

# 초등학교 저학년 학생들의 단계적 비유추론 학습과정을 통한 혼합물 학습 과정에서 제시된 생성적 비유의 특징 분석

정진규 · 김영민  
(부산대학교)

## An Analysis of Features in Self Generated Analogies during Phaseal Teaching Learning Process about Mixture Using Analogy for Lower Elementary School Students

Jung, Jin Kyu · Kim, Youngmin  
(Pusan National University)

### ABSTRACT

Analogical reasoning is a central component of human cognition and contributes to scientific discovery and to develop science education. In this study, we investigated the process features of lower elementary school students' analogical reasoning to explain mixture concept. The subjects are 24 lower elementary students. And the research design includes three phases instruction to investigate the features of students' self generated analogy. Phase 1 is the introduction of analogy in which student learn to use analogy. Phase 2 is a POE class about mixture conception. Piaget and Inhelder studied the conception of mixing among children in relation to cognitive development. In phase 2, we taught the student with Piaget and Inhelder's the experiment and observed the features of learning process about mixture conception. Phase 3 is students' generation of analogy (self generated analogy) for the experienced phenomena in phase 2. We analyzed the students' responses through the three phases in the view of Gentner's Structure Mapping Theory. The results showed that many lower elementary school students even before formal operation stage understood the mixture conception and made well their self generated analogy to explain the mixture conception in spite of the difficulty of making self generated analogy.

**Key words** : science education, analogy, analogical reasoning, self generated analogy, mixture

### I. 서 론

비유추론은 인간의 인지과정에서 중요한 요소로 자리 잡고 있으며, 어린 아이들을 포함한 전세대의 연령대에서 학습 과정의 중요한 요소이다(Brown *et al.*, 1989). Goswami(1992)는 비유추론이 과학적 발견과 창의적 사고에서 매우 중요하며, 비유추론의 역할은 인지 심리학에서 이미 널리 인식되어왔다고 주장하였다. 실제로 과학의 역사를 살펴보면 Galilei, Carnot, Young 등 다양한 과학자들이 창의적인 문

제 발견과 해결에 비유추론을 사용한 것을 알 수 있다(Kim, 2010; Kim *et al.*, 2013).

학습에 있어 비유추론은 이미 알고 있는 것을 이용하여 새로운 것을 알아가는 학습 메커니즘으로 학습에 대한 구성주의 관점의 중요한 요소이다(Haglund *et al.*, 2012). 구성주의의 관점에서 보면 학습자는 주어진 환경에서 얻은 정보들을 이용하여 능동적으로 학습을 수행하고, 자신의 사전 지식과 경험을 바탕으로 의미를 구조화한다(Driver & Bell, 1986). 학습자가 새로운 지식을 기억하고 이해하기 위해 구

조화의 과정을 거칠 때 새로운 지식과 사전 지식의 관계를 만들어 내는 데 성공해야 유의미한 학습이 이루어진다(Bruner, 1986). 이 과정에서 새로운 지식과 사전 지식의 관계를 형성하는 데 비유추론은 매우 유용한 방법의 하나가 될 수 있다(Pittman, 1999). 과학교육에서 비유추론은 학생들이 과학적 개념을 이해하는 데 도움을 주는 교수 방법으로 많이 사용되었다. Glynn(1991)은 TWA(Teaching with Analogies) 모델을 개발하였고, Clement(1993)는 연결 비유(Bridging Analogies)를, Zeitoun(1984)은 비유 수업을 위한 9단계 모델(nine-stage General Model for Analogy Teaching)을, Gentner(1989)는 구조대응이론(Structure Mapping Theory)을 개발하여 과학 수업에 적용하였다. 이러한 비유추론의 다양한 형태는 과학 교육이 이루어지는 학교 현장에서 과학 학습의 중요한 도구로 계속 사용되고 있다. 과학 교육에서 비유는 학생들의 흥미와 동기 유발, 기억, 문제 해결 등에도 중요한 역할을 한다(Duit, 1991; Glynn, 1991; Wong, 1993a,b). 하지만 학생들이 과학 개념을 학습할 때 비유의 사용이 오히려 학습을 실패하게 하거나, 오개념을 갖게 하는 경우도 있다는 연구 결과(Gilbert 1989; Pittman, 1999; Dagher, 1995; Duit, 1991; Thagard, 1992; Harrison & Treagust, 2006)가 있으므로 수업에서 비유는 신중하게 사용할 필요가 있다.

비유는 수업 상황에서 사용되는 비유 생성의 주체가 누구인지에 따라 교과서 비유(text-based analogies), 교사 생성 비유(teacher generated analogies), 학생 생성 비유(self generated analogies)로 분류된다. 교과서에 의한 비유나, 교사에 의한 비유는 비유물(analog or source)과 목표물(target)을 학생들에게 제시하고, 교과서나 교사에 의해 제시된 비유물과 목표물 사이의 유사성을 바탕으로 학습하는 형태이다. 하지만 이러한 유형의 비유는 학생들이 교과서나 교사에 의해 제시된 비유물에 대한 선행 지식이 있어야 하고, 또한 비유물에 친숙해야 학습이 이루어질 수 있기 때문에 그렇지 않은 경우 학습이 실패한다는 연구 결과들도 있다(Gabel & Sherwood, 1980; Harrison & Treagust 2006). Duit *et al.*(2001)은 교과서나 교과서에 의해 제시된 비유는 매우 명백하고 고정된 의미를 가지지만, 학생들 입장에서는 제시된 비유가 친숙하지 않을 때 그 의미를 공유할 수 없다고 지적하였다. 따라서 교사는 때때로 학생들에 의해 만들어진 보다 자발적이고 직관적인 비유의 형태

를 필요로 한다. 이에 해당되는 비유가 학생들에 의해 만들어진 생성적 비유(self generated analogy)이다. 생성적 비유는 비유의 사용 주체가 학생 자신이기 때문에, 그리고 자신이 잘 알고 있는 비유물을 이용하여 목표물을 이해하기 때문에, 학습에 대한 흥미와 동기가 높고 비유의 사용이 메타인지적인 전략으로 사용될 수 있다(Wittrock & Alesandrini, 1990; Wong, 1993a,b). Wong(1993 a,b)은 생성적 비유가 과학 개념을 학습하는 데 효과적인 교수전략이라고 하였으며, 학생들이 생성적 비유를 통해 문제를 발견하고 해결하는 기회를 얻는다는 점과 학습자의 구체적인 선행지식을 바탕으로 질문이 도출되기 때문에 학습자가 높은 흥미와 동기를 가지게 되며, 이로 인해 외부의 최소 도움을 받아 자신의 선행지식을 통해 개념을 확인하고 학습할 수 있다는 연구 결과를 얻었다. 국내 연구에서도 비유추론을 적용한 수업을 통해 과학 개념의 증진이 이루어지도록 한 연구들이 진행되었으며(Noh *et al.*, 2003; Kim & Jo, 2001), 비유추론 수업을 통한 창의력 향상(Choi *et al.*, 2006), 비유수업이 학업 성취도와 과학 태도에 대한 영향(Yoe *et al.*, 2009), 교사가 사용하는 비유의 유형(Ko *et al.*, 2007) 등이 이루어졌지만, 주로 학생들이 만든 비유를 분류하거나, 대응 오류를 조사하는 연구에 치중되어 있고, 특히 초등과학교육에 적용한 경우는 연구 사례가 적다고 지적되었다(Kang & Cheon, 2010). 그리고 생성적 비유 측면에서 학생들의 비유를 분석한 국내 연구는 포화용액에 대한 소집단 비유 만들기 활동 효과(Yoon & Kang, 2011), 과학 수업에서 학생들이 만든 비유의 특성 분석(Kwon, 2010) 등이 있으나, 과학 개념이 다양한 데 비해 이들에 대한 초등학생들의 생성적 비유 분석은 아직 부족한 상태이다.

2011년에 고시된 과학 교육과정(MEST, 2011)에 의하면 물질에 관한 학습 체계는 다음과 같다. 3~4학년군에서 물질의 성질과 상태에 대해 학습하고, 이를 바탕으로 혼합물과 물의 상태 변화를 학습하며, 이후 5~6학년군에서는 용해와 용액에 대한 학습이 이어진다. 이러한 학습 계열에 대해 초등학교 과정에서 물질의 상태인 고체, 액체, 기체에 대한 분류 기준을 입자의 배열, 입자간의 거리, 입자의 병진 및 회전과 같은 입자의 운동 형태로 분류하지 않고, 그릇에 담겼을 때 모양이 변하는 정도, 딱딱

한 정도 등으로 경험적이고 기계적인 성질에 의존하여 학습이 이루어진다고 지적하고, 이로 인해 오개념도 발생한다고 지적한 연구들이 있다(Lee & Park, 2008; Paik *et al.*, 2002). 혼합물에 관한 학습에서도 물질의 특성을 입자 관점에서 바라보지 않기 때문에 혼합물의 특성을 음식물의 혼합, 재활용품 분리 배출을 통한 혼합물 분리 의미 학습 등 생활 속 장면을 통해 혼합물의 특징을 배우고 있다(MEST, 2015). 그러나 거시적 또는 미시적 관점의 차이를 보이는 초, 중등 교육과정의 특징에 따라 학생들이 물질의 상태에 어떻게 인식하고 있는지는 다수 연구되었지만, 혼합물에 대한 학습이 물질의 특성과 상태를 학습하는 과정에서 중요한 역할을 함에도 불구하고, 학생들이 혼합물을 어떠한 사고의 구조로 인식하고 있는지에 대한 국내 연구는 거의 이루어지지 않았다. 물질에 대한 학습이 입자 관점에서 이루어지지 않고, 경험적인 측면에 근거하여 이루어지기 때문에, 중등교육과정의 입자 관점으로 물질을 바라보는 관점을 획득하기 이전까지 학생들이 어떠한 형태로 혼합물을 경험적으로 이해하고 있는지, 그리고 학습하였는지를 알아보는 것은 중요한 연구가 될 것이다. 이를 위해 혼합물의 학습 과정에서 학생들이 가지고 있는 개념에 대한 사고 구조를 모델로 표현하는 것이 중요하다. 모델은 학생들의 학습을 발달시키는 도구이기도 하지만, 올바른 개념 또는 오개념에 대해 자신의 생각을 표출하는 중요한 수단이기도 하다(Schwarz *et al.*, 2009). 다양한 모델과 모델링 기법이 있지만, 비유는 모델의 한 방법으로(Harrison & Treagust, 2000) 학생들이 혼합물 학습 과정에서 어떠한 사고를 나타내는지 알아보는 좋은 도구가 될 수 있다. 특히 경험적 측면에서 이해하고 있는 혼합물을 생성적 비유로 표현하게 함으로써 학생의 수준을 보다 면밀하게 관찰할 수 있을 것이다. 이러한 가능성은 학습자가 생성적 비유에 매우 활동적이라는 연구 결과(Blanchette & Dunbar, 2000)에 바탕을 두었다.

본 연구에서는 인지발달 과정상 형식적 조작기 이전 단계에 있는 초등학교 저학년 학생들이 혼합물 개념을 학습하는 과정에서 비유를 이용한 수업을 통해 혼합물 개념이 어떻게 형성되어 가는지를 분석하고, 생성적 비유 만들기를 통해 혼합물 개념을 어떻게 표현하는지를 분석하여 그 특징을 알아보고자 하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상

본 연구에서는 경상남도 G시에 소재하고 있는 S 초등학교 1학년 24명(평균 나이: 만 6년 4개월)을 대상으로 실시하였다. 학생들은 초등학교 정규 과학 수업에서 비유를 이용한 학습 경험이 없으며, 교육과정 상 전체 교과 교육에서 혼합물 개념에 대해 학습한 경험이 없다.

### 2. 연구 설계

연구 방법은 학생들이 나타내는 생성적 비유의 특징을 알아보기 위해 혼합물 개념학습 과정을 분석하는 것으로 설정하였다. Piaget and Inhelder(1975)의 연구에서는 인지발달 단계에 따라 혼합물 개념 이해에 차이를 나타낸다고 하였다. 그들은 길쭉하게 생긴 작은 상자에 빨간 구슬과 검은 구슬의 개수를 똑같이 하여 섞이지 않는 상태로 두 부분으로 나누어 담고, 아이들에게 상자를 시소처럼 좌우를 번갈아 위 아래로 움직였을 때 구슬들이 어떻게 섞이는지 혼합과정과 빨간 구슬과 검은 구슬의 최종위치를 설명하도록 하였다. 연구 결과에 의하면, 전조작기(7세 이전)에 해당하는 아이들은 상자가 시소처럼 움직일 때 색이 다른 구슬이 위치가 바뀐다고 믿었지만, 구슬이 섞이는 것이 아니라 어떤 임의의 패턴을 따른다고 생각하였다. 초기 구체적 조작기(7~8세)의 아이들은 구슬들이 중간에 섞이지만 결과적으로 원래 색이 나뉘져 있던 지점으로 다시 되돌아온다고 생각했다. 후기 구체적 조작기(8~11세)의 아이들은 구슬들이 서로 충돌하고 보다 많이 섞이지만 개별 구슬의 궤적을 조직화하고 구슬의 최종 위치를 그림으로 나타내는 것에 어려움을 보였다. 마지막으로 형식적 조작기(11~12세)의 아이들은 최종 위치를 궤적으로 조직화할 수 있었다고 한다. 따라서 본 연구에서는 혼합물 학습 과정에서 학생들로 하여금 자신의 이해과정을 생성적 비유를 통해 나타내게 했을 때 학생들의 사고 과정이 어떠한지 분석한 다음, Piaget and Inhelder(1975)의 연구결과와 비교하여 그 특징을 분석하였다. 혼합물에 대한 이해 수준은 3~4학년군에서 ‘혼합물은 두 가지 이상의 물질이 섞이는 것이고, 그 과정을 이해하는 것’을 성취기준으로 제시(MEST, 2011)하고 있으므로 혼합물의 혼합과정의 이해를 혼합물 이해

수준으로 설정하고 분석하였다. Piaget and Inhelder (1975)의 연구에서도 물질의 혼합 과정에 대한 이해를 아이들의 혼합물 이해 수준으로 분석하였다. 수업의 과정은 POE 교수법을 적용하였다.

Table 1은 본 연구를 위해 수행한 전체 과정을 나타낸 것이다. 이 과정은 Haglund *et al.*(2012)의 과학 영역에서 아동이 나타내는 비유추론 능력을 연구한 것에서 일부 연구과정 인용한 것으로 우리나라의 아동이 나타내는 비유추론 능력을 알아보고 분석하는 데 이용하였다. 비유에 대해 학습한 경험이 없는 학생들을 위해 세 단계의 과정을 조직하였다. Phase 1은 학생들에게 비유가 무엇인지 안내하는 수업이다. 비유 도입 수업에서 학생들에게 Fig. 1의 자전거와 자동차 그림을 보여주고, 비슷한 점과 다른 점을 자유롭게 이야기하게 하고, 그 다음으로는 자전거와 사람을 보여주고 비슷한 점을 찾게 하였다. 이 단계에서는 학생들이 비유를 통해 학습하는 방법을 배우고 학교 수업 이외에서의 비유 경험도 이야기해 보게 하여, Phase 3에서 수행할 생성적 비유를 만들기 위한 예비 학습을 한다. Phase 2는 Prediction-Observation-Explanation(POE) 수업을 통해 혼합물 개념을 학습하는 단계이다. POE 수업은 학생들이 현상에 대한 결과를 예상하고 예상에 대한 이유를 제시하여, 예상과 실제 관찰 결과의 차이를 설명하는 과정을 통해 학습자의 선행지식이 표현되고, 새로운 과학 현상에 대한 이해를 증진시키는 전략으로 널리 사용되고 있다. 특히 이 전략은 선행 지식과 능동적 개념 이해를 강조하는 구성주의 측면에서도 중요성을 가진다(Kearney *et al.*, 2001). Phase 2에서는 구슬상자 안에 두 가지 색깔의 구슬을 7개씩 섞이지 않게 두고, 시소처럼 왔다 갔다 할 때 어떻게 구슬이 혼합되는지 학습한다. 이 단계에서는 혼합물 개념이 인지 발달 단계에 따라 다르게 나타나기 때문에(Piaget & Inhelder, 1974), 형식적 조작기 이전 단계 있는 학생들의 혼합물 개념 학습에서 POE 수업 전략을 통해 나타나는 특징을 함께 알아

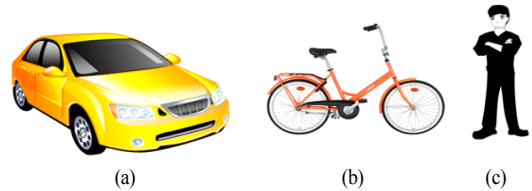


Fig. 1. Pictures used in phase 1 to introduce analogy. (a) a car, (b) a bicycle, (c) a human

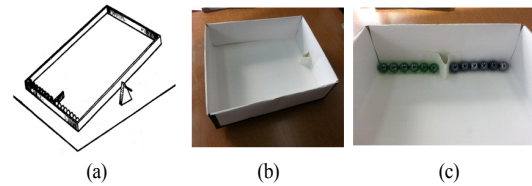


Fig. 2. Boxes used for teaching conception of mixture. (a) a box used in Piaget and Inhelder's experiment (Flipping board), (b), (c) a box used for this study

보고자 하였다. Phase 3에서는 Phase 2에서 학습한 혼합물 개념을 다른 사물이나 상황에 비유하여 자신만의 생성적 비유를 만드는 수업이다. 이 단계는 형식적 조작기 이전에 있는 학생들이 혼합물 개념과 비유추론을 어떻게 표현하는지 확인하는 최종 단계가 된다. 각 단계의 수업은 40분씩 진행하였으며 하루에 1단계씩 진행하여 3일간 이루어졌다.

### 3. 자료 분석

비유추론에 대한 학생들의 설명과정을 보다 면밀하게 관찰하기 위해 각 단계에서 학생들이 표현한 글과 그림을 바탕으로 수업 중 이루어진 대화와 함께 분석하였다. 분석에는 과학교육 전공 교수 1명, 과학교육 전공 박사 2명이 함께 참여하여 분석하였다. 학생들이 표현한 비유를 분석하는 기준은 여러 연구에서 비유물과 목표물 사이의 관계 공유 속성을 구조 측면에서 바르게 연결했는가를 중심으로 기준을 나누고, 대응 오류가 있는 비유를 다양하게 구분하고 있다(Kim *et al.*, 2010; Thiele, 1995; Yang *et al.*, 2010; Yoon & Kang, 2011). Gentner(1983, 1989)의 구조 대응이론(structure mapping theory)에서도 비유물과 목표물 사이의 구조적 대응을 중시하며 대응 오류가 있는 부분을 분류하지만, 올바르게 대응이 이루어진 비유에 대해서도 보다 자세하게 분류하여 기준을 세우고 있다. 본 연구에서는 이러한 측면에서 Gentner(1983, 1989)의 비유 수준 분류

Table 1. Three phases to investigate 1<sup>st</sup> grade elementary students' self generated analogy on conception of mixture.

Phase	Activity
Phase 1	Introduction of analogy
Phase 2	POE Teaching - Mixture
Phase 3	Self generated analogy presentation

를 활용하여 ‘Phase 1: 비유도입 수업’과 ‘Phase 3: 생성적 비유 만들기 수업’에서 학생들이 만든 비유의 형태를 분석하는 데 사용하였다. 비유 수준 분류는 비유의 유형인 단순 외형적 닮음(mere appearance), 존재 또는 문자적 유사성(literal Similarity), 관계 유사성(analogy), 추상적 유사성(abstraction), 변칙 사례(anomaly) 이렇게 다섯 가지 형태이다. 이들은 비유물과 목표물 사이의 개별 특성이 연결된 것과 관계적 특성이 연결된 정도에 따라 분류된다. 단순한 닮음 또는 존재(문자적) 유사성이 아니라, 비유물과 목표물 사이의 관계적 특성이 잘 연결된 형태는 그 수준에 따라 관계 유사성과 추상적 유사성으로 분류된다. 그리고 ‘변칙사례’는 최근 비유 관련 국내 연구에서 분류된 ‘대응오류’ 개념과 유사하다. ‘Phase 2: 혼합물 개념에 대한 수업’에서는 학생들이 구슬이 혼합되는 과정과 최종 위치를 그린 그림을 분석하고, 구슬 실험을 하기 전에 예상해 보게 한 결과와 실험을 통해 관찰한 결과를 대화를 통해 비교하게 하였다. 이를 바탕으로 학생들의 응답 형태를 모델화하고 분류하였다.

### III. 연구 결과

#### 1. ‘Phase 1: 비유소개 수업’에서 나타난 학생의 행동특성

비유에 대해 학습한 경험이 없는 학생들에게 자동차와 자전거 그림을 제시하고, 비슷한 점과 다른 점을 자유롭게 이야기하도록 하였다. 연구자는 수업 중 학생들의 대화에 참여하여 두 그림에 대해 비슷한 점을 찾아갈 수 있도록 유도하였으며, 학생들이 생각한 관계를 표로 작성하도록 하였다. 분류 기준을 바탕으로 수업에서 학생들과 나눈 대화의 일부는 다음과 같다.

**존재유사성** : 수업을 시작하면서 연구자는 자동차와 자전거를 제시하고, 비슷한 점을 이야기하도록 하였을 때 S1, S2는 다음과 같이 응답하였다.(이하 모든 대화의 내용에서 S는 학생을, T는 교사를 칭함)

- S1 : 선생님, 자동차에는 바퀴가 있고 자전거도 바퀴가 있어요.
- S2 : 자동차에도 의자가 있고 자전거에도 의자가 있어요.

S1, S2는 두 물체의 관계적인 특성에 대한 이유를 언급하지 않은 채 자동차와 자전거에 모두 있는 사물의 이름을 연결 지어 제시하였다. 이는 관계적 특성을 짓지 않은 개별적 특성만 고려한 것이다.

**단순 외형적 닮음** : 대화를 이어가던 중 자동차와 자전거의 바퀴가 언급되자 S4는 다음과 같은 말을 하였다.

- S4 : 선생님, 자동차 바퀴하고 자전거 바퀴가 등글게 생겼어요.
- T : 그래. 둥근 모양이 비슷하네.

S1의 반응을 듣고 S4는 외형적인 유사성을 언급하며, 두 물체의 바퀴를 언급하였다. 이는 비유의 생성과정이 친구의 대화를 듣고 연속해서 이어지는 형태로 동료 간 비계활동이라 할 수 있다. 하지만 S4의 응답은 관계적인 측면을 언급하지 못하였다.

**관계 유사성** : 대화의 초반에는 학생들은 자동차와 자전거의 외형적인 유사성과 두 물체에 공통으로 존재하는 물체를 찾는 데 시간을 많이 보내는 경향이 있었다. 그러나 외형적인 탐색이 어느 정도 이루어진 후 학생들은 관계적 측면에 관심을 보이기 시작하였다.

- S5 : 그런데요, 선생님. 자동차에 바퀴가 있어서 앞으로 갈 수 있잖아요. 자전거도 바퀴가 있어서 앞으로 갈 수 있어요.
- T : 그래. 바퀴는 둘 다 앞으로 가게 해주지. 좋은 생각인거 같아. 바퀴처럼 다른 부분도 비슷한 게 없을까?

S5의 답변을 듣고, 학생들은 바퀴의 역할에 대해 비슷한 응답을 하였고, 교사는 바퀴에서 찾은 구조적인 연관성을 다른 곳에서도 찾을 수 있도록 질문을 했다. 이는 교사에 의한 비계활동이라 할 수 있다.

- S6 : 그거 있잖아요. 자전거 앞에 불 나오는 거요.
- T : 자전거 전등 말이니?
- S6 : 네. 자전거 전등이랑 자동차 불빛 나오는 부분이 같아요.
- S7 : 아, 맞다. 자동차 헤드라이트요. 선생님 둘 다 불빛이 나와서 어두운 길을 갈 때 밝게 해줘요.
- T : 맞아. 둘 다 비슷한 점을 잘 찾았네.

S8 : 선생님, 저도 찾았어요.  
 T : 또 뭐가 있니?  
 S8 : 자동차에 브레이크하고, 자전거 브레이크는요. 둘 다 가다가 멈추게 해요.  
 T : 그래, 그것도 좋은 예인 것 같네.

학생들은 서로의 이야기를 듣고 관계적인 측면을 고려하여 비슷한 점을 찾았고, 대화는 매우 활발하였다. S5의 답변이 다른 학생들의 사고를 자극하고, 다른 학생들이 관계적 측면에 초점을 둔 유사성을 찾는 데 비계를 제공한 것으로 볼 수 있다.

**추상적 유사성** : 관계적 유사성 형태의 대화가 이어지던 중 S9는 다음과 같이 응답하였다.

S9 : 선생님, 저런 종류들은요 짐을 옮길 수가 있어요.  
 T : 저런 종류가 뭔데?  
 S9 : 자전거, 자동차, 수레, 오토바이 이런 거요.  
 S10 : 선생님, 또 비슷한 점이 있어요. 자동차는 자동차 길로 다니고요, 자전거는 자전거 길로 다녀요.

S9는 제시된 그림 이외에 같은 성질을 가진 사물을 언급하며, 운송수단의 의미를 확장하여 관계적인 측면을 보다 부각시켜 나타냈으며, 이는 추상적 유사성의 좋은 예라 할 수 있다. 또, S10도 자동차와 자전거는 다니는 길이 있다는 것을 이야기하였고, 이 또한 자동차와 자전거의 개별 유사성은 피한 채 운행의 관점에서 길을 언급한 추상적 유사성의 좋은 예라 할 수 있다.

위와 같은 대화를 바탕으로, 학생들로 하여금 자동차와 자전거의 비슷한 점을 자유롭게 이야기했

을 때 나타난 다양한 반응들을 분류 기준들에 의해 분류한 결과를 Table 2에 나타냈다.

자동차와 자전거를 이용해 비유추론을 학습하는 과정을 마친 후, 자전거와 사람 그림을 학생들에게 제시하고, 자동차와 자전거의 비슷한 점을 찾는 것처럼 자전거와 사람 그림에서도 똑같은 원리를 적용하여 비슷한 점을 찾도록 하였다. 자전거와 사람 사이의 비슷한 점에 대해 학생들과 이야기를 나누는 대화의 일부는 다음과 같다.

**존재 유사성, 단순 외형적 닮음** : 자전거와 사람 사이의 비슷한 점을 찾는 과정에서는 존재 유사성과 단순 외형적 닮음은 나타나지 않았다. 그 이유는 자전거와 사람의 외형적 닮음이 거의 없었고, 자전거와 자동차 과제에서 두 사물간의 관계 측면을 찾아가는 형태가 학습되어 자전거와 사람의 외형적 측면보다 관계적 측면에 빠르게 집중한 것으로 보인다.

**관계 유사성** : 자전거와 사람 그림을 제시하면서 자전거와 자동차의 비슷한 점을 찾는 것처럼 똑같이 비슷한 점을 찾도록 학생들에게 요구했을 때 학생들은 대부분 어렵다는 반응을 나타냈다.

S4 : 선생님, 어려워요.  
 T : 어떤 점이 어렵다는 거야?  
 S4 : 비슷하게 생기지도 않았고요.  
 S6 : 선생님, 사람 다리는요 앞으로도 가고 방향도 바꾸고 여러 가지를 해요. 어느 거랑 비교해야할지 모르겠어요.  
 T : 그래서 어렵구나. 그럼 다리가 앞으로 가는 것 하나

**Table 2.** The analysis of students' mapping responses between a bicycle and a car in phase 1 in the view of Gentner' structure mapping theory

Type	Students' responses
Literal similarity	<ul style="list-style-type: none"> <li>· A car and a bicycle both have wheels.</li> <li>· A car and a bicycle both have seat.</li> </ul>
Mere appearance	<ul style="list-style-type: none"> <li>· A car's wheels and a bicycle's wheels both are round.</li> </ul>
Analogy	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Wheels make a car and a bicycle both move forward.</li> <li>· A car's steering wheel and a bicycle's handlebar can be used to change direction.</li> <li>· A car's steering wheel and a bicycle's handlebar make the car or a bicycle stop.</li> <li>· A car's headlight and a bicycle's lamp both make bright dark road.</li> <li>· A car's engine and a bicycle's pedals make them go ahead.</li> </ul>
Abstraction	<ul style="list-style-type: none"> <li>· A car and a bicycle both can be used to transport luggage.</li> <li>· A car and a bicycle both can drive on the road.</li> </ul>
Anomaly	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Nothing</li> </ul>

만 생각해서 자전거랑 비교해 볼까?

S6 : 그러면 바퀴랑 비슷해요. 바퀴도 앞으로 가게 해주 거든요.

T : 이번에는 방향을 바꾸는 거랑 연결해볼까?

S7 : 선생님, 자전거 핸들로 방향을 바꿀 수 있어요.

T : 그럼 사람은?

S7 : 사람은 음...

S4 : 아! 뇌요. 뇌가 어디 어디로 가라고 명령해요.

S5 : 선생님, 뇌는요. 사람이 움직이다가 쉴 수도 있게 해요.

T : 그럼 자전거의 무엇과 비슷하지?

S5 : 브레이크요.

T : 그래. 이런 식으로 하나씩 연결하면 쉽게 찾을 수 있을 거야.

학생들은 하나의 신체 구조가 여러 가지 기능을 하기 때문에 비교하는 데 어려움을 겪었고, 이를 통해 자전거와 자동차 과제보다 난이도가 상승한 것을 알 수 있었다. 하지만 교사의 안내와 이를 통해 학생들 사이에서 이루어진 대화를 바탕으로 학생들은 비유 과제를 해결하는 모습을 보여 주었다.

**추상적 유사성 :** 대화의 과정 중 학생들의 응답에서 S7은 다음과 같은 응답을 하였다.

S7 : 선생님, 자전거랑 사람은 소리를 낼 수 있어요.

T : 그래 소리를 낼 수 있지. 소리로 무엇을 하지?

S7 : 사람이 앞에 있을 때 비켜달라고 벨을 울릴 수 있고, 사람은 입으로 말을 해서 비켜달라고 할 수 있어요.

이 경우는 단순히 소리를 낸다는 것을 넘어 소리가 경고의 의미를 표현할 수 있다는 관계를 비교한 것으로 추상적 유사성으로 분류될 수 있다.

**변칙 사례 :** 대화의 과정에서 관계를 잘못 형성한 학생들의 반응은 S1에게서 나타났다.

S1 : 둘 다 달리면 열이 나요.

T : 좀 더 자세히 말해줄래?

S1 : 사람이 자전거를 타고 가면요 열이 나고, 사람도 달리면 열이 나요.

T : 자전거에서 열이 나는 건 아니요?

S1 : 그건 잘 몰라요.

위 경우는 자전거와 사람을 대응시킨 것이 아니라, 자전거를 운전하는 사람과 운동하는 사람을 연결한 것으로 비교 대상이 옳지 않은 경우에 해당되어 변칙 사례에 해당된다. 이는 초등학교 1학년 수준에서 사람의 몸에서 열이 발생하는 과정과 자전거 타이어가 지표면과의 마찰에 의해 열이 발생하는 과정을 이해하는 데는 어려움이 있기 때문에 나타난 결과로 볼 수 있다.

Table 3은 자전거와 사람 그림을 제시하여 비슷한 점을 찾도록 하였을 때 학생들의 반응을 정리한 것이다. 학생들은 사람과 자전거 과제에서 자동차와 자전거 과제보다 어려움을 겪었지만, 교사와의 대화와 학생간의 활발한 대화를 통해 문제점을 발견하거나, 비유의 관계적 측면을 찾아가는 발전적

**Table 3.** The analysis of students' mapping responses between a bicycle and a human in phase 1 in the view of Gentner' structure mapping theory

Type	Students' responses
Literal similarity	· Nothing
Mere appearance	· Nothing
Analogy	<ul style="list-style-type: none"> <li>· A bicycle's wheels and a human's legs are similar. They make the bicycle or human move.</li> <li>· A bicycle's tires and a human's shoes are similar. They protect the parts that are inside them.</li> <li>· Luggage is loaded in a bicycle's back seat and on a human's back. So the bicycle and human can move the luggage.</li> <li>· Paints can protect bicycle's surface and clothes can protect a human's skin.</li> <li>· A bicycle's paints and a human's accessories are similar. Both of them can be used for aesthetic purposes.</li> <li>· Luggage is loaded on a bicycle's back seat and a human can carry luggage in a bag.</li> <li>· A bicycle's handlebar and a human's brain both control direction.</li> <li>· A bicycle's frame and a human's bones are similar. They support their bodies.</li> </ul>
Abstraction	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Both can make sounds.</li> <li>· A bicycle can have a bell to ring and a human can say 'watch out' with his/her mouth.</li> </ul>
Anomaly	<ul style="list-style-type: none"> <li>· When moving, both make heat.</li> <li>· Light comes from a bicycle's lamp, and a human can take in light with his/her eyes.</li> </ul>

인 모습을 보였다.

## 2. 'Phase 2: 혼합물 개념 수업'에서 나타난 학생들의 학습 특징

학생들이 혼합물 개념을 학습하기 위해 시소 구슬 상자를 이용하여 실험을 실시하였다. 실험이 이루어지기 전 학생들에게 구슬 상자가 시소처럼 왔다 갔다 할 때 구슬이 어떻게 움직일 것인지 그림을 그리고, 20번 켜 왔다 갔다 한 후 손을 놓았을 때 구슬은 어떤 위치에 있을지 그리도록 했다. 학생들의 반응은 혼합과정과 구슬의 최종 위치에 대한 범주로 나눌 수 있다. 혼합과정에 대한 반응은 구슬끼리 충돌하지 않고 비논리적인 형태로 섞이는 비충돌 모형(Non-collision model)과 충돌과정을 거치며 섞이는 충돌모형(Collision model)으로 나타났다. 최종 위치에 대한 반응은 구슬이 섞이지 않고 구슬이 배열된 비혼합모형(Non-mixture model)과 구슬이 고루 섞여 있는 혼합모형(Mixture model)으로 나타났다. Table 4와 Table 5는 혼합과정과 최종 위치에 대한 사전 사후 결과를 나타낸 표이다. 수업 과정 중 학생들과 나눈 대화는 다음과 같다.

### <예상단계(Prediction)>

#### 비충돌 모형 - 일대일 대응 모형

S16 : 선생님, 초록구슬 한 개가 이쪽(검은색 구슬 방향)으로 가요.

T : 그러면 나머지 구슬은 어떻게 되는데?

S16 : 나머지는 하나씩 반대쪽으로 가요.

T : 검정 구슬 하나랑 초록 구슬 하나가 서로 바뀌는 거야?

S16 : 하나씩 바뀌어요.

S16은 구슬이 하나씩 대응하여 자리를 바꾼다고 예상하며, 충돌로 혼합이 생긴다는 개념을 가지지 못했고, 구슬이 일대일로 대응하여 자리를 서로 바꾼다는 개념을 표현하였다. 이는 형식적 조작기 이전의 학생들이 가지는 개념 중의 하나로 Piaget and Inhelder(1975)의 연구 결과와 일치하는 경우이다.

#### 비충돌 모형 - 직진 모형

S2 : 구슬이 앞으로 가요.

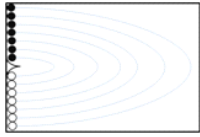
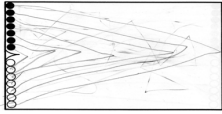
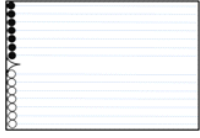

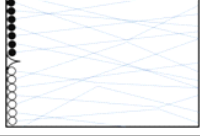
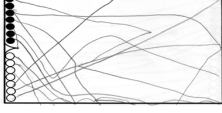
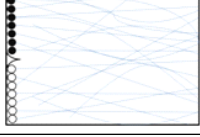

T : 앞으로 가면 어떻게 되는데?

S2 : 구슬이 그냥 앞으로 가는 거예요.

S2는 구슬이 직진하며 앞으로 가는 경로만 강조하였고, 충돌에 의해 혼합이 되는 의미를 내포하지 않았다. 이 경우도 Piaget and Inhelder(1975)의 연구 결과와 일치하는 경우이다.

#### 충돌모형 - 직진 충돌모형

Table 4. The analysis of students' responses on the mixing process of marbles before and after the seesaw box experiment

	Mixing process	Student's drawings	Pre-test(n)	Post-test(n)
Non-collision model	 <p>One to one matching model</p>		1	0
	 <p>Linear model</p>		4	1
Collision model	 <p>Linear collision model</p>		6	18
	 <p>Disorder model</p>		13	5



S3 : 구슬이 앞으로 가다가 부딪혀요.  
 T : 구슬이 부딪히면 어떻게 되는데?  
 S3 : 어... 옆으로도 가고... 또 부딪혀요. 섞여요.  
 T : 그러면 상자를 멈추면 구슬은 어디로 가 있지?  
 S3 : 검은색하고 초록색이 섞여서 여기저기에 있어요.

S3는 구슬이 혼합되는 과정을 충돌로 설명하고 있으며, 충돌 후 구슬이 이동하는 경로를 그림으로 그리며 설명하였다. 이는 Piaget and Inhelder(1975)의 연구결과에서 형식적 조작기에 해당하는 아이가 이해하는 형태이다.

**충돌모형 - 무질서 모형**

S4 : 구슬이 막 이렇게 왔다 갔다 해요.  
 T : 구슬이 왔다 갔다 하면서 어떻게 될까?  
 S4 : 많이 왔다 갔다 하면요 막 부딪히고 또 부딪히고... 계속 이리 저리 가요. 그리고 이렇게 섞여요.

S4는 구슬이 섞이는 과정을 충돌에 의해 설명하면서 매우 복잡한 전체 과정을 나타내기 위해 매우 복잡한 혼합과정 그림을 표현하였다. 이 경우도 구슬의 궤적을 추적하며 그림을 표현하였고, 형식적 조작기에 가능한 형태라 할 수 있다.

예상과정이 끝난 후 구슬 혼합 실험을 하고 학생들은 예상한 것과 어떻게 다른지 확인하였다. 그리고 연구자는 학생들에게 실험을 통해 알게 된 혼합과정과 최종 위치를 그리도록 하여 학생들과 이야기를 계속 나누었다.

**<관찰 및 설명(Observation and Explanation)>**

**충돌모형 - 무질서 모형**

S2 : 선생님, 구슬이 막 부딪혀요.  
 T : 부딪히고 또 어떻게 되지?  
 S2 : 앞으로 구슬이 가다가요, 다른 구슬 하고도 부딪히고 벽하고도 부딪히고 막 어지럽게 되요.  
 T : 100번 쯤 계속 왔다 갔다 하면 어떻게 될까?  
 S2 : 당연히 막 섞이죠. 선생님 제가요 처음 그린거랑 달라요.  
 T : 그러면 이번에 관찰한 걸 잘 기억하면서 구슬이 움직이는 것과 마지막에 상자를 멈추었을 때 구슬이 어디 있을지 다시 한 번 그려볼래?

S2는 예상 단계에서 비충돌 직진 모형으로 예상하였지만 구슬 혼합 실험 후 자신의 예상이 잘못되었다는 것을 인식하였고, 무질서 모형으로 충돌의

개념을 이용하여 관찰 결과를 설명하였다. S2의 경우에서 비논리적인 혼합물 개념이 논리적으로 수정된 것을 관찰하였다.




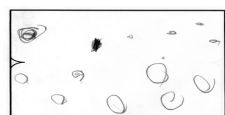
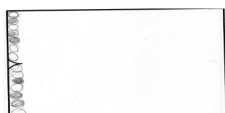
**충돌모형 - 직진 충돌모형**

S16 : 선생님 구슬이 엄청 빨리 움직여요  
 T : 그래? 너무 빨리 상자를 기울이지 말고 조금 천천히 해 볼까?  
 S16 : 구슬이 앞으로 가다가 부딪히네요. 계속 왔다 갔다 하니까 재밌어요. 벽에도 부딪혀요. 총알 같네.  
 T : 총알 같다고? 왜 그렇게 생각해?  
 S16 : 친구랑요 비비탄 총을 벽에 쏘면요 총알이 벽에 부딪혀서 다른 곳으로 막 날아가요.  
 S5 : 막 부딪히면서... 복잡해지고... 어지럽게 되요.

S16은 예상 단계에서 일대일 대응 모형으로 혼합과정을 비논리적인 형태로 설명하였지만, 비비탄 총을 예로 들며 충돌에 의한 혼합 과정을 설명하였다. 또한 S16의 비비탄 비유는 교사가 의해 유도된 것이 아니라, 학생 스스로 만든 생성적 비유(Self generated analogy)에 해당된다.

학생들에게 구슬의 혼합과정을 설명하게 한 후, 구슬의 최종 위치를 그림으로 그리도록 하였고, 반응을 분석한 결과는 Table 5와 같다. 시소를 움직이다가 정지하게 되면 구슬은 한 쪽 벽면에 섞여 정지하게 된다. 구슬이 섞여 있지 않다거나 시소가 기울어져 있기 때문에 구슬이 시소 위에 끌고루 흩어져 있는 형태는 비논리적인 형태이다. 예상 단계에서 비논리적인 형태였던 비혼합 형태와 혼합 분산 형태의 개념을 가지고 있던 학생이 실험 후 모두 비분산 혼합 모형으로 변한 것으로 나타났다. 구슬 혼합과정과 최종위치를 나타내는 결과를 종합해서 보았을 때, 예상하기에서 가졌던 학생들의 오개념은 Piaget and Inhelder(1975)가 실시한 연구결과와 유사한 패턴을 보이지만, 시소 구슬 실험을 통해 학생들이 획득한 혼합과정과 최종위치에 대한 개념을 직진충돌모형, 무질서 모형, 비혼합 모형으로 설명하며, 올바르게 획득한 것으로 나타났다. 이는 형식적 조작기 이전의 학생들이 혼합 과정을 제대로 설명하지 못한다고 결론 내린 Piaget and Inhelder (1975)의 연구결과와 다르며 형식적 조작기 이전의 학생들도 물질의 혼합 과정을 이해할 수 있음을 보여준다.

Table 5. The analysis of students' responses on the final position of mixed marbles before and after the seesaw box experiment

Final position		Student's drawings	Pre-test(n)	Post-test(n)
Non-mixture model	Original position model		1	0
	Group changed model		1	0
	Regular arrange model		2	0
Mixture model	Dispersion-mixture model		15	0
	Non dispersion-mixture model		5	24

### 3. 'Phase 3: 생성적 비유'에서 나타난 학생들의 지적 행동 특성

마지막 단계로 학생들에게 자동차와 자전거, 자전거와 사람의 비슷한 점을 서로 찾아서 설명한 것처럼 시소 구슬 상자를 이용하여 구슬이 섞이는 과정을 설명할 수 있는 물체나 상황을 그림으로 나타내어 설명하도록 하였다. 수업의 초반에는 표현에 어려움을 겪었지만, 혼합물 개념을 설명하는 좋은 비유를 생성하여 표현하는 학생들이 많이 나타났다. 대화 내용의 예시는 다음과 같다.

**단순 외형적 답음 :** 수업의 초반에 표현에 어려움을 겪는 아이들에게 Phase 1에서 비유를 사용했던 방법을 상기시켜 주고, Phase 2의 시소 구슬 실험을 설명할 수 있는 자신만의 비유를 만들도록 했다.

S20 : 선생님, 이건 눈사람이에요.  
 T : 눈사람이랑 구슬 실험한 거랑 어떻게 비슷한 거야?  
 S20 : 둘 다 동그래요.

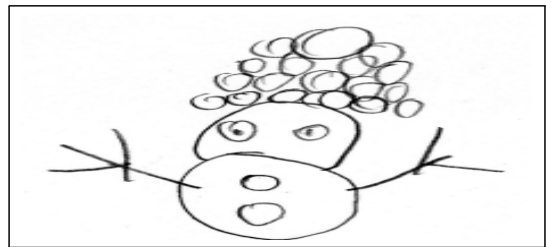


Fig. 3. A picture of self generated analogy drawn by S20 (a snowman analogy)

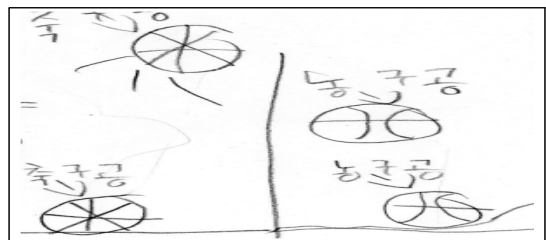


Fig. 4. A picture of self generated analogy drawn by S21 (a soccer and a basketball analogy)

T : 농구공하고 축구공을 그렸네. 구슬 실험이랑 어떻

게 비슷한 거야?

S21 : 구슬도 동그랗고 축구공도 동그래요. 농구공도 동그래요.

T : 동그란 것 말고는 비슷하게 없니?

S21 : 음... 그런데 축구공이 농구공 통 쪽으로 넘어가면 둘이 섞여요. 구슬이 섞이는 것처럼요.

S20과 S21은 구슬의 둥근 형태를 눈사람과 농구공, 축구공에 비유하여 나타냈다. 이는 혼합물에 대한 관계적 특성이 반영되지 않고 단지 외형적 유사성에 의해서만 나타낸 형태이다.

### 존재 유사성

존재 유사성과 관련된 학생들의 생성적 비유는 나타나지 않았다.

### 관계 유사성

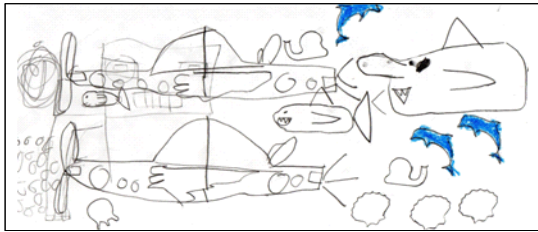


Fig. 5. A picture of self generated analogy drawn by S15 (sea analogy)

T : 우와 바다 속이야? 잘 그렸네.

S15 : 네 잠수함이에요.

T : 네가 그린 그림이랑 구슬 실험이랑 어떤 점이 비슷한 거야?

S15 : 선생님, 이거요 물고기인데요 잠수함을 타고 바다에 들어가서 물고기를 보러 가면요 물고기가 놀래서 도망을 가요.

T : 도망가는 거랑 구슬 실험이랑 뭐가 비슷한 거야?

S15 : 어... 물고기가 도망가면서 다른 물고기랑 섞이고요. 잠수함이라도 섞여요.



Fig. 6. A picture of self generated analogy drawn by S19 (fried rice analogy)

T : 이거 뭐 그리거니?

S19 : 이거요. 엄마가 볶음밥을 만드는 거예요. 볶음밥에 당근도 넣고, 밥도 넣고, 햄도 넣고, 많이 넣어요.

T : 그러면 구슬 실험이랑 비슷한 점이 뭐니?

S19 : 밥, 당근, 햄 넣고요 볶으면요 섞여요. 맛있어요.

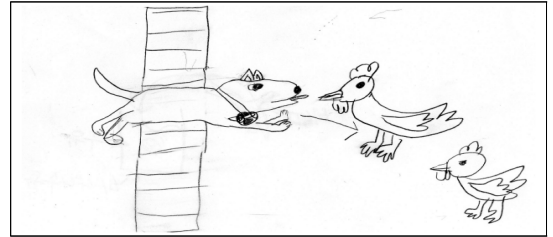


Fig. 7. A picture of self generated analogy drawn by S7 (a dog and chickens analogy)

S7 : 왼쪽에는 강아지고요. 오른쪽에는 닭들이 모여 있어요.

T : 가운데 있는 건 뭐니?

S7 : 울타리요. 근데요 강아지가 울타리를 넘어서 닭들한테 가면 닭들이 놀래서 이리 저리 뛰어 다니고 날아다녀요.

T : 구슬 실험이랑 뭐가 비슷한 건데?

S7 : 구슬이 섞이는 거요. 닭들이 놀래서 뛰어다니면 닭들이 섞이고 엉망이 되요.

S15, S19, S7은 외형적인 유사성을 피한 채 구슬을 대신할 수 있는 물체를 이용하여 관계적의 대응 관계를 연결하였다. 비유의 사물은 자신들에게 친근한 것이며, 과학 시간 이외의 수업에서 보았던 것, 생활 속에서 보았던 것들을 적절하게 이용하여 구슬의 혼합과정을 설명하였다.

### 추상적 유사성



Fig. 8. A picture of self generated analogy drawn by S10 (mixing paints analogy)

T : 이거 뭐 그리거니?

S10 : 물감이요. 그림 그리려고 물감을 섞는 거예요.

T : 물감을 섞으며 어떻게 되는데?  
 S10 : 두 개를 섞으면 다른 색이 나와요.  
 T : 구슬 실험이랑 뭐가 비슷한 거야?  
 S10 : 구슬이 섞이는 거랑 물감이 섞이는 거요. 물감도 두 개를 섞으면 빨간색하고 파란색이 이렇게 섞이면서 두 개가... 파란색이 빨간색으로 가고... 붓으로 이렇게 막하면... 두 개가 섞여요.

S10은 물감을 통해 혼합 과정을 설명하였다. 특히, 물감을 예로 든 것은 구슬이 가지는 둥근 형태와 고체라는 형태의 외형적인 특성을 모두 피한 채 물감이라는 액체와 연결하여 혼합과정을 설명한 것으로 추상적 유사성의 좋은 경우라 할 수 있다.

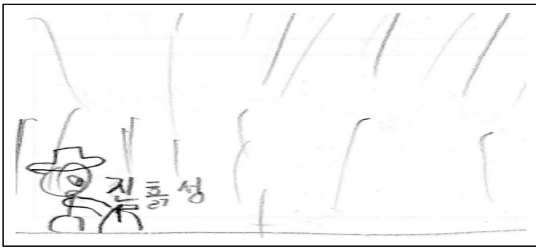


Fig. 9. A picture of self generated analogy drawn by S14 (mud castle analogy)

S14 : 이것은 진흙으로 성을 만든 거예요.  
 T : 그런데 비가 오는 거야?  
 S14 : 네 비가 와요.  
 T : 구슬 실험이랑 이 상황이랑 뭐가 비슷한 거야?  
 S14 : 어... 진흙성이 있는데요. 비가 오면요. 비가 진흙 사이로 들어가요.  
 T : 그러면 어떻게 되는데?  
 S14 : 비가 진흙 사이로 들어가서 성이 무너져요. 비하고 섞여요

S14는 액체와 고체의 혼합 과정을 진흙성이 비에 의해 무너지는 것으로 표현하였다. S10의 경우와 마찬가지로 외형적 유사성의 특징으로 관계 짓지 않고 액체와 고체 사이의 혼합 과정을 표현한 것으로 추상적 유사성에 해당된다.

T : 바나나 우유를 좋아하는가 봐.  
 S11 : 학원 마치고 집에 가면 엄마가 바나나 우유를 만들어줘요.  
 T : 그런데 바나나 우유랑 구슬 실험이랑 뭐가 비슷한 거야?

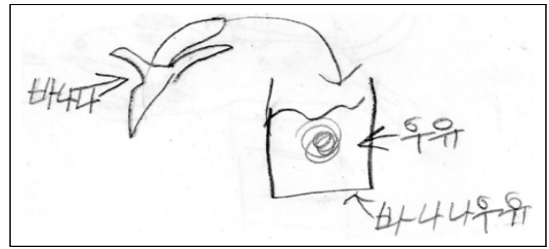


Fig. 10. A picture of self generated analogy drawn by S1 (banana milk analogy)

S11 : 바나나를 우유에 넣고 믹서로 돌리면요 바나나가 부서져요. 그리고 우유랑 바나나랑 섞여요. 바나나 우유가 되요.

S11의 경우는 바나나 우유를 만드는 과정을 이용하여 설명한 경우이다. 바나나가 믹서에서 분쇄되어 우유와 섞이는 과정은 S14의 비가 내리면서 진흙과 섞이는 경우와 유사한 형태로 볼 수 있다.

#### 변칙 사례

구슬 혼합을 설명하는 비유 만들기에서 변칙 사례에 해당하는 경우는 나타나지 않았다.

### IV. 결론 및 제언

본 연구의 Phase 1에서는 자동차와 자전거, 자전거와 사람 사이의 관계를 탐색하며 두 사물간의 유사성을 바탕으로 비유의 특성을 이해하게 된다. 학생들은 친숙한 사물 사이의 관계를 바탕으로 수업의 초반에는 외형적인 특징으로 비슷한 점을 이야기하였지만, 관계적인 측면을 탐색하여 관계 유사성, 추상적 유사성 측면에서 유사성을 찾을 수 있었다. 특히 Phase 1에서 처음 과제에서는 단순 외형적 닮음과 존재 유사성에서 탐색하는 시간이 길었지만, 두 번째 과제에서는 단순 외형적 닮음과 존재 유사성의 탐색 시간이 줄고, 관계적 측면을 탐색하는 것을 볼 수 있었는데, 이를 통해 비유 사용에 대한 학습 효과가 나타남을 알 수 있었다.

Phase 2의 구슬 혼합 실험에서 Piaget and Inhelder (1975)의 연구 결과에서는 형식적 조작기 이전의 학생들은 비논리적인 혼합과정과 최종위치를 나타내며 구슬이 지나가는 궤적을 잘 추적하지 못하는 것으로 나타났지만, 본 연구에서는 초등학교 저학년 학생들이

이 실험 전에는 비논리적인 혼합과정과 최종위치를 예상하였지만 구술 실험 후 혼합과정과 최종위치를 바르게 이해하는 결과를 나타냈다. 본 연구의 결과로 초등학교 1학년 학생들의 혼합물 학습 과정에 대한 이해 수준을 일반화하기는 어렵지만, 형식적 조작기 이전 학생들에 대한 보다 과학적 이해 수준의 면밀한 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

Phase 3에서는 혼합물 개념을 설명할 수 있는 비유를 만드는 과제로 인해 개념적 난이도가 증가하였고 비유의 대상을 스스로 결정해야 하는 생성적 비유의 형태가 학생들에게 과제의 난이도를 상승시켰다. 그럼에도 불구하고, 초등학교 1학년 학생들은 스스로 만든 생성적 비유를 자신이 획득한 개념을 설명하는 좋은 도구로 사용하는 모습을 보였다. 본 연구의 대상은 형식적 조작기에 이르지 못한 초등학교 저학년으로 Piaget and Inhelder(1975)의 인지 발달 단계상 비논리적인 사고가 강할 때이다. 초등학교 1학년 학생들은 수업 초반부에서는 외형적인 측면에 관심이 집중되어 단순 외형적 닮음과 존재 유사성과 같은 비논리적 사고를 보였지만, 교사와의 대화, 학생간의 대화를 통해 점차 비유 추론의 관계적인 측면을 고려하여 생성적 비유를 만들어 내는 것은 의미 있는 점으로 사료된다. 또한 학생들이 생성적 비유를 만드는 과정을 대화 과정에서 교사가 관찰하는 것은 학생들이 혼합물 개념에 대해 어떤 사고 구조를 가지고 있는지, 원리를 바로 파악하고 있는지를 평가할 수 있는 좋은 전략이라 할 수 있다. 특히 학생 간의 대화를 통해 문제를 인식하고, 자신의 비유에서 문제점을 발견하거나, 새로운 비유의 형태를 찾아가는 것은 기존 비유에 대한 한계나 대응 오류, 오개념 형성을 해결할 수 있는데, 교육적 의미를 제공할 것으로 생각한다. Phase 3에서 나타난 학생들의 반응은 과제의 난이도를 고려했을 때 어려운 개념이었지만, 혼합물 개념을 획득하고 자신의 생활 속에서 겪은 상황과 관계적 측면을 고려한 관계 유사성과 추상적 유사성 형태의 비유를 생성하였다. 학생들의 바다 속 비유, 볶음밥 비유, 강아지와 닭 비유, 물감 비유, 진흙성 비유, 바나나 우유 비유는 좋은 비유라고 할 수 있다.

선행 연구에서 과학 개념이나 주제에 관해 학생들에게 비유를 생성하도록 하고, 학생들의 비유가 과학 개념과 올바르게 대응되었는지, 아니면 잘못된 대응으로 인해 오개념이 되었는지 조사한 연구

들이 많이 있다(Kim & Jo, 2001; Noh *et al.*, 2011; Yang *et al.*, 2010). 이러한 연구들에서는 잘못된 대응 관계에 대해 학생들이 가질 오개념에 대한 우려감을 나타내고 있다. 하지만 본 연구에서 학생들은 잘못된 대응이 일어나도 Phase 1과 Phase 3에서 학생들 사이의 이야기나 교사의 도움에 의해 올바른 대응관계를 찾아가는 모습을 볼 수 있었다. 이는 비계활동(scaffolding)의 형태로 동료 간 비계활동(peer to peer scaffolding)과 교사 비계활동(teacher scaffolding)에 해당되며, 비유 생성에서 학생들에게 제공되는 비계활동이 매우 중요하다는 것을 알 수 있다. 이 결과는 Yoon and Kang(2011)의 연구에서도 개별집단보다 소집단에서 논의하며, 비유를 만드는 것이 인지적, 동기적 측면에서 학습 효과가 크다는 결과와 Yeo *et al.*(2009)의 연구에서 교사의 비계활동으로 학생들의 비유 수업의 효과가 증대하였다는 결과와 일치한다. Wood *et al.*(1976)은 비계를 문제해결에서 어른들이 아이들을 가르치거나, 단순한 모방을 뛰어 넘게 하는 사회적 맥락을 설명하기 위한 교육 심리학에 도입하였다. 비계는 초보자가 문제를 풀 수 있게 하고, 과제를 수행하게 하고, 목표를 달성하게 한다. Vygotsky(1978)는 잠재적 발달 수준과 실제 발달 수준사이의 거리인 근접 발달영역(zone of proximal development, ZPD)이 동료와의 협업을 통해 간격을 좁힐 수 있다고 하였으며, Wells(1999)는 비계가 근접발달영역을 조직할 수 있는 방법으로 보았고, 특히 대화의 역할을 강조하였다. 이러한 관점에서 볼 때 비유를 학습하고 생성하는 과정에서 자신의 생각을 그림으로 나타내고, 동료, 교사와 대화하며, 비유 생성을 발전시켜나가는 과정은 매우 의미 있는 활동이다. 단순 외형적 닮음이나 존재 유사성의 형태에서 학습자는 기본적으로 잘못된 비유를 하더라도 이는 두 영역을 관계를 연결 짓는 비유의 속성을 알고 있다는 전제가 될 수 있다. 하지만 이러한 학생에게 적절한 비계활동이 제공된다면 학생은 비유 생성 과정에서 나타난 실수를 수정하여 최종 단계에서 구조적인 대응을 할 수 있는 기회를 얻을 수 있다. 따라서 비유 생성과정에서 외형적인 특성에 집중하여 비유를 만들었다면, 학생들이 서로 토론하고 이야기할 수 있는 시간과 교사에 의해 잘 유도되는 질문을 수업 속에 배치하여 관계 유사성과 추상적 유사성의 비유로 발전하는 기초로 작용할 수 있게

해주어야 할 것이다.

비유추론은 과학의 역사에 있어 과학자들의 문제해결, 과학적 발견 등에서 중요한 역할을 하였다. 이러한 측면에서 과학자들이 행한 비유추론은 과학 교육에서 학생들이 과학을 배우는 중요한 요소가 된다. 또한 과학 학습의 중요한 목표인 과학적 사고력과 창의적 문제 해결력을 길러주기 위해서는 추론능력을 향상시키는 것은 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서 나타난 결과를 바탕으로 보았을 때, 형식적 조작기 이전의 초등학교 1학년 학생들도 자신이 획득한 개념을 설명하는 생성적 비유를 스스로 만들 수 있었다는 것을 고려한다면, 비유추론 능력을 향상시켜 주는 것은 어린 나이부터 창의성을 향상시키고, 문제해결력을 높이기 위한 하나의 방법이 될 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- Blanchette, I. & Dunbar, K. (2000). How analogies are generated: The roles of structural and superficial similarity. *Memory & Cognition*, 28(1), 108-124.
- Brown, A. L., Kane, M. J. & Long, C. (1989). Analogical transfer in young children: Analogies as tools for communication and exposition. *Applied Cognitive Psychology*, 3(4), 275-293.
- Bruner, J. (1986). *Actual minds, possible worlds*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Choi, S., Lee, Y. & Kang, H. (2006). The effects of the visual-analogical learning on student creativity and science achievement in elementary school science. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 26(2), 167-176.
- Clement, J. (1993). Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1241-1257.
- Dagher, Z. R. (1995). Review of studies on the effectiveness of instructional analogies in science education. *Science Education*, 79(3), 295-312.
- Driver, R. & Bell, B. (1986). Students' thinking and the learning of science: A constructivist view. *School Science Review*, 67(240), 443-56.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75(6), 649-672.
- Duit, R., Roth, W. M., Komorek, M. & Wilbers, J. (2001). Fostering conceptual change by analogies-between Scylla and Charybdis. *Learning and Instruction*, 11(4), 283-303.
- Gabel, D. L. & Sherwood, R. D. (1980). Effect of using analogies on chemistry achievement according to Piagetian level. *Science Education*, 64(5), 709-716.
- Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, 7(2), 155-170.
- Gentner, D. (1989). The mechanisms of analogical learning. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Gilbert, S. W. (1989). An evaluation of the use of analogy, simile, and metaphor in science texts. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(4), 315-327.
- Glynn SM (1991). Explaining science concepts: A teaching - with - analogies model. In S Glynn, R Yeany and Briton (Eds.) *The psychology of learning science*. H Usdale. NK: Erlbaum.
- Goswami, U. (1992). *Analogical reasoning in children*. Hove, England: Erlbaum.
- Haglund, J., Jeppsson, F. & Andersson, J. (2012). Young children's analogical reasoning in science domains. *Science Education*, 96(4), 725-756.
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (2006). Teaching and learning with analogies. In *Metaphor and analogy in science education* (pp. 11-24). Springer Netherlands.
- 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 Research in Science Education*, 30(5), 668-680.
- Kearney, M., Treagust, D. F., Yeo, S. & Zadnik, M. G. (2001). Student and teacher perceptions of the use of multimedia supported predictobserve-explain tasks to probe understanding. *Research in Science Education*, 31, 589-615.
- 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, Y. (2010). Abductive reasoning and creativity in physics and physics education. *The Korean Physical Society*, 60(7), 689-701.
- Kim, H. & Jo, Y. (2001). Model for the photosynthesis concept learning in elementary science. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 21(2), 444-458.
- Kim, W., Kim, Y., Seo, H. & Park, J. (2013). Thomas

- Young's problem solving through analogical reasoning in the process of light inference theory formation and its implications for scientific creativity education. *Journal of Gifted/Talented Education*, 23(5), 817-833.
- Ko, S., Choi, Y. & Yeo, S. (2007). A case study on the pattern of teachers' analogies in elementary science classes. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 26(3), 276-285.
- Kwon, J. (2010). Analysis of elementary school students' analogy and analog in school science. Master thesis. Gyeongin National University.
- Lee, E. & Park, J. (2008). The investigation of the concept of matter state of the elementary students and teachers. *Research Institute of Curriculum and Instruction*, 12(1), 183-200.
- Ministry of Education, Science and Technology (2011). National science curriculum. MEST.
- Ministry of Education, Science and Technology (2015). Science teacher's guides for elementary school (4<sup>th</sup> grade). Seoul: Mirae-N.
- National Research Council (2007). Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8. R. A. Duschl, H. A. Schweingruber, & A. W. Shouse (Eds.). Washington DC: The National Academies Press.
- National Research Council (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. Washington, DC: National Academy Press.
- Noh, T., Byun, S., Jeon, K. & Kwon, H. (2003). The influences of role-playing analogy in chemistry concept learning. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 23(3), 246-253.
- Noh, T., Yang, C. & Kang, S. (2011). Perceptions of elementary school teachers on the use of analogy generation in scientifically-gifted education. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 30(1), 22-37.
- Paik, S., Park, J., Park, J., Im, M., Ko, Y., Cho, B. & Kim, H. (2002). Analysis of K-12 science textbooks related to 'states of water', 'state change of water', and 'conditions of state change'. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 22(2), 215-229.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1975). The origin of the idea of chance in children. London: Routledge & Kegan Paul.
- Pittman, K. M. (1999). Student-generated analogies: another way of knowing?. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 1-22.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D. & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654.
- Thagard, P. (1992). Analogy, explanation, and education. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(6), 537-544.
- Thiele, R. B., Venville, G. J. & Treagust, D. F. (1995). A comparative analysis of analogies in secondary biology and chemistry textbooks used in Australian schools. *Research in Science Education*, 25(2), 221-230.
- Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. Cambridge, MA.: Harvard University Press.
- Wells, G. (1999). Dialogic inquiry: Towards a socio-cultural practice and theory of education. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wittrock, M. C. & Alesandrini, K. (1990). Generation of summaries and analogies and analytic and holistic abilities. *American Educational Research Journal*, 27(3), 489-502.
- 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.
- Wood, D., Bruner, J. S. & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89-100.
- Yang, C., Kim, K. & Noh, T. (2010). Influence of method using analogy on students' concept. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 30(8), 1044-1059.
- Yeo, S., Lee, J. & Shin, M. (2009). The effects of verbal analogy activities as scaffolding on the science achievement and science attitude of elementary students. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 28(4), 507-518.
- Yoon, J. & Kang, H. (2011). The effects of analogy-generating in small group on saturated solution in elementary science-gifted education. *Journal of the Korean Chemical Society*, 55(3), 509-518.
- Zeitoun, H. H. (1984). Teaching scientific analogies: A proposed model. *Research in Science & Technological Education*, 2(2), 107-125.