

## 예비과학교사의 비유 사용 수업에 대한 PCK 분석

김민환, 김성훈, 노태희\*  
서울대학교

### An Analysis of Pre-Service Science Teachers' PCK for Lessons Using Analogies

Minhwan Kim, Sunghoon Kim, Taehee Noh\*  
Seoul National University

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 27 March 2019  
Received in revised form  
9 May 2019  
20 June 2019  
Accepted 25 June 2019

##### Keywords:

analogy, pre-service science teacher, PCK, teaching practicum

#### ABSTRACT

In this study, we investigated pre-service science teachers' design for lessons using analogies in the perspectives of PCK. Three pre-service science teachers at a college of education in Seoul participated in this study. After the workshop of instructional analogies in science education, they practiced lessons using analogies in teaching practices. We observed their lessons and collected all of the teaching-learning materials. Semi-structured interviews were also conducted. The analyses of the results reveal that they dealt with mapping and unshared attribute only when using main analogies in their lessons and these processes were teacher-centered. There were some cases where they failed to adequately deal with analogies including concepts beyond the curriculum. When dealing with unshared attributes, they did not tend to accept students' opinions although they thought that unshared attributes are strongly related to misconceptions. Their understanding of assessment using analogies was not high. Assessment was relatively well done when they use student-centered analogies such as physical analogies or role-playing analogies. On the bases of the results, we suggest some educational implications for pre-service science teacher education.

## 1. 서론

과학 수업에서 자주 사용되는 비유는 일상의 사물이나 현상처럼 친숙한 것을 이용하여 추상적이고 낯선 개념을 구체화할 수 있도록 돕는다(Dagher, 1995; Duit, 1991). 실제로 비유를 사용한 과학 수업은 학생들의 개념 이해와 파지를 돕고 학습 동기를 유발하는 등 여러 측면에서 긍정적인 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(Orgill & Bodner, 2004). 그러나 동시에 학생들이 비유 자체를 이해하지 못하거나 비유물에 친숙하지 않아 과학 개념을 이해하는 것보다 비유를 이해하는 데 더욱 많은 노력이 필요한 것과 같이 비유의 사용이 효과적이지 않은 경우도 적지 않다(Harrison & Treagust, 1993; Kwon *et al.*, 2004). 그뿐만 아니라 학생들이 교사의 의도와 다르게 비유를 이해하여 오개념이 발생하는 등 비유의 사용이 오히려 부정적인 영향을 미치는 경우도 있다(Thiele & Treagust, 1994; Zook, 1991). 따라서 비유를 효과적으로 사용하기 위한 다양한 교수전략이나 수업 모형 등이 국내외에서 개발되었다. TWA(Teaching-With-Analogy; Glynn, 1991)나 GMAT(General Model of Analogy Teaching; Zeitoun, 1984), 체계적 비유 사용 수업 모형(Noh, Kwon, & Lee, 1997), 갈등 상황을 유발한 후 학생의 선개념을 고려한 비유물을 제시하는 교수전략(Kim, 1991) 등이 대표적인 사례라고 할 수 있다.

이상과 같이 과학 수업에서 비유를 효과적으로 사용하기 위한 방안과 관련된 연구가 상대적으로 활발하게 이루어졌음에도 불구하고 현

직교사들에 의해 학교 현장에서 이루어지고 있는 비유 사용 수업은 여전히 부족한 점이 적지 않은 것으로 지적되고 있다. 예를 들어, 과학 교사들은 학생들이 아닌 자신에게 친숙한 비유를 사용하고, 사전 계획 없이 즉흥적으로 비유를 사용하는 경향이 있다(Noh & Kwon, 1999; Thiele & Treagust, 1994). 또한, 학습하고자 하는 목표 개념과 비유물을 명확히 구분하지 않거나(Nashon, 2004), 비유물과 목표 개념의 대응 관계를 제대로 다루지 않는 경우도 적지 않다(Thiele & Treagust, 1994; Treagust *et al.*, 1992). 그리고 비유를 목표 개념을 설명하기 위한 목적으로만 사용하고 평가로 활용하지 않거나(Dagher, 1995), 비유에 대한 학생들의 이해를 확인하지 않는 경우도 있다(Nashon, 2004). 비교적 최근에 이루어진 Oliva, Azcárate, & Navarrete (2007)의 연구에서도 비유 사용 수업에서 학생들의 활동도가 높지 않고, 학생들의 학습 과정에 대한 평가가 부족한 것으로 나타났다.

따라서 과학교사들이 비유 사용 수업에 대한 전문성을 갖추고 학교 현장에서 효과적인 비유 사용 수업이 이루어질 수 있도록 예비교사 교육과정에서부터 비유 사용 수업에 대한 체계적인 교육을 제공할 필요가 있다. 이를 위해서는 예비과학교사가 비유 사용 수업을 계획하고 실행 및 반성하는 수업 설계의 전반을 심층적으로 분석하고 이를 바탕으로 구체적인 교육 방안을 추출하는 기초 연구가 선행되어야 할 것이다. 그러나 앞서 살펴본 바와 같이 비유 사용 수업 설계를 분석한 연구는 현직교사를 대상으로, 학교 현장에서 이루어지고 있는 비유 사용 수업의 실태를 조사하기 위한 것이 대부분이었다.

\* 교신저자 : 노태희 (noth@snu.ac.kr)

\*\* 이 논문은 2015년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2015R1D1A1A01058607).

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2019.39.3.441>

예비교사를 대상으로도 비유 사용 수업과 관련한 연구가 일부 이루어졌으나 이마저도 비유 사용 수업의 설계를 분석하는 것과는 거리가 있었다. 먼저, Jarman (1996)은 예비과학교사를 대상으로 교육 실습에서 비유를 사용했던 사례를 조사하였으나 비유의 유형, 소재, 출처 등 비유물 자체에 초점을 두었다. 또한 James & Scharmann (2007)은 초등 예비교사를 대상으로 과학 수업에서 비유를 사용한 집단의 수업과 그렇지 않은 집단의 수업을 비교함으로써, 수업에서 비유를 사용했을 때 학생들의 선개념을 더욱 적극적으로 고려하는 등 비유의 사용이 과학교사의 수업 전문성에 긍정적인 영향을 미친다고 밝혔다. 즉, 이 연구에서도 비유 사용 수업 자체에는 초점을 두지 않고, 예비교사들의 비유 사용 수업 설계를 분석하지는 않았다. 국내 연구로는 예비과학교사가 과학 수업에서 사용하기 위한 비유를 생성하는 과정을 분석하여 이 과정에서 나타나는 특징을 조사한 연구(Kim, Kim, & Noh, 2018a)가 있었다.

Kim, Kim, & Noh (2018b)의 연구는 예비과학교사가 계획한 비유 사용 수업을 분석하여 비유 사용 수업의 설계를 분석하는 목적에 가장 가깝다고 할 수 있다. 그러나 이 연구에서는 수업 계획만을 조사하여 구체적인 수업 실행이나 수업 후에 이루어지는 반성 등 수업 설계의 나머지 과정은 조사하지 못하였다. 예를 들어, 많은 예비교사가 목표 개념과 비유물의 대응 관계를 명료화할 것이라고 계획하는 경향성은 파악할 수 있었으나 예비교사들이 실제 수업에서 대응 관계를 어떻게 명료화 하는지, 이를 교사 중심 혹은 학생 중심으로 진행하는지 등을 파악하지는 못하였다. 즉, 과학 수업에서 비유를 사용할 때 대응 관계를 이해하는 것이 중요하므로 대응 관계를 다루는 방식은 비유 사용 수업에 대한 전문성의 핵심적인 요인 중 하나라고 볼 수 있으나, 예비과학교사가 수업에서 대응 관계를 어떻게 다루는지와 관련된 구체적인 정보는 부족한 상황이다. 따라서 수업 계획만이 아니라 수업을 실행하고 반성하는 수업 설계의 전반을 심층적으로 분석하는 연구가 필요하다.

예비과학교사의 비유 사용 수업 설계를 체계적으로 분석하기 위한 관점으로는 교과교육학 지식(pedagogical content knowledge; 이하 PCK)을 고려할 수 있다. PCK는 교사가 과학 교과의 내용을 학생들이 효과적으로 이해할 수 있도록 변환하는 전문성을 의미하는 실제적인 지식으로, 연구자들마다 조금씩 차이는 있지만 교수전략에 관한 지식, 교육과정에 관한 지식, 학생에 관한 지식, 평가에 관한 지식 등의 요소로 구성된다(Magnusson, Krajcik, & Borko, 1999; Park & Oliver, 2008; Shulman, 1987). 따라서 이러한 PCK의 요소를 활용하여 비유 사용 수업의 설계를 분석하면 비유 사용 수업에 대한 전문성을 구성하는 다양한 요인들을 체계적으로 분석할 수 있을 것이다. 예를 들어, 교수전략에 관한 지식 측면에서는 수업 중 언제, 어떻게 비유를 사용하는지, 대응 관계를 어떻게 다루는지 등을 분석할 수 있고, 평가에 관한 지식 측면에서는 비유 사용 수업에서 평가를 어떻게 실시하는지, 평가에는 비유를 어떻게 활용하는지 등을 분석할 수 있다. 또한, PCK는 주제 혹은 내용 특이적(topic or domain specific)인 성격을 갖기 때문에(Magnusson, Krajcik, & Borko, 1999), 비유 사용 수업이라는 구체적인 교수학습 상황에서 PCK의 의미를 탐색하고 정교화할 필요도 있다.

이에 이 연구에서는 예비과학교사가 수업을 계획하고 실행 및 반성하는 수업 설계 전반의 과정이 일어나는 교육 실습의 맥락에서 이들

의 비유 사용 수업 설계를 PCK 측면에서 심층적으로 분석하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 참여자

서울특별시 소재 사범대학에 재학 중인 예비과학교사 3명(예비교사 A, B, C)이 연구에 참여하였다. 예비교사들은 해당 학기에 ‘화학교육연구’를 수강하고 있었으며, 서울특별시에 소재한 한 중학교에서 4주 동안 교육 실습을 수행하였다. ‘화학교육연구’에서는 과학의 본성을 이해하고, 화학의 주요 개념과 관련된 연구 논문을 활용하여 화학 교수학습과 관련된 이론 및 방법 그리고 화학교육의 연구 방법과 연구 내용을 학습하는 수업이다. 또한, 이들은 전년도에 ‘화학교육론’과 ‘화학교재연구 및 지도법’을 수강하였다. ‘화학교육론’에서는 인지학습 이론, 구성주의 학습 이론과 같은 기본적인 학습 이론을 배우고 학습 이론과 직접 관련이 있는 교수 방법도 배운다. ‘화학교재연구 및 지도법’은 수업 설계와 관련된 강의로, 강의법, 질문법, 토론법 등의 일반적인 수업 기법과 개념도나 브이도와 같은 과학 수업 기법을 다룬다. 또한 POE 모형, 5E 모형, 순환학습 모형 등의 과학 수업 모형도 다루는데, 수업 모형에 대한 워크숍을 1-2차시 정도 진행하고 예비교사들이 학습한 수업 모형을 적용하여 수업을 계획하고 시연하는 방식으로 이루어진다. ‘화학교재연구 및 지도법’에서 A는 개념도를 이용하여 탄소 화합물을 가르치는 수업을 시연하였고, B는 지구 온난화에 대한 STS 수업을 시연하였으며, C는 물리변화와 화학변화에 대한 단원에서 5E 모형을 이용한 수업을 시연한 경험이 있었다. B의 경우, 해외 봉사에서의 과학 캠프, 탈북민을 대상으로 한 겨울 캠프 등에서 수업을 했던 경험이 있었고, 나머지 예비교사는 이외의 수업 설계 경험은 없었다.

### 2. 연구 절차

교육 실습이 시작되기 전 ‘화학교육연구’의 수업 시간에 연구 참여자들을 포함한 수강생들을 대상으로 화학교육에서의 비유에 대한 워크숍을 약 1.5차시 동안 진행하였다. 워크숍을 마친 후 연구에 참여하는 예비교사들에게는 워크숍에서 사용했던 PPT 자료를 제공하였고, 화학 교과에서 자주 사용되는 비유와 이에 대한 학생들의 대응 오류, 화학의 주요 개념에 대해 학생들이 생성한 비유 등을 정리한 자료를 추가로 제공하였다. 그리고 교육 실습에서 담당하게 되는 수업에서 비유 사용 횟수와 비유의 사용 형태 등을 자유롭게 결정하여 비유 사용 수업을 실행하도록 하였다. 예비교사들이 담당할 수업은 다음과 같다.

먼저 A는 중학교 1학년 2개 학급에서 기체의 성질에 대한 수업을 3차시 동안, 총 6차례의 수업을 담당하였는데 1차시 수업에서는 확산과 증발, 2차시와 3차시 수업에서는 보일 법칙을 다루었다. 2차시 수업에서는 보일 법칙을 정량적으로 설명하는 것을 목표로 하였고, 3차시 수업에서는 보일 법칙을 입자적 관점에서 설명하는 것을 목표로 하였다. 이때, A는 3차시 수업에서만 비유를 사용하였으므로 2개 학급에 대한 3차시 수업, 총 2차례의 수업을 분석하였다. B와 C는 중학교 3학년 2개 학급에서 화학 반응에서의 규칙성에 대한 수업을

Table 1. Pre-service teachers' lessons and analogies used in the lessons

예비교사	A		B		C	
담당 학년	중학교 1학년		중학교 3학년		중학교 3학년	
비유 사용 수업	3차시		1차시	2차시	1차시	2차시
	보일 법칙		질량 보존 법칙	일정 성분비 법칙	질량 보존 법칙	일정 성분비 법칙
비유	보일 법칙에 대한 역할놀이 비유		빨간 공 비유, 꼬치 비유, 비유 생성 활동	교통수단 비유	카드링을 활용한 물리적 비유, 장난감 비유	걸레 비유, 햄버거 비유, 비유 생성 활동

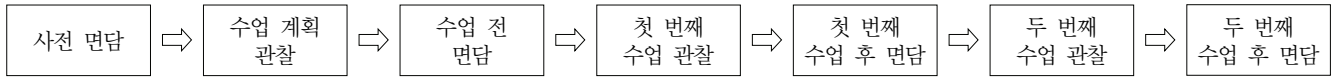


Figure 1. Procedure of data collecting

3차시 동안, 총 6차례의 수업을 진행하였다. 두 예비교사 모두 1차시 수업에서는 질량 보존 법칙을, 2차시와 3차시 수업에서는 일정 성분비 법칙을 다루었고, 1차시와 2차시 수업에서만 비유를 사용하였다. 따라서 B와 C 각각 2개 학급에 대한 1, 2차시의 수업, 총 4차례의 수업을 분석하였다. 예비교사들의 비유 사용 수업과 이 수업에서 사용한 비유 중 일부를 Table 1에 정리하였다.

본격적인 자료 수집에 앞서 예비과학교사의 비유 사용 수업을 PCK 측면에서 분석하기 위한 예비 분석틀을 구성하였다. 먼저, 과학교사의 PCK를 조사한 연구(Magnusson, Krajcik, & Borko, 1999; Park & Chen, 2012; Park & Oliver, 2008)를 참고하여 PCK의 구성 요소로 교수전략에 관한 지식, 교육과정에 관한 지식, 학생에 관한 지식, 평가에 관한 지식의 네 가지를 선정하였다. 이후 예비과학교사가 과학 수업에서 사용하기 위한 비유를 생성하는 과정을 분석한 Kim, Kim, & Noh (2018a)의 연구와 예비과학교사가 계획한 비유 사용 수업을 분석한 Kim, Kim, & Noh (2018b)의 연구를 중심으로, 과학교사의 비유 사용 수업과 관련된 연구(Dagher, 1995; Jarman, 2004; Nashon, 2004; Noh & Kwon, 1999; Oliva, Azcárate, & Navarrete, 2007; Thiele & Treagust, 1994; Treagust et al., 1992)를 종합적으로 참고하여 비유 사용 수업에 적합한 PCK의 각 요소를 구성하였다. 예를 들어, Kim, Kim, & Noh (2018a)의 연구에서는 예비교사들이 수업에서 다루는 범위를 벗어나는 개념까지 비유에 포함하는 사례가 있었으므로, 본 연구에서는 비유가 교육과정에 적합한지를 교육과정에 관한 지식 측면에서 분석하였고, Kim, Kim, & Noh (2018b)의 연구에서 분석한 대응 관계와 비공유 속성에 관한 내용은 교수전략에 관한 지식의 측면에서 분석하였다.

연구자가 예비교사들의 교육 실습 중 수업과 관련된 모든 과정에 참관하며 수업 계획 과정 관찰, 예비교사들이 제작한 교수학습 자료 수집, 수업 관찰, 면담 등 다양한 방법으로 자료를 수집하였다(Figure 1). 먼저, 예비교사들이 본격적으로 비유 사용 수업을 계획하기에 앞서 수업 설계 경험이나 교수학습관 등의 배경 변인, 비유 사용 수업에 대한 인식과 선경험 등을 파악하기 위한 사전 면담을 진행하였다. 이후 예비교사들과 함께 생활하며 비유 사용 수업의 계획 과정을 가까이서 관찰하였다. 예를 들어, 예비교사들은 대부분 교육 실습 중에 남는 시간을 활용하여 수업을 계획하였으므로, 예비교사들이 수업을 계획하며 PPT 자료와 활동지를 제작하는 과정을 옆에서 관찰하며 어떤 점을 고려하여 수업을 계획하는지, 수업 계획에 영향을 미친 것은 무엇인지 등의 특징을 관찰 노트에 기록하였다. 또한, 지도교사

와 수업과 관련된 논의가 이루어지는 경우 이 과정에도 참관하였다. 이때 연구자는 수업과 관련된 어떠한 도움도 제공하지 않았으며, 관찰자의 역할을 유지하였다. 예비교사들이 수업 계획을 마치면 앞서 구성한 예비 분석틀을 이용하여 지도안을 포함한 모든 교수학습 자료와 수업 계획 과정에 대한 관찰 결과를 종합적으로 분석하고 이 결과를 바탕으로 면담 시나리오를 구성하여 수업 전 면담을 하였다. 즉, PCK의 요소별로 구체적인 수업 계획 의도에 대해 질문하였고, 수업 계획 과정에서 겪은 어려움이나 관찰로 미처 파악하지 못한 수업 계획 과정에 대해서도 질문하였다.

수업 전 면담을 마친 후에는 예비교사들의 수업을 관찰하며 수업이 계획에 따라 진행되는지, 예비교사의 의도가 충분히 드러나는지, 학생들과의 상호작용은 어떻게 이루어지는지 등을 관찰하여 관찰 노트에 기록하였고, 수업 전 면담에서 드러나지 않았던 특징도 관찰 노트에 기록하였다. 수업의 모든 장면은 녹화하였다. 모든 예비교사는 같은 차시의 수업을 각각 다른 학급에서 한 번씩 총 2차례 실행하였으므로, 첫 번째 수업을 마친 후에는 두 번째 수업에서 수정할 부분에 대한 면담을 실시하여 수업의 변화 과정을 파악하였다. 두 번째 수업도 첫 번째 수업과 같은 방법으로 관찰하고 녹화하였으며, 두 번째 수업을 마친 후에도 면담을 실시하였다. 이 면담에서는 수업 계획의 구현 정도를 예비교사들에게 스스로 평가하도록 하고, 이를 바탕으로 수업을 개선하기 위한 방향을 제시하도록 하였다. 수업에 참여한 학생들의 반응이나 태도 등에 대한 예비교사의 의견도 질문하였으며 예비교사가 예상치 못했던 학생들의 반응과 이에 대한 예비교사의 대처와 같이 수업 실행 과정에서 나타난 특징에 대해 구체적인 수업 상황을 언급하며 질문하였다. 모든 면담 내용은 녹음 후 전사하였다.

### 3. 과학교육에서의 비유에 대한 워크숍

과학교육에서의 비유와 관련된 단행본(Aubusson, Harrison, & Ritchie, 2006; Harrison & Coll, 2007; Kim, 2012)을 참고하여 워크숍을 구성하였고, 워크숍을 구성하는 과정에서 현직교사를 대상으로 한 연수에서 비유와 관련된 강의를 여러 번 수행한 경험이 있는 과학 교육 전문가의 자문을 받았다. 워크숍에서는 비유와 관련된 국내 연구와 교과서 등에 제시된 비유의 예시를 풍부하게 제시하였다. 예를 들어, 교과서에 제시된 비유를 분석한 연구(Kim et al., 2013)를 참고하여 물질의 세 가지 상태에 대한 비유, 보일 법칙에 대한 비유 등을

Table 2. Workshop of instructional analogies

워크숍 내용	
과학 수업에서의 비유	<ul style="list-style-type: none"> <li>과학 수업에서 사용되는 비유의 의미 설명</li> <li>과학 수업에서 자주 사용되는 비유의 예시 제시</li> </ul>
비유의 장점과 한계점	<ul style="list-style-type: none"> <li>개념 이해 및 파지 측면과 학습 동기 및 흥미 유발 측면에서 비유의 장점 소개</li> <li>비유의 잘못된 사용은 오개념을 유발할 수 있다는 등 비유 사용의 한계점 소개</li> </ul>
대응 오류	<ul style="list-style-type: none"> <li>과잉 대응, 불가능한 대응 등 대응 오류의 종류와 각각의 의미 설명</li> <li>비유에서 발생할 수 있는 대응 오류와 오개념을 찾아보는 활동 수행</li> </ul>
비유의 유형	<ul style="list-style-type: none"> <li>추상도, 작위성 등에 따른 비유의 유형과 각각의 특징을 설명</li> </ul>
비유를 사용한 수업 모형	<ul style="list-style-type: none"> <li>TWA(Gynn, 1991), GMAT(Zeitoun, 1984), FAR 전략(Harris &amp; Coll, 2007) 등 비유를 효과적으로 사용하기 위해 제안된 여러 수업 모형 소개</li> </ul>
다양한 형태의 비유 사용 방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>물리적 비유, 역할놀이 비유, 비유 생성 활동 등 다양한 형태의 학생 중심의 비유 사용 방식을 각각의 특징과 함께 소개</li> </ul>

과학 수업에서 사용되는 비유의 예시로 제시하였으며 대응 오류의 개념을 설명한 후에는 학생들이 범하는 대응 오류를 조사한 연구(Kim, Hwang, & Noh, 2010; Kim *et al.*, 2006)의 결과를 바탕으로 대응 오류의 예시와 이와 관련된 수 있는 오개념을 제시하였다. 워크숍의 구체적인 내용은 Table 2과 같다.

이상의 내용을 모두 다룬 후에는 비유를 효과적으로 사용하기 위해 대응 관계를 명확히 하고 이 과정을 학생 중심으로 구성할 필요가 있다는 점과 비공유 속성을 다루어야 한다는 점, 학생들에게 친숙한 비유를 이해하기 쉬운 방법으로 제시해야 한다는 점을 설명하였다. 또한, 예비과학교사를 대상으로 한 비유 사용 수업과 관련된 연구(Kim, Kim, & Noh, 2018a,b)에서 예비교사들에게 특히 부족했던 것으로 나타난 점을 강조하며 워크숍을 마무리하였다. 즉, 비유를 준비하는 과정에서도 교육과정에 대한 고려가 필요하다는 것, 비유 사용 수업에서 비유와 목표 개념에 대한 이해를 구성주의적으로 평가해야 하는 필요성, 정리 단계에서 비유를 사용할 수 있는 방법과 이것의 장점을 설명하였다.

#### 4. 분석 방법

수집한 모든 자료를 반복적으로 검토하여 구성 요소의 의미와 범주를 정교화하는 지속적 비교 방법(constant comparative method; Strauss & Corbin, 1990)을 사용하였다. 즉, 자료 수집 과정에서 이용

하였던 예비 분석틀을 바탕으로 2인의 연구자가 각 예비교사의 수업 설계 사례를 PCK의 요소에 따라 일차적으로 분석하고, PCK의 요소별로 분석한 결과를 다시 검토하는 과정을 반복하면서 예비 분석틀을 수정·보완하여 비유 사용 수업을 위한 PCK의 요소와 각 하위 요소별 의미를 확정하였다(Table 3).

이 연구에서는 비유 사용 수업을 위한 PCK의 요소로 교수전략에 관한 지식, 교육과정에 관한 지식, 학생에 관한 지식, 평가에 관한 지식의 네 가지를 설정하였다. 네 가지 요소와 함께 PCK의 요소로 논의되는 교수에 대한 지향은 수업을 도입하는 이유와 목적 등 수업에 대한 신념으로, 다른 PCK 요소에 종합적으로 영향을 미치지 때문에 별도로 논의하지 않았다(Magnusson, Krajcik, & Borko, 1999; Noh *et al.*, 2012). 또한, PCK의 요소를 독립적으로 분석하는 것은 과학교사의 전문성을 분석하기 위한 연구자들에게는 유용한 방법이므로 (Abell, 2008), 이 연구에서는 예비교사들의 수업을 PCK의 요소별로 분석하였다. 그러나 PCK는 통합적인 성격을 가지므로 각 요소가 연계되어 나타나는 경향이 있고(Park & Chen, 2012), 이 연구에서도 이러한 경향이 나타난 경우가 있었다. 예를 들어 교수전략의 측면에서 수업에서 사용하기 위한 비유를 준비할 때 학생들의 친숙도를 고려하여 학생에 관한 지식이 연계되어 나타났다. 따라서 PCK의 요소가 연계되어 나타날 경우, 한 가지 요소의 범주에 그 내용을 함께 기술하였다.

PCK의 요소와 각 하위 요소별 의미를 확정된 후에는 예비교사의

Table 3. The components and their definitions of PCK for lessons using analogies

PCK 요소	하위 요소	의미
교수전략에 관한 지식	비유의 준비	학생들의 친숙도나 흥미 등을 고려하여 비유를 준비하는 능력과 관련된 지식
	비유의 사용 시기	목표 개념과의 상대적인 위치를 고려하여 비유를 제시하는 등 수업 중 적절한 시기에 비유를 사용하는 능력과 관련된 지식
	대응 관계를 다루는 방식	목표 개념과 비유물의 대응 관계를 체계적으로 다루는 능력과 관련된 지식
교육과정에 관한 지식	주제 선정	목표 개념의 특성이나 학생들의 특성 등을 고려하여 비유 사용 수업에 적절한 주제를 선정하는 능력과 관련된 지식
	교육과정의 고려	비유가 교육과정을 벗어나는 개념을 포함하지 않도록 하는 것과 같이 주어진 교육과정의 범위 안에서 비유를 사용하는 능력과 관련된 지식
학생에 관한 지식		학생들의 오개념, 어려움 등 인지적 특성과 흥미 등 정의적 특성을 이해하고 이를 수업에서 활용하는 능력과 관련된 지식
평가에 관한 지식	평가 방법	일반적인 구성주의적 평가 방법만이 아니라 비유를 활용한 평가를 포함하여 비유 사용 수업에 적절한 평가 방법을 이해하고 적용하는 능력과 관련된 지식
	평가 영역	목표 개념이나 수업 태도 등에 대한 평가만이 아니라 비유를 이해하고 해석하는지와 관련된 비유에 대한 평가를 수행하는 능력과 관련된 지식

비유 사용 수업 설계를 PCK의 요소별로 분석하고 논의하였다. 이때, 도출한 결과가 예비교사들이 제작한 교수학습 자료, 면담 내용, 수업 관찰 결과 등의 여러 자료에서 일관되게 나타나는지 비교하는 삼각측정법(triangulation)을 실시하였다. 또한, 과학교육 전문가와 현직과학 교사, 과학교육을 전공하는 대학원생으로 구성된 집단에서 세미나를 여러 차례 실시하여 도출한 결과와 이에 대한 해석과 논의의 타당성을 점검하였다. 즉, 세미나에서는 PCK의 요소별 의미와 하위 요소가 적절한지 다시 한번 검토하였고, 이를 바탕으로 예비교사들의 수업 설계를 분석한 결과와 이에 대한 해석 및 논의가 선행 연구에 기반하여 비유 사용 수업에 대한 전문성이라는 측면에서 적절한지 점검하였다.

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 교수전략에 관한 지식

##### 가. 비유의 준비

예비교사들은 수업 계획 과정에서 수업에서 사용할 비유 또한 자연스럽게 함께 준비하였다. C가 2차시 수업에서 사용한 비유 중 일부를 제외하고 예비교사들이 사용한 대부분의 비유는 수업을 계획하는 과정에서 준비한 것이었다. 먼저 A의 3차시 수업에서 큰 비중을 차지한 보일 법칙에 대한 역할놀이 비유는 워크숍에서 접했던 비유를 변형하여 구성한 것이었다. 워크숍에서 소개됐던 비유는 테이프로 교실 바닥에 크기가 큰 원과 작은 원을 두 개 그려 기체가 들어있는 용기의 벽을 나타내고, 각각의 원 안에 입자 역할을 하는 학생들이 같은 수로 들어가 자유롭게 움직이며 원을 밟는 숫자를 비교함으로써 기체의 부피가 작을 때 입자의 충돌 횟수가 많아짐을 보여주는 것이었다. A는 이를 변형하여 원을 테이프로 그리는 것이 아니라 의자를 동그랗게 위치하고 학생들을 앉혀 벽 역할을 하도록 하였다. 그리고 이 원 안에 입자 역할을 하는 학생들이 들어가 자유롭게 움직이면서 벽 역할을 하는 학생들과 마주칠 때마다 하이파이브를 하도록 하였다.

B 또한 모든 비유를 수업 계획 과정에서 준비하였는데, 워크숍에서 접했던 비유를 변형한 A와 달리 B는 모든 비유를 스스로 고안하였다. B는 1차시 수업에서 비유를 사용하여 질량 보존 법칙을 도입하였고 수업의 후반부에는 학생들이 학습한 과학 개념으로 직접 비유를 만들어보는 비유 생성 활동을 계획하였다. 질량 보존 법칙을 도입하기 위해 사용한 비유는 빨간 공 비유와 꼬치 비유 2개였는데, 각각 빨간 공이 모여 있을 때와 흩어져 있을 때, 꼬치에 떡과 고기가 따로 꽂혀 있을 때와 떡과 고기가 함께 꽂혀 있을 때를 비교하여 화학 반응의 전후에 원자의 종류와 수가 변하지 않으므로 질량이 보존됨을 표현하는 것이었다(Figure 2).

B가 2차시 수업에서 일정 성분비 법칙을 도입하기 위해 사용한 비유의 초기 아이디어 또한 스스로 고안한 것이었다. 교과서에는 볼

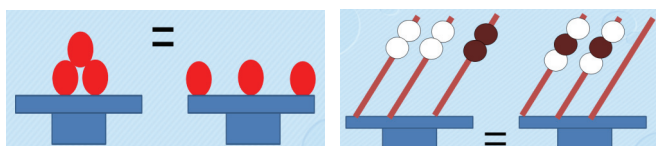


Figure 2. Analogies used in B's lesson

펜 하나에 볼펜심이 하나만 들어가는 것으로 일정 성분비 법칙을 표현한 비유가 제시되어 있었는데 B는 이 비유가 1대1 관계밖에 표현하지 못하기 때문에 적절하지 않다고 생각하였다. 이에 B는 학생들이 평소에 자주 이용하는 버스를 소재로 하여 버스의 좌석에는 두 명이 앉을 때 가장 안정하다는 모습을 표현한 비유를 고안하였다. 이후 수업을 하기 전에 지도교사와의 논의에서 버스 비유 또한 2대1 관계밖에 표현하지 못하기 때문에 학생들이 모든 화합물을 2대1의 관계로 오해할 수 있다는 피드백을 받았다. 이러한 피드백을 반영하여 B는 수업에서 버스의 좌석뿐 아니라 7명이 앉을 수 있는 지하철의 좌석이나 4명이 탈 수 있는 택시 등 다른 교통수단도 함께 설명하며 일정 성분비 법칙을 도입하여 하나의 목표 개념을 여러 비유로 설명하는 다중 비유(Spiro *et al.*, 1989)를 활용하였다.

C도 대부분의 비유를 사전에 준비하였는데, 사전에 준비한 비유는 1차시 수업의 카드링을 활용한 물리적 비유, 마찬가지로 카드링을 활용하여 질량 보존 법칙을 설명하는 비유들, 장난감 비유와 이것과 유사한 원리를 갖는 만화나 애니메이션을 소재로 한 비유들, 2차시 수업의 햄버거 비유로 모두 스스로 고안한 것이었다. C는 1차시 수업에서 카드링을 활용한 물리적 비유 활동을 비중 있게 다루었고, 이 활동을 마친 후에도 카드링을 활용한 비유로 메테인의 연소 반응 등에서의 질량 보존 법칙을 설명하였다. 수업의 후반부에는 질량 보존 법칙을 표현하는 유사한 비유 여러 개를 제시하며 수업을 마무리하였다. C는 1차시 수업을 계획하는 과정의 초기에 하노이 탑처럼 기둥과 원반을 이용하여 원반이 한 쪽 기둥에서 다른 기둥으로 옮겨지더라도 개수와 종류는 변하지 않는다는 점으로 질량 보존 법칙을 표현하고자 하였고, 학생들이 원반을 직접 조작하는 물리적 비유 활동을 계획하였다. 그러나 기둥과 원반을 이용할 경우, 원자에 대응하는 원반이 입자의 움직임이나 원자 사이의 결합을 표현하기 힘들다는 문제로 기둥과 원반 대신 카드링을 이용하기로 하였다. 그 결과 C가 고안한 물리적 비유 활동은 질소 원자에 대응하는 붉은색 플라스틱 카드링 한 쌍과 수소 원자에 대응하는 은색 알루미늄 카드링 세 쌍을 제공하고, 학생들이 질소 카드링 하나와 수소 카드링 세 개를 결합하여 암모니아 분자를 만드는 것이었다(Figure 3).

C가 1차시 수업의 후반부에 제시한 비유는 자동차의 모습을 하고 있던 장난감이 로봇의 형태로 변신하여도 질량은 일정하다는 것과 이와 유사한 원리를 갖는 비유를 만화나 애니메이션 등의 소재에서 직접 고안한 것이었다. 2차시 수업에서는 같은 종류의 원소로 구성되었지만 성분비가 다른 화합물의 예로 두 가지 종류의 산화철(II, III)을 설명할 때 고기와 치즈가 하나씩 들어간 햄버거와 두 개씩 들어간 햄버거를 비유로 사용하였다.

이상에서 살펴본 바와 같이 예비교사들은 대부분의 비유를 사전에 준비하여 사용하였는데, 이때 비유는 스스로 고안하는 경우가 많았고 교과서 등의 자료에 제시된 비유를 사용하더라도 이를 변형하였다.



Figure 3. A physical analogy using card rings in C's lesson

이러한 결과는 과학교사들이 수업에서 사용하는 비유의 출처가 교과서보다는 교사 자신의 일상 경험이나 학생들을 지도할 때 관찰한 학생들의 경험, 전문서적 등의 자료인 것으로 나타난 선행 연구(Noh & Kwon, 1999; Thiele & Treagust, 1994)의 결과와 유사한 것이라고 할 수 있다. 따라서 현직교사와 예비교사 모두 제시된 비유를 변형하거나 비유를 직접 고안하여 사용할 가능성이 크다고 할 수 있으며, 이러한 점은 주어진 교육과정을 교사가 교실의 상황과 맥락에 맞게 수정하여 적용해야 한다는 교육과정 재구성의 측면에서 긍정적으로 해석할 수 있다.

Kim, Kim, & Noh (2018a)의 연구에서는 예비교사들이 학생들에게 친숙한 소재를 활용하여 비유를 생성하려는 모습이 나타났다. 이 연구에 참여한 예비교사들도 비유를 준비하는 과정에서 학생들의 친숙도나 흥미와 같은 학생에 관한 지식을 적극적으로 고려하였다. 예를 들어, B는 수업 전 면담에서 빨간 공 비유와 꼬치 비유에 관해 ‘학생들이 일상에서 쉽게 접할 수 있고, 당연하게 생각할 수 있는 상황들로 질량 보존 법칙을 표현하고자 이러한 비유를 직접 고안하였다’고 하였고 특히 꼬치 비유의 경우 수업을 듣는 학생들이 먹는 것을 좋아하므로 음식을 소재로 하였다고 밝혔다. 마찬가지로 2차시 수업에서 버스를 비유의 소재로 생각했던 이유도 학생들이 평소에 자주 이용하여 친숙할 것으로 생각했기 때문이었다. C 또한 ‘학생들의 수준이나 배경지식을 고려한 비유를 사용해야 한다’고 응답하였으며 ‘하노이탑 보다는 카드링이 학생들에게 친숙하고, 유발할 수 있는 오개념도 적다는 점에서 더 발전된 것 같다’고 응답하여 학생들의 친숙도나 오개념 등을 적극적으로 고려하는 모습을 보였다. 1차시 수업의 후반부에 제시한 비유들의 장난감이나 만화, 애니메이션 등의 소재 또한 학생들이 흥미를 느낄만한 것이었다. A는 친숙도를 고려하는 모습이 직접 드러나지는 않았으나 마찬가지로 맥락에서 하이파이브라는 행동을 추가하여 학생들의 참여와 흥미를 높이는 방향으로 비유를 변형하였다.

그러나 즉흥적 비유의 경우 이러한 고려가 이루어지지 않았고, 학생에 관한 지식 측면이나 교육과정에 관한 지식 측면에서 부정적으로 해석할 수 있는 모습들도 있었다. 일정 성분비 법칙에 대한 2차시 수업에서 C가 즉흥적으로 사용한 비유는 걸레 비유와 호르몬 비유로 모두 스스로 고안한 것이었다. C는 일정 성분비 법칙이 제안되기 이전 사람들은 산화철에서 산소와 철이 어떤 비율로도 결합할 수 있다고 생각하였다는 점을 걸레에 먼지가 얼마만큼 묻든 모두 먼지가 묻은 걸레라는 비유로 설명하였다. 이 비유는 수업 중에 산화철에 대한 설명이 부족하다고 느껴 즉흥적으로 떠올린 비유였으며, 교사 자신의 개인적 관심사로부터 유래한 것이었다.

연구자: 수업을 지켜보다 보니 걸레를 언급하면서 설명하는 것 같은데, 이걸 수업 전부터 계획했던 건가요?

C: PPT를 보면서 설명하다가 PPT만으로는 학생들이 이해하기 힘들 것 같아서 그때 바로 비유를 떠올려서 (설명을) 한 거예요.

연구자: 왜 걸레를 소재로 한 비유를 사용한 건가요?

C: 그냥 옛날 사람들은 그렇게 생각했을 것 같아서... 중세시대 사람들은 레미제라블처럼 걸레를 많이 썼을 테니까.

(C의 2차시 첫 번째 수업 후 면담)

또한 C는 2차시 수업의 후반부에 비유 생성 활동을 하였는데, 이때, 학생들이 약과 관련된 비유를 생성하고 발표하자 이에 대해 코멘트하

는 과정에서 우리 몸의 호르몬이 일정하게 유지되어야 한다는 점을 비유로 들어 일정 성분비 법칙을 설명하였다. 그런데 C는 학생들에게 호르몬에 대해 학습했는지 질문하는 등 비유의 소재가 된 과학 개념의 교육과정을 파악하지 못한 채로 이 비유를 사용하였다. 즉, 걸레 비유의 경우 교사 자신의 개인적인 관심사에서 유래한 것으로 학생들의 친숙도나 흥미를 고려하지 않은 것이었으며, 호르몬 비유의 경우 관련 개념이 중학교 2학년엔 등장하여 학생들이 학습한 것이었으나 C는 이를 파악하지 못한 상태로 비유를 사용하였다.

학생들이 비유물에 친숙하지 않은 등의 이유로 비유를 올바르게 이해하지 못할 경우, 비유 사용의 효과가 줄어들 수 있을 뿐 아니라 오개념이 유발될 수도 있다(Harrison & Treagust, 1993; Kwon, Choi, & Noh, 2004). 그런데, 즉흥적으로 비유를 사용할 경우 학생들의 특성이나 교육과정 등에 대한 고려가 부족한 경우가 나타났다. 특히, 비유를 사용할 때 학생들의 수준이나 배경 지식을 등을 고려해야 한다는 점을 인식하고 있었고 비유를 사전에 준비한 경우에는 이러한 점을 고려하였던 C가 즉흥적으로 비유를 사용할 때에는 정반대의 모습을 보였다는 점에서 이런 결과는 주목할 만하다. 따라서 즉흥적으로 비유를 사용할 때는 학생들에게 비유물에 대해 충분히 설명할 필요가 있으며 이 과정에서 영상이나 그림 등을 사용하여 학생들의 이해도와 친숙도를 더욱 높일 필요도 있을 것이다. 또한, 비유 생성 활동을 간단히 시행하여 학생들의 경험에서 유래한 비유를 사용하는 방법도 고려할 수 있을 것이다.

한편, 예비교사들은 B가 1차시 수업에서 사용한 꼬치 비유처럼 교사가 일방적으로 비유를 제시하고 유사점을 중심으로 목표 개념을 설명하는 방식으로 비유를 사용하기도 하였다. 그러나 수업 시간의 많은 부분을 할애하여 비중 있게 다룬 비유는 모두 학생 중심의 비유 사용 방식이었다. 즉, 역할놀이 비유를 사용한 A의 3차시 수업, 물리적 비유를 사용한 C의 1차시 수업, 비유 생성 활동을 사용한 B의 1차시 수업과 C의 2차시 수업과 같이 예비교사들은 학습 과정에서 학생들의 능동적인 참여를 유도할 수 있는 학생 중심의 비유 사용 방식을 적극적으로 활용하였다. 교사 중심의 비유 사용 방식은 학생들이 비유를 이해하지 못하거나 교사의 의도와는 다르게 비유를 이해하여 비논리적인 결론을 내릴 가능성이 크고(Harrison & Treagust, 1993; Kwon, Choi, & Noh, 2004), 학생 중심의 비유 사용 방식이 개념 이해도와 대응 관계 이해도 등의 향상에 더욱 효과적이라는 점(Yang, Kim & Noh, 2010)을 고려할 때, 예비교사들이 학생 중심의 비유 사용 방식을 적극적으로 활용한 결과는 긍정적이라고 할 수 있다.

이때, 예비교사들이 학생 중심의 비유 사용 방식을 적극적으로 활용한 이유는 이러한 비유 사용 방식의 학생 중심적인 성격을 긍정적으로 인식했기 때문이었다. 예컨대 A는 수업 전 면담에서 ‘워크숍에서 역할놀이 비유를 접한 직후 교육 실습에서 수업할 때 역할놀이 비유를 활용해보아야겠다고 생각하였다’고 응답하여 역할놀이 비유에 깊은 관심을 보였음을 알 수 있었다. 또한 ‘학생 중심의 활동 수업을 하도록 요구받는 교육 실습에서의 분위기가 있었는데, 역할놀이 비유 수업이 이런 분위기에 적합하다고 생각하였으며 이러한 수업이 학습에도 효과적일 것으로 생각한다’고 응답하였다. C 또한 수업 전 면담에서 ‘교사 중심의 강의식 수업보다는 학생들의 활동이 중심이 되는 수업을 하고 싶어서 물리적 비유를 사용하였다’고 응답하였으며, ‘카드링을 활용하여 화학 반응을 직접 조작해 봄으로써 결과판

외우기보다는 과정을 학습하고, 이를 통해 학생들에게 흥미를 유발할 수 있다'고 응답하였다. 즉, 학생들에게 직접적인 경험을 제공하여 추상적인 개념을 구체적으로 시각화할 수 있는 물리적 비유의 장점(Kurtz, 1995; Lawson *et al.*, 1993)을 바르게 인식하고 있었으며, 이러한 인식이 수업에서 물리적 비유를 사용하도록 하는 데에도 영향을 미쳤다. B 또한 면담에서 '비유 생성 활동의 가장 큰 특징은 학생들이 스스로 직접 생각을 해서 비유를 만들고 이 비유를 가지고 목표 개념을 설명한다는 것'이라고 응답하여 비유 생성 활동의 학생 중심적 성격을 긍정적으로 인식하고 있었고, 학생들이 수업에 적극적으로 참여하게 된다는 점에서 비유 생성 활동이 '가장 이상적인 과학 수업의 모습 중 하나'라고 응답하였다.

### 나. 비유의 사용 시기

예비교과교사가 계획한 비유 사용 수업을 분석한 Kim, Kim, & Noh (2018b)의 연구에서 예비교사들은 주로 선행 조직자나 흥미 유발 도구로서 비유의 역할에 주목하여 수업의 도입 부분이나 전개 부분에서 비유를 먼저 제시한 후 이를 바탕으로 목표 개념을 도입하는 경우가 많았다. A와 B는 이와 유사한 모습을 보였다.

우선 A의 경우, '비유를 비계로 해서 순차적인 학습을 한다', '비유를 이용하여 구체적인 것을 먼저 다룬 후에 추상적인 과학 개념을 다루는 것이 자연스럽다'라는 등의 견해를 보였다. 따라서 3차시 수업에서 A는 지난 차시 학습 내용인 보일 법칙의 개념을 되짚은 후에 바로 역할놀이 비유 활동을 하였다. 활동을 마친 후에 활동의 결과를 바탕으로 보일 법칙의 원리를 입자적 관점에서 다루어 목표 개념을 도입하였다. B 또한 '일상생활에서 과학 개념과 유사한 현상을 살펴본 후에 이러한 현상에서의 원리로부터 과학 개념을 끌어내어야 학생들이 직관적으로 이해할 수 있다'고 생각하였다. 따라서 1차시 수업에서는 빨간 공 비유와 꼬치 비유를 사용한 후에 이를 바탕으로 질량 보존 법칙을 도입하였고, 비유 생성 활동으로 수업을 마무리하였다. 2차시 수업에서도 교통수단 비유를 먼저 사용한 후에 이를 바탕으로 일정 성분비 법칙을 도입하였다.

C의 경우 A, B와 대조적인 모습을 보였다. 즉, 1차시 수업에서 C는 염화나트륨과 질산은의 앙금 생성 반응에 대한 실험을 영상으로 보여주었고 이 실험에서 질량이 어떻게 변하는지 예측하고 결과를 확인해보는 활동으로 질량 보존 법칙의 개념을 도입하였다. 이후에는 염화나트륨과 질산은의 앙금 생성 반응 등을 예로 들어 질량 보존 법칙을 입자적 관점에서 다루었다. 그리고 입자적 관점에서 질량 보존 법칙을 다시 학습하기 위해 암모니아 생성 반응을 학생들이 직접 카드링으로 표현해보는 물리적 비유 활동을 하였다. 활동을 마친 후에는 메테인의 연소 반응을 질량 보존 법칙에 대한 또 다른 예시로 들고 카드링을 활용하여 이 반응에서의 질량 보존 법칙을 설명하였다. 그리고 나서 금속과 산의 수소 기체 발생 반응으로 열린 공간과 닫힌 공간에서의 질량 보존 법칙을 다루었는데 이때에도 마찬가지로 방식으로 카드링을 활용하였다. 2차시 수업에서도 일정 성분비 법칙의 개념을 도입하고 충분히 다룬 이후 수업의 후반부에 비유 생성 활동을 하였다. C는 목표 개념을 도입한 이후에 비유를 사용한 이유로, '목표 개념을 어느 정도 학습한 후에 비유 활동을 해야 학생들이 비유 활동의 필요성이나 목적 등을 인식할 수 있고 비유의 한계점 등도 생각해

볼 수 있다'는 점을 제시하였다.

이때 C는 면담에서 '비유를 먼저 제시할 경우, 학생들의 흥미를 유발하기 쉽다'고 응답하는 등 비유를 먼저 제시하는 수업도 긍정적으로 인식하고 있었다. 비유를 먼저 사용한 후 목표 개념을 도입했던 A는 목표 개념을 먼저 도입하고 비유를 사용하는 수업에 대해서도 긍정적인 인식을 갖고 있었다. 그런데 A와 마찬가지로 비유를 먼저 사용했던 B의 경우, 목표 개념을 먼저 도입하는 수업을 부정적으로 인식하였다. B는 '개념을 먼저 제시하고 비유를 사용하는 것은 비유를 억지로 써먹으려는 방법이고 과학 개념을 모두 학습한 이후에 단순히 연습해보는 느낌'이라고 생각하였다. 그런데 이와 같은 인식은 구성주의적 학습관에 대한 이해가 부족한 것이라고 볼 수 있다. 즉, 학생들은 논리적인 과정보다는 순환적이고 느린 과정의 거쳐 과학 개념을 학습하지만(Cho & Choi, 2002), B는 과학 수업에서 목표 개념을 도입할 경우 그 시점에서 학생들은 목표 개념에 대한 학습을 마친 것이므로 그 이후에 이루어지는 학습 활동은 큰 의미가 없다고 생각한 것이다. 구성주의적 학습관에 대한 이해가 부족한 B의 모습은 '비유를 먼저 제시하고 목표 개념을 도입할 때는 비유를 가지고 학생들이 자유롭게 생각할 수 있으므로 다른 길로 빠지기 전에 교사가 자신이 의도한 바를 빠르게 설명해주어야 한다'고 응답한 면담 내용에서도 찾아볼 수 있다. 즉, 이 경우에도 B는 학생들이 과학 개념을 능동적으로 구성하기보다는 학생들의 사고 과정을 통제하고 교사가 의도한 논리적인 전개를 학생들에게 일방적으로 전달해야 한다는 전통적인 학습관에 가까운 생각을 갖고 있었다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때, A와 B가 비유를 먼저 제시하고 목표 개념을 도입하려고 한 것은 학생들에게 익숙한 비유물을 이용하여 목표 개념을 끌어내는 것과 같이 학생들의 학습 과정을 나름의 방식으로 고려하였기 때문이라고 할 수 있다. 그러나 B의 사례에서 살펴본 바와 같이 예비교사들의 이러한 모습의 이면에는 구성주의적 학습관에 대한 이해가 부족한 상태로, 학생들의 학습 과정을 단조로운 논리적 과정으로 생각하거나 교사의 지식을 일방적으로 전달하려는 사고가 있을 수 있다. 따라서 향후 예비교사 교육과정에서 이러한 점을 참고할 필요가 있을 것이다. 특히 전통적인 학습관에 가까웠던 B의 인식은 대응 과정과 비공유 속성을 교사 중심으로 진행하는 것으로도 이어질 수 있으므로 더욱 주의를 기울일 필요가 있다.

C의 2차시 수업에서 즉흥적으로 사용된 걸레 비유와 호르몬 비유는 앞에서 살펴본 비유들과 달리 교사의 일방적인 설명 위주로 간단하게 다루어졌고, 보일 법칙이나 질량 보존 법칙과 같이 수업에서 핵심적으로 다루는 목표 개념보다는 지엽적인 개념을 설명하는 중에 사용되었다. 사전에 준비한 비유였던 햄버거 비유 또한 이와 유사한 양상을 보였다. 걸레 비유를 예로 살펴보면 C는 일정 성분비 법칙의 도입 과정을 역사적으로 살펴보기 위하여 법칙이 제안되기 이전 사람들이 산화철을 이루는 산소와 철이 어떠한 비율로도 결합할 수 있다고 생각하였다는 것을 설명하는 과정에서 걸레 비유를 간략하게 사용하였다. 이후에는 일정 성분비 법칙을 제안한 프루스트를 소개하며 일정 성분비 법칙의 개념을 도입하였다. 그 이후에 햄버거 비유를 사용하여 두 종류의 산화철(II, III)을 예로 들어 일정 성분비 법칙을 다시 한 번 설명하였다.

C: 햄버거 속에 뭐가 들어있죠? 치즈나 야채 같은 것이 들어있죠? 이걸

치즈버거인데 옆에 버거에는 치즈가 더 있죠? 더블치즈버거인데, 이 두 개가 같아요? 다르죠. 성분은 똑같지만 비율은 다르죠. 이와 같이 산화철도 …(후략).

(C의 2차시 첫 번째 수업 중)

### 다. 대응 관계를 다루는 방식

비유를 사용한 학습은 비유물에서 목표 개념으로 지식을 전이하는 것이므로 비유물과 목표 개념의 대응 관계를 다루는 과정은 무엇보다 중요하다(Mozzer & Justi 2013; Thiele & Treagust, 1994). 대응 관계를 다루는 방식을 살펴보면 먼저 A는 대응 명료화 전략을 적극적으로 활용하여 세 명의 예비교사 중 대응 관계를 가장 강조하였다. A는 ‘비유를 느낌으로만 이해해서는 안 되고 단어나 문장 등으로 대응을 명확히 시키는 것이 가장 중요하다’고 생각하였으며, ‘학생들이 대응 관계를 쉽게 이해할 수 있도록 대응 과정의 단계를 나누었다’고 응답하였다. 대응 과정의 첫 번째는 ‘기체 입자-원 안에서 돌아다니는 학생’, ‘기체 입자가 들어있는 용기의 벽-원에 있는 학생’ 등과 같이 가장 작은 단위의 개별적 속성을 대응시키는 것이었다. 다음 단계는 ‘기체 입자가 용기의 벽에 충돌-원 안에서 돌아다니는 학생이 원에 있는 학생과 하이파이브’와 같이 개별적 속성을 관련지은 관계적 속성에 대응시키는 것이었다.

A가 대응 관계를 자세히 다루긴 하였으나, 대응 관계를 다루는 과정은 대부분 교사 중심으로 진행되었다. 학생들에게 대응 관계에 대해 고민할 시간을 주지 않았으며, PPT를 활용하여 학급 전체 학생과의 질의응답을 중심으로 교사가 빈칸을 채워나갔다. 이때, 일부 학생은 교사의 질문에 어렵듯이 답을 하기도 하였으나 대부분의 학생은 교사의 설명을 들으면서 PPT의 내용을 활동지에 받아 적었다.

A: 자 이제 이 상황이 보일 법칙과 무슨 관련이 있는지 살펴볼게요. 실제 상황이란 활동해보기를 비교할 건데 하나는 선생님이 힌트를 줬어. ‘기체 입자가 돌아다니는 용기’를 ‘주어진 공간’이라고 할 때 ‘운동하는 기체 입자’는 뭐였어?

학생들: 사람?

A: 사람이었지? 안에서 돌아다니던 4명의 친구들이었어. 다음으로 우리가 ‘용기의 벽’이라고 할 만 한 건 없어있는 학생들이었지? 자, 이렇게 정리할 수 있고, 활동지에 다 적었나요? 다 이해되죠?

(A의 3차시 첫 번째 수업 중)

대응 관계를 강조한 A와 달리 B는 1차시 수업의 꼬치 비유를 제외한 대부분의 비유에서 대응 관계를 명확히 다루지 않고 단순히 비유물과 목표 개념이 유사하다는 것을 언급하는 정도에 그쳤다. 즉, 1차시 수업의 빨간 공 비유, 2차시 수업의 교통수단 비유 모두 비유물의 원리를 설명한 후 학습하려는 개념이 이와 유사하다고 언급하고 목표 개념을 도입할 뿐 대응 관계는 다루지 않았다. 예를 들어, 지하철의 좌석이나 택시의 좌석 등은 정해진 수의 사람이 앉을 때 가장 안정하다고 설명한 후 이러한 원리와 비슷하게 물이나 암모니아와 같은 화합물도 정해진 비율로만 결합해야 안정하다고 설명하였을 뿐, 사람과 의자가 각각 원자에 해당하고 이들이 결합하여 분자가 된다는 등의 대응 관계에 대한 설명은 없었다. 마찬가지로 빨간 공 비유에서도 공의 개수와 종류가 변하지 않으므로 질량이 일정하다고 설명한 후

이것이 질량 보존 법칙과 비슷하다고만 하였을 뿐 대응 관계에 대한 설명은 없었다. 수업 후반부의 비유 생성 활동에서도 학생들이 생성한 비유에 대해 목표 개념과의 공유 속성을 찾으려 하거나, 교사가 이를 짚어주는 등의 과정은 없었다.

이처럼 B가 대응 관계를 명확히 다루지 않았던 원인은 다음과 같은 B의 인식에서 찾아볼 수 있었다. B는 두 번째 수업 후에 이루어진 면담에서 ‘유사점을 명확히 대응시킬 경우 개념을 쉽게 이해할 수 있기는 하지만 오히려 비유를 목표 개념과 동일시해버려서 오개념이 발생할 우려가 있다’고 응답하였다. 즉, 대응 관계를 다룸으로써 대응 오류와 오개념 등을 방지할 수 있다는 점을 반대로 인식하고 있었고, 이는 대응 관계를 다루는 것에 대한 부정적인 인식으로 이어졌다. 또한, 2차시 수업의 교통수단 비유에 대해서는 ‘각 교통수단에 정해진 수의 사람이 앉았을 때 안정하다는 원리를 끌어내고 이런 느낌을 학생들에게 전달하는 것만을 목적으로 하였기 때문에 다른 공유 속성을 대응시킬 필요가 없다’고 응답하였다. 이러한 인식은 Mozzer & Justi (2013)의 연구에서 비유를 생성할 때 대응 관계를 명확히 하지 않는 이유에 대해 과학교사들이 목표 개념을 도입하기 위한 목적으로 비유를 사용할 것이기 때문이라고 응답하였던 것과 유사한 결과로, 이 또한 대응 관계에 대한 B의 올바르게 못한 인식을 보여준다고 할 수 있다. B가 언급한 ‘안정한 성질’처럼 비유를 이용하여 도입하고자 하는 목표 개념의 원리를 이해하기 위해서는 비유물과 목표 개념의 대응 관계에 대한 이해가 선행되어야 하기 때문이다.

꼬치 비유에서는 꼬치에 떡과 고기가 따로 꽂혀 있을 때와 떡과 고기가 같이 꽂혀 있을 때를 비교하며 두 상황에서 질량이 같다는 것을 설명하여 비유물의 원리를 다루었다. 이후 떡을 수소에, 고기를 산소에 대응시키며 이 비유가 물의 생성 반응을 표현하고 있음을 PPT를 사용하여 설명하였다. 이때 B는 대응 관계를 쉽게 설명하기 위해서 대응하는 떡과 수소, 고기와 산소의 색깔을 PPT에 같게 나타내는 노력을 보였다. 그러나 여러 속성 중 일부만을 대응시켰고, 이 과정 역시 교사의 일방적인 설명으로 이루어졌다는 한계가 있었다.

C 또한 대응 관계를 거의 다루지 않았다. C는 1차시 수업에서 플라스크 카드링과 금속 카드링이 각각 어떤 원자에 대응하는지를 다루지 않은 상태에서 물리적 비유 활동을 시작하였다. 이에 일부 학생들이 활동하는 도중에 각각 어떤 카드링이 질소 원자와 수소 원자에 해당하는지 질문하기도 하였고, C는 이러한 학생들의 질문에 일일이 답을 해주었다.

학생: 선생님, 애(은색 금속 카드링)가 뭐예요?

C: 자, 은색 금속 카드링 몇 개 있어요? 3개 있죠? 이거(붉은색 플라스틱 카드링)는? 한 개 있죠? 여기서 뭐가 질소이고 뭐가 수소인지 알 수 있나요? 질소 하나랑 수소 세 개가 만나서 암모니아 두 개를 만드니까.

학생: 그럼 애(은색 금속 카드링)가 질소고, 애(붉은색 플라스틱 카드링)가 산소예요?

C: 네, 맞아요.

(C의 1차시 첫 번째 수업 중)

활동을 마친 후에도 교사가 대응 관계를 명확히 설명하거나 학생들에게 대응 관계를 점검할 기회를 제공하는 과정 등은 없었다. 활동을 마치고 나서는 학생들이 만든 카드링을 하나씩 확인하였고, 활동하기



전과 후에 금속 카드링과 플라스틱 카드링의 종류와 개수가 달라지지 않았음을 설명함으로써 질량 보존 법칙을 다시 한번 설명하였다. 이 과정에서 “플라스틱 카드링이 무슨 원자였죠? 질소 원자였죠.”라고 하면서 카드링과 원자의 대응 관계를 다루었으나 교사 중심으로 일부 속성을 대응시키는 것에 그쳤다. 이후에 메테인의 연소 반응과 금속과 산의 수소 기체 발생 반응을 카드링으로 표현할 때에도 대응 관계를 별도로 다루지 않았다. 2차시 수업도 마찬가지였는데, 즉흥적으로 사용된 걸레 비유와 호르몬 비유는 물론이고 햄버거 비유까지 모두 간단하게 다루어져 별도로 공유 속성을 대응시키는 과정은 없었다. 수업 후반부에 실시한 비유 생성 활동에서도 B와 마찬가지로 대응 관계를 다루지 않았다.

C가 대응 관계를 명확히 다루지 않았던 이유는 대응 관계를 별도로 다루지 않더라도 학생들이 스스로 이해할 수 있다고 생각하였기 때문이다. C는 ‘학생들이 화학 반응식과 주어진 카드링의 개수를 보고 추론해서 대응 관계를 파악할 수 있다고 생각하여 교사가 일일이 대응시키는 과정은 큰 의미가 없을 것 같다’고 응답하였고, 카드링과 원자의 공유 속성 중 일부를 대응시키는 과정에서 “이렇게 선생님의 의도를 잘 파악했으면 좋겠어요.”라고 말하는 모습도 보였다. 즉, C는 대응 관계를 학생들의 몫으로 남겨두고 수업에서 다루지 않았으나, 그 결과 앞서 살펴본 B와 같이 학생들은 대응 관계를 쉽게 파악하지 못하였고, 이는 학생들이 물리적 비유 활동을 원활히 수행하지 못하는 모습으로 이어졌다.

이상의 결과를 정리하면, A는 대응 명료화 전략을 적극적으로 활용하여 대응 관계를 강조하였다. 그러나 B와 C는 수업에서 강조하고자 비중 있게 다룬 비유에서만 대응 관계를 다루었고, 이마저도 일부 속성만을 대응시키는 정도에 그쳤다. 따라서 대응 관계를 명확히 다루어야 함을 예비교사들에게 지속해서 교육할 필요가 있을 것이다. 이때, A는 대응 관계를 이해하는 것이 중요함을 인식하여 대응 명료화 전략을 적극적으로 활용했던 반면, B와 C는 대응 관계에 대한 잘못된 인식으로 대응 관계를 다루지 않았던 것과 같이 예비교사들이 대응 관계를 다루는 정도에 차이가 났던 원인은 대응 관계를 다루는 것에 대한 인식에서 찾아볼 수 있었다. 따라서 학생들이 대응 관계를 명확히 이해하지 못했을 때 발생할 수 있는 대응 오류와 이로부터 이어지는 오개념 등을 소개하며 대응 관계를 다루는 과정의 필요성을 강조해야 할 것이다. 또한, 워크숍에서 대응 관계의 중요성을 별도로 다루었음에도 예비교사들이 대응 관계를 소홀히 한 것은 C와 같이 대응 관계를 다루지 않더라도 학생들이 충분히 대응 관계를 이해할 수 있다고 생각하기 때문일 수 있으므로 비유를 사용한 수업에서 발생하는 대응 오류와 오개념의 빈도 등을 소개할 필요도 있다.

또한, 대응 관계를 학생 중심으로 진행할 수 있도록 교육할 필요도 있다. 대응 관계를 강조한 A를 비롯해 세 명의 예비교사 모두 대응 관계를 다루는 과정이 교사 중심으로 이루어졌기 때문이다. 특히, 학생들의 참여와 활동도를 높이기 위해 학생 중심의 비유 사용 방식인 역할놀이 비유와 물리적 비유를 활용했던 A와 C 또한 대응 과정은 교사가 주도하려고 했다는 점도 주목할 필요가 있다. 그리고 A가 단계를 나누어 학생들의 대응 과정을 도우려고 했다는 점은 긍정적이라고 할 수 있으나 A와 같은 접근 방법이 효과적인지는 알 수 없다. 즉, A의 방법과는 정반대로 관계적 속성을 먼저 대응한 후 개별적 속성을 대응시키는 방법도 생각할 수 있으나 A의 방법과 이러한 방법

중 어느 것이 효과적인지 등에 관한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 따라서 구체적인 대응 명료화 전략을 마련하기 위한 연구를 실시하고 이러한 연구 결과를 예비 및 현직교사 교육에 반영할 필요도 있다.

대응 관계를 다룰 때는 차이점에 해당하는 비공유 속성을 다루는 것 또한 중요하다. A는 ‘학생들이 혼란스러워할 수 있어 차이점을 짚어줄 필요가 있다’고 생각하여 비공유 속성을 다루었다. 그러나 대응 관계를 다룰 때와 마찬가지로 학생들에게 시간을 거의 주지 않고 교사 중심으로 학급 전체 학생과의 질의응답을 부분적으로 시도하며 교사 자신이 생각했던 비공유 속성을 설명해 나갔다.

B는 꼬치 비유에서만 대응 관계를 다루었던 것과 마찬가지로 비공유 속성도 꼬치 비유에서만 다루었다. 그러나 ‘학생들에게 차이점을 스스로 생각해보게 하면 오히려 잘못 생각하여 오개념 등이 유발될 수 있으므로 학생들이 잘못 생각할 수 있는 점들을 교사가 미리 없애는 방향으로 설명해야 한다’고 응답하여 학생들이 겪는 시행착오를 부정적 요소로 인식하고 학생들의 사고 과정을 교사가 통제하려는 전통적 교수학습관에 가까운 인식을 보였다. 이에 따라 비공유 속성을 다루는 방식이 A와 마찬가지로 교사 중심적이었다. 즉, 물의 생성 반응과 꼬치 비유의 차이점이 무엇인지 학급 전체 학생을 대상으로 질문하였고, 몇몇 학생들의 발표를 들은 후 자신이 생각했던 비공유 속성을 설명하였다.

꼬치 비유 외에 1차시 수업의 빨간 공 비유, 2차시 수업의 교통수단 비유와 비유 생성 활동에서도 비공유 속성을 다루지 않았다. 교통수단 비유에 대해서는 ‘화합물은 정해진 비율로만 결합하고 교통수단의 좌석은 정해진 수보다 사람이 적게 앉을 수도 있다는 점을 비공유 속성으로 떠올릴 수 있지만, 비유를 설명하는 과정에서 좌석의 정해진 수보다 사람이 적게 앉을 때는 불안정하다고 가정하고 이를 함께 설명할 것이므로 비공유 속성을 다루지 않을 것’이라고 하였다. 비유 생성 활동에 대해서는 ‘학생들이 자신에게 익숙한 비유를 만들어서 목표 개념을 설명해보는 과정이 핵심이기 때문에 굳이 비공유 속성을 다룰 필요는 없을 것 같다’고 응답하였다.

C의 경우 1차시 수업에서는 물리적 비유 활동에서만 비공유 속성을 다루었는데, 그 과정은 A와 B보다 학생 중심적이었다. 학생들에게 카드링 모형과 화학 반응의 차이점을 찾아보도록 한 후 타이머를 이용하여 일정 시간을 정하고, 이 시간 동안 소집단 별로 토의하거나 개인별로 생각할 시간을 주었다. 2차시 수업의 경우, 즉흥적으로 사용된 걸레 비유와 호르몬 비유, 햄버거 비유에서는 대응 관계를 다루지 않았던 것과 마찬가지로 비공유 속성을 다루지 않았다. 반면, 비유 생성 활동에서는 비공유 속성을 다룰 필요가 없다고 생각한 B와 달리 ‘오개념이 발생하는 것을 막기 위해 비유 생성 활동에서도 한계점을 짚어주는 것이 중요하다’고 생각하여 학생들에게 비공유 속성을 찾으라고 명시적으로 안내하였다. 특히, ‘비유 생성 활동을 할 때는 목표 개념을 어느 정도 학습한 상태이기 때문에 비공유 속성을 강조해도 될 것’이라고 생각하였다.

Kim, Kim, & Noh (2018b)의 연구에서는 적지 않은 예비교사들이 학생들에게 인지적 부담과 혼란을 가져올 것을 우려하여 비공유 속성을 다루지 않을 것이라고 하였다. 따라서 본 연구에서 참여한 세 명의 예비교사가 일부 비유에서 비공유 속성을 다룬 점은 긍정적으로 볼 수 있다. 그러나 나머지 비유에서는 비공유 속성을 다루지 않았으므로 나머지 비유에서도 비공유 속성을 고려하도록 교육할 필요가 있다.

또한, C를 제외한 두 명의 예비교사는 비공유 속성을 다루는 교사 중심적이었으므로, 비공유 속성을 학생 중심으로 다룰 수 있는 구체적인 교수전략을 교육할 필요가 있다.

## 2. 교육과정에 관한 지식

### 가. 주제 선정

비유 사용 수업을 준비하는 과정에서는 목표 개념이 비유로 학습하기에 적절한지, 비유물이 학생들에게 친숙한지 등에 대한 종합적인 고려가 필요하다(Harrison & Coll, 2007). 예비교사들은 연구 참여를 위해 수업에서 비유를 사용하도록 권유받았으나 자신이 맡은 모든 수업에서 비유를 사용하기보다는 비유를 사용하기에 적절하다고 생각하는 단원을 선택하여 비유를 사용하였다. 그리고 이때 수업에서 다룰 목표 개념의 특성과 학생들의 특성, 비유의 장점 등을 종합적으로 고려하여 해당 수업에서 비유를 사용하는 것이 적절한 나름의 이유를 제시하였다. 먼저, A는 ‘수업에서 핵심이 되는 입자 개념은 추상적인 뿐 아니라 중학교 1학년 학생들에게는 특히 더 낯설기 때문에 비유를 사용하여 입자를 직관적으로 보여주고, 친숙하게 할 수 있다’고 수업 전 면담에서 응답하였다. C 또한 ‘질량 보존 법칙에서 비유를 사용하면 미시적인 개념을 구체적으로 보여줄 수 있다’고 A와 유사한 응답을 보였다. B는 ‘질량 보존 법칙과 일정 성분비 법칙은 어떤 점에서 보면 직관적이기 때문에 학생들이 비유를 쉽게 받아들일 수 있고 일상에서 비유를 찾기가 쉬워 비유 생성 활동을 진행하기에도 좋다’고 응답하여 비유 생성 활동의 특성과 목표 개념의 특성을 관련지어 생각하였다.

한편, 이 연구는 담당하는 학년과 단원 등이 정해져 있는 교육 실습에서 진행하였으므로 예비교사들이 비유 사용 수업의 주제를 선택할 때 어느 정도 제약이 있었다. 따라서 이러한 제약 없이 예비교사들이 어떤 주제가 비유 사용 수업에 적절하다고 생각하는지 조사하고자, 모든 수업을 마친 후 예비교사들에게 과학과 교육과정 중에서 비유를 사용하기 적절하다고 생각하는 단원을 고르도록 하고 이에 대한 이유를 질문하였다. B는 ‘화학 교과에서 주로 다루는 입자 개념이 미시적이기 때문에 대부분의 화학 단원에서 비유를 사용할 수 있다’고 답변을 하였다. 반면, A는 ‘여태까지 자신이 접했던 비유가 자연스럽게 떠오른다고 하면서, 이러한 비유를 사용할 수 있는 단원을 꼽았다. 예를 들어, 아보가드로 법칙을 다루는 수업에서 ‘사람의 덩치에 상관없이 화장실의 한 칸에는 한 명이 들어간다’는 비유를 사용할 수 있다고 생각하였다. C 또한 자신이 학창 시절에 입자를 사람에 대용한 비유로 학습했던 경험을 떠올리며, 이 비유를 사용할 수 있는 물질의 세 가지 상태 등의 단원이 비유를 사용하기에 적절하다고 생각하였다. 즉, A와 C는 자신에게 익숙한 비유를 떠올리면서 이러한 비유를 사용할 수 있는 단원을 비유를 사용하기에 적절한 단원으로 꼽았다.

앞서 예비교사들은 자신의 수업에서 비유를 사용하는 것이 적절한 나름의 이유를 제시하였다. 그러나 이와 동시에 자신에게 익숙한 비유와 관련된 단원을 비유를 사용하기에 적절한 주제로 꼽았던 결과는 비유를 사용하는 것이 적절한지에 대한 고려가 부족한 채로 자신에게 익숙한 비유를 사용할 수 있는 단원에서 비유 사용 수업을 실행할 가능성도 있음을 암시한다. 특히, 목표 개념과 학생들의 특성 등을 고려하여 비유 사용 수업을 위한 단원을 선택했던 A와 C 또한 이러한

응답을 보였으므로 비유 사용 수업을 준비하는 과정에서 고려해야 하는 점들을 예비교사들이 충분히 숙지하도록 도울 필요가 있다. 예를 들어, 대표적인 비유 사용 수업 모형 중 하나인 FAR 전략(Harrison & Coll, 2007)의 준비 단계에 속하는 학생, 비유물, 개념의 세 가지 측면에서 해당 단원이 비유를 사용하기에 적절한지 따져보도록 할 수 있을 것이다.

### 나. 교육과정의 고려

Kim, Kim, & Noh (2018a)의 연구에서는 예비교사들이 수업에서 다루는 범위를 벗어나는 개념까지 비유에 포함하기도 하였다. 본 연구에서는 A와 C의 비유에서 교육과정을 벗어나는 개념을 포함하는 경우가 나타났다. 앞서 언급한 바와 같이 A는 입자 역할을 하는 학생들이 자유롭게 움직이면서 벽 역할을 하는 학생들과 하이파이브를 하는 역할놀이 비유를 사용하였다. 이때, 기체의 압력과 관련하여 기체 입자와 벽 사이의 충돌은 학생들이 이전 단원에서 학습한 상태였으나, 기체 입자 사이의 충돌은 중학교 교육과정을 벗어난 내용으로 이를 수업에서 명시적으로 다루기는 어려웠다. 따라서 A는 기체 입자와 벽 사이의 충돌에만 초점을 맞추고 활동을 준비하여 기체 입자 역할을 하는 학생과 벽 역할을 하는 학생들이 마주쳤을 때 하이파이브를 해야 한다는 규칙을 설명하고자 하였을 뿐, 입자 역할을 하는 학생들끼리 마주치는 경우에 대해서는 별도의 규칙을 제시하지 않는 것으로 수업을 계획하였다. 그러나 수업을 준비하는 과정에서 입자 역할을 하는 학생들끼리 마주쳤을 때, 학생들이 서로 피해가거나 부딪히더라도 같은 방향으로 이동하는 등의 다양한 상황이 발생할 수 있다고 생각하게 되었고, 이러한 상황이 궁극적으로는 입자 사이의 충돌에 대한 오개념으로도 이어질 수 있다고 생각하였다. 이에 입자 사이의 충돌을 어떻게 다루어야 할지 고민하였고, 고민 끝에 입자 역할을 하는 학생들끼리 마주쳤을 때도 하이파이브를 하는 규칙을 추가함으로써 오개념이 발생하지 않도록 비유를 수정하였다. 즉, 교육과정을 벗어나는 개념을 수업에서 명시적으로 다루지는 않지만, 이러한 개념까지 표현하도록 비유를 수정하였다.

C의 1차시 첫 번째 수업에서는 C가 의도했던 실제 암모니아의 분자 구조에 가까운 형태(Figure 3)가 아닌 Figure 4와 같은 형태로 암모니아 분자를 표현하는 학생들이 있었는데 C는 이에 대해 화학결합의 측면에서 틀렸다고 지적하였다. 그러나 화학결합은 중학교 교육과정을 벗어나는 것이었으므로 수업 후에 지도교사와의 논의에서 Figure 4와 같은 형태를 틀렸다고 하는 것이 적절한지에 대한 논의가 이루어졌다. 이에 C는 두 번째 수업에서 Figure 4와 같은 형태도 옳은 것이라고 학생들에게 코멘트하였다. 그러나 이때 교육과정이나 암모니아의 실제 분자 구조에 대해 언급은 하지 않은 채로 실제 암모니아의 분자 구조에 가까운 형태와 Figure 4와 같은 형태를 모두 옳다고 하여 학생들이 암모니아의 분자 구조에 대한 오개념을 가질 수 있었고, 실제로 이러한 우려가 학생들의 반응으로도 나타났다. 활동을 마친 후 C는 학생들에게 비공유 속성을 찾아보도록 하였는데, 이때 학생들은 암모니아의 분자 구조와 달리 자신들이 만든 카드링 모형이 Figure 4와 같은 형태로 결합하고 있다는 점을 제시하였다. 이에 대해 C는 별다른 코멘트를 하지 않아 화학결합과 관련된 학생들의 의문을 적절히 해결해주지 못하였다.



Figure 4. A student-generated form of card rings analogy

화학결합에 대한 논의는 수업에서 지속해서 등장하였는데, 학생들은 또 다른 비공유 속성으로 카드링은 겹쳐져 있지만, 원자는 겹치지 않은 상태로 결합한다는 점을 제시하였다. 이에 대해 코멘트하는 과정에서 C는 전자구름이나 공유결합 등 교육과정을 벗어나는 개념을 여러 번 언급하였다. 즉, 교육과정에서 벗어난 개념을 포함하는 비유를 적절히 다루지 못하였고, 이로 인해 학생들이 관련 개념에 대해 지속해서 의문을 가졌으나 이러한 의문에는 아예 코멘트하지 않거나 교육과정을 넘어서는 또 다른 개념들로 코멘트하는 혼란스러운 모습을 보였다. 이처럼 교육과정을 벗어나는 화학결합에 대한 논의가 지속되자 C는 2차시 수업을 모두 마친 후 이루어진 면담에서 ‘카드링 비유가 계속 화학결합과 관련된 것 같아 잘못 사용한 것 같다’고 응답하였다.

Kim, Kim, & Noh (2018a)의 연구에서는 예비교사들이 비유를 생성하는 과정에서 교육과정을 벗어나는 개념을 포함하는 경우가 있음을 밝혔다. 본 연구에서는 여기서 더 나아가 교육과정을 벗어나는 개념을 포함한 비유를 예비교사들이 수업의 계획, 실행, 반성의 과정에 걸쳐 어떻게 인식하고 어떤 방식으로 다루는지, 그리고 학생들은 이러한 비유를 어떻게 받아들이는지 등을 볼 수 있었다. A의 경우 수업을 준비하는 과정에서부터 교육과정을 벗어나는 개념을 어떻게 다룰 것인지에 대해 고민하였으며 그 결과 교육과정을 벗어나는 개념까지 표현하도록 비유를 수정하였다. 반면, C는 비유가 교육과정을 벗어나는 개념을 포함하고 있다는 점을 사전에 인지하지 못하였으며, 이로 인해 교육과정을 벗어나는 개념과 관련된 학생들의 의문에도 적절히 대처하지 못하였다. 이러한 결과는 비유를 사용한 수업에서도 교육과정에 대한 고려가 주의 깊게 이루어질 필요가 있음을 의미한다. 특히, 비유가 교육과정을 벗어나는 개념을 포함하는지 확인할 필요가 있으며 그럴 가능성이 있다고 판단되는 경우 교사가 이를 사전에 인지하여 A와 같이 비유를 수정하거나 관련된 교육과정을 명확히 파악하여 수업에서 이러한 개념을 어떻게 다룰지 준비할 필요가 있다.

### 3. 학생에 관한 지식

비유를 지나치게 일반화하여 해석하거나 잘못 이해하여 비공유 속성을 공유 속성으로 오해할 경우 대응 오류와 오개념이 발생할 수 있으므로, 비유를 사용한 수업에서의 오개념은 비공유 속성과 관련이 크다고 할 수 있다(Kwon, Choi, & Noh, 2004). 이 연구에 참여한 예비교사들도 비공유 속성과 관련된 오개념을 주로 고려하였다. A는 수업 전 면담에서 ‘학생들의 오개념을 만드는 데 가장 큰 역할을 하는 것은 비유물과 목표 개념 사이의 차이점’이라고 응답하여 오개념이 비공유 속성과 깊은 관련이 있다고 생각하였다. 그러나 비공유 속성

을 다룰 때는 앞서 살펴본 것처럼 교사 중심으로 비공유 속성을 설명하였을 뿐 아니라 이 과정에서 학급 전체 학생과의 질의응답을 시도할 때에도 학생들의 다양한 의견을 듣기보다는 교사 자신이 생각했던 오개념과 관련된 비공유 속성만을 강조하려는 폐쇄적인 모습을 보였다. 예를 들어, A는 역할놀이 비유 활동을 할 때 작은 원에서는 공간이 좁아져 학생들의 움직임이 느려질 수 있으므로, 기체의 부피에 따라 입자의 운동 속도가 달라질 수 있다는 것을 기체 입자의 속도와 관련된 오개념으로 생각하였고, 이에 따라 학생들이 ‘비유에서 입자 역할을 맡은 학생의 속도는 원의 크기에 따라 변하지만, 실제 입자의 속도는 변하지 않는다’는 것과 같은 비공유 속성을 찾기를 기대하였다. 그런데 학생들은 A가 기대한 비공유 속성보다는 ‘입자는 작고 사람은 크다’와 같은 크기나 모양과 관련된 비공유 속성을 주로 제시하였고, A는 이에 대해 별다른 코멘트를 하지 않고 다른 비공유 속성을 찾아보도록 유도하였다.

A는 크기나 모양 등과 관련된 구조적인 성격의 비공유 속성을 ‘비유를 제대로 이해하지 못한 수준 낮은’ 비공유 속성이라고 생각하였고 자신이 생각했던 오개념과 관련된 ‘수준 높은’ 비공유 속성을 학생들이 발표하도록 유도하였다. 이를 위해 큰 원에서 움직일 때와 비교해서 작은 원에서 학생들의 움직임은 어떻게 다른지 질문하였는데, 작은 원에서는 움직임이 느려질 것 같다고 생각한 A의 예상과는 정반대로 학생들은 ‘작은 원에서 더 빨리 움직였다’라고 답하였다. 이에 A는 자기 생각을 학생들에게 납득시키며 온도가 일정할 때에는 부피가 변하더라도 기체 입자의 속도는 일정하다는 것을 설명하였다. A는 이에 대해 학생들의 생각이 자신이 생각했던 범위를 벗어나 있다고 느꼈고, ‘자신이 예상했던 방향이 아니라 학생들이 생각했던 방향으로도 오개념을 가질 수 있겠다는 생각이 들었다’고 첫 번째 수업 후에 이루어진 면담에서 응답하였다.

A: 주어진 공간의 넓이가 감소했을 때 사람들의 움직임은 어떻게 되었나요? 감소했더니 사람들이 더 많이 부딪힐 것 같잖아, 그럼 속도는 어떻게 될까요?

학생들: 빨라져요.

A: 빨라져? 자, 원이 좁아지잖아, 그러면 좁은 공간에 있을 때 더 자유롭게 움직일 수 있을까, 넓은 공간에 있을 때 더 자유롭게 움직일 수 있을까? 선생님은 더 느려질 것 같은데... 어쨌든 결과적으로 선생님이 하고 싶은 말은 ‘온도가 일정할 때 부피가 아무리 변해도 기체 입자의 속도는 일정하다’ 이걸 알면 될 것 같고요.

(A의 3차시 첫 번째 수업 중)

B는 비유를 사용한 수업에서 비공유 속성을 다루지 않아 비유물과 목표 개념을 구분하여 인식하지 못했던 자신의 학창시절 경험을 떠올리며, 학생들이 비유물을 목표 개념과 다르다는 것을 인식하고 오개념을 갖지 않도록 수업에서 비공유 속성을 다루어야 한다고 생각하였다. 이에 꼬치 비유에서 비공유 속성을 다루었으나 A와 마찬가지로 학생들의 의견에 폐쇄적인 모습을 보였다. 즉, 꼬치 비유에서 떡과 고기의 성질이 변하지 않는 것처럼 화학 반응의 전후에 분자의 성질도 변하지 않는다고 생각할 수 있다는 점을 오개념으로 예상하였다. 그러나 학생들은 ‘비유에는 꼬치가 있다’, ‘떡과 원자의 크기가 다르다’는 등의 구조적인 성격의 비공유 속성을 제시하였고, B는 이러한 비공유 속성은 중요한 것이 아니라고 하면서 자신이 생각한 비공유 속성을

설명하였다. B는 학생들이 제시한 구조적인 성격의 비공유 속성을 ‘1차원적’이라고 표현하였고, 이러한 비공유 속성으로는 오개념이 생길 가능성이 작기 때문에 자신이 언급했던 것과 같은 ‘본질적인’ 비공유 속성만 다루면 된다고 하였다.

B: 비유하고 개념의 차이점은 1차원적인 게 중요한 게 아니라 그 본질적인 그 차이를 찾는 게 제일 중요한 거니까... 1차원적인 차이점은 의미가 진짜 없죠. 그런 차이점을 수업 시간에 말하는 건 무의미하죠. 연구자: 그런 시각적인, 쉽게 볼 수 있는 1차원적인 차이점으로 인해서도 애들이 잘못 생각할 가능성은 있지 않을까요?

B: 그럴 가능성은 좀 작다고 생각을 하고요.

(B의 1차시 두 번째 수업 후 면담)

반면, C는 비공유 속성을 학생 중심으로 다루었다는 것 외에도 비공유 속성을 다루는 과정 전반에서 A, B와 대조적인 모습을 보였다. 먼저 C는 카드링 비유에서 카드링의 색깔이나 크기와 같은 비공유 속성을 짚어주지 않는다면 ‘질소 원자와 수소 원자의 크기가 같다’는 오개념이 발생할 수 있다고 생각하였고, 수업에서도 ‘원자는 가운데에 원자핵이 있지만 카드링은 비어있다’는 점을 비공유 속성으로 다루었다. 즉, C는 구조적인 성격의 비공유 속성 또한 중요하게 생각하였다. 또한 교사 자신이 생각했던 비공유 속성만을 강조하지 않고 학생들의 의견에도 개방적인 모습을 보였다. 예를 들어, 학생들에게 비공유 속성을 찾고 발표해보도록 한 1차시 수업에서는 ‘원자는 스스로 움직이지만 카드링은 그렇지 않다’와 같이 예상치 못했던 비공유 속성을 학생들이 제시하더라도 이를 격려하고, 학생들이 발표한 의견을 다시 한번 정리하여 설명하는 등 호의적인 반응을 보였다. C가 학생들이 제시한 비공유 속성 또한 중요하게 고려한다는 것은 두 번째 수업 후에 이루어진 면담에서 ‘자신이 생각한 비공유 속성을 학생들이 이야기하지는 않았지만, 학생들이 말한 비공유 속성도 중요한 것 같다’고 응답한 것에서도 알 수 있었다.

오개념을 유발할 수 있다고 생각하는 비공유 속성을 예비교사들이 사전에 예상하고 이를 수업에서 다룬 것은 긍정적인 결과로 볼 수 있다. 그러나 이와는 별개로 A, B처럼 학생들이 제시하는 비공유 속성에 폐쇄적인 모습을 보이고, 자신이 생각했던 비공유 속성만을 강조하려는 경우가 있었다. 그런데, 학생들이 생각하는 비공유 속성은 교사가 예상했던 것과 달랐을 뿐 아니라 A의 사례에서 나타났던 것처럼 특정한 비공유 속성에 대해서도 교사와 학생이 전혀 다른 생각을 하는 경우가 있었다. 따라서 교사가 생각한 비공유 속성만을 강조하는 것이 아니라 학생들이 제시하는 비공유 속성에도 주의를 기울일 필요가 있을 것이다. 더불어 예비교사들은 오개념을 유발할 가능성이 적다고 생각하여 구조적인 성격의 비공유 속성을 가볍게 여겼고 학생들이 이러한 비공유 속성에 주목하더라도 중요하게 다루지 않았다. 그러나 대응 오류와 관련된 연구들(Kim, Hwang, & Noh, 2010; Kim, Yang, & Noh, 2009)에 따르면 학생들은 사람의 덩치를 입자의 크기에 대응시키는 것과 같은 구조적인 유사성으로 인한 대응 오류만이 아니라 단어의 표면적인 유사성으로 인한 대응 오류도 자주 범한다. 즉, 교사에게는 당연하게 여겨지는 비공유 속성일지라도 학생들에게는 생소할 수 있고, 이는 가볍지 않은 대응 오류와 오개념으로 이어질 수 있으므로 이러한 비공유 속성도 중요하게 다룰 필요가 있을 것이다.

#### 4. 평가에 관한 지식

##### 가. 평가 방법

구성주의적 평가는 학습의 결과보다는 과정에 초점을 두고, 다양한 방식으로 학생에게 학습 기회를 제공하는 것이라고 할 수 있다. 따라서 비유를 다루는 과정에서 학생 중심으로 이루어지는 다양한 교수 활동은 비유 사용 수업에서 실시할 수 있는 구성주의적인 평가 방법이 될 수 있다(Oliva, Azcárate, & Navarrete, 2007; Thiele & Treagust, 1995). 예를 들어, 학생들이 물리적 비유 활동을 수행하는 과정에서 이루어지는 교사의 순회지도나 활동 결과에 대한 발표는 학생들의 학습 과정과 수준을 파악하고 적절한 피드백을 제공하도록 한다는 점에서 구성주의적 평가에 가깝다고 할 수 있다. 그러나 이처럼 비유를 활용한 평가에 대한 예비교사들의 이해는 높지 않았다.

우선, A는 사전 면담에서 평가와 관련된 질문에 대해 지필평가로 이루어지는 학기말 시험을 떠올렸고, 자신의 수업에서 학생들의 학습 수준을 파악할 수 있는 방법을 묻는 질문에도 ‘수업을 하면서 학생들의 표정 등을 본 느낌’이라고 응답하였다. 즉, A는 지필평가라는 제한된 방식과 학기말처럼 학습 결과에 초점을 둔 평가를 떠올렸고, 학생들의 학습 수준을 파악하기 위한 체계적인 방법을 제시하지 못하여 전통적인 평가관에 가까운 인식을 보였다. 그러나 A의 수업에서는 구성주의적 평가에 가까운 장면이 나타나기도 하였다. 보일 법칙의 원리를 입자적 관점에서 다룬 후 A는 학생들에게 직접 입자 그림을 그려보도록 하였는데, 이 활동에서는 순회지도로 학생들의 수준을 파악하고 피드백을 제공하였다. 또한, 학생들이 그림을 완성한 후에는 소집단 별로 발표하도록 함으로써 활동 결과를 학급 전체 학생들과 공유하고 이에 대해 함께 논의하였다. 즉, 비유로 학습한 개념을 학생들이 직접 그림이나 도표 등으로 표현하는 것은 비유 사용 수업에서 효과적인 평가 방법이 될 수 있다는 점에서(Else, Clement, & Ramirez, 2008), 입자 그림 그리기라는 학생 중심의 활동이 평가로 활용되었음에도 A는 전통적인 평가관에 가까운 인식을 지니고 있어 이를 평가로 인식하지 못하였다.

B는 ‘평가가 학생들에게 등수나 점수를 매기는 것’이라고 응답하여 평가의 목적을 학생에게 학습 기회를 제공하는 것보다는 단순히 학습 수준을 측정하는 것이라고 생각하여 전통적인 평가관에 가까운 인식을 보였다. 비유와 목표 개념에 대한 학생들의 이해도를 파악할 방법을 질문했을 때는 ‘문제를 풀어보도록 하는 것’이라고 하였고, 실제로 2차시 수업의 후반부에는 일정 성분비 법칙과 관련된 계산 문제를 제시하였다. 이때에도 학생들이 제시한 답안의 정오만을 확인한 후 자신이 준비한 풀이 과정으로 문제를 풀어주는 것으로 수업을 마무리하여 수업에서도 전통적인 평가에 가까운 모습을 보였다. 그러나 비유 생성 활동은 평가로 활용할 수 있다고 생각하였는데, 비유 생성 활동에서 학생들이 직접 만든 비유로 목표 개념을 설명해보는 과정을 강조하며 ‘학생들이 만든 비유를 설명하는 걸 보면 학생들이 개념을 얼마나 잘 이해했는지를 파악하고, 교사가 피드백해줄 수 있다’고 응답하였다. B의 이러한 모습은 학생들의 이해도와 선개념 등을 파악할 수 있는 비유 생성 활동(Mozzer & Justi, 2012)의 특징을 바르게 인식한 결과라고 할 수 있다.

반면 C는 구성주의적 평가관에 가까운 인식을 보였다. 예를 들어,

평가의 목적을 ‘학생들의 이해를 파악함과 동시에 학습 기회를 제공하는 것’이라고 생각함을 면담으로 알 수 있었고, ‘평가는 학생들이 수업의 내용을 잘 이해했는지 파악하고 피드백을 제공하는 것이므로 수업의 끝부분만이 아니라 수업 중에도 이루어질 수 있다’고 응답하여 학습 결과만이 아니라 학습 과정에 평가의 초점을 두려는 인식도 갖고 있었다. C의 이러한 평가관은 수업 시간에 사용한 비유를 평가에도 적극적으로 활용하려는 모습으로 이어졌다. 이를테면, 1차시 수업에서 물리적 비유 활동을 마친 후에 메테인의 연소 반응, 금속과 산의 수소 기체 발생 반응 또한 카드링으로 설명할 수 있음을 보여준 것은 ‘다른 반응도 카드링으로 표현할 수 있다는 것을 보여주기 위함도 있지만, 앞선 활동과 유사한 반응을 카드링으로 표현해보는 적용 활동으로 학생들의 이해를 평가하려는 의도’라고 하였다. 1차시 수업의 마지막 부분에서 제시한 장난감 비유 등에 대해서도 ‘학생들이 이런 비유를 어떻게 설명하는지 보고 학생들의 이해도를 평가할 수 있다’고 응답하였다.

### 나. 평가 영역

비유 사용 수업에서는 학생들이 교사의 의도와 다른 방향으로 비유를 이해할 수 있으므로 학생들이 비유를 올바르게 이해하고 해석하는지에 대한 평가가 필요하다(Dagher, 1995; Oliva, Azcárate, & Navarrete, 2007). Kim, Kim, & Noh (2018b)의 연구에서는 많은 예비교사가 평가를 고려하지 않았고, 평가를 계획한 일부 예비교사들도 단순 문제풀이 활동으로 목표 개념에 대한 이해만을 고려하는 데 그쳤다. 본 연구에 참여한 예비교사들도 비유에 대한 평가를 뚜렷하게 고려하지는 않아 Kim, Kim, & Noh (2018b)의 연구 결과에서 크게 벗어나지는 않았다. 그러나 이와는 별개로 물리적 비유나 역할놀이 비유와 같이 학생 중심의 비유 사용 방식을 활용할 때에는 평가가 상대적으로 원활하게 이루어지는 경향이 있었다.

A가 3차시 수업에서 시행한 역할놀이 비유 활동은 학급 대부분의 학생이 각자 맡은 역할에 따라 직접 활동에 참여하는 학생 중심의 활동이었으므로 학생들이 활동을 이해하고 수행하는 수준에 대한 평가가 자연스럽게 이루어졌다. 예를 들어, 활동을 소개한 후 연습 활동을 몇 차례 실시하였을 때 입자 역할을 맡은 학생 중 일부는 일정한 속도로 움직이지 않거나 직선으로 움직이지 않는 경우가 있었다. 이에 A는 입자 개념을 바탕으로 입자 역할을 맡은 학생들이 따라야 하는 규칙을 다시 한번 설명하였고 학생들이 규칙에 따라 움직이기 시작했을 때 연습 활동을 마치고 본 활동을 하였다.

학생 중심의 비유 사용 방식을 활용할 때 평가가 상대적으로 원활하게 이루어지는 경향은 B의 사례에서 더욱 뚜렷하게 나타났다. 비유 생성 활동에서는 평가가 원활하게 이루어졌으나 학생 중심의 비유 사용 방식을 활용하지 않았던 나머지 비유에서는 그렇지 못했기 때문이다. 앞에서 언급한 바와 같이 B는 비유 생성 활동이 평가로서 작용할 수 있다고 생각하였는데, 실제 수업에서도 평가가 원활히 이루어졌다. B는 학생들이 비유 생성 활동을 할 때 적극적으로 순회지도를 하며 학생들이 활동을 수행하는 수준을 파악하려 하였고, 이를 바탕으로 적절한 피드백을 제공하였다. 비유 생성 활동 이후에 이루어진 발표에서도 학생들이 수업에서 다른 주요 목표 개념을 고려하였는지 확인하였고, 발표에서 빠진 부분이 있다면 질문 혹은 추가 설명을

통해 부족한 개념을 보충했다. 반면 1차시 수업의 빨간 공 비유와 꼬치 비유 등 나머지 비유는 모두 교사가 일반적으로 비유를 제시하고 유사점을 중심으로 목표 개념을 설명하는 방식으로, 이 과정에서 순회지도 등의 과정은 없었다. 특히, 교통수단 비유를 사용한 2차시 수업 후에 실시한 면담에서 ‘학생들의 70% 정도는 대응 관계를 잘 이해했을 것이다’라고 응답하여, 교사 자신이 명확하게 설명했기 때문에 학생들이 쉽게 이해했을 것이라고 막연히 기대하며 학생들의 상태를 짐작하고 있었다.

C의 사례에서도 유사한 경향이 나타났다. 1차시 수업의 물리적 비유 활동을 먼저 살펴보면, 학생들이 본격적으로 활동을 시작하였을 때 C는 적극적으로 순회지도를 하였다. 이때, 많은 학생이 카드링을 여닫는 조작 방법이나 어떤 카드링을 분해해서 어떤 카드링을 만들어야 하는지와 같은 활동에서의 규칙을 제대로 이해하지 못한 경우가 많았고, 이에 순회지도를 하는 C에게 관련된 질문을 하는 학생들이 많았다. C는 학생들의 질문에 직접 답해주었으며, 다른 학생들도 혼동할 수 있다고 생각되는 질문에 대한 설명은 학급 전체 학생들에게 큰소리로 설명해주기도 하였다.

학생: 선생님, 이게(카드링) 안 열려요. 어떻게 열어요?

C: (카드링을 직접 조작하면서) 이걸 쉽게 하려면, 이걸 벌려서 여기다가 꽂아 넣으면 돼요.

학생: 일일이 다 뜯어야 해요?

C: 응, 다 뜯어서 암모니아를 만들면 돼요. (반 전체 학생들에게) 여러분, 카드링은 일일이 다 뜯어서 암모니아를 만들면 되는 거예요!

(C의 1차시 첫 번째 수업 중)

또한, 활동 과정에서의 순회지도, 학생들이 만든 카드링에 대한 발표 등을 종합한 평가 결과를 바탕으로 C는 학생들이 활동을 예상보다 어려워하였음을 파악하였다. 이에 첫 번째 수업 후에 시행한 면담에서는 ‘수업에서 카드링의 조작 방법 등에 대한 안내가 부족했던 것 같다’고 응답하여 수업에 대한 의미 있는 반성이 이루어지기도 하였다. 이러한 반성은 두 번째 수업의 개선으로 이어졌는데, 두 번째 수업에서 순회지도를 할 때는 카드링의 조작 방법을 적극적으로 지도하였다. 또한, 학생들이 카드링을 직접 만들어볼 수 있는 시간을 3분에서 5분으로 늘렸으며, 더 많은 수의 학생들이 협력해서 활동을 수행할 수 있도록 소집단 구성원의 수를 2명에서 3~4명으로 늘렸다.

2차시 수업의 비유 생성 활동에서도 평가는 원활히 이루어졌다. C는 학생들이 비유를 생성할 때 ‘순회지도를 하면서 학생들이 만든 비유를 직접 보면서 일정 성분비 법칙을 잘 표현하지 못한 비유에 대해 피드백하는 것이 교사의 역할’이라고 인식하였다. 실제 수업에서도 구체적인 속성을 언급하거나 비유를 만드는 방법을 안내하는 등 적극적인 순회지도로 학생들의 비유 생성을 도왔다. 첫 번째 수업에서 파악했던 학생들의 어려움을 바탕으로 두 번째 수업에서는 활동을 시작하기 전에 제시하는 비유의 예시를 늘렸으며, 학생들이 비유를 생성할 때 도움이 될 수 있는 팁 등을 추가하였다.

그러나 C 또한 B의 사례에서와 마찬가지로 학생 중심의 비유 사용 방식을 활용하지 않았던 나머지 비유에서는 평가가 원활히 이루어지지 못했다. 특히, 앞서 언급한 바와 같이 C는 메테인의 연소 반응을 표현한 카드링 비유, 장난감 비유 등을 평가에 활용하려고 하였으나 실제 수업에서는 두 비유를 모두 교사 중심적인 방식으로 다루어 의

도하였던 평가가 제대로 이루어지지 못하였다. 메테인 반응을 카드링으로 표현할 때에는 교사가 사전에 만들어 놓은 카드링을 사진으로 찍어 PPT로 보여주며 암모니아의 생성 반응만이 아니라 다른 화학 반응도 카드링으로 표현할 수 있음을 설명하였을 뿐 추가 활동이나 학생들과의 상호작용은 없었다. 수업 후반부에 장난감 비유 등을 다룰 때도 학급 전체 학생을 대상으로 한 질의응답을 중심으로, 제시된 비유로 어떻게 질량 보존 법칙을 설명할 수 있는지를 교사가 설명하였다. 따라서 장난감 비유 등에서도 평가는 제대로 이루어지지 않았고, 이는 다음과 같은 C와의 면담에서도 확인할 수 있었다.

연구자: 수업 맨 마지막에 장난감 로봇이랑 만화 비유 같은 거는 학생들이 잘 이해한 것 같아요?

C: 음... 잘은 모르겠지만 그냥 느낌으로는 (학생들이) 잘 따라온 것 같아요.

(C의 1차시 두 번째 수업 후 면담)

평가에 관한 지식에서의 결과를 종합하면, 전통적인 평가관에 가까운 인식을 보였던 A, B와 달리 구성주의적 평가관에 가까운 인식을 보였던 C만이 비유를 평가에 적극적으로 활용하려는 경향이 있었다. 따라서 일차적으로 구성주의적 평가관에 대한 예비교사들의 인식을 높이기 위한 노력이 필요할 것이다. 그러나 구성주의적인 평가관에 가까운 인식을 보여 비유를 평가에 활용하는 것을 긍정적으로 인식하였던 C 또한 수업에서는 평가로 활용하고자 하였던 비유를 교사 중심으로 진행하여 구성주의적 평가의 의미를 피상적으로 이해하는 경우도 있었다. 따라서 구성주의적 평가에 대한 예비교사들의 심층적 이해를 돕고, 이를 바탕으로 실제 수업에서 학생 중심적인 평가를 실천할 수 있는 능력도 함양해야 할 것이다. 이때 B와 같이 전통적인 평가관에 가까운 인식을 보여 비유를 평가에 적극적으로 활용하지 않았으나 비유 생성 활동은 평가로 활용하려는 특징적인 모습도 있었으므로 비유 생성 활동을 예로 들어 비유를 활용한 평가에 대해 교육하는 구체적인 방식도 생각할 수 있을 것이다. 한편, 물리적 비유나 역할놀이 비유를 사용할 때 평가가 상대적으로 원활히 이루어졌다. 따라서 학생 중심의 비유 사용 방식을 적극적으로 활용하도록 독려할 필요가 있으며, 학생 중심의 비유 사용 방식을 활용하지 않은 비유에서도 구성주의적인 평가가 이루어지도록 구체적인 예비교사 교육과정을 마련할 필요가 있다.

#### IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 예비과학교사가 비유 사용 수업을 계획하고 실행, 반성하는 수업 설계 전반의 과정을 PCK 측면에서 심층적으로 분석하였다. 교수전략에 관한 지식 측면에서 예비교사들은 대부분의 비유를 사전에 준비하였고, 이 과정에서 학생들의 친숙도 등에 대한 고려가 이루어졌으나 즉흥적 비유의 경우 이러한 고려가 부족하였다. 또한, 예비교사들이 비유를 먼저 사용한 후 이를 바탕으로 개념을 도입하는 것은 구성주의적 학습관에 대한 이해가 부족하기 때문일 수 있었다. 예비교사들은 수업에서 비중 있게 다루는 비유에서만 대응 관계와 비공유 속성을 다루었는데, 이 과정이 교사 중심으로 이루어지는 사례가 많았다. 즉흥적 비유처럼 가볍게 다룬 비유에서는 대응 관계와 비공유 속성을 다루지 않았다. 교육과정에 관한 지식 측면에서

예비교사들은 목표 개념의 특성 등을 종합적으로 고려하여 적절하다고 생각하는 단원에서 비유를 사용하였으나 자신에게 익숙한 비유를 사용할 수 있는 단원을 비유 사용 수업에 적절한 단원으로 꼽는 경우도 있었다. 비유가 교육과정을 벗어나는 개념을 포함할 때 이를 수업에서 적절히 다루지 못하는 경우가 있었다. 학생에 관한 지식 측면에서 예비교사들은 비공유 속성이 오개념과 관련이 크다고 생각하였다. 그러나 비공유 속성을 다룰 때는 학생들의 의견에 폐쇄적인 모습을 보이고 교사 자신이 생각했던 비공유 속성만을 강조하려는 경향이 있었다. 평가에 관한 지식 측면에서 비유를 활용한 평가에 대한 예비교사들의 이해는 높지 않았고, 구성주의적 평가관에 가까운 인식을 보인 예비교사만이 비유를 평가에 적극적으로 활용하려고 하였다. 물리적 비유나 역할놀이 비유를 사용할 때에는 평가가 상대적으로 원활히 이루어졌다.

이상의 결과를 바탕으로 예비교사 교육을 위한 방향을 제안하면 다음과 같다. 먼저, 즉흥적으로 사용하는 비유에 대한 각별한 주의가 필요하다. 학생들의 친숙도에 관한 고려가 부족하고 대응 관계와 비공유 속성을 다루지 않는 등 예비교사들은 즉흥적인 비유를 체계적으로 사용하지 못하였다. 이러한 결과가 수업에서 즉흥적인 비유의 사용을 지양해야 한다는 것을 의미하지는 않는다. 수업 중 학생들의 반응에 따라서 즉흥적으로 비유를 사용할 수 있고, 이렇게 사용된 비유도 학생들의 학습에 효과적으로 작용할 수 있기 때문이다. 따라서 즉흥적 비유를 사용할 때 예비교사들이 간과한 것으로 나타난 점들을 헤아려 수업에 임하도록 할 필요가 있다. 다시 말해, 예비교사들이 즉흥적으로 비유를 사용할 때 비유를 사용한 의도와 목적을 분명히 하고 대응 관계와 비공유 속성 등을 잊지 않고 다루고자 한다면, 어렵지 않게 즉흥적 비유의 체계성을 높일 수 있을 것이다.

또한, 예비교사들이 비유 사용 수업과 관련된 자신의 경험에 비판적인 태도를 갖도록 할 필요가 있다. 자신이 학습자로서 경험했던 비유를 떠올리며 비유 사용 수업에 적절한 단원을 꼽았던 것이나 비유를 사용한 수업에서 비공유 속성을 다루지 않았던 수업에 대한 학창시절의 경험을 떠올렸던 것 등은 학습자로서의 경험이 예비교사들의 비유 사용 수업에 적지 않은 영향을 미쳤다는 것을 의미한다. 그러나 이 연구에서 예비교사들이 회상했던 경험과 과학교사들의 비유 사용 수업을 분석한 연구의 결과들로 미루어보았을 때, 예비교사들이 경험한 비유 사용 수업은 체계적이지 않을 것이라고 짐작할 수 있다. 따라서 예비교사들이 자신이 경험했던 비유 사용 수업을 그대로 재현하는 것에 각별한 주의를 기울일 필요가 있다. 나아가서는 체계적인 비유 사용 수업의 실제 사례를 보여주고, 이를 직접 설계해보도록 하는 것과 같은 직간접적인 경험을 제공할 필요도 있다. 비공유 속성을 다루지 않아서 비유물과 목표 개념을 구분하지 못했던 경험이 자신의 수업에서는 비공유 속성을 다루는 동기로 작용했던 예비교사의 사례처럼, 예비교사 교육과정에서의 체계적인 비유 사용 수업에 대한 경험은 학창시절의 경험과 대비되어 더욱 인상적으로 받아들여질 수 있기 때문이다.

학생 중심의 비유 사용 방식을 적극적으로 활용하도록 장려할 필요도 있다. 여러 연구에서 강조하고 있듯이 학생 중심의 비유 사용 방식은 교사 중심의 비유 사용 방식보다 긍정적인 효과를 보인다(Yang, Kim & Noh, 2010). 이 연구에서도 학생 중심의 비유 사용 방식을 활용할 경우 평가가 상대적으로 원활히 이루어졌고, 이는 이후 수업

의 개선으로 이어지는 등 긍정적으로 작용했다. 따라서 교과서에서 제시하고 있는 학생 중심 비유의 개수를 늘리는 등 교사들이 학생 중심의 비유를 적극적으로 사용하도록 관련된 자료와 기회를 제공할 필요가 있다. 특히 예비교사들은 워크숍에서 접한 학생 중심의 비유를 긍정적으로 인식하였고 실제 수업에서도 이를 적극적으로 활용하였으므로 예비교사 교육과정뿐 아니라 현직교사의 연수 등에서도 학생 중심의 비유를 적극적으로 소개한다면 학생 중심의 비유가 어렵지 않게 전파될 수 있을 것이다.

마지막으로 비유 사용 수업에 대한 전문성을 향상시키기에 앞서 예비교사들의 구성주의적 교수학습관을 함양하기 위한 노력이 필요할 것이다. 구성주의적 교수학습관에 대한 인식이 예비교사들의 비유 사용 수업 전반에 영향을 미치는 것으로 나타났기 때문이다. 예를 들어, 전통적인 학습관에 가까운 인식을 바탕으로 비유를 먼저 제시하고 목표 개념을 도입했던 예비교사의 인식은 대응 과정이나 평가 등에도 영향을 미칠 수 있었고 실제 수업에서도 이러한 과정이 교사 중심으로 이루어지는 경우가 많았다. 또한, 역할놀이 비유와 같은 학생 중심의 비유 사용 방식을 활용하고 오개념을 방지하기 위해 비공유 속성을 다루었음에도 비공유 속성과 대응 관계를 다루는 과정은 교사 중심으로 이루어졌다는 점 등은 단순히 비유 사용 수업의 다양한 교수전략 등을 소개하는 것만으로는 효과적인 비유 사용 수업이 이루어질 수 없음을 의미한다. 특히, 대응 관계를 학생 중심으로 구성해야 한다는 것과 같이 대응 관계의 명료화나 평가 등과 관련된 구성주의적 교수전략을 워크숍에서 일부 다루었음에도 예비교사들의 수업이 교사 중심으로 이뤄진 것은 구성주의적 교수학습관에 대한 예비교사들의 이해가 선행되지 않았기 때문일 것이다. 따라서 구성주의적 교수학습관에 대한 이해를 높인 후 비유 사용 수업과 관련된 다양한 교수전략을 소개한다면 예비교사들이 더욱 바람직한 비유 사용 수업을 실행할 수 있을 것이다.

## 국문요약

이 연구에서는 예비과학교사의 비유 사용 수업 설계를 PCK 측면에서 분석하였다. 서울특별시 소재한 사범대학에서 교육 실습에 참여한 3명의 예비과학교사가 연구에 참여하였다. 과학교육에서의 비유에 대한 워크숍을 실시한 후 교육 실습에서 비유 사용 수업을 실행하도록 하였다. 교육 실습에 참관하며 예비교사들의 수업을 관찰하였고, 예비교사들이 교수학습 자료를 수집하였으며, 반구조화된 면담을 하였다. 연구 결과, 예비교사들은 수업에서 비중 있게 다루는 비유에서만 대응 관계와 비공유 속성을 다루었고, 이 과정이 교사 중심으로 이루어졌다. 예비교사들이 교육과정을 벗어나는 개념을 포함한 비유를 수업에서 적절히 다루지 못하는 경우가 있었다. 예비교사들은 비공유 속성이 학생들의 오개념과 관련이 크다고 생각하였으나 비공유 속성을 다룰 때는 학생들의 의견에 폐쇄적인 모습을 보였다. 비유를 활용한 평가에 대한 예비교사들의 이해는 높지 않았고, 물리적 비유나 역할놀이 비유와 같은 학생 중심의 비유를 사용할 때 평가가 상대적으로 원활히 이루어졌다. 이상의 결과를 바탕으로 예비과학교사 교육과정과 관련된 함의를 논의하였다.

**주제어** : 비유, 예비과학교사, 교과교육학 지식(PCK), 교육 실습

## References

- Abell, S. K. (2008). Twenty years later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), 1405-1416.
- Aubusson, P. J., Harrison, A. G., & Ritchie, S. M. (2006). Metaphor and analogy. In *Metaphor and analogy in science education* (pp. 1-9). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Cho, H.-H., & Choi, K. (2002). Science education: Constructivist perspectives. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 22(4), 820-836.
- Dagher, Z. R. (1995). Analysis of analogies used by science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(3), 259-270.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75(6), 649-672.
- Else, M. J., Clement, J., & Rea-Ramirez, M. A. (2008). Using analogies in science teaching and curriculum design: Some guidelines. In J. J. Clement & M. A. Rea-Ramirez (Eds.), *Model based learning and instruction in science* (pp.215-231). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Glynn, S. M. (1991). Explaining science concepts: A teaching-with-analogies model. In S. M. Glynn, B. K. Britton & R. H. Yeany (Eds.), *The psychology of learning science* (pp.219-240). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Harrison, A. G., & Coll, R. K. (Eds.), (2007). Using analogies in middle and secondary science classrooms: The FAR guide-An interesting way to teach with analogies. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1993). Teaching with analogies: A case study in grade-10 optics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1291-1307.
- James, M. C., & Scharmann, L. C. (2007). Using analogies to improve the teaching performance of pre-service teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(4), 565-585.
- Jarman, R. (1996). Student teachers' use of analogies in science instruction. *International Journal of Science Education*, 18(7), 869-880.
- Kim, K., Ahn, I., Choi, Y., & Noh, T. (2013). An analysis of analogies in chemistry content of middle school science textbooks and high school chemistry textbooks developed under the 2009 revised national curriculum. *Journal of the Korean Chemical Society*, 57(6), 801-812.
- Kim, K., Hwang, S., & Noh, T. (2010). The relationships among students' mapping understanding, mapping errors and cognitive/affective variables in learning with analogy. *Journal of the Korean Chemical Society*, 54(1), 150-157.
- Kim, K., Shin E., Byun S., & Noh, T. (2006). Analysis of students' mapping errors induced in learning chemistry concept with analogy. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 26(4), 592-600.
- Kim, K., Yang, C., & Noh, T. (2009). The influences of the role-playing analogy in chemistry concept learning on mapping understanding and mapping errors. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 29(8), 898-909.
- Kim, M., Kim, H., & Noh, T. (2018a). The characteristics in the processes of generating analogy for lessons by pre-service science teachers. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 38(3), 369-378.
- Kim, M., Kim, H., & Noh, T. (2018b). The characteristics of lessons using analogies planned by pre-service science teachers. *Journal of the Korean Chemical Society*, 62(2), 148-158.
- Kim, Y. (1991). Effects of instruction using systematic analogies on change of middle school students' conceptions of electric current. (Doctoral dissertation). Seoul National University, Seoul.
- Kim, Y. (2012). *Analogy and metaphor in science education and creativity*. Seoul: Bookshill.
- Kurtz, M. J. (1995). Using analogies to teach college chemistry: A multiple analogy approach. (Doctoral dissertation). Arizona State University, Tempe, AZ.
- Kwon, H., Choi, E., & Noh, T. (2004). Students' understanding of the analogies used in chemistry education and the limitations of using analogies. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 24(2), 287-297.
- Lawson, A. E., Baker, W. P., Didonato, L., Verdi, M. P., & Johnson, M. A. (1993). The role of hypothetico-deductive reasoning and physical analogues of molecular interactions in conceptual change. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(9), 1073-1085.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, 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, Netherlands: Kluwer.
- Mozzer, N. B., & Justi, R. (2012). Students' pre- and post-teaching analogical

- reasoning when they draw their analogies. *International Journal of Science Education*, 34(3), 429-458.
- Mozzer, N. B., & Justi, R. (2013). Science teachers' analogical reasoning. *Research in Science Education*, 43(4), 1689-1713.
- Nashon, S. M. (2004). The nature of analogical explanations: High school physics teachers use in Kenya. *Research in Science Education*, 34(4), 475-502.
- Noh, T., Kwon, H., & Lee, S. (1997). The effect of an instruction using analog systematically in middle school science class. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 17(3), 323-332.
- Noh, T., & Kwon, H. (1999). A study on science teachers' practices and perceptions of using analogies. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 19(4), 665-673.
- Noh, T., Yang, C., Kim, Y., & Kang, H. (2012). A case study on the changes of beginning science-gifted education teachers' teaching professionalism through coteaching. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(4), 655-670.
- Oliva, J. M., Azcárate, P., & Navarrete, A. (2007). Teaching models in the use of analogies as a resource in the science classroom. *International Journal of Science Education*, 29(1), 45-66.
- Orgill, M., & Bodner, G. (2004). What research tells us about using analogies to teach chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 5(1), 15-32.
- Park, S., & Chen, Y. C. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 922-941.
- 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.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundation of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-21.
- Spiro, R., Feltovich, P., Coulson, R., & Anderson, D. (1989). Multiple analogies for complex concepts: Antidotes for analogy-induced misconception in advanced knowledge acquisition. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 498-531). New York, NY: Cambridge University Press.
- Strauss, A., & Corbin, J. (1990). Open coding. In A. Strauss & J. Corbin (Eds.), *Basics of qualitative research: Grounded theory procedures and techniques* (pp. 101-121). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Thiele, R. B., & Treagust, D. F. (1994). An interpretive examination of high school chemistry teachers' analogical explanations. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(3), 227-242.
- Thiele, R. B., & Treagust, D. F. (1995). Analogies in chemistry textbooks. *International Journal of Science Education*, 17(6), 783-795.
- Treagust, D. F., Duit, R., Joslin, P., & Lindauer, I. (1992). Science teachers' use of analogies: Observations from classroom practice. *International Journal of Science Education*, 14(4), 413-422.
- Yang, C., Kim, K., & Noh, T. (2010). Influence of method using analogy on students' concept learning. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 30(8), 1044-1059.
- Zeitoun, H. H. (1984). Teaching scientific analogies: A proposed model. *Research in Science & Technological Education*, 2(2), 107-125.
- Zook, K. B. (1991). Effects of analogical processes on learning and misrepresentation. *Educational Psychology Review*, 3(1), 41-72.

## 저자 정보

김민환(서울대학교 학생)  
 김성훈(서울대학교 학생)  
 노태희(서울대학교 교수)