

학생 중심 비유 활용 수업이 중학생의 광합성 개념 이해에 미치는 영향

변춘수 · 김희백*

면목중학교 · ¹서울대학교

The Effects of Student-Centered Instruction Using Analogy for Middle School Students' Learning of the Photosynthesis Concept

Byun, Chun Su · Kim, Heui-Baik^{1*}

Myonmok Middle School · ¹Seoul National University

Abstract: The purpose of this study is to explore the effects of student-centered instruction using analogies for middle school students' learning of the photosynthesis concept. Participants in this study were 8th grade students at a middle school in Seoul (N=132). The students were divided into two groups for implementation. In the experimental group the teaching materials containing analogies were used while the contents of a science textbook were taught in the control group. The results of this study indicated that student-centered instruction using analogies was more effective than traditional methods of instruction for understanding photosynthesis concepts and the students' attitude toward the science class. Analogies were also found to contribute to developing an understanding of the photosynthesis concept through activating students' prior knowledge, focusing on structural features of the target concept and elaborating knowledge. In addition, analogies play an important role in activating small group discussions, improving students' meta-cognitive skills, and revealing and revising of misconceptions about photosynthesis. Moreover, analogies can help improve students' interests and self-efficiency in science classes.

Key words: analogy, student-centered instruction, photosynthesis, concept learning

I. 서 론

과학 개념 중에는 학생들이 이해하기 어려워하는 개념들이 있으며(Chi, 1992; Venville & Treagust, 1998), 과학 교육자들은 이런 개념들의 속성은 무엇인지, 학습을 통해 학습자의 개념이 어떻게 변화해가는 지 등에 대한 연구를 통해 이 어려움을 해결하고자 노력하여 왔다.

생물학에서 학생들이 어려워하거나 오개념을 많이 갖고 있는 분야는 자연 선택, 확산, 유전, 물질대사 등과 같이 직접 눈으로 관찰하거나 경험하기 어려운 추상적 속성을 지닌다(이원경, 김희백, 2007; 정영란, 강경리, 1998; Chi, 2000). 특히, 광합성 개념은 생물의 기본 현상인 물질 대사를 이해하기 위한 개념으로 중요도가 높다고 할 수 있으나(정영란, 강경리, 1998), 관찰을 통해 쉽게 파악하기 어려운 추상적인

개념이다(조희형, 1994). 또한, 학생들은 무의식중에 사람과 마찬가지로 식물도 주변 환경으로부터 양분을 받아들인다는 오개념을 지니고 있다(김수미, 정영란, 1997; 박강훈 등, 1992). 따라서 광합성 개념 이해를 도울 수 있는 적절한 교수·학습 전략의 개발 및 그 효과에 대한 연구가 필요하다고 할 수 있다.

어려운 과학 개념을 교수·학습하는 데 비유는 가치 있는 도구로 알려져 있다(Duit, 1991; Glynn, 1991; Weller, 1970). 생물 교육에서도 추상적 개념의 이해를 돕기 위한 방안의 하나로 학습자의 기존 지식이나 경험에 바탕을 둔 비유물(analogy)을 활용한 미시적이고 추상적인 개념을 구체화시켜 줄 수 있는 비유 수업의 효과에 관한 연구가 많이 진행되어 왔다(김동렬, 2008; 김희백 등, 2001; 김희정, 조연순, 2001; 이원경, 김희백, 2007; Baker & Lawson, 1995; Mason, 1994; Pittman, 1999; Venville &

*교신저자: 김희백(hbkim56@snu.ac.kr)

**2010.01.14(접수) 2010.03.27(1심통과) 2010.04.07(최종통과)

Treagust, 1996).

많은 과학 개념 영역에서 비유가 개념 학습을 촉진하고 학생들의 흥미를 유발하는 효과가 있다는 연구 결과들이 있으나, 대부분 교사가 일방적으로 비유를 제시하고 설명하는 방식에 머무르고 있다는 한계를 가진다(최은규, 2004; Calik & Ayas, 2005; Tsai, 1999). 학습은 의식적이고 의도적인 활동이 요구되는 과정이고 학습자 스스로의 노력 없이는 학습 효과를 기대하기 어려우므로(Richard & Mashihō, 2006), 학생들이 비유 사용의 주체가 되어 학습 과정에 능동적으로 참여할 수 있는 학습 맥락을 제공할 필요가 있다. 이에, 학습 과정에서 학생들의 능동적인 참여를 유도하고자 학생들이 직접 비유를 만들어 보는 활동이 제안되었다. Wong(1993)은 학생 스스로 비유를 만드는 과정에서 학생들은 자신의 선지식을 확인하고, 이를 새로운 상황과 연결하여 사고하는 데 적극적으로 참여하게 된다고 하였다.

그러나 비유 만들기는 고도의 인지 능력을 요구하는 측면이 있어서(Zook & Maier, 1994), 이제까지 이루어진 연구의 상당수가 소수의 고학년 학생들을 대상으로 진행되는 경향이 있었다(Boujaoude & Tamin, 2000). 따라서 아직 형식적 사고가 충분히 발달하지 못한 중학생들에게 적용 가능한 비유 활용 수업 모형의 개발이 필요하다고 할 수 있다. 어린 초보자는 전문가에 비해 비유물과 목표물이 갖는 특징들을 제대로 고려하지 못하여, 비유 만들기를 어려워하거나 질이 낮은 비유를 만들게 되므로 교사의 도움을 필요로 한다(Zook & Maier, 1994). 그러므로 먼저 교사에 의해 학생들에게 친숙하고 목표 개념과 구조적 유사성을 지니는 체계적 비유물이 제시된 후에 비유 만들기 활동을 도입하는 것이 바람직하다.

이상의 논의를 바탕으로 본 연구에서는 중학생들을 대상으로 한 학생 중심 비유 활용 수업을 개발하고 광합성 단원에 적용하여 그 효과를 알아보려 하였다. 또한, 이제까지의 비유에 관한 연구 대부분이 비유의 효과 검증에 머물고 있는 측면이 있어 비유가 구체적으로 개념 이해에 어떤 역할을 했는지에 대한 탐색이 필요하므로(이원경, 김희백, 2007), 이에 대한 분석도 함께 수행하였다.

본 연구의 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

1) 학생 중심 비유 활용 수업이 광합성 개념 이해에 효과적인지 검증한다.

2) 학생 중심 비유 활용 수업이 학생들의 과학 수업에 대한 태도에 미치는 영향을 알아본다.

3) 중학생들의 광합성 개념 학습 과정에서 비유의 구체적인 역할을 알아본다.

II. 연구 방법 및 절차

1. 연구 대상

본 연구는 서울 시내 소재 남녀공학 중학교 2학년 4개 학급의 132명을 대상으로 진행되었다. 1학기 중간고사 과학 성적 평균이 유사한 4학급을 선정한 후, 학생 중심 비유 활용 수업 집단(실험집단)과 비교집단으로 무선 배치하였다. 연구를 진행한 중학교는 집안 형편이 어려운 결손가정(편부, 편모, 소년소녀 가장 등)에 속하는 학생이 전체의 20% 정도로 서울의 다른 지역에 비해 그 비율이 높은 편으로, 사교육이 적게 이루어지고 학습에 대한 열의가 높은 학생들로 구성되어 있다는 특징이 있다.

2. 연구 절차

본 연구는 학생 중심 비유 활용 수업 모형 개발, 사전 검사, 수업 실시, 사후 검사, 결과 처리 및 분석 순으로 진행되었으며 자세한 내용은 <그림 1>과 같다.

수업은 중학교 2학년 '식물의 구조와 기능' 단원에서 광합성 부분에 대하여 실험을 포함하여 6차시에 걸쳐 실시되었다. 이 중 3차시와 5차시에 실험집단에서는 학생 중심 비유 활용 수업이 이루어진데 비해, 비교집단에서는 이에 상응하는 내용의 소집단 토의 수업이 이루어졌다(표 1).

3. 학생 중심 비유 활용 수업 모형 개발

본 연구에서 개발한 학생 중심 비유 활용 수업 모형은 Glynn(1989)의 TWA수업 모형과 Wong(1993)의 비유 만들기 수업을 참고로 하여 <그림 2>와 같이 개발하고 적용하였다. 이 수업 모형은 총 3단계로 구성된다. 1단계 목표 개념 도입에서 식물의 양분과 광합성 과정에 대한 학생들의 선 개념 확인이 이루어지고 목표 개념인 광합성이 도입되며, 2단계 비유 제시 단계에서는 학생들에게 친숙한 체계적 비유물이 교사에 의해

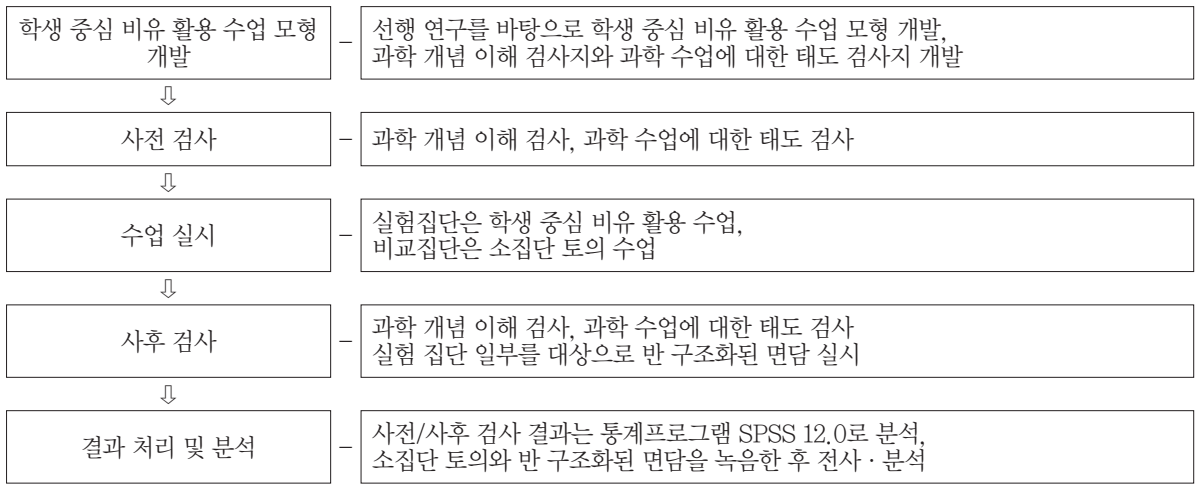


그림 1 연구 절차

표 1 차시별 수업 내용

차시	실험집단	비교집단
1	광합성 장소 및 광합성에 필요한 물질	광합성 장소 및 광합성에 필요한 물질
2	광합성으로 생기는 물질(광합성 산물 확인 실험)	광합성으로 생기는 물질(광합성 산물 확인 실험)
3	마법사 비유 제시 및 소집단 토의를 통한 비유 만들기 활동	광합성 장소, 산물에 대한 소집단 토의
4	광합성에 영향을 주는 환경 요인	광합성에 영향을 주는 환경 요인
5	식당 비유 제시 및 소집단 토의를 통한 비유 만들기 활동	광합성에 영향을 주는 환경 요인에 대한 소집단 토의
6	광합성 과정에 대해 학생들이 만든 비유 발표 및 토의	광합성 전 과정에 대한 소집단 토의 및 강의

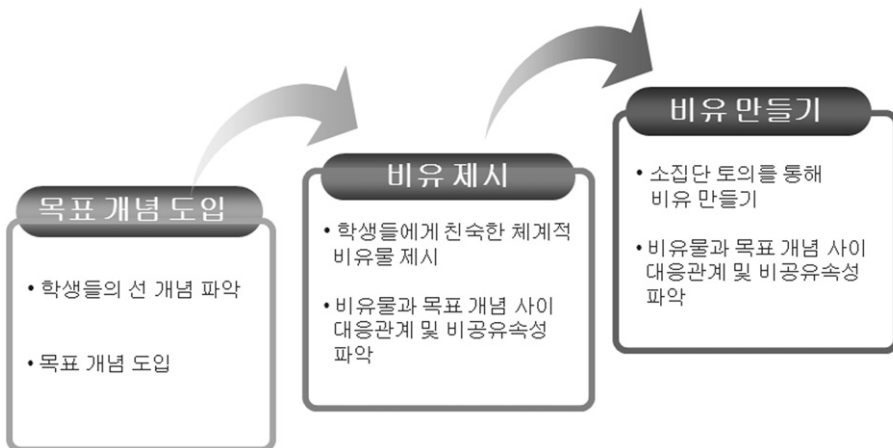


그림 2 학생 중심 비유 활용 수업 모형

제시된다. 그리고 마지막 3단계에서는 앞서 제시된 비유를 발판으로 해서 학생들이 소집단 토의를 통해 직접 비유를 만드는 활동이 이루어진다. 이 모형은 학생들의 선 개념과 연관 있는 학생들에게 친숙한 비유물

이 제시된다는 점과 학생들에 의해 직접 비유물 구성이 이루어진다는 점에서 학생이 중심이 되는 비유 활용 수업이라 할 수 있다. 따라서 이와 같은 수업 형태를 ‘학생 중심 비유 활용 수업 모형’이라 명명하였다.

1) 목표 개념 도입

비유를 활용한 수업에서는 비유를 도입하기 전에 학생들이 광합성과 관련하여 어떠한 선 개념을 가지고 있는가를 먼저 확인하는 것이 바람직하다. 학생 중심 비유 활용 수업 모형의 1 단계는 '목표 개념 도입'으로 식물의 양분에 관해 학생들이 가지고 있는 생각을 발표해보고, 목표 개념인 광합성을 도입하는 단계이다.

2) 비유 제시

본 연구에서 학생들에게 제시한 비유는 마법사 비유와 식당 비유였다. 이 중 식당 비유는 Glynn(1991)과 김희정과 조연순(2001)을 참고하여 개발하였다. 본 연구에서 개발한 이 비유물의 목표물과의 대응 속성은 <표 2>와 같다.

이 두 비유물은 마법사, 식당, 요리 등 학생들에게 친숙한 소재와 용어를 활용하였으며, 목표 개념과 구조적인 유사성을 지니는 체계적 비유물이라는 특징이 있다. 교사에 의해 비유가 제시된 후 학생들은 비유물과 목표 개념의 유사성을 대응시켜 봄으로써 목표 개념의 이해를 시도하며, 비유물과 목표 개념의 비공유 속성을 찾아봄으로써 비유의 한계에 대해 인식하는 활동을 거쳤다.

3) 비유 만들기

학생들이 비유 사용의 주체가 되어 학습 과정에 능동적으로 참여할 수 있는 학습 맥락을 제공하기 위해 본 연구에서는 학생들에게 소집단별로 광합성 과정에 대응되는 비유물을 만들어보게 하였다. 그러나 비유 만들기 활동은 인지능력이 낮은 학습자에게 부담을

주는 활동이 될 수 있으며, 이로 인해 교수 효과가 제한적일 수 있다는 문제점이 있다(최은규, 2004). 이에, 본 연구에서는 개인별이 아닌 소집단별로 토의를 통해 비유물을 만들어 보게 하였다. 구성원 간의 상호작용을 중시하는 소집단 과정은 학생들이 만든 비유의 질을 향상시킬 수 있는 유용한 학습 전략으로 제안된다(Brown & Campione, 1994). 학습자는 소집단 활동을 통해 자신이 만든 비유를 구성원과 공유하여 비유의 제한점을 찾아내고, 만든 비유를 수정·보완함으로써 목표 개념에 대한 의미를 적절히 구성해나갈 수 있다(Mason, 1995). 또한, 전 단계와 마찬가지로 학생들은 만들어 낸 비유물과 목표 개념의 대응관계 및 비공유속성에 대해 논의하는 과정을 거쳤다.

4. 검사 도구 및 분석 방법

본 연구에서는 학생들의 과학 개념 이해도와 과학 수업에 대한 태도를 측정하기 위하여 과학 개념 이해 검사와 과학 수업에 대한 태도 검사를 사용하였다. 또한 실험집단을 대상으로 수업 중 소집단 토의와 수업 후 반 구조화된 면담을 녹음한 후 전사하여 분석하였다.

1) 과학 개념 이해 검사

과학 개념 이해 검사는 학습한 내용에 대해 검사지를 개발하여 사전, 사후에 사용하였다. 과학 개념 이해 검사지는 광합성 과정과 재료, 산물을 묻는 내용으로 선택형 문항 4문항과 서답형 문항 1문항을 합하여 총 5문항으로 구성되었다. 제작된 검사지는 과학교육 전문가 1인과 현직 과학 교사 2인에게 안면 타당도를 검증

표 2 비유물과 목표물의 대응 속성

	비유물	목표물
비유 1. 마법사 비유	마법사가 빵을 만들어 낸 일	식물의 광합성
	마법사의 모자 속에 넣은 것	물, 이산화탄소
	마술봉으로 넣은 것	빛
	마법사의 초록 모자	엽록체
	마법으로 생긴 것	포도당, 산소
비유 2. 식당 비유	식당에서 요리가 만들어지는 과정	식물의 광합성
	식당으로 운반되는 음식 재료들	물, 이산화탄소
	음식을 만들 때 필요한 열	빛
	요리가 일어나는 식당의 주방	엽록체
	다 만들어진 음식	포도당, 산소

받았고, 내적 신뢰도(Cronbach α)는 0.76이었다.

또, 학생들의 개념 이해 정도를 더 자세히 알아보기 위해 글쓰기 검사도 함께 실시하였다. 글쓰기 검사의 문항 내용은 식물의 양분을 얻는 방법을 동생에게 설명한다 생각하고 자세히 써보도록 하는 것이었다. Hand 등(1999)은 과학에 대한 이야기를 나눌 때 과학의 언어를 교사가 아닌 다른 독자들을 위해 변형시킴으로써, 내용에 대한 더 깊이 있는 개념 이해가 촉진될 수 있다고 지적한 바 있다. 나이 어린 독자들을 위한 어휘는 훨씬 더 이해하기 쉬워야 하기 때문에 학생들로 하여금 동생에게 설명한다 생각하고 자세히 써보도록 하는 것은 식물의 양분에 대한 학생들의 개념 이해 정도를 파악하는 데 효과적인 방법이라 생각된다. 글쓰기 검사는 Mason(1994)의 연구 틀을 참고하여 광합성 과정에 대한 개념 이해의 정도에 따라 0 - 7점으로 채점 기준을 정하였다. 이 때 연구자 주관에 의한 편향을 줄이고 분석의 신뢰도를 높이기 위해 2인의 연구자가 함께 채점하였다. 연구자 간의 일치도는 0.94이었다. 이 논문에서는 학생들의 이름 대신 기호를 사용하여 글쓰기 답안의 사례를 제시하였다.

학생들의 개념 이해 점수는 과학 개념 이해 검사와 글쓰기 검사에서 받은 점수의 합으로 이루어지며, 과학 개념 이해 검사 23점, 글쓰기 검사 7점을 합하여 만점 30점이었다. 학생 중심 비유 활용 수업 처치가 학생들의 개념 이해에 미치는 영향을 알아보기 위하여 사후 개념 이해 점수를 종속 변인, 수업 처치를 독립 변인, 사전 개념 이해 검사 점수를 공변인으로 하는 공변량 분석을 실시하였다.

2) 과학 수업에 대한 태도 검사

과학 수업에 대한 태도 검사지로는 Fraser(1981)의 TOSRA(Test Of Science-Related Attitudes)의 하위영역 중 '과학 수업의 즐거움' 영역에 해당하는 10 문항을 사용하였다. 모든 문항은 5단계 리커트 척도로 이루어져 있으며, 검사지의 내적 신뢰도(Cronbach α)는 사전 검사에서 0.925, 사후검사에

서 0.931이었다.

개념 이해 검사와 마찬가지로, 수업 처치가 과학 수업에 대한 태도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 사후 과학 수업에 대한 태도 점수를 종속 변인, 수업 처치를 독립 변인, 사전 과학 수업에 대한 태도 점수를 공변인으로 하는 공변량 분석을 실시하였다.

3) 소집단 토의와 반 구조화된 면담 녹음 및 전사

실험집단의 소집단 토의 내용과 반 구조화된 면담 내용은 녹음하여 전사하여 분석에 사용하였다. 그것이 학생들의 광합성 개념 변화 과정과 비유적 추론 과정을 드러내는 데 잠재적으로 풍부한 출처라고 생각했기 때문이다. 본 연구에서는 가능하면 인터뷰와 소집단 토의 전사 자료를 순서대로 기록하여 소집단 내에서의 사회적 상호작용과 학습에서 비유의 역할을 더 잘 이해할 수 있도록 하였다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 학생 중심 비유 활용 수업의 효과

1) 개념 이해에서의 효과

학생 중심 비유 활용 수업이 광합성 개념 이해에 미친 효과를 알아보기 위해서 학생들의 개념 이해 검사 점수를 분석하였다. 비교집단과 실험집단의 개념 이해 검사의 평균 점수는 <표 3>과 같았다. 이 두 집단의 사전 검사 점수가 통계적으로 유의미한 차이가 있었기 때문에 사전 검사 결과를 공변인으로 하여 공변량 분석을 한 결과, 실험집단의 광합성 개념 이해 점수는 비교집단에 비해 통계적으로 5% 유의 수준에서 유의미한 차이를 보인 것으로 나타났다(표 4).

즉, 학생 중심 비유 활용 수업이 학생들의 광합성 개념 이해 향상에 효과적임을 알 수 있다. 이러한 결과는 설명식 수업 집단보다 비유 수업 집단이 유전 개념에 관해서 학업 성취도 향상에 효과가 있었다는 Baker와 Lawson(1995)의 결과와 일치하며, 비유를

표 3
개념 이해 사전·사후 검사

	인원(명)	사전 검사		사후 검사	
		평균	표준편차	평균	표준편차
비교집단	64	9.33	5.61	19.17	7.10
실험집단	68	11.47	6.35	22.24	6.80

표 4
개념 이해 검사에 대한 공변량 분석

변인	제곱합	자유도	평균 제곱	F	p
공변인 (사전검사)	345.03	1	345.03	7.50	.007
주효과 (수업처치)	196.71	1	196.71	4.28	.041
오차	5934.32	129	46.00		
전체	6588.75	131			

표 5
과학 수업에 대한 태도 사전·사후 검사

	인원(명)	사전 검사		사후 검사	
		평균	표준편차	평균	표준편차
비교집단	64	35.55	7.03	37.11	7.63
실험집단	68	38.09	5.48	40.41	6.97

표 6
과학 수업에 대한 태도 검사에 대한 공변량 분석

변인	제곱합	자유도	평균 제곱	F	p
공변인 (사전 검사)	281.51	1	281.51	5.47	.021
주효과 (수업처치)	231.88	1	231.88	4.50	.036
오차	6643.20	129	51.50		
전체	7284.27	131			

이용한 수업이 세포의 구조와 기능 학습에 효과가 있었다는 김희백 등(2001)의 연구 결과와도 일치한다.

2) 과학 수업에 대한 태도에서의 효과

비유를 활용한 수업이 학생들의 과학 수업에 대한 태도에 미치는 효과를 알아보기 위해서 학생들이 태도 검사지에 응답한 결과를 분석하였다. 비교집단과 실험집단의 과학 수업에 대한 태도는 <표 5>와 같았으며, 두 집단의 사전 검사 평균 점수가 통계적으로 유의미한 차이가 있었기 때문에 사전 검사 결과를 공변인으로 하여 공변량 분석을 한 결과 실험집단의 과학 수업에 대한 태도는 비교집단에 비해 통계적으로 5% 유의 수준에서 유의미한 차이를 보인 것으로 나타났다(표 6).

즉, 학생 중심 비유 활용 수업이 학생들의 과학 수업에 대한 태도를 긍정적으로 변화시키는 데 효과적임을 알 수 있었다. 이러한 결과는 과학 교수·학습

과정에서 비유를 활용할 경우 과학 개념을 보다 쉽게 이해할 수 있고 학습동기를 유발시킬 수 있다는 Duit(1991)의 연구 결과와 일치한다. 또, 비유를 활용한 수업은 딱딱하고 생소한 과학 용어를 일상생활에서의 친근한 용어로 대체함으로써 과학 개념에 대한 흥미를 높이고 훨씬 편안한 마음으로 과학 수업에 임하게 한다는 이원경과 김희백(2007)의 연구 결과와도 일치한다.

2. 학습 과정에서 비유의 역할

학생 중심 비유 활용 수업이 학생들의 광합성 개념 이해와 과학 수업에 대한 태도 변화에 효과가 있음을 살펴보았다. 또한 이 연구에서는 비유가 인지적·정의적 측면에서 학생들의 학습에서 구체적으로 어떤 역할을 하였는지를 학생들의 소집단 토의, 반 구조화 된 면담, 학생들의 글쓰기 검사 답안 등을 통해 분석

하였다. 분석 결과, 비유는 개념 이해를 돕고, 소집단 토의를 활성화시키며, 학생의 메타 인지 능력 발달에 긍정적인 역할을 하였다. 또한, 비유는 학생들의 오개념을 드러내고 수정하는 데 사용되었으며, 학생들이 과학 학습에 흥미와 자신감을 갖도록 도왔다.

1) 개념 이해를 돕는 유용한 도구

(1) 사전 지식의 활성화

비유는 학생들이 이미 알고 있는 정보를 통해 새로운 정보를 이해하는 것을 돕고자 할 때, 그리고 새로운 정보를 이미 존재하는 지식 구조와 관련시키는 것을 돕고자 할 때 자주 사용된다(Glynn, 1991; Orgill & Bodner, 2004; Thiele & Treagust, 1991; Venville & Treagust, 1998). 즉, 수업에서 비유를 사용할 경우 학습자가 이미 경험을 통해 가지고 있는 지식이나 정보로부터 새로운 개념으로 관계들의 전이를 촉진함으로써 학습이 용이해진다는 것이다(Mayo, 2001).

본 연구에서 비유는 학생들의 사전 지식과 경험을 활성화시켜 광합성이라는 새로운 개념 이해를 도왔음을 확인할 수 있었다.

학생 A: 헬크가 나오는 거야. 헬크도 초록색이잖아.

학생 B: 그게 무슨 상관이야?

학생 A: 엽록체가 초록색이잖아.

학생 B: 그래서 니 말은 헬크가 광합성을 한다는 거야?

학생 D: 헬크가 2편까지 나왔나?

...중략...

학생 C: 그러면 헬크가 화낼 때 몸이 이따만 해지는 거는(손으로 모양을 그리며) 광합성을 막막 하는 순간이야?

학생 B: 야. 야. 광합성해서 그렇게 금방 포도당이 만들어지나? (2009년 06월 17일, 3차시, 2-3, 1조)

소집단 토의를 통해 광합성 과정에 대한 비유를 만들어보라고 했을 때 학생들이 나눈 대화이다. 학생 A는 광합성이 엽록체에서 일어난다는 것을 이미 알고 있었고, 엽록체의 색깔 속성인 초록색에 집중하여 헬크라는 친숙한 소재를 대화에 도입하였다. 헬크는 학생들에게 익숙하고 흥미로운 대상이었기에 소집단의

다른 학생들도 활발하게 대화에 참여하도록 유도하였을 뿐 아니라, 광합성과 관계되는 사전 지식을 활발하게 개입시켰다. 이처럼 비유는 광합성에 대한 개인적 개념을 드러내는 근원지를 제공하는 역할을 한다. 학생 C는 헬크 비유를 확장하여 헬크의 몸이 커지는 순간이 광합성과 같은 극적인 화학반응이 일어나는 순간으로 대응시켰고, 학생 B는 광합성 결과 포도당이 생성된다는 지식을 언급하며 광합성에 대한 개인적 이해를 구성해나갔다. 이 헬크 비유 하나가 소재가 되어 다양한 학생들의 사전 지식이 활성화됨을 학생들의 대화 속에서 확인할 수 있다.

즉, 비유가 학생의 사전 지식과 경험을 수업에 끌어오도록 하여 학습에 더욱 적극적으로 참여하도록 유도하는 것이다.

(2) 목표 개념의 구조적 속성에 대한 집중

수업에서 학생들이 만들어 낸 비유들을 체계성 정도에 따라 분류해보면 개별 속성만을 나열한 체계성이 낮은 비유가 많았다. '체계성'이란 비유물이 목표물의 인과관계에 대응되는 구조를 체계적으로 포함하고 있는 정도로, '표면적 유사성'과는 상반되는 개념이다(Dunbar & Blanchette, 2001).

앞에서 언급한 헬크 비유는 엽록체의 색과 헬크의 색이라는 표면적인 유사성이 대응되는 체계성이 낮은 비유였다. 이런 비유는 광합성의 재료, 에너지원, 생성물의 상호 연관된 관계를 포함하지 않는다. 헬크 비유와 마찬가지로 엽록체의 색깔과 같은 표면적인 유사성이 대응되는 학생들이 만들어 낸 단순한 비유로 포켓몬 비유, 초록색 가림판 비유 같은 것이 있었다.

학생 E: 일단은, 초록색, 초록색 띠 물건을 잘 생각해 봐. 네가 생각하는 초록색 물건에 빛이랑 물이랑 이산화탄소를 배합해서 넣어. 그 다음에 거기서 또, 막, 있잖아. 산소랑 포도당 같은 걸 만든다고 하면 돼. (2009년 06월 17일, 3차시, 2-5, 3조)

Dunbar와 Blanchette(2001)는 교사나 교재의 촉진에 의해 만들어지는 비유가 표면적인 특성에 기반을 두는 반면, 자발적으로 만들어지는 비유가 좀 더 깊은 구조적인 특성을 가진다고 하였는데, 학생들이 수업 초기에 도입한 헬크 비유와 같은 것은 비유를 생

성하라는 활동지와 교사의 촉진에 의해 생성된 표면적인 비유라고 할 수 있다. 그러나 비유 활용 수업이 차시를 더해가며, 학생들은 점점 광합성의 구조적인 속성에 초점을 둔 자발적인 비유를 만들어나가기 시작했는데, 이것은 비유 활용이 연습과 시간을 필요로 한다는 것을 말해준다.

학생 F: 광합성이 일어나는 건 빛으로 인해서 무언가가 만들어지는 거 아닐까?
...중략...

학생 G: 팝콘 만들 때 옥수수하고 소금하고 넣고 빛을 가열하면 팝콘이 되잖아. (2009년 06월 19일, 5차시, 2-5, 3조)

비유 수업에서 학생들은 표면적인 유사성에 주목하는 경향이 있으므로(Duit *et al.*, 1997), 비유를 만든 후 교사의 안내에 따라 자신이 만든 비유를 평가해보도록 하거나(Wong, 1993), 소집단 토론 등으로 비유의 제한점 찾기 활동을 도입하면(Mason, 1994) 보다 체계성이 높은 비유를 만들 수 있으리라 기대된다.

본 연구에서는 비유 만들기 활동 후 자신이 만든 비유를 발표해보고 학급 구성원들의 의견을 들어보는 시간을 가졌다. 결과, 차시가 거듭될수록 학생들은 광합성의 표면적 속성이 아닌 구조적 속성에 집중하게 되었다. 이처럼 학생 스스로 비유를 만드는 활동은 목표 개념의 구조적 속성에 집중하도록 돕는다.

(3) 지식의 정교화

학생들의 사전·사후 글쓰기 검사에서도 과학적 지식을 구성하는 데 비유가 중요한 역할을 한 증거들을 찾아볼 수 있었다. 사전 글쓰기 검사에서 식물의 양분에 대해 단편적인 지식으로 답했던 학생들은 사후 글쓰기 검사에서 광합성의 전체 과정을 언급하며 더욱 정교화 된 개념 이해를 보여주었다. 학생들은 식물이 양분을 얻는 방법을 동생에게 설명한다 생각하고 자제히 써보라는 질문에 대해 다음과 같은 답을 제시했다.

식물에게 물을 주면 돼. 그게 밥이야. 사실 나도 잘 몰라. (학생 H, 사전 글쓰기 검사)

음. 우리는 밥을 먹고 살잖아? 식물들은 좀 다른데, 식물들은 자기 혼자서 양분을 만들어서 먹어. 더 자

세하게, 앞에서 빛과 물과 이산화탄소로 산소와 포도당이라는 것을 만드는데, 이 포도당이 식물들의 밥이라고 할 수 있어. 우리가 먹는 밥에도 포도당이 있어.(학생 H, 사후 글쓰기 검사)

사전 글쓰기 검사에서는 식물이 물을 먹고 산다고 간단하게 언급하였던 이 학생은 사후 글쓰기 검사에서 동물과 식물을 비교하며 ‘독립영양’ 생물로서 식물을 분명하게 이해하고 있음을 보여주었다. 처음에는 식물도 동물처럼 물이나 햇빛과 같은 주변 환경 물질을 먹이로서 받아들인다고 생각했던 학생들은 음식점 비유를 통해 주방에서 새로운 음식이 만들어지는 것처럼 식물의 광합성도 포도당이라는 생성물을 만들어 내며 이것이 식물의 양분에 해당한다고 이해할 수 있었던 것이다.

학생 H의 글쓰기 검사 답안과 같이 몇몇 학생들의 글에서는 일상생활에서 쓰이는 익숙하고 쉬운 어휘를 사용하고, 비유를 활용하여 쓰려고 노력하는 모습을 볼 수 있었다. 이 과정을 통해 학생들의 광합성 관련 지식은 더욱 정교화된 것으로 보인다.

우리 엄마 아빠랑 보쌈 먹으러 갔을 때 기억나지? 우리가 음식점에 가서 음식을 주문하면, 주방에선 갖 들어온 신선한 재료들을 열을 가하여 맛있는 음식으로 만들어주지. 식물도 이와 비슷한 과정을 거쳐 양분을 만들어 내. 음식재료의 역할을 하는 물과 이산화탄소가 각각 뿌리와 기공을 통해 들어오지. 그리고 음식을 만드는 장소인 주방과 같이 양분을 만들어내는 ‘엽록체’라는 곳에서 열을 가하는 것과 같은 빛에너지를 받아 광합성이 일어나. 그럼 결과가 있어야겠지? 완성된 요리같이 말이야. 식물에선 광합성 결과 포도당과 산소를 만들어내어 식물의 생장과 생활에 필요한 에너지를 얻게 되는 거지. 이제 이해가 좀 되니? (학생 C, 사후 글쓰기 검사)

너 식물 배웠지? 물이 어디서 흡수되지? 뿌리지. 그리고 이산화탄소는 어디로 들어오지? 잎으로 들어와. 그러면 빛을 받으면 물과 이산화탄소를 가지고 마치 요리를 하는 것처럼 광합성을 해서 식물은 포도당을 만들게 돼. 이게 바로 사람의 밥과 같은 거지. (학생 E, 사후 글쓰기 검사)

학생들의 글쓰기 검사 뿐 아니라 소집단 토의에서도 역시 비유 만들기 활동이 소집단 학생들 사이에서 아이디어를 공유하게 해 주어 개념의 정교화에 기여한 증거들을 볼 수 있었다.

- 학생 E: 어떤 빵집에 갔어. 거기에 물하고 이산화탄소가 든 봉지를 찼더니 빵하고 산소 탱크를 찼어.
 학생 F: 어찌라고?
 학생 E: 물물교환을 한 거지.
 학생 H: 야. 그거는 너무 단순해. 뭔가 만드는 걸 해야 하는데.
 학생 I: 뭘 이렇게 첨가해서 뭔가 만들어지는 걸 해야 돼.
 학생 F: 광합성이 일어나는 건 빛으로 인해서 무언가가 만들어지는 거 아닐까?
 학생 G: 팝콘 만드는 거 할래?
 학생 F: 팝콘?
 학생 E: 그거 뭐 넣고 만들어? 너무 어렵다.
 학생 G: 뭐긴. 옥수수지.
 학생 E: 옥수수만 넣으면 팝콘이 된다고?
 학생 G: 팝콘 만들 때 옥수수하고 소금하고 넣고 빛을 가열하면 팝콘이 되잖아.
 학생 I: 야. 그거 좋다. 팝콘 만들 때 어디에다가 넣지? (2009년 06월 19일, 5차시, 2-5, 3조)

처음에 학생 E는 광합성의 재료와 산물을 단순히 나열하는 식으로 새로운 비유를 만들려고 하였다. 그러자 소집단의 나머지 학생들은 광합성이 단순한 것이 아니며, 빛에너지에 의해 ‘무언가 만들어지는’ 화학반응임을 분명히 했다. 이는 비유 활용이 광합성의 재료, 에너지원, 생성물의 상호 연관된 관계를 이해하는데 도움을 주었음을 말해준다. 특히 학생 F, 학생 I, 학생 H는 광합성 과정의 상호 연관성을 분명히 인지하게 되었으며, 이는 수업에서 다룬 음식점 비유를 통해 음식이 만들어지는 과정처럼 광합성도 여러 재료와 에너지를 가지고 뭔가 새로운 생성물을 만들어내는 화학적 과정이라고 알게 되었기 때문이다. 이처럼, 비유는 학생들의 지식 정교화를 도와 궁극적으로 광합성 개념 이해를 도왔다.

2) 소집단 토의 활동 촉진

많은 학자들은 전문 과학자들이 다른 이들과 과학적 지식에 대해 의견을 나눌 때 비유를 사용한다고 주

장해왔다(Duit, 1991; Hesse, 1996; Hofstader, 2003; Leatherdale, 1974). 비유를 이용한 커뮤니케이션은 과학 전문성의 중요한 측면 중 하나로 지적되었는데(May *et al.*, 2006), 본 연구에서는 중학생들도 이러한 비유 사용의 초기 전문성을 가지고 있음을 확인할 수 있었다.

소집단 활동의 초기에는 소집단 구성원 사이의 상호작용보다는 활동지의 과제를 개별적으로 해결하는 경향이 주로 나타났고, 결과물을 만들어 내야 한다는 부담감에 서로 책임을 전가하며 대화가 잘 이루어지지 않았다. 연구 초기의 이러한 문제점은 차시를 더해 가며 점차적으로 해결되었다. 학생들은 자유로운 분위기에서 활발하게 자신의 의견을 제시하고 토의하게 되었는데, 그렇게 하도록 도와준 매개체가 바로 비유였다. 즉, 비유가 광합성의 개념 이해를 도운 것 뿐 아니라 소집단 토의가 활발하게 이루어지도록 돕는 역할도 한 것이다.

- 학생 L: 마법사가 한 일과 광합성의 차이점 해보자.
 ...중략...
 학생 M: 그러면, 마술사는 검은 천을 덮어야 빵이 만들어지는데, 식물은 그냥 있어도, 물과 이산화탄소가 있으면 광합성이 일어난다 쓰면 되겠네.
 학생 O: 오~
 학생 L: 가만히 있는 게 아니지. 빛을 받아야지.
 학생 N: 그래. 낮에만 광합성 일어나잖아.
 학생 K: 야. 마법사가 왜 검은 천을 덮었다고 그랬지?
 학생 O: 빛을 흡수하기 위해서.
 학생 N: 검은 색은 빛을 흡수하는 성질을 갖고 있고, 흰색은 빛을 반사하는 효과를 갖고 있는데.
 학생 M: 그래. 그러니까, 식물은 검은 천을 안 덮고도 빛을 잘 흡수한다.
 학생 O: 맞아. 초록색 모자는 빛을 흡수하기 위해 검은 천이 필요하지만 식물은 잎에서 빛을 그냥 흡수한다.
 학생 K: 잎 말고 엽록체라고 하자. (2009년 06월 19일, 5차시, 2-3, 4조)

학생들의 토의를 불러일으키는 비유가 갖는 힘은 이 상호작용에서 명백하다. 소집단 활동은 마법사 비유의 여러 측면을 토의하며 광합성 개념을 명확히 하

는 터전이 되었다. 마법사 비유에서 검은 천의 역할에 대해서 토의할 때는 중학교 1학년 때 학습하였던 빛의 반사와 흡수라는 개념도 등장하였다. 이처럼, 비유가 소재가 되어 학생들 간에 아이디어 공유를 통한 동료 학습이 일어날 수 있었다.

마법사 비유를 통해 학생들은 마법사 모자 위에 덮은 검은 천처럼 빛을 받아들이는 부분이 식물에서는 어디인가에 대해 논의하였고, 엽록체라는 결론에 다르게 되었다. 마법사 비유가 소재가 되어 성적이 높은 학생 위주가 아닌 모든 학생들이 동등한 입장에서 비유를 해석할 수 있었던 것이다.

비유 만들기 활동은 학생들의 일상생활의 경험 혹은 지식 중에서 광합성 과정과 대응하는 것을 찾는 것이므로, 과학 지식이 부족하거나 성적이 낮은 학생들도 자신의 일상생활 이야기를 자연스럽게 이야기할 수 있었다. 이렇듯, 본 연구에서 비유는 소집단 토의 활동을 촉발시키고 활성화되도록 도와 궁극적으로는 광합성 개념 학습을 도왔다고 할 수 있다.

3) 학생들의 메타 인지 능력 발달

최근의 여러 학자들은 개념 변화를 복잡하고 인지적이며 메타인지적인 사고 기술들을 요구하는 과정으로 여기기 시작하였다(Roth, 1990; Vosniadou, 1994; White & Gunstone, 1992). 즉, 학생들이 과학 개념에 대해 생각하는 것 뿐 아니라, 설명하고 예측하기 위해 새로운 정보를 사용하는 동안 자신만의 이해 발달을 계속적으로 세심하게 점검해야 한다는 것이다.

Mason(1994)은 과학을 학습하는 데 있어서 비유를 성공적으로 사용하는 것은 비유의 의미와 비유를 사용하는 교수적 목적에 관한 메타인지적인 지각과 관계가 있다고 하였다. 그는 비유를 활용할 때 나타나는 메타인지적인 반성 활동으로 '비유의 의미와 교수적 목적에 대해 알고 있는가?', '학생들이 초기 개념을 변화해 나가는 과정에서 비유를 사용하였는가?' 라는 두 측면으로 나눌 수 있다고 하였다. 본 연구의 학생 중심 비유 활용 수업은 이 두 측면과 관련된 학생들의 메타인지적 능력의 발달을 가져왔음을 확인할 수 있었다.

(1) 비유의 의미와 교수적 목적에 대한 인식

학생들은 비유 활용 수업에서 교사나 자신들이 제시한 비유의 의미와 수업에서 비유를 사용하는 목적에 대해 잘 인식한 것으로 나타났다.

교사: 그렇게 쓴 이유가 뭐지? 처음하고 다르게?

학생 C: 어, 처음 에는요, 광합성을 비유로 해서 수업을 못 받았었잖아요. 그래서 그렇게 할 수 있다는 생각을 못했었어요. 그래서 일반적으로 제가 알고 있는 광합성 과정이나 그런 상식을 통해서 그냥 간단하게 썼던 거구요, 나중에는요, 이제 비유를 통해서, 조를 만들어서, 이렇게 비유를 통한 광합성 수업을 배웠잖아요. 그래서 그런 거를 좀 더 많이 섞어서 동생한테 설명해 주는 식으로 쓸 수 있었어요.

교사: 음식점에 갔다고 비유하는 게 더 동생이 이해하기 쉬울까?

학생 C: 네. 아무래도 이 음식점이라는 것은 일반적으로 모두가 다 알고 있는 과정이 있잖아요. 그런 과정을...

교사: 어떤 과정을 말하는 거지?

학생 C: 음식을 주문하면 만들어주고, 만든 사람은 주방의 요리사다. 뭐 재료가 필요하다, 열을 가해서 음식을 만든다, 이런 거는 다 알고 있잖아요. 그러니까 그런 거를 광합성 과정과 연결해서 비유하면 더 도움이 되는 거 같아요. 저도 그렇게 도움을 받았고요. (학생 C, 사후면담)

학생 C는 '식당에서 음식을 만들듯이 식물도 자신의 양분을 스스로 만든다.'는 식당 비유의 의미를 정확히 파악하고 있으며, 비유가 '모두가 다 알고 있는 과정'인 음식을 만드는 과정과 새로 학습하는 내용, 즉 '광합성'을 연결 지어 이해를 돕는다는 점을 언급함으로써 교수·학습에서 비유가 갖는 역할에 대해서도 알고 있음을 밝혔다.

학생 P: 마법과 광합성의 차이점이라...

학생 Q: 모지에는 엽록체가 없고, 식물에는 엽록체가 있다.

학생 R: 그게 아니라, 야. 이건 비유잖아. 광합성하고 비슷한.

학생 P: 그래. 마법사의 초록모자가 식물의 엽록체와 같은 거지.

학생 Q: 그럼 마법사는 광합성을 한 게 아니야?

학생 S: 마법사가 한 일이 마치 식물의 광합성과 같다는 거지. 밑에 표를 봐. 마법사는 그냥 이

해하기 쉬우라고 만든 이야기지.

학생 Q: 아... (2009년 06월 17일, 3차시, 2-5, 2조)

학생 Q는 목표 개념과 비유물을 혼동하며 마법사 비유의 의미에 대해 잘 이해하지 못했다. 반면에, 학생 R은 마법사 이야기가 광합성 과정과 비슷한 '비유'라고 언급함으로써 목표 개념과 비유물을 분명하게 구분하고 있다. 학생 S는 학생 Q에게 활동지 하단에 있는 마법사 비유와 광합성 과정의 속성들을 대응시키는 표를 보라고 안내하며, 비유는 광합성 과정의 이해를 위해 제시된 것이라는 비유의 교수적 목적에 대해 언급했다.

학생 Q는 초기에는 목표 개념과 비유물을 구분하지 못하고, 비유의 의미와 교수적 목적에 대해 알지 못하였다. 그러나 차시가 더해가며, 비유를 사용하는 목적에 대해 이해하기 시작했고, 사후 면담에서는 다음과 같이 답했다.

교사: 광합성을 공부하는 데 비유를 왜 사용했을까?

학생 Q: 기억에 오래 남으라고요.

교사: 기억에 더 남는 거 같아?

학생 Q: 네. 나중에 광합성 과정 생각할 때 식당을 딱 떠올리면 되잖아요.

교사: 식당을 떠올리면 뭐가 생각나는데?

학생 Q: 그 그림 있잖아요. 식당 안으로 재료가 들어가고 음식이 나오고 하는. 솔직히 처음에는요 식당 얘기를 광합성 공부하는 데 왜 하나 했는데, 재미있고 기억에 오래 남는 거 같아요. (학생 Q, 사후 면담)

이처럼 비유의 의미, 그리고 비유를 수업에서 사용하는 목적에 대한 이해 수준과 발달 정도는 학생들마다 다르므로, 비유 활용 수업 시 소집단 토의를 거치며 학생들 간 상호작용이 활발히 일어나도록 하는 것이 필요하다(최은규, 2004).

(2) 학생 초기 개념이 변화되는 과정에서의 비유 사용

본 연구에서는 비유가 학생들이 광합성과 관계된 초기 개념을 점검할 수 있도록 도왔음을 확인할 수 있었다. 학습자들은 그들의 지식이 불완전하다는 것 혹은 비유를 통해 제시된 아이디어와 상충한다는 것을 알게 될 때, 학습해야 할 개념의 중요한 속성에 주의

를 기울이게 된다(Mason, 1994). 본 연구에서 학생들은 비유를 활용하며 자신의 개념을 되짚어보고 발달시켜나갈 수 있었던 것으로 나타났다. 이때 비유는 학생들의 메타 인지 능력의 발달을 촉진시켰으며 이를 통해 개념 변화에 기여했다고 할 수 있다.

식물은 물과 빛 등등 여러 자연 환경을 먹고 산다.
(학생 D, 사전 글쓰기 검사)

마치 음식을 할 때 재료를 넣고 가열해야 하는 것처럼, 식물은 물과 이산화탄소를 이용해 햇빛을 받아 광합성을 해. 광합성 결과로 만들어진 포도당을 먹고 살지. (학생 D, 사후 글쓰기 검사)

처음에는 사람이 음식물을 섭취하는 것처럼 식물도 자연 환경에 있는 물질을 섭취하며 살아간다고 썼던 학생 D는 비유 활용 수업을 거치면서 개념이 변화하였다. 사후 글쓰기 검사에서는 식당 비유를 인용하며 글을 썼는데, 이를 통해 비유 활용 수업이 학생이 수업 전 알고 있었던 중속영양생물로서의 식물이라는 개념이 틀렸다는 것을 일깨워주었고, 독립영양생물로서의 식물이라는 개념을 명확하게 이해하게끔 만들어 주었다는 것을 확인할 수 있다. 즉, 식물의 양분에 대한 학생의 초기 개념을 변화시키는 데 비유가 유용하게 사용되었음을 알 수 있다.

학생 F: 그냥요, 비유를 쓰기 전에는 물 더하기 이산화탄소 더하기 빛에너지는 포도당과 산소라고 한 식으로 배웠는데요, 그 때는 아무 생각 없었거든요. 근데, 식당에 비유하는 거 배웠잖아요. 그리고 저희 조에서 팝콘 만드는 거 생각했거든요.

교사: 팝콘 만드는 거?

학생 F: 네. 영화관에서 팝콘을 만들 때 냄비에 옥수수와 소금을 넣고 열을 가하면 팝콘이 된다. 이렇듯 식물도 물과 이산화탄소가 빛을 받아 포도당을 만드는 데 이것을 광합성이라 한다. 이렇게요. 그러니까, 비유랑 광합성이 잘 연결되어서 이해가 잘 됐어요. (학생 F, 사후 면담)

이 학생의 경우 비유 활용 수업 전에는 광합성의 과

정을 하나의 단순한 수식으로 여겼으나, 비유를 사용함으로써 식물이 어떻게 먹이를 얻는가에 대한 개념이 빠르게 정착될 수 있었다고 답했다. 뿐만 아니라, 비유가 학습에 도움이 되었다고 언급함으로써, 학습에서 비유를 사용한 의미에 대해서도 인지하고 있다. 이것은 비유를 수업에서 사용하는 목적에 대한 메타 인지적인 지각을 하고 있다는 것을 의미한다.

학생 중심 비유 활용 수업은 개인의 이해 정도를 점검하고 개념을 변화시키는 데 비유를 사용함으로써 학생들의 메타 인지적 능력의 발달이라는 효과를 가져왔다. 이것은 과학 개념에 대한 이해 수준과 비유의 의미와 목적에 대한 메타 인지적인 인식 간에는 높은 정적 상관관계가 있다는 Mason(1994)의 연구와 맥을 같이 한다.

메타 인지 능력의 발달은 그것이 개념 학습을 돕는다는 것 뿐 아니라, 이후의 학습들에 긍정적인 영향을 줄 수 있다는 데에서 중요하다. 자신의 개념 이해 정도를 점검하는 것은 모든 학습에 필수적인 과정이기 때문이다.

4) 학생들의 오개념 파악 및 수정

비유의 학습에서의 긍정적인 역할에도 불구하고, 학생들이 비유물 자체나 대응 관계에 대한 이해가 부족한 경우 개념 이해에 도움이 되지 못하거나 오히려 오개념을 유발할 수도 있는 것으로 보고되고 있다(권혁순 등, 2004; 변순화 등, 2007). 본 연구에서도 종종 비유가 잘못 사용되었고, 전혀 관련 없는 오개념이 등장하기도 하였다.

요리에서 쓰는 불은 강하지만 광합성에 쓰이는 빛은 약하다.

식당은 자가용이 들어가는 데 식물은 못 들어간다. (2009년 06월 19일, 5차시, 2-3, 3조)

수업에서 학생들이 드러낸 오개념의 대부분은 소집단 토의에 의해서 수정되었지만, 그렇지 못한 경우도 있었다. 특히, 교사가 그 소집단 근처를 순회할 때에는 소집단 동료보다는 교사에게 더 의지하는 경향이 있었다.

학생 T: 초록색 모자는 모자 전체에서 마법이 일어나잖아. 근데 식물은 공변세포나 책상 조직

에서만 일어나지 않아?

학생 U: 잎 전체에서 일어나는 거 아니야?

학생 V: 책상조직이랑 해면조직이거든.

학생 T: 왜?

(교사가 지나가자)

학생 U: 잎이면 다 되거든. 선생님, 이거요, 잎 전체라고 해야 맞죠? (2009년 06월 17일, 3차시, 2-5, 6조)

한 명의 교사가 다수의 학생들을 통솔하여야 하는 우리나라의 교육 여건에 비추어볼 때, 비유를 활용하며 발생하는 학생의 오개념을 수정해 주는 작업은 교사의 수업 부담을 가중시킬 수 있다. 또한, 비유 만들기 활동을 통해 만들어 낸 비유에 대해 학생들이 적절한 피드백을 받지 못할 경우, 대안 개념이 지속되거나 새로운 오개념이 유발될 수 있다는 문제점이 있다.

그러므로 학생 중심 비유 활용 수업을 효과적인 교수·학습 전략의 하나로 사용하기 위해서는 비유에 대한 해석이나 학생들이 만든 비유를 전체 학급 앞에서 발표하고 토의함으로써 학생들에게 반성적 기회를 부여하는 것이 필요하다(최은규, 2004). 본 연구에서는 학생들이 소집단별로 만든 비유를 발표하고 학급 구성원들로부터 피드백을 받는 시간을 가졌다.

학생 A: 오리를 맨 처음에 양념하는데 그 양념은 광합성의 햇빛, 물, 이산화탄소 이런 거에 해당되고, 또, 만들 때 연기로 굽는 건요, 그건 엽록체고, 그리고 완성된 오리 훈제구이는 광합성에서는 산소와 포도당이에요.

교사: 아. 훈제 오리 만드는 과정에 비유했구나. 어떤 것 같니, 애들아?

학생 M: 연기가 왜 엽록체인지 이해가 안가요.

교사: 설명해 줄 수 있어? 연기가 왜 엽록체이지?

학생 A: 아...

학생 M: 엽록체는 광합성을 하는 장소인데..

교사: 그러면 뭐가 더 어울릴까?

학생 C: 그, 오리 훈제를 하는 오븐이나 전기구이통, 그런 게 더 잘 어울릴 거 같아요.

교사: 그렇지. 그러면 오리를 불로 익히지. 그런 건 광합성의 어디에 비유할 수 있을까?

학생 C: 빛.

교사: 응. 햇빛. 그렇지. (2009년 06월 22일, 6차시, 2-3)

본 연구에서는 이렇게 학급 구성원들 앞에서 만든 비유물을 발표하고 토의하는 시간을 거쳐 오개념 발생을 최소화하려고 노력하였으나, 학생들이 소집단 토의 내에서 자연스럽게 오개념을 형성하고 발달시켜 나가는 것을 완전히 통제할 수 없었다.

특히, 성취도가 낮은 학생일수록 목표물과 비유물의 속성을 구분하지 못하거나, 속성들의 인과 관계를 파악하지 못하여(최은규, 2004) 비유를 이해하지 못하고, 낮은 수준의 비유를 만드는 경향이 더 심했다. 이것은 학생들의 성취 수준에 따라 비유 활용의 효과가 달라질 수 있다는 것을 의미하며, 학습자 특성에 맞는 비유 활용 수업 방안에 대한 후속 연구가 필요함을 말해준다.

비유가 학생들에게 광합성 과정에 대한 오개념을 가지게 하고, 개념 이해에 도움이 되지 못하는 경우도 있었으나, 본 연구에서는 교사가 학생들의 오개념을 파악하는 데 비유가 이용될 수 있는 가능성 또한 발견할 수 있었다.

학생 E: 어떤 빵집에 갔어. 거기에 물하고 이산화탄소가 든 봉지를 찼더니 빵하고 산소 탱크를 찼어. (2009년 06월 19일, 5차시, 2-5, 3조)

위 학생이 만든 비유를 보면, 이 학생은 광합성을 화학 반응이 아닌, 단순한 물질 교환으로 여기고 있다는 것을 알 수 있다. 이렇듯, 학생들이 만든 비유는 학생들이 가지고 있는 오개념을 드러내준다.

Pittman(1999)은 학생들이 만든 비유는 학생들이 가지고 있는 개념을 확인하는 도구가 될 수 있다고 지적한 바 있다. 즉, 학생들이 사용하는 비유를 분석하

면, 학생들이 광합성 과정을 어떻게 이해하고 있는지, 광합성 과정에 대한 어떤 오개념을 지니고 있는지를 알 수 있다는 것이다.

학생들이 비유를 스스로 해석하도록 방치한다면 그들은 그들이 원하는 식으로 대안 개념을 쉽게 구성할 것이다. 모든 비유는 어디에선가는 깨지며, 목표 개념과는 맞지 않는 비공유속성을 가진다. 그러나 비유가 가지는 유사성의 불완전함은 그 자체가 나쁜 것이 아니며, 부분적으로 구분하고 분석함으로써 오히려 또 다른 배움이 일어날 수 있다(Aubusson & Fogwill, 2006; Tronson & Ross, 2004). 따라서 학생들과 함께 비유물의 비공유속성을 함께 토의하는 것은 매우 중요하다.

본 연구에서는 비유 활용의 제한점을 극복하고자 비유물과 목표물의 비공유속성을 찾아보는 활동을 수행하였다. 그리고 학생들에게 사전에 비유물과 목표물의 불일치점에 대한 예시를 들어주었는데, 이것은 학생들의 오개념을 줄이고 과학적 개념 이해를 증가시키기 위한 적절한 방법으로 제안되고 있다(류수경, 2005; 변순화 등, 2007; 최경희, 2004).

활동 결과 학생들은 <표 7>에 제시된 것과 같이 비유물의 속성 중에서 목표 개념과 연관되지 않는 것을 찾아냈다. 이러한 활동을 통해 학생들은 목표 개념과 비유물 사이에 공유되지 않는 속성이 있음을 찾아낼 수 있었고, 오개념을 수정하고 새로운 개념을 발달시킬 수 있었다.

예를 들어, 학생들은 광합성과 식당 비유의 차이점을 찾는 과정에서 식당에서 손님을 위해 음식을 만드는 과정과는 달리, 식물의 광합성은 '스스로의 양분으로 사용하기 위한 것'임을 알아내었다. 그리고 광합성

표 7
학생들이 찾아낸 목표 개념과 비유물 사이의 비공유 속성

마법사 비유	식당 비유
· 마법사는 빵만 만들지만, 식물은 포도당뿐 아니라 산소도 만들어낸다.	· 식당은 손님이 와서 음식을 만들지만, 식물은 해가 있을 때 항상 광합성을 한다.
· 초록모자는 빵을 저장하지 못하지만, 식물은 포도당을 녹말로 저장한다.	· 식당은 상업적으로 음식을 만들지만, 식물은 자신을 위해서 광합성을 한다.
· 초록모자는 빛을 흡수하기 위해 검은 천이 필요하지만, 식물은 필요 없다.	· 음식을 많이 만들면 상하지만(남으면 버리지만), 식물은 녹말로 저장한다.
· 마법사는 단시간에 마법을 했지만, 식물은 광합성 하는데 시간이 걸린다.	· 음식의 재료는 다양하지만, 식물의 광합성 재료는 다양하지 않다.

과 마법사 비유의 차이점을 찾는 과정에서 식물은 광합성 결과 생긴 포도당을 녹말로 저장하여 보관한다는 개념을 발달시킬 수 있었다.

5) 과학 학습에 흥미와 자신감 유발

광합성은 식물 잎 세포의 엽록체에서 일어나는 화학반응으로 눈으로 관찰할 수 없고 역동적이며 추상적인 개념이기 때문에 학생들이 어려워한다. 일단 어렵다고 느끼는 것은 학생들로 하여금 그 주제에 다가가기 힘들게 하는 요소 중 하나이다. 이러한 심리적 요소들도 과학 개념 변화를 연구할 때 중요한 영향을 미친다(Hidi, 1990). 이 때 학생들에게 친숙한 비유를 사용하여 접근하는 것은 추상적인 과학 개념에 대해 학생들의 흥미를 끌어들이는 데 매우 효과적이다.

교사: 비유를 써서 수업을 하니깐 어땠니?

학생 B: 더 친근해져요.

교사: 더 친근해진다. 어떤 점이?

학생 B: 광합성은 어렵잖아요. 그런데 식당에서 음식을 만드는 과정과 같아 이렇게 비유를 하면 친근감이 들고 더 이해하기도 쉬워요. (학생 B, 사후 면담)

학생 H: 재미있었어요. 일단, 그냥 식물 얘기를 하는 것보다는 마법사를 얘기하면 식물보다는 알 아들이 쉬워요. 딱딱하지 않고요. (학생 H, 사후 면담)

비유 사용에 대한 학생들의 반응은 쉽고 친근하다는 것이었다. 낯설게 느껴지는 식물의 광합성과 관련된 용어보다 일상생활에서 사용하는 친숙한 음식점, 요리사와 같은 용어들을 사용했을 때 훨씬 편안한 마음으로 쉽게 과학 개념으로 다가가는 것을 볼 수 있었다. 비유가 학생들에게 주는 이러한 편안함과 친숙함은 개념변화에 매우 긍정적인 영향을 미쳤다.

또한, 비유 활용 수업 시 학생들은 소집단 토의를 통해 비유 만들기 활동을 하였다. 이 과정에서 평소 과학 수업 때는 소극적이었으나, 소집단 토의를 통해 비유 만들기 활동을 하며 일상생활 속 자신의 경험을 이야기하면서 점차 과학 학습에서의 자신감이 향상되었던 학생들을 관찰할 수 있었다.

학생 A: 훈제. 훈제구이.

학생 B: 훈제. 좋아. 오리로 하자.

...중략...

학생 C: 니가 불러줘. 창시자니까.

학생 A: 좋아. 오리를 양념한 다음에 연기로 훈제구이를 만든다. 그러면 맛있는 잘 구워진 훈제오리구이가 완성된다. 맛있게 먹는다. 끝. 나 잘했지?

학생 D: 응. 10점 만점에 10점이야.

학생 A: 오리구이 어제 먹었는데.

학생 D: 그래서, 생각났구나? (2009년 06월 19일, 5차시, 2-3, 1조)

평소 학생 A는 과학 성적이 낮고, 과학에 대한 자신감이 낮은 학생이었다. 그런데, 본 연구의 소집단 토의에서 학생 A는 일상생활에서의 경험을 바탕으로 훈제오리구이 비유를 생성했다. 이 과정에서 소집단 구성원들의 격려와 도움도 있었다. 비유를 만들어 낸 후 그것을 친구들과 교사에게 말할 때 학생 A는 상기되어 있었다. 이 순간이야말로 과학에 대한 학생 A의 자신감이 높아지는 순간이라고 말할 수 있다. 소집단 구성원들도 그를 비유 '창시자'라고 칭찬해주었다. 사후 면담에서 학생 A는 다음과 같이 말하였다.

그냥 얘기하다보니깐, 오리고기 생각이 나서, 애들에게 말했어요. 오리훈제는 제가 광합성 배우기 전에 오리고기도 먹었고, 많이 접했던 거라 더 재밌었어요. 그래서 얘기했는데, 애들 반응도 좋았고, 그러니까 자신감이 생겨서 광합성 공부도 더 재미있어졌어요.(학생 A, 사후 면담)

즉, 비유 활용 수업을 통해 학생들은 과학을 배우는 일이 자신의 능력으로 가능하다고 믿게 되고, 적극적으로 토의에 임하여 자신의 이전 경험과 지식을 바탕으로 새로운 지식을 구성할 수 있었다. 이처럼 비유 활용은 과학 학습에 대한 태도에 긍정적인 영향을 끼친 것으로 판단된다.

모든 인간 활동은 감성적인 측면을 포함한다(Lemke, 2001). 그리고 학습은 과학 내용을 이해할 수 있는가 하는 인지적 능력의 문제 뿐 아니라 배우고자 하는 동기, 의욕과 같은 학생들의 정의적 측면에 의존한다. 따라서 과학 학습에 대한 태도의 긍정적 변화

는 이후 학습하게 될 다른 과학 개념의 학습을 돕는다. 이러한 의미에서, 비유가 학생들의 과학 학습에 대한 태도에 미치는 긍정적 효과는 간과할 수 없는 것이다.

IV. 결론 및 제언

광합성 개념은 생물의 기본적인 생명 현상인 물질 대사를 이해하기 위해 필수적이지만, 추상적 개념이라 중학생들이 학습하는 데 큰 어려움을 갖고 있다. 본 연구에서는 광합성을 주제로 하여 학생 중심 비유 활용 수업 모형을 개발하고 적용하여 그 효과를 검증하고, 아울러 비유가 학습에서 하는 역할을 정성적으로 분석하였다.

그 결과, 학생 중심 비유 활용 수업은 광합성 개념 이해와 과학 수업에 대한 태도에 통계적으로 유의미한 긍정적인 효과가 있는 것으로 나타났으며, 광합성 개념 학습에서 비유가 다음의 몇 가지 역할을 함으로써 이러한 학습 효과를 보인 것으로 파악되었다.

첫째, 비유는 학생들의 사전 지식과 경험이 활성화되는 것을 도와 개념 발달이 시작될 수 있도록 한다. 이미 알고 있는 친숙한 소재의 도입은 광합성에 대한 개인적 개념을 드러내도록 하였고, 목표 개념의 표면적인 속성이 아니라 구조적인 속성에 주목하게 함으로써 지식의 정교화와 재구조화를 도왔다. 이러한 과정을 통해 비유는 궁극적으로 학생들의 광합성 개념 이해를 도운 것으로 판단된다.

둘째, 비유는 소집단 토의 활동을 촉진하는 매개체로서의 역할을 한다. 비유 만들기 활동을 통해 과학 학습에서 멀리 비껴 나있던 학생들도 자연스럽게 자신의 경험을 이야기하기 시작했으며, 이것이 결과적으로 소집단 토의를 활발하게 하였다.

셋째, 비유는 학습자의 메타 인지 능력을 발달시킨다. 메타 인지 능력이란 개인의 이해 정도를 점검하고, 학습에 유용한 도구로서의 비유의 가치를 인식하는 것을 말한다. 비유 활용 수업을 통해 학생들은 학습에서 비유의 가치를 인식하게 되었으며, 개인적 이해를 점검하고 새로운 이해를 구성하는 데 비유를 활발하게 사용하였다.

넷째, 비유는 학습자의 오개념을 드러내 주고 수정하게 해 준다. 교사는 학생들이 만든 비유물을 보고 그 학생이 어떠한 오개념을 가지고 있는지 파악할 수 있다(Pittman, 1999). 또한 비유물과 목표물의 비교

유 속성 찾기 활동과 학급 구성원 앞에서 발표하고 토론하는 활동을 통해 학습자의 오개념은 수정될 수 있었다. 그러나 소집단 토의 내에서 자연스럽게 오개념이 형성되고 발달되는 것을 완전히 통제할 수는 없었는데, 이것은 본 연구의 제한점으로 앞으로 후속연구를 통해 해결해 나가야 하는 부분이다.

마지막으로 비유는 과학 학습에 흥미와 자신감을 유발한다. 학생의 경험과 연결되는 비유는 낯선 과학 내용을 친숙하게 느끼도록 하며, 소집단 토의에서 쉽게 자신의 경험을 제시하는 것을 도왔다. 그리고 다른 학생들로부터 이에 대한 인정을 받으면서 학습에 대한 자신감이 향상되는 등 정의적 측면에서 긍정적인 효과가 있었다.

본 연구 결과로 제시된 비유의 제한점을 극복하고 긍정적 효과를 학교 현장에서 구현하기 위해서는 추후에 다음의 연구가 이루어질 필요가 있음을 제안한다.

첫째, 본 연구에서는 중학생들을 대상으로 하여 광합성 개념에 대한 학생 중심 비유 활용 수업을 개발·적용하여 그 효과를 살펴보았다. 대상 학년과 대상 개념을 확대하여 비유 활용 수업 모형을 장기간에 걸쳐 적용하여 그 효과를 알아보는 연구가 필요하다.

둘째, 본 연구에서 활용한 학생들의 비유 만들기 활동은 다양한 측면에서 긍정적인 효과들과 아울러 일부 제한점이 나타났다. 다양한 제한을 가지는 학교 현장에서 학생들의 비유 만들기 활동이 효과적으로 이루어지기 위해서는, 학생들이 스스로 비유를 만드는 활동을 할 경우에 겪는 어려움과 이를 극복할 수 있는 방안을 구체적으로 파악하기 위한 좀 더 확장된 연구가 필요하다.

셋째, 학생 중심 비유 활용 수업은 학습자의 인지 수준, 언어 추론 능력, 표현 능력 등 다양한 변인에 의해 효과가 달라진다. 그러므로 수업에 영향을 미치는 요인을 보다 심도 있게 분석하고, 이를 통해 학습자 특성에 맞는 비유 활용 수업 방안 등에 대한 후속 연구가 필요하다.

국문 요약

본 연구는 광합성 개념 이해에 도움이 되는 학생 중심 비유 활용 수업을 개발·적용하고, 이 수업이 개념 이해와 과학 수업에 대한 태도에 미치는 효과를 검증함과 아울러 학습에서 비유가 갖는 역할을 정성적으

로 파악하는데 그 목적이 있다. 서울 시내 소재 중학교 2학년 4개 학급을 선정할 후, 비유 활용 수업 집단과 비교집단으로 무선 배치하였다. 과학 개념 이해 검사와 과학 수업에 대한 태도 검사를 사전, 사후에 실시하였고, 실험 집단의 경우 소집단 토의와 반 구조화된 면담 내용을 녹음하고 전사하여 분석하였다. 결과, 학생 중심 비유 활용 수업이 학생들의 광합성 개념 이해와 과학 수업에 대한 태도에 통계적으로 유의미하게 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 또한, 연구에서 밝혀낸 학습에서의 비유의 역할로는 다음과 같은 것들이 있었다. 첫째, 비유는 학생들의 사전 지식을 활성화하고, 목표 개념의 구조적 속성에 집중하게 하고, 지식의 정교화를 도움으로써 학생들의 개념 이해를 돕는 역할을 했다. 둘째, 비유 만들기 활동은 소집단 활동을 촉진하는 매개체로서 작용하였다. 비유로 인해 소집단 토의가 촉발되고 활성화되었을 뿐 아니라, 이것이 광합성 개념 이해에도 긍정적인 영향을 주었다. 셋째, 비유는 자신의 이해 정도를 점검하게 도움으로써 학생의 메타 인지적 능력을 발달시켜 주는 역할을 했다. 뿐만 아니라, 비유는 학생들의 오개념을 드러내 주는 역할을 하며, 교사가 이에 주목하면 오개념을 수정할 수 있게 하는 도구로서 비유를 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 마지막으로, 비유는 학생들이 과학 학습에 흥미를 느끼게 하고, 자신감이 향상되도록 하는 등 정외적 측면에서도 긍정적인 효과가 있었다.

참고 문헌

권혁순, 최은규, 노태희 (2004). 화학 교육에서 사용되는 비유에 대한 학생들의 이해도 및 비유 사용의 제한점. *한국과학교육학회지*, 24(2), 287-297.

김동렬 (2008). 유전 관련 개념에 대한 고등학생들의 비유 만들기 수업의 적용 효과. *한국과학교육학회지*, 28(5), 423-437.

김수미, 정영란 (1997). 항상성, 동·식물 분류, 식물의 양분생산에 대한 학생의 개념 조사와 오개념 형성 원인으로써 교사 요인의 분석. *한국과학교육학회지*, 17(3), 261-271.

김희백, 김성하, 이선경, 김형련 (2001). 비유가 수업에 대한 흥미와 세포소기관의 기능 이해에 미치는 효과. *한국생물교육학회지*, 29(4), 346-353.

김희정, 조연순 (2001). 초등학생의 광합성 개념 학습에서 TWA 비유 수업모형의 효과. *한국과학교육학회지*, 21(2), 444-458.

류수경 (2005). 과학 교수·학습에서 사용되는 비유 분석과 비유를 활용한 수업의 효과. *이화여자대학교 대학원 박사 학위 논문*.

박강훈, 이선경, 장남기 (1992). 생물의 에너지원에 관한 중등학교 학생들의 개념조사. *한국생물교육학회지*, 20(2), 133-145.

변순화, 김경순, 최숙영, 노태희, 차정호 (2007). 화학 개념 학습에서 물리적 비유를 사용한 학생 중심 비유 수업의 효과. *한국과학교육학회지*, 27(7), 631-638.

이원경, 김희백 (2007). 실험 결과 해석 과정에서 사용한 체계적 비유가 고등학생들의 효소 개념 변화에 미친 영향. *한국과학교육학회지*, 27(7), 663-675.

정영란, 강경리 (1998). 광합성의 기본 개념에 관한 학생들의 이해도 조사 및 오개념 분석. *한국생물교육학회지*, 26(1), 1-7.

조희형 (1994). 잘못 알기 쉬운 과학개념. 서울: 전파과학사.

최경희 (2004). 제 6차·7차 초등학교 과학 교과서에 제시된 비유 비교 분석. *초등과학교육*, 25(2), 149-158.

최은규 (2004). 중학생들이 만든 비유의 유형 분석과 비유 만들기 수업의 효과. *서울대학교 대학원 석사 학위 논문*.

Aubusson, P. J., & Fogwill, S. (2006). Roleplay as analogical modelling in science. In P. J. Aubusson, A. G. Harrison, & S. M. Ritchie(Eds.), *Metaphor and analogy in science education*, (pp. 91-102) Dordrecht: Springer.

Baker, W. P., & Lawson, A. E. (1995). Effect of analogic instruction and reason level on achievement in general genetics. ERIC Document Reproduction Service No. ED 390 713.

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

Brown A. L., & Campione, J. C. (1994).

Guided discovery in a community of learners. In K. McGilly (Ed.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice* (pp 229–270). Cambridge, MA: MIT press/Bradford Books.

Calik, M., & Ayas, A. (2005). An analogy activity for incorporating students' conceptions of types of solution. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 6(2), 1–3.

Chi, M. T. H. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: Example from learning and discovery in science. In R. Giere (Ed.), *Cognitive models of science: Minnesota studies on the philosophy of science* (pp. 129–160). Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.

Chi, M. T. H. (2000). Cognitive understanding levels. In A. E. Kazdin (Ed.), *Encyclopedia of psychology* (Vol. 2, pp. 141–151). APA and Oxford University Press.

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

Duit, R., Komorek, M., Wilbers, J., & Roth, W. (1997). 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.

Dunbar, K., & Blanchette, I. (2001). The in vivo/in vitro approach to cognition: The case of analogy. *Trends in Cognitive Science*, 5, 334–339.

Fraser, B. J. (1981). *Test of science-related attitudes: Handbook*. Hawthorn: The Austrian Council for Educational Research.

Glynn, S. M. (1989). The teaching with analogies model: Explaining concepts in expository texts. In K. D. Muth (Ed.), *Children's comprehension of narrative and expository text: Research into practice* (pp. 185–204).

Neward, DE: International Reading Association.

Glynn, S. M. (1991). Explaining science concepts: A teaching-with-analogies model. In S. Glynn, R. Yeany, & B. Britton (Eds.), *The psychology of learning science* (pp. 219–240). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.

Hand, B., Lawrence, C., & Yore, L. D. (1999). A writing in science framework designed to enhance science literacy. *International Journal of Science Education*, 21, 1021–1035.

Hesse, M. (1996). *Models and analogies in science*. Notre Dame, IN: The University of Notre Dame Press.

Hidi, S. (1990). Interest and its contribution as a mental resource for learning. *Review of Educational Research*, 60(4), 549–571.

Hofstadter, D. (2003). Analogy as the central motor of discovery in physics. Paper presented at a Physics Department Colloquium, Ohio State University.

Leatherdale, W. H. (1974). *The Role of analogy, model and metaphor in science*. Amsterdam: North-Holland.

Lemke, J. L. (2001). Articulating Communities: Sociocultural Perspectives on Science Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(3), 296–316.

Mason, L. (1994). Analogy, meta-conceptual awareness and conceptual change: A classroom study. *Educational Studies*, 20, 267–292.

Mason, L. (1995). Collaborative reasoning on self-generated analogies: Conceptual growth in understanding scientific phenomena. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, CA. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 392 643)

May, D. B., Hammer, D., & Roy, P. (2006). Children's analogical reasoning in a third-

grade science discussion. *Science Education*, 90(2), 316-330.

Mayo, J. A. (2001). Using analogies to teach conceptual applications of developmental theories. *Journal of Constructivist Psychology*, 14, 187-213.

Orgill, M., & Bodner, G. (2004). What research tells us about using analogies to teach chemistry. *Chemistry Education: Research and Practices*, 5(1), 15-32.

Pittman, K. M. (1999). Student-generated analogies: Another way of knowing? *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 1-22.

Richard, C., & Mashihō, Y. (2006). Acquisition of Procedures: The Effects of Example Elaborations and Active Learning Exercises. *Learning and Instruction*, 16(2), 139-153.

Roth, K. J. (1990). Developing meaningful conceptual understanding in science. In B. F. Jones & L. Idol (Eds.), *Dimensions of thinking and cognitive instruction*, (pp. 139-176). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Thiele, R. B., & Treagust, D. F. (1991). Using analogies in secondary chemical teaching. *Australian Science Teachers Journal*, 37(2), 4-14.

Tronson, D., & Ross, P. (2004). Modelling effective teaching and learning strategies with our teaching teams in first-year university. *Australian Journal of Education in Chemistry*, 63, 11-15.

Tsai, C. C. (1999). Overcoming junior high

school students' misconceptions about microscopic views of phase change: A study of an analogy activity. *Journal of Science Education and Technology*, 8(1), 83-91.

Venville, G. J., & Treagust, D. F. (1996). The Role of analogies in promoting conceptual change in biology. *Instructional Science*, 24(4), 295-320.

Venville, G. J., & Treagust, D. F. (1998). Exploring conceptual change in genetics using a multidimensional interpretive framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(9), 1031-1055.

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45-69.

Weller, C. M. (1970). The role of analogy in teaching science. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(10), 986-1024.

White, R., & Gunstone, R. (1992). *Probing Understanding*. London: The Falmer Press.

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.

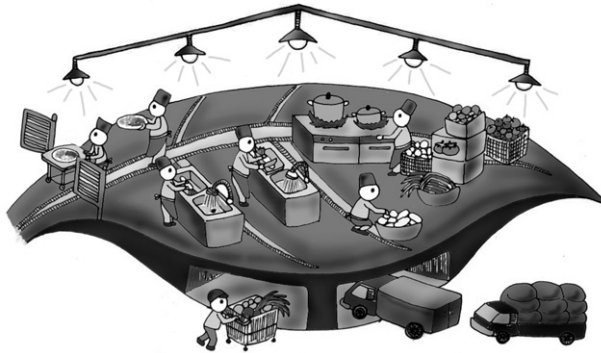
Zook, K. B., & Maier, J. M. (1994). Systematic analysis of variables that contribute to the formation of analogical misconceptions. *Journal of Educational Psychology*, 86(4), 589-600.

〈부록〉 비유 활동지

맛있는 요리가 만들어지는 식당은
마치 식물의 잎과 같아요.

2학년 ()반 ()번
이름:()

맛있는 냄새가 솔솔~
식당의 주방에서 맛있는 음식이 바쁘게 만들어 지고 있네요~
식물의 광합성은 맛있는 요리가 만들어지는 과정에 비유해 볼 수 있어요.



식당에서 음식이 만들어지기 위해서는 우선 음식 재료가 식당 안으로 들어와야 해요. 그러면 식당의 요리사는 재료를 가지고 맛있는 음식을 만들어 내지요.

또, 음식을 만들 때에는 가스레인지로 가열하는 게 필요하지요.

이제 다 만들어진 음식은 식당의 주방 밖으로 나가 음식을 주문한 손님에게로 가게 됩니다.

* 식당에서 음식이 만들어지는 과정과 식물의 광합성을 비교해 봅시다. *

식당의 주방	식물
음식이 만들어지는 과정	
식당 안으로 운반되는 음식 재료들	
음식을 만들 때 필요한 가스레인지의 열	
요리가 일어나는 식당의 주방	
다 만들어진 음식	

1. 요리가 만들어지는 과정과 식물의 광합성 사이에는 어떤 차이점이 있을까요?

예시) 식당은 24시간 하는 곳도 있는데, 광합성은 햇빛이 있는 낮에만 일어난다.

- ① _____
- ② _____
- ③ _____

2. 요리 비유 이외에 식물의 광합성에 적용할 수 있는 다른 비유를 소집단별로 만들어봅시다. 만든 비유와 광합성 과정을 대응시켜 보고, 또 차이점도 찾아보세요.