

포화 용액 개념에 대해 초등 과학 영재와 일반 학생들이 만든 비유의 특성과 대응 관계 이해도 및 대응 오류

노태희 · 양찬호 · 강훈식[†]
(서울대학교) · (춘천교육대학교)[†]

Characteristics of Student-Generated Analogies, Mapping Understanding, and Mapping Errors on Saturated Solution of Scientifically-Gifted and General Elementary Students

Noh, Taehee · Yang, Chanho · Kang, Hunsik[†]
(Seoul National University) · (Chuncheon National University of Education)[†]

ABSTRACT

In this study, we investigated the characteristics of the analogies, the mapping understanding, and the mapping errors on saturated solution of scientifically-gifted and general elementary students. Fifth graders ($n=60$) at four scientifically-gifted education institutes in Seoul and/or Gyeonggi province and fifth graders ($n=91$) at three elementary schools in Seoul were selected and assigned to the scientifically-gifted group and the general group respectively. After the students of each group performed the experiment and were taught about the target concept in the first class, they administered the test on the self-generating analogies on the target concept in the second class. The results revealed that the students in the scientifically-gifted group made more analogies, especially verbal/pictorial, structural/functional, enriched, and higher systematic ones, and had deeper understanding of the analogy than those in the general group. The numbers of the shared attributes included in the student-generated analogies and the scores of the mapping understanding of the students in the scientifically-gifted group were significantly higher than those in the general group. The students in the scientifically-gifted group had fewer mapping errors than those in the general group. However, not a few students in the scientifically-gifted group had at least one mapping error. Educational implications of these findings are discussed.

Key words : student-generated analogy, scientifically-gifted, mapping understanding, mapping error

I. 서 론

최근 우리나라에서는 창의적 인재 양성을 통한 국가 경쟁력 제고를 위해 국가적 차원에서 영재 교육을 매우 강조하고 있다(권치순, 2005). 실례로, 한국학술진흥재단이나 한국과학재단 등을 통해 과학 영재 교육을 위한 프로그램 개발에 지속적으로 국

가적인 지원을 하고 있다(예: 강성주, 2007; 박종원, 2007). 과학 영재는 평균 이상의 지능을 지니며 일반 학생에 비해 과학 분야에 대한 과제 집착력, 흥미, 호기심이 높고, 창의성이 뛰어나므로, 과학 영재 교육 프로그램은 일반 학생들을 대상으로 하는 교육 프로그램과는 변별될 수 있는 특성을 지녀야 한다(박경희와 서혜애, 2005).

이 논문은 2008년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2008-332-B00383).

2009.4.23(접수), 2009.6.3(1심통과), 2009.6.12(2심통과), 2009.6.18(최종통과)

E-mail: kanghs@cnu.ac.kr(강훈식)

일반적으로 영재성의 본질을 바로 이해하는데 있어서 창의성은 매우 중요한 역할을 하며(권치순, 2005; 신지은 등, 2002), 특히 최근에는 창의성의 영역 특수성에 대한 관심이 높아지면서 과학적 창의성을 정의하려는 시도가 다각도로 이루어져 왔다(박성익 등, 2006; 박종원, 2004). 예를 들어, 박종원(2004)은 여러 연구들의 주장을 종합하여 발산적 사고, 수렴적 사고, 연관적 사고 등을 포함한 창의적 사고, 관찰, 문제 인식, 가설 설정 등을 포함한 과학적 탐구 기술 및 물리학, 화학 등과 같은 과학 내용의 세 가지 요소로 구성된 인지적 측면에서의 과학적 창의성을 제안했다. 따라서 과학 영재 교육 프로그램은 창의적 사고뿐만 아니라 과학적 탐구 기술이나 과학 내용의 측면을 균형 있게 포함하는 과학적 창의성을 신장시키는 데 중점을 둘 필요가 있다. 특히, 과학적 창의성이나 탐구력 등의 고차원적 사고력은 어렸을 때부터 꾸준히 연습하고 훈련하면 이후 과학 학습에도 긍정적인 영향을 미칠 수 있으므로, 초등교육에서 그 중요성은 더욱 크다고 할 수 있다.

그럼에도 불구하고, 현재 이루어지고 있는 과학 영재 교육은 과학적 창의성 신장보다는 선행 학습이나 심화 학습에 치우치는 경향이 강하며(서혜애와 이운호, 2003; 박지영 등, 2005), 아직까지 과학 영재 교육에서 활용 가능한 교수-학습 전략이나 모형, 구체적인 교수-학습 자료들은 매우 부족하고 그 분야도 매우 제한적인 실정이다(이봉우 등, 2008). 또한, 일선에서 과학 영재 교육을 담당할 잠재력 있는 교사들을 훈련시키기 위한 과학 영재 교육 교사 연수는 기간이 비교적 짧고, 연수 내용도 비체계적이고 제한적으로 구성되어 있는 경우가 많다(김득호 등, 2009; 서혜애와 이운호, 2003). 이로 인해 초등 과학 영재 교육 교사 연수를 통해 배출된 교사들도 과학 영재들을 그들의 특성에 맞게 지도하는데 어려움을 겪고 있다(최선영, 2007). 따라서 초등 과학 영재 교육에서 활용할 구체적인 교수 전략이나 모형, 교수-학습 자료들을 개발하여 보급하는 일은 현 시점에서 매우 중요한 일이다.

이런 측면에서 볼 때, 과학 영재 교육에서 활용 가능한 교수-학습 전략으로 학생들이 자신의 사전 경험이나 지식을 사용하여 과학 개념을 설명할 수 있는 비유물을 직접 만들어보는 비유 만들기 활동(Wong, 1993)을 고려해볼 수 있다. 학생들은 목표물

에 대응되는 비유물을 가능한 많이 만들고 목표물과 비유물의 유사점과 차이점을 분석하는 과정 등을 통해 창의적 사고를 활용할 수 있다. 또한, 목표물의 속성을 파악하고 이에 적합한 비유 상황을 선정하기 위해 일상생활에서 이와 유사한 현상을 관찰하거나 찾아내고, 자신이 만든 비유물의 적합성 및 유용성을 평가하여 가장 적합한 비유물을 선택하는 과정 등을 통해 과학적 탐구 기술을 활용할 수 있다. 또한, 과학 학습에서 목표물은 과학 지식이므로, 목표물의 속성에 잘 대응되는 비유물을 만드는 과정에서 과학 내용의 이해 수준을 점검할 수 있다. 즉, 비유 만들기 활동은 창의적 사고와 과학적 탐구 기술, 과학 내용 등의 측면을 종합적으로 포함하고 있으므로(권혁순, 2000; Lin et al., 1996), 학생들의 과학적 창의성을 신장시키는데 효과적일 가능성이 있다. 실제로 비유 만들기 활동은 과학 지식을 이해하고 회상하는데 도움이 될 뿐만 아니라, 창의력, 비판적 사고력, 문제 해결력 등의 고차원적 사고력을 신장시키는데 효과적일 수 있다고 주장되고 있다(김경순 등, 2008; 최선영 등, 2006; Glynn, 1996; Middleton, 1991). 따라서 비유 만들기 활동은 일반 초등학생들 뿐만 아니라 과학 영재들의 과학적 창의성 신장을 위한 교수-학습 전략으로 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

그러나 비유 만들기 활동과 관련된 선행 연구들은 많지 않으며, 일부 진행된 연구들도 주로 중등학생이나 대학생들을 대상으로 물질의 세 가지 상태, 반응 속도, 분자의 운동, 세포, 유전, 전류, 기압, 산화와 환원 등과 같은 특정 개념에 대해 학생들이 만든 비유의 유형을 분류(권혁순 등, 2003; 김경순 등, 2008; BouJaoude & Tamim, 2000)하거나 비유 만들기 활동을 적용한 수업의 효과를 조사(김경순 등, 2006; 김동렬, 2008; Glynn, 1996)하는 연구에 제한되어 있다. 즉, 지금까지 비유 만들기 활동을 초등 과학교육에 적용한 경우는 매우 적으며(최선영 등, 2006), 특히 초등 과학 영재 교육에 적용한 경우는 거의 없다. 이로 인해 비유 만들기 활동이 초등 과학교육이나 과학 영재 교육에 적용 가능한지, 어떻게 적용하는 것이 효과적인지 등에 대한 정보가 매우 부족한 실정이다. 따라서 초등 과학교육 특히 과학 영재 교육에서 비유 만들기 활동의 적용 가능성을 탐색하고 효과적인 적용을 위한 구체적인 방안을 모색하기 위해서는 먼저 초등 과학 영재와 일반 학생들이

만든 비유에 어떤 차이가 있는지를 조사할 필요가 있다.

이에 이 연구에서는 초등 과학 영재와 일반 학생들이 만든 비유의 특성과 대응 관계 이해도 및 대응 오류를 조사하여 비교했다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 대상

서울특별시 지역교육청의 3개 과학영재교육원과 경기도 소재 1개 종합대학의 과학영재교육원에 소속된 5학년 학생 60명을 과학 영재 집단으로, 서울특별시 소재 3개 초등학교의 5학년 학생 91명을 일반 집단으로 선정했다. 과학 영재 집단 학생들의 선발 과정을 자세히 살펴보면, 서울특별시 지역교육청의 3개 과학영재교육원의 경우 학교장 추천을 통해 1차 선발하고, 한국교육개발원에서 개발한 영재성 검사를 통해 2차 선발한다. 그 후, 과학 창의적 문제 해결 검사와 심층 면접을 통해 최종 교육 대상자를 선발하며, 선발 인원은 4, 5, 6학년별로 각각 20명씩이다. 경기도 소재 1개 종합대학의 과학영재교육원의 경우에는 경기도내 일선 교사 중 전국 규모 시험 문제 출제 경험이 있는 교사가 출제한 시험을 통해 1차 선발하고, 과학영재교육원에서 자체적으로 개발한 과학 창의성 검사를 통해 2차로 선발한다. 그 후, 과학 창의성 검사의 성적과 학교생활기록부, 자기소개서, 교사 추천서 등의 서류 심사를 거쳐 최종 교육 대상자를 선발하며, 선발 인원은 3, 4, 5학년을 합쳐 15명 내외이다.

2. 연구 절차

초등학교 과학과 교육과정에서는 물질의 입자성 개념을 직접적으로 다루고 있지 않다. 그러나 물질의 입자성은 화학 개념이나 현상을 이해하는데 핵심적인 요소이고(Treagust et al., 2003), 초등학생들도 나름대로의 물질관을 지니고 있는 것으로 보고되고 있으므로(조양숙 등, 1996), 학생들이 초등학교 과정에서부터 물질의 입자성 측면에 대해 고려해볼 수 있는 기회를 제공하는 것이 필요하다. 이에 초등학교 과학 교과서에서 직접적으로 물질의 입자성을 다루지는 않지만 이 개념의 속성을 포함하고 있는 포화 용액 개념을 목표 개념으로 선정했다. 이

개념은 초등학교 3학년 '여러 가지 가루 녹이기'와 5학년 '용해와 용액', '용액의 진하기' 단원에서 다루고 있으나, '포화'와 '불포화'라는 용어가 직접 제시되지는 않으며, 이 연구에 참여한 학생들은 이 개념에 대해 이미 학습한 상태다. 이 점을 고려하여 목표 개념을 "특정 온도에서 일정한 양의 물에 소금을 계속 넣으면서 저으면 어느 순간부터는 소금이 물에 더 이상 녹지 않고 바닥에 가라앉는데, 그 이유는 물에 녹을 수 있는 소금의 양이 정해져 있기 때문이다."와 같이 초등학교 5학년 학생들이 이해할 수 있는 수준으로 제시했다.

비유 만들기 검사는 2차시 동안 실시했는데, 1차시에는 목표 개념에 대한 실험(30분)과 비유 만들기 활동에 대한 오리엔테이션(10분)을 실시했다. 실험은 학생들이 일정량의 용매에 녹을 수 있는 용질의 양이 일정하며, 용매의 양이 달라지면 녹을 수 있는 용질의 양이 달라진다는 사실을 직접 확인할 수 있도록 서로 다른 양의 물에 소금을 더 이상 녹지 않을 때까지 녹여보고 그 질량을 측정하여 비교해 보는 실험으로 구성했다. 오리엔테이션에서는 먼저 학생들에게 비유의 정의에 대해 설명한 후, 그 예로 초등학교 과학 교과서에서 '지층이 쌓이는 순서'를 설명하기 위해 사용된 '샌드위치 비유'를 제시했다. 또한, 이 비유 외에 다양한 비유가 사용될 수 있음을 예를 통해 보여주었으며, 목표물과 비유물의 유사점 및 차이점에 해당하는 점도 설명해 주었다. 2차시에는 비유 만들기 검사를 실시했다. 즉, 학생들이 1차시의 실험을 통해 이미 학습한 개념에 대해 교사가 용매와 용질, 포화 용액과 불포화 용액 등의 용어를 도입하여 설명한 후(10분), 이 개념을 설명할 수 있는 비유를 가능한 여러 개 만들고 그 중 가장 적절하다고 생각하는 비유 1개를 선택하여 비유물과 목표물을 대응시키는 활동(40분)을 하도록 했다. 이 때, 학생들에게는 글이나 그림을 사용하여 가능한 자세하게 표현해야 한다는 점을 강조했고, 다른 학생들과 상의하지 않고 개별적으로 수행하도록 지도했다.

3. 검사 도구

학생들이 만든 비유물의 유형, 비유물과 목표물의 대응 관계 이해도 및 대응 오류를 조사하기 위해, 선행 연구(김경순 등, 2008)를 참고하여 포화 용액 개념에 대한 비유 만들기 검사를 개발했다. 즉,

제시된 목표 개념을 설명할 수 있는 비유를 가능한 여러 개 만든 후, 그 중 가장 적절하다고 생각하는 비유 1개를 선택하여, 선택한 비유물의 속성들과 검사지에 제시된 목표 개념의 속성들 중 서로 관련이 있는 비슷한 점(공유 속성)과 관련은 있지만 다른 점(비공유 속성)을 각각 찾아 대응시키고, 그 이유를 서술하도록 구성했다. 이렇게 개발한 검사지는 연구 대상이 아닌 학생들을 대상으로 실시한 예비 연구와 과학교육 전문가 3인과 현직 교사 3인의 수차례에 걸친 검토를 통해 수정·보완했다. 최종 검사지를 부록에 제시했다.

4. 분석 방법

학생들이 만든 비유의 개수는 항목별 빈도와 백분율(%)로 분석했으며, 이때 “물에 코코아 가루를 녹이다 보면 더 이상 녹지 않고 바닥에 가라앉는다.”와 같이 비유가 아니라 목표 개념과 관련된 과학적 현상의 또 다른 예를 제시하거나 해석이 불가능한 내용을 기술한 경우는 분석에서 제외했다.

학생들이 만든 비유의 유형은 선행 연구(김경순 등, 2008)의 분석틀에 기초하여 표현 방식, 공유 속성, 상황의 작위성, 추상도, 대응 정도, 체계성 측면에서 분류했다. 즉, ‘표현 방식’ 측면에서는 글로 표현했는지, 그림으로 표현했는지, 글과 그림으로 표현했는지에 따라 글 비유, 그림 비유, 글/그림 비유로 분류했다. ‘공유 속성’ 측면에서는 비유와 목표 개념의 속성이 외적 또는 내적인 모양, 크기, 색깔 등의 구조적인 측면을 공유하고 있는지, 기능이나 행동적인 성질 등의 측면을 공유하고 있는지에 따라 구조적 비유, 기능적 비유, 구조적/기능적 비유로 분류했다. ‘상황의 작위성’ 측면에서는 일상적으로 흔히 볼 수 있는 사물이나 상황을 그대로 비유의 소재로 사용했는지, 목표물에 맞게 의도적으로 구성했는지에 따라 일상적 비유와 작위적 비유로, ‘추상도’ 측면에서는 감각을 통해 직접 관찰할 수 있는 소재를 사용했는지에 따라 구체적 비유와 추상적 비유로 분류했다. ‘대응 정도’ 측면에서는 부연 설명 없이 단순히 비유물이 목표물과 비슷하다고만 언급한 경우를 단순 비유, 공유 속성에 대한 부연 설명이나 비유의 제한점에 대해 설명한 경우를 부연 비유로 분류했다. ‘체계성’ 측면에서는 비유물이 목표물의 인과 관계에 대응되는 구조를 체계적으로 포함하는지에 따라 저체계성 비유와 고체계성 비유

로 분류했다.

예를 들어, 그림 1의 왼쪽에 제시된 비유는 글과 그림을 모두 사용한 글/그림 비유다. 또한, 필통에 학용품이 가득 차면 더 들어갈 수 없다는 것이 용질이 용매에 어느 정도 녹으면 더 녹을 수 없다는 기능적인 측면에, 각각의 학용품이 필통 안에 쌓여 있는 모습이 용질 입자가 용매에 분포하고 있는 구조적인 측면에 대응되므로 구조적/기능적 비유다. 필통에 학용품이 채워지는 상황과 같이 학교에서 쉽게 접할 수 있는 일상적인 상황을 소재로 사용했으므로 일상적 비유, 감각을 통해 직접적인 관찰이 가능한 학용품을 소재로 사용했으므로 구체적 비유에 해당된다. 가득 찬 필통과 가득 차지 않은 필통을 각각 포화 용액과 불포화 용액에 비유한 뒤 학용품을 더 넣을 수 있는지 여부에 대해 부연하여 설명했으므로 부연 비유, 용질이 용매에 녹을 수 있는 양이 정해져 있어서 어느 정도 녹으면 더 이상 녹을 수 없다는 목표물의 인과 관계를 학용품이 필통에 가득 차면 더 이상 넣을 수 없다고 하는 것과 같이 체계적으로 표현하고 있으므로 고체계성 비유에 해당된다.

한편, 오른쪽에 제시된 비유는 그림만을 사용한 그림 비유다. 또한, 컵에 물이 가득 차서 더 이상 담을 수 없다는 것이 용질이 용매에 녹을 수 있는 양이 정해져 있다는 기능적인 측면에 대응되는 기능적 비유다. 컵에 물을 담는 상황과 같은 일상적인 상황을 소재로 사용했으므로 일상적 비유, 직접적인 관찰이 가능한 컵을 소재로 사용했으므로 구체적 비유에 해당된다. 부가적인 설명 없이 단순히 물이 가득 찬 컵과 가득 차지 않은 컵을 각각 포화 용액과 불포화 용액에 비유했으므로 단순 비유, 목표물의 인과 관계에 대한 체계적인 표현이 드러나 있지 않으므로 저체계성 비유로 분류할 수 있다.

비유물과 목표물 사이의 대응 관계 이해도와 대응 오류의 유형은 자신이 만든 여러 개의 비유 중 올바른 비유를 선택한 학생들만을 대상으로 분석했다. 비유물과 목표물의 대응 관계 이해도는 공유 속성과 비공유 속성을 모두 고려하여 채점했다. 즉, 공유 속성의 경우, 검사지에 제시된 목표물의 속성이 학생들이 만든 비유물에 포함되어 있으면 속성 1개당 1점으로 채점하고, 이 속성을 목표물의 속성에 올바르게 대응시킨 경우에는 1점을 더하여 각 속성 당 2점 만점으로 채점했다. 비공유 속성의 경우에는 학생들이 만든 비유에 따라 비공유 속성의

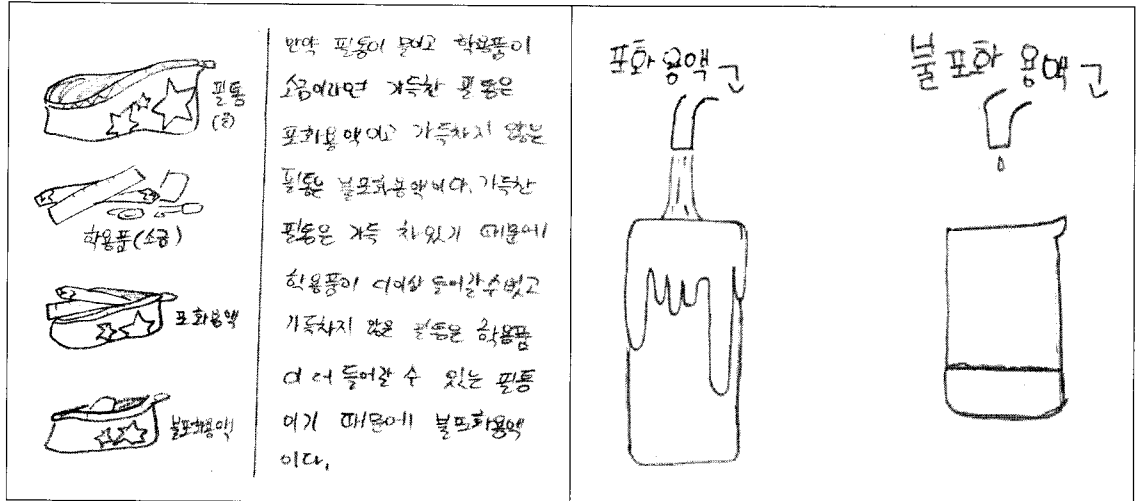


그림 1. 학생이 만든 비유의 예

수와 종류가 다를 수 있으므로, 학생들의 응답을 예비 분석하여 비공유 속성을 분류했다. 그 결과, '온도 변화에 따른 용해도' 개념과 관련된 속성만이 비공유 속성으로 나타나, 학생이 만든 비유물에 이 비공유 속성이 존재하지 않거나, 이 비공유 속성을 목표물과 비유물의 차이점으로 인식한 경우는 2점, 그렇지 않은 경우에는 0점으로 채점했다. 결과적으로, 공유 속성(6개)에 대한 12점과 비공유 속성(1개)에 대한 2점을 합해 총 14점 만점으로 채점했다.

비유 만들기 검사에서 나타난 학생들의 대응 오류 유형은 선행 연구(김경순 등, 2008)에서 사용한 분류틀에 기초하여 분류했다. 즉, 비유물의 표면적인 비공유 속성을 목표물에 대응시키는 '과잉 대응', 서로 대응되는 공유 속성들을 대응시키지 않는 '대응 불이행', 비유물과 목표물의 공유 속성들 중 대응되지 않는 속성들끼리 대응시키는 '부적절한 대응', 비유물과 목표물의 공유 속성을 대응시켰으나 비유물의 속성을 그대로 사용하여 목표물을 설명하는 '비유물 속성 보유', 목표물의 주요 속성이 비유물에 존재하지 않아 학생들이 나름대로 대응시키는 '불가능한 대응', 비유물만의 비공유 속성을 목표물의 속성 중 아무 것에나 대응시키는 '무분별한 대응', 비유물과 목표물의 공유 속성의 관계를 학생 자신의 경험이나 편견에 의해 인위적으로 변형, 해석하여 잘못 대응시키는 '인위적 대응'으로 분류했다.

분석의 신뢰도를 높이기 위해 일부 학생의 검사지를 무작위로 추출하여 연구자 2인이 각자 독립적

으로 분석했다. 이렇게 분석한 결과에 대해 연구자 간의 논의를 반복하여 분석자간 일치도가 90% 이상에 도달한 후, 연구자 중 1인이 모든 답안지를 분석했다. 학생들이 만든 비유의 유형 및 대응 오류 유형은 빈도 및 백분율(%)로 분석했으며, 과학 영재 집단과 일반 집단의 비유에 포함된 공유 속성의 수와 대응 관계 이해도 점수의 차이를 통계적으로 검증하기 위해 각각에 대한 독립표본 t-검증을 실시했다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 비유의 개수에 대한 결과

초등 과학 영재와 일반 학생들이 만든 비유의 개수를 분석한 결과를 표 1에 제시했다. 과학 영재 학생의 대부분(93.3%)과 일반 학생들의 절반 정도(52.8%)가 1개 이상의 비유를 만들었으며, 특히 3개 이상의 비유를 만든 학생의 비율은 과학 영재 집단(61.6%)이 일반 집단(20.9%)보다 40% 가량 높았다. 즉, 과학 영재 학생들이 일반 학생들보다 더 많은 수의 비유를 만들었음을 알 수 있다. 이는 일반 학생들보다 과학 영재 학생들이 비유를 만드는 과정에서 요구되는 배경 지식이나 경험이 더 풍부하기 때문인 것으로 보인다. 또한, 과학 영재 학생들이 발산적 사고의 하위 요소 중, 특정한 주제에 대해 다양하고 많은 생각과 반응을 할 수 있는 능력인 유창성과 융통성 측면에서 더 뛰어나기 때문(신지은 등, 2002)일 수 있다.

표 1. 만든 비유의 개수별 학생 빈도(%)

만든 비유 개수	일반 집단 (n=91)	과학 영재 집단 (n=60)
0개	43(47.2)	4(6.7)
1개	15(16.5)	9(15.0)
2개	14(15.4)	10(16.7)
3개	12(13.2)	20(33.3)
4개 이상	7(7.7)	17(28.3)

2. 비유의 유형에 대한 결과

비유의 유형에 대한 분석 결과는 표 2와 같다. ‘표현 방식’에 따라 분류한 결과, 두 집단 모두 글과 그림을 함께 사용하여 비유를 표현한 경우가 가장 많았고, 그 비율은 일반 집단(42.1%)보다 과학 영재 집단(57.6%)에서 약간 더 높았다. 글과 같은 언어적 체계와 그림과 같은 시각적 체계가 함께 제시될 때 학습 효과가 크다는 다중 표상 학습 이론(Mayer, 2003)의 관점에서 볼 때, 글과 그림을 함께 사용한 비유가 많았던 결과는 비교적 바람직하다고 할 수 있다. 특히, 일반 학생들에 비해 다양한 정보를 동시에 처리하는 능력을 많이 지닌 과학 영재 학생들(김선희 등, 2005)이 언어적 체계와 시각적 체계를 통합시켜 이해하려는 경향이 높아, 글과 그림 모두를 사용하여 비유를 보다 자세하게 표현한 경우가 더 많았던 것으로 보인다.

‘공유 속성’ 측면에서는 두 집단 모두에서 기능적 비유가 가장 많았으며, 특히 과학 영재 집단(61.4%)보다 일반 집단(85.0%)에서의 비율이 더 높았다. 예를 들어, 일반 학생들은 용질이 용매에 녹을 수 있는 양이 정해져 있다는 점을 설명하기 위해 “크기가 일정한 컵에 물이 꽉 차면 더 이상 물을 넣을 수 없다.”는 형태의 기능적 비유를 만드는 경우가 많았다. 반면, 목표물에서의 용매나 용질 입자의 분포 등과 같은 구조적 속성만을 포함한 비유는 두 집단에서 모두 나타나지 않았다. 그러나 “버스에 사람이 한두 명씩 타다가 가득 차는 상황을 소재로 사용하고 사람을 용질 입자로 표현”하는 것과 같이 구조적 속성과 기능적 속성을 모두 고려한 비유는 일반 집단(15.0%)보다 과학 영재 집단(38.6%)에서 더 많이 나타났다. 이런 결과는 초등학교에서 물질의 입자성에 대해 다루고 있지 않음에도 일반 학생들보다 과학 영재 학생들이 화학 현상을 입자적 관점을

고려하여 해석하려는 경향이 더 높음을 의미한다. 이는 일반 학생들보다 과학 영재 학생들이 물질의 입자성에 대한 관점을 보다 많이 지니고 있기 때문으로 볼 수 있다. 심화와 속진이 영재 교육의 일반적인 특성임을 고려할 때(Schiever & Maker, 2003), 과학 영재 집단의 학생들이 선행 학습을 통해 물질의 입자성에 대해 미리 학습했을 가능성을 배제할 수 없다. 이 점을 고려하더라도 과학 영재의 38.6%가 물질의 입자성을 고려할 수 있었다는 점은 이 개념이 초등학교 교과 과정 외의 개념이라 할지라도 초등 과학 영재 교육에서 심화 개념으로 충분히 다루어질 수 있음을 시사한다.

‘상황의 작위성’에 따라 분류한 결과, 두 집단 모두에서 대다수의 학생들이 일상적 비유를 만드는 것으로 나타났다(일반 집단 87.9%, 과학 영재 집단 83.5%). 예를 들어, 탈 수 있는 사람의 수가 정해져 있는 놀이 기구에 사람들이 어느 정도 타면 더 이상 탈 수 없게 되는 상황이나 필통에 필기구를 넣다가 필통이 가득 차면 더 이상 넣을 수 없는 상황 등과 같이 친숙한 소재나 상황에 비유하는 경우가 많았다. ‘추상도’ 측면에서도 두 집단 모두에서 필통, 놀이기구, 풍선 등과 같은 구체적인 소재를 사용한 비유가 대부분이었고(일반 집단 85.0%, 과학 영재 집단 91.1%), 소수의 학생들은 컴퓨터 하드디스크의 용량이나 USB의 메모리 등과 같은 추상적인 소재를 사용하여 비유를 만들기도 했다. 이는 초등학교 학생들이 구체적인 정보에 의존하는 경향이 강하고(정대균 등, 2007), 비유에 대한 오리엔테이션을 통해 과학 영재뿐만 아니라 일반 학생들도 과학교육에서 비유가 사용되는 중요한 목적 중 하나가 추상적인 과학 개념을 보다 친숙한 상황으로 구체화시켜 과학 개념 이해를 돕기 위함(권혁순, 2000)임을 비교적 잘 인식했기 때문일 수 있다.

‘대응 정도’ 측면의 경우, 일반 집단에서는 단순 비유(59.8%)가, 과학 영재 집단에서는 부연 비유(60.8%)가 더 많이 나타났다. 즉, 일반 학생들보다 과학 영재 학생들이 목표물과 비유물의 공유 속성을 연결시켜 보다 구체적으로 설명하는 경향이 있었다. 예를 들어, 포화 용액을 방에 사람들이 들어가는 상황에 비유하고, “포화 용액은 사람이 가득 찬 방과 같은데, 방에 사람이 가득 차 있기 때문에 사람들이 더 이상 들어갈 수 없다.”는 식의 부연 설명을 하는 경우가 많았다. 이는 일반 학생들보다 과학 영재 학

표 2. 학생들이 만든 비유의 유형별 빈도(%)¹

		일반 집단	과학 영재 집단
표현 방식	글	33(30.8)	43(27.2)
	그림	29(27.1)	24(15.2)
	글/그림	45(42.1)	91(57.6)
공유 속성	구조적	-	-
	기능적	91(85.0)	97(61.4)
	구조적/기능적	16(15.0)	61(38.6)
상황의 작위성	작위적	13(12.1)	26(16.5)
	일상적	94(87.9)	132(83.5)
추상도	추상적	16(15.0)	14(8.9)
	구체적	91(85.0)	144(91.1)
대응 정도	단순	64(59.8)	62(39.2)
	부연	43(40.2)	96(60.8)
체계성	저체계성	71(66.4)	56(35.4)
	고체계성	36(33.6)	102(64.6)

¹각 집단에서 만든 총 비유 수(일반 107개, 과학 영재 158개)에 대한 비율임.

생들이 발산적 사고의 하위 요소 중, 생각이나 산물을 가능한 구체적이고 자세하게 표현하는 능력인 정교성의 측면에서 더 뛰어나기 때문(심재영 등, 2005)인 것으로 해석할 수 있다.

‘체계성’에 따른 분류에서는 과학 영재 학생들(64.6%)이 일반 학생들(33.6%)보다 목표물의 인과관계에 대응되는 구조를 체계적으로 포함하고 있는 고체계성 비유를 더 많이 만들었다. 즉, “영화관에는 앉을 수 있는 자리의 수가 정해져 있으므로, 사람들이 모든 자리에 앉으면 더 이상 들어와 앉을 수 없다.”는 것과 같은 고체계성 비유가 더 많았다. 이는 일반 학생들보다 과학 영재 학생들이 목표 개념에 내재된 관계들에 대한 이해 수준이 높아 그와 유사한 관계를 공유하는 더 체계적인 비유를 만들 수 있었던 것으로 해석할 수 있다(Goswami, 1992). 또한, 별개로 보이는 두 영역을 서로 연관시켜 기존 영역에서 알려진 법칙과 특징들을 새로운 영역에 도입하는 능력이 연관적 사고의 측면에서 보다 뛰어난 과학 영재 학생(이수진, 2007)들이 목표 개념과 비유물의 구조적이고 인과적인 관계를 더 잘 이해할 수 있었기 때문으로 보인다.

일반적으로 좋은 비유의 조건으로는 글과 그림을 함께 사용하고(글/그림), 학생들에게 친숙하고(일상적), 쉽게 가시화시킬 수 있으며(구체적), 비유 영역과 목표 영역 간의 대응 관계가 명확하게 드러나고(부연), 대응된 관계가 고차원적 구조를 형성해야 한다(고체계성)는 점이 제안된다(English & Halford, 1995; Thiele *et al.*, 1995). 따라서 비유의 유형에 대한 이 연구의 결과는 과학 영재 학생들이 일반 학생들보다 ‘표현 방식’과 ‘대응 정도’, ‘체계성’ 측면에서 더 좋은 비유를 만들었음을 의미한다고 할 수 있다.

3. 대응 관계 이해도에 대한 결과

자신이 만든 여러 개의 비유 중 가장 적절한 비유를 선택하라는 항목에 대해, 비유가 아닌 것을 선택한 비율은 과학 영재 집단(15명, 25.0%)보다 일반 집단(66명, 72.5%)에서 훨씬 높았다. 이는 일반 학생들이 목표 개념에 대한 예와 비유를 혼동하거나, 적절한 비유를 만든 경우에도 그런 비유를 좋은 비유로 인식하지 못하는 반면에, 과학 영재 학생들은 비유 자체의 정의나 특성에 대한 이해도가 높아 좋은 비유에 대해 더 잘 인식하는 경향이 있기 때문으로 해석된다.

올바른 비유를 선택한 학생들에 한해, 학생들이 만든 비유에 포함된 공유 속성의 수와 대응 관계 이해도 점수에 대한 독립표본 *t*-검증 결과를 표 3에 제시했다. 과학 영재 집단이 일반 집단보다 공유 속성의 수와 대응 관계 이해도 점수의 평균이 모두 높았으며, 그 차이가 모두 통계적으로 유의미했다($p < .05$). 즉, 과학 영재 학생들이 일반 학생들보다 더 많은 공유 속성을 지닌 비유를 만들었을 뿐만 아니라 비유의 속성들을 목표 개념의 속성들과 잘 대응시켰음을 알 수 있다. 이는 일반 학생들보다 과학 영재 학생들이 논리적 사고력, 창의력, 비유 추론 능력, 과학적 탐구력 등의 고차원적 사고 능력뿐만 아니라 과학 지식 등과 같이 비유 만들기 과정에서 요구되는 여러 능력(권혁순, 2000; Lin *et al.*, 1996)들을 보다 많이 지니고 있었기 때문일 가능성이 크다.

4. 대응 오류 유형에 대한 결과

표 4는 학생들이 자신이 만든 비유물과 목표물의 속성들을 대응시키는 과정에서 범한 오류 유형에 대한 분석 결과다. 선행 연구(김경순 등, 2008)에서

표 3. 공유 속성의 수와 대응 관계 이해도 점수에 대한 독립표본 t-검증 결과

	일반 집단(n=25 ³)		과학 영재 집단(n=45 ³)		t	p
	M	SD	M	SD		
공유 속성의 수 ¹	4.00	1.15	4.82	.65	3.283	.002
대응 관계 이해도 ²	5.92	1.73	8.42	2.19	4.919	.000

¹최대 6개, ²14점 만점, ³올바른 비유를 선택한 학생들의 빈도.

와는 달리 ‘과잉 대응’과 ‘비유물 속성 보유’ 오류 유형은 나타나지 않았고, ‘대응 불이행’, ‘부적절한 대응’, ‘불가능한 대응’, ‘무분별한 대응’, ‘인위적 대응’의 5가지 대응 오류 유형만이 나타났다. 적어도 한번 이상의 대응 오류를 범한 학생의 비율을 보면, 일반 학생들의 경우에는 92.0%였으며, 과학 영재 학생들의 경우에는 이보다는 약간 적었으나 73.3%로 높은 편이었다. 이는 상대적으로 연관적 사고나 논리적 사고력 등과 같은 능력이 뛰어난 과학 영재 학생(신지은 등, 2002; 심재영 등, 2005; 윤초희와 김홍원, 2004)들이 목표 개념과 대응되는 비유의 속성들을 더 잘 찾아내어 관련지었기 때문인 것으로 해석된다. 그러나 과학 영재 학생들의 상당수가 한번 이상의 대응 오류를 범한 결과를 통해 과학 영재 학생들에게도 목표물과 비유물을 대응시키는 과정은 어려운 과정임을 알 수 있었다. 따라서 비유 만들기 활동을 과학 영재 및 일반 학생들을 위한 과학 수업에서 효과적으로 활용하기 위해서는 목표물과 비유물 간의 올바른 대응 과정을 유도할 수 있는 구체적인 방법을 모색할 필요가 있다.

대응 오류 유형별로 살펴보면, 서로 대응되는 공유 속성들을 대응시키지 않는 ‘대응 불이행’ 오류

유형이 두 집단 모두에서 가장 많이 나타났다(일반 92.0%, 과학 영재 64.4%). 즉, 일반 학생들뿐만 아니라 과학 영재 학생들도 자신들이 직접 비유를 만들었음에도 추상적인 과학 개념의 속성들과 자신이 만든 비유의 속성들 중 대응되는 속성들을 찾아내어 서로 관련짓는 것에 어려움이 있었음을 알 수 있다. 그러나 과학 영재 학생들은 일반 학생들보다 이 오류를 더 적게 범했는데, 이는 과학 영재 학생들이 목표 개념에 대한 이해가 더 높을 뿐만 아니라 자료들을 수렴적으로 통합하여 하나의 전체적인 형태나 구조로 만들어 내는 능력인 수렴적 사고의 측면에서 더 뛰어나기 때문일 가능성이 있다. 즉, 과학 영재 학생들이 목표 개념의 속성들을 더 잘 파악하여 그 속성들의 관계를 보다 체계적으로 구조화함으로써 비유물과 목표물의 속성들을 더 체계적으로 연결시키려 했기 때문으로 보인다.

비유물과 목표물의 공유 속성들 중 대응되지 않는 속성들끼리 대응시키는 ‘부적절한 대응’ 오류 유형을 범한 학생들의 비율은 두 집단에서 유사하게 나타났다(일반 집단 24.0%, 과학 영재 집단 26.7%). 이 오류 유형의 예로는, 포화 용액을 필통에 연필을 넣다가 필통이 가득 차서 더 이상 연필을 넣을 수 없는 상황에 비유했으나, “불포화 용액도 더 되는 것처럼 연필도 더 깎아진다.”고 설명하는 경우가 있었다. 즉, 목표물의 공유 속성인 용질에 대응되는 비유물의 공유 속성인 연필을 필통이 가득 차지 않아 연필을 더 넣을 수 있는 상태에 대응되는 목표물의 공유 속성인 불포화 용액에 잘못 대응시키는 경우가 있었다. 목표 개념에 포함된 속성의 수가 많은 경우 이런 대응 오류가 더 많이 나타나는 경향이 있었던 선행 연구(김경순 등, 2008)의 결과에 비추어 볼 때, 이런 결과는 초등 일반 및 과학 영재 학생들이 다루기에는 목표물의 속성 수가 비교적 많았기 때문에 나타났을 가능성이 있다. 또한, 이 연구에서의 목표 개념이 중등학생들도 이해하기 어려워하는

표 4. 대응 오류를 범한 학생들의 빈도(%)

	일반 집단 (n=25 ¹)	과학 영재 집단 (n=45 ¹)
대응 불이행	23(92.0)	29(64.4)
부적절한 대응	6(24.0)	12(26.7)
불가능한 대응	1(4.0)	10(22.2)
무분별한 대응	-	1(2.2)
인위적 대응	1(4.0)	-
계 ²	23(92.0)	33(73.3)

¹올바른 비유를 선택한 학생들의 빈도.

²한 가지 이상의 대응 오류를 보인 학생들의 빈도(%).

물질의 입자성(유승아 등, 1999)을 포함하고 있어, 이에 대한 이해가 부족한 초등학생들이 목표 개념과 비유의 속성들을 파악하여 관련짓는데 어려움이 있었기 때문일 수도 있다.

목표물의 주요 속성이 비유물에 존재하지 않아 학생들이 나름대로 대응시키는 ‘불가능한 대응’ 오류 유형은 일반 집단(4.0%)에서는 거의 나타나지 않았으나, 과학 영재 집단(22.2%)에서는 적지 않은 수의 학생들이 이런 오류를 범했다. 예를 들어, 포화 용액을 정원이 초과된 엘리베이터에 더 이상 사람들이 탈 수 없는 상황에 비유한 경우, 이 비유에는 목표물의 속성인 ‘온도’에 해당하는 속성이 포함되어 있지 않음에도 온도를 용매의 양에 대응되는 엘리베이터의 크기에 대응시키고 “온도가 높으면 용질을 더 많이 녹일 수 있듯이, 엘리베이터의 크기가 크면 더 많은 사람이 탈 수 있다.”고 설명하는 경우가 있었다. 즉, 목표 개념에서 ‘온도에 따른 용해도’ 개념이 제시되지 않았음에도 불구하고 이 오류를 범한 학생들은 이 개념을 목표 개념의 속성으로 파악하여 대응시킨 것으로 볼 수 있다. 이는 일반 학생들보다 과학 영재 학생들이 사전 지식이 더 풍부하여 오히려 검사지에 제시된 목표 개념의 모든 속성을 무리하게 대응시키려고 했기 때문에 나타난 결과로 생각된다.

비유물만의 비공유 속성을 목표물의 속성 중 아무 것에나 대응시키는 ‘부분별한 대응’과 비유물과 목표물의 공유 속성의 관계를 학생 자신의 경험이나 편견에 의해 인위적으로 변형, 해석하여 잘못 대응시키는 ‘인위적 대응’ 오류 유형은 거의 나타나지 않았다. 이는 학생들이 자신이 직접 만든 비유물을 목표물에 대응시켰으므로, 비공유 속성을 공유 속성으로 인식하거나 속성간의 관계를 오해하여 인위적으로 무리하게 대응시킬 가능성이 적었기 때문이다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 포화 용액 개념에 대해 초등학교 5학년 과학 영재 및 일반 학생들이 만든 비유의 개수와 유형, 대응 관계 이해도 및 대응 오류 유형을 조사하여 비교했다.

연구 결과, 일반 학생들보다 과학 영재 학생들이 더 많은 수의 비유를 만드는 것으로 나타났다. 만든

비유의 유형에서도 차이가 있었는데, 과학 영재 학생들이 글과 그림을 모두 사용하여 표현하는 글/그림 비유, 비유와 목표 개념의 속성이 구조적 속성과 기능적 속성을 모두 공유하는 구조적/기능적 비유, 부연 비유, 목표물의 인과 관계에 대응되는 구조를 체계적으로 포함한 고체계성 비유를 더 많이 만드는 경향이 있었다. 또한, 과학 영재 학생들은 비유에 대한 이해도가 높아 적절한 비유를 선택하는 경우가 더 많았고, 자신이 만든 비유에 대한 대응 관계 이해도가 높아 대응 오류를 범하는 경우도 상대적으로 적었다. 그러나 상당수의 과학 영재 학생들도 한번 이상의 대응 오류를 범했으며, 특히 ‘불가능한 대응’ 오류 유형의 경우에는 일반 학생들보다도 발생 비율이 높았다.

이상의 결과로부터 과학 영재 학생들이 일반 학생들보다 비유 만들기 활동을 더 성공적으로 수행한다는 것을 알 수 있었는데, 이는 과학 영재 학생들이 창의적 사고와 과학적 탐구 기술, 과학 지식 등과 같이 비유 만들기 활동의 성공적인 수행을 위해 필요한 능력이 상대적으로 뛰어나기 때문으로 해석할 수 있다. 따라서 비유 만들기 활동을 초등 과학 영재 학생들을 대상으로 하는 수업에 지속적으로 활용한다면 이 학생들의 과학적 창의성을 신장시키는데 기여할 것으로 기대된다.

특히 최근 과학 영재 교육에 많은 국가적 지원을 하고 있음에도 불구하고 아직까지 초등 과학 영재 교육에서 효과적으로 활용할 만한 실질적인 교수-학습 전략이나 자료들이 충분히 제시되고 있지 못하다는 점에서 볼 때, 이 연구의 결과가 시사하는 바는 크다고 할 수 있다. 즉, 이 연구의 결과는 초등 과학 영재 교육, 나아가 중등 과학 영재 학생들을 위한 과학 수업에서 비유를 효과적으로 사용하는 방법과 이를 위한 구체적인 교수-학습 자료를 개발하는 방향에 대해 실질적인 시사점을 제공할 수 있다. 예를 들어, 과학 영재 학생들과 일반 학생들이 만든 비유의 특성과 대응 관계 이해도 및 대응 오류에 차이가 있었으므로, 비유 만들기 활동을 초, 중등 과학 영재 학생들의 과학적 창의성이나 과학 학습 결과를 평가하는 도구로 활용할 수 있을 것이다. 또한, 비유 만들기 활동을 활용하여 학생들의 과학적 창의성을 신장시키기 위한 교수-학습 전략이나 자료들을 개발하는 과정에서 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다. 뿐만 아니라, 학생들이 만든 비유의

유형과 대응 오류 유형 등에 대한 정보나 좋은 비유의 조건 등과 같이 이 연구를 통해 얻은 정보나 결과들을 교사용 자료에 제시함으로써, 비유 만들기 활동의 활용 시 유발될 수 있는 문제점을 예방하는데 도움을 줄 수도 있을 것이다.

한편, 과학 영재의 특성이 비유 만들기에 영향을 줄 가능성을 확인했으나, 구체적으로 어떤 특성들이 어떻게 영향을 주는지에 대해서는 이 연구의 결과만으로는 알기 어렵다. 또한, 과학 영재 학생들의 상당수가 대응 오류를 범하는 것으로 나타났으나, 그 원인을 심층적으로 밝히는 데에는 한계가 있었다. 따라서 면담이나 관찰 등과 같은 질적 연구 방법들을 통해 학생들이 비유를 만드는 과정, 자신이 만든 비유물과 목표물을 대응시키는 과정 및 이 과정에서 범하는 대응 오류의 원인들과 이에 영향을 주는 학생들의 특성들을 심층적으로 조사할 필요가 있다. 또한, 비유 만들기 활동의 활용 가능성과 효과적인 활용에 대한 보다 심도 있는 논의를 위해서는 보다 다양한 학년과 개념들을 대상으로 한 반복 연구를 수행해야 할 것이다.

참고문헌

- 강성주(2007). 과학자의 연구 형태와 사고과정의 가시화 (Making Thinking Visible)를 반영한 새로운 과학 영재 교수-학습 자료 개발. 2007년도 특정기초연구지원사업(학제기초), 한국과학재단.
- 권치순(2005). 초등과학 영재 교육의 방향과 과제. 초등과학교육, 24(2), 192-201.
- 권혁순(2000). 화학 교육에서 비유의 사용 현황과 비유를 사용할 때 개념 이해에 영향을 미치는 요인. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- 권혁순, 최은규, 노태희(2003). 물질의 세 가지 상태에 대하여 중학생들이 만든 비유의 분석. 대한화학회지, 47(3), 265-272.
- 김경순, 최은규, 차정호, 노태희(2006). 중학교 과학 개념 학습에서 비유 만들기를 이용한 수업이 학생들의 개념 이해에 미치는 효과. 대한화학회지, 50(4), 338-345.
- 김경순, 황선영, 노태희(2008). 비유 만들기를 활용한 반응속도 개념 학습에서 학생들이 만든 비유의 유형과 대응 관계 이해도 및 대응 오류 조사. 대한화학회지, 52(4), 412-422.
- 김동렬(2008). 유전 관련 개념에 대한 고등학생들의 비유 만들기 수업의 적용 효과. 한국과학교육학회지, 28(5), 424-437.
- 김득호, 강경희, 박현주(2009). 과학영재교육원 운영에 대한 서울시과학영재교육원 교사들의 고려사항. 한국과학교육학회지, 29(1), 90-105.
- 김선희, 김기연, 이종희(2005). 중학교 수학영재와 과학 영재 및 일반학생의 인지적, 정의적, 정서적 특성 비교. 수학교육, 44(1), 113-124.
- 박경희, 서혜애(2005). 과학 영재학교 교육프로그램에 대한 학생 및 교사의 인식 분석. 교육과정연구, 23(3), 159-185.
- 박성익, 여혜진, 이규민, 이재진(2006). 과학창의성 신장을 위한 e-Learning 기반 교수-학습 모형 개발 및 적용 효과. 열린교육연구, 14(3), 27-55.
- 박종원(2004). 과학적 창의성 모델의 제안. 한국과학교육학회지, 24(2), 375-386.
- 박종원(2007). 과학적 창의성 활동 자료의 개발. 2007년도 교과교육공동연구지원사업, 한국학술진흥재단.
- 박지영, 이길재, 김성하, 김희백(2005). 과학 영재 교육 프로그램 분석 모형의 고안과 국내의 과학 영재를 위한 생물프로그램의 실태 분석. 한국생물교육학회지, 33(1), 122-131.
- 서혜애, 이윤호(2003). 영재 교육기관의 교수·학습실태 분석. 중등교육연구, 51(2), 69-86.
- 신지은, 한기순, 정현철, 박병건, 최승언(2002). 과학 영재 학생과 일반 학생은 창의성에서 어떻게 다른가? 한국과학교육학회지, 22(1), 158-175.
- 심재영, 김종득, 김언주(2005). 과학 영재와 일반학생 집단 간의 창의성 비교 연구. 교육심리연구, 19(3), 563-576.
- 유승아, 구인선, 김봉근, 강대호(1999). 기체의 성질에 대한 중·고등학생들의 오개념에 관한 연구. 대한화학회지, 43(5), 564-577.
- 윤초희, 김홍원(2004). 지적으로 우수한 영재아의 형식적 사고, 초인지 및 창의력에 관한 연구. 교육심리연구, 18(1), 241-260.
- 이봉우, 손정우, 최원호, 이인호, 전영석, 최정훈(2008). 과학 영재 교육에서 교사들이 겪는 어려움. 초등과학교육, 27(3), 252-260.
- 이수진, 배진호, 김은진(2007). 초등 과학 영재와 일반 아동의 과학 창의적 문제 해결 과정에서 나타난 사고 유형 및 특성. 초등과학교육, 25(5), 567-581.
- 정대균, 이혜정, 정선희, 오창호, 박국태(2007). 기체에 대한 초등학생들의 개념 조사 및 대안 개념 유형 분석. 초등과학교육, 26(4), 359-371.
- 조양숙, 이희순, 김도옥(1996). 초등학교에서 물질관의 오개념 교정을 위한 과학사 프로그램의 적용. 초등과학교육, 15(2), 305-314.
- 최선영(2007). 초등과학 영재학급 담당 교사의 영재 교육에 대한 인식 조사. 초등과학교육, 26(3), 252-259.
- 최선영, 이은정, 강호갑(2006). 초등과학 학습에서의 창의


- 력 향상을 위한 시각적비유학습의 효과. *한국과학교육학회지*, 26(2), 167-176.
- BouJaoude, S. & Tamim, R. (2000). Analogies generated by middle-school science students-types and usefulness. *School Science Review*, 82(299), 57-63.
- English, L. & Halford, G. (1995). *Mathematics education: Models and processes*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Glynn, S. (1996). Effects of instruction to generate analogies on students' recall of science text. *Reading Research Report No. 60*. Athens, GA: National Reading Research center.
- Goswami, U. (1992). *Analogical reasoning in children*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Lin, H., Shiau, B. & Lawrenz, F. (1996). The effectiveness of teaching science with pictorial analogies. *Research in Science Education*, 26(4), 495-511.
- Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: Using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 13(2), 125-139.
- Middleton, J. L. (1991). Student-generated analogies in biology. *The American Biology Teacher*, 53(1), 42-46.
- Schiever, S. W. & Maker, C. J. (2003). New directions in enrichment and acceleration. In N. Colangelo & G. A. Davis (Eds.), *Handbook of gifted education* (3rd ed. pp. 163-173). Boston, MA: Allyn and Bacon.
- Thiele, R. B., Venville, G. J. & Treagust, D. F. (1995). A comparative analysis of analogies in secondary biology and chemistry textbooks used in Australian schools. *Research in Science Education*, 25(2), 221-230.
- Treagust, D. F., Chittleborough, G. & Mamiala, T. L. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanation. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1353-1368.
- Wong, E. D. (1993). Self-generated analogies as a tool for constructing and evaluating explanations of scientific phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(4), 367-380.

부록. 비유 만들기 검사지

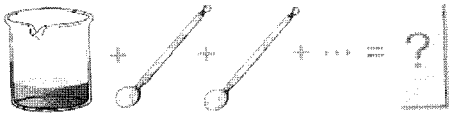
비유 만들기

(포화 용액과 불포화 용액)

5학년 (반) (번) (남 여) 이름 ()



물이 큰 비커에 소금을 한 숟가락 넣고 유리 막대로 저었다니 모두 녹았다. 이 비커에 소금을 한 숟가락씩 계속 더 넣으면서 저어 주면 소금은 어떻게 될까?



소금을 한 숟가락 넣고 저었을 때에는 물에 소금이 모두 녹지만, 소금을 계속 넣으면서 저으면 어느 순간부터는 소금이 물에 더 이상 녹지 않고 비커 바닥에 가라앉는다. 왜 이런 일이 생길까? 그 이유는 바로 **물에 녹을 수 있는 소금의 양이 정해져 있기 때문**이다. 예를 들어, 50℃에서 물 100g에는 소금이 37g까지만 녹고, 이 양보다 소금을 더 넣어서 소금은 더 이상 녹지 않고 가라앉게 된다.

이와 같이, 어떤 온도에서 일정량의 용매(예: 물)에 용질(예: 소금, 설탕)을 녹일 때, 용질이 최대한 녹아 있어서 더 이상 녹지 않는 용액을 **포화 용액**이라고 한다. 그리고 용질이 최대한 녹을 수 있는 양보다 적게 녹아 있어서 용질을 더 녹일 수 있는 용액을 **불포화 용액**이라고 한다.

만약, 이 내용을 배우지 않은 친구에게 쉽게 설명하려면 어떻게 해야 할까?

비유 1

비유 2

비유 3

비유 4

앞에서 자신이 만든 비유 중 '포화 용액과 불포화 용액'의 원리를 가장 잘 설명할 수 있는 비유를 하나만 골라, 다음 밑줄에 답해보자.

◆ 선택한 비유: 비유 ()

◆ 다음 보기는 '포화 용액과 불포화 용액'의 원리에 포함될 수 있는 요소들의 예이다.

<보기>		
① 용액(수)	② 용질(소금)	③ 온도
④ 도파 용액	⑤ 불포화 용액	⑥ 용질이 용액에 녹을 수 있는 양

1. <보기>의 요소들과 '선택한 비유'의 요소들 중 **관련이 있는 비유한 것끼리 연결**하고, 어떤 **결에서 비슷한지 설명**해보자. (필요하면 보기에 없는 요소를 기타에 넣어 연결해도 좋음)

연기	선택한 비유의 요소	비유한 비유
예시	(①) - (A)	"A가~~(것)처럼, ①도~~(하)므로 서로 비슷하다."
	() - ()	
	() - ()	
	() - ()	
	() - ()	
	() - ()	
	() - ()	
	기타 :	

2. <보기>의 요소들 중에 '선택한 비유'의 요소와 **관련은 있지만 서로 다른 결이 있는 것**을 연결하고, 어떤 **결에서 다른지 설명**해보자. (필요하면 보기에 없는 요소를 기타에 넣어 연결해도 좋음)

연기	선택한 비유의 요소	비유한 비유
예시	(②) - (B)	"B는 ~(이)지만, ②는 ~(하)므로 서로 다르다."
	() - ()	
	() - ()	
	() - ()	
	() - ()	
	() - ()	
	() - ()	
	기타 :	