

## 물질의 세 가지 상태에 대하여 중학생들이 만든 비유의 분석

권혁순<sup>1</sup> · 최은규 · 노태회\*

서울대학교 화학교육과

<sup>1</sup>청주교육대학교 과학교육과

(2002. 6. 24 접수)

### Analysis of the Analogies on Three States of Matter Generated by Middle School Students

Hyeoksoon Kwon<sup>1</sup>, Eunkyu Choi, and Taehee Noh\*

Department of Chemistry Education, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

<sup>1</sup>Department of Science Education, Cheongju National University of Education, Cheongju 361-712, Korea

(Received June 24, 2002)

**요 약.** 본 연구에서는 중학교 1학년 학생들이 만든 물질의 세 가지 상태에 대한 비유를 분석하여 비유의 유형, 학업 성취 수준에 따른 차이, 그리고 오개념 유발 가능성을 조사하였다. 연구 결과, 많은 학생들이 일상생활에서 쉽게 경험할 수 있는 구체적인 소재나 상황을 비유물로 선택하여 부연 설명과 함께 이야기하듯 서술하는 비유를 만드는 것으로 나타났다. 그러나 입자 배열을 변화시키는 잠열의 출입이나 분자의 운동 등의 인과 관계를 고려한 비유는 만들지 못했다. 성취 수준에 따라서는 하위 학생들보다 상위 학생들이 분자의 배열과 운동을 모두 포함하고, 설명을 길들인 이야기식 비유를 더 많이 만들었다. 한편, 학생들은 고체 상태에서 분자가 움직이지 않는다고나 상태에 따라 입자가 바뀔 수 있다는 것과 같은 오개념을 유발할 수 있는 비유를 만들었다.

**주제어:** 비유, 비유 만들기, 물질의 세 가지 상태, 성취 수준, 오개념

**ABSTRACT.** This study investigated the types of analogies that 7th graders generated to explain three states of matter, the difference of analogies by achievement level, and the misconceptions that might be induced from the analogies. The results revealed that many students made the enriched and storytelling analogies with concrete materials or events from their everyday experiences. However, they made analogies without considering causal relationship such as the change of particular arrangement based on latent heat or molecular movement. The students of high achievement level considered the arrangement and the movement of molecules and made the enriched and storytelling analogies more than the students of low achievement level. The students made the analogies that might induce misconceptions such that the molecules don't move in solid state or the particles could be changed according to the states.

**Keywords:** Analogy, Student-Generated Analogy, Three States of Matter, Achievement Level, Misconception

### 서 론

비유는 추상적인 정보를 구체적인 것으로 변환함으로써 학습을 용이하게 한다.<sup>1</sup> 특히 과학 교과에는 추상적이고 복잡한 개념을 많이 포함하고 있으므로, 비유의

사용이 자주 제안된다.<sup>2,3</sup> 그러나 교사나 연구자가 제시하는 비유물에 대하여 학습자가 친숙하지 않을 경우 비유물에 대한 설명이 먼저 이루어져야 하므로 바람직하지 못하다. 또한 학습자가 비유물의 비공유 속성에 주목하거나 학습할 내용에서 비유를 분리해내지 못하면

잘못된 전이가 일어나 오개념을 유발할 수 있으므로 비유의 사용 효과를 기대하기 어렵다.<sup>1</sup>

이러한 제한점을 극복할 수 있는 방안의 하나로 비유 만들기 활동을 들 수 있다. 비유를 만드는 과정에서 학생들은 자신의 선지식을 확인하고, 이를 새로운 상황과 연결하여 사고하는 데 적극적으로 참여하게 된다.<sup>2</sup> 그 결과 비유 만들기는 과제를 이해하고 회상하는데 도움이 될 뿐만 아니라<sup>3,4</sup> 학생들의 창의력이나 비판적 사고력, 문제 해결력 등을 신장시킨다.<sup>5</sup> 또한 교사가 목표물과 비유물 사이의 비공유 속성에 대한 질문을 하여 비유를 수정하도록 함으로써 개념의 변화와 성장을 가져올 수 있다.<sup>6,9</sup> 이렇게 비유 만들기 활동이 학습자의 인지능력 향상과 개념 변화에 유용하다고 보고 되고 있지만, 학생들이 만든 비유의 특징을 체계적으로 분석한 연구는 빈약할 실정이다.<sup>10</sup> 비유 만들기를 효과적인 교수 학습 전략의 하나로 사용하기 위해서는 교수 방법이나 수업 모형에 대한 연구에 앞서 학생들이 만든 비유의 특징에 대한 검토가 선행되어야 한다.

비유 만들기는 학생 중심 활동으로, 학생의 사전 지식과 경험이 비유의 출처가 된다.<sup>3,5,11</sup> 이에 신행 연구들은 비유 만들기를 통한 과학 개념 이해에 영향을 주는 학습자 변인의 하나로 사전 성취 수준을 들고 있다.<sup>3,12</sup> 사전 성취 수준에 따라 목표 개념과 비유물을 연결짓는 비유 추론 과정이 달라질 수 있으므로, 만든 비유가 자기 다른 내용과 형식으로 구성될 것이라 예상되며, 이런 차이가 개념 이해에 영향을 줄 것이라 기대된다. 따라서 사전 성취 수준에 따라 학생들이 만든 비유에 차이가 있는지에 대한 조사도 학생들이 만든 비유에 대한 일반적인 특징 분석에 대한 연구와 함께 이루어져야 한다.

한편 물질의 세 가지 상태는 주위에서 쉽게 볼 수 있는 현상을 다루므로 학생들에게는 친숙하지만, 입자 개념의 미시적 관점에 익숙하지 않은 학생들은 이를 배우는 데 어려움을 겪는다. 입자 개념은 화학 학습에서 강조되는 내용이지만 입자 모형에 대한 올바른 과학적 관점으로 상태 변화를 설명할 수 있는 학생은 적으며,<sup>13</sup> 많은 학생들이 내안적 개념을 가지고 설명하려 하거나 비과학적 관점을 가지고 입자 모형을 사용하는 것으로 나타났다.<sup>14</sup> 비유 만들기에 사용된 소재는 학생들의 선지식과 연결되기 때문에 학생들이 가지고 있는 오개념과 잘못된 지식에 대한 정보를 제공해준다.<sup>3</sup> 그러므로 물질의 세 가지 상태에 대해 학생들이 만든 비유의 특징을 분석하면 목표 개념에 대한 학생들의 오개념을 파

악할 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 물질의 세 가지 상태에 대해 학생들이 만든 비유의 유형과 학업 성취 수준에 따른 비유 유형의 차이, 비유가 담고 있는 오개념 유발 가능성에 대해 조사하였다.

## 연구 내용 및 방법

**연구 대상 및 절차.** 서울시에 위치한 남녀 공학 중학교 1학년 학생 256명을 대상으로 비유 만들기 검사를 실시하였다. 학습 과정에서 교사나 교과서에서 제시한 비유를 단순히 회상하여 응답하는 사례를 줄이기 위해, 대상 단원인 중학교 과학 1의 4. 물질의 세 가지 상태를 학습한지 6개월이 지난 후 검사를 실시하였다. 학생들이 비유를 만들는데 익숙해지도록 산과 염기의 중화반응에 대해 교사가 간단히 설명한 후, 학생들은 15분 동안 스스로 비유를 만들어 활동지에 기록하고, 만든 비유에 대해 발표하는 시간을 5분 동안 가졌다. 본 연구의 목표 개념인 물질의 세 가지 상태에 대한 비유 만들기 검사는 교사의 부연 설명 없이 20분 동안 진행되었으며, 학생들에게 자신의 생각을 자유롭게 기술할 것을 강조하였다.

**검사 도구.** 비유 만들기 검사지에는 목표 개념인 물의 세 가지 상태를 설명한 문장과 그림을 제시하였다. 얼음, 물, 수증기가 모두 물분자로 이루어져 있지만 상태에 따라 입자 사이의 거리와 움직임이 다르다는 내용을 문장으로 기술하였고, 같은 크기의 입자를 이용하여 상태에 따른 분자 배열 그림을 나타내었다. 그리고 학생들에게 세 가지 상태에서의 물 분자 배열을 설명하는 비유를 만들어 서술하도록 하였다. 비유 만들기 검사지는 과학 교육 전문가 3인으로부터 안면 타당도를 검증 받았으며, 중학교 1학년 학생 33명을 대상으로 예비 검사를 실시하여 그 내용을 수정·보완하였다.

**자료 분석.** 학생들이 만든 비유는 Thiele과 Treagust가<sup>15</sup> 교과서에서 사용된 비유의 유형 분석을 위해 사용한 공유 속성, 추상도, 내용 정도에 대한 준거와 상황의 작위성이라는 준거를 추가한 노태희 등<sup>16</sup>의 분석틀에 서술방식<sup>16</sup>과 체계성<sup>17</sup> 준거를 추가하여 분석하였다. 공유 속성은 목표 개념이 지니는 여러 가지 속성 중 외양이나 구조적 유사성에 주목하는지, 기능이나 행동적 성질의 유사성에 주목하는지에 따라 분류되며, 비유물이 구체적인 수준인지, 추상적인 수준인지에 따라 비유의

추상도는 달라진다. 대응 정도는 비유물에 대한 부연 설명이나 언급 정도로 결정되며, 일상생활에서 흔히 볼 수 있는 사물이나 상황을 비유물로 선정하여 목표물에 맞게 의도적으로 구성했는지에 따라 상황의 작위성 여부가 달라진다. 서술방식은 하나의 사건이나 상황을 선정하여 변화 과정을 기술하려 하는지에 따라 체계성은 목표 개념의 인과 관계에 대응되는 구조를 비유물이 포함하고 있는지에 따라 분류된다. 덧붙여 오개념을 유발할 수 있는 비유 유형도 분석하였다. 비유의 일부를 선정하여 분석자 2인이 독립적으로 분석한 후, 일치도를 구하고 이견을 좁히는 과정을 반복함으로써 분류 기준을 수정·보완하였다. 분석자간 일치도가 .90에 이르면, 분석자 중 1인이 모든 비유를 분석하였다.

사전 성취 수준에 따른 비유의 특징을 살펴보기 위해 학생들의 직전 학기 과학 성적의 중앙값을 기준으로 집단을 상·하로 나눈 후,  $\chi^2$  검증을 실시하였다. 학업 성취도 검사 중 목표 개념과 관련된 문항만을 선정하여 집단을 구분하면 사전 지식수준에 따른 비유의 특징에 대한 좀 더 명확한 정보를 얻을 수 있지만, 각 문항별 성취 여부에 대한 자료를 얻지 못하였다. 이에 본 연구에서는 일선 학교에서 통용되는 과학에 대한 사전 성취 수준이 높고 낮음을 판별하는 통합적인 과학 성적을 사용하였으며, 과학 성적에 대한 타당도와 신뢰도를 제시하지 못하였으므로 해석에 제한이 있다.

**결과 및 논의**

**비유 유형별 빈도.** 표집된 학생들은 6차 교육과정 6학년 과학 교과서에서 물질의 세 가지 상태를 운동장으로 나가 표현해보는 활동과 7차 교육과정 중학교 1학년 과학 교과서에 나오는 올림픽 장면, 합창을 하는 사람과 농악을 하는 사람, 구슬을 흔들어 상태 변화를 설명한 비유 등 학습 과정에서 목표 개념에 관련된 비유를 경험했다. 그러나 이상의 교과서에 실린 비유 내용을 그대로 이용하거나 응용하여 표현한 학생들은 전체 학생의 3%로, 본 연구에서 염려한 교과서에 사용된 비유를 단순히 회상하여 검사지에 응답하는 사례 수는 소수에 불과했다. 본 연구에서 학생들이 만든 비유의 유형별 빈도를 Table 1에 제시하였다.

공유 속성에 따른 분류에 의하면, 학생들은 입자간 거리와 배열을 기술한 구조적 비유(47.3%)를 가장 많이 만들었고, 35.5%의 학생들은 분자의 운동까지 함께

Table 1. Number of analogies by category

Criteria	Frequency (%)
<b>Shared attribute</b>	
Structure	121 (47.3)
Function	44 (17.2)
Structure Function	91 (35.5)
<b>Artificiality</b>	
Everyday	252 (98.4)
Artificial	4 (1.6)
<b>Abstraction</b>	
Concrete	242 (94.5)
Abstract	14 (5.5)
<b>Mapping</b>	
Simple	74 (28.9)
Enriched	150 (58.6)
Extended	32 (12.5)
<b>Systematicity</b>	
High	33 (12.9)
Low	223 (87.1)
<b>Type of story</b>	
Storytelling	198 (77.3)
Isolation	58 (22.7)

고려한 구조 기능적인 비유를 만들었다. 일부의 학생들 (17.2%)이 만든 비유는 입자의 움직임만을 나타내었는데, 이러한 학생들은 제시된 상황에서 문제를 해결할 수 있는 결정적인 요소를 인지해내는 능력과 정보를 종합하는 능력이 부족하여<sup>18</sup> 입자의 배열 상태를 간과했을 가능성이 있다.

상황의 작위성에 따른 분류에서는 대부분의 학생들 (98.4%)이 다음의 예와 같이 학교생활이나 여가 활동 등 학생들에게 친숙한 일상적인 소재와 상황을 이용하는 비유를 만들었다. 과반수의 교사들이 비유물을 목표물에 맞게 작성하여 제시하며,<sup>19</sup> 교과서에 사용된 비유의 30% 정도가 작위적 비유인<sup>16</sup> 반면 학생들은 목표물에 대한 자신의 이해를 바탕으로 이와 유사하다고 생각되는 현상을 찾아 그대로 비유에 사용하였다. 비유 소재는 가급적이면 학생들의 실제 경험에 기초한 친숙한 영역에서 선택하는 것이 바람직하다는 주장<sup>20</sup>에 비추어 볼 때, 학생들이 만든 비유의 소재를 수업 시간에 활용하는 것이 좋을 것이다.

학교 체육 시간에 4열로 질서 정연하게 서로 붙어 줄을 서 있는 모습이 바로 딱딱한 고체의 분자 모습과 비슷합니다. 질서 정연한 줄을 깨 버리고, 서로 양끝을 벌려 체조를 하면 거리가 약간 벌어져서 액체 상태의 비

숫해됩니다. 마지막으로 아이들이 축구나 발야구를 하러 가면 활발하게 움직이기 때문에 기체 분자와 비슷하게 됩니다.

비유물의 추상도에 따른 분류에서도 대부분의 학생들(94.5%)이 구체적인 비유물을 사용하였지만, 일부의 학생들(5.5%)은 성장에 따른 가치관이나 인간관계의 변화 등 추상적 비유물을 선택하여 물질의 상태를 설명하였다. 비유는 구체적인 사물로 표현하는 것이 유용하다고 알려져 있지만, 추상적 비유물이라도 학생의 흥미와 관심을 고려한 경우에는 비유의 사용이 학생의 이해를 도울 수 있다.<sup>19</sup> 다음에 제시한 비유는 함께 하는 시간이 줄어들어 따라 친구 사이의 관계가 변하는 과정을 거리에 따른 분자간의 인력에 대응시킨 추상적 비유의 예이다.

학급에서는 친구들과 거의 떨어지지 않고 가까이 지내기 때문에 고체와 비슷하다. 하지만 나른 빈이 되고 학년이 올라갈수록 멀리 떨어져 있게 되므로, '안녕'이란 인사만 할 뿐 그리 친하지 않게 된다(액체). 늙어가면서 보지 못하여 서로를 잊어버리게 되면 어디선가 마주치더라도 그냥 지나치게 되므로 기체와 같다.

내용 정도에 따른 분류에서는 목표물과 비유물의 공유 속성에 대한 설명이 나타나는 부연 비유가 58.6%로 가장 많았다. 일부의 학생들(12.5%)은 확장 비유를 만들었는데, 하나의 비유물로 여러 개념을 서술적으로 설명하기보다는 대부분이 각각 다른 소재를 사용하여 여러 개의 비유를 만드는 수준에 불과했다. 한편 상당수의 학생들(28.9%)이 다음과 같이 비유물에 대한 부가 설명 없이 단지 목표물이 비유물과 비슷하다고 언급하는 단순 비유를 만들었다. 비유를 제시할 때에는 비유물과 목표물 간의 공유 속성을 명확히 부각시키고 제한점도 인식시키는 것이 중요하므로,<sup>19</sup> 학생들로 하여금 자신이 만든 비유에 대해 설명하는 기회를 부여할 필요가 있다.

고체는 극장에서 영화를 보려고 사람들이 앉아 있을 때, 액체는 영화가 끝나고 나갈 때, 기체는 밖으로 나가서 사람들이 뺨뺨이 흩어질 때이다.

체계성 정도에 따른 분류에서는 개별 속성만을 나열

한 체계성이 낮은 비유가 많았다(87.1%). 체계성이란 비유물이 목표물의 인과 관계에 대응되는 구조를 체계적으로 포함하고 있는 정도로 '표면적 유사성'과는 상반된 개념이다. 즉 학생들이 만든 체계성이 낮은 비유는 인과 관계에 대한 언급 없이 표면적인 유사성만을 포함하는 비유를 말한다.<sup>17</sup> 이런 비유에서는 열을 공급하면 분자 운동이 활발해져 분자 사이의 거리가 멀어지고 인력이 약해지는 등의 속성간의 관계는 포함되지 않았다. 비유 수업에서 학생들은 표면적인 유사성에 주목하는 경향이 있으므로,<sup>20</sup> 비유를 만든 후 교사의 안내에 따라 자신이 만든 비유를 평가해보도록 하거나<sup>5</sup> 소집단 학습 등으로 비유의 제한점 찾기 활동을 도입하면<sup>9</sup> 체계성이 높은 비유를 만들 수 있으리라 기대된다.

서술 방식에 따른 분류에서는 77.3%의 학생들이 상황에 따라 움직이거나 배열 상태가 달라지는 하나의 비유물을 복포 개념에 대응시킨 이야기식 비유를 만든 것으로 나타났다. 한편, 열의 출입에 따른 분자 배열의 변화를 언급한 체계성이 높은 비유는 상황을 변화시키는 원인을 잠열에 대응시킨 이야기 형식으로 서술하는 경우가 많았다. 다음에 소개한 비유는 교사의 지시에 따라 학생들의 행동과 배열이 달라지는 보습을 복포 개념에 대응시킨 이야기식 비유이다. 또한 영화를 볼 때와 나갈 때의 상황 변화에 대한 비유와는 달리 '선생님이'라고 했기 때문에 '라는 원인이 설정되어 있고' 이에 따라 학생들의 행동이 변한다는 인과 관계를 포함하고 있기 때문에 체계성이 높은 비유라고 할 수 있다.

학교에서 소풍을 가는데 선생님께서 복직지까지는 다닥다닥 붙어서 가라고 하셨다(고체). 목적지에 다다른 자 선생님께서 밥을 먹자고 하셔서 조금씩 떨어질 수 있었다. 하지만 선생님께서는 멀리 가지는 말라고 하셨다(액체). 밥을 먹고 나서는 선생님께서 자유 시간을 주셨다. 그래서 우리는 서로 멀리 떨어져서 자유롭게 움직일 수 있었다(기체).

학생들이 만든 비유의 전체적인 경향을 알아보기 위하여 분류 준거를 조합한 유형별 빈도를 Table 2에 제시하였으며 빈도수가 작은 유형은 생략하였다. 본 연구에서는 Type 6과 같이 상태에 따른 분자 간 거리와 배열 상태를 표현하고 친숙하며 구체적인 소재를 비유물로 사용되 역지로 꾸며내지 않은 비유를 바람직한 비유로 두었다. 또한 비유물과 목표물간의 공유 속성에

Table 2. Number of analogies by pattern

Type	Pattern						Frequency (%)
	Shared attribute	Artificiality	Abstraction	Mapping	Systematicity	Type of story	
1	Structure	Everyday	Concrete	Enriched	Low	Storytelling	48 (18.8)
2	Structure	Everyday	Concrete	Simple	Low	Storytelling	26 (10.2)
3	Structure:Function	Everyday	Concrete	Enriched	Low	Storytelling	25 (9.8)
4	Structure:Function	Everyday	Concrete	Simple	Low	Storytelling	17 (6.6)
5	Function	Everyday	Concrete	Enriched	Low	Storytelling	14 (5.5)
6	Structure:Function	Everyday	Concrete	Enriched	High	Storytelling	12 (4.7)

대해 설명하려 하고, 속성간의 인과 관계를 기술하며, 상태 변화 시 입자가 보존되므로 상태에 따라 비유물을 바꾸지 않는 비유가 바람직한 비유가 된다. 이와 같이 바람직한 비유는 소수의 학생들(4.7%)만이 제시하였다. 다음은 사람을 분자에 비유하여 목표 개념인 물 분자의 배열뿐만 아니라 상태에 따른 분자 운동의 변화, 인력의 개념까지 설명한 바람직한 비유의 전형적인 예이다.

사람들이 서로 끼안고 붙어 있을 때는 거리가 서로 매우 가까워 잘 움직이지 못하지만(고체). 손만 잡고 있을 때에는 손을 뺄 수 없을 때까지만 움직이기 때문에 제한된 공간에서 움직인다(액체). 하지만 서로 손도 잡지 않고, 끼안지도 않으면 아무 곳이나 다 돌아다닐 수 있기 때문에 매우 활발히 움직인다(기체).

한편 목표 개념과 관련하여 학생들이 학습한 교과서에 제시된 비유들은 구조 기능적인 속성을 모두 고려하고, 구체적이고 일상적인 상황과 소재를 사용하여 목표 개념을 설명하였으나 목표 개념이 갖는 인과 관계는 기술하지 못하였다. 서술 방식에서도 나열식 비유와 이야기식 비유가 혼용되어 제시되었다. 또한 대부분의 비유가 토의나 탐구 활동에 소개되어 학생들의 비유 학습 활동에 활용되므로 교과서 본문에는 공유 속성에 대한 언급이나 보충 설명이 제시되지 않거나 약간 나타나는 대응 정도를 보였다.

반면 대부분의 학생들이 만든 비유는 Table 2의 Type 1, 2, 3, 4, 5와 같이 일상생활에서 쉽게 경험할 수 있는 구체적인 소재나 상황을 비유물로 선택하였지만, 교과서에서 사용된 비유와는 달리 목표 개념이 갖는 구조 기능적 속성 중 한 가지 속성만을 고려하는 비유를 만들었다. 그리고 자신이 사용한 비유물과 목표 개념과의 공유 속성을 언급하며 이야기하듯 서술하는 비유를 많이 만들었다. 하지만 분자 운동에 의한 거리의 변화

나 장열 출입에 따른 입자 배열의 변화 등 속성 간의 인과 관계를 고려하지 못한 체계성이 낮은 비유를 만들어 교과서에 제시된 비유와 비슷한 특징을 보였다. 이를 통해 많은 학생들이 비유 학습 활동에 필요한 상관적 사고(correlational thinking)<sup>21</sup> 능력이 부족하여 외부의 지적이나 도움 없이는 자신이 만든 비유를 평가하고 수정하는데 어려움을 겪고 있음을 짐작할 수 있다. 다음의 비유는 가장 많이 발견된 유형인 Type 1(18.8%)의 예로, 물질의 상태에 따른 분자 배열을 기차 안에 있는 사람들 사이의 거리가 달라지는 것으로 비유하고 있으나, 속성간의 인과 관계는 나타나지 않는다.

아침에 기차를 타면 출근길이라서 사람들이 많아 뽕뽕이 서 있는 모습은 고체와 같고, 어느 정도 시간이 지나면 사람들이 내려 조금은 공간의 여유가 있어 액체의 성질과 비슷하다. 또, 늦은 저녁에는 사람들이 거의 타지 않아서 남은 공간이 넓고 아침의 모습과는 반대의 모습이 나타나므로 기체의 성질과 같다.

**사전 성취 수준에 따른 비유의 특징.** 학생들의 기말 고사 과학 성적의 중앙값을 기준으로 집단을 상하로 나눈 후, 사전 성취 수준과 학생들이 만든 비유의 유형 차이를 살펴본 결과(Table 3), 공유 속성, 대응 정도, 서술 방식에서 상·하 집단 간에 유의미한 차이가 나타났다(p:0.05). 즉, 하위 학생들보다 상위 학생들이 공유 속성에서는 구조 기능적 속성을 모두 고려하였고, 대응 정도에서는 자신이 만든 비유에 대한 설명을 김들인 부연 비유를 선호하였으며, 서술 방식에서는 이야기식 비유를 더 많이 만들었다. 선행 연구 결과 비유 만들기 수업은 학생들의 개념 이해와 변화에 효과적이라고 알려져 있다.<sup>59</sup> 교사 중심의 비유 수업이 학습자의 인지 발달 수준이 낮거나 학습 능력이 부족한 학생들에게 유용한<sup>21</sup> 반면 비유 만들기는 새로운 정보를 기존 지식과 연

Table 3. Number of analogies by category and achievement level

Criteria	Achievement level		$\chi^2$
	High	Low	
Shared attribute			7.62 <sup>*</sup>
Structure	60	61	
Function	15	29	
Structure:Function	54	37	
Artificiality			0.00
Every day	127	125	
Artificial	2	2	
Abstraction			1.14
Concrete	120	122	
Abstract	9	5	
Mapping			7.49 <sup>*</sup>
Simple	32	42	
Enriched	74	76	
Extended	23	9	
Systematicity			1.58
High	20	13	
Low	109	114	
Type of story			4.57 <sup>*</sup>
Storytelling	107	91	
Isolation	22	36	

\*p &lt; .05

결시키는 시각적 상상력이나 유추적 사고력을 필요로 하므로 하위 학생들에게는 어려운 과정이 될 수 있다. 따라서 비유 만들기를 통해 하위 학생들의 과학 개념 이해를 돕기 위해서는 공유 속성, 내용 정도, 서술 방식 등에 대한 교사의 단계적인 지도가 포함되어야 할 것으로 보인다.

**오개념 유발 가능성이 있는 비유.** 오개념 유발 가능성이 있는 비유를 오개념 유형별로 분류하면 Table 4와 같다. 많은 학생들(28.1%)이 상태에 따라 비유물이 바뀌는 나열식 비유를 만들어 상태 변화 시 분자의 크기나 모양이 변할 수 있다는 오개념<sup>1)</sup>을 보였다. 다음에 제시한 비유와 같이 비유물이 상태에 따라 바뀌는 경우, 상태 변화에서 입자의 크기나 모양이 변한다는 오개념을 심어줄 수 있으므로 주의해야 한다.

새는 이터 곳을 활발히 날아가니까 기체이고. 엘리베이터는 움직이지만 천천히 움직여서 액체에 비유할 수 있다. 나무는 가만히 서 있지만 할 뿐 움직이지 않아서 고체에 비유할 수 있다.

10,000원짜리 지폐를 고체라고 생각하면, 10원짜리 10,000원 어치는 액체이고, 500원짜리 10,000원 어치는 들성들성 있기 때문에 기체이다.

25.0%의 학생들은 고체를 움직이지 않는 사물에 비유하고, ‘끔찍하지 않는다’, ‘움직이지 않는다’ 등의 표현을 사용하여 입자의 움직임을 무시하는 비유를 만들었다. 이것은 많은 학생들이 입자가 움직이지 않는다고 생각하거나, 움직인다고 생각하는 경우에도 액체 및 기체 상태에서는 밀집한 운동을 하지만 고체 상태에서는 움직이지 않는다고 생각한다는 선행 연구 결과와 일치한다.<sup>1)</sup> 분자의 운동성을 무시한 비유의 예는 다음과 같다.

고체는 사람이 움직이지 않고 서 있는 것이고, 액체는 발이나 손만 움직이는 것이다. 그리고 기체는 온 몸을 다 움직이는 것이다. 예를 들어 ‘부궁화 꽃이 피었습니다’라는 놀이에서 술래가 뒤를 돌아보았을 땐(우리를 볼 때) 고체이고, 술래가 말을 하는 동안 앞으로 나아가는 것은 액체이고, 술래를 치고 도망칠 때는 기체가 되는 것이다.

바위는 고체, 중간 돌은 액체, 조약돌은 기체이다. 왜냐하면 바위는 움직이지 못하고, 중간 돌은 조금 많이 움직일 수 있고, 조약돌은 자유로이 우리가 다룰 수 있기 때문이다.

7.8%의 학생들은 상태 변화 결과 입자들이 분해되거나 재결합한다는 오개념을 유발하는 비유를 만들었다. 이와 같은 비유는 고체에서 기체 상태로 갈수록 동일 공간에 존재하는 분자의 수가 적어지는 것을 기체 상태에서의 분자에 대응하는 비유물이 사라진다고 표현하였다. 이는 미시적인 현상에 익숙하지 않은 학생들이 물이 수증기가 되어 눈에 보이지 않는 것을 분자 자체

Table 4. The frequency of analogies that might induce misconceptions

Pattern	Changing analog	Motionless	Decomposition	Continuity
Frequency (%)	72 (28.1)	64 (25.0)	20 (7.8)	17 (6.6)

가 사라진 것이라고 생각하기 때문으로 보인다. 또한 나중에 제시한 비유처럼 덩어리를 잘게 부수는 과정이 상태 변화라는 식의 비유를 만들기도 했다. 이러한 비유는 각설량 분쇄를 이용한 비유 수업<sup>22</sup>에서 Tsai<sup>23</sup>가 지적한 바와 같이 상태마다 구성 입자들이 크기가 다르다는 오개념을 강화시킬 수 있는 위험을 안고 있다.

작두기에 비유할 수 있다. 우선 맨 처음 덩어리는 단단한 고체에 비유할 수 있다. 하지만 입안에 넣고 씹으면 및 등분으로 나누어진다. 그리면 액체와 같다. 그리고 나중에 많이 씹어 잘게 부수어지면 기체 상태가 된다.

분필을 가지고 있을 때, 분필은 고체. 쓰다가 부러지면 액체. 누가 밟고 지나가면 가루가 되어 기체가 된다.

6.6%의 학생은 물질이 연속적이라는 오개념을 유발시킬 수 있는 비유도 만들었는데 대표적인 예는 다음과 같다.

스웨터는 실로 하나하나 연결되어 있다. 평소엔 규칙적으로 잘 만들어져 있지만 조금 힘을 가하면 연결되었던 실들이 느슨해진다. 그런 상태에서 더 힘을 가하면 실은 완전히 풀어져 스웨터는 사라져 버린다. 즉 정상인 스웨터는 고체, 느슨해졌을 때는 액체, 풀어졌을 때는 기체상태이고 힘을 가하는 것은 열을 준 것이다.

**결론 및 제언**

본 연구에서는 물질의 세 가지 상태를 목표 개념으로 학생들이 만든 비유의 유형을 분석하고, 학업 성취 수준에 따른 차이와 오개념 유발 가능성을 조사하였다. 대부분의 학생들은 일상생활에서 쉽게 경험할 수 있는 구체적인 소재나 상황을 비유물로 선정하여 부연 설명과 함께 이야기하듯 서술하는 비유를 만드는 것으로 나타났다. 그러나 많은 학생들이 목표본의 속성을 고려하지 못하거나, 속성 사이의 인과 관계를 기술하지 못하는 등 낮은 수준의 비유를 만들었으며, 성취도가 낮은 학생일수록 이러한 경향이 더 심하게 나타났다. 이 결과와는 비유 만들기 활동에서 교사의 체계적인 안내가 필요함을 시사한다.<sup>24</sup> 즉 학생들이 만든 비유의 제한점을 평가하고, 수정하는 반성적 사고 단계가 필요하다.

오개념 유발 가능성이 있는 비유는 목표 개념이 갖는

공유 속성을 파악하지 못하거나, 상태에 따라 비유물을 바꾸어 사용할 때 많이 나타났다. 이러한 비유는 고체가 움직이지 않는다고 표현하거나 상태 변화 시 입자의 수나 크기, 모양 등이 달라진다는 생각을 포함하였다. 이것은 상태 변화 시 입자에 대한 Pereira와 Pestana<sup>14</sup>의 오개념 연구 결과와 일치하는 것으로, 상태 변화를 학습한 후에도 학생들이 입자 개념에 대한 올바른 과학 개념을 갖지 못함을 보여준다.

본 연구에서 수집된 비유는 대부분 낮은 수준으로 이 비유를 교육 현장에 직접 사용하기에는 부리가 있다. 하지만 비유의 소재는 학생들에게 친숙한 것이므로, 학생들의 경험에 기초한 비유 개발 자료로 이용할 수 있을 것이다. 이렇게 하여 비유물 자체를 이해하지 못해 비유물에 대한 학습이 선행되어야 하는 사례를 줄임으로써 목표 개념을 이해하는데 겪는 어려움을 극복할 수 있을 것으로 기대된다.<sup>4</sup> 한편 비유 만들기는 인지 수준이나 언어 추론 능력, 표현 능력 등 다른 변인에 의한 영향도 클 것이므로 비유 만들기에 영향을 미치는 요인과 학습자 특성에 맞는 비유 만들기 수업 방안 등에 대한 후속 연구가 필요하다. 이를 바탕으로 비유를 그림으로 그리게 하거나 자신이 만든 비유에 대해 설명하는 시간을 갖는 등 비유 만들기 활동을 학생들의 선개념을 파악하는 하나의 지표로 사용할 수 있으리라 생각된다.<sup>3</sup>

**인용 문헌**

1. Duit, R. *Science Education*, 1991, 75, 649.
2. Dagher, Z. R. *Science Education*, 1994, 78, 601.
3. Pittman, K. M. *Journal of Research in Science Teaching*, 1999, 36, 1.
4. Thiele, R. B.; Treagust, D. F. *Using analogies in secondary chemistry teaching*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, Perth, Western Australia, 1991.
5. Wong, E. D. *Journal of Research in Science Teaching*, 1993, 30, 367.
6. Glynn, S. *Effects of instruction to generate analogies on students' recall of science text*. Reading Research Report No. 60. Athens, GA: National Reading Research center, 1996.
7. Wittrock, M. C.; Alessandrini, K. *American Educational Research Journal*, 1990, 27, 489.
8. Middleton, J. L. *The American Biology Teacher*, 1991, 53, 42.
9. Mason, L. *Collaborative reasoning on self-generated analogies: Conceptual growth in understanding sci-*

- tific phenomena*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association. San Francisco, CA, 1995.
10. Boujaoude, S.; Tammim, R. *School Science Review*, **2000**, *82*, 57.
  11. Wong, D. F.. *Journal of Research in Science Teaching*, **1993**, *30*(10), 1259.
  12. Kaufman, D. R.; Patel, V. L., & Magder, S. A. *International Journal of Science Education*, **1996**, *18*(3), 369.
  13. Stavy, R. *International Journal of Science Education*, **1988**, *10*, 553.
  14. Pereira, M. P.; Pestana, M. E. M. *International Journal of Science Education*, **1991**, *13*, 313.
  15. Thiele, R. B.; G. J. Venville, et al. *Research in Science Education*, **1995**, *25*(2), 221.
  16. 노태희; 권혁순; 김동연; 채우기. *화학교육*, **1997**, *24*, 1.
  17. Gentner, D., & Toupin, C. *Cognitive Science*, **1986**, *10*, 277.
  18. Hsu, C.-L. L. *Content emphasis, practice, and cognitive style in analogical problem solving of college students*. Unpublished Doctoral Dissertation, University of Missouri-Columbia, 1993.
  19. Thiele, R. B.; Treagust, D. F. *Journal of Research in Science*, **1994**, *31*, 227.
  20. Duit, R.; Komorek, M.; Wilbers, J.; Roth, W. *Conceptual change during a unit on chaos theory induced by means of analogies*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, 1997.
  21. Gabel, D. I.; Sherwood, R. D. *Science Education*, **1980**, *64*, 709.
  22. Flick, I. *Science Education*, **1991**, *75*, 215.
  23. Tsai, C. -C. *Journal of Science and Technology*, **1999**, *8*, 83.
-