

## 문제 해결 전략과 해결자·청취자 활동이 고등학생의 화학 문제 해결에 미치는 효과

전경문·노태희  
(서울대학교 화학교육과)

### The Effects of Problem Solving Strategy and Paired Think- Aloud Problem Solving on High School Students' Chemistry Problem Solving

Jeon, Kyungmoon · Noh, Taehee

(Department of Chemistry Education, Seoul National University)

#### ABSTRACT

The effect of the instructional approach that asked students to check their problem-solving processes through a paired think-aloud problem solving after presenting molecular-level pictures and a four stage-problem solving strategy was investigated. Four high school classes (N = 191) were randomly assigned to St group (using Strategy individually), SL group (Solver · Listener), St-SL group (using Strategy-Solver · Listener), and control group. Although the test scores of the St-SL group on strategy performing ability were significantly higher than those of the control group, there was not significant difference for the scores in the multiple-choice algorithmic problems. Regarding the subcategories of strategy performing ability test, students' ability of understanding given of problems and deriving the proper physical quantity was improved, but their ability of setting up subgoals and reviewing their solving process was very low. The preference to the strategy of the St-SL group was more positive than that of the St group.

**Key words** : problem solving strategy, paired think-aloud problem solving, problem solving ability, high school chemistry.

#### I. 서론

문제 해결은 인지 심리학자나 교육학자의 주요 관심 영역으로서, 그 동안 학생들의 문제 해결력을 향상시키기 위한 교수 방법들이 다양한 맥락에서 개발

되어 왔다. 그 일환으로 전문가의 문제 해결 과정을 전략화하여 교수할 것이 제안되었는데(Camacho & Good, 1989; Reif, 1983), 그 효과에 대해서는 서로 다른 결과들이 보고되었다(Bunce & Heikkinen, 1986; Mettes, Pilot, Roossink, Kramers-Pals,

1980). 이에 대해 노태희와 전경문(1997)은 진정한 의미의 문제 해결을 위해서는 개념 이해가 선행되어야 한다는 점(Gabel, Briner, & Haines, 1992)에 기초하여, 분자 수준(molecular level)의 그림으로 화학 개념 이해를 강조하고 이해-계획-풀이-검토의 4단계 문제 해결 전략을 교수하는 방안을 개발하였다. 그러나 이 방법도 학생들의 개념 이해에는 효과적이었으나 문제 해결력을 향상시키지는 못했다. 성공적인 문제 해결을 유도하기 위해서는 적절한 개념과 문제 해결 전략을 교수할 뿐만 아니라, 실제 문제 해결 과정에서 그 지식을 사용하도록 지도할 필요가 있다(Schoenfeld, 1985).

Whimbey와 Lochhead(1986)는 개인의 문제 해결 과정을 체계적으로 점검할 수 있는 하나의 방안으로, 소리내어 문제를 해결하는 '해결자(solver)'와 이를 듣고 이해하는 '청취자(listener)'로 구성된 '해결자·청취자 활동(paired think-aloud problem solving)'을 제안한 바 있다. 이 활동을 통해 해결자는 자신의 사고 과정을 명확히 알고 잘못된 부분을 교정할 수 있으며, 청취자는 해결자의 생각을 통해 학습에 도움을 받고 자신의 사고 과정에도 관심을 기울이게 될 것이다(Lochhead & Clement, 1979). 이에 해결자·청취자 활동의 교육적 효과는 매우 클 것으로 기대되어 최근 외국의 여러 대학에서 수학, 과학, 읽기 강의 등에 적용하고 있으나(Whimbey & Lochhead, 1986), 아직까지 그 교수 효과를 조사한 실험 연구는 찾아보기 어렵다. Pestel(1993)은 일반 화학 수업에서 강의 대신 이 방식을 적용하였는데, 시험 결과 예년에 비해 0점을 받은 학생이 적고 부분 점수를 받은 학생이 많은 것으로 나타났다. 즉, 학생들 스스로 문제 해결 과정을 점검해 보는 것이 어느 정도 긍정적인 효과를 미친 것으로 볼 수 있다. 그러나 만점을 받은 학생은 오히려 줄었는데, 이는 교사에 의한 개념이나 문제 해결 전략의 제시가 중요함을 시사한다.

따라서 본 연구에서는 분자 수준의 그림과 4단계(이해-계획-풀이-검토) 문제 해결 전략을 제시한 후, 해결자·청취자 활동으로 전략 사용 과정을 점검하도록 하는 교수 방법(St-SL: Strategy-Solver·

Listener)을 개발하였다. 이 교수 방법의 효과를, 4단계 문제 해결 전략을 사용하여 개별적으로 문제를 해결하도록 하는 교수 방법(St: Strategy), 해결자·청취자 활동으로 학생들 나름의 문제 해결 과정을 점검해 보도록 하는 교수 방법(SL: Solver·Listener), 그리고 전통적인 수업 방식의 효과와 비교하였다. 본 연구의 구체적인 목표는 다음과 같다.

- 1) 새로운 교수 방법이 객관식 화학 문제 해결력에 미치는 효과 및 교수 방법과 사전 성취 수준 사이의 상호작용 효과를 조사한다.
- 2) 새로운 교수 방법이 문제 해결 전략 수행 능력에 미치는 효과 및 교수 방법과 사전 성취 수준 사이의 상호작용 효과를 조사한다.
- 3) St 집단과 St-SL 집단을 대상으로 객관식 문제 해결력 검사에서의 전략 사용을 조사한다.
- 4) St 집단과 St-SL 집단을 대상으로 전략에 대한 선호도를 조사한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

연구 대상은 서울시에 소재한 일반계 고등학교 2학년 자연계열 남학생 191명이었다. 성적과 화학 수업 시간대가 유사한 네 학급을 선정하여 동질 집단을 확인한 후( $MS = 124.62, F = .35, p = .786$ ), 각각 St, SL, St-SL 집단과 통제 집단으로 무선 배치하였다. 이전 학기 기말 고사 화학 성적에 기초하여 상·하위 약 33%(상: 32.5, 중: 33.5, 하: 34.0%)를 기준으로 구분한 각 집단의 사전 성취 수준별 사례수는 Table 1과 같다.

Table 1. Subjects of each group by previous achievement level

	Control	St	SL	St-SL	Total
High	19	13	16	14	62
Medium	19	13	16	16	64
Low	12	23	15	15	65
Total	50	49	47	45	191

## 2 연구 절차

선행 연구를 토대로 문제 해결 전략 및 해결자·청취자 활동을 검토하고, 참여 교사와의 면담을 통해 구체적인 교수 자료를 제작하였다. St, SL, St-SL 교수 방법에 따른 각 처치 집단에는 1차시의 예비 지도를 한 후, 대상 단원과 무관한 수학이나 화학 문제를 이용한 연습 수업을 1차시 더 실시하였다. 그리고 '기체' 단원에 대한 본 수업을 모든 집단에 4차시씩 진행한 후, 문제 해결 연습 시간을 1차시씩 진행하였다. 모든 수업은 교사가 각각 다른 학급에서 1회 이상 연습한 후 실시하도록 하였고, 연구자는 각 집단의 수업을 2회 이상 참관하면서 진행 상황을 점검하였다. 사후 검사로는 객관식 화학 문제 해결력 검사, 문제 해결 전략 수행 능력 검사, 전략 사용 검사, 그리고 전략에 대한 선호도 검사를 실시하였다.

## 3 수업 내용 및 방법

### 1) 교수 방법의 구성 요소

본 연구에서 사용한 St-SL 교수 방법은 분자 수준의 그림, 4단계 문제 해결 전략, 그리고 해결자·청취자 활동으로 구성되어 있다. 매 차시 교사는 정량적인 공식이나 법칙을 도입하기 전에 분자 수준의 그림을 제시함으로써 화학 개념을 강조하였고, 이해-계획-풀이-검토의 4단계 문제 해결 전략을 교수하였다(노태희와 전경문, 1997). 이해 단계에서는 문제에서

'주어진 조건'과 '구해야 할 것'을 규명하고 '분자 수준으로 문제를 표상'하며, 계획 단계에서는 '관련된 개념이나 법칙을 회상'하고, '하위 목표를 설정'하였다. 풀이 단계에서는 계획을 적용하여 문제를 해결하고, 검토 단계에서는 '문제에서 요구하는 것을 구했는지' 확인하고 '계산 과정'을 점검하며 '답의 의미'를 '분자 수준'에서 검토하였다.

해결자·청취자 활동을 위해서는 학생들의 이전 학기 기말 고사 화학 성적에 따라 (상·중), (중·하), (하·상)의 3가지 유형별로 2인 1조를 구성하였다. 해결자는 문제를 해결하면서 자신의 사고 과정을 모두 말로 표현하도록 하고, 청취자는 해결자의 모든 과정을 능동적으로 이해하고 그 정확성을 검토하도록 하였다(Pestel, 1993). 해결자와 청취자의 역할은 매 차시 교대하였다.

### 2) 각 집단의 수업 과정 비교

처치 집단(St, SL, St-SL 집단)과 통제 집단의 수업 과정을 Table 2에 비교, 제시하였다. 교사의 내용 강의시 처치 집단에서는 정량적인 법칙을 도입하기 전에 분자 수준의 그림으로 화학 개념 이해를 강조하였고, 통제 집단은 법칙이나 공식 위주로 설명하였다. 내용 강의에 이어 교사는 교과서 예제를 해결해 주었는데, St 집단과 St-SL 집단에서는 4단계 전략에 의거하고, 통제 집단과 SL 집단에서는 교과서에 제시된 풀이 과정대로 설명하였다. 매 차시 20분 정도 진행된 학생들의 문제 해결 활동에서, St 집단 학생들은 4

Table 2. Comparison of the instructions

	Control	St	SL	St-SL
lecture	quantitative relationship	molecular-level pictures before introducing quantitative relationship		
teacher's problem solving	textbook	4 stage-strategy	textbook	4 stage-strategy
problem solving activity	own method	4 stage-strategy	own method	4 stage-strategy
	individual	individual	paired think-aloud problem solving	paired think-aloud problem solving

단계 전략이 제시된 활동지를 사용하여 개별적으로 문제를 해결하도록 하고, SL 집단은 해결자가 소리 내어 자신의 방식대로 해결하고 청취자가 이를 듣고 이해하도록 하였다. St-SL 집단은 해결자가 4단계 전략 활동지를 사용해 소리내어 문제를 해결하고 청취자가 이를 점검하도록 하였다. 통제 집단에서는 개별 학생들이 자신의 방식대로 해결하고, 풀이 과정을 발표하기도 하였다. 교사는 학생들의 문제 해결 활동을 순회 지도하였고, 활동이 끝난 후 처치 집단에서는 정리 자료를 제공하고 통제 집단에서는 학생들의 발표 내용을 점검하거나 직접 문제를 해결해 주었다.

#### 4. 검사 도구

'객관식 화학 문제 해결력 검사'는 선행 연구(노태희와 전경문, 1997; Noh & Scharmann, 1997)에 기초하여 화학 교과서나 시험에서 제시되는 문항과 유사한 유형으로 제작하였다. 각 하위 영역(보일-샤를의 법칙, 기체 상태 방정식, 확산, 부분압력)별로 2 문항씩, 총 8문항으로 구성하였다. 본 연구에서의 크론바하  $\alpha$ 는 .64이었다. '객관식 화학 문제 해결력 검사'를 해결하는 과정에서의 전략 수행 능력을 발생사고법(Larkin & Rainard, 1984) 등에 의해 직접 조사할 수도 있으나, 본 연구에서는 보다 효율적으로 전략 수행 능력을 측정하기 위해 서술형 지필 검사인 '문제 해결 전략 수행 능력 검사'를 사용하였다. 이는 문제를 해결하면서 사고 과정을 가능한 자세히 적도록 한 것으로, 문제에서 구해야 할 것이 구체적으로 명시되어 있지 않고, 불필요한 정보가 포함되어 있으며, 일상적 상황으로 제시된 1문항이다(전경문, 안충희, 노태희, 제출중).

'전략 사용 검사'는 객관식 화학 문제를 해결할 때 수업 시간에 배운 4단계 전략을 얼마나 사용하는지를 조사하기 위한 것이다. 이해(3), 계획(2), 검토(4)의 각 단계에 해당하는 총 9가지 전략을, '객관식 화학 문제 해결력 검사'에서 얼마나 사용했다고 생각하는지 3단계 리커트 척도에 대해 응답하도록 하였다. 이 검사에서 학생들이 어떤 전략을 사용했다고 응답한 것이 그 전략을 바르게 수행했음을 의미하지는 않는

다. '전략에 대한 선호도 검사'는 4단계 전략에 대한 선호도를 묻는 5단계 리커트 문항으로 구성하였다. 본 연구에서 개발한 검사는 과학 교육 전문가 3인으로부터 안면 타당도를 검증 받았다.

#### 5. 분석 방법

문제 해결 전략 수행 능력 검사의 채점은 선행 연구(전경문, 안충희, 노태희, 제출중)에서와 같이, '조건 파악', '관련 법칙 회상', '하위 목표 설정', '물리량 유도', '수리적 수행', '논리적 전개', '검토'의 7개 범주에 대해 각각 3점 만점으로 실시하였다. 채점의 신뢰도를 높이기 위하여 수업 처치와 사전 성취 수준을 고려해 선정한 12명의 답안지에 대해, 2인의 분석자간의 일치도(intercoder agreement)가 .90임을 확인한 후, 모든 답안지를 연구자 1인이 채점하였다.

새로운 교수 방법의 효과 및 교수 방법과 사전 성취 수준 사이의 상호작용 효과를 조사하기 위해, 수업 처치를 독립 변인으로 하고 사전 성취 수준을 구획 변인으로 하는 4×3 이원 공변량 분석(2-way ANCOVA)을 실시하였다. 공변인으로는 이전 학기 중간 고사 화학 성적을 사용하였고, 사후 검증은 Tukey-Kramer로 실시하였다. 전략 수행 능력 검사의 범주별 분석에는 Kruskal-Wallis 검증을, 사후 검증으로는 Dunn의 방법(Siegel & Castellan, 1988)을 사용하였다. 4단계 전략에 대한 선호도 검사의 경우는 전략을 교수한 두 집단을 대상으로 2×3 이원 변량 분석(2-way ANOVA)을 실시하였다. 공변량 분석에 대한 사후 검증(Tukey-Kramer)에는 SAS 프로그램을, 나머지 모든 통계 분석에는 SPSS 프로그램을 사용하였다.

### III. 결과 및 논의

객관식 화학 문제 해결력 검사와 문제 해결 전략 수행 능력 검사의 평균 및 교정 평균을 Table 3에, 이에 대한 이원 공변량 분석 결과를 Table 4에 제시하였다. 객관식 문제 해결력의 경우 중, 하위 수준 학

생들은 전략을 교수하지 않은 SL 집단에서의 점수가 다소 높은 경향이 있었다(Table 3). 이는 문제 해결력 향상의 측면에서 해결자·청취자 활동의 효과에 대한 기대(Whimbey & Lochhead, 1986)를 어느 정도 지지한다. 반면, 상위 수준 학생들은 전략을 교수한 경우에서의 점수가 다소 높은 경향이 있었으므로, 문제 해결 전문가(성공자)의 사고 과정을 토대로 개발한 문제 해결 전략을 교수하는 것 역시 중요하다고 볼 수 있다. 그러나 수업 처치의 주효과나 수업 처치와 사전 성취 수준 사이의 상호작용 효과가 유의미하지는 않았다(Table 4).

문제 해결 전략 수행 능력에 대해서는 수업 처치의 주효과가 유의미하였는데, 상, 중, 하위 학생들 모두 St-SL 집단의 점수가 가장 높았다. Tukey-Kramer에 의한 사후 검증 결과 통계 집단과 St-SL 집단 사이에서 유의미한 차이가 나타났다. 이 결과는 학생들의 전략 수행 능력을 향상시키는 데에는, 단순히 전문가의 사고 과정을 교수하거나(St) 학생들 스스로의 문제 해결 과정을 점검하도록 하는 방식(SL)만으로는 부족하고, 두 가지 방식을 함께 고려한 수업 처치

(St-SL)가 효과적임을 의미한다.

St-SL 집단에서 전략 수행 능력이 유의미하게 향상되었으나, 객관식 문제 해결력이 유의미하게 향상되지 않았던 것은 서로 상반되는 결과로 보인다. 이에 대한 원인으로서는, 비록 전략 수행 능력 검사에서의 총점은 유의미하게 향상되었으나 이 검사의 7개 범주 중 성공적인 문제 해결을 위해 필수적인 부분에서 학생들의 수행 수준이 향상되지 않았을 수도 있다는 점, 학생들이 객관식 문제를 해결할 때 수업 시간에 배운 4단계 문제 해결 전략을 사용하지 않았을 수도 있다는 점(Bunce & Heikkinen, 1986), 5지 선다형의 객관식 문제 해결력 검사와 달리 전략 수행 능력 검사가 사고 과정을 자세히 적도록 한 서술형 문항으로 구성되었다는 점 등을 고려해 볼 수 있다.

이러한 가능성들 가운데 먼저 전략 수행 능력 검사의 각 범주별 수행 수준을 비교하기 위해서, Kruskal-Wallis 검증을 실시하였다(Table 5). 분석 결과, 조건 파악과 물리량 유도( $p < .01$ ), 관련 법칙 회상과 논리적 전개( $p < .05$ )에 대하여 집단간에 유의미한 차이가 나타났다. Dunn의 방법에 의한 사후 검증 결과 조

**Table 3.** Means, standard deviations, and adjusted means of the scores in multiple-choice problem solving ability test and strategy performing ability test

	Control (n = 50)		St (n = 49)		SL (n = 47)		St-SL (n = 45)	
	M(SD)	Adj. M	M(SD)	Adj. M	M(SD)	Adj. M	M(SD)	Adj. M
<b>Multiple-choice problem solving ability(8)</b>								
High	5.16(1.95)	4.70	5.92(1.71)	5.25	5.69(1.66)	4.95	5.50(1.99)	5.01
Medium	4.26(1.63)	4.35	4.39(1.81)	4.25	5.31(1.66)	5.30	4.69(2.65)	4.43
Low	3.00(1.21)	3.83	3.17(1.70)	3.81	3.67(1.50)	4.29	3.40(1.68)	3.99
Total	4.30(1.84)	4.36	4.22(2.04)	4.32	4.91(1.80)	4.83	4.51(2.28)	4.44
<b>Strategy performing ability(21)</b>								
High	13.37(4.95)	12.11	13.77(3.90)	11.92	14.06(4.17)	12.03	15.29(3.43)	13.93
Medium	9.37(3.88)	9.60	9.77(5.34)	9.40	9.88(4.99)	9.84	12.25(4.27)	11.55
Low	4.67(3.20)	6.96	8.17(5.19)	9.93	8.87(4.42)	10.58	9.93(4.56)	11.55
Total	9.76(5.32)	9.93	10.08(5.36)	10.35	10.98(4.99)	10.75	12.42(4.59)	12.22

**Table 4.** ANCOVA results on the scores in multiple-choice problem solving ability test and strategy performing ability test

Source of Variance	SS	df	MS	F	p
Multiple-choice problem solving ability					
Covariate	80.39	1	80.39	28.63	.000
Treatment	7.78	3	2.59	.92	.430
Treatment × Level	7.47	6	1.25	.44	.849
Strategy performing ability					
Covariate	608.31	1	608.31	36.60	.000
Treatment	185.87	3	61.96	3.73	.012
Treatment × Level	74.31	6	12.39	.75	.614
Post-hoc comparison for strategy performing ability test					
	St	SL	St-SL		
Control			*		

\*  $p < .05$ .

**Table 5.** Means, standard deviations, and Kruskal-Wallis results on the subcategories<sup>1</sup> of strategy performing ability test

	Control (n = 50)	St (n = 49)	SL (n = 47)	St-SL (n = 45)	$\chi^2$	p
understanding given of problems	2.06(.91)	2.59(.73)	2.21(.81)	2.53(.66)	14.17	.003
recalling related law	1.78(1.09)	1.59(1.24)	1.85(1.27)	2.24(1.05)	8.19	.042
setting up subgoals	.46(.99)	.80(1.14)	.81(1.15)	.76(1.26)	4.24	.237
deriving the physical quantities	1.04(1.38)	1.16(1.45)	1.43(1.44)	2.09(1.24)	14.44	.002
logical progress	1.46(1.36)	1.27(1.29)	1.89(1.20)	1.80(1.24)	7.90	.048
mathematical execution	2.42(.95)	2.29(1.12)	2.47(.83)	2.53(.73)	.19	.980
reviewing	.54(.79)	.39(.73)	.32(.63)	.47(.84)	3.07	.381

<sup>1</sup> possible maximum score = 3.

건 파악에 대해서는 통제 집단과 St 집단 사이에서 유의미한 차이가 나타났는데, St 집단과 St-SL 집단 사이의 점수 차이는 거의 없었고(2.59, 2.53), 만점인

3점과 비교할 때 그 수행 수준도 비교적 높았다. 이는 문제에 제시된 조건을 이해하는 것은 4단계 전략(노태희와 전경문, 1997) 중 '주어진 조건을 파악하도록

한 이해 단계 전략을 통해 충분히 학습될 수 있으며, 해결자·청취자 활동이 그 학습 효과를 더 높여 주지는 못하는 것으로 해석된다. 이에 비해 물리량 유도에 대해서는 통제 집단과 St-SL 집단 사이 및 St 집단과 St-SL 집단 사이에서 유의미한 차이가 나타났다. 관련 법칙 회상 범주에서도 St-SL 집단의 점수가 가장 높았다. 즉, 올바른 법칙을 회상하거나 이를 적용하여 적절한 물리량을 유도해내는 데에는, 계획 단계 전략 중 '관련된 개념이나 법칙을 회상' 하는 것에 대한 해결자와 청취자 사이의 상호작용이 효과적 인 것으로 볼 수 있다. 하위 목표 설정(.46~.81)과 검토(.32~.54) 범주에서는 집단간 차이가 없었는데, 이 두 범주에 대한 학생들의 수행 수준은 전반적으로 매우 낮았다.

이러한 결과들은 본 연구의 수업 처치가 문제를 이해하고 올바른 물리량을 유도해내는 등의 일부 전략을 습득하는 데에는 효과적이거나, 하위 목표를 설정하거나 해결 과정을 검토하는 등의 전략을 습득하는 데에는 효과적이지 못했음을 의미한다. 이는 문제 해결 전략의 교수 효과가 물리 문제의 표상 측면에서는 유의미하게 나타났으나, 문제의 조직 측면에서는 나타나지 않았던 Huffman(1997)의 연구 결과와도 일맥상통한다. 성공적인 문제 해결자(전문가)의 경우 문제 해결에서 계획이나 검토 과정을 충분히 거치는 특성을 지닌다는 점을 고려할 때(Dalby, Tourniaire, & Linn, 1986; Woods, 1989), 하위 목표 설정이나

검토 단계를 보다 강화한 문제 해결 전략을 개발하거나, 이들 단계를 보다 효과적으로 습득할 수 있도록 유도하는 방안에 대한 연구가 진행되어야 한다.

St-SL 집단의 전략 수행 능력이 향상되었음에도 불구하고 객관식 문제 해결력이 향상되지 않은 원인은 '전략 사용 검사'의 결과(Table 6)를 통해서도 찾아볼 수 있다. 학생들이 객관식 화학 문제에서 4단계 전략을 얼마나 사용했는지 조사한 결과, 이해(3.51, 3.64)나 계획 단계(2.33, 2.40)의 전략은 절반 가량의 문항에서 사용하나, 검토 단계의 전략은 별로 사용하지 않은(2.63, 2.51) 것으로 나타났다. 전략 수행 능력에서 향상을 보인 St-SL 집단도 예외는 아니었다. 더구나 학생들이 이해나 계획 단계의 전략을 일부 사용한 것으로 응답했다고 해도, 실제로는 전략 사용을 시도했을 뿐 제대로 수행하지는 못했을 가능성도 있을 것이다.

이와 같이 전반적으로 학생들이 전략을 많이 사용하지 않은 것은, 시간이 제한된 객관식 검사에서 비교적 많은 시간을 요하는 문제 해결 전략을 사용하지 않았기 때문이거나(Bunce & Heikkinen, 1986), 전략의 중요성을 충분히 인지하지 못했기 때문인 것으로(Garofalo & Lester, 1985) 해석할 수 있다. 따라서 전략 사용을 자동화하도록 교수할 뿐만 아니라 전략의 중요성을 인지할 수 있도록 유도할 필요가 있다.

한편, St 집단 및 St-SL 집단을 대상으로 문제 해결 전략에 대한 선호도를 조사한 결과, St 집단에서

Table 6. Means and standard deviations of the strategy-usage in solving multiple-choice problems

	Understanding(6)		Planning(4)		Reviewing(8)		Total(18)	
	St	St-SL	St	St-SL	St	St-SL	St	St-SL
High	4.00 (.58)	3.79 (.70)	3.15 (.80)	2.93 (1.00)	4.23 (1.83)	2.64 (1.98)	11.38 (2.63)	9.36 (2.79)
Medium	3.54 (.97)	3.50 (1.03)	2.54 (1.20)	2.44 (1.46)	2.38 (1.85)	2.88 (2.00)	8.46 (3.48)	8.81 (3.23)
Low	3.22 (1.17)	3.67 (1.23)	1.74 (1.05)	1.87 (.64)	1.87 (1.29)	2.00 (1.65)	6.83 (2.85)	7.53 (2.70)
Total	3.51 (1.02)	3.64 (1.00)	2.33 (1.18)	2.40 (1.16)	2.63 (1.86)	2.51 (1.88)	8.47 (3.48)	8.56 (2.96)

는 약간 부정적인 것으로(2.73), St-SL 집단에서는 약간 긍정적인 것으로(3.24) 나타났다(Table 7). 이 원 변량 분석 결과 수업 처치의 주효과가 유의미하였다(수업 처치:  $MS=5.62, F=6.58, p=.012$ ; 상호작용:  $MS=.02, F=.02, p=.976$ ). 이는 학생들이 사전 성취 수준과 무관하게 개별적으로 전략을 사용하는 것에 대해서는 부담을 느끼고 어려워하나, 해결자와 청취자로 짝을 지어 문제를 해결하는 활동을 통해 이러한 부담과 어려움이 다소 완화된 것으로 해석할 수 있다.

**Table 7.** Means and standard deviations of the preference to problem solving strategy

	St (n = 49)	St-SL (n = 45)
High	3.00( .58)	3.50( .94)
Medium	2.62(1.12)	3.06( .85)
Low	2.65( .88)	3.20(1.08)
Total	2.73( .88)	3.24( .96)

#### IV. 결 론

본 연구에서는 고등학생 191명을 대상으로, 4단계 문제 해결 전략을 개별적으로 사용하는 수업(St), 해결자·청취자 활동을 하는 수업(SL), 4단계 전략의 사용 과정을 해결자·청취자 활동으로 점검하는 수업(St-SL)을 실시한 후, 그 효과를 전통적 수업과 비교하였다.

연구 결과, 문제 해결 전략 수행 능력 검사의 점수가 통제 집단보다 St-SL 집단에서 유의미하게 높았고, 4단계 전략에 대한 선호도도 St 집단보다 St-SL 집단에서 더 긍정적인 것으로 나타났다. 즉, 해결자·청취자 활동을 통해 전략 사용 과정을 점검하도록 한 수업 방식은 단순히 교사가 전략을 제시하는 방식에 비해, 학생들이 전략에 대해 느끼는 어려움이나 부담을 줄여 주는 것으로 파악된다. 그러나 화학 교과서나 시험에서 제시되는 문항과 유사한 유형인 객관식 화학 문제 해결력 검사에서는 집단간 차이가 나타나지 않았다. 이는 St-SL 집단의 전략 수행 능력이 전

반적으로 향상되긴 하였으나, 하위 목표를 설정하거나 해결 과정을 검토하는 능력이 매우 저조했던 점과 관련 있을 것이다. 또한, 학생들이 객관식 문제를 해결할 때 4단계 전략을 많이 사용하지 않았다는 맥락에서도 해석할 수 있다.

후속 연구로는 하위 목표 설정이나 검토 단계를 강화한 문제 해결 전략을 개발하거나, 이들 단계를 보다 효과적으로 습득할 수 있도록 유도하는 교수 방안 에 대한 연구가 진행되어야 한다. 객관식 유형의 문제가 주어진 상황에서도 기존의 해결 방식 대신 새로운 문제 해결 전략을 사용하도록 하기 위해서는, 단순히 전략 사용을 자동화하도록 교수할 뿐만 아니라 전략의 중요성을 보다 잘 인지할 수 있도록 유도하는 방안 에 대한 연구가 요구된다. 아울러 4단계 전략을 사용하는 과정에서 나타나는 해결자와 청취자의 언어적 상호작용을 조사하고, 이것이 학생들의 전략 습득이나 문제 해결력 향상에 미치는 효과를 조사해 볼 필요가 있다.

#### 적 요

분자 수준의 그림과 4단계 문제 해결 전략을 제시한 후 해결자·청취자 활동을 통해 문제 해결 과정을 점검하도록 한 교수 방법의 효과를 조사하였다. 고등학교 4학년(191명)을 선정하여 개별적으로 전략을 사용하는 집단(St: Strategy), 해결자·청취자 활동을 하는 집단(SL: Solver·Listener), 전략을 사용하며 해결자·청취자 활동을 하는 집단(St-SL: Strategy·Solver·Listener), 그리고 통제 집단으로 무선 배치하였다. 전략 수행 능력 검사에서 St-SL 집단의 점수가 통제 집단에 비하여 유의미하게 높았으나, 객관식 문제 해결력 검사에서는 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 전략 수행 능력 검사의 하위 범주들에서는 문제의 조건을 파악하거나 올바른 물리량을 유도해내는 능력은 향상된 데에 비하여, 하위 목표를 설정하거나 해결 과정을 검토하는 능력은 매우 낮은 것으로 나타났다. 전략에 대한 선호도는 St 집단보다 St-SL 집단에서 보다 긍정적인 것으로 조사되었다.



## 참 고 문 헌

- 노태희, 전경문(1997). 물질의 분자 수준을 시각적으로 강조하는 4단계 문제 해결식 수업이 학생의 개념과 문제 해결 능력에 미치는 효과. 한국과학교육학회지, 17(3), 313-321.
- 전경문, 안충희, 노태희(제출중). 서술형 검사로 측정 한 고등학생의 문제 해결 전략 수행 능력. 대한화학회지.
- 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.
- Camacho, M., & Good, R.(1989). Problem solving and chemical equilibrium: Successful versus unsuccessful performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(3), 251-272.
- Dalby, J., Tourniaire, F., & Linn, M. C.(1986). Making programming instruction cognitively demanding: An intervention study. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(5), 427-436.
- Gabel, D. L., Briner, D., & Haines, D.(1992). Modeling with magnets. *The Science Teacher*, 59(3), 58-63.
- Garofalo, J., & Lester, J. F. K.(1985). Metacognition, cognitive monitoring, and mathematical performance. *Journal for Research in Mathematics Education*, 16(3), 163-176.
- Heller, P., Keith, R., & Anderson, S.(1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 1: Group versus individual problems solving. *American Journal of Physics*, 60(7), 627-636.
- Huffman, D.(1997). Effect of explicit problem solving instruction on high school students' problem-solving performance and conceptual understanding of physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(6), 551-570.
- Larkin, J. H., & Rainard, B.(1984). A research methodology for studying how people think. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(3), 235-254.
- Lochhead, J., & Clement, J.(1979). *Cognitive process instruction: Research on teaching thinking skills*. Philadelphia: The Franklin Institute Press.
- Mettes, C. T. C. W., Pilot, A., Roossink, H. J., & Kramers-Pals, H.(1980). Teaching and learning problem solving in science. Part I: A general strategy. *Journal of Chemical Education*, 57(12), 882-885.
- Noh, T., & Scharmann, L. C.(1997). 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.
- 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.
- Schoenfeld, A. H.(1985). *Mathematical problem solving*. San Diego: Academic Press.
- Siegel, S., & Castellan, N. J.(1988). *Nonparametric statistics* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.
- Whimbey, A., & Lochhead, J.(1986). *Problem solving and comprehension*. Hillsdale, NJ: Lawren Erlbaum Associated.

한국과학교육학회지 제21권 제2호, pp. 289~298 (2001)

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.