한국과학교육학회지, 27권 7호, pp. 631-638(2007. 10) J Korea Assoc. Sci. Edu, Vol. 27, No. 7, pp. 631-638(2007. 10)

화학 개념 학습에서 물리적 비유를 사용한 학생 중심 비유 수업의 효과

변순화 · 김경순 · 최숙영[1] · 노태희 · 차정호*

서울대학교 · 동대문중학교[1] · 대구대학교*

The Influences of Student-Centered Analogical Instruction Using Physical Analogies in Chemistry Concept Learning

Byun, Soonhwa · Kim, Kyungsun · Choi, Sookyeong[1] · Noh, Taehee · Cha, Jeongho*

Seoul National University · Dongdaemun Middle School[1] · Daegu University*

Abstract: This study investigated the influences of a student-centered analogical instruction using physical analogies upon students' conception and application, retention of conception and application, perceptions of science classroom environment, and perceptions of analogical instruction. Six classes of seventh graders (N=208) at a middle school in Seoul were assigned to the control, the teacher-centered analogy (TCA), and the student-centered analogy (SCA) groups. They were taught about 'three states of matter' and 'motion of molecules' for 8 class hours. Analysis of the results revealed that the scores of the SCA group were significantly higher than those of the other groups in the conception test, retention test of conception and application, and perception test of science classroom environment. The scores of the SCA group in the application test were also higher than those of the other groups, but there was a significant difference only between the control and the SCA groups. The TCA group performed significantly better than the control group only in the test of the retention of application. In addition, the students in the SCA group exhibited more positive perceptions of the analogical instruction than those in the TCA group. Educational implications are discussed.

Key words: student-centered analogy, physical analogy, conceptual understanding, retention

I. 서 론

중학교 1학년 과학의 '물질의 세 가지 상태'와 '분자의 운동' 단원은 화학의 여러 개념을 이해하는데 필수적인 물질의 입자 개념이 처음 도입되는 단계로, 학생들이 일상생활에서 접하는 거시적인 현상들을 분자의 배열이나 운동과 같은 미시적 관점에서 이해하는 것을 목표로 한다. 그러나 분자는 직접 보거나 만져볼 수 없는 추상적인 개념이므로 학생들은 이와 관련된 개념들을 이해하는데 많은 어려움을 겪고 있다(Harrison & De Jong, 2005). 이를 돕기 위한 방안의 하나로 학습자의 기존 지식이나 경험에 바탕을 둔 비유물(analog)을 활용하여 미시적이고 추상적인 목표 개념을 구체화시켜 줄 수 있는 비유가 많이 활용되어 왔다(Calik & Ayas, 2005). 실제로 중등 과학 교과서의 화학 영역에 제시된 비유의 수는 제7차 교육과정에서 더욱 증가하였고(차정호 등, 2004), 비유를 사용한 수업 전략을 개발하여 그 효과를 조사한 연구들(김도욱, 2000; 김영민, 박희숙, 2000; 김희백 등, 2001; Calik & Ayas, 2005; Chiu & Lin, 2005; Harrison & De Jong, 2005; James & Scharmann, 2007; Sarantopoulos & Tsaparlis, 2004)도 꾸준히 진행되고 있다.

이처럼 비유는 교수 · 학습 도구로서 많은 유용성을 가지고 있지만, 목표 개념에 대한 비유물의 선택이 적절하지 않거나 비유를 사용하는 방식이 올바르지 못한 경우에는 그 효과가 제한될 수 있다고 보고되었다(Rule & Furletti, 2004). 예를 들면, 대부분의 교사는 수업에서 활용하는 비유물이 학생들에게 친숙하고, 비유물과 목표 개념이 지닌 속성들 간의 대응 관계를 학생들이 잘 이해할 것으로 기대한다. 그러나 학생들은 비유물

*교신저자: 차정호(chajh@daegu.ac.kr)

**2007.06.28(접수) 2007.07.24(1심통과) 2007.10.12(2심통과) 2007.10.15(최종통과)

***이 논문은 2006년도 정부재원(교육인적자원부)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2006-721-B00031)

자체나 대응 관계에 대한 이해가 부족한 경우가 많아 개념 이해에 도움이 되지 못하거나 오히려 오개념을 유발할 수도 있는 것으로 보고되고 있다(권혁순 등, 2004; Else *et al.,* 2003). 또한, 교사가 비유를 제시하고 설명하는 기존의 방식은 비유물이나 대응 관계에 대한 학생들의 이해 여부를 충분히 고려하지 못하는 것으로 지적되었다(Rule & Furletti, 2004). 따라서 학생들에게 보다 친숙한 소재로 비유물을 구성하고, 학습 과정에서 학생들의 능동적인 참여를 유도할 수 있는 학생 중심의 비유 수업으로 전환할 필요가 있다(Tsai, 1998; Walczyk & Ramsey, 2003).

물리적 비유(physical analogy)는 학생들이 주변에서 쉽게 접할 수 있는 사물들을 직접 조작하면서 학습할 목표 개념의 속성들을 대응시키는 것으로, 학생 중심의 비유 수업에서 사용될 수 있는 대표적인 예이다. 물리적 비유의 효과에 대한 연구는 많지 않으나, 학생들에게 직접적인 경험을 제공함으로써 관찰 불가능한 추상적인 개념의 정적인 성질을 분명하게 시각화해 줄 뿐 아니라 동적인 성질을 생동감 있게 나타내 주므로, 목표 개념을 이해하는데 구체적인 도움을 제공할 수 있는 것으로 나타났다(Kurtz, 1995; Lawson *et al.,* 1993). 예를 들면, 생물학 전공 대학생들을 대상으로 확산에 대한 수업에서 물리적 비유를 사용한 결과 개념 이해에 효과적이라고 보고되었다(Lawson *et al.,* 1993). 또한, 대학 일반화학 강의에서 10개의 주요 개념별로 물리적 비유의 수를 달리하여 수업에 적용한 결과, 제시한 물리적 비유가 많아질수록 학생들의 개념 이해에 더 효과적이었고, 학생들은 언어적 비유보다 물리적 비유를 더 선호하는 것으로 나타났다(Kurtz, 1995).

한편, 국내에서는 중학교 3학년 '물질 변화에서의 규칙성' 단원에서 학생들이 직접 구체물을 조작해보는 놀이 활동으로 비유 수업을 실시한 결과, 교과서에 제시된 비유물을 사용한 강의식 수업에 비해 개념 이해에서 효과가 나타나지 않았다(정여진 등, 2006). 구체물의 조작을 통한 비유 수업은 어린 학생들의 추상적 개념 학습에 더욱 유용할 것으로 생각되지만, 이 연구에서는 두 집단에서 사용한 비유물이 서로 달랐으므로 이 결과가 구체물을 활용한 비유 수업의 효과에 대한 것이라고 보기 어렵다. 또한, 이 연구에서는 단원의 특성상 개념의 정적인 속성만을 설명하는 비유를 사용했다는 제한점을 가진다. 따라서 물질의 입자 개념이 지니는 정적 · 동적 속성을 모두 설명할 수 있는 물리적 비유를 개발하고, 이 비유의 사용 방식에 따라 그 효과가 어떻게 다른지 조사해 볼 필요가 있다. 특히, 물질의 입자 개념이 처음으로 도입되는 중학교 1학년 학생들의 다수는 인지발달 단계가 형식적 조작기에 이르지 못하였으므로(김태선 등, 2002), 물리적 비유를 사용한 학생 중심 비유 수업이 효과적일 것으로 기대된다.

이에 이 연구에서는 중학교 1학년 과정 중에서 물질의 입자 개념에 기초한 화학 단원의 개념들에 대한 물리적 비유를 개발하였다. 또한, 이 물리적 비유를 사용한 학생 중심의 비유 수업이 학생들의 인지적 · 정의적 측면에 미치는 효과를 교사 중심의 비유 수업 및 전통적 수업과 비교하였다.

Ⅱ. 연구 내용 및 방법

1. 연구 대상 및 절차

이 연구에서는 통제 집단에서의 비유 사용을 통제하기 위해 현행 교육과정에서 사용되고 있는 중학교 과학 교과서의 연구 대상 단원에 비유가 가장 적게 제시되어 있는 교과서(디딤돌; 물질의 세 가지 상태 단원의 도입부에만 제시)를 선정하였다. 이 교과서를 사용하고 있는 서울시에 위치한 중학교에서 중간고사 과학 성적이 유사한(MS=503.747, F=1.349, p=.262) 1학년 6학급을 선정하여, 통제 집단(69명), 교사 중심 비유(teacher-centered analogy; TCA) 집단(69명), 학생 중심 비유(student-centered analogy; SCA) 집단(70명)으로 2학급씩 배치하였다.

선행 연구들을 검토하여 '물질의 세 가지 상태' 단원의 목표 개념(3개)과 '분자의 운동' 단원의 목표 개념(4개)에 대해 총 7개의 물리적 비유를 개발하고, TCA 집단과 SCA 집단에서 사용할 구체적인 교수 · 학습 자료를 개발하였다. 두 비유 수업 집단과의 학습 내용을 통제하고 비유 사용을 제한하기 위해 통제 집단에서 사용할 교수 · 학습 자료도 개발하였다. 개발한 교수 · 학습 자료는 과학 교육 전문가 3인과 현직 중학교 과학 교사 2인의 검토를 받았다. 수업 처치 이전에 과학 수업 환경에 대한 인식 검사를 실시하였고, 참여 교사에게 각 집단의 수업 방식에 대해 자세히 설명하였다. 또한, 두 비유 수업 집단의 학생들이 새로운 수업 방법에 익숙해지도록 1차시 동안 오리엔테이션 및 연습을 실시하였다. 참여 교사는 매 차시 수업을 연구 대상이 아닌 학급에서 연습하였고, 연구자 중 1인이 연습 수업을 참관한 후 수업 진행에서 개선할 점이 있을 경우에는 참여 교사 및 공동 연구자들과 논의를 거쳐 이를 보완하였다. 본 수업이 모두 끝난 후 사후 검사로 개념 이해, 개념 응용, 과학 수업 환경에 대한 인식 검사를

실시하였다. 두 비유 집단에서는 비유 수업에 대한 학생들의 인식도 조사하였다. 수업 처치가 끝나고 3주 후에 개념 이해와 개념 응용의 파지 검사를 실시하였다.

2. 수업 방법

수업은 총 8차시로 진행하였고, 세 집단 모두 한 명의 교사가 미리 제공된 수업 지도안에 따라 수업을 실시하였다. 1차시에는 본 수업에 필요한 기본 내용인 '주변 물질의 상태'에 대해 세 집단에서 모두 동일한 방식으로 수업을 실시하였고, 2차시부터는 각 집단별 수업 방식에 따라 수업을 진행하였다. 통제 집단에서는 교사의 시범 실험 및 강의 위주의 전통적인 방식으로 수업을 실시하였다.

TCA 집단에서는 Sarantopoulos와 Tsaparlis(2004)의 비유 추론 단계를 현장에 적합하게 수정·보완한 절차에 따라 물리적 비유를 사용한 수업을 교사의 설명 위주로 진행하였다. 즉, 교사는 '목표 개념 도입' 단계에서 간단한 시범 실험이나 설명을 통해 학습할 개념을 간략히 소개하였고, '비유물 도입 및 유사성 대응' 단계에서는 비유물에 대해 자세히 설명한 후 비유물과 목표 개념 간의 유사성을 대응시켜 주었다. 마지막으로, '목표 개념 도출 및 응용' 단계에서는 주요 목표 개념을 정리하고, 다양한 실생활의 문제들을 비유를 통해 스스로 해결해 보도록 하였다.

SCA 집단에서는 TCA 집단과 동일한 절차에 따라 물리적 비유를 사용한 수업을 실시하였는데, '비유물 도입 및 유사성 대응' 단계에서는 교사의 설명 대신 학생들의 활동 위주로 진행하였다. 즉, 이 단계에서는 교사가 비유 수업 활동 과정과 비유 내용을 간략히 설명하면, 학생들이 준비된 도구로 직접 비유물을 조작해보면서 교사의 설명을 바탕으로 비유물과 목표 개념과의 대응 관계를 스스로 생각해 보도록 하였다.

3. 물리적 비유

물리적 비유는 일상생활에서 쉽게 볼 수 있는 사물들로 구성된 비유물을 활용하는 것으로, 이 연구에서는 선행 연구(Kurtz, 1995)에서 분자 운동론과 관련된 개념 이해에 효과적이었던 물리적 비유를 참고로 하여 비유물을 개발하였다. 비유물의 소재는 분자의 움직임이나 성질과 관련된 개념들을 설명하기 위해 구슬, 스티로폼 용기, 플라스틱 상자 등을 이용하였다. 이 비유물을 활용하여 목표 개념의 주요 속성인 분자의 배열이나 수 같은 정적인 측면과, 분자의 충돌이나 운동 같은 동적인 측면을 동시에 설명할 수 있도록 물리적 비유를 개발하였다. 또한, 분자의 크기, 모양 등이 상태 변화 및 온도나 압력 조건의 변화에 따라 달라진다는 오개념이 생기는 것을 방지하기 위해, 동일한 물질의 분자에 해당하는 비유물의 소재(구슬)가 일관성이 유지되도록 하였다. 비유물 소재의 선정과 개발한 물리적 비유의 적절성 및 물리적 비유 활동 방법은 과학 교육 전문가, 현직 중학교 과학 교사 및 과학 교육 전공 대학원생들로 구성된 수차례의 소모임을 통해 수정·보완한 후 사용하였다.

'물질의 세 가지 상태' 단원에 대한 물리적 비유는 고체와 액체, 액체와 기체, 고체와 기체 사이의 상태 변화에 대해 각각 개발하였다. 먼저, 스티로폼 용기의 옆면을 톡톡 칠 때 구슬이 규칙적인 배열을 유지한 체 제자리에서 진동하는 것을 고체 상태의 분자에 대응시키고, 이 용기를 천천히 돌리면 구슬의 배열이 불규칙해지면서 이리 저리 움직이는 것을 액체 상태의 분자에 대응시켰다. 또한, 용기를 빠르게 돌리면 구슬이 빠르게 움직이면서 간격이 멀어져 용기 밖으로 튀어나가는 것을 기체 상태의 분자에 대응시켰다. 따라서 용기를 톡톡 치다가 천천히 돌렸을 때를 고체에서 액체로의 상태 변화에, 용기를 천천히 돌리다가 빠르게 돌렸을 때를 액체에서 기체로의 상태 변화에, 용기를 톡톡 치다가 빠르게 돌렸을 때를 고체에서 기체로의 상태 변화에 대응시켰다. 이 때 구슬의 수가 변하지 않는 것처럼 상태 변화 시 분자의 수도 변화가 없다는 점을 강조하였다.

'분자의 운동' 단원에서는 확산, 기체의 압력, 기체의 부피와 압력, 기체의 온도와 부피에 대한 물리적 비유를 개발하였다. 확산의 경우, 두 가지 색의 구슬이 들어있는 스티로폼 용기를 천천히 돌리면 구슬들이 고르게 섞이는 과정을 분자 운동에 의한 확산(Fig. 1)에 비유하였다. 기체의 압력(Fig. 2)에 대해서는 칸막이로 구분된 상자의 한 쪽 공간에 구슬을 넣고 상자를 돌리면 구슬이 칸막이에 충돌할 때 작용하는 힘 때문에 칸막이가 뒤로 밀려나는 것을 기체 분자가 벽면에 충돌하기 때문에 기체의 압력이 생기는 것에 대응시켰다. 기체의 부피와 압력의 관계는, 구슬이 든 상자를 같은 속도로 돌릴 때 상자 속 공간이 좁을수록 구슬이 벽에 충돌하는 횟수가 많아져 더 큰 압력을 받는 것으로 설명하였다. 마지막으로 기체의 온도와 부피의 관계에 대해서는, 상자를 칸막이로 구분한 다음 한 쪽 공간에 구슬들을 넣고 돌릴 때 빠르게 돌릴수록 구슬이 칸막이에 충돌하는 세기와 횟수가 증가하여 칸막이가 더 많이 밀려나는 것으로 설명하였다.

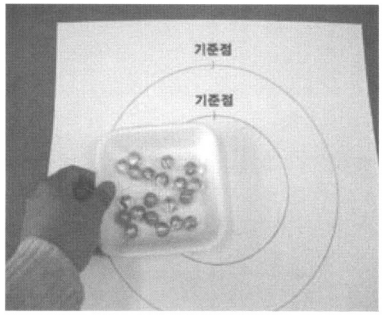

Fig. 1 *Physical analogy of diffusion*

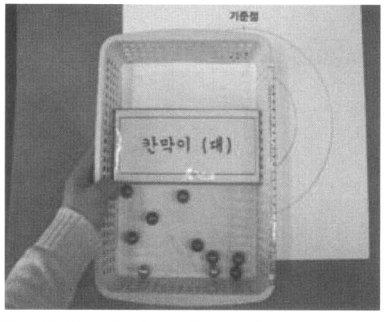

Fig. 2 *Physical analogy of gas pressure*

4. 검사 도구

개념 이해 측정을 위한 검사는 선행 연구(강석진, 노태희, 2000)를 참조하여 6개의 문항으로 개발하였다. 모든 문항은 거시적인 화학 현상을 제시한 후, 이를 분자 수준의 그림으로 표현하고 설명하는 주관식 서술형으로 구성하였다. 이 검사는 과학 교육 전문가 3인과 교사 2인으로부터 안면 타당도를 검증 받았으며, 이 연구에서의 내적 신뢰도(Cronbach's α)는 사후 및 파지 검사에서 각각 .72와 .75였다.

개념 응용에 대한 검사는 Bloom의 목표 분류상의 적용 영역에 해당하는 문항으로, 학습한 개념을 다양한 상황에 적용하는 능력을 측정하기 위해 8개의 문항으로 개발하였다. 이 검사는 주어진 답지 중 하나를 선택하고 그 이유를 설명하는 형식으로 구성하였고, 과학 교육 전문가 3인과 교사 2인으로부터 안면 타당도를 검증받았다. 이 연구에서의 내적 신뢰도(Cronbach's α)는 사후 및 파지 검사에서 각각 .74와 .71이었다.

과학 수업 환경에 대한 인식 검사는 Fraser와 Fisher (1986)에 의해 개발된 축소형 CES(Short Form of Classroom Environment Scale)를 사용하였다. 이 검사 도구는 참여성, 친화성, 교사의 지원성, 과제 지향성, 질서와 조직성, 규칙의 명확성에 관하여 각 4문항씩 총 24문항으로 구성되어 있으며, 5단계 리커트 척도를 사용하였다. 이 연구에서의 신뢰도(Cronbach's α)는 사전 및 사후 검사에서 각각 .84와 .81이었다.

비유 수업에 대한 인식 검사는 비유 수업에 대한 선호도 및 비유 수업의 장점과 단점을 묻는 문항으로 구성하였다. 비유 수업에 대한 선호도는 학생들의 비유 수업에 대한 관심, 참여도, 흥미 등을 묻는 5단계 리커트 척도의 5문항으로 구성하였고, 비유 수업의 장점과 단점은 서술형 문항으로 구성하여 학생들이 각각 한 가지씩 서술하도록 하였다.

5. 자료 분석

개념 이해 검사의 응답을 정량화하기 위해 강석진과 노태희(2000)의 기준을 이용하여 채점하였다. 각 문항에 2~4개의 목표 개념을 설정하고 학생들의 응답을 '비과학적인 이해'는 0점, '오개념이 하나 포함된 충분한 이해' 및 '부분적 이해'는 1점, '과학적 이해'는 2점으로 채점하였다. 개념 응용에 대한 검사는 올바른 답지를 선택하고 이에 대한 설명까지 맞는 경우에만 1점으로 채점하였다. 개념 이해 및 개념 응용에 대한 검사는 채점 과정에서 분석의 신뢰도를 높이기 위해 일부 학생의 답안지를 무작위로 선정하여 채점하는 과정을 반복하고, 두 명의 분석자 간 일치도가 90% 이상임을 확인한 후(개념 이해 검사: 93%, 개념 응용 검사: 95%), 연구자 중 한 명이 모든 답안지를 채점하였다.

통계 분석은 수업 처치를 독립 변인으로 하고, 개념 이해, 개념 응용, 그리고 개념 이해의 파지에 대해서는 중간고사 과학 성적을 공변인으로, 과학 수업 환경에 대한 인식은 사전 과학 수업 환경에 대한 인식을 공변인으로 하는 일원 공변량 분석(one-way ANCOVA)을 실시하였다. 개념 응용의 파지 점수는 공변량 분석의 기본 가정을 만족하지 않았고($F=2.95$, $p=.011$), 변수 변환으로도 가정을 만족시키지 못하였으므로, 비모수 통계 방법인 Kruskal-Wallis 검증을 사용하여 분석하였다. 수업 처치의 주 효과가 있는 경우에는 집단 간 차이를 밝히기 위해 모수 통계에서는 사후 검증으로 Scheffé 방법을 실시하였고, 비모수에서는 Dunn의 방법을 사용하였다. 두 처치 집단의 비유 수업에 대한 선호도는 수업 처치를 독립 변인으로 하여 일원 변량 분석(one-way ANOVA)을 실시하였다.

Ⅲ. 결과 및 논의

1. 개념 이해 및 개념 파지에 미치는 효과

개념 이해 및 개념 파지 검사 점수의 평균, 표준 편

차, 교정 평균을 Table 1에 제시하였다. 개념 이해 검사 점수에 대한 교정 평균은 SCA 집단(7.48)이 통제 집단(6.16)이나 TCA 집단(6.44)보다 높았고, 공변량 분석 결과 수업 처치의 주 효과(MS=31.50, F=5.25, p=.006)가 있었다. 사후 검증으로 Scheffé 검증을 실시한 결과, SCA 집단과 다른 두 집단과의 점수 차이가 통계적으로 유의미하였다(p<.05). 개념 파지에서도 수업 처치의 주 효과(MS=41.21, F=6.06, p=.003)가 있었는데, SCA 집단의 교정 평균(7.45)이 다른 두 집단(통제: 5.97, TCA: 6.12)보다 높았고, 사후 검증 결과 이들 점수 차이가 통계적으로 유의미하였다(p<.05).

이러한 결과는 물리적 비유를 사용한 학생 중심 비유 수업이 교사 설명 위주의 비유 수업이나 전통적 수업보다 학생들이 개념을 획득하고 오래 기억하는데 효과적이었음을 의미한다. 구체적인 사물로 이루어진 비유물을 조작해보면서 목표 개념의 정적·동적인 속성을 비유물의 속성과 연결시켜보는 활동은 학생들에게 분자의 배열이나 분포 및 운동성과 같은 목표 개념의 중요한 속성들에 대한 간접 경험을 제공한다고 볼 수 있다. 이러한 간접 경험은 추상적 개념의 도식 체계가 인지구조에 더 잘 정착되도록 도우므로(Harrison & De Jong, 2005; Lawson *et al.*, 1993) 개념의 이해나 파지를 향상시킨 것으로 볼 수 있다. 반면에, 수업에서 물리적 비유를 사용하더라도 학생이 직접 체험하는 활동이 아니라 교사의 설명 위주로 수업이 진행되는 경우에는 학생들의 개념 획득이나 획득한 개념을 지속시키는데 효과적이지 못할 가능성이 있다. 중학교 1학년 학생들의 다수가 구체적 조작기나 과도기에 머물러 있다(김태선 등, 2002)는 점을 고려한다면, 물리적 비유를 사용하더라도 단순히 교사의 설명으로만 제시할 경우에는 학생들이 추상적인 개념을 구체적으로 시각화하는데 기여하지 못할 수 있음을 보여준다.

2. 개념 응용 및 개념 응용의 파지에 미치는 효과

개념 응용 검사 점수의 평균, 표준 편차, 교정 평균과 개념 응용의 파지 검사 점수의 평균, 표준 편차, Mean Rank를 Table 2에 제시하였다. 공변량 분석 결과, 개념 응용에서 수업 처치의 주 효과가 있었는데(MS=20.34, F=5.34, p=.005), 개념 응용 검사 점수의 교정 평균은 SCA 집단(3.17)이 다른 두 집단(통제: 2.25, TCA: 2.38)보다 높았다. 사후 검증 결과, SCA 집단과 통제 집단 간의 점수 차이만 통계적으로 유의미하였다(p<.05). 개념 응용의 파지를 비모수 통계 방법인 Kruskal-Wallis 검증 방법으로 분석한 결과, 수업 처치에 의한 주 효과가 있었다(χ^2=29.981, p=.000). 개념 응용의 파지 검사에 대한 평균은 통제 집단(1.20), TCA 집단(2.19), SCA 집단(2.96) 순으로 높았고, Dunn의 방법으로 사후 검증을 실시한 결과 각 집단 간의 점수 차이가 모두 통계적으로 유의미하였다(p<.05).

물리적 비유를 사용한 학생 중심 비유 수업은 교사 중심 비유 수업이나 전통적 수업보다 학생들이 학습한 개념을 응용하거나 이를 오래 지속하는데 효과적으로 나타났다. 이 연구에서 개발한 물리적 비유는 일상생활에서 쉽게 접할 수 있는 동일한 소재를 사용하여 관련 개념들의 속성들을 일관성 있게 표현할 수 있었기 때문에, 인지구조에 정착된 도식 체계를 다른 유사한 상황에 전이하고 오래 지속시키는 데에도 도움을 줄 수 있었던 것으로 생각된다. 한편, 교사 중심 비유 수업의

Table 1

Means, standard deviations, and adjusted means of the scores of the conception and the retention tests[1]

	Control group		TCA[2] group		SCA[3] group	
	M(SD)	Adj. M	M(SD)	Adj. M	M(SD)	Adj. M
Conception	5.45(3.09)	6.16	6.65(2.90)	6.44	7.97(2.87)	7.48
Retention of conception	5.39(3.42)	5.97	6.29(2.63)	6.12	7.86(2.81)	7.45

[1]full score = 16, [2]TCA: teacher-centered analogy, [3]SCA: student-centered analogy

Table 2

The results of the application and the retention tests[1]

	Control group		TCA group		SCA group	
Application	M(SD)	Adj. M	M(SD)	Adj. M	M(SD)	Adj. M
	1.71(2.14)	2.25	2.54(2.09)	2.38	3.54(2.72)	3.17
Retention of application	M(SD)	Mean Rank	M(SD)	Mean Rank	M(SD)	Mean Rank
	1.20(1.54)	74.46	2.19(1.78)	110.43	2.96(2.21)	128.26

[1]full score = 8

경우 수업 직후의 개념 응용에서는 전통적 수업에 비해 효과적이지 못했으나, 개념 응용의 파지 측면에서는 전통적 수업보다 효과적이었다. 이는 비유가 학생들에게 추상적인 목표 개념의 속성과 비유물의 속성 사이에 연관을 만들어 주어(Rule & Furletti, 2004) 여러 상황들 간의 전이 능력을 오래 유지하는데 유용하게 사용될 수 있다는 선행 연구의 결과(Curtis & Reigeluth, 1983)와 유사하다.

3. 과학 수업 환경에 대한 인식에 미치는 효과

과학 수업 환경에 대한 인식 검사의 평균, 표준 편차, 교정 평균, 그리고 공변량 분석 결과는 Table 3과 같다. 공변량 분석 결과, 하위 영역인 참여성과 과제 지향성 및 수업 환경에 대한 인식 전체에서 수업 처치에 의한 주 효과가 있었다. 참여성 영역의 경우, SCA 집단의 교정 평균(2.97)이 다른 두 집단(TCA: 2.76, 통제: 2.64)보다 높았고, Scheffé 검증 결과 이들 점수 차이가 통계적으로 유의미하였다($p<.05$). 과제 지향성 영역의 경우에는 SCA 집단의 교정 평균(2.67)이 가장 높았고, TCA 집단(2.51), 통제 집단(2.33) 순이었는데, 사후 검증 결과 SCA 집단과 통제 집단 간의 점수 차이만 통계적으로 유의미하였다($p<.01$).

물리적 비유를 사용한 학생 중심 비유 수업은 전통적 수업보다 학생들의 수업 참여도와 과제에 대한 지향성을 향상시켰고, 수업에 대한 참여도의 향상 측면에서는 교사 중심 수업보다도 효과적이었다. 과학 수업 환경에 대한 전체적인 인식에서도 물리적 비유를 사용한 학생 중심 비유 수업이 교사 중심의 수업이나 전통적 수업보다 더 긍정적이었다. 이러한 결과는 물리적 비유를 사용한 학생 중심 비유 수업에서는 학생들이 직접 비유물을 조작해보는 활동을 해봄으로써 수업에 보다 능동적으로 참여하고 과제를 해결하기 위해 더 많이 노력했기 때문으로 볼 수 있다. 반면에 전통적 수업에서와 같이 교사의 설명 위주로 비유를 사용한 수업이 진행되는 경우에는 학생들이 수동적으로 교사의 설명을 듣기만 하므로, 학생들의 수업 참여도나 과제에 좀 더 열심히 참여하려는 노력을 유도하지는 못했던 것으로 생각된다.

4. 비유 수업에 대한 인식

비유 수업에 대한 인식 중 선호도 영역에서는 SCA 집단의 평균(3.53)이 TCA 집단(3.14)보다 높았으며, 변량 분석 결과 집단 간 점수 차이가 통계적으로 유의미하였다($MS=5.347$, $F=8.882$, $p=.004$). 이는 동일한 물리적 비유를 사용하더라도 교사의 설명 위주로 진행되는 비유 수업보다는 활동과 체험을 강조한 학생 중심 비유 수업을 학생들이 더 선호함을 의미한다.

비유 수업의 장점에 대해 SCA 집단(70.0%)이나 TCA 집단(78.3%)의 학생들 대부분은 '이해하기 쉽다'는 응답을 하였다. 이는 학생들이 비유를 사용한 수업이 추상적인 화학 개념을 이해하는데 도움이 된다는 생각을 하고 있음을 의미한다. 한편, '재미있다'(18.6%)는 응답은 SCA 집단에서만 나타났는데, 이는 교사의 설명 위주로만 진행되는 수업보다는 학생들이 직접 비유물을 조작해보는 활동이 학생들에게 학습에 대한 흥미를 향상시킬 수 있음을 보여준다.

비유 수업의 단점에 대해서는 물리적 비유를 사용한 SCA 집단 학생들의 경우 구슬을 돌리거나 흔드는 등의 활동 때문에 '시끄럽다'(10.0%), '시간이 많이 걸린다'(11.4%), '구슬을 잃어버린다'(8.6%) 등의 의견이 있었으나 단점을 지적한 학생들은 많지 않았다. 반면에, TCA 집단의 학생들은 절반 이상이 '안 해봐서 어렵다'(37.7%), '재미없다'(11.6%), '헷갈린다'(7.2%) 등의 응답을 하였다. 이는 물리적 비유를 사용하더라도

Table 3

One-way ANCOVA results of the perceptions of science classroom environments test scores[1]

	Control group		TCA group		SCA group		MS	F	p
	M(SD)	Adj. M	M(SD)	Adj. M	M(SD)	Adj. M			
Involvement	2.55(.65)	2.64	2.80(.55)	2.76	3.00(.53)	2.97	1.63	6.95	.001**
Affiliation	2.74(.71)	2.75	2.80(.68)	2.77	2.87(.59)	2.89	.28	.86	.425
Teacher support	3.29(.69)	3.30	3.21(.59)	3.21	3.20(.58)	3.19	.27	.97	.383
Task orientation	2.21(.73)	2.33	2.61(.70)	2.51	2.70(.63)	2.67	1.89	5.47	.005**
Order and organization	3.19(.58)	3.25	3.43(.52)	3.37	3.43(.45)	3.44	.62	2.74	.067
Rule clarity	3.24(.65)	3.19	3.08(.60)	3.08	3.19(.52)	3.24	.44	1.74	.179
Total	2.87(.46)	2.93	2.99(.39)	2.93	3.07(.37)	3.07	.37	3.77	.025*

[1]full score = 5, *$p<.05$, **$p<.01$

학생들이 직접 조작해보지 않고 교사의 일방적인 설명 위주로만 수업을 진행하는 경우에는 학생들이 교사의 설명을 어렵게 여기거나 재미없다고 인식할 수 있음을 의미한다.

Ⅳ. 결론 및 제언

이 연구에서는 물질의 입자성에 기초한 중학교 1학년 물질의 세 가지 상태와 분자의 운동과 관련된 개념들에 대해 학생들의 조작과 체험 활동을 강조한 물리적 비유를 개발하고, 이를 적용한 학생 중심 비유 수업의 효과를 인지적·정의적 측면에서 조사하였다.

연구 결과, 물리적 비유를 사용한 학생 중심 비유 수업은 전통적 수업에 비해 학생들의 개념 이해, 개념 응용, 개념 이해 및 응용의 파지에 효과적이었으며, 수업에 대한 참여도나 학습 과제에 노력을 기울이는 태도도 향상시켰다. 또한, 이러한 수업 방식은 물리적 비유를 교사의 설명 위주로 사용한 수업에 비해 학생들의 개념 습득과 파지, 그리고 개념 응용의 파지 측면에서도 효과적이었으며, 학생들의 수업에 대한 참여도에도 긍정적인 영향을 미쳤다. 한편, 교사 중심 비유 수업의 효과를 전통적 수업과 비교했을 때 개념 응용의 파지를 제외한 나머지 부분에서는 유의미한 교수 효과가 나타나지 않았다.

이러한 결과는 학생들이 직접 비유물을 조작해보면서 목표 개념과 비유물의 속성들을 비교해보는 물리적 비유를 사용한 학생 중심 수업이 형식적 사고가 어려운 학생들의 추상적인 개념 이해를 도울 수 있는 효과적인 방안이 될 수 있음을 시사한다. 특히, 이 연구에서 사용한 물리적 비유는 물질의 입자 개념이 지니고 있는 정적·동적인 속성을 모두 포함하고 있으며, 개념들 간의 관계들도 설명할 수 있도록 동일한 소재로 구성하였기 때문에 학생들의 개념 학습에 더욱 효과적으로 작용했을 가능성이 있다. 또한, 학생들이 쉽게 접할 수 있는 친숙한 사물을 소재로 한 비유물을 사용하여 학생들의 체험 활동을 강조한 수업 방식은 학생들의 능동적인 수업 참여를 유도하고, 과학 수업에 대한 인식을 향상시키는 데에도 긍정적인 영향을 줄 수 있음을 의미한다. 그러나 같은 물리적 비유를 사용하더라도 목표 개념의 주요 속성들에 대응되는 비유물의 조작 활동을 학생들이 직접 체험해보는 것이 아니라 교사의 설명 위주로만 진행하는 수업 방식은 그 효과가 제한적일 수 있음을 보여주었다. 따라서 수업 현장에서 교사가 물리적 비유를 사용하는 경우에는 학생 중심의 수업 활동을 진행할 수 있도록 사전에 비유물의 준비나 교실에서의 좌석 배치 등을 체계적으로 준비하는 것이 필요하다.

지금까지 논의된 내용을 바탕으로, 학생들의 사고 수준과 친숙함을 고려한 비유물의 개발과 학생들의 체험을 강조한 수업 방식을 기존의 교사 중심 비유 수업에서의 제한점을 극복하기 위한 한 가지 유용한 대안으로 제안하고자 한다. 그러나 이 연구에서는 물질의 입자 개념에 기초한 중학교 1학년 화학의 일부 내용들에 대해서만 물리적 비유를 개발하고 적용하였으므로, 이 효과를 일반화하는 데에는 무리가 있다. 따라서 중등 과학 교과에 제시되어 있는 다른 개념들에 대해서도 다양한 물리적 비유의 효과를 검증하는 연구들이 지속적으로 이루어질 필요가 있다. 또한, 추후에는 사전 과학 성취 수준이나 논리적 사고력 등과 같은 학생들의 개별적인 특성에 따라 물리적 비유를 사용한 수업의 효과가 다르게 나타나는지도 알아볼 필요가 있다. 마지막으로 물리적 비유를 사용한 수업 과정에서 학생들의 물리적 비유에 대한 이해와 비유물과 목표 개념의 속성들 간의 대응 관계가 학습 결과에 어떤 영향을 미치는 지에 대한 체계적인 조사도 필요하다.

국문 요약

이 연구에서는 물리적 비유를 사용한 학생 중심 비유 수업의 효과를 학생들의 개념 이해와 응용, 개념 이해 및 응용의 파지, 과학 수업 환경에 대한 인식, 비유 수업에 대한 인식 측면에서 조사하였다. 서울시에 소재한 중학교에서 1학년 6학급(208명)을 선정하여 통제 집단, 교사 중심 비유(TCA) 집단, 학생 중심 비유(SCA) 집단에 배치하고, '물질의 세 가지 상태' 및 '분자의 운동'에 대해서 8차시 동안 수업을 실시하였다. 연구 결과, 개념 이해, 개념 및 응용의 파지, 과학 수업 환경에 대한 인식에서 SCA 집단의 점수는 다른 집단들보다 유의미하게 높았다. 개념 응용에서도 SCA 집단의 점수가 다른 집단들보다 높았으나, SCA 집단과 통제 집단 간에만 유의미한 점수 차이가 있었다. TCA 집단은 응용의 파지에서만 통제 집단보다 학생들의 점수가 높았다. 또한, SCA 집단의 학생들은 TCA 집단에서보다 비유 수업에 대해 긍정적으로 인식하고 있었다. 이에 대한 교육적 함의를 논의했다.

참고 문헌

강석진, 노태희 (2000). 토론 과정에서의 사회적 합의 형성을 강조한 개념 학습 전략의 효과. 한국과학교육

학회지, 20(2), 250-261.

권혁순, 최은규, 노태희 (2004). 화학 교육에서 사용되는 비유에 대한 학생들의 이해도 및 비유 사용의 제한점. 한국과학교육학회지, 24(2), 287-297.

김도욱 (2000). 물질의 입자성 학습에서 반성적 사고를 촉진시키는 새로운 입자모델 교수전략의 효과: 초등학교 예비교사를 중심으로. 대한화학회지, 44(6), 600-610.

김영민, 박희숙 (2000). 중학교 과학 교과서의 물리 개념 설명에 사용된 비유에 대한 학생들의 이해도 조사. 한국과학교육학회지, 20(3), 411-420.

김태선, 배덕진, 김범기 (2002). 중학생의 그래프 능력과 논리적 사고력 및 과학 탐구 능력의 관계. 한국과학교육학회지, 22(4), 725-739.

김희백, 김성하, 이선경, 김형련 (2001). 호르몬 작용 이해를 위한 동적 비유 모형 수업의 효과. 한국생물교육학회지, 29(1), 57-64.

정여진, 김승현, 우규환 (2006). 놀이를 통한 비유 수업의 효과: 중학교 3학년 과학 '물질 변화에서의 규칙성' 단원을 중심으로. 교육과정평가연구, 9(1), 363-380.

차정호, 변순화, 노태희 (2004). 제7차 중등 과학 교과서의 화학 영역에 사용된 비유 분석. 대한화학회지, 48(6), 629-637.

Calik, M., & Ayas, A. (2005). An analogy activity for incorporating students' conceptions of types of solutions. Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching, 6(2), 1-3.

Chiu, M. H., & Lin, J. W. (2005). Promoting fourth graders' conceptual change of their understanding of electric current via multiple analogies. Journal of Research in Science Teaching, 42(4), 429-464.

Curtis, R. V., & Reigeluth, C. M. (1983). The effects of analogies on student motivation and performance in an eighth grade science context. IDD & E Working Paper No. 9. Syracuse, Univ.: Syracuse, NY.

Else, M. J., Clement, J., & Ramirez, M. A. (2003). 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.

Fraser, B. J., & Fisher, D. L. (1986). Using short forms of classroom climate instruments to assess and improve classroom psychological environment. Journal of Research in Science Teaching, 23(5), 387-413.

Harrison, A. G., & De Jong, O. (2005). Exploring the use of multiple analogical models when teaching and learning chemical equilibrium. Journal of Research in Science Teaching, 42(10), 1135-1159.

James, M. C., & Scharmann, L. C. (2007). Using analogies to improve the teaching performance of preservice teachers. Journal of Research in Science Teaching, 44(4), 565-585.

Kurtz, M. J. (1995). Using analogies to teach college chemistry: A multiple analogy approach. Unpublished doctoral dissertation, Arizona State University.

Lawson, A. E., Baker, W. P., DiDonato, L., Verdi, M. P., & Johnson, M. A. (1993). The role of hypothetico-deductive reasoning and physical analogues of molecular interactions in conceptual change. Journal of Research in Science Teaching, 30(9), 1073-1085.

Rule, A. C., & Furletti, C. (2004). Using form and function analogy object boxes to teach human body systems. School Science and Mathematics, 104(4), 155-169.

Sarantopoulos, P., & Tsaparlis, G. (2004). Analogies in chemistry teaching as a means of attainment of cognitive and affective objectives: A longitudinal study on a naturalistic setting, using analogies with a strong social content. Chemistry Education: Research and Practice, 5(1), 33-50.

Tsai, C. C. (1998). Overcoming eighth graders' misconceptions about microscopic views of phase change: A study of an analogy activity. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Diego.

Walczyk, J. J., & Ramsey, L. L. (2003). Use of learner-centered instruction in college science and mathematics classrooms. Journal of Research in Science Teaching, 40(6), 566-584.