



## 고등학생이 이온 결합에 대해 생성한 비유의 특징 분석 - 학생의 인지적 특성에 따른 비유의 특징 비교 -

김민환<sup>1</sup>, 권혁순<sup>2</sup>, 김유정<sup>1</sup>, 노태희<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>서울대학교, <sup>2</sup>청주교육대학교

### An Investigation of the Characteristics of Analogs Generated by High School Students on Ionic Bonding: A Comparison of Characteristics of Analogs Depending on Their Cognitive Variables

Minhwan Kim<sup>1</sup>, Hyeoksoon Kwon<sup>2</sup>, Youjung Kim<sup>1</sup>, Taehee Noh<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Seoul National University, <sup>2</sup>Cheongju National University of Education

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 21 November 2016

Received in revised form

2 January 2017

3 January 2017

Accepted 3 January 2017

##### Keywords:

Self-generated analogy,  
Analogy, Ionic bonding,  
Cognitive variables

#### ABSTRACT

In this study, we investigated the characteristics of analogs generated by high school students to explain ionic bonding in the perspectives of the number of analogs, the understanding of mapping, and the source and type of analogs. We also compared the results by students' conceptual understanding, logical thinking ability, and analogical reasoning ability. Participants in this study were 395 11th graders in Seoul. The results of the study showed that the higher the conceptual understanding, the logical thinking ability, and the analogical reasoning ability, the more the students generated the analogs. The understanding of mapping was related to logical thinking ability and analogical reasoning ability. It is noteworthy that the sources of analogs differed only depending on their conceptual understanding of the target concept among the cognitive variables studied. Students who had higher conceptual understanding also generated analogs from more diverse sources. Some types of the generated analogs were related to the cognitive variables. For examples, the students who had higher conceptual understanding and logical thinking ability generated more verbal/pictorial analogs. The types of analogs were not related to cognitive variables in terms of artificiality, abstraction, and systemicity. Educational implications of these findings were discussed.

## 1. 서론

추상적이고 복잡한 개념을 많이 다루는 과학 교과에서는 학생들의 과학 학습을 돕기 위해 학생들에게 익숙한 일상의 사물이나 현상으로 과학 개념을 설명하는 비유가 자주 사용된다(Dagher, 1995; Duit, 1991; Noh & Kwon, 1999). 과학 수업에서 비유의 일반적인 활용 방식은 교사가 적절한 비유를 제시하고 제시한 비유와의 유사점을 바탕으로 과학 개념을 설명하는 것이다. 이러한 교사 중심의 비유 사용 수업은 학생들이 교사가 제시한 비유를 이해하지 못할 수 있고 비유에서 목표 개념으로 잘못된 전이가 일어나 학생들의 오개념을 유발할 수도 있다(Duit, 1991; Thiele & Treagust, 1994; Zook, 1991). 또한, 이는 교사가 제시한 비유를 학생들이 수동적으로 받아들이는 전통적인 방식의 수업에 가깝기 때문에 학생 중심의 구성주의적 수업 과도 거리가 있다(Blanchette & Dunbar, 2000). 따라서 과학 수업에서 비유의 활용 방식이 교사 중심에서 학생 중심으로 전환될 필요가 있으며(Cornelius-White, 2007), 이러한 맥락에서 비유 생성 활동(self-generated analogy)이 주목받고 있다(Wong, 1993a, 1993b).

비유 생성 활동은 학습하고자 하는 목표 개념에 대한 학생들의

비유 생성을 교사가 직접적으로 촉진하는 교수 방법으로 문제 해결 등의 상황에서 나타나는 자발적인 비유 생성(spontaneous analogy)과는 구별된다(Haglund, 2013). 비유 생성 활동을 통해, 학생들은 자신의 경험과 사전 지식을 확인하고 자신의 경험을 과학 개념의 새로운 상황과 연결하여 사고하는 데 적극적으로 참여함으로써 자기주도적인 학습을 할 수 있다. 최근에는 비유 생성 활동을 소집단 활동의 측면에서 접근하려는 시도도 이루어지고 있다(Bellocchi & Ritchie, 2011; Coll *et al.*, 2005; James & Schermann, 2007). 이는 학생 개인이 비유를 생성하는 데 그치는 것이 아니라 각자 생성한 비유의 특징이나 한계점 등을 소집단 구성원과 공유하고 논의하는 과정을 통해 비유를 발전시키는 것이다. 이러한 소집단 비유 생성 활동은 비유 생성 과정과 결과물에 대한 학생들의 반성적 사고를 촉진하여 비유의 양과 질을 향상시킬 수 있을 뿐 아니라 자신이 만든 비유를 소집단 구성원과의 논의를 통해 발전시켜 나감으로써 의사소통능력이나 과학적 모델링 능력과 같은 다양한 과학적 능력을 함양할 수 있다(Fogwill, 2010; Lemke, 2001).

비유 생성 활동은 다양한 교수 효과를 갖는다. 예를 들어, 비유 생성 활동은 학생들의 개념 이해에 긍정적인 영향을 미치는 것으로

\* 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.2017.37.1.0039

보고되었고(Byun & Kim, 2010; Kim, 2008; Kim *et al.*, 2006; Mayo, 2001; Spier-Dance *et al.*, 2005), 창의적 사고력, 비판적 사고력, 문제 해결력 등 다양한 사고력의 신장에도 효과적인 것으로 제안되고 있다(BouJaoude & Tamim, 2008; Choi *et al.*, 2006; Middleton, 1991; Noh *et al.*, 2009; Nottis & McFarland, 2001). 나아가, 비유 생성 활동은 형성평가의 도구로 활용될 수도 있다. 즉, 비유 자체가 과학적 모델의 하나로써(Harrison & Treagust, 2000), 학생들이 과학 개념에 대한 자신의 생각을 표출하는 일종의 표상이라고 볼 수 있기 때문에 학생들이 생성한 비유를 통해 학생들의 학습 과정과 이해 정도, 선개념 등을 파악할 수 있다(Haglund, 2013; Mozzer & Justi, 2012; Pittman, 1999). 이에 최근에는 대학생이 에너지에 대해 생성한 비유를 분석하여 대학생의 에너지에 대한 관점을 조사하고 이를 전공에 따라 비교하려는 시도(Lancor, 2014)가 이루어지기도 하였다.

학생 중심의 비유 생성 활동은 학생들이 직접 생성한 비유를 활용한다는 점에서 이를 효과적인 교수 전략으로 사용하기 위해서는 학생들이 생성한 비유의 특징을 조사할 필요가 있다. 이에 학생들이 생성한 비유를 분석한 연구가 일부 이루어졌는데(Kim *et al.*, 2009), 비유 생성 과정에서는 다양한 사고력이 요구될 뿐만 아니라 비유 생성 수업의 효과가 성취 수준과 같은 학생의 인지적 특성에 따라 달라질 수 있으므로(Spier-Dance *et al.*, 2005; Zook & Maier, 1994) 학생이 생성한 비유의 특징을 비유 생성과 관련될 수 있는 다양한 인지적 특성과의 관계를 통해 분석하는 연구가 필요하다. 그러나 선행 연구에서는 일반 학생과 과학 영재(Noh *et al.*, 2009), 초등학교 교사(Kang, 2011)가 생성한 비유를 비교·분석하여 비유의 특징에서 나타나는 차이를 이들의 인지적 수준의 차이를 통해 간접적으로 해석하는데 그쳤다. 또한, 비유의 특징을 학생의 특성에 따라 실증적으로 조사한 연구도 일부 이루어졌으나, 각각 과학 성취도(Kwon *et al.*, 2003), 논리적 사고력(Kim *et al.*, 2008), 학습접근양식(Kang & Cheon, 2010)에 따라 비유의 특징을 분석한 개별적인 조사에 그쳐 비유 생성과 관련될 수 있는 인지적 특성과 학생이 생성한 비유의 특징의 관계를 종합적으로 해석하기에는 한계가 있다. 특히, 비유 생성에 가장 큰 영향을 미칠 것으로 기대되는 목표 개념에 대한 이해도와 비유의 관계를 분석한 연구가 거의 이루어지지 않아 이와 관련된 정보가 부족한 실정이다. 따라서 학생이 생성한 비유의 특징을 인지적 특성에 따라 체계적으로 분석한 연구가 필요하다.

한편, 화학 결합은 추상적인 성격이 강하여 학생들이 학습에 어려움을 겪을 수 있는 화학의 주요 개념 중 하나이다(Fensham, 1975). 비유 생성 활동은 비유 사용 수업과 마찬가지로 추상적이고 미시적인 개념의 학습에 효과적일 수 있으므로 화학 결합은 비유 생성 활동에 적합한 주제라고 볼 수 있다. 이에 이 연구에서는 화학 결합의 하위 개념 중 하나인 이온 결합에 대해 고등학교 2학년 학생들이 생성한 비유의 특징을 조사하였다. 비유의 특징은 학생들이 생성한 비유의 개수와 생성한 비유에 대한 대응 관계 이해도, 비유의 소재와 유형의 측면에서 분석하였다. 또한, 학생들이 생성한 비유의 특징을 인지적 특성에 따라 조사하기 위하여 비유 생성 활동과 큰 관련이 있을 것으로 기대되는 인지적 특성인 목표 개념에 대한 이해도, 논리적 사고력, 비유 추론 능력의 세 가지 변인을 선정하고 이에 따라 생성된 비유의 특징을 비교하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상 및 절차

서울특별시 소재한 5개 고등학교의 2학년 16개 학급에서 연구의 모든 절차에 참여한 학생 중 불성실한 응답을 보인 학생(6명)을 제외한 389명(남학생 200명, 여학생 189명)을 분석 대상으로 하였다. 학생들이 고등학교 2학년의 두 학기에 걸쳐 화학1을 모두 이수한 후에 총 3차시 동안 연구를 진행하였다. 1, 2차시에는 이온 결합에 대한 학생들의 개념 이해도와 논리적 사고력, 비유 추론 능력을 조사하기 위한 검사를 실시하였다. 3차시에는 비유 생성 활동에 대한 오리엔테이션(10분), 이온 결합 개념에 대한 비유 생성 활동(25분), 자신이 생성한 비유 중 하나를 선택하여 비유와 목표 개념이 지닌 속성을 대응하는 대응 관계 이해도 검사(15분)를 실시하였다. 오리엔테이션에서는 비유의 정의와 과학사에서 비유적 추론의 사례를 설명한 후, 지구의 내부 구조에 대한 ‘달걀 비유’를 사용하여 비유와 목표 개념 간에는 유사점과 차이점이 있다는 것을 설명하였다.

### 2. 검사 도구

이온 결합에 대한 개념 이해도 검사는 이온 결합의 형성, 이온 결합 물질의 특징 등 이온 결합 전반에 대한 이해 수준을 묻는 선다형 7문항으로 구성하였다. 개발한 검사지는 과학교육 전문가 3인 및 과학교사 2인으로부터 내용 타당도를 검증 받았다. 논리적 사고력 검사는 총 12문항으로 구성된 Group Assessment of Logical Thinking (GALT) 축소본(Roadrangka *et al.*, 1983)을 사용하였다. 비유 추론 능력 검사는 A와 B의 관계를 바탕으로 C와 D의 관계를 유추하는 방식으로 A와 B의 관계와 C를 함께 제시한 후 적절한 D를 선택하도록 하는 총 12문항으로 구성된 비유 추론 능력 검사지(Noh *et al.*, 1997)를 사용하였다. 개념 이해도, 논리적 사고력, 비유 추론 능력 검사의 내적 신뢰도(Cronbach's  $\alpha$ )는 각각 .650, .709, .683이었다.

비유 생성 활동을 위한 활동지는 이온 결합의 형성 과정과 구조적 특징에 대한 내용을 간단히 제시하여 학생들이 이를 참고하여 이온 결합을 설명할 수 있는 비유를 자세히 나타내도록 구성하였다. 대응 관계 이해도 검사는 비유와 목표 개념 간의 대응 관계에 대한 이해도를 조사하기 위해 Kim *et al.*(2009)의 연구에서 사용한 검사지를 참고하여 개발하였다. 즉, 학생들이 생성한 여러 개의 비유 중 하나의 비유를 선택한 후, 검사지의 ‘보기’에 제시된 목표 개념의 속성과 선택한 비유의 속성을 비교하여 유사점(공유 속성)과 차이점(비공유 속성)에 해당하는 요소를 대응하고, 그 이유를 서술하도록 구성하였다. 또한, ‘보기’에는 제시되지 않았으나 생성한 비유에 포함된 목표 개념의 속성은 직접 추가하여 대응할 수 있도록 구성하였다. 목표 개념의 속성은 교육과정과 교과서 등을 검토하여 양이온, 음이온, 전자, 옥텟 규칙, 정전기적 인력, 결정 구조의 6개를 선정하여 검사지에 ‘보기’로 제시하였다. 비유 생성 활동을 위한 활동지와 대응 관계 이해도 검사지는 과학 교육 전문가 3인과 과학교사 2인으로부터 내용 타당도를 검증받았다.

### 3. 분석 방법

이온 결합에 대한 개념 이해도 검사와 논리적 사고력 검사, 비유 추론 능력 검사는 모든 문항에 1점을 배점하여 각각 총 7점, 12점, 12점으로 분석하였다. 이후, 학생의 인지적 특성에 따라 생성한 비유의 특징을 조사하기 위하여 모든 학생을 각 검사의 삼분위 점수를 기준으로 상위, 중위, 하위의 세 집단으로 구분하였다(Table 1).

Table 1. The numbers of subjects in this study

인지적 특성	개념 이해도			논리적 사고력			비유 추론 능력			계
	상	중	하	상	중	하	상	중	하	
학생 수(명)	123	156	110	147	108	134	98	137	154	389
(%)	(31.6)	(40.1)	(28.3)	(37.8)	(27.8)	(34.4)	(25.2)	(35.2)	(39.6)	(100)

비유 생성 개수는 학생 1인당 생성한 비유의 개수에 대한 빈도와 백분율(%)을 분석하였다. 또한, 인지적 특성에 따라 비유 생성 개수의 차이를 조사하기 위하여 일원분산분석(one-way ANOVA)을 실시하고자 하였으나, 모수 통계의 가정을 만족하지 못하여 비모수 분석 방법인 Kruskal-Wallis 검증을 실시하였다. 주효과가 있는 경우에는 집단 간 차이를 밝히기 위하여 Dunn의 방법으로 사후 검증을 실시하였다. 이후 대응 관계 이해도와 비유의 소재, 비유의 유형에 대한 분석은 비유를 1개 이상 생성한 학생들의 응답을 대상으로 실시하였다.

대응 관계 이해도는 유사점에 해당하는 공유 속성과 차이점에 해당하는 비공유 속성으로 나누어 분석하였다(Kang & Cheon, 2010). 즉, 공유 속성의 경우 검사지에 ‘보기’로 제시된 목표 개념의 6개 속성이 학생들이 생성한 비유에 포함되어 있으면 속성 1개당 1점, 이 속성을 목표 개념의 속성에 올바르게 대응한 경우에는 1점을 추가하여 각 속성 당 2점 만점으로 채점하였다. 비공유 속성의 경우에는 학생들이 생성한 비유에 따라 비공유 속성의 수와 종류가 다를 수 있으므로,

학생들이 생성한 모든 비유를 예비 분석하여 양이온과 음이온의 구분, 결정 구조의 규칙성, 전자 이동의 특성의 3가지 비공유 속성을 선정하였다. 학생이 생성한 비유에 비공유 속성이 존재하지 않거나, 비공유 속성을 비유와 목표 개념의 차이점으로 인식하여 대응한 경우에는 2점, 그렇지 않은 경우에는 0점으로 채점하였다. 결과적으로, 공유 속성(6개)의 12점과 비공유 속성(3개)의 6점을 합해 총 18점을 만점으로 채점하였다. 대응 관계 이해도 검사 점수도 모수 통계의 가정을 만족하지 못하였으므로, 인지적 특성에 따라 대응 관계 이해도 검사 점수에 차이가 있는지 조사하기 위하여 인지적 특성에 따른 집단의 수준을 독립 변인으로 하고 대응 관계 이해도 검사 점수를 종속 변인으로 하는 Kruskal-Wallis 검증을 실시하였다. 주효과가 있는 경우에는 집단 간 차이를 밝히기 위해 Dunn의 방법으로 사후 검증을 실시하였다.

비유의 소재를 분석하기 위해, 학생들이 생성한 모든 비유를 예비 분석하여 ‘사람’, ‘사물’, ‘음식’, ‘여가’, ‘자연 환경’, ‘신체’, ‘과학 개념’, ‘학교 및 학업’, ‘교통수단’, ‘기타’의 10가지 소재를 분류하였다(Table 2). 이를 바탕으로 각 소재를 활용한 비유의 개수에 대한 빈도와 백분율(%)을 분석하였다. 인지적 특성에 따라 비유의 소재가 다른지 조사하기 위하여 인지적 특성에 따른 각 하위 집단의 소재별 빈도와 백분율의 분포를 비교하였다. 즉, 각 하위 집단에서 생성한 비유의 총 개수에서 특정한 소재의 비유가 차지하는 비율과 모든 학생이 생성한 비유의 총 개수에서 해당 소재의 비유가 차지하는 비율을 비교하였다. 또한, 학생들이 비유를 생성할 때 다양한 소재를 활용하는 정도를 조사하기 위하여 중등 학생의 창의성 검사를 위한 검사지를 개발한 Hu & Adey (2002)의 연구를 참고하여 비유 소재의 다양성 점수를 학생별로 채점하였다. 비유 소재의 다양성 점수는 비유의 소재가 해당하는 종류의 개수에 따라 점수를 배점하였다. 예를 들어, 각각 사람, 사물 소재를 활용하여 비유를 총 2개 생성한 학생은 2점, 사람 소재만을 활용하여 비유를 2개 생성한 학생은 1점을 배점하였다. 인지적 특성에 따라 비유 소재의 다양성 점수 차이를 조사하기

Table 2. The description of the sources of analogs

소재	설명	예시
사람	대인 관계나 단체 등 사람을 활용한 비유	- 전자를 주고받는 양이온과 음이온의 관계를 선물을 주고받는 남녀관계에 빗댄 - 이온 결합 물질의 결정 구조를 크리스마스 때 커플들이 집결한 모습에 빗댄
사물	일상생활에서 접할 수 있는 사물을 활용한 비유	- 양이온과 음이온에 작용하는 인력을 서로 당기는 두 개의 자석에 빗댄 - 이온 결합 물질의 결정 구조를 타일의 구조에 빗댄
음식	음식과 음료 등 먹을 것을 활용한 비유	- 양이온과 음이온의 결합을 양념 반 후라이드 반 치킨에 빗댄 - 이온 결합 물질의 결정 구조를 쌀강정의 모양에 빗댄 - 이온 결합에서 전자의 이동을 피자 조각을 주고받는 것에 빗댄
여가	놀이, 스포츠, 게임, 만화화 같은 여가 생활과 관련된 비유	- 이온 결합 물질의 결정 구조를 레고 블럭에 빗댄 - 이온 결합에서 전자의 이동을 캐치볼에서 공을 주고받는 것에 빗댄
자연 환경	동물·식물과 같은 생물과 암석 등의 무생물을 포함한 자연과 관련된 비유	- 전자를 주고받는 양이온과 음이온의 관계를 악어와 악어새의 관계에 빗댄
신체	사람의 신체나 이와 관련된 개념을 활용한 비유	- 양이온과 음이온의 결합을 정자와 난자의 결합에 빗댄
과학 개념	과학 교과에서 다루는 개념이나 전문적인 과학 지식을 활용한 비유	- 양이온과 음이온의 결합을 응집원과 응집소의 결합에 빗댄
학교 및 학업	학교에서 접할 수 있는 상황이나 학습 상황과 관련된 비유	- 이온 결합 물질의 결정 구조를 학생들이 운동장에 모여 있는 모습에 빗댄 - 이온 결합에서 전자의 이동을 두 조 사이의 조원 이동에 빗댄
교통수단	자동차나 지하철과 같이 탈 것과 관련된 비유	- 양이온과 음이온의 결합을 전동차의 연결에 빗댄
기타	이상의 소재에 포함되지 않는 비유	- 양이온과 음이온의 결합을 남한과 북한을 결합에 빗댄 - 이온 결합에서 전자의 이동을 두 개의 물기둥에서 물이 이동하는 것에 빗댄

위하여, 인지적 특성에 따른 집단의 수준을 독립 변인으로 하고 비유 소재의 다양성 점수를 종속 변인으로 하는 Kruskal-Wallis 검증을 실시하였고, 주효과가 있는 경우에는 집단 간 차이를 밝히기 위해 Dunn의 방법으로 사후 검증을 실시하였다.

비유의 유형은 Kim et al.(2009)의 분석틀에 따라 표현 방식, 공유 속성, 작위성, 추상도, 대응 정도, 체계성의 측면에서 분류하여 각 유형에 해당하는 비유의 개수에 대한 빈도와 백분율(%)을 분석하고 비유의 소재에 대한 분석과 마찬가지로 이를 인지적 특성에 따라 비교하였다. 우선, 비유의 표현 방식에 따라 글 비유, 그림 비유, 글과 그림 비유로 분류하였다. 공유 속성의 측면에서는 목표 개념과 비유의 공유 속성이 외적인 모양이나 크기, 색깔 등의 구조적인 유사성만 포함하는 구조적 비유, 기능이나 행동적인 성질 등의 유사성만 포함하는 기능적 비유, 두 측면을 모두 포함하는 구조와 기능적 비유로 분류하였다. 작위성은 일상적으로 흔히 볼 수 있는 사물이나 상황을 그대로 활용하여 비유의 상황을 구성한 일상적 비유와 목표 개념에 맞게 작위적으로 비유의 상황을 구성한 작위적 비유로 분류하였다. 추상도의 측면에서는 감각을 통해 직접 관찰할 수 있는 소재를 활용한 구체적 비유와 추상적 소재를 활용한 추상적 비유로 분류하였다. 대응 정도는 비유와 목표 개념의 공유 속성에 대한 부연이나 비유의 제한점에 대한 설명을 포함한 부연 비유와 그렇지 않은 단순 비유로 분류하였다. 체계성은 목표 개념의 인과 관계에 대응되는 구조를 체계적으로 포함한 고체계 비유와 목표 개념의 인과 관계를 포함하지 않은 저체계 비유로 분류하였다.

대응 관계 이해도, 비유의 소재와 유형에 대한 모든 분석은 분석의 신뢰도를 높이기 위해, 2인의 연구자가 무작위로 선정한 일부의 연구 결과를 각자 분석하고 분석한 결과를 비교하는 과정을 반복하여 연구자간 일치도가 90%이상인 후, 1인의 연구자가 모든 연구 결과를 분석하였다.

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 비유 생성 개수

학생 1인당 비유 생성 개수에 대한 빈도와 백분율은 Table 3과 같다. 학생들이 이온 결합에 대해 생성한 비유는 총 550개로 1인당 약 1.41개의 비유를 생성하여 학생들은 평균적으로 1개 이상의 비유를 생성하였다. 그러나, 비유를 하나도 생성하지 못한 학생들도 27.2%를 차지하여 비유 생성에 어려움을 겪는 학생들도 적지 않은 것으로 나타났다. 한편, 온도와 농도에 따른 반응속도에 대해 고등학교 1학년 학생 153명이 생성한 비유를 분석한 Kim et al.(2008)의 연구에서 과반의 학생들이 비유를 생성하지 못한 것에 비해 이 연구에서는 많은 학생들이 비유를 생성하였다. 이러한 결과는 목표 개념에 내재된 인과관계나 구조적/기능적 특성 혹은 학생들이 느끼는 목표 개념의 수준 등 목표 개념이 갖는 다양한 특성이 영향을 미친 결과라고 볼 수 있다. 즉, 목표 개념에 따라 학생들이 비유를 쉽게 혹은 어렵게 생성할 수 있고 이에 따라 학생들이 비유 생성 활동에서 겪는 어려움도 달라질 수 있으므로 목표 개념의 어떠한 특성이 비유 생성에 영향을 미치는지를 조사하는 등 이와 관련된 추후 연구가 필요하다.

Table 3. The frequencies of student-generated analogs per person

비유 생성 개수(개)	0	1	2	3	4	5이상	계
빈도(명)	106	140	54	63	21	5	389
(%)	(27.2)	(36.0)	(13.9)	(16.2)	(5.4)	(1.3)	(100)

학생 1인당 비유 생성 개수의 집단별 평균과 집단별 차이에 대한 Kruskal-Wallis 검증 결과는 Table 4와 같다. 개념 이해도와 논리적 사고력의 경우, 수준이 높은 집단일수록 학생 1인당 비유 생성 개수가 많았고, 집단 간 차이가 통계적으로 유의미하였다( $p < .05$ ). 사후 검증 결과, 개념 이해도 하위 집단이 중위 집단( $p = .000$ ) 또는 상위 집단( $p = .000$ )과 통계적으로 유의미한 차이를 보였고, 논리적 사고력의 경우, 하위 집단과 상위 집단의 차이가 통계적으로 유의미하였다( $p = .000$ ). 비유 추론 능력의 경우, 중위, 상위, 하위 집단의 순서로 학생 1인당 비유 생성 개수가 많았고, 집단 간 차이가 유의미하였다( $p < .05$ ). 사후 검증 결과, 하위 집단이 중위 집단( $p = .013$ ) 또는 상위 집단( $p = .013$ )과 통계적으로 유의미한 차이를 보였고, 중위 집단과 상위 집단의 차이는 유의미하지 않았다. 즉, 비유 추론 능력의 상위와 중위 집단의 1인당 비유 생성 개수가 하위 집단의 1인당 비유 생성 개수 보다 통계적으로 유의미하게 많았다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때, 학생들의 목표 개념에 대한 이해도, 논리적 사고력, 비유 추론 능력이 높을수록 비유를 더 많이 생성한다고 할 수 있다. 이는 Kim et al.(2008)의 연구에서 학생들의 논리적 사고력의 수준이 높을수록 비유를 생성하지 못한 학생의 비율이 낮았던 결과와 유사한 맥락이다.

Table 4. Means of the frequencies of student-generated analogs per person for each group and the results of the Kruskal-Wallis test in the frequencies of student-generated analogs per person

	개념 이해도			논리적 사고력			비유 추론 능력			계
	상	중	하	상	중	하	상	중	하	
M	1.80	1.47	0.90	1.73	1.35	1.11	1.55	1.59	1.17	1.41
(SD)	(1.41)	(1.26)	(1.08)	(1.37)	(1.20)	(1.24)	(1.17)	(1.43)	(1.25)	(1.30)
$\chi^2$	31.804			19.500			11.405			
p	.000*			.000*			.003*			

\*  $p < .05$

#### 2. 대응 관계 이해도

대응 관계 이해도 검사 점수의 집단별 평균과 집단별 차이에 대한 Kruskal-Wallis 검증 결과를 Table 5에 나타내었다. 학생들이 생성한 비유에 대한 대응 관계 이해도 검사 점수의 평균은 6.23으로 18점 만점의 절반에도 이르지 못하였다. 이는 공유 속성을 많이 포함하는 비유를 생성하고 이를 목표 개념의 공유 속성과 대응하고 비공유 속성을 인식하는 데 학생들이 적지 않은 어려움을 겪은 것으로 볼 수 있다.

Table 5. Means of the understanding of mapping test scores for each group and the results of the Kruskal-Wallis test in the mapping understanding test scores

	개념 이해도			논리적 사고력			비유 추론 능력			계
	상	중	하	상	중	하	상	중	하	
M	6.78	5.93	5.89	6.98	6.17	5.18	6.91	6.30	5.61	6.23
(SD)	(3.65)	(3.06)	(3.81)	(3.55)	(3.35)	(3.19)	(3.37)	(3.69)	(3.22)	(3.47)
$\chi^2$	3.514			13.756			6.936			
p	.173			.001*			.031*			

\*p<.05

세 가지 변인 모두에서 수준이 높은 집단일수록 대응 관계 이해도 검사 점수가 높았는데, 개념 이해도의 수준에 따른 집단 간 차이는 통계적으로 유의미하지 않았고(p=.173), 논리적 사고력과 비유 추론 능력의 수준에 따른 집단 간 차이가 통계적으로 유의미하였다(p<.05). 사후 검증 결과, 논리적 사고력(p=.001)과 비유 추론 능력(p=.034) 모두 상위 집단과 하위 집단의 차이가 통계적으로 유의미하였다(p<.05). 즉, 학생들의 논리적 사고력과 비유 추론 능력이 높을수록 공유 속성을 더 많이 포함하는 비유를 생성하고 이를 목표 개념과 잘 대응하는 것으로 나타났다.

이상의 결과는 온도와 반응 속도에 대해 고등학교 1학년 학생들이 생성한 비유를 분석한 Kim et al.(2008)의 연구에서 형식적 조작기와 과도기 학생들의 대응 관계 이해도 검사 점수가 구체적 조작기 학생들의 점수보다 높았던 결과와 유사하다. 그런데, Kim et al.(2008)의 연구에서 ‘논리적 사고력이 낮은 학생들이 목표물이 지닌 속성을 이해하지 못해 이 속성들을 비유에 포함시키지 못하거나 바르게 대응시키지 못했다’고 해석한 것을 포함하여 학생들이 생성한 비유에 대한 대응 관계 이해도를 조사한 연구들(Kang & Cheon, 2010; Noh et al., 2009)에서는 대응 관계 이해도를 목표 개념에 대한 이해도와 관련

지어 해석하였다. 그러나 이 연구에서 대응 관계 이해도는 개념 이해도에 따라 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았고, 논리적 사고력과 비유 추론 능력에 따라서만 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. 이는 대응 관계 이해도가 개념 이해도보다는 논리적 사고력이나 비유 추론 능력과 더 큰 관계가 있다는 것을 의미하므로, 학생들의 목표 개념에 대한 이해도가 유사하더라도 논리적 사고력이나 비유 추론 능력에 따라 대응 관계 이해도가 다를 수 있음을 시사한다. 개념 이해도에 비해 논리적 사고력과 비유 추론 능력이 비교적 고유한 인지적 특성이라는 점에서 이러한 결과는 특히 주목할 만하다. 그러나 대응 관계 이해도를 학생들의 인지적 특성과 관련하여 체계적으로 조사한 연구나 학생들의 비유 생성 과정이나 대응 명료화 과정을 심층적으로 조사한 연구가 부족한 상황이므로 이와 관련된 추후 연구가 필요하다.

### 3. 비유의 소재

비유의 소재를 분석한 결과는 Table 6과 같다. 학생들은 이온 결합에 대한 비유로 사람(201개, 36.5%)와 관련된 비유를 가장 많이 생성하였고, 다음으로 사물(112개, 20.4%), 음식(56개, 10.2%), 여가(54개, 9.8%), 자연 환경(50개, 9.1%)과 관련된 비유를 많이 생성하였다. 학생들이 가장 많이 생성한 사람과 관련된 비유에서는 남자와 여자, 부자와 거지와 같이 두 사람의 관계를 통해 이온 결합에서 양이온과 음이온의 관계를 빗댄 비유가 가장 많았고, 변화기에 사람들이 모여 있는 모습과 같이 사람들이 모인 집단의 모습을 통해 이온 결합 물질의 결정 구조를 빗댄 비유도 적지 않았다. 사물, 음식, 여가, 자연 환경과 관련된 비유에서도 이와 유사한 경향을 보였다. 예를 들어, 사물 비유에서는 두 개의 자석을 통해 양이온과 음이온의 관계를 빗댄 비유가 가장 많았고, 연속된 타일의 구조를 통해 이온 결합 물질의 결정 구조를 빗댄 비유가 일부 있었다.

Table 6. The frequencies of student-generated analogs from various sources

소재	사람	사물	음식	여가	자연 환경	신체	과학 개념	학교 및 학업	교통 수단	기타	계
빈도 (%)	201 (36.5)	112 (20.4)	56 (10.2)	54 (9.8)	50 (9.1)	34 (6.2)	15 (2.7)	12 (2.2)	8 (1.5)	8 (1.5)	550 (100)
개념 이해도	상	77 (35.2)	42 (19.2)	27 (12.3)	20 (9.1)	16 (7.3)	9 (4.1)	7 (3.2)	3 (1.4)	2 (0.9)	219 (39.8)
	중	76 (33.3)	59 (25.9)	19 (8.3)	26 (11.4)	20 (8.8)	4 (1.8)	3 (1.3)	3 (1.3)	3 (1.3)	228 (41.5)
	하	48 (46.6)	11 (10.7)	10 (9.7)	8 (7.8)	14 (13.6)	3 (2.9)	2 (1.9)	2 (1.9)	3 (2.9)	103 (18.7)
논리적 사고력	상	94 (37.9)	49 (19.8)	26 (10.5)	26 (10.5)	20 (8.1)	9 (3.6)	4 (1.6)	5 (2.0)	3 (1.2)	248 (45.1)
	중	50 (34.2)	36 (24.7)	14 (9.6)	13 (8.9)	10 (6.8)	4 (2.7)	5 (3.4)	3 (2.1)	1 (0.7)	146 (26.5)
	하	57 (36.5)	27 (17.3)	16 (10.3)	15 (9.6)	20 (12.8)	12 (7.7)	3 (1.9)	0 (0.0)	4 (2.6)	156 (28.4)
비유 추론 능력	상	52 (34.0)	31 (20.3)	18 (11.8)	17 (11.1)	14 (9.2)	9 (5.9)	3 (2.0)	4 (2.6)	2 (1.3)	153 (27.8)
	중	76 (36.2)	47 (22.4)	24 (11.4)	19 (9.0)	19 (9.0)	13 (6.2)	1 (0.5)	3 (1.4)	3 (1.4)	210 (38.2)
	하	73 (39.0)	34 (18.2)	14 (7.5)	18 (9.6)	17 (9.1)	12 (6.4)	7 (3.7)	1 (0.5)	3 (1.6)	187 (34.0)

이러한 결과는 목표 개념인 이온 결합의 개념적 특성과 관련지어 해석할 수 있는데, 금속 원자가 전자를 주고 비금속 원자가 전자를 받는 관계나 전자의 이동을 통해 형성된 양이온과 음이온 사이의 인력이 이온 결합의 핵심적인 개념이라고 볼 수 있다. 따라서 학생들이 이와 관련된 소재를 찾기 위해 두 객체 사이의 관계나 이들 사이에 작용하는 힘을 표현하기 위한 사람과 관련된 비유를 많이 생성했다고 볼 수 있다. 각 소재에서도 양이온과 음이온의 관계를 빗댄 비유가 가장 많았고, 결정 구조를 표현한 비유는 적었던 것도 이러한 영향에 의한 결과라고 볼 수 있다.

한편, 이온 결합에 대해 학생들이 생성한 비유를 분석한 연구가 많이 이루어지지는 않았으나, 브라질의 사립학교에 재학중인 13-14세의 학생들을 대상으로 이온 결합의 상위 개념이라고 할 수 있는 화학 결합에 대해 학생들이 생성한 비유를 분석한 Mozzer & Justi (2012)의 연구에서 학생들이 생성한 비유가 주로 대인 관계나 자식 등으로 본 연구에서 가장 높은 비율을 차지한 사람, 사물과 관련된 비유였다. 이는 사회문화적 배경이 꽤 다르더라도 목표 개념에 따라 학생들이 생성한 비유의 소재가 유사할 수 있다는 것을 의미한다. 그런데, 비유의 소재는 학생의 개념 이해에 영향을 미칠 수 있으므로 (Kang, 2011; Kim & Park, 2000) 과학 교과에서 비유 활용의 효용성을 높이기 위해 주요 과학 개념에 대해 학생들이 생성한 비유를 조사하는 연구가 추가적으로 필요하다.

각 변인의 수준에 따라 학생들이 생성한 비유의 소재를 살펴보았다. 먼저 개념 이해도의 측면에서는 상위와 중위 집단의 학생들이 생성한 비유의 소재별 백분율 분포가 전체 학생들이 생성한 비유의 소재별 백분율 분포와 큰 차이를 보이지 않았다. 예를 들어, 상위 집단의 소재별 백분율은 전체 비유의 소재별 백분율과 비교하여 모든 소재에서 2%포인트 이하의 차이를 보였다. 중위 집단에서 사물과 관련된 비유가 25.9%를 차지하여 전체 비유 중 사물 소재의 비율인 20.4%보다 5.5%포인트 큰 경우가 있었으나 5%포인트 내외의 차이였다. 그러나 개념이해도 하위 집단의 경우, 사람과 관련된 비유의 백분율이 46.6%로 전체 비유의 36.5%보다 10%포인트 이상 높았고, 사물 비유의 백분율은 전체 비유의 20.4%보다 약 10%포인트 낮았다. 즉, 개념 이해도 하위 집단의 학생들이 중위나 상위 집단의 학생들보다 두드러지게 사람과 관련된 비유를 많이 만들고, 사물과 관련된 비유는 적게 만들었다. 또한, 이러한 결과를 개념 이해도 하위 집단의 학생들이 가장 생각하기 쉬운 소재의 비유를 더 많이 생성한 것으로 해석할 수 있는데, 하위 집단의 학생들이 다른 집단의 학생들보다 더 많이 활용한 비유의 소재가 전체 소재 중 가장 높은 비율을 차지한 사람 소재였기 때문이다.

논리적 사고력과 비유 추론 능력의 경우에는 모든 소재에서 각 집단의 소재별 백분율이 전체 학생들이 생성한 비유의 소재별 백분율과 5%포인트 이하의 차이를 보였다. 즉, 학생들이 비유를 생성하기 위하여 활용하는 소재는 논리적 사고력이나 비유 추론 능력에 따라 크게 달라지지 않는 것으로 나타났다. 이를 개념 이해도에 따른 결과와 종합해 볼 때, 학생들이 생성한 비유의 소재는 논리적 사고력이나 비유 추론 능력보다는 목표 개념에 대한 이해도에 더 큰 영향을 받는 것으로 볼 수 있다.

비유의 소재는 비유 생성 활동에서도 중요하다고 볼 수 있는데, 학생들은 주로 자신의 사전 지식이나 경험 등을 바탕으로 비유를 생

성하므로 개인의 특성에 따라 비유의 소재가 다를 수 있다(Kang, 2011; Kim *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2009). 또한, 교과서에서 제시하고 있는 비유(Kwon *et al.*, 2003)뿐만 아니라 교사가 생성한 비유(Kang, 2011; Mozzer & Justi, 2013)도 학생들이 생성한 비유와 많이 다른 것으로 보고되고 있다. 이에 학생들이 자신에게 익숙한 소재를 활용하여 비유를 직접 생성하도록 하는 학생 중심 활동인 비유 생성 활동의 의의에 비추어 볼 때, 학생들이 활용하는 비유의 소재가 논리적 사고력이나 비유 추론 능력과 같은 인지적 특성에 영향을 받지 않고, 개념 이해도에 영향을 받는다는 연구 결과는 특히 의미가 크다고 볼 수 있다.

비유 소재의 다양성 점수의 집단별 평균과 집단별 차이에 대한 Kruskal-Wallis 검정 결과는 Table 7과 같다. 개념 이해도와 논리적 사고력의 수준이 높은 집단일수록 비유 소재의 다양성 점수가 높았으나, 개념 이해도에서만 집단 간 차이가 통계적으로 유의미하였고 ( $p < .05$ ), 상위 집단의 점수가 하위 집단보다 높았다( $p = .008$ ). 비유 추론 능력은 중위, 상위, 하위 집단 순으로 비유 소재의 다양성 점수가 높았으나 집단 간 차이가 통계적으로 유의미하지 않았다. 즉, 학생들의 목표 개념에 대한 이해도가 높을수록 다양한 소재를 활용하여 비유를 생성하는 것으로 나타났다. 이 결과를 개념 이해도에 따라 비유의 소재가 달랐던 앞의 결과와 종합하면 학생들이 생성한 비유의 소재는 개념 이해도와 큰 관련이 있다고 할 수 있다.

Table 7. Means of the diversity scores of analogs for each group and the results of the Kruskal-Wallis test in the diversity scores of analogs

	개념 이해도			논리적 사고력			비유 추론 능력			계
	상	중	하	상	중	하	상	중	하	
M	1.77	1.61	1.37	1.73	1.55	1.50	1.64	1.66	1.48	1.62
(SD)	(0.96)	(0.77)	(0.71)	(0.95)	(0.71)	(0.76)	(0.82)	(0.89)	(0.75)	(0.84)
$\chi^2$	10.269			3.564			2.439			
<i>p</i>	.006*			.168			.295			

\* $p < .05$

생성한 비유의 개수가 많으면 비유 소재의 다양성 점수도 높을 가능성이 크기 때문에 다양성 점수는 비유 생성 개수와 큰 관련이 있다고 볼 수 있다. 그런데, 비유 생성 개수에 대한 결과에서 모든 변인이 비유 생성 개수와 유의미한 관계가 있는 것으로 나타난 것과 달리 다양성 점수에서는 개념 이해도만 유의미한 관계가 있는 것으로 나타난 것은 다음과 같은 측면에서 해석할 수 있다. 학생들이 같은 목표 개념인 이온 결합에 대한 비유를 생성하더라도 이온 결합에 대한 개념 중 어떤 측면에서 접근하는지에 따라 활용하는 비유의 소재가 다를 수 있다. 예를 들어, 이온 결합을 단순히 양이온과 음이온의 결합이라는 측면에서 접근한 학생들은 사람 소재에 해당하는 남녀 비유를 생성하였으나, 이온 결합 물질의 결정 구조의 측면에서 접근한 학생들은 여가 소재에 해당하는 퍼즐이나 큐빅 장난감 등의 비유를 생성하였다. 따라서 목표 개념에 대한 이해도가 높은 학생들이 목표 개념에 대해 풍부한 지식을 바탕으로 목표 개념을 여러 측면에서 접근하였기 때문에 다양한 소재를 활용한 비유를 생성한 것으로 볼 수 있다.

#### 4. 비유의 유형

학생들이 생성한 비유의 유형별 빈도와 이를 학생의 인지적 특성에 따라 비교한 결과를 Table 8에 정리하였다. 먼저 표현 방식을 살펴보면, 글과 그림을 모두 사용하여 비유를 표현한 경우가 가장 많았고(60.7%), 글로만 표현한 경우도 적지 않았으며(33.6%), 그림으로만 비유를 표현한 경우는 드물었다(5.6%). 이를 각 변인의 수준에 따라 살펴보면, 개념 이해도와 논리적 사고력의 수준이 높은 집단일수록 글 비유는 적게 생성하고, 글과 그림 비유를 많이 생성하는 일관된 경향을 보였다. 논리적 사고력의 수준이 높은 집단의 학생들이 대응 관계 이해도 점수가 높았던 결과에 비추어 볼 때, 이러한 결과는 개념 이해도와 논리적 사고력이 높은 학생들이 더 구체적이고 내용이 풍부한 비유를 생성하였고, 이를 효과적으로 표현하기 위해 글과 그림을 모두 사용한 것으로 볼 수 있다. 대응 정도에 따른 분석 결과도 이와 유사한 맥락에서 볼 수 있다. 전체 비유 중 부연 비유가 86.2%를 차지하였고 단순 비유는 13.8%에 불과하였는데, 논리적 사고력의 수준이 높은 집단일수록 단순 비유보다는 부연 비유를 더 많이 생성하였다. 즉, 표현 방식과 마찬가지로 논리적 사고력이 높은 학생들이 더 정교한 비유를 생성하였고 이를 효과적으로 표현하기 위해, 비유를 목표 개념과 관련지어 자세히 설명하려는 경향이 있었다.

반면, 작위성과 추상도 측면에서는 각 변인의 수준에 관계없이 각 유형의 백분율이 유사한 경향을 보여 인지적 특성에 큰 영향을 받지

않는 것으로 나타났다. 작위성의 경우 일상적 비유가 대부분(88.2%) 이었고 작위적 비유가 일부(11.8%) 있었다. 그런데, 인지적 특성의 수준이 높고 낮음에 따라 일관되게 특정 유형이 증가하거나 감소하는 경향을 보이지 않거나, 일관된 경향을 보이더라도 그 차이가 크지 않았다. 예를 들어, 개념 이해도가 높은 집단일수록 작위적 비유를 더 많이 생성하는 경향이 있었으나 집단 간 차이가 3%포인트 내외로 크지 않았고, 비유 추론 능력은 수준이 높아짐에 따라 작위적 비유를 많이 혹은 적게 생성하는 일관된 경향을 보이지 않았다. 마찬가지로 추상도 측면에서도 구체적 비유가 많았고(69.1%), 추상적 비유도 적지 않았으나(30.9%) 인지적 특성에 따른 특징은 나타나지 않았다.

한편, 표현 방식과 대응 정도, 작위성, 추상도의 네 가지 측면에 따른 비유의 유형은 목표 개념의 특성보다 비유의 유형에 대한 학생들의 선호도에 더 큰 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Kim *et al.*, 2008). 그런데, 각각 초등 과학영재 학생과 초등 일반 학생(Noh *et al.*, 2009), 중학생(Kwon *et al.*, 2003), 고등학생(Kim *et al.*, 2008)이 생성한 비유의 유형을 분석한 연구들에서 이상의 네 가지 측면에 따른 비유 유형의 결과와 이 연구의 결과가 유사한 경향을 보였다. 즉, 초등 일반 학생들이 부연 비유(40.2%)보다 단순 비유(59.8%)를 더 많이 만드는 예외적인 결과가 있었으나(Noh *et al.*, 2009), 표현 방식에서는 글과 그림을 모두 사용한 비유, 대응 정도에서는 부연 비유, 작위성에서는 일상적인 비유, 추상도에서는 구체적인 비유가 과반을 차지하는 일반적인 경향성은 이상의 연구들에서 일관되게 나타났다.

Table 8. The frequencies of student-generated analogs in analog types

비유 유형	빈도 (%)	개념 이해도			논리적 사고력			비유 추론 능력			
		상	중	하	상	중	하	상	중	하	
표현 방식	글	185 (33.6)	28 (26.9)	22 (30.6)	44 (41.1)	18 (28.1)	44 (32.1)	32 (39.0)	28 (35.0)	32 (30.5)	34 (34.7)
	그림	31 (5.6)	3 (2.9)	5 (6.9)	9 (8.4)	1 (1.6)	7 (5.1)	9 (11.0)	5 (6.2)	3 (2.9)	9 (9.2)
	글과 그림	334 (60.7)	73 (70.2)	45 (62.5)	54 (50.5)	45 (70.3)	86 (62.8)	41 (50.0)	47 (58.8)	70 (66.7)	55 (56.1)
대응 정도	단순	76 (13.8)	12 (11.5)	8 (11.1)	16 (15.0)	5 (7.8)	15 (10.9)	16 (19.5)	9 (11.2)	15 (14.3)	12 (12.2)
	부연	474 (86.2)	92 (88.5)	64 (88.9)	91 (85.0)	59 (92.2)	122 (89.1)	66 (80.5)	71 (88.8)	90 (85.7)	86 (87.8)
작위성	일상적	485 (88.2)	89 (85.6)	62 (86.1)	95 (88.8)	59 (92.2)	114 (83.2)	73 (89.0)	68 (85.0)	90 (85.7)	88 (89.8)
	작위적	65 (11.8)	15 (14.4)	10 (13.9)	12 (11.2)	5 (7.8)	23 (16.8)	9 (11.0)	12 (15.0)	15 (14.3)	10 (10.2)
추상도	구체적	380 (69.1)	69 (66.3)	44 (61.1)	73 (68.2)	44 (68.8)	86 (62.8)	56 (68.3)	49 (61.3)	68 (64.8)	69 (70.4)
	추상적	119 (30.9)	35 (33.70)	28 (38.9)	34 (31.8)	20 (31.3)	51 (37.2)	26 (31.7)	31 (38.8)	37 (35.2)	29 (29.6)
공유 속성	구조	52 (9.5)	7 (6.7)	6 (8.3)	8 (7.5)	5 (7.8)	8 (5.8)	8 (9.8)	9 (11.3)	6 (5.7)	6 (6.1)
	기능	447 (81.3)	71 (68.3)	60 (83.3)	92 (86.0)	48 (75.0)	105 (76.6)	70 (85.4)	58 (72.5)	84 (80.0)	81 (82.7)
	구조와 기능	51 (9.3)	26 (25.0)	6 (8.3)	7 (6.5)	11 (17.2)	24 (17.5)	4 (4.9)	13 (16.3)	15 (14.3)	11 (11.2)
체계성	고체계	66 (12.0)	19 (18.3)	5 (6.9)	21 (19.6)	12 (18.8)	21 (15.3)	12 (14.6)	17 (21.2)	11 (10.5)	17 (17.3)
	저체계	484 (88.0)	85 (81.7)	67 (93.1)	86 (80.4)	52 (81.3)	116 (84.7)	70 (85.4)	63 (78.8)	94 (89.5)	81 (82.7)

따라서 이상의 연구 결과들을 종합하면, 비유 생성 활동에서 학생들이 비유의 특정 유형을 선호하는 경향성은 학교 급이나 학생 개인의 특성과는 무관한 일반적인 경향으로 볼 수 있다.

공유 속성이나 체계성 측면에 따른 비유의 유형은 목표 개념이 기능적 속성이나 구조적 속성 중 어느 것을 더 많이 포함하는지, 개념 간의 인과 관계가 뚜렷한지와 같은 목표 개념의 특성에 많은 영향을 받는 것으로 알려져 있으므로(Kim *et al.*, 2008), 이 연구의 결과도 목표 개념인 이온 결합의 특성과 관련지어 해석할 수 있다. 먼저 공유 속성의 측면에서 기능적 비유가 전체 비유에서 대부분(81.3%)을 차지하였고, 구조적 비유와 구조와 기능적 비유는 각각 9.5%, 9.3%로 매우 적었다. 기능적 비유가 대부분을 차지한 것은 이온 결합의 핵심적인 개념인 금속 원자와 비금속 원자의 관계가 기능적 속성의 성격이 강하기 때문으로 볼 수 있다. 또한, 구조와 기능적 비유가 적었던 이유는 학생들이 기능적 속성과 구조적 속성 중 하나에 주목하였더라도 나머지 속성을 함께 고려하여 비유를 생성하는 데 어려움을 겪기 때문으로 볼 수 있다(Kang & Cheon, 2010; Kwon *et al.*, 2003). 예를 들어, 구조적 비유를 생성한 학생들 중 많은 학생들이 퍼즐의 구조를 통해 이온 결합의 연속적인 결정 구조를 비유하였는데, 이 중 퍼즐 조각 간의 관계를 통해 기능적인 속성도 고려한 학생들은 매우 적었다.

공유 속성 측면의 결과를 각 변인의 수준에 따라 살펴보면, 개념 이해도 상위 집단의 학생들이 구조와 기능적 비유를 더 많이 만들었고, 논리적 사고력 중위와 상위 집단의 학생들이 구조와 기능적 비유를 더 많이 만들었다. 이는 학생들이 구조와 기능적 측면을 모두 고려한 비유를 생성하는 데 어려움을 겪었으나, 개념 이해도와 논리적 사고력이 높은 학생들은 이러한 어려움을 비교적 쉽게 극복하고 두 측면을 모두 고려하여 비유를 생성한 것으로 볼 수 있다.

체계성의 경우, 저체계 비유가 88.0%로 대부분을 차지하였고, 인지적 특성에 따라 고체계 비유나 저체계 비유를 더 많이 생성하는 일관된 경향을 보이지 않았다. 저체계 비유가 대부분을 차지한 이유는 목표 개념인 이온 결합이 명확한 인과 관계를 포함하지 않기 때문으로 볼 수 있다. 한편, 일부 연구(Kang & Cheon, 2010; Kim *et al.*, 2009; Noh *et al.*, 2009)에서는 학생들이 저체계 비유를 고체계 비유보다 많이 생성한 결과를 부정적으로 해석하는 경우도 있었으나, 이 연구의 대상인 고등학교 2학년 학생에 비해 학교 급이 낮은 초등 과학 영재 학생(Noh *et al.*, 2009)이나 고등학교 1학년 학생(Kim *et al.*, 2008)이 다른 목표 개념에 대해 고체계 비유를 더 많이 생성한 점과 이 연구에서 인지적 특성의 수준에 따라 고체계나 저체계 비유를 더 많이 생성하는 일관된 경향이 나타나지 않은 점을 볼 때, 저체계 비유가 더 많았던 결과를 부정적이라고 보기는 어렵다. 따라서 체계성 측면에 따른 비유의 유형은 목표 개념의 특성의 측면에서 접근할 필요가 있다(Kim *et al.*, 2008).

#### IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 고등학교 2학년 학생들이 이온 결합에 대해 생성한 비유의 특징을 비유의 개수와 생성한 비유에 대한 대응 관계 이해도, 비유의 소재와 유형의 측면에서 분석하였다. 또한, 학생들이 생성한 비유의 특징을 인지적 특성에 따라 조사하기 위하여 이 결과를 학생들의 개념 이해도와 논리적 사고력, 비유 추론 능력에 따라 비교하였

다. 연구 결과, 학생들은 평균적으로 하나 이상의 비유를 생성하였으나 비유를 하나도 생성하지 못한 학생들도 적지 않았다. 또한, 생성한 비유에 대한 대응 관계 이해도는 전반적으로 낮은 수준에 머물러 학생들이 공유 속성을 많이 포함하는 비유를 생성하고 이를 목표 개념의 공유 속성이나 비공유 속성과 대응하는 데 어려움을 겪는 것으로 나타났다. 한편, 개념 이해도, 논리적 사고력, 비유 추론 능력이 높을수록 비유를 많이 생성하고, 논리적 사고력과 비유 추론 능력이 높을수록 생성한 비유에 대한 대응 관계 이해도가 높은 것으로 나타났다.

비유의 소재 측면에서 학생들은 이온 결합에 대한 비유를 생성하기 위해 사람과 사물, 음식, 여가, 자연 환경 등의 소재를 활용하였는데, 이러한 소재를 활용한 이유는 이온 결합의 개념적 특성과 관련지어 생각할 수 있었다. 또한, 개념 이해도에 따라 비유의 소재가 달라지고, 개념 이해도가 높을수록 다양한 소재를 활용하여 비유를 생성하는 것으로 나타나 비유의 소재는 개념 이해도와 큰 관련이 있는 것으로 볼 수 있었다. 비유의 유형에서 표현 방식과 대응 정도의 측면은 개념 이해도나 논리적 사고력에 따라 달라져 학생의 인지적 특성에 영향을 받는 것으로 나타났으나, 작위성과 추상도 측면은 인지적 특성에 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 또한, 표현 방식의 측면에서 글과 그림 비유를, 대응 정도의 측면에서 부연 비유를, 작위성의 측면에서 일상적인 비유를, 추상도의 측면에서 구체적인 비유를 선호하는 것은 학생들의 비유 생성 활동에서 나타나는 일반적인 경향으로 볼 수 있었다. 공유 속성이나 체계성 측면은 목표 개념의 특성과 관련지어 해석할 수 있었고, 공유 속성의 측면은 개념 이해도와 논리적 사고력에 따라 달라졌다.

이상의 연구 결과를 바탕으로 비유 생성 활동을 효과적으로 활용하기 위한 구체적인 방안을 생각할 수 있다. 우선 비유 생성 개수와 대응 관계 이해도에 대한 연구 결과, 학생들은 비유 생성 활동에 적지 않은 어려움을 겪는 것으로 나타났으므로 실제 교육 현장에서 비유 생성 활동을 지도할 때, 학생들의 비유 생성을 촉진할 수 있는 방안이 필요하다. 그런데 학생들은 목표 개념을 설명하기에 적절한 소재를 선택하고 이를 목표 개념의 속성과 대응하는 일련의 과정을 거쳐 비유를 생성하므로 이러한 비유 생성 과정을 고려하여 체계적인 수업 전략을 모색할 수 있다. 이때, 비유의 소재는 개념 이해도와 관련이 있고 대응 관계 이해도는 논리적 사고력, 비유 추론 능력과 관련이 있는 것으로 나타났으므로, 비유 생성 활동을 실시하기 전에 학생들의 인지적 특성을 파악하고, 비유의 소재를 선택하는 초기 단계에는 학생들의 개념 이해도에 따라, 이후 대응 단계에서는 논리적 사고력이나 비유 추론 능력에 따라 맞춤형 교수학습 자료나 교사의 도움을 제공하는 등의 방안을 고려해야 한다.

또한, 학생들이 이온 결합에 대해 생성한 비유의 소재에 대한 결과와 비유의 구체적인 예시들은 비유 생성 수업뿐만 아니라 비유 사용 수업에서도 효과적으로 활용될 수 있다. 즉, 교사 중심의 비유 사용 수업에서 비유 사용의 효과를 높이기 위해서는 학생의 사전 경험과 지식 등을 고려한 비유를 사용할 필요가 있는데, 이 연구의 결과를 바탕으로 학생들에게 익숙한 비유의 소재와 비유의 구체적인 예시들을 적극적으로 활용할 수 있다. 뿐만 아니라 연구 결과를 바탕으로 학생의 비유 생성 활동에 대한 기초 자료를 구성하여 비유 생성 활동에 대한 교사의 전문성 개발에도 활용할 수 있다. 예를 들어, 학생의 인지적 특성에 따른 비유 생성 개수나 대응 관계 이해도 분석 결과,



학생들이 생성한 비유 소재와 비유의 구체적인 예시, 비유의 유형에서 나타나는 일반적인 경향 등이 연구의 결과를 교사용 자료에 제시하거나 교사 연수 및 대학 강의 등을 통해 현직 및 예비 교사들에게 안내하는 방법을 생각할 수 있다.

마지막으로 다음과 같은 추후 연구를 제안할 수 있다. 우선 창의적 사고력과 같이 이 연구에서 다루지 않은 인지적 특성뿐만 아니라 정의적 특성이나 비유에 대한 선호도, 소재에 대한 친숙도 등 비유 생성과 관련될 수 있는 다양한 변인이 비유 생성에 미치는 영향에 대한 조사가 더 필요하다. 또한, 비유의 소재나 비유의 유형 중 일부 측면과 같이 목표 개념의 특성과 관련지어 해석할 수 있는 비유의 특징이 있었으므로 좀 더 다양한 개념에 대해 학생들이 생성한 비유를 분석하는 연구도 필요하다. 나아가, 이 연구에서는 비유의 특징과 인지적 특성의 관계를 정량적으로 조사하였으므로 학생 개인의 특성이 구체적으로 어떻게 작용하여 비유 생성에 영향을 미치는지에 대한 심층적 정보를 얻기는 어려웠다. 또한, 학생들이 비유 생성에 어려움을 겪는 것으로 나타났으나 이러한 어려움을 구체적으로 밝히지 못하였다. 따라서 정성적 연구를 통해 자신이 생성한 비유와 목표 개념을 대응하는 과정을 포함하는 학생들의 비유 생성 과정을 심층적으로 조사할 필요가 있다.

## 국문요약

이 연구에서는 고등학교 학생들이 이온 결합에 대해 생성한 비유의 특징을 비유 생성 개수와 대응 관계 이해도, 비유의 소재와 유형의 측면에서 분석하고, 이 결과를 학생들의 개념 이해도와 논리적 사고력, 비유 추론 능력에 따라 비교하였다. 서울특별시 소재 5개 고등학교에 재학 중인 2학년 학생 395명이 연구에 참여하였다. 연구 결과, 개념 이해도, 논리적 사고력, 비유 추론 능력이 높을수록 학생들은 비유를 더 많이 생성하는 것으로 나타났다. 생성한 비유에 대한 대응 관계 이해도는 논리적 사고력과 비유 추론 능력만 관계가 있었다. 학생들이 비유를 생성하기 위해 활용하는 소재는 조사한 인지적 특성 중 목표 개념에 대한 이해도에 따라서만 다르게 나타났다. 또한, 개념 이해도가 높을수록 다양한 소재를 활용하여 비유를 생성하였다. 학생들이 생성한 비유의 유형은 일부 인지적 특성과 관련이 있었다. 예를 들어, 개념 이해도와 논리적 사고력이 높은 학생들이 글과 그림을 모두 사용한 비유를 더 많이 생성하였다. 작위성과 추상도, 체계성의 측면에서 비유의 유형은 인지적 특성과 관련이 없었다. 이상의 결과를 바탕으로 교육적 함의를 논의하였다.

**주제어 :** 비유 생성 활동, 비유, 이온 결합, 인지적 특성

## References

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.

Blanchette, I., & Dunbar, K. (2000). How analogies are generated: The roles of structural and superficial similarity. *Memory & Cognition*, 28(1), 108-124.

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.

Choi, S. Y., Lee, E. J., & Kang, H. K. (2006). The effects of the visual-analogical learning on student creativity and science achievement in elementary school science. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 26(2), 167-176.

Coll, R. K., France, B., & Taylor, I. (2005). The role of models/and analogies in science education: Implications from research. *International Journal of Science Education*, 27(2), 183-198.

Cornelius-White, J. (2007). Learner-centered teacher-student relationships are effective: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 77(1), 113-143.

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.

Fensham, P. (1975). Concept formation. In Daniels, D. J. (Ed.), *New movements in the study and teaching of chemistry* (pp. 199-217). London: Temple Smith.

Fogwill, S. (2010). Student co-generated analogies and their influence on the development of science understanding. (Doctoral dissertation). University of Technology Sydney.

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

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

Hu, W., & Adey, P. (2002). A scientific creativity test for secondary school students. *International Journal of Science Education*, 24(4), 389-403.

James, M. C., & Scharmann, L. C. (2007). Using analogies to improve the teaching performance of preservice teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(4), 565-585.

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.

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, 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, 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, H. (2000). Students' understanding about the analogies for physics concepts used in Korean middle school science textbooks. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 20(3), 411-420.

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.

Lancor, R. A. (2014). Using student-generated analogies to investigate conceptions of energy: A multidisciplinary study. *International Journal of Science Education*, 36(1), 1-23.

Lemke, J. L. (2001). Articulating communities: Sociocultural perspectives on science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(3), 296-316.

Mayo, J. A. (2001). Using analogies to teach conceptual applications of developmental theories. *Journal of Constructivist Psychology*, 14(3), 187-213.

Middleton, J. L. (1991). Student-generated analogies in biology. *American Biology Teacher*, 53(1), 42-46.

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., 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., 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.
- 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).
- Pittman, K. M. (1999). Student-generated analogies: another way of knowing?. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 1-22.
- Roadrangka, V., Yeany, R. H., & Padilla, M. J. (1983). The construction of a group assessment of logical thinking (GALT). In the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Dallas, Texas, April (pp. 5-8).
- 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.
- 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.
- Wong, E. D. (1993a). Self-generated analogies as a tool for constructing and evaluating explanations of scientific phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(4), 367-380.
- Wong, E. D. (1993b). Understanding the generative capacity of analogies as a tool for explanation. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1259-1272.
- Zook, K. B. (1991). Effects of analogical processes on learning and misrepresentation. *Educational Psychology Review*, 3(1), 41-72.
- Zook, K. B., & Maier, J. M. (1994). Systematic analysis of variables that contribute to the formation of analogical misconceptions. *Journal of Educational Psychology*, 86(4), 589-600.