

비유물의 체계성과 표현 방식이 개념 회상 및 응용에 미치는 효과

노태희 · 최용남 · 권혁순
(서울대학교)

The Effect of Systematicity and Presentation Type of Analog on Concept Recall and Application

Noh, Taehee · Choi, Yongnam · Kwon, Hyeoksoon
(Seoul National University)

ABSTRACT

This study investigated the effect of systematicity and presentation type of an analog upon students' concept recall and application regarding stoichiometry that included limiting reagent. Systematicity was manipulated by varying the degree of explicit causal structure, and presentation type was in either verbal format or verbal/figurative format. The four types of the analog developed were studied by randomly assigned junior high school students (N=137). Prior to the treatment, the Group Assessment of Logical Thinking was administered and its score was used as a covariate. After the treatment, a research-made conception test was administered immediately and four weeks later. The ANCOVA results indicated that systematicity had a positive effect on immediate application regardless of presentation type. In the application problem of retention test, however, systematicity had no main effect but interaction with presentation type. These suggested that the systematic analog in verbal/figurative format most positively influence concept application. Educational implications are discussed.

Key words: analog, concept, systematicity, presentation type, recall, application, stoichiometry.

I. 서론

비유는 새로운 개념을 학습하는 과정에서 보다 친숙하게 접근할 수 있는 소재를 활용하여 효과적으로 개념 구조를 파악하게 한다는 점에서, 그 교육적 활용이 강조되고 있다(Dagher, 1995; Glynn, Britton, Semrud-Clickeman, & Muth, 1989). 과학 교육에서 비유에 관한 연구들은 주로 교과서에 제시되어 있는 비유물을 유형별로 분류하거나(노태희, 권혁순, 김동연, 채우기,

1997; Thiele, Venville, & Treagust, 1995), 비유물 수업 전략으로 활용하여 효과를 조사하였다(김도옥, 1991; 김영민, 1991; 노태희, 권혁순, 이선옥, 1997; Bean, Searles, & Cowen, 1990; Glynn, 1994; Lin, Shiao, & Lawrenz, 1996; Treagust, Harrison, Venville, & Dagher, 1996). Thiele 등(1995)은 호주 고등학교의 화학 교과서와 생물 교과서에 사용된 비유를 추출하여 유형별로 사용 빈도를 조사하였으며, 노태희, 권혁순, 김동연 등(1997)은 제6차 중·고등학교 과

* 1998년 1월 10일 받음.

학 교과서의 화학 영역에 사용된 비유를 유형별로 정리·비교하였다. 그러나 이와 같이 과학 교과서에 제시되어 있는 여러 유형의 비유가 학생들의 개념 학습에 어떠한 영향을 미치는지에 대해서는 아직 체계적으로 분석되어 있지 않다. 또한, 교수-학습 과정에 비유를 도입하여 효과를 조사한 연구들에서도 Glynn(1994)이나 Treagust 등(1996)은 긍정적인 결과를 보고하였으나 Gilbert(1989)나 Bean 등(1990)은 전통적 수업 방식과 차이가 없는 것으로 보고하여, 과학 수업에서 비유 사용이 일관되게 긍정적인 효과를 얻고 있지 않음을 알 수 있다. 따라서 과학 교육에서 비유를 교수-학습의 전략으로 효과적으로 활용하기 위해서는, 어떠한 비유를 어떻게 사용하였을 때 학습 효과가 최대화될 수 있는지, 비유물 선정과 제시 방법에 관한 연구가 이루어져야 한다.

인지 심리학 분야에서는 비유적 추론(analogical reasoning)을 촉진할 수 있는 비유물의 준거로 표면적 유사성(surface similarity)과 체계성(systematicity)을 제시하고 있다(Gentner & Toupin, 1986; Thagard, 1992). 표면적 유사성이란 표피적인 속성에 관한 준거로, 비유물이 목표 개념과 유사한 소재로 구성될 때 목표 개념을 학습하는 과정에서 비유물에서 추출한 정보를 보다 잘 활성화할 수 있다고 지적된다. 반면, 체계성이란 구조적 속성에 관한 준거로서, 비유물이 목표 개념의 인과 관계에 대응되는 구조를 체계적으로 포함하고 있을 때 목표 개념의 학습에 필요한 도식(schema)을 효과적으로 도출(induction)할 수 있다고 논의된다. 이를 실험적으로 분석한 Holyoak과 Koh(1987)는 자발적 전이(spontaneous transfer)의 경우에는 표면적 유사성이 높은 비유물이 낮은 비유물에 비해 효과적이나, 일단 비유물과 목표물의 관련성을 인식한 경우에는 표면적 유사성에 따른 차이는 없으며 구조적 속성에 따라 차이가 나타나는 것으로 보고하였다. 이러한 결과에 기초할 때, 과학 개념을 도입하기 위해 교과서나 교사의 강의를 통해 비유물과 목표 개념이 관련지어 제시되는 학교 과학 교육 현장에서는 표면적 유사성보다는 체계성이 효과적인 비유물의 선정 준거로 보다 중요하게 고려될 필요가 있다.

비유적 추론을 촉진할 수 있는 또 다른 방안으로 비유물을 효과적으로 제시하는 방법이 고려될 수 있다. 최근 인지 심리학의 한 영역으로 등장한 이중 부호화 이론(dual coding theory)에 의하면, 인간의 장기 기억(long term memory)은 언어적 체계와 시각 체계로 구성되어 있어 두 체계에 모두 통합된 정보, 즉 이중으로

부호화된 정보가 더 잘 기억·인출된다고 제안되고 있다(Bell-Gradler, 1986). 우리 나라 화학 영역 교과서의 경우에도 전체 비유물 중 43%가 언어로 표현되어 있고, 10%는 그림으로, 나머지 47%의 비유물은 언어와 그림 두 가지 방식으로 모두 표현되어 있는데(노태희, 권혁순, 김동연, 채우기, 1997), 이러한 비유물의 표현 방식이 화학 개념 학습에 어떠한 영향을 미치는지에 대해서도 보다 구체적으로 분석될 필요가 있다.

이상의 논의에 기초하여 본 연구에서는 보다 효과적인 비유 사용을 위하여, 비유물의 선정 준거로서 체계성과 비유물의 제시 방법으로서 표현 방식이 화학 개념의 회상 및 응용에 어떠한 영향을 미치는지에 대해 체계적으로 분석하고자 한다. 이에 따른 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

- 1) 체계성이 높은 비유물과 낮은 비유물이 화학 개념의 회상 및 응용에 미치는 영향에 차이가 있는가?
- 2) 언어로 표현된 비유물과 언어와 그림으로 함께 표현된 비유물이 화학 개념의 회상 및 응용에 미치는 영향에 차이가 있는가?
- 3) 비유물의 체계성과 표현 방식이 화학 개념의 회상 및 응용에 미치는 상호작용 효과가 있는가?

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구에서는 목표 개념으로 설정한 '제한 물질(limiting reagent)'이 들어 있는 화학 반응식의 양적 관계(stoichiometry)'를 학습하지 않은 중학교 1학년 학생 137명을 대상으로, 비유물의 체계성과 표현 방식에 따라 네 집단으로 무선 배치하였다. 각 집단별 사례수는 Table 1과 같다.

Table 1 Numbers of subjects by the presentation type and the level of systematicity

Presentation type	Level of systematicity		
	High	Low	Total
Verbal	37	34	71
Verbal and figurative	34	32	66
Total	71	66	137

2. 연구 절차

본 연구의 전반적인 절차를 Fig. 1에 제시하였다. 먼저, 목표 개념으로 '제한 물질이 들어 있는 화학 반응식의 양적 관계'를 설정한 후, 체계성이 높은 비유물과 낮은 비유물을 언어 형태로 구성하고, 각각의 중심적인 구조를 그림 형태로 제작하였다. 제작한 비유물을 이용하여 목표 개념을 설명한 학습 교재를 구성한 후, 학생들의 개념 습득 여부를 평가하기 위한 개념 검사지를 제작하였다. 모든 학습 자료와 검사 자료는 과학 교육 전문가 3인에게 안면 타당도를 검증받았으며, 연구 대상과 동일한 중학교 1학년 학생들을 대상으로 2회의 예비 연구를 실시하여 수정·보완하였다.

학습자의 특성에 따른 학습 효과를 통제하기 위하여 학생들의 논리적 사고력을 조사하였고, 20분간 교재를 학습하게 하고 바로 개념 검사를 실시하였다. 비유 사용의 파지 효과를 조사하기 위하여 4주 후에 파지 검사

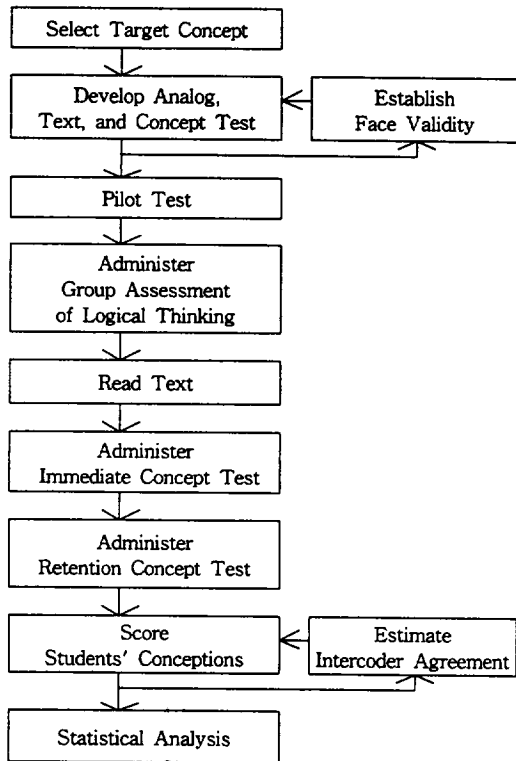


Fig. 1 Research procedure used in this study.

(retention test)를 실시하고, 검사 결과를 분석하였다. 이 때, 개념 검사의 주관식 응답을 객관적으로 채점하기 위하여 분석자간 일치도(intercode agreement)를 구하였다. 최종 분석자간 일치도가 0.97임을 확인한 후 1인의 연구자가 모든 결과를 채점하고, 통계 분석을 실시하였다.

3. 비유물

비유물은 우선 체계성을 기준으로 목표 개념의 구조적 속성을 보다 명확하게 제시하는 비유물과 명확하게 제시하지 않은 비유물을 언어 형태로 제작하고, 각 비유물의 중심적인 구조를 그림으로 제작하였다. 언어와 그림 형태로 제작한 체계성이 높은 비유물과 낮은 비유물을 부록에 제시하였다.

4. 검사 도구

학생들의 논리적 사고력을 측정하기 위한 검사 도구는 축소본 GALT(Group Assessment of Logical Thinking; Roadrangka, Yeany, & Padilla, 1983)를 사용하였다. 총 12문항으로 구성된 이 검사 도구의 내적 신뢰도(Cronbach's alpha)는 0.6 이상으로 보고되어 있으며(Bunce & Hutchinson, 1993), 본 연구에서 구한 내적 신뢰도(Cronbach's alpha)는 0.61이었다.

개념 검사지는 목표 개념을 단순하게 기억하는 회상 문제와 이를 새로운 상황에 적용하는 응용 문제로 구성하였다. 회상 문제는 교재에 제시되어 있는 목표 개념의 예와 동일한 수소와 산소의 화학 반응식을 사용하여, 교재에 제시되어 있는 상황과 동일하게 반응물의 개수를 제시하고 생성물의 개수를 구하도록 하였다. 반면, 응용 문제는 교재에 제시되지 않은 암모니아와 수소의 화학 반응식을 사용하여, 반응이 완결된 후의 생성물 개수를 제시하고 이를 바탕으로 반응물의 개수를 추론하도록 하였다.

5. 분석 방법

회상 문제와 응용 문제에 대한 각각의 채점 기준을 Table 2와 같이 설정하고 분석자간 일치도를 확인하여 분석하였다. 통계 분석은 논리적 사고력 검사 점수를 공변인으로 사용하고 비유물의 체계성과 표현 방식을 독립 변인으로 사용하는 이원 공변량 분석(two-way

Table 2 Concept-evaluation scheme

Score	Recall problem	Application problem
0	Blank Irrelevant or incorrect response	Blank Irrelevant or incorrect response
1	Understand the ratio of reactants	Understand the ratio of reactants
2	Understand the ratio of reactants and limiting reagent	Understand the ratio and the amount of reactants
3	Understand the ratio of reactants, limiting reagent, and the amount of products	Understand the ratio of reactants, the amount of reactants, and unreacted reagents

Table 3 Mean and standard deviation of the GALT score

Group	M	SD
High systematicity		
Verbal	3.49	1.87
Verbal and figurative	3.77	1.72
Low systematicity		
Verbal	4.31	2.79
Verbal and figurative	3.29	2.26

ANCOVA)을 실시하였다. 모든 자료 분석에는 SPSS 통계 패키지를 활용하였다.

Ⅲ. 결과 및 논의

1. 논리적 사고력 검사 결과 및 검사 점수들 사이의 상관관계

학습자의 논리적 사고력이 개념 회상과 응용에 미치는 효과를 보정하기 위하여 학생들의 논리적 사고력을 조사하여 공변인으로 사용하였다. 비유물의 체계성과 표현 방식에 따른 집단별 논리적 사고력 검사 점수의 평균과 표준 편차를 Table 3에 제시하였다. 일원 변량 분석(one-way ANOVA)으로 비유물의 체계성과 표현 방식에 따른 집단별 논리적 사고력을 비교한 결과, 네 집단간에 유의미한 차이가 없었다($F=1.49, p=.22, MS=7.01$).

학습 직후 개념 검사와 파지 개념 검사의 영역별 점수 및 공변인으로 사용한 논리적 사고력 검사 점수 간의 상관관계를 Table 4에 제시하였다. 네 가지 개념 검사 점수와 논리적 사고력 검사 점수 간에는 모두 .01 수준에서 유의미한 상관관계가 있었다.

2 비유물의 체계성과 표현 방식이 학습 직후 개념 회상 및 응용에 미치는 효과 분석

비유물의 체계성과 표현 방식에 따른 집단별 개념 검

Table 4 Correlation coefficients among the GALT and concept test scores

	1	2	3	4	5
1. GALT Score	1.00				
2. Immediate concept recall score	.46**	1.00			
3. Immediate concept application score	.41**	.46**	1.00		
4. Retention concept recall score	.46**	.44**	.47**	1.00	
5. Retention concept application score	.37**	.36**	.48**	.49**	1.00

** $p < .01$.

Table 5 Means, standard deviations, and adjusted means of immediate concept test scores

Group	Recall category			Application category		
	M	SD	Adj. M	M	SD	Adj. M
High systematicity	1.69	1.08	1.70	0.92	0.82	0.95
Verbal	1.73	1.02	1.79	0.89	0.61	0.93
Verbal and figurative	1.62	1.13	1.60	0.97	1.03	0.96
Low systematicity	1.75	1.25	1.72	0.65	0.85	0.67
Verbal	1.78	1.24	1.63	0.75	0.92	0.65
Verbal and figurative	1.71	1.27	1.82	0.62	0.82	0.69

Table 6 Two-way ANCOVA results on immediate concept test scores

Source of variance	SS	df	MS	F	p
Recall category					
Covariate	43.48	1	43.48	42.08	.000
Systematicity	.02	1	.02	.02	.894
Presentation type	.00	1	.00	.00	.985
Systematicity × Presentation type	1.18	1	1.18	1.15	.286
Application category					
Covariate	17.09	1	17.09	28.38	.000
Systematicity	2.61	1	2.61	4.33	.039
Presentation type	.04	1	.04	.06	.799
Systematicity × Presentation type	.00	1	.00	.00	.994

사 점수의 평균과 교정 평균을 영역별로 Table 5에 제시하였다. 이에 대한 이원 공변량 분석 결과는 Table 6과 같다.

교제에 제시된 목표 개념의 예를 그대로 사용한 회상 영역에서는 집단별 교정 평균이 1.60~1.82로, 체계성이나 표현 방식에 따른 유의미한 차이가 없었으며 상호작용 효과도 나타나지 않았다. 새로운 상황을 도입하여 구성된 응용 영역에서는 비유물의 표현 방식에 따른 집단별 점수(언어: 0.79, 언어+그림: 0.82)에는 유의미한 차이가 없었으나, 체계성이 높은 비유물로 학습한 집단의 점수(0.95)가 체계성이 낮은 비유물로 학습한 집단의 점수(0.67)보다 .05 수준에서 유의미하게 높고 표현 방식과의 상호작용은 나타나지 않았다. 따라서 비유물을 활용한 과학 개념 학습시, 학습 직후 목표 개념을 새로운 상황에 응용하는 과정에는 목표 개념의 구조적 속성을 보다 체계적으로 나타낸 비유물이 표현 방식에 관계없이 효과적임을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 구조적 유사성에 따른 비유물의 효과를 조사한 Gick과 Holyoak(1983), Holyoak과 Koh(1987)의 연구에서 목

표 상황과 구조적 속성을 보다 많이 공유하고 있는 비유 상황이 효과적이었던 결과와 일치한다.

3. 비유물의 체계성과 표현 방식이 개념 회상 및 응용에 미치는 파지 효과 분석

처치 후 4주가 경과한 다음 동일한 개념 검사를 실시하여, 비유물의 파지 효과를 분석하였다. 비유물의 체계성과 표현 방식에 따른 집단별 파지 개념 검사 점수의 평균과 교정 평균은 영역별로 Table 7과 같고, 이원 공변량 분석 결과는 Table 8과 같다.

회상 영역에서는 Fig. 2에 제시된 것처럼 언어와 그림 두 가지 형태로 표현한 비유물 사용 집단의 점수가 체계성에 따라 1.64, 1.39로 언어 비유물 사용 집단의 점수(1.26, 1.22)보다 높았으나, 통계적으로는 주효과와 상호작용 효과 모두 유의미하지 않았다. 응용 영역에서는 학습 직후의 검사 결과와 달리 비유물의 체계성에 따른 집단간 차이(상위 수준: 0.85, 하위 수준: 0.63)는 유의미하지 않았으나, 비유물의 표현 방식에 따른 집단간

Table 7 Means, standard deviations, and adjusted means of retention concept test scores

Group	Recall category			Application category		
	M	SD	Adj. M	M	SD	Adj. M
High systematicity	1.40	1.22	1.45	0.81	1.04	0.85
Verbal	1.18	1.16	1.26	0.47	0.73	0.52
Verbal and figurative	1.65	1.28	1.64	1.18	1.22	1.17
Low systematicity	1.34	1.23	1.31	0.66	0.96	0.63
Verbal	1.40	1.32	1.22	0.76	1.03	0.64
Verbal and figurative	1.29	1.18	1.39	0.54	0.89	0.62

Table 8 Two-way ANCOVA results on retention concept test scores

Source of variance	SS	df	MS	F	p
Recall category					
Covariate	48.30	1	48.30	41.22	.000
Systematicity	.68	1	.68	.58	.446
Presentation type	2.67	1	2.67	2.28	.133
Systematicity × Presentation type	.38	1	.38	.32	.571
Application category					
Covariate	22.26	1	22.26	28.11	.000
Systematicity	1.66	1	1.66	2.10	.150
Presentation type	3.38	1	3.38	4.26	.041
Systematicity × Presentation type	3.86	1	3.86	4.87	.029

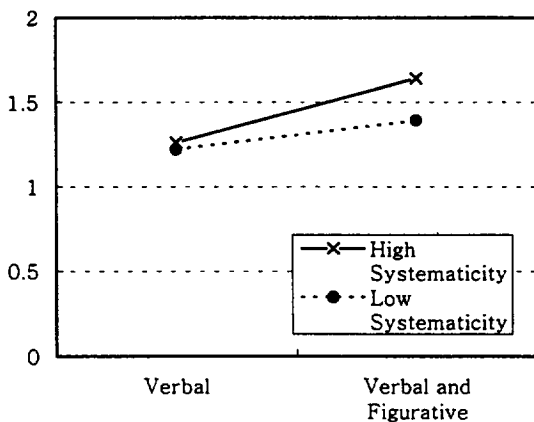


Fig. 2 Retention concept recall scores.

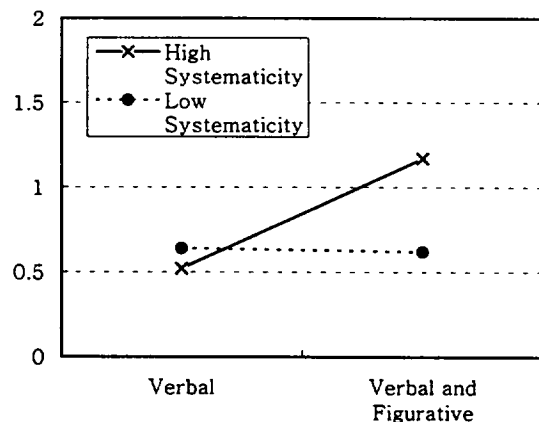


Fig. 3 Retention concept application scores.

차이(언어: 0.58, 언어+그림: 0.89)는 유의미하였다. 그러나 비유물의 체계성과 표현 방식 사이의 상호작용 효과도 유의미하였기 때문에, 표현 방식에 따른 효과는

사용한 비유물의 체계성에 따라 다르게 나타나는 것을 알 수 있다. Fig. 3에 제시된 것처럼 언어와 그림 형태로 표현한 비유물 중 체계성이 높은 비유물 사용 집

단이 다른 세 집단에 비해 점수가 높은 것으로 나타나, 비유물을 통한 개념 응용은 비유물의 체계성과 표현 방식을 동시에 고려할 때 가장 긍정적인 파지 효과를 얻는 것으로 파악된다. 이를 학습 직후 개념 검사 결과와 관련지어 살펴보면, 비유물을 활용한 과학 개념 학습시 비유물이 목표 개념의 구조적 속성을 보다 분명하게 제시할수록 새로운 상황에서 개념의 즉각적인 응용이 촉진되며, 비유물의 중심적인 구조를 그림으로 부가하여 제시함으로써 그 효과를 지속시키는 것으로 파악된다. 이와 같은 결과는 화학 학습에 시각 자료를 활용하여 개념 이해를 향상시켰던 연구 결과들(Mayer, 1994; McCubbin & Embeywa, 1987; Noh & Scharmann, 1997)과 맥을 같이 하며, 비유물을 언어와 그림으로 동시에 제시하는 것이 언어적 표상과 시각적 표상의 통합을 통해 비유에 대한 정보를 장기 기억 내에 보다 잘 저장·인출하도록 하는 것을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 연구에서는 과학 학습에서 비유 사용의 효과를 촉진하기 위하여, 비유물 선정과 제시 방법이 과학 개념의 회상과 응용에 미치는 영향을 조사하였다. 비유물 선정 준거와 제시 방법으로 체계성과 표현 방식을 설정하여, 목표 개념의 인과 관계를 상대적으로 명확하게 제시하는 비유와 명확하게 제시하지 않은 비유 각각에 대해 언어 형태 및 언어와 그림 형태의 비유물을 제작·활용하여 학습 직후 효과와 파지 효과를 비교하였다.

비유 사용이 학습 직후 과학 개념 회상 및 응용에 미치는 효과를 분석한 결과, 목표 개념을 단순하게 회상하는 경우에는 비유의 체계성과 표현 방식에 따른 차이가 없었다. 반면, 목표 개념을 새로운 상황에 응용하는 경우에는 비유물이 그 표현 방식에 관계없이 목표 개념의 인과 관계를 체계적으로 제시할수록 효과적이었다. 따라서 비유물의 체계성은 학생들이 과학 개념 이해에 필요한 도식 체계를 인지 구조 내에 효과적으로 정착시켜 이를 새로운 상황에서 적절하게 활성화할 수 있도록 유도하는 요인임을 알 수 있다. 그러나 파지 효과를 분석한 결과에서는 학습 직후 검사와 달리 응용 영역에서 비유물의 체계성에 따른 주효과는 나타나지 않고, 표현 양식과의 상호작용 효과가 발생하였다. 이러한 결과는 단순히 목표 개념의 구조적 속성을 체계적으로 갖춘 비유물 사용만으로는 도식 체계의 정착과 활성화를 장기적으로 기대하기 어려우나, 비유물의 체계적인 구조를 그

림 형태로 부가 제시하여 언어와 시각 이중으로 부호화하게 함으로써, 비유 사용으로 인한 학습의 효과를 보다 오래 지속시킬 수 있음을 시사한다. 따라서 비유를 사용하여 학생들의 개념 이해와 응용을 촉진하기 위해서는, 목표 개념 학습에 필요한 구조적 속성을 체계적으로 구비하고 있는 비유물의 선정과 이에 대한 정보를 보다 효과적으로 제시할 수 있는 표현 방식을 동시에 고려해야 할 것이다.

후속 연구로는 비유를 보다 효과적으로 사용하기 위하여, 비유물의 상황과 같은 비유물 선정 준거 및 전략 사용, 제시 순서 등의 제시 방법을 포괄하여 과학 학습에 미치는 영향을 보다 체계적으로 분석할 필요가 있다. 또한, 다양한 유형의 비유 사용이 학습자의 특성에 따라 어떠한 효과가 발생하는지에 대한 연구도 이루어져야 할 것이다. 궁극적으로는 학습자 특성에 따른 적절한 비유물의 선정과 제시 방법 등을 고려하여 자연적인 교수-학습 상황에서 비유 사용의 효과를 최대화할 수 있는 수업 모형을 개발하고 그 효과를 분석하는 연구가 진행되어야 할 것이다.

적 요

본 연구에서는 제한물질을 포함하고 있는 화학양론에 관한 개념 회상 및 응용에 미치는 비유물의 체계성과 표현 방식의 효과를 조사하였다. 체계성은 인과 구조를 어느 정도 명확하게 포함하느냐에 따라 구분하였고 표현 방식은 언어 형태와 언어와 그림 양 형태로 구성하였다. 137명의 중학생들에게 네 가지 유형의 비유물을 무선 배치하고 이를 학습하도록 하였다. 처치 이전에 Group Assessment of Logical Thinking 검사를 실시하고 그 점수를 공변인으로 사용하였다. 처치 이후에 연구자가 제작한 개념 검사를 바로 실시하고 4주 후에 파지 검사를 실시하였다. ANCOVA 분석 결과 체계성은 표현 방식에 관계없이 학습 직후 개념 응용에 긍정적인 영향을 미쳤다. 그러나 파지 검사의 개념 응용 문제에서는 체계성에 따른 주효과는 없고 표현 방식과의 상호작용 효과가 있었다. 이러한 결과는 언어와 그림 양 형태로 제작한 체계적인 비유물이 개념 응용에 가장 효과적임을 나타낸다. 이에 대한 교육학적 함의를 논의하였다.

참 고 문 헌

김도옥(1991). 물개념의 학습에서 오개념을 감소시키

- 기 위한 수업 모형의 효과. 서울대학교 박사 학위 논문.
- 김영민(1991). 전류 개념 설명을 위해 사용되는 물회로 비유에 대한 중학생들의 이해 조사. 한국과학교육학회지, 11(2), 1-12.
- 노태희, 권혁순, 김동연, 채우기(1997). 제6차 교육과정 에 따른 중등 과학 교과서 화학 영역의 비유 분석. 화학교육, 24(1), 1-8.
- 노태희, 권혁순, 이선옥(1997). 중학교 과학 수업에서 비유물을 체계적으로 사용한 수업의 효과. 한국과학교육학회지, 17(3), 323-332.
- Bean, T. W., Searles, D., & Cowen, S. (1990). Test-biased analogies. *Reading Psychology*, 11, 323-333.
- Bell-Gradler, M. E. (1986). *Learning and instruction: Theory into practice*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Bunce, D. M., & Hutchinson, K. D. (1993). The use of the GALT (Group Assessment of Logical Thinking) as a predictor of academic success in college chemistry. *Journal of Chemical Education*, 70(3), 183-187.
- Dagher, Z. R. (1995). Review of studies on the effectiveness of instructional analogies in science education. *Science Education*, 79(3), 295-312.
- Gentner, D., & Toupin, C. (1986). Systematicity and surface similarity in the development of analogy. *Cognitive Science*, 10, 277-300.
- Gick, M. L., & Holyoak, K. J. (1983). Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology*, 15(1), 1-38.
- Gilbert, S. (1989). An evaluation of the use of analogy, simile, and metaphor in science texts. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(3), 315-327.
- Glynn, S. M. (1994). *Teaching science with analogies: A strategy for teachers and textbook authors* (Reading Research Report no. 15). Athens, GA: National Reading Research Center. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 373 306)
- Glynn, S. M., Britton, B. M., Semrud-Clickeman, M., & Muth, K. D. (1989). Analogical reasoning and problem solving in science textbooks. In J. A. Glover, R. R. Ronning, & C. R. Reynolds (Eds.), *Handbook of creativity: Assessment, research, and theory* (pp. 383-398). New York: Plaum.
- Holyoak, K. J., & Koh, K. (1987). Surface and structural similarity in analogical transfer. *Memory & Cognition*, 15(4), 332-340.
- Lin, H., Shiao, B., & Lawrenz, F. (1996). The effectiveness of teaching science with pictorial analogies. *Research in Science Education*, 26(4), 495-511.
- Mayer, R. E., & Sims V. K. (1994). For whom is a picture worth a thousand words?: Extensions of a dual-coding theory of multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 86(3), 389-401.
- McCubbin, W. L., & Embeywa, E. H. (1987). Visualization and its role in students' assessment of scientific explanations. *International Journal of Science Education*, 9(2), 229-245.
- Noh, T., & Scharmann, L. C. (1997). The instructional influence of a molecular level pictorial presentation of matter on students' conceptions and problem solving ability. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(2), 199-217.
- Roadranga, V., Yeany, R. H., & Padilla, M. J. (1983). *The construction and validation of Group Assessment of Logical Thinking (GALT)*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas, Texas.
- Thagard, P. (1992). Analogy, explanation, and education. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(6), 537-544.
- Thiele, R. B., Venville, 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., Harrison, A. G., Venville, G. F., & Dagher, Z. R. (1996). Using an analogical teaching approach to engender conceptual change. *International Journal of Science Education*, 18(2), 213-229.

부 록

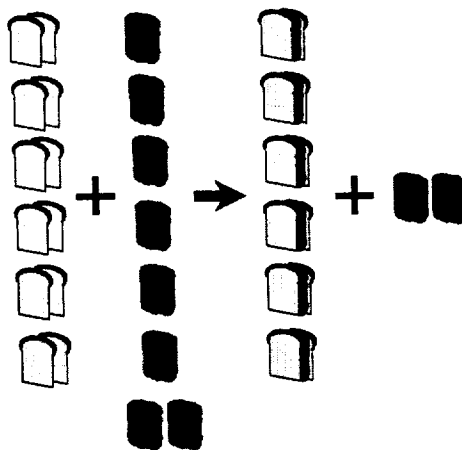
1. 언어와 그림 형태로 표현된 체계성이 높은 비유물

평소에 맛있는 음식 솜씨로 자부심을 느끼고 있는 '참요리'씨는 딸의 생일 파티에 쓰기 위하여 불고기 샌드위치를 만들려고 한다. '참요리'씨는 먼저 제과점에 가서 12개들이 샌드위치용 빵 한 통을 사오고, 냉장고에 얼려 두었던 소고기를 꺼내어 스테이크 8조각을 만들었다. 그녀는 딸의 친구들이 몇 명이나 올지 몰랐기 때문에 있는 재료를 가능한 한 다 써서 샌드위치를 만들기로 했다. 2개의 빵 사이에 1조각의 스테이크를 끼워 넣어 1개의 샌드위치를 만드는 것은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

2 빵 + 불고기 스테이크 → 샌드위치

처음에 빵 12개와 스테이크 8조각을 준비해 두었던 '참요리'씨는 샌드위치 6개를 만들고는 스테이크 2조각을 남겼다. 왜냐하면 샌드위치를 만들기 위해 필요한 빵과 스테이크의 개수의 비는 2:1이기 때문에, 빵 12개를 모두 사용하려면 스테이크는 6개가 필요하고 이를 써서 모두 6개의 샌드위치를 만들 수 있다. 만약, 스테이크 8개를 모두 사용하려면 빵이 16개가 필요한데, 현재 빵은 12개밖에 없기 때문에 스테이크를 모두 사용할 수는 없었다.

결국 '참요리'씨는 빵의 개수에 맞추어서 12개의 빵과 6개의 스테이크를 결합시켜 6개의 샌드위치를 만들고는 빵이 다 떨어져 스테이크 2조각은 남길 수밖에 없었던 것이다.



2. 언어와 그림 형태로 표현된 체계성이 낮은 비유물

평소에 맛있는 음식 솜씨로 자부심을 느끼고 있는 '참요리'씨는 딸의 생일 파티에 쓰기 위하여 불고기 샌드위치를 만들려고 한다. '참요리'씨는 먼저 제과점에 가서 12개들이 샌드위치용 빵 한 통을 사오고, 냉장고에 얼려 두었던 소고기를 꺼내어 스테이크 8조각을 만들었다. 그녀는 딸의 친구들이 몇 명이나 올지 몰랐기 때문에 있는 재료를 가능한 한 다 써서 샌드위치를 만들기로 했다. 빵 2개에 스테이크 한 조각을 끼워 넣어 샌드위치를 만드는 것을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

2 빵 + 불고기 스테이크 → 샌드위치

처음에 빵 12개와 스테이크 8조각을 준비해 두었던 '참요리'씨는 샌드위치 6개를 만들고는 스테이크 2조각을 남겼다.

