

다중 비유의 사용 방식이 중학생들의 과학 개념 이해에 미치는 효과

권혁순 · 김창민 · 노태희
(서울대학교)

Effect of Presenting Modes of Multiple Analogies on Middle School Students' Understanding of Science Concepts

Kwon, Hyeoksoon · Kim, Changmin · Noh, Taehee
(Seoul National University)

ABSTRACT

This study investigated the effect of presenting modes of multiple analogies on middle school students' understanding of science concepts. A total of 122 7th-graders was randomly assigned to one of 4 groups. After reading one of 4 analogy-learning materials in different analogy presenting modes (the number of analogs, the number of mappings between analog and target, and the comparison of similarity between analogs), the students took a conception test. The results indicated that using analogs and mappings twice were not significant factors in recalling and applying science concepts. However, the comparison of similarity between analogs was found to be a significant factor in applying science concepts. Educational implications are discussed.

Key words : multiple analogy, number of mapping, comparison of similarity, middle school, conceptual understanding.

I. 서 론

과학 수업에서 비유를 사용하여 학생들의 개념 이해를 돕기 위해서는 적절한 비유의 개발 및 선정 뿐 아니라, 선정된 비유를 효과적으로 사용하기 위한 방법에 대한 고려도 필요하다. 많은 연구자들이 다중 비유의 사용이 과학 개념 이해에 효과적일 것으로 주장하였으나(Harrison & Treagust, 1993; Spiro,

Feltovich, Coulson, & Anderson, 1989; Thagard, 1992), 다중 비유의 효과에 대한 실험 연구에서는 단일 비유의 사용에 비해 유의미한 차이가 없었다(노태희, 김창민, 권혁순, 1999; Kurtz, 1995). 학습 과정의 복잡성에 비추어 볼 때 여러 가지 측면에서 그 원인을 찾을 수 있겠으나, 비유 사용 방식에 대한 고려가 부족한 것도 중요한 원인 중의 하나가 될 수 있다.

*2000년 9월 6일 받음.

비유 추론과 관련된 인지 과학의 연구에서도 비유물의 개수가 비유 문제 해결에 미치는 영향은 일관되지 않았다. 다중 비유의 사용이 도식을 유도하여 비유 추론에 긍정적 영향을 미친다는 주장(Cartrambone & Holyoak, 1985; Gick & Holyoak, 1983)과 달리, 비유물의 개수를 증가시키는 것은 비유 문제 해결에 유의미한 효과를 나타내지 않았다(Hsu, 1993; Mathison, 1985; Mathison & Allen, 1987). 따라서 다중 비유가 비유 문제 해결에 효과적임을 보인 Gick과 Holyoak(1983)의 연구 결과는 다른 각도에서 재해석될 필요가 있다. 다중 비유 집단은 두 비유물의 유사성 비교를 통해 보다 쉽게 비유 추론을 거친 반면, 단일 비유 집단은 비유물과 비비유물의 유사성을 비교함으로써 오히려 비유 관계 표상에 혼란을 일으켰을 수 있다. 즉, 다중 비유의 사용에 의한 효과라기보다는 비유의 사용 방식과 관련된 효과라 할 수 있다. 비유 문제 해결에서 핵심적인 변인은 비유물의 개수가 아니라 비유물을 제시하고 처리하는 방식이다(Mathison & Allen, 1987).

지금까지 단일 비유를 사용한 추론 과정에 대한 연구는 비교적 활발히 이루어졌으나, 다중 비유의 사용 효과에 영향을 미칠 수 있는 요인에 대한 연구는 빈약하다. 다중 비유의 사용은 비유물 개수의 증가 이외에도 단일 비유의 사용과 여러 가지 측면에서 차이가 있다. 가장 대표적인 예로서 대응 회수의 증가를 들 수 있다. 비유물과 목표물의 대응은 비유 추론 과정에서 가장 핵심적인 부분이므로(Gentner, 1989), 대응 회수가 증가하면 공유 속성의 전이 기회가 증가하고 결과적으로 개념 이해도의 향상을 기대할 수 있다.

또한, 비유의 인지적 처리 과정에 대한 연구는 대부분 비유물과 목표물의 공유 속성 대응을 통한 새로운 도식의 유도라는 측면에 주목해 왔다(Curtis & Reigeluth, 1984). 즉, 학습자는 두 지식 영역의 공통적인 구조적 관계를 담고 있는 추상적 도식을 유도하고, 이러한 도식이 새로운 영역에 대한 추론의 일반화를 촉진한다는 것이다(Novik & Holyoak, 1991; Ross & Kennedy, 1990). 그러나 Donnelly와

McDaniel(1993)은 목표물 없이 비유물만 받은 학습자도 새로운 영역에 대한 추론에 성공한 결과를 제시하면서, 개념 학습의 경우에는 목표물과 비유물을 결합시킬 필요가 없음을 주장하였다. 이 주장에 따르면 다중 비유의 경우 비유물과 목표물의 공유 속성 대응 이전에 비유물간의 유사성을 비교하는 것으로도 관련 도식이 충분히 형성될 수 있으므로, 다중 비유물 사이의 유사성을 비교하는 방식도 고려해 볼만하다.

따라서, 본 연구에서는 중학교 1학년 학생들을 대상으로 비유물의 개수, 비유물과 목표물의 대응 회수, 비유물간의 유사성 비교가 과학 개념 이해에 미치는 효과를 조사하였다. 본 연구의 구체적인 목표는 다음과 같다.

- 1) 비유물의 개수가 중학생들의 과학 개념 이해에 미치는 효과를 조사하였다.
- 2) 다중 비유에서 비유물과 목표물의 공유 속성 대응 회수가 중학생들의 과학 개념 이해에 미치는 효과를 조사하였다.
- 3) 다중 비유에서 비유물간의 유사성 비교가 중학생들의 과학 개념 이해에 미치는 효과를 조사하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상 및 절차

비유의 사용에서 비유물의 개수, 비유물과 목표물의 대응 회수, 비유물간의 유사성 비교가 과학 개념의 이해에 미치는 효과를 조사하기 위하여, 비유물의 개수, 대응 회수, 유사성 비교 회수를 각각 변화시키며 비교할 수 있도록 Table 1과 같이 집단을 구성하였다. 목표 개념을 학습하지 않은 서울 시내 중학교 1학년 학생 101명을 선정하여 4개 집단에 무선 배치하였다.

목표 개념인 '제한 물질이 들어 있는 화학 반응의 양적 관계'를 설명하기 위하여 선행 연구(노태희, 김창민, 권혁순, 1999)에서 사용한 비유물을 일부 수정하고 일상 생활에서 적절한 비유물을 고안하여 비유물의 개수와 사용 방식을 달리한 4종류의 비유 학습 교재를 제작하였다. 과학 교육 전문가 2인과 중학교

과학 교사 1인으로부터 비유 학습 교재의 타당성을 검토 받은 후 교재를 수정·보완하였다.

교재의 내용에 대하여 확인하는 검사가 있을 것임을 예고한 후, 학생들에게 4종류의 비유 학습 교재 중 하나를 무작위로 배포하고 10분간 비유 학습 교재를 읽도록 하였다. 비유 학습 교재를 회수한 후 과학 개념 검사를 실시하였다.

2. 비유 학습 교재

본 연구에서 설정한 목표 개념은 수소 기체와 산소 기체를 반응시켜 물을 합성할 때 반응물 사이의 성분 비가 일정하다는 것과 화학 반응에서의 제한 물질이다. 이러한 목표 개념과 대응될 비유물로 두 가지를 고안하였다. 하나는 선행 연구(노태희, 김창민, 권혁순, 1999)에서 사용한 '햄 샌드위치 만들기'를 변형하여 빵 3개 사이에 햄이 2개씩 들어가는 상황이고, 다른 하나는 손전등 하나에 건전지가 3개 있어야 불이 켜지는 상황이다.

각 집단별 비유 학습 교재의 구성은 Table 2와 같다. 집단 S의 교재에는 비유물과 목표물 각각 하나와 이 둘을 대응시키는 설명이 들어 있다. 집단 M1의 교재에는 집단 S의 교재에 새로운 비유물을 하나 더 추가하였고, 집단 M2의 교재에는 집단 M1의 교재에 추가된 비유물과 목표물의 대응에 대한 설명을 추가하였다. 집단 CM의 교재에는 비유물 두 개를 먼저 제시하고 이 두 비유물 사이의 유사성에 대해 설명한 후, 목표물을 제시하고 두 비유물의 유사성을 목표물에 대응시켜 설명하였다. 집단 S와 M1의 교재 뒷부분에는 목표 개념과 무관한 읽기 자료를 첨가하여 학습 시간을 통제하였다. 모든 집단의 교재는 교과서 4쪽 이내의 분량인데, 비유물과 목표물은 각각 한 쪽 정도의 분량이고 대응과 유사성 비교는 각각 1/3쪽 정도의 분량이다.

3. 검사 도구 및 분석 방법

과학 개념 검사지는 선행 연구(노태희, 김창민, 권혁

Table 1. Numbers of subjects by group

Group	Numbers of			Subjects
	analog	mapping	comparison	
S	1	1	0	25
M1	2	1	0	25
M2	2	2	0	26
CM	2	1	1	25
Total				101

Table 2. The structure of analogy-learning materials by group

Sequence	Group			
	S	M1	M2	CM
1	analog	analog	analog	analog
2	target	target	target	analog 2
3	mapping	mapping	mapping	comparison
4	(irrelevant text)	analog 2	analog 2	target
5	(irrelevant text 2)	(irrelevant text)	mapping 2	mapping

순, 1999)에서 사용한 검사지를 수정하여 사용하였다. 선행 연구와 동일하게 몰의 합성을 회상 문제, 암모니아의 합성을 응용 문제의 상황으로 각각 사용하였으나, 일정 성분비와 제한 물질에 관련된 선택형 문제와 그에 대한 이유를 서술하는 식으로 질문 방식을 변형하였다.

과학 개념 검사는 Table 3의 기준을 사용하여 채점하였으며, 만점은 4점이었다. 비유물의 개수와 다중 비유에서 비유물과 목표물의 대응 회수 및 비유물간의 유사성 비교의 효과를 조사하기 위하여, Table 4와 같이 가설을 설정한 후 계수를 지정하고 계획된 비교(planned comparison)를 통하여 검증하였다. 비유물의 개수 증가 효과와 관련하여 비유물을 각각 1개와 2개를 사용한 S 집단과 M1 집단의 과학 개념 이해도를 비교하였다. 다중 비유에서 비유물과 목표물의 대응 회수 증가 효과를 조사하기 위해서는 2개의 비유물을 사용하지만, 비유물과 목표물간의 대응 과정이 각각 1회와 2회인 M1 집단과 M2 집단의 과학 개념 이해도를 비교하였다. 그리고 다중 비유에서 비유물간의 유사성 비교의 효과를 조사하기 위해 2개의 비유물과 기본적인 대응 과정만을 제시하지만, 유사성 비교의 유무가 다른 M1 집단과 CM 집단의 과학 개념 이해도를 비교하였다. 통계 분석은 SAS 통

계 패키지의 GLM 절차를 사용하였다.

III. 결과 및 논의

1. 비유물의 개수가 과학 개념 이해에 미치는 효과

비유 사용 방식을 달리한 네 집단의 과학 개념 검사 점수의 평균과 사전 과학 성적을 공변인으로 통제 한 교정 평균은 Table 5와 같다. 비유물의 개수 증가 효과에 대한 가설 1을 검증하기 위하여, 다른 조건은 동일하면서 제시되는 비유물의 개수만 다른 두 집단, 즉 비유물을 하나만 사용한 S 집단과 비유물을 2개 사용한 M1 집단의 과학 개념 이해도를 비교하였다. 회상 문제에서는 S 집단(2.44)보다 M1 집단(2.64)의 점수가 높았으나, 응용 문제에서는 S 집단(1.79)과 M1 집단(1.75)의 점수가 유사하였으며, 두 집단의 차이는 모두 유의미하지 않았다(Table 6).

따라서 비유물의 개수가 다른 두 집단의 과학 개념 검사 점수에 차이가 없을 것이라는 가설 1을 기각할 수 없었다. 즉, 단순히 비유물을 하나 더 제시한 것만으로는 과학 개념 이해에 유의미한 영향을 미치지 못한다고 할 수 있다. 이는 비유물을 2개 사용한 연구(노태희, 김창민, 권혁순, 1999) 뿐 아니라, 3개 사용

Table 3. Criteria for scoring the science conception test

Score	Recall problem	Application problem
1	Find the gas remained	Find the gas needed
1	Find the number of products	Find the number of reactants needed
1	Refer the composition	Refer the composition
1	Refer the limiting reagent	Refer the limiting reagent

Table 4. Hypotheses and constants for planned comparison

Null Hypotheses	Group			
	S	M1	M2	CM
1. $H_0: \mu_S = \mu_{M1}$	-1	1	0	0
2. $H_0: \mu_{M1} = \mu_{M2}$	0	-1	1	0
3. $H_0: \mu_{M1} = \mu_{CM}$	0	-1	0	1

Table 5. Means of science conception test score by group

Group	Recall problem			Application problem		
	M	(SD)	Adj. M	M	(SD)	Adj. M
S	2.52	(1.42)	2.44	1.84	(1.43)	1.79
M1	2.56	(1.26)	2.64	1.64	(1.41)	1.75
M2	3.12	(1.28)	2.97	2.35	(1.74)	2.22
CM	2.72	(1.34)	2.71	2.68	(1.46)	2.69

Table 6. The results of test for hypothesis 1

Problem	SS	df	MS	F	p
recall	.48	1	.48	.36	.550
application	.00	1	.00	.00	.962

Table 7. The results of test for hypothesis 2

Problem	SS	df	MS	F	p
recall	1.21	1	1.21	.91	.343
application	2.26	1	2.26	1.20	.275

한 연구(Kurtz, 1995)에서도 유의미한 효과가 없었던 선행 연구들과 일맥상통하는 결과이므로, 학생들의 과학 개념 이해를 돕기 위해 비유를 여러 개 제시해야 한다는 주장(Spiro et al., 1989)은 재고할 필요가 있다.

2. 다중 비유에서 비유물과 목표물의 대응 회수가 과학 개념 이해에 미치는 효과

다중 비유에서 비유물과 목표물의 대응 회수 증가의 효과에 대한 가설 2를 검증하였다. 이를 위해 학습 교재에 제공된 목표물과 비유물의 수는 동일하지만, 2개의 비유물 중 하나의 비유물만 목표물과 대응시킨 M1 집단과 2개의 비유물을 모두 목표물과 대응시킨 M2 집단의 과학 개념 이해도를 비교하였다. 회상 문제와 응용 문제에서 모두 M1 집단(2.64, 1.75)보다 M2 집단(2.97, 2.22)의 점수가 더 높았으나(Table 5), 두 집단간의 차이는 유의미하지 않았다(Table 7).

따라서, 다중 비유에서 비유물과 목표물의 대응 회

수가 다른 두 집단의 과학 개념 검사 점수에 차이가 없을 것이라는 가설 2를 기각할 수 없었다. 비유물과 목표물의 대응은 비유 추론의 핵심이라 할 수 있으나(Gentner, 1989), 비유물간의 유사성 비교가 없는 상태에서 다중 비유의 대응 회수를 증가시키는 것은 과학 개념 이해에 유의미한 영향을 미치지 못한다고 할 수 있다. 한 번의 대응으로도 비유 추론이 이루어지고 비유의 공유 속성에 대한 이해가 가능했다면 단순히 대응 회수를 늘리는 것은 효과적인 비유 사용 방식이라 할 수 없을 것이다.

3. 다중 비유에서 비유물간의 유사성 비교가 과학 개념 이해에 미치는 효과

다중 비유에서 비유물간의 유사성 비교의 효과에 대한 가설 3을 검증하기 위하여, 비유물을 목표물과 대응시키지만 비유물 사이의 유사성을 비교하지 않은 학습 교재를 사용한 M1 집단과 비유물 2개의 유사성을 먼저 비교한 후 목표물과 대응시킨 학습 교재를

사용한 CM 집단(2.69)의 과학 개념 이해도를 비교하였다. 회상 문제에서는 M1 집단(2.64)보다 CM 집단(2.71)의 점수가 약간 높았으나(Table 5), 그 차이는 유의미하지 않았다(Table 8). 그러나 응용 문제에서는 M1 집단(1.75)보다 CM 집단(2.69)의 점수가 유의미하게 높았다.

따라서, 가설 3을 기각할 수 있으며, 최소의 대응 과정을 통해 다중 비유를 사용할 경우 비유물간의 유사성 비교가 응용 수준의 과학 개념 이해에 효과적이라고 할 수 있다. 이러한 결과는 도식 유도에 의한 비유 추론을 설명하는 인지 심리학자들의 주장을 지지하는 증거라 할 수 있다. 즉, 학습자의 기존 도식에 근거하여 학습이 일어나므로(Curtis & Reigeluth, 1984), 학습자에게 친숙한 비유물 사이의 유사성 비교를 먼저 시행하여 관련 도식을 유도한 후, 이것을 목표물과 대응시키는 방식으로 다중 비유를 사용하는 것이 과학 개념 이해에 보다 효과적임을 의미한다.

IV. 결론 및 제언

다중 비유의 사용은 비유물 개수와 함께 대응 회수의 증가라는 요인이 내재되어 있을 뿐 아니라, 비유물과 목표물의 대응과 비유물간의 유사성 비교라는 질적으로 구분되는 과정 등 여러 가지 요인이 복합적으로 상호작용 할 수 있다. 이러한 요소 중에서 과학 개념 이해에 결정적으로 영향을 미치는 요인이 무엇인지 밝힘으로써 과학 수업에서 다중 비유를 효과적으로 사용하는 방안을 도출할 수 있을 것이다. 따라서, 본 연구에서는 다중 비유의 사용 효과에 영향을 미치는 요인을 밝히고자 비유물의 개수, 비유물과 목표물의 대응 회수, 비유물간의 유사성 비교의 측면에서 다중 비유의 사용이 과학 개념 이해에 미치는 효

과를 조사하였다.

연구 결과, 단순히 비유물의 개수를 한 개 더 증가시키거나 비유물과 목표물을 한 번 더 대응시키는 것은 과학 개념의 회상 및 응용에 유의미한 영향을 주지 못하였다. 비유 사용의 단점을 극복하기 위하여 다중 비유의 사용을 제안하는 연구자들이 많이 있으나(Harrison & Treagust, 1993; Spiro et al., 1989; Thagard, 1992), 본 연구 결과는 단일 비유 사용과 동일한 방식으로 다중 비유를 사용한다면 과학 개념 학습에서 다중 비유의 효과를 기대하기 어려움을 시사한다. 그러나, 비유물간의 유사성 비교는 과학 개념 이해에 유의미한 영향을 미치는 요인이 될 수 있음을 발견하였다. 즉, 비유물 사이의 유사성 비교 활동은 학습자의 인지 구조 내에서 관련된 도식을 쉽게 유도하게 하며, 유도한 도식을 목표물에 적용하는 과정을 통해 도식의 정교화를 촉진하는 것으로 해석할 수 있다. 따라서 학생들의 개념 이해를 돕는 방안으로 학생들에게 친숙한 비유물 사이의 유사성 비교 활동을 출발점으로 하는 다중 비유 사용을 제안할 수 있다. 이것은 친숙한 영역에 대한 이해를 바탕으로 새로운 영역에 대한 이해 및 문제 해결을 시도하려는 비유 사용의 본래 목적에 잘 부합한다.

비유물 개수와 대응 회수 증가는 다중 비유의 대표적인 속성이기 때문에 가장 영향력이 클 것으로 기대하였으나, 본 연구에서 조사한 개념 검사 점수에 대한 분석으로는 그 차이가 규명되지 않았다. 따라서 비유 사용 전후에서 학생들의 이해도 변화에 대한 증거를 토대로 비유물 개수와 대응 회수의 증가가 개념 이해에 미치는 영향에 대한 보다 심도 있는 연구가 필요하다. 또한, 비유 사용 시 학생들이 겪는 어려움을 찾아내고 그것에 대한 처방적 방편으로 학생들의 인지 과정에 적합한 비유 사용 방식을 찾아내려는 연

Table 8. The results of test for hypothesis 3

Problem	SS	df	MS	F	p
recall	.05	1	.05	.04	.885
application	9.77	1	9.77	5.21	.022*

* $p < .05$

구가 선행되어야 하며, 이에 근거하여 적절한 다중 비유 사용 방식을 제안하여야 할 것이다. 특히, 다중 비유의 사용 과정에는 여러 가지 요인이 복합되어 있기 때문에 각 요인에 대한 분석적 고려 없이는 비유의 사용 효과를 판단하기 어렵다. 따라서, 보다 더 세분화된 실험 조작 및 조건 통제를 통하여 비유 사용에 영향을 미치는 요인을 조사할 필요가 있다.

적 요

본 연구에서는 다중 비유의 사용 방식이 중학생들의 과학 개념 이해에 미치는 효과를 조사하였다. 7학년 학생 127명에게 다중 비유의 사용 방식(비유물의 개수, 비유물과 목표물의 대응 회수, 비유물간 유사성 비교)이 다른 네 가지 유형의 비유 학습 교재 중 하나를 무선 배포하여 읽게 한 후, 개념 검사를 실시하였다. 분석 결과, 비유물이나 대응 과정을 2번 사용하는 것은 과학 개념의 회상 및 응용에 유의미한 영향을 주지 않았다. 그러나 비유물간의 유사성 비교는 과학 개념 응용에서 유의미한 효과가 있었다. 이에 대한 교육학적 함의를 논의하였다.

참 고 문 헌

- 노태희, 김창민, 권혁순(1999). 비유물의 개수, 출처 및 순서가 중학생들의 개념 회상 및 응용에 미치는 효과. 한국과학교육학회지, 19(4), 645-652.
- Catrambone, R., & Holyoak, K. (1985). *The role of schemas in analogical problem solving*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Psychological Association, Los Angeles, CA.
- Curtis, R. V., & Reigeluth, C. M. (1984). The use of analogies in written text. *Instructional Science*, 13(2), 99-117.
- Donnelly, C. M., & McDaniel, M. A. (1993). Use of analogy in learning scientific concepts. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19(4), 975-987.
- Gentner, D. (1989). The mechanisms of analogical learning. In S. Vosniadou, & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 199-241). Cambridge: Cambridge University Press.
- Gick, M. L., & Holyoak, K. J. (1983). Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology*, 15(1), 1-38.
- 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.
- Hsu, C.-L. L. (1993). *Content emphasis, practice, and cognitive style in analogical problem solving of college students*. Unpublished Doctoral Dissertation, University of Missouri-Columbia.
- Kurtz, M. J. (1995). *Using analogies to teach college chemistry: A multiple analogy approach*. Unpublished Doctoral Dissertation, Arizona State University.
- Mathison, C. S. (1985). *The effects of one and two analog conditions on learners' ability to recognize and use prior knowledge to solve a new problem (experience, processing (levels of), schema abstraction)*. Unpublished Doctoral Dissertation, Indiana University.
- Mathison, C., & Allen, B. S. (1987). *The effects of stories and diagrams on solution of an analogous problem*. Paper presented at the Annual Convention of the Association for Educational Communications and Technology, Atlanta, GA.
- Novick, L. R., & Holyoak, K. J. (1991). Mathematical problem solving by analogy. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 17(3),

398-415.

Ross, B. H., & Kennedy, P. T. (1990). Generalizing from the use of earlier examples in problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16(1), 42-55.

Spiro, R. J., Feltovich, P. J., Coulson, R. L., & Anderson, D. K. (1989). Multiple analogies for complex concepts: Antidotes for

analogy-induced misconception in advanced knowledge acquisition. In S. Vosniadou, & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 498-531). Cambridge: Cambridge University Press.

Thagard, P. (1992). Analogy, explanation, and education. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(6), 537-544.