

과학영재의 비유 만들기 과정에서 나타난 심상적 사고의 특성

양찬호 · 박 원 · 김유정 · 최길순 · 노태희*

서울대학교 화학교육과

(접수 2011. 6. 27; 게재확정 2011. 8. 2)

The Characteristics of Imagery Thinking in the Processes of Science-Gifted Students' Generating Analogy

Chanho Yang, Won Park, Youjung Kim, Gilsoon Choi, and Taehee Noh*

Department of Chemistry Education, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea. *E-mail: noth@snu.ac.kr

(Received June 27, 2011; Accepted August 2, 2011)

요 약. 이 연구에서는 중학교 1학년 과학영재들의 비유 만들기의 각 단계에서 나타나는 심상적 사고의 특성을 심상적 정보처리 과정의 측면에서 분석하였다. 연구 결과, 과학영재들의 비유 만들기 과정에서 이미지 산출, 이미지 조작, 이미지 표현의 심상적 정보처리 과정이 나타났다. 또한, 과학영재들은 비유 만들기 과정에서 지각 심상, 기억 심상, 상상 심상의 세 가지 유형의 심상을 활용하는 것으로 나타났으며, 활용한 심상의 유형에 따라 심상적 정보처리 과정에 차이가 있었다. 이를 바탕으로 비유 만들기에서 활용한 심상의 유형에 따른 심상적 정보처리 모델을 제안하였다. 이 연구의 결과는 비유적 사고와 심상적 사고의 상호 작용을 강조함으로써 과학영재의 심상적 사고를 촉진할 수 있는 비유 만들기 전략의 효과적인 활용 방안을 마련하는데 유용한 시사점을 제공할 수 있을 것이다.

주제어: 비유 만들기, 심상적 사고, 심상적 정보처리 과정, 과학영재

ABSTRACT. In this study, we analyzed the characteristics of imagery thinking in the processes of generating analogy of seventh grade science-gifted students in terms of the information-processing of imagery. The analyses of the results revealed that science-gifted students' information-processing of imagery in the processes of generating analogy consisted of image generation, image operation, and image representation. The types of imagery used by science-gifted students were classified into perception imagery, memory imagery, and imagination imagery, and there were some differences in the patterns of information-processing of imagery. In the bases of these results, we suggested the information-processing model of imagery by the types of imagery used in generating analogy. The results of this study may provide useful implication to develop effective methods for a strategy of generating analogy emphasizing the interaction between analogy thinking and imagery thinking which promotes imagery thinking of science-gifted students.

Key words: Generating analogy, Imagery thinking, Information-processing of imagery, Science-gifted student

서 론

영재성은 높은 지적 능력이나 가능성과 같은 학업 영재성과 높은 수준의 창의성을 통한 지식, 자료, 산물의 산출 능력과 같은 창의생산적 영재성으로 구분할 수 있다.¹ 특히, 과학영재교육에서는 영재학생이 탐구활동에서 과학자와 같이 창의적·자율적인 탐구를 통해 새로운 산물을 산출할 수 있는 능력을 갖추도록 하는 것²에 목적을 두고 있기 때문에, 창의성에 대한 교육의 중요성이 보다 강조되고 있다. 우리나라에서도 창의성 신장이 과학영재교육의 목표 중 하나로 그 중요성이 강조되고 있으므로, 그에 맞는 창의성 위주의 과학영재교육의 필요성이 지속적으

로 주장되고 있다.³⁻⁵

창의적 사고는 유용한 정보를 선택하여 부호화하고 새로운 방식으로 조합하여 통합하는 과정에서 이루어진다.^{6,7} 이러한 창의적 사고는 기억이나 상상, 지각을 통해 마음 속에 특정 대상에 대한 내적 이미지를 형성하고, 다양한 이미지들을 연결, 통합, 변환, 조작하는 과정을 통해 대상을 재구성하는 심상적 사고와 밀접한 관련이 있다.^{8,9} 즉, 심상적 사고를 통해 많은 정보를 신속하고 융통성 있게 처리하고, 전체적인 문제 상황을 다양한 측면에서 동시에 조사하는 것이 창의적 사고에 유용한 역할을 한다.

이러한 심상적 사고를 과학 창의성 계발에 활용할 수 있는 방안으로, 새로운 정보와 기존에 알고 있던 정보 사

이의 유사성을 비교하여 정보를 재구성하는 비유적 사고를 활용할 수 있다.^{8,10} 문제 상황을 자신의 기존 경험과 지식에 비추어 독창적이고 다양한 형태로 변형하는 비유적 사고를 통해 학생들은 심상을 새롭게 형성하고 다른 상황이나 정보에 전이할 수 있다.¹¹ 이는 학생들이 비유물을 생성하기 위해서는 이미지를 산출하여 조작하고 표현하는 일련의 심상적 정보처리 과정을 거쳐야 하기 때문이다. 따라서 학생들이 다양하고 독창적인 비유를 생성하는 과정에서 비유적 사고를 능동적으로 활용하도록 하는 비유 만들기 활동^{12,13}은 이러한 심상적 사고를 촉진할 수 있는 효과적인 방안으로 제안되었다.¹³

심상적 정보처리 과정에는 Gagne가 주장한 정보처리 과정과 유사한 인지적 메커니즘이 사용되는 것으로 알려져 있다.¹⁴ 즉, 심상적 정보처리 과정은 장기기억이나 시지각으로부터 표면 이미지(surface image)를 산출하고, 시각 버퍼(visual buffer)¹⁵에서 이미지를 검사, 유지, 변형하는 등의 이미지 조작을 수행한 후, 언어나 그림 등의 형태로 이미지를 표현하는 일반적인 과정을 거친다.¹⁵ 이러한 심상적 정보처리 과정에서 학생들은 각자의 다양한 경험에 따라 서로 다른 이미지를 생성하는데,¹⁶ 이미지를 생성하는 방식은 개인에 따라 큰 차이가 있는 것으로 알려져 있다.^{6,17} 따라서 비유 만들기에서 과학영재들이 서로 다른 유형의 심상을 형성할 수 있으며, 그에 따라 심상적 정보처리 과정에도 차이가 있을 수 있다. 예를 들어, 시지각으로부터 이미지를 생성하는 경우 지각한 대상을 즉시 마음속에 이미지화하므로 생생하고 선명한 심상을 산출할 수 있는 반면에 이를 조작할 수 있는 정도는 낮아진다. 또한, 장기기억에 저장된 정보들을 선택하여 재구성하는 과정을 거쳐 심상을 형성하는 경우에는 시간적으로 오래된 경험을 바탕으로 이미지를 산출하므로 선명도는 떨어지지만, 다른 기억과의 관련성을 점검하면서 많은 정보를 바탕으로 이미지를 조작할 수 있다. 따라서 비유 만들기에서 과학영재들이 활용한 심상의 유형에 따른 심상적 사고과정을 심층적으로 파악한다면, 심상적 사고를 촉진할 수 있는 비유 만들기 전략의 효과를 높일 수 있는 구체적인 방안을 모색하는데 유용한 정보를 얻을 수 있을 것이다.

한편, 과학영재의 비유 만들기 활동과 관련된 선행연구는 주로 학생들이 만든 비유의 특성이나 비유 만들기 활동의 효과 측면에서 이루어졌다.^{18,19} 비유 만들기의 과정과 관련된 일부 선행연구도 주로 문제 해결의 수단으로

전문가나 일반 학생들이 비유를 생성하는 과정을 조사한 연구^{12,20} 등과 같이 문제 해결 과정에 초점을 두고 있다. 국내에서는 초등 과학영재를 대상으로 비유 만들기 과정의 유형을 분석하거나,²¹ 비유 생성 과정의 패턴에 따라 중등 과학영재들이 만든 비유의 특징을 조사²²한 연구들이 있으나 비유 만들기 과정에서의 과학영재들의 심상적 정보처리 과정을 구체적으로 조사한 연구는 이루어지지 않았다. 이에 이 연구에서는 과학영재들이 비유 만들기 과정에서 거치는 심상적 사고의 특성을 심상적 정보처리 과정의 측면에서 심층적으로 분석하고, 그에 따라 비유 만들기 과정에서 활용한 심상의 유형에 따른 심상적 정보처리 모델을 제안하고자 하였다.

연구 방법 및 내용

연구 참여자

이 연구는 서울 소재 종합대학의 영재교육원 과학기초반에 소속된 중학교 1학년 과학영재 18명을 대상으로 하였다. 이들은 각 학교장의 추천을 받거나 교육청 및 교육과학기술부 지정 초등영재교육 기관에서의 교육과정을 수료한 학생들로, 서류 심사와 해당 영재교육원에서 주관하는 과학적 사고력 및 창의적 문제 해결력 검사와 심층 면접을 통해 선발되었다. 결과 분석을 위해 대상 학생들을 임의로 과학영재 S01~S18로 명명하였다.

연구 절차

관련 선행 연구^{22,23}를 검토하여, 중학교 1학년 과학영재가 비유를 만들기 적합한 목표 개념으로 “물질의 세 가지 상태에 따른 분자의 배열과 운동”을 선정하였다. 이는 눈에 보이지 않는 입자의 배열이나 운동과 같은 추상적이고 동적인 요소를 포함한 개념에 비유 만들기 활동을 적용할 때 심상적 사고가 효과적으로 활용될 것으로 판단하였기 때문이다. 먼저 학생들이 목표 개념에 대한 이해를 명료화할 수 있도록 활동지를 사용하여 개념을 정리하고, 비유 및 비유 만들기 활동에 대한 오리엔테이션을 실시하였다(약 40분). 이 때 학생들에게 발성 사고(think-aloud)의 유용성과 방법을 구체적으로 설명하였으며, 떠오르는 생각을 가능한 모두 말로 표현해야 한다는 점을 강조하였다. 그리고 비유 만들기와 관련이 없는 과제를 제시하여 과학영재들이 발성 사고를 연습할 수 있도록 하였다.

비유 만들기 활동은 선행연구¹³의 비유 생성 수업 전략을 참고하여 목표 개념 부호화, 비유 생성, 비유 선택, 비유 정교화의 네 단계에 따라 개별 활동으로 진행되었다(약 60분). 즉, 학생들이 목표 개념의 속성 및 관계에 대한

¹¹시각 이미지는 의식의 표면에 나타나는 표면 이미지와 장기기억에 표상된 시각정보(deep representation)로 구성된다. 시각 버퍼는 단기 기억 내의 시각정보 표상 매체로, 표면 이미지는 이곳에서 그림과 유사한 형태로 발생한다.²¹

표상을 구성하고 가능한 다양한 비유를 생성한 후, 하나의 비유를 선택하여 정교화한 뒤 자유롭게 표현하도록 하였다. 이 때, 학생들은 비유를 만드는 과정에서 거친 모든 사고 과정을 말로 표현하였으며, 면담자는 학생들이 비유를 만들면서 떠올린 생각을 최대한 표현할 수 있도록 유도하였다. 즉, 면담자는 학생의 말에 반응하거나 교정하는 것이 아니라, 학생이 자신의 생각을 정리하고 계속 말로 표현할 수 있도록 돕는 역할을 하였다. 또한, 면담자는 학생들이 발성 사고를 통해 비유를 만드는 과정에서 목표 개념 부호화, 목표 개념과 만든 비유 사이의 대응, 만든 비유 평가 등에서 나타나는 특징적인 요소들을 관찰하고 면담에서 추가로 질문할 부분을 관찰 기록지에 기록하였다. 학생의 비유 만들기 활동이 끝난 후에는 사전에 구성한 면담 시나리오와 발성 사고 과정에서 기록한 관찰 기록지를 바탕으로 반구조화된 면담을 실시하였다. 비유 만들기 과정에서 학생들의 발성 사고 및 면담 과정은 모두 녹음·녹화하였다.

면담 시나리오는 학생들이 비유를 만드는 과정에서 떠올린 이미지의 출처와 특성을 묻는 질문으로 구성하였다. 즉, 비유 만들기 각 단계에서 무엇을 떠올렸는지, 여러 개의 비유를 만드는 과정에서 이미지를 순차적 또는 동시에 떠올렸는지, 떠올린 이미지를 변형시켰는지 등과 같은 이미지 처리 과정을 구체적으로 질문하였다. 면담 시나리오는 모든 연구자 및 과학교육 전문가 1인, 현직 중등교사 5인, 과학교육 전공 대학원생 2인으로 구성된 소그룹에서의 수차례에 걸친 세미나를 통해 수정·보완하여 연구에 사용하였다.

분석 방법

학생들의 비유 만들기 활동을 녹음·녹화한 자료 및 관찰 기록지를 보면서 학생들의 발성 사고 및 면담 내용을 전사하여 분석에 사용하였다. 전사본 및 학생들이 만든 비유, 발성 사고와 면담 과정에서 나타난 학생들의 동작²⁴

을 종합적으로 분석하여 과학영재들이 비유를 만드는 과정에서 사용한 심상의 유형⁹을 분류하였다(Table 1). 시각 심상은 눈을 통해 지각한 외부의 대상을 마음속에서 즉각적으로 다시 영상화할 때 생성되는 심상이며, 기억 심상은 장기기억에 저장되어있던 과거에 지각한 대상을 다시 떠올려 영상화할 때의 심상을 의미한다. 또한, 상상 심상은 상상을 통해 마음속에 시각적으로 대상을 그려보는 경우로, 지각과는 무관하게 어떤 대상을 임의로 만들어내 영상화할 때 생성되는 심상이다.

또한, 목표 개념 부호화, 비유 생성, 비유 선택, 비유 정교화 단계에서 과학영재들이 거친 심상적 사고의 특성을 심상적 정보처리 과정^{14,25}의 측면에서 분석하였다. 이를 위해, 선행 연구^{15,25}에서 제시한 심상적 정보처리 과정과 각 과정을 구성하는 정보처리 모듈의 정의를 바탕으로 일부 학생의 자료를 예비 분석하여, 비유 만들기 과정에서의 심상적 정보처리 과정에 대한 분석틀(Table 2)을 제작하였다.

심상적 정보처리 과정을 구성하는 세부 모듈은 다음과 같다. 이미지 산출 과정에서의 세부 모듈은 Picture와 Load로 분류하였다. Picture 모듈은 장기기억으로부터 인출한 정보를 바탕으로 시각 버퍼에 정적·동적인 시각적 이미지를 형성하는 과정이다. 학생들이 발성 사고 과정에서 사진이나 그림과 같은 정지된 장면을 묘사하거나, ‘달리다, 돌아다니다, 빠져나가다’ 등의 표현을 사용하는 경우, 신체적인 동작으로 움직이는 상태를 표현하는 경우, 면담에서 그림이나 사진과 같은 장면 또는 동영상을 떠올렸다고 응답한 경우에 이 모듈이 활성화된 것으로 판단하였다. 한편, 소수의 학생들은 자신의 기존 경험 중 청각적 측면을 활용하여 이미지를 산출하는 것으로 나타났는데, 일반적으로 과거에 들어본 소리를 떠올릴 때 그 소리가 나는 장면이나 몸짓까지 시각적으로 떠올리는 것으로 알려져 있으므로,²⁷ 이를 Picture 모듈로 분류하였다. 예를 들어, 면담 과정에서 노래를 부르거나 뉴스에서 들

Table 1. The types of imagery used in this study

| Types of imagery | Definition of imagery |
|------------------|---|
| Perception | Imagery of perception through seeing something outside |
| Memory | Imagery when someone recalls and pictures objects knowing in the past from the long-term memory |
| Imagination | Imagery when someone randomly makes up and pictures something through mental process |

Table 2. The processes of information-processing of imagery

| Process | Summary of the process |
|----------------------|--|
| Image generation | Imagery thinking when someone generates images to the visual buffer including information-processing module like picture, load. |
| Image operation | Imagery thinking when someone operates images in the visual buffer including information-processing module like find, match, parse, translate. |
| Image representation | Imagery thinking when someone represents images including information-processing module like write, draw, write/draw. |

은 소리 등을 떠올렸다고 응답한 경우에도 Picture 모듈이 활성화된 것으로 판단하였다. Load 모듈은 주변 검색에 의한 시지각을 통해 시각 버퍼에 이미지를 형성하는 과정으로, 학생들이 발성 사고 중에 주변을 둘러보거나 면담 과정에서 주변 사물을 보고 비유를 만들었다고 응답한 경우 Load 모듈이 활성화된 것으로 판단하였다.

이미지 조작 과정에서의 세부 모듈은 Find, Match, Parse, Translate로 분류하였다. Find 모듈은 시각 버퍼에서 활성화된 이미지들의 위치나 패턴을 발견하는 과정이다. 예를 들어, 분자의 배열을 설명하기 위해 학생이 떠올린 비유물의 이미지에서 공간의 넓이와 같은 패턴을 발견해가는 경우를 이 모듈로 분류하였다. Match 모듈은 시각 버퍼에 형성된 비유물의 이미지와 장기기억에 저장된 목표 개념에 대한 표상을 연결시키는 과정으로, 분자의 운동을 문제를 푸는 상황에 비유한 학생이 문제를 빨리 푸는 사람을 운동 속도가 빠른 분자에 연결시키는 것과 같은 경우이다. Parse 모듈은 시각 버퍼에 이미 형성된 이미지에 새로운 부분을 추가하여 구성하는 과정이다. 예를 들어, 추운 날씨 때문에 한 곳에 모여 있는 사람들의 모습을 고체 상태로 비유한 경우, 온도가 변함에 따라 사람들이 걷거나 뛰는 것과 같은 동적 요소를 추가하는 경우에 이 모듈이 활성화된 것으로 판단하였다. Translate 모듈은 시각 버퍼에 형성된 비유물의 이미지를 목표 개념을 잘 설명할 수 있는 형태로 인위적으로 변형시키는 과정으로, 학생이 머릿속에서 자석 막대를 휘거나 막대의 개수를 자유롭게 조절하여 도형을 만들거나 길이를 변형시키는 경우 등이 모듈로 분류하였다.

이미지 표현 과정에서의 세부 모듈은 Write, Draw, Write/Draw로 분류하였다. Write 모듈은 시각 버퍼 내의 시각적 이미지를 언어로 변형하는 과정으로 생성한 비유물의 표상을 글로 표현한 경우이다. Draw 모듈은 시각 버퍼 내의 시각적 이미지를 구체적인 이미지로 시각화하는 과정으로 생성한 비유물의 표상을 그림으로 표현한 경우 Draw 모듈이 활성화된 것으로 판단하였다. 또한, 글과 그림으로 동시에 표현한 경우에는 Write/Draw 모듈로 분류하였다.

이와 같은 분석틀을 사용하여 과학영재들의 비유 만들기 각 단계에서 나타나는 심상적 정보처리모듈의 빈도를 분석하였다. 이 때, 이미지 조작 과정에서는 이미지 산출이나 표현 단계와는 달리 여러 개의 세부 모듈을 함께 사용할 수 있으므로 빈도를 중복으로 분석하였다. 분석 결과, 비유 만들기의 단계 중 목표 개념 부호화와 비유 선택 단계에서는 학생들이 심상적 정보처리 과정을 거의 거치지 않는 것으로 나타났으므로, 심상적 정보처리 과정이 주로 활용된 비유 생성 단계와 비유 정교화 단계를 분석하였다. 또한, 심상적 정보처리 모듈의 빈도를 분석한

결과를 비유를 만들 때 활용한 심상의 유형에 따라 분류하고, 선행연구^{15,25}에서 제시한 모델을 참고하여 심상의 유형에 따른 심상적 정보처리 모델을 구성하였다.

연구 결과의 타당도와 신뢰도를 높이기 위해 연구자 2인이 일부 학생들의 자료를 각자 분석하여 비유 만들기 과정에서 사용한 심상의 유형과 심상적 정보처리 모듈을 분류하고 논의하는 과정을 반복하여 연구자간 일치도가 90% 이상에 도달한 후, 연구자 1인이 모든 학생의 자료를 분석하였다. 또한, 모든 연구자 및 과학교육 전문가 1인, 현직 중등교사 5인, 과학교육 전공 대학원생 3인으로 구성된 소그룹과의 여러 차례 세미나를 통해 분석 결과의 타당성을 검토하고 수정·보완하였다. 그리고 모든 연구자들이 최종 합의에 이른 내용만을 결과 해석에 사용하였다.

결과 및 논의

1. 과학영재의 비유 만들기의 각 단계에서 나타난 심상적 사고의 특성

비유 생성 단계와 비유 정교화 단계에서의 과학영재의 심상적 정보처리 과정과 심상적 정보처리 모듈의 빈도를 Table 3에 제시하였다. 비유 생성 단계에서는 과학영재들이 만든 비유 100개(지각: 7개, 기억: 81개, 상상: 12개) 가운데 이미지 산출 모듈이 명확히 분석되지 않은 비유물 28개(기억: 25개, 상상: 3개)를 제외한 72개 비유(지각: 7개, 기억: 56개, 상상: 9개)에 대한 과학영재의 심상적 사고의 특성을 분석하였다. 또한, 비유 정교화 단계에서는 학생들이 선택한 비유를 정교화하는 과정에서 나타난 심상적 사고의 특성을 분석하였다.

비유 생성 단계

비유 생성 단계의 이미지 산출 과정에서 대부분(84.8%)의 과학영재들은 Picture 모듈을 활용하여 비유를 만든 것으로 나타났다. 즉, 비유 생성 단계에서 학생들은 시지각을 사용하기보다는 장기기억으로부터 시각적 이미지를 산출하여 활용하는 경우가 대부분이었다. 아래의 예시들은 발성 사고와 면담 과정에서 Picture 모듈이 활성화된 경우이다.

(학생 S11의 발성 사고 및 사후면담 중에서)

이렇게 옷이 있는데 옷이 여러 개 있는데 엄마가 차곡차곡 접어서 이렇게 해놓으신 거예요. 이때는 되게 규칙적이고 가깝잖아요. 거리가. 고체이고. 액체는 그걸 제가 접어놓으면 구겨지잖아요. 그래서 옷걸이에 걸어가지고 이렇게 해놓고, 입은 거 바닥에다가 흘트려놓고, 그게 액체고요.

Table 3. The frequency of the information-processing module of imagery at the stage of generating analogies and elaboration of an analogy

| Process | Module | Frequency(%) | |
|----------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| | | Generating analogies (n=72) | Elaboration of an analogy (n=18) |
| Image generation | Picture | 61(84.8) | - |
| | Load | 7(9.7) | - |
| | Unclassified | 4(5.6) | - |
| Image operation* | Find | 61(84.7) | - |
| | Match | 64(88.9) | 15(83.3) |
| | Parse | 70(97.2) | 15(83.3) |
| | Translate | 7(9.7) | 5(27.8) |
| Image representation | Write | 25(34.7) | 6(33.3) |
| | Draw | 3(4.2) | - |
| | Write/Draw | 29(40.3) | 12(66.7) |
| | No representation | 15(20.8) | - |

*Including multiple uses

면담자 이걸 생각할 땐 어떤 장면이었는데 좀 자세하게 얘기해줄래요?

S11 우리 엄마가 빨래를 하시면 마루에 옷걸이가 있는데 거기다 맨날 걸어놓으시거든요. 그리고 수건 같은 건 차곡차곡 접어놓고 두시는데 그거 생각하다 보니까.

면담자 그럼 그건 어떻게 생각이 난거예요?

S11 고체라고 하면 되게 규칙적이잖아요. 근데 규칙적이라고 하면은 이렇게 차곡차곡 접어놓은 그런 게 생각이 나서.

(학생 S02의 발성 사고 및 사후면담 중에서)

제가 최근에 얼마 전에 TV에서 자동차 경주하는 걸 봤어요. 근데 거기서도 그 비유를 할 수 있겠다는 생각이 들어요. 왜냐면은 출발을 하기 전에 출발선에 차들이 모여 있잖아요. 그 다음에 출발하고 나서는 그 정해진 트랙을 계속 돌다가 경주가 끝나고 나면은, 그 각 차량을 수리하기 위해서 각 회사로 가지고 가잖아요.

면담자 자동차 경주를 이용해서 물질의 상태에 따른 분자의 배열과 운동을 설명 할 때, 그 때 어떤 생각을 떠올렸는지 얘기해줄래? 그러니까 연관을 지을 때 어떤 장면이 떠올랐어?

S02 그, 연관 지을 때는요. 분자의 배열보다는, 차가 달리고 있는, 차의 움직임들이 생각났어요.

면담자 그럼 차가 머릿속에서 움직이는 거였어?

S02 움직이는 장면이 떠올랐어요.

이와 같이 학생들은 비유를 생성할 때 자신이 기억하고 있는 일상적인 경험을 정적이거나 동적인 시각적 이미지와 같은 구체적인 형태로 떠올려 비유 생성에 활용하는 경향이 있었다. 시각적 과정(visual processing)은 일반적으로 감각을 통한 시각적 과정과 지각을 통한 시각적 과정으로 구분되는데,¹⁴ 학생들은 비유 생성 단계에서 자신이 기존에 알고 있던 정보를 활용하는 지각을 통한 시각적 과정을 주로 거치는 것을 알 수 있다. 이는 학생들이 자신의 경험으로부터 비유물을 선택하여 선지식과 목표 개념 간의 관계를 이끌어내기 때문으로 해석된다.²⁸

이미지 조작 과정에서 학생들은 Find, Match, Parse 모듈을 주로 사용하였으며, Translate 모듈을 사용하는 경우는 적었다. 다음은 학생 S08의 발성 사고 과정에서 Find 모듈이 활성화된 경우로, 마라톤의 전체 장면 중 사람들의 배열 측면에 초점을 두고 특정한 시각적 패턴을 발견하는 과정이 드러나 있다. 이는 이미지 산출 과정은 장기기억으로부터 대략적인 전체 구조를 산출하는 것으로부터 시작되며, 시각 버퍼에서 과제의 세부적인 측면을 점차 시각화해간다는 시각적 심상 이론¹⁴과 같은 맥락으로 볼 수 있다.

(학생 S08의 발성 사고 중에서)

음...(눈을 들어 벽을 응시하다가) 그러면 가만히 있고 조밀하게 배열돼 있고...어...이렇게 마라톤에 비유한다고 하면요. 처음에 시작할 때는 사람들이 다 한 곳에 엄청 많이 모여 있고, 다 가만히 있는데 시작한 다음에 일정 시간 후에는 약간은 많이 지났을 때 생각해 보면, 사람들이 그래도 많이 있는 공간이 넓어지기는 했지만 그래도 한, 일정한 공간 안에 다 퍼져있고.

또한, 학생들은 Find 모듈을 통해 이미지의 패턴을 발견한 후, Match 모듈과 Parse 모듈을 사용하여 이미지를 보다 구체화하는 과정을 거치는 것으로 나타났다. 즉, 과학영재들은 형성된 시각적 이미지를 장기기억 속의 목표 개념에 대한 표상과 대응시켜 비로소 비유물의 표상을 생성하고, 목표 개념에 맞도록 비유물의 표상에 새로운 요소를 추가하는 것으로 해석할 수 있다. 다음은 학생 S17의 발성 사고 과정에서 Parse 모듈이 활성화된 경우로, Find 모듈을 통해 찾은 군인들의 배열에 적군이나 전쟁, 시간의 흐름(에너지)이라는 요소를 차례로 추가하면서 군인들이 모여 있는 상태나 운동 상태에 대한 여러 가지 표상을 생성하는 것을 알 수 있다.

(학생 S17의 발성 사고 중에서)

고체상태일 때는 행진이라고 할까나, 지금 전투에 나가기 위해서 질서정연하게 나가고 있는 군대를 생각하고요. 그래서 어... 행군. 행진? 행진하고 있는 군대. 질서정연한. 그 다음에 이제 액체 상태일 때는 이제 좀 적들이랑 좀 가까워진 거예요. 그래서 이제 뭐 어떤 태세를 갖추고 뭐 조금씩 흐트러지겠죠? 적들하고 싸워야 되니까, 흐트러지는 거예요, 군대가. 그래서 이거는 적과 대적하고 있는 군대. 근데 이때 대적하고 있다는 게 싸우고 있다는 건 아니에요. 그래서 이제 기체일 때 막 싸우면 계속 엄청나게 많이 움직여야 되니까 이거는 전쟁하고 있는 군대라고 보면 돼요. ...(중략)... 이때 시간을 에너지라고 보는 거예요. 시간 흐름, 에너지. 그다음에 군인을 분자라고 보면 그러면 시간이 지나가는 걸 에너지가 간다고 생각하고, 그러면 점점 이게 군대가 흐트러지는 거 즉, 분자들이 흐트러져있는 모습을 볼 수 있겠죠. 그런데 이제 다시 시간이 거꾸로 가면, 그니까 에너지를 빼앗기면, 다시 군대가 질서정연하게 되는 걸 볼 수 있겠죠.

이미지 표현 과정에서는 Write 모듈이나 Write/Draw 모듈을 주로 사용하는 것으로 나타났는데, 이는 학생들이 자신이 생성한 비유물의 시각적 표상을 언어로 변형하거나, 언어와 이미지의 두 가지 형태로 동시에 변형하는 경향이 있음을 의미하는 결과로 볼 수 있다. 학습자들이 자신의 정보처리 양식에 부합되는 자료를 더 매력적인 것으로 보고, 그것을 선택하기를 선호하는 경향이 있음을 고려할 때,²⁹ 과학영재 각자가 선호하는 정보처리 양식의 차이에 따라 이미지를 표현했을 가능성이 있다.

비유 정교화 단계

비유 정교화 단계의 이미지 조작 과정에서는 Match 모듈과 Parse 모듈을 사용하는 경우가 대부분(각각 83.3%)이었다. 즉, 학생들은 비유 생성 단계에서 만든 비유물의

표상을 시각 버퍼에 다시 떠올려 목표 개념의 표상과 대응시켜 유사점과 차이점을 비교하고, 비유물의 표상에 새로운 요소를 추가함으로써 비유물을 더욱 정교화 하는 것으로 해석할 수 있다. 다음은 비유 정교화 단계에서 Parse 모듈이 활성화된 경우로, 비유 생성 단계에서보다 비유물의 표상에 많은 요소들이 추가되면서 비유를 보다 구체적이고 정교하게 만들고 있음을 알 수 있다.

(학생 S15의 발성 사고 중에서)

열에너지는 분자가 받아들여서 운동에너지로 바꾸는 운동에너지로써 표현이 되는데, 그것을 철새가 가지고 있는 에너지로 본다면 하늘을 날 때는 그만큼 에너지가 작다고 볼 수 있잖아요. 날고는 있지만, 그만큼 힘들 테니까. 그래서 무리지어 있고, 에너지도 적은 고체라고 비유할 수 있을 것 같습니다. ...(중략)... 땅에 내려앉아 있을 때는 하늘에서 무리지어 있을 때보다 더 멋대로 행동을 하니까, 액체라고 비유할 수 있을 것 같아요. 배열도 무리지어 날아다닐 때보다 다 흐트러지고, 더 불규칙적으로 액체에 비유할 수 있을 것 같아요. 또, 보통 철새가 갈대밭에서 먹이를 찾으니깐 그만큼 서로 붙어있을 수도 없고, 또 먹이를 찾을 때는 일단 자유롭게 자기가 먹을 만큼 찾으니깐 더 간격도 멀리 떨어져있고 해서 기체로 비유할 수 있다고 보면 될 것 같아요. ...(중략)... 갈대밭이 꼭 아니더라도 철새의 먹이와 생활할 수 있는 갈대밭은 철새에게 에너지를 공급하는 분자의 열에너지 철새를 분자로 비유하자면, 철새의 먹이나 생활공간을 열에너지로 볼 수 있으니깐 그런 것들이 더 잘 갖춰질수록 철새는 그만큼 에너지를 많이 받아서 잘 활동할 수 있으니깐. 가끔씩 보면 철새 구경하러 오는 사람들이나, 철새를 잡아먹는 살쥬가 같은 천적들이 많잖아요. 사람이 구경하면 사람으로 인해 움직임이 더 자유롭지 못해질 수도 있고, 천적 또한 철새의 움직임을 방해하니까, 그것을 하나하나 분자에 가해지는 압력으로 볼 수 있을 것 같아요.

그러나 비유 생성 단계에서와는 달리 Find 모듈은 사용되지 않는 것으로 나타났다. 이는 장기기억으로부터 산출한 잠정적인 이미지가 아니라 비유 생성 단계를 통해 생성한 구체적인 비유물의 표상을 정교화하는 과정이므로, 이미지를 검사하여 패턴을 찾는 과정 없이도 자유롭게 이미지를 조작할 수 있었기 때문으로 볼 수 있다.

이미지 표현 과정에서는 Write와 Write/Draw 모듈을 사용한 비율이 높았다(각각 33.3%, 66.7%). 특히, 비유 생성 단계보다 비유 정교화 단계에서 Write/Draw 모듈의 사용 비율이 더 높았다. 이는 비유 생성 단계에서는 다양한 비유를 여러 개 만들기 때문에 각각의 비유에 대해서 많은 정보를 다룰 필요가 없으나, 비유 정교화 단계에서는 하

나의 비유를 선택하여 정교화 하는 과정에서 보다 복잡하고 다양한 정보를 활용해야 하므로 글과 그림을 모두 사용하여 비유를 표현한 것으로 보인다. 즉, 많은 정보를 동시에 떠올려 조작하는 과정을 거쳐 정교화한 비유를 보다 쉽고 구체적으로 표현하기 위해 언어적 체계와 시각적 체계를 통합⁹하려는 경향이 높았기 때문으로 해석된다.

2. 비유를 만들 때 활용한 심상의 유형에 따른 심상적 정보처리 모델

비유를 만들 때 활용한 심상의 유형(지각 심상, 기억 심상, 상상 심상)에 따라 비유 생성 단계와 비유 정교화 단계에서의 심상적 정보처리 과정 및 모듈의 빈도를 분석한 결과와 심상화 이론에 따른 일반모델^{15,25}을 바탕으로, 과학영재들이 비유 만들기에서 활용한 심상의 유형에 따른 심상적 정보처리 모델을 설정하였다.

지각 심상을 활용하여 만든 비유

지각 심상을 활용하여 비유를 만들 때, 비유 생성 단계에서의 구체적인 심상적 정보처리 과정 및 모듈의 빈도를 Table 4에, 심상적 정보처리 모델을 Fig. 1에 제시하였다.

지각 심상을 활용하여 비유를 만든 학생들은 비유 생성 단계에서 Load 모듈을 활성화하여 시각 버퍼에 이미지를 산출하였다. 산출한 이미지는 시각 버퍼에서 Match와 Parse 모듈에 의해 목표 개념을 설명할 수 있는 비유로 조작되고 주로 Write 모듈로 표현되었다(Fig. 1). 이미지 조작 과정에서 Find 모듈은 기억 심상이나 상상 심상을 활용하여 비유를 만든 과학영재들이 주로 사용하였고 지각 심상을 활용한 과학영재들은 Find 모듈을 사용하는 경우가 없었다. 지각 심상을 활용하는 경우, 학생들은 주변의 사물을 직접 보면서 비유를 생성하기 때문에 비유 소재의 구체적인 이미지를 즉각적으로 시각 버퍼에 떠올리므로, 잠정적인 이미지로부터 이미지 조작을 위한 패턴을 찾을 필요가 없기 때문으로 해석된다. 이는 감각을 통한

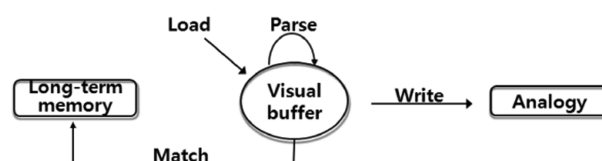


Fig. 1. The information-processing model using perception imagery.

시각적 과정을 활용하는 경우, 시지각에 의해 자동적으로 진행되는 정보처리 과정과 의식적으로 진행되는 정보처리 과정이 함께 일어나기³⁰ 때문으로 볼 수 있다. 학생들은 시각 버퍼에 형성된 비유물의 표상을 Write 모듈을 주로 사용하여 표현하였다. 이는 학생들이 구체적인 사물을 직접 관찰하면서 즉각적으로 떠올린 구체적인 이미지를 바탕으로 비유를 만들었기 때문에, 생성한 비유물의 표상을 그림을 통해 다시 시각화하여 표현하려는 경향이 낮았기 때문일 가능성이 있다.

한편, 지각 심상을 사용하여 만든 비유를 선택하여 정교화한 학생은 없었다. 지각 심상을 사용하여 만든 비유는, 학생들이 자신의 경험으로부터 다양한 비유 소재를 검색하여 잠정적인 이미지를 산출하고 구체화시켜 나가는 과정 없이 주변 사물을 보고 즉흥적으로 만든 비유이므로 목표 개념의 속성과 관계를 적절히 나타내기 어려운 비유로 판단했기 때문일 가능성이 있다. 반면에, 구체적인 소재를 직접 보면서 비유를 만들기 때문에 비유물의 속성을 비교적 쉽게 파악할 수 있으므로 비유 생성 단계에서 이미 비유가 완성된 것으로 판단하여 추가적인 정교화 과정을 거치지 않았을 수도 있다. 실제로 지각 심상을 활용하여 비유를 만든 학생들은 비유 소재의 이미지를 장기기억으로부터 산출하는 대신, 책상 위나 천장, 교실 벽, 창밖 등을 둘러보며 구체적인 비유 소재를 찾아 곧바로 비유 만들기에서 사용하였다.

기억 심상을 활용하여 만든 비유

기억 심상을 활용하여 비유를 만들 때, 비유 생성 단계와 비유 정교화 단계에서의 구체적인 심상적 정보처리 과정 및 모듈의 빈도를 Table 5에 심상적 정보처리 모델을 Fig. 2에 제시하였다.

기억 심상을 활용하여 비유를 만든 학생들은 비유 생성 단계에서 Picture 모듈을 주로 활성화하여 시각 버퍼에 잠정적인 비유물의 이미지를 산출하였다. 이 때, 정적인 이미지를 산출한 경우와 동적인 이미지를 산출한 경우의 비율이 거의 유사한 것으로 나타났다(각각 42.9%, 46.4%). 산출한 이미지는 시각 버퍼에서 Find와 Parse 모듈에 의해 목표 개념을 설명할 수 있는 비유로 조작되었다. 이러한 이미지 조작 과정은 학생들이 자신의 기존 경험을 심도

Table 4. The frequency of the information-processing module of imagery using perception imagery

| Process | Module | Frequency(%) |
|----------------------|-------------------|----------------------------|
| | | Generating analogies (n=7) |
| Image generation | Picture | - |
| | Load | 7(100) |
| Image operation* | Match | 7(100) |
| | Parse | 7(100) |
| Image representation | Write | 5(71.4) |
| | Draw | 1(14.3) |
| | No representation | 1(14.3) |

*Including multiple uses

Table 5. The frequency of the information-processing module of imagery using memory imagery

| Process | Module | Frequency (%) | |
|----------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| | | Generating analogies (n=56) | Elaboration of an analogy (n=13) |
| Image generation | Picture | 52(92.9) | - |
| | Load | - | - |
| | Unclassified | 4(7.1) | - |
| Image operation * | Find | 53(94.6) | - |
| | Match | 49(87.5) | 10(76.9) |
| | Parse | 54(96.4) | 10(76.9) |
| | Translate | 3(5.4) | 3(23.1) |
| Image representation | Write | 20(35.7) | 5(38.5) |
| | Draw | 2(3.6) | - |
| | Write/Draw | 21(37.5) | 8(61.5) |
| | No representation | 13(23.2) | - |

*Including multiple uses

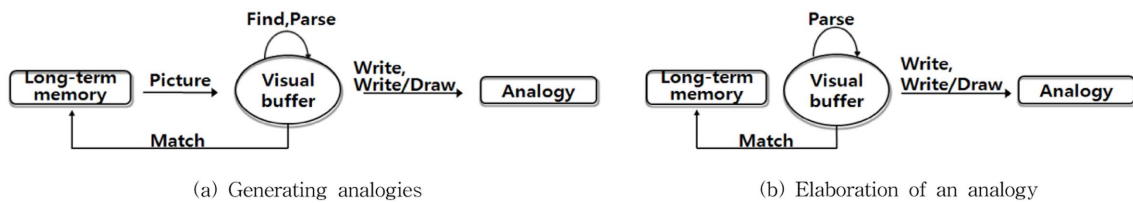


Fig. 2. The information-processing model using memory imagery.

있게 분석하고 그 원리를 이해하는데 도움이 되므로,²⁶ 대다수의 과학영재들이 목표 개념을 더 잘 설명할 수 있는 의미 있는 비유를 만들기 위해 이러한 심상적 정보처리 과정을 거친 것으로 해석된다. 이미지 조작 과정에서 Translate 모듈을 사용하는 경우는 적었는데, 기억 심상을 활용하여 비유를 만든 학생들은 경험을 바탕으로 한 기억으로부터 이미지를 산출하므로 이미지를 인위적으로 만들거나 변형하는 과정을 거치는 경우가 적기 때문으로 볼 수 있다. 즉, 기억 심상을 활용한 학생들은 장기기억에 저장된 자신의 일상적인 경험과 관련된 정보들을 목표 개념에 맞게 주체적으로 선택하고 재구성하여 이미지를 산출하므로, 자신에게 보다 적합하고 친숙한 형태의 비유물을 만드는 것을 알 수 있다. 또한, 학생들은 Match 모듈을 이용하여 시각 버퍼에 산출한 비유물의 이미지를 목표 개념의 표상과 연결짓는 과정을 거쳐 비로소 비유물의 표상을 생성하는 것으로 나타났다(Fig. 2.(a)).

비유 정교화 단계에서는 선택한 비유물의 구체적인 이미지를 시각 버퍼에 다시 떠올려 Match와 Parse 모듈을 활성화하여 비유물의 표상을 보다 정교하게 만든 후, 그 비유를 Write 또는 Write/Draw 모듈로 표현하였다(Fig. 2. (b)). 기억 심상을 활용하여 비유를 만든 과학영재들의 경우 비유 정교화 단계에서 Write 모듈보다 Write/Draw 모듈의 사용 비율이 더 높았는데(각각 38.5%, 61.5%), 이는

학생들이 심상을 사용하여 보다 조직적이고 세부적인 시각적 정보망을 구성²⁷하기 위해 노력하는 과정에서 나타난 특징으로 해석할 수 있다.

상상 심상을 활용하여 만든 비유

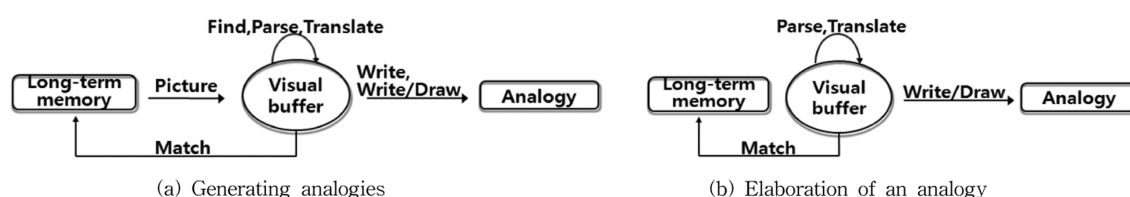
상상 심상을 활용하여 비유를 만들 때, 비유 생성 단계와 비유 정교화 단계에서의 구체적인 심상적 정보처리 과정 및 모듈의 빈도를 Table 6에, 심상적 정보처리 모델을 Fig. 3에 제시하였다.

상상 심상을 활용하여 비유를 만든 학생들은 비유 생성 단계에서 Picture 모듈을 활성화하여 시각 버퍼에 이미지를 산출하였다. 이 때, 정적인 이미지를 산출한 경우와 동적인 이미지를 산출한 경우의 비율이 동일한 것으로 나타났다(각각 44.4%). 이렇게 산출된 이미지는 시각 버퍼에서 Find와 Parse 모듈에 의해 조작되고 Match 모듈에 의해 이미지를 목표 개념과 연결짓는 과정을 거치는 것으로 나타났다(Fig. 3.(a)). 특히, 비유 생성 단계에서 지각이나 기억 심상을 사용한 경우보다 Translate 모듈이 활성화되는 경우가 많았다. 이는 어떤 대상을 임의로 만들어내 영상화할 때 활용되는 심상이라는 상상 심상의 정의와 관련이 있는 것으로 볼 수 있다. 다음은 상상 심상을 활용하여 비유를 만든 과학영재 S14가 비유 생성 단계에서 Translate 모듈을 활성화한 경우이다.

Table 6. The frequency of the information-processing module of imagery using imagination imagery

| Process | Module | Frequency(%) | |
|----------------------|-------------------|----------------------------|---------------------------------|
| | | Generating analogies (n=9) | Elaboration of an analogy (n=5) |
| Image generation | Picture | 9(100) | - |
| | Load | - | - |
| Image operation* | Find | 8(88.9) | - |
| | Match | 8(88.9) | 5(100) |
| | Parse | 9(100) | 5(100) |
| | Translate | 4(44.4) | 2(40.0) |
| | Write | - | 1(20.0) |
| Image representation | Write/Draw | 8(88.9) | 4(80.0) |
| | No representation | 1(11.1) | - |

*Including multiple uses

**Fig. 3.** The information-processing model using imagination imagery.**(학생 S14의 발성 사고 중에서)**

그런 쇠하고, 자석 막대를 이용해가지고, 어떤 기구를 만들어 가지고 설명을 할 수 있겠는데, 고체 같은 경우에는 이제 이게 쇠구슬을 갖다가 이거를 기체 분자라고 생각하고, 이 자석 막대는 분자간 거리 정도로 생각할 수 있겠는데. 고체 같은 경우에는 일단 굉장히 (양 팔을 가슴 앞으로 모으는 동작을 하며) 뻑뻑하고, 잘 움직이지도 않고 그러니까, 가장 안정적인 구조가 삼각형 구조잖아요. 잘 변형되지 않는 게. 그러니까 삼각형으로 만드는데, 분자의 길이 아... 막대의 길이를, (양 팔을 위아래로 늘렸다 줄였다 반복하며) 길이를 다르게 해가지고. 다르게가 아니라, 짧게 해가지고 그러면 분자간 거리도 가깝고.

위의 예시에서 볼 수 있듯이 상상 심상을 활용한 학생들은 자석 막대의 이미지를 삼각형으로 만들거나 길이를 변형시키는 것과 같이 시각 버퍼에 떠올린 이미지를 목표 개념의 상황에 맞게 인위적으로 변형하는 것으로 나타났다. 이는 상상 심상을 활용하여 만든 비유의 대부분(88.9%)이 주변의 사물이나 상황을 사용하되 목표물에 맞게 의도적으로 재구성한 작위적 비유³¹인 것과 연관 지어 해석할 수 있다. 즉, 상상 심상을 활용한 학생들은 자신이 일상적으로 경험한 이미지를 그대로 가져오는 것이 아니라 인위적으로 생성한 이미지를 목표 개념의 표상과 연결지어보고 그에 맞게 지속적으로 변형시키는 것으로 볼 수 있다. 이 경우, 학생들이 장기기억에 저장된 정보들을

주체적으로 선택하여 재구성함으로써 기존 지식이나 경험을 바탕으로 한 많은 정보들을 종합적으로 고려³²하는 과정을 거치지 않을 가능성이 높다. 추상적이고 친숙하지 않은 개념을 보다 친숙한 상황을 통해 구체화하는 것이 비유 사용의 중요한 목적임을 고려할 때, 과학영재들이 인위적인 비유 소재를 목표 개념에 맞게 변형시키기보다는 자신의 지식과 경험으로부터 이미지를 산출하고 조합할 수 있도록 구체적으로 안내할 필요가 있다.

이미지 표현 과정에서 과학영재들은 비유물의 표상을 Write/Draw 모듈을 사용하여 표현하였다(Fig. 3.(a)). 상상 심상을 활용하여 비유를 만든 경우에 글과 그림을 모두 사용한 비율이 높았던 것은(88.9%), 학생들이 비유물의 표상을 생성하기 위해 떠올린 이미지를 지속적으로 변형시켜 나가는 과정을 거치므로 이미지를 보다 구체적으로 정리하여 표현할 필요가 있었기 때문일 수 있다.

비유 정교화 단계에서의 심상적 정보처리 과정은 기억 심상을 활용하여 비유를 만든 경우와 유사했으나, 상상 심상을 활용한 과학영재들이 Translate 모듈을 활용하여 이미지를 변형시키는 비율이 더 높았다(Fig. 3.(b)).

결론 및 제언

이 연구에서는 중학교 1학년 과학영재들의 비유 만들기 의 각 단계에서 나타나는 심상적 사고의 특성을 심상적 정보처리 과정의 측면에서 분석하고, 과학영재들이 비

유를 만들 때 활용한 심상의 유형에 따른 심상적 정보처리 모델을 제안하였다.

연구 결과, 대다수의 과학영재들은 자신의 기존 지식이나 과거에 직·간접적으로 학습했던 경험을 바탕으로 심상을 생성하여 비유 만들기에 활용하는 것으로 나타났다. 비유 만들기의 단계 중 비유 생성 단계에서는 이미지 산출, 이미지 조작, 이미지 표현의 심상적 정보처리 과정이 나타났다. 비유 정교화 단계에서는 이미지 산출, 이미지 표현의 심상적 정보처리 과정이 나타났다. 또한, 비유 만들기에서 활용한 심상의 유형에 따라 과학영재들이 거치는 심상적 정보처리 과정에 차이가 있었다. 우선 시각 심상을 활용하는 경우에는 구체적인 대상을 보고 Load 모듈을 사용하여 즉각적으로 시각 버퍼에 이미지를 산출하며, 이미지 조작 과정에서 Find 모듈을 사용하지 않는 것으로 나타났다. 기억 심상을 활용하는 경우에는 Picture 모듈을 사용하여 장기기억으로부터 이미지를 산출한 후, 시각 버퍼에서 Find 모듈에 의해 활성화된 이미지의 패턴을 검색하는 과정을 거쳐 이미지를 조작하는 경향이 있었다. 상상 심상을 활용하는 경우에는 기억 심상을 활용한 경우와 유사한 심상적 정보처리 과정을 거쳤으나, 이미지 조작 과정에서 Translate 모듈을 통해 이미지를 인위적으로 변형하는 특징이 있었다.

특히, 기억 심상을 활용한 학생들은 시지각에 의존하여 즉흥적으로 비유를 만들거나(시각 심상) 인위적이고 작위적인 비유를 만드는 경우(상상 심상)와 달리, 장기기억에 저장된 자신의 일상적인 경험과 관련된 정보들을 능동적으로 선택하고 재구성하여 이미지를 산출하는 것으로 나타났다. 이는 자신에게 적합하고 친숙하며, 장기기억 내의 많은 정보를 바탕으로 한 비유물을 만드는 데 도움이 될 수 있다. 따라서 심상적 사고를 활용한 비유 만들기 전략의 효과를 높이기 위해서는 비유 생성 단계에서부터 과학영재 학생들이 기억 심상을 활용하도록 명시적으로 강조할 필요가 있다.

이상의 결과로부터 과학영재들이 비유를 만들 때 이미지를 산출하고 조작하여 표현하는 심상적 정보처리 과정을 능동적으로 거치며, 비유 만들기의 각 단계에서 거치는 심상적 사고에 차이가 있음을 알 수 있다. 특히, 비유 생성 단계 및 비유 정교화 단계에서 심상적 사고가 중요한 역할을 하는 것으로 나타난 것은, 심상적 사고를 촉진 시킴으로써 비유 만들기 전략을 효과적으로 활용할 수 있다는 기존의 주장을 실증적으로 뒷받침할 수 있는 의미 있는 결과라 할 수 있다. 또한, 비유 만들기 과정에서 활용한 심상의 유형에 따라 특징적으로 나타나는 심상적 정보처리 과정을 심층적으로 분석하여 심상적 정보처리 모델을 제시한 이 연구의 결과는, 과학영재의 심상적 사

고를 촉진하기 위한 비유 만들기 전략을 효과적으로 활용할 수 있는 방안을 마련하는데 유용한 정보를 제공할 수 있다. 이에 따라 과학영재들의 심상적 사고를 촉진할 수 있는 구체적인 수업 방안으로, 비유 소재를 탐색하는 과정에서 학생들이 단순히 주변 환경으로부터 소재를 찾기보다 자신의 기존 경험으로부터 다양한 형태의 이미지를 떠올릴 수 있도록 안내하는 방법을 들 수 있다. 그리고 머릿속에 떠오른 잠정적인 이미지를 글이나 장면, 동영상, 소리, 동작 등으로 표현하여 떠오른 이미지를 조작하는 과정을 보다 효과적으로 수행할 수 있도록 하는 다양한 활동을 제시할 수 있다. 또한, 정교화 단계를 거쳐 최종 비유물을 표현할 때는 여러 가지 표상을 동시에 활용하여 표현하도록 함으로써 심상적 사고를 적극적으로 활용할 수 있도록 도울 수 있을 것이다.

한편, 비유 만들기에서 과학영재들의 심상적 정보처리 과정을 분석한 이 연구의 결과는, 과학영재들이 비유 만들기에서 거치는 사고과정을 심층적으로 이해할 수 있는 정보를 제공함으로써 비유 만들기과 관련된 추후 연구에 중요한 시사점을 제공할 수 있을 것이다. 즉, 이 연구의 결과를 바탕으로 비유 만들기 과정에서 과학영재들이 거치는 심상적 사고가 실제로 과학영재의 과학적 창의성에 어떠한 영향을 미치는지 심층적으로 조사하여 적용한다면, 과학영재교육 프로그램으로써 비유 만들기 전략을 보다 효과적이고 체계적으로 활용할 수 있을 것이다.

논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임 (2011-0002648).

REFERENCES

1. Renzulli, J. S.; Reis, S. M. *Gifted. Child. Quarterly* **2003**, 39, 7.
2. Betts, G. T. *Roeper Review* **2004**, 26, 190.
3. Kim, J.; Ha, J.; Park, K.; Kang, S. *J. Gifted/Talented Educ.* **2008**, 18, 1.
4. Choi, H. *The Korean Society for the Gifted and Talent* **2003**, 13, 1.
5. Han, K.; Bae, M.; Park, I. *Korean Assoc. Sci. Educ.* **2003**, 23, 21.
6. Sternberg, R. J. *A theory of wisdom, intelligence, and creativity synthesized*; Cambridge University Press: NY, U.S.A., 2003.
7. Sternberg, R. J.; Lubart, R. I. *American psychologist* **1995**, 51, 677.
8. Seung, E. *J. Educational Psychology* **2000**, 14, 219.
9. Lee, S.; Hur, M.; An, J. *Korean J. Biology Educ.* **2005**, 33, 371.
10. Karwowski, M.; Soszynski, M. *Thinking skill and cre-*

- ativity **2008**, *3*, 163.
11. Mayo, J. A. *J. Constructivist Psychology* **2001**, *14*, 187.
 12. Clement, J. *Generation of spontaneous analogies by students solving science problems*; Paper presented at the International Conference on Thinking, 3rd, Honolulu, HI, 1987 (ERIC Document Reproduction Service No. ED 286758).
 13. Kim, Y. Development and application of a teaching strategy using analogy-generating for science-gifted students. Ph.D. Thesis, Seoul National University, Seoul, Korea, 2011.
 14. Kosslyn, S. M.; Thompson, W. L.; Ganis, G. *The case for mental imagery*; Oxford university press: Oxford, U.K., 2006, p 134.
 15. Farah, M. J. *Cognition* **1984**, *18*, 245.
 16. Edens, K. M.; Ellen, P. *School Science and Mathematics* **2003**, *103*, 135.
 17. Jo, J.; Lee, W.; Yeom, N. *The Korean Society for the Study of Elementary Educ.* **2005**, *18*, 75.
 18. Kim, Y.; Moon, S.; Noh, T. *J. Korean Assoc. Sci. Educ.* **2009**, *29*, 861.
 19. Noh, T.; Yang, C.; Kang, H. *J. Korean Elementary Sci. Educ.* **2009**, *28*, 292.
 20. Clement, J. *Cognitive Sci.* **1988**, *12*, 563.
 21. Noh, T.; Yang, C.; Kang, H. *J. Korean Elementary Sci. Educ.* **2010**, *29*, 219.
 22. Kim, Y.; Park, W.; Noh, T. *J. Korean Chem. Soc.* **2010**, *54*, 621.
 23. Kwon, H.; Choi, E.; Noh, T. *J. Korean Chem. Soc.* **2003**, *47*, 265.
 24. Clement, J.; Zietsman, A.; Monaghan, J. *Imagery in science learning in students and experts*; Springer: Dordrecht, Netherlands, 2005, p 169.
 25. Kosslyn, S. M.; Brunn, J.; Cave, K. R.; Wallach, R. W. *Cognition* **1984**, *18*, 195.
 26. Lee, H. *Architectural Institute of Korea* **1997**, *13*, 37.
 27. Hur, H. Study on the concepting method of design being applied a mental image. M. S. Thesis, Kookmin University, Seoul, Korea, 2003.
 28. Clarke, C. B. The impact of self-generated analogies on at-risk students' interest and motivation to learn. Ph.D. Thesis, The Florida State University, FL, U.S.A., 2005.
 29. Riding, R. J.; Watts, M. *Educational Psychology* **1997**, *17*, 179.
 30. Kim, J.; Han, W. *Korean J. Experimental and Cognitive Psychology* **1993**, *5*, 56.
 31. Kwon, H. Status of using analogy and factors influencing conceptual understanding with analogy in chemistry education. Ph.D. Thesis, Seoul National University, Seoul, Korea, 2000.
 32. Cho, J.; Lee, W. *The J. Elementary Educ.* **2005**, *18*, 75.
-