

크로마토그래피 개념에 대해 중학교 과학영재가 만든 비유의 유형과 대응 오류 및 비유 만들기 활동에 대한 인식 조사

김유정 · 문세정¹ · 노태희*
¹수성고등학교 · 서울대학교

An Investigation of the Types of Analogies Generated by Science-Gifted Student, Mapping Errors on the Chromatography, and the Perceptions on Generating Analogy

Kim, Youjung · Moon, Sejeong¹ · Noh, Taehee*
¹Susung High School · Seoul National University

Abstract: This study investigated the types of analogies generated by science-gifted students, mapping errors on the chromatography, and the perceptions on generating analogy. The subjects were science-gifted eighth-graders (N=68) enrolled at four gifted-education centers in Seoul. Analyses of the results revealed that most science-gifted students represented the analogies using verbal and pictorial forms based on concrete and everyday experiences, and they elaborately explained them including the functional attributes and the causal relationships of the target concept. Science-gifted students selected the analogies having rich similarities or similar structure and principle between the target concept and the analogy as the best of the self-generated analogies. And they used mainly their ‘school life’ as analogy materials. The results of the mapping test showed that many science-gifted students had mapping errors such as ‘failure to map’ and ‘overmapping’. They were found to have the positive perceptions on generating analogy. The present study will provide the basic information to develop an instructional model in generating analogy in an education program for science-gifted students.

Key words: science-gifted, generating analogy, mapping error

I. 서 론

우리나라에서는 2002년부터 영재교육진흥법을 통해 영재 교육의 주요 목적을 국가와 사회의 발전을 위해 앞으로 큰 역할을 담당하게 될 인재양성 및 개인의 능력신장에 두고 영재 교육을 실시하고 있다(한국교육개발원, 2008). 현대 사회가 인간의 통찰력 및 창의력 등이 더욱 필요한 시대가 되어감에 따라 영재 교육 프로그램의 교육 방식에 있어서도 주체성과 자율성을 중심으로 사고력을 증진시키고, 개성과 창의성을 중심으로 한 교육에 대한 요구가 증가하고 있다(정현철 등, 2002). 특히, 과학 분야에서는 단순한 지식의 암기나 주입을 통해 주어진 문제를 해결하는 것보다 문제 발견과 관련된 창의적인 활동이 강조되므로(나동진, 김진철, 2004), 과학영재 교육에서는 새롭고 적절

한 산출물을 생산하는 능력인 창의성이 더욱 강조되고 있다(한기순 등, 2003). 그러나 현재 진행되고 있는 과학영재 교육프로그램은 학생들이 탐구나 실험 활동 등을 제시 순서대로 따라해 보도록 하는 수렴적 사고가 필요한 활동이 많고, 학습 내용도 해당 학년의 수준을 벗어나 새로운 개념을 학습하는 선행 학습 위주로 구성되어 있다(박지영 등, 2005). 즉, 과학영재들의 발달 수준에 맞는 학습 내용에 기초하여 창의성을 계발하기 위한 교육 방법이나 교육프로그램은 매우 부족한 실정이다(정현철 등, 2002). 일부 이루어지고 있는 창의성 교육프로그램도 실생활에서 창의성을 발휘하는데 필요한 구성요인은 배제하고 지나치게 확산적 사고만 강조하여 실제적 효과를 얻지 못하고 있다(이희주 재인용, 2007; Keating, 1980). 따라서 앞으로의 과학영재 교육프로그램은 과학영재의 발달 수

*교신저자: 노태희(nohth@snu.ac.kr)

**2009.07.08(접수) 2009.09.01(1심통과) 2009.10.22(2심통과) 2009.10.22(최종통과)

***이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2009-0073899).

준에 적합한 내용에 기초한 개방적이고 주도적인 학습 활동으로 구성하고, 확산적 사고뿐만 아니라, 수렴적 사고, 비판적 사고와 같은 창의적 사고의 다양한 측면을 향상시킬 수 있는 기회를 제공할 필요가 있다.

이에 대한 한 가지 방안으로 비유 만들기 활동을 고려할 수 있다. 비유 만들기 활동은 학생들이 학습한 새로운 개념을 친숙한 소재를 이용하여 자신만의 독창적인 비유물을 만들어 설명하도록 함으로써, 학생들의 인지구조를 활성화하여 사전 지식을 재구성하고 정교화시킬 수 있도록 도와줄 수 있다(김경순 등, 2006). 이 활동을 통해 학생들은 자신의 사전 지식을 확인할 뿐만 아니라, 새로운 개념을 이해하는데 적극적으로 참여하게 되고(김동렬, 2008; Wong, 1993), 그 결과 학생들의 회상 능력(Glynn, 1996), 과제 이해력(Wittrock & Alesandrini, 1990)은 물론이고, 유창성, 융통성, 독창성 등과 같은 창의력이 신장될 것으로 제안되고 있다(김경순 등, 2008; 노태희 등, 2009; Middleton, 1991). 또한, 비유 만들기 활동은 추상적인 개념을 구체적이고 상상 가능한 형태로 시각화함으로써(Orgill & Bodner, 2006) 학생들의 개념 이해를 도울 수 있다. 특히, 중학교 과학과 교육과정에서 화학 개념을 이해하는 핵심적 요소인 추상적이고 미시적인 물질의 입자성 개념을 직접적으로 다루고 있으므로, 중학교 과학영재를 대상으로 비유 만들기 활동에서 과학영재들이 어떤 유형의 비유를 만드는지, 비유 만들기 활동에 대해 어떻게 인식하는지에 대한 기초적인 정보가 필요하다.

비유를 통한 학습에서 가장 중요한 것은 학생들이 목표 개념과 비유물에 포함되어 있는 속성들 간의 유사점과 차이점에 대한 일련의 일대일 관계를 찾는 대응 과정이다(Paatz *et al.*, 2004; Taber, 2001). 선행연구에 따르면 많은 학생들이 대응 과정에서 비공유 속성과 공유 속성의 관계를 잘못 파악하여 오류를 범하는 것으로 보고되고 있다(Else *et al.*, 2003). 이러한 대응 오류로 인해 학생들이 오개념을 갖게 되어, 후속 개념 학습에 부정적인 영향을 줄 수 있으므로(김경순 등, 2008), 중등 과학영재들이 만든 비유를 목표 개념과 대응시키며 이해하는 과정에서 유발될 수 있는 대응 오류를 조사하여 이를 예방하기 위한 적절한 지도 방안을 마련할 수 있을 것이다.

그러나 지금까지 비유 만들기 활동과 관련된 연구는 주로 일반 학생들(권혁순 등, 2003; BouJaoude

& Tamim, 2000; Else *et al.*, 2003)이 만든 비유의 유형에 대해 조사하거나 교수 효과를 조사한 연구가 이루어졌으며, 과학영재들을 대상으로 비유 만들기 활동을 적용한 연구는 초등 과학영재 교육에서 일부 이루어졌을 뿐이다(노태희 등, 2009). 일반 학생들을 대상으로 한 연구에서는 절반 이상의 학생들이 비유를 만들지 못했고, 비유를 만든 경우에도 목표물의 속성을 제대로 고려하지 못하거나 속성 사이의 인과 관계를 기술하지 못하는 등의 낮은 수준의 비유를 만들었으며, 비유 만들기 활동을 어려워하는 것으로 나타났다. 또한, 초등 과학영재들이라 할지라도 자신이 만든 비유를 목표 개념과 대응시키는 과정에서 여러 대응 오류를 범하는 것으로 나타났다. 그러나 초등 과학영재들이나 일반 학생들보다 상대적으로 인지적 수준이 높은 중등 과학영재들은 비유 만들기 유형 및 대응 오류에서 이와 다른 양상을 보일 것으로 생각되지만, 이들을 대상으로 한 연구는 거의 없는 실정이다.

이에 이 연구에서는 중등 과학영재의 과학 개념 이해 및 창의성 향상을 촉진하는 비유 만들기 수업 모형 개발을 위한 기초 연구로서, 비유 만들기 활동의 적용 가능성을 탐색하기 위해 크로마토그래피 개념에 대해 중학교 2학년 과학영재들이 만든 비유의 유형과 대응 오류 및 비유 만들기 활동에 대한 인식을 조사하였다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 대상

이 연구는 본 수업 전에 학교에서 물질의 특성 단원을 학습한 서울시 4개 지역교육청 영재교육원의 중학교 2학년 학생 75명을 대상으로 하였다. 지역교육청 영재교육원의 과학영재들은 각 학교장으로부터 추천을 받아 창의성과 언어, 수리, 공간지각에 대한 보통 이상의 지적능력을 측정하는 문항들을 통해 고차원적인 사고와 창의적 문제해결력 등을 측정하는 영재성 검사와 심층 면접을 통한 학문적성·인성 등의 평가를 통해 선발되었다(한국교육개발원, 2008). 일반적으로 지역교육청 영재교육원의 과학영재 학생들은 일반 학생들에 비해 과학 학업 성취도, 논리적 사고력, 창의성 등이 높은 것으로 보고되고 있다(김미숙 등, 2004). 따라서 엄격한 심사를 통해 선발된 이 연구 대상 학생들도 마찬가지라고 가정할 수 있다. 이 학생

들 중에서 자신이 만든 여러 개의 비유 중에서 비유가 아닌 단순한 예시를 선택한 학생(1명), 대응 오류 검사에 결시한 학생(2명), 대응 오류 분석이 불가능한 학생(4명)을 제외한 68명을 최종 연구 대상으로 선정하였다.

2. 연구 절차

비유 만들기 활동에서 학생들이 만든 비유의 유형 및 대응 오류 유형을 조사하기 위해 먼저 선행연구들을 고찰하여 비유를 사용하기에 적합하고, 중등 과학영재 수준에서 표현이 가능한 목표 개념을 선정하였다(김경순 등, 2008). 대상 학년인 중학교 2학년 과학 교과서에 제시된 비유를 분석한 결과, 용해와 크로마토그래피 개념을 설명하기 위한 비유가 많이 사용되고 있으며, 서울시 지역교육청 영재교육원의 프로그램을 수합하여 개발한 영재교육과정(서울특별시교육청, 2009)과 영재교수·학습 표준화자료(서울특별시과학전시관, 2008)에도 크로마토그래피가 모두 포함되어 있었다. 이에 목표 개념으로 크로마토그래피를 선정하고, 비유 만들기 활동을 위한 교사용 수업 지도안과 학생용 학습 자료를 개발하였다. 개발한 교수·학습 자료는 과학교육 전문가 2인과 현직 교사 7인으로 구성된 소모임에서 여러 차례 논의를 거쳐 수정·보완한 후, 과학영재들이 물질의 특성에 대해 학교에서 학습한 이후인 1학기말(7월)에 이를 활용한 수업을 실시하였다.

본 수업은 학생들이 크로마토그래피에 대한 지식이 부족하여, 비유 만들기를 못하는 경우를 배제하기 위해 목표 개념에 대한 수업(1차시)과 비유 만들기 활동(1차시)으로 총 2차시동안 진행하였다. 1차시 수업에서는 학생들에게 목표 개념인 크로마토그래피와 관련된 영화의 일부(약 1분)를 보여준 후, 학교에서 배운 물질의 특성에 대한 지식을 이용해서 ‘잉크를 분리할 수 있는 방법을 고안하도록 하였다. 학생들의 활동이 끝난 후, 교사는 학생들이 생각한 방법을 평가하고 크로마토그래피에 대해 간단히 소개하였다. 학생들은 2인 1조를 이루어 종이 크로마토그래피를 이용하여 여러 종류의 펜에 들어있는 색소를 분리하는 실험을 수행하였다. 실험 결과를 정리하는 단계에서는 예를 들어가며 크로마토그래피의 원리에 대해 자세히 설명하였다. 이때, 중학교 수준에 맞지 않는 ‘분자사이의 인

력’ 개념을 직접 도입하지 않고, 친한 정도를 나타내는 ‘친화력’이라는 용어를 사용하여 실험 결과를 정리하였다. 즉, 분리된 색소들의 이동 거리를 측정하고, 거름종이와 친한 색소가 무엇인지, 전개용매와 친한 색소가 무엇인지 찾고, ‘분자사이의 친화력’을 비교해보면서, 그 이유를 설명해보도록 하였다. 이 때, 교사는 학생들의 비유 만들기 활동에 영향을 줄 수 있는 요인들을 배제하기 위해 수업 과정에서 목표 개념과 관련된 비유는 사용하지 않았다.

2차시 수업에서 교사는 학생들이 1차시에 학습한 목표 개념을 상기할 수 있도록 간단한 설명과 확인 질문을 한 후, 비유 만들기 활동에 대한 오리엔테이션(10분)을 실시하였다. 오리엔테이션 내용은 과학적으로 중요한 비유적 추론과 비유의 정의를 설명한 후, 7학년에서 학습한 지구의 내부 구조에 대한 ‘달걀 비유’를 사용하여 비유물과 목표물 간에는 유사점과 차이점이 존재한다는 것을 설명하고, 좋은 비유의 조건에 대해서도 설명하였다. 또한, 비유 만들기 활동 방법을 설명한 후, 독창적으로 가능한 많은 수의 비유를 만들도록 안내하였고, 교사는 학생들이 비유 만들기 활동에 대해 제대로 이해했는지 최종적으로 확인하였다. 학생들은 크로마토그래피에 대한 비유를 만드는 활동(25분)을 한 후, 자신이 만든 비유 중에서 가장 좋은 비유를 선택하여 목표 개념 속성과 대응시키는 대응 검사(15분)를 실시하였다. 교사는 순회하면서 학생들이 비유 만들기 활동과 대응 검사를 제대로 하고 있는지 확인하고, 대응 검사 직후에 비유 만들기 활동에 대한 인식 검사(10분)를 실시하였다.

3. 검사 도구

과학영재들이 비유 만들기 활동 과정에서 범할 수 있는 대응 오류를 조사하기 위한 ‘대응 검사’는 선행연구(김경순 등, 2008; Else *et al.*, 2003)의 ‘대응 관계 이해도 검사’를 참고하여 개발하였다. 이 검사는 학생들이 스스로 만든 여러 개의 비유 중에서 가장 좋은 비유를 하나만 선택한 후, 그 이유를 서술하고, 제시된 목표 개념의 속성과 선택한 비유물의 속성들을 비교하여 유사점(공유 속성)과 차이점(비공유 속성)에 해당하는 요소를 찾아 대응시키고, 그 이유를 서술하도록 구성하였다. 이 때, 검사지에 제시된 목표 개념의 속성은 ‘전개용매’, ‘거름종이’, ‘전개용매와 친한

물질', '거름종이와 친한 물질', '분자사이의 친화력', '이동거리'였다.

비유 만들기 활동에 대한 '인식 검사'는 학생들의 비유 만들기 활동에 대한 이해, 비유물과 목표 개념의 유사점 찾기의 어려움, 비유 만들기 활동을 통한 학습의 장점, 활동에 대한 흥미와 어려움, 활동 참여도, 다른 상황으로의 비유 만들기 활동의 적용 가능성 등을 5단계 리커트 척도로 답하고, 그 이유를 서술하는 9문항과 비유 만들기 활동의 목적을 묻는 서술형 1문항, 총 10문항으로 구성되었다. 이렇게 개발한 대응 검사지와 인식 검사지는 과학교육 전문가 2인과 중등 교사 3인으로부터 여러 번 검토를 받아 수정·보완하였다.

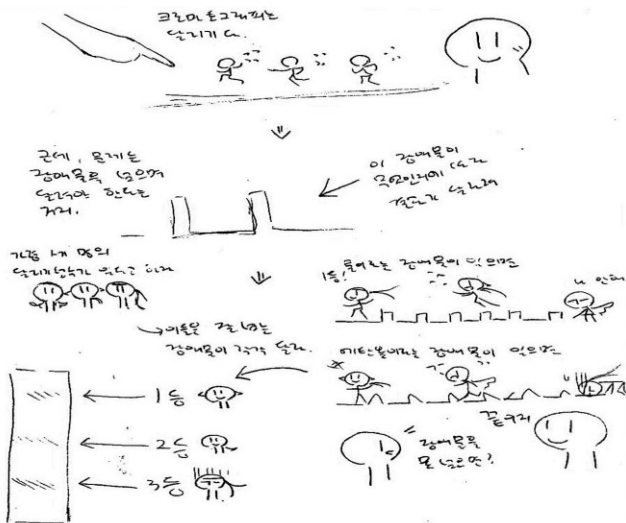
4. 분석 방법

학생들이 만든 비유는 선행 연구(권혁순 등, 2003)에서 사용한 분석틀에 기초하여 그 유형을 분류하였다. '표현 방식'에 따라 글 비유, 그림 비유, 글과 그림 비유로 분류하였고, '공유 속성'은 목표 개념이 지니는 여러 속성 중 외양이나 구조적인 유사성만 나타난 구조적 비유, 기능이나 행동적인 성질의 유사성만 나타난 기능적 비유, 두 측면을 모두 포함한 구조와 기능적 비유로 분류하였다. '상황의 작위성'은 비유를 일상생활에서 흔히 볼 수 있는 상황으로 구성한 일상적 비유와, 목표 개념에 맞게 의도적 변형한 작위적

비유로, '비유물의 추상도'는 비유물 소재의 추상적인 수준에 따라 구체적 비유와 추상적 비유로 분류하였다. '대응 정도'는 비유물에 대한 부연 설명이나 언급 정도에 따라 단순 비유, 부연 비유, 확장 비유로 분류하였고, '체계성'은 목표 개념의 인과 관계에 대응되는 구조가 비유물에 포함되어 있는지에 따라 저체계 비유와 고체계 비유로 분류하였다.

예를 들어, 그림 1a의 경우, 크로마토그래피를 그림과 글을 모두 사용하여(글과 그림 비유), 우리 주변에서 흔히 경험할 수 있는 일상적이고(일상적 비유), 감각 기관으로 직접 확인할 수 있는 구체적 상황인(구체적 비유) '장애물 달리기'에 비유하여 표현하였다. 장애물을 넘는 정도에 따라 사람들이 분리되는 것이 분자사이의 친화력에 따라 색소들의 이동 거리가 달라진다는 기능적인 측면을, 1등, 2등, 3등과 같이 순위가 나뉜 것이 색소들이 분리된 상태인 구조적인 측면을 표현하고 있으며(구조와 기능적 비유), 여러 색소들이 분리되는 것과 대응되는 세 명의 선수들이 장애물을 넘는 상황을 자세하게 설명하고 있다(부연 비유). 또한, 색소가 전개용매와 친화력이 좋기 때문에 전개용매를 따라 이동하여 거리가 멀어진다는 목표 개념의 인과 관계를 한 선수가 장애물을 잘 넘기 때문에 속도가 빨라 1등이 된다는 것과 같이 체계적으로 표현하고 있다(고체계 비유).

한편, 그림 1b의 경우, 크로마토그래피를 우리가 흔



(a) 글과 그림/일상적/구체적/구조와 기능/부연/고체계 비유

크로마토그래피의 원리는 빛의 분광이다. 빛이 여러 파장으로 분리 되는 것과 비슷하다. 그외에 빛의 여러 방향으로 퍼지는 것 등이 있다.

(b) 글/작위/추상적/구조/부연/저체계 비유

그림 1 과학영재들이 만든 비유 예시

히 접할 수 없고(작위적 비유), 눈으로 쉽게 확인할 수 없는(추상적 비유) ‘빛의 분광’에 비유하여 표현하였다. 또한, 빛이 여러 파장으로 퍼지는 것으로 색소들이 분리된 상태인 구조적 측면을 표현하여(구조적 비유) 부가적으로 설명하고 있으나(부연 비유), 목표 개념의 인과 관계가 드러나 있지 않은 비유이다(저체계 비유).

대응 검사에서 과학영재들의 대응 오류 유형은 선행 연구(김경순 등, 2008; Else *et al.*, 2003)에서 사용한 분류틀에 기초하여 분석하였다(표 1).

학생들이 만든 비유의 유형과 대응 오류 유형 분석의 신뢰도를 높이기 위해 일부 학생들의 검사지를 무작위로 추출하여 연구자 2인이 각자 독립적으로 분석하였다. 이렇게 분석한 결과에 대해 연구자 간의 일치도를 구하고 이견을 좁히는 과정을 반복하여 분석자 간 일치도가 90%이상에 도달한 후, 연구자 중 1인이 모든 답안지를 분석하였다. 과학영재들이 만든 비유의 개수, 소재 및 비유 유형과 대응 오류 유형은 빈도 및 백분율(%)로 제시하였다. 비유 만들기 활동에 대한 인식 검사는 5단계 리커트 척도 9문항에 대하여 ‘전혀 그렇지 않다’는 1점, ‘그렇지 않다’는 2점, ‘보통이다’는 3점, ‘그렇다’는 4점, ‘매우 그렇다’는 5점으

로 환산하여 범주별 백분율(%) 및 평균을 구하고, 서술형 문항의 경우에는 학생들의 응답을 범주화하여 백분율(%)과 함께 제시하였다.

Ⅲ. 결과 및 논의

1. 과학영재들이 만든 비유의 개수

과학영재들이 크로마토그래피에 대해 만든 비유는 총 185개였으며, 1인당 만든 비유의 개수에 따른 빈도는 표 2와 같다. 수업에 참여한 모든 과학영재들은 1개 이상의 비유를 만들었으며, 그 중 2개(29.4%)와 3개(33.8%)의 비유를 만든 학생이 절반 이상을 차지하였고, 4개(11.8%)나 5개 이상(8.8%)의 비유를 만든 학생도 있었다. 일반 고등학생들조차도 비유를 만든 학생의 비율이 절반에 못 미쳤던 선행연구 결과(김경순 등, 2008)와 비교해 볼 때, 이러한 결과는 주목할 만하다. 이는 과학영재들이 학습 내용과 관련된 사전 지식과 경험이 풍부하여 비유물을 생성하기에 적절한 스키마를 가지고 있었기 때문으로 볼 수 있다(노태희 등, 2009).

표 1
대응 검사에서 나타난 학생들의 대응 오류 유형 분류틀

대응 오류 유형	설명
대응 불이행	대응시켜야 할 공유 속성을 대응시키지 못하는 오류
과잉대응	비유물의 비공유 속성을 목표 개념에 대응시키는 오류
무분별한 대응	비유물만의 비공유 속성을 목표 개념의 속성 중 아무 것에나 대응시키는 오류
인위적 대응	비유물과 목표 개념의 공유 속성의 관계를 학생 자신의 경험이나 편견에 의해 인위적으로 변형, 해석하여 잘못 대응시키는 오류
표면적 속성 대응	비유물과 목표 개념의 속성에 제시된 단어의 표면적인 유사성에 의해 비유물의 공유 속성을 목표 개념의 비공유 속성에 대응시키는 오류
부적절한 대응	비유물과 목표 개념의 공유 속성들을 각각 올바르게 대응시키지 못하는 오류
비유물 속성 보유	비유물과 목표 개념의 공유 속성을 대응시켰으나 비유물의 속성을 그대로 사용하여 목표 개념을 설명하는 오류
불가능한 대응	목표 개념의 주요 속성이 비유물에 존재하지 않아 학생들이 나름대로 대응시키는 오류

표 2
과학영재 1인당 만든 비유의 개수별 빈도

개수(개)	1	2	3	4	5개 이상	계
빈도(%)	11 (16.2)	20 (29.4)	23 (33.8)	8 (11.8)	6 (8.8)	68 (100)

2. 과학영재들이 선택한 비유의 소재 및 선택 이유

과학영재들이 스스로 만든 비유 중 가장 좋은 비유로 선택한 비유물의 소재에 따른 분석 결과(표 3), 10 가지 이상 범주의 다양한 소재가 사용되었다. 그 중 가장 높은 빈도는 수업시간, 친구, 성적 등과 같은 학교생활을 소재로 한 비유(25.0%)였고, 과학(16.2%), 운동(11.8%) 순으로 빈도가 높게 나타났다. 이는 목표 개념을 독창적이고 다양하게 설명하기 위한 비유를 만들 때, 자신의 사전 지식이나 경험에 연결하는 과정에서 일반 학생들과 마찬가지로(김경순 등, 2008) 과학영재들도 자신에게 친숙한 일상적인 소재를 선택하기 때문으로 볼 수 있다. 뿐만 아니라, 프리즘이나 자기력, 행성의 중력 등과 같이 자신에게 흥미로운 과학과 관련된 소재로 사용하여 비유를 만들기도 하였다. 따라서 비유를 만드는 활동은 과학영재들이 자신이 관심있는 소재를 사용함으로써, 과학 학습에 능동적으로 참여하고 자신의 학습을 주도하게 하는 원천을

제공해 줄 수 있을 것으로 생각된다.

과학영재들이 자신이 만든 여러 개의 비유 중에서 가장 좋은 비유를 선택한 이유를 분석한 결과, 가장 높은 빈도를 나타낸 것은 ‘유사점이 가장 많아서(30.9%)’였고, ‘구조와 원리가 가장 비슷해서(19.1%)’, ‘이해하기 쉬워서(14.7%)’, ‘제일 자세하고 그럴 듯해서(10.3%)’ 등의 순이었다. 즉, 과학영재들은 공유 속성을 많이 포함하고 있어 목표 개념을 이해하기 쉽게 표현한 비유를 자신이 만든 비유 중 가장 좋은 비유로 선택하였다. 이는 과학영재들이 좋은 비유의 조건에 대해 제대로 이해하고 있으며, 이를 자신이 만든 여러 개의 비유를 평가하고 선택하는 과정에 반영했음을 보여준다고 할 수 있다.

3. 과학영재들이 만든 비유의 유형

과학영재들이 크로마토그래피에 대해 만든 전체 비유(185개)와 각 학생들이 가장 좋은 비유로 선택한 비

표 3
선택한 비유의 소재별 빈도

소재	학교	과학	운동	여가	교통	가정	동·식물	사회	환경	신체	기타	계
빈도	17	11	8	7	6	6	5	3	2	1	2	68
(%)	(25.0)	(16.2)	(11.8)	(10.3)	(8.8)	(8.8)	(7.4)	(4.4)	(2.9)	(1.5)	(2.9)	(100)

표 4
과학영재가 만든 비유 유형별 빈도

비유 유형	빈도(%)	
	전체 비유	선택한 비유
표현 방식	글	89 (48.1)
	글/그림	96 (51.9)
공유 속성	구조적	23 (12.4)
	기능적	147 (79.5)
	구조/기능적	15 (8.1)
상황의 작위성	일상적	143 (77.3)
	작위적	42 (22.7)
비유물의 추상도	구체적	162 (87.6)
	추상적	23 (12.4)
대응 정도	단순	20 (10.8)
	부연	165 (89.2)
체계성	고체계	114 (61.6)
	저체계	71 (38.4)
계	185 (100)	68 (100)

유(68개)의 유형별 분석 결과를 표 4에 제시하였다.

표현 방식의 경우, 글과 그림 비유(전체: 51.9%, 선택: 55.9%)가 글 비유(전체: 48.1%, 선택: 44.1%)보다 약간 많았고, 그림 비유는 없었다. 이는 과학영재들이 목표 개념을 설명하기 위해 기존의 인지구조를 재구성하여 만든 비유를 언어적 표상이나 시각적 표상을 사용하여 표현할 수 있음을 보여준다. 그러나 글과 그림을 함께 표현하는 것이 정보를 쉽게 회상하고, 관련 개념을 자신만의 독특하고 의미미한 방식으로 표상하는 것을 도울 수 있으므로(Van Meter, 2001), 비유 만들기 수업에서 과학영재들이 자신이 만든 비유를 글과 그림으로 함께 표현할 수 있도록 안내할 필요가 있다.

목표 개념과 비유물의 공유 속성의 구조와 기능적 특성에 따라 분류한 결과, 과학영재들이 만든 비유는 크로마토그래피에서 혼합물이 분리되는 원리만을 표현한 기능적 비유(전체: 79.5%, 선택: 80.9%)가 대부분이었으며, 혼합물이 분리된 상태만을 표현한 구조적 비유(전체: 12.4%, 선택: 7.3%)는 비교적 적게 나타났다. 이는 성취수준이 높은 학생일수록 구조적 비유보다는 기능적 비유를 잘 만든다는 선행연구 결과(권혁순 등, 2003)를 고려할 때, 연구 대상이 과학영재였기 때문에 기능적 비유의 빈도가 높았던 것으로 생각된다. 그러나 공유 속성 측면에서 가장 정교한 비유라고 볼 수 있는 구조와 기능적 비유(전체: 8.1%, 선택: 11.8%)의 비율은 선택한 가장 좋은 비유에서 약간 증가했음에도 불구하고 여전히 낮았다. 이는 과학영재들이 크로마토그래피에서 혼합물이 분리된 상태보다는 분리되는 과정이 더 중요하다고 인식하여 주로, 목표 개념의 기능적 측면에 주목했기 때문일 가능성이 있다. 그러나 목표 개념에 따라 공유 속성의 구조와 기능적 특성 중 어떤 측면을 비유로 표현하는 것이 가장 적절한지에 대해서는 일반화된 결론을 내리기 어려우므로, 다른 과학 개념을 이용해서 추후 연구를 할 필요가 있다.

상황의 작위성에 따라서는 전체 비유 중 77.3%, 선택한 비유 중 76.5%가 생활주변의 상황이나 사물을 그대로 이용한 일상적 비유였다. 예를 들어, '크로마토그래피는 마라톤에서 함께 출발했던 사람들이 개인의 속도 차이 때문에 거리가 멀어져 분리가 되는 것에 비유할 수 있다'와 같이 달리기 상황에 비유하는 경우가 많았다. 이는 학생들이 사용하는 비유의 소재나 상

황을 주로 자신의 사전 지식이나 경험을 바탕으로 선정하는 경향이 높기 때문에(김동렬, 2008), 과학영재들도 사물이나 상황을 목표 개념에 맞게 가공하기보다 그대로 이용하여 비유를 만드는 것으로 해석할 수 있다. 그러나 상황을 의도적으로 변형한 작위적 비유를 만든 경우(전체: 22.7%, 선택: 23.5%)도 적지 않았다. 학생들이 작위적 비유를 만든 경우에는 자신이 만든 비유물을 목표 개념과 대응시키면서 이해하는 과정을 거치면서 목표물의 이해가 오히려 더 어려워지거나 오개념을 유발할 수 있으므로(Blake, 2004), 과학영재들이 자신에게 친숙하고 이해하기 쉬운 일상적인 소재를 사용하여 비유를 만들 수 있도록 도와줘야 할 것이다.

비유물의 추상도에 따른 분류에서는 구체적인 비유(전체: 87.6%, 선택: 86.8%)가 추상적인 비유(전체: 12.4%, 선택: 13.2%)보다 많았다. 예를 들어, '크로마토그래피는 다른 색의 옷을 입을 사람들이 한꺼번에 사다리를 올라갈 때, 속도 차이가 나서 벌어지면 여러 색이 따로따로 보이는 것과 같다'고 설명한 경우가 있었다. 이는 과학영재들이 목표 개념을 구체적 사물이나 상황에 비유하여 시각화함으로써, 추상적 개념을 더 잘 설명할 수 있다고 생각한 것으로 볼 수 있다. 한편, 과학영재들이 만든 추상적 비유는 주로 '친구와의 우정' 이었는데, 이는 추상적인 비유를 만들더라도 학생들에게 친숙한 경우에는 효과적인 비유가 될 수도 있음을 시사한다. 따라서 학생들이 만든 비유물의 추상도에 따른 대응 관계 이해 정도와 대응 오류 유형 등에 대해 심층적으로 조사할 필요가 있다.

대응 정도에 따라서는 많은 과학영재들이 자신이 만든 비유물과 목표 개념 간의 공유 속성에 대한 설명을 포함한 부연 비유(전체: 89.2%, 선택: 95.6%)를 만들었고, 일부는 단지 목표 개념은 비유물과 유사하다고 언급하는 단순 비유(전체: 10.8%, 선택: 4.4%)를 만들었다. 이 연구에서는 크로마토그래피라는 단 하나의 개념에 주목하고 있기 때문에 하나의 비유물로 여러 개념을 설명하는 식의 확장 비유는 존재할 수 없었다. 자신이 만든 비유 중에서 좋은 비유로 선택한 비유에서 부연 비유의 비율이 더욱 높아진 것으로 볼 때, 과학영재들은 대응 정도 측면에서 바람직한 비유를 만드는 경우가 많을 뿐만 아니라, 그러한 비유를 좋은 비유로 올바르게 인식하고 있는 것으로 볼 수 있다.

비유의 체계성에 따른 분류에서는 목표 개념의 속

성들 간의 인과 관계를 비유물이 체계적으로 포함하고 있는 고체계 비유(전체: 61.6%, 선택: 72.1%)가 인과 관계에 대한 언급 없이 표면적 유사성만을 포함한 저체계 비유(전체: 38.4%, 선택: 27.9%)보다 많았다. 즉, 다수의 과학영재들은 목표 개념의 주요 속성들 간의 인과 관계를 잘 파악하고 있으며, 비유를 통해 속성들의 관계를 잘 표현하고 있음을 보여준다. 목표 개념의 속성들 간의 관계에 대한 이해는 과학 개념 이해에 필요한 주요 도식을 인지 구조 내에 효과적으로 유도하여 적절하게 활용할 수 있도록 하는 요인이므로(권혁순, 2000), 과학영재들의 개념 이해나 응용력을 향상시키는데 비유 만들기 활동이 도움이 될 가능성을 시사하는 것으로 볼 수 있다. 그러나 선택한 비유 중에서 저체계 비유의 비율이 줄어들긴 했지만 그 비율이 낮지 않으므로, 과학영재들이 비유를 만드는 과정에서 속성들 간의 인과 관계를 체계적으로 포함하고 있는 비유를 만들 수 있도록 하는 구체적인 방안을 마련해야 할 것이다.

4. 대응 오류 유형

과학영재들의 자신이 만든 비유에 대한 대응 검사에서 나타난 대응 오류 유형별 분석 결과를 표 5에 제시하였다. 적어도 한 가지 이상의 대응 오류를 보인 학생들은 67.6%로 높은 편이었으며, ‘대응 불이행’, ‘과잉 대응’, ‘부적절한 대응’, ‘불가능한 대응’, ‘무분별한 대응’ 오류가 나타났다. 한편, 대응은 올바르게 시켰지만 자신의 경험이나 편견에 따라 잘못 해석하거나(인위적 대응), 비유물의 속성을 그대로 사용하는(비유물의 속성 보유) 오류는 나타나지 않았다.

대응 오류 유형별로 살펴보면, 가장 많이 나타난 ‘대응 불이행(39.7%)’ 오류는 목표 개념의 주요 속성이 비유물에 존재함에도 불구하고 대응시키지 않는 오류로, 과학영재들은 주로 목표 개념인 크로마토그래피의 ‘이동거리’나 ‘분자사이의 친화력’ 등의 속성에 대하여 이러한 오류를 범하였다. 이는 과학영재들

이 크로마토그래피에서 색소들이 분리된다는 측면에만 주로 주목하여, 색소들이 이동한 거리에 차이가 나는 이유인 ‘분자사이의 친화력’에 대한 고려가 부족했기 때문으로 볼 수 있다. 또한, ‘길에서 남자들의 이상형의 차이에 따라 여자들을 쫓아가는 정도가 다르다’라고 비유하면서 목표 개념의 분자와 거름종이의 친화력을 고려하지 않고, ‘거름종이’를 단순히 물질이 지나가는 통로로만 생각하여 ‘길’과 대응시키는 것과 같이 비공유 속성끼리 대응시키는 ‘과잉 대응’ 오류를 범하기도 하였다. 자석의 끌림과 밀어냄으로 비유한 경우에는 ‘다른 극’은 서로 끌기 때문에, ‘전개용매(거름종이)와 친한 물질’에 대응되고, 그때 작용하는 ‘자기력’이 ‘분자사이의 친화력’에 대응되지만, ‘다른 극’과 ‘분자사이의 친화력’을 서로 대응시킴으로써, 비유물과 목표 개념의 공유 속성을 올바르게 대응시키지 못하는 ‘부적절한 대응’ 오류를 범하였다. 이와 같은 결과는 과학영재라 할지라도 목표 개념과 비유물을 대응시키는 과정에서는 ‘분자사이의 친화력’과 같은 목표 개념의 추상적인 속성들을 이해하는데 어려움을 겪을 가능성이 있음을 보여준다.

‘불가능한 대응’ 오류는 목표물의 주요 속성이 비유물에 존재하지 않아 학생들이 나름대로 대응시키는 대응 오류이다. 예를 들어, 크로마토그래피를 ‘선생님의 말씀을 잘 듣는 경우 시험 성적이 더 많이 올라가는 것’에 비유하고, 목표 개념의 속성인 ‘거름종이’에 대응되는 비유물의 속성이 존재하지 않음에도 ‘시험’에 대응시킨 경우가 있었다. 또한, ‘수중과 공기 중에서 걷는 속도 차이’에 비유한 학생이 ‘전개용매’를 ‘우리의 발’에 대응시킨 후, 우리의 발은 전개용매와 같이 이동시켜준다고 설명한 경우처럼 비유물만 지닌 비공유 속성을 목표 개념의 공유 속성 중 아무것이나 대응시키는 ‘무분별한 대응’ 오류를 범하기도 하였다.

이러한 결과로 볼 때, 과학영재들도 목표물과 비유물을 대응시키는 과정을 어려워하는 것으로 볼 수 있다. 이는 과학영재들이 분리된 정보의 요소를 동시에 관련지어 조작할 때 세부적인 항목에 충분한 관심을

표 5
선택한 비유에 대한 대응 검사에서 나타난 대응 오류 유형별 빈도

오류 유형	대응 불이행	과잉 대응	부적절한 대응	불가능한 대응	무분별한 대응	계 ¹
빈도(%)	27 (39.7)	11 (16.2)	7 (10.3)	5 (7.4)	3 (4.4)	46 (67.6)

¹한 가지 이상의 대응 오류를 범한 빈도

두지 않는 경향이 있기 때문일 수 있다(김선희 등, 2005). 즉, 과학영재들이 목표 개념을 전반적으로 설명할 수 있는 비유를 만드는데 집중하여, 대응 과정에서 목표 개념의 하위 속성들을 고려하지 못한 것일 수 있다. 또한, 목표 개념이 추상적이고 많은 속성들을 포함하고 있어, 인지적 능력이 높은 과학영재들도 비유물의 속성이나 제한점에 대해 제대로 인식하지 못했을 가능성도 있다. 따라서 비유 만들기 수업 모형에서는 과학영재들이 자신이 만든 비유에 대해 비판적으로 사고하여 목표 개념과 비유물 사이의 유사점과 차이점을 규명하고 명료하게 할 수 있도록 대응 과정을 강조해야 할 필요가 있다. 예를 들어, 교사가 비유물과 목표 개념의 유사점뿐만 아니라 비공유 속성과 같은 비유물의 제한점에 대해서 구체적으로 설명해 주거나 학생들 스스로 생각해 볼 수 있는 구체적인 단계를 제공함으로써, 대응 오류 및 오개념을 유발할 가능성을 줄일 수 있을 것이다.

5. 비유 만들기 활동에 대한 과학영재들의 인식

비유 만들기 활동에 대한 과학영재들의 인식 검사 결과(표 6), 과학영재들은 비유 만들기 활동 방법을

잘 이해할 수 있었고(문항 1), 자신이 만든 비유와 목표 개념의 비슷한 점을 생각해 내는 것도 쉬웠다(문항 2)는 응답이 많았다. 또한, 대부분의 과학영재들은 비유 만들기 활동이 학습 내용을 이해하거나(문항 3), 오래 기억하는 데(문항 4)에 도움이 된다고 생각하고 있었고, 그 이유로 비유 만들기 활동이 재미있고 흥미로웠으며, 비유를 만들어 내기 위해 크로마토그래피에 대해 더 깊게 생각할 수 있었기 때문이라고 기술하였다.

과학영재들은 대체로 비유 만들기 활동이 어렵지 않았다고 생각했으나(문항 5), 비유 만들기 활동에 어려움을 겪었다고 응답한 학생들(20.0%)도 적지 않았다. 따라서 추후 연구에서는 과학영재들이 비유 만들기 활동 과정에서 겪는 어려움에 대해 구체적으로 조사할 필요가 있다. 비유 만들기 활동에 대한 흥미와 참여도에 대한 문항에서는 비유 만들기가 새로운 경험이었으며, 직접 자신이 만든 비유를 발표했기 때문에 재미있었다고 응답하였으며(문항 6), 활동에 적극적으로 참여했다고 인식하였다(문항 7). 많은 과학영재들이 비유 만들기 활동을 이용해서 다른 상황(문항 8)이나 다른 과학 내용을 배울 때(문항 9) 활용하겠다고 응답했으며, 그 이유로는 학습 내용을 쉽게 이해하는

표 6
비유 만들기 활동에 대한 과학영재들의 인식 검사 결과

문항	응답률 ¹ (단위:%)					평균
	SD	D	N	A	SA	
1. 비유 만들기 활동 방법에 대한 설명을 모두 잘 이해했습니까?	-	-	9.4	53.3	37.3	4.3
2. 자신이 만든 비유와 학습 내용과 비슷한 점을 생각할 수 있었습니까?	1.3	4.0	17.3	54.7	22.7	3.9
3. 비유 만들기 활동이 학습 내용을 이해하는데 도움이 되었습니까?	2.7	2.7	18.7	53.2	22.7	3.9
4. 비유 만들기 활동을 통해 배운 것이 학습 내용을 오래 기억하는데 도움이 될 것으로 생각합니까?	1.3	4.0	10.7	50.7	33.3	4.1
5. 비유 만들기 활동을 수행하는데 어려운 점이 있었습니까?	28.0	32.0	20.0	18.7	1.3	2.9
6. 비유 만들기 활동이 재미있었습니까?	2.7	8.0	26.7	38.6	24.0	3.7
7. 비유 만들기 활동에 적극적으로 참여했습니까?	-	5.3	30.7	44.0	20.0	3.8
8. 비유 만들기 활동 경험을 다른 상황에 이용하여 설명하겠습니까?	8.0	20.0	14.7	38.6	18.7	3.4
9. 비유 만들기 활동을 다른 과학 내용을 배울 때에도 활용하면 좋겠습니까?	2.7	16.0	37.3	28.0	16.0	3.4
10. 선생님이 비유 만들기 활동을 사용한 이유가 무엇이라고 생각합니까?	<ul style="list-style-type: none"> · 쉬운 내용으로 확실하게 개념을 이해하기 위해서(52.0) · 배운 내용을 더 잘 기억하게 하기 위해(12.0) · 학생들의 창의력 향상을 위해(10.7) · 더 깊게 생각해보기 위해(4.0) · 기타(4.0) · 무응답(17.3) 					

¹ SD: 전혀 그렇지 않다, D: 그렇지 않다, N: 보통이다, A: 그렇다, SA: 매우 그렇다.

데 도움이 되고 상상력을 키울 수 있기 때문이라고 하였다. 그러나 비유 만들기 활동을 다른 상황에서 설명할 때 활용하거나, 다른 개념 학습에 사용하는 것에 대해 부정적으로 응답한 과학영재들도 많았으므로(문항 8: 28.0%; 문항 9: 18.7%), 과학영재들이 비유 만들기 활동의 유용성에 대한 인식을 높일 수 있는 방안을 마련해야 할 것이다. 마지막으로 비유 만들기 활동의 목적을 묻는 질문(문항 10)에 대해서는 절반 이상의 과학영재들이 '쉬운 내용으로 확실하게 개념을 이해하기 위해서(52.0%)' 라고 응답하였으며, 그 외에도 '배운 내용을 더 잘 기억하기 위해(12.0%)', '창의력 향상을 위해(10.7%)' 라는 응답도 있었다. 이는 과학영재들이 비유 만들기 활동의 목적을 잘 이해하고 있다는 것을 보여준다.

이러한 결과는 비유 만들기 활동이 과학영재들의 개념 학습을 향상시키고 과학 학습에 대한 창의력과 흥미를 자극하는 새로운 경험이기 때문에, 대부분의 과학영재들이 비유 만들기 활동에 대해 긍정적으로 인식하고, 적극적으로 참여했음을 보여준다. 따라서 과학영재들이 주도적으로 자신의 사전 지식이나 경험을 학습 내용과 연결시켜 자신만의 새로운 비유를 만들어내는 비유 만들기 활동은 과학영재 교육프로그램으로 적합한 활동이라고 볼 수 있다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 과학영재들을 위한 교육프로그램의 일환으로 비유 만들기 활동의 적용 가능성을 탐색하기 위해, 중학교 2학년 과학영재들이 크로마토그래피에 대한 비유 만들기 활동에서 만든 비유의 유형과 대응 오류 유형 및 비유 만들기 활동에 대한 인식을 조사하였다.

연구 결과, 과학영재들은 목표 개념에 대한 비유를 구체적이고 일상적인 상황에 기초하여 목표 개념이 지니고 있는 기능적 속성을 글과 그림을 모두 사용하여 표현한 경우가 많았고, 속성들 간의 인과 관계에 대한 설명을 포함시켜 체계적인 비유를 만드는 것으로 나타났다. 또한, 과학영재들은 자신이 만든 비유 중에서 친구나 성적과 같은 학교생활을 소재로 사용하고 목표 개념의 공유 속성이 많이 포함되어 있어, 목표 개념의 구조와 원리를 잘 담고 있는 비유를 좋은 비유로 선택하는 경향이 있었다. 한편, 과학영재들은

비유 만들기 활동이 학습 내용을 이해하거나 오래 기억하는데 도움이 되며, 상상력과 창의력을 향상시키는데 효과적이라는 인식을 지닌 경우가 많았고, 비유 만들기 활동이 재미있는 활동이어서 적극적으로 참여했다는 응답이 많았다. 이런 결과는 비유 만들기 활동이 과학영재들에게 학습한 개념을 자신의 사전 지식이나 경험과 연관시켜 설명할 수 있는 기회를 제공하여 개념 학습에 효과적일 뿐만 아니라, 과학 학습에 대한 흥미와 참여를 높이는데 도움을 줄 수 있으므로 과학영재들을 위한 교육프로그램으로 활용 가능성이 높은 활동임을 시사한다. 따라서 이 연구 결과를 과학영재 담당교사 연수 프로그램을 통해 영재담당 교사들에게 제공하여 비유 만들기 활동을 활성화함으로써, 기존의 속진과 심화 형태의 과학영재 교육프로그램의 문제점을 해결하는데 기여할 수 있을 것이다.

그러나 과학영재들 중에서 목표 개념의 구조와 기능적 속성을 모두 포함한 비유를 만든 경우가 많지 않았고, 작위적 비유를 만든 경우도 적지 않았으며, 비유물과 목표 개념을 올바르게 대응시키지 못해 오류를 범하는 학생들도 많았다. 따라서 과학영재를 위한 비유 만들기 수업에서는 과학영재들이 구조와 기능적 속성을 모두 포함하고 있으며, 일상생활에서 흔히 경험할 수 있는 상황을 소재로 선택하여 비유를 만들 수 있도록 체계적인 비유 만들기 수업 모형을 구성하는 것이 필요하다. 또한, 학생들이 자신이 만든 비유의 제한점에 대해 깊이 생각해볼 수 있는 구체적인 단계를 제공함으로써, 대응 오류를 예방할 수 있을 것이다.

한편, 비유 만들기가 학생들의 과학 개념 이해 및 창의성 향상에 도움이 될 수 있다고 제안되고 있음에도 불구하고, 이 연구에서 학생들이 만든 비유 활동지와 대응 검사지를 통해 얻은 결과만으로는 비유 만들기 활동이 과학 개념 이해와 창의성의 어떤 측면에 도움을 주는지에 대한 정보를 심층적으로 밝히기에 한계가 있다. 또한, 학생들이 비유를 만드는 과정이나 대응 과정 및 대응 오류가 발생한 원인에 대해서도 알기 어려웠다. 따라서 과학영재들을 위한 비유 만들기 수업 모형 개발을 위해서는 관찰이나 심층 면담 등을 활용한 정성적인 연구를 통해 과학 개념 이해와 창의성 향상 측면에서 과학영재들이 비유 만들기 활동에서 거치는 구체적인 학습 과정 및 대응 오류의 원인에 대해 보다 깊이 탐색할 필요가 있다.

또한, 비유 만들기 활동에서 학생들이 만든 비유의

유형이나 대응 오류 유형은 목표 개념의 특성이나 학생의 논리적 사고력, 창의력 등 다양한 인지적 특성에 따라 다르게 나타날 가능성이 있다. 따라서 다양한 개념에 대한 비유 만들기 수업에서 과학영재들과 일반 학생들을 비교하는 연구를 진행하여 목표 개념의 특성에 따른 차이와 과학영재들의 특성을 구체적으로 조사한다면, 과학영재들에게 적합한 비유 만들기 수업 모형 개발에 중요한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

국문 요약

이 연구에서는 비유 만들기 활동을 도입한 크로마토그래피 개념 학습에서 과학영재들이 만든 비유의 유형과 대응 오류 유형 및 비유 만들기 활동에 대한 인식을 조사하였다. 서울시 4개 교육청의 중학교 2학년 과학영재 68명의 학생을 대상으로 하였다. 연구 결과, 과학영재들은 대부분 구체적이고 일상적인 상황에 기초하여 글과 그림으로 비유를 표현하였고, 목표 개념의 기능적 속성과 인과 관계를 포함시켜 부연 설명하였다. 자신이 만든 비유 중 가장 좋은 비유로는 목표물과 비유물 사이의 유사점이 가장 많거나 구조와 원리가 비슷한 비유를 선택하는 학생들이 많았으며, 비유 소재로는 주로 '학교생활'을 사용하였다. 선택한 비유에 대한 대응 검사 결과, 많은 과학영재들이 '대응 불이행', '과잉 대응' 등의 오류를 범하는 것으로 나타났다. 또한, 과학영재들은 비유 만들기 활동에 대해 긍정적으로 인식하는 것으로 나타났다. 이 연구 결과는 과학영재들을 위한 교육프로그램으로 적용할 수 있는 비유 만들기 수업 모형의 개발을 위한 기초 정보로 활용될 수 있을 것이다.

참고 문헌

권혁순 (2000). 화학 교육에서 비유의 사용 현황과 비유를 사용할 때 개념 이해에 영향을 미치는 요인. 서울대학교 대학원 박사 학위 논문.

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.

김미숙, 조석희, 윤초희, 진석언 (2004). 중학생 영재의 지적·정의적 특성에 따른 효과적인 교수학습 전략 탐색. 한국교육개발원 수탁연구, CR 2004-40.

김선희, 김기연, 이종희 (2005). 중학교 수학영재와 과학영재 및 일반학생의 인지적·정의적·정서적 특성 비교. 수학교육, 44(1), 113-124.

나동진, 김진철 (2004). 삼원지능, 사고양식, 학업 성취의 관계에서 과학영재와 일반학생의 구조적 차이. 한국교육심리학회, 18(1), 115-130.

노태희, 양찬호, 강훈식 (2009). 포화용액 개념에 대해 초등 과학영재와 일반 학생들이 만든 비유의 특성과 대응 관계 이해도 및 대응 오류. 초등과학교육, 28(3), 292-303.

박지영, 이길재, 김성하, 김희백 (2005). 과학영재 교육 프로그램 분석 모형의 고안과 국내의 과학영재를 위한 생물프로그램의 실태 분석. 한국생물교육학회지, 33(1), 122-131.

서울특별시과학전시관 영재교육지원센터 (2008). 영재교수·학습표준화자료 중학교 과학-화학. 과학전시관-2008-83.

서울특별시교육청 (2009). 서울 영재교육과정/중등과학.

이희주 (2007). 초등학생을 위한 창의성 증진 프로그램 개발과 효과 분석. 초등교육연구, 20(2), 139-160.

정현철, 한기순, 김병노, 최승언 (2002). 과학 창의성 개발을 위한 프로그램 개발 -이론과 예시를 중심으로-. 한국지구과학회지, 23(4), 334-348.

한국교육개발원 (2008). 영재교육 전문성 신장을 위한 제8기 영재교육 담당교원 직무연수[정보과학편]. 연구보고서 TM 2008-0102.

한기순, 배미란, 박인호 (2003). 과학영재들은 어떻게 사고하는가. 한국과학교육학회지, 23(1), 21-34.

Blake, A. (2004). Helping young children to see what is relevant and why: Supporting cognitive change in earth science using analogy. *International Journal of Science Education*, 26(15), 1855-1873.

BouJaoude, S., & Tamim, R. (2000). Analogies generated by middle-school science students—types and usefulness. *School Science Review*, 82(299), 57-63.

Else, M. J., Clement, J., & Ramirez, M. A. (2003). Should different types of analogies be treated differently in instruction? Observations from a middle-school life science curriculum. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Philadelphia, PA.

Glynn, S. M. (1996). Teaching with analogies: Building on the science textbook. *The Reading Teacher*, 49, 490-492.

Keating, D. P. (1980). Four faces of creativity: The continuing plight of the intellectually underserved. *Gifted Child Quarterly*, 24, 56-61.

Middleton, J. L. (1991). Student-generated analogies in biology. *American Biology Teacher*, 53(1), 42-46.

Orgill, M., & Bodner, G. M. (2006). An analysis of the effectiveness of analogy use in college-level biochemistry textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 1040-1060.

Paatz, R., Ryder, J., & Schwedes, H. (2004). A case study analysing the process of analogy-based learning in a teaching unit about simple electric circuits. *International Journal of Science Education*, 26(9), 1065-1081.

Taber, K. S. (2001). When the analogy breaks down: Modelling the atom on the solar system. *Physics Education*, 36(3), 222-226.

Van Meter, P. (2001). Drawing construction as a strategy for learning from text. *Journal of Educational Psychology*, 93(1), 129-140.

Wittrock, M. C., & Alesandrini, K. (1990). Generation of summaries and analogies and analytic-holistic abilities. *American Educational Research Journal*, 27(3), 489-502.

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] 대응 검사지

◆ 앞에서 자신이 만든 비유 중, “크로마토그래피의 원리”를 가장 잘 설명할 수 있는 비유를 하나만 골라, 다음 물음에 답해보자.

★ 선택한 비유 : ()비유

★ 위 비유를 선택한 이유 :



아래 <보기> 중에서 ‘선택한 내가 만든 비유’와 비슷한 점에 해당하는 것을 연결하고, 어떤 점에서 비슷한지 설명해보자. (필요하면 보기에 없는 요소를 기타에 넣어 연결해도 좋음)

- | | | |
|---------------|-------------|---------------|
| ① 전개용매 | ② 거름종이 | ③ 전개용매와 친한 물질 |
| ④ 거름종이와 친한 물질 | ⑤ 분자사이의 친화력 | ⑥ 이동 거리 |

보기	내가 만든 비유	설명해보기
----	----------	-------

예시

(①) - (A) “A는 ~~(것) 처럼, ①도 ~~(하)므로 서로 비슷하다.”
() - ()
() - ()
() - ()
() - ()
() - ()
() - ()

기 타 :



위 <보기>의 요소들 중에 ‘선택한 내가 만든 비유’와 연결은 되지만, 서로 다른 점이 있으면 연결하고, 어떤 점에서 다른지 설명해보자. (필요하면 보기에 없는 요소를 기타에 넣어 연결해도 좋음)

보기	내가 만든 비유	설명해보기
----	----------	-------

예시

(②) - (B) “B는 ~~(이) 지만, ②는 ~~(하)므로 서로 다르다.”
() - ()
() - ()
() - ()
() - ()

기 타 :
