

2009 개정 교육과정에 따른 중학교 과학 교과서의 화학 영역과 고등학교 화학 교과서에 사용된 비유의 분석

김경순 · 안인영 · 최용남[†] · 노태희*

서울대학교 화학교육과

[†]면목고등학교

(접수 2013. 9. 2; 게재확정 2013. 10. 14)

An Analysis of Analogies in Chemistry Content of Middle School Science Textbooks and High School Chemistry Textbooks Developed under the 2009 Revised National Curriculum

Kyungsun Kim, Inyoung Ahn, Yongnam Choi[†], and Taehee Noh*

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

[†]Myeonmok High School, Seoul 131-812, Korea

(Received September 2, 2013; Accepted October 14, 2013)

요약. 이 연구에서는 2009 개정 교육과정에 따른 중학교 과학 교과서 27권의 화학 영역과 고등학교 화학 교과서 8권에서 사용된 비유의 빈도와 유형을 분석하였다. 분석한 교과서에 사용된 비유는 총 284개(과학, 143개; 화학, 141개)로서, 교과서 한 권당 8.11개(과학, 5.3개; 화학, 17.6개), 10쪽마다 평균 0.68개(과학, 0.66개; 화학, 0.70개)의 비유가 사용되었다. 비유의 빈도는 이전 교육과정까지는 꾸준히 증가하는 추세였던 것과는 달리 2009 개정 교육과정에서 다소 감소하였다. 또한, 교과목별, 단원별, 출판사별로 사용된 비유의 빈도에 차이가 나타났다. 비유물의 종류는 총 191종(과학, 81종; 화학, 110종)이었고, 각 교과목별로 2번 이상 공통으로 사용된 비유물은 38종(19.9%)이었다. 유형별로 비유를 분석한 결과, 그림과 언어를 같이 이용한 비유 및 추상적 개념을 구체적 비유물에 대응시키는 비유가 주로 사용되었고, 공유 속성을 설명해 주는 부연 비유의 사용이 많았다. 그러나 비유임을 명시하거나 비유물의 제한점에 대해 언급한 비유들이 거의 없었고, 체계성이 낮은 비유나 작위적 상황을 적용한 비유 및 교사 중심의 비유가 많이 사용되는 것으로 나타났다. 이 연구의 결과에 대한 교육적 함의를 논의하였다.

주제어: 비유, 과학 교과서, 화학 교과서, 2009 개정 교육과정

ABSTRACT. In this study, we analyzed the analogies in the chemistry domain of 27 middle school science textbooks and 8 high school chemistry textbooks developed under the 2009 Revised National Curriculum. A total of 284 analogies (science, 143; chemistry, 141) were identified from the textbooks, which means that 8.11 analogies (science, 5.3; chemistry, 17.6) per textbook and 0.68 analogy (science, 0.66; chemistry, 0.70) per 10 pages were used on average. Compared with previous curricula that the number of analogies gradually increased, the use of analogy was found to be somewhat decreased in the 2009 Revised National Curriculum. The number of analogies found in each textbook considerably varied depending on course, unit, and publishing company. One hundred ninety one different kinds of analogies were used, among which 38(19.9%) were used over twice. Further analyses of the types of analogies indicated that verbal and pictorial analogy, analogy with abstract target and concrete analog, and enriched analogy were frequently used. However, the term 'analogy' and the description about the limitation of the analogy were rarely mentioned. Artificial analogy, teacher-centered analogy, and analogy with low systematicity were also found to be frequently used. Educational implications of these findings are discussed.

Key words: Analogy, Science textbook, Chemistry textbook, 2009 Revised National Curriculum

서론

2009 개정 교육과정에서는 창의성과 인성을 고루 갖춘 합리적 인재 양성을 목표로, 과학교육의 질적 수준을 제고

하기 위하여 과학 내용을 효율적으로 가르치는 교수·학습 방법을 강조하고 있다. 학습 지도 계획에서는 주제와 관련된 학생의 경험이나 일상생활의 상황을 적극적으로 발굴하도록 하며, 자료 준비 및 활용에서는 학생의 이해를 돕거

나 흥미를 유발하기 위하여 모형이나 시청각 자료를 적극 활용하도록 권장하고 있다.¹ 이러한 교육과정의 의도를 실제 교육현장에서 구현하기 위한 교수·학습 전략으로 비유를 들 수 있다.

비유란 두 영역의 구조를 비교하는 것으로, 새로운 과학 내용을 설명하기 위하여 학생들에게 친숙한 경험이나 일상생활의 소재를 활용하는 교수·학습 전략으로 활용될 수 있다. 추상적인 속성이나 변인들 간의 복잡한 관계를 다루는 과학 분야에서는 새로운 과학 개념을 설명하기 위해 비유가 자주 사용되었으며, 과학 교과서나 과학 관련 책자에서도 많이 활용되어 왔다. 현장에서 과학 교육을 담당하는 교사들도 비유 사용이 학생들에게 학습 과정에 친숙하게 접근하게 하여 흥미를 유발하고, 과학 개념 구조를 쉽게 이해하게 한다는 점에서 유용한 도구라고 인식하고 있다.²

그러나 비유의 여러 장점에도 불구하고 비유 사용이 일관되게 긍정적인 교수 효과를 얻는 것은 아니며,³⁻⁷ 비유물에 대한 학생들의 이해 수준에 따라 과학 개념 이해에 미치는 효과가 달라지는 것으로 보고되고 있다.^{3,8} 권혁순 등⁹은 중학교 1학년 과학 교과서의 화학 단원에 제시된 4개의 비유물에 대하여 학생들의 비유 이해도와 개념 이해도를 조사한 결과, 약 50%의 학생들이 비유 상황을 이해하지 못하거나 비유에서 가정하고 있는 사항들을 간과하여 교과서의 의도와는 다르게 이해하고 있다고 보고하였다. 이를 볼 때 과학 수업에서 비유를 효과적인 교수·학습 전략으로 사용하기 위해서는, 학생들이 이해하기 쉽고 과학 개념으로의 사고의 전이가 잘 이루어질 수 있는 비유물의 선정에 대한 논의가 충분하게 이루어져야 할 것이다.

효과적인 비유물의 선정에 관한 연구들은 비유물의 특성이 개념 이해에 미치는 영향을 분석하거나 교과서에 사용된 비유의 사용 빈도 및 유형을 분석하는 연구들로 진행되어 왔다. 비유물의 특성에 따른 교수 효과를 분석한 연구들은 효과적인 비유물의 준거로 체계적인 인과관계, 그림과 언어를 같이 이용한 부호화, 대응 명료화 등을 제안하였고,^{2,10,11} 교과서 분석 연구들은 효과적인 비유물의 특성으로 제안된 준거들에 의거하여 교육과정별로 교과서에 쓰인 비유들을 분석하여 비유 사용에 관한 시사점들을 제안하여 왔다.¹¹⁻¹³

특히, 우리나라와 같이 국가교육과정에 따라 교과서가 구성되고 실제 과학 수업에서 교과서를 주교재로 사용하는 비중이 높은 경우에는¹⁴ 교과서에 사용된 비유의 양적·질적 수준을 분석하여 개선 방향을 제시하는 연구가 지속적으로 이루어져야 한다. 현재 화학 영역에서는 2007 개정 교육과정까지 교과서 분석 연구가 이루어져서, 교육과정 개편에 따라 긍정적으로 변화된 측면과 개선되어야 할 문제점들을 항목별로 분석하여 논의되어 왔다.^{11-13,15}

이에 이 연구에서는 과학교육의 질적 수준을 높이기 위하여 교수·학습법을 강조하고 교과서 외형체제의 자율화 방안에 따라 분량이나 내용이 비교적 자유롭게 구성된 2009 개정 교육과정 교과서를 대상으로,¹⁶ 비유 사용 빈도와 유형을 조사하여 적절한 비유 사용에 관한 시사점을 논의하고자 한다. 이 연구에서는 기존 교과서 분석 연구¹³에서 사용되던 비유의 분류 기준을 보완하여, 최근 비유물의 특성에 관한 연구들에서 긍정적인 교수 효과를 내어 그 중요성이 대두되고 있는 학생 중심 비유에 대해¹⁷⁻¹⁹ 물리적 조작 비유, 역할 놀이 비유, 비유 만들기 등으로 세분화하여 교과서에 사용된 빈도를 조사하였다. 이 연구의 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

- 1) 2009 개정 교육과정의 중학교 과학 교과서의 화학 영역 및 고등학교 화학 교과서에 사용된 비유를 추출하여, 교과목별, 교육과정별, 단원별 및 출판사별로 사용된 비유의 빈도를 비교한다.
- 2) 여러 교과서에서 공통으로 사용된 비유의 종류 및 빈도를 조사한다.
- 3) 사용된 비유를 유형별로 분류하고 비유 사용의 적절성을 분석한다.

연구 방법

분석 대상

2009 개정 교육과정에서 교과서 심의에 통과한 중학교 과학 교과서 27권과 고등학교 화학 교과서 8권에 해당하는 총 35권의 교과서를 대상으로 화학 영역에서 사용된 비유의 빈도와 유형을 조사하였다(Table 1). 중학교 교과서에서는 과학 1의 「6. 분자 운동과 상태 변화」, 과학 2의 「1. 물질의 구성」, 「5. 물질의 특성」, 과학 3의 「2. 화학 반응에서의 규칙성」, 「5. 여러 가지 화학반응」 단원을 분석 대상으로 하였으며, 고등학교 교과서에서는 화학 I과 화학 II의 전체 단원에 대해 분석을 실시하였다.

Table 1. Textbooks analyzed in this study

Name of textbooks	Author	Publisher
(Middle School) Science 1, 2, and 3	Lim et al.	Beesang Kyoyouk
	Hyun et al.	Sinsago
	Lee et al.	Jihak-Sa
	Lee et al.	Chunjae Kyoyouk
	Sin et al.	Chunjae Kyoyouk
	Park et al.	Kyohak-Sa
	Lee et al.	Kumsung Publication
	Lee et al.	Doosan Donga
(High School) Chemistry I and II	Lee et al.	Mirae-En
	Kim et al.	Sangsang Academy
	Noh et al.	Chunjae Kyoyouk
	Park et al.	Kyohak-Sa
Ryu et al.	Beesang Kyoyouk	

연구 절차

선행 연구¹³에서 활용된 비유의 조작적 정의인 ‘교과에 관련된 목표 개념을 설명하기 위해 학생들의 일상 세계에서 사용되는 비유물을 대응시키는 것’에 의거하여 비유를 추출하였다. 교과서에 모형이 제시된 경우, 모형에 물리적 조작을 가하는 과정에서 그 속성을 목표 개념과 대응시키는 활동이 포함되어 있는 경우에는 이를 비유로 간주하였다.² 비유 추출의 신뢰도를 확인하기 위하여 2인의 연구자가 분석에 참여하여 개별적으로 추출한 비유의 일치도가 .96가 될 때까지 논의하였고, 그 후 1인의 연구자가 추출한 비유의 빈도를 교과목별, 교육과정별, 단원별 및 출판사별로 비교하였다. 또한, 여러 교과서에서 공통으로 사용된 비유를 조사하여 단원별로 빈도를 비교하였다.

추출한 비유를 유형별로 분류하기 위한 기준은 2007 개정 교육과정 교과서 분석 연구¹⁵에 사용된 분류 기준의 일부를 추가·보완하여 Table 2와 같이 선정하였다. 기존 연구에서는 학생 참여에 대한 분류 기준을 단순하게 ‘교사 중심/학생 중심’으로 이분화 하였는데, 이 연구에서는 학생 중심 비유에 대해 ‘물리적 조작 비유’, ‘역할 놀이 비유’, ‘비유 만들기’와 ‘단순 활동’으로 세분화하여 분류 기준에 추가하였다.

비유의 유형별 분류에 대한 분석의 신뢰도를 높이기 위

해, 역시 2인의 연구자가 각기 분류 기준에 의거하여 비유를 분류하고 이견을 좁히는 논의를 반복하여 연구자간 일치도 .95임을 확인하였다. 이후 1인의 연구자가 추출한 모든 비유를 유형별 기준에 따라 분류하였고, 과학교육 전문가 2인과 과학교육 대학원생과 과학교사 7인이 세미나를 통해 분류 결과를 검토하며 비유 사용의 적절성과 문제점을 논의하였다.

연구 결과 및 논의

비유 사용의 빈도

2009 개정 교육과정 교과서에 사용된 비유를 분석하여 전체 사용의 빈도 및 교과서 한 권당 평균 빈도, 교과서 10쪽 당 빈도를 Table 3에 제시하였다. 중학교 과학 교과서 27권의 화학 영역에는 총 143개의 비유가 사용되어 교과서 한권 당 5.30개, 10쪽 당 0.66개의 비유가 쓰였으며, 고등학교 화학 교과서 8권에는 총 141개의 비유가 쓰여 한 권당 평균 17.6개, 10쪽 당 0.70개의 비유가 사용되었다.

중학교에서 비유가 가장 많이 사용된 교과서는 과학 2로 10쪽 당 0.80개가 사용되었으며, 가장 적게 사용된 교과서는 과학 1로 10쪽 당 0.43개가 사용되었다. 아직 학생들의 인지 수준이 추상적 사고를 할 수 있는 형식적 조작기에

Table 2. The framework for the analysis of analogies used in this study

Criteria	Type of analogies	Description
Nature of shared attributes	Structural	- shares structural attributes such as shape, size, color, etc.
	Functional	- shares functional attributes such as role, behavior, etc.
	Structural/Functional	- shares both structural and functional attributes
Abstraction	Concrete → Concrete	- both analog and target are concrete
	Abstract → Abstract	- both analog and target are abstract
	Abstract → Concrete	- abstract target and concrete analog
Extent of mapping	Simple	- states only ‘target’ is like ‘analog’ with no further explanation
	Enriched	- indicates some statement of the shared attributes
	Extended	- involves several analogs or several attributes of one analog to describe the target
Representation	Verbal	- verbal context only in the analog domain
	Pictorial	- pictorial representation only in the analog domain
	Verbal/Pictorial	- both verbal and pictorial context in the analog domain
Systematicity	High	- analog includes casual relation in the target
	Low	- analog does not include casual relation in the target
Artificiality	Everyday context	- uses everyday object(s) or situation(s) with no change
	Artificial	- uses everyday object(s) or situation(s) with some change
Use of term ‘analogy’	Used	- includes term ‘analogy’, ‘analogical’, etc.
	Not used	- does not include the term ‘analogy’, ‘analogical’, etc.
Description of limitation	Described	- includes some statement of the unshared attributes
	Not described	- does not include any statement of the unshared attributes
Participation	Student-centered	- requires students' active participation
	Physical operation	- activity involving demonstration or hands-on experiment
	Role playing	- acts a particular role in describing science concept
	Making analog	- makes an analog in explaining science concept
	Simple	- searches for common attributes between given analog and target concept
	Teacher-centered	- presents analog in the textbook by teacher

Table 3. The number of analogies in chemistry domain of some secondary school science textbooks developed under the 2009 Revised National Curriculum

	Name of textbooks	Number of analogies	Mean per textbook	Mean per 10 pages
Science	Science 1	22	2.44	0.43
	Science 2	70	7.78	0.80
	Science 3	51	5.67	0.64
	Average		5.30	0.66
Chemistry	Chemistry I	93	23.25	1.00
	Chemistry II	48	12.00	0.44
	Average		17.6	0.70
	Total	284	8.11	0.68

이르지 못한 중학교 1학년²⁰에서 비유 사용이 가장 적었던 것은 다음 교과서 개편 작업에서 중요하게 고려되고 개선되어야 할 점이라 지적할 수 있다.

고등학교의 경우 10쪽 당 빈도를 비교했을 때 화학 I(1.00)이 화학 II(0.44)에 비해 월등히 사용량이 많은 것으로 나타났는데, 이는 7차 교육과정에서 화학 I(0.12)이 화학 II(0.60)보다 비유 사용이 적었던 것과 대조되는 결과이다. 교육과정 개편에 따라 화학 I과 화학 II의 내용 구성이 달라지면서 기존 7차 교육과정의 화학 II에 있던 일부의 내용들이 2009 개정 교육과정에서는 화학 I으로 재구성되면서 생긴 변화인 것으로 파악된다. 즉, 2009 개정 교육과정에서는 화학 I에서 원자론, 주기율, 화학결합, 분자의 구조 등을 다루며 원자와 분자 수준의 미시적인 개념을 가시화하기 위해 비유를 많이 활용한 반면, 화학 II에서는 화학 평형, 화학 반응 속도 등 화학 변화의 상징적 표상들을 주로 다루며 비유 사용이 적었던 것으로 해석할 수 있다.

교육과정별로 교과서에 사용된 비유의 빈도를 비교하기 위하여, 2007 개정 교육과정에서 교과서가 편찬된 중학교와 편찬되지 않은 고등학교 결과를 분리하여 Table 4에 제시하였다. 중학교 교과서의 경우 10쪽 당 비유의 빈도가

0.22개(5차), 0.27개(6차), 0.96개(7차), 1.02개(2007 개정)로 일관되게 증가하다가 2009 개정 교육과정에 이르러서는 0.66개로 현격하게 감소하였다. 고등학교 교과서의 경우도 5차부터 7차에 이르기까지는 꾸준히 증가하였지만, 2009 개정 교육과정에 이르러서는 별다른 변화를 보이지 않았다(5차: 0.34, 6차: 0.43, 7차: 0.72, 2009 개정: 0.70). 2009 개정 교육과정에서는 교과서 외형체제의 자율화로 교과서의 분량이나 자료 구성이 자유롭게 이루어졌음에도 불구하고 오히려 비유 사용이 중학교의 경우 크게 감소하고 고등학교의 경우 별다른 변화가 없었던 것은, 학생들의 이해를 돕기 위해 학생들의 경험이나 일상생활의 상황을 적극적으로 발굴하도록 권장하는 교육과정의 의도에 미치지 못하는 결과라 할 수 있다.

단원별로 비유의 빈도를 비교한 결과, 비유가 많이 사용된 단원은 과학 2의 물질의 구성(22.9%), 과학 3의 「화학 반응에서의 규칙성」(16.2%), 화학 I의 「개성 있는 원소」(13.0%)와 「아름다운 분자 세계」(13.0%) 등으로 나타났다(Table 5). 이는 모두 원자와 분자 수준에서 화학 개념을 다루는 단원들로, 미시 세계에 대한 학생들의 이해를 돕기 위해 눈에 보이는 구체물들을 사용하여 목표 개념의 속성을

Table 4. The number of analogies in chemistry domain of some secondary school science textbooks by the curriculum

	Curriculum	Number of analogies	Mean per textbook	Mean per 10 pages
Science	5th ¹	21	1.4	0.22
	6th ²	43	1.8	0.27
	7th ³	108	6.0	0.96
	2007 Revised ⁴	235	8.7	1.02
	2009 Revised	143	5.3	0.66
Chemistry	5th ¹	106	7.6	0.34
	6th ²	269	14.9	0.43
	7th ³	182	18.2	0.72
	2009 Revised	141	17.6	0.70

¹Taken from ref 21.²Taken from ref 12.³Taken from ref 13.⁴Taken from ref 15.

Table 5. The number of analogies in the chapters of the textbooks analyzed

	Name of textbooks	Chapter	Frequency(%)
Science	Science 1	6. State changes of matter and molecular motions	22(7.7)
	Science 2	1. Composition of matter	65(22.9)
		5. Properties of matter	5(1.8)
	Science 3	2. Regularity in chemical reactions	46(16.2)
		5. Various chemical reactions	4(1.4)
	Chemistry	Chemistry I	1. Language of chemistry
2. Elements of individual character			37(13.0)
3. Beautiful world of molecules			37(13.0)
4. Chemical reactions of similar figure			9(3.2)
Chemistry II		1. Various shapes of matter	1(0.4)
		2. Changes of matter and energy	18(6.3)
		3. Chemical equilibrium	9(3.2)
		4. Rates of chemical reactions	20(7.0)
		5. Human welfare and chemistry	0(0.0)
		Total	

가시화한 비유들이 주로 쓰인 것이다. 특히, 원소와 원자 및 이온의 개념이 처음 도입된 과학 2의 「물질의 구성」에서는 65개(22.9%)로 가장 많은 비유가 사용되었고, 화학 반응의 법칙들을 입자적으로 설명한 과학 3의 「화학 반응에서의 규칙성」에서는 46개(16.2%)의 비유가 쓰였다. 그러나 분자 수준에서 물질의 상태와 분자 운동을 설명한 중학교 과학 1의 「분자 운동과 상태 변화」에서는 22개(7.7%)의 비유만이 사용되어, 동일한 개념을 다루었던 2007 개정 교육과정 과학 1의 62개(26.0%)보다도 비유 사용이 많이 감소한 것으로 나타났다.¹⁵ 역시 분자 수준에서 기체와 액체, 고체, 용액의 성질에 대한 설명이 필요한 화학 II의 「다양한 모습의 물질」에서는 4종의 교과서에서 단 한 개의 비유만이 사용되었는데, 학생들의 사고력에 비해 형식적 사고를 요구하는 내용이 많은 고등학교 과정²⁰에서도 교과서를 집필할 때 보다 친숙하고 쉽게 접근할 수 있는 비유 소재를 개발하고 적용하려는 노력이 필요할 것이다.

출판사별로 교과서에 사용된 비유의 빈도를 비교한 결과 중학교 과학 교과서에서는 가장 많이 사용한 출판사에서 22개, 가장 적게 사용한 출판사에서 11개가 사용되어 배의 차이를 보였다(Table 6). 특히, 비유를 적게 사용한 출판사들 중 2곳에서는 과학 1 교과서에서 단 한 개의 비유도 사용하지 않은 것으로 나타났다. 과학 1의 「분자 운동과 상태 변화」 단원의 경우, 2007 개정 교육과정 9종의 교과서에서 62개의 비유가 사용될 만큼 이미 개발된 비유의 수와 종류가 다양함에도 불구하고, 이번 교육과정에서 비유 사용이 이렇게 적었던 것은 그만큼 비유의 중요성을 인식하고 비유를 적용하려는 노력이 부족했기 때문이라 볼 수 있다. 고등학교 화학 교과서에서는 비유를 가장 많이 사용한 출판사가 44개를 사용한 반면, 가장 적게 사용한 출판사는 30개만을 사용하였다. 이처럼 동일한 학년을 대상으로 같은 화학 개념을 기술하면서 아직까지 교과서 저자들마다 비유 사용에 대한 인식과 활용할 수 있는 정도에 큰 차이가 있는 것으로 나타났다.

Table 6. The number of analogies by the publisher

Name of textbooks	Publisher ¹									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
Science	Science 1	0	4	1	2	3	0	4	5	3
	Science 2	7	9	9	7	6	6	8	7	11
	Science 3	5	9	4	3	5	5	7	6	7
	Total	12	22	14	12	14	11	19	18	21
Chemistry		J		K		L		M		
	Chemistry I	22		25		18		28		
	Chemistry II	8		12		12		16		
	Total	30		37		30		44		

¹The publishers are presented in random order

공통으로 사용되는 비유

2009 개정 교육과정 교과서에는 총 191 종류(과학, 81종; 화학, 110종)의 비유가 사용되었는데, 이 중 여러 교과서에서 공통으로 사용된 비유의 종류 및 목표 개념과 횟수를 부록 1에 제시하였다.

과학 1에서 가장 많이 사용된 비유는 기체 분자의 열운동을 설명하기 위해 페트병에 스티로폼 구를 넣은 후 드라이어로 뜨거운 바람을 불어넣는 물리적 조작 비유로, 4개의 교과서에서 공통으로 사용하였다. 물질의 상태에 따른 분자 배열을 스티로폼 구의 배열로 대응시킨 비유와 구슬을 통해 기체의 압력을 설명한 비유가 각 3회씩 공통으로 사용되었으며, 구슬의 움직임에 의해 분자의 운동을 설명한 비유도 2회 사용되었다. 비유가 가장 많이 사용된 과학 2에서는 여러 교과서에서 공통으로 사용된 비유의 종류도 다양하였다. 원자와 원자핵의 관계를 설명하기 위하여 이전 교육과정들 교과서에도 자주 사용되었던 경기장과 구슬(또는 개미)의 크기를 비교한 비유가 7회 사용되었고, 두 색깔의 스티커로 원자핵과 전자를 표현해서 원자 모형과 이온 모형을 만드는 비유도 각각 7회 사용되었다. 교통표지판이나 지도 기호 등 실생활의 기호들을 활용하여 원소 기호를 설명한 비유가 6회 쓰였고, 탁구공과 지구의 크기 관계로 원자의 크기를 설명한 비유가 4회, 점묘화의 점으로 불연속적인 입자 개념을 설명한 비유도 4회 사용되었다. 이외에도 블록으로 원소의 개념을 설명하는 비유와 고추기름을 떠오르는 태양으로 비유하여 밀도의 차이를 비교하는 탐구활동이 각 3회씩, 과일의 종류로 원소와 원자의 개념을, 아토미움으로 원자의 개념을 비교하는 비유도 각 2회씩 사용되었다. 과학 3에서는 화학 반응의 법칙을 설명하기 위하여, 이전 교육과정들에서 자주 사용된 볼트와 너트 끼우기로 대응시킨 비유가 7회로 가장 많이 사용되었으며, 블록 끼우기로 대응시킨 비유도 6회나 사용되었다. 또한, 수화식으로 화학 반응식을 설명한 비유가 4회, 스티로폼 구를 활용하여 일정 성분비 법칙을 모형으로 조작해 보는 탐구활동이 3회 사용되었으며, 샌드위치(일정 성분비 법칙), 클립(질량비), 스티커로 모형 만들기(중화 반응) 비유도 각 2회씩 사용되었다.

고등학교 화학 I에서 가장 많이 사용된 비유는 폴리렌 구조를 설명하기 위해 사용한 축구공 비유로, 3개의 교과서에서 총 6회 사용되었다. 전자의 에너지 준위를 설명하기 위한 계단에 위치한 공 비유, VSEPR을 설명하기 위한 풍선 묶기 탐구 활동, 그리고 비즈나 스티커를 활용하여 DNA 모형을 만드는 비유가 4개의 교과서에서 모두 사용되었다. 기존에도 많이 사용되었던 실생활 단위로 몰개념을 대응시킨 비유가 2009 개정 교육과정에서도 3회 사용되었고, 푸딩과 수박(원자 모형), 양파껍질(전자껍질), 태

양계(원자 모형), 구름(원자 모형), 뱀사슬(벤젠 구조) 비유가 각 2회씩 공통으로 사용되었다. 화학 II에서는 효소와 기질의 특이성을 설명하기 위한 열쇠와 자물쇠 비유가 4개의 교과서에서 모두 사용되었고, 헤스의 법칙을 설명하기 위한 등산 경로와 산의 높이를 비교하는 비유는 3회 공통으로 사용되었다. 이 외에도 어질러진 방(무질서도), 줄다리기(화학 평형), 언덕과 터널(촉매의 역할), 중매쟁이(촉매의 역할), 언덕 넘기(활성화 에너지) 비유들이 2회씩 사용되었다.

이와 같이 여러 교과서에서 공통으로 사용된 비유는 38종(과학, 21종; 화학, 17종)으로 전체 교과서에서 131회(과학, 83회; 화학, 48회) 중복해서 사용되었다. 축구 경기장과 공(원자와 원자핵), 볼트와 너트(화학 반응의 법칙), 열쇠와 자물쇠(효소와 기질의 특이성) 등 기존 교육과정에서 자주 쓰였던 소재들이 다시 반복해서 쓰인 비유도 있었고, DNA 모형 만들기 등과 같이 이번 교육과정에서 새롭게 도입되어 여러 교과서에 공통으로 사용된 비유도 있었다. 공통으로 사용된 비유가 많은 단원은 과학 2의 물질의 구성(9종, 42회), 과학 3의 「화학 반응에서의 규칙성」(6종, 24회), 화학 1의 「개성 있는 원소」(5종, 15회)와 과학 1의 「분자 운동과 상태 변화」(4종, 12회), 화학 II의 「화학 반응 속도」(4종, 10회)로 나타났다. 이 단원들은 비유가 많이 사용된 단원이기도 하며, 기존 교육과정에서부터 자주 사용되어 공유된 비유가 비교적 많이 사용된 것으로 생각된다. 반면, 한 권의 교과서에서 단 한번 사용에 그친 비유들도 153종으로 전체 비유 종류의 80.1%에 해당되었다. 2007 개정 교육과정에서 개발된 교과서에서도 85.7%의 비유가 단 1회만 사용되었는데, 적절한 비유를 개발하기 위해서 많은 노력이 필요하다고 볼 때 이미 교육과정별로 여러 교과서에서 개발되어 있는 비유들을 적극적으로 공유하고 적용하려는 노력이 이루어져야 할 것이다.

비유의 유형별 분석

비유의 유형별 분류 기준(Table 2)에 따라 2009 개정 교육과정에 의한 과학 교과서의 화학 영역 및 고등학교 화학 교과서 사용된 비유를 분석한 결과는 Table 7과 같다. 제 7차 교육과정과 2007 개정 교육과정에서의 과학 교과서 분석 결과도 같이 제시하였다.

비유의 유형을 공유되는 속성에 따라 분류한 결과, 중학교 교과서에서는 구조 비유가 30%, 기능 비유가 39%, 구조-기능 비유가 31%로 대체로 비슷한 비율로 사용되었다. 고등학교 교과서에서는 기능 비유가 50%로 가장 많이 쓰이고, 구조-기능 비유가 17%로 가장 적게 사용되었다. 구체적으로 살펴보면, 화학 I에서는 원자와 분자의 구조를 설명하기 위한 구조 비유가 47%로 상대적으로 많이 사용되

Table 7. The comparison of the types of analogies in some secondary school science textbooks (%)

Type of analogies		7th ¹		2007 Revised ²		2009 Revised			Total
		Science	Chemistry	Science	Science	High School			
						Chem I	Chem II	Total	
Nature of shared attributes	Structural	31	33	36	30	47	4	32	31
	Functional	43	53	37	39	38	74	50	45
	Structural/Functional	26	14	27	31	15	21	17	24
Abstraction	Concrete → Concrete	5	5	5	12	1	0	1	6
	Abstract → Abstract	10	24	11	0	11	4	9	4
	Abstract → Concrete	85	70	84	88	88	96	91	89
Extent of mapping	Simple	32	47	21	19	23	15	20	20
	Enriched	44	41	54	64	63	74	67	66
	Extended	24	13	25	17	14	11	13	15
Representation	Verbal	34	31	7	10	8	9	8	9
	Pictorial	7	9	8	4	4	4	4	4
	Verbal/Pictorial	58	60	85	86	88	87	88	87
Systematicity	High	30	32	35	43	39	57	45	44
	Low	70	68	65	57	61	43	55	56
Artificiality	Everyday context	36	57	65	49	53	72	60	54
	Artificial	64	43	35	51	47	28	40	46
Use of the term 'analogy'	Used	13	16	22	15	12	17	14	14
	Not used	87	84	78	85	88	83	86	86
Description of limitation	Described	3	0	6	3	2	0	1	2
	Not described	97	100	94	97	98	100	99	98
Participation	Student-centered	47	40	49	39	28	14	23	32
	Physical operation	-	-	-	29	16	4	12	21
	Role playing	-	-	-	0	2	0	1	1
	Making analog	-	-	-	0	2	4	2	1
	Simple	-	-	-	10	8	6	8	9
	Teacher-centered	53	60	51	61	72	85	77	67

¹Taken from ref 13.²Taken from ref 15.

기는 하였지만, 화학 II에서 화학 평형이나 반응 속도, 촉매 등을 설명하며 기능이나 역할을 대응시키는 기능 비유가 74%에 해당할 만큼 많이 사용되면서, 전체적으로 고등학교 화학 교과서에서는 기능 비유의 사용이 많았던 것으로 해석된다. 구조와 기능 두 측면에서 모두 대응시키는 구조-기능 비유는 중·고등학교 전체 사용량의 24%에 해당되었는데, 목표물의 여러 속성을 공유하는 다중 비유의 사용이 개념 이해에 효과적이라는 선행 연구²²의 결과에 비추어 볼 때, 목표 개념에 적합한 구조-기능 비유를 개발하고 이를 공유하려는 노력이 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

추상성에 대해서는 추상적 개념을 구체적 비유물에 대응시킨 추상적/구체적 비유가 중학교와 고등학교 교과서에서 각각 88%, 91%로 가장 많았으며, 추상적 개념을 추상적 비유물에 대응시킨 추상적/추상적 비유 사용은 중·고등학교 교과서 모두 지난 교육과정에 비해 다소 감소하였다(중학교: 7차 10%, 2007 개정 11%, 2009 개정 0%; 고등학교: 7차 24%, 2009 개정 9%). 따라서 2009 개정 교육과정에서는 비유 사용이 과학 개념의 추상적인 속성을 가시화

하거나 이해하기 쉽게 하기 위해 구체적 실체물을 대응시키는 비유 본연의 의도에 보다 충실하게 이루어졌다고 할 수 있다. 특히, 인지적 수준이 형식적 조작기에 이르지 못한 학생들이 많은 중학생을 위한 교과서에서는 추상적/추상적 비유를 사용한 경우가 전혀 없었고, 고등학교 교과서에서 사용된 9%의 추상적/추상적 비유도 태양계로 원자 모형을 설명하거나 8음계로 원소의 주기성을 설명하는 등 학생들에게 기존 선수 학습을 통해 익숙한 추상적 속성들을 적용시킨 것들은 바람직한 비유 사용이라고 볼 수 있다.

대응 정도에 따라 분류한 결과에서는 중·고등학교 교과서 모두 공유 속성을 명확하게 설명해 주는 부연 비유의 사용이 가장 많았다. 이전 교육과정에서 비해서도 중학교 교과서의 경우 7차 교육과정에서부터 2009 개정 교육과정에 이르기까지 꾸준히 부연 비유의 사용이 증가하였고(7차: 44%, 2007 개정: 54%, 2009 개정: 64%), 고등학교 교과서에서도 7차 교육과정의 41%에 비해 2009 개정 교육과정에서는 67%로 사용량이 많이 증가하였다. 학생들의 인지 과정 속에서 비유물의 친숙한 속성으로부터 과학 개념으

로 전이가 잘 일어나기 위해서는 목표 개념과 비유물 간의 공유 속성에 대한 대응이 명확하게 이루어져야 한다.²³ 따라서 비유물을 단순하게 제시만 하는 단순 비유보다는 비유물과 목표 개념간의 공유 속성을 명확하게 설명해 주는 부연 비유의 사용을 더 확대하고, 목표 개념이 이해하기 어려운 경우에는 동시에 여러 비유물을 대응시키며 관련 도식을 유의미하게 이끌어낼 수 있도록 돕는 확장 비유의 사용²²도 증가되어야 할 것이다.

표현 방식에 따라 분류한 결과에서는 언어와 그림을 모두 사용하여 표현한 비유가 중학교 교과서 86%, 고등학교 교과서 88%로 가장 많이 사용되었다. 언어-그림 비유의 사용은 2007 개정 교육과정부터 두드러지게 증가하였는데(7차: 중학교 58%, 고등학교 60%; 2007 개정: 중학교 85%), 이때부터 교과서의 외형 체제가 자율화되어 교과서 분량이나 표현 등에 제약을 덜 받게 되면서 상대적으로 하나의 비유물에 대해 그림과 언어를 같이 이용한 비유 사용이 증가한 것으로 해석된다. 한 목표 개념에 대해 언어와 그림 형태의 비유물을 동시에 대응시킬 때, 학생들의 학습 스타일에 따른 차이를 감소시킬 수 있고 언어적·시각적으로 이중 부호화 되면서 학생들의 개념 이해를 도울 수 있다는 측면²⁴에서 언어-그림 비유 사용의 증가는 매우 긍정적인 경향이라고 볼 수 있다.

체계성에 따라 분류한 결과, 목표 개념의 구조나 인과 관계를 많이 포함하는 체계성이 높은 비유의 사용이 중·고등학교 교과서 모두 지난 교육과정에 비해 조금씩 증가하고 있는 것으로 나타났다(중학교: 7차 30%, 2007 개정 35%, 2009 개정 43%; 고등학교: 7차 32%, 2009 개정 45%). 특히, 기능 비유의 사용이 많았던 화학 II의 경우에는 체계성 높은 비유가 57%로 절반 이상 사용된 긍정적인 변화도 있었지만, 아직까지도 중·고등학교 교과서에 있는 비유물의 56%는 목표 개념의 속성이나 인과 관계를 체계적으로 포함하고 있지 않은 체계성이 낮은 비유인 것으로 분석되었다. 비유를 통해 목표 개념을 학생들의 인지 구조 내에 효과적으로 정착시키기 위해서는 목표 개념의 인과 관계나 구조를 체계적으로 포함하고 있는 비유물의 사용이 중요할 것이다.^{11,25} 따라서 목표 개념의 핵심적인 구조나 인과 관계를 많이 포함하고 있는 체계성이 높은 비유물을 제작하고 공유하려는 노력이 앞으로도 계속 진행되어야 할 것이다.

작위성에 대해서는 일상적인 상황이나 사물을 변형시키지 않고 그대로 비유의 소재로 사용한 일상적 비유가 중학교 교과서에서는 49% 사용되었고 고등학교 교과서에서는 60%가 사용되었다. 중학교 교과서의 경우 2007 교육과정에서 일상적 비유가 65% 사용된 결과에 비해, 일상적인 비유 사용이 감소하고 작위적 비유 사용이 증가한 것으로 나타났다. 과학 개념 이해를 돕기 위해 사용한 비유물

이 학생들에게 생소하거나 이해하기 어려운 경우에는 비유물 자체를 이해하기 위한 과정을 거쳐야 하기 때문에, 도리어 학생들에게 인지적 부담을 느끼게 하거나 목표 개념으로의 전이에 어려움을 겪게 한다.^{12,26} 따라서 학생들에게 이미 친숙해져 있는 일상적 비유를 개발하려는 시도가 지속적으로 이루어져야 할 것이며, 과학 개념의 특성상 작위적인 상황이 필요한 경우에는 가능한 학생들이 이해하기 쉬운 형태로 비유물을 제작하려고 노력해야 할 것이다.

비유라는 용어를 교과서에 명시하는지의 여부에 따라 분류한 결과 중학교 교과서 15%, 고등학교 교과서 14%만이 비유에 대한 언급을 하고 있고, 나머지는 전혀 비유라는 언급을 하지 않은 것으로 나타났다. 이는 비유임을 명시한 비유가 중학교 교과서에서 22%이었던 2007 개정 교육과정 교과서보다도 더 감소한 것으로, 비유에 대한 부주의한 사용이라 할 수 있다. 학생들이 종종 비유물과 목표 개념을 혼동하여 목표 개념을 비유물로부터 분리하지 못하거나 비유물을 목표 개념으로 오인하는 경우들이 보고되고 있는데,²⁷ 이런 부정적인 효과들을 막기 위하여 교과서에 비유라는 표현을 명확하게 제시하는 것이 필요할 것이다.

비유의 제한점에 대한 언급 역시 중·고등학교 교과서에 있는 거의 모든 비유 상황에서 제한점을 언급하지 않았으며, 단지 중학교 교과서 3%, 고등학교 교과서 1%의 비유만이 목표 개념과 다른 비유의 제한점을 명시하고 있어 7차 교육과정 및 2007 개정 교육과정의 문제점이 반복되는 것으로 나타났다. 비유물의 부주의한 사용이 학생들의 오개념 생성에 주요한 원인이 되어 올바른 과학 개념 이해에 부정적인 영향을 끼칠 수 있다는 점에 비추어 볼 때,^{28,29} 비유물이 목표 개념과 공유하지 못한 속성들에 대해 교과서에서 명확하게 언급해 주거나 교사용 지도서나 교사 연수를 통하여 교사들에게 이 부분을 인식할 수 있도록 분명한 지도가 이루어져야 할 것이다.

참여성을 기준으로 비유를 분류한 결과 중·고등학교 교과서 모두 교사 중심 비유가 많고, 학생 중심 비유가 적게 사용되었다. 이전 교육과정 결과에 비해서도 중학교와 고등학교 교과서 모두 학생 중심 비유 사용이 감소하였다(중학교: 7차 47%, 2007 개정 49%, 2009 개정 39%; 고등학교: 7차 40%, 2009 개정 23%). 특히, 고등학교 화학 II의 경우 교사 중심 비유가 85%나 사용되어, 학년이 올라갈수록 교사 설명 중심의 비유 사용이 더 심화되는 것으로 나타났다. 학생 중심 비유에서는 탐구 활동으로 모형을 제작하는 등의 물리적 조작 비유가 전체 비유의 21%이었으며, 역할놀이 비유나 비유 만들기는 각각 1%에 불과하였다. 교사의 설명이 중심이 되는 수업에서는 학생들이 정보를 수동적으로 듣는 경우가 많아 학습 과정에 적극적으로 참여하

기가 어려워진다. 반면, 학생 중심 수업에서는 학생들이 다양한 방식의 체험 활동을 하며 능동적으로 학습 과정에 참여하게 되고, 이를 통해 인지 과정이 활성화되어 개념 이해가 촉진될 수 있다. 특히, 분자 운동과 같이 미시적인 관점에서 이해해야 하는 과학 개념에 대해서는 학생들이 비유물을 구성하는 주요 요소가 되어 과학 현상을 구성하는 요소들의 특성 및 변화 과정 등을 체험함으로써 개념 이해가 향상된다고 보고되어 있다.^{18,30} 따라서 교사들이 이런 비유 활동을 다양하게 조직할 수 있도록 과학 교과서나 지도서에 역할 놀이 비유나 비유 만들기 등의 활동을 자세히 안내함으로써 학생 중심 비유 활동이 활성화될 수 있도록 도모해야 할 것이다.

결론 및 제언

2009 개정 교육과정에 따른 중학교 과학 교과서의 화학 영역 및 고등학교 화학 교과서에 사용된 비유를 분석한 결과 총 284개의 비유(중학교: 143개, 고등학교: 141개)가 사용되어 교과서 한 권당 8.11개, 10쪽 당 0.68개의 비유가 사용되었다. 비유 사용에 대한 인식이 증대하면서 5차 교육과정부터 2007 개정 교육과정에 이르기까지 비유 사용은 증가하는 경향을 보였으나, 이번 2009 개정 교육과정 교과서에서는 도리어 비유 사용이 감소한 것으로 나타났다. 상대적으로 비유가 많이 쓰인 단원들은 입자적 관점에서 화학 개념에 대한 설명이 필요한 단원들이었으나, 분자 운동을 다루는 과학 1에서 2007 개정 교육과정에 비해 비유 사용이 크게 감소하였고 학생들이 가장 어려워하는 화학 II에서 비유가 가장 적게 사용되는 등 전반적으로 교과서에 비유를 도입하고 적용하려는 노력이 부족했던 것으로 판단된다. 출판사별로도 비유 사용에 있어 차이가 크게 나타났는데, 다음 교육과정 개편 시에는 교과서 저자들마다 과학 개념의 이해를 위해 보다 쉽고 친숙하게 접근할 수 있는 교수 학습 전략으로서 비유의 장점을 깊이 인식하고 이를 활용하려는 노력을 적극적으로 기울여야 할 것이다.

교과서에 사용된 비유의 종류는 191종 이었는데, 이 중 2회 이상 사용된 비유들은 38종으로 여러 교과서에서 131회 중복 사용되었다. 이전 교육과정부터 이미 자주 사용되어 보편적인 비유로 인식되어 있는 경우도 있고, 이번 교육과정에 새로 도입된 비유들도 있었다. 그러나 전체 비유 종류의 80.1%에 해당되는 153종의 비유는 단 1회만 사용되었는데, 이는 이전 교육과정에서부터 반복적으로 나타나는 문제점이다. 특정 과학 개념에 적합한 비유물을 제작하기 위해서는 많은 노력이 필요하기 때문에, 이전 교육과정부터 다양하게 개발되어 있는 비유물들에 대해 폭넓게 이를 공유하고 인식의 공감대를 형성하면 비유 사용이

보다 효율적으로 이루어질 수 있다. 따라서 관련 기관에서는 이미 개발된 다양한 비유물에 대해 화학 영역별 비유 은행을 만들고 교과서 집필진들이 이를 적극 활용할 수 있도록 돕는 구체적인 방안을 강구해야 할 것이다.

적합한 비유의 준거라고 보고되어 있는 다양한 기준들에 따라 비유를 분류한 결과에서는 그림과 언어를 같이 이용한 비유 및 추상적 개념을 구체적 비유물에 대응시키는 비유가 주로 사용되었고, 지난 교육과정에 비해 공유 속성을 부연 설명하는 비유 사용이 증가하는 등 긍정적 측면들이 있었다. 그러나 비유임을 명시하거나 비유물의 비공유 속성 등에 관해 제한점을 언급한 경우들이 거의 없었고, 교사의 설명 중심으로 제시되는 비유물과 작위적 비유 사용이 이전 교육과정에 비해 더 증가한 것은 학생들의 개념 이해에 부정적인 영향을 끼칠 수 있는 문제점으로 지적할 수 있다. 또한, 비유물이 목표 개념의 구조와 기능적 속성을 체계적으로 포함해야 한다는 측면과, 구조와 기능의 다양한 속성을 포함해야 한다는 측면에서는 아직 개선되어야 할 여지들이 많았다. 학생들에게 과학 개념 구조를 쉽게 이해하도록 돕는다는 비유의 장점을 잘 살리기 위해서는, 비유 사용의 양적 증가 외에도 학생들의 인지발달과 과학 내용의 특성에 맞는 올바른 비유를 사용하는 것이 중요하다. 이에 비유 사용으로 인한 부작용을 줄이고 교수 효과는 극대화될 수 있도록 적절한 비유물을 선정하고 실제 수업 현장에서 올바르게 사용되도록 돕는 구체적인 방안들이 마련되어야 할 것이다. 따라서 앞으로도 효과적인 비유 사용에 관한 후속 연구들이 다양하게 이루어져서 이런 연구 성과들이 교과서 개편 작업이나 교사 연수에 잘 반영되어, 궁극적으로는 현장 과학 교사들이 학생들에게 바람직한 방법으로 비유를 잘 사용할 수 있도록 도모해야 할 것이다.

Acknowledgments. The publication cost of this paper was supported by the Korean Chemical Society.

REFERENCES

1. Ministry of Education and Human Resources Development. *National Curriculum of Science*; Ministry of Education and Human Resources Development: Seoul, Korea, 2011; pp 106–108.
2. Kwon, H. Status of Using Analogy and Factors Influencing Conceptual Understanding with Analogy in Chemistry Education. Ph.D. Thesis, Seoul National University, Seoul, Korea, 2000.
3. Kim, Y.; Park, H. *J. Korea Assoc. Sci. Edu.* **2000**, *20*(3), 411.
4. Clarke, C. B. The Impact of Self-generated Analogies on

- At-risk Students' Interest and Motivation to Learn. Ph.D. Thesis, Florida State University, Tallahassee, FL, 2005.
5. Gabel, D. L.; Samuel, K. V. *J. Res. Sci. Teaching* **1986**, 23(2), 165.
 6. Harrison, A. G.; Treagust, D. F. *J. Res. Sci. Teaching* **1993**, 30(10), 1291.
 7. Rule, A. C.; Furlletti, C. *School Science and Mathematics* **2004**, 104(4), 155.
 8. Mason, L. *Educational Studies* **1994**, 20(2), 267.
 9. Kwon, H.; Choi, E.; Noh, H. *J. Korea Assoc. Sci. Edu.* **2004**, 24(2), 287.
 10. Kang, H.; Seo, J. *J. Korea Assoc. Sci. Edu.* **2012**, 32(2), 402.
 11. Noh, T.; Choi, Y.; Kwon, H. *J. Korea Assoc. Sci. Edu.* **1998**, 18(1), 83.
 12. Noh, T.; Kwon, H.; Kim, D.; Chae, W. *Chem. Educ.* **1997**, 24(1), 1.
 13. Cha, J.; Byon, S.; Noh, T. *J. Korean Chem. Soc.* **2004**, 48(6), 629.
 14. Mun, J.; Song, J.; Kim, S. *J. Korea Assoc. Sci. Edu.* **2012**, 35(5), 890.
 15. Noh, T.; Ahn, I.; Kang, S. *J. Korean Chem. Soc.* **2013**, 57(3), 398.
 16. Ministry of Education and Human Resources Development. *National Curriculum of Science*; Ministry of Education and Human Resources Development: Seoul, Korea, 2007; p 150.
 17. Kim, K.; Byun, J.; Lee, S.; Kang, H.; Noh, T. *J. Korea Assoc. Sci. Edu.* **2008**, 28(4), 340.
 18. Kim, D. *J. Korea Assoc. Sci. Edu.* **2008**, 28(5), 424.
 19. Byon, C.; Kim, H. *J. Korea Assoc. Sci. Edu.* **2010**, 30(2), 304.
 20. Park, J.; Kang, S. *Chem. Educ.* **1996**, 23(5), 335.
 21. Noh, T.; Kwon, H.; Chae, W. *J. College of Education, Seoul National University* **1996**, 23(1), 21.
 22. Kwon, H.; Kim, C.; Noh, T. *J. Korea Assoc. Sci. Edu.* **2001**, 21(1), 114.
 23. Noh, T.; Kim, C.; Kwon, H. *J. Korea Assoc. Sci. Edu.* **1999**, 19(1), 107.
 24. Noh, T.; Scharmann, L. C. *J. Res. Sci. Teaching* **1997**, 34(2), 199.
 25. Holyoak, K. J.; Koh, K. *Memory and Cognition* **1987**, 15(4), 332.
 26. Zook, K. B.; Di Vesta, F. J. *J. Educ. Psychology* **1991**, 83(2), 246.
 27. Orgill, M. K.; Bodner, G. M. *J. Res. Sci. Teaching* **2006**, 43(10), 1040.
 28. Thiele, R. B.; Treagust, D. F. *The Australian Sci. Teachers J.* **1991**, 37(2), 4.
 29. Curtis, R. V.; Reigeluth, C. M. *Instructional Science* **1984**, 13(2), 99.
 30. Ragsdale, F. R.; Pedretti, K. M. *The American Biology Teacher* **2004**, 66(9), 621.
-

부록 1. 공통으로 사용된 비유

과목	단원 영역	자주 사용되는 비유물(목표 개념/횟수)
과학 1	6. 분자 운동과 상태 변화	스티로폼 구와 드라이어(분자 운동/4회) 스티로폼 구(분자 배열/3회) 구슬(기체 분자의 충돌에 의한 압력/3회) 구슬(분자의 운동/2회)
		구슬(개미)과 경기장(원자핵과 원자/7회) 스티커(원자 모형/7회) 스티커(이온 모형/7회) 실생활의 기호(원소 기호/6회) 탁구공과 지구(원자의 크기/4회) 점묘화의 점(입자/4회) 블록(원소/3회) 과일(원소와 원자의 구분/2회) 아토미움(원자/2회)
과학 2	1. 물질의 구성	떠오르는 태양(밀도 차이/3회)
	5. 물질의 특성	볼트와 너트(화학 반응의 법칙/7회) 블록(화학 반응의 종류/6회) 수학식(화학 반응식/4회) 스티로폼 구(일정 성분비 법칙 /3회) 샌드위치(일정 성분비 법칙/2회) 클립(질량비/2회)
과학 3	2. 화학 반응에서의 규칙성	스티커(중화 반응/2회)
	5. 여러 가지 화학반응	실생활의 단위(몰/3회)
화학 I	1. 화학의 언어	미끄럼틀과 계단 위의 공(전자의 에너지 준위/4회) 푸딩과 수박(원자 모형/2회) 양파껍질(전자껍질/2회) 태양계(원자 모형/2회) 구름(원자 모형/2회)
	2. 개성 있는 원소	축구공(플러렌/6회) 풍선 묶기(VSEPR, 전자쌍의 반발/4회) 벤사슬(벤젠 구조/2회)
	3. 아름다운 분자 세계	DNA 모형 만들기(DNA/4회)
	4. 닦은फल 화학반응	-
	1. 다양한 모습의 물질	등산 경로와 산의 높이(헤스의 법칙/3회) 어질러진 방(무질서도/2회)
화학 II	2. 물질 변화와 에너지	줄다리기(화학 평형/2회)
	3. 화학 평형	열쇠와 자물쇠(효소와 기질의 특이성/4회) 언덕과 터널(촉매의 역할/2회) 중매쟁이(촉매의 역할/2회) 언덕 넘기(활성화 에너지/2회)
	4. 화학 반응 속도	-
	5. 인류 복지와 화학	-
	계	38종 131회

부록 2. 한번만 사용 된 비유

과목	단원 영역 (개수)	비유물(목표 개념)
과학 1	6. 분자 운동과 상태 변화(10종)	관람객(확산), 관중과 치어리더와 선수(분자의 운동), 구슬(증발), 모래알의 개수(분자의 크기), 시골길과 도시길(충돌과 압력), 콩과 페트병(분자의 운동), 테니스공과 과녁(충돌과 압력), 팽귄(열에너지와 분자 운동), 학생들의 움직임(분자의 배열), 학생들의 움직임(분자의 운동)
과학 2	1. 물질의 구성(23종)	과자와 종이(원자 모형), 떡(입자), 러시아 전통인형(원자의 구조), 모래성(원자), 모래알과 공깃돌과 경기장(전자와 원자핵과 원자), 복숭아(원자 모형), 분자 인간(입자), 블록(여러 가지 물질), 사진(원소), 수박과 코코넛(원자 구조), 스티로폼 구(이온 모형), 스티로폼 구(원자 모형), 스티로폼 구와 이쑤시개(분자), 스티로폼과 종이접시(전하를 띤 입자), 스티커(입자), 약보와 음계(화학식), 자음과 모음(화학식), 주사위와 남산타워(원자의 크기), 지문(스펙트럼), 친구 만나기(이온 반응), 퍼즐(원소와 원자), 퍼즐(입자), 홍채(스펙트럼)
	5. 물질의 특성 (2종)	견과류(입자), 구슬아이스크림(분자)
과학 3	2. 화학 반응에서의 규칙성(23종)	기호와 그림(화학 반응식), 변신 장난감(화학 반응의 종류), 블록(PbI_2 생성), 레고(성분비), 분자 모형(일정 성분비), 분자 모형 set(질량비), 분자 모형 set(화학 반응식), 스티커(질량비), 영수증(화학 반응식), 이모티콘(화학 반응식), 자동차와 바퀴(일정 성분비), 자동차와 볼펜(일정 성분비), 자음과 모음(질량 보존 법칙), 자음과 모음(화학 반응), 자전거 부품(질량 관계), 자전거 타기(일정 성분비), 장난감(화학 반응식), 전광판 기호(화학 반응식), 짝짓기 게임(일정 성분비), 짝짓기 게임(탄소의 연소 반응), 퍼즐 조각(화학 반응), 탁구공(일정 성분비), 푸딩(원자 구조)
	5. 여러 가지 화학반응(2종)	모자(산소), 야구의 투수와 포수(산화제와 환원제)
	1. 화학의 언어(7종)	구운 식빵과 달걀프라이(반응물과 생성물), 모래알(입자), 수확식(화학 반응식), 쌀알(입자), 완두콩(아보가드로 법칙), 주사위(입자), 짝짓기 놀이(탄소와 산소)
화학 I	2. 개성 있는 원소(28종)	강수량(주기적 성질), 공(돌턴의 원자 모형), 공연 관람(유효 핵전하), 공의 에너지(스펙트럼), 과일의 씨(원자 구조), 구슬과 경기장(원자핵과 원자), 도서관의 책 분류(주기율표), 디지털 시계(양자화), 바이올린과 피아노(양자화), 버스의 빈 좌석(전자의 배치), 별과 선풍기 날개의 점(전자의 배치), 비유 만들기 활동(훈트 규칙), 선풍기 날개(전자의 위치), 손과 지우개(원자핵과 전자), 스카이다이빙(화학 결합), 스티로폼과 이쑤시개(원자핵 모형), 시간표(주기율표), 시계의 초침(주기성), 알파벳 철자(원소), 역할놀이(양성자와 중성자), 역할놀이(전자의 배치), 점묘화의 점(입자), 지구 밖의 야자열매(이온화 에너지), 지구(입자의 크기), 지구의 야자열매(전자 친화도), 탁구공과 야구장(원자핵과 원자), 팽이(전자의 스핀), 8음계(주기성)
	3. 아름다운 분자 세계(23종)	고무풍선(분자 구조), 밧줄(DNA), 벨크로(수소결합), 분자 모형(CH_4 와 C_3H_8), 분자 모형(C_3H_{10}), 분자 모형(탄화수소), 블록(분자), 빵(DNA), 색종이(화학식), 스티로폼과 이쑤시개(탄화수소), 스티커(DNA), 시내 모형 블록(분자의 구조), 시멘트(화학결합), 시소 균형 잡기(쌍극자 모멘트), 원기둥(탄소 나노 튜브), 이쑤시개와 찰흙(공유결합 분자 모형), 이쑤시개와 찰흙(탄소 화합물 모형), 자석블록(분자), 자석구슬과 유리구슬(물과 기름), 죽부인(탄소 나노 튜브), 줄다리기(공유결합 분자 모형), 줄다리기(전기음성도), 투수와 포수와 야구공(환원제와 산화제와 전자)
	4. 짧은꼴 화학반응(4종)	볼트와 너트(약염기와 강염기), 사다리(DNA), 소화제(산화제와 환원제), 쥐와 고양이와 개(산화제와 환원제)
	1. 다양한 모습의 물질(1종)	스티로폼과 이쑤시개(여러 가지 결정 구조)
	2. 물질 변화와 에너지(13종)	관을 통해 연결된 그릇(평형 이동), 구슬(무질서도), 도로 표지판(화학 반응식), 블록의 결합(결합에너지), 시장의 물건 가격(평형 이동), 엘리베이터(평형), 옷놀이(자발적 과정), 옷놀이(엔탈피와 엔트로피), 층별 위치에너지 변화(엔탈피 변화), 층 수 세기(헤스법칙), 톱질(결합 에너지), 풍선(무질서도와 엔트로피), 학생들의 배열(엔트로피의 확률)
화학 II	3. 화학 평형(7종)	금붕어들의 이동(화학 평형), 분수대의 물(화학 평형), 시소(평형 이동), 언덕을 굴러내려 온 공(자유에너지), 연못과 시냇물의 높이차(전지 전위), 종이판 뒤집기(화학 평형), 축구 선수 교체(화학 평형)
	4. 화학 반응 속도(10종)	도마뱀의 움직임(반응 속도와 운동), 마라톤 선수의 속도(반응 속도), 배구(에너지 장벽과 활성화 에너지), 범퍼카(충돌), 비유 만들기(효소의 기능), 스케이트장의 사람(반응 속도와 농도), 옥수수 알갱이 실험(반감기), 장대높이뛰기(활성화 에너지), 페인트칠(반응 속도와 농도), 2차선 운행속도(반응 속도 결정 단계)