

학생의 용해와 용액 개념에 대한 초등 예비교사의 교육적 추론 분석

송나윤 · 윤혜경[†]

An Analysis of Elementary Pre-service Teachers' Pedagogical Reasoning about Students' Dissolution and Solution Conceptions

Song, Nayoon · Yoon, Hye-Gyoung[†]

국문 초록

이 연구에서는 예비교사가 용해와 용액에 관한 초등학생의 토론 과정을 녹화한 비디오 클립을 시청 하면서 선개념을 적절하게 인식하는지, 또 선개념의 원인을 추론하고, 그에 적절한 교수 결정을 할 수 있는지 등 예비교사의 교육적 추론 수준을 분석하였다. 95명 중 81명의 예비교사가 최종적으로 연구에 참여하였다. 연구 결과, 많은 예비교사가 과학적 개념을 가지고 있었으며, 비과학적 개념을 가지는 예비교사는 초등학생과 유사한 오개념을 보였다. 두 가지 개념에서 예비교사는 증거에 기초해 학생의 선개념을 부분적 또는 전체적으로 파악하였지만, 선개념을 파악하지 못하거나 학생의 발화를 단순히 반복하는 제시하는 예비교사의 비율도 상당하였다. 선개념의 원인을 추론하는 것과 관련해서는 많은 예비교사가 선개념의 원인으로 한 가지 요인만을 제시하였고 대부분 학생 요인에 관한 것이었다. 교수 결정의 추론 수준은 개념에 따라 차이가 있었다. 학생의 사고와 연계된 행동은 학생의 일반적 사고보다는 학생의 특이적 사고와 연계된 경우가 압도적으로 많았으며, 그중에서도 학생 중심의 행동으로 나타났다. 이상의 연구 결과를 바탕으로 예비교사의 교육적 추론 향상을 위한 방안을 모색하였다.

주제어: 교육적 추론, 오개념, 용해, 용액, 초등 예비교사

ABSTRACT

In this study, we analyzed pre-service teachers' levels of pedagogical reasoning while watching video clips of elementary school students' discussions of their conceptions of solution and dissolution. 81 pre-service teachers participated in the study. It was found that many pre-service teachers had scientific conceptions, and pre-service teachers who had non-scientific conceptions showed misconceptions similar to those of elementary school students. In both conceptions, pre-service teachers partially or comprehensively interpreted the students' misconceptions with reference to the evidence. However, the rates of pre-service teachers who misinterpreted or simply restated the students' utterances were quite high. Many pre-service teachers suggested only one factor related to levels of reasoning about causes of misconceptions, and most suggested factors were related to the student factor. The level of reasoning about instructional decisions differed according to dissolution and solution conceptions. Actions linked to students' thinking were more closely related to students' specific thinking than to their generic thinking, and among these, student-centered action was seen. From the above results, we sought ways of improving pre-service teachers' pedagogical reasoning.

Key words: pedagogical reasoning, misconceptions, dissolution, solution, elementary pre-service teacher

I. 서론

전통적인 과학 수업은 교사가 학생에게 지식을 단순히 전달하고 학생은 교사의 사고를 따라가는 방식으로 이루어졌다(하희수와 김희백, 2017). 그러나 구성주의적 관점에 따르면, 과학 지식은 교사로 부터 주어지거나 관찰과 실험을 바탕으로 확인하는 절대적 진리가 아니라 학습자 자신이 사회적 과정을 통해 구성해가는 인지 구조이다(정미영 등, 2005; Appleton, 1997; Yager, 1991). 학생은 사회적 과정으로 학습 내용에 대한 다양한 선개념을 가지게 되는데(장명덕, 2009), 이러한 선개념은 과학적 개념보다는 오개념인 경우가 많다(한수진 등, 2010; Abdi, 2006; Smith & Abell, 2008). 오개념은 반복된 사용으로 견고하며 변화에 저항하려는 경향이 있으므로 전통적인 수업 방식으로는 쉽게 변화하기 어렵다(송진웅 등, 2004; Bennett, 2003; Ladachart & Ladachart, 2019; Smith & Abell, 2008). 이에 최근에는 교사가 과학 지식이나 원리를 단순히 전달하는 방식보다는 학생이 주제적으로 자기의 경험과 사고를 바탕으로 과학적 현상이나 원리를 탐색하는 활동이 강조되고 있다(Schwarz *et al.*, 2021; Stroupe, 2014).

이때 교사는 학생의 활동을 주의 깊게 관찰하면서 학생의 선개념을 이해하고 이를 교정할 수 있도록 피드백을 제공해야 한다. 이를 위해서는 교사가 학생의 사고에 대해 적절히 이해하고 해석하는 과정이 필요하다. 그러나 많은 교사가 학생이 가진 선개념이 무엇인지 파악하지 못하였으며, 학생의 사고를 이해하기 위해 노력하는 교사의 경우에도 학생의 사고 과정과 사고 내용을 적절하게 파악하는 능력이 부족하였다(노태희 등, 2010; 윤지현 등, 2012; 이기영 등, 2014; Barendsen & Henze, 2019; Kazemi & Franke, 2004; Wallach & Even, 2005). 예를 들어 교사는 학생의 생각을 확대해서 해석하거나 편향적으로 듣는 것으로 나타났다(Wallach & Even, 2005). 따라서 예비교사 교육에서부터 학생의 사고 과정을 이해하고 분석하는 기회를 제공하고 이에 기초하여 효과적인 교수 방안을 모색하는 것이 필요하다. 특히 초등 예비교사는 불완전한 과학 개념을 가지고 있는 경우가 많은데(김순식과 이용섭, 2016; 김한제 등, 2012; 장명덕, 2015), 학생의 사고나 선개념을 이해하는 것은 예비교사가 과학

개념을 이해하는 데에도 도움을 줄 수 있다.

예비교사 교육에서 학생의 선개념에 대한 효과적인 교수 방안을 모색하기 위해서는 우선 학생의 선개념에 대한 초등 예비교사의 이해 수준을 심층적으로 조사하는 것이 선행되어야 한다. 이에 이 연구에서는 ‘교육적 추론(pedagogical reasoning)’의 관점에서 예비교사가 학생의 선개념을 어떻게 분석하고 이해하는지 조사하였다. 교육적 추론이라는 용어는 Shulman(1987)에서 처음 사용되었는데, 교사가 과학을 가르치기 위해서는 과학 내용 지식, 교육과정에 관한 지식, 상황 지식 등을 통해 교수·학습 과정을 인지적으로 이해하고 합리적 의사결정을 내릴 수 있어야 한다는 점을 강조하였다. Buxton *et al.*(2013)의 연구에서는 교육적 추론을 ‘주장의 생성’, ‘예를 통한 주장의 정교화’, ‘증거를 통한 주장의 정당화’, ‘이론에 주장을 연결 지어 설명’의 네 가지 관점으로 구체화하였다. 또한, 윤혜경(2015)의 연구에서는 교사가 학생의 오개념을 추론할 수 있는지, 오개념 형성 원인을 다양하게 추론할 수 있는지를 교육적 추론이라는 용어로 개념화하고 초등학생의 토론 과정에 대한 예비교사의 교육적 추론을 분석하였다. 전문적 시각(professional vision), 노티싱(noticing) 등은 교사가 교수·학습 과정에서 학생의 어떤 측면을 주목하고 해석하며 반응하는지를 나타낸다는 점에서 교육적 추론과 유사한 개념으로 사용되고 있다(윤혜경과 송영진, 2017; 윤희정, 2022; 황성환 등, 2020; Barnhart & van Es, 2015; Lam & Chan, 2020; Sherin, 2007; Sherin & van Es, 2009). 즉 교육적 추론은 교사가 학생의 선개념을 단순히 추측하기보다는 증거에 기초하여 학생의 선개념을 이해하고, 학생이 왜 그런 사고를 갖게 되었는지 설명하는 능력을 의미한다.

국내외 관련 연구를 살펴보면, 학생의 오개념에 대한 예비교사 또는 교사의 생각을 설문으로 조사한 연구(장명덕, 2009; 장명덕, 2010; 한수진 등, 2010; Malleus *et al.*, 2016; Yang *et al.*, 2014)가 대부분으로, 어떤 증거에 기초해 학생의 선개념을 이해하는지 파악하거나 예비교사의 개념 이해 정도가 교육적 추론 능력에 어떻게 영향을 미치는지 파악하는 것은 부족하였다. 또한 수업 영상을 시청하거나 학생의 산출물을 분석하면서 예비교사가 어떤 측면에 주목하는지 조사한 연구(Lam & Chan, 2020; Levin & Richards, 2011; Talanquer *et al.*, 2015)가 있

었지만, 특정 주제에 대한 학생의 선개념이나 예비 교사의 개념 이해 정도를 구체적으로 다루지 않았다는 한계가 있었다. 따라서 과학 개념에 대한 예비 교사의 이해와 이를 바탕으로 한 교육적 추론을 조사하는 연구가 이루어질 필요가 있다.

학생의 과학 개념에 대한 초등 예비교사의 이해를 교육적 추론에서 분석한 연구로는 윤혜경(2015)의 연구가 있다. 그러나 운동과 에너지 영역, 그중에서도 ‘빛의 반사’와 ‘전기 회로’ 두 가지 주제를 중심으로 이루어졌다. 즉 학생의 과학 개념에 대한 예비교사의 교육적 추론을 조사한 연구는 일부 주제에 대해 제한적으로 이루어진 상황이다. ‘용해와 용액’은 빛의 반사나 전기 회로와 마찬가지로 일상 생활과 밀접한 관련이 있는 물질을 다루지만, 물질이 물에 녹는 현상이나 이때 나타나는 변화를 관찰하고 이해하도록 한다는 점이 특징적이다. 학생은 물리적 조작을 하지 않으면 오랜 시간이 지나도 물질이 섞이지 않는다고 생각하는 것(노금자와 김효남, 1996)과 같이 용해와 용액 개념을 이해하는 데 다양한 오개념을 가지고 있는 것으로 밝혀지고 있다. 따라서 용해와 용액 개념을 중심으로 초등 예비교사의 교육적 추론 수준을 조사하고 이를 바탕으로 교사가 학생의 사고에 적절히 반응할 수 있도록 예비교사 교육 방안을 모색할 필요가 있다. 특히 용해된 용질의 분포나 용질의 질량 보존 측면에서는 높은 개념 이해를 보이는 교사의 비율이 상당하다는 점(김용권과 김병렬, 2001)에서 미루어볼 때, 예비교사의 과학 개념 이해가 높지 않았던 선행연구(윤혜경, 2015)와 달리 용해와 용액에 대해서는 예비교사의 개념 이해 정도가 높을 것으로 기대된다. 따라서 과학 개념 이해의 차이에 따른 예비교사의 교육적 추론을 조사한다면 또 다른 시사점을 제시할 수 있을 것이다. 이때 교사가 학생의 사고를 잘 해석하고 이에 적절한 교수 행동을 취할 때 교육적 추론 수준이 높다고 할 수 있으므로, 학생의 선개념에 대한 예비교사의 이해가 수업에 어떻게 적용되는지 함께 분석함으로써 예비교사의 교육적 추론에 대한 더욱 풍부한 논의가 이루어질 필요가 있다.

한편 예비교사는 예비교사 교육에서 학습한 이론이나 교수법을 수업으로 연결하는 데 다양한 갈등과 어려움을 경험하는 것으로 보고된다(김희경과 이봉우, 2016). 이는 예비교사 교육과 실제 학교 현

장 사이의 간극을 줄이기 위한 노력이 필요함을 시사한다. 이러한 노력의 하나로, 수업 일부를 촬영한 비디오 클립을 활용하여 실제 수업과 유사한 상황을 예비교사에게 제공한다면 예비교사의 교육적 추론 수준에 대한 현 실태를 파악하는 데에서 나아가 더욱 현장성 높은 예비교사 교육 방안을 모색할 수 있을 것이다.

이에 이 연구에서는 비디오 클립을 활용하여 용해와 용액에 대한 초등 예비교사의 교육적 추론을 분석하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 참여자

이 연구의 대상은 G 지역에 소재한 교육대학의 3학년 예비교사 95명이다. 이 중 설문지 문항에 일부 응답하지 않은 경우(9명)와 문항에 대한 이해 부족으로 응답을 잘못 작성한 경우(5명)를 분석에서 제외하였다. 최종적으로 81명(남자 28명, 여자 52명, 알 수 없음 1명)의 예비교사가 연구에 참여하였다. 설문지를 작성하기 전, 대부분 예비교사는 과학 교육 관련 교양 강좌로 ‘물질과 생명현상의 이해’, ‘SW 융합과학 탐구’를 수강하였다. 또한, 과학교육 관련 전공필수 강좌인 ‘초등과학교육1’을 수강한 상태였으며, 이 연구에 참여하던 당시 ‘초등과학교육2’를 수강하고 있었다. ‘초등과학교육1’에서는 초등학교 과학교육 목표를 달성하기 위한 여러 가지 방안을 ‘생명’과 ‘지구와 우주’ 영역을 중심으로 학습하였으며, ‘초등과학교육2’에서는 ‘물질’과 ‘운동과 에너지’ 영역을 중심으로 학습하였다.

2. 연구 절차

이 연구에서는 초등 과학과 교육과정에서 다루는 물질 개념 중 비교적 널리 알려진 오개념으로 ‘용해와 용액’ 개념과 관련된 ‘용해 전후의 무게 변화’와 ‘용액의 균일성’ 주제를 선정하였다. 한수진 등(2010)의 연구를 바탕으로 해당 주제에 관한 초등학교의 과학적 개념을 조사하는 평가 문항을 개념별로 1문항씩 제작하였다. ‘용해 전후의 무게 변화’의 경우에는 설탕을 물에 녹이기 전 물과 설탕이 함께 놓여 있는 그릇의 무게와 설탕을 물에 완전히 녹인 후 설탕물이 놓여 있는 그릇의 무게를 각각 전자저울로 잰 때 두 그릇의 무게를 비교하

는 문항으로 구성하였다. ‘용액의 균일성’은 설탕을 물에 완전히 녹인 후 윗부분, 가운데 부분, 아랫부분과 같이 세 부분의 단맛을 비교하는 문항으로 구성하였다. 과학교육전문가 2인이 평가 문항의 타당성을 검토하는 논의에 참여하였으며, 논의 내용을 바탕으로 평가 문항을 수정 및 보완하는 과정을 거쳤다.

연구자는 초등학교 5학년 담임교사에게 보통 수준의 학업 성취도와 적극적인 태도를 지닌 초등학생을 추천받았다. 이 중 연구 참여에 자발적으로 동의한 초등학생 3명이 비디오 클립 제작에 참여하였다. 우선 초등학생은 그림과 함께 제시한 위의 평가 문항을 개별적으로 읽으면서 자신이 생각한 답과 그 이유를 활동지에 정리하였다. 이후 초등학생은 서로의 생각을 자유롭게 토론하는 과정에 참여하였으며, 이 과정을 녹화하여 비디오 클립으로 제작하였다. 이때 교사는 원활한 토론 진행을 위한 토론 진행자의 역할을 하였으며, 학생에게 정답을 제시하기보다는 자기의 생각을 자세히 설명하고 상대방의 생각을 경청하면서 토론에 임하는 것이 중요함을 강조하였다. 학생들이 토론한 시간은 총 8분 정도였다.

제작된 비디오 클립은 초등 예비교사의 교육적 추론을 조사하는 개방형 설문 조사에 활용되었다. 먼저 초등학생에게 제시한 것과 같은 평가 문항을 예비교사에게 배부하고 ‘용해 전후의 무게 변화’와 ‘용액의 균일성’에 관한 예비교사의 과학적 개념을 조사하였다. 연구자는 평가 문항에 대한 정답을 간단하게 설명한 후 예비교사에게 비디오 클립을 주의 깊게 시청하면서 개념별로 초등학생이 어떤 선개념을 가지는지, 초등학생이 그러한 선개념을 가지게 된 원인은 무엇이라고 생각하는지, 자신이 교사라면 어떤 방식으로 수업을 계속할 것인지 등을 개방형 설문문에 작성하게 하였다. 이때 초등학생의 토론 과정을 전사한 전사본을 예비교사에게 함께 제공하여 예비교사가 비디오 클립의 내용을 잘 이해하고 필요한 경우 전사본을 참조할 수 있도록 하였다.

3. 초등학생의 과학 개념

‘용해 전후의 무게 변화’ 문항과 관련하여 토론에 참여한 3명의 초등학생은 ‘설탕을 물에 용해한 후 무게가 증가한다’, ‘설탕을 물에 용해하기 전과

후 무게는 변함이 없다’, ‘설탕을 물에 용해한 후 무게가 감소한다’와 같이 모두 다른 생각을 드러냈다. 즉 용해 전과 비교하여 용해 후에 무게가 변한다고 생각한 2명의 초등학생은 ‘용해 전후의 무게 변화’와 관련하여 비과학적 개념을 가지고 있었다. 이 학생들의 토론 과정을 살펴봤을 때 다음과 같은 주요한 선개념이 나타났다.

설탕을 물에 용해한 후 무게가 증가한다고 응답한 초등학생은 설탕을 용해하면 설탕의 무게가 물에 더해지면서 물의 양이 더 많아져 설탕물이 됐을 때 설탕을 용해하기 전보다 무게가 더 증가한다고 생각하였다. 이 초등학생은 동료 학생의 ‘설탕이 물 안에 들어간 것과 물 밖에 있는 것의 차이만 있을 뿐 다른 게 없다’라는 설명에도 무게가 달라질 것이라고 일관되게 주장하였다. 설탕을 물에 용해한 후 무게가 감소한다고 응답한 초등학생은 설탕을 물에 용해하면 설탕이 고체에서 액체로 변하기 때문에 무게가 감소한다고 생각하였다. 즉 이 초등학생은 설탕을 물에 용해하면 설탕이 고체에서 액체로 바뀌며, 고체, 액체 등 상태에 따라 무게가 다르다고 생각하였다. 선행연구(한수진 등, 2010)에서 예비교사는 대부분 ‘용해 전후의 무게 변화’에 대해 설탕이 사라져 눈에 보이지 않기 때문에 가벼워 지리라는 것을 학생에게 예상되는 오개념으로 제시하였는데, 이보다는 녹은 설탕의 무게로 인한 무게 증가나 설탕의 상태변화로 무게가 감소한다는 선개념이 나타났다.

‘용액의 균일성’ 문항과 관련해서는 3명의 초등학생 모두 단맛이 용액의 부분에 따라 다르게 난다고 생각하여 비과학적 개념을 나타냈다. 이 개념과 관련하여 초등학생이 가진 선개념은 학생별로 조금씩 달랐다. 2명의 초등학생은 문항에서 설탕을 다 녹였다고 명시했음에도 불구하고 설탕을 완벽하게 다 녹이는 것은 불가능하므로 설탕이 가라앉아 아랫부분이 더 달 것으로 생각하였다. 이는 학생이 이러한 선개념을 드러낼 것으로 예상한 예비교사가 별로 없었던 것(한수진 등, 2010)과 다른 결과이다. 1명의 초등학생은 원자의 개념으로 각 부분의 단맛을 예측했다. 초등학교 과학과 교육과정에서는 아직 원자, 분자, 입자와 같은 개념을 다루지 않으므로 이러한 용어의 혼용 자체는 오개념으로 구분하지 않았다. 초등학생은 물 원자와 설탕 원자의 무게가 다르며 더 무거운 원자가 밑으로 내

려가기 때문에 각 부분에서 단맛이 다를 것으로 생각하였다.

4. 분석 틀

초등 예비교사가 학생의 선개념을 적절히 해석하고, 선개념의 가능한 원인을 추론하며, 또 그에 적합한 교수 행동을 제안할 수 있는지 분석하기 위해 선행연구(윤혜경, 2015; Lam & Chan, 2020)를 바탕으로 용해와 용액에 대한 초등 예비교사의 교육적 추론을 분석하기 위한 분석 틀을 구성하였다. 본 연구에서 ‘교육적 추론 수준’은 ‘선개념에 대한 추론 수준’, ‘선개념 원인에 대한 추론 수준’, ‘교수 결정의 추론 수준’의 세 범주로 정의하였다. 그리고 2인의 연구자가 설문지 3부를 무작위로 추출하여 각각 독립적으로 분석하고 이를 논의하는 과정을 통해 최종 분석 틀을 확정하였다.

먼저 초등학생의 선개념에 대한 추론 수준은 윤혜경(2015)의 연구에서 사용한 분석 틀에 기초하여 ‘잘못된 추론’, ‘단순한 진술 반복’, ‘증거 없이 주장’, ‘증거에 기초한 부분적 해석’, ‘증거에 기초한 종합적 해석’의 다섯 가지 수준으로 구분하였다(Table 1).

다음으로, 선개념 원인에 대한 추론 수준을 분석하기에 앞서 예비교사가 추론한 초등학생의 선개념의 원인을 ‘학생 요인’과 ‘교육과정 및 교사 요인’으로 유형화하였다. 학생 요인은 학생의 경험 부족이나 사고력 부족 등 선개념의 원인을 학생으로

부터 찾는 경우를 의미한다. 교육과정 및 교사 요인은 교과서나 교육과정에 제시된 내용이나 구조의 문제 등으로 인해 선개념이 유발됨을 지적한 경우이다. 이후 선개념 원인에 대한 추론 수준은 세 수준으로 구분하였다(Table 2). 원인을 제시하지 못하거나 모호하게 추론한 경우는 ‘C0. 원인을 제시하지 못한 경우’로 구분하였고, 추론한 오개념 원인에 따라 ‘C1. 한 가지 측면의 원인 제기’, ‘C2. 두 가지 이상 측면의 원인 제기’로 구성하였다. 예비교사가 추론한 선개념 원인의 개수가 여러 개더라도 같은 요인을 나열하였다면 하나로 구분하였다. 예를 들어 예비교사가 학생의 경험 부족과 학생의 사고력 부족을 각각 나열하였으면 이는 모두 학생 요인을 나타낸 것이므로 선개념 원인에 대한 추론 수준은 한 가지 요인만을 원인으로 언급한 경우로 구분하였다.

마지막으로 교수 결정의 수준은 Lam & Chan (2020)의 분석 틀을 바탕으로 예비교사가 학생의 사고와 연계한 교수 행동을 제안하는지에 따라 ‘학생의 사고와 연계하지 않은 행동’과 ‘학생의 사고와 연계한 행동’으로 구분하였으며, 학생의 사고와 연계한 행동은 다시 ‘학생의 일반적 사고와 연계한 행동’과 ‘학생의 특이적 사고와 연계한 행동’의 두 유형으로 세분하였다(Table 3). 이상의 두 유형은 모두 예비교사의 교수 결정이 모호하거나 목표 개념과 무관한 행동인 경우는 ‘모호하거나 목표 개념과 무관한 행동’으로, 목표 개념에 관해 내용 지식

Table 1. Analytic framework for levels of reasoning about students' misconceptions

선개념에 대한 추론 수준	설명
P0 잘못된 추론	제시한 초등학생의 선개념이 비디오 클립으로부터 알기 어려운 경우, 비디오 클립과 다른 내용을 제시한 경우, 또는 논리적 비약을 통해 과장한 경우
P1 단순한 진술 반복	초등학생의 발화를 단순히 반복 진술하고 있는 경우
P2 증거 없이 주장	초등학생의 발언이나 행동에 관한 언급 없이 선개념 내용을 평가하고 있는 경우
P3 증거에 기초한 부분적 해석	비디오 클립에 나타난 여러 가지 선개념 중 일부분만을 파악한 경우
P4 증거에 기초한 종합적 해석	비디오 클립에 나타난 여러 가지 선개념을 모두 파악한 경우

Table 2. Analytic framework for levels of reasoning about causes of misconceptions

선개념 원인에 대한 추론 수준	설명
C0 원인을 제시하지 못한 경우	원인을 제시하지 못하거나 모호하게 추론한 경우
C1 한 가지 측면의 원인 제기	학생 요인, 교육과정 및 교사 요인 중 한 가지 요인만을 원인으로 언급한 경우
C2 두 가지 이상 측면의 원인 제기	학생 요인, 교육과정 및 교사 요인 모두 원인으로 언급한 경우

Table 3. Analytic framework for levels of reasoning about instructional decisions

교수 결정의 수준		설명
10	학생의 사고와 연계하지 않은 행동	학생의 사고와 연계하여 교수 행동을 제안하지 않은 경우
11	학생의 일반적 사고와 연계한 행동	모호하거나 목표 개념과 무관한 행동
12		학생의 사고를 촉진하는 내용 중심의 행동
13		학생의 사고를 촉진하는 학생 중심의 행동
14	학생의 특이적 사고와 연계한 행동	모호하거나 목표 개념과 무관한 행동
15		학생의 사고를 촉진하는 내용 중심의 행동
16		학생의 사고를 촉진하는 학생 중심의 행동

전달을 중심으로 하는 경우는 ‘학생의 사고를 촉진하는 내용 중심의 행동’으로, 마지막으로 목표 개념에 관해 학생 주도적 활동을 기반으로 하는 경우는 ‘학생의 사고를 촉진하는 학생 중심의 행동’으로 세분하였다.

5. 분석 방법

2인의 연구자가 최종 분석 틀을 바탕으로 설문지 10부를 무작위로 추출한 후 이를 각각 독립적으로 분석하고 비교함으로써 연구자 간 일치도를 점검하는 과정을 반복하였다. 이후 1인의 연구자가 선개념에 대한 추론 수준, 선개념 원인에 대한 추론 수준, 교수 결정의 추론 수준을 모두 분석하였다. 모든 분석 결과는 빈도와 백분율로 제시하였다. 또한, 선개념에 대한 추론 수준, 선개념 원인에 대한 추론 수준, 교수 결정의 추론 수준 중 통계적 가정을 만족한 경우에 대해 χ^2 검증으로 분석하였다. 각 범주의 기대빈도가 5보다 커야 한다는 통계적 가정에 따라 이를 만족하도록 기대빈도가 5보다 작은 범주에 대해서는 개념별로 각 수준을 합하였으며, 이를 분석 결과에 제시하였다. 예를 들어 선개념에 대한 추론 수준에 대해서는 P3와 P4 수준을 합하고, 선개념 원인에 대한 추론 수준에서는 C1과 C2 수준을 합하여 통계치를 구하였다. 교수 결정의 추론 수준에 대해서는 I1, I2, I3와 I4, I5, I6를 각각 합한 후 통계치를 구하였다. 2인의 연구자는 결과

분석 및 해석의 타당성을 논의하는 세미나를 4차례 진행하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 초등 예비교사들의 과학 개념

예비교사의 교육적 추론을 조사한 결과를 제시하기에 앞서 초등학생이 해결한 것과 같은 ‘용해 전후의 무게 변화’와 ‘용액의 균일성’ 문항을 예비교사에게 제시한 후 예비교사의 과학적 개념을 조사한 결과를 Table 4에 제시하였다. ‘용해 전후의 무게 변화’에 대해서는 87.7%(71명)의 예비교사가 과학적 개념을 가지고 있었다. 이에 대해 대부분 예비교사는 설탕을 용해하면 설탕이 눈에 보이지 않는 입자 또는 분자로 쪼개질 뿐 사라지는 것은 아니므로 무게가 변하지 않는다고 설명하였다.

‘용해 전후의 무게 변화’와 관련하여 12.3%(10명)의 예비교사는 비과학적 개념을 가지고 있었다. 이 중 대부분은 설탕을 물에 용해한 후 무게가 감소할 것으로 생각하였으며, 그에 대한 이유로는 초등학생과 마찬가지로 설탕을 물에 용해하면 고체에서 액체로 상태가 변화하며, 상태에 따라 무게가 다르다는 점을 제시하였다.

설탕을 물에 용해한 후가 그 전보다 무게가 덜 나갈 것이다. 고체와 액체 상태일 때 무게가 다르기 때문이다. (예비교사 55)

Table 4. Pre-service teachers' conceptions in two different topics

예비교사의 과학 개념	주제	용해 전후의 무게 변화	용액의 균일성
과학적 개념		71(87.7%)	60(74.1%)
비과학적 개념		10(12.3%)	21(25.9%)
계		81(100.0%)	81(100.0%)

예비교사는 ‘무게가 물 한 컵의 무게로 줄어드는 것이다. 설탕이 물에 녹아 아주 작은 입자로 바뀌면서 부피가 아주 작아질 것이기 때문이다(예비교사 31)’, ‘더 가벼울 것이다. 왜냐하면, 고체 상태인 설탕의 무게보다 설탕 분자 형태로 녹아 들어간 설탕의 무게가 더 가볍기 때문이다(예비교사 46)’ 등을 제시하여 입자를 아직 학습하지 않은 초등학생과 달리 입자적 관점에서 이유를 설명했는데, 입자의 부피가 작아진다고거나 입자의 무게가 달라진다는 선개념을 드러내기도 하였다. 이외에 ‘더 가벼울 것이다. 왜냐하면, 각설탕이 녹아 새로운 화학변화를 일으켰을 것으로 생각하기 때문이다(예비교사 4)’라고 응답하여 용해를 물리 변화가 아닌 화학 변화로 생각하는 예비교사도 있었다.

‘용액의 균일성’의 경우, 74.1%(60명)의 예비교사가 과학적 개념을 가지고 있어 과학적 개념을 가진 예비교사의 비율이 높았지만 ‘용해 전후의 무게 변화’에서 과학적 개념을 가진 예비교사의 비율과 비교했을 때는 그 비율이 더 낮았다. 대부분 예비교사는 아래 예시와 같이 일정한 단맛이 나는 이유로 설탕 입자의 분포를 언급하였다.

똑같은 단맛이 느껴진다. 유리막대로 적으면서 설탕이 물에 균일하게 섞이게 된다. (예비교사 9)

모두 단맛이 난다. 물속에 설탕 입자들이 골고루 분포해 있을 것이다. (예비교사 20)

단맛이 모두 같을 것이다. 왜냐하면, 설탕이 모두 물 분자 사이에 골고루 들어갔을 것이기 때문이다. (예비교사 31)

비과학적 개념을 드러낸 25.9%(21명)의 예비교사는 초등학생과 유사한 선개념을 나타냈다. 상당수의 예비교사는 설탕을 물에 넣고 유리막대로 저어도 완전히 섞을 수 없으며, 처음에는 완전히 섞

였더라도 시간이 지나면 설탕 침전물이 생기므로 아랫부분이 더 달다고 생각하였다. 이러한 이유를 제시한 데에는 아래 응답한 것과 같이 커피나 차에 설탕을 넣었을 때의 경험이 영향을 미치기도 하였다.

모두 비슷하지만 (다) 부분(아랫부분)이 조금 더 진한 단맛을 낼 것 같다. 커피나 차에 넣은 설탕이 가라앉은 걸 많이 보았기 때문에 이렇게 생각한다. (예비교사 18)

다른 예비교사는 설탕이 물에 다 녹았다고 하더라도 물보다 설탕 입자가 더 무겁거나 중력 때문에 녹은 설탕 입자가 가라앉아 단맛에 차이가 있다고 생각하였다.

(다)-(나)-(가)(아래-중간-위) 순으로 단맛이 강하다. 왜냐하면, 녹은 설탕 입자가 중력을 받아 아래로 내려가면서 아래 쪽에 설탕 입자들이 많이 쌓이기 때문이다. (예비교사 38)

이처럼 ‘용해 전후의 무게 변화’와 ‘용액의 균일성’ 모두 일부 예비교사는 비과학적 개념을 가지고 있었으며, 초등학생과 유사한 선개념 유형을 드러냈다.

2. 선개념에 대한 추론 수준

초등학생의 선개념에 대한 예비교사의 추론 수준을 분석한 결과를 Table 5에 제시하였다. ‘용해 전후의 무게 변화’에 대해서는 29.6%(24명)의 예비교사가 증거에 기초하여 학생의 선개념을 부분적으로 파악했다(P3). 이들은 비디오 클립을 시청하면서 설탕을 물에 용해하면 설탕이 고체에서 액체로 변하며 물질의 상태에 따라 무게가 다르므로 무게가 감소한다고 생각한 초등학생의 선개념을 주로 발견하고 이를 근거와 함께 제시하였다. 예를 들어 예비교사 2는 ‘고체가 액체가 되어 무게가 적게 나간다는 학생의 발화를 통해 녹는다는 것은 액체가

Table 5. Levels of reasoning about misconceptions in two different topics

주제	선개념에 대한 추론 수준						Total	χ^2	Sig.
	P0	P1	P2	P3	P4				
용해 전후의 무게 변화	14(17.3%)	25(30.9%)	16(19.8%)	24(29.6%)	2(2.5%)	26(32.1%)	81(100%)	3.499	0.321
용액의 균일성	20(24.7%)	29(35.8%)	9(11.1%)	21(25.9%)	2(2.5%)	23(28.4%)	81(100%)		

된다는 오개념을 가지고 있다'라고 설명하였다. 학생의 선개념을 증거에 기초해 전체적으로 파악한 예비교사(2명, 2.5%)도 소수 나타났다(P4). P4 수준의 예비교사는 '설탕의 무게에 의해 설탕물의 무게가 더 증가한다', '설탕을 물에 용해하면 설탕이 고체에서 액체로 바뀐다', '고체는 액체보다 무겁다'라는 세 가지 선개념을 모두 드러냈다.

그러나 선개념을 파악하지 못한 예비교사(P0, 14명, 17.3%)나 학생의 발화를 단순히 반복하여 제시한 예비교사(P1, 25명, 30.9%)가 약 50%의 상당한 비율을 차지했다. P0 수준에 해당하는 예비교사는 설탕의 무게가 더해지면 물의 양이 많아진다는 초등학생의 발화에 대해 '초등학생이 무게와 부피를 혼용한다(예비교사 18)'라는 선개념이 있다고 비약해서 해석하였다. 초등학생의 토론 과정에서 전후 맥락 파악 없이 특정 발언에만 집중하여 이를 선개념으로 인식함에 따라 P0 수준에 머무는 경우도 있었다. 예를 들면, 예비교사는 두 물질이 서로 섞이는 과정이 용해임을 이해한 초등학생이 동료 학생을 설득하기 위해 '위로 올라가는 게 설탕의 무게인 거잖아'라고 언급한 것을 선개념으로 인식하고, 초등학생이 용해의 과정을 이해하지 못하고 있다고 생각하였다.

'뭐가 이렇게 올라가지, 그게 설탕의 무게인 거잖아'라는 것을 통해 학생이 용해의 과정에 대해 인지하지 못하고 있다는 것을 알 수 있다. (예비교사 19)

'용액의 균일성'에 대해서는 25.9%(21명)와 2.5%(2명)의 예비교사가 증거에 기초해 학생의 선개념을 부분적 또는 전체적으로 파악(P3, P4)하였으며, 이 비율은 '용해 전후의 무게 변화' 개념과 큰 차이를 보이지 않았다. P4 수준을 나타낸 예비교사는 '설탕을 완전히 용해할 수 없다', '원자의 무게에 따라 맛이 다르다'라는 두 가지 선개념을 모두 제시하였다. P3 수준의 예비교사는 '설탕과 물의 원자가 달라서 둘의 무게 차이 때문에 단맛의 차이가 날 수 있다고 말하는 것에서 설탕이 물에 균일하게 녹아들지 않을 것이라는 선개념을 가지고 있다(예비교사 5)', '설탕을 완전히 녹일 수 없다고 잘못 생각하고 있다. 설탕을 완전히 녹일 수도 없고 약간의 무게라도 바닥에 가라앉는다고 말하기 때문이다(예비교사 8)'의 사례와 같이 한 가지 선개념만

드러났을 때 해당하였다. 그러나 60.5%의 예비교사가 학생의 선개념을 잘못 추론(P0, 20명, 24.7%)하거나 학생의 진술을 단순 반복(P1, 29명, 35.8%)하였다. 특히 이 비율이 '용해 전후의 무게 변화' 개념보다도 더 높았다는 점은 주목할 필요가 있다.

예비교사가 제시한 P0 수준의 예시는 다음과 같다. 초등학생은 물과 설탕 원자의 무게가 다르므로 위치에 따라 단맛이 다를 것으로 설명하면서 용해 개념에 관해 부족한 이해를 보였다. 그러나 예비교사는 물과 설탕 원자의 무게에 따라 '뜨고 가라앉는 정도가 다르다'라고 발언한 것에만 집중하여 초등학생이 밀도 개념과 대한 이해가 부족한 것으로 잘못된 결론을 내리는 경향이 있었다. 예비교사가 초등학생의 발언에 대해 물 원자와 설탕 원자를 독립적으로 생각한다는 잘못된 판단을 내리는 경우도 관찰되었다.

물속에서의 가라앉고 뜨는 것은 무게가 중요한 것이 아니라 밀도가 중요한 것인데 원자의 무게에 따라 가라앉거나 뜰 것이라고 착각하고 있다. (예비교사 32)

설탕이 물에 녹아도 설탕의 원자와 물의 원자가 독립적으로 존재한다고 생각했다. (예비교사 62)

한편, 예비교사 중에서는 아래와 같이 초등학생이 했던 발언과 무관한 선개념을 제시하기도 하였다. 초등학생이 언급하지 않았음에도 용해가 원자 단위로 분해되는 것이라는 선개념으로 판단하거나 물의 표면과 중간 부분에서만 용해가 일어난다고 결론을 내리는 경우가 이에 해당한다.

용해가 원자 단위로 분해되어 움직이는 것으로 생각함 (예비교사 37)

녹는다는 것이 물의 표면과 중간 부분에서 일어나는 일이라고 생각한다. (예비교사 47)

선개념에 대한 추론 수준의 차이를 통계적으로 분석하는 χ^2 을 실시한 결과, 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다($\chi^2=3.499, p>.05$). 즉 '용해 전후의 무게 변화'와 '용액의 균일성'에서 선개념에 대한 추론 수준 분포는 차이가 없었으며, 두 개념 모두 P1과 P3 수준이 상대적으로 높았다. 이는 선행연구(윤혜경, 2015)에서 주제에 따라 선개념에

대한 추론 수준의 분포에 차이가 있었던 것과 다른 결과이다. 이 연구에서는 ‘용해 전후의 무게 변화’와 ‘용액의 균일성’ 각각에 대해 70% 이상의 예비교사가 과학 개념을 잘 이해하고 있었으므로, 주제에 따른 예비교사의 과학 이해 정도의 차이가 상대적으로 미미하였다. 그 결과 주제에 따른 예비교사의 과학 이해 정도가 차이가 있었던 선행연구의 결과(윤혜경, 2015)와 달리 선개념에 대한 추론 수준의 분포에 차이가 나타나지 않은 것으로 보인다.

‘용해 전후의 무게 변화’와 ‘용액의 균일성’ 각각에 대해 과학적 개념을 가지고 있는 예비교사 집단과 비과학적 개념을 가지고 있는 예비교사 집단을 나누어 제시하였다(Table 6). 통계적인 분석은 불가능하나 ‘용해 전후의 무게 변화’부터 살펴보면, 과학적 개념을 가진 예비교사는 P3 수준이 33.8%(24명)로 가장 높았으며, 그다음으로 P1(20명, 28.2%), P2(15명, 21.1%), P0(10명, 14.1%) 수준의 순으로 나타났다. P4 수준은 2.8%(2명)로 거의 나타나지 않았다. 소수였지만 비과학적 개념을 가진 예비교사의 경우에는 대부분 P0(4명, 40%) 또는 P1(5명, 20%) 수준에 머물렀다. ‘용액의 균일성’과 관련하여 과학적 개념을 가진 예비교사는 P1(22명, 36.7%)과 P3(18명, 30.0%) 수준이 가장 높았고, P0(12명, 20.0%), P2(6명, 10.0%), P4(2명, 3.3%) 수준의 순으로 나타났다. 비과학적 개념을 가진 예비교사의 경우에는 교육적 추론 수준이 더 낮았다. P0와 P1 수준이 각각 38.1%(8명), 33.3%(7명)로 가장 높았다. P2와 P3 수준은 모두 14.3%(3명)로 같은 비율로 나타났으며, P4 수준은 나타나지 않았다.

이상의 결과를 종합했을 때, 비과학적 개념을 가진 예비교사가 많지 않아 해석에 한계가 있으나 ‘용해 전후의 무게 변화’와 ‘용액의 균일성’ 모두 과학적 개념을 가진 예비교사일수록 P3 수준을 가질 가능성이 상대적으로 더 높았다. 비과학적 개념을 가진 예비교사는 P0, P1과 같은 낮은 추론 수준을 갖는 경향이 있었다.

이때 빛의 반사에 관한 윤혜경(2015)의 연구와 비교하여 예비교사의 과학 개념 이해 정도는 유사하거나 더 높았으나 선개념에 대한 추론 수준은 더 낮았다. 다양한 선개념이 여러 초등학생에게 동시에 나타남에 따라 예비교사가 이를 알아차리는 데 상대적으로 어려움을 느꼈으며, 그 결과 학생의 선개념을 부분적 또는 종합적으로 파악하는 P3와 P4 수준이 감소한 것으로 보인다. 이는 예비교사의 과학 개념 이해 정도가 선개념에 대한 추론 수준과 반드시 일관적이지 않다는 점을 의미한다. 실제로 교사는 학생의 사고를 이해하기 위해 노력하더라도 이를 적절히 파악하는 능력은 부족하였다(Wallach & Even, 2005). 따라서 초등 예비교사가 관련 개념을 학습하도록 촉진하는 것뿐만 아니라 예비교사의 선개념에 대한 추론 수준을 높이기 위한 적극적인 노력이 예비교사 교육에서 이루어질 필요가 있다.

3. 선개념 원인에 대한 추론 수준

1) 예비교사가 추론한 선개념 원인

예비교사 추론한 선개념 원인을 분석한 결과를

Table 6. Levels of reasoning about misconceptions according to pre-service teachers' conceptions in two different topics

주제와 예비교사의 과학 개념		선개념에 대한 추론 수준					Total
		P0	P1	P2	P3	P4	
용해 전후의 무게 변화	과학적 개념	10(14.1%)	20(28.2%)	15(21.1%)	26(36.6%)	2(2.8%)	71(100%)
	비과학적 개념	4(40.0%)	5(50.0%)	1(10.0%)	0(0.0%)	0(0.0%)	10(100%)
용액의 균일성	과학적 개념	12(20.0%)	22(36.7%)	6(10.0%)	20(33.3%)	2(3.3%)	60(100%)
	비과학적 개념	8(38.1%)	7(33.3%)	3(14.3%)	3(14.3%)	0(0.0%)	21(100%)

*통계적 가정을 만족하지 않으므로 χ^2 검증을 실시하지 않음

Table 7. Levels of reasoning about causes of misconceptions in two different topics

주제	요인	학생 요인	교육과정 및 교사 요인	Total
용해 전후의 무게 변화		57(93.4%)	4(6.6%)	61(100.0%)
용액의 균일성		50(87.7%)	7(12.3%)	57(100.0%)

Table 7에 제시하였다. ‘용해 전후의 무게 변화’는 학생 요인 93.4%(57명), 교육과정 및 교사 요인 6.6%(4명)로 나타났으며, ‘용액의 균일성’은 학생 요인 87.7%(50명), 교육과정 및 교사 요인 12.3%(7명)로 나타났다. 즉 ‘용해 전후의 무게 변화’와 ‘용액의 균일성’ 개념 모두 학생 요인이 대부분을 차지했다.

예비교사는 ‘용해 전후의 무게 변화’에서 학생 요인으로 초등학생의 인지 수준에 따른 한계적 사고를 언급한 경우가 많았다. 예를 들어 예비교사는 설탕을 물에 녹였을 때 무게가 감소한다고 응답한 초등학생에 대해 지각 의존적 사고로 인해 고체와 달리 액체는 형태가 없으므로 고체보다 액체를 가볍다고 생각하는 선개념을 가졌을 것으로 판단하거나 설탕이 다 녹으면 눈에 안 보이므로 설탕을 물에 녹이면 액체가 된다는 선개념을 가졌을 것으로 판단하였다.

고체는 형태가 있는 반면 액체는 형태가 없기 때문에 학생이 개인적으로 생각하기에 고체가 더 무게가 나간다고 생각했을 것이다. (예비교사 14)

물에 설탕이 녹아서 안 보이기 때문에 물과 동일한 액체가 된 것이라고 생각한 것 같다. (예비교사 15)

또 다른 예로, 설탕을 물에 녹였을 때 무게가 증가한다는 초등학생의 선개념과 관련해서는 직관적 사고에 의해 겉으로 봤을 때는 물의 양이 증가한 것으로 보이므로 초등학생이 물 자체의 양이 많아진 것으로 생각하여 선개념을 가질 수 있을 것으로 생각하였다.

비커에 담긴 용액의 눈금이 올라감. 물은 액체, 설탕은 고체니까 액체인 물이 늘어났다고 생각. (예비교사 53)

예비교사가 제시한 교육과정 및 교사 요인으로는 ‘액체와 고체에 대해 분리해서 배우는 기존 교과서의 내용 때문에(예비교사 45)’와 같이 교육과

정 구조상 학습이 선개념을 바탕으로 유기적으로 이루어지는 것이 아니라 독립적으로 이루어지는 상황을 선개념 원인으로 지적하였다.

‘용액의 균일성’과 관련해서는 ‘평소 가루를 타 먹는 음료를 먹을 때 바로 안 저으면 아래에 쌓여 있는 것을 봤기 때문이다(예비교사 6)’, ‘무거운 철과 같은 물체는 물속 밑에 가라앉으니까 원자의 무게에 따라 물속 위치가 다르다고 생각한 것 같다(예비교사 57)’와 같이 초등학생의 경험을 학생 요인으로 제시한 예비교사가 많았다. 이외에 예비교사는 입자가 다른 두 물질이 완전히 녹아 혼합물이 될 수 있다는 개념 학습이 부족하다고 생각하거나 학생들이 용해를 두 물질이 서로 섞이는 현상으로 이해하지 못했다고 생각하였다.

‘용해’를 두 가지 이상의 물질이 ‘골고루’ 섞이는 현상임을 이해하지 못하고 단순히 두 물질을 더하는 것이라고 인식해서 두 물질 입자의 무게를 따지다 보니 위(윗부분은 덜 달고 아랫부분이 더 달다)와 같은 개념을 형성하게 된 것 같다. (예비교사 1)

설탕이 다 녹았다는 상황 인지가 부족한 것 같다. 또한 입자가 다른 두 물체가 완전히 녹을 수 있어 혼합물이 될 수 있다는 개념에 대한 학습이 부족해서이다. (예비교사 17)

‘용액의 균일성’과 관련하여 예비교사가 제시한 교육과정 및 교사 요인으로는 ‘용해 전후의 무게 변화’와 마찬가지로 교육과정의 구조를 언급하는 경우가 많았다. 예를 들어 원자, 분자, 입자 개념을 초등학교 교육과정에서 다루지 않는다고 응답한 사례(예비교사 41)는 초등학생이 교육과정에서 입자적 관점에 대해 학습하기 전으로 입자에 대한 이해가 부족하여 나타난 선개념이라고 판단하였음을 보여주며, 이는 교육과정을 바탕으로 추측했음을 알 수 있다.

2) 선개념 원인에 대한 추론 수준

초등학생의 선개념의 원인에 대한 예비교사의

Table 8. Levels of reasoning about causes of misconceptions in two different topics

주제	선개념 원인에 대한 추론 수준			Total	χ^2	Sig.
	C0	C1	C2			
용해 시 질량 변화	24(29.6%)	57(70.4%)		81(100%)	0.258	0.612
		54(66.7%)	3(3.7%)			
용액의 균일성	27(33.3%)	54(66.7%)		81(100%)		
		52(64.2%)	2(2.5%)			

추론 수준을 Table 8에 제시하였다. ‘용해 전후의 무게 변화’와 ‘용액의 균일성’ 모두 한 가지 측면에서의 원인만 언급하는 경우(C1)가 각각 66.7%(54명), 64.2%(52명)로 절반 이상의 비율로 나타났다. 다음으로는 선개념 원인을 전혀 추론하지 못하는 경우(C0)가 각각 29.6%(24명), 33.3%(27명)로 높았으며, 선개념 원인을 두 가지 제시한 경우(C2)는 3.7%(3명), 2.5%(2명)로 극히 드물었다. 선개념의 원인에 대한 추론 수준이 개념에 따라 차이가 나는지 살펴보기 위해 χ^2 검정을 한 결과, 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다($\chi^2=0.258$, $p>.05$). 즉 선행연구(윤혜경, 2015)와 달리 이 연구에서는 개념에 따른 선개념 원인의 추론 수준 분포가 다르지 않았다.

선개념 원인을 전혀 추론하지 못하는 경우 예비교사는 ‘문제를 꼼꼼하게 읽지 않았다(예비교사 12)’, ‘문제에 영향을 주는 요소에 대한 명확한 인식 부족(예비교사 36)’, ‘그림을 잘못 이해했을 것이다(예비교사 38)’와 같이 초등학생의 문항에 대한 이해 부족을 원인으로 제시하거나 ‘경험적인 이유로(예비교사 35)’, ‘수업 시간에 들은 몇 가지 개념과 혼동(예비교사 36)’, ‘학교 과학 시간에 배웠던 것을 잘못 기억(예비교사 47)’과 같이 모호한 추측을 제시하는 경우가 많았다. 특히 ‘용액의 균일성’에서는 초등학생이 ‘원자’라는 용어를 쓴 것에 집중하여 학생이 의도한 바를 이해하기보다는 용어를 잘못 활용하는 문제에 집중하는 모습을 보였다. 이와 관련한 예는 아래와 같다.

원자와 입자의 개념 오류 (예비교사 7)

물질을 이루고 있는 아주 작은, 더 이상 쪼갤 수 없다는 원자의 개념이 부족하기 때문 (예비교사 51)

예비교사가 해당 영상 속 초등학생을 직접 만나

고 교류한 것은 아니므로, 예비교사 선개념의 원인을 구체적으로 파악하는 것은 어려울 수 있다. 그러나 ‘용해 전후의 무게 변화’와 ‘용액의 균일성’ 모두 예비교사가 자신의 학습 경험이나 과학교육 관련 지식을 근거로 가능한 원인을 한 가지도 제기하지 못한 것은 앞으로 예비교사가 초등학생을 직접 만나더라도 그 한계가 지속될 가능성이 있다. 따라서 예비교사가 초등학생과 실제로 교류했을 때도 여전히 선개념 원인을 추론하는 데 한계가 있는지 후속 연구가 필요하며, 선개념 원인에 대한 추론 수준을 향상하는 방안을 탐색할 필요가 있다.

예비교사의 과학 개념 이해가 선개념 원인의 추론 수준과 관련이 있는지 알아보기 위해 주제별로 예비교사를 과학적 개념과 비과학적 개념으로 나누었다(Table 9). ‘용해 전후의 무게 변화’에서 과학적 개념을 가진 예비교사 집단은 C1 수준이 69.0%(49명)로 가장 높았으며, 그다음으로 C0 수준이 26.8%(19명)로 나타났다. C2 수준은 4.2%(3명)로 드물게 나타났다. 비과학적 개념을 가진 예비교사 집단은 C0과 C1 수준이 동일하게 50%(5명)의 비율을 차지하였다. ‘용액이 균일성’의 경우, 과학적 개념을 가진 예비교사 집단과 비과학적 개념을 가진 예비교사 집단 모두 C1 수준이 각각 61.7%(37명), 71.4%(15명)로 가장 높았다. 그다음으로 C0 수준이 각각 35.0%(21명), 28.6%(6명)로 나타났다. C2 수준은 ‘용해 전후의 무게 변화’와 마찬가지로 과학적 개념을 가진 예비교사 집단에서만 드물게 나타났다(2명, 3.3%). 즉 ‘용액의 균일성’에서는 예비교사의 과학 개념에 대한 이해와 무관하게 C1 수준이 가장 높았다. 한편 ‘용해 전후의 무게 변화’와 ‘용액의 균일성’ 모두 과학적 개념을 가진 집단과 비과학적 개념을 가진 집단 모두 C1 수준이 높은 경향을 보였다. 이는 과학적 개념을 가진 집단과 비과학적 개념을 가진 집단 사이의 선개념 원인에 대한 추론

Table 9. Levels of reasoning about causes of misconceptions according to pre-service teachers' conceptions in two different topics

주제와 예비교사의 과학 개념		선개념 원인에 대한 추론 수준			Total
		C0	C1	C2	
용해 전후의 무게 변화	과학적 개념	19(26.8%)	52(73.2%) 49(69.0%)	3(4.2%)	71(100.0%)
	비과학적 개념	5(50.0%)	5(50.0%)	0(0.0%)	10(100.0%)
용액의 균일성	과학적 개념	21(35.0%)	39(65.0%) 37(61.7%)	2(3.3%)	60(100.0%)
	비과학적 개념	6(28.6%)	15(71.4%) 15(71.4%)	0(0.0%)	21(100.0%)

*통계적 가정을 만족하지 않으므로 χ^2 검증을 실시하지 않음

수준을 비교했을 때, 비과학적 개념을 가진 집단의 추론 수준이 더 높았던 선행연구(윤혜경, 2015)와 다른 결과이다. 이 연구에서는 초등학생이 선개념을 가지게 된 원인으로 학생 요인과 교육과정 및 교사 요인이 나타났으며, 그중에서도 학생 요인에 집중된 경향을 보였다. 이 점에서 미루어볼 때, 예비교사가 선개념 원인의 유형을 다양하게 제시할 수 있는지가 이러한 결과의 요인 중 하나일 수 있다. 따라서 다양한 주제에 대한 예비교사의 교육적 추론 수준을 조사하는 연구가 지속해서 이루어져 예비교사가 제시하는 선개념 원인의 유형과 선개념 원인에 대한 추론 수준의 관계를 조사할 필요가 있다.

4. 교수 결정의 추론 수준

초등학생의 선개념에 대한 예비교사의 교수 결정의 수준을 분석한 결과는 Table 10과 같다. ‘용해 전후의 무게 변화’의 경우, 학생의 사고와 연계한 행동을 제시한 예비교사가 90.0%(73명)로 대부분 비율을 차지하였다. ‘용액의 균일성’에서는 74.3%(57명)로 상당한 비율로 나타났지만, ‘용해 전후의 무게 변화’와 비교하여 학생의 사고와 연계한 행동이 상대적으로 낮았다. 학생의 사고와 연계된 행동을 세분하면, ‘용해 전후의 무게 변화’와 ‘용액의 균일성’ 모두 학생의 특이적 사고와 연계한 행동(I4, I5, I6)을 제안한 빈도가 각각 81.4%(66명), 67.9%(55명)로 높았으며, 학생의 일반적 사고와 연계한 행동(I1, I2, I3)을 제안한 빈도는 상대적으로 낮았다(8.6% 7.4%). 앞서 Table 4와 Table 7에 따르

면 ‘용해 전후의 무게 변화’와 ‘용액의 균일성’ 모두 학생의 선개념에 대해 P0와 P1의 수준이 상당한 비율로 나타났으며, 선개념 원인에 대한 추론도 한 가지 유형, 그중에서도 학생 요인으로 국한된 경우가 많았다. 그러나 많은 예비교사가 학생의 사고와 연계된 행동을 제안하였으며, 그중에서도 학생의 특이적 사고와 연계한 비율이 높았다.

학생의 사고와 연계하지 못하는 비율은 ‘용해 전후의 무게 변화’와 ‘용액의 균일성’에 대해 각각 9.9%(8명), 24.7%(20명)로 나타났다. 학생의 사고와 연계하지 못한 경우, 예비교사는 ‘학생들에게 직접 자신이 생각한 것이 맞는지 확인하도록 하는 수업(예비교사 6)’, ‘비교 대상에 대해서 교사가 시범을 보이며 확실하게 말해준다(예비교사 62)’와 같이 초등학생의 선개념과 전혀 무관한 일반적인 행동을 제시하였다. ‘용액의 균일성’과 관련해서도 마찬가지로 초등학생의 선개념과 무관한 행동을 제안하는 것이 관찰되었다. 특히 ‘용액의 균일성’과 관련해서는 학생의 언급하지 않은 선개념에 대해 행동을 제안하거나 학생의 선개념에 대해 적절하지 않은 행동을 제안하는 것이 관찰되었다. 구체적으로 아래 예시를 보면, 초등학생은 물 입자와 설탕 입자의 무게에 따라 단맛이 다를 것이라고 응답하였으며, 물이 입자 단위로 쪼개진다고 언급하지는 않았다. 그러나 예비교사는 용해가 단위를 쪼개는 것이 아니라 입자 간 거리를 변화시켜주는 과정이라는 것을 이해시킨다고 제안하거나 설탕의 양에 따른 단맛의 차이를 비교하여 설명할 것이라고 제안하였다.

모래와 자갈을 이용하여 용해가 단위를 쪼개는 것이 아닌 입자 간 거리를 늘려주어 녹이는 것이라 이해시킨다. (예비교사 37)

단맛을 결정하는 것은 투입한 설탕이라는 것을 알려주기 위해 설탕의 양에 따라 달라지는 것을 알려줄 것이다. (예비교사 3)

교수 결정의 수준 차이를 통계적으로 분석하기 위해 χ^2 검정을 한 결과(Table 10), ‘용해 전후의 무게 변화’와 ‘용액의 균일성’에 대해 통계적으로 유의미한 차이가 있었다($\chi^2=6.220$, $p<.05$). 즉, ‘용해 전후의 무게 변화’와 ‘용액의 균일성’에서 교수 결정의 수준 분포에 차이가 있었다. ‘용해 전후의 무게 변화’는 학생의 특이적 사고와 연계한 행동이 높았지만, ‘용액의 균일성’은 학생의 특이적 사고와 연계한 행동 이외에 학생의 사고와 연계하지 않은 행동도 적지 않게 나타났다.

학생의 사고와 연계한 행동을 제안한 경우를 세부적으로 살펴봤을 때, ‘용해 전후의 무게 변화’와 ‘용액의 균일성’ 모두 학생의 특이적 사고와 연계하여 학생 중심의 행동을 제안한 경우(I6)가 각각 44.4%(36명), 43.2%(35명)로 상당한 비율을 차지했다. 예비교사는 이와 관련하여 실험 활동을 계획하였으며, 이 과정에서 일부 예비교사는 탐구학습 모형 등의 모형을 적용하여 초등학생이 직접 개념을 형성해 나갈 수 있도록 하기도 하였다. 아래는 ‘용해 전후의 무게 변화’와 ‘용액의 균일성’과 관련하여 예비교사가 제안한 교수 행동이다.

〈용해 전후의 무게 변화〉

설탕을 녹이기 전, 물과 설탕의 무게, 설탕을 녹인 후 설탕물의 무게를 비교해보는 실험을 진행한다. (예비교사 63)

탐구학습 모형을 활용해 모둠별로 학생들이 직접 가설을 세워 각설탕과 물의 무게와 설탕물의 무게를 재보고 질량과 혼

합물에 대한 개념을 일반화하도록 한다. (예비교사 75)

〈용액의 균일성〉

직접 완벽히 녹은 설탕물의 맛을 높이에 따라 맛본다. 이는 컵을 2개 준비하여 하나의 컵에 설탕물을 옮겨가면서 단맛의 정보를 파악해볼 수 있을 것 같다. 이때 학생에게 단맛은 각자 상대적이므로 자신이 생각한 대로 단맛이 다르다는 결론을 도출할 위험이 있으므로 ‘하얀색 각설탕’이 아닌, 색이 있는 설탕을 녹여보는 것이 더 많은 도움이 될 것으로 생각한다. (예비교사 24)

학생의 특이적 사고와 연계하되 내용 중심의 행동을 제안한 경우(I5)도 ‘용해 전후의 무게 변화’와 ‘용액의 균일성’에 대해 각각 16.0%(13명), 14.8%(12명)로 적지 않은 비율로 나타났다. 예비교사는 학생의 과학적 개념 부족으로 생긴 선개념이라고 판단하였으며, 시범실험이나 영상을 활용하여 원리를 교사가 직접 설명해주는 행동을 제안하였다. 예를 들어 ‘용해 전후의 무게 변화’에서 예비교사는 교사가 무게를 직접 재서 보여준 후 설탕이 물에 녹는 과정에 대한 설명을 영상으로 보여줄 것이라고 하였으며, ‘용액의 균일성’에서는 물속의 설탕 입자가 어떻게 분포하는지를 영상이나 모형으로 설명한다고 하였다.

〈용해 전후의 무게 변화〉

무게를 재서 보여주고, (설탕이) 물에 녹는 과정과 원리가 담긴 영상을 보여줄 것이다. 무게를 확인함으로써 무게가 그대로라는 것을 확인시켜준다면, 학생이 새로운 것을 받아들일 준비를 할 수 있을 것이다. 그런 다음 물이 녹는 원리를 이해해보다면, 돌의 무게가 그대로라는 것을 이해할 수 있을 것이다. (예비교사 31)

〈용액의 균일성〉

원자와 분자에 관한 정의를 간단히 학습한 후 물속의 설탕 입자가 어떻게 분포하는지 변화 과정을 동영상이나 모형으로 설명한다. (예비교사 30)

Table 10. Levels of reasoning about instructional decision in two different topics

주제	교수 결정의 추론 수준						Total	χ^2	Sig.
	I0	I1	I2	I3	I4	I5			
용해 전후의 무게 변화	8(9.9%)		7(8.6%)			66(81.4%)	81(100.0%)	6.220	0.045
		1(1.2%)	3(3.7%)	3(3.7%)	17(21.0%)	13(16.0%)			
용액의 균일성	20(24.7%)		6(7.4%)			55(67.9%)	81(100.0%)		
		2(2.5%)	3(3.7%)	1(1.2%)	8(9.9%)	12(14.8%)			

학생의 특이적 사고와 연계하되 모호하거나 목표 무관한 행동을 제안한 경우, ‘용해 전후의 무게 변화’에서는 21.0%(17명)의 비율로 나타난 반면, ‘용액의 균일성’은 9.9%(8명)로 나타나 두 개념이 상당한 차이를 보였다. 두 개념 모두 초등학생에게 나타난 선개념 중에서는 목표 개념과 직접적인 관련성은 낮은 선개념들이 관찰됐다. ‘용해 전후의 무게 변화’에서는 물질의 상태에 따라 무게가 다르다는 선개념이 있었으며, ‘용액의 균일성’에서는 원자와 분자를 혼용하여 사용한다는 선개념이 있었다. 예비교사는 이러한 선개념을 교정하기 위해 목표 개념과 무관하게 ‘물의 상태변화에 따른 질량 변화에 대한 수업을 실시한다(예비교사 80)’, ‘설탕과 물은 원자가 아닌 분자임을 개념 학습 모형을 적용해 설명한다(예비교사 11)’와 같이 개념의 재정립을 목적으로 하는 교수 행동을 제안하였다. 이때 물질의 상태에 따라 무게가 다르다는 선개념은 초등학교 교육과정에서 다룬다. 그러나 원자 개념은 중등 교육과정에 들어선 이후에야 다루는 개념이며, 이와 관련하여 오개념을 가진 교사도 적지 않은 것으로 보고된다(장효순과 최병순, 2010). 이러한 차이로 인해 ‘용해 전후 무게의 변화’에서는 예비교사가 상대적으로 쉽게 교수 행동을 제안하였지만, ‘용액의 균일성’에서는 관련 행동을 제안하는 것이 더 어려워 I4 수준의 비율이 더 높았던 것으로 보인다.

한편 학생의 일반적 사고와 연계한 행동의 경우에는 두 개념 모두 예비교사 대부분이 용해의 과정에 대한 자세한 설명을 제시하거나 관련 실험을 진행하겠다고 응답하였다. 아래는 학생의 일반적 사

고와 연계한 행동 중 내용 중심의 행동(I2)에 대한 예시이다.

용해가 이루어지는 과정을 상세하게 설명하고 설탕이 녹으면 어떻게 되는지 예측을 도와준다. 학생이 더 잘 이해하고 다른 개념과 연관 지어서 오개념을 형성하지 않을 것이다. (예비교사 4)

예비교사의 과학 개념 이해가 교수 결정의 추론 수준과 관련이 있는지 알아보기 위해 주제별로 예비교사를 과학적 개념과 비과학적 개념으로 나누었다(Table 11). ‘용해 전후의 무게 변화’에서 과학적 개념을 가진 예비교사 집단은 학생의 특이적 사고와 연계한 I4, I5, I6 수준이 각각 21.1%(15명), 14.1%(10명), 46.5%(33명)로 높은 비율로 나타났다. 비과학적 개념을 가진 예비교사 집단은 거의 나타나지 않아 해석에 한계가 있으나 이 또한 20.0%(2명), 30.0%(3명), 30.0%(3명)로 유사한 경향을 보였다. 학생의 일반적 사고와 연계한 I1, I2, I3 수준은 예비교사의 과학 개념에 대한 이해와 무관하게 거의 없었다. 한편 과학적 개념을 가진 예비교사 집단 중에서는 I0의 수준으로 교수 행동을 제안한 경우도 11.3%(8명)로 일부 있었다.

‘용액의 균일성’의 경우도 ‘용해 전후의 무게 변화’와 비교하여 그 경향성에서는 큰 차이를 보이지 않았다. 과학적 개념을 가진 예비교사 집단은 I4, I5, I6 수준이 차지하는 비율이 각각 11.7%(7명), 15.0%(9명), 45.0%(27명)로 나타났고, 비과학적 개념을 가진 예비교사 집단은 4.8%(1명), 14.3%(3명),

Table 11. Levels of reasoning about instructional decision according to pre-service teachers' conceptions in two different topics

주제와 예비교사의 과학 개념		교수 결정의 추론 수준							Total
		I0	I1	I2	I3	I4	I5	I6	
용해 전후의 무게 변화	과학적 개념	8(11.3%)		5(7.0%)			58(81.7%)		71(100.0%)
	비과학적 개념	0(0.0%)	1(1.4%)	2(2.8%)	2(2.8%)	15(21.1%)	10(14.1%)	33(46.5%)	71(100.0%)
용액의 균일성	과학적 개념	13(21.7%)		4(6.7%)			43(71.7%)		60(100.0%)
	비과학적 개념	7(33.3%)	0(0.0%)	1(10.0%)	1(10.0%)	2(20.0%)	3(30.0%)	3(30.0%)	10(100.0%)
	과학적 개념		2(3.3%)	1(1.7%)	1(1.7%)	7(11.7%)	9(15.0%)	27(45.0%)	60(100.0%)
	비과학적 개념		7(9.5%)	2(9.5%)	0(0.0%)	1(4.8%)	3(14.3%)	8(38.1%)	21(100.0%)

*통계적 가정을 만족하지 않으므로 χ^2 검증을 실시하지 않음

38.1%(8명)로 나타났으며, I1, I2, I3 수준은 예비교사의 과학 개념에 대한 이해와 무관하게 거의 없었다. ‘용해 전후의 무게 변화’와 다르게 ‘용액의 균일성’에서는 I0 수준이 과학적 개념을 가지는 예비교사 집단과 비과학적 개념을 가지는 예비교사 집단 모두 각각 21.7%(13명), 33.3%(7명)로 어느 정도 나타났다. ‘용액의 균일성’에서는 비과학적 개념을 가진 예비교사의 비율이 더 높을 뿐만 아니라 선개념에 대해 낮은 추론 수준을 가진 예비교사의 비율이 높아 이러한 결과가 나타난 것으로 보인다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 예비교사가 용해와 용액에 관한 초등학생의 토론 과정을 녹화한 비디오 클립을 시청하면서 학생의 선개념을 적절하게 인식하는지, 또 선개념의 원인을 추론하고, 그에 적절한 교수 결정을 할 수 있는지 예비교사의 교육적 추론 수준을 분석하였다. 초등학생이 토론한 문항은 ‘용해 전후의 무게 변화’와 ‘용액의 균일성’의 두 가지 개념에 대한 것이었다.

연구 결과, 많은 예비교사가 과학적 개념을 가지고 있었으며, 비과학적 개념을 가지는 예비교사는 초등학생과 유사한 오개념을 보였다. 두 가지 개념에서 모두 증거에 기초해 학생의 선개념을 부분적 또는 전체적으로 파악한 예비교사가 약 30%의 비율로 나타났다. 그러나 선개념을 파악하지 못하거나 학생의 발화를 단순히 반복하는 제시하는 예비교사가 ‘용해 전후의 무게 변화’에서는 약 50%에 달했으며, ‘용액의 균일성’에서는 더 높았다. 또한 과학적 개념을 가진 예비교사일수록 높은 추론 수준을 하는 경향이 있었다.

선개념의 원인을 추론하는 것과 관련해서는 60% 이상의 많은 예비교사가 선개념의 원인으로 한 가지 요인만을 제시하였고 대부분 학생 요인에 관한 것이었다. 교육과정이나 교사 요인을 언급한 비율은 이에 비해 상당히 낮았다. 두 개념 모두에서 예비교사의 과학 개념에 대한 이해와 무관하게 한 가지 요인만을 제시하는 경우가 가장 높았다.

교수 행동의 추론 수준과 관련해서 ‘용해 전후의 무게 변화’는 약 90%의 대부분 예비교사가 학생의 사고와 연계된 행동을 제시했다. ‘용액의 균일성’도 약 70%로 그 비율이 상당히하였지만, 다른 개념과 비

교하여 그 비율이 더 낮았다. 학생의 사고와 연계된 행동은 학생의 일반적 사고보다는 학생의 특이적 사고와 연계된 경우가 압도적으로 많았으며, 그 중에서도 학생 중심의 행동으로 나타났다. 그러나 학생의 사고를 고려하지 않은 경우는 20~30% 정도 되었다. 교수 결정 추론 수준에서는 예비교사들이 비과학적 개념을 더 많이 가지고 있던 ‘용액의 균일성’에 대해 학생의 사고와 관련 없는 교수 행동을 제안하는 비율이 높았으며, 통계적으로 유의미한 차이를 보였다.

전반적으로 예비교사의 절반 정도는 학생의 선개념을 근거 있게 해석하지 못하였고 선개념의 원인을 학생 요인만으로 협소하게 인식하는 비율이 높았지만, 교수 행동과 관련해서는 학생의 개념과 관련된 교수 행동을 제안하는 비율이 높은 편이었다. 이 연구에 참여한 예비교사의 개념 이해 정도는 전반적으로 높은 편에 속했으며, 학생 중심 활동의 중요성이 예비교사 교육에서 여러 차례 강조됨에 따라 이러한 결과가 나타난 것으로 보인다. 그러나 본 연구 결과는 예비교사가 과학적 개념을 가지고 있더라도 초등학생의 선개념을 이해하는데 어려움을 겪을 수 있으며, 초등학생과 유사한 개념을 지닌 예비교사는 이를 선개념으로 인지하는 데에도 한계가 있을 수 있음을 보여준다.

교사는 학생의 사고 과정을 추론하고 이러한 내용에 기반하여 수업을 실행하며 다시 수업에 대한 성찰과 개선으로 이어질 때 합리적 의사결정 과정으로서 교수·학습 과정의 실천이 이루어진다고 할 수 있다. 유사한 선행연구(윤혜경, 2015)에서는 ‘빛의 반사’와 ‘전기 회로’에 대한 초등 예비교사의 교육적 추론 수준을 조사하였다. 선개념에 대한 추론 수준, 선개념 원인에 대한 추론 수준 등 예비교사의 교육적 추론 수준은 예비교사의 과학 개념에 따라 차이가 있었으며, 과학 개념 이해 정도가 교육적 추론 수준에 영향을 미쳤을 가능성이 제기되었다. 이 연구에서도 초등 예비교사가 과학적 개념을 가진 경우 선개념에 대한 추론 수준과 교수 결정 수준이 높은 경향이 있었다. 다만 선개념의 원인에 대한 추론 수준은 예비교사의 과학 개념 이해 정도와 관련이 없는 것으로 나타났다. 이 연구의 연구 결과를 바탕으로 예비교사의 교육적 추론 향상 방안을 제언하면 아래와 같다.

우선 초등 예비교사가 과학적 개념을 가질수록

학생의 선개념에 대한 추론 수준이 높았으므로, 예비교사의 과학 개념에 대한 이해를 높일 필요가 있다. 특히 비과학적 개념을 가진 예비교사의 비율이 더 높으면 교수 결정 추론 수준에서 한계가 있었으므로 과학 개념 이해 향상을 위한 노력이 적극적으로 이루어져야 한다. 초등 예비교사의 과학 개념에 대한 이해와 더불어 교육적 추론 수준을 높이기 위한 과정도 함께 이루어질 필요가 있다. 과학적 개념을 가지고 있음에도 불구하고 선개념을 파악하지 못하는 예비교사의 비율이 상당히 높았기 때문이다. 선개념을 파악하지 못하거나 학생의 발화를 단순히 반복하는 제시하는 예비교사가 50% 이상인 점이 이를 방증한다. 예비교사의 교육적 추론 수준을 높이기 위해 예를 들어 이 연구와 같이 초등학생의 토론 과정을 제시하고 이를 바탕으로 학생의 사고를 추론해보는 활동 기회를 제공해볼 수 있다. 이때 과학적 개념을 가진 예비교사라도 학생의 선개념을 파악하는 데 어려움이 있을 수 있으므로 동료 혹은 전문가와 함께 학생의 생각을 분석하고 토론하는 기회를 제공한다면 예비교사의 교육적 추론 능력 향상에 더욱 도움을 줄 수 있을 것이다.

다음으로 예비교사의 선개념 원인에 대한 추론 수준은 높지 않았으므로, 다양한 측면에서 선개념 원인에 대한 추론의 기회를 제공하는 것도 필요하다. 학생의 사고나 경험이 선개념의 원인일 수 있으나 교육과정이나 사회문화적 요인 등을 생각해 보면 좀 더 구체적인 교수 행동을 제안하거나 교육 과정을 재구성하는 데 도움이 될 수 있다. 또 예비교사가 직접 초등학생과 대면하거나 교류하는 기회를 제공하는 것도 선개념 원인에 대한 추론 수준을 높이는 방안이 될 수 있다. 선행연구에서는 비과학적 개념을 가진 예비교사가 오히려 선개념 원인에 대한 추론 수준이 더 높은 것으로 나타났다. 이는 과학 개념에 대한 이해 정도가 선개념 원인에 대한 추론 수준에 직접적인 영향을 미치지 않을 수 있음을 보여주며, 과학 개념 이해만으로는 학생 선개념의 원인을 파악하거나 이에 적절한 교수 행동을 추론하는 데 한계가 있음을 말해준다. 예비교사의 교육과정에 대한 이해를 높이는 노력도 함께 이루어진다면 예비교사가 선개념 원인을 다양하고 풍부하게 분석하는 것을 촉진할 수 있을 것이다.

이 연구에서는 초등학생의 토론 과정에 대한 비디오 클립 영상을 관찰하면서 초등학생의 사고를

이해했을 뿐 실제 초등학생과 직접 교류하거나 초등학생의 담화에 직접 참여하지 못했다는 한계가 있다. 따라서 예비교사가 초등학생과 실제로 교류했을 때 교육적 추론 수준이 어떻게 나타나는지에 대한 후속 연구가 이루어질 필요가 있다. 또한 교수 행동과 관련된 연구 결과는 예비교사가 학생의 개념과 연관된 교수 행동을 계획할 수 있는 능력이 어느 정도 있는지 보여주었지만, 실제 수업 실행 능력을 살펴본 것은 아니어서 예비교사가 학생의 선개념에 대응하여 실제 수업을 실행하는 역량을 살펴보는 것도 후속 연구로 시도해 볼 필요가 있다.

참고문헌

- 김순식, 이용섭(2016). 초등예비교사들의 과학개념 수준이 수업관란도, 수업만족도, 수업평가에 미치는 효과. *대한지구과학교육학회지*, 9(3), 352-363.
- 김용권, 김병렬(2001). 초등학교 교사들의 용해에 관한 개념. *과학교육연구*, 26, 107-122.
- 김한재, 장명덕, 정용재(2012). ‘기체의 색깔’에 대한 초등 예비교사들의 인식 조사: 교육대학교 1학년 학생들이 대상으로. *초등과학교육*, 31(2), 253-268.
- 김희경, 이봉우(2016). 교육실습에서 예비과학교사들이 경험하는 딜레마의 유형과 대처 방법. *한국과학교육학회지*, 36(4), 657-668.
- 노금자, 김효남(1996). 과학적 상황과 일상적 상황에 따른 초등학생들의 용해 개념. *초등과학교육*, 15(2), 233-250.
- 노태희, 윤지현, 김지영, 임희준(2010). 초등 예비교사들이 과학 수업 시연 계획 및 실행에서 고려하는 교과교육학지식 요소. *초등과학교육*, 29(3), 350-363.
- 송진웅, 김익균, 김영민, 권성기, 오원근, 박종원(2004). 학생의 물리 오개념지도. 서울: 북스힐.
- 윤지현, 임희준, 박지애, 노태희(2012). 멘토링을 통한 초등 예비교사의 과학 PCK의 특징 및 멘토링에 대한 인식 고찰. *초등과학교육*, 31(1), 99-108.
- 윤혜경(2015). 학생의 과학 개념에 대한 초등 예비교사의 교육적 추론. *초등과학교육*, 34(1), 58-71.
- 윤혜경, 송영진(2017). 과학 수업 비디오에 기초한 반성 활동을 통한 초등 예비교사의 전문적 시각의 변화. *한국과학교육학회지*, 37(4), 553-564.
- 윤희경(2022). 초등 예비교사의 과학수업 성찰지에 나타난 노티싱 특성 분석. *초등과학교육*, 41(4), 754-769.
- 이기영, 맹승호, 박영신, 이정아, 오현석(2014). 별과 우주 단원에 대한 중학교 과학 교사의 주제-특이적 PCK 사례연구. *한국과학교육학회지*, 34(4), 393-406.

- 장명덕(2009). 초등교사들의 과학 오개념에 대한 인식과 수업전략. *초등과학교육*, 28(4), 425-439.
- 장명덕(2010). 학생들의 과학 오개념에 관한 초등 예비 교사들의 이해. *초등과학교육*, 29(1), 32-46.
- 장명덕(2015). 초등 예비교사들의 온실효과 관련 핵심 개념들에 대한 이해. *초등과학교육*, 34(1), 15-31.
- 장효순, 최병순(2010). CoRe 개발 과정을 통한 과학교사의 PCK 변화에 관한 사례 연구: 중학교 1학년 [분자의 운동]을 중심으로. *한국과학교육학회지*, 30(6), 870-885.
- 정미영, 김경숙, 권재술(2005). 전구의 밝기에 대한 초등 학생들의 사전개념 일관성 정도와 인지갈등 정도와의 관계. *초등과학교육*, 24(3), 259-267.
- 지승민, 박재근(2016). 과학 내용지식과 교수방법 측면에서 초등학교 초임교사가 과학수업에서 겪는 어려움. *과학교육연구지*, 40(2), 116-130.
- 하희수, 김희백(2017). 소집단 논변 활동에서 반응적 교수법이 학생들의 인식론적 프레이밍에 미치는 영향 탐색. *한국과학교육학회지*, 37(1), 63-75.
- 한수진, 박연옥, 박지애, 노태희(2010). 중학생들의 오개념에 대한 예비 화학교사들의 지식과 교육요구. *대한 화학회지*, 54(1), 142-149.
- 황성환, 손태권, 여승현(2020). 초등학교 신규교사의 노티싱(Noticing) 특성 분석. *학교수학*, 22(4), 811-831.
- Abdi, S. W. (2006). Correcting student misconceptions. *Science Scope*, 29(4), 39.
- Appleton, K. (1997). Analysis and description of students' learning during science classes using a constructivist-based model. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 303-318.
- Barendsen, E., & Henze, I. (2019). Relating teacher PCK and teacher practice using classroom observation. *Research in Science Education*, 49(5), 1141-1175.
- Barnhart, T., & van Es, E. (2015). Studying teacher noticing: Examining the relationship among pre-service science teachers' ability to attend, analyze and respond to student thinking. *Teaching and Teacher Education*, 45, 83-93.
- Bennett, J. (2003). *Teaching and learning science: A guide to recent research and its applications*. London: Continuum.
- Buxton, C. A., 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.
- Kazemi, E., & Franke, M. L. (2004). Teacher learning in mathematics: Using student work to promote collective inquiry. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 7(3), 203-235.
- Ladachart, L., & Ladachart, L. (2019). Thai science educators' perspectives on students' prior knowledge: a documentary research. *Science Education International*, 30(2), 116-127.
- Lam, D. S. H., & Chan, K. K. H. (2020). Characterising pre-service secondary science teachers' noticing of different forms of evidence of student thinking. *International Journal of Science Education*, 42(4), 576-597.
- Levin, D. M., & Richards, J. (2011). Learning to Attend to the Substance of Students' Thinking in Science. *Science Educator*, 20(2), 1-11.
- Malleus, E., Kikas, E., & Kruus, S. (2016). Students' understanding of cloud and rainbow formation and teachers' awareness of students' performance. *International Journal of Science Education*, 38(6), 993-1011.
- Schwarz, C. V., Braaten, M., Haverly, C., & de los Santos, E. X. (2021). Using sense-making moments to understand how elementary teachers' interactions expand, maintain, or shut down sense-making in science. *Cognition and Instruction*, 39(2), 113-148.
- 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.
- 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.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundation of new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-23.
- Smith, S. R., & Abell, S. K. (2008). Assessing and addressing student science ideas. *Science and Children*, 45(7), 72-73.
- Stroupe, D. (2014). Examining classroom science practice communities: How teachers and students negotiate epistemic agency and learn science-as-practice. *Science Education*, 98(3), 487-516.
- Talanquer, V., Bolger, M., & Tomanek, D. (2015). Exploring prospective teachers' assessment practices: Noticing and interpreting student understanding in the assessment of written work. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(5), 585-609.

- 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.
- Yager, R. E. (1991). The constructivist learning model: Towards real reform in science education. *The Science Teacher*, 58(6), 52-57.
- Yang, C., Noh, T., Scharmann, L. C., & Kang, S. (2014). A study on the elementary school teachers' awareness of students' alternative conceptions about change of states and dissolution. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 23(3), 683-698.

송나윤, 춘천교육대학교 강사(Nayoon Song; Instructor, Chuncheon National University of Education).

† 윤혜경, 춘천교육대학교 교수(Hye-Gyoung Yoon; Professor, Chuncheon National University of Education).