

발성사고법을 활용한 고등학생의 비유 생성 과정 분석

김민환¹, 권혁순², 이동휘¹, 노태희^{1*}

¹서울대학교, ²청주교육대학교

An Analysis of High School Students' Analogy Generating Processes Using Think-Aloud Method

Minhwan Kim¹, Hyeoksoon Kwon², Donghwi Lee¹, Taehee Noh^{1*}

¹Seoul National University, ²Cheongju National University of Education

ARTICLE INFO

Article history:

Received 4 August 2017

Received in revised form

13 September 2017

11 October 2017

Accepted 11 January 2018

Keywords:

analogy,

self-generated analogy,

think-aloud method

ABSTRACT

In this study, we investigated high school students' analogy generating processes using the think-aloud method. Twelve high school students in Seoul participated in this study. The students were asked to generate analogies on ionic bonding and were also interviewed after their activities. Their activities and interviews were recorded and videotaped. After classifying the analogy generating processes into the three stages-encoding, exploring sources, and mapping, several process components were identified. The analyses of the results indicated that they checked the target concept given and selected one for a salient attribute among many attributes of the target concept at the stage of encoding. After selecting the salient attribute, they translated the salient attribute that is a scientific term into an everyday term, which is named as 'extracting salient similarities.' At the stage of exploring sources, they chose the sources based on salient similarities and chose the final source through circular processes, which included the process components of 'evaluating the sources' and 'discarding the sources.' At the final stage, they added the attributes to analogs and mapping them to the attributes of the target concept, which is named as 'mapping shared attributes.' There were some cases that 'mapping shared attributes' appeared after they specified the situation of analogs or assumed new situation, which is named as 'specifying the situations.' Some students recognized unshared attributes in their analogs.

1. 서론

학생들의 과학 학습을 돕기 위한 도구로 과학 수업에서 종종 활용되는 비유는 일반적으로 교사로부터 제시되는 경우가 많다(Duit, 1991; Noh & Kwon, 1999). 그러나 교사 중심의 비유 사용 수업이 효과적이지 못한 경우도 적지 않다. 교사들은 자신이 제시한 비유가 학생들에게 친숙할 것으로 기대하고 있으나, 학생들은 교사의 경험이 나 교과서에서 유래한 비유 자체를 이해하지 못하는 경우가 많기 때문이다(Rule & Furlotti, 2004). 또한, 학생들이 비유를 올바르게 이해하지 못할 경우 비유에서 목표 개념으로 잘못된 전이가 일어나 오개념이 유발되기도 한다(Thiele & Treagust, 1994; Zook, 1991).

이러한 제한점을 극복하기 위한 방안으로 학생들이 자신의 경험에서 소재를 선택하고 비유물과 목표 개념의 대응 관계를 끌어내 직접 비유를 생성하는 비유 생성 활동(self-generated analogy)이 주목받고 있다(Haglund, 2013; Wong, 1993). 비유 생성 활동은 목표 개념에 대한 학생들의 비유 생성을 교사가 명시적으로 촉진하는 교수학습 방법으로, 문제 해결 상황의 비유 추론 과정에서 나타나는 자발적인 비유 생성(spontaneous analogy)과는 구분된다. 비유 생성 활동에서 학생들은 목표 개념을 학습한 후 이에 대한 비유를 생성한다. 비유를 생성한 후에는 생성한 비유를 목표 개념과 비교하여 평가하거나 여러

개의 비유를 서로 비교하고 통합하는 과정 등을 거치는데, 최근에는 이러한 과정을 소집단 내에서 여러 학생들이 함께 실시하는 협력적 비유 생성 활동과 관련된 연구도 이루어지고 있다(Aragón *et al.*, 2014; Lin *et al.*, 2012).

비유를 생성하는 과정에서 학생들은 자신의 인지구조를 활성화하여 사전 지식을 재구성하고 정교화할 수 있기 때문에 비유 생성 활동은 학생들의 과학 개념 이해에 효과적인 것으로 보고되고 있다(Kim *et al.*, 2006; Spier-Dance *et al.*, 2005). 또한, 직접 비유를 생성하는 과정을 통해 학생들이 과학 수업에 적극적으로 참여하게 되므로, 비유 생성 활동은 과학 학습에 대한 태도나 학습 동기과 같은 정의적 영역에서도 긍정적인 효과를 갖는다(Byun & Kim, 2010; Kim, 2008). 아울러, 비유 생성 과정에서는 창의적, 비판적, 분석적 사고 등의 사고가 종합적으로 활용되므로 비유 생성 활동은 과학적 사고력의 신장에도 효과적인 것으로 제안되고 있다(BouJaoude & Tamim, 2008; Noh *et al.*, 2009).

또한 과학적 모형을 개발하고 사용하는 과학적 모델링 과정에서 비유의 활용이 모델에 대한 이해와 모델링을 촉진하는 것으로 보고되고 있어(Gilbert & Justi, 2016) 비유 생성 활동은 과학적 모델링과도 관련이 깊다고 할 수 있다. 이는 비유가 과학적 모형의 하나라는 점(Harrison & Treagust, 2000)에서 과학적 모델링과 비유 생성 활동의 과정적 유사성이 비유 생성 활동을 통해 과학적 모델링을 접하고 익

* 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.2018.38.1.43>

힐 수 있는 기회를 제공하기 때문이다. 예를 들어, 과학적 모델링 과정에서 모델을 생성하고 모델의 유용성과 한계를 인식하는 과정은 비유 생성 활동에서 비유를 생성하고 비유의 유용성과 제한점을 평가하는 과정과 유사하다고 할 수 있다.

한편, 학생들의 비유 생성 과정에 기초한 체계적인 지도 방안을 마련하는 등 과학 수업에서 비유 생성 활동을 효과적으로 활용하기 위해서는 비유 생성 과정 대한 조사가 필요하다. 이에 비유 생성 과정과 관련된 연구가 이루어졌다. 먼저, 자발적인 비유 생성이 나타나는 문제 해결 상황의 비유 추론 과정에 대한 연구가 있었다(Clement, 1988; Gentner, 1989; Holland *et al.*, 1986; Holyoak & Thagard, 1997; Zook, 1991). 연구자에 따라 조금씩 차이가 있지만, 잠재적 유사성을 갖는 비유물을 떠올리는 접근(access), 비유물과 목표 개념의 대응 관계를 확인하는 대응(mapping), 비유 상황을 바탕으로 문제의 답을 추론하고 이를 적용하는 유추와 평가(inferences and evaluation), 추론한 결과를 확장하는 일반화(generalization)의 4단계가 비유 추론 과정의 공통적인 과정이라고 할 수 있다(Gentner & Holyoak, 1997).

그러나 문제 해결 상황에서 나타나는 비유 추론 과정에 대한 연구만으로는 학생들이 비유를 생성하는 과정과 관련된 심층적인 정보를 얻기 어렵다. 크게 4단계로 제시되는 비유 추론 과정 중 비유를 생성하는 과정은 접근 단계와 대응 단계 등의 전반부에만 해당하므로 비유 추론 과정에 대한 연구 결과는 비유를 생성하는 과정 자체에 대해서는 구체적인 정보를 제공하지 못하기 때문이다. 또한, 비유 생성 활동은 교수학습 방법으로서 비유 생성이 교사에 의해 촉진되는 반면, 비유 추론 과정에서의 비유 생성은 자발적으로 이루어지는 등 비유 생성 활동과 비유 추론 과정에서의 비유 생성은 맥락을 달리하므로 구체적인 과정이 다를 수 있다.

이에 학생들의 비유 생성 과정에 초점을 둔 연구가 이루어졌다. Mozzer & Justi (2012)는 Gentner (1989), Holyoak & Tharad (1997), Vosniadou (1989) 등이 제시한 비유 추론 과정을 바탕으로 비유 생성 과정을 조사하였다. 그러나 학생들의 순차적인 사고 과정을 밝혀내기 보다는 비유 추론 과정에 대한 연구 결과에 의존하여 비유 생성 과정을 조사함으로써 비유 생성 과정에서 나타나는 단편적인 특징만을 밝혔다. Noh *et al.*(2010)은 초등학교 학생들의 비유 생성 과정을 조사하여 비유 생성 과정의 유형을 3가지로 분류하였다. 또한, 중학교 과학영재들의 비유 생성 과정을 조사한 Kim, Park *et al.*(2010)은 Holland *et al.*(1986), Zook (1991) 등 비유 추론 과정을 조사한 연구에 대한 고찰을 바탕으로 비유 생성 과정을 목표 개념의 부호화-비유 소재의 선택-목표 개념과 비유 소재의 대응-비유 생성의 4단계로 구분하였다. 그러나 비유 생성 과정의 유형 분류나 단계 구분은 비유 생성 활동의 순서와 거시적인 관점에서 지도 방향 정도만을 제공할 뿐이다. 따라서 지금까지 알려진 비유 생성 과정의 단계보다 더욱 세부적인 과정 요소를 조사한다면 학생들의 비유 생성 과정을 심층적으로 이해하고 이를 바탕으로 한 체계적인 지도 방안을 마련할 수 있을 것이다.

이러한 맥락에서 비유 생성 활동에 참여하는 학생들의 사고 과정을 심층적으로 조사하기 위한 방법으로 발성사고법(think-aloud method)을 고려할 수 있다. 발성사고법은 과제를 수행하면서 머릿속에 떠오르는 생각을 말로 표현하는 방법으로 학생들의 사고 과정에 대해 많은 정보를 제공할 수 있으므로 교육심리학이나 인지심리학 등의 분야에서 학생들의 사고 과정을 조사하기 위한 방법으로 널리 사용되었다(Ferguson *et al.*, 2012). 과학교육 분야에서는 학생들의 문제 해결

과정을 조사하기 위한 연구에서 발성사고법이 자주 사용되었다(Park & Shin, 2010). 최근에는 학생들의 과학 글쓰기 과정을 조사한 연구(You *et al.*, 2013)에서 학생들의 발성사고를 분석하여 글쓰기 과정에서 나타나는 과정 요소를 범주화하였다.

한편, 비유 생성 활동을 통해 학생들이 생성한 비유가 학습에 직접적인 영향을 미칠 수 있다는 점에서 비유 생성 과정에 따라 비유의 특징이 어떻게 달라지는지 즉, 비유 생성 과정과 과정의 결과물인 비유의 관계를 조사할 필요가 있다. 그러나 지금까지는 비유의 유형이나 대응 오류를 정량적으로 분석하는 등 학생들이 생성한 비유의 특징만을 단편적으로 조사한 연구가 주로 이루어졌다(Kang, 2011; Kang & Cheon, 2010; Kim *et al.*, 2008). 특히, 비유물과 목표 개념의 관계를 잘못 대응하는 대응 오류는 학생들이 기존에 갖고 있던 오개념을 강화하거나 새로운 오개념을 유발하여 학습을 방해하는 요소로 작용할 수 있다(Duit, 1991; Kim *et al.*, 2008). 이에 대응 불이행, 불가능한 대응, 무분별한 대응 등 다양한 유형의 대응 오류가 조사되었으나 이러한 대응 오류가 발생하는 과정을 조사한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 또한, 비유는 추상적인 과학 개념을 구체화할 수 있다는 점에서 추상적 비유보다는 구체적 비유가 학습에 효과적인 것으로 알려져 있으나(Thiele & Treagust, 1994), 학생들이 어떤 과정을 거쳐 구체적 혹은 추상적 비유를 생성하는지와 관련된 정보는 거의 없다. 이와 같이 일반적으로 구조와 기능적 비유, 일상적 비유 등이 학습에 효과적인 것으로 알려져 있으므로(Blake, 2004; Kim *et al.*, 2009; Kwon *et al.*, 2003), 학생들이 어떤 과정을 거쳐 특정 유형의 비유를 생성하는지를 조사할 필요가 있다.

이에 이 연구에서는 비유 생성 활동에 참여하는 학생들의 비유 생성 과정을 발성사고법을 활용하여 심층적으로 조사하였고, 이를 통해 비유 생성의 과정 요소를 추출하였다. 또한, 학생들이 생성한 비유의 특징을 분석하고 이 결과를 비유 생성 과정을 분석한 결과와 관련지어 해석함으로써 비유 생성 과정과 학생들이 생성한 비유의 관계를 탐색하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 참여자

서울특별시 소재한 고등학교에 재학중인 2학년 학생 12명이 연구에 참여하였다. 비유를 생성하기 위해서는 목표 개념에 대한 적절한 수준의 이해가 필요하다(Kaufman *et al.*, 1996). 또한, 발성사고법을 원활히 수행하기 위해서는 자신의 의사를 표현하는 데 문제가 없어야 한다. 따라서 과학 성적이 중상위권이고 평소 과학 수업에서 이루어지는 발표나 토론에서 소극적이지 않은 학생들을 담당 과학 교사에게 추천받았다. 추천받은 학생들 중 연구 참여에 자발적으로 동의한 학생들만을 연구 참여자로 선정하였다. 학생들은 고등학교 1학년의 두 학기에 걸쳐 2009 개정 교육과정에 의한 고등학교 화학 I 을 이수한 상태였고, 과학 교과에서 비유 생성 활동을 수행한 경험은 없었다.

2. 연구 절차 및 방법

학생들의 비유 생성 활동을 위한 목표 개념으로 화학 결합의 하위

개념인 이온 결합을 선정하였다. 화학 결합은 화학의 주요 개념 중 하나로 추상적인 성격이 강하여 학생들이 학습에 어려움을 겪을 수 있으므로, 비유 생성 활동에 대한 연구에서 목표 개념으로 활용된 바 있다(Mozzer & Justi, 2012, 2013). 비유 생성 활동을 위한 활동지는 관련 선행 연구(Kim *et al.*, 2017)를 참고하여 제작하였다. 목표 개념에 대한 학생들의 회상을 돕기 위하여 이온 결합의 전반적인 내용을 고등학교 수준에서 간략히 정리하여 활동지에 제시하였고, 이를 참고하여 학생들이 이온 결합을 표현할 수 있는 비유를 자세히 나타내도록 하였다.

비유 생성 활동에 앞서 연구에 대한 오리엔테이션과 함께 발생사고의 개념과 방법을 설명하였고, 비유 생성과 무관한 문제해결 과제를 통해 학생들이 발생사고에 익숙해질 수 있도록 하였다. 이후 비유 생성 활동을 소개하고 발생사고를 활용하여 비유 생성 활동을 진행하였다. 학생들은 비유 생성 활동에서 거치는 모든 사고 과정을 말로 표현하였으며, 면담자는 학생들이 자신의 생각을 말로 표현할 수 있도록 돕는 역할을 하였다. 예를 들어 학생들이 아무 말도 하지 않고 생각에 잠겨 있을 경우, ‘지금 어떤 생각을 하고 있나요?’라고 질문하여 학생들의 발생사고를 유도하였다. 또한, 학생들의 비유 생성 활동을 관찰하면서 비유 생성 과정에서 나타나는 특징과 발생사고를 통해서도 구체적인 사고 과정을 파악하기 어려운 부분을 관찰 기록지에 기록하였다. 비유 생성 활동을 마친 후에는 관찰 기록지와 사전에 구성한 면담 시나리오를 바탕으로 반구조화된 면담을 실시하였다. 즉, 관찰 기록지에 기록한 비유 생성 과정의 특징이나 사고 과정을 파악하기 어려웠던 부분들에 대하여 구체적으로 질문하였고, 비유를 생성하면서 겪은 어려움이나 비유 생성 활동에 대한 인식 등에 대하여 질문하였다. 오리엔테이션을 포함한 모든 연구 절차는 학생 1인당 약 1시간 정도가 소요되었다. 학생들이 작성한 활동지를 수집하였고 비유 생성 활동과 면담을 포함한 모든 과정을 녹음 및 녹화하였다. 녹음은 모두 전사하였으며 녹화된 영상을 보면서 비유 생성 과정에서 나타나는 학생들의 특징적인 행동도 전사본에 추가하였다.

3. 자료 분석

학생들의 비유 생성 과정을 분석하기 위해 자료를 반복적으로 검토하여 범주를 정교화 하는 지속적 비교법(constant comparative method; Strauss & Corbin, 1990)을 사용하였다. 우선, 연구에 참여한 학생들의 비유 생성 과정을 예비 분석하여 비유 생성 과정의 단계를 구분하였다. 이 과정에서는 비유 추론 과정을 조사한 연구(Holland *et al.*, 1986; Zook, 1991)와 비유 생성 과정을 조사한 연구(Kim, Park *et al.*, 2010; Noh *et al.*, 2010)의 결과를 참고하였다. 단계를 구분한 후에는 각 단계에서 나타나는 과정 요소를 추출하였다. 즉, 2인의 연구자가 일부 학생의 전사본을 분석하여 분석 단위를 구분하고, 과정 요소를 범주화하는 과정을 분석자 간 일치도가 90% 이상에 도달할 때까지 반복하였다. 분석 단위와 과정 요소에 대한 합의를 도출한 후에는 1인의 연구자가 모든 학생의 자료를 분석하였으며, 나머지 1인의 연구자가 이를 검토하였다.

또한, 학생들이 생성한 비유의 특징을 분석하고 이 결과를 비유 생성 과정을 분석한 결과와 관련지어 분석하여 비유 생성 과정과 학생들이 생성한 비유의 관계를 조사하였다. 학생들이 생성한 비유의

특징은 비유의 유형과 대응 오류, 비유가 포함하는 공유 속성의 개수 측면에서 분석하였다. 학생들이 생성한 비유를 분석한 연구(Kang, 2011; Kim *et al.*, 2017; Kim *et al.*, 2009; Noh *et al.*, 2009)에서는 비유의 소재, 비유의 유형, 대응 오류, 대응 관계 이해도 등의 측면에서 비유의 특징을 분석하였다. 그런데, 비유의 소재는 다수의 학생들이 생성한 비유를 귀납적으로 분석하여 범주화하는 과정을 통해 분석될 수 있으므로 이 연구에서는 분석하지 못하였다. 또한 대응 관계 이해도의 경우, 자신이 생성한 비유물과 목표 개념의 속성을 대응하는 대응 관계 이해도 검사를 실시하여 올바르게 대응된 공유 속성의 개수에 따라 분석한다. 이 연구에서는 학생들의 자발적인 비유 생성 과정을 조사하기 위하여 대응 관계 이해도 검사를 실시하지 않았으므로 학생들의 비유 생성을 관찰하여 올바르게 대응된 공유 속성의 개수(Kang & Cheon, 2010)를 분석하였다.

비유의 유형은 Kim *et al.*(2017)의 분석틀을 참고하여 공유 속성, 추상도, 작위성의 측면에서 분류하였다. 공유 속성의 측면에서는 크기나 모양, 거리 등의 외형적인 유사성만 포함하는 구조적 비유, 속성의 작용이나 속성끼리 주고받는 영향 등 행동적인 성질의 유사성만 포함하는 기능적 비유, 두 가지 유사성을 모두 포함하는 구조와 기능적 비유로 분류하였다. 추상도의 측면에서는 감각을 통해 직접적으로 경험하거나 지각할 수 있는 구체적 비유와 사람의 감정이나 관계 등 경험하거나 지각하기 어려운 추상적 비유로 분류하였다. 작위성의 측면에서는 일상에서 쉽게 찾아볼 수 있는 상황을 그대로 활용하여 비유를 생성한 일상적 비유와 비유의 상황을 작위적으로 구성하여 비유를 생성한 작위적 비유로 분류하였다. 대응 오류는 Kang & Cheon (2010)의 연구를 참고하여 불가능한 대응, 무분별한 대응, 인위적 대응으로 분류하였다. 불가능한 대응은 목표 개념의 주요 속성에 대응되는 속성이 비유물에 존재하지 않아 나름대로 비유물에 속성을 추가하여 대응하는 과정에서 생기는 오류이다. 무분별한 대응은 불가능한 대응과 반대로 비유물에만 존재하는 비공유 속성을 목표 개념의 속성에 대응하는 것을 말한다. 인위적 대응은 목표 개념과 비유물의 공유 속성의 관계를 인위적으로 변형 및 잘못 해석하여 대응하는 것을 의미한다. 마지막으로 비유가 포함하는 공유 속성은 학생들이 생성한 비유에 따라 공유 속성의 개념적 범주나 성격이 다를 수 있으므로 학생들이 생성한 모든 비유를 예비 분석하여 양이온과 음이온, 전자, 옥텟 규칙 등 총 12개의 공유 속성을 선정하였다. 이후 12개의 공유 속성 중 학생들이 생성한 비유가 포함하고 있는 공유 속성의 개수를 분석하였다.

자료 분석 및 해석의 타당성을 높이기 위하여 모든 연구자가 논의를 반복하여 합의된 결론을 도출하였으며 과학교육 전문가 2인, 현직 교사 3인 및 과학교육 전공 대학원생들로 구성된 집단 세미나를 여러 차례 실시하여 자료 분석과 해석의 타당성을 점검받았다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 비유 생성 과정

학생들의 비유 생성 과정을 분석하여 비유 생성 과정을 부호화-소재 탐색-대응의 세 단계로 구분하였고, 총 9개의 과정 요소를 추출하였다(Table 1). Kim, Park *et al.*(2010)의 연구에서는 비유 생성 과정을

목표 개념의 부호화, 비유 소재 선택, 비유 소재와 목표 개념의 대응, 비유 생성의 네 단계로 구분하였는데, 비유 생성 단계는 완성한 비유를 글이나 그림으로 표현하는 단계를 의미한다. 그런데, 본 연구에 참여한 학생들은 비유를 모두 완성한 후 비유를 표현하기보다는 비유를 생성하는 과정 전반에 걸쳐 자신의 사고를 표현하였으므로 비유 생성 단계를 별도로 구분하지 않았고, 학생들의 복잡한 사고 과정을 포함하는 나머지 세 단계를 심층적으로 분석하였다.

Table 1. The stages and the components of high school students' analogy generating processes

단계	과정 요소
부호화	목표 개념 확인
	주요 속성(salient attributes) 선택
	주요 유사점(salient similarities) 추출
소재 탐색	소재 선택
	소재 평가
	소재 폐기
대응	공유 속성 대응
	비유 상황 구체화
	비공유 속성 인식

또한, 분석 결과를 Figure 1과 같이 비유 생성 과정의 순서에 따라 나타내었다. 비유 생성 과정의 세 단계를 구분하였고 각 단계에서 나타난 과정 요소는 글상자(□)로 표현하였으며, 과정 요소 간의 시간적 순서를 화살표(→)로 표현하였다. 대응 단계에서 나타난 비공유 속성 인식의 과정 요소와 비유 상황 구체화의 과정 요소는 시간적 선후관계보다는 병렬적 관계에 가까우므로 분리하여 나타내었다. 말줄임표(...)는 바로 이전에 나타난 과정 요소가 반복되어 나타남을 의미한다. 과정 요소의 구체적인 의미와 이에 따른 비유 생성 과정의 특징을 단계별로 논의하였다.

가. 부호화

정신적 표상을 구성하는 부호화는 모든 문제 해결 상황의 첫 번째 과정으로(Zook, 1991), 이 연구에서도 목표 개념에 대한 정신적 표상을 구성하는 단계가 가장 먼저 나타나 이를 부호화 단계로 분석하였다(Holland et al., 1986; Kim, Park et al., 2010). 부호화 단계를 분석

한 결과 목표 개념 확인, 주요 속성 선택, 주요 유사점 추출의 세 가지 과정 요소가 나타났다.

목표 개념 확인

목표 개념 확인은 비유를 생성하기 위해 목표 개념을 회상하고 정리하는 과정 요소를 말한다. 학생들은 활동지에 정리된 목표 개념을 읽으면서 목표 개념을 회상하였다. 활동지에 정리된 목표 개념을 읽을 때는 줄글로 정리된 개념 중 중요한 개념이라고 생각하는 것에 밑줄 등으로 표시를 하거나 활동지를 읽고 이를 요약하여 자신만의 개념 목록을 작성하였다. 예컨대 학생 K는 활동지의 일부분에 “옥텟 만족”, “금속이 전자 잃, 비금속 전자 얻”, “너무 가까우면 인력<반발력→불안정”, “균형을 이루는 지점”과 같이 이온 결합의 하위 개념들을 개조식으로 정리한 개념 목록을 작성하였다. 학생들이 작성한 개념 목록은 비유물에 추가할 하위 속성을 찾거나 자신이 생성한 비유를 점검하는 등 이후 비유 생성 과정에서 활용되었다. 예를 들어, 학생 A는 ‘목표 개념 확인 과정에서 하위 개념들에 우선순위를 매기고 이 순서대로 공유 속성을 추가하였다’고 응답하였다

주요 속성 선택

목표 개념은 다양한 하위 속성을 갖는다. 예를 들어 이온 결합을 목표 개념으로 비유를 생성할 경우, 이온의 형성이나 이온 결합의 형성, 이온 결합 물질의 결정 구조처럼 이온 결합의 다양한 하위 개념들이 하위 속성이 될 수 있다. 학생들은 목표 개념을 확인한 후 목표 개념의 여러 하위 속성 중 비유 생성에 중심이 될 하위 속성을 선택하였다. 이때, 학생들이 선택한 하위 속성을 주요 속성으로 정의하여 주요 속성을 선택하는 과정 요소를 주요 속성 선택으로 분석하였다. 학생들이 선택한 주요 속성의 대표적인 사례를 Table 2에 정리하였다.

우선 이온 결합이면, 음... 금속 원소랑 비금속 원소... 사이에 결합이 형성된다는 것에 주의를 기울이면... [학생 B의 발성사고]

면담자: 비유를 생성하면서 어떤 부분이 가장 중요했어?

학생 A: 비유를 할 개념. 이온 결합에서 비유를 할 개념을 먼저 선택해야했기 때문에 그게 가장 큰 작업이지 않았나... 개념을 이해하고 비유를 할 개념을 정하는 게 먼저였어요.

고등학교생이 생성한 비유의 특징을 분석한 Kim et al.(2017)의 연구에서는 학생들이 활용하는 비유의 소재가 다양하게 나타났는데, 이러

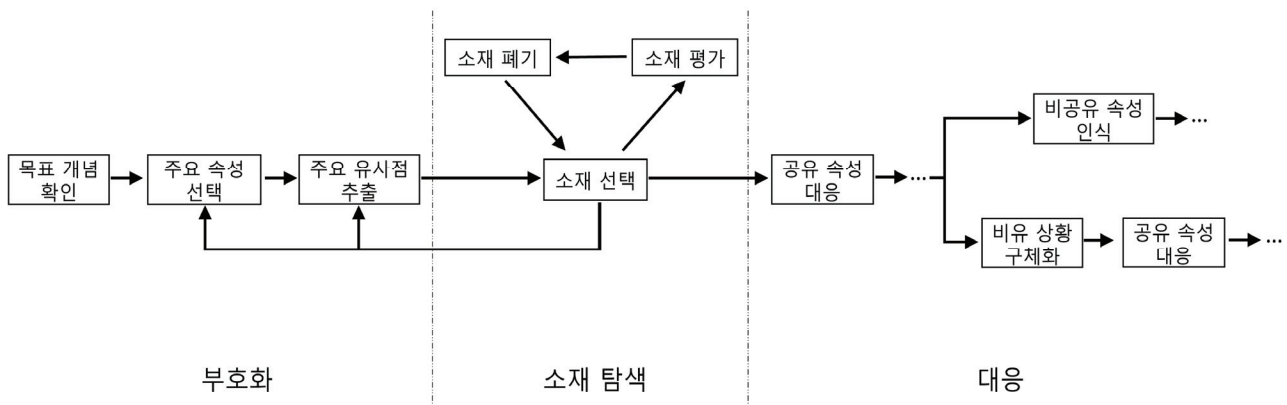


Figure 1. High school students' analogy generating processes

한 결과의 원인이 학생들이 개념적으로 다양한 측면에서 목표 개념에 접근하기 때문일 수 있다고 해석하였다. 그런데 실제로 이번 연구에서 학생들은 목표 개념의 다양한 하위 속성에 주목하여 학생 개인에 따라 주요 속성을 다양하게 선택하는 것으로 나타났다(Table 2). 예를 들어, 학생 B는 양이온과 음이온의 관계에 주목하여 ‘양이온과 음이온의 결합’을 주요 속성으로 선택하였으나, 학생 D는 이온 결합 물질의 결정 구조에 주목하여 ‘이온 결합 물질의 연속적인 배열과 구조’를 주요 속성으로 선택하였다. 또한, 유사한 하위 속성에 주목하더라도 주요 속성의 개념적 범주가 개인에 따라 다르게 나타났다. ‘양이온과 음이온의 결합’을 주요 속성으로 선택한 학생 B는 양이온과 음이온의 결합만을 주요 속성으로 포함하였으나, 유사한 주요 속성을 선택한 학생 E는 두 이온 간의 결합뿐 아니라 전자의 이동에 의해 양이온과 음이온이 형성되는 것까지 주요 속성으로 포함하였다.

목표 개념의 특정 하위 속성을 주요 속성으로 선택한 이유에 대해서 많은 학생들은 ‘그냥 가장 먼저 떠올랐다’와 같이 응답하여 주요 속성을 선택한 목적이거나 이유에 대해 뚜렷한 답변을 하지 못하였다. 그러나 일부 학생들은 ‘목표 개념의 여러 하위 속성 중 가장 중요한 개념을 비유로 표현하였다’고 응답하여, 목표 개념의 다양한 하위 속성 중 자신이 중요하다고 생각하는 핵심적인 하위 속성을 주요 속성으로 선택함을 알 수 있었다.

면담자: 이 개념부터 썼는데 왜 굳이 이 개념부터 쓴 거야?
 학생 G: 경의라서... 제가 딱 간추린 (이온 결합의) 경의였던 것 같아요.
 서로 반대인 것들이 만나서 화합해서 조화와 안정을 추구한다.

주요 유사점 추출

Vosniadou (1989)는 목표 개념과 비유물의 여러 유사점 중 비유 추론 과정에서 학생들이 가장 쉽게 접근할 수 있는 핵심적인 성질을 주요 유사점으로 정의하였다. 예를 들어, 양이온과 음이온 간의 정전기적 인력을 어머니와 자식 간의 애정에 대응하고 이를 핵심적인 성질로 하여 이온 결합을 어머니와 자식 간의 관계로 표현할 수 있다. 이때, 양이온과 음이온 간의 정전기적 인력과 어머니와 자식 간의 애정이 공통적으로 포함하는 성질인 ‘두 객체가 서로 당기는 것’이 주요 유사점이 된다.

그런데 학생들이 주어진 비유의 대응 관계를 이해하고 해석하는 맥락에서 Vosniadou (1989)가 정의한 주요 유사점과 유사한 특징이 학생들이 직접 비유를 생성하는 과정에서도 나타났다. 주요 속성을 선택한 후 학생들은 과학적 용어인 주요 속성을 일상적 용어로 변환하였는데, 일상적 용어로 변환된 주요 속성은 주요 속성뿐 아니라 이후에 학생들이 생성한 비유물의 하위 속성에도 공통적으로 포함되었다. 따라서 일상적 용어로 변환된 주요 속성을 비유 생성 과정에서

의 주요 유사점으로 정의하고, 주요 속성을 주요 유사점으로 변환하는 과정 요소를 주요 유사점 추출로 분석하였다. 예를 들어, 학생 C는 ‘금속 원자와 비금속 원자가 전자를 주고받는 것’을 주요 속성으로 선택하고 이를 일상적인 용어인 ‘한쪽은 주고 한쪽은 받는 상황’으로 변환하였다. ‘한쪽은 주고 한쪽은 받는 상황’은 ‘금속 원자와 비금속 원자가 전자를 주고받는 것’에 포함될 뿐 아니라 학생 C가 생성한 비유의 하위 속성인 ‘선생님이 지식을 주고 학생이 지식을 받는 상황’에도 포함되었다. 주요 속성을 정리한 Table 2에 주요 속성으로부터 변환된 주요 유사점을 함께 제시하였다.

과학 학습을 과학 문화의 습득으로 바라보는 사회문화적 관점에 따르면 학생들이 과학 학습에 어려움을 겪는 주요한 원인 중 하나는 학생들이 과학의 언어나 기호 등과 같은 과학 문화에 익숙하지 않다는 것이다(Bellocchi & Ritchie, 2011). 따라서 학생들에게 익숙한 일상 문화와 과학 문화가 혼성화된 비유는 학생들의 과학 학습을 촉진할 수 있고, 이러한 맥락에서 주요 유사점 추출의 과정 요소는 큰 의미를 갖는다. 주요 유사점 추출 과정은 과학적 용어가 일상적 용어로 변환되는 전이 과정으로 과학적 용어에 익숙하지 않은 학생들은 이 과정에서 변환된 일상적 용어를 활용하여 비유를 생성하고, 이를 통해 과학 개념에 익숙해질 수 있다. 즉, 주요 유사점 추출 과정에서 나타난 전이 과정은 학생들이 과학 문화에 익숙해지도록 도움으로써 과학 학습을 촉진하는 비유 생성 활동의 의의(Bellocchi & Ritchie, 2011; Haglund, 2013)를 비유 생성 과정을 통해 실증적으로 뒷받침하는 결과라고 할 수 있다.

나. 소재 탐색

부호화 이후 학생들은 목표 개념과 잠정적으로 관련 있는 비유의 소재를 선택하는 것으로 알려져 있다(Holland et al., 1986; Kim, Park et al., 2010). 이 연구에 참여한 학생들도 부호화 단계 이후 비유의 소재를 선택하고 본격적으로 비유물을 생성하기 시작하였으므로 이를 소재 탐색 단계로 분석하였다. 소재 탐색 단계를 분석한 결과 소재 선택, 소재 평가, 소재 폐기의 과정 요소가 나타났다.

소재 선택

소재 선택은 비유물이 표현하는 구체적인 상황을 떠올리는 과정 요소이다. 학생들은 부호화 단계에서 추출한 주요 유사점을 중심으로 소재를 선택하였으므로 선택된 소재는 주요 속성에 대응되는 하위 속성을 포함하였다. 즉, 소재를 선택할 때 주요 속성이 공유 속성으로 대응되었고, 최소한의 공유 속성을 갖는 비유물이 생성되었다. 예를 들어, ‘한쪽은 주고 한쪽은 받는 상황’을 주요 유사점으로 추출한 학

Table 2. Salient attributes and salient similarities

학생	주요 속성	주요 유사점
B	양이온과 음이온의 결합	결합이 형성되는 관계
C	금속 원자와 비금속 원자가 전자를 주고받는 것	한쪽은 주고 한쪽은 받는 상황
D	(양이온과 음이온의 결합을 통한) 이온 결합 물질의 연속적인 배열과 구조	볼록 튀어나온 것과 들어간 것을 끼워 맞추는 것들의 연결
E	전자의 이동에 의한 이온 결합의 형성	특성을 주고받아 결합하는 것
F	규칙적인 결정 구조	촘촘히 모여 있는 모습
G	이온의 형성과 양이온과 음이온이 결합하여 안정해지는 것	두 개의 물체를 끼워 맞춘다

생 C는 “한쪽은 주고 한쪽은 받는 상황이 뭐가 있지?”와 같이 소재를 찾았고, 이러한 과정을 거쳐 ‘선생님과 학생’을 소재로 선택하였다. ‘선생님과 학생’의 소재는 ‘선생님이 지식을 주고 학생이 지식을 받는 상황’을 하위 속성으로 포함하였고, 이는 주요 속성인 ‘금속 원자가 전자를 주고 비금속 원자가 전자를 받는 것’과 대응되었다. 부호화 단계에서 추출한 주요 유사점을 바탕으로 소재를 선택하는 데 실패한 학생들은 다시 주요 속성을 선택하거나 주요 유사점을 추출하기도 하였다.

뭔가 약간 일방적으로 주는 것만 하면 결합이 되는 게 아닐 것 같아서 결합이 되려면 약간 쌍방향 같은 것이 있어야 하니까... 물론 한쪽만 주긴 하는데, 한쪽은 줘야 되는 상황이고 한쪽은 받아야 되는 상황인 걸 좀 찾고 있어요. 생각이 안 나... 뭐가 좋을까... 학원에서, 학원이 아니고 학교라도 괜찮으니까, 선생님하고 학생. 이거 좀 괜찮은 것 같아.

[학생 C의 발성사교]

학생들은 비유 생성 과정에서 소재를 떠올리는 데 많은 어려움을 겪는 것으로 알려져 있다(Kim, Park *et al.*, 2010; Noh *et al.*, 2010; Zook, 1991). 이 연구에서도 12명 중 5명의 학생이 비유 생성 과정 중 적절한 소재를 찾는 과정이 가장 어렵다고 응답하였다. 그런데, 학생들은 소재가 쉽게 떠오르지 않을 때 ‘학교’나 ‘스포츠’와 같이 특정한 주제를 언급하거나 주위를 둘러보며 소재를 찾는 모습을 보였다. 즉, 학생들은 막연하게 소재를 떠올리기 보다는 사고의 범위를 좁혀 구체적인 사물이나 상황을 떠올리기 위해 노력하였다. 이와 관련하여 학생들은 ‘구체적으로 소재를 생각하면 소재의 세분화된 특성을 생각할 수 있다’고 응답하여 소재를 떠올리기 어려울 때 구체적인 사물이나 상황을 떠올리는 것이 도움이 된다고 인식하였다.

면담자: 처음에 소재를 찾을 때 ‘학교 생활에서 찾아볼까?’라고 했는데, 이렇게 구체적으로 생각하는 이유가 뭐야?

학생 C: 뭔가 생각이 잘 안 날 때 그렇게 구체적으로 생각한 것 같아요.

면담자: 처음에 소재를 찾을 때, 생각이 잘 나지 않았잖아. 그때 어떤 시도를 했었어? 어떻게 찾으려고 했었어?

학생 H: 옆을 봤어요. 옆에 있는 이 물건들을 보고 그리고 막 계속 감자튀김 먹고 있으니까 감자튀김도 생각나고...

소재 평가 및 소재 폐기

소재를 선택한 후 바로 대응 단계로 넘어간 학생 A를 제외하고 나머지 11명의 학생들은 선택한 소재를 평가(소재 평가)하고 소재를 폐기(소재 폐기)한 후 새로운 소재를 선택(소재 선택)하거나 폐기한 소재를 다시 선택(소재 선택)하였다. 즉, 학생들은 소재 탐색 단계의 초기에 잠정적으로 소재를 선택한 다음 선택한 소재를 평가 및 폐기하고 새로운 소재를 선택하는 순환적 과정을 거쳐 최종적인 소재를 선택하였다.

또한 학생들은 순환적 과정에서 소재를 평가할 때, 학생 C와 같이 소재가 가질 수 있는 잠재적인 하위 속성을 고려하는 것으로 나타났다.

면담자: 왜 ‘선생님과 학생’을 고른 거야?

학생 C: 선생님이라는 단어를 떠올린 다음에 생각을 해봤는데, 구체적으로 생각을 해본 건 아니고, 그냥 이것저것 생각을 해봤는데, 뭔가 비유

를 할 수 있는 게 많더라고요. 이온 결합과 선생님과 학생 사이의 결합, 선생님과 학생 사이의 관계와 이온 결합 사이에 비유를 할 수 있는 게 굉장히 많더라고요.

잠재적인 속성을 고려하여 소재를 평가할 때는 잠재적인 속성과 목표 개념 간의 유사점을 중심으로 공유 속성의 측면에서 소재를 평가한 경우(7명)가 가장 많았는데, 이 학생들은 자신이 선택한 소재가 제한된 수의 공유 속성을 포함한다고 평가하였다. 예를 들어 ‘자식’을 소재로 선택한 학생 I의 경우, ‘자식은 양이온과 음이온 간의 인력에 대응되는 속성만 포함할 수 있고 양이온과 음이온 간의 반발력에 대응되는 속성은 포함하지 못한다’고 소재를 평가하였다.

잠재적인 하위 속성과 목표 개념 간의 차이점, 즉 비공유 속성의 측면에서 소재를 평가하는 경우(4명)도 있었다. 예를 들어, 서로 반대되는 성질을 갖는 양이온과 음이온을 표현하기 위해 ‘이기적인 사람과 이타적인 사람’을 소재로 선택한 학생 G는 ‘이기적인 사람과 이타적인 사람은 양이온과 음이온처럼 결합할 수 없다’고 평가하였다.

서로 반대인 것들이 만나 화합하는 것이 뭐가 있을까... 반대인 것? 물과 불? 자연에 있는 것 말고 사람으로 표현한다면 이기적인 사람과 이타적인 사람. 그런데 두 사람이 조화를 이루어야 하는데 이기적인 사람과 이타적인 사람이 조화를 이룰 수 있을 거 같진 않고... [학생 G의 발성사교]

일부 학생들은 소재가 가질 수 있는 잠재적인 속성과는 별개로 소재의 독창성(2명)이나 친숙도(2명)를 함께 고려하여 소재를 평가하였다. 소재의 독창성을 고려한 학생들은 자신이 선택한 소재가 ‘교과서 등에서 많이 접했던 소재이므로 독창성이 부족하다’고 평가하였다. 또한, 친숙도를 고려하여 소재를 평가한 학생들은 ‘비유는 다른 사람들이 이해하기 쉽게 만드는 것이 중요하므로 다른 사람들에게도 친숙한 소재를 활용할 필요가 있는데, 다른 사람들에게 친숙하지 않을 것 같다’고 자신이 선택한 소재를 평가하였다.

소집단 구성원들이 협력적으로 비유를 생성하는 과정을 분석한 Kwon *et al.*(2017)의 연구에서는 학생들이 소집단을 대표할 수 있는 비유를 생성하기 위해 비유가 갖는 설명력과 함께 친숙도나 독창성도 고려하는 것으로 나타나 학생들이 개별적으로 비유를 생성하기 위해 소재를 평가하는 과정에서 고려하는 준거와 협력적으로 비유를 생성하는 과정에서 고려하는 준거가 유사하였다. 이는 학생들이 개별적으로 비유를 생성할 때 고려한 준거가 동료들과 협력적으로 비유를 생성하는 사회적 과정에서도 그대로 드러난 것으로 해석할 수 있다.

한편, 소재 탐색 단계에서 학생들이 소재를 선택, 평가, 폐기하고 새로운 소재를 선택하는 순환적 과정을 체계적 소재 탐색 유형과 임의적 소재 탐색 유형으로 구분할 수 있었다. 체계적 소재 탐색 유형은 소재에 대한 평가 결과를 바탕으로 새로운 소재를 탐색하는 유형으로 11명 중 6명의 학생이 이 유형에 속하였다. 체계적 소재 탐색 유형에 속한 학생들은 평가를 통해 드러난 이전 소재의 부족한 점을 보완하기 위한 방향으로 새로운 소재를 탐색하였다. 따라서 새로운 소재는 이전 소재가 갖는 공유 속성을 모두 포함할 뿐 아니라 추가적으로 더 많은 공유 속성을 포함하여 순환적 과정을 거칠수록 소재가 발전하는 모습을 보였다. 예를 들어, ‘양이온과 음이온의 결합’을 주요 유사점으로 추출한 학생 B는 양이온과 음이온의 결합을 표현할 수 있는 ‘남녀 관계’를 소재로 선택한 후 ‘남녀 관계는 금속 원자가 비금

속 원자에게 일방적으로 전자를 주는 관계보다는 쌍방향의 관계에 가깝다'고 평가하고, 일방적인 관계라고 할 수 있는 '엄마와 아기'를 소재로 선택하였다. 반면, 임의적 소재 탐색 유형에 속한 나머지 5명의 학생들은 자신이 선택한 소재에 대한 평가를 하지 않고 새로운 소재를 탐색하거나 소재를 평가하더라도 평가와는 관련 없는 새로운 소재를 탐색하여 순환적 과정을 거치더라도 소재가 발전하는 모습이 나타나지 않았다. 예를 들어, 학생 J는 '남녀 관계'를 소재로 선택한 후 '양이온과 음이온 간의 반발력을 설명하지 못한다'고 평가하였다. 그러나 이러한 평가와는 무관하게 '남녀 관계'와 마찬가지로 양이온과 음이온 간의 반발력을 표현하지 못하는 '자석'이나 '볼트와 너트' 등을 새로운 소재로 선택하였다.

다. 대응

대응 단계는 소재 탐색 단계에서 최종적으로 선택한 소재에 공유 속성을 추가함으로써 비유를 완성하는 단계이다(Kim, Park *et al.*, 2010). 대응 단계에서는 공유 속성 대응, 비유 상황 구체화, 비공유 속성 인식의 과정 요소가 나타났다.

공유 속성 대응

비유물에 하위 속성을 추가하고 이를 목표 개념의 하위 속성과 대응하는 공유 속성 대응의 과정 요소가 대응 단계에서 가장 많이 나타났다. 소재 탐색 단계에서 소재를 선택할 때 비유에 주요 속성이 포함되었기 때문에, 대응 단계에서는 주요 속성을 제외한 목표 개념의 나머지 하위 속성들에 대응되는 하위 속성들이 비유물에 추가되었다. 예를 들어 이온 결합 물질의 결정 구조를 주요 속성으로 선택한 학생 D는 '콜라주'를 소재로 선택하고 콜라주 작품에서 종이 조각들이 연결되어 있는 모습으로 결정 구조를 표현하여 소재 탐색 단계에서 주요 속성이 비유에 포함되었다. 이후 대응 단계에서는 결정 구조를 제외한 이온의 형성, 양이온과 음이온의 결합 거리, 양이온과 음이온의 개수비 등에 대응되는 하위 속성들이 비유물에 추가되고 공유 속성으로 대응되었다.

대응 단계의 초기에는 주요 속성을 제외한 하위 속성들 중 소재 탐색 단계에서 잠재적으로 고려했던 하위 속성들이 공유 속성으로 대응되었다. 학생 D는 소재 탐색 단계에서 '퍼즐', '모자이크' 등을 거쳐 '콜라주'를 최종적인 소재로 선택하였는데, '콜라주'를 선택한 이유에 대해 '퍼즐이나 모자이크와 달리 콜라주는 종이 조각을 자르거나 붙일 수 있으므로 양이온과 음이온의 형성 과정을 표현할 수 있다'라고 응답하여 소재 탐색 단계에서 이온의 형성을 고려하였다. 대응 단계에서는 이온 결합에서 금속 원자가 전자를 잃고 양이온이 형성되는 것을 종이 조각의 귀퉁이를 적당한 크기로 잘라내는 것으로 표현하여 이온의 형성을 가장 먼저 공유 속성으로 대응하였다.

여기서 이온을 생각할 수 있지. 이온처럼 종이를 블록하게도 잘라보고 오목하게 잘라보는 거야. 여기서 블록하게 튀어나온 종이를 양이온이라고 생각해보자. 그럼 우리는 모양을 따라서 이온의 종류를 따질 수 있어. 전자의 이동에 따라 양이온이 되거나 음이온이 되는 것이지. 내가 가위로 종이를 도려내면 양이온이 되는 거야. 전자가 나가. 종이의 귀퉁이를 잘라내는 것처럼. [학생 D의 발생사고]

비유 상황 구체화

소재 탐색 단계에서 잠재적으로 고려했던 하위 속성들을 모두 대응한 뒤 학생들은 추가적인 공유 속성을 대응하기 전에 비유물이 표현하고 있는 상황을 구체화하거나 새로운 상황을 가정하는 비유 상황 구체화의 과정 요소를 거쳤다. 예를 들어, 인력과 반발력이 균형을 이루는 적절한 거리에서 양이온과 음이온이 결합하는 것을 표현하기 위하여 '콜라주'를 소재로 선택한 학생 D는 구체적인 미술 작품을 예시로 들면서 두 종이 조각의 거리가 적절히 유지되어야 작품이 완성된다고 상황을 구체화하였고, '연인 관계'를 소재로 선택한 학생 E는 연인 관계에서도 적절한 거리가 유지되어야 한다는 새로운 상황을 가정하였다.

진주 귀걸이를 한 소녀를 만들어보자. 검정 바탕에 파랑 두건을 걸치고 있는데, 검정과 파랑 조각의 거리가 좁혀져야 흰 배경이 완전히 가려져서 작품이 완성돼. <비유 상황 구체화> 가까이 갈수록 인력이 작용한다. 근데 너무 가까이 가면, 두 종이 조각이 겹치기 때문에 작품이 완성되지 않아. 너무 가까이 가면 반발력이 작용해서 서로를 밀어버려. <공유 속성 대응> [학생 D의 발생사고]

연애 초반에 너무 간섭하면... 아, 적절히 간섭하면 오히려 그게 서로 더 기본 좋고 그런데 도가 지나치면 서로 짜증나서 결국 헤어지는 상황처럼... <비유 상황 구체화> 연애 초반의 딱 적절한 관계를 유지하면서 서로에게 도움이 되는 상태가 될 때가 이온 사이의 거리가 균형을 이루어서 에너지가 가장 낮은 지점. <공유 속성 대응> [학생 E의 발생사고]

한편, 비유를 생성하기 위해 소재를 선택할 때 자신의 경험에 비추어 익숙한 소재를 선택하는 것처럼 학생들의 경험이나 사전 지식은 비유 생성 과정 전반에 영향을 미칠 수 있다(Mozzer & Justi, 2012). 그런데, 이번 연구에서는 비유의 상황을 구체화하는 과정에서 학생들의 경험이나 사전 지식이 발생사고를 통해 명시적으로 드러나 공유 속성을 추가하기 위해 비유의 상황을 구체화할 때 학생들은 자신의 경험이나 사전 지식을 적극적으로 활용하는 것으로 나타났다. 예를 들어, 단추를 끼워서 옷의 두 폭을 붙이는 상황을 통해 양이온과 음이온의 결합을 표현한 학생 G는 인력과 반발력이 균형을 이루는 적절한 거리에서 양이온과 음이온이 결합하는 것을 표현하기 위해 자신의 경험을 떠올리며 단추의 실이 풀려 옷의 거리가 멀어진 상황은 불안정하다고 상황을 구체화하였다.

근데 또 옷이랑 단추랑 위치가 맞지 않으면 잘 안 끼워지니까... 그런 경험이 생각이 나고, 실밥이 풀려가지고 단추가 이렇게 불안정한 상태로 실에 매달려 있으면 단추를 끼워 맞췄을 때 아무래도 좀 불안정한 말이예요. 잘 꿰매져 있는 것 보다. [학생 G의 발생사고]

전공이 다른 11명의 중등교사를 대상으로 비유 생성 활동을 실시한 Wong (1993)의 연구에서는 교사들이 유사한 비유를 생성하더라도 개인의 사전 지식에 따라 비유물의 구체적인 하위 속성이 다르게 나타났다. 이번 연구에서도 학생 개인에 따라 비유물의 구체적인 하위 속성이 다르게 나타났는데, 이에 대한 원인을 비유 상황 구체화 과정에서 찾아볼 수 있었다. 예를 들어, 학생들이 가장 많이 활용한 '남녀 관계'를 소재로 하여 비유를 생성한 학생 K는 남자가 여자에게 반지를 주는 상황을 통해 양이온과 음이온이 형성되는 과정을 표현하

였다. 그러나 마찬가지로 ‘남녀 관계’를 소재로 활용한 학생 A는 비유 생성 과정에서 이와 같은 상황을 고려하지 않았을 뿐 아니라 남자가 여자에게 반지를 주는 상황을 공유 속성으로 대응하는 것에 대해 ‘자신의 관점에서는 너무 작위적이기 때문에 비유로 표현하기 어렵다’고 응답하였다. 이와 관련하여 학생들은 ‘개인의 경험에 따라 비유를 만들 때 갖는 생각이 다르기 때문에 개인차가 생기는 것 같다’고 응답하여, 학생들은 자신의 경험이나 사전 지식에 따라 비유의 상황을 다르게 구체화하고 그 결과 비유물의 구체적인 속성이 다르게 나타남을 알 수 있었다.

비유를 사용한 수업에서 학생들의 인지적·정의적 특성과 대응 관계 이해도의 관계를 조사한 Kim, Hwang *et al.*(2010)의 연구에서는 비유물에 대한 친숙도가 대응 관계 이해도에 대한 유의미한 예언 변인으로 나타났다. 이 연구에서도 학생들은 ‘비유의 소재를 잘 알고 있어야 비유의 상황을 구체적으로 가정할 수 있기 때문에 공유 속성을 많이 포함하는 비유를 생성하기 위해서는 자신에게 친숙한 소재를 활용하는 것이 중요하다’고 응답하여 학생들이 직접 비유를 생성할 때도 비유물에 대한 친숙도가 적지 않은 영향을 미치는 것으로 나타났다. 즉, 학생들은 비유의 상황을 구체화하는 과정에서 자신의 경험이나 사전 지식을 활용하기 때문에 친숙하고 잘 알고 있는 소재를 활용해야 소재가 표현하고 있는 상황을 쉽게 구체화할 수 있고 보다 많은 공유 속성을 대응할 수 있다.

면담자: 소재를 찾을 때 어떻게 했어?

학생 G: 제 주변에 있는 것들을 찾아서요.

면담자: 왜 그렇게 한 거야? 그렇게 하면 뭐가 좋아?

학생 G: 그냥 제가 제일 많이 아니까요. 경험도 많이 해봤고. 이런 것들을 하면 제가 아는 내용이 많으니까 머릿속에 그림이 굉장히 잘 떠올라요. 아마 단추를 채워보지 못한 사람은 이걸 못하겠죠.

비공유 속성 인식

목표 개념과 비유물의 차이점에 해당하는 비공유 속성을 인지하는 비공유 속성 인식의 과정 요소가 4명의 비유 생성 과정에서 나타났다. 예를 들어, 이온 결합을 남녀의 결혼에 비유한 학생 A와 H는 이온 결합 물질의 결정 구조는 연속적이지만 남녀의 결혼은 한 쌍으로만 이루어진다는 점과 이온의 전하량에 따라 양이온과 음이온이 결합하는 개수비가 다를 수 있으나 남녀의 결혼은 무조건 일대일로 이루어진다는 점을 비공유 속성으로 인식하였다. 학생들이 인식한 비공유 속성을 Table 3에 정리하였다.

한계를 살펴보면 이온 결합은 연속적이고 매우 규칙적이지만 결혼은 연속적이기 보단 단일적이라 해야 하나... 하나의 케이스만 놓고 보는 거니까

연속적이지 않고, 이온 결합은 1:1, 1:2 이런 식으로 개수비가 다를 수 있는데 결혼은 항상 1:1이기 때문에 이온 결합과 비유의 차이라고 볼 수 있는 것 같아요. [학생 A의 발생사고]

그런데 4명의 학생 모두 양이온과 음이온의 개수비와 관련된 비공유 속성을 인식하였고, ‘단추 비유’를 생성한 학생 G는 결정 구조는 3차원이지만 비유물은 2차원이라는 비공유 속성을 인식하였다. 즉, 학생 J가 비공유 속성으로 인식한 남녀의 역할 구분이 모호하다는 점을 제외하고 학생들이 자발적으로 인식한 모든 비공유 속성이 구조적인 성격을 갖는 것으로 나타나, 대응 단계에서 비공유 속성을 인식한 학생들은 대부분 구조적인 성격을 갖는 비공유 속성을 인식하였다 (Table 3).

비공유 속성을 인식하는 것과 관련하여 학생들은 ‘엄격히 따지면 목표 개념과 비유물은 모든 면에서 다르다고 할 수 있기 때문에 어느 정도까지 차이점으로 보아야할지 애매하다’고 응답하였다. 또한, 남녀 관계를 소재로 한 비유처럼 추상적인 성격이 강한 비유를 생성한 학생들도 구조적인 성격을 갖는 비공유 속성을 인식하였다. 이러한 점을 고려해 볼 때, 학생들이 기능적 성격을 갖는 비공유 속성보다 구조적인 성격을 갖는 비공유 속성을 쉽게 인식한 것은 구조적인 성격을 갖는 비공유 속성이 보다 구체적인 성격이 강하여 차이점으로 명확히 드러났기 때문으로 해석할 수 있다.

비공유 속성을 올바르게 인식하는 것은 목표 개념에 대한 심화된 이해와 다양한 사고력의 신장으로 이어질 수 있지만(Nottis & McFarland, 2001), 비공유 속성을 명확히 인식하지 못할 경우 오개념이 유발되는 등 비유 생성 활동이 오히려 과학 학습에 방해가 될 수 있으므로 비유 생성 과정에서 학생들은 비공유 속성을 명확히 인식할 필요가 있다(Kim & Noh, 2015). 그러나 학생들이 비유를 생성할 때 어떤 과정을 통해 비공유 속성을 인식하는지, 학생들이 인식하는 비공유 속성의 특징은 무엇인지 등에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 따라서 비공유 속성 인식의 과정 요소가 비유 생성 과정에서 언제, 어떻게 나타나는지, 그리고 학생들이 구조적인 성격을 갖는 비공유 속성을 쉽게 인식한다는 것을 밝힌 이 연구의 결과를 바탕으로 학생들이 비공유 속성을 효과적으로 인식하도록 하기 위한 구체적인 지도 방안을 마련할 수 있다.

2. 비유 생성 과정과 비유의 관계

학생들이 생성한 비유의 특징을 비유의 유형과, 대응 오류, 공유 속성의 개수 측면에서 분석한 결과와 이 결과를 비유 생성 과정을 분석한 결과와 관련지어 분석한 결과는 다음과 같다.

Table 3. Unshared attributes of analogs generated

학생	소재	비공유 속성
A와 H	남자와 여자의 결혼	- 양이온과 음이온이 결합하는 개수비가 다를 수 있으나 남녀의 결혼은 일대일로 이루어진다. - 이온 결합 물질의 결정 구조는 연속적이지만 남녀의 결혼은 한 쌍으로만 이루어진다.
J	남자와 여자의 연애	- 양이온과 음이온이 결합하는 개수비가 다를 수 있으나 남녀의 연애는 일대일로 이루어진다. - 양이온이 전자를 주고 음이온이 전자를 받기 때문에 양이온과 음이온의 역할은 명확히 구분되지 않는다.
G	단추 잠그기	- 양이온과 음이온이 결합하는 개수비가 다를 수 있으나 단추와 단추 구멍의 개수비는 일대일이다. - 단추를 잠그는 상황은 2차원이지만, 이온 결합 물질의 결정 구조는 3차원이다.

가. 비유의 유형

공유 속성

공유 속성 측면에서 학생들이 생성한 비유의 유형을 분석한 결과, 구조적 비유는 네모난 집들이 규칙적으로 모여 있는 마을의 모습으로 이온 결합 물질의 결정 구조를 표현한 비유가 있었다. 기능적 비유는 엄마와 아이의 관계, 남자와 여자의 결혼이나 연애로 양이온과 음이온의 결합을 표현한 비유가 있었고, 한 학교에서 다른 학교로 학생이 전학을 가는 상황으로 양이온과 음이온이 전자를 주고받는 것을 표현한 비유도 있었다. 구조와 기능적 비유는 종이 조각들이 연결되어 있는 모습으로 결정 구조를 표현하고, 종이 조각을 자르거나 붙여 결합하는 모습으로 양이온과 음이온의 결합을 표현한 비유 등이 있었다.

즉, 구조적 비유는 결정 구조를 표현하였고, 기능적 비유는 양이온과 음이온의 결합이나 전자의 이동을 표현한 것과 같이 공유 속성 측면에서 비유의 유형은 비유가 표현하는 주요 속성의 성격에 의존하였다. 따라서 공유 속성 측면에서 비유의 유형은 부호화 단계의 주요 속성 선택 과정에서 결정되었다. 즉, 주요 속성으로 선택한 하위 속성이 구조적 성격을 가질 경우 구조적 비유를, 기능적 성격을 가질 경우 기능적 비유를, 구조와 기능적 성격을 모두 가질 경우 구조와 기능적 비유를 생성하였다. 예를 들어, 학생 B는 부호화 단계에서 기능적 성격을 갖는 ‘양이온과 음이온의 결합’을 주요 속성으로 선택한 후 엄마와 아기의 관계를 표현한 기능적 비유를 생성하였다.

목표 개념의 특성이 공유 속성 측면에서 비유의 유형에 많은 영향을 미친다는 점(Kim *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2017)을 고려하면, 주요 속성의 성격에 따라 공유 속성 측면에서 비유의 유형이 달라졌다는 점에서 목표 개념의 특성은 학생들이 선택하는 주요 속성의 성격에도 많은 영향을 미쳤을 수 있다. 이는 일부 학생들이 주요 속성을 선택할 때, 목표 개념의 핵심적인 하위 속성을 선택한 것과도 관련지어 생각해볼 수 있다. 즉, 학생들은 기능적 속성과 구조적 속성 중 어느 것이 더욱 핵심적인지와 같은 목표 개념의 특성을 파악하고 이 특성에 따라 기능적 혹은 구조적 성격을 갖는 하위 속성을 주요 속성으로 선택하므로 목표 개념의 특성에 따라 학생들이 선택하는 주요 속성의 성격이 달라지고, 결과적으로 공유 속성 측면에서 비유의 유형이 달라진 것이다.

추상도

학생들이 생성한 비유의 유형을 추상도 측면에서 분석한 결과, 구체적 비유는 종이 조각들의 결합을 표현한 콜라주 비유, 단추를 단추 구멍에 끼워 옷의 두 폭을 붙이는 상황을 표현한 비유, 극이 다른 두 자석의 결합을 표현한 비유 등이 있었다. 추상적 비유는 남자와 여자의 결혼이나 연애를 표현한 비유, 엄마와 아기의 관계를 표현한 비유, 선생님과 학생의 관계를 표현한 비유 등이 있었다.

추상도 측면에서 비유의 유형은 소재 탐색 단계의 소재 선택 과정에서 결정되었다. 이는 추상도 측면에서 비유의 유형이 소재가 갖는 추상도에 따라 달라졌기 때문이다. 예를 들어, 학생 D는 미술 시간에 자신이 직접 경험했던 구체적 소재인 ‘콜라주’를 소재로 하여 구체적 비유를 생성 하였으며, 학생 C는 선생님이 학생에게 지식을 전달하는 눈에 보이지 않는 추상적인 상황을 소재로 선생님과 학생의 관계를 표현한 추상적 비유를 생성하였다.

면담자: ‘콜라주’라는 소재는 어떻게 떠오른 거야?

학생 D: 1학년 미술시간에 콜라주를 직접 만들었던 기억이 아직도 남아있거든요. 그래서 콜라주를 생각하고 종이 조각을 생각했어요.

일반적으로 학생들은 추상적 비유보다 구체적 비유를 많이 생성하는 것으로 알려져 있는데(Kim *et al.*, 2017), 추상도 측면에서 비유의 유형이 선택한 소재의 추상도에 따라 결정되었다는 점에서 볼 때, 학생들이 구체적 비유를 많이 생성하는 것은 소재 선택 과정에서 구체적 소재를 선택하는 경우가 많았던 것으로 볼 수 있다. 또한, 학생들이 구체적 소재를 선택하는 경우가 많았던 것은 소재 선택 과정에서 구체적인 사물이나 상황을 떠올렸던 것과 관련지어 해석할 수 있다. 즉, 학생들은 소재를 찾기 위해 사고의 범위를 좁혀 구체적인 사물이나 상황을 떠올림으로써 구체적 소재를 선택하는 경우가 많았고, 이에 따라 구체적 비유를 더욱 많이 생성한 것이다.

작위성

이 연구에 참여한 학생들이 생성한 비유는 작위적인 속성을 하나 이상씩 포함하여 대부분 작위적 비유에 속하였다. 예를 들어, 학생 L은 한 학교에서 다른 학교로 학생이 전학을 가는 자연스러운 상황을 표현하였으나, 옥텟 규칙을 표현하기 위해 정해진 수의 학생이 있어야 학교가 안정하다는 속성을 추가하였다.

비유 생성 과정이 진행될수록 비유는 작위적인 성격이 강해지는 경향이 있었다. 예를 들어, 학생 H는 남자와 여자가 결혼하는 일상적인 상황을 소재로 선택하여 양이온과 음이온의 결합을 표현하였다. 그러나 이후 대응 단계에서는 전자를 표현하기 위해 남자가 서로 애정을 주고받는 것이 아니라 남자가 일반적으로 여자에게 애정을 주는 작위적인 상황을 가정하였다. 즉, 소재 탐색 단계에서는 비유물이 최소한의 공유 속성만을 포함하여 일상적인 상황을 표현하고, 대응 단계의 초기에는 소재 평가 과정에서 잠재적으로 고려되었던 속성과 같이 즉각 대응될 수 있는 일상적인 공유 속성이 대응된 반면, 비유 생성 과정이 진행될수록 비유물에 여러 하위 속성을 추가하기 위해 비유 상황 구체화 과정을 거친 작위적인 속성이 비유물에 추가되어 비유의 작위적인 성격이 강해졌다.

면담자: 작위적인 측면에서 네가 만든 비유는 어떤 것 같아?

학생 A: 음... 상황 설정 같은 게 인위적이기 때문에 제가 생각했을 때는 뭔가 억지인 것 같은데 또 맞는 말 같기도 하고, 그런 느낌이 계속 (속성을) 추가해나갈 때마다 들어요. 다 제가 만들어낸 상황이고 그런 것이기 때문에.

한편, 비유는 익숙한 일상의 사물이나 현상을 활용하여 복잡하고 추상적인 과학 개념을 설명할 수 있다는 점에서 일반적으로 작위적 비유보다는 일상적 비유가 학습에 더욱 효과적인 것으로 알려져 있다(Blake, 2004; Thiele & Treagust, 1994). 이에 비유 생성 활동에서도 일상적 비유를 생성하는 것이 바람직한 결과로 해석되어 왔다(Kim *et al.*, 2009; Kwon *et al.*, 2003). 그러나 일상적 상황을 소재로 선택하더라도 비유 생성 과정에서 여러 속성이 추가될 경우, 비유의 작위적인 성격이 강해질 수 있다는 점에서 작위적 비유가 갖는 의미와 과 같이 살펴볼 수 있다.

비유 생성 과정에서 다양한 과학적 사고가 활용되고, 비유 생성

활동의 과정이 과학적 모델링의 과정과 유사하므로 비유 생성 활동이 과학적 사고력과 과학적 모델링 능력 등의 향상에 효과적이라고 제안되고 있다(Aragón *et al.*, 2014; Haglund & Jeppsson, 2012; Lin *et al.*, 2012). 이러한 점은 비유 생성 과정의 중요성을 시사하는 것으로 학생들이 비유 생성 활동을 통해 어떤 유형의 비유를 생성하는지보다 비유 생성 과정을 얼마나 의미 있게 수행하는지가 더욱 중요함을 뜻한다. 그런데, 작위적 비유는 비유물에 여러 속성을 추가하는 과정을 거침으로써 비유 생성 과정을 적극적으로 수행한 결과라고 볼 수 있으므로 큰 의미를 갖는다고 할 수 있다. 뿐만 아니라 이 연구에 참여한 학생들은 ‘작위적이고 추상적인 비유에 비해 일상적이고 구체적인 비유는 상황을 구체화하고 하위 속성을 추가하는 데 한계가 있다’고 응답하여, 비유의 상황을 쉽게 구체화할 수 있다는 점에서 작위적 비유를 생성하는 것이 더욱 수월하다고 인식하였다. 따라서 비유 생성 활동에서는 작위적 비유도 나름의 의미를 갖는다고 할 수 있으며 특히, 학생들의 과학적 사고력이나 과학적 모델링 능력 등의 향상을 목적으로 하는 과학 수업에서는 작위적 비유의 생성도 고려할 필요가 있을 것이다.

나. 대응 오류

학생들이 생성한 비유에서 나타난 대응 오류의 예시를 살펴보면 다음과 같다. 먼저, 불가능한 대응의 경우 종이 조각들의 결합을 표현한 콜라주 비유에서 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력에 해당하는 속성이 비유물에 존재하지 않아 풀이라는 외부의 힘으로 정전기적 인력을 표현한 비유가 있었다. 무분별한 대응의 경우에는 남자와 여자의 연애로 이온 결합을 표현한 비유에서 남녀 사이의 관계가 멀어져 헤어진다는 점을 이온 결합 물질이 외부의 충격에 쉽게 깨질 수 있다는 점에 대응하여 비유물에만 존재하는 비공유 속성을 목표 개념에 대응하는 오류가 있었다. 인위적 대응은 남자와 여자의 연애를 표현한 비유에서 이온 결합 물질의 규칙적인 결정 구조를 인위적으로 해석하여 남녀 관계에는 엄격한 규칙이 있어야 한다는 것으로 표현한 사례가 있었다.

세 가지 대응 오류 중 인위적 대응은 부호화 단계의 주요 유사점 추출 과정에서 발생한 오류로부터 이어졌다. 예를 들어, 학생 F는 ‘전기적으로 중성을 만족하기 위해 양이온과 음이온의 개수비가 균형을 이루는 것’을 주요 속성으로 선택하였는데, 이를 평형이라는 일상적 개념으로 연결지어 ‘평형을 이루는 관계’를 주요 유사점으로 추출하였다. 즉, 양이온과 음이온의 개수비가 균형을 이룬다는 과학적 의미가 아니라 평형이라는 단어의 표면적 의미에 주목하여 주요 유사점 추출 과정에서 오류가 발생하였다. 주요 유사점을 추출한 후 학생 F는 저울이나 시소와 같이 양쪽의 무게가 균형을 이루는 소재로 이온 결합을 표현하여 목표 개념과 비유물의 관계를 인위적으로 변형하여 잘못 대응하였다.

우선, 이온 결합 자체가 양이온과 음이온이 서로 좋아해서 결합된 것이기 때문에, 음... 무언가 서로 좋아하는 관계가 있는 걸 대상으로 잡아야 될 거 같은데... 이 자료에서 +전하와 -전하의 양에 따라서 개수비가 달라진다고 했으니까 이걸 약간 평형 관계를, 평형을 이룰 수 있는 거를 잡아야 될 거 같은데... [학생 F의 발생사고]

대응 오류는 오개념을 유발하는 등 학생들의 학습을 방해하는 요소로 작용할 수 있다(Duit, 1991; Kim *et al.*, 2008). 그러나 비유 생성 활동의 맥락에서 대응 오류와 관련된 연구는 학생들이 생성한 비유에서 나타난 대응 오류의 유형을 정량적으로 분류한 연구(Kang & Cheon, 2010; Kim & Kim, 2012; Kim *et al.*, 2009; Noh *et al.*, 2009)가 대부분이었다. 따라서 주요 유사점 추출 과정에서 인위적 대응의 발생 과정을 밝힌 이 연구의 결과는 대응 오류가 발생하는 과정에 대한 심층적인 정보를 제공할 수 있다는 점에서 의미가 크다고 할 수 있다. 그러나 주요 유사점 추출 과정 이외의 과정에서도 인위적 대응이 발생할 수 있고, 불가능한 대응, 무분별한 대응 등 다른 유형의 대응 오류의 발생 과정은 다루지 못하였으므로 대응 오류의 발생 과정을 심층적으로 조사하는 후속 연구도 필요하다.

다. 공유 속성의 개수

비유가 포함하는 공유 속성의 개수를 분석한 결과, 학생들은 평균적으로 6.8개의 공유 속성을 포함하는 비유를 생성하였다(Table 4). 공유 속성의 개수는 소재 탐색 단계에서 나타난 순환적 과정의 유형에 따라 차이를 보였다. 즉, 체계적 소재 탐색 유형에 속하는 학생들이 생성한 비유(8.2개)가 임의적 소재 탐색 유형에 속하는 학생들이 생성한 비유(5.0개)보다 많은 공유 속성을 포함하였다. 이는 체계적인 소재 탐색 과정을 거쳐 소재를 선택할 경우, 대응 단계 이전에 소재 탐색 단계에서부터 비유가 많은 공유 속성을 포함할 수 있기 때문에 최종적으로 생성한 비유도 많은 공유 속성을 포함한 것으로 해석할 수 있다.

Table 4. The numbers of shared attributes

학생	순환적 과정의 유형	공유 속성의 개수
A	-	7
B	체계적	9
C	체계적	9
D	체계적	7
E	체계적	8
F	임의적	5
G	임의적	7
H	임의적	7
I	체계적	8
J	임의적	3
K	체계적	8
L	임의적	3

학생들이 생성한 비유의 특징을 조사한 연구(Kang & Cheon, 2010; Kim *et al.*, 2017)에서는 논리적 사고력과 비유 추론 능력이 높고, 유의미 학습접근양식을 지닌 학생들이 공유 속성을 많이 포함하는 비유를 생성하는 것으로 나타났다. 즉, 학생들의 개인적 특성이 비유가 포함하는 공유 속성의 개수와 관련이 있었다. 그런데, 이 연구의 결과 공유 속성의 개수는 소재 탐색 단계에서 나타난 순환적 과정의 유형과도 관련이 있었다. 이는 학생들의 개인적 특성이 비유 생성 과정에도 영향을 미쳐 개인적 특성에 따라 비유 생성 과정이 달라질

수 있음을 의미한다. 그러나 이 연구에서는 학생들의 개인적 특성을 별도로 조사하지 않았으므로 다양한 개인적 특성에 따라 비유 생성 과정의 차이를 분석하는 후속 연구가 필요할 것이다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 학생들의 비유 생성 과정을 발생사고법을 활용하여 심층적으로 조사하였다. 비유 생성 과정을 부호화-소재 탐색-대응의 세 단계로 구분하였고, 각 단계를 분석하여 총 9개의 과정 요소를 추출하였다. 즉, 비유 생성 과정의 단계에서 더 나아가 비유 생성 과정의 하위 과정 요소를 밝힘으로써 학생들이 비유를 생성할 때 거치는 구체적인 사고 과정을 조사하였다. 아울러, 조사한 과정 요소의 의미를 비유의 특징을 분석한 결과와 관련지어 해석함으로써 비유 생성 과정과 결과물로 생성된 비유의 관계를 조사하였다. 따라서 이 연구를 통해 학생들이 생성한 비유를 그들의 사고 과정에 비추어 이해하고, 이를 바탕으로 비유 생성 활동을 효과적으로 지도하기 위한 구체적인 시사점을 얻고자 하였다.

학생들의 비유 생성 과정을 분석한 결과, 첫 단계인 부호화 단계에서는 목표 개념 확인, 주요 속성 선택, 주요 유사점 추출의 과정 요소가 나타났다. 주어진 목표 개념을 확인한 후 학생들은 목표 개념의 여러 하위 속성 중 하나를 비유 생성에 중심이 될 주요 속성으로 선택하였는데, 이때 학생들은 개인에 따라 주요 속성을 다양하게 선택하였다. 주요 속성을 선택한 이후에는 과학적 용어인 주요 속성을 일상적 용어로 변환하는 주요 유사점 추출 과정이 있었다. 따라서 주요 속성 선택 과정과 주요 유사점 추출 과정을 학생들에게 명시적으로 안내함으로써 학생들의 비유 생성을 촉진할 수 있다. 예를 들어, 본격적인 비유 생성에 앞서 주요 속성을 선택하는 과정이 필요함을 학생들에게 강조하고 이 과정에서 개념도 작성 등의 활동을 통해 목표 개념에 대한 학생들의 이해를 정리하는 기회를 제공할 수 있다.

소재 탐색 단계에서는 소재 선택, 소재 평가, 소재 폐기의 과정 요소가 나타났다. 학생들은 부호화 단계에서 추출한 주요 유사점을 중심으로 소재를 선택하였는데, 구체적인 사물이나 상황을 떠올리는 것이 소재를 찾을 때 도움이 되는 것으로 나타났다. 따라서 주요 유사점을 중심으로 구체적인 사고를 유도함으로써 소재 선택에서 학생들이 겪는 어려움을 극복하도록 도울 수 있다. 예를 들어, 학생들이 추출한 주요 유사점을 갖는 사물이나 상황을 찾아보도록 지도하거나 학생들에게 친숙한 소재를 활동지 등의 교수학습 자료에 제시할 수 있다. 소재를 선택한 이후에 학생들은 선택한 소재를 평가 및 폐기하고 새로운 소재를 선택하는 순환적 과정을 거쳐 최종적인 소재를 선택하였는데, 소재를 평가할 때는 선택한 소재가 가질 수 있는 잠재적인 하위 속성을 고려하여 공유 속성이나 비공유 속성의 측면에서 평가하였다. 또한, 일부 학생들은 소재의 독창성이나 친숙도를 함께 고려하기도 하였으므로 학생들이 다양한 준거를 종합적으로 고려하도록 하여 보다 발전된 비유를 생성하도록 할 필요가 있다. 한편, 순환적 과정의 질적 차이에 따라 체계적 소재 탐색 유형과 임의적 소재 탐색 유형을 구분할 수 있었다.

공유 속성 대응, 비유 상황 구체화, 비공유 속성 인식의 과정 요소가 나타난 대응 단계에서는 주요 속성을 제외한 나머지 하위 속성들이 공유 속성으로 대응되었다. 주요 속성을 제외한 하위 속성 중 소재

평가 과정에서 잠재적으로 고려되었던 하위 속성들은 대응 단계의 초기에 즉각적으로 대응되었고, 나머지 하위 속성들은 비유물이 표현하고 있는 상황을 구체화하거나 새로운 상황을 가정하는 비유 상황 구체화의 과정 요소를 거친 뒤 대응되었다. 비유 상황 구체화 과정에서는 학생들이 자신의 경험이나 사전 지식을 활용하는 모습이 명시적으로 드러났다. 특히, 학생들은 비유의 상황을 구체화할 때 자신의 경험이나 사전 지식을 활용하기 때문에 친숙한 소재를 활용하여 비유를 만드는 것이 중요하다고 인식하였다. 따라서 비유 생성 과정에서 학생들이 자신에게 친숙한 소재를 활용하여 비유를 생성하도록 안내할 필요가 있을 것이다. 학생들은 자신이 생성한 비유가 갖는 비공유 속성을 인식하였는데 구조적인 성격을 갖는 비공유 속성을 쉽게 인식하였다. 한편, 이 연구에서는 일부 학생들만이 비공유 속성을 인식하였으므로, 비유물과 목표 개념의 유사점뿐만 아니라 차이점을 찾는 것도 중요함을 강조하는 등 비유 생성 과정에서 비공유 속성에 대한 학생들의 인식을 높일 필요가 있다.

비유 생성 과정과 비유의 관계를 분석한 결과, 공유 속성 측면에서 비유의 유형은 주요 속성으로 선택한 하위 속성의 성격에 따라 달라졌다. 학생들은 기능적 속성과 구조적 속성 중 하나에만 주목하여 두 속성을 모두 포함하는 구조와 기능적 비유를 생성하는 데 어려움을 겪는 것으로 알려져 있으므로(Kang & Cheon, 2010; Kim *et al.*, 2017), 주요 속성 선택 과정에서 학생들이 구조적 속성과 기능적 속성을 모두 고려하여 주요 속성을 선택하도록 지도할 필요가 있다. 추상도 측면에서 비유의 유형은 선택한 소재의 성격에 따라 달라졌다. 비유 생성 과정이 진행될수록 비유의 작위적인 성격이 강해지는 경향이 있었으나 이는 비유 생성 과정을 적극적으로 수행한 결과로도 볼 수 있었다. 작위적인 상황을 소재로 선택하여 비유가 처음부터 작위적인 성격을 가질 수도 있으나, 일상적인 상황을 소재로 선택하고 여러 속성을 추가하는 과정에서 작위적인 성격이 강해진 경우에는 작위적 비유의 생성도 독려할 필요가 있다. 대응 오류 중 인위적 대응은 주요 유사점 추출 과정에서 발생한 오류로부터 이어졌다. 따라서 주요 유사점 추출 과정에 앞서 주요 속성의 개념적 의미를 명확히 함으로써 주요 유사점 추출 과정에서 발생할 수 있는 오류를 방지할 필요가 있다. 체계적 소재 탐색 유형에 속하는 학생들이 생성한 비유가 보다 많은 공유 속성을 포함하여 공유 속성의 개수는 소재 탐색 단계에서 나타난 순환적 과정의 유형에 따라 차이가 났다. 소재 탐색 단계에서 공유 속성을 적게 포함하더라도 대응 단계를 거치면서 공유 속성이 추가될 수 있으나, 학생들의 효과적인 비유 생성을 위해서 소재 탐색 단계에서 소재 평가 과정을 강조하고 평가 결과를 바탕으로 새로운 소재를 탐색하는 체계적인 접근이 이루어지도록 할 필요가 있다.

이 연구의 결과를 바탕으로 다음과 같은 후속 연구를 제안할 수 있다. 우선, 학생들이 구조적 성격을 갖는 비공유 속성을 쉽게 인식한 것과 같은 특징은 목표 개념에 따라 달라질 수 있다. 즉, 비유 생성 과정이 목표 개념에 따라 달라질 수 있으므로 이 연구에서 밝혀 낸 비유 생성 과정을 바탕으로 다양한 과학 개념을 목표 개념으로 한 연구를 실시할 필요가 있다. 이 연구에서 새롭게 정의한 주요 속성 선택, 주요 유사점 추출 등의 과정 요소에 대한 추가적인 연구도 필요한데, 효과적인 비유 생성을 위해 주요 속성이 어느 정도의 개념적 범주를 포괄해야 하는지와 같이 새롭게 정의한 과정 요소의 의미를

더욱 구체화하고 이를 바탕으로 학생들의 비유 생성 과정을 효과적으로 지도하기 위한 방안을 축적할 필요가 있다. 또한, 이 연구에서는 비유 생성 과정과 학생들이 생성한 비유의 관계를 조사하였다. 그러나 학생들이 생성한 비유에서 나타난 대응 오류 중 인위적인 대응 오류의 발생 과정만을 밝히는 등 비유와 비유 생성 과정의 관계가 특징적으로 드러난 결과만을 부분적으로 조사하였다. 따라서 다른 대응 오류가 발생하는 과정이나 체계성 측면에서 비유의 유형이 결정되는 과정 등이 연구에서 밝히지 못한 관계를 추가적으로 조사하는 연구가 필요하다. 마지막으로 이상의 후속 연구들을 토대로 비유 생성 과정에 대한 심층적 분석들을 도출하고 이를 타당화하기 위한 연구도 필요할 것이다.

국문요약

이 연구에서는 발생사고법을 활용하여 고등학교의 비유 생성 과정을 심층적으로 조사하였다. 서울특별시 소재 고등학교에 재학 중인 12명의 학생이 연구에 참여하였으며, 이온 결합을 목표 개념으로 비유 생성 활동을 실시하였다. 비유 생성 활동을 마친 후 반구조화된 면담을 실시하였고, 비유 생성 활동과 면담을 포함한 모든 과정을 녹음 및 녹화하였다. 비유 생성 과정을 부호화, 소재 탐색, 대응의 세 단계로 구분하여 비유 생성 과정에서 나타나는 과정 요소를 추출하였다. 연구 결과, 부호화 단계에서 학생들은 주어진 목표 개념을 확인한 후 목표 개념의 여러 하위 속성 중 하나를 주요 속성으로 선택하였다. 주요 속성을 선택한 이후에는 과학적 용어인 주요 속성을 일상적 용어로 변환하는 주요 유사점 추출의 과정 요소가 나타났다. 소재 탐색 단계에서 학생들은 주요 유사점을 중심으로 소재를 선택하였고, 선택한 소재를 평가 및 폐기하고 새로운 소재를 선택하는 순환적 과정을 거쳐 최종적인 소재를 선택하였다. 대응 단계에서는 비유물에 하위 속성을 추가하고 이를 목표 개념의 하위 속성과 대응하는 공유 속성 대응의 과정 요소가 나타났는데, 비유물이 표현하고 있는 상황을 구체화하거나 새로운 상황을 가정하는 비유 상황 구체화의 과정 요소가 나타난 이후 공유 속성 대응의 과정 요소가 나타나는 경우도 있었다. 학생들 중 일부는 자신이 생성한 비유가 갖는 비공유 속성을 인식하였다.

주제어 : 비유, 비유 생성 활동, 발생사고법

References

Aragón, M. D. M., Oliva, J. M., & Navarrete, A. (2014). Contributions of learning through analogies to the construction of secondary education pupils' verbal discourse about chemical change. *International Journal of Science Education*, 36(12), 1960-1984.

Bellocchi, A., & Ritchie, S. M. (2011). Investigating and theorizing discourse during analogy writing in chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(7), 771-792.

Blake, A. (2004). Helping young children to see what is relevant and why: Supporting cognitive change in earth science using analogy. *International Journal of Science Education*, 26(15), 1855-1873.

BouJaoude, S., & Tamim, R. (2008). Middle school students' perceptions of the instructional value of analogies, summaries and answering questions in life science. *Science Educator*, 17(1), 72-78.

Byun, C. S., & Kim, H. (2010). The effects of student-centered instruction using analogy for middle school students' learning of the photosynthesis concept. *Journal of the Korean Association for Science*

Education, 30(2), 304-322.

Clement, J. (1988). Observed methods for generating analogies in scientific problem solving. *Cognitive Science*, 12(4), 563-586.

Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75(6), 649-672.

Ferguson, L. E., Braten, I., & Stromso, H. I. (2012). Epistemic cognition when students read multiple documents containing conflicting scientific evidence: A think-aloud study. *Learning and Instruction*, 22(2), 103-120.

Gentner, D. (1989). The mechanisms of analogical learning. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 199-241). New York: Cambridge University Press.

Gentner, D., & Holyoak, K. J. (1997). Reasoning and learning by analogy: Introduction. *American Psychologist*, 52(1), 32-34.

Gilbert, J. K., & Justi, R. (2016). Analogies in modelling-based teaching and learning. In J. K. Gilbert & R. Justi (Eds.), *Modelling-based teaching in science education* (pp. 149-169). Switzerland: Springer International Publishing.

Haglund, J. (2013). Collaborative and self-generated analogies in science education. *Studies in Science Education*, 49(1), 35-68.

Haglund, J., & Jeppsson, F. (2012). Using self-generated analogies in teaching of thermodynamics. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 898-921.

Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.

Holland, J. H., Holyoak, K. J., Nisbett, R. E., & Thagard, P. (1986). *Induction: Processes of inference, learning, and discovery*. Cambridge, MA: MIT Press.

Holyoak, K. J., & Thagard, P. (1997). The analogical mind. *American Psychologist*, 52(1), 35-44.

Kang, H. (2011). Comparison of characteristics of analogies on saturated solution generated by elementary school teachers, general and science-gifted students. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 30(3), 305-314.

Kang, H., & Cheon, J. (2010). Characteristics, mapping understanding, mapping errors, and perceptions of student-generated analogies by elementary school students' approaches to learning. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 30(5), 668-680.

Kaufman, D. R., Patel, V. L., & Magder, S. A. (1996). The explanatory role of spontaneously generated analogies in reasoning about physiological concepts. *International Journal of Science Education*, 18(3), 369-386.

Kim, D. (2008). The effects of applying instruction using high school students' self-generated analogies for concepts in genetics. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 28(5), 424-437.

Kim, D., & Kim, J. (2012). Mapping analysis of scientific concepts and analogies generated by middle school students about light and waves using learning materials for generating analogies. *Journal of Research in Curriculum Instruction*, 16(4), 1189-1209.

Kim, K., Choi, E., Cha, J., & Noh, T. (2006). The effect of an instruction using generating analogy on students' conceptual understanding in middle school science concept learning. *Journal of the Korean Chemical Society*, 50(4), 338-345.

Kim, K., Hwang, S., & Noh, T. (2008). An investigation of the types of student-generated analogies, the mapping understanding, and the mapping errors in concept learning on the reaction rate with generating analogy. *Journal of the Korean Chemical Society*, 52(4), 412-422.

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, M., Kwon, H., Kim, Y., & Noh, T. (2017). An investigation of the characteristics of analogies generated by high school students on ionic bonding: A comparison of characteristics of analogies depending on their cognitive variables. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37(1), 39-48.

Kim, Y., & Noh, T. (2015). An analysis of verbal interaction and analogy-generating pattern of science-gifted students in learning using analogy-generating strategy. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(6), 1063-1076.

Kim, Y., Moon, S., & Noh, T. (2009). An investigation of the types of analogies generated by science-gifted student, mapping errors on the chromatography, and the perceptions on generating analogy. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 29(8), 861-873.

Kim, Y., Park, W., & Noh, T. (2010). The characteristics of analogies generated by science-gifted students depending on the consideration of attributes and relationships in the processes of generating analogies. *Journal of the Korean Chemical Society*, 54(5), 621-632.

- Kwon, H., Choi, E., & Noh, T. (2003). Analysis of the analogies on three states of matter generated by middle school students. *Journal of the Korean Chemical Society*, 47(3), 265-272.
- Kwon, H., Kim, M., Kim, S., & Noh, T. (2017). The patterns of analogy change and the characteristics of discussions in collaborative activity of self-generated analogy. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37(3), 407-416.
- Lin, T. J., Anderson, R. C., Hummel, J. E., Jadallah, M., Miller, B. W., Nguyen-Jahiel, K., ... & Dong, T. (2012). Children's use of analogy during collaborative reasoning. *Child Development*, 83(4), 1429-1443.
- 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.
- 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., & Kang, H. (2009). Characteristics of student-generated analogies, mapping understanding, and mapping errors on saturated solution of scientifically-gifted and general elementary students. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 28(3), 292-303.
- Noh, T., Yang, C., & Kang, H. (2010). The types of analogy generation processes and the perceptions of analogy generation on saturated solution of fifth grade scientifically-gifted and general elementary students. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 29(2), 219-232.
- Nottis, K. E. K., & McFarland, J. (2001). A comparative analysis of pre-service teacher analogies generated for process and structure concepts. *Electronic Journal of Science Education*, 5(4).
- Park, B., & Shin, D. (2010). Elementary school high achievers' gender characteristics of successful and unsuccessful process in problem solving. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 10(2), 173-189.
- Rule, A. C., & Furletti, C. (2004). Using form and function analogy object boxes to teach human body systems. *School Science and Mathematics*, 104(4), 155-169.
- Spier-Dance, L., Mayer-Smith, J., Dance, N., & Khan, S. (2005). The role of student-generated analogies in promoting conceptual understanding for undergraduate chemistry students. *Research in Science & Technological Education*, 23(2), 163-178.
- Strauss, A., & Corbin, J. (1990). Open coding. In A. Strauss & J. Corbin (Eds.), *Basics of qualitative research: Grounded theory procedures and techniques* (2nd ed., 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.
- Vosniadou, S. (1989). Analogical reasoning as a mechanism in knowledge acquisition: A developmental perspective. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 413-437). New York: Cambridge University Press.
- Wong, E. D. (1993). Understanding the generative capacity of analogies as a tool for explanation. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1259-1272.
- You, J., Kang, S., Kim, J., & Noh, T. (2013). An investigation of students' science writing processes using think-aloud method. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(5), 881-892.
- Zook, K. B. (1991). Effects of analogical processes on learning and misrepresentation. *Educational Psychology Review*, 3(1), 41-72.