

계획과 검토 단계를 강조한 문제 해결 전략의 효과

전경문[†] · 강훈식 · 노태희^{*}

[†]광주교육대학교 과학교육과

서울대학교 화학교육과

(2003. 5. 22 접수)

The Instructional Effect of Problem-Solving Strategy Emphasizing Planning and Checking Stages

Kyungmoon Jeon[†], Hunsik Kang, and Taehee Noh^{*}

[†]Department of Science Education, Gwangju National University of Education, Gwangju 500-703, Korea

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

(Received May 22, 2003)

요약. 본 연구에서는 계획과 검토 단계를 강조한 4단계 문제 해결 전략의 교수 효과를 조사하였다. 고등학교 이과 2학년 2개 학급(N=55)을 처치 집단과 통제 집단으로 무선 배치한 후, '기체'와 '용액' 단원에 대하여 8차시 동안 수업하였다. 처치 집단에는 계획과 검토 단계를 강조한 4단계 문제 해결 전략을 사용하였고, 통제 집단에는 전통적인 강의 수업을 실시하였다. 이원 공변량 분석 결과, 화학 문제 해결력 검사에서 처치 집단의 점수가 통제 집단보다 유의미하게 높았으며, 하위 범주 중에서는 '개념적 지식'과 '수리적 수행'에서 처치 집단의 점수가 통제 집단보다 유의미하게 높았다. 화학 학습 동기 검사에서는 하위 범주 중 '만족감'에서 상호작용 효과가 있었는데, 통제 집단 하위 수준 학생들의 점수가 처치 집단 하위 수준 학생들의 점수에 비해 통계적으로 유의미하게 높았다. 메타인지적 기술의 사용에 대한 인식 검사에서는 두 집단 간 유의미한 차이가 없었다. 교육적 함의를 논의하였다.

주제어: 문제 해결 전략, 계획, 검토, 문제 해결력

ABSTRACT. In this study, the effects of a four-stage problem-solving strategy emphasizing planning and checking stages were investigated. Two high school classes (N=55) were randomly assigned to either treatment or control group, and taught about two topics, 'gas' and 'solution', for 8 class hours. Teacher used the four-stage problem-solving strategy emphasizing planning and checking stages in the treatment group, and used traditional lecture in the control group. Two-way ANCOVA results revealed that the test scores of the treatment group were significantly higher than those of the control group in the problem-solving ability, especially in the subcategories of 'conceptual knowledge' and 'mathematical execution'. There was significant interaction between the instruction and the level of prior achievement in the 'satisfaction' of the learning motivation. The lower level students in the control group were more satisfied with chemistry class than those in the treatment group. There was no significant difference between the two groups in the scores of the awareness of metacognition. Educational implications are discussed.

Keywords: Problem-Solving Strategy, Planning, Checking, Problem-Solving Ability

서 론

오래 전부터 과학 교육자들은 학생들의 문제 해결력과 사고력 향상을 과학 교육의 가장 중요한 과제로 간주하고 있다.¹ 특히 최근에는 과학과 기술에 관련된 사회 문제들이 출현하여, 사회 구성원들은 과학적 소양을 가지고 사회 문제에 대해 현명하게 의사결정을 할 수 있는 능력을 필요로 하게 되었다. 이에 과학 교육에서는 학생들의 문제 해결력 향상을 무엇보다 중요하게 다루고 있으며, 우리나라의 중·고등학교 7차 과학 교육과정에서도 이를 강조하고 있다.²

지금까지 학생들의 문제 해결력을 향상시키기 위해 다양한 교수 방법들이 제안되었는데, 이 중 대표적인 것이 전문가의 문제 해결 과정을 모형화한 문제 해결 전략으로, 지금까지 수십 여개가 제안되었다.^{3,4} 그러나 여러 연구들은 초보자들이 문제 해결 전략 중 계획 단계를 습득하는 데 많은 어려움을 겪는다고 보고하고 있다.^{5,6} 초보자들은 문제 해결 경험이나 과정 기술, 영역 지식 등에 대한 이해가 부족하므로, 전략을 배워도 문제 해결을 계획하거나 조직하는 능력이 쉽게 향상되기는 어렵다.⁶

문제 해결 과정을 분석한 결과에서도 실패자는 성공자에 비해 계획과 검토 단계의 행동을 상대적으로 적게 나타냈다. 또한 실패자 중 많은 수가 계획 단계에서 실패하였으며, 성공자는 자신이 유도해 낸 물리량의 의미를 파악하는 행동을 많이 나타내는 반면, 실패자는 단순히 계산 과정을 훑어보는 정도에 그치는 것으로 나타났다.^{7,8,9}

따라서 학생들의 문제 해결 성공률을 향상시키기 위해서는 문제 해결 전략에서 실패자가 가장 습득하기 어려워하는 계획이나 검토 단계를 강조할 필요가 있다. 최근 일부 연구들이 이를 시도한 바 있으나,^{10,11} 아직 미흡하므로 지속적인 연구가 필요하다. 한편, 문제 해결 전략의 사용은 자신의 사고 과정을 인지하게 하거나,¹² 학생들의 학습 동기를 향상시키는 데¹³ 긍정적인 영향을 미칠 것으로 제안된 바 있다.

이에 본 연구에서는 이해-계획-풀이-검토의 4단계 문제 해결 전략¹⁴에서 계획과 검토 단계를 강조하는 방안을 고등학교 화학 수업에 적용하여 그 교수 효과를 전통적 수업과 비교하였다. 본 연구의 구체적인 목표는 다음과 같다.

1. 새로운 문제 해결 교수 방법이 화학 문제 해결력,

메타인지적 기술의 사용에 대한 인식, 화학 학습 동기에 미치는 효과를 조사한다.

2. 화학 문제 해결력, 메타인지적 기술의 사용에 대한 인식, 화학 학습 동기 측면에서 교수 방법과 사전 화학 성취 수준 사이의 상호작용 효과를 조사한다.

3. 새로운 문제 해결 교수 방법을 사용한 집단의 학생들을 대상으로 문제 해결 전략에 대한 선호도를 조사한다.

연구 내용 및 방법

연구 대상. 본 연구는 서울시에 위치한 남자 고등학교 2학년 이과 2학급(N=55)을 대상으로 실시하였다. 1학기부터 2학기 중간고사까지의 화학 성적이 유사한 두 학급을 선정하여 통제 집단과 처치 집단으로 무선 배치하였다. 화학 성적이 기초하여 상위(50%)와 하위(50%)로 구분한 각 집단의 사례수는 Table 1과 같다.

연구 절차. 사전 검사로 메타인지적 기술의 사용에 대한 인식 검사와 화학 학습 동기 검사를 실시하였다. 처치 집단에 실시한 오리엔테이션에서는 교사가 계획과 검토 단계를 강조한 4단계 문제 해결 전략에 대해 소개하고, 학생들은 대상 단원과 무관한 '공통과학 물리 영역의 문제'로 교수 방법을 연습하였다. 그리고 '기체'와 '용액' 단원에 대한 본 차시 수업을 총 8차시에 걸쳐 통제 집단과 처치 집단에 실시하였다. 처치 집단에는 새로운 문제 해결 교수 방법을 사용하였고, 통제 집단에는 전통적인 강의식 수업을 실시하였다. 참여 교사는 새로운 문제 해결 교수 방법을 연구 대상이 아닌 학급에서 매 차시 연습한 후 본 차시 수업을 실시하였고, 연구자 중 1인이 수업 치치가 의도대로 진행되는지 점검하기 위해 통제 집단과 처치 집단의 수업을 3회 이상 참관하였다. 사후 검사로 화학 문제 해결력 검사, 메타인지적 기술의 사용에 대한 인식 검사, 화학 학습 동기 검사를 실시하였고, 처치 집단에서는 문제 해결 전략 선호도 검사를 추가로 실시하였다.

수업 과정. 교사는 강의를 통해 문제 해결에 필요한 수리적인 공식과 법칙을 도입한 후, 교과서 예제를

Table 1. Numbers of the subjects

	Control	Treatment	Total
High	13	15	28
Low	15	12	27
Total	28	27	55

해결해 주었다. 이 때, 통제 집단에서는 전통적인 방식으로, 처치 집단에서는 문제 해결 전략^{14,15}을 사용하여 문제를 해결해 주었다. 문제 해결 전략에서는 이해-계획-풀이-검토의 4단계 중 계획과 검토 단계를 강조하기 위해 이들 단계를 각각 두 개의 하위 단계로 세분화하였다. 즉, 이해 단계에서는 문제에서 주어진 조건과 구해야 할 목표를 찾고, 계획 단계에서는 문제와 관련된 법칙이나 개념을 회상하고, 회상한 법칙이나 개념에 필요한 조건을 재구성하도록 하였다. 풀이 단계에서는 수리적인 수행 과정을 쓰고, 검토 단계에서는 문제 해결 과정을 점검하고, 답의 의미를 생각해보도록 하였다. 또한 문제 풀이가 끝나면 사용한 계획 단계가 올바른지에 대해 검토하도록 하였으며, 교사에게는 학생들에게 이 과정이 중요함을 강조하도록 하였다.

이러한 교사의 강의에 이어, 학생들의 문제 해결 활동을 진행하였다. 통제 집단에서는 학생 자신의 방식으로 문제를 해결하도록 하였고, 처치 집단에서는 문제 해결 전략을 사용하여 문제를 해결하도록 하였다. 처치 집단에서 교사는 학생들에게 4단계 문제 해결 전략에 의한 문제 풀이가 끝나면 반드시 자신이 사용한 계획 단계가 올바른지에 대해 검토할 것을 강조·지도하였으며, 문제 풀이 시간이 끝나기 직전 이를 전체적으로 다시 확인하였다. 마지막으로 교사는 수업 내용과 문제 해결 과정을 정리해주었다.

검사 도구. 화학 문제 해결력 검사에서 사용한 문항은 문제를 해결할 때의 사고 과정을 되도록 자세하게 되도록 하는 서술형으로, 선행 연구¹⁶의 문항을 수정·보완한 것이다. 문항에서 구해야 할 것을 구체적으로 명시하지 않고, 불필요한 정보를 포함시키며, 일상적 상황으로 제시하였다.^{6,7}

메타인지적 기술의 사용에 대한 인식 검사는 O'Neil과 Abedi¹⁸가 개발한 Metacognitive Inventory 중 '인식(awareness)'과 '자기 점검(self-checking)' 영역에 해당하는 문항을 사용하였다. 이 검사는 문제 해결 과정에서 자신이 사용한 메타인지 전략에 대해 5단계로 평가하는 방식으로 이루어져 있다. 내적 신뢰도(Cronbach's α)는 사전, 사후 검사에서 모두 .86이었다.

화학 학습 동기 검사는 화학 학습에 대한 주의 집중(attention), 관련성(relevance), 자신감(confidence), 만족감(satisfaction)을 측정하기 위한 5단계 리커트 문항으로 구성하였다. 사전 검사로는 Song¹⁹의 Pre-motivational Survey 12문항을, 사후 검사로는 Song¹⁹의 Simplified

Instructional Materials Motivation Scale 16문항을 사용하였다. 본 연구에서의 내적 신뢰도(Cronbach's α)는 사전, 사후 검사에서 각각 .90, .92였다.

문제 해결 전략 선호도 검사는 처치 집단을 대상으로 문제 해결 전략에 대한 선호도를 5단계 리커트 척도로 질문하였다.

분석 방법. 본 연구의 종속 변인은 화학 문제 해결력, 메타인지적 기술의 사용에 대한 인식, 화학 학습 동기, 문제 해결 전략 선호도였다. 문제 해결 전략 선호도를 제외한 다른 종속 변인에 대하여 새로운 교수 방법의 효과 및 교수 방법과 사전 성취 수준 사이의 상호작용 효과를 조사하기 위해 2×2 요인 방안에 의한 이원 공변량 분석(2-way ANCOVA)을 실시하였다. 화학 문제 해결력 검사는 1학기 화학 성적을, 메타인지적 기술의 사용에 대한 인식과 화학 학습 동기 검사는 각각의 사전 검사 점수를 공변인으로 사용하였다. 공변량 분석은 동변량성과 등회귀선 가정을 검토한 후 실시하였고, 이원 공변량 분석에서 상호작용이 유의미할 경우에는 단순 효과(simple effects)를 검증하였다.²⁰ 문제 해결 전략 선호도 검사는 기술 통계로 분석하였다.

Table 2. Problem-solving scoring rubric

1. Grasping the given variables	0- Nothing written
	1- Most variables are missing
	2- Grasping the given is almost complete
	3- Grasping the given is complete
2. Conceptual knowledge	0- Nothing written or no understanding
	1- Partial understanding of chemistry concept (with some misconception)
	2- Clear understanding of chemistry concept
3. Recalling related law	0- Nothing written
	1- Law is inappropriate
	2- Law is appropriate
4. Organized progression	0- Nothing written
	1- Unorganized progression (haphazard manipulation)
	2- Incomplete organized progression
	3- Complete organized progression
5. Mathematical execution	0- Nothing written
	1- Inappropriate math is used or execution is stopped halfway
	2- Aside from minor mistakes, execution is correct and complete

화학 문제 해결력 검사의 채점틀은 선행 연구^{6,21}와 연구자 2인간의 논의를 토대로 하여 5개의 범주로 개발하였다. 5개의 범주는 Table 2에 제시된 바와 같이, 1) 문제에 제시된 조건을 파악하는 '주어진 조건 파악', 2) 문제를 해결하기 위해 필요한 '개념적 지식', 3) 제시된 조건과 구해야 할 것 사이의 관계를 토대로 한 '관련 법칙 회상', 4) 체계적이고 논리적으로 결론을 이끌어내는 '조직적 전개', 5) '수리적 수행'으로 구성하였다.

화학 문제 해결력 검사의 각 하위 범주는 2점 또는 3점 만점으로 채점하였으나, 모든 하위 범주의 점수를 3점 만점으로 통일하여 15점 만점으로 분석하였다. 수업 처치와 사전 성취 수준을 고려하여 선정된 12명의 답안지에 대해 연구자 2인의 분석자간 일치도(intercoder agreement)가 .93임을 확인한 후, 모든 답안지를 연구자 1인이 채점하였다.

연구 결과 및 논의

화학 문제 해결력에 미치는 효과. 화학 문제 해결력 검사 점수의 평균과 표준 편차, 그리고 교정 평균을 Table 3에 제시하였다. 처치 집단의 교정 평균은 9.49로 통제 집단(6.94)보다 높았으며, 그 차이는 통계적으로 유의미하였다($MS=76.64, F=5.50, p=.023$). 하위 범주별로 보면 모든 하위 범주에서 처치 집단의 교정 평균이 통제 집단보다 높았는데, 이 중에서도 '개념적 지식'과 '수리적 수행'에서 그 차이가 통계적으로 유의미하였다(개념적 지식: $MS=4.76, F=4.27, p=.044$; 수리적 수행: $MS=5.61, F=7.39, p=.009$).

이러한 결과들은 계획과 검토 단계를 강조한 문제 해결 전략의 사용을 통해 학생들의 문제 해결력이 향상되었다는 것을 의미한다. 특히, '개념적 지식'이나 '관련 법칙 회상'에서 처치 집단의 교정 평균이 통제 집단보다 높게 나타나고, 그 차이가 각각 통계적으로 유의미하게 높거나(개념적 지식: $p<.05$) 높은 경향성(관련 법칙 회상: $MS=4.14, F=3.42, p=.070$)을 나타낸 것으로 보아, 관련된 개념이나 법칙을 회상하도록 하는 계획 단계를 강조함으로써 이 단계 습득을 촉진시킨 것이 문제 해결력의 향상에 큰 영향을 미친 것으로 보인다. 또한, 처치 집단의 '수리적 수행' 점수가 통제 집단보다 유의미하게 높게 나타난 것은 계획 단계 전략을 잘 사용하게 되어 수리적 수행까지 이르지 못하고 중도에 포기하는 경우가 줄어들었거나, 풀이 과정에 대한 검토를

잘하게 되어 실수가 줄어들었기 때문인 것으로 해석할 수 있다. 결국 학생들은 계획과 검토 단계를 강조한 문제 해결 전략을 통해 문제 해결 기술을 효과적으로 체득하였다고 할 수 있다.⁶

그러나 '조직적 전개'의 경우 집단간 차이가 유의미하지 않았으므로, 이와 관련된 능력을 향상시키기 위한 노력이 필요하다. 또한, '주어진 조건 파악'의 점수는 두 집단에서 모두 비교적 높은 편이었는데(Table 3), 이는 학생들이 문제 해결 전략을 배우는 것과 관계없이 문제의 조건을 파악하는 데에는 큰 어려움을 겪지 않는다는 것을 의미한다.

처치 집단 학생들의 문제 해결력 향상은 이 학생들의 문제 해결 성공 비율(37.0%)이 통제 집단(14.3%)보다 높게 나타난 것으로도 확인할 수 있다. 그러나 하위 수준 학생들의 문제 해결 성공 비율은 오히려 통제 집단에서 다소 높은 경향이 있었다(처치 집단: 6.7%; 통제 집단: 8.3%). 하위 수준 학생들의 경우에는 문제 해결

Table 3. Means, standard deviations, and adjusted means of the problem solving ability test scores

	Control (N=28)			Treatment (N=27)		
	M	SD	Adj. M	M	SD	Adj. M
Total (15)						
High	10.12	3.99	7.86	13.07	2.71	11.05
Low	3.77	4.63	5.95	5.42	4.25	7.51
Total	6.71	5.34	6.94	9.67	5.16	9.49
Grasping the given variables (3)						
High	2.77	.60	2.56	3.00	.00	2.82
Low	1.20	1.37	1.40	1.58	1.08	1.77
Total	1.93	1.33	1.97	2.37	1.01	2.33
Conceptual knowledge (3)						
High	1.04	1.42	.32	2.10	1.24	1.47
Low	.30	.84	1.00	.38	.93	1.04
Total	.64	1.19	.69	1.33	1.40	1.29
Recalling related law (3)						
High	1.96	.95	1.35	2.50	1.09	1.95
Low	.60	1.11	1.19	1.13	1.45	1.69
Total	1.23	1.23	1.28	1.89	1.42	1.84
Organized progression (3)						
High	2.15	1.14	1.84	2.67	.62	1.38
Low	1.07	1.03	2.38	1.08	1.08	1.38
Total	1.57	1.20	1.61	1.96	1.16	1.92
Mathematical execution (3)						
High	2.19	.78	1.79	2.80	.53	2.44
Low	.60	1.11	.99	1.25	1.08	1.63
Total	1.34	1.25	1.39	2.11	1.12	2.06

전략이 문제 해결에 필요한 일부 요소를 향상시켰으나 성공적으로 문제를 해결하는 능력을 향상시키지는 못했다는 것을 알 수 있다.

한편, 수업 처치와 사전 성취 수준간의 상호작용 효과는 나타나지 않았다(전체: $MS=8.99, F=.65, p=.426$; 주어진 조건 파악: $MS=.05, F=.06, p=.808$; 개념적 지식: $MS=4.03, F=3.62, p=.063$; 관련 법칙 회상: $MS=.04, F=.03, p=.865$; 조직적 전개: $MS=1.00, F=1.06, p=.308$; 수리적 수행: $MS=.00, F=.00, p=.973$).

메타인지적 기술의 사용에 대한 인식에 미치는 효과. 메타인지적 기술의 사용에 대한 인식 검사 점수의 평균과 표준 편차, 그리고 교정 평균은 Table 4와 같다. 메타인지적 기술의 사용에 대한 인식에서 수업 처치의 주 효과(인식: $MS=.00, F=.01, p=.913$; 자기 점검: $MS=.05, F=.20, p=.653$)나 상호작용 효과(인식: $MS=.36, F=1.29, p=.262$; 자기 점검: $MS=.22, F=.93, p=.339$)는 모두 통계적으로 유의미하지 않았다. 즉, 문제 해결 전략을 가르치고 계획 단계에 대한 자기 점검을 강조했어도, "인식"이나 "자기 점검"과 같은 메타인지적 기술의 사용에 대한 학생들의 인식"을 변화시키지 못했다. 또한, 두 영역에서 통제 집단과 처치 집단의 교정 평균이 모두 3점 미만(5점 만점)이므로 메타인지적 기술의 사용에 대한 학생들의 인식은 대체로 낮은 수준임을 알 수 있다.

이는 본 연구에서 사용한 검사 도구가 비교적 지속적인 경향을 지니는 특성(trait) 메타인지"를 측정하므로 나타나지 않을 수도 있다. 즉, 검사자가 학습자가 평소 문제를 해결할 때 사용하는 메타인지적 기술에 대해 스스로 평가하는 방식으로 구성되어 있으므로, 이를 변화시키기 위해서는 더 많은 시간이 필요할 수 있다.

학생들로 하여금 자신의 사고 과정을 인지하도록 유도하는 것은 일반적으로 학습 수행 및 동기와 높은 관

Table 4. Means, standard deviations, and adjusted means of the awareness of metacognition test scores

	Control (N=28)			Treatment (N=27)		
	M	SD	Adj. M	M	SD	Adj. M
Awareness (5)						
High	2.75	.51	2.60	2.80	.50	2.78
Low	2.55	.66	2.58	2.30	.47	2.44
Total	2.64	.60	2.58	2.58	.54	2.64
Self-Checking (5)						
High	2.88	.70	2.61	2.55	.50	2.55
Low	2.35	.58	2.29	2.17	.50	2.49
Total	2.59	.68	2.43	2.38	.53	2.54

련성을 보이므로, "문제 해결 전략을 통해 메타인지 능력을 향상시킬 수 있는 다양한 방안을 강구할 필요가 있다. 예를 들어 해결자·청취자 활동(paired think-aloud problem solving)"^{25,26}과 같은 교수 방법을 통해 전략 사용을 점검하는 것도 효과적인 것이라 기대된다.

화학 학습 동기에 미치는 효과 및 문제 해결 전략 선호도 검사 결과. 화학 학습 동기 검사 점수의 평균과 표준 편차, 그리고 교정 평균을 Table 5에 제시하였다. 하위 범주 중 '만족감'에서 수업 처치와 사전 성취 수준 사이에 상호작용 효과가 있었다($MS=1.82, F=4.44, p=.040$; Fig. 1). 단순 효과를 검증하기 위해 일원 공변량 분석을 실시한 결과, 상위 수준 학생의 경우 처치 집단의 교정 평균(3.94)이 통제 집단(3.73)에 비해 높았으

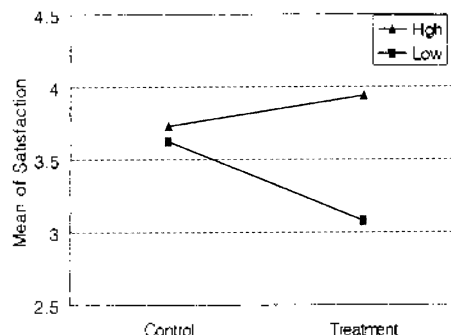


Fig. 1. Interactive effect on satisfaction.

Table 5. Means, standard deviations, and adjusted means of the learning motivation test scores

	Control (N=28)			Treatment (N=27)		
	M	SD	Adj. M	M	SD	Adj. M
Attention (5)						
High	3.25	.38	2.97	3.02	.62	2.93
Low	2.53	.48	2.65	2.31	.52	2.57
Total	2.87	.56	2.78	2.70	.67	2.79
Relevance (5)						
High	3.35	.42	3.17	2.88	.57	2.82
Low	2.45	.49	2.50	2.23	.67	2.42
Total	2.87	.64	2.79	2.59	.69	2.67
Confidence (5)						
High	2.87	.39	2.57	2.75	.77	2.55
Low	2.40	.43	2.55	2.19	.50	2.57
Total	2.62	.47	2.60	2.50	.71	2.52
Satisfaction (5)						
High	4.08	.63	3.73	3.87	.88	3.94
Low	3.53	.74	3.62	2.89	.82	3.08
Total	3.77	.73	3.66	3.43	.97	3.56

나. 그 차이가 통계적으로 유의미하지는 않았다($MS=21, F=.59, p=.451$). 하위 수준 학생의 경우에는 등회귀선 가정이 만족되지 않아($MS=2.87, F=4.77, p=.039$) 동질 집단임에 기초해($MS=.12, F=.61, p=.442$) 일원 변량 분석을 실시하였는데, 통제 집단의 평균(3.53)이 저치 집단(2.89)보다 높았으며, 그 차이가 통계적으로 유의미하였다($MS=2.77, F=4.57, p=.042$). 즉, 하위 수준 학생들이 문제 해결 전략을 사용할 경우에는 만족감이 낮아졌다. 이는 문제 해결 전략의 습득을 촉진시키기 위해 계획과 검토 단계를 강조했어도 하위 수준 학생들은 여전히 문제 해결 전략 사용을 어려워하기 때문에 나타나는 결과라 해석할 수 있으며, 저치 집단 하위 수준 학생들의 성공률이 다소 낮았던 것과도 관련 있다고 생각된다.

다른 하위 범주들에서는 수업 처치의 주효과(주의 집중: $MS=.05, F=.27, p=.604$; 관련성: $MS=.59, F=2.64, p=.110$; 자신감: $MS=.02, F=.10, p=.752$)나 상호작용 효과(주의 집중: $MS=.01, F=.03, p=.861$; 관련성: $MS=.24, F=1.09, p=.301$; 자신감: $MS=.13, F=.58, p=.450$)가 모두 나타나지 않았다. 즉, 문제 해결 전략의 사용이 학생들의 주의를 집중시키거나, 화학 학습이 자신과 관련 있다고 인식하게 하거나, 학습에 대한 자신감을 갖게 하는 데에는 그다지 영향을 미치지 않았다.

한편, 문제 해결 전략 선호도에 대한 검사 결과, 학생들은 문제 해결 전략에 대해 다소 긍정적으로($M=3.15, SD=.96$) 인식하는 것으로 나타났는데, 하위 수준 학생들보다는 상위 수준 학생들이 좀 더 긍정적이었다(상위 수준 학생: $M=3.27, SD=.95$; 하위 수준 학생: $M=3.00, SD=.95$). 문제 해결 전략을 통해 학습 동기가 부여되지는 않았어도, 상위 수준 학생들은 문제 해결 전략의 필요성과 유용성에 대해서는 긍정적으로 생각한다고 해석할 수 있다.

결론 및 제언

본 연구에서는 계획과 검토 단계를 강조한 4단계 문제 해결 전략을 고등학교 '기체'와 '용액' 단원에 적용하고 그 교수 효과를 전통적 수업과 비교하였다.

연구 결과, 새로운 문제 해결 교수 방법이 학생들의 화학 문제 해결력을 유의미하게 향상시키는 것으로 나타났다. 이는 학생들이 어려워하는 계획과 검토 단계를 세분화하고, 계획 단계에 대해 검토하게 하며, 이 과정

을 교사가 지속적으로 강조함으로써, 학생들에게 문제 해결 기술을 효과적으로 제공한 것으로 보인다.

화학 학습 동기 검사에서는 하위 범주 중 '만족감'에서 통제 집단 하위 수준 학생들의 점수가 처치 집단 하위 수준 학생들의 점수보다 통계적으로 유의미하게 높은 것으로 나타났다. 하위 수준 학생들은 문제 해결 전략을 사용하는 데 어려움을 느끼므로, 문제 해결 전략 사용이 이 학생들의 학습 동기를 유발하는 데 오히려 부정적으로 작용한 것으로 보인다. 또한, 하위 수준 학생들의 경우에는 문제 해결 성공률도 그다지 향상되지 않았으므로, 하위 수준 학생들의 학습 동기 향상이나 성공적인 문제 해결을 도울 수 있는 방안을 모색할 필요가 있다. 그러나 상위 수준 학생들은 문제 해결 전략을 선호하는 편이었다.

메타인지적 기술의 사용에 대한 인식 검사에서는 집단 간에 유의미한 차이가 없었다. 즉, 문제 해결 전략만으로는 '인식'이나 '자기 점검'과 같은 메타인지적 기술의 사용에 대한 학생들의 인식을 변화시키지 못했다. 학생들로 하여금 자신의 사고 과정을 인지하도록 유도하는 것은 효과적인 학습을 위해 중요한 조건이므로,^{23,24} 이를 향상시킬 수 있는 방안을 모색할 필요가 있다.

한편, 본 연구에서는 교수 방법 적용과 문제 해결력 조사가 모두 과학적 상황에 한정되어 진행되었다. 그러나 보다 효과적이고 효율적인 문제 해결 전략은 문제의 특성에 따라 달라질 수 있으므로,²⁵ 일상적 상황의 문제나 개방형 문제와 같은 다양한 문제 상황 하에서 새로운 교수 방법의 효과를 조사해 볼 필요가 있다. 또한 실제 문제 해결 과정에서 학생들이 계획과 검토 단계를 강조한 문제 해결 전략을 구체적으로 어떻게 사용하는지, 그리고 그 특성이 무엇인지에 대해서는 보고된 바 없으므로, 이에 대한 정성적인 연구가 필요하다.

인용 문헌

1. Smith, M. U.; Good, R. *Journal of Research in Science Teaching*, **1984**, *21*, 895.
2. *교육부 과학과 교육과정*, 대학교과서 주식회사: 서울, 1997.
3. Reif, F. *Journal of Chemical Education*, **1983**, *60*, 948.
4. Woods, D. R. *Problem solving in practice. What research says to the science teacher: Problem solving*. In: D. L. Gabel, Ed: National Science Teachers Association: Washington, DC 1989; p 97.
5. Dalbey, J.; Toumnaire, F.; Linn, M. C. *Journal of*

- Research in Science Teaching*, **1986**, 23, 427.
6. Hurliman, D. *Journal of Research in Science Teaching*, **1997**, 34, 551.
 7. 권재술; 이성왕 *한국과학교육학회지*, **1988**, 8, 43.
 8. 노태희; 전경문; 한인옥; 김창민 *한국과학교육학회지*, **1996**, 16, 389.
 9. Camacho, M.; Good, R. *Journal of Research in Science Teaching*, **1989**, 26, 251.
 10. 노태희; 정영선; 김창민; 강석진 *한국과학교육학회지*, **2001**, 21, 738.
 11. Miller, C. M. *Mathematics Teacher*, **2000**, 93, 136.
 12. Neto, A.; Valente, M. *Problem solving in physics: Towards a metacognitively developed approach*. ERIC Document Reproduction Service, No. ED 405 217, 1997.
 13. 노태희; 여경희; 심정근; 김창민; 안충희 *한국과학교육학회지*, **2000**, 20, 519.
 14. 노태희; 전경문 *한국과학교육학회지*, **1997**, 17, 313.
 15. Mettes, C. T. C. W.; Pilot, A.; Roossink, H. J.; Kramers-Pals, H. *Journal of Chemical Education*, **1981**, 58, 51.
 16. 노태희; 여경희; 전경문 *한국과학교육학회지*, **1999**, 19, 635.
 17. 전경문; 안충희; 노태희 *대한화학학회지*, **2001**, 45, 370.
 18. O'Neil, H. F.; Abedi, J. *Journal of Educational Research*, **1996**, 89, 234.
 19. Song, S. H. *The effects of motivationally adaptive computer-assisted instruction developed through the ARCS model*. Unpublished doctoral dissertation, Florida State University, 1998.
 20. Keppel, G. *Design and analysis: A researcher's handbook*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1991.
 21. Heller, P.; Keith, R.; Anderson, S. *American Journal of Physics*, **1992**, 60, 627.
 22. Montague, M. *Journal of Learning Disabilities*, **1992**, 25, 230.
 23. Pintrich, P. R.; De Groot, E. V. *Journal of Educational Psychology*, **1990**, 82, 33.
 24. Pintrich, P. R.; Marx, R. W.; Boyle, R. A. *Review of Educational Research*, **1993**, 63, 167.
 25. Glass, A. R. *The effects of thinking aloud pair problem solving on technology education students' thinking processes, procedures, and problem solutions (pair problem-solving)*. Unpublished Doctoral Dissertation, University of Minnesota, 1992.
 26. Lochhead, J.; Whimbey, A. *New directions for teaching and learning. (Developing critical thinking and problem-solving abilities)*, **1987**, 30, 73.
 27. 노태희; 전경문 *한국과학교육학회지*, **1997**, 17, 75.