 두고 있으나, 예비교사를 대상으로 한 연구 경험은 이러한 실제적 지식을 함양하는 것 이외의 교육적 효과도 기대해 볼 수 있다. 예를 들어, 본 연구의 예비교사들은 연구 경험을 통해 교사의 역할, 학생들에 대한 이해를 높였을 뿐만 아니라 연구 수행에 대한 성취감도 느낄 수 있었다. 여러 가지 진로를 고민하는 예비교사들에게 연구 수행 경험은 과학교사뿐만 아니라 과학이나 과학 교육 관련 연구 분야 등으로의 진출도 고려해 볼 수 있는 기회를 제공할 수 있다. 실제 예비 과학교사를 대상으로 한 자연과학에 대한 연구 경험을 제공한 Lee *et al.* (2009)의 연구를 살펴보면, 예비교사들은 연구 경험을 통해 자신의 적성을 확인하고 진로에 대해 보다 적극적으로 고민하는 것을 알 수 있다. 과학 교육 분야에 대한 연구 경험도 유사한 교육적 효과를 가져올 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서 예비 과학교사들은 연구 경험을 통해 학생들이 갖고 있는 오개념에 대해 파악한 뒤 이에 대한 교수학습 방안을 마련하고 동료와 서로 평가함으로써 오개념 교수학습방법에 대한 이해를 높였으나, 실제로 중·고등학교 과학 수업에 적용해보는 기회는 갖지 못했다. 예비교사들도 본인들이 제시한 교수전략을 실제 현장에 적용하여 효과를 검증하지 못한 것을 아쉬운 점으로 지적했다. Jang (2009)과 Park *et al.* (2010)이 주장한 바와 같이, 오개념 교수전략을 단순히 제시하는 데 그치지 않고 실제로 수업을 설계하고 적용해보는 실천적인 방안이 마련될 필요가 있다. 하나의 방법은 예비교사를 위한 방법론 수업을 현장 교사들과 연계하여 운영하는 것이다. 현재 연구년을 수행하고 있는 현장 교사나 수석 교사 등을 적극 활용하여 예비교사들이 수행한 연구 결과를 현장 교사들과 공유하고, 예비교사들은 실제적인 교수학습방법을 마련하는데 현장 교사들의 전문성을 활용할 수 있다. 이러한 연계는 현장 교사들도 연구자로서의 역할을 수행할 필요성이 있다는 것을 인식하게 하는 데에도 큰 도움이 될 수 있을 것으로 기대된다.

## 국문요약

본 연구에서는 중·고등학생의 물리 오개념에 대한 예비 과학교사의 이해를 높이기 위해 ‘연구자로서의 교사(teacher as researcher)’의 개념을 적용하여 방법론 강의를 구성하였다. 예비 과학교사들에게 학생들이 갖는 오개념을 직접 조사하고 분석하는 연구를 수행하도록 함으로써 학생들의 물리 오개념에 대한 이해를 높이고 교사로서의 역할을 생각해보는 기회를 제공하고자 하였다. 연구 대상은 3, 4학년의 예비 물리 교사 25명이며, 예비교사들은 학생들의 선개념과 오개념에 대한 기본적인 내용과 과학 학습 이론에 대해 학습한 후, 관심 있는 물리학 분야를 선택하여 오개념 조사를 위한 문항을 제작하였다. 설문을 실시하는 것부터 오개념의 양상과 원인을 분석하는 것까지 연구 과정을 거쳤으며, 조사에서 나타난 오개념을 교정하기 위한 교수 전략도 마련하였다. 본 연구에서는 오개념 조사를 진행한 예비교사와의 개별 면담을 주 자료로 사용하였으며, 수업 관찰에서 작성한 연구노트와 예비교

사들의 최종 보고서를 보조 자료로 이용하였다. 면담의 전 과정은 녹음한 후 전사하여 자료 분석에 이용하였다. 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 연구 경험은 예비교사들에게 학생들에게서 나타나는 물리 오개념의 종류와 양상, 형성 원인을 확인하는 계기가 되었으며, 둘째, 연구 경험은 예비교사들에게 학생들의 오개념을 교정하기 위한 적절한 교수전략에 대한 지식을 정교화하는 계기가 되었다. 셋째, 문항을 개발하고 과학적 개념을 설명하는 과정에서 본인의 물리 내용 지식을 재점검하였으며, 넷째, 본인 스스로를 되돌아봄으로써 연구자로서의 교사 역할의 필요성을 깨닫게 되었다.

**주제어:** 예비 과학교사, 물리 오개념, 연구 경험, 연구자로서의 교사

## References

- Anderson, R. D., & Mitchener, C. P. (1994). Research on science teacher education. In D. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 3-44). New York, NY: Macmillan.
- Berg, T., & Brouwer, W. (1991). Teacher awareness of student alternate conception about rotational motion and gravity. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(1), 3-18.
- Bisard, W., Aron, R., Francek, M., & Nelson, B. (1994). Assessing selected physical science and earth science misconceptions of middle school through university preservice teachers: Breaking the science misconception cycle. *Journal of College Science Teaching*, 24(1), 38-42.
- Churcher, K. (2007). From the bottom up: Researching in the classroom. *Education Canada*, 47(3), 64-66.
- Cochran-Smith, M., & Lytle, S. (1993). *Inside/outside: Teacher research and knowledge*. New York, NY: Teachers College Press.
- Díaz, M. R., Trujillo, L. A. G., & Rodríguez, M. (2013). Misconceptions of mexican teachers in the solution of simple pendulum. *European Journal of Physics Education*, 4(3), 17-27.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science: Research into children's ideas*. New York, NY: Routledge.
- Duit, R. (1993). Research on students' conceptions-developments and trends. *Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*, Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Fosnot, C. (1996). *Constructivism: Theory, perspective and practice*. New York, NY: Teachers College Press.
- Frederik, I., Der Valk, T. V., Leite, L., & Thorén, I. (1999). Pre-service physics teachers and conceptual difficulties on temperature and heat. *European Journal of Teacher Education*, 22(1), 61-74.
- Gomez-Zwiep, S. (2008). Elementary teachers' understanding of students' science misconceptions: Implications for practice and teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, 19(5), 437-454.
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York, NY: Teachers College Press.
- Guzzetti, B. J. (2000). Learning counter-intuitive science concepts: What have we learned from over a decade of research? *Reading & Writing Quarterly*, 16(2), 89-98.
- Halim, L., & Meerah, S. M. (2002). Science trainee teachers' pedagogical content knowledge and its influence on physics teaching. *Research in Science and Technological Education*, 20(2), 215-225.
- Hammer, D. (1996). More than misconceptions: Multiple perspectives on student knowledge and reasoning, and an appropriate role for education research. *American Journal of Physics*, 64, 1316-1325.
- Hamza, K. M., & Wickman, P. O. (2008). Describing and analyzing learning in action: An empirical study of the importance of misconceptions in learning science. *Science Education*, 92(1), 141-164.
- Han, S., Kang, S., & Noh, T. (2010). Preservice elementary school teachers'



- awareness of students' misconceptions about science topics. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 29(4), 474-483.
- Hashweh, M. Z. (1986). Toward an explanation of conceptual change. *European Journal of Science Education*, 8(3), 229-249.
- Jang, M. (2009). Elementary teachers' understandings and instructional strategies on students' science misconceptions. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 28(4), 425-439.
- Jang, M. (2010). Preservice elementary teachers' understandings of children's science misconceptions. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 29(1), 32-46.
- Kim, B., & Kwon, J. (1995). The Influence of the types of scientific concepts and the patterns of cognitive conflict on the change of students conceptions. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 15(4), 472-486.
- Lee, I., Choi, K., Hahn, I., Kim, S., & Lee, H. (2009). The effect of pre-service science teachers' experiences in nuclear physics research on their understanding of scientific inquiry process and career planning. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 29(5), 541-551.
- Liston, D. P., & Zeichner, K. M. (1990). Reflective teaching and action research in preservice teacher education. *British Journal of Teacher Education*, 16(3), 235-254.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borke, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95-132). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Marion, R., Hewson, P. W., Tabachnick, B. R., & Blomker, K. B. (1999). Teaching for conceptual change in elementary and secondary science methods courses. *Science Education*, 83(3), 275-307.
- Meyer, H. (2004). Novice and expert teachers' conceptions of learners' prior knowledge. *Science Education*, 88(6), 970-983.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Park, J., Han, S., & Noh, T. (2010). Secondary science teachers' awareness and perceptions of students' misconceptions about the particulate nature of matter. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 30(1), 42-53.
- Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261-284.
- Park, Y. (2012). Pre-service chemistry teachers' awareness of middle school students' misconceptions and their perceived educational needs. (Unpublished master's thesis). Seoul National University, Korea.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. New York, NY: Basic Books.
- Schön, D. A. (1987). *Educating the reflective practitioner: Toward a new design for teaching and learning in the professions*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Smith, K., & Sela, O. (2005). Action research as a bridge between pre-service teacher education and in-service professional development for students and teacher educators. *European Journal of Teacher Education*, 28(3), 293-310.
- Song, J., Kim, I., Kim, Y., Kwon, S., Oh, W., & Park, J. (2004). A map of students' misconceptions in Physics. Seoul, Korea: Bookshell.
- Stengel, B. S. (1997). "Academic discipline" and "school subject": Contestable curricular concepts. *Journal of Curriculum Studies*, 29(5), 585-602.
- Tamir, P. (1988). Subject matter and related pedagogical knowledge in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 4(2), 99-110.
- van Zee, E. H. (1998). Preparing teachers as researchers in courses on methods of teaching science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 791-809.
- Yoon, H. (2011). Pre-service elementary teachers' exploration of children's science ideas. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 31(2), 164-180.