

비유를 사용한 수업에서 학생들의 인지적·정의적 특성과 대응 이해 및 대응 오류 유형과의 관계

김경순 · 황선영 · 노태희*

서울대학교 화학교육과

(접수 2009. 11. 30; 수정 2010. 1. 2; 게재확정 2010. 1. 13)

The Relationships among Students' Mapping Understanding, Mapping Errors and Cognitive/Affective Variables in Learning with Analogy

Kyungsun Kim, Sunyoung Hwang, and Taehee Noh*

Department of Chemistry Education, Seoul National University, Seoul 151-748, Korea

(Received November 30, 2009; Revised January 2, 2010; Accepted January 13, 2010)

요약. 이 연구에서는 비유를 사용한 '농도와 반응속도'에 대한 학습에서 학생들의 인지적·정의적 변인들의 상·하위 수준에 따른 대응 관계 이해도와 대응 오류 유형의 차이를 비교하고, 이 변인들과 대응 관계 이해도와의 관계를 조사하였다. 사전검사로 논리적 사고력, 시각적 심상화 능력, 비유 추론 능력, 자아 효능감, 인지욕구 검사를 실시하였다. 비유를 사용한 수업을 진행한 후, 친숙도 검사와 대응 관계 이해도 검사를 실시하였다. 연구 결과, 시각적 심상화 능력과 친숙도를 제외한 모든 인지적·정의적 변인의 수준이 상위인 학생들의 대응 관계 이해도 점수가 하위 학생들보다 통계적으로 유의미하게 높았다. 또한, 과잉 대응, 대응 불이행, 불가능한 대응, 인위적 대응, 부적절한 대응, 무분별한 대응, 비유물 속성 보유 등의 대응 오류 유형의 빈도가 학생들의 인지적·정의적 변인의 수준에 따라 다른 양상을 보였다. 학생들의 대응 관계 이해도 점수는 모든 인지적·정의적 변인들과 정적인 상관관계가 있었다. 다중 회귀 분석 결과, 과학 성취도, 논리적 사고력, 친숙도가 대응 관계 이해도에 대한 유의미한 예언 변인으로 나타났다. 이에 대한 교육적 함의를 논의하였다.

주제어: 비유, 인지적 변인, 정의적 변인, 대응 관계 이해, 대응 오류

ABSTRACT. In this study, we investigated the differences of mapping understanding and the types of mapping errors by the levels of students' cognitive/affective variables and the relationships between mapping understanding and these variables in learning 'concentration and reaction rate' with analogy. After administering the tests regarding logical thinking ability, visual imagery ability, analogical reasoning ability, self efficacy, and need for cognition as pretests, students learned with analogy. Then, students' familiarity and mapping understanding were examined. Analyses of the results revealed that the scores of the mapping understanding for the students with higher levels of all cognitive/affective variables except visual imagery ability and familiarity were significantly higher than those for the students with lower levels. The differences in the types of the mapping errors such as overmapping, failure to map, impossible mapping, artificial mapping, mismapping, rash mapping, and retention of a base feature were also found by the levels of students' cognitive and affective variables. The scores of students' mapping understanding were positively correlated with those of all cognitive and affective variables. The results of multiple regression analysis indicated that students' science achievement, logical thinking ability, and familiarity were significant predictors of mapping understanding. Educational implications of these findings are discussed.

Keywords: Analogy, Mapping understanding, Mapping error, Cognitive variable, Affective variable

서론

비유는 두 대상 영역들 간의 유사성을 바탕으로 한다.¹ 그러므로 비유를 사용한 학습에서는 겉으로 보기에 서로 다른 목표 개념과 비유물에 존재하는 유사한 속성들을 인식하고 이 속성들 간의 대응 관계를 올바르게 이해하는 것이 중요하다.^{2,3} 그러나 비유물에는 목표 개념을 설명할 수 있는 유사점

(공유 속성)뿐만 아니라 목표 개념의 속성에 대응되지 않는 차이점(비공유 속성)을 지니고 있다. 많은 학생들은 공유 속성과 비공유 속성을 제대로 구별하지 못해 속성들을 대응시키는 과정에서 다양한 대응 오류를 범하는 것으로 보고되고 있다.^{4,5,6} 예를 들면, 비유물과 목표 개념의 공유 속성들 간의 관계를 연결시키지 못하거나 잘못 연결하기도 하고, 비유물이나 목표 개념에만 존재하는 비공유 속성을 무리하게 연결

하는 등의 오류를 범하는 경우가 있다. 비유를 사용한 수업에서 유발될 수 있는 이러한 대응 오류는 학습을 방해하고,^{7,8,9} 오개념을 유발하는 요인으로 작용할 수 있다.^{3,10,11} 따라서 비유 사용 수업이 효과적으로 이루어지도록 하기 위해서는 비유를 통한 학습에서 학생들의 대응 관계 이해와 대응 오류에 영향을 미치는 요인들을 파악하여, 학생들이 올바르게 대응 관계를 이해할 수 있도록 도와줄 필요가 있다.

이에 목표 개념이나 비유의 특성 및 수업에서의 비유 사용 방식에 따른 학생들의 대응 과정과 이 과정에서 유발될 수 있는 대응 오류를 조사한 연구들이 최근 시도되고 있다. 이러한 연구들의 결과에서는 목표 개념의 특성에 따라서는 추상성이 크고 포함하고 있는 속성의 수가 많을수록 학생들의 대응 관계 이해도가 낮았고, 비유의 특성에 따라서는 글과 그림으로 표현된 비유를 사용했을 때보다 글로만 표현된 비유를 사용했을 때 더 많은 오류를 범하는 경향이 있었다. 또한, 대응 오류 유형별 빈도도 각기 다른 양상을 보였다.⁴ 학생 활동 중심의 비유 사용 방식인 비유 만들기를 활용한 수업에서 학생들의 대응 과정을 조사한 연구에서는 학생들이 자신이 만든 비유에 대해서도 다양한 대응 오류를 범하는 것으로 나타났다. 또한, 논리적 사고 수준이 낮은 학생들이 높은 학생들보다 대응 관계 이해도가 낮았지만, 일부 특정 대응 오류에서는 과도기나 형식적 조작기 학생들이 오히려 높은 빈도를 보였다.⁵ 이러한 결과는 비유 사용 수업에서 학생들의 대응 과정에 다양한 요인이 영향을 미칠 수 있음을 의미하며, 특히 비유물과 목표 개념의 공유 속성을 파악하는 인지적 과정을 거치므로, 학생들의 인지적 변인에 따라서 대응 오류를 범하는 양상이 다를 수 있음을 보여준다. 이는 학생들의 개별적인 특성에 따라 비유 사용 수업의 효과가 일관되지 않았던 기존 연구 결과^{12,13}들의 원인이 학생들의 대응 과정에서 비롯될 수 있음을 시사한다.

따라서 비유의 효과와 관련이 있는 것으로 보고된 학업 성취도, 논리적 사고력, 시각적 심상화 능력과 같은 인지적 변인^{5,14}에 따라 학생들이 실제 비유를 통해 학습하면서 거치는 대응 과정과 이 과정에서 범할 수 있는 대응 오류의 관련성에 대해 구체적으로 조사할 필요가 있다. 또한, 학습에 대한 자신감이나 과제에 대한 집중력과 같은 정의적 변인들은 인지적 변인과 밀접한 관련이 있는 것으로 보고되고 있으므로,¹⁵ 이러한 학생들의 개별적인 특성들이 대응 과정과 어떤 관련성이 있는지에 대해서도 조사할 필요가 있다. 이를 통해 얻은 결과는 비유를 사용한 수업이 학생들의 개념 학습에 효과적이라는 긍정적인 견해와 오히려 학생들에게 오인을 제공하거나 인지적 부담을 줄 수 있다는 부정적인 견해의 논란을 설명할 수 있는 정보를 제공할 수 있을 것이다. 뿐만 아니라 학생들의 개별적인 특성에 따른 대응 관계 이해도와 대응 오류의 유형 및 특성을 파악한다면, 학생들의 인지적·정의적 특성에 따라 수업에서 유발될 수 있는 오류를 예방하거나 처방할 수 있는 방안을 마련하는데 실질적인 도움을 줄 것으로 기대

된다. 그러나 학생들의 개별적인 특성에 따른 대응 과정을 조사하거나 대응 관계 이해에 미치는 영향에 대해 조사한 연구는 매우 드물다.

이에 본 연구에서는 고등학교 1학년 과학 교과서의 반응속도 단원의 ‘농도와 반응속도’ 개념에 대해 비유를 사용한 수업에서 학생들의 과학 성취도, 논리적 사고력, 시각적 심상화 능력, 비유 추론 능력 등과 같은 인지적 변인들 및 비유물에 대한 친숙도, 자아 효능감, 인지욕구 등과 같은 정의적 변인에 따른 대응 오류의 유형과 그 특성에 대해서도 조사하고, 이 변인들과 대응 관계 이해도의 관계를 알아보고자 한다.

연구 내용 및 방법

연구 대상 및 비유 선정

이 연구는 목표 개념을 학습하지 않은 서울시에 소재한 남자 고등학교의 1학년 학생 245명을 대상으로 하였다. 이 학생들의 1학기 기말고사 성적을 인지적 변인 중 ‘과학 성취도’ 점수로 사용하였다. 목표 개념은 현행 교육과정에서 사용되는 고등학교 1학년 과학 교과서를 모두 검토하여 비유가 가장 많이 활용되고 있는 반응 속도 단원에서 ‘농도와 반응속도’ 개념을 선정하였다. 또한, 비유는 학교 현장에서 주로 사용되고 있는 비유 유형(글·그림 비유, 기능적 비유, 단순 또는 부연 비유, 일상적 비유, 제함점 언급을 안 한 비유)에 기초하여,^{16,17} 스케이트장 비유¹⁸를 선정하였다. 이 비유는 반응물질의 농도가 클수록 입자들 간의 충돌 횟수가 많아지고 반응을 일으키는 입자의 수도 많아져 반응속도가 빨라지는 농도와 반응속도의 관계를, 스케이트장에 사람이 많을수록 다른 사람과 부딪치는 횟수와 넘어지는 횟수가 많아지는 상황에 비유하여 설명한다.

연구 절차

선행 연구⁴에 기초하여 본 수업에서 사용할 교사용 수업지도안과 학생용 비유 학습지를 개발하였고, 비유에 대한 학생들의 친숙도를 알아보기 위한 친숙도 검사와 비유물과 목표 개념이 지닌 속성들 간의 대응 관계 이해도 검사도 개발하였다. 개발된 교수·학습 자료와 검사지는 과학 교육 전문가 2인과 현장 과학 교사 2인으로부터 검토를 받았으며, 예비 연구를 통해 수정·보완하였다.

본 수업 이전에 학생들의 인지적 변인(논리적 사고력, 시각적 심상화 능력, 비유 추론 능력)과 정의적 변인(자아 효능감, 인지욕구)을 조사하기 위한 검사를 실시하였다. 또한, 학생들이 비유에 익숙해질 수 있도록 비유에 대한 오리엔테이션을 실시하였다. 오리엔테이션에서는 우선 비유의 정의를 설명한 후, 일상생활에서 자주 사용되지만 목표 개념과는 관련이 없는 비유의 예를 3개 정도 제시하고, 각 비유에 대해 목표 개념과의 유사점과 차이점에 해당하는 점을 설명하였다.

본 수업은 학교 현장에서 일반적으로 이루어지고 있는 비

Table 1. Reliability coefficients of the tests

	Logical thinking	Visual imagery	Analogical reasoning	Familiarity	Self efficacy	Need for cognition
Cronbach's <i>a</i>	.67	.94	.70	.65	.92	.79

유 사용 방식으로 진행하였다.⁵ 즉, 교사가 학습 목표에 대해 안내한 후 비유물을 소개하고, 목표개념을 도입하여 비유물과 목표 개념의 유사점을 중심으로 설명하였으며(약 20분), 비유의 제한점에 대해서는 언급하지 않았다. 교사의 설명이 끝난 후 대응 관계 이해도 검사를 실시하였고(약 25분), 다음 차시에 친숙도 검사를 실시하였다. 본 수업을 진행한 참여 교사는 연구 대상이 아닌 한 학급에서 동일한 교수·학습 자료를 사용하여 비유 수업 방식을 연습한 후, 모든 수업을 실시하였다.

검사 도구

‘대응 관계 이해도 검사’는 비유물과 목표 개념 간의 대응 관계에 대한 이해도와 대응 오류를 조사하기 위해 선행 연구⁴에서 사용한 검사지를 참고하여 개발하였다. 이 검사는 비유물과 목표 개념의 속성들을 나열한 보기에서 비유물과 목표 개념의 유사점 및 차이점에 해당하는 속성, 어디에도 해당되지 않는 관련 없는 속성을 골라 대응시키고, 그 이유를 서술하도록 한 선행 연구의 검사지 형식과 동일하게 구성하였다. 한편, 선행 연구 및 예비 연구 결과에 기초하여 기존 검사지의 보기에 제시했던 속성들 중에서 학생들이 대응 연결에 거의 사용하지 않았던 속성은 제외하였고, 보기에 제시하지는 않았으나 학생들이 속성을 추가하여 대응 연결에 사용한 속성을 추가하는 등 선행 연구 검사지에서 사용했던 속성들의 일부를 수정하였다. 이에 기초하여 이 검사에서 제시한 비유물과 목표 개념 간의 공유 속성은 입자들 간의 충돌, 입자의 수, 반응 물질이 들어 있는 용액의 부피, 반응을 일으키는 입자로 총 4가지이며, 비공유 속성은 입자들의 크기 1가지였다. 이 검사지는 연구 대상이 아닌 학생들을 대상으로 예비 연구를 통해 수정·보완하는 과정을 거쳐 완성하였고, 과학 교육 전문가 3인과 교사 3인으로부터 안면 타당도를 검증받았다.

‘논리적 사고력 검사’는 총 12문항으로 구성된 Group Assessment of Logical Thinking (GALT) 축소본¹⁹을 사용하였다. 시각적 심상화 능력 검사는 주어진 정보를 상으로 떠올려 얼마나 시각화할 수 있는가를 알아보기 위해 총 32문항으로 구성된 Vividness of Visual Imagery Questionnaire(VVIQ)²⁰를 사용하였다. ‘비유 추론 능력 검사’는 A : B의 관계를 바탕으로 C : D의 관계를 유추하는 방식으로 A : B의 관계와 C를 제시한 후 적절한 D를 선택하도록 하는 총 12문항으로 구성된 비유 추론 능력 검사지²¹를 사용하였다. ‘친숙도 검사’는 비유물인 스케이트장에 대한 학생들의 친숙함 정도를 알아보기 위해 수업 시간에 학습한 내용을 제외한, 과거 스케이트장과 관련된

개별 학생들의 직·간접적인 경험을 5단계 리커트 척도로 조사하는 3문항을 제작하여 사용하였다. ‘자아 효능감 검사’는 목표를 설정하고 이를 성취하기 위해 노력하려는 양상을 알아보기 위하여 Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ)²² 중 자아 효능감 범주의 9문항을 사용하였다. ‘인지 욕구 검사’는 인지적 노력이 필요한 활동에 참여하려는 경향을 알아보기 위하여 총 18문항으로 구성된 인지욕구척도 단축형²³을 사용하였다. 본 연구에서 구한 각 검사들의 내적 신뢰도(Cronbach's *a*)는 Table 1에 제시하였다.

분석 방법

대응 관계 이해도 검사는 유사성에 해당하는 속성과 차이점에 해당하는 속성으로 나누어 채점하였다. 각 하위 목표 개념에 해당하는 비유물과 목표 개념의 속성 간의 대응과 그에 대한 설명을 모두 올바르게 작성한 경우는 2점, 대응만 올바른 경우는 1점으로 하여 공유 속성(4가지) 8점과 비공유 속성(1가지) 2점을 합해 총 10점 만점으로 채점하였다.

대응 관계 이해도 검사에서 나타난 학생들의 대응 오류 유형은 선행 연구^{5,6}에서 사용한 분류틀에 기초하여 분석하였다. 이 연구에서는 비유물의 비공유 속성을 목표 개념의 비공유 속성에 대응시키는 ‘과잉 대응(overmapping)’, 대응시켜야 할 공유 속성을 대응시키지 않는 ‘대응 불이행(failure to map)’, 목표 개념의 주요 속성이 비유물에 존재하지 않아 학생들이 나름대로 대응시키는 ‘불가능한 대응(impossible mapping)’ 오류로 분류하였다. 그리고 비유물과 목표 개념 간의 공유 속성들을 대응시켰으나 그 관계를 자신의 경험이나 편견에 의해 인위적으로 해석하는 ‘인위적 대응(artificial mapping)’, 비유물과 목표 개념의 공유 속성들을 올바르게 대응시키지 못하는 ‘부적절한 대응(mismatching)’, 비유물만 지니는 비공유 속성을 목표 개념의 아무 속성이나 대응시키는 ‘무분별한 대응(rash mapping)’, 비유물과 목표 개념의 공유 속성을 대응시켰으나 비유물의 속성을 그대로 사용하여 목표 개념을 설명하는 ‘비유물 속성 보유(retention of a base feature)’ 등의 오류로 분류하였다.

대응 관계 이해도 및 대응 오류 유형 분석의 신뢰도를 높이기 위해 일부 학생의 검사지를 무작위로 추출하여 연구자 2인이 각각 독립적으로 분석하였다. 그리고 분석한 결과에 대해 연구자 간의 일치도를 구하고 이걸을 좁히는 과정을 반복하여 분석자간 일치도가 94%에 도달한 후, 연구자 중 1인이 모든 답안지를 분석하였다. 결과 분석은 학생들의 인지적·정의적 변인 검사 점수들과 대응 관계 이해도 검사 점수의 평균과 표준편차를 구하였고, 대응 오류 유형은 빈도를 분석하였

Table 2. Means, standard deviations and t-test results of mapping understanding test scores by the levels of cognitive and affective variables

Mapping understanding	Cognitive variables								Affective variables						Total N=245
	Science achievement		Logical thinking		Visual imagery		Analogical reasoning		Familiarity		Self efficacy		Need for cognition		
	High (n=122)	Low (n=123)	High (n=115)	Low (n=130)	High (n=123)	Low (n=122)	High (n=116)	Low (n=129)	High (n=134)	Low (n=111)	High (n=132)	Low (n=113)	High (n=128)	Low (n=117)	
Mean ^a (SD)	6.45 (1.65)	5.26 (1.66)	6.37 (1.58)	5.40 (1.79)	6.07 (1.68)	5.64 (1.81)	6.20 (1.78)	5.54 (1.69)	6.02 (1.62)	5.65 (1.89)	6.09 (1.66)	5.58 (1.84)	6.12 (1.63)	5.56 (1.84)	5.85 (1.76)
t-value	5.629		4.456		1.907		2.964		1.664		2.311		2.488		
p	.000**		.000**		.058		.003**		.097		.022*		.014*		

^afull score: 10, * $p < .05$, ** $p < .01$.

다. 각 변인별 상·하위 학생들 간의 대응 관계 이해도 점수와 대응 오류 빈도의 차이를 조사하기 위해 각 검사 점수의 중앙값을 기준으로 학생들을 상위 수준과 하위 수준으로 나누고, 독립 표집 t검증(independent t-test)을 실시하였다. 또한 대응 관계 이해도와 인지적·정의적 변인들 간의 상관관계를 조사한 후, 대응 관계 이해도를 준거 변인으로, 인지적·정의적 변인들을 예언 변인으로 하는 단계적 다중 회귀 분석(stepwise multiple regression analysis)을 실시하여 각 변인의 설명력을 조사하였다.

결과 및 논의

인지적·정의적 변인들에 따른 대응 관계 이해도 검사 결과

인지적·정의적 변인들의 상·하위 수준에 따른 대응 관계 이해도 검사 점수의 평균, 표준편차 및 독립 표집 t검증 결과 *Table 2*와 같다.

인지적 변인인 과학 성취도, 논리적 사고력, 비유 추론 능력 수준이 상위인 학생들의 대응 관계 이해도는 하위 학생들보다 높았고, 통계적으로 유의미한 차이가 있었다. 이는 학생들이 과학 교과 내용을 잘 이해하고, 인지 발달 수준이나 두 대상물 간의 관계를 추론하는 능력²⁴이 높을수록 목표 개념의 주요 속성들과 비유물의 속성들 간의 대응 관계를 잘 이해하고 있음을 보여준다.^{11,25} 지금까지 비유가 학습해야 할 추상적인 정보를 구체적으로 시각화함으로써 이해력이 부족한 학생들에게 도움을 주는 것으로 알려졌으나,^{25,26} 연구 결과, 비유 사용 학습에서 학생들이 대응 관계를 올바르게 이해하기 위해서는 과학 지식이나 사고력 등의 인지적 능력이 요구될 수 있는 것으로 나타났다. 한편, 시각적 심상화 능력 상위 학생들은 하위 학생들에 비해 대응 관계 이해도가 약간 높은 경향을 보였으나 통계적으로 유의미한 차이는 없었다($p = .058$). 그러나 시각적 심상화 능력은 비유를 사용한 수업에 영향을 미치는 요인으로 제안되고 있으므로,¹⁴ 추후에 이를 조사하기 위한 반복 연구를 진행할 필요가 있다.

정의적 변인에 따라서는 자아 효능감과 인지욕구 수준이

상위인 학생들이 하위 학생들보다 대응 관계 이해도 점수가 높았고, 그 차이가 통계적으로 유의미하였다. 이는 학습 과제를 수행하기 위해 필요한 행위를 조직하고 실행하는 능력인 자아 효능감^{27,28}이 높고, 인지적인 노력이 필요한 과제나 활동을 좋아하는 인지욕구^{29,30}가 높을수록 대응 관계에 대한 이해가 높음을 의미한다. 즉, 자아 효능감과 인지욕구가 높은 학생들은 비유를 사용한 학습에서 비유물로부터 목표 개념의 속성들을 추출하여 그 관계를 파악하려는 데 보다 적극적인 태도를 보임으로써 올바른 대응을 더 잘 할 수 있었기 때문으로 생각된다.¹⁰ 한편, 학생들에게 친숙하지 않은 비유물을 수업에서 사용하는 경우에는 비유물 자체에 대한 이해 부족이 오히려 목표 개념에 대한 이해를 방해할 수 있는 것으로 알려져 있으나,^{31,32} 비유물에 대한 친숙도에 따른 대응 관계 이해도의 점수 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다. 그러나 친숙도가 높은 학생들의 대응 관계 이해도 점수가 친숙도가 낮은 학생들보다 높은 경향을 보였으므로($p = .097$), 친숙도가 비유를 사용한 학습 과정에 미치는 영향에 대해 추가적인 조사가 필요하다.

인지적·정의적 변인들에 따른 대응 오류 빈도 결과

학생들의 인지적·정의적 변인들의 수준에 따른 대응 오류 유형별 빈도를 *Table 3*에 제시하였다. 농도와 반응속도 개념에 대해 비유를 사용하여 학습하는 과정에서 학생들은 과잉 대응, 대응 불이행, 불가능한 대응, 인위적 대응, 부적절한 대응, 무분별한 대응, 비유물 속성 보유 순으로 7가지 유형의 오류를 범한 것으로 나타났다. 인지적·정의적 변인에 따라서는 하위 학생들이 상위 학생들보다 대응 오류를 범하는 빈도가 높았다. 특히, 인지적 변인인 과학 성취도($p = .000$), 논리적 사고력($p = .000$), 시각적 심상화 능력($p = .010$), 비유 추론 능력($p = .001$)과 정의적 변인의 인지욕구($p = .046$)에서 통계적으로 유의미한 빈도 차이가 나타났다. 이는 비유물과 목표 개념이 지닌 속성들 간의 대응 관계를 올바르게 연결하는데에는 학습 내용에 대한 이해나 논리적 사고력, 시각적 심상화 능력, 비유 추론 능력 등의 인지적 능력과 인지적 과제를 해결하려는 의지와 같은 정의적 변인이 영향을 미칠 수 있음

Table 3. Frequencies of students' mapping errors

Mapping errors	Cognitive variables								Affective variables						Total N=245
	Science achievement		Logical thinking		Visual imagery		Analogical reasoning		Familiarity		Self efficacy		Need for cognition		
	High (n=122)	Low (n=123)	High (n=115)	Low (n=130)	High (n=123)	Low (n=122)	High (n=116)	Low (n=129)	High (n=134)	Low (n=111)	High (n=132)	Low (n=113)	High (n=128)	Low (n=117)	
Over-mapping	87 (0.71) ^a	84 (0.68)	82 (0.71)	89 (0.68)	81 (0.66)	90 (0.74)	77 (0.66)	94 (0.73)	95 (0.71)	76 (0.68)	97 (0.73)	74 (0.65)	91 (0.71)	80 (0.68)	171 (0.70)
Failure to map	34 (0.28)	74 (0.60)	33 (0.29)	75 (0.58)	49 (0.40)	59 (0.48)	42 (0.36)	66 (0.51)	56 (0.42)	52 (0.47)	51 (0.39)	57 (0.50)	44 (0.34)	64 (0.55)	108 (0.44)
Impossible mapping	20 (0.16)	44 (0.36)	21 (0.18)	43 (0.33)	27 (0.22)	37 (0.30)	21 (0.18)	43 (0.33)	38 (0.28)	26 (0.23)	32 (0.24)	32 (0.28)	36 (0.28)	28 (0.24)	64 (0.26)
Artificial mapping	8 (0.07)	5 (0.04)	10 (0.09)	3 (0.02)	7 (0.06)	6 (0.05)	8 (0.07)	5 (0.04)	5 (0.04)	8 (0.07)	6 (0.05)	7 (0.06)	10 (0.08)	3 (0.03)	13 (0.05)
Mis-mapping	4 (0.03)	6 (0.05)	4 (0.03)	6 (0.05)	2 (0.02)	8 (0.07)	5 (0.04)	5 (0.04)	4 (0.03)	6 (0.05)	5 (0.04)	5 (0.04)	5 (0.04)	5 (0.04)	10 (0.04)
Rash mapping	4 (0.03)	2 (0.02)	4 (0.03)	2 (0.02)	3 (0.02)	3 (0.02)	4 (0.03)	2 (0.02)	3 (0.02)	3 (0.03)	3 (0.02)	3 (0.03)	4 (0.03)	2 (0.02)	6 (0.02)
Retention of a base feature	1 (0.01)	4 (0.03)	1 (0.01)	4 (0.03)	1 (0.01)	4 (0.03)	4 (0.03)	1 (0.01)	3 (0.02)	2 (0.02)	1 (0.01)	4 (0.04)	-	5 (0.04)	5 (0.02)
Total	158 (1.30)	219 (1.78)	155 (1.35)	222 (1.71)	170 (1.38)	207 (1.70)	161 (1.39)	216 (1.67)	204 (1.52)	173 (1.56)	195 (1.48)	182 (1.61)	190 (1.48)	187 (1.60)	377 (1.54)

^aFrequencies of the mapping errors per student.

을 보여준다. 각 대응 오류 유형별 인지적·정의적 변인에 따른 오류 빈도의 양상을 구체적으로 Table 3에 제시하였다.

과잉 대응은 비유물의 비공유 속성을 목표 개념의 비공유 속성에 대응시키는 것으로, 학생들의 인지적·정의적 변인의 각 수준에 관계없이 가장 높은 빈도로 나타났다(1인당 0.70회). 이 오류를 범한 학생들의 대부분은 비유물의 ‘스케이트를 타는 사람’을 목표 개념의 ‘입자’에 잘 대응시켰으나, 사람의 덩치가 자기 다른 것처럼 입자의 크기도 다를 것으로 생각하였다. 이는 물질의 입자성과 관련된 개념 학습에서 비유를 사용하는 경우, 입자의 크기와 모양과 같은 보존 개념의 속성에 대해 이러한 오류가 자주 유발될 수 있다는 선행 연구의 결과⁴와 유사하다. 따라서 교사는 입자 수준에서 물질의 특성이나 현상을 설명하기 위해 비유를 사용하게 되는 경우, 목표 개념에 대응되지 않는 비유물의 비공유 속성을 명확히 설명할 필요가 있다.^{7,33}

대응 불이행은 비유물과 목표 개념 간의 공유 속성을 제대로 대응시키지 못한 것으로 두 번째로 높은 빈도를 보였다(1인당 0.44회). 또한, 과잉 대응과는 달리 학습자 특성에 따라서는 대체로 하위 학생들이 이 오류를 범하는 빈도가 상위 학생들보다 높았고, 인지적 변인인 과학 성취도($p = .000$), 논리적 사고력($p = .000$)과 정의적 변인인 인지욕구($p = .010$) 수준에 따른 빈도 차이가 통계적으로 유의미하였다. 이는 과학 지

식이나 논리적 사고력, 인지적 노력을 기울이려는 태도가 부족한 학생들은 비유물과 목표 개념이 지닌 속성들 간의 대응 관계를 바르게 연결시키지 못하는 경향이 있음을 보여준다. 따라서 교사는 인지적 능력이 부족한 학생들이 목표 개념과 비유물의 관계를 잘 이해할 수 있도록 이들 간의 관계를 명시적이고 구체적으로 제시할 필요가 있으며, 인지적 흥미를 유발하여 학생들이 스스로 대응 관계를 파악하기 위해 인지적 노력을 기울일 수 있도록 유도할 필요가 있다.

불가능한 대응은 목표 개념의 주요 속성이 비유물에 존재하지 않음에도 학생들이 나름대로 아무 속성이나 대응시키는 것으로, 세 번째로 높은 빈도(1인당 0.26회)를 보였다. 이 오류는 일부 인지적 측면의 학습자 특성에 따른 빈도 차이가 대응 불이행과 유사하게 나타났다. 즉, 인지적 변인에 따라서는 대체로 하위 학생들이 이 오류를 범한 빈도가 상위 학생들보다 높았던(과학 성취도: $p = .001$, 논리적 사고력: $p = .008$, 비유 추론 능력: $p = .006$) 반면, 정의적 변인에 따라서는 상위 학생들과 하위 학생들이 범한 오류 빈도의 차이가 거의 없었다. 즉, 인지적 능력이 부족한 학생들이 상대적으로 이 대응 오류를 많이 범하는 것으로 나타났다. 이 오류를 범한 대부분의 학생들은 스케이트장 비유에 목표 개념의 주요 속성인 ‘반응속도’에 대응되는 속성이 존재하지 않음에도 불구하고, ‘스케이트 타는 속도’를 ‘반응속도’와 연결하였다. 또한,

스케이트를 타는 속도가 빨라지면 사람들의 충돌 횟수가 많아지듯이 반응속도가 빠르면 입자들의 충돌 횟수가 많을 것으로 잘못 생각하고 있는 경우가 많았다. 즉, 학생들은 비유물에 포함된 속성들 간의 인과 관계를 바탕으로 목표 개념에서의 속성들 간의 관계를 추론함으로써 오개념을 갖게 될 수도 있다. 따라서 목표 개념의 주요 속성들 중에서 대응 관계가 없는 속성들이 있다면 이를 학생들에게 명확히 안내할 필요가 있다.

인위적 대응은 비유물과 목표 개념의 공유 속성 간의 관계를 학생들이 자신의 경험이나 편견에 따라 잘못 해석하는 것으로, 그 빈도는 높지 않았다(1인당 0.05회). 학습자 특성에 따라서도 큰 편차가 없었으나, 다른 오류 유형과 달리 논리적 사고력($p = .048$)과 인지욕구($p = .083$) 수준이 상위인 학생들이 범한 대응 오류 빈도가 하위 학생들보다 높은 경향을 보였다. 이 오류를 범한 학생들 중에는 ‘반응 물질이 들어 있는 용액의 부피’를 ‘얼음판의 크기’에 올바르게 대응시켰으나, 대응 관계를 잘못 설명하는 경우가 있었다. 예를 들어, ‘얼음판이 클수록 사람들이 스케이트를 더 자유롭게 활발하게 탈 수 있듯이, 용액의 부피가 클수록 입자들도 더 자유롭게 활발하게 움직인다’와 같이 비유물과 관련된 개인적인 경험에 기초해서 목표 개념을 잘못 이해하고 있었다. 이와 같이 학생들이 비유물과 목표 개념 간의 공유 속성을 올바르게 대응시키더라도 일상생활에서의 경험에 의한 편견이 확고한 경우에는 속성들 간의 관계를 잘못 해석하여 오개념을 갖게 될 가능성이 있다.⁵ 특히, 인지적 능력이 높은 학생들일수록 이 오류를 더 많이 범할 수 있으므로, 비유물과 목표 개념 간의 공유 속성들을 대응시키는 과정에서 비유물의 특성보다는 목표 개념의

주요 특성에 기초하여 그 관계를 해석할 수 있도록 도와 줄 필요가 있다.

비유물과 목표 개념의 공유 속성들을 잘못 대응시키는 부적절한 대응과 비유물만 지닌 비공유 속성을 목표 개념의 속성 중 아무 것에도 대응시키는 무분별한 대응, 비유물의 속성을 그대로 사용하여 목표 개념을 설명하는 비유물 속성 보유는 선행 연구⁵에서와 마찬가지로 매우 낮은 빈도를 보였다. 또한, 인지적·정의적 변인들의 상·하위 수준에 관계없이 비슷한 경향을 보였다.

대응 관계 이해도와 인지적·정의적 변인들의 상관 및 단계별 다중 회귀 분석 결과

대응 관계 이해도 점수와 학습자의 인지적·정의적 변인 검사 점수들 사이의 상관관계는 Table 4와 같다. 비유를 사용한 수업에서 학생들의 대응 관계 이해도를 설명할 수 있는 인지적·정의적 변인들을 조사하기 위한 단계별 다중 회귀 분석 결과를 Table 5에 제시하였다.

분석 결과, 비유를 사용한 학습에서 학생들의 대응 관계 이해도는 학생들의 인지적·정의적 변인들과 모두 유의미한 정적인 상관이 있었다. 또한, 대응 관계 이해도 검사 점수에 대해 통계적으로 유의미한 예언력을 지닌 변인은 과학 성취도, 논리적 사고력, 친숙도로 나타났다. 이 중에서 대응 관계 이해도에 대해 가장 큰 설명력을 보인 변인은 상관 계수가 가장 높았던($r = .381$) 과학 성취도였고, 그 설명력은 14.5%였다($p < .01$). 이는 과학 성취 수준이 높은 학생들은 목표 개념에 포함되어 있는 주요 속성들과 관련된 지식이 풍부하고,³⁴ 목표 개념을 잘 이해할 수 있으므로,^{35,36} 목표 개념에 포함된 주

Table 4. Correlation coefficients among the test scores of cognitive variables, affective variables, and mapping understanding

	Science achievement	Logical thinking	Visual imagery	Analogical reasoning	Familiarity	Self efficacy	Need for cognition	Mapping understanding
Science achievement	1.000							
Logical thinking	.526**	1.000						
Visual imagery	.262**	.162*	1.000					
Analogical reasoning	.470**	.479**	.219**	1.000				
Familiarity	.031	.046	.207**	.058	1.000			
Self efficacy	.593**	.413**	.391**	.309**	.105	1.000		
Need for cognition	.346**	.321**	.327**	.230**	.216**	.538**	1.000	
Mapping understanding	.381**	.377**	.212**	.227**	.158*	.254**	.173**	1.000

* $p < .05$, ** $p < .01$.

Table 5. Summary of multiple regression analysis

Step	Variable entered	β	Multiple R	Accum. R^2	R^2 change
1	Science achievement	.252	.381	.142	.145**
2	Logical thinking	.238	.434	.181	.043**
3	Familiarity	.139	.456	.198	.019*

* $p < .05$, ** $p < .01$.

요 속성들을 잘 추출하고 비유물의 속성들에도 잘 연결시킬 수 있었던 것으로 해석된다.¹¹ 반면에 과학 성취 수준이 낮은 학생들은 목표 개념과 관련된 지식이 부족하여, 비유물을 이해하고 이를 목표 개념에 연결할 수 있는 적절한 스키마를 지니고 있지 못해 대응 관계를 제대로 이해하지 못했던 것으로 생각된다.

상관 계수가 과학 성취도와 비슷했던($r = .377$) 논리적 사고력은 대응 관계 이해도에 대해 두 번째로 설명력(4.3%)이 높았다. 이는 논리적 사고력이 대응 관계 이해도보다 과학 성취도와 더 높은 상관을 지니고 있어($r = .526$), 과학 성취도에 비해 대응 관계 이해도에 대한 추가적인 설명력이 높지 않았던 것으로 생각된다. 이러한 결과는 논리적 사고력이 높은 학생들이 목표 개념이 포함하고 있는 추상적인 속성들을 더 잘 추출해내고 이들 간의 관계를 파악하는 유추적, 상관적 사고 능력도 뛰어나기 때문⁴으로 해석할 수 있다. 반면에 논리적 사고력 수준이 낮은 학생들은 목표 개념이나 목표 개념에 포함된 추상적인 속성들에 대한 이해가 부족하여 목표 개념과 비유물이 지닌 속성들 간의 관계를 잘못 연결하거나 대응시키지 못하는 오류를 많이 범하는 경향이 있는 것으로 볼 수 있다.

세 번째 예언 변인으로 나타난 친숙도는 대응 관계 이해도와의 상관 계수($r = .158$)가 높지 않았음에도 유의미한 설명력이 있었으나($p < .05$), 대응 관계 이해도에 대한 추가적인 설명력이 높지는 않았다(1.9%). 이는 친숙한 비유물일수록 학생들이 비유물을 제대로 이해할 수 있고 이를 통해 목표 개념에 대해서도 올바르게 이해할 수 있다는 선행 연구들^{31,32}의 주장과 일관된다. 즉, 학생들은 자신에게 친숙한 비유물인 경우 비유물에 포함된 속성들을 비교적 잘 파악할 수 있으며, 이에 따라 비유물의 속성들과 목표 개념의 주요 속성들을 잘 연결할 수 있었던 것으로 생각된다.

한편, 대응 관계 이해도와 유의미한 상관이 있었던 시각적 심상화 능력, 비유 추론 능력, 자아 효능감, 인지욕구는 단계적 다중 회귀 분석 결과에서는 유의미한 설명력이 있는 변인에서 제외되었다. 이는 이러한 변인들이 높은 정적 상관을 보였던 과학 성취도, 논리적 사고력의 설명력에 가려져 기여를 하지 못한 것으로 보인다.

결론 및 제언

이 연구에서는 고등학교 1학년 과학 교과서의 반응속도 단원의 '농도와 반응속도' 개념을 비유를 통해 학습하는 과정에서 학생들의 인지적 변인(과학 성취도, 논리적 사고력, 시각적 심상화 능력, 비유 추론 능력) 및 정의적 변인(비유물에 대한 친숙도, 자아 효능감, 인지욕구)에 따른 대응 관계 이해도와 대응 오류 유형별 빈도의 차이를 비교하고, 이 변인들과 대응 관계 이해도와의 관계를 조사하였다.

연구 결과, 대체로 과학 교과에 대한 관련 지식이 풍부하

고, 논리적 사고력 수준이나 대상들 간의 관계를 추론하는 능력이 높은 학생들이 그렇지 못한 학생들보다 비유물과 목표 개념 간의 비유적 대응 관계를 더 잘 이해하는 것으로 나타났다. 또한, 과학 학습에 대한 자신감이 높고, 인지적인 노력이 요구되는 과제를 선호하는 학생들은 다른 학생들에 비해 상대적으로 비유물과 목표 개념이 지니고 있는 속성들 간의 대응 관계에 대한 이해가 더 높았다. 한편, 비유를 사용한 학습 과정에서 학생들은 과잉 대응, 대응 불이행, 불가능한 대응, 인위적 대응, 부적절한 대응, 무분별한 대응, 비유물 속성 보유의 순으로 7가지 대응 오류를 많이 범하는 것으로 나타났다. 학생들의 인지적, 정의적 변인에 따른 대응 오류의 유형별 빈도는 대부분 하위 학생들이 상위 학생들보다 높았으나, 일부 대응 오류의 빈도는 이와 다른 양상을 보였다. 학생들의 인지적, 정의적 변인들이 대응 관계 이해도에 미치는 영향력을 조사하기 위한 단계적 다중 회귀 분석 결과에서는 과학 성취도, 논리적 사고력, 친숙도 순으로 유의미한 설명력을 지니는 것으로 나타났다.

이상의 결과는 비유를 사용한 학습에서 학생들이 비유물과 목표 개념에 포함된 공유 속성과 비공유 속성들을 추출해내고 이들 간의 관계를 올바르게 파악하는 데에는 개별 학생들이 지니고 있는 인지적, 정의적 변인이 직·간접적으로 영향을 미치고 있음을 보여준다. 이는 비유를 통한 학습에서 학생들이 속성들 간의 대응 관계에 대한 올바른 이해를 통해 효과적으로 학습하기 위해서는 인지적 능력이나 정의적 태도가 요구됨을 시사한다. 그러나 과잉 대응이나 인위적 대응 오류와 같은 특정한 유형의 대응 오류에서는 사고 수준이 높고 인지적 과제를 선호하는 학생들이 그렇지 않은 학생들보다 더 높은 빈도를 보이는 것으로 나타났다. 즉, 높은 수준의 인지적 능력과 학습에 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 정의적 변인을 지닌 학생들이라 할지라도 비유 학습 과정에서 속성들을 적절히 대응시키지 못할 수 있음을 의미한다. 따라서 비유를 개념 학습에 효과적인 도구로 활용하기 위해서는 학습자의 인지적·정의적 변인을 고려한 교수·학습 자료를 개발하고, 학생들의 개별적인 특성에 따라 대응 오류를 예방하기 위한 방안을 마련할 필요가 있다. 또한, 이 연구 결과를 교사용 지도서나 자료집으로 만들어 배포하고 연수 등을 통해 안내함으로써, 학생들의 개별적인 인지적·정의적 변인에 따라 유발될 수 있는 대응 오류를 파악할 수 있도록 해야 할 것이다. 이는 교사들이 실제 학교 현장에서 비유를 사용할 때, 교사들이 다양한 특성의 학생들이 대응 관계를 올바르게 이해하도록 지도하는데 구체적인 도움을 줄 수 있을 것이다.

한편, 이 연구에서는 선행 연구들에 기초하여 비유를 사용한 학습과 관련이 있는 것으로 보고된 인지적, 정의적 변인의 일부를 고려하였다. 그러나 이와 관련된 연구가 매우 부족하고 이 연구에서 사용한 학생들의 개별적인 특성 이외에도 학생들의 학습 과정에 영향을 미칠 수 있는 다양한 변인들이 존재할 수 있으므로, 이를 탐색하기 위한 연구들을 진행할 필

요가 있다. 또한, 목표 개념의 특성이나 비유물의 표현 방식, 추상도, 대응 정도 등의 비유물의 특성에 따라서도 학생들의 대응 관계 이해도나 유발될 수 있는 대응 오류의 유형이 달라질 수 있으므로, 이 연구 결과를 일반화하여 확대 해석하는 데에는 무리가 있다. 따라서 추후 학교 급별로 과학 교과의 주요 개념들에 대한 다양한 비유물을 사용한 비유 수업을 실시하여 학생들의 개별적인 특성과 목표 개념 및 비유물의 특성들 간의 관계에 대해 조사하는 연구들이 진행될 필요가 있다.

본 연구는 서울대학교 사범대학 교육연구재단의 2009년도 연구비 지원을 받아 수행된 연구임.

REFERENCES

- Duit, R.; Roth, W.; Komorek, M.; Wilbers, J. *Learning and Instruction* **2001**, *11*, 283.
- Gentner, D. *Cognitive Science* **1983**, *7*, 155.
- Calik, M.; Ayas, A. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching* **2005**, *6*, 1.
- Kim, K.; Byun, J.; Lee, S.; Kang, H.; Noh, T. *Korean Assoc. Res. Sci. Edu.* **2008**, *28*, 340.
- Kim, K.; Hwang, S.; Noh, T. *J. Kor. Chem. Soc.* **2008**, *52*, 412.
- Else, M. J.; Clement, J.; Ramirez, M. A. *Should Different Types of Analogies Be Treated Differently in Instruction? Observations from a Middle-school Life Science Curriculum*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Philadelphia, PA., 2003.
- Taber, K. S. *Physics Education* **2001**, *36*, 222.
- Thagard, P. *Journal of Research in Science Teaching* **1992**, *29*, 537.
- Thiele, R. B.; Treagust, D. F. *Using Analogies to Aid Understanding in Secondary Chemistry Education*. Paper presented at the Royal Australian Chemical Institute Conference on Chemical Education, Perth, Australia. 1991 (ERIC Document Reproduction Service No. ED 349164).
- Kwon, H. S. Status of Using Analogy and Factors Influencing Conceptual Understanding with Analogy in Chemistry Education. Ph. D. Thesis, Seoul National University, Seoul, Korea, February 2000.
- Zook, K. B.; Maier, J. M. *Journal of Educational Psychology* **1994**, *86*, 589.
- Sarantopoulos, P.; Tsaparlis, G. *Chemistry Education: Research and Practice* **2004**, *5*, 33.
- Bean, T. W.; Searles, D.; Cowan, S. *Reading Psychology* **1990**, *11*, 323-333.
- Wittrock, M. C.; Alesandrini, K. *American Educational Research Journal* **1990**, *27*, 489.
- Maker, C. J.; Neilson, A. B. *Benjamin Bloom and David Krathwohl: The Cognitive and Affective Taxonomies. Teaching Models in Education of the Gifted*; Pro-ed: Austin, TX, 1995.
- Cha, J. H.; Byun, S. H.; Noh, T. H. *J. Kor. Chem. Soc.* **2004**, *48*, 629.
- Thiele, R. B.; Treagust, D. F. *The Australian Science Teachers Journal* **1991b**, *37*, 4.
- Kim, C. J.; Seo, M. S.; Kim, H. B.; Shim, J. H.; Hyun, J. H.; Han, I. O.; Kwon, S. K.; Park, S. S. *High School Science I*; Didimol Inc.; Seoul, Korea, 2007.
- Roadrangka, V.; Yeany, R.; Padilla, M. *The Construction and Validation of Group Assessment of Logical Thinking(GALT)*; Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching annual meeting, Dallas, TX, 1983.
- Marks, D. F. *British Journal of Psychology* **1973**, *64*, 17.
- Noh, T. H.; Kwon, H. S.; Lee, S. U. *Korean Assoc. Res. Sci. Edu.* **1997**, *17*, 323.
- Pintrich, P. R.; De Groot, E. V. *Journal of Educational Psychology* **1990**, *82*, 33.
- Cacioppo, J. T.; Petty, R. E.; Kao, C. K. *Journal of Personality Assessment* **1984**, *48*, 306.
- Holyoak, K. J. In *Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning*; Holyoak, K. J., Morrison, R. G., Eds.; Cambridge University Press: New York, U.S.A., 2005; p 117.
- Sarantopoulos, P.; Tsaparlis, G. *Chemistry Education: Research and Practice* **2004**, *5*, 33.
- Lin, S. H.; Shiau, B. R.; Lawrenz, F. *Research in Science Education* **1996**, *26*, 495.
- Latham, G. P.; Locke, E. A. *Organizational Behavior and Human Decision Processes* **1991**, *50*, 212.
- Martocchio, J. J. *Journal of Applied Psychology* **1994**, *79*, 819.
- Gim, W. S. *The Korean journal of consumer and advertising psychology* **2007**, *8*, 127.
- Cacioppo, J. T.; Petty, R. E. *Journal of Personality and Social Psychology* **1982**, *42*, 116.
- Bryce, T. G. K.; MacMillan, K. *International Journal of Science Education* **2005**, *27*, 737.
- Richland, L. E.; Zur, O.; Holyoak, K. J. *Science* **2007**, *316*, 1128.
- Blake, A. *International Journal of Science Education* **2004**, *26*, 1855.
- Kim, D. W. The Effectiveness of Teaching Models for Decreasing Misconceptions in the Study of Mole Concept. Ph. D. Thesis, Seoul National University, Seoul, Korea, August 1991.
- Kwon, H. S.; Choi, E. K.; Noh, T. H. *Korean Assoc. Res. Sci. Edu.* **2004**, *24*, 287.
- Nottis, K. E. K. The Effective Use of Analogies in Earth Science. Unpublished doctoral dissertation, University New York, Buffalo, NY, 1996.