*Journal of the Korean Chemical Society*
**2010**, *Vol. 54, No. 2*
Printed in the Republic of Korea
DOI 10.5012/jkcs.2010.54.02.248

# 보일의 법칙에 대한 개념 학습에서 비유의 부연 수준이 학생들의 대응 관계 이해 및 개념 이해에 미치는 영향

**김유정 · 김경순 · 노태희***
서울대학교 화학교육과
(접수 2009. 12. 26; 수정 2010. 2. 25; 게재확정 2010. 2. 26)

# The Effects of the Level of Enrichment for Analogies upon Students' Mapping and Conceptual Understanding in Concept Learning about Boyle's Law

**Youjung Kim, Kyungsun Kim, and Taehee Noh***
*Department of Chemistry Education, Seoul National University, Seoul 151-748, Korea*
**E-mail: nohth@snu.ac.kr*
(Received December 26, 2009; Revised February 25, 2010; Accepted February 26, 2010)

**요약.** 이 연구에서는 보일의 법칙에 대한 개념 학습에서 비유의 부연 수준이 학생들의 대응 관계 이해 및 개념 이해에 미치는 영향과 학생들이 범하는 대응 오류 유형을 조사하였다. 본 수업 이전에 비유 추론 능력 검사를 실시하여, 그 점수를 구획 변인으로 사용하였다. 중학교 1학년 학생들에게 비유의 부연 수준에 따른 단순, 부연, 확장의 세 가지 유형의 비유 학습 활동지를 무선 배포하여 학습하도록 한 직후에, 대응 관계 이해도와 개념 이해도 검사를 실시하였다. 또한, 두 검사에 대한 파지 검사를 4주 후에 실시하였다. 분석 결과, 대응 관계 이해도의 직후 검사에서는 비유의 부연 수준에 따른 주효과는 없었지만, 비유 추론 능력과의 상호작용 효과가 있었다. 개념 이해도 파지 검사에서는 부연 집단의 점수가 단순 집단보다 높게 나타났으나, 세 집단 간 점수 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다. 전체 대응 오류의 빈도는 단순 집단이 가장 높았고, 대응 오류 유형별 빈도에서도 대부분 단순 집단의 빈도가 부연 집단과 확장 집단의 빈도보다 높았다. 또한, 대응 오류 유형별 빈도는 학생들의 비유 추론 능력 수준에 따라 차이가 있었다. 따라서 이 연구 결과는 과학교사들이 체계적인 비유 사용 수업을 계획하고 실천하는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

**주제어:** 비유, 부연 수준, 개념 이해, 대응, 대응 오류

**ABSTRACT.** This study investigated the effects of the level of enrichment for analogies upon students' mapping, conceptual understanding, and the types of mapping errors in concept learning about Boyle's Law. Analogical reasoning ability test was administered and the score was used as a blocking variable. Three types (simple, enriched, and extended analogies) of learning materials according to the level of enrichment for analogies were studied by randomly assigned middle school students, and a conceptions test and a mapping test were administered immediately. The retention tests of both were administered four weeks later. Analyses of the results revealed that there was no main effect in the level of enrichment for analogies, but there was interaction effect with analogical reasoning ability in the post test on mapping. And the score of enriched analogy group was significantly higher than those of simple analogy group, but the score differences among three groups were not significant in the retention test on conceptual understanding. The frequency of the total mapping errors in the simple analogy group was the highest, and the frequencies of most types of mapping errors in the enriched and the extended analogy groups were less than those in the simple analogy group. There were also some differences in the frequencies of mapping errors with respect to the level of analogical reasoning ability. Therefore, these results will help science teachers plan and practice instructions using analogy.

**Keywords:** Analogy, Level of enrichment, Conceptual understanding, Mapping, Mapping error

## 서론

학생들은 추상적이고 미시적인 과학 개념을 이해하는 데 많은 어려움을 겪고 있다.[1] 이에 지난 30여 년간 많은 연구자들은 학생들의 과학 개념 학습을 도울 수 있는 방법에 대한 연구를 진행해 왔다. 그 중에 가장 많이 이루어지고 있는 연구 분야 중 하나로 비유를 사용한 교수・학습을 들 수 있다.[2] 과학 교과에서 비유의 사용은 학습자가 새로운

개념을 기존의 인지 구조에 능동적으로 동화시킬 수 있도록 자극한다.[3] 또한, 추상적인 개념을 구체적이고 상상 가능한 형태로 시각화함으로써 학습 동기를 유발할 수 있다.[4] 이러한 장점에 근거하여 과학 개념의 이해 측면에서 비유의 효과를 조사하는 연구가 활발하게 이루어지고 있다.[1,5,6,7,8]

그러나 과학 수업에서 비유의 효과에 대한 연구 결과들은 일관되지 않았다. 예를 들어, 10학년을 대상으로 한 Sarantopoulos와 Tsaparlis의 연구[9]나 초등학생을 대상으로 한 Yanowitz의 연구[10]에서는 비유를 사용한 수업이 전통적 수업에 비해 과학 학습에 효과적이었다. 그러나 효과가 나타나지 않았다는 연구들도 적지 않다.[11,12] 이처럼 비유 사용의 효과가 일관되지 않았던 이유로 각 연구에서 사용한 비유의 특성 차이를 들 수 있다.[4,13] 과학 수업에서 사용되는 비유는 그 특성에 따라 구조적/기능적 비유(공유 속성), 글/그림 비유(표현 방식), 구체적/추상적 비유(추상도), 단순/부연/확장 비유(부연 수준) 등으로 분류할 수 있다.[4,14,15] 이러한 비유의 특성이 비유를 사용한 학습에 영향을 줄 수 있으므로,[15] 비유의 특성에 따라 학생들의 학습 과정을 체계적으로 조사할 필요가 있다. 이는 학생들의 개념 이해도를 향상시킬 수 있는 효과적인 비유 수업 전략을 설계하는데 구체적이고 실질적인 시사점을 제공할 수 있을 것이다. 그러나 지금까지 비유 관련 연구들은 비유를 사용한 수업과 전통적인 수업의 효과를 비교하는 연구 위주로 이루어지고 있어, 과학 수업에서 비유의 특성에 따른 학생들의 비유 학습 과정에 대한 연구는 부족한 실정이다.

비유를 사용한 학습에서 중요한 과정은 비유물과 목표 개념의 대응 과정이다. 즉, 비유물과 목표 개념은 유사하지만 완전히 동일하지 않기 때문에, 대응되는 요소들을 공유 속성과 비공유 속성으로 분리하여 일대일로 연결시키는 것이 필수적이다.[15,16] 그러나 학생들은 비유물과 목표 개념 간의 대응을 어려워하여, 대응 오류를 범하는 경우가 많다.[17] 학생들의 대응 과정과 그 과정에서 범하는 대응 오류는 비유의 특성에 따라 그 양상이 달라질 수 있다. 그러나 비유의 특성에 따른 학생들의 대응 과정을 조사한 연구는 글과 그림 등의 표현 방식에 대한 연구[18]가 이루어졌을 뿐이다.

제7차 중등 과학 교과서의 화학 영역에는 비유의 부연 수준 측면에서 비유에 대한 설명이 없는 단순 비유와 비유물의 공유 속성에 대한 부연 설명이나 언급이 있는 부연 비유가 많이 제시되어 있다.[14] 그러나 교사들은 수업 과정에서 대부분 자신의 사전 지식이나 일상적인 경험으로부터 비유 소재를 얻어 사용하는 경향이 있어,[19] 교과서에 제시된 비유는 학생들이 개별적으로 학습하게 되는 경우가 많다. 이때, 비유의 부연 수준에 따라 학생들이 실제로 거치는 대응 과정에 차이가 있을 수 있으므로,[4] 이러한 비유의 부연 수준은 비유 학습의 효과에 영향을 주는 중요한 요인이 될 수 있다. 예를 들어, 학생들이 교과서에 제시된 단순 비유를 학습하는 경우, 부연 비유나 확장 비유에 비해 비유 상황에 대한 정보가 부족하여 목표 개념과 비유물을 대응시키는 과정에서 더 어려움을 겪을 가능성이 크므로, 오히려 학생들의 학습에 부정적인 영향을 줄 수도 있다. 따라서 과학 교과서에 제시된 비유의 부연 수준이 학생들의 대응 관계 이해에 미치는 영향 및 대응 과정에서 학생들이 범하는 오류 유형에 대해 조사할 필요가 있다.

한편, 비유를 사용한 학습에서 대응 과정은 학습자의 사전 지식이나 경험에 근거하며 학습자의 인지적 능력을 요구하므로, 학습자의 인지적 특성에 따라 비유의 교수 효과가 달라질 수 있다.[20] 따라서 다양한 유형의 비유를 사용한 수업에서 학습자의 특성이 학습에 어떤 영향을 미치는지에 대한 연구가 이루어질 필요가 있다. 특히, 비유 수업에서 학생들은 비유물과 목표 개념의 공유 속성을 근거로 목표 개념을 이해해야 하는 비유 추론 과정을 거치기 때문에 학생들의 비유 추론 능력에 따라 학습 효과가 달라질 수 있다. 이에 이 연구에서는 비유를 사용한 과학 수업에서 학생들의 비유 추론 능력에 따라 비유의 부연 수준이 학생들의 대응 관계 이해 및 개념 이해에 미치는 영향을 조사하였다. 또한, 비유물과 목표 개념의 대응 과정에서 학생들이 범하는 대응 오류 유형을 조사하였다.

## 연구 방법 및 내용

### 연구 대상

서울특별시에 소재한 남녀공학 중학교에서 '보일의 법칙'을 학습하지 않은 1학년 학생 260명을 연구 대상으로 선정하였다. 비유의 부연 수준이 대응 관계 이해 및 개념 이해에 미치는 영향을 조사하기 위해 세 집단 즉, 단순 비유 집단(단순 집단), 부연 비유 집단(부연 집단), 확장 비유 집단(확장 집단)에 무선 배치하였다. 선정된 학생들 중에서 사전 검사와 본 검사(직후·파지 검사)에 결시 및 무응답한 학생(단순: 7명, 부연: 11명, 확장: 12명)을 제외한 230명이 최종 연구 대상으로 선정되었다. 비유 추론 능력에 따른 각 집단별 학생수는 *Table* 1과 같다.

***Table* 1.** The subjects of the three groups by the level of analogical reasoning ability

| | Simple | Enriched | Extended |
|---|---|---|---|
| High | 51 | 45 | 42 |
| Low | 29 | 35 | 28 |
| Total | 80 | 80 | 70 |

Simple: Simple analogy group, Enriched: Enriched analogy group, Extended: Extended analogy group

비유 추론 능력 검사 점수의 중앙값(7점)을 기준으로 비유 추론 능력 상위·하위 집단으로 나누었다. 이때, 중앙값에 해당하는 학생들은 모두 비유 추론 능력 상위 학생으로 분류했으며, 비유 추론 상위 집단 학생들의 평균(8.5)과 비유 추론 하위 집단 학생들의 평균(4.5)의 차이는 통계적으로 유의미하였다($t = 20.952$, $p = .000$).

### 연구 절차

목표 개념인 '기체의 압력과 부피 관계'를 설명하기 위해서 화학 개념 설명에 일반적으로 사용되는 유형의 비유를 선정하였다. 즉, 목표 개념과 기능적 측면이 유사하고, 대응되는 공유 속성이 많으며, 제한점이 언급되어 있지 않고, 글과 그림을 모두 사용하여 표현되었으며, 일상적인 소재를 사용한 비유를 선정 기준으로 정하였다.[14] 이러한 기준에 근거하여, 중학교 1학년 과학 교과서 화학 영역에 제시된 비유 분석을 통해 목표 개념 설명에서 사용 빈도가 높은 '원 안에서 달리기' 비유를 선정하였다. 비유물의 부연 수준에 따라 단순 비유, 부연 비유, 확장 비유의 비유 학습 활동지를 제작하였다. 단순 비유에서는 비유물에 대한 부가 설명 없이 단지 목표 개념은 비유물과 비슷하다고 언급하는 수준으로 설명하였고, 부연 비유에서는 공유된 속성에 대해 자세한 설명을 제시하였다. 또한, 확장 비유는 하나의 목표 개념을 설명하기 위해 2개의 부연 비유를 제시하였다.[4,15] 본 수업 이전에 비유 추론 능력 검사를 실시하였다. 본 수업에서는 먼저 교사가 활동에 대해 간단히 안내한 후, 비유 부연 수준이 다르게 구성된 비유 학습 활동지를 무선 배포하고, "원 안의 사람들이 같은 빠르기로 달리며, 직선으로 달리다가 선을 밟거나 사람들과 부딪친 경우 방향을 바꾸어 달린다" 는 비유의 기본 가정에 대한 설명을 하였다. 그리고 학생들이 개별적으로 학습(15분)한 후, 대응 관계 이해도 검사(20분)와 개념 이해도 검사(10분)를 실시하였다. 마지막으로, 파지 효과를 조사하기 위하여 4주 후에 동일한 대응 관계 이해도 검사와 개념 이해도 검사를 실시하였다.

### 비유 학습 활동지

이 연구에서 설정한 목표 개념은 일정한 온도에서 '기체의 압력과 부피의 관계'이다. 즉, 온도가 일정한 경우, 부피가 작아질수록 기체 분자가 용기 벽에 충돌하는 횟수가 증가하여 압력이 증가한다는 것이다. 이 개념은 일정한 속도로 원 안에서 달리는 경우, 원의 크기가 작아질수록 선을 밟는 횟수가 많아진다는 것('원 안에서 달리기' 비유)에 대응된다. 비유 학습 활동지의 목표 개념을 제시하는 부분은 세 집단 모두 동일하다. 즉, 세 집단의 활동지에서 기체의 부피와 압력의 관계를 설명하는 부분은 일정한 온도에서 부피가 다른 두 용기 안에 같은 개수의 산소 분자 모형을 그림으로 제시하고, 왼쪽 측면에 그림에 대한 설명과 함께 '기체의 압력은 기체 분자가 용기 벽에 충돌하는 횟수에 비례하므로, 기체의 부피가 줄어들면, 기체의 압력은 증가한다'는 내용을 자세하게 글로 제시하였다. 그러나 활동지의 비유 제시 부분은 집단별로 다르게 구성하였다.

즉, 단순 집단의 활동지는 큰 원과 작은 원에서 학생들이 3명씩 달리고 있는 장면의 '원 안에서 달리기' 비유 그림을 제시하고 단순히 '기체의 압력과 부피의 관계는 원 안에서 달리기와 비슷하다' 정도로 기술된 단순 비유를 제시하였다.

부연 집단의 비유 제시 부분은 단순 집단과 마찬가지로 '원 안에서 달리기' 비유 그림을 제시하고, '같은 수의 학생들이 원 안에서 일정한 속도로 달릴 때, 작은 원 안에서 달리는 학생이 선을 밟는 횟수는 큰 원 안에서 달리는 학생이 선을 밟는 횟수 보다 많다. 즉, 원의 크기가 작을수록 선을 밟는 횟수가 증가하는 것처럼 기체의 부피가 줄어들면 기체 분자가 용기에 충돌하는 횟수가 증가하므로 기체의 압력은 증가한다'와 같이 목표 개념의 공유 속성들을 대응시켜 글로 자세히 설명한 부연 비유로 구성되었다.

확장 집단의 활동지는 부연 집단의 활동지 내용에 추가로 큰 상자와 작은 상자에서 2대의 자동차가 움직이고 있는 '장난감 자동차의 충돌' 비유를 그림으로 제시하고, 이에 대해 같은 속도로 움직이는 장난감 자동차를 넣는 상자 크기와 벽면에 충돌하는 횟수의 관계를 글로 자세히 설명한 부연 비유와 같은 형태로 추가하여 구성하였다.

세 집단의 비유 학습 활동지는 모두 A4 한 쪽 분량으로 제작되었으며, 학습 내용이 상대적으로 적은 단순 집단의 활동지에는 목표 개념과 무관한 읽기 자료를 첨가하여 학습 시간이 동일하도록 통제하였다. 비유 학습 활동지를 제작한 후, 연구 대상이 아닌 중학교 1학년 학생을 대상으로 예비 연구를 실시하여 활동지를 수정·보완하였다. 완성된 비유 학습 활동지는 과학교육 전문가 2인과 중학교 과학 교사 3인으로부터 검토를 받았다.

### 검사 도구

비유 추론 능력 검사는 일반 지능 검사 중에서 비유 추론 과제를 발췌하여 사용한 노태희 등[20]의 비유 추론 능력 검사를 사용하였다. 이 검사는 언어 비유, 숫자 비유, 그림 비유 영역에서 각 4문항씩 총 12문항으로 구성되어 있으며, A : B의 관계와 C를 제시한 후 A : B의 관계를 바탕으로 C : D의 관계를 유추하여 적절한 D를 선택하는 방식이다. 이 연구에서 구한 내적 신뢰도(Cronbach's alpha)는 .63이었다.

대응 관계 이해도 검사는 비유물의 속성과 목표 개념의 속성 간의 대응 관계에 대한 이해도와 대응 오류 유형을

조사하기 위해 선행 연구[18]를 참고하여 개발하였다. 이 검사는 비유물과 목표 개념의 유사성 및 차이점에 해당하는 속성과 어느 쪽에도 해당되지 않는 속성을 각 비유물과 목표 개념의 속성들을 나열한 보기에서 골라 대응시키고, 그 이유를 서술하도록 하는 형식으로 구성하였다. 검사지에 제시된 목표 개념의 속성은 기체의 부피, 기체 분자가 용기 벽에 충돌하는 횟수, 기체 분자의 운동 속도, 기체 분자의 종류, 온도, 기체 분자의 운동 방향 등이다. 개발한 검사지는 과학교육 전문가 2인과 중학교 과학 교사 3인으로부터 안면 타당도를 검증받았다. 이 연구에서의 내적 신뢰도(Cronbach's alpha)는 직후 검사와 파지 검사에서 각각 .72, .67이었다.

개념 이해도 검사는 하위 목표 개념에 대한 이해 정도를 측정하기 위해 선행 연구[21]의 검사를 참고하여 개발하였다. 이 검사는 본 차시 수업에서 배운 내용을 다른 상황에 적용하는 문제 유형으로, 질소 기체를 넣은 주사기의 피스톤을 누르기 전과 후의 주사기 내부의 압력과 부피 변화, 질소 분자의 균일한 분포, 분자의 크기와 모양, 개수의 보존, 분자의 운동 속도 일정 등의 4개의 하위 목표 개념에 대해 각 1문항씩, 총 4문항으로 구성하였다. 모든 문항은 서술형이고, 분자의 분포 문항에 대해서는 추가로 분자 수준의 그림으로 표현하여 설명하게 하였다. 검사 문항은 과학교육 전문가 2인으로부터 안면 타당도를 검증받았으며, 이 연구에서의 내적 신뢰도(Cronbach's alpha)는 직후 검사와 파지 검사에서 각각 .63, .57이었다.

### 분석 방법

대응 관계 이해도 검사는 비유물과 목표 개념이 지닌 속성들 간의 대응이 올바르지 않은 경우는 0점, 대응만 올바른 경우는 1점, 대응에 관한 설명까지 올바른 경우는 2점으로 채점하였다. 검사에 사용된 비유물과 목표 개념의 유사성에 해당하는 공유 속성은 기체 분자의 개수, 기체의 부피, 기체 분자가 용기 벽에 충돌하는 횟수, 기체 분자의 운동 속도, 기체 분자의 운동 방향 등 5가지이고, 비공유 속성은 기체 분자의 종류 1가지이다. 공유 속성들을 비유물의 속성들에 유사점으로 모두 올바르게 대응시킨 경우 10점, 비공유 속성을 차이점으로 대응시킨 경우 2점으로 하여 총 12점 만점으로 채점하였다.

대응 관계 이해도 검사에서 나타난 학생들의 대응 오류 유형은 선행 연구[15,22]의 분류틀에서 제시한 '대응 불이행', '과잉 대응', '무분별한 대응', '공유 속성 거부', '인위적 대응', '표면적 속성 대응', '부적절한 대응', '비유물 속성 보유', '불가능한 대응' 등 9가지로 분류하였다(*Table* 2).

개념 이해도 검사는 각 문항마다 비과학적인 이해 및 무응답은 0점, 오개념이 포함된 부분적 이해는 1점, 과학적인 이해는 2점으로 하여, 총 8점 만점으로 채점하였다.

대응 관계 이해도와 대응 오류 유형 및 개념 이해도의 분석 신뢰도를 높이기 위해, 무작위로 선정한 일부 답안지에 대한 연구자 2인의 분석자간 일치도가 모두 90%이상에 도달한 후 연구자 1인이 모든 답안지를 분석하였다.

대응 관계 이해도와 개념 이해도의 직후 검사 및 파지 검사 점수에 대한 통계 분석은 비유의 부연 수준을 독립 변인으로 하고 비유 추론 능력 검사 점수를 구획 변인으로 하는 이원 변량 분석(two-way ANOVA)을 실시하였다. 또한, 개념 이해도 점수와 대응 관계 이해도 점수 사이의 관련성을 조사하기 위해 상관분석을 실시하였다. 대응 오류 유형은 학생들의 대응 관계 이해도 검사 답안을 개별적으로 분석하여 대응 오류 유형별 빈도를 제시하고, 비유의 부연 수준과 비유 추론 능력에 따라 나타나는 대응 오류 유형의 빈도 차이를 분석하였다. 변량 분석의 기본 가정 검토에서 대응 관계 이해도 파지 검사의 경우 동변량성을 만족하지 않았으므로($F = 2.64$, $p = .024$), 제곱근 변환(square

***Table* 2.** The types of students' mapping errors

| Types of mapping errors | Explanation |
|---|---|
| Failure to map | Failure to map as the lack of mapping of shared attributes |
| Overmapping | Mapping of unshared attributes from the analog to the target |
| Rash mapping | Mapping from the attribute only of the analog to any attribute of target |
| Rejection of shared attributes | Mapping of shared attributes between analog and target as unshared attributes |
| Artificial mapping | Mapping of shared attributes that include artificial interprets about the relation of the analog and target by learners' experiences or prejudices |
| Mapping of surficial feature | Mapping of shared attributes from the analog to unshared attributes from target by surficial similarity of word |
| Mismapping | Incorrect or inappropriate mapping of shared attributes |
| Retention of a base feature | Retain base features when describing target in mapping between analog and target |
| Impossible mapping | Attempt to map though important attributes of the target do not exist in the analog |

root transformation; F = .455; $p$ = .809)[23]을 통해 변량 분석을 실시하였다. 상호작용 효과가 있는 경우에는 단순 효과를 검증하기 위해 비유 추론 능력별로 일원 변량 분석(one-way ANOVA)을 실시하였고, 주효과가 있는 경우에는 사후 검증을 위해 LSD (least significant-difference) 비교 분석 방법을 사용하였다. 비유 추론 능력에 따른 세 집단 간 대응 오류 유형의 빈도 차이를 분석하기 위해서는 비모수 통계 방법인 Kruskal-Wallis test를 실시하였고, 주효과가 있는 경우 집단 간 차이를 밝히기 위해 사후 검증에서 Dunn의 방법을 사용하였다. 또한, 각 집단 내에서 비유 추론 능력에 따른 대응 오류 유형의 빈도 차이를 분석하기 위해 Mann-Whitney U test를 실시하였다. 모든 통계 분석에는 SPSS 통계 프로그램을 사용하였다.

## 결과 및 논의

### 대응 관계 이해도 및 개념 이해도에 미치는 효과

대응 관계 이해도(12점 만점)와 개념 이해도(8점 만점)의 직후 및 파지 검사의 집단별 비유 추론 능력 상 · 하위 학생들 점수의 평균과 표준 편차를 *Table* 3에 제시하였다. 대응 관계 이해도와 개념 이해도 검사 점수 간의 상관 분석을 실시한 결과, 두 점수 사이에 유의미한 정적 상관관계가 있었다(직후: r = .565, $p < .01$; 파지: r = .498, $p < .01$). 즉, 학생들이 비유물과 목표 개념의 대응 관계를 이해하는 정도와 기체의 압력과 부피의 관계에 대한 개념을 이해하는 것이 관련성이 있음을 보여준다.

이원 변량 분석 결과, 대응 관계 이해도 직후 검사 점수는 부연 집단(4.74)이 단순 집단(3.95)보다 높았으나($p$ = .021), 세 집단 간 점수 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다(MS = 11.078, F = 2.396, $p$ = .093). 한편, 비유의 부연 수준과 비유 추론 능력 사이에는 유의미한 상호작용 효과가 나타났다(MS = 17.085, F = 3.695, $p$ = .026; *Fig.* 1). 비유 추론 능력에 따라 단순 검증을 실시한 결과, 비유 추론 능력 상위 학생의 경우에만 그 차이가 유의미하였다(MS = 31.571, F = 6.479, $p$ = .002). 이는 부연 집단의 비유 추론 능력 상위 학생들의 점수(5.91)가 단순 집단(4.29; $p$ = .000)과 확장 집단(4.90; $p$ = .035)의 비유 추론 능력 상위 학생들의 점수보다 높기 때문인 것으로 보인다. 파지 검사 점수에서는 비유의 부연 수준에 대한 주효과(MS = .601, F = 1.623, $p$ = .200) 및 비유의 부연 수준과 비유 추론 능력 사이의 상호작용 효과(MS = .636, F = 1.715, $p$ = .182)는 나타나지 않았다.

개념 이해도 직후 검사에서는 세 집단 간의 점수 차이가 나타나지 않았으며(MS = 8.180, F = 2.587, $p$ = .078), 비유의 부연 수준과 비유 추론 능력 사이의 상호 작용 효과도 없었다(MS = 3.201, F = 1.012, $p$ = .365). 파지 검사에서는 세 집단의 점수 차이가 통계적으로 유의미하였으나(MS = 20.370, F = 7.233, $p$ = .001), 비유의 부연 수준과 비유 추론 능력 사이의 상호 작용 효과는 나타나지 않았다. 사후 검증 결과, 부연 집단의 점수(4.86)는 단순 집단의 점수(3.96)보다 유의미한 차이로 높았다($p$ = .001).

이러한 결과는 단순 비유가 학생들이 목표 개념의 학습에 쉽게 접근하도록 도움을 줄 수 있지만, 대응 관계나 목표 개념의 이해까지 보장하지 못한다는 주장[14,24]과 같은 맥락으로 해석할 수 있다. 이에 반해 부연 비유는 추상적인 개념에 대한 시각적 심상 형성을 촉진하여,[15] 학생들이 비

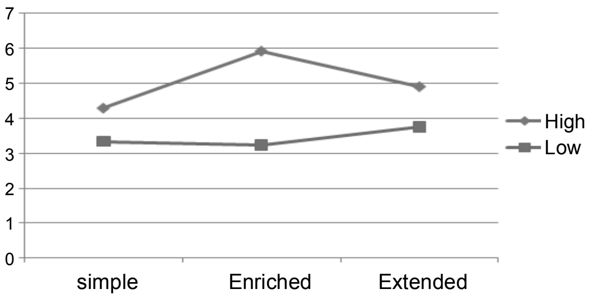


***Fig.* 1.** The scores of post test of mapping by the level of analogical reasoning ability.

***Table* 3.** Means and standard deviations of the scores of post and retention tests of mapping and conceptual understanding by the level of analogical reasoning ability

| | | Simple (n = 80) M (SD) | | | Enriched (n = 80) M (SD) | | | Extended (n = 70) M (SD) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | High | Low | Total | High | Low | Total | High | Low | Total |
| Post | Mapping | 4.29 (2.01) | 3.34 (2.22) | 3.95 (2.13) | 5.91 (2.34) | 3.23 (1.81) | 4.74 (2.50) | 4.90 (2.28) | 3.75 (2.17) | 4.44 (2.30) |
| | Conception | 4.45 (1.75) | 3.07 (1.44) | 3.95 (1.76) | 5.40 (1.75) | 3.40 (2.13) | 4.52 (2.16) | 4.57 (1.70) | 3.36 (1.83) | 4.09 (1.84) |
| Retention | Mapping | 3.86 (2.05) | 3.24 (1.94) | 3.64 (2.02) | 5.18 (2.38) | 3.09 (1.27) | 4.26 (2.22) | 4.36 (2.15) | 3.64 (1.75) | 4.07 (2.02) |
| | Conception | 4.55 (1.78) | 2.93 (1.58) | 3.96 (1.87) | 5.49 (1.78) | 4.06 (1.77) | 4.86 (1.90) | 4.79 (1.30) | 3.82 (1.81) | 4.40 (1.58) |

유물과 목표 개념을 보다 명료하게 대응시키도록 도울 수 있다.[13] 이것은 학생들이 대응 과정에서 범하는 대응 오류를 감소시킬 수 있으므로,[25] 개념 파지에 도움을 준 것으로 생각할 수 있다.

복잡하고 추상적인 목표 개념의 이해에는 확장 비유가 효과적일 것이라는 주장[1]과 달리, 확장 비유 사용의 교수 효과는 나타나지 않았다. 이 연구에서 사용한 확장 비유는 목표 개념과의 공유 속성은 유사하지만, 비공유 속성이 서로 다른 2개의 비유로 구성되었다. 그러므로 전체적으로 학생들이 파악해야 할 속성의 수가 증가하여, 학생들이 공유 속성과 비공유 속성들을 구분하여 파악하는데 어려움을 겪었을 수가 있다. 또한, 2개의 비유가 가진 특성들이 상호작용하여 목표 개념의 이해에 부정적인 효과가 나타났을 가능성도 있다.[26,27] 따라서 확장 비유에서 추가로 제시되는 비유의 특성이 대응 관계 이해 및 개념 이해에 미치는 영향에 대한 보다 심도 있는 연구가 필요하다.

한편, 집단에 관계없이 대응 관계 이해도와 개념 이해도의 직후 및 파지 검사에서 비유 추론 능력 상위 학생들의 점수가 하위 학생들의 점수보다 높았으며, 그 차이가 통계적으로 유의미하였다(대응 관계 이해도: 직후-MS = 139.357, F = 30.136, $p$ = .000; 파지-MS = 5.131, F = 13.844, $p$ = .000; 개념 이해도: 직후-MS = 128.497, F = 40.631, $p$ = .000; 파지-MS = 98.002, F = 34.801, $p$ = .000). 즉, 비유를 사용한 수업은 두 대상 사이의 유사성을 찾아내어 개념적으로 연결짓는 비유 추론 능력[28]에 따라 그 효과가 달라질 수 있다는 것을 알 수 있다. 따라서 비유 추론 능력이 낮은 학생들은 비유물과 목표 개념의 유사점과 제한점을 파악하는데 어려움을 겪을 수 있으므로, 교사는 비유물과 목표 개념의 공유 속성과 비공유 속성을 명시적으로 설명할 필요가 있다.[17,18]

## 대응 오류 유형

학생들의 비유 추론 능력에 따른 대응 관계 이해도 직후 및 파지 검사에서 나타난 대응 오류 유형별 빈도 분석 결과를 각각 *Table* 4와 *Table* 5에 제시하였다. 대응 관계 이해도 직후 검사에서 세 집단의 전체 대응 오류 빈도는 통계적으로 유의미한 차이가 있었다($\chi^2$ = 14.534, df = 2, $p$ = .001). 사후 검증 결과, 학생들이 범한 전체 대응 오류 빈도는 확장 집단(2.46), 부연 집단(2.89), 단순 집단(3.35) 순으로 낮았다(단순과 부연: Z = 4.82, 부연과 확장: Z = 2.57, 단순과 확장: Z = 5.63, p < .05). 또한, 비유 추론 능력 상위 학생들의 대응 오류 빈도는 세 집단 간 빈도 차이가 유의미하게 나타났는데($\chi^2$ = 9.628, df = 2, $p$ = .008), 단순 집단이 부연 집단(Z = -2.408, $p$ < .05)이나 확장 집단(Z = -2.789, $p$ < .05)보다 높았다.

한편, 부연 집단에서는 비유 추론 능력 하위 학생들이

***Table* 4.** The frequencies of students' mapping errors in post test of mapping

| | Simple | | | Enriched | | | Extended | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | High (n = 51) | Low (n = 29) | Total (n = 80) | High (n = 45) | Low (n = 35) | Total (n = 80) | High (n = 42) | Low (n = 28) | Total (n = 70) |
| Failure to map | 77 (1.51)[a] | 54 (1.86) | 131 (1.64) | 40 (0.89) | 70 (2.00) | 110 (1.38) | 37 (0.88) | 50 (1.79) | 87 (1.24) |
| Overmapping | 32 (0.63) | 13 (0.45) | 45 (0.56) | 31 (0.69) | 18 (0.51 | 49 (0.61) | 15 (0.36) | 13 (0.46) | 28 (0.40) |
| Rash mapping | 20 (0.39) | 15 (0.52) | 35 (0.44) | 7 (0.16) | 11 (0.31) | 18 (0.23) | 3 (0.07) | 15 (0.54) | 18 (0.26) |
| Rejection of shared attributes | 13 (0.25) | 9 (0.31) | 22 (0.28) | 21 (0.47) | 8 (0.28) | 29 (0.36) | 9 (0.21) | 6 (0.21) | 15 (0.21) |
| Artificial mapping | 12 (0.24) | 4 (0.14) | 16 (0.20) | 10 (0.22) | 3 (0.09) | 13 (0.16) | 4 (0.10) | 5 (0.18) | 9 (0.13) |
| Mapping of surficial feature | 6 (0.12) | 6 (0.21) | 12 (0.15) | 2 (0.04) | 4 (0.11) | 6 (0.08) | 2 (0.05) | 6 (0.21) | 8 (0.11) |
| Mismapping | 2 (0.04) | 3 (0.10) | 5 (0.06) | 1 (0.02) | 3 (0.09) | 4 (0.05) | 2 (0.05) | 2 (0.07) | 4 (0.06) |
| Retention of a base feature | 2 (0.04) | - | 2 (0.03) | - | 1 (0.03) | 1 (0.01) | 1 (0.02) | 1 (0.04) | 2 (0.03) |
| Impossible mapping | - | - | - | 1 (0.02) | - | 1 (0.01) | - | 1 (0.04) | 1 (0.01) |
| Total | 164 (3.22) | 104 (3.59) | 268 (3.35) | 113 (2.51) | 118 (3.37) | 231 (2.89) | 73 (1.74) | 99 (3.54) | 172 (2.46) |

[a]Frequencies of the mapping errors per student

***Table* 5.** The frequencies of students' mapping errors in retention test of mapping

| | Simple | | | Enriched | | | Extended | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | High (n = 51) | Low (n = 29) | Total (n = 80) | High (n = 45) | Low (n = 35) | Total (n = 80) | High (n = 42) | Low (n = 28) | Total (n = 70) |
| Failure to map | 69 (1.35)[a] | 34 (1.17) | 103 (1.29) | 40 (0.89) | 47 (1.34) | 87 (1.09) | 52 (1.24) | 33 (1.18) | 85 (1.21) |
| Overmapping | 30 (0.59) | 16 (0.55) | 46 (0.58) | 34 (0.76) | 18 (0.51) | 52 (0.65) | 24 (0.57) | 13 (0.46) | 37 (0.53) |
| Rash mapping | 22 (0.43) | 15 (0.52) | 37 (0.46) | 13 (0.29) | 20 (0.57) | 33 (0.41) | 12 (0.29) | 16 (0.57) | 28 (0.40) |
| Rejection of shared attributes | 18 (0.35) | 10 (0.34) | 28 (0.35) | 22 (0.49) | 9 (0.26) | 31 (0.39) | 14 (0.33) | 14 (0.50) | 28 (0.40) |
| Artificial mapping | 3 (0.06) | 1 (0.03) | 4 (0.05) | 4 (0.09) | 1 (0.03) | 5 (0.06) | 4 (0.1) | 3 (0.11) | 7 (0.10) |
| Mapping of surficial feature | 11 (0.22) | 8 (0.28) | 19 (0.24) | 4 (0.09) | 7 (0.20) | 11 (0.14) | 2 (0.05) | 2 (0.07) | 4 (0.06) |
| Mismapping | 3 (0.06) | 1 (0.03) | 4 (0.05) | 1 (0.02) | 6 (0.17) | 7 (0.09) | 3 (0.07) | 4 (0.14) | 7 (0.10) |
| Retention of a base feature | 1 (0.02) | - | 1 (0.01) | - | - | - | - | - | - |
| Impossible mapping | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Total | 157 (3.08) | 85 (2.93) | 242 (3.03) | 118 (2.62) | 108 (3.09) | 226 (2.83) | 111 (2.64) | 85 (3.04) | 196 (2.80) |

[a]Frequencies of the mapping errors per student

범한 전체 대응 오류 빈도(3.37)가 상위 학생들(2.51)보다 높았으며, 그 차이가 통계적으로 유의미하였다($Z = -2.399$, $p = .016$). 그러나 파지 검사에서는 집단 및 비유 추론 능력에 따른 전체 대응의 오류 빈도 차이가 나타나지 않았다.

세 집단의 대응 오류 유형별 빈도 분석 결과, 직후 검사 및 파지 검사에서 '대응 불이행', '과잉 대응', '무분별한 대응', '공유 속성 거부' 순으로 빈도가 높게 나타났다. 그러나 부연 집단의 직후 검사에서는 '공유 속성 거부'가 '무분별한 대응'보다 많았다. 또한, '과잉 대응'과 '공유 속성 거부'는 부연 집단에서 많이 나타나는 경향이 있었으나, 그 외의 오류 유형별 빈도는 부연이나 확장 집단이 단순 집단보다 낮게 나타났다.

서로 대응되는 공유 속성들을 대응시키지 않는 오류인 '대응 불이행'의 빈도는 직후 검사와 파지 검사에서 세 집단 간의 빈도 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다. 그러나 직후 검사에서 단순 집단(1.64)이 확장 집단(1.24)보다 유의미한 차이로 높았으며($Z = -1.988$, $p = .047$), 특히, 비유 추론 능력 상위 학생들의 대응 불이행 오류 빈도는 단순 집단이 부연 집단보다 높았다($Z = -3.514$, $p = .002$). 이는 비유물과 목표 개념의 관계에 대한 설명이 없는 단순 비유[14]를 사용할 경우, 비유 추론 능력이 높은 학생들도 비유물과 목표 개념에 있는 공유 속성 간의 대응 관계를 잘 파악하지 못할 수 있음을 보여 준다.

한편, 단순 집단과 확장 집단에서는 비유 추론 능력에 따른 대응 불이행의 빈도의 차이가 없었지만, 부연 집단에서 직후와 파지 검사 모두 비유 추론 능력 상위 학생들의 빈도(직후: 0.89; 파지: 0.89)가 하위 학생들(직후: 2.00; 파지: 1.34)보다 매우 낮았으며, 그 차이가 통계적으로 유의미하였다(직후: $Z = -3.837$ $p = .000$; 파지: $Z = -2.043$, $p = .041$). 이는 비유 추론 능력이 높은 학생들이 비유물과 목표 개념의 유사성을 제대로 파악하여, 대응 관계를 잘 이해했음을 보여준다. 이러한 결과는 대응 관계 이해도나 개념 이해도 검사 점수의 분석 결과와도 맥을 같이 하는 것으로 볼 수 있다.

비유물의 표면적인 비공유 속성을 목표 개념의 비공유 속성에 대응시키는 오류는 '과잉 대응'이다. 예를 들어, '원 안에서 달리기' 비유에서 학생들의 덩치와 목표 개념의 기체 분자의 크기의 경우, 학생의 덩치는 각각 다르지만 기체 분자의 크기는 모두 같기 때문에 차이점으로 대응시켜야 한다. 하지만 학생들은 '학생의 덩치가 크면 충돌하기 쉬우므로 기체 분자의 크기가 크면 충돌하기 쉽다' 등과 같이 두 비공유 속성을 무리하게 확장시켜 유사점으로 대응시킴으로써 오류를 범하였다. 이 오류 유형의 빈도는 직후 검사에서 세 집단 간 차이가 있었으며($\chi^2 = 6.247$, $df = 2$, $p = .044$), 사후 검증 결과, 확장 집단의 빈도(0.40)가 단순 집단(0.56)이나 부연 집단(0.61)보다 유의미하게 낮았다(단순과 확장: $Z = 2.40$, 부연과 확장: $Z = 3.20$, $p < .05$). 이는 확장 집단 학생들이 2개의 비유물을 통해 비유물과 목표

개념 간의 공유 속성을 보다 명확하게 파악하여, 대응 과정에서 비공유 속성을 서로 대응시키려는 시도가 적었던 것으로 생각할 수 있다. 따라서 교사는 단순 비유나 부연 비유를 사용하는 경우에 제한점에 대해서 설명할 필요가 있다. 또한, 학생들이 비유물과 목표 개념 간의 유사점뿐만 아니라 차이점도 찾을 수 있도록 안내한다면,[16,17,18] 이 오류의 발생을 예방할 수 있을 것이다.

'무분별한 대응'은 비유물의 비공유 속성을 목표 개념의 속성 중 아무것에나 대응시키는 오류로, 직후 검사에서 나타난 이 오류의 빈도는 단순 집단(0.44)이 부연 집단(0.23)보다 높았으나($p$ = .037), 세 집단 간 유의미한 빈도 차이는 없었다($\chi^2$ = 5.034, df = 2, $p$ = .081). 예를 들어, 학생들은 비유물의 비공유 속성인 원 안에서의 학생끼리의 충돌과 목표 개념의 기체 분자가 용기 벽에 충돌하는 횟수를 대응시킨 후, '원이 작을수록 학생끼리의 충돌 횟수가 많은 것처럼 부피가 작을수록 기체 분자가 용기 벽에 충돌하는 횟수가 증가한다'라고 설명하였다. 이는 대응 불이행 오류에서와 마찬가지로 비유에 대한 부연 설명을 제시하지 않는 경우에는 학생들이 비유물과 목표 개념의 공유 속성과 비공유 속성을 잘 구별하지 못할 수 있음을 보여준다. 따라서 비유를 사용할 때에는 가능한 단순 비유의 사용을 줄이고 부연 비유나 확장 비유의 사용 빈도를 증가시켜야 할 것이다.[14]

'공유 속성 거부'는 비유물과 목표 개념 간의 유사점으로 대응되는 공유 속성들을 차이점으로 잘못 파악하여 대응시키는 오류이다. 예를 들어, 학생이 달리는 방향과 기체 분자의 운동 방향을 차이점으로 대응시키고, '학생이 달리는 방향은 조절이 가능 하지만, 기체 분자의 운동 방향은 조절이 불가능하다'라고 설명하는 학생들이 있었다. 직후 검사에서 나타난 이 오류의 빈도는 부연 집단(0.36), 단순 집단(0.28), 확장 집단(0.21) 순으로 나타났으나, 세 집단 간 빈도 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다. 이 오류는 학생들은 비유물과 목표 개념 간의 속성들을 대응시키는 과정에서 자신의 사전 지식이나 경험을 무리하게 연결지으려하기 때문에 범하는 것으로 볼 수 있다.[22] 따라서 교사는 비유 상황에 대해 구체적으로 설명하여 학생들이 비유적 상황에 적합하지 않은 해석을 하지 않도록 도울 필요가 있다.

'인위적 대응'은 비유물과 목표 개념의 공유 속성의 관계를 학생 자신의 경험이나 편견에 의해 인위적으로 변형, 해석하여 잘못 대응시키는 오류로, 세 집단에서 거의 유사한 빈도로 나타났다. 이러한 오류를 범한 학생들은 원의 크기와 기체의 부피를 대응시키고 '원의 크기가 작으면 학생들이 잘 활동하지 못하고, 기체의 부피가 작으면 기체 분자들이 잘 활동하지 못한다'라고 설명하였다. 이는 학생들이 비유물에 내재된 속성들 간의 인과관계를 잘못 이해하고 있기 때문에, 비유물과 목표 개념의 관계를 변형하여 대응시킨 것으로 볼 수 있다.[18] 따라서 교사는 학생들이 비유물과 목표 개념의 관계를 왜곡하여 해석하지 않도록 속성들 간의 인과관계를 강조하여 설명할 필요가 있다.

비유물과 목표 개념의 속성에 제시된 단어의 표면적인 유사성에 의해 비유물의 공유 속성을 목표 개념의 비공유 속성에 대응시키는 오류는 '표면적 속성 대응'이다. 학생들은 원의 크기와 기체 분자의 크기를 '크기'라는 단어의 유사성이나 '줄어들 수 있다'는 표면적인 유사성에 의해 연결시켰다. 직후 검사에서 단순 집단(0.15)의 빈도가 부연 집단(0.08)이나 확장 집단(0.11)보다 약간 높았으나, 그 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다. 파지 검사에서의 빈도는 단순 집단(0.24), 부연 집단(0.14), 확장 집단(0.06) 순으로 나타났고, 세 집단 간 빈도 차이가 통계적으로 유의미하였으나($\chi^2$ = 6.730, df = 2, $p$ = .035), 사후 검증 결과에서는 집단 간 빈도 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 단순 비유처럼 공유 속성에 대해 제공된 정보가 매우 적은 경우에 학생들이 목표 개념과 비유물의 구조나 기능적 유사성에 대한 이해가 불안정하여, 대응 관계를 오래 기억하는데 어려움이 있다는 것을 보여준다. 따라서 부연 비유처럼 공유 속성에 대한 정보를 자세히 제시하거나, 확장 비유처럼 공유 속성에 대한 정보를 많이 제시함으로써, 학생들이 비유물과 목표 개념의 공유 속성을 정확히 파악하여 오래 기억하는 것을 도울 수 있을 것이다.[18]

한편, 비유물과 목표 개념의 공유 속성을 각각 올바르게 대응시키지 못하는 '부적절한 대응'이나, 비유물의 속성을 그대로 사용하여 목표 개념을 설명하는 '비유물의 속성 보유', 목표 개념의 주요 속성이 비유물에 존재하지 않아 나름대로 대응시키는 '불가능한 대응'은 세 집단에서 모두 매우 낮은 빈도를 보였으며, 집단 간 차이도 나타나지 않았다.

## 결론 및 제언

이 연구에서는 중학교 1학년 보일의 법칙에 대한 개념 수업에서 학생들의 비유 추론 능력에 따라 비유의 부연 수준이 대응 관계 이해 및 개념 이해와 파지에 미치는 영향과 학생들이 범하는 대응 오류 유형을 조사하였다. 연구 결과, 학습 직후에는 비유 추론 능력 상위 학생들의 경우 부연 비유를 제시했을 때가 단순 비유나 확장 비유를 제시했을 때보다 대응 관계를 더 잘 이해하는 것으로 나타났다. 또한, 비유 추론 능력에 관계없이 학생들은 부연 비유를 제시했을 때, 단순 비유를 제시했을 때보다 학습한 개념을 더 오래 기억하였다. 대응 오류는 단순 집단 학생들이 부연 집단이나 확장 집단에서보다 더 많이 범하는 것으로 나타났다. 또한, 대응 오류 유형별 학생들이 범한 오류의

빈도도 단순 집단이 부연 집단과 확장 집단에서보다 높았다. 따라서 이 연구 결과로부터 다음과 같은 시사점을 얻을 수 있다.

첫째, 과학 수업에서 비유를 제시할 때에는 가능하면 단순 비유의 사용을 줄이고, 공유 속성에 대해 자세히 설명하는 부연 비유를 사용하는 것이 학생들의 과학 개념 학습에 효과적일 것이다. 이때, 학생들이 비유물과 목표 개념의 공유 속성과 비공유 속성을 구별하여 유사점뿐만 아니라 제한점까지 파악할 수 있도록 명시적으로 제시해야 한다. 이러한 교수 전략은 학생들이 비유물로부터 전이된 시각적 심상의 형성을 촉진하여, 비유물과 목표 개념을 올바르게 대응시키는 것을 도울 수 있으므로, 학생들이 비유를 통해 추상적인 과학 개념을 이해하고 오래 기억하는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

둘째, 비유의 부연 수준에 따라 학생들이 주로 범하는 대응 오류 유형과 구체적인 예시 등을 교사용 지도서나 교수 · 학습 자료에 제공함으로써, 교사들이 보다 더 체계적으로 비유 사용 수업을 계획하고 실천할 수 있도록 도울 수 있다. 교사들이 이를 숙지한 상태에서 과학 수업이 이루어진다면 학생들이 비유물과 목표 개념을 올바르게 대응시킬 수 있도록 유도할 수 있다. 따라서 학생들이 대응 과정에서 겪는 어려움을 줄여주어 대응 오류를 예방할 수 있을 것이다. 특히, 비유 추론 능력이 높은 학생들이 대응 과정에서 비유적 상황과 관련없는 사전 경험이나 지식을 연결시킴으로써 과잉 대응과 같은 오류를 범하는 경우가 많으므로, 교사는 이러한 학생들이 비유 상황 내에서 사고할 수 있도록 도와줄 필요가 있다.

한편, 확장 비유는 학습에 도움을 줄 수 있는 좋은 비유로 제안되고 있음에도 불구하고 이 연구에서는 그 효과가 나타나지 않았다. 이는 비유의 부연 수준뿐만 아니라 비유물의 공유 속성, 추상도, 체계성 등과 같은 다른 특성들이 영향을 줄 수 있음을 시사한다. 즉, 확장 비유로 여러 개의 비유물을 제시할 때 각 비유물의 특성이 상호작용하여 학습 효과에 영향을 줄 수도 있다. 따라서 확장 비유에서 제시하는 비유의 특성에 따른 비유 사용 효과에 대한 체계적인 심층 연구가 필요하다. 또한, 비유를 통한 개념 학습은 학습자의 개별적 특성에 따라서도 영향을 받을 수 있으므로, 논리적 사고력이나 장의존 · 장독립성과 같은 학습자의 인지적 특성에 따라 비유의 특성이 개념 학습에 어떤 영향을 미치는지 조사할 필요가 있다. 이러한 정보는 다양한 수준의 능력을 지닌 학생들이 학습하는 실제 교수 · 학습 상황에서 비유 사용의 효과를 최대화할 수 있는 수업 모형을 개발하는데 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

"이 논문은 2009년도 정부교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2009-0073899)."

## REFERENCES


1. Harrison, A. G.; De Jong, O. *Journal of Research in Science Teaching* **2005**, *42*, 1135.
2. Zheng, R. Z.; Yang, W.; Garcia, D.; McCadden, E. P. *Journal of Computer Assisted Learning* **2008**, *24*, 474.
3. Rule, A. C.; Baldwin, S.; Schell, R. *International Journal of Science Education* **2008**, *30*, 1159.
4. Orgill, M.; Bodner, G. M. *Journal of Research in Science Teaching* **2006**, *43*, 1040.
5. Kim, D. W. *J. Kor. Chem. Soc.* **2000**, *44*, 600.
6. Kim, Y. M.; Park, H. S. *J. Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.* **2000**, *20*, 411.
7. Calik, M.; Ayas, A. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching* **2005**, *6*, 1.
8. James, M. C.; Scharmann, L. C. *Journal of Research in Science Teaching* **2007**, *44*, 565.
9. Sarantopoulos, P.; Tsaparlis, G. *Chemistry Education: Research and Practice* **2004**, *5*, 33.
10. Yanowitz, K. L. *School Science and Mathematics* **2001**, *101*, 133.
11. Bean, T. W.; Searles, D.; Cowan, S. *Reading Psychology* **1990**, *11*, 323.
12. Gilbert, S. W. *Journal of Research in Science Teaching* **1989**, *26*, 315.
13. Glynn, S. M.; Takahashi, T. *Journal of Research in Science Teaching* **1998**, *35*, 1129.
14. Cha, J. H.; Byun, S. H.; Noh, T. H. *J. Kor. Chem. Soc.* **2004**, *48*, 629.
15. Else, M. J.; Clement, J.; Ramirez, M. A. *Observations from a middle-school life science curriculum*; Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching: Philadelphia, PA. 2003.
16. Blake, A. *International Journal of Science Education* **2004**, *26*, 1855.
17. Taber, K. S. *Physics Education* **2001**, *36*, 222.
18. Kim, K. S.; Byun, J. S.; Lee, S. W.; Kang, H. S.; Noh, T. H. *J. Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.* **2008**, *28*, 340.
19. Kwon, H. S.; Noh, T. H. *J. Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.* **1999**, *19*, 665.
20. Noh, T. H.; Lim, H. Y.; Kim, C. M.; Kang, S. J. *J. Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.* **1999**, *19*, 471.
21. Kim, K. S.; Shin, E. J.; Han, J. Y.; Noh, T. H. *J. Kor. Chem. Soc.* **2006**, *50*, 486.
22. Kim, K. S.; Yang, C, H.; Noh, T. H. *J. Kor. Chem. Soc.* **2009**, In press.
23. Hair, J. F.; Anderson, R. E.; Tatham, R. L.; Black, W. C. *Multivariate data analysis*; Prentice Hall: NJ, U. S. A, 1995.
24. Joo, S. H.; Kim, H. B. *The Korean Journal of Biology Education* **2000**, *28*, 363.
25. Harrison, A. G.; Treagust, D. F. In *Metaphor and analogy in science education*; Aubusson, P. J.; Harrison, A. G.; Ritchie, S. M. Eds.; Springer: Dordrecht, Netherlands, 2006; p 11.
26. Kwon, H. S.; Kim, C. M.; Noh, T. H. *J. Kor. Assoc. Res. Sci. Educ.* **2001**, *21*, 114.
27. Choi, S. Y. *Elementary Science Education* **2006**, *25*, 149.
28. English, L. D. *Mathematical and analogical reasoning of young learners*; Lawrence Erlbaum Associates: NJ, U. S. A, 2004; p 201.