

물질의 분자 수준을 시각적으로 강조하는 4단계 문제 해결식 수업이 학생의 개념과 문제 해결 능력에 미치는 효과

노 태 회 · 전 경 문

(서울대학교)

(1997년 6월 2일 받음)

I. 서 론

기본적인 화학 개념을 이해하고 문제 해결 능력을 함양하는 것은 전통적으로 화학 교육의 중요한 목표이며, 최근 화학 교육 연구 분야에서도 이 영역에 점점 더 많은 관심이 집중되고 있다(Ben-Zvi & Gai, 1994). 그러나 그동안 교육 현장에서는 문제 해결에 성공하는 것이 문제에 내재된 개념을 이해하고 있는 것이라는 암묵적인 가정이 지배적이었으므로, 자연 현상에 대한 정성적인 이해보다는 공식이나 법칙을 다룰 수 있는 기술을 강조해 왔다(Nurrenbern & Pickering, 1987). 이에 학생들은 단순한 사실이나 공식을 암기하게 되므로, 전형적인 수리 문제에 기계적으로 대처할 뿐 내재된 개념은 이해하지 못한다(노태회, 우규환, 임희준, 서인호, 1995; Smith & Metz, 1996). 화학 문제 해결에서 개념의 중요성은 전문가와 초보자의 문제 해결 과정을 분석한 연구에서도 나타난다. 문제 해결 초보자인 학생들은 개념의 이해가 부족하고 다양한 오개념을 지니기 때문에 문제 해결에 많은 어려움을 겪는 반면, 전문가는 체계적이고 풍부한 화학 지식을 바탕으로 주어진 문제를 다양하게 표상하여 성공적으로 해결하는 경향이 있다(Rief, 1983).

학생들의 개념 변화 또는 문제 해결 능력 향상을 위한 교수 방법의 효과를 조사하는 연구는 대부분 개념 이해나 문제 해결 중 하나의 관점에 의해 이루어졌다(Mettes, Pilot, Rookssink, & Kramers-Pals, 1980; Rogan, 1988). 그러나 진정한 의미의 문제 해결은 개념 이해를 수반하는 통합적인 성격을 지니므로(Gabel, Briner, & Haines, 1992), 두 가지

를 모두 고려한 교수 전략을 연구·개발할 필요가 있다. 특히, 화학은 물질에 관한 학문으로 물질의 입자성(particulate nature of matter)은 화학양론, 상변화, 화학 변화 등 여러 화학 개념을 이해하는 데 필수적이고, 화학 문제 해결에서도 분자 수준의 표상(molecular representation)이 매우 중요하다(Gabel, 1993). 이와 같은 맥락에서 분자 수준의 표상을 칠판에 그리거나 TP, 궤도, 컴퓨터 애니메이션 등으로 제시하는 교수법들이 제안되었는데, 이들은 대개 화학 개념 학습에는 효과적이지만 문제 해결 능력 향상에는 효과가 없는 것으로 보고되었다(Noh & Scharmann, 1997; Williamson & Abraham, 1995). 따라서 개념 이해뿐 아니라 문제 해결력도 향상시키기 위해서는 교수 방법에 대한 보다 다각적인 연구가 필요하며, 그 일환으로 문제 해결 전략의 교수를 들 수 있다. Reif(1983)에 의하면 학생들이 문제 해결에 성공하도록 하기 위해서는 전문가가 문제 풀이시 사용하는 전략을 자동화할 수 있도록 교수해야 한다. 그동안 3~10 단계로 구성된 문제 해결 전략이 60가지 이상 제안되었는데(Woods, 1989), 그 교수 효과에 대해서는 상반된 결과들이 보고되고 있다. 처치 집단 학생들의 문제 해결 능력이 유의미하게 향상된 경우도 있지만(Mettes, Pilot, Rookssink, & Kramers-Pals, 1980), 전략이 너무 복잡하여 학생들이 습득하기 어렵거나 비교적 많은 시간을 요하는 새로운 전략보다 기존의 단위·환산 연산법(factor-label method)이 사용되는 경향 등으로 인해 전통적 수업과 차이가 없는 경우도 있었다(Bunce & Heikkinen, 1986; Frank & Herron, 1987). 따라서 습득과 적용이 용이한 문제 해결 전략을 개발

* 이 논문은 1997년도 서울대학교 발전기금 선정 학술연구비의 지원에 의해 수행된 연구 결과의 일부임.

· 적용해 보아야 한다.

한편 분자 수준의 표상을 제시하는 것은 미시적 수준의 화학을 강조하는 수단이 될 뿐 아니라 시각적 교수 자료로서의 효과를 지닌다. 시각적인 자료를 이용하는 수업은 단순한 언어적 수업보다 학습의 효과를 높여 주고, 능력이나 학습 양식(learning style)이 다양한 학생들에게 또다른 측면의 경험을 제공할 수 있다는 잇점을 지닌다(Mayer & Sims, 1994). 주로 언어적 교수 방법에 의해 진행되는 전통적인 수업은 공간 능력(spatial ability)보다는 언어 능력(verbal ability)이 우수한 학생들에게 유리한 경향이 있으므로(Mayer & Sims, 1994), 우리나라와 같은 다인수 학급에서 학생들 개개인에게 보다 효과적인 방식의 표상을 제공해 줄 수 있는 교수 방법의 개발은 의미있는 일이다.

따라서 본 연구에서는 물질의 분자 수준(molecular level)을 시각적으로 강조하고 이해-계획-풀이-검토의 간단한 문제 해결 전략을 사용하는 교수 방법을 개발·적용하여, 학생들의 개념과 문제 해결 능력에 대한 효과를 조사하였다. 또한 물질의 입자성과 물리적 변화에 대한 학생들의 개념을 조사하는 연구(노태화와 전경문, 1996; 노태화, 전경문, 김혜경, 1996)를 인문계 여자 고등학교 2학년 학생들을 대상으로 반복하였다.

본 연구의 구체적인 목표는 다음과 같다.

1. 물질의 분자 수준을 시각적으로 강조하는 4단계 문제 해결식 수업이 학생들의 개념 및 문제 해결 능력에 미치는 효과를 조사한다.
2. 시각적인 교수 방법과 공간 능력 사이의 상호작용을 조사한다.
3. 물질의 입자성, 상변화, 확산, 용해에 대한 학생들의 개념을 조사한다.
4. 학생들의 논리적 사고력, 공간 능력, 개념 이해도, 문제 해결 능력 사이의 관계를 조사한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

연구 대상으로 서울시에 소재한 인문계 여자 고등학교의 2학년 이과반 중 전체 학업 성적이 유사한 두 학급을 선정 한 후, 화학 수업 시간대를 유사하게 조정하고 처치 집단(n = 55)과 통제 집단(n = 52)으로 무선 할당하였다.

2. 연구 절차

학습자의 특성을 조사하기 위하여 논리적 사고력 검사와 공간 능력 검사를 사전 검사로 실시한 후, 처치 집단에서는 시각적인 4단계 문제 해결식 수업을, 통제 집단에서는 전통적 수업을 13주(29차시)에 걸쳐 진행하였다. 새로운 교수법은 교사가 다른 학급의 수업에서 연습한 후 실시하도록 하였고, 처치 기간 중 연구자가 두 집단의 수업을 각각 2회씩 참관하였다. 수업 처치의 효과를 조사하기 위한 사후 검사로 화학 개념 검사와 화학 문제 해결 능력 검사를 실시하였다.

3. 시각적인 4단계 문제 해결식 교수 방법

교수 전략은 화학 개념 및 화학 문제 해결 학습에서 분자 수준 표상의 중요성(Gabel, 1993; Noh & Scharmann, 1997), 문제 해결 전략의 교수 효과(Mettes, Pilot, Rooksink, & Kramers-Pals, 1980), 시각적인 교수 자료의 유용성(Mayer & Sims, 1994) 등에 관한 선행 연구에 기초해 개발하였다. 교수 자료인 패도는 선행 연구(Noh & Scharmann, 1997) 및 교사와의 논의 등을 토대로 제작하였고, 교사용 지도서도 준비하였다.

수업 처치의 주요소는 1) 정성적인 개념을 강조하는 교사의 내용 강의, 2) 4단계 전략에 의한 교사의 문제 해결, 3) 학생들의 문제 해결 활동이다. 교사는 교과서에 제시된 정량적인 공식이나 법칙을 도입하기 전에, 패도를 이용하여 분자 수준의 표상을 그림으로 제시하면서 현상에 대한 정성적인 측면을 강조한다. 문제 해결 시간에는 먼저 학생들에게 이해-계획-풀이-검토의 4단계 문제 해결 전략을 패도로 설명하고, 이 단계에 따라 교과서의 예제를 해결해 준다. 이해 단계에서는 문제에서 주어진 조건과 구해야 할 것을 규명하고 분자 수준으로 문제를 표상하며, 계획 단계에서는 하위 목표를 설정하고 관련된 개념이나 법칙을 회상한다. 풀이 단계에서는 계획을 적용함으로써 문제를 해결한다. 검토 단계에서는 문제에서 요구하는 것을 구했는지 확인하고 계산 과정을 점검하며 답의 의미를 분자 수준에서 검토한다. 2~3개의 소단원에 대한 학습이 끝나면 교과서에 제시된 연습 문제를 학생들이 스스로 해결해 보도록 한다. 2~4명 정도로 소집단을 형성하여 4단계 전략에 의해 문제를 해결하고 일부 학생들이 그 과정을 발표하도록 한 후, 준비된 패도를 이용해 교사가 정리해 준다.

4. 검사 도구

논리적 사고력 검사(GALT: the Group Assessment of Logical Thinking: Roadrangka, Yeany, & Padilla, 1983)

는 6개의 하위 논리-보존 논리, 비례 논리, 변인통제 논리, 확률 논리, 상관 논리, 조합 논리-로 구성되어 있다. 본 연구에서 구한 축소본 GALT의 크론바하 α 는 .51이었다.

공간 능력 검사(SAT: the Spatial Ability Test)는 공간에서의 재구성(restructuring) 능력을 측정하는 공간 지각 능력 검사(the Purdue Visualization of Rotations Test: Guay, 1976)와 식별(disembedding) 능력을 측정하는 도형 찾기 퍼즐(the Find A Shape Puzzle: Linn & Kyllonen, 1981)로 구성하였다. 두 검사의 T 점수에 대한 평균을 구해 공간 능력 점수로 사용하였다(Bodner & McMillen, 1986). 두 검사의 크론바하 α 는 각각 .67과 .83이었다.

화학 개념 검사(CCT: the Chemistry Conceptions Test)는 물질의 입자성, 상변화, 확산, 용해에 관한 9분항으로 구성하였다(노태희와 전경문, 1996; 노태희, 전경문, 김혜경, 1996). 4개의 하위 검사들은 각각 학습 목표 개념을 모두 포함하도록 하면서, 분자 수준의 그림과 주관식 서술로 답하는 형식, 답지 선택 후 그 이유를 서술하는 형식, 주관식 서술형, 선다형 등을 조합해 5점 만점으로 구성하였다. 본 연구에서 CCT의 크론바하 α 는 .44이었다.

화학 문제 해결 능력 검사(CPSAT: the Chemistry Problem Solving Ability Test)는 학생들의 개념 이해도와 수리 문제 해결력을 비교하기 위해 제작된 것으로, 화학양론, 기체, 용액 등에 관한 개념 문제와 수리 문제 10쌍으로 구성되어 있다(노태희와 임희준, 1996). 분자 수준의 그림으로 제시된 개념 문제는 수리적인 내용없이 개념 이해만을 요구하는 것이고, 수리 문제는 공식을 적용하여 해결할 수 있는 문항들이다(Nakhleh & Mitchell, 1993; Nurrenbern & Pickering, 1987). 본 연구에서 구한 CPSAT의 크론바하 α 는 .66이었다.

5. 분석 방법

CCT는 선행 연구(노태희, 전경문, 김혜경, 1996)의 기준을 이용해 채점하였다. 분자 수준의 그림과 주관식 서술로 답하는(그림-서술형) 문항의 경우 학생들의 응답을 6개 범주로 분류하였는데, '비과학적 이해'는 0점, '오개념이 포함된 부분적 이해' 및 '오개념이 없는 최소한의 이해'는 1점, '오개념이 하나 포함된 충분한 이해' 및 '부분적 이해'는 2점, '과학적 이해'는 3점으로 채점하였다. 분석의 신뢰도를 높이기 위하여 10명의 답안지를 무작위로 선정하여 연구자 2인이 분석을 연습·논의하고, 10명의 답안지를 재선정해 분석자간 일치도를 구한 후 모든 답안지를 연구자 1인이 분석하였다.

시각적인 4단계 문제 해결식 수업이 학생들의 화학 개념 학

습과 문제 해결 학습에 미치는 효과 및 수업 처치와 공간 능력 사이의 상호작용 효과를 조사하기 위하여, GALT 점수를 공변인으로 사용하고 SAT 점수를 구획 변인으로 사용하는 이원 공변량 분석을 실시하였다. 모든 통계 분석은 SPSS 프로그램을 이용해 실시하였다.

III. 결과 및 논의

1. 사전 검사 결과

GALT 실시 결과 처치 집단의 평균은 12점 만점에 8.75 (SD = 1.53), 통제 집단은 8.21(SD = 1.86)로 처치 집단의 점수가 약간 높았으나 중앙치 검증에서 유의미한 차이는 없었다($\chi^2 = 1.87$). SAT의 경우도 처치 집단의 평균이 100점 만점에 50.65(SD = 7.76)로서 통제 집단의 평균 49.32(SD = 8.19)보다 높았으나, 중앙치 검증 결과 유의미한 차이는 없었다($\chi^2 = .01$).

한편 SAT 점수의 전체 평균 50.00을 기준으로 공간 능력 상·하위 집단을 구분한 결과, 상위 집단에는 58명(54.2%)이, 하위 집단에는 49명(45.8%)이 속하였다(표 1).

2. 사전·사후 검사 점수 사이의 상관

GALT, SAT, CCT, 그리고 CPSAT 점수 사이의 상관관계를(표 2)에 제시하였다. 각 점수들 사이의 상관관계는 모두 .01 수준에서 유의미하였으며, 특히 공변인으로 사용된 GALT 점수와 종속 변인인 CCT 및 CPSAT 점수 사이의 유의미한 상관

<표 1> 공간 능력에 따른 집단 구성(%)

	통제 집단	처치 집단	계
상위 집단	27(25.2)	31(29.0)	58(54.2)
하위 집단	25(23.4)	24(22.4)	49(45.8)
계	52(48.6)	55(51.4)	107(100)

<표 2> 사전·사후 검사 점수 사이의 상관

	GALT	SAT	CCT	CPSAT
GALT	1.00			
SAT	.36**	1.00		
CCT	.35**	.30**	1.00	
CPSAT	.40**	.31**	.48**	1.00

**p < .01.

을 확인할 수 있었다.

3. 화학 개념 검사의 분석자간 일치도

CCT 중 그림-서술형 문항에 대한 응답을 6개 범주로 분류하는 과정에서 분석자간 일치도는 평균 .88이었고, 이를 0~3점으로 채점한 후 구한 일치도는 평균 .90이었다(표 3). 주관식 서술형 문항의 채점에서도 분석자간 일치도가 평균 .90이었다(표 4). 이를 통해 CCT 응답 분석의 신뢰도를 확인하였다.

4. 학생들의 화학 개념 이해에 대한 수업 처치의 효과

GALT 점수를 공변인으로, SAT 점수를 구획 변인으로 하여 CCT 점수에 대한 이원 공변량 분석을 실시하였다. CCT 점수의 평균 및 교정 평균을 <표 5>에, 수업 처치의 주효과 및 수업 처치와 공간 능력 사이의 상호작용 효과를 <표 6>에 제시하였다. CCT 전체 점수에서 처치 집단의 교정 평균(11.21)은 통제 집단(9.59)보다 높았으며, 그 차이는 통계적으로 유의미하였다. 공간 능력과 수업 처치 사이의 상호작용 효과는

유의미하지 않았는데, 공간 능력 상·하위 집단 모두 통제 집단보다 처치 집단 학생들의 교정 평균이 높았다. 이러한 결과는 물질의 분자 수준을 시각적으로 강조하는 교수 방법이 학생들의 공간 능력에 관계없이 화학 개념 학습에 효과적이라는 것을 의미한다. 그러나 수업 후 학생들의 개념 이해 수준은 비교적 저조하였고, 특히 용해에 대한 하위 검사의 교정 평균이 매우 낮았다.

<표 3> 화학 개념 검사의 그림-서술형 문항에 대한 분석자간 일치도

	1번	5번	6번	8번	평균
분류	0.90	0.80	0.90	0.90	0.88
채점	0.90	0.80	1.00	0.90	0.90

<표 4> 화학 개념 검사의 주관식 서술형 문항에 대한 분석자간 일치도

	2번	7A번	7B번	9번	평균
채점	0.90	0.80	1.00	0.90	0.90

<표 5> 화학 개념 검사 점수의 평균 및 교정 평균

		통제 집단		계	처치 집단		계
		공간 능력 상위 집단	공간 능력 하위 집단		공간 능력 상위 집단	공간 능력 하위 집단	
CCT (20점)	평균	9.74	9.16	9.46	11.97	10.54	11.35
	표준편차	3.01	2.91	2.95	2.21	2.34	2.36
	교정평균	9.51	9.62	9.59	11.65	10.63	11.21
물질의 입자성 (5점)	평균	3.11	2.60	2.87	3.77	3.21	3.53
	표준편차	1.48	1.32	1.42	1.06	1.38	1.23
	교정평균	3.06	2.71	2.91	3.70	3.23	3.49
상변화 (5점)	평균	3.22	2.96	3.10	3.32	2.83	3.11
	표준편차	.80	.94	.87	1.01	1.13	1.08
	교정평균	3.18	3.06	3.13	3.26	2.85	3.08
확산 (5점)	평균	2.11	2.32	2.21	3.10	2.71	2.93
	표준편차	1.37	1.28	1.32	1.11	.86	1.02
	교정평균	2.06	2.43	2.24	3.02	2.73	2.90
용해 (5점)	평균	1.30	1.28	1.29	1.77	1.79	1.78
	표준편차	1.07	.94	1.00	.88	1.02	.94
	교정평균	1.23	1.42	1.32	1.68	1.82	1.75

<표 6> 화학 개념 검사에 대한 이원 공변량 분석 결과

변량원	자승화	자유도	평균자승화	F	p
공변인	56.94	1	56.94	8.87	.004
주효과	67.85	2	33.92	5.29	.007
수업 처치	63.60	1	63.60	9.91	.002
공간능력	4.80	1	4.80	.75	.389
상호작용	8.34	1	8.34	1.30	.257
설명오차	183.69	4	45.92	7.16	.000
잔여오차	654.54	102	6.42		

CCT의 하위 검사 중 물질의 입자성 영역에서는 수업 처치의 주효과가 유의미하였는데($p < .05$), 이 영역의 모든 문항들에서 처치 집단의 교정 평균이 통제 집단보다 높았다. 특히 기체 분자의 운동 및 분포에 관한 그림-서술형 문항에서 그 차이가 두드러졌는데, 기체 분자가 끊임없이 운동한다거나 밀폐된 공간에서 기체 분자가 골고루 분포한다는 등의 모든 목표 개념은 처치 집단 학생들에게서 많이 나타난 반면, 오개념은 통제 집단 학생들에게서 많이 나타났다. 나타난 오개념 중 일부를 <표 7>에 제시하였다. 밀폐된 용기 내에 있는 기체의 양이 적을수록 기체 분자의 운동 속도가 빨라진다는 유형

이 가장 많이 나타났다(16.8%). 통제 집단에서는 용기 내의 기체 분자수가 줄어들어 압력이 감소하는 현상에 대해, 압력이 감소하였으므로 기체의 부피가 증가한다고 생각하는 학생들이 많아(21.2%), 압력, 부피, 몰수의 관계에 대한 이해가 부족한 것을 알 수 있었다.

상변화 영역은 그림-서술형 1문항과 객관식 2문항으로 구성되었다. 그림-서술형 문항에서는 처치 집단의 교정 평균이 더 높았으나 객관식 문항들에서는 통제 집단의 교정 평균이 더 높아, 이 영역에 대한 수업 처치의 주효과는 유의미하지 않게 나타났다. 물의 상변화 과정에 대한 그림-서술형 문항에서 분자의 크기, 개수, 배열 상태 등과 관련된 목표 개념은 대부분의 학생들이 제시한 반면, 상변화시 분자간 인력이나 인력과 분자 운동의 관계에 대해서는 50% 이하만이 바르게 제시하였다. 이 문항에서 가장 많이 나타난 오개념(18.7%)도 열이 분자간의 인력을 약화시킴으로써 분자 운동이 활발해진다는 것이었다(표 7).

확산 영역에서는 수업 처치의 주효과가 유의미하였다($p < .05$). 잉크의 확산에 대한 그림-서술형 문항의 경우 모든 목표 개념을 처치 집단 학생들이 보다 많이 나타내었는데, 확산 현상이 분자 수준의 섞임이라는 것과 확산 후 매개체 내의 분자들이 균일해진다는 것에서 그 차이가 두드러졌다. 이 문항

<표 7> 그림-서술형 문항으로 조사한 학생들의 오개념 유형 및 빈도(%)

오개념 유형	통제 집단	처치 집단	계
물질의 입자성			
기체의 양이 적을수록 분자 운동 속도가 빨라짐	10(19.2)	8(14.5)	18(16.8)
압력, 부피, 몰수의 관계를 잘못 이해함	11(21.2)	4(7.3)	15(14.0)
기체 분자의 분포를 잘못 이해함	8(15.4)	6(10.9)	14(13.1)
상변화			
가열→ 인력 감소→ 운동 증가	12(23.1)	8(14.5)	20(18.7)
규칙적인 배열을 한 액체	8(15.4)	6(10.9)	14(13.1)
분자간 간격이 큰 액체나 고체	3(5.8)	11(20.0)	14(13.1)
상변화시 분자의 크기가 변함	5(9.6)	1(1.8)	6(5.6)
확산			
화학 변화	12(23.1)	7(12.7)	19(17.8)
분자간 인력	5(9.6)	1(1.8)	6(5.6)
용해, 수화	4(7.7)	2(3.6)	6(5.6)
용해			
화학 변화	1(1.9)	4(7.3)	5(4.7)
분자의 크기가 작아야 녹음	4(7.7)	2(3.6)	6(5.6)
운동이 활발해야 녹음	0(0.0)	3(5.5)	3(2.8)
분자량에 따라 용해도가 결정됨	1(1.9)	2(3.6)	3(2.8)

서 학생들이 가장 많이 드러낸 오개념(17.8%)은 몰과 잉크가 결합한다든지 물 분자가 잉크 분자로 변화한다는 것이었다(노태희, 전경문, 김혜경, 1996). 분자간 인력, 용해, 수화 등의 용어로 확산 현상을 기술한 학생들도 있었다. 이러한 오개념들은 통제 집단에서 더 많이 나타났다.

용해 영역에서도 수업 처치의 주효과가 유의미하였고($p < .05$), 모든 문항에서 처치 집단의 교정 평균이 통제 집단보다 높았으나, 그 성취 수준은 매우 낮았다(표 5). 용해의 원리에 관한 그림-서술형 문항에서 대부분의 학생들이 용액 내의 분자들이 균일한 것으로 답하였고, 오개념을 드러낸 학생도 많지 않았으나, 분자 운동이나 분자간 인력을 고려한 학생은 5% 내외에 불과했다. 선행 연구(노태희와 전경문, 1996; Haidar & Abraham, 1991)에서도 분자 수준의 용해 개념을 빠르게 이해한 학생들은 적은 것으로 보고되었다. 이 문항에서 나타난 오개념으로는 분자의 크기, 운동 속도, 질량 등에 의해 용해도가 결정된다는 것을 들 수 있다(표 7). 용매와 용질 사이에 일정한 결합비가 존재한다거나 용매와 용질이 결합하여 새로운 물질을 형성한다는 등 용해와 화학 변화를 혼동하는 학생들도 있었다. 확산에 대해서도 화학 변화라는 오개념이 많이 나타났는데, 이러한 결과들로부터 확산, 용해 등의 물리 변화와 화학 변화 사이의 차이를 강조하는 수업 처치가 필요함을 알 수 있다.

5. 학생들의 화학문제 해결능력에 대한 수업 처치의 효과

GALT 점수를 공변인자로, SAT 점수를 구획 변인으로 하

여 CPSAT 점수에 대한 이원 공변량 분석을 실시하였다. CPSAT 점수의 평균 및 교정 평균을 <표 8>에, 수업 처치의 주효과 및 수업 처치와 공간 능력 사이의 상호작용 효과를 <표 9>에 제시하였다. CPSAT 전체에 대한 교정 평균은 처치 집단(9.14)이 통제 집단(8.18)보다 높았고, 이러한 경향성은 학생들의 공간 능력에 관계없이 나타났다. 그러나 수업 처치의 주효과가 유의미하지는 않았고 공간 능력과의 상호작용 효과도 없었다. 하위 검사별 결과를 비교해 보면 개념 문제의 점수가 수리 문제보다 낮았는데, 이는 학생들의 수리 문제 해결력에 비하여 개념 이해 수준이 낮다는 선행 연구(노태희와 임희준, 1996; Nurrenbern & Pickering, 1987) 보고들과 일치하는 결과이다.

한편 CCT에서는 수업 처치의 주효과가 유의미하였던 반면, CPSAT 개념 문제에서는 처치 집단의 교정 평균(3.92)이 통제 집단(3.45)보다 높았으나 유의미한 차이가 없었다. 이는 CPSAT 개념 문제에서 요구되는 내용이 CCT에서 요구되는 개념들 중 일부이기 때문인 것으로 파악된다(Noh & Scharmann, 1997). CPSAT 개념 문제의 답지는 분자 수준의 그림으로만 구성되었으므로 분자 수준의 그림 그리기, 주관식 서술 등이 조합된 CCT에서 다루어지는 개념을 모두 포함할 수는 없었다. 예를 들어 CPSAT에서는 분자간 인력이나 분자 운동 속도 등을 답지에 나타낼 수 없었으나, CCT에서는 인력이나 운동에 대한 목표 개념을 기술한 학생이 적고 이와 관련된 오개념을 지닌 학생이 많은 것 등을 알 수 있었다. 따라서 CPSAT에서 정답을 맞춘 학생의 경우도 목표 개념과 오개념을 모두 고려해 채점한 CCT에서 만점을 받기는 어려웠고, CPSAT에서 오답을 선택한 학생에게도 CCT에서

<표 8> 화학문제 해결능력 검사 점수의 평균 및 교정 평균

		통제 집단			처치 집단		
		공간 능력 상위 집단	공간 능력 하위 집단	계	공간 능력 상위 집단	공간 능력 하위 집단	계
CPSAT (20점)	평균	9.22	6.64	7.98	10.03	8.46	9.35
	표준편차	3.76	2.71	3.51	3.50	2.95	3.34
	교정평균	8.92	7.25	8.18	9.61	8.57	9.14
개념 문제 (10점)	평균	4.11	2.52	3.35	4.48	3.42	4.02
	표준편차	1.99	1.19	1.83	1.82	1.44	1.74
	교정평균	3.98	2.79	3.45	4.30	3.47	3.92
수리 문제 (10점)	평균	5.11	4.12	4.64	5.55	5.04	5.33
	표준편차	2.24	1.97	2.15	2.00	2.05	2.02
	교정평균	4.94	4.47	4.74	5.31	5.11	5.23

<표 9> 화학 문제 해결 능력 검사에 대한 이원 공변량 분석 결과

변량원	자승화	자유도	평균자승화	F	p
공변인	100.06	1	100.06	10.11	.002
주효과	67.26	2	33.63	3.40	.037
수업 처치	25.95	1	25.95	2.62	.108
공간 능력	42.35	1	42.35	4.28	.041
상호 작용	2.64	1	2.64	.27	.606
설명 오차	269.90	4	67.48	6.82	.000
잔여 오차	1009.30	102	9.90		

는 부분 점수를 받을 수 있는 기회가 제공되었다. 많은 선행 연구들이 분자 수준의 그림 문제를 이용해 학생들의 개념 문제 해결력을 평가해 왔지만(노태희, 우규환, 임희준, 서인호, 1995; Nakhleh & Mitchell, 1993; Nurrenbern & Pickering, 1987), 본 연구에서 학생들의 화학 개념 이해도는 CCT에 의해 보다 타당하게 평가된 것으로 파악된다. 이는 객관식 문제에 대한 학생들의 응답이 구술형이나 주관식 서술형에 대한 응답과 다르다는 선행 연구(Bar & Galili, 1994) 보고와 일맥상통하는 것이다. 그러나 많은 학생들을 대상으로 개념 이해도를 평가하기 위해서는 객관식 문항의 개발이 필수적이다. 본 연구에서 사용한 CPSAT내 각 문항의 답지들은 주관식 검사를 통해 학생들의 오개념을 미리 파악함으로써 제작되었지만(노태희와 임희준, 1996), 지속적인 수정 작업이 진행되어야 하며 그림 문제의 제한점을 문장 문제로 보완할 필요가 있다(Beall & Prescott, 1994).

CPSAT 수리 문제에서도 처치 집단의 교정 평균(5.23)이 통제 집단(4.74)보다 높았으나, 분자 수준으로 문제를 표상하고 하위 목표를 설정하는 등의 전략이 학생들의 수리 문제 해결 능력을 유의미하게 향상시키지는 못했다. 본 연구에서는 문제 해결 전략을 교수할 뿐 아니라 소그룹별로 문제를 해결하도록 하거나 일부 학생들에게 문제 해결 과정을 발표하도록 하는 등 연습 시간을 제공하였는데, 학생들이 전략을 자동화할 수 있을 만큼 충분한 기회를 제공하지는 못했던 것으로 파악된다. 단순히 학생들의 문제 풀이 활동 시간만을 늘이는 데에는 현실적인 제약이 따르므로, 학생들의 전략 습득을 보다 효과적이고 효율적으로 점검할 수 있는 교수 방법에 대한 연구가 필요하다. 예를 들어 한 학생은 문제 해결 과정을 말로 표현하고 다른 학생이 이를 구체적으로 점검할 수 있도록 한다든지(Pestel, 1993), 사고 과정을 적어가며 문제를 풀게 함으로써 학생 스스로가 자신의 전략을 평가해 볼 수 있도록 하는 등의 방법을 활용할 수 있을 것이다. 한편 본 연구

에서 수리 문제 해결 능력은 시간이 제한된 객관식 검사에 의해 측정하였으므로, 학생들이 비교적 많은 시간을 요하는 새로운 전략보다 기존의 방식에 의해 문제를 해결했을 수 있다(Bunce & Heikkinen, 1986). 따라서 문제 해결 과정을 가급적 자세히 적도록 하는 주관식 검사(Asieba & Egbugara, 1993)나 발생사고법 등을 이용해, 구체적인 문제 해결 전략에 대한 교수 효과를 분석하고 이러한 전략과 문제 해결 성공 여부 사이의 관계를 조사할 필요가 있다.

IV. 결론 및 제언

본 실험 연구에서는 고등학생 107명을 대상으로, 물질의 분자 수준을 시각적으로 강조하는 이해-계획-풀이-검토의 4단계 문제 해결식 수업이 학생들의 화학 개념 이해 및 문제 해결 능력 함양에 미치는 효과를 조사하였다. 교수 전략은 화학 개념 학습이나 문제 해결 학습에서 중요하게 작용하는 요소들뿐만 아니라 다인수 학급 상황이라는 현실적인 측면도 고려해 개발하였다.

분자 수준의 그림을 이용하여 현상의 정성적인 측면을 강조하는 수업 방식은 학생들의 공간 능력에 관계없이 화학 개념 이해에 효과적이었다. 그러나 그 성취 수준은 비교적 낮았으므로, 계속적인 연구를 통해 미비점을 보완할 필요가 있다. 특히 분자 운동이나 분자간 인력에 대한 개념을 강조하고, 확산, 용해 등의 물리 변화와 화학 변화 사이의 차이를 명확히 교수해야 한다.

문제 해결의 측면에서는 비록 본 연구에서 문제 해결 발견술(heuristics)을 교수하고 학생들에게 연습의 기회도 제공하였으나, 이러한 수업 처치가 객관식 지필 검사로 측정된 학생들의 수리 문제 해결 능력을 유의미하게 향상시키지는 못했다. 따라서 문제 해결시 자신의 인지 과정이나 동료의 인지 과정을 구체적으로 점검해 보도록 하는 등의 활동을 이용해, 학생들이 문제 해결 전략을 자동화할 수 있도록 하는 교수 방법을 연구·개발하여야 한다. 개념 문제 해결 능력과 수리 문제 해결 능력을 보다 타당하게 평가할 수 있는 검사 도구에 대한 연구도 계속 진행되어야 한다.

한편 본 연구 결과의 일반화를 위해서는 중학생이나 대학생으로 연구 대상을 확대하고, 보다 다양한 내용 영역에 대해 교수 자료를 개발하여 그 효과를 검증해 보아야 한다. 공간 능력 이외의 다양한 학습자 특성과 시각적인 교수 방법 사이의 상호작용도 연구되어야 한다.

참 고 문 헌

- 노태희, 우규환, 임희준, 서인호(1995). 이과계열 고등학생의 화학 계산 문제 해결력과 개념 이해도 비교. 화학교육, 22(3), 144-156.
- 노태희와 임희준(1996). A comparison between algorithmic problem solving and conceptual understanding of Korean students with three types of problems. 화학교육, 23(6), 402-410.
- 노태희, 임희준, 우규환(1995). 화학양론과 기체 상태에 대한 중·고등학생의 개념 이해도 비교. 한국과학교육학회지, 15(4), 437-451.
- 노태희와 전경문(1996). High school students' conceptions regarding change of states and dissolution and the relationships with logical reasoning ability. 화학교육, 23(2), 102-112.
- 노태희, 전경문, 김혜경(1996). A reliable method to scale students' conceptions of matter and diffusion. 화학교육, 23(1), 42-50.
- Asieba, F.O., & Egbugara, O.U. (1993). Evaluation of secondary pupils' chemical problem-solving skills using a problem-solving model. *Journal of Chemical Education*, 70(1), 38-39.
- Bar, V., & Galili, I. (1994). Stages of children's views about evaporation. *International Journal of Science Education*, 16(2), 157-174.
- Ben-Zvi, N., & Gai, R. (1994). Macro-and micro-chemical comprehension of real-world phenomena. *Journal of Chemical Education*, 71(9), 730-732.
- Beall, H., & Prescott, S. (1994). Concepts and calculations in chemistry teaching and learning. *Journal of Chemical Education*, 71(2), 111-112.
- Bodner, G.M., & McMillen, T.L.B. (1986). Cognitive restructuring as an early stage in problem solving. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(8), 727-737.
- Bunce, D.M., & Heikkinen, H. (1986). The effects of an explicit problem-solving approach on mathematical chemistry achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(1), 11-20.
- Frank, D.V., & Herron, J.D. (1987). *Teaching problem solving to university general students*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Washington, DC.
- Gabel, D.L. (1993). Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding. *Journal of Chemical Education*, 70(3), 193-194.
- Gabel, D., Briner, D., & Haines, D. (1992). Modelling with magnets. *The Science Teacher*, 59(3), 58-63.
- Guay, R. (1976). *Purdue spatial visualization test*. Purdue Research Foundation.
- Haidar, A.H., & Abraham, M.R. (1991). A comparison of applied and theoretical knowledge of concepts based on the particulate nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(10), 919-938.
- Linn, M.C., & Kyllonen, P. (1981). The field dependence-independence construct: Some, one or none. *Journal of Educational Psychology*, 73(2), 261-273.
- 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.
- Mettes, C.T.C.W., Pilot, A., Roossink, H.J., & Kramers-Pals, H. (1980). Teaching and learning problem solving in science: Part I. *Journal of Chemical Education*, 57(12), 882-885.
- Nakhleh, M.B., & Mitchell, R.C. (1993). Concept learning versus problem solving: There is a difference. *Journal of Chemical Education*, 70(3), 190-192.
- 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.
- Nurrenbern, S.C., & Pickering, M. (1987). Concept learning versus problem solving: Is there a difference? *Journal of Chemical Education*, 64(6), 508-510.
- Pestel, B.C. (1993). Teaching problem solving without modeling through "thinking aloud pair problem solving". *Science Education*, 77(1), 83-94.
- Reif, F. (1983). How can chemists teach problem solving?: Suggestions derived from studies of cognitive processes. *Journal of Chemical Education*, 60(11), 948-953.
- Roadrangka, V., Yeany, R.H., & Padilla, M.J. (1983). *The construction and validation of Group Assessment of*

<연구논문> 물질의 분자 수준을 시각적으로 강조하는 4단계 문제 해결식 수업이 학생의 개념과 문제 해결 능력에 미치는 효과 : 노태희 · 전경문

Logical Thinking (GALT). Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas.

Rogan, J.M. (1988). Development of a conceptual framework of heat. *Science Education*, 72(1), 103-113.

Smith, K.J., & Metz, P.A. (1996). Evaluating student understanding of solution chemistry through microscopic representations. *Journal of Chemical Education*, 73(3), 233-235.

Williamson, V.M., & Abraham, M.R. (1995). The effects of computer animation on the particulate mental models of college chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(5), 521-534.

Woods, D.R. (1989). Problem solving in practice. In D. L. Gabel (Ed.), *What research says to the science teacher: Problem solving* (pp. 97-121). Washington, DC. : National Science Teachers Association.

(ABSTRACT)

The Instructional Effect of a Four-stage Problem Solving Approach Visually Emphasizing the Molecular Level of Matter upon Students' Conceptions and Problem Solving Ability

Noh, Tae-Hee · Jeon, Kyung-Moon
(Seoul National University)

The purpose of this study was to investigate the instructional effect of a four-stage problem solving approach visually emphasizing the molecular level of matter upon students' conceptions and problem solving ability. On the basis of the research results regarding molecular representation in learning chemistry, problem-solving instruction, and the effect of visual materials, the instructional strategy was developed while considering Korean educational situations.

The treatment and control groups (2 classes) were selected from a girls' high school in Seoul and taught about stoichiometry, gas, liquid, solid, and solution for 13 weeks. For the treatment group, 52 charts were supplied in order to emphasize the molecular level of matter and /or 4 stage problem solving strategy - understanding, planning, solving, and reviewing. For the control group, traditional instruction was used. Before the instructions, the Group Assessment of Logical Thinking and the Spatial Ability Test were administered, and their scores were used as covariate and blocking variable, respectively. After the instructions, students' conceptions and problem solving ability were measured by the Chemistry Conceptions Test (CCT) and the Chemistry Problem Solving Ability Test (CPSAT), respectively.

The results indicated that the CCT scores of the treatment group were significantly higher than those of the control group. The students in the treatment group also exhibited less misconceptions than those in the control group. However, there was not significant difference for the CPSAT scores. No interaction with students' spatial ability was found for both students' conceptions and problem solving ability. Educational implications are discussed.