

## 과학 교과서의 화학 영역에 사용된 비유의 분석: 제5차 중등 과학 교육과정을 중심으로\*

노태희 · 권혁순 · 채우기  
(화학교육과)

### I. 연구의 필요성 및 목적

과학 교육의 국제 비교 평가 연구(한국과학기술원, 1987)에 의하면 우리 나라 초등 학생들의 과학 성취도는 최상위권인데 비하여 중학생들은 중위권이요 고등학생들은 최하위권으로, 상급 학교로 갈수록 다른 나라 학생들에 비해 과학 학습의 성취도가 떨어지는 것으로 나타났다. 또한 과학에 대한 흥미도를 조사한 연구에서도 학생들은 과학 과목이 다른 과목보다 재미가 없고 어려우며 덜 중요하다고 생각하는 것으로 나타났으며, 과학 과목에 대한 부정적인 시각은 학년이 올라갈수록 더욱 증가하는 것으로 보고되었다(노태희와 최용남, 1996; 허명, 1993). 이러한 경향의 원인 가운데 한 가지로 과학 수업에서 접하게 되는 개념들과 학생들의 실생활 경험을 통해 형성된 인지 구조와의 부적절한 연결을 들 수 있다. 학생들은 과학적 상황과 일상적 상황을 서로 다른 문제 상황으로 파악하기 때문에 일상적 상황의 문제는 잘 이해하나 과학적 상황의 문제는 잘 이해하지 못한다(Song & Black, 1991). 따라서 학생들의 과학에 대한 이해를 증진시키려면 일상적 경험에 기초하여 과학적 개념을 학생들의 인지 구조에 효과적으로 연결 지을 수 있는 교수 방법이 요구되는데, 친숙하지 않은 개념에 이미 알고 있는 친숙한 사물이나 상황을 연결짓는 비유가 유용하게 사용될 수 있다.

과학 개념의 이해를 돕기 위하여 오래 전부터 과학 교과서나 수업 시간에 비유가 많이 사용되어 왔다. 미국화학회에서 매월 발행하는 화학교육지(Journal of Chemical Education)에도 “응용과 비유(Applications and Analogies)”라는 고정란을 마련하여 여러 가지 비유를 소개하고 있으며, GMAT (General Model of Analogy Teaching), TWA (Teaching-With-Analogy), Bridging Analogy 등 비유를 사용한 수업 모형을 개발하여 비유 사용의 효과를 입증하는 연구도 많이 진행되었다(Duit,

\* 이 연구는 서울대학교 사범대학 발전 기금 학술연구비의 지원에 의해 수행되었음.

1991). 과학 교수에서 비유의 효과를 연구한 15편의 논문 중 12편의 연구가 긍정적인 효과를 보고한 바 있고(Dagher, 1995), 비유를 사용한 수업은 형식적 사고 능력이 부족한 학생들에게 더 효과적이며 학생들의 오인을 감소시키는 효과가 있다는 연구 결과도 발표되었다(Duit, 1991). 국내에서도 학생의 기존 개념과 새로운 과학적 개념 사이의 유사성을 찾아낸 후, 학생들에게 익숙한 기존 개념을 비유물로 사용하여 새로운 과학적 개념을 설명하려는 구성주의적 학습 접근을 통한 개념 변화 연구 등이 진행되었다(김영민, 1991a, 1991b).

이처럼 비유 사용의 중요성과 효율성에 대한 논의 및 비유를 사용한 수업 모형을 개발하여 그 효과를 조사하는 연구들이 활발하게 진행되고 있으나(Harrison & Treagust, 1993 ; Thiele, 1994 ; Treagust, Duit, Joslin, & Lindauer, 1992), 비유의 사용 실태에 대한 체계적인 연구는 빈약한 실정이다(Duit, 1991). 또, 과학 수업에서 사용되는 비유의 빈도 및 제시 방법에 관한 조사 자료는 거의 없다. 비유를 사용하는 것이 과학 개념의 이해에 도움이 되고 실제로 오래 전부터 사용되고 있으므로, 과학 수업에서의 비유 사용 실태를 파악하고 사용상의 문제점을 분석한다면, 그 결과를 바탕으로 과학 수업에서 보다 나은 비유 사용 방법을 모색할 수 있을 것이다. 그러나 모든 과학 수업을 참관하고 분석하는 것은 현실적으로 불가능하며 우리나라 과학 수업은 대체로 교과서에 의존하여 진행되고 있으므로, 과학 수업에서 사용되는 교과서를 대상으로 비유 사용 실태를 분석할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 중·고등학교에서 사용되고 있는 과학 교과서의 화학 영역에 사용된 비유를 추출하여 유형별로 분류함으로써 과학 교과서 내의 비유 사용 실태를 분석하고자 한다. 본 연구의 목적은 구체적으로 다음과 같다.

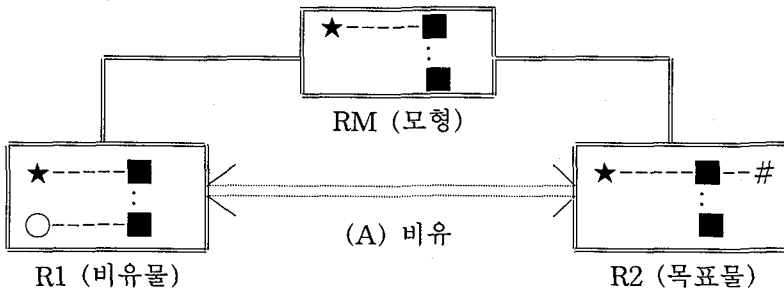
- 가) 제5차 중등 과학 교육과정의 과학 교과서 중에서 화학 영역에 실려 있는 비유를 추출하여 빈도 및 분포를 조사한다.
- 나) 선행 연구를 고려하여 완성한 비유 분석틀을 이용하여 비유를 유형별로 분류하여 학교급별(중학교와 고등학교), 계열별(인문계와 자연계)로 교과서에 비유가 사용되는 실태를 비교·분석한다.
- 다) 선행 연구에서 밝혀진 비유 사용의 제한점을 고려하여 교과서에 사용된 비유의 적절성을 검토한다.

## II. 이론적 배경

### 1. 비유의 정의

Duit(1991)는 친숙하지 않은 개념을 '목표물(target)', 교수-학습 과정에서 기초

(Gentner, 1983) 또는 원천(Rumelhart & Norman, 1981)으로 작용하는 영역인 친숙한 개념을 ‘비유물(analog)’, 두 영역의 구조를 비교하는 것을 비유라고 정의하고 <그림 1>과 같이 설명하였다. <그림 1>에서 모든 상자는 표상(representation)을 의미하며, R1, R2의 구조 중 일부는 동일한 특징을 가지고 있다. RM은 이와 같은 구조적 동일성을 추출한 것으로서 이를 ‘모형’이라 하며, 이때 R1과 R2는 RM에 나타난 구조에 대하여 비유적 관계가 있다. 과학 교수에서 비유는 교과 내용에 관련되는 목표물을 효과적으로 설명하기 위하여 학생 세계에서 사용되는 비유물을 활용하는 것을 의미한다. 따라서 일부 속성을 공유하는 두 영역 사이의 대응 관계를 비유로 활용하기 때문에, 이러한 비유물과 목표물의 대응이 일정한 논리적 위계로 구성될 필요는 없으며 두 영역간의 대응 관계가 분명할 때 좋은 비유라고 할 수 있다.



<그림 1> 비유의 의미

## 2. 비유의 역할

학습 과정 측면에서 비유의 역할은 출처 영역으로부터 목표 영역으로 구조들을 전이시킴으로써 새로운 개념 구조를 생성하도록 돕고, 새로운 정보를 얻는 과정에서 기존의 지식들을 재구조화하도록 유도하며, 새로운 정보를 상상하기 쉽고 좀 더 구체적인 형태로 만드는 것이다(Duit, 1991). 이론의 발달 측면에서 비유의 역할은 새롭게 구성된 이론들을 자세히 규명하는 데 도움을 주고, 이론들의 정교화와 확장에 대한 핵심 질문들을 제안하고, 이론적 요소들과 관찰 가능한 변인들 사이의 대응점들을 시사함으로써 이론을 구체적인 문제에 적용하게 하며, 이론들 사이에 연관을 제공함으로써 포괄적인 설명 체계를 구성하는 데 기여하는 것이다(Nagel, 1979).

비유는 경험적으로 익숙한 생각들을 익숙하지 않은 생각에 연결시킴으로써 새로

운 이해를 형성하기 위한 인지적 도구로 기능하게 되고, 과학에서는 발견적 도구로, 과학 수업에서는 설명적 도구로 기능함으로써 아동과 성인 모두에게 효과적인 개념 정립 도구(Harrison & Treagust, 1993)이자, 추상적인 정보를 더 생생하고 구체적으로 만들어 주는 효과적인 학습 도구(Davidson, 1976)라 할 수 있다.

### 3. 교과서에 사용된 비유를 분석한 선행 연구

학습에서 비유가 어떻게 작용하는가에 대한 연구는 많이 이루어졌지만, 실제로 교과서에서 비유가 어떻게 사용되고 있는가에 대한 연구는 거의 없는 실정이다(Duit, 1991). Glynn, Britton, Sermrud, Muth(1989)는 미국의 초등, 중등, 대학의 과학 교과서 43권에 사용된 비유를 조사하였으나, 특정한 범주에 근거하여 분석한 것이 아니라 비유에 대하여 단순히 해석하는 수준에 머물렀다. Curtis와 Reigeluth(1984)는 비유의 유형이나 배치 등과 같은 몇 가지 관점에서 미국의 과학 교과서에 있는 비유를 정량적으로 분석하였다. 이 연구에서는 26권의 교과서에서 216개, 즉 권당 평균 8.3개의 비유가 들어 있는 것으로 나타났으며 그 중 기능적인 관계를 담고 있는 정교한 비유가 차지하는 비율은 약 70%였는데, 초등 과학 교과서의 경우(50%)에 비해 화학이나 물리 교과서(약 90%)에서 그 비율이 증가하였다. Thiele, Veville, Treagust(1995)는 호주의 고등학교에서 보편적으로 사용되는 생물 교과서 4권과 화학 교과서 10권에서 각각 174개(평균 43.5개)의 비유와 93개(평균 9.3개)의 비유를 찾아내었고, 이를 유형별로 정리한 결과 기능적 비유는 48%, 추상적 개념을 구체적 비유물로 연결시킨 비유는 88%, 단순 대응 비유는 45%를 차지했으며 문자만 사용한 비유와 그림을 함께 사용한 비유는 비슷한 비율로 나타났다.

## Ⅲ. 연구 방법

### 1. 연구 내용 및 절차

본 연구에서는 중·고등학교의 과학 교과서 중 화학 영역에 있는 비유를 분석하였다. 분석한 교과서는 제5차 교육과정의 과학 교과서 중에서 중학교 과학은 학년당 5종씩 15권, 고등학교 과학Ⅱ(下)는 8권, 화학은 5권으로 총 28권이며(표 1), 중학교 과학 교과서는 화학 영역인 1학년의 『물질의 성질』, 2학년의 『물질의 구성』, 3학년의 『물질의 변화』 단원만을 분석하였고, 고등학교 과학Ⅱ(下)와 화학 교과서는 전체 단원을 분석하였다.

비유를 ‘교과 내용에 관련되는 목표물을 설명하는 것을 돕기 위하여 학생 세계에서 사용되는 비유물을 대응시키는 것’이라고 정의한 후 이를 토대로 과학 교과서의 화학 영역에서 비유를 추출하고 유형별로 분류하였다. 이 때 연구자 주관에 의한 편향을 줄이기 위하여 비유의 추출 및 분류 과정에서 분류자간 신뢰도를 구한 결과, 비유 추출 과정에서 0.96의 일치도를 얻었으며 분류 과정에서 평균 0.90의 일치도와 0.80의 카파 계수(Cohen, 1960)를 얻어 신뢰도를 검증할 수 있었다.

비유의 분류 결과를 바탕으로 많이 사용되는 비유의 유형과 빈도를 조사하고, 학교급별(중학교와 고등학교) 및 고등학교의 계열별(인문 계열과 자연 계열), 단원별로 비교·분석하였다. 동시에 자주 사용되는 비유의 특징과 비유 사용의 적절성 및 문제점도 함께 검토하였다.

<표 1> 분석 대상 교과서

기호	저자	출판년도	교과목명	출판사
A	권숙일 외 11인	1990	과학 1, 2, 3	동아출판사
B	김순식 외 8인	1990	과학 1, 2, 3	지학사
C	김시중 외 11인	1990	과학 1, 2, 3	금성교과서
D	송인명 외 7인	1990	과학 1, 2, 3	교학사
E	정창희 외 8인	1990	과학 1, 2, 3	교학사
F	김시중 외 2인	1990	과학II(下)	금성교과서
G	박대순 외 1인	1990	과학II(下)	연구사
H	박원기	1990	과학II(下)	지학사
I	소현수 외 3인	1990	과학II(下)	동아출판사
J	이운주 외 4인	1990	과학II(下)	문호사
K	이원식 외 2인	1990	과학II(下)	교학사
L	정구조 외 3인	1990	과학II(下)	노벨문화사
M	정규철 외 2인	1990	과학II(下)	동아서적
N	김시중 외 2인	1990	화학	금성교과서
O	박원기	1990	화학	학연사
P	소현수 외 3인	1990	화학	동아출판사
Q	이운주 외 4인	1990	화학	문호사
R	이원식 외 2인	1990	화학	교학사

## 2. 분석 도구

본 연구에서는 Thiele와 Treagust(1994)가 개발한 네 가지 준거에 상황의 작위성과 비유 언급 여부라는 두 가지 준거를 추가하여 다음과 같은 분석틀을 사용하였다.

1) 비유물과 목표물간의 공유된 속성에 따른 분류: 비유물과 목표물이 공유하고 있는 속성에 따라 다음의 세 가지로 나누어진다.

가) 구조적 비유: 목표물이 되는 과학적 개념에서 담고 있는 모양, 크기, 색깔 등 구조적 속성을 비유물이 지니고 있으며, 행동적 특성이나 기능적 특성은 지니고 있지 않다. 이것은 크기나 모양 등의 비례적 관계를 나타내고자 할 때 특히 유용하게 쓰인다.

나) 기능적 비유: 비유물의 기능이나 행동적 성질이 목표물에 대응된다. 목표물과 비유물의 외양이나 구조상의 유사성은 전혀 보이지 않지만, 비유물의 행동 또는 역할이 설명하고자 하는 목표물의 행동 또는 역할과 유사하다.

다) 구조/기능적 비유: 비유물과 목표물이 구조적 속성과 기능적 속성을 모두 공유한다.

2) 표현 방식에 따른 분류:

가) 언어 비유: 그림을 사용하지 않고 언어만 사용하여 표현한 비유이다.

나) 그림 비유: 비유물에 대한 언어적 설명은 전혀 없이 그림만 사용한 비유이다.

다) 그림/언어 비유: 비유물에 대한 그림과 언어적 설명을 함께 사용한 비유이다.

3) 비유물과 목표물의 추상도에 따른 분류:

가) 구체적/구체적 비유: 비유물과 목표물이 모두 구체적 수준이다.

나) 추상적/추상적 비유: 비유물과 목표물이 모두 추상적 수준이다.

다) 구체적/추상적 비유: 비유물은 구체적 수준이고, 목표물은 추상적 수준이다.

4) 대응 정도에 따른 분류:

가) 단순 비유: 비유물에 대한 부가 설명 없이 단지 목표물은 비유물과 비슷하다고 언급하는 수준의 비유이다.

나) 부연 비유: 공유된 속성에 대한 부연 설명이나 언급이 약간 나타나는 비유이다.

다) 확장 비유: 하나의 목표물을 설명하기 위해 여러 가지 비유물을 사용하거나, 하나의 비유물이 여러 가지 속성들을 포함하고 있는 비유이다.

5) 상황의 작위성에 따른 분류:

가) 일상적 비유: 주변 세계에서 흔히 볼 수 있는 사물이나 상황을 그대로 사용

하여 과학적 개념을 설명하는 비유이다.

나) 작위적 비유: 주변 세계에서 흔히 볼 수 있는 사물이나 상황을 이용하지만, 사물이나 상황을 목표물에 맞게 의도적으로 구성한 비유이다.

6) 비유 언급 여부에 따른 분류: 교과서 본문 중에서 비유라는 용어를 사용하였는지의 여부에 따라서 분류한다.

## IV. 결과 및 논의

### 1. 교과서에서 비유를 사용한 빈도

과학 교과서의 화학 영역에 사용된 비유 수를 교과서 별로 <표 2>에 제시하였다. 고등학교 화학 교과서 한 권당 비유 수는 11.0개로 호주 화학 교과서의 9.3개 (Thiele et al., 1995) 보다 많았으나, 고등학교 과학II(下)와 중학교 과학 교과서는 각각 6.4개와 1.4개로 비유 사용량이 매우 적은 것으로 나타났다. 교과서 10쪽당 사용된 비유 수에서도 중학교 과학 교과서는 평균 0.22개, 고등학교 과학II(下)는 0.37개, 화학은 0.31개로 중학교 과학이 가장 적고 고등학교 과학II(下)가 가장 많은 것으로 나타났다.

중학교에서는 학년별 비유 사용 빈도에 큰 차이를 보였다. 중학교 2학년의 『물질의 구성』 단원에서는 원자와 분자 등 미시 세계를 구체화한 모형을 설명하는 과정에서 비유가 많이 사용되었으나, 중학교 3학년의 『물질의 성질』 단원에서는 교과서에 따라 비유의 수에 차이가 있었고 중학교 1학년의 『물질의 성질』 단원에서는 비유가 전혀 사용되지 않았다. 이것은 거시적 수준의 개념과 현상에 대한 설명이 많아서 개념의 구체적 가시화에 대한 필요성이 적기 때문으로 해석할 수 있다. 이러한 경향은 고등학교 교과서의 단원별 분석에서도 나타난다.

한편 동일한 교과목이라도 교과서 종류에 따라 비유의 사용량에 큰 차이가 있었다. 고등학교 화학의 경우 교과서 한 권에 사용된 비유 수는 가장 적은 것이 6개이고 가장 많은 것이 19개로 교과서에 따라 사용된 비유 수의 편차가 매우 크게 나타났다. 동일한 내용을 비슷한 쪽 수에 기술하면서도 사용한 비유 수가 다른 것은 과학 학습에서 비유 사용의 중요성에 대한 각 교과서 저자들의 인식이 다르기 때문인 것으로 해석할 수 있다.

교과서에 사용된 127개의 비유들을 정리한 결과 모두 60종의 비유가 2회 이상 반복 사용되어 1개의 비유가 평균 2.1권의 과학 교과서에 사용되었다(표 3). 동일한 비유가 여러 종류의 교과서에 사용될수록 널리 알려져 있으며 체계적으로 정립된

〈표 2〉 교과서별 비유 수

학교급	교과목	교과서 종류 <sup>1</sup>	비유 수	평균 비유 수		
				10쪽당	권당	
중학교	과학1	A	0	0.00	0.0	
		B	0	0.00		
		C	0	0.00		
		D	0	0.00		
		E	0	0.00		
	과학2	A	2	0.31	3.2	
		B	4	0.69		
		C	1	0.19		
		D	3	0.44		
		E	6	0.86		
	과학3	A	3	0.45	1.0	
		B	1	0.15		
		C	1	0.16		
		D	0	0.00		
		E	0	0.00		
고등학교	과학 II(下)	F	4	0.23	6.4	
		G	8	0.45		
		H	4	0.24		
		I	5	0.29		
		J	7	0.41		
		K	13	0.80		
		L	5	0.30		
		M	5	0.29		
	화학	N	6	0.17	11.0	
		O	10	0.29		
		P	6	0.17		
		Q	14	0.39		
		R	19	0.53		
		과학	21	0.22		1.4
		과학II(下)	51	0.37		6.4
화학	55	0.31	11.0			

<sup>1</sup> 교과서 종류는 <표 1> 참조

비유라고 할 수 있는데, 11권의 교과서에서 공통적으로 사용된 비유가 하나 있을 뿐 대부분의 비유들은 사용 횟수가 적었다. 특히 60%의 비유는 단 한 권의 교과서에만 사용되어 비유의 사용이 비체계적이며 교과서 저자의 주관적 판단에 의존하는



것을 알 수 있다.

2종 이상의 교과서에서 반복적으로 사용된 비유는 <표 4>와 같다. 물 개념을 다스, 접, 꾸러미에 대응시킨 비유가 가장 많이 사용되어 고등학교 교과서 13권 중 11권에

<표 3> 비유 반복 사용 횟수 분포

반복 사용 횟수	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	계
비유 수	36	13	2	3	1	0	1	3	0	0	1	60
%	60	22	3	5	2	0	2	5	0	0	2	100

<표 4> 자주 사용된 비유

비유물	목표물	사용 횟수			
		과학	과학 II(下)	화학	전체
다스, 접, 꾸러미	물	0	7	4	11
공	원자모형(돌턴)	1	5	2	8
태양계	원자모형(러더퍼드)	1	3	4	8
언덕	활성화 에너지	0	6	2	8
계단	전자의 에너지 준위	0	3	4	7
볼트와 너트, 클립	화학 반응	5	0	0	5
왼손과 오른손	광학 이성질체	0	0	4	4
아령	p오비탈	0	0	4	4
탁구공과 지구	원자핵과 원자의 크기	2	2	0	4
숯과 나무 연소열 발생	중화 반응열	3	0	0	3
터널	촉매 사용 효과	0	2	1	3
나 하나쯤 예화	화학 윤리	0	1	1	2
건포도가 든 푸딩	원자모형	0	1	1	2
과녁	오비탈	0	0	2	2
구름	원자모형	0	2	0	2
구슬과 잠실 운동장	원자핵과 원자의 크기	0	1	1	2
녹두와 구슬	원자의 크기	0	1	1	2
높이 뛰기	활성화 에너지	0	1	1	2
바늘	살리실산	0	1	1	2
양초	원인의 결정	0	1	1	2
어항 속의 붕어	평형	0	1	1	2
오케스트라	주기율표	0	1	1	2
자물쇠와 열쇠	효소와 기질	0	0	2	2
젤리	겔	0	1	1	2

서 사용되었고, 돌턴과 러더퍼드의 원자 모형에 대한 공과 태양계 비유와 활성화 에너지에 대한 언덕의 비유가 8권에서 사용되었다. 중학교 교과서에서는 볼트와 너트의 결합으로 화학 반응을 비유한 것이 2학년 과학 교과서 5종에 모두 사용되었다.

### 3. 단원 영역별 비유 분석

목표물이 속한 단원 내용에 따라 비유를 6개의 영역으로 분류하였다(표 5). 원자 구조 및 주기율 영역(43%)과 화학 반응 영역(40%)에서 비유가 많이 사용되었고, 화합물, 화학 결합, 물질의 상태 및 용액 영역에서는 비유 사용이 매우 적었다. 원자 구조 영역에서는 모형 사용의 편리성, 원자 모형의 발달사, 여러 가지 원자 모형의 성질, 그리고 원자의 크기 등에 대한 설명에 비유를 사용하고 있으며, 화학 반응 영역에서 화학 반응 속도, 몰, 아보가드로 수의 크기, 활성화 에너지의 설명에 비유를 사용하고 있다. 이러한 개념들은 모두 미시적, 추상적 성질을 갖는 개념들이므로 개념을 이해하기 쉽도록 가시화하고 구체화하는데 비유가 많이 사용되고 있음을 알 수 있다. 이러한 경향은 Thiele 등(1995)이 호주 화학 교과서를 연구한 결과와도 일치하지만, 우리 나라의 경우 상대적으로 원자 구조의 설명에 비유가 많이 사용되었고 화학 결합의 설명에는 적게 사용되었다.

<표 5> 단원 영역별 비유 수(%)

단 원 영 역	과학	과학II(下)	화학	전체	호주 화학 <sup>1</sup>
원 자 구 조	8 ( 38)	21 ( 41)	26 ( 47)	55 ( 43)	21 ( 23)
화 학 반 응	10 ( 48)	24 ( 47)	17 ( 31)	51 ( 40)	33 ( 35)
화 합 물	0 ( 0)	2 ( 4)	8 ( 15)	10 ( 8)	13 ( 19)
화 학 결 합	2 ( 10)	2 ( 4)	2 ( 4)	6 ( 5)	12 ( 13)
물질의 상태	1 ( 5)	1 ( 2)	1 ( 2)	3 ( 2)	3 ( 3)
기 타	0 ( 0)	1 ( 2)	1 ( 2)	2 ( 2)	11 ( 12)
계	21 (100)	51 (100)	55 (100)	127 (100)	93 (100)

<sup>1</sup> Thiele 등(1995)

### 4. 비유의 유형별 분석

비유를 유형별로 분석한 결과를 <표 6>에 제시하였다. 비유물과 목표물 사이에 역할이나 행동과 관련된 속성을 공유한 기능적 비유(48%)가 구조적 비유(39%)보다

많았으며 구조와 기능적 속성을 모두 공유한 비유는 가장 적었다(13%). 이것은 화학에서 다루는 개념이 모양이나 크기, 색깔 등의 구조적 특징보다는 행동이나 역할 등 기능적인 특징을 지니는 것이 많기 때문으로 해석할 수 있다. 비유물이 목표물과 공유 속성을 많이 가지고 있어서 과학 개념의 학습에 보다 효율적이라고 할 수 있는 구조와 기능적 속성을 모두 공유한 비유가 가장 적은 것은 비유 개발상의 어려움에도 원인이 있겠지만 일반적으로 교과서에 나오는 개념들이 구조적 측면과 기능적 측면을 따로 설명하고 있는 데에서도 그 원인을 찾을 수 있다.

표현 방식에 따른 분류에서는 언어만 사용한 비유(46%)와 그림과 언어를 함께 사용한 비유(46%)의 비율이 비슷하였는데, 그림만 있고 설명이 없는 경우도 9%나 되었다. 비유는 보이지 않는 것을 가시화 하는 장점이 있기 때문에(Davidson, 1976; Duit, 1991), 그림을 설명과 함께 제시하는 것이 목표물의 이해를 돕는 데 더 효과적일 것이다. 비유물에 대한 설명 없이 그림만 있는 경우는 비유물과 목표물의 공유 속성에 대하여 학생들이 나름대로 해석하여 교과서 저자가 의도한 바와 다르게 이해할 수도 있으므로, 비유물의 그림과 함께 설명도 제시하는 것이 바람직하다.

<표 6> 비유의 유형별 분석 결과<sup>1</sup>

비 유		유 형		중학교 과학	과학 II(下)	화학	전체
공유	속성	구	조	5 (24)	18 (35)	27 (49)	50 (39)
		기	능	10 (48)	30 (59)	21 (38)	61 (48)
		구조와	기능	6 (29)	3 (6)	7 (13)	16 (13)
표현	방식	언	어	7 (33)	26 (51)	25 (45)	58 (46)
		그	림	3 (14)	4 (8)	4 (7)	11 (9)
		그림과	언어	11 (52)	21 (41)	26 (47)	58 (46)
추 상 도		구체적/구체적		0 (0)	3 (6)	7 (13)	10 (8)
		추상적/추상적		3 (14)	12 (24)	7 (13)	22 (17)
		구체적/추상적		18 (86)	36 (71)	41 (75)	95 (75)
대응	정도	단	순	9 (43)	23 (45)	28 (51)	60 (47)
		부	연	5 (24)	16 (31)	22 (40)	43 (34)
		확	장	7 (33)	12 (24)	5 (9)	24 (19)
작 위 성	일 작	상		10 (48)	37 (73)	47 (85)	94 (74)
		위		11 (52)	14 (27)	8 (15)	33 (26)
비	유	언	급	3 (14)	9 (18)	11 (20)	23 (18)

<sup>1</sup> 단위: 개, ( ) 안은 %

비유물과 목표물의 추상도에 따른 비유의 분류에서는 구체적 비유물로 추상적 목표물을 대응시킨 비유가 75%를 차지하는 것으로 나타났으며, 이는 어려운 개념을 일상 생활에서 쉽게 접할 수 있는 상황과 연결 지어 학생들의 이해를 도우려는 비유 사용의 의도와 잘 부합된다고 볼 수 있다. 그러나 비유의 대응 정도에 따른 분류에서는 단순 비유(47%)가 부연 비유(34%)나 확장 비유(19%)보다 많은 것으로 나타났다. 단순 비유의 경우 공유 속성에 대한 설명이 없기 때문에 학생들이 나름대로 비유물의 의미를 이해하여 오개념을 유발할 수 있으며(De Jong & Acampo, 1992), 부연 비유의 경우에도 교과서 지면의 제약으로 공유 속성에 대한 부연 설명의 분량이 적으면 비슷한 결과를 초래할 수 있다. 교과서의 분량을 늘리는 문제는 여러 가지 제약이 있으므로 하나의 비유물로 여러 가지 속성을 설명할 수 있는 확장 비유를 더 많이 사용하는 것이 효율적일 것이다.

상황의 작위성에 따라 비유를 분류한 결과 전체적으로는 일상적 비유(74%)가 작위적 비유(26%)보다 많았으나, 중학교의 과학 교과서에는 작위적 비유가 일상적 비유보다 더 많은 것으로 나타났다. 학생들은 비유물에 대하여 자신의 일상 경험을 토대로 나름대로의 의미를 부여하고 있으므로, 비유물을 목표물에 맞도록 재구성한 작위적 비유는 저자의 의도와 다르게 이해될 수 있다. 또한 교과서 본문 중에 비유라고 언급을 한 경우가 적기 때문에(18%) 학생들이 비유를 새로운 개념으로 오해할 가능성도 있다. 따라서 가급적 작위적 비유의 사용을 줄이고 교과서 본문 중에 비유라는 용어를 명시함으로써 학생들이 비유를 잘못 이해하게 될 가능성을 줄여야 한다.

## V. 결 론

제5차 교육과정의 과학 교과서 중에서 화학 영역에 사용된 비유를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

첫째, 비유는 추상적 개념을 가시화하고 학생들의 실세계와 새로운 개념을 연결 시키며, 흥미를 유발하는 등 여러 가지 측면에서 과학 학습에 도움이 되므로 과학 수업에서의 사용이 권장되고 있으나(Thiele & Treagust, 1992), 제5차 교육과정의 과학 교과서 중에서 화학 영역에 사용된 비유의 수는 교과서 한 권당 중학교 과학이 1.4개, 고등학교 과학Ⅱ(下)가 6.4개, 화학이 11.0개로, 학생들이 교과서를 통하여 접할 수 있는 비유의 양이 적은 편이다. 인지적 발달 수준이 아직 구체적 조작기에 머물러 있는 학생들이 많으며(최영준, 이원식, 최병순, 1987) 과학에 대한 흥미가

낮은(노태희와 최용남, 1996) 우리 나라 중·고등 학생들의 과학에 대한 흥미를 증진시키고 과학 개념 이해를 돕기 위한 노력의 일환으로서 중·고등학교의 과학 교과서에 현재보다 더 많은 양의 비유를 더 자주 사용하여야 한다.

둘째, 비유물은 목표물과 공유된 속성뿐 아니라 공유하지 않는 속성도 가지므로 학생들이 이것을 명확히 구별하지 않으면 오개념을 유발할 수 있다(Treagust, 1993). 본 연구 결과 과학 교과서 중에서 화학 영역에는 공유 속성에 대한 언급이 없는 단순 비유가 47%나 되고 교과서 본문 중에 비유라고 언급한 경우는 18% 밖에 없기 때문에 학생들이 비유를 잘못 이해하거나 새로운 개념으로 이해할 가능성이 높다. 따라서 비유물과 목표물 간의 공유 속성을 보다 구체적으로 언급하는 부연 비유와, 여러 가지 비유물로 목표물을 설명하거나 공유 속성이 많이 있는 확장 비유의 사용을 늘려야 하며, 교과서 본문 중에 비유를 제시할 때에는 ‘비유를 들어 설명하면~’, ‘~로 비유할 수 있다’ 등으로 비유임을 분명히 언급함으로써 비유와 과학적 개념간의 혼동을 줄여야 한다.

셋째, 비유 사용의 장점으로서 실생활과의 연결 및 가시화를 들고 있으나(Duit, 1991), 제5차 교육과정에 따른 과학 교과서 중에서 화학 영역에는 실생활과의 관련성이 적은 작위적 비유가 26%이고 그림 없이 언어만으로 표현한 비유도 46%나 되어, 학생들은 교과서 본문 중에 제시된 비유물 자체를 일상 생활과 관련된 친숙한 개념이 아닌 새롭게 학습해야 할 과학 개념의 하나로 인식하여 오히려 비유가 과학 학습을 방해할 수 있다(Thiele & Treagust, 1991). 따라서 과학 교과서에서는 학생들의 실생활 경험과 직접 관련되어 있어 학생들에게 인지적 부담이 적은 비유물과 학생들의 이해를 도울수 있도록 그림으로 표현 가능한 비유를 더 많이 사용해야 한다.

## 참 고 문 헌

- 김영민(1991a), 중학생의 전류 개념 변화에 미치는 체계적 비유 수업의 영향, 서울대학교 박사학위논문.
- 김영민(1991b), “전류 개념 설명을 위해 사용되는 물 회로 비유에 대한 중학생들의 이해 조사”, 『한국과학교육학회지』, 11(2), 1~12.
- 노태희·최용남(1996), “초·중·고 학생들의 과학 수업 환경에 대한 인식 및 태도와의 관계성 조사”, 『한국과학교육학회지』, 16(2), 217~225.
- 최영준·이원식·최병순(1987), “중고등학생들의 논리적 사고력 형성에 관한 연구I”,

- 『한국과학교육학회지』, 5(1), 85~93.
- 한국과학기술원(1987), 『중등학교 과학교육의 국제 비교 연구』, 서울: 한국과학기술원 평가센터.
- 허명(1993), “초·중·고 학생의 과학 및 과학교과에 대한 태도 조사 연구”, 『한국과학교육학회지』, 13(3), 334~340.
- Cohen, J.(1960), “A coefficient of agreement for nominal scales”, *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37~46.
- Curtis, R. V., & Reigeluth, C. M.(1984), “The use of analogies in written text”, *Instructional Science*, 13(2), 99~117.
- Dagher, Z. R.(1995), “Review of studies on the effectiveness of instructional analogies in science education”, *Science Education*, 79(3), 295~312.
- Davidson, R. D.(1976), “The role of metaphor and analogies in learning,” In J. R. Levin, & V. L. Allen (Eds.), *Cognitive learning in children: Theories and strategies*, New York: Academic Press.
- De Jong, O., & Acampo, J.(1992), *Translating textbook content into classroom practice: Chemistry teachers' actions and reflections*, Paper presented at the Annual Conference of the Association for Teacher Education in Europe, Lahti, Finland.
- Duit, R.(1991), “On the role of analogies and metaphors in learning science”, *Science Education*, 75(6), 649~672.
- Gentner, D.(1983), “Structure-mapping: A theoretical framework for analogy”, *Cognitive Science*, 7, 155~170.
- Glynn, S. M., Britton, B. K., Semrud-Clikerman, M., & Muth, K. D.(1989), “Analogical reasoning and problem solving in science textbooks”, In J. A. Glover, R. R. Ronning, & C. R. Reynolds (Eds.), *A handbook of creativity: Assessment, theory, and research*, New York: Plenum.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F.(1993), “Teaching with analogies: A case study in grade-10 optics”, *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1291~1307.
- Nagel, E.(1979), “The role of analogy”, In *The structure of science*, London: Routledge & Kegan Paul.
- Rumelhart, D. E., & Norman, D. A.(1981), “Analogical processes in learning”, In J. R. Anderson (Ed.), *Cognitive skills and their acquisition*, Hillsdale: Erlbaum.

- Song, J., & Black, P. J.(1991), "The effects of task contexts on pupils' performance in science process skills", *International Journal of Science Education*, 13(1), 49~58.
- Thiele, R. B.(1994), "Teaching by analogy", *Education in Chemistry*, 31, 17~18.
- Thiele, R. B., & Treagust, D. F.(1991), *Using analogies to aid understanding in secondary chemistry education*, Paper presented at the Royal Australian Chemical Institute Conference on Chemical Education, Perth, Australia.
- Thiele, R. B., & Treagust, D. F.(1992), "Analogies in senior high school chemistry textbooks: A critical analysis", In H. J. Schmidt (Ed.) *Proceedings of the International Symposium on Empirical Research in Chemistry and Physics Education*, Hong Kong: International Council of Associations for Science Education.
- Thiele, R. B., & Treagust, D. F.(1994), "An interpretative examination of high school chemistry teacher's analogical explanations", *Journal of Research in Science Teaching*, 31(3), 227~242.
- Thiele, R. B., Veville, 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.(1993), "The evolution of an approach for using analogies in teaching and learning science", *Research in Science Education*, 23(2), 293~301.
- Treagust, D. F., Duit, R., Joslin, P., & Lindauer, I.(1992), "Science teachers' use of analogies: Observations from classroom practice", *International Journal of Science Education*, 14(4), 413~422.

<Abstract>

## Analysis of the Analogies in Chemistry Content of Science Textbooks: The 5th Version of Secondary Science Curriculum

Noh, Taehee · Kwon, Hyeoksoon · Chae, Wooki  
Department of Chemistry Education

Although analogies have been used frequently in science textbooks, little is currently known about how they used. At the initial stage of studying effective use of analogies in science teaching, an analysis of the analogies in chemistry content of science textbooks developed under the 5th version of secondary science curriculum was conducted. The contents analyzed were chemistry-related units of 15 'Science' textbooks for middle school students and all the units of 8 'Science II-2' and 5 'Chemistry' textbooks for high school students. Analogies in the textbooks were identified and classified according to the following six criteria: (1) the nature of the shared analog and target attributes; (2) the format of the analogies; (3) the degree of abstraction of the analog and target; (4) the extent of mapping; (5) the artificiality of the contexts; and (6) the use of the term 'analogy'.

A total of 127 analogies were identified from textbooks (an average 4.5 analogies per textbook). Among the 60 types of analogies found, only one analogy was used over 10 times, and 82% were used less than twice. A considerable proportion of the analogies were found in the units of "Atomic Structure" (43%) and "Chemical Reaction" (40%). These results suggested that textbook authors should recognize the existence of various analogies and use more analogies in textbooks.

Major findings from the analyses with the six criteria are as follows: (1) Functional analogies (48%) outnumbered structural ones (39%); (2) Pictorial



analogies (55%) outnumbered verbal ones (46%); (3) 75% of analogies had abstract target and concrete analog; (4) Simple and enriched analogies (47% and 34%) outnumbered extended ones (19%); (5) Analogies in everyday contexts (74%) outnumbered artificial ones (26%); and (6) Only 18% of the analogies included any statement identifying the strategy such as “an analogy”, “analog”, or “analogous”. It is suggested that extended or enriched analogies, analogies in everyday contexts, and pictorial analogies should be used more.