

# 문제와 문제해결자의 특성에 따른 화학 문제 해결: 문제 해결 시간과 전이 분석

노 태 희 · 전 경 문

(서울대학교)

(1996년 8월 12일 받음)

## I. 서 론

전통적으로 문제해결은 과학교육의 중요한 목표로 간주되어 왔으며(Stewart & Hafner, 1991), 우리나라의 경우도 제6차 교육과정에서 중학교 과학과의 총괄 목표를 '자연현상의 탐구에 흥미와 호기심을 가지고 기본적인 탐구 방법과 과학 지식을 습득하여 창의적으로 문제를 해결하는 능력을 기르게 한다'로 설정하여 창의적인 문제해결력을 강조하고 있다(교육부, 1994). 그러나 실제 학생들의 문제해결 수행 수준은 과학 수업을 받은 후에도 매우 낮으므로(권재술과 이성왕, 1988; Stewart & Hafner, 1991), 학생들의 문제해결 과정이나 문제해결에 영향을 주는 변인 등에 관해 구체적으로 조사할 필요가 있다.

그동안 문제해결 과정을 조사하는 연구에는 주로 발생사고법이 사용되어 왔는데, 이 방법에 의해 수집된 응답원안(protocol)의 분석 방법은 학자마다 다르며(박학규와 권재술, 1990) 각각의 분석에 의한 결과들이 교육에 시사하는 바가 서로 다를 수 있다. 따라서 하나의 응답원안을 문제해결 행동이나 시간, 전략 등 다양한 측면에서 분석해 볼 필요가 있다. 특히 문제해결에 소요되는 시간과 관련된 연구는 문제해결 과정 상의 다른 특성들을 조사한 연구에 비해 별로 진행되지 않았는데, Woods(1992)는 문제해결 과정에 대한 분석틀로서 문제해결 시간과 함께 단계간 전이(transition)를 제안한 바 있다. 이러한 분석틀을 이용하여 개념 문제와 수리 문제의 해결과정을 조사한 Mason과 Crawley(1994)의 연구에 의하면, 문제해결 총 소요시간 및 단계간 전이 빈도에서는 문제의 유형과 문제해결 성공 여부에 따른 차이가 있었으나, 전이 속도에서는 이와 같은 차이가 존재하지 않았

다. 문제해결 각 단계별 소요시간을 조사한 연구에서는, 성공자가 실패자보다 문제를 이해하고 계획하는 단계에 더 많은 비율의 시간을 사용하는 경우(Finegold & Mass, 1985)와 문제의 이해 및 검토단계에는 전문가가 많은 비율의 시간을 사용하나 계획단계에는 초보자가 많은 비율의 시간을 사용하는 경우(권재술과 이성왕, 1988) 등 서로 다른 결과들이 보고되고 있다. 따라서 문제해결 시간이나 단계간 전이에 대해서는 후속 연구들이 필요하며, 특히 문제의 변인이나 문제해결자의 변인을 달리하여 조사할 필요가 있다.

문제의 변인에 관한 연구들은 상황, 추리단계, 정보량 등(홍미영과 박윤배, 1995)의 측면에서 진행되어 왔는데, 특히 문제의 상황(context)은 지난 20여 년 간 교육과 인지 심리학 분야에서 많은 관심의 대상이 되어 왔다. 문제해결 시간에 대한 상황 효과로는 이해단계의 경우 일상적 상황에서, 검토단계의 경우 과학적 상황에서 더 많은 시간이 사용되는 것으로 보고되었다(홍미영과 박윤배, 1995). 문제해결자 변인에 관한 연구들은 주로 비례논리 능력이나 논리적 사고능력에 치중해 있으므로(AtWater & Alick, 1990; Gabel, Sherwood, & Enochs, 1984), 다양한 학습자 변인들에 대한 연구를 시도해 보아야 한다. Camacho와 Good(1989)은 문제해결 성공자와 실패자의 차이로 문제해결에 대한 동기 여부를 기술한 바 있는데, 학습에 대한 동기와 관련이 있는 학습자 특성 중 하나로 학습 접근방식(learning approach)을 들 수 있다. 이는 새로운 지식을 선행지식이나 경험과 연관 지으려고 노력하는 심층적 접근방식(deep approach)과 학습 내용의 의미를 파악하지 않은 채 단편적인 지식만을 암기하는 피상적 접근방식(surface approach)으로 구분할 수 있다(Entwistle, Kozeki, Balarabe, 1988). 학습 접근방식에

다른 개념 이해도의 차이는 일부 보고되었으나(BouJaoude, 1992), 문제해결과 학습 접근방식 사이의 관계는 거의 연구되지 않았다. 한편 Bodner와 McMillen(1986)은 공간에서의 식별(disembedding) 및 재구성(restructuring) 능력인 공간능력(spatial ability)이 학생들의 화학 성취도와 관련 있다고 보고하였는데, 이는 문제로부터 적절한 정보를 식별해내고 문제를 재구성하는 문제의 이해 및 계획단계에 공간능력이 관련되기 때문인 것으로 해석할 수 있다. 따라서 실제로 학생들의 문제해결 과정을 분석함으로써 공간능력에 따른 이해 및 계획단계의 성공 여부를 조사해 볼 필요가 있다.

이와 같은 필요성을 토대로 본 연구에서는 화학 문제해결 행동을 분석한 선행연구(노태희 외, 1996)에서 수집한 중학생 42명의 응답원안을, 문제의 이해 및 계획단계에 대한 성공 여부, 문제해결 소요시간, 단계 사이의 전이 등의 측면에서 분석하고, 문제의 상황 및 학생들의 논리적 사고능력, 공간능력, 학습 접근방식 등에 따라 비교해 보고자 한다. 본 연구의 구체적인 연구 문제는 아래와 같다.

- 1) 문제의 이해 및 계획단계에 대한 성공 여부는 학생들의 논리적 사고능력, 공간능력, 학습 접근방식과 관련이 있는가?
- 2) 문제해결 총 소요시간 및 각 단계별 소요시간은 문제의 상황 및 학생들의 문제해결 성공 여부, 논리적 사고능력, 공간능력, 학습 접근방식에 따라 차이가 있는가?
- 3) 문제해결 단계간 전이 빈도 및 전이 속도는 문제의 상황 및 학생들의 문제해결 성공 여부, 학생들의 논리적 사고능력, 공간능력, 학습 접근방식에 따라 차이가 있는가?

## II. 연구 방법

### 1. 응답원안 및 문제해결자 특성 검사 자료

본 연구에서는 선행연구(노태희 외, 1996)에서 수집한 학생들의 응답원안 및 발생사고 면담 전후에 실시한 축소본 논리적 사고력 검사(the short version Group Assessment of Logical Thinking; Roadrangka, Yeany, & Padilla, 1983), 공간능력 검사, 학습 접근방식 검사의 결과를 이용하였다. 공간능력 검사는 공간에서의 재구성 능력을 측정하는 공간지각 능력 검사(the Purdue Visualization of Rotations Test; Guay, 1976)와 식별 능력을 측정하는 도형찾기 퍼즐(the Find A Shape Puzzle; Linn & Kyllonen, 1981)로 구성하였는데, 두 검사의 T 점수에 대한 평균을 구해 사용하였다(Bodner & McMillen, 1986). 학습 접근방식은 Ent-

wistle과 Ramsden (1983)의 연구에서 개발한 검사지의 정보인 학습 접근방식에 대한 설문지(Questionnaire on Approaches to Learning and Studying, 1995) 중 심층적 접근방식 영역 10문항과 피상적 접근방식 영역 10문항을 이용하여 측정하였다. 이 검사는 각 문항당 최저 1점에서 최고 5점까지 배당되는 리커트 척도로 구성되어 있으며 피상적 접근방식 영역에 해당하는 문항들은 역방향으로 점수화하였다. 축소본 논리적 사고력 검사의 만점은 12점이고, 공간능력 검사와 학습 접근방식 검사의 만점은 100점이다.

### 2. 자료 분석 방법

선행연구(노태희 외, 1996)에서 분석한 학생들의 순차적인 문제해결 과정을 토대로 이해, 계획, 풀이, 검토단계별 소요시간 및 총 소요시간을 측정하고, 단계 사이의 전이 빈도를 구한 후 단위 시간(분) 당 전이 빈도인 전이 속도를 계산하였다. 통계 분석에는 SPSS 프로그램을 사용하였는데, 연구 대상의 수가 제한되는 발생사고법에 의한 선행 연구들(AtWater & Alick, 1990; Park, 1988)의 경우 대개 유의 수준 .1에서 분석·논의하므로 본 연구에서도 각 검증의 유의 수준으로 .1을 사용하였다.

## III. 결과 및 논의

### 1. 문제해결자 특성 검사 결과

문제해결자 특성에 관한 각 검사의 평균, 표준편차 및 크론바하 알파(Cronbach  $\alpha$ ) 계수로 구한 내적 신뢰도는 <표 1>에 제시하였고, 각 검사 결과에 따른 문제해결자 집단별 구성은 <표 2>와 같다. 논리적 사고능력의 측면에서는 형식적 조작기(12~8점), 전이 단계(7~5점), 구체적 조작기(4~0점)의 세 집단으로(Bunce & Hutchinson, 1993), 공

<표 1> 문제해결자 특성 검사 결과

	논리적 사고력 검사	공간능력 검사	학습 접근 방식 검사
평균	5.9	50.0	62.6
표준편차	2.5	9.2	11.2
크론바하 알파	.72	.63 (공간 지각능력 검사) .89 (도형찾기 퍼즐)	.75

〈표 2〉 문제해결자 특성에 따른 집단별 구성

논리적 사고능력		공간능력		학습 접근방식	
집단	인원수(%)	집단	인원수(%)	집단	인원수(%)
형식적 조작기	13(31.0)	상위 집단	24(57.1)	심층적 접근방식	20(47.6)
전이 단계	15(35.7)	하위 집단	18(42.9)	피상적 접근방식	22(52.4)
구체적 조작기	14(33.3)				

간능력은 평균(50.0점)을 기준으로 상하 두 집단으로, 학습 접근방식 역시 평균(62.6점)을 기준으로 심층적 접근방식과 피상적 접근방식의 두 집단으로 각각 구분하였다(BouJaoude, 1992).

## 2. 문제해결자 특성과 문제해결 사이의 관계

논리적 사고력 검사와 공간능력 검사 점수는 성공자와 실패자가 비교적 고르게 나왔던 용해도 문제의 성공 여부와 유의미한 상관관계를 보였는데(표 3), 이는 선행연구(Bodner & McMillen, 1986; Chandran, Treagust, & Tobin, 1987) 결과들과 일치하는 것이다. 학습 접근방식은 학생들의 개념 이해와는 상호 관련성을 갖는 것으로 보고되고 있으나(BouJaoude, 1992) 문제해결과의 관계는 아직까지 거의 연구되지 않았는데, 본 연구에서 학습 접근방식 검사 점수와 문제해결 성공 여부 사이에는 유의미한 상관관계가 없었다.

문제의 이해 및 계획단계에 대한 성공 여부와 문제해결자 특성들 사이의 관계를 〈표 4〉에 제시하였다. 공간능력 검사 점수는 문제를 이해하고 계획하는 과정과 .1 수준에서 유의미한 상관관계가 있는 것으로 일관되게 나타났으나 논리적 사고력 검사와 학습 접근방식 검사 점수는 문항마다 그 결과가 달랐으며, 이러한 경향성은 계획단계의 성공 여부에 대해서도 유사하게 나타났다. 이는 공간에서의 식별 능력 및 재구성 능력을 의미하는 공간능력이, 문제에서 주어진 정보를 식별해 내고 자신이 이해하는 문제로 재구성하는 과정과 관련 있을 것으로 추정한다(선행연구 보고(Bodner & McMillen,

〈표 3〉 문제해결자 특성 검사 점수와 문제해결 성공 여부 사이의 상관<sup>1)</sup>

	논리적 사고능력	공간능력	학습 접근방식
용해도 일상	.37*	.30*	.04
용해도 과학	.37*	.32*	.09

\*  $p < .05$ .

<sup>1)</sup> point-biserial correlation.

〈표 4〉 문제해결자 특성 검사 점수와 문제의 이해 및 계획 단계 성공 여부 사이의 상관<sup>1)</sup>

	논리적 사고능력	공간능력	학습 접근방식
용해도 일상	.38**	.27*	.26*
용해도 과학	.49**	.33**	.26*
밀도 일상	.19	.31**	.31**
밀도 과학	.23	.44**	.18

\*  $p < .1$ , \*\*  $p < .05$ .

<sup>1)</sup> point-biserial correlation.

1986)와 일맥상통하는 것이다. 그러나 Bodner와 McMillen(1986)은 이러한 과정을 문제해결 4단계 중 이해단계에 해당 하는 것으로 보았으나, 문제를 이해하는 것은 문제의 조건이나 목표를 확인하는 과정이고 계획을 세우는 것은 관련된 개념을 회상하거나 하위목표를 설정하는 등의 과정이므로(Mettes, Pilot & Kramers-Pals, 1980; Polya, 1945), 이해 및 계획단계가 공간능력과 관련 있는 것으로 파악된다.

## 3. 문제해결 단계별 소요시간

문제의 상황에 따라 문제해결 소요시간을 비교한 결과, 학생들은 과학적 상황의 문제보다 일상적 상황의 문제를 해결 하는데 .1 수준에서 유의미하게 더 많은 시간을 사용하였으며(표 5), 단계별로 보면 이해단계와 검토단계에 대한 소요시간에서 차이가 있었다. 이러한 결과는 학생들이 일상적 상황의 문제를 이해하고 해결하는데 더 많은 어려움을 겪으며 이에 대한 자신감도 부족하여 더 오래 검토해 보려는 경향이 있는 것으로 해석된다.

용해도 문제에 대한 성공자와 실패자의 문제해결 소요시간을 〈표 6〉에 제시하였다. 선행연구(권재술과 이성왕, 1988; Mason & Crawley, 1994) 결과들과 마찬가지로 전체 해결과정에 소요된 총시간은 성공자보다 실패자가 약간 더 많았다. 단계별로 보면 문제의 이해단계에서는 성공자보다 실패자가 더 많은 시간을 사용한 반면, 계획단계에서는 성공자가 더 많

〈표 5〉 문제의 상황에 따른 각 단계별 소요시간<sup>1)</sup>

	총시간	이 해		계 획		풀 이		검 토	
		초	%	초	%	초	%	초	%
일상	252.0	136.4	57.1	41.7	14.4	67.6	26.2	6.8	2.3
과학	220.4	108.3	50.7	38.6	15.9	71.5	32.3	2.6	1.0
t	1.90	3.38	2.65	.50	-.97	-.54	-2.97	1.95	1.88
p	.064	.002	.012	.621	.336	.594	.005	.058	.067

1) paired t-test.

〈표 6〉 문제해결 성공 여부에 따른 각 단계별 소요시간<sup>1)</sup>

	총시간	이 해		계 획		풀 이		검 토	
		초	%	초	%	초	%	초	%
용해도 일상									
성공자	248.0	118.6	47.8	41.5	16.7	77.8	31.2	10.2	4.3
실패자	273.9	153.3	59.0	37.5	11.2	70.1	25.6	13.1	4.1
t	-.67	-1.33	-2.37	.34	1.93	.47	1.54	-.36	.05
p	.509	.191	.023	.738	.060	.640	.132	.724	.962
용해도 과학									
성공자	221.7	80.2	37.0	50.0	18.3	88.5	43.4	2.4	1.3
실패자	223.8	126.3	56.1	32.7	14.2	59.5	27.8	5.3	1.8
t	-.05	-2.17	-3.30	1.03	1.04	1.65	2.83	-.99	-.50
p	.962	.037	.002	.320	.305	.107	.007	.329	.621

<sup>1)</sup> t-test.

은 시간을 사용하였다. 소요시간의 상대적인 비율 역시 이해 단계는 실패자가 더 컸고 계획단계는 성공자의 경우가 더 컸다. 이러한 결과는 성공적인 문제해결자가 문제를 정성적으로 이해하고 계획을 상세하게 세우기 때문에 문제를 이해하고 계획하는데 상대적으로 더 많은 시간을 사용한다는 Finegold와 Mass(1985)의 보고와는 부분적으로 상반되는 것이다. 본 연구에서는 성공자들이 문제를 오랜 시간 다양한 방식으로 이해한다기보다 실패자들이 문제를 쉽게 이해하지 못하여 이해단계에서 많은 시간을 소모하는 것으로 보인다. 이는 단계별 문제해결 행동을 분석한 선행연구(노태희, 외 1996)의 결과와 일치하는 것으로서, 실패자들은 문제를 다시 읽거나 불필요한 정보들까지 일일이 적는 등의 행동을 보이면서 이해단계에 많은 시간을 사용한 것으로 파악된다. 반면 계획단계의 경우에는 하위 목표를 설정하거나 관련된 개념을 회상하는 등의 행동을 많이 나타낸 성공자들이 더 많은 시간을 사용하였다.

풀이단계에서는 성공자보다 실패자의 소요시간이 더 적은 것으로 나타났는데, 이는 실패자들이 시행착오에 시간을 소

모하는 경우도 있지만 대체로 성공적인 문제해결에 있어서 필수적인 하위 문제들을 해결하지 않거나 식을 세워 계산하지 않고 추측에 의해 답하려는 경향이 있기 때문인 것으로 해석할 수 있다.

문제해결 4단계 중 소요시간이 가장 적었던 검토단계에서는 성공자보다 실패자가 약간 더 많은 시간을 사용하였는데, 이는 일반적으로 성공자들이 검토단계를 더 많이 거친다는 선행연구(Camacho & Good, 1989) 결과와 상반되는 것처럼 보인다. 그러나 성공자 집단은 주로 유도해 낸 물리량의 의미를 파악하는 행동을 나타낸 것에 비해 실패자 집단은 계산과정을 검토했다는 점(노태희 외, 1996)으로 볼 때, 본 연구에서 실패자 집단 학생들은 계산과정 검토에 많은 시간을 소모한 것으로 파악된다.

학생들의 인지발달 수준에 따라 문제해결 시간을 비교해 보면, 문제해결 총 소요시간과 이해단계 소요시간에서 유의미한 차이가 존재하였다(표 7). Scheff 검정 결과 각각 전이 단계와 구체적 조작기 및 형식적 조작기와 구체적 조작기 사이에 차이가 있는 것으로 드러났다. 이러한 결과는 문제를

〈표 7〉 문제해결자 특성에 따른 각 단계별 소요시간

	총시간	이 해		계 획		풀 이		검 토	
		초	%	초	%	초	%	초	%
<b>논리적 사고능력<sup>1)</sup></b>									
형식적 조작기	226.5	94.1	43.6	48.4	17.3	79.6	36.9	4.8	2.2
전이 단계	205.4	112.9	57.3	31.8	14.6	55.9	26.6	5.1	1.6
구체적 조작기	277.5	158.2	60.0	40.8	13.8	74.5	24.9	4.2	1.3
F	2.83	5.07	5.98	1.07	.74	1.38	4.75	.07	.54
p	.071	.011	.005	.352	.485	.264	.014	.936	.589
<b>공간능력<sup>2)</sup></b>									
상위 집단	242.6	118.4	50.8	44.6	16.0	74.3	31.1	5.6	2.1
하위 집단	227.2	127.2	58.1	33.7	14.0	62.9	26.7	3.5	1.1
t	.56	-.47	-1.63	1.17	.82	.90	1.20	1.03	1.33
p	.578	.642	.110	.249	.420	.373	.238	.309	.191
<b>학습 접근방식<sup>2)</sup></b>									
심층적 접근방식	224.0	98.5	47.2	48.6	18.6	71.5	32.0	5.7	2.2
피상적 접근방식	246.9	143.7	60.1	32.1	12.0	67.5	26.7	3.8	1.2
t	-.85	-2.65	-3.20	1.82	3.03	.31	1.51	.94	1.33
p	.400	.012	.003	.077	.004	.757	.141	.353	.182

<sup>1)</sup> ANOVA

<sup>2)</sup> t-test

해결하는데, 특히 이해하는데 구체적 조작기 학생들이 가장 많은 어려움을 겪는다는 것을 의미한다. 계획단계 소요시간은 형식적 조작기 집단에서 가장 많았고 검토단계 소요시간은 전이 단계, 형식적 조작기, 구체적 조작기의 순이었으나 유의미한 차이는 없었다.

공간능력 하위 집단 학생들은 상위 집단 학생들에 비해 이해단계에 더 많은 시간을 사용하였고, 공간능력 상위 집단 학생들은 계획단계를 비롯한 나머지 단계들에 대한 소요시간이 더 많았으나 이러한 결과들이 통계적으로 유의미하지는 않았다.

학습 접근방식에 의하면 이해단계에서는 피상적 접근방식의 학생들이 유의미하게 더 많은 시간을 사용하였으나 계획단계에서는 심층적 접근방식의 학생들이 유의미하게 더 많은 시간을 사용하였다. 이는 피상적 접근방식의 학생들이 문제를 이해하는데 더 많은 어려움을 겪으며 심층적 접근방식의 학생들이 풀이에 대한 계획을 더 상세히 세우는 것으로 해석할 수 있다.

위의 결과들을 종합해 보면 이해단계에서의 소요시간이 많았던 집단은 구체적 조작기 집단과 공간능력 하위 집단, 피상적 접근방식 집단이었던 반면, 계획단계에서의 소요시

간이 많았던 집단은 형식적 조작기 집단과 공간능력 상위 집단, 심층적 접근방식 집단임을 알 수 있다. 이는 문제의 이해 및 계획 단계 성공 여부와 학생들의 논리적 사고능력, 공간능력, 학습 접근방식 등의 특성들이 유의미하게 관련되었던 결과(표 3)와 일맥상통하는 것으로 볼 수 있다.

#### 4. 문제해결 단계간 전이 빈도 및 전이 속도 분석

단계간 전이 빈도에서는 문제의 상황에 따른 차이가 거의 없었으나 전이 속도는 과학적 상황의 경우가 .1 수준에서 유의미하게 더 컸다(표 8). Mason과 Crawley(1994)는 문제의 유형(개념 문제/수리 문제)이나 문제해결에 대한 성공 여부에 관계없이 단계간 전이 속도는 일정한 것으로 보고한 바 있으나, 본 연구에서는 많은 학생들이 일상적 상황의 문제에서 하나의 단계를 거치는데 더 많은 시간을 소모한 것으로 나타났다.

용해도 문제에 대한 성공자와 실패자의 문제해결 단계간 전이 빈도 및 전이 속도를 <표 9>에 제시하였다. 과학적 상황의 문제에서는 집단간에 유의미한 차이가 없었고 일상적 상황의 문제에서는 성공자들의 전이 빈도 및 전이 속도가 유의

〈표 8〉 문제의 상황에 따른 단계간 전이 빈도 및 전이 속도<sup>1)</sup>

	전이 빈도	전이 속도 <sup>2)</sup>
일상적 상황	6.8	1.84
과학적 상황	6.7	2.00
t	.19	-1.75
p	.850	.088

<sup>1)</sup> paired t-test.

<sup>2)</sup> 분당 전이 빈도.

〈표 9〉 문제해결 성공 여부에 따른 단계간 전이 빈도 및 전이 속도<sup>1)</sup>

	전이 빈도	전이 속도
용해도 일상		
성공자	8.8	2.3
실패자	6.6	1.7
t	2.04	1.73
p	.048	.092
용해도 과학		
성공자	6.8	2.0
실패자	7.0	2.1
t	-.12	-.16
p	.905	.875

<sup>1)</sup> t-test.

미하게 더 컸다. 이 결과는 실패자들이 시행착오를 거치므로 단계간 전이 빈도가 더 크다는 선행연구(Mason & Crawley, 1994) 보고와 일치하지 않는 것이다. 본 연구에서 과학적 상황의 경우 실패자들은 불필요한 단계들을 많이 거치는 경우도 있었지만 성공적인 문제해결을 위해 필수적인 하위문제들을 해결하지 않는 경우도 있었으므로, 문제해결 성공 여부와 전이 빈도 사이에 일관된 경향성이 나타나지 않았다. 그러나 학생들에게 더 어려운 일상적 상황의 경우 성공자들은 시행착오적으로 더 많은 단계간 전이를 가지며 각각의 단계에서 조금 시도해 보다가 곧바로 다음 단계로 전이하는 과정을 반복한 데 반해, 실패자들은 필수적인 하위문제들을 해결하지 않으며 하나의 단계를 거치는 데에도 많은 시간을 소모하였으므로, 성공자들의 전이 빈도 및 전이 속도가 실패자들보다 더 컸던 것으로 볼 수 있다. 이러한 결과는 일상적 상황에서의 성공자들의 전이 빈도 및 전이 속도는 과학적 상황에서의 성공자들보다 더 크고, 일상적 상황에서의 실패자들의 전이 빈도 및 전이 속도는 과학적 상황에서의 실패자들보다 더 작

〈표 10〉 문제해결자 특성에 따른 단계간 전이 빈도 및 전이 속도

	전이 빈도	전이 속도
논리적 사고능력 <sup>1)</sup>		
형식적 조작기	7.2	2.0
전이 단계	6.3	2.1
구체적 조작기	6.9	1.7
F	.78	1.17
p	.464	.321
공간능력 <sup>2)</sup>		
상위 집단	6.8	1.9
하위 집단	6.6	2.0
t	.31	-.23
p	.758	.816
학습 접근방식 <sup>2)</sup>		
심층적 접근방	7.9	2.3
피상적 접근방	5.7	1.6
t	2.26	2.96
p	.029	.005

<sup>1)</sup> ANOVA.

<sup>2)</sup> t-test.

았던 것으로도 확인할 수 있다. 따라서 전이 빈도 및 전이 속도는 난이도 등의 문제 변인을 달리하여 재조사할 필요가 있으며, 특히 전이 빈도 분석과 문제 해결 경로 분석을 병행하여 불필요한 단계를 거친 경우와 필수적인 단계를 거치지 않는 경우를 구분해 조사할 필요가 있다.

단계간 전이 빈도 및 전이 속도는 논리적 사고능력이나 공간능력에 따른 집단간에는 유의미한 차이가 없었으나 학습 접근방식에 따른 집단간에는 유의미한 차이가 있었다(표 10). 즉 심층적 접근방식을 지닌 학생들은 피상적 접근방식을 지닌 학생들보다 단계간 전이가 더 많으며 하나의 단계에서 다른 단계로 전이하는 속도도 더 빨랐다. 학습에서 심층적 접근이란 스스로 생각해 보려고 하는 것, 관련시키려고 노력하는 것 등의 특성이므로(Entwistle & Ramsden, 1983), 이러한 특성들이 문제해결에서는 동기 요인으로 작용하여 전이 빈도 및 전이 속도를 높여 준 것으로 해석할 수 있다. 그러나 학습 접근방식과 문제해결 성공 여부 사이에는 상호 관련성이 없었으며(표 3), 전이 빈도 및 전이 속도와 문제해결 성공 여부 사이에도 일관된 경향성이 나타나지 않았다(표 9).

#### IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 선행연구(노태희 외, 1996)에서 수집한 응답원안을 이용하여 문제해결 단계별 제 특성을 문제의 상황 및 학생들의 논리적 사고능력, 공간능력, 학습 접근방식에 따라 비교하였다. 본 연구를 통해 얻어낸 결론 및 제언은 다음과 같다.

1. 학생들은 과학적 상황보다 일상적 상황의 문제를 해결하는데 더 많은 시간을 사용하였으며 특히 이해와 검토단계에서 이러한 특징이 두드러지게 나타났다. 또한 일상적 상황의 문제에서는 하나의 단계에서 다른 단계로 전이하는 데에도 더 많은 시간이 소요되었다. 이는 전반적으로 일상적 상황의 문제가 해결하기 더 어려우며 더 많은 검토를 요하는 것으로 해석할 수 있다.
2. 문제해결에 실패한 학생들은 성공한 학생들에 비해 문제를 이해하는데 더 많은 어려움을 느끼므로 이해단계에 상대적으로 많은 시간을 사용하였고, 성공자들은 풀이에 대한 적절한 계획을 수립하기 위해 노력하므로 계획단계에 많은 시간을 사용하였다.
3. 논리적 사고능력과 문제해결 성공 여부 사이에는 상호 관련성이 존재하였다. 또한 구체적 조작기 학생들이 문제를 해결하는데 가장 많은 시간을 사용하였으며 특히 문제를 이해하는데 많은 시간을 사용하였다.
4. 공간에서의 식별 및 재구성 능력인 공간능력은 성공적인 문제해결과 관련되어 있었으며, 특히 문제를 잘 이해하고 풀이에 대한 계획을 올바르게 수립할 수 있는 능력과 밀접하게 관련되어 있었다.
5. 학습 접근방식과 문제해결 성공 여부 사이에는 유의미한 관련성이 없었으나, 심층적 접근방식을 지닌 학생들은 피상적 접근방식을 지닌 학생들보다 문제를 더 빨리 이해하고 오랫동안 계획을 세우는 경향이 있었다. 또한 이들은 문제를 해결하는 과정에서 단계간 전이가 더 많고 하나의 단계에서 다른 단계로 전이하는 속도도 더 빨랐다.
6. 문제해결 실패자이거나 구체적 조작기 학생 및 피상적 접근방식을 지닌 학생들은 이해단계에서 많은 시간을 소모하였으므로, 문제의 이해에 영향을 주는 요인들을 면밀히 분석하여 교수에 적용할 필요가 있다.
7. 문제의 이해 및 계획단계에 대한 성공 여부는 공간능력과 관련되어 있으며 특히 계획단계는 성공적인 문제해결을 위해 중요한 과정이므로, 공간능력 향상을 위한 교수를 개발, 적용하여 문제해결 능력 향상에 대한 효과를 조사해 볼 필요가 있다.
8. 단계간 전이 빈도 및 전이 속도는 문제의 변인이나 문제해

결자의 변인을 달리하여 재조사해 볼 필요가 있으며, 전이 빈도 분석과 문제해결 경로 분석을 병행하는 연구를 수행할 필요가 있다.

#### 참고 문헌

- 교육부(1994). 중학교 과학과 교육 과정 해설. 서울: 대한교과서 주식회사.
- 권재술, 이성왕(1988). 물리문제해결 실패자(초심자)와 성공자(전문가)의 문제해결 사고과정에 관한 연구. 한국과학교육학회지, 8(1), 43-55.
- 노태희, 전경문, 한인옥, 김창민(1996). 학생의 인지발달 수준과 문제의 상황에 따른 화학 문제해결 행동 비교. 한국과학교육학회지, 16(4), 389-400.
- 박학규, 권재술(1990). 물리문제 해결에 관한 초심자의 프로토콜 분석 연구. 한국과학교육학회지, 10(1), 57-64.
- 홍미영, 박운배 (1995). 문제의 특성에 따른 대학생들의 화학 문제해결 과정의 차이 분석. 한국과학교육학회지, 15(1), 80-91.
- AtWater, M.M., and Alick, B. (1990). Cognitive development and problem solving of Afro-American students in chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(2), 157-172.
- Bodner, G.M., and McMillen, T.L.B. (1986). Cognitive restructuring as an early stage in problem solving. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(8), 727-737.
- BouJaoude, B.E. (1992). The relationship between students' learning strategies and the change in their misunderstandings during a high school chemistry course. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(7), 687-699.
- Bunce, D.M., and Hutchinson, K.D. (1993). The use of the GALT (Group Assessment of Logical Thinking) as a predictor of academic success in college chemistry. *Journal of Chemical Education*, 70(3), 183-187.
- Camacho, M., and Good, R. (1989). Problem solving and chemical equilibrium: Successful versus unsuccessful performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(3), 251-272.
- Chandran, S., Treagust, D.F., and Tobin, K. (1987). The role of cognitive factors in chemistry achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(2), 145-160.
- Entwistle, N., Kozeki, B., and Balarabe, M. (1988). *Mot-*

- ivation, attributions and approaches to learning in British and Hungarian secondary schools. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, New Orleans.
- Entwistle, N., and Ramsden, P. (1983). *Understanding Student Learning*. New York: Nichols Publishing Company.
- Finegold, M., and Mass, R. (1985). Differences in the processes of solving physics problems between good physics problem solvers and poor physics problem solvers. *Research in Science and Technological Education*, 3(1), 59-67.
- Gabel, D.L., Sherwood, R.D., and Enochs, L. (1984). Problem-solving skills of high school chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(2), 221-233.
- Guay, R. (1976). *Purdue Spatial Visualization Test*. Purdue Research Foundation.
- Linn, M.C., and Kyllonen, P. (1981). The field dependence- independence construct: Some, one or none. *Journal of Educational Psychology*, 73, 261-273.
- Mason, D., and Crawley, F.E. (1994). *Differences between algorithmic and conceptual problem solving by nonscience majors in introductory chemistry*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Anaheim.
- Mettes, C.T.C.W., Pilot, A., Roossink, H.J., and Kramers-Pals, H. (1980). Teaching and learning problem solving in science: Part I. *Journal of Chemical Education*, 57(12), 882-885.
- Park, Y. (1988). Expert-novice differences of mental representation and problem solving strategy in mechanics problems. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 8(2), 43-52.
- Polya, G. (1945). *How to solve it: A new aspect of mathematical method*. Princeton: Princeton University Press.
- Questionnaire on Approaches to Learning and Studying*. (1995). Center for Research on Learning and Instruction, University of Edinburgh.
- Roadrangka, V., Yeany, R.H., and Padilla, M.J. (1983). *The construction and validation of Group Assessment of Logical Thinking (GALT)*. Paper presented at the annual meeting of National Association for Research in Science Teaching, Dallas.
- Stewart, J., and Haftner, R. (1991). Extending the conception of "problem" in the problem solving research. *Science Education*, 75(1), 105-120.
- Woods, D.R. (1992). *Workshop on "Teaching Thinking"*. Paper presented at the 12th biennial conference on chemical education. University of California at Davis, Davis.



(ABSTRACT)

## Chemistry Problem Solving Related to the Characteristics of Problem and Problem Solver: An Analysis of Time and Transition in Solving Problem

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

Students' protocols obtained from think-aloud interviews were analyzed in the aspects of the success at first two problem-solving stages (understanding and planning), the time to complete a problem, the time at each problem-solving stage, the number of transition, and the transition rate. These were compared in the aspects of the context of problem, the success in solving problem, students' logical reasoning ability, spatial ability, and learning approach.

The results were as follows:

1. Students tended to spend more time in everyday contexts than in scientific contexts, especially at the stages of understanding and reviewing. The transition rate during solving a problem in everyday contexts was greater than that in scientific contexts.
2. Unsuccessful students spent more time at the stage of understanding, but successful students spent more time at the stage of planning.
3. Students' logical reasoning ability, as measured with the Group Assessment of Logical Thinking, was significantly correlated with the success in solving problem. Concrete-operational students spent more time in completing a problem, especially understanding the problem.
4. Students' spatial ability, as measured with the Purdue Visualization of Rotations Test and the Find A Shape Puzzle, was significantly correlated with their abilities to understand a problem and to plan for its solution.
5. Students' learning approach, as measured with the Questionnaire on Approaches to Learning and Studying, was not significantly correlated with the success in solving problem. However, the students in deep approach had more transitions and greater transition rates than the students in surface approach.