

학생의 과학 개념에 대한 초등 예비교사의 교육적 추론

윤혜경

(춘천교육대학교)

Pre-service Elementary Teachers' Pedagogical Reasoning about Students' Science Ideas

Yoon, Hye-Gyoung

(Chuncheon National University of Education)

ABSTRACT

Ability of understanding students' ideas and thinking is critical to teachers' professional growth. In this study, 'pedagogical reasoning' was conceptualized as teachers' reasoning ability of students' misconceptions and possible causes of misconceptions when they hear and observe students' science discourses. To investigate elementary pre-service teachers' pedagogical reasoning levels, children's science discourses on light reflection and electric circuit were video recorded and 43 pre-service elementary teachers were asked to identify children's misconceptions and possible causes of misconceptions after watching the video clips. In conclusion, pedagogical reasoning levels of pre-service elementary teachers were not high enough, showing significant difference in light reflection and electric circuit. Possible explanations of this difference and educational implications were discussed.

Key words : pre-service elementary teachers, pedagogical reasoning, misconceptions

I. 서 론

지난 반세기 동안 과학교육 분야의 많은 연구들은 학생들이 정규 학교 학습 이전에도 과학적 개념과 다른 다양한 개념들을 가지고 있으며, 이것이 교수 학습 결과에 중요한 영향을 미친다는 것을 보여주었고 교사가 학생의 생각을 주의 깊게 탐색하고, 이에 기초하여 가르치는 것은 기본적인 과학 교수 학습의 원리가 되었다(Bransford *et al.*, 1999; Driver *et al.*, 1994).

교사가 학생의 생각을 '주의 깊게 탐색하는 것'은 최근 강조되고 있는 형성평가 혹은 상시평가와도 관계된다. 총괄평가는 일정 기간 학습을 지도한 후, 특정 시점에서 학생의 성취 수준을 보고하기 위한 '학습에 대한 평가(Assessment of learning)'이다. 반면, 형성평가는 학습이 진행되는 동안 실시

하는 평가로서 학습이 의도한 교육목표에 부합하게 잘 진행되고 있는지를 점검하고, 학생들에게 적절한 피드백을 제공하기 위한 '학습을 위한 평가(Assessment for learning)'라고 할 수 있다. 200개 이상의 연구 논문을 메타 분석한 결과(Black & Wiliam, 1998)에 따르면 수업에서 형성평가를 강조했을 때, 학생의 성취도 특히 성취 수준이 낮은 학생의 성취도가 매우 효과적으로 증진되었으며, 이것은 학급당 학생 수나 다른 변인을 변화시키는 것에 비해 훨씬 효과적이었다.

그러면 교사는 어떻게 효과적으로 학생들의 사고를 알 수 있는가? 혹은 어떻게 교수 학습 과정에서 효과적으로 형성평가를 실행할 수 있는가? 형성평가를 위해서는 특정한 시간에 지필평가를 하는 것보다 일상적인 교수 학습 활동에서 여러 가지 평가 방법을 조합하여 사용하는 것이 권고

이 논문은 2014년도 춘천교육대학교 교내 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

2015.1.14(접수), 2015.2.13(1심통과), 2015.2.26(최종통과)

E-mail: yoonhk@cnu.ac.kr(윤혜경)

되고 있다. 프로젝트, 포트폴리오, 저널, 학생과의 대화 등이 이러한 방법에 포함된다. 수업 중 학생들의 실험 과정을 관찰하는 것, 소집단 토론이나 교사의 질문에 대한 답에 귀를 기울이는 것 등이 그 예가 될 것이다. 그러나 교사들이 학생의 소그룹 활동을 주의 깊게 관찰하거나 그들의 토론을 열심히 경청한다고 하더라도 학생의 사고에 대해 잘 알게 될 것이라고 단언할 수는 없다. 학생들이 말하고 행하는 것을 통해 학생들의 생각을 ‘알아 차리거나 이해하는 것’은 감각기관을 활용해 단순히 ‘보고 듣는 것’ 이상이기 때문이다. 교사는 자신의 경험과 지식을 바탕으로 학생들의 말과 행동을 선택적으로 해석하거나 평가하게 될 것이다.

요컨대 형성평가는 학습 지도를 개선할 수 있는 잠재력이 있는 것으로 여겨지지만, 이것은 교사가 학생의 사고에 대해 적절한 이해를 쉽게 할 수 있다는 것을 기본 전제로 한다. 그러나 과학교육, 수학교육 분야의 최근 연구들은 교사들이 학생의 사고를 이해하는 능력이 부족하다는 것을 보여준다(Kazemi & Franke, 2004; Nicol, 1999; Wallach & Even, 2005). 교사 자신이 교과목 내용을 이해하는 방식, 학생을 대하는 방식이 학생을 평가하는데 중요한 영향을 미치고(Ball, 1997) 교사 개인의 사회적, 문화적 역사에 따라 학생의 산출물을 평가하는 것이 달라질 수 있다(Morgan & Watson, 2002). Wallach and Even (2005)은 학생들이 수학 문제를 푸는 과정을 비디오로 녹화하고, 교사가 이것을 관찰하도록 하였는데, 교사는 학생들이 말하는 것의 의미를 확대해서 듣거나, 의미를 축소해서 듣기도 하며, 일부 빼놓고 듣거나, 편향적으로 듣기도 하였다. 이것은 학생들의 사고 과정이나 사고 내용을 적절하게 파악하는 것이 교사들에게 쉽지 않은 것임을 보여준다.

과학교육 분야에서 학생의 사고에 대한 교사의 이해를 다룬 국내 연구를 살펴보면 교사의 지식이나 인식 수준을 연구한 것이 대부분이다. 예를 들면 오개념의 뜻과 오개념 교정을 위한 수업 전략에 대하여 초등 예비교사들이 어느 정도 이해하고 있는지 설문을 통해 그들의 지식수준을 조사하거나(Jang, 2009; Jang, 2010), 초등 예비교사들이 초등학생의 오개념 유형과 비율에 대해 얼마나 잘 알고 있는가를 역시 설문을 통해 조사한 연구(Han et al., 2010)가 있다. 그러나 교사나 예비교사가 어떻게 학

생들의 생각을 이해하고 평가하는지 그 과정에 대한 분석적 연구는 시도되지 않았다.

본 연구에서는 교사가 학생들의 사고를 이해하고 해석하는 능력과 관련하여 ‘교육적 추론(pedagogical reasoning)’이라는 용어를 도입하여 사용하고자 한다. 원래 이 용어는 Shulman(1987)과 Wilson et al.(1987)에 의해 처음 사용되었다. 교사는 과학을 가르치기 위해 과학 내용 지식, 교육과정에 대한 지식, 학생에 대한 지식을 사용해서 수업에 대한 의사결정을 할 수 있어야 한다. Wilson et al. (1987)은 이러한 의사결정 과정을 교육적 추론의 여섯 단계 모델로 제안했다(이해, 적용, 지도, 평가, 반성, 새로운 이해). 이러한 모델의 기본 가정은 가르치는 과정은 교사가 인지적으로 이해하고, 추론하고, 적용하고, 평가하고, 반성하는 과정이라는 것이다. 즉 ‘교육적 추론’이라는 용어는 교수 학습 과정을 교사의 합리적 의사결정 과정으로 바라보는 관점에 근거하며, 교사 전문성을 논의할 수 있는 주요 개념이 될 수 있다.

최근에 Buxton et al.(2013)의 연구에서도 ‘교육적 추론’이라는 개념이 사용되었다. Buxton et al.(2013)은 교육적 추론은 교육적 내용지식(pedagogical content knowledge; Shulman, 1987), 학문적 내용지식(disciplinary content knowledge)과 연관되지만, 이것과는 구분되는 것이라고 주장하면서 교육적 추론을 분석하기 위한 네 가지 차원(주장의 생성, 예를 통한 주장의 정교화, 증거를 통한 주장의 정당화, 이론에 주장을 연결 지어 설명)을 제안하였다. 그들은 학생들의 과학 문제 해결 과정을 비디오로 녹화하고, 이것을 교사들이 관찰, 분석하도록 하며, 교사들의 교육적 추론 능력을 조사하였다. 이 연구 결과, 초등 교사들은 학생의 사고에 대해 증거에 기초해서 설명하기 보다는 일회적 경험을 일반화를 하는 경향이 있었으며, 영어를 모국어로 사용하지 않는 학생들의 강점은 간과하고, 부족한 점에 초점을 맞추는 경향이 있었다.

비슷한 맥락에서 ‘전문적 시각(professional vision)’이라는 용어도 제안되어 사용되고 있다. Sherin(2007)은 교사가 학생의 사고에 주목하고, 이것을 이해하는 방식과 관련하여 ‘전문적 시각’이라는 개념을 제안했는데, 간단히 말하면 교사의 전문적 시각은 ‘수업에서 일어나는 상호작용의 중요한 특징을 알아차리고 이것을 해석하는 능력’이라고 할 수 있다.

‘전문적 시각’의 두 가지 하위요소는 ‘선택적 주목(selective attention)’과 ‘지식에 근거한 추론(knowledge-based reasoning)’이다. ‘선택적 주목’은 교사들이 수업의 어떤 순간에 주의를 기울이는가에 대한 것이다. 수업은 복잡한 환경이며, 많은 일들이 동시에 일어난다. 교사는 이 복잡한 상황에서 그의 주의를 어디에 두어야 할지 선택해야만 한다. ‘지식에 근거한 추론’은 교사가 알아차린 것을 자신의 지식이나 이해에 기초해 추론하는 방식을 말한다. 예를 들어 교사는 특정 사건에 대해 그의 내용 지식, 교육과정 지식, 학생에 대한 지식에 근거해 추론할 수 있다. 선택적 주목과 지식에 근거한 추론은 역동적으로 상호작용한다. 교사가 알아차리는 상호작용이 그의 추론에 영향을 줄 것이다. 또 교사의 지식과 기대가 교사에게 무엇이 부각될지에 영향을 줄 것이다(Sherin & van Es, 2009). Sherin(2007)은 교사의 추론 수준을 단순한 기술(describe), 평가(evaluate), 해석(interpret)의 세 수준으로 구분하였다. ‘기술’은 수업에서 나타난 행동에서 관찰 가능한 특징을 단순히 기술하는데 중점을 두는 것을 말하며, ‘평가’는 자신의 견해에 따라 수업에서 나타나는 상호작용의 질에 대한 판단을 하는 것이다. ‘해석’은 일어난 일에 대한 추론을 포함한다. Sherin(2007)은 교사가 학생의 사고에 더 많이 주목할수록, ‘해석’ 수준의 추론이 많을수록 교사의 전문적 시각이 증진되는 것으로 보았다.

이와 같이 교사의 추론, 교육적 추론에 대한 정의와 그 수준을 구분하는 방식은 연구자에 따라 다소 차이가 있지만, 그것에 공통적인 핵심적인 요소 중 하나는 교사가 학생의 사고를 어떻게 이해하는가이다. 추론은 일반적으로 사물이나 사건, 현상을 관찰한 결과를 논리적으로 해석하고 설명하는 과정을 의미하며, 증거가 없거나 매우 적은 경우에 만들어지는 단순한 추측과는 다르다. 따라서 교사가 학생의 사고를 단순히 추측하는 것이 아니라, 학생의 발화와 행동을 충분히 관찰하여, 증거에 기초해서 학생의 사고를 이해하고, 학생이 왜 그러한 사고를 하게 되었는지를 다양한 측면에서 설명할 수 있을 때 교사의 교육적 추론 능력이 높다고 할 수 있을 것이다.

본 연구의 주 목적은 ‘교육적 추론’에 대한 이론적 논의나 그 정의를 명확하게 하고자 하는 것은 아니다. 교사의 교육적 추론은 수업 준비와 설계,

수업 실시 과정, 수업에 대한 반성 과정에서 폭넓게 정의되고, 개념화될 수 있을 것이기 때문이다. 여기서는 ‘학생의 사고에 대한 교사의 추론 능력’이 교수 학습 과정에서 중요하며, 교사교육 과정에서 주요하게 다루어야 하는 전문성 요소가 될 수 있다는 점에 착안하여 초등 예비교사들이 학생의 과학적 사고를 어떻게 이해하는지에 국한하여 교육적 추론을 개념화하고자 한다.

본 연구에서는 초등 예비교사가 초등학생의 답화를 듣고, 학생의 오개념을 적절하게 추론할 수 있는지, 또 그러한 학생의 오개념이 생기는 다양한 원인을 추리할 수 있는지를 ‘교육적 추론’으로 개념화하고, 교육적 추론의 수준 및 이에 영향을 미치는 요인을 탐색하고자 하였다. 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

- 초등학생의 오개념 및 오개념의 원인에 대한 초등 예비교사의 교육적 추론 수준은 어떠한가?
- 초등 예비교사 자신의 과학적 개념 이해와 교육적 추론 수준 사이에는 어떠한 관계가 있는가?

II. 연구 방법 및 내용

1. 연구 대상 및 자료 수집

본 연구의 자료 수집을 위해 초등학생이 과학을 주제로 대화를 나누는 실제 장면이 비디오 클립으로 제작되었고, 초등 예비교사들은 제작된 비디오 클립을 시청한 후 개방형 설문에 답하였다. 설문에 참여한 대상은 총 43명(남자 14명, 여자 29명)이며, 교육대학에 재학 중인 과학교육 심화전공 1, 2학년 학생들이다. 이들은 아직 과학교육과 관련된 강좌를 이수하지 않았으며, 교양 강좌 중 과학과 관련된 것으로 ‘생활과 역사 속의 과학’(2학점), ‘물질과 생명현상의 이해’(2학점)를 이수한 상황이었다.

연구 과정의 개요는 Fig. 1과 같다. 먼저 초등 과학교육과정에서 다루어지고 있는 내용 중 학생의 오개념이 비교적 널리 알려져 있는 주제로 ‘빛의 반사’와 ‘전기 회로’ 두 가지 주제를 선정하고, 해당 주제에 대해 초등학생의 과학 개념을 조사할 수 있는 평가 문항을 제작하였다. 평가 문항은 현직 초등교사와의 협의를 거쳐 초등학생 수준에 적합하도록 수정, 보완하였다. 선정된 주제에 대해 교육

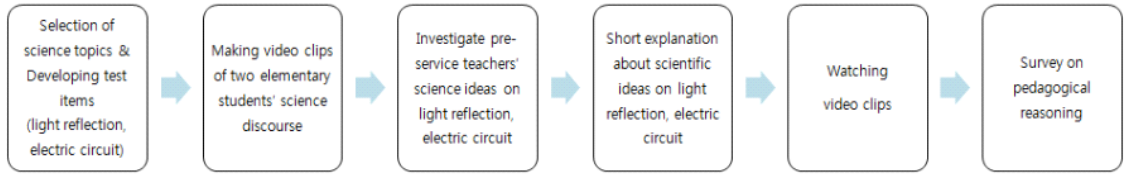


Fig. 1. Overview of research process

과정을 통해 이미 학습한 5학년 학생 중 보통 수준의 학업 성취를 보이고, 평소에 발표력이 뛰어나며 적극적인 성격을 가진 학생을 담임교사로부터 추천받았다. 이중 자원한 학생 2명이 비디오 클립을 제작하는데 참여하였다. 학생들은 주어진 문항에 대해 먼저 각자 충분히 생각해 보고, 2명이 함께 서로의 생각을 자유롭게 토론했었다. 정답을 말하기 보다는 자신의 생각을 자세히 이야기하는 것이 중요하다는 점을 설명하였고, 서로의 생각에 대해 질문하거나 토론하도록 하였다. 토론을 촉진하기 위해 “나는 물이 빛을 반사(한다고, 하지 않는다)고 생각해. 왜냐하면 ~ 때문이야.” 혹은 “나는 ()의 생각에 동의해. 왜냐하면 ~ 때문이야.” 라는 형식으로 말하도록 안내했다. 교사는 학생들이 토론을 잘 진행하지 못하면 토론 진행자의 역할을 하도록 하였다. 이 때 교사는 자신의 생각을 말해서는 안 되며, “~의 생각을 말해 볼까?”, “그럼 이제 ~에 대해서 토론해 볼까?”와 같은 식으로 토론 진행자의 역할만 담당하도록 했다. 토론의 마지막 부분에서는 각자의 생각을 그림으로 그려서 서로에게 설명하고, 토론을 마무리하도록 했다. 한 주제 당 학생들이 토론한 시간은 약 7분 정도이다.

위와 같이 제작된 비디오 클립은 초등 예비교사를 대상으로 한 설문 조사에 사용되었다. 우선 앞서 초등학생에게 제시된 것과 같은 평가 문항을 배부하고, 각 주제에 대한 예비교사의 과학적 개념을 조사하였다. 과학적 개념을 묻는 설문을 수합한 후 연구자가 문항에 대한 정답을 간단하게 설명해 주었다. 예비교사 자신이 오개념을 유지한 채 비디오 클립을 보는 것은 의미가 없기 때문이다. 이후 예비교사들이 비디오 클립을 시청하면서 주의 깊게 학생들을 관찰하고, 해당 주제에 대해 초등학생들이 어떠한 생각을 하고 있는지(어떠한 오개념을 가지고 있는지), 왜 그러한 오개념을 가지게 되었는지, 가능한 오개념의 원인에 대해 개방형 질문에 답하도록 하였다.

2. 자료 분석 방법

교육적 추론의 수준을 구분하기 위한 범주는 영역적, 귀납적 접근을 모두 활용하였다. 앞서 Sherin (2007)이나 Buxton *et al.*(2013)의 연구에서 증거에 기초하는 것이 교육적 추론 수준을 구분하는 주요한 기준이 되었으므로, 본 연구에서도 이것을 염두에 두고 자료 분석을 시작하였다. 지속적 비교방법(constant comparison method, Glaser & Strauss, 1967)을 통해 자료를 귀납적으로 분석하면서 새로운 범주가 발견되면 추가하고, 범주를 통합하거나 세분화하기도 하면서 범주들이 포화될 때까지 자료 분석을 반복하였다.

이와 같은 과정으로 학생의 오개념에 대한 예비교사의 교육적 추론을 다섯 수준으로 구분할 수 있었다(Table 1). 예비교사가 서술한 학생의 오개념이 비디오 클립을 통해 알 수 없거나, 비디오 클립에 나타난 내용과 다른 경우, 혹은 논리적 비약을 통해 과장하는 경우 가장 낮은 수준인 ‘L0. 잘못된 추론’에 해당된다. 다음 수준은 오개념을 전혀 제시하지 못하거나 단순히 초등학생의 발화를 반복 진술하고 있는 경우 ‘L1. 단순한 진술 반복’ 수준으로 보았다. 초등학생의 발화 내용이나 행동에 대한 언급 없이 오개념의 내용을 평가하고 있는 경우 ‘L2. 증거 없이 주장’하는 것으로 구분되며, 학생의 발화나 행동에 근거해서 오개념을 파악하고 있는 경우 ‘L3. 증거에 기초한 부분적 해석’이나 ‘L4. 증거에 기초한 종합적 해석’에 속한다. 부분적 해석은 비디오 클립에 나타난 여러 오개념 중 일부를 인식한 경우이며, 전체적 해석은 비디오 클립에서 알 수 있는 모든 오개념의 내용을 파악한 경우이다.

예를 들어 ‘A 학생이 나무가 광합성을 하기 때문에 빛을 흡수해야 하므로 반사하지 않는다고 말한 것으로 보아, 빛의 반사와 흡수가 동시에 일어나지 않는, 상호배타적인 것으로 인식하고 있다.’라고 말하는 것은 ‘L3. 증거에 기초한 해석’에 해당되지만, ‘A 학생은 빛의 반사와 흡수가 동시에 일어나지 못

Table 1. Levels of pedagogical reasoning about student's misconceptions

Levels of pedagogical reasoning		Description
L0	Misinterpretation	Wrong interpretation about student's ideas (illogical interpretation, biased interpretation etc.)
L1	No assertion or simple restatement	Cannot make any assertion on student's misconceptions or simply restate student's remarks
L2	Assertion without evidence (evaluation)	Make assertions on student's misconceptions without concrete evidences like student's remarks or drawings, just giving evaluation
L3	Assertion with evidence: Partial interpretation	Make assertions on student's misconceptions based on concrete evidences, but only a part of student's misconceptions was recognized
L4	Assertion with evidence: Comprehensive interpretation	Make assertions on student's misconceptions based on concrete evidences and the student's misconceptions were recognized comprehensively

하는 것으로 생각한다.'고만 말한 경우, 이보다는 낮은 'L2. 증거 없이 주장' 수준에 해당된다. 설문을 실시하는 과정에서는 예비교사들에게 A 학생이 그와 같은 오개념을 가지고 있다고 생각하는 이유를 쓰도록 강조했으며, 예비교사들이 자신의 주장에 대해 적절한 증거를 제시해야 한다는 것을 인식하도록 하였다.

오개념의 형성 원인은 크게 '학생 요인', '교육과정 및 교사 요인', '평가 요인', '사회문화적 요인' 네 가지로 구분하였다. '학생 요인'은 오개념의 원인을 학생의 경험이나 사고력 부족 등 학생으로부터 찾는 경우이며, '교육과정 및 교사 요인'은 교육과정이나 교과서에 제시된 내용이나 내용 순서의 문제, 교사의 부적절한 설명이나 수업에 의해 오개념이 유발됨을 지적하는 경우이다. '평가 요인'은 학교 과학교육에서 시행되고 있는 평가 방식이나 평가 내용 때문에 오개념이 유발되거나 지속됨을 지적하는 경우이고, '사회문화적 요인'은 일상생활에서 사용하는 용어와 과학적 용어의 의미 혼동 문제, 학생들이 접하는 대중 매체나 도서 등에 의한 영향으로 오개념이 유발될 수 있음을 지적하는 경우이다(Table 2).

오개념의 원인에 대한 추론 수준은 가능한 한 여러 측면에서 가능성을 추론할 수 있을 때 추론 수준이 높은 것으로 보았다. 우선 오개념의 원인을 제시하지 못하거나, '단순히 어려워서', '혼란스러워서', '아직 배우지 않아서'라고 응답하는 경우 가장 낮은 수준인 'C0. 원인을 제기하지 못하는 경우'로 보았고, 한 가지 측면의 원인만 언급하는 경우 그보다 높은 수준으로, 두 가지 이상의 측면을 원인으로 언급하는 경우 가장 높은 수준으로 보았다. 귀납적 분석 결과 세 가지 측면 이상을 언급한 응답자는 없었다. 단, 여러 가지 원인을 언급하더라도 어떤 측면의 원인인지에 분석의 초점을 두었다. 예를 들어 '교과서에는 반사의 예가 거울에 대해서만 제시되어 있으며, 교사도 설명할 때 다양한 예를 들지 않아서'라고 응답한 경우 두 가지 원인을 언급하고 있지만, 모두 같은 측면(교육과정 및 교사 요인)이므로 'C1. 한 가지 측면의 원인 제기' 수준으로 보았다.

자료의 귀납적 분석을 통해 교육적 추론 수준의 범주를 확정된 후 확정된 범주에 따라 자료를 재분석 하였으며, 약 한 달 후 연구자 자신이 모든 자료를 재분석하여, 이전 분석과의 일치도를 점검하였

Table 2. Causal aspects of misconceptions

Aspects of causes	Description
Student aspect	Student's misconceptions are caused from lack of student's thinking skills and experiences
Curriculum or teaching aspect	Student's misconceptions are caused from inappropriate curriculum, not enough explanation of textbook, or teachers' careless teaching
Assessment aspect	Student's misconceptions are caused from improper science learning assessment, which hinder deep concept learning of students.
Sociocultural aspect	Student's misconceptions are caused from everyday language, TV programs, children's books or magazines etc.

Table 3. Levels of pedagogical reasoning about causes of student's misconceptions

Levels of pedagogical reasoning		Description
C0	No suggestion	Can not suggest any cause of student's misconceptions or simply say too hard to the student, lack of proper science knowledge
C1	Possible cause(s) from one aspect	Suggest cause(s) of student's misconceptions from only one aspect (student, curriculum and teaching, assessment, sociocultural)
C2	Possible causes from more than two aspects	Suggest causes of student's misconceptions from more than two aspects (student, curriculum and teaching, assessment, sociocultural)

다. 이는 코딩 과정에서 연구자의 실수를 즐기고, 자료 분석의 신뢰도를 높이고자 함이었다. 이후 교육적 추론의 수준에 대해서는 빈도 분석을 실시하였으며, 비모수 통계인 카이자승검정을 실시하여 자료의 특징을 해석하였다.

III. 연구 결과

초등 예비교사의 과학적 개념 이해 정도와 교육적 추론 수준과의 관계를 살펴보기 위해 먼저 예비교사의 과학 개념 이해 내용을 기술, 분석하고, 교육적 추론 수준을 분석한 다음 이 둘의 관계를 살펴보고자 한다.

1. 초등학생과 초등 예비교사들의 과학 개념

빛의 반사에 관련된 문항에는 여러 가지 물체(물, 바위, 거울, 유리컵, 나무줄기, 스펀지, 토마토수프, 달)가 사진과 함께 제시되었고, 이 중에서 빛을 반사하는 것을 선택하도록 한 후 선택한 물체들이 빛을 반사한다고 생각하는 이유를 쓰도록 하였다. 비디오 클립 제작에 참여한 초등학생(A, B) 중 한 학생(A)은 적극적으로 의견을 개진한 반면, 다른 학생(B)은 A 학생의 의견을 따라 가는 경향이 있었다. 즉, B 학생은 새로운 자신의 생각을 말하기 보다는 주로 A 학생의 제기한 의견에 찬성하거나 부연하는 경우가 많았다. 또 두 학생을 모두 주목하는 것이 예비교사에게 어려울 수 있으므로 예비교사가 비디오 클립을 시청할 때 A 학생의 오개념을 파악하도록 하였다.

1) 초등학생 A의 과학 개념

A 학생은 물, 거울, 달이 빛을 반사한다고 답했는데, 물, 거울과 같이 자신의 얼굴을 비출 수 있는 것이 빛을 반사하는 것이라고 생각했고, 불투명한

물체는 빛을 반사할 수 없다고 생각했다. 달은 예외적으로 자신의 얼굴을 비추지는 않지만, 태양빛을 반사한다고 답했다. 거울이 빛을 반사하는 것의 증거로 거울을 이용해 개미를 타 죽게 할 수 있다는 것을 예로 들기도 했다. 불투명한 물체 중 나무는 광합성을 하기 위해서 빛을 흡수해야지 반사하면 안 된다고 말하였는데, 여기서 A 학생은 빛의 반사와 흡수가 동시에 일어날 수 없는, 상호배타적인 것으로 이해하고 있다는 것을 알 수 있다. 또 물체의 용도를 고려해서 빛의 반사 여부를 판단하기도 했다. 스펀지도 불투명하기 때문에 빛을 반사하지 않지만 또한 물을 빨아들이는 용도로 사용하는 물체이므로, 빛을 반사할 필요가 없기 때문에 그렇게 만들지 않았을 것이라고 말했다.

전기 회로에 관련된 문제는 벽면 콘센트에 연장선 코드를 꼽아 놓은 그림을 제시하고, 연장선(전선)에 전기가 흐르는지에 대해 등장인물 세 명의 의견을 제시하였다(전기가 전선 끝에서 새어나오고 그래서 전기세가 더 나온다는 의견, 전기가 전선 끝까지 오지만 거기서 멈출 것이라는 의견, 전기 기구가 연결되어야만 연장선에 전기가 흐른다는 의견). 세 명 중 누구의 의견에 동의하는지 혹은 동의하지 않는지 밝히고, 그 이유를 쓰도록 하였다. A 학생은 전기 기구를 연결해야만 전선에 전기가 흐른다고 생각했는데, 폐회로의 개념을 알고 이러한 선택을 했다기보다는 전기기구가 작동되기 위해 전기를 “필요로 하기 때문에” 전기기구를 연결해야만 전기가 흐른다고 생각하였다. A 학생은 마지막에 그림을 그리고 설명하는 과정에서도 폐회로가 아닌 콘센트에서 전기기구로 이어지는 외길을 그림으로 나타냈으며, 콘센트에는 전기가 저장되어 있고, 전기기구가 저장해 둔 전기를 끌어다 쓴다고 설명했다. 또 학교 과학 실험에 대한 기억을 떠올리며 전구를 연결해야 회로에 전기가 흐른다고 말

했는데, 역시 폐회로의 개념을 사용하기 보다는 전기가 전기를 필요로 하니까 건전지의 전기를 끌어낸다고 생각했다. 즉, 필요(수요)가 있을 때 건전지나 콘센트에 저장해 둔 전기가 흐른다는 생각을 하였다. 연장선 코드에서 전기가 새어 나가는지에 대해서는 가정에서 엄마들의 행동을 근거로 판단했다. 엄마는 자신보다 많은 지식과 경험을 가지고 있는 존재이므로, 그렇게 행동하는 것에 충분한 이유가 있을 것이라고 생각했다. 즉, 가정에서 엄마들이 연장선을 뽑아 둔 채로 사용하는 것은 전기세가 더 나오지 않기 때문이며, 그것을 통해 연장선 끝에서 전기가 새어나가지 않는다고 결론을 내렸다.

2) 예비교사들의 과학 개념

초등학생들에게 준 것과 같은 문항을 이용해 ‘빛의 반사’와 ‘전기 회로’에 대한 예비교사의 과학적 개념을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 전체적으로 보면 빛의 반사에 대해서는 70%의 예비교사가 올바른 과학 개념을 가지고 있었고, 30%는 오개념을 가지고 있었는데, 초등학생 A가 가진 오개념과 상당히 유사한 측면이 많았다. 반대로 전기회로에 대해서는 97%의 예비교사가 다양한 유형의 오개념을 가지고 있었는데, 이들의 오개념은 초등학생 A가 보인 오개념과는 전혀 유사하지 않았다.

먼저 ‘빛의 반사’에 대해 과학적 개념을 가진 예비교사들(70%)은 우리 눈으로 인식할 수 있는 물체는 모두 빛을 반사한다고 설명하였고, 정반사와 난반사의 차이점을 설명하기도 하였다. ‘빛의 반사’에 대해 오개념을 가진 예비교사들(30%)은 대개 물, 거울과 같이 다른 사물의 모습을 비추어 주는 것이 빛을 반사한다는 생각을 가지고 있었다. 달은 사물의 모습을 비추어 주지는 않지만, 스스로 빛을 내지 못하고 태양 빛을 반사한다고 답했다. 이와 같은 예비교사의 오개념은 비디오 클립에 나타난 초등학생 A의 오개념과 거의 유사하다. 또 오개념을 보

인 응답자 중 절반 정도는 다음과 같이 빛의 투과나 흡수가 빛의 반사와 동시에 일어나지 않는다는 생각을 나타냈다. 이 또한 초등학생 A의 오개념과 유사한 측면이 있다.

물과 거울. 표면이 매끄러운 물체는 빛을 반사한다. 유리컵의 경우는 표면이 매끄럽지만 빛이 투과하기 때문에 반사하지 않을 거라 생각한다. (P24)

물, 거울, 토마토수프, 달에 얼굴을 비추어 보면 얼굴이 보인다. 즉, 주변 사물의 모습이 물체에 갔다가 반사된 빛이 우리 눈에 들어온다. 바위, 스펀지, 나무줄기 같은 경우는 빛을 흡수하기 때문에, 유리컵은 빛이 통과하기 때문에 투명한 것 같다. (P29)

전기회로에 대해서는 97%의 예비교사가 비과학적 개념을 나타내서 이 문제가 예비교사들에게 상당히 어려운 문제였음을 알 수 있다. 과학적 개념을 보인 3%의 예비교사들은 전류가 흐르기 위해서는 폐회로가 구성되어야 하며, 연장선 코드가 있다고 해서 폐회로가 구성된 것은 아니라는 점을 인식하였다.

예비교사의 오개념 중 가장 많은 유형은 ‘전기가 전선 끝까지 오고 거기서 멈춘다.’(44.2%)였다. 이들은 평소 전기기구를 연결하자마자 전기기구가 작동한다는 점을 근거로 들었다. 전선이 길어진다고 해서 전기기구가 늦게 작동하는 것은 아니기 때문에, 전기는 전선 끝까지 도달해 있다가 전기기구가 연결되면 바로 전기가 흐른다는 생각을 하였다.

연장선 끝까지 이어져서 전류는 계속 흐를 것이다. 전선을 계속 여러 개 연결한다고 전기 기구가 조금 늦게 켜지거나 하는 일은 일어나지 않기 때문에 그렇게 예상했다. (P23)

전선이 길면 이런 경우에 전기가 전선을 타고 움직이는데 시간이 걸린다는 제한이 생기는데, 실제로는 전기기구를 켜자마자 전기가 공급된다. 따라서 전기가 전선 끝까지 오지만 거기서 멈춘다는 의견에 동의한다. (P30)

그 다음으로 많은 오개념은 ‘전기가 전선 끝에서 새어나간다.’(30.2%)는 것이었다. 이들은 TV 프로그램에서 전기 절약을 위해 코드를 뽑아 두어야 한다는 말을 들었기 때문에, 또 건전지가 상온에서 방전되듯이 콘센트에서도 전기가 계속 흘러나와 전기세가 더 나올 것이라고 생각하였다.

Table 4. Pre-service teachers' conceptions on light reflection and electric circuit (%)

Pre-service teacher's conception	Topic	
	Light reflection	Electric circuit
Scientific	30 (69.8)	3 (7.0)
Unscientific	13 (30.2)	40 (93.0)

전기는 가만히 있지 않고 계속 움직이는데 콘센트에 전선을 꼽으면 콘센트 안의 전기가 흘러나와 전선에 흐르게 된다. 그리고 전선 끝에 와서 미세하게 전기가 계속 새어나가게 된다. 또 뉴스에서 전기세를 예방하려면 전선을 뽑는 게 도움이 된다는 말을 들은 것 같다. (P17)

충전한 배터리를 상온에 그냥 두면 전기가 계속 흘러나와 방전이 되듯이 전원 연장선을 콘센트에 연결해 놓으면 전기가 계속 흘러나와 전기세가 더 나올 것으로 생각된다. (중략). 전기를 아끼려고 콘센트에 연결된 것을 다 뽑으라고 하듯 전기가 계속 흘러나올 것이라 생각된다. (P27)

18.6%의 학생들은 ‘전기기구를 연결해야만 전기가 흐른다.’고 올바른 선택을 하였지만, 그 이유에 대해서는 비과학적 설명을 하였다. 이들은 ‘전기기구가 연결되어야 (+)극과 (-)극이 생긴다.’ 혹은 ‘도선의 저항이 0이어서 전류가 흐르지 않는다.’와 같은 다양한 오개념을 가지고 있었다.

전기가 통하는 것은 (+)극과 (-)극이 존재하기 때문이라고 생각한다. 그렇기 때문에 전기 기구가 연결되는 순간 (+)극과 (-)극이 생기게 되고, 그때부터 전기가 흐른다고 생각한다. (P34)

전선은 있지만 전기기구가 없어 저항이 0이다. $V=RI$ 에서 R 이 0이면 V 도 0이다. (중략) 따라서 전기기구가 연결되어야 전기가 흐른다. (P19)

이와 같이 전기회로에 대해서는 예비교사 대부분 오개념을 가지고 있었고, 오개념 유형도 다양했으나 초등학생 A와 같은 오개념은 발견되지 않았다.

2. 학생 오개념에 대한 추론 수준

초등학생 A의 오개념에 대한 예비교사들의 추론 수준을 Table 1의 기준을 적용해 분석한 결과는 다음과 같다.

빛의 반사에 대해서는 약 절반 이상(55.9%)의 예비교사들이 증거에 기초해 학생의 오개념을 부분적으로 파악하거나, 전체적으로 올바르게 파악하였다(L3, L4 수준). 이에 비해 전기회로에 대해서는 16.3%의 예비교사만이 학생의 오개념을 증거에 기초해 부분적으로 파악하였다. 과학적 개념을 많이 가지고 있었던 빛의 반사에 대해서도 오개념을 파악하지 못하거나, 단순히 학생의 발화를 반복하는

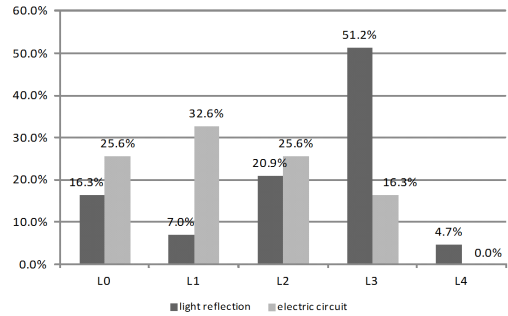


Fig. 2. Frequencies of pedagogical reasoning levels about student's misconceptions

경우(L1 수준)나 학생의 오개념을 잘못 파악하는 경우(L0 수준)가 23.3%로 적지 않은 것에 주목할 필요가 있다. 예를 들어 ‘빛의 반사’에 관련된 비디오 클립에서 A 학생은 나무줄기가 광합성을 하기 때문에 빛을 흡수하지만 반사하지 않는다고 했으며, 물체의 표면에 대한 것은 언급하지 않았다. 그러나 예비교사는 ‘표면’에 대한 기준 때문에 초등학생 오개념을 가지고 있다고 판단하거나, 학생이 빛을 물질이라고 생각하는 오개념이 있다고 비약해서 결론을 내리는 경우도 있었다.

A 학생은 표면이 울퉁불퉁하나 매끈하냐에 따라 기준을 나누는 오개념을 가지고 있다. (P9, L0)

A 학생은 빛이 물질이라는 생각에 갇혀 오개념이 형성되었다. 바위에 대한 생각을 말할 때 불투명해서 ‘빛’이 바위 안으로 들어가지 못하고, 반사하지 못한다고 한 것을 보면 알 수 있다. (P26, L0)

또 전기회로 문제와 관련하여 A 학생은 엄마가 콘센트를 그대로 꽂아두는 것으로 보아 전기가 전선 끝에서 새지 않는다고 말했지만, 이것을 거꾸로 알아듣고 A 학생은 전선 끝에서 전기가 샌다는 오개념을 가지고 있다고 파악한 경우도 있다. 이것은 모두 L0 수준에 해당된다.

전기가 계속 흐르니까 부모님들이 전기세를 아끼려고 콘센트나 전기기구를 뽑아 놓는다고 ... (P8, L0)

전기회로의 경우, 오개념을 파악하지 못하거나, 초등학생의 발화를 그대로 반복하고 있는 경우(L1)가 가장 많다(32.6%).

Table 5. Levels of pedagogical reasoning about misconceptions in two different topics (Chi-square test)

Topic	L0	L1	L2	L3	L4	Total	χ^2	Sig.
Light reflection	7	3	9	22	2	43	17.97	.001
	16.3%	7.0%	20.9%	51.2%	4.7%	100%		
Electric circuit	11	14	11	7	0	43	17.97	.001
	25.6%	32.6%	25.6%	16.3%	0%	100%		

학생들이 어떤 오류를 가지고 있는지 잘 모르겠다. (P31, L1)

콘센트에 전기가 모여 있다가 전기기구가 연결되면 전기가 흐른다고 설명하고 있다. (P43, L1)

이와 같은 교육적 추론 수준의 차이를 통계적으로 분석하기 위해 카이제곱 검정을 실시한 결과, ‘빛의 반사’와 ‘전기 회로’에 대해 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.01$).

즉, ‘빛의 반사’와 ‘전기 회로’에서 교육적 추론 수준의 분포에 차이가 있었다. ‘빛의 반사’에서는 L3 수준의 빈도가 가장 높고(51.2%), ‘전기 회로’에서는 L1 수준의 빈도가 가장 많았는데(32.6%), ‘빛의 반사’에서 L3, L4 수준이 상대적으로 좀 더 많이 나타나고, ‘전기 회로’에서는 L0, L1, L2 수준이 상대적으로 많이 나타나는 것을 볼 수 있다.

예비교사의 과학 개념 이해 정도가 교육적 추론에 영향을 미치는지를 좀 더 살펴보기 위해 ‘빛의 반사’에 대해 과학적 개념을 가지고 있던 집단과 비과학적 개념을 가지고 있던 집단을 나누어 카이

제곱 검정을 실시한 결과(Table 6), 두 집단의 추론 수준 분포는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).

위의 통계 분석 결과는 빛의 반사에 대해서는 과학적 개념을 가지고 있던 예비교사 집단과 오개념을 가지고 있던 예비교사 집단의 추론 수준 분포에 차이가 없다는 것을 보여준다.

예비교사의 과학 개념에 따른 교육적 추론 수준을 좀 더 자세히 탐색하기 위해 빛의 반사에 대해 오개념을 가지고 있던 집단과 전기회로에 대해 오개념을 가지고 있던 집단의 교육적 추론 수준 분포를 비교한 결과(Table 7), 통계적으로 유의미한 차이가 있었다($p < 0.01$). ‘빛의 반사’ 오개념 집단이 L2, L3 수준의 빈도가 상대적으로 높고, ‘전기 회로’ 오개념 집단의 경우 L0, L1 수준의 빈도가 높은 것을 볼 수 있다. 즉, 오개념을 가진 경우만 비교하는 경우 ‘빛의 반사’에서 교육적 추론 수준이 높은 분포를 나타내고 있다.

3. 학생 오개념의 원인에 대한 추론 수준

초등학생 A의 오개념의 원인에 대한 예비교사들의 추론 수준을 Table 3의 기준으로 분석한 결과는

Table 6. Levels of pedagogical reasoning about misconceptions according to understanding of light reflection (Chi-square test)

Understanding of light reflection	L0	L1	L2	L3	L4	Total	χ^2	Sig.
Scientific concept group	6	3	4	15	2	30	5.77	0.22
	20.0%	0%	13.3%	50.0%	6.7%	100%		
Misconception group	1	0	5	7	0	13	5.77	0.22
	7.7%	0%	38.5%	53.8%	0%	100%		

Table 7. Levels of pedagogical reasoning about misconceptions of each misconception group (Chi-square test)

Misconception group	L0	L1	L2	L3	L4	Total	χ^2	Sig.
Misconception group in light reflection	1	0	5	7	0	13	12.59	0.006
	7.7%	0%	38.5%	53.8%	0%	100%		
Misconception group in electric circuit	11	13	10	6	0	40	12.59	0.006
	27.5%	32.5%	25.0%	15.0%	0%	100%		

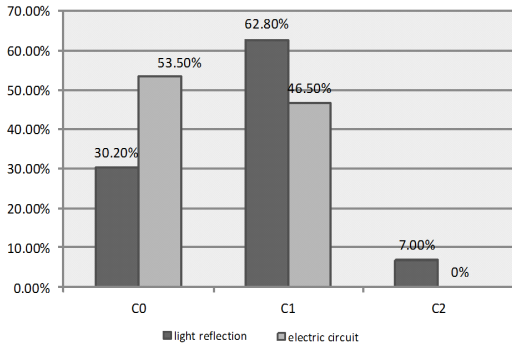


Fig. 3. Frequencies of pedagogical reasoning levels about causes of student's misconceptions

다음과 같다.

빛의 반사의 경우, 약 3분의 1인 30.2%, 전기회로의 경우 약 절반 수준 53.5%의 응답자가 오개념의 원인에 대해 전혀 추론하지 못하거나, 단순히 ‘어려워서’, ‘아직 배우지 않아서’, ‘잘 모르기 때문에’와 같은 응답을 하였다. 그리고 원인을 제기한 대다수의 응답자는 한 가지 측면에서의 원인만 언급했으며, 두 가지 이상의 측면을 언급한 경우는 극히 드물어 빛의 반사에 대해서만 3명(7.0%)이 있었다.

오개념의 원인은 비디오 클립을 통해 직접적으로 알 수 있는 것은 아니다. 자신의 학습 경험이나 과학교육과 관련된 지식을 근거로 하여 가능한 원인을 제기할 것이 기대되지만, 본 연구에 참여한 응답자는 아직 과학교육 관련 강좌를 이수하지 않은 1, 2학년 학생들이었기 때문에, 더욱더 오개념의 원인을 제기하는 것이 어려웠을 수 있다. 오개념의 형성 원인을 ‘학생 요인’, ‘교육과정 및 교사 요인’, ‘평가 요인’, ‘사회문화적 요인’ 네 가지 측면으로 나누어 보았을 때 응답 분포는 Table 8과 같다.

빛의 반사나 전기회로의 경우 모두 ‘학생 요인’을 언급한 응답자가 가장 많았으나, 빛의 반사에서는 ‘교육과정 및 교사 요인’이 ‘학생 요인’과 비슷한 빈도로 나타났다.

학생의 제한적 사고와 제한된 경험 등 학생 요인을 오개념의 주요 원인으로 제기한 예는 다음과 같다.

학생들은 눈에 보이는 것만으로 추론하는 것 같다. 본인의 경험(개미 태워 죽이기)을 바탕으로 설명하려 하기 때문에... (P2)

아이들이라 ‘엄마가 하는 일이 옳을 것이다’라는 전제를 기준으로 판단하며, 아이들이라 경험한 것들이 그리 많지 않기 때문에... (P24)

이와 달리 교사의 설명이 불충분하거나 교과서의 예시나 설명이 제한적이기 때문에, 오개념이 유발될 가능성에 대한 의견도 있었다.

학생들이 그린 그림에서 알 수 있듯이, 반사에 대한 교육을 정반사가 이루어진 그림을 통해 배웠기 때문이라고 느껴졌다. 아마 그러한 교재를 통해 배우면서 거울을 예로 들어 배웠을 것이다. (P15)

전기 회로 실험을 할 때 전류가 흐르는 것을 확인하기 위해 꼬마전구와 같이 눈에 바로 보이는 결과가가 있도록 실험을 하는데, 전기기구가 없더라도 전류가 흐르고 있는 것이 잘 설명되지 않았던 것 같다. 교과 수업시간에 설명이 부족했다. (P12)

‘학생 요인’, ‘교사 및 교육과정’ 요인에 비해서는 소수이지만 일상생활에서 사용되는 언어의 문제 때문에 오개념이 발생한다거나(사회문화적 요인), 평가 문항의 형식이 학생의 오개념을 유도했을 수 있다는 의견도 있었다.

평소에 ‘거울에 빛이 반사된다.’는 말은 자주 쓰는 말이지만, ‘바위에 빛이 반사된다.’는 말은 별로 쓰지 않는다. 그렇기 때문에 위와 같은 오개념을 가지게 되었을 것이다. (P16)

A 학생이 이런 오개념을 가지게 된 것은 ‘빛의 반사’라는

Table 8. Frequency of causal aspects of student's misconceptions

Topic	Student aspect	Curriculum or teaching aspect	Sociocultural aspect	Assessment aspect	Total
Light reflection	13	13	6	1	43
	30.2%	30.2%	14.0%	2.3%	100%
Electric circuit	13	6	1	0	43
	30.2%	14.0%	2.3%	0%	100%

말을 특별한 경우에서 접해서이다. (중략) 또 문제지에서 모든 답을 체크하는 경우가 흔하지 않아서 이렇게 답했을 수도 있다. (P35)

이와 같은 오개념의 원인에 대한 추론의 수준이 두 주제에 대해 차이가 나는지 살펴보기 위해 카이자승 검정을 실시한 결과, 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$).

‘전기 회로’의 경우 C0 수준(53.5%)이 가장 많은데 비해 ‘빛의 반사’의 경우 C1 수준이 가장 많아 (62.8%) ‘빛의 반사’에서 예비교사들이 오개념의 원인을 좀 더 잘 추론하였음을 보여준다.

예비교사의 과학 개념에 대한 이해가 오개념의 원인 추론과 관련이 있는지를 알아보기 위해서는 ‘빛의 반사’에 대해 과학적 개념을 가지고 있던 집단과 비과학적 개념을 가지고 있던 집단을 나누어 카이자승 검정을 실시한 결과, 두 집단 간에 유의한 통계적 차이가 있었다(Table 10). 과학적 개념을 가졌던 집단보다 오개념 집단에서 오히려 C0 수준이 적고, C2 수준이 더 많이 분포하고 있는 것으로

보아 오히려 자신이 오개념을 가졌던 집단에서 학생의 오개념의 원인을 좀 더 다양하게 추론한 것으로 보인다.

예비교사의 과학적 개념에 따른 오개념 원인 추론 수준을 좀 더 상세히 탐색하기 위해 빛의 반사에 대해 오개념을 가졌던 집단과 전기회로에 대해 오개념을 가졌던 집단의 오개념 원인 추론 수준 분포를 통계적으로 비교하였다(Table 11). 두 집단은 통계적으로 유의미한 차이가 있었으며($p < 0.01$), ‘빛의 반사’에서 높은 수준의 추론이 더 많이 나타났다. 즉, 예비교사가 오개념을 가지고 있던 경우만 추출하여 비교하는 경우, 빛의 반사에 대한 학생의 오개념의 원인을 좀 더 잘 추론하는 것으로 보인다.

IV. 결론 및 논의

학생의 사고를 이해하고 추론하는 능력은 교사에게 필수적인 전문성 요소이다. 본 연구에서는 예비교사가 학생의 과학 담화 내용을 관찰하고, 학생의 오개념을 적절하게 추론할 수 있는지, 또 그러

Table 9. Levels of pedagogical reasoning about causes of misconceptions in two different topics (Chi-square test)

Topic	C0	C1	C2	Total	χ^2	Sig.
Light reflection	13	27	3	43	6.820	0.033
	30.20%	62.80%	7.00%	100%		
Electric circuit	23	20	0	43		
	53.50%	46.50%	0%	100%		

Table 10. Levels of pedagogical reasoning about causes of misconceptions according to understanding of light reflection (Chi-square test)

Understanding of light reflection	C0	C1	C2	Total	χ^2	Sig.
Scientific concept group	10	20	0	30	7.476	0.024
	33.3%	66.7%	0%	100%		
Misconception group	3	7	3	13		
	23.1%	53.8%	23.1%	100%		

Table 11. Levels of pedagogical reasoning about causes of misconceptions of each misconception group (Chi-square test)

Topic	C0	C1	C2	Total	χ^2	Sig.
Light reflection	3	7	3	13	11.187	0.004
	23.1%	53.8%	23.1%	100%		
Electric circuit	21	19	0	40		
	52.5%	47.5%	0%	100%		

한 오개념의 원인을 다양한 측면에서 추론할 수 있는지를 ‘교육적 추론’으로 개념화하였다. 또 초등 예비교사의 교육적 추론 수준을 조사하기 위해 ‘빛의 반사’와 ‘전기 회로’, 두 주제에 대한 초등학생의 과학 담화 내용을 비디오 클립으로 제작하고, 예비교사들이 이것을 관찰하도록 한 후 학생의 오개념 및 오개념의 원인에 대해 추론해 보도록 하였다.

학생의 오개념에 대한 예비교사의 교육적 추론 수준이 ‘빛의 반사’와 ‘전기 회로’에서 유사한 패턴으로 나타나는지 알아보기 위해 카이제곱 검정을 실시한 결과, 통계적으로 유의한 수준에서 차이가 있었다. 빛의 반사에 대해서는 약 절반 정도의 예비교사들(55.9%)이 증거에 기초해서 학생의 오개념을 부분적으로 혹은 종합적으로 파악했지만, 전기 회로에 대해서는 약 16.3%의 예비교사들이 이와 같은 수준을 나타내서 전체적으로 ‘빛의 반사’에서 높은 수준의 교육적 추론이 많이 나타났다. 그러나 학생의 오개념을 전혀 파악하지 못하거나, 오히려 잘못 파악하는 경우도 상당 수 있어(‘빛의 반사’ 23.3%, ‘전기 회로’ 59.2%) 예비교사의 교육적 추론 수준은 전체적으로 높지 않다고 할 수 있다.

이와 같은 차이가 예비교사가 가졌던 과학 개념 이해 정도에 따른 것인지를 탐색하기 위해 같은 주제(빛의 반사)에 대해 과학적 개념을 가지고 있던 집단과 오개념을 가지고 있던 집단을 나누어 카이제곱 검정을 실시한 결과, 두 집단 간에는 유의한 차이가 없었다. 이것은 예비교사가 이전에 빛의 반사를 얼마나 이해하고 있었는가가 교육적 추론에 직접적인 영향을 주지 않았을 가능성을 시사한다.

반대로 빛의 반사와 전기회로에 대해 오개념을 가졌던 예비교사 집단의 교육적 추론 수준의 분포를 비교한 결과, 통계적으로 유의미한 차이가 있었다. 즉, 오개념을 가진 경우만 비교하면 빛의 반사에서 높은 수준의 교육적 추론이 많이 나타났다.

이와 같은 결과가 나타난 몇 가지 가능성을 생각해 볼 수 있다. 먼저 비디오클립을 시청하기 전에 해당 주제에 대한 과학적 설명이 주어졌긴 했으나, 초등 예비교사들이 빛의 반사에 대해서는 잘 이해한 반면, 여전히 전기 회로에 대한 개념을 이해하지 못하였고, 이것이 교육적 추론에 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 즉, 예비교사의 과학 개념에 대한 이해가 직접적으로 교육적 추론 수준에 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 다시 말하면 예비교사의 과학

적 개념이 확고할수록 학생의 오개념을 잘 파악할 가능성이 있다는 것이다. 그러나 본 연구에서 예비교사들에게 주제에 대한 과학적 설명을 제공하고, 다시 개념 검사를 하지 않았기 때문에 이와 같이 단언하기 어렵다.

한편, 학생의 오개념에 대한 교육적 추론 수준을 비교하기 위해 같은 주제인 ‘빛의 반사’에 대해 과학적 개념을 가졌던 집단과 오개념을 가졌던 집단을 비교한 결과, 교육적 추론 수준 양상이 다르지 않았는데, 이것은 예비교사의 과학적 개념 이외에 다른 요인이 교육적 추론에 영향을 미쳤을 가능성을 시사한다. 반대로 두 주제에 대해 오개념을 가졌던 집단끼리 비교한 결과, 교육적 추론 수준 분포에 차이가 났다는 것도 이러한 가능성을 뒷받침한다. ‘빛의 반사’와 ‘전기 회로’에서 나타났던 예비교사들의 오개념을 구체적으로 살펴보면 빛의 반사의 경우 대부분 초등학생의 오개념과 유사한 생각을 가지고 있었고, 전기회로의 경우 초등학생과 유사한 오개념은 나타나지 않았다. 따라서 예비교사 자신의 오개념과 초등학생의 오개념의 유사성 여부가 교육적 추론에 영향을 주었을 가능성이 있다. 그러나 본 연구에서는 적은 수의 예비교사를 연구 대상으로 하였다는 점, 오개념의 유사성 여부에 대해 체계적인 비교를 실시하지 않았다는 점에서 이와 같이 단언하기도 어렵다.

요컨대 예비교사 자신의 과학 개념 이해 정도, 예비교사 자신의 오개념과 초등학생의 오개념의 유사성 정도가 교육적 추론 수준에 영향을 주었을 가능성이 있지만, 본 연구 결과만으로는 어느 것이 주요한 영향을 주었는지 말하기 어려우며, 이에 대해서는 좀 더 체계적인 후속 연구가 필요하다.

오개념의 원인에 대한 교육적 추론 수준도 두 주제에서 다른 양상으로 나타났는데($p < 0.05$), ‘빛의 반사’에서 높은 수준의 추론이 좀 더 많이 나타났지만 오개념의 원인을 전혀 추론하지 못하는 예비교사들이 많아 빛의 반사에 대해서는 3분의 1 정도(30.2%)였으며, 전기회로의 경우 약 절반 정도(53.5%)에 달했다. 즉, 전반적으로 오개념의 원인에 대한 추론 수준 역시 높지 않다고 할 수 있다.

또 같은 주제인 ‘빛의 반사’에 대해 과학적 개념을 가졌던 집단과 오개념을 가졌던 집단을 비교하면 오히려 오개념을 가지고 있던 집단에서 오개념의 원인을 좀 더 다양하게 추론한 점, 오개념을 가

진 집단끼리만 비교한 경우 ‘빛의 반사’에서 좀 더 다양한 원인에 대한 추론이 많았던 점 등은 오개념의 원인에 대한 추론 수준이 예비교사의 과학 개념에 의해서만 영향을 받지 않을 가능성을 시사한다.

본 연구는 예비교사가 학생의 오개념이나 오개념의 원인을 어떻게 추론하는지 추론 수준을 구분하고자 하였으며, 추론 수준에 영향을 미치는 요인을 탐색하고자 하였다. 예비교사의 교육적 추론 수준에 영향을 미치는 요인에 대해서는 좀 더 체계적인 연구가 필요하지만, 본 연구는 교사교육 과정에 어느 정도의 시사점을 주고 있다.

우선 초등 예비교사들의 교육적 추론 수준이 높지 않은 점에 주목할 필요가 있다. 이것은 예비교사들이 아직 과학교육 이론이나 교수 실제에 대한 경험이 없기 때문에 어느 정도 예견되는 것이지만, 교사교육 과정을 마치는 시점에서 교육적 추론 수준이 저절로 높아지는 것을 기대할 수 있는 것은 아니다. 즉, 교사교육 과정에서 직접 초등학생의 사고를 분석하고, 추론하는 기회가 제공되지 않으면 이와 같은 수준이 계속될 가능성이 있다. 따라서 예비교사의 교육적 추론 수준을 증진시키기 위해서는 초등학생의 학습에 대해 직접적으로 관찰하고, 분석하고, 토론할 수 있는 기회가 제공되어야 할 것이다.

교육적 추론에 있어 교사 자신의 과학 개념 이해는 선결 요건이라고 할 수 있다. 교사 자신이 오개념을 가진 상태에서 학생의 오개념을 제대로 진단하는 것은 불가능하기 때문이다. 그러나 과학적 개념을 가지고 있다고 하더라도 학생의 오개념을 잘못 파악하거나, 파악하지 못할 가능성이 충분히 있다. 따라서 실제적인 초등 교수 학습 상황에서 학생의 사고에 대해 어떠한 해석과 추론을 할 수 있는지, 동료 교사 혹은 전문가와 함께 자신의 생각을 공유하고 토론하는 것이 중요시되어야 한다. 특히 초등 예비교사나 초등교사의 경우, 자신의 수업에 대해 반성할 때 학생의 사고보다는 자신의 지도에 초점을 맞추는 경향이 큰데(Yang & Yoon, 2012; Yoon, 2012), 교사 자신보다 학생의 사고에 보다 중점을 두어 수업을 분석할 수 있도록 하는 방안도 모색되어야 한다.

물론 본 연구에서 개념화 한 ‘교육적 추론’ 수준이 높은 것이 성공적인 과학 교수 학습을 보장하지는 않는다. 오개념과 오개념 변화 과정에 대한 다

양한 인식론적 신념(Kinchin, 2000), 실제 개념 변화 과정을 지도하기 위한 다양한 교수 전략에 대한 지식(Jang, 2009) 등도 중요할 것이다. 또 이러한 실제 교수 능력의 향상은 교사 자신의 좀 더 계획적인 오개념 조사 연구, 이를 바탕으로 한 실행 연구 등이 이어질 때 ‘탐구자로서 교사’의 전문성이 극대화될 수 있을 것이다(Yoon, 2011).

그러나 이러한 일련의 교사 전문성 향상 과정에서 가장 기초적인 것은 학생의 말과 행동을 “보고”, “듣고” 그로부터 그들의 사고를 이해하는 것이다. 따라서 교사의 합리적 의사결정 과정으로 교수 학습 활동을 이해하고, 교육적 추론의 개념화에 대한 다양한 논의와 함께 교육적 추론 수준의 구분에 대한 연구, 교육적 추론을 조사하는 방법에 대한 연구, 초임 교사나 경력 교사의 교육적 추론 수준을 비교하는 연구 등이 이루어진다면 실제적인 교사교육 프로그램을 개선하는데 많은 도움이 될 것이다.

참고문헌

- Ball, D. L. (1997). What do students know? Facing challenges of distance, context and desire in trying to hear children. In B. J. Biddle, T. L. Good, & I. F. Goodson (Eds.), *International handbook of teachers and teaching* (pp. 769 - 818). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Black, P. & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy, & Practice*, 5, 7-74.
- Bransford, J. D., Brown, A. L. & Cocking, R. R. (1999). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington, DC: National Academies Press.
- Buxton, C., Salinas, A., Mahotiere, M., Lee, O. & Secada, W. G. (2013). Leveraging cultural resources through teacher pedagogical reasoning: Elementary grade teachers analyze second language learners' science problem solving. *Teaching and Teacher Education*, 32, 31-42.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science: Research into children's ideas*. New York: Routledge.
- Glaser, B. G. & Strauss, A. L. (1967). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. New York: Aldine.
- 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.

- Jang, M-D. (2009). Elementary teachers' understanding and instructional strategies on students' science misconceptions. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 28(4), 425-439.
- Jang, M-D. (2010). Preservice elementary teachers' understanding of children's science misconceptions. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 29(1), 32-46.
- Kazemi, E. & Franke, M. (2004). Teacher learning in mathematics: Using student work to promote collective inquiry. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 7(3), 203-235.
- Kinchin, I. M. (2000). From 'ecologist' to 'conceptual ecologist': The utility of the conceptual ecology analogy for teachers of biology. *Journal of Biological Education*, 34(4), 178-183.
- Morgan, C. & Watson, A. (2002). The interpretative nature of teachers' assessment of students' mathematics: Issues for equity. *Journal for Research in Mathematics Education*, 34(4), 78-110.
- Nicol, C. (1999). Learning to teach mathematics: Questioning, listening, and responding. *Educational Studies in Mathematics*, 37(1), 45-66.
- Sherin, M. G. & van Es, E. A. (2009). Effects of video club participation on teachers' professional vision. *Journal of Teacher Education*, 60(1), 20-37.
- Sherin, M. G. (2007). The development of teachers' professional vision in video clubs. In R. Goldman, R. Pea, B. Barron, & S. Derry (Eds.), *Video research in the learning sciences* (pp. 383-395). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundation of new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-23.
- Wallach, T. & Even, R. (2005). Hearing students: The complexity of understanding what they are saying, showing, and doing. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 8(5), 393-417.
- Wilson, S. M., Shulman, L. S. & Richt, A. (1987). 150 different ways of knowing: Representations of knowledge in teaching. In J. Calderhead (Ed.), *Exploring teacher thinking*. Sussex, England: Holt, Rinehart & Winston.
- Yang, K. & Yoon, H-G. (2012). Characteristics of elementary teachers' reflection on their science teaching examined through their reflective journals. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 31(3), 372-385.
- Yoon, H-G. (2011). Pre-service elementary teachers' exploration of children's ideas. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 31(2), 164-180.
- Yoon, H-G. (2012). Analysis of pre-service elementary teachers' reflection on their science teaching in terms of productive reflection. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 32(4), 703-716.