

# 화학 교육에서 사용되는 비유에 대한 학생들의 이해도 및 비유 사용의 제한점

권혁순\* · 최은규 · 노태희  
(청주교육대학교\*) · (서울대학교)

## Students' Understanding of the Analogies Used in Chemistry Education and the Limitations of Using Analogies

Kwon, Hyeok-Soon\* · Choi, Eun-Kyu · Noh, Tae-Hee  
(Cheongju National University of Education\*) · (Seoul National University)

### ABSTRACT

In this study, students' understanding of the analogies used for chemical concepts in science textbooks, misconceptions induced by the analogy, and the factors affecting conceptual understanding were investigated. In addition to the tests of field independency and logical thinking ability, tests of students' understanding of concepts and analogies on three states of matter, pressure-volume relation, molecular motion, and changing state depending upon energy were administered. The results revealed that half of the subjects understood the analogies differently from the textbook writers' intention and that students' conceptual understanding was significantly correlated with the degree of understanding on corresponding analogies, field independency, logical thinking ability, and prior achievement of science. The results of analyzing the direct and indirect effects of each variable on conceptual understanding showed that the direct effect of prior achievement was significant and that field independency and logical thinking ability had indirect effects through understanding of analogies and prior achievement of science. The limitations and implications of using analogies in science education were discussed on the basis of the results.

**Key words:** limitation of analogy, understanding of analogy, conceptual understanding, logical thinking ability, field dependence-independence, prior achievement.

## I. 서 론

비유는 사전 지식에 기반을 두고 능동적인 지식 구성을 강조하는 구성주의적 관점에 기초하며, 학습자가 새로운 정보들을 구조화하여 인지 구조를 변형시키도록 도와줌으로써 학습의 효율을 높이므로 교육적 활용이 강조되고 있다(Duit, 1991; Thiele & Treagust, 1991). 그러나 교사나

교과서 저자들의 의도와는 달리 비유의 사용이 오히려 새로운 오개념을 유발하거나, 학습자에게 친숙하지 않은 비유를 사용함으로써 정작 배워야하는 목표 개념보다는 비유를 자신들이 학습해야 하는 것으로 만들기도 한다(Harrison & Treagust, 1993; Treagust, *et al.*, 1992).

수업 현장에서 많이 사용하고 있는 비유에 대한 이해도 조사 결과, 학생들은 비공유 속성을 과학 개념으로 전이

하기도 하였고(Thagard, 1992; Thiele & Treagust, 1991), 같은 과학 개념에도 비유물과 표현 방식을 달리하면 선호도에 차이가 있었다(Kurtz, 1995). Gentner와 Stevens(1983)는 '물 회로 모형'과 '트랙을 도는 군중 비유'를 사용하여 전기 회로에서의 전체 전압과 저항에 대한 이해 정도를 조사한 결과, '물 회로 모형'은 전류와 전압의 이해에, '트랙을 도는 군중 비유'는 저항을 이해하는데 더 효과적이었다. 즉 비유물을 달리하면 목표 개념에 대한 추론 양상이 바뀌어 개념 이해에 영향을 줄 수 있으므로 올바른 과학 개념의 이해를 도모하기 위해서는 비유물의 선정이 중요함을 시사한다. 한편 Kircher(1984)는 전류 개념에 많이 사용되고 있는 물 회로 모형을 사용하여 수업 효과를 조사하였는데 학생들의 개념 변화에는 효과가 없었다. 물 회로 비유에 대한 중학생들의 이해도를 조사한 김영민과 박희숙(2000)의 연구에서는 학습 성취도가 상위에 속하는 학생들조차도 비유의 의미를 파악하지 못하는 학생들이 상당수 있었고, 이 비유에 대한 학생들의 이해도는 매우 낮게 나타났다. 이러한 결과들은 비유물이 학생들에게 친숙하다고 해서 학생들이 그 비유 자체를 잘 이해하고 있는 것은 아님을 보여준다.

따라서 비유를 개념 학습의 효과적인 교수 전략으로 사용하기 위해서는 수업에서 제시되는 비유물에 대해 학생들이 어떻게 이해하고 있는지에 대한 연구가 선행되어야 한다. 하지만 지금까지 진행된 비유 연구는 비유의 유형을 분류하거나 수업 모형을 개발한 것이 대부분이었다. 비유의 이해도에 대한 연구도 6차 교육과정의 물리 영역에 집중되어 있고, 모형의 이해도를 조사하거나 교과서에 제시된 비유의 소재들을 연구자의 의도에 맞게 수정하여 제시하는 경우가 많았다. 그러므로 7차 교육과정에 따른 과학 교과서에 사용된 비유가 실제로 학생들에게 어느 정도 친숙한가, 그 비유를 학생들이 어떻게 이해하고 있는가 등을 조사하는 것은 올바른 비유 사용을 위해 매우 중요하고 필요한 일이다.

한편 비유에 대한 선행 연구들은 비유물과 목표물 사이의 공유 속성을 연결짓는 대응 과정에 학습자의 인지적 능력이 필요하므로, 학습자의 인지적 특성에 따라 교수 효과가 달라질 수 있다고 보고하고 있다(노태희, 임희연 등, 1999). 특히 주어진 다양한 정보 중에서 불필요한 정보를 걸러내고 필요한 정보만을 식별해낼 수 있는 능력을 지닌 장독립적인 학습자는 비유물에 내재되어 있는 속성들 중 목표 개념과의 공유 속성을 파악하여 장의존적인

학습자에 비해 더 높은 개념 이해를 보일 것으로 기대된다(Hsu, 1993). 논리적 사고력은 과학 성취도와 밀접한 관련을 가지며, 비유를 통한 개념 학습에서는 구체적 조작 단계의 학습자에게 더 효과적이라고 알려져 있다(Gabel & Sherwood, 1980; Lin, et al., 1996). 그리고 비유 학습과 관련 있는 학습자의 인지 변인에 대한 노태희, 임희연 등(1999)의 연구 결과는 장의존/장독립성과 논리적 사고력 사이에 유의미한 상관이 있음을 시사한다. 광합성에 대한 수업에서 케이크 비유를 사용한 Mason(1994)의 연구에서는 비유에 대한 이해 수준과 개념에 대한 이해 수준 사이에 유의미한 정적 상관이 나타났다. 이러한 결과는 비유가 새로운 정보의 동화 도식을 제공할 뿐만 아니라 선지식을 재구성하기 위한 기초 구조가 될 수 있으므로(Mason, 1994), 비유에 대한 이해 수준이 개념 이해에 영향을 미칠 수 있음을 시사한다. 한편 학습자의 사전 성취 수준에 따른 효과는 상반된 결과가 보고되었다. 일반적으로 비유를 사용한 수업은 학습 능력이 낮은 학생에게 더 효과적(Lin, et al., 1996)이라고 알려져 있지만, 제한점을 명시해 줄 경우에는 사전 지식이 풍부한 학생에게 더 효과적이었다(Nottis, 1996). 그러나 이 상에서 언급한 학습자 변인들이 어떠한 경로를 통해 개념 이해에 영향을 주는지에 대한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다.

따라서 본 연구에서는 7차 중학교 1학년 과학 교과서의 화학 개념 설명을 위해 사용된 비유 중 몇 가지 근본적인 제한점이 보이는 비유를 추출하여 작성한 설문 검사 도구를 활용하여 비유에 대한 학생들의 이해도를 조사하고, 비유가 갖는 제한점으로 인해 유발되는 오개념을 분석한 후, 개념 이해에 영향을 미치는 요인에 대해 살펴보기로 한다.

본 연구의 구체적인 연구 목표는 다음과 같다.

1. 비유에 대한 학생들의 이해도를 조사한다.
2. 비유의 제한점으로 인해 유발되는 오개념을 조사한다.
3. 회귀 및 경로 분석을 통해 학생들의 논리적 사고력, 장독립성, 사전 과학 성취도, 비유에 대한 이해도가 과학 개념 이해도에 미치는 직·간접적인 효과를 조사한다.

## II. 연구 내용 및 방법

### 1. 연구 대상 및 절차

본 연구는 서울시에 위치한 남녀 공학 중학교 1학년 학생 96명을 대상으로 하였다. 목표 개념에 대한 사전 지식이 비유 이해에 미치는 영향을 배제하기 위해 ‘물질의 세 가지 상태’, ‘분자 운동’, ‘상태 변화와 열에너지’ 등 중학교 1학년 화학 단원을 배우기 전 학생들을 표집 하였다. 검사 절차는 먼저 장의존/장독립성 검사(10분)와 논리적 사고력 검사(30분)를 실시하고, 비유 이해도와 개념 이해도 검사(40분 정도 소요)를 실시하였다.

## 2. 검사 도구

### 1) 논리적 사고력 검사

논리적 사고력 검사지는 12문항으로 구성된 Roadrangka *et al.*(1983)의 축소본 Group Assessment of Logical Thinking을 사용하였다. 본 연구에서 구한 내적 신뢰도 계수(Cronbach's alpha)는 .58이었다.

### 2) 장의존/장독립성 검사

장의존/장독립성 검사지는 총 20문항으로 구성된 FASP(the Find A Shape Puzzle; Linn & Kyllonen, 1981)를 사용하였다. 본 연구에서 구한 내적 신뢰도 계수(Cronbach's alpha)는 .81이었다.

### 3) 비유 이해와 개념 이해 검사지

검사지에 사용한 비유물은 7차 중학교 1학년 과학 교과서의 화학 단원에 사용된 비유 중 학생들이 비유물의 구조와 속성을 이해하기 어렵다고 생각되거나, 비유물이 갖는 제한점 때문에 오개념이 유발될 수 있다고 예상되는 것을 선정하였다. 비유 이해도와 개념 이해도 검사지는 4개의 영역에서 비유의 이해 정도를 묻는 4문항과, 이와 관련된 과학 개념 이해를 묻는 4문항으로 이루어져 있다. 검사 문항은 과학 교육 전문가 3인으로부터 안면 타당도를 검사 받은 후 예비 연구를 통해 수정·보완하였다.

검사지 첫 번째 영역에서는 고체와 액체 상태를 각각 합창을 하는 사람과 농악을 하는 사람으로 표현한 비유에서 사람들의 위치와 움직임의 차이를 묻고, 고체와 액체 상태에서의 분자 배열을 그려보도록 했다. 그리고 각 상황에서의 사람들이 동일한 사람인지를 묻고, 상태 변화 시 입자의 크기와 모양이 달라지는지를 제한점 문항으로 첨가시켰다. 두 번째 영역에서는 같은 수의 사람들이 동일한 속도로 크기가 다른 원에서 달리고 있을 때, 원의 크

기에 따른 선을 밟는 횟수를 부피에 따른 압력의 변화에 대응시킨 비유를 소개하였다. 그리고 큰 원과 작은 원에서 선을 밟는 횟수가 어떻게 달라지는지를 묻은 뒤 부피를 감소시킨 풍선의 압력 변화를 물었다. 제한점 문항으로는 원의 크기가 줄어들에 따라 사람들의 수와 움직임이 어떻게 변하는지와 풍선의 부피가 줄어들에 따라 풍선 안의 분자의 수와 움직임이 어떻게 달라지는지를 물었다. 세 번째 영역에서는 찬물과 더운물이 섞인 미지근한 물에서의 분자 움직임을 느리게 움직이던 구슬과 빠르게 움직이던 구슬의 부딪힘에 대응시킨 비유를 제시한 후, 느리게 움직이던 구슬이 빠르게 움직이던 구슬과 부딪힌 후 속도가 어떻게 변하는지를 묻고, 미지근한 물에서 물분자가 움직이는 속도를 섞기 전 상태와 비교하도록 하였다. 마지막 영역에서는 열 출입에 따라 물질의 상태가 달라짐을 살레에 담겨있는 쿵을 흔드는 활동으로 연결한 비유를 소개하고, 쿵을 흔들어주었을 때의 흩어진 모양을 찾아보게 하였다. 그리고 상태 변화 시 분자 운동과 부피의 변화, 열 출입 관계 등의 과학적 개념을 묻는 진위형 문항을 첨가하였다.

## 3. 자료 분석

비유 이해도 검사에서 오답과 무응답은 0점, 객관식 답지만 맞고 이유 진술이 없거나 오개념이 포함된 경우 1점, 교과서 의도에 맞게 비유를 이해하는 경우 2점으로 채점하여 총점을 비유 이해도 점수로 사용하였다. 또한 응답 유형을 정리하여 학생들의 오개념을 분석하였다. 과학 개념 이해 검사에서는 오답과 무응답은 0점, 객관식 답지만 맞고 이유 진술이 없거나 오개념이 포함된 경우 1점, 과학적 이해의 경우에는 2점으로 채점하여 총점을 과학 개념 이해도 점수로 사용하였다. 일부 학생의 응답을 2인의 연구자가 각각 채점한 후 일치도를 구하고 차이를 검토하는 과정을 반복하여 최종적으로 구한 연구자간 일치도는 .91이었으며, 이후의 모든 채점을 연구자 1인이 실시하였다.

과학 개념 이해도에 영향을 미치는 요인을 확인하기 위해 논리적 사고력 점수, 장의존/장독립성 점수, 비유 이해도 점수, 사전 과학 성취도를 독립 변인으로 다단계 중다 회귀 분석(stepwise multiple regression analysis) 및 경로 분석(path analysis)을 실시하였다. 모든 자료 분석에는 SPSS 통계 패키지를 활용하였다.

### Ⅲ. 결과 및 논의

#### 1. 물질의 세 가지 상태에 대한 비유(Ⅰ) 이해도와 제한점 분석

비유 1(Fig. 1)은 합창을 하는 사람들을 고체 상태의 분자 배열에, 농악을 하는 사람들을 액체 상태의 분자 배열에 대응시켜, 상태에 따라 분자의 배열과 움직임이 달라짐을 설명하고 있다. 그러나 사람들의 위치 변화와 움직임 두 가지 속성 모두를 고려하여 비유를 정확히 이해하고 있는 학생들은 전체의 6.3%에 불과했고, 대부분의 학생들(87.5%)은 한 가지 속성에만 주목하였다(Table 1).

Fig. 1. Analogy I

한편 비유 1은 각 상황에서 분자에 대응하는 사람들이 다른 외모와 복장을 하고 있어 이를 목표 개념에 잘못 적용할 경우 상태마다 분자의 모양이나 크기가 달라진다는 오개념을 유발할 수 있다. 비유에 기술된 사람들이 동일한 사람인지를 묻는 제한점 문항에 배열이나 움직임의 차이보다는 음악이나 외모의 차이를 들어 사람들이 달라진다고 응답한 학생들이 많았다(55.3%). 그리고 이 학생들 중 28.3%의 학생들이 상태에 따라 분자의 크기와 모양이 변한다고 응답하였다. 반면 동일한 사람이라고 응답한 17.7%의 학생들 중 상태에 따라 분자의 모양이나 크기가 변한다고 응답한 학생은 5.9%에 불과했다. 이는 비유를 잘못 이해할 경우 목표 개념에 대한 이해도 낮아질 수 있음을 시사한다. 즉 상태마다 분자에 대응되는 비유물을

달리할 경우 학습 목표인 상태에 따른 분자의 배열과 움직임의 차이에 먼저 주목하기보다는 표면적인 비공유 속성에 주목할 가능성이 있다. 이를 잘못 전이하면 학생들은 비유를 부적절하게 사용하게 되며, 비논리적인 결론을 내리거나 대안적 개념 또는 오개념을 생성하는 등 비유의 사용이 오히려 과학 개념 이해를 방해할 수 있다(Duit, 1991; Harrison & Treagust, 1993; Thagard, 1992; Treagust, et al., 1992). 따라서 적절한 비유 학습을 위해서는 비유물과 목표물이 갖고 있는 비공유 속성을 제한점으로 언급하거나 수업 계획 단계에서 이를 고려한 적절한 비유의 선택이 이루어져야 할 것이다.

#### 2. 기체의 부피와 압력 사이의 관계에 대한 비유(Ⅱ) 이해도와 제한점 분석

비유 2(Fig 2)는 동일한 속도로 움직이는 세 사람이 큰 원에서 선을 밟는 횟수를 풍선 속의 분자들이 풍선 내벽에 부딪히는 횟수에, 작은 원에서 선을 밟는 횟수를 풍선의 부피를 감소시켰을 때 풍선 속의 분자들이 풍선 내벽에 부딪히는 횟수에 대응시킨 비유를 소개하고, 기체의 부피와 압력 사이의 관계를 생각해보도록 하였다. 작은 원에서는 선까지의 거리가 가깝기 때문에 선을 더 많이 밟으므로, 부피가 감소한 풍선 속 기체 분자들도 풍선 내벽에 더 많이 부딪혀 기체의 압력이 증가한다는 것을 학습 목표로 한다.

Fig. 2. Analogy II

학생들이 비유물에 대해 정확히 이해하고 있는지를 확

Table 1. Students' understanding of analogies(%) N=96

Item number	Well	Partial	Non
Analogy 1	6 ( 6.3)	84 (87.5)	6 ( 6.3)
Analogy 2	67 (69.8)	26 (27.1)	3 ( 3.1)
Analogy 3	57 (59.4)	24 (25.0)	15 (15.6)
Analogy 4	54 (56.3)	26 (27.1)	16 (16.7)

인하기 위해 세 사람의 선을 밟는 횟수에 차이가 있는지를 질문한 결과, 69.8%의 학생들이 선까지의 거리가 가깝기 때문에 작은 원에서 선을 더 많이 밟을 것이라고 생각했다(Table 1). 그러나 이 학생들의 21.9%만이 풍선의 부피가 감소하면 기체 분자가 풍선 벽면에 충돌하는 횟수가 증가하여 압력이 늘어난다는 과학적 사고를 보였다. 이는 학생들이 비유에서 설명하는 목표 개념과의 대응 관계를 명확히 파악하지 못하여 적절한 비유 추론 과정을 거치지 못했기 때문으로 보인다. 비유의 사용에서 가장 중요한 것은 대응 과정을 통해 하나의 상황에서 다른 상황으로 지식을 전이시킬 수 있는 비유적 사고를 촉진하는 것이다(Gick & Holyoak, 1983). 따라서 비유를 제시할 때에는 대응 과정을 이끌어 줄 수 있는 적절한 지도와 대응되는 비유적 관계들을 명확히 정리해 주는 과정이 필요하다. 한편 비유 이해도 문항에서 나머지 학생들은 원 안의 사람들이 달리는 속도가 일정함을 언급하였음에도 불구하고, 사람들끼리 부딪히거나 움직이는 속도가 달라져서 작은 원의 사람들이 선을 더 많이 밟는다고 응답하거나(27.1%), 큰 원에서 선을 밟는 횟수가 더 많다(3.1%)고 하여 비유 상황을 제대로 이해하지 못한 것으로 조사되었다(Table 1).

비유 상황이 닫힌 공간이 아니었다는 데 주목하여 이로부터 파생할 수 있는 오개념 유발 가능성을 조사하기 위해 시간이 흐른 후 원 안에 있는 사람 수에 변화가 있을지에 대해 질문하였다. 이 문항에서 많은 학생들이 사람들의 출입이 없으므로 원 안의 사람 수는 일정하다고 응답하였다(75.0%). 그러나 24.0%의 학생들은 선을 밟거나 힘들고 지치면, 또는 원의 크기가 줄어들면 사람들이 밖으로 나가므로 사람의 수가 줄어든다고 생각하였고, 이 중 47.4%가 개념 문항에서 풍선의 부피가 줄어들면 분자가 밖으로 빠져나가 풍선 속 기체 분자의 수가 줄어든다고 응답하였다.

원 안에서 움직이는 사람들의 모습에 대해 설명해보라는 제한점 문항에서는 많은 학생들이 큰 원의 사람들은 자유롭게 활발하게 움직이지만 작은 원의 사람들은 선을 밟지 않기 위해 조심히 달린다거나 다른 사람과 충돌하여 천천히 달린다(62.5%)고 응답하였다. 이 학생들 중 풍선의 부피를 감소시켰을 때, 풍선 속 분자의 움직임과 배열 상태를 설명해보라는 개념 문항에서 과학적 관점(운동 속도는 달라지지 않고 분자와 분자 사이의 거리가 좁아진다)에 기초하여 설명한 학생은 3.3%에 불과했다. 나머지

대부분의 학생들은 분자의 운동 속도가 변한다(75.0%)고 생각하거나 배열에 대한 오개념을 지니고 있었다. 한편 공간의 여유로 큰 원의 사람들이 작은 원의 사람들보다 더 느리게 움직인다(7.3%)고 답해 사람들의 운동 속도가 다르다고 생각한 학생들도 개념 문항에서 분자의 운동 속도가 변한다고 생각하였다.

이러한 결과는 비유에서 선을 밟으면 원 내부로 다시 돌아가 원 안의 사람의 수는 일정하고, 사람들이 동일한 속력으로 움직인다고 가정했음에도 불구하고, 학생들이 이를 고려하지 못하고 일상생활이나 놀이 문화에 기초하여 분자에 대응되는 사람들이 인위적으로 움직인다고 생각하기 때문으로 보인다. 즉 친숙한 상황이라고 하더라도 비유물이 일상적 상황과 다르게 구성될 경우, 비유 상황을 확실히 주지시키지 않으면 학생들은 자신의 경험에 비추어 상황을 이해하기도 하며 비유물 자체를 생소해 하거나 어려워 할 수 있다.

### 3. 온도와 분자 운동 속도 사이의 관계에 대한 비유(III) 이해도와 제한점 분석

비유 3(Fig. 3)은 느리게 움직이는 구슬을 찬물의 물분자에, 빠르게 움직이는 구슬을 더운물의 물분자에 대응시켜 두 구슬이 빗겨 맞으면 느리게 움직이던 구슬의 속도는 빨라지고, 빠르게 움직이던 구슬은 느려지는 구슬의 속도 변화를 이해하여 찬물과 더운물을 섞은 미지근한 물의 분자 운동을 생각해보게 하였다. 즉 구슬 충돌에 대한 역학적 관계를 이해하여 열의 이동과 분자의 운동 속도 사이의 관계를 이해하는 것을 목표로 한다.

Fig. 3. Analogy III

비유 3에 대한 학생들의 이해 정도를 묻는 질문(느리게 움직이던 구슬이 빠르게 움직이던 구슬에 부딪혔을 때, 느리게 움직이던 구슬의 움직임이 어떻게 변할까)에 힘이

나 충격, 속도 등이 더해져 빨리 움직이게 된다고 정확히 응답한 학생은 전체의 59.4%로 조사되었다(Table 1). 반면 빠른 구슬을 장애물로 인식하여 구슬의 속도가 더 느려진대거나 멈춘다고 응답한 학생도 있었으며(13.5%), 이중 38.5%의 학생들은 개념 문항에서 물을 섞어 분자의 수가 증가하면 물분자들이 더 천천히 움직인다거나 온도가 높은 물의 물분자가 더 천천히 움직인다고 생각하였다. 한편 속도가 변한다는 것은 알지만 변화 정도를 가늠하지 못하여 빠른 구슬이 움직이던 속력과 같은 속력으로 움직인다거나 방향만 바뀐다는 생각을 하는 학생도 상당수였다(27.1%). 즉 비유물을 학생들에게 친숙한 영역에서 선택하였으므로 비유를 통해 개념에 대한 이해 수준을 높일 수 있을 것이라는 의도와는 달리 구슬의 충돌에 대한 역학적 관계조차 이해하지 못하는 학생들이 많았다. 이럴 경우 비유물에 대한 학습이 먼저 이루어져야하므로 비유 사용의 효과를 기대하기 어렵다(Thiele & Treagust, 1991). 따라서 바람직한 비유 사용을 위해서는 학생들의 이해 수준을 고려한 비유의 선정이 우선되어야 한다.

한편 개념 문항에서 학생들은 분자를 의인화하여 더우면 분자들도 천천히 움직인다(11.5%)거나 온도가 상승하면 분자 자체가 뜨거워져 운동 속도가 증가한다(10.4%), 또는 물이 섞여 전체 분자의 수가 증가하면 다른 분자들이 움직임을 방해하여 운동 속도가 감소한다(7.3%)는 오개념을 가지고 있는 것으로 조사되었다.

#### 4. 상태 변화와 열에너지 출입에 대한 비유(IV) 이해도와 제한점 분석

비유 4(Fig. 4)는 살레에 규칙적으로 배열된 공을 고체 상태의 분자 배열로 하고, 흔들어주는 활동을 열에너지의 공급에 대응시켜 흔들리는 시간과 강도에 따라 공의 배열과 움직임이 변하는 과정을 고체 상태에서 액체 상태를 거쳐 기체 상태가 되는 상태 변화 과정에 비유하여 설명한 것이다. 즉 살레를 가만히 두었을 때는 고체, 약간 흔들어주

었을 때는 액체, 공이 밖으로 튀어나갈 정도로 흔들어주었을 때는 기체가 되는 것이다. 이에 대한 학생들의 이해 수준을 파악하기 위해 살레를 흔들어 주었을 때 공들의 배열 상태가 어떻게 예측해 보도록 하였다.

검사 결과 교과서 의도대로 공이 사방으로 흩어진 모양을 찾아 그 이유와 함께 정확히 응답한 학생은 전체 학생의 56.3%로 조사되었다. 나머지 학생들은 사방으로 흩어지는 모습이 가장 그럴 듯 해 보이지만 흔들리는 사람이나 방법에 따라 다른 배열이 될 수 있다고 응답(27.1%)하여 부분 이해를 보였으며, 흔들리는 방향에 따라 한쪽으로부터 치우치게 된대거나 원심력의 작용으로 공들이 테두리에 둘러설 것이라고 생각한 학생들도 16.7%나 되었다. 그리고 부분 이해를 보이거나 교과서 의도와는 다른 방향으로 비유 상황을 이해한 학생들 중 78.6%의 학생들이 열을 공급해도 분자의 운동 속도가 변하지 않는대거나 상태가 변하여도 분자와 분자 사이의 거리는 달라지지 않을 것이라고 응답하여 비과학적 관점을 나타내었다.

한편 이 비유는 스스로는 움직일 수 없는 사물(공)을 분자로 하여 살레를 흔들어주기 전 상태를 고체 상태로 표현하였기 때문에 고체 상태에서의 분자는 움직이지 않는다는 오개념을 심어주거나 지속시킬 수 있을 수 있다. 또한 세게 흔들 경우 공들이 같은 방향으로 움직이므로 이것이 상태 변화 시 모든 분자가 한 방향으로 움직인다는 잘못된 생각을 갖게 할 수 있으며, 공들이 살레 안에서 움직이기 때문에 상태가 변해도 부피가 증가하지 않는다는 생각을 하게 할 수 있다. 이 비유가 갖는 제한점을 학생들이 어떻게 인식하고 있는지를 알아보기 위한 진위형의 제한점 문항에서 68.8%의 학생들이 고체 상태에서의 분자는 움직이지 않는다고 응답하였다. 그리고 17.7%의 학생들이 상태 변화 시 분자들이 모두 같은 방향으로 움직인다고 응답하였으며, 51.0%의 학생들만이 상태 변화 시 부피가 증가한다고 응답하였다. 즉 어떤 조건에서든 보편타당하게 적용되는 것이 아니라 상황에 따라 다른 결과가 나올 수 있는 비유물을 사용하는 것은 학습자의 사전 경험에 따라 다양하게 적용되고 해석될 수 있음을 알 수 있다. 이러한 비유의 사용은 과학 개념 이해에 영향을 주어 학습자마다 다양한 오개념을 심어줄 수 있으므로 주의해서 사용해야 할 것이다.

#### 5. 과학 개념 이해에 영향을 주는 요인 경로분석 결과

학습자 변인과 비유 수업에 대한 선행 연구 결과를 바탕으로 설계한 예상 경로 모형을 Fig. 5에 제시하였다.

본 연구에서 예상한 경로 모형의 타당성을 검증하기 위해 장 독립성, 논리적 사고력, 비유 이해도, 사전 과학 성취도, 과학 개념 이해도 검사 점수 사이의 상관 계수를 조사하여 Table 2에 제시하였다. 과학 개념 이해도와 장 독립성, 논리적 사고력, 사전 과학 성취도의 상관 계수는 각각 .341, .399, .493으로 .01 수준에서 유의미한 정적 상관을 보였다. 이는 비유물에 내재되어 있는 속성들 중에서 목표 개념과의 유사성을 잘 선택하는 장 독립적인 학습자가 장의존적인 학습자에 비해 비유 학습을 통한 문제 해결력이 향상되었다는 선행 연구 결과(Hsu, 1993)와 일치한다. 반면 논리적 사고력이나 학습 능력이 낮은 학습자에게 비유 수업이 효과적이라는 선행 연구(Gable & Sherwood, 1980; Lin, Shiau, & Lawrenz, 1996)와는 상반된 결과이다. 본 연구에서는 검사지를 교사의 지도나 도움 없이 학생 스스로 구성하는 과정으로 진행되었기 때문에 학습 능력이 낮은 학생들은 올바른 비유 학습 과정을 거치지 못하여 개념 획득에 어려움을 겪은 것으로 보인다(노태희 등, 1999).

한편 개념 이해도와 비유 이해도의 상관 계수는 .255로 .05수준에서 유의미한 정적 상관을 보여 다른 변인들보다 낮은 상관을 보였다. 이러한 결과는 학습자가 비유를 제대로 이해하여 목표 개념에 적절히 연결시키는 과정을 거치지 못했거나, 비유 자체가 지니고 있는 한계로 인해 비유 사용이 제한적일 수밖에 없었음을 시사한다. 이러한 제한점을 극복하기 위해서는 학생들의 이해 수준과 경험에 맞는 비유를 선정하고, 이를 체계적으로 전달할 수 있는 수업 설계가 필요하다. 한편 비유에 대한 이해도는 장 독립성과 .05수준에서 유의미한 정적 상관을 보였으며, 사전 과학 성취도와 논리적 사고력은 .01 수준에서 유의미한 정적 상관을 보여 예상 경로 모형과 일치하는 경향을 보여주었다. 그러나 비유를 사용하지 않은 연구에서 과학 성취도는 논리적 사고력과 밀접한 관련을 가지지만 장 독립성과는 큰 상관이 없다(Robinson & Niaz, 1991)는 연구 결과와는 달리 본 연구에서는 사전 과학 성취도가 장 독립성과 유의미한 정적 상관을 보였다. 한편 학습자 변인 중 논리적 사고력과 장 독립성이 유의미하게 높은 상관을 보였는데 이러한 결과는 노태희 등(1999)의 연구 결과와 일치한다.

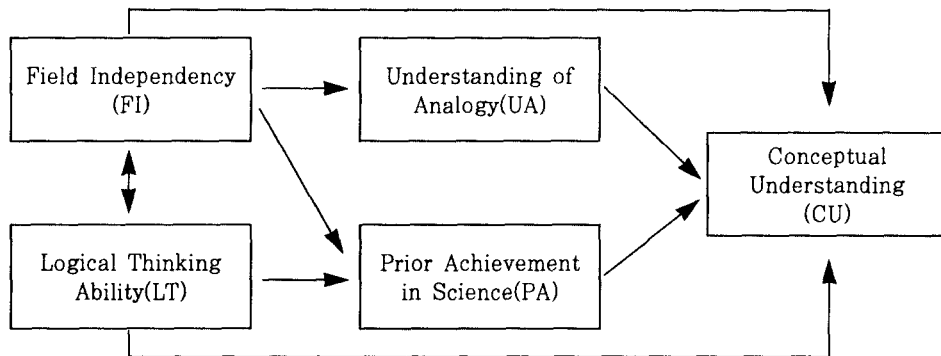


Fig. 5. Path analysis diagram predicted

Table 2. Correlation coefficients among the variables

	FI	LT	UA	PA	CU
Field independency(FI)	1.000				
Logical Thinking Ability(LT)	.395**	1.000			
Understanding of Analogy(UA)	.236*	.202	1.000		
Prior Achievement in Science(PA)	.426**	.480**	.166	1.000	
Conceptual Understanding(CU)	.341**	.399**	.255*	.493**	1.000

\*p < .05, \*\*p < .01

장독립성과 논리적 사고력, 비유 이해도, 사전 과학 성취도가 과학 개념 이해에 미치는 영향을 조사하기 위한 다단계 중다 회귀 분석을 실시하고, 그 결과를 Table 3에 제시하였다. 분석 결과, 사전 과학 성취도가  $\beta=.351$ 로 .01 수준에서 과학 개념 점수를 유의미하게 예측하였다. 상관 분석에서 개념 이해도와 유의미한 관련성이 있었던 장독립성, 논리적 사고력, 비유 이해도는 중다 회귀 분석에서 과학 개념 이해도를 유의미하게 예측하지 못했다. 장독립성이 비유를 통해 개념 이해에 미치는 간접적인 효과를 조사하기 위하여 장독립성 검사 점수를 예언 변인으로 하고 비유 이해도 점수를 설명 변인으로 하는 회귀 분석을 실시하였다. 회귀 분석 결과, 장독립성이  $\beta=.236$ 으로 .05 수준에서 학생들의 비유 이해도를 유의미하게 예측하였다. 장독립성과 논리적 사고력이 사전 과학 성취도를 통해 과학 개념 이해에 미치는 간접적인 효과를 조사하기 위하여 장독립성 검사 점수와 논리적 사고력 검사 점수를 예언 변인으로 하고 사전 과학 성취도를 설명 변인으로 하는 회귀 분석을 실시하였다. 다단계 중다 회귀 분석 결

과, 논리적 사고력이  $\beta=.369$ , 장독립성이  $\beta=.280$ 으로 .01 수준에서 학생들의 사전 과학 성취도를 유의미하게 예측하였다.

이상의 회귀 분석 결과를 바탕으로 개념 이해에 미치는 장독립성, 논리적 사고력, 비유 이해도, 사전 과학 성취도의 직접적·간접적 효과를 정리하면 Table 4와 같다. 이에 따르면 장독립성이 과학 개념 이해에 직접적으로 미치는 효과는 .093으로 매우 작지만 비유 이해도와 사전 과학 성취도를 통하여 간접적으로 미치는 효과는 .132로 산출되었다. 따라서 장독립성이 과학 개념 이해에 미치는 효과계수는 직접 효과와 간접 효과를 합하여 .225가 된다. 논리적 사고력은 과학 개념 이해에 .166의 직접적 효과가 조사되었지만, 사전 과학 성취도를 통한 .130의 간접 효과가 있어, 전체적인 효과는 .296이었다.

개념 이해에 유의미한 설명력을 지닌 사전 과학 성취도 및 사전 과학 성취도에 유의미한 설명력을 지닌 장독립성과 논리적 사고력을 포괄하고, 본 연구에서 조사된 비유 이해도를 포함한 경로 모형을 Fig. 6에 제시하였다. 경로

Table 3. Result of Multiple regression analysis

	$\beta$	t	sig	R <sup>2</sup>
on CU				0.307
FI	.093	.913	.363	
LT	.166	1.589	.116	
UA	.142	1.548	.125	
PA	.351	3.331**	.001	
on UA				.056
FI	.236	2.358*	.020	
on PA				.296
FI	.280	2.923**	.004	
LT	.369	3.860**	.000	

\*p < .05, \*\*p < .01.

Table 4. The direct and indirect effects of the variables

	FI /LT	FI /UA	FI /PA	LT /PA	FI /CU	LT /CU	UA /CU	PA /CU
Covariance	.395	.236	.426	.480	.341	.399	.255	.493
Cause & effect	-	.236*	.280**	.369**	.225*	.296**	.142	.351**
Direct	-	.236	.280	.369	.093	.166	.142	.351
Indirect	-	-	-	-	.132	.130	-	-
Non	.395	-	.146	.111	.117	.089	.113	.142



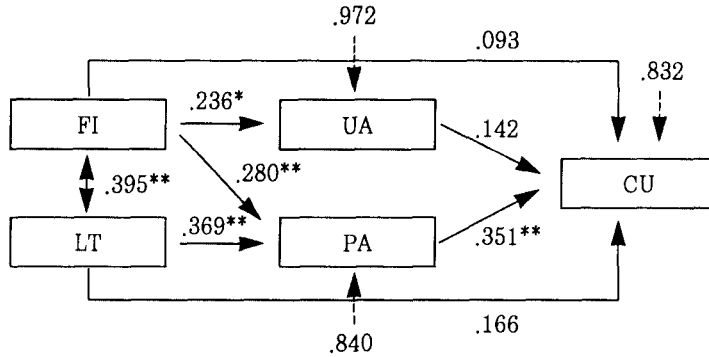


Fig. 6. Path analysis diagram (dotted lines are residual path coefficients)

계수로는 중다 회귀 분석의  $\beta$ 값을 사용하였다.

이상의 회귀 분석 및 경로 분석 결과에 기초할 때, 장 독립성과 논리적 사고력이 개념 이해에 직·간접적으로 관련되어 있어, 비유를 통해 과학 개념을 바르게 이해하는 데 영향을 미칠 수 있음을 알 수 있다. 그러나 비유에 대한 이해 수준이 높을수록 과학 개념에 대한 이해도가 향상될 것이라는 예상과는 달리 본 연구에서는 비유 이해도가 과학 개념 이해에 미치는 영향이 유의미하지 않았다. 이것은 본 연구에서 사용한 비유들이 과학 개념에 대한 이해를 방해하거나 사용 효과를 제한할 수 있는 요소들을 지니고 있었기 때문으로 보인다.

#### IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 7차 중학교 1학년 과학 교과서의 화학 개념 설명을 위해 사용된 비유에 대한 학생들의 이해도를 조사하고, 비유가 지닌 제한점이 유발할 수 있는 오개념을 분석한 후, 개념 이해에 영향을 미치는 요인에 대해 살펴보았다.

약 50%의 학생들이 비유 상황을 이해하지 못하거나, 비유에서 가정하고 있는 사항들을 간과하고 비유 상황을 일상 경험에 비추어 생각하여 교과서의 의도와는 다른 방향으로 이해하였다. 이러한 결과는 학생들에게 친숙한 소재를 사용한다고 하더라도 학생들의 비유에 대한 이해는 낮을 수 있다는 연구 결과들과 맥을 같이 한다. 그리고 비유물의 속성이 목표 개념의 속성과 완전히 일치하지 않기 때문에 비유 자체가 지니고 있는 제한점들은 새로운 오개념을 유발할 가능성이 있어 비유 사용의 효과를 제한할 수 있음이 나타났다. 따라서 비유를 통한 과학 개념 학

습을 위해서는 학생들에게 친숙한 영역에서 학생들의 이해 수준을 고려한 비유물을 선정하고, 비유가 지니는 제한점을 명시하되 교사의 의도대로 학생들이 바르게 이해하고 있는지를 확인하는 과정이 뒤따라야 한다.

한편 과학 개념 이해 점수는 장독립성, 논리적 사고력, 비유 이해도, 사전 과학 성취도와 유의미한 정적 상관을 보였다. 개념 이해 점수에 대한 각 변인의 직·간접적인 효과를 분석한 결과, 사전 과학 성취도가 개념 이해 점수에 미치는 직접적인 영향이 유의미하게 나타났다. 그리고 장독립성은 사전 과학 성취도와 비유 이해도를 통해서, 논리적 사고력은 사전 과학 성취도를 통한 간접 효과가 더해져서 전체적으로 유의미한 영향을 나타냈다. 따라서 비유를 개념 학습에 효과적인 도구로 사용하기 위해서는 학습자의 인지적 능력에 대한 고려가 보다 신중하게 이루어져야 할 것이다. 특히 주어진 다양한 정보 중에서 불필요한 정보를 걸러내고 필요한 정보만을 식별해 내는 능력인 장독립성은 과학 성취도나 문제 해결력에 대한 영향력이 없는 것으로 보고 되었으나(Robinson & Niaz, 1991), 본 연구에서는 직·간접적으로 개념 이해에 유의미한 영향을 주는 것으로 나타났다. 이는 장독립적인 학생들이 장의존적인 학생들보다 비유 추론 과정을 통해 비유물과 목표물의 공유 속성을 선택하여 목표 상황에 적절히 적용하였기 때문으로 보인다. 따라서 보다 많은 학습자들에게 비유 사용의 효과를 기대하려면 체계적인 대응 명료화 과정을 도입하는 것이 필요하다. 체계적인 대응 명료화 과정은 비유물과 목표 개념의 여러 가지 속성 중 서로 대응되는 공유 속성들을 분명히 정리하여 공유 속성과 비공유 속성의 구분에 도움을 줌으로써 올바른 과학 개념 이해를 도모할 수 있을 것이다.

비유에 대한 이해 수준은 과학 개념 이해에 유의미한 영향을 주지 못한 것으로 나타났다. 이는 본 연구에서 사용한 비유들이 학생들이 이해하기 어렵다고 생각되거나 사용에 제한점이 있는 비유였기 때문으로 보인다. 따라서 비유에 대한 이해 수준이 과학 개념 이해에 미치는 영향을 명확히 알아보기 위해서는 학생들의 이해 수준을 고려하고, 제한점이 명시된 적절한 비유를 선정, 실제 교육 현장에서 이루어지는 비유 수업에 적용하여 두 변인 사이의 관계를 조사하는 후속 연구가 필요하다.

### 국 문 요 약

본 연구에서는 화학 개념을 설명하기 위해 과학 교과서에 사용된 비유에 대한 학생들의 이해도를 조사하고, 비유의 제한점으로 인해 유발될 수 있는 오개념을 분석한 후, 개념 이해도에 영향을 미치는 요인에 대해 살펴보았다. 물질의 세 가지 상태, 부피와 압력 사이의 관계, 분자 운동, 상태 변화와 에너지에 대한 비유와 개념 이해 검사, 장독립성 검사, 논리적 사고력 검사를 실시하였다. 분석 결과 절반의 학생들이 교과서의 의도와 다르게 비유를 이해하고 있었으며, 개념 이해도는 그 개념을 설명하는 비유에 대한 이해도 뿐 아니라, 장독립성, 논리적 사고력, 사전 과학 성취도와 유의미한 정적 상관이 있었다. 개념 이해도에 미치는 각 변인의 직·간접적인 효과를 분석한 결과, 사전 과학 성취도의 직접적 영향이 유의미하였으며, 장독립성과 논리적 사고력은 사전 과학 성취도와 비유 이해를 통해 간접적으로 영향을 미칠 수 있는 것으로 나타났다. 이를 바탕으로 과학교육에서 비유 사용의 제한점과 그 함의에 대하여 논의하였다.

### 참 고 문 헌

김영민, 박희숙(2000). 중학교 과학 교과서의 물리 개념 설명에 사용된 비유에 대한 학생들의 이해도 조사. 한국과학교육학회지, 20(3), 411-420.

노태희, 김창민, 권혁순(1999). 대응 명료화 전략 및 비유물의 제시 시기가 중학생들의 과학 개념 이해에 미치는 효과. 한국과학교육학회지, 19(1), 107-116.

노태희, 임희연, 김창민, 강석진(1999) 학습자의 인지 및 동기 변인들과 비유를 통한 개념 이해도의 관계. 한국과학교육학회지, 19(3), 471-478.

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

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. & Stevens, A. L.(1983). Flowing waters or teeming crowds: Mental models of electricity. In Gentner, D & Gentner, D. R. (Eds.), *Mental Models* (99-129); New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1983.

Gick, M. L., & Holyoak, L. J.(1983). Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology*, 15(1), 1-38.

Harrison, A. G., & Treagust, D. F.(1993). Teaching with analogies: A case study in grade-10 optics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1291-1307.

Hsu, C. L.(1993). *Content emphasis, practice, and cognitive style in analogical problem solving of college students*. Unpublished doctoral dissertation, The University of Missouri-Columbia.

Kircher, E.(1984). Analogies for the electric circuit? In: Duit, R., et al. (Eds), *Aspects of understanding electricity - Proceedings of international workshop*, International workshop, IPN, 299-310.

Kurtz, M. J.(1995). *Using analogies to teach college chemistry: A multiple analogy approach*. Unpublished doctoral dissertation, Arizona State University.

Lin, H., Shiau, B., & Lawrenz, F.(1996). The effectiveness of teaching science with pictorial analogies. *Research in Science Education*, 26(4), 495-511.

Linn, M. C., & Kyllonen, P.(1981). The field dependence-independence construct: Some, one or none. *Journal of Educational Psychology*, 73(2), 261-273.

- Mason, L.(1994). Analogy, metaconceptual awareness and conceptual change: A classroom study. *Educational Studies*, 20, 267-292.
- Nottis, K. E. K.(1996). The effective use of analogies in earth science. *Dissertation Abstracts International*, 57(1), 160A. (University Microfilms No. AAI96-17897)
- Roadrangka, V., Yeany, R. H., & Padilla, M. J.(1983). The construction and validation of Group Assessment of Logical Thinking (GALT). Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas, Texas.
- Robinson, W. R., & Niaz, M.(1991). Performance based in instruction by lecture or by interaction and its relationship to cognitive variables. *International Journal of Science Education*, 13(2), 203-215.
- Thagard, P.(1992). Analogy, explanation, and education, *Journal of Research in Science Teaching*, 29(6), 573-544.
- Thiele, R. B., & Treagust, D. F.(1991). Using analogies in secondary chemistry teaching. *The Australian Science Teachers Journal*, 37(2), 4-14.
- Treagust, D. F., Duit, R., Joslin, P., & Lindauer, I.(1992). Science teachers' use of analogies: Observations from classroom practice. *International Journal of Science Education*, 14(4), 413-422.