

중학생의 화학 문제해결 전략 조사

노 태 회 · 전 경 문

(서울대학교)

(1996년 11월 18일 받음)

I. 서 론

문제해결은 학교 현장, 교육학/인지 심리학 연구 분야, 국가 정책 결정 기관 등 다양한 분야에서 관심을 모으고 있는 주제로서, 학생들의 문제해결 능력 신장은 현 사회의 교육이 담당해야 할 가장 중요한 과제이다(Smith & Good, 1984). 이러한 과제를 성취하기 위해서는 문제해결 시 개인의 사고 과정을 자세히 관찰, 분석하는 연구들이 선행되어야 하는데(Rief, 1983), 문제해결 과정에 관한 연구들은 정보처리 이론(information-processing theory)에 기초한 발성사고법(think-aloud method)에 의해 활성화되었다(Camacho & Good, 1989).

화학교육 분야에서 발성사고법에 의한 문제해결 연구는 비교적 최근에 시작되었으며(Gabel, Sherwood, & Enochs, 1984; Nurrenbern, 1980), 대부분의 연구들이 문제해결 전략을 분석하였다. 보고된 전략의 유형은 '추론 전략(reasoning strategy)/연산 전략(algorithmic strategy)'(Nurrenbern, 1980), '체계적 시행착오(systematic trial and error)/임의적 시행착오(random trial and error)'(AtWater & Alick, 1990), '공식 사용/비례논리 사용'(Anamuah-Mensah, 1986), '지식-개발 전략(knowledge-development analysis)/수단-목적 전략(mean-ends analysis)'(홍미영과 박운배, 1994, 1995) 등으로, 각각의 연구에 사용된 문제의 특성이나 내용 영역에 따라 다양했다.

이러한 문제해결 전략의 유형과 일부 변인들 사이의 관계도 조사되고 있다. 특히 문제의 변인 중 상황(context)에 따른 문제해결 전략의 차이는 없는 것으로 보고되었으나(홍미영과 박운배, 1995), 보다 많은 인원을 대상으로 연구해 볼 필요가 있다. 문제해결자 변인에 관한 연구들은 주로 비례논

리 능력이나 논리적 사고능력에 치중해 있는데, 이러한 능력들은 화학 성취도와 유의미하게 관련되어 있는 것으로 보고되었으나, 문제해결 전략과의 관계에 대해서는 일관된 경향성이 나타나지 않았다. 즉, 논리적 사고능력이 높거나 문제해결에 성공한 학생들이, 추론 전략보다 연산 전략을 더 많이 사용하는 경우도 있었으나 연산 전략보다 연산-추론 전략을 더 많이 사용하는 경우도 보고되었다(AtWater & Alick, 1990; Nurrenbern, 1980). Gabel, Sherwood, Enochs(1984)의 연구에서는 비례논리 능력이 높은 학생들 및 문제해결 성공자들이 연산-추론 전략을 사용하는 경향이 있고, 대다수의 학생들은 문제에 내재된 개념을 이해하지 못한 채 단순한 연산에 의해 문제를 해결하였다. AtWater와 Alick(1990)은 논리적 사고능력이 높거나 문제해결에 성공한 학생들이 체계적 시행착오 전략을 사용하고, 논리적 사고능력이 낮거나 문제해결에 실패한 학생들이 임의적 시행착오 전략을 사용하는 것으로 보고하였다.

이와 같이 서로 다른 문제해결 전략 유형들이 제시되었고 전략과 변인들 사이의 관계에서도 일관된 경향성이 보고되고 있지 않으므로, 보다 다양한 내용 영역의 문제에 대한 전략 분석을 시도하고 다양한 변인들과의 관계를 연구해 보아야 한다. Bodner와 McMillen(1986)은 공간에서의 식별(disembedding) 및 재구성(restructuring) 능력인 공간능력(spatial ability)이 학생들의 화학 성취도와 관련 있다고 보고하면서, 이를 주어진 문제로부터 적절한 정보를 식별해 내고 문제를 재구성하는 과정에 공간능력이 관련되기 때문인 것으로 해석하였다. 공간능력 향상을 위한 교수 전략이 학생들의 화학 성취도에 미치는 효과도 조사되었다(Small & Morton, 1983). 그러나 학생들의 문제해결 과정을 분석함으로써 공간능력에 따른 구체적인 차이를 조사하는 연구는 진

행되지 않고 있다. 한편 Camacho와 Good(1989)은 문제해결 성공자와 실패자의 차이로 문제해결에 대한 동기 여부를 기술하였는데, 학습에 대한 동기와 관련 있는 학습자 특성 중 하나로 학습 접근방식(learning approach)을 들 수 있다. 학습에서 심층적 접근방식(deep approach)이란 스스로 생각해 보려고 하거나 관련 지으려고 노력하는 것이고, 피상적 접근방식(surface approach)이란 의미를 이해하기보다는 단편적인 지식만을 암기하는 것이므로(Entwistle, Kozeki, Balarabe, 1988), 이러한 특성에 따라 문제해결 전략이 달라질 수 있다. 학습 접근방식에 따른 개념 이해도의 차이는 일부 보고되었으나(BouJaoude, 1992), 문제해결과 학습 접근방식 사이의 관계는 거의 연구되지 않았다.

따라서 본 연구에서는 화학 문제해결 행동을 분석한 선행 연구(노태희, 전경문, 한인옥, 김창민, 1996)에서 수집한 중학생 42명의 응답원안을 이용하여, 일상적 상황과 과학적 상황으로 구성된 밀도 문제와 용해도 문제에 대한 해결 전략을 분석하고, 이러한 전략과 학생들의 논리적 사고능력, 공간능력, 학습 접근방식 사이의 관계를 조사하고자 한다.

본 연구의 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

- 1) 중학생들이 밀도 문제와 용해도 문제해결 시 사용하는 전략은 무엇인가?
- 2) 학생들의 문제해결 전략이 문제의 상황에 따라 달라지는가?
- 3) 학생들의 문제해결 전략과 논리적 사고능력, 공간능력, 학습 접근방식 사이에 상호 관련성이 있는가?

II. 연구 방법

1. 연구 대상 및 검사 도구

본 연구에서는 선행 연구(노태희, 전경문, 한인옥, 김창민, 1996)에서 수집한 응답원안을 분석하였다. 연구 대상 선정을 위해 서울시 소재 중학교 1학년 두 학급(94명)에 축소본 논리적 사고력 검사(the short-version Group Assessment of Logical Thinking; Roadrangka, Yeany, & Padilla, 1983)를 실시하였다. 발생사고법의 특성을 고려하여 1학기말 전과목 평균 50점 이하의 학생 7명은 표집에서 미리 제외시키고, 두 학급 학생들의 성별과 인지발달 수준의 비율을 고려하여 42명을 비례 유층표집(proportional stratified sampling)하였다.

화학 문제해결 검사 문항은 중학교 1학년 학생들이 학습하는 '물질의 특성' 단원 중 정량적인 화학 문제를 선정하기에 적합한 밀도와 용해도 영역에 대하여, 일상적 상황과 과학적

상황의 문항 2쌍으로 구성하였다. 쌍을 이루는 두 문항에서 상황 이외의 조건은 가급적 유사하도록(Song & Black, 1991) 제작하였고, 전문가의 검토, 예비 검사, 예비 연구를 통해 문항의 타당도를 검토하였다. 발생사고 면담 후에 실시한 공간능력 검사와 학습 접근방식 검사(Questionnaire on Approaches to Learning and Studying, 1995) 자료도 이용하였다(노태희와 전경문, 1997). 공간능력 검사는 공간 지각능력 검사(the Purdue Visualization of Rotations Test; Guay, 1976)와 도형찾기 퍼즐(the Find A Shape Puzzle; Linn & Kyllonen, 1981)로 구성하였고(Bodner & McMullen, 1986), 학습 접근방식 검사는 심층적 접근방식 영역과 피상적 접근방식 영역으로 구성하였다.

2. 결과 분석 방법

학생들의 문제해결 전략을 <표 1>에 제시한 틀에 의해 분석하였다. 이는 선행 연구(AtWater & Alick, 1990; Gabel, Sherwood & Enochs, 1984)에 기초하고 예비 연구를 통해 수정·보완한 것으로서, '읽고 조직하기(Reading & Organization) / 풀이(Production) / 오류(Errors) / 검토(Evaluation) / 전략(Strategy)' 등의 5개 범주로 구성되어 있다. '전략'을 제외한 나머지 4개 범주들에 대해서 각각의 하위 범주에 해당하는 특성이 나타나는지 조사하였고, 이를 토대로 '전략'을 세가지 유형으로 구분하였다. 'S 체계적(Systematic) 전략'은 하위 목표를 설정하여 주어진 문제를 하위 문제로 나누어 해결하는 방식으로서 논리적으로 사고하며 일관성이 있는 경우를 뜻한다. 'STE 체계적 시행착오(Systematic Trial and Error) 전략'은 하위 목표를 설정하기는 하지만 임의로 물리량을 구해내기도 하므로 일관성이 부족한 방식이다. 그러나 여러 번의 시도를 통해 방법을 수정해 나가는 등 논리적으로 사고하는 특성을 지닌다. 'RTE 임의적 시행착오(Random Trial and Error) 전략'은 조직적인 계획이나 전략을 적용하지 못하고 문제 상황에 대한 적절한 규정이나 탐색 없이 일단 떠오른 해결책을 선택하기 때문에 풀이 과정에 일관성이 없는 방식이다.

결과 분석의 신뢰도를 높이기 위하여 9명의 응답원안을 선정해 <표 1>에 의한 분석을 연습·논의하였다. 9명의 응답원안을 재선정해 분석자간 일치도(intercoder agreement)를 구한 후 42명의 응답원안을 연구자 1인이 분석하였다. 통계 분석에는 SPSS 프로그램을 사용하였는데, 전략과 문제해결자 특성 사이의 관련성을 조사하기 위하여 Spearman의 서열 상관 계수(rank order correlation coefficient)를 구하였다. 또한 연구 대상의 수가 제한되는 발생사고법에 의한

<표 1> 문제해결 전략 분석 틀

- 읽고 조직하기(Reading & Organization)
- RO1 문제를 다시 읽기
 - RO2 변인의 값 적기
 - RO3 그림 그리기
 - RO4 목표 및 미지수 확인하기
 - RO5 문제가 어렵다고 언급함
 - RO6 문제가 무슨 말인지 모르겠다고 언급함
 - RO7 질문

풀이(Production)

- PR1 하위 문제로 나누어 해결함
- PR2 논리적인
- PR3 일관성 있음
- PR4 임의의 방식으로 풀이함

오류(Errors)

- ER1 주어진 정보를 사용하지 않음
- ER2 부적절한 정보를 사용함
- ER3 필수적인 물리량을 유도하지 않음
- ER4 유도해 낸 물리량을 사용하지 않음
- ER5 유도해 낸 물리량을 잘못 사용함
- ER6 수행상의 실수

검토(Evaluation)

- EV1 유도해 낸 물리량의 의미 파악하기
- EV2 계산 과정을 훑어 보기
- EV3 물리량을 다른 방식으로 유도하기
- EV4 논리적·화학적으로 타당한지 확인하기

전략(Strategy)

- S 체계적(Systematic) 전략
- STE 체계적 시행착오(Systematic Trial & Error) 전략
- RTE 임의적 시행착오(Random Trial & Error) 전략

선행 연구들(AtWater & Alick, 1990; Park, 1988)의 경우 대개 유의수준 .1에서 분석·논의하며, 이러한 방법이 대략적인 경향성을 파악하는 데에 도움을 줄 것으로 기대되므로, 본 연구에서도 각 검증의 유의수준으로 .1을 사용하였다.

Ⅲ. 결과 분석 및 논의

1. 문제해결자 특성 검사 결과

<표 2> 문제해결자 특성 검사 결과 (N=94)

	평균	표준편차
논리적 사고력 검사(12점 만점)	5.9	2.5
공간능력 검사(100점 만점)	50.0	9.2
학습 접근방식 검사(100점 만점)	62.6	11.2

문제해결자 특성에 관한 각 검사의 평균과 표준편차를 <표 2>에 제시하였다. 논리적 사고력 검사에 대한 평균은 5.9점이었는데, 형식적 조작기, 전이 단계, 구체적 조작기에 속하는 학생수는 논리적 사고력 검사 대상(94명)의 경우 27명(28.7%), 35명(37.2%), 32명(34.0%)이었고, 발생사고 면담 대상(42명)의 경우 13명(31.0%), 15(35.7%), 14명(33.3%)이었다. 공간능력 검사 점수는 공간 지각능력 검사와 도형찾기 퍼즐의 T점수에 대한 평균을 구한 것이다(Bodner & McMillen, 1986). 학습 접근방식 검사의 평균은 62.6점이었는데, 이 검사에서 높은 점수를 받을수록 심층적 학습 접근방식을 지니는 것이고, 낮은 점수를 받을수록 피상적 학습 접근방식을 지니는 것이다.

2. 전략 분석에 대한 분석자간 일치도

<표 1>의 5개 범주에 대한 분석자간 일치도를 <표 3>에 제시하였다. 각 문항에 대한 분석자간 일치도가 .9이상이고 그 평균값이 .95인 것으로 분석의 신뢰도를 확인하였다.

3. 문제해결 전략의 사용 빈도 조사

학생들의 응답원안에서 <표 1>에 제시된 범주들에 대한 빈도를 조사하였다(표 4). '읽고 조직하기'에 속하는 하위 범주 가운데 'RO1 문제를 다시 읽기/RO3 그림 그리기/RO4 목표 및 미지수 확인하기/RO6 문제가 무슨 말인지 모르겠다고 언급함/RO7 질문' 등이 과학적 상황보다 일상적 상황에서 더 많이 나타났다. 문제를 다시 읽는 것(RO1)은 처음 문제를 읽을 때 집중하지 않았거나(Halpin, 1991), 관련 개념을 적용

<표 3> 문제해결 전략분석에 대한 분석자간 일치도

	분석자간 일치도
밀도 일상	.93
밀도 과학	.93
용해도 일상	.97
용해도 과학	.96
평균	.95

〈표 4〉 문제해결 전략 중 일부 범주들의 빈도(%)

	밀도 일상	밀도 과학	용해도 일상	용해도 과학
읽고 조직하기				
RO1	14(33.3)	11(26.2)	24(57.1)	22(52.4)
RO2	7(16.7)	8(19.0)	14(33.3)	11(26.2)
RO3	5(11.9)	4(9.5)	5(11.9)	2(4.8)
RO4	17(40.5)	16(38.1)	18(42.9)	14(33.3)
RO5	2(4.8)	2(4.8)	6(14.3)	3(7.1)
RO6	9(21.4)	0(0.0)	5(11.9)	2(4.8)
RO7	9(21.4)	4(9.5)	9(21.4)	3(7.1)
풀이				
PR1	23(54.8)	23(54.8)	30(71.4)	26(61.9)
PR2	10(23.8)	16(38.1)	14(33.3)	19(45.2)
PR3	36(85.7)	34(81.0)	37(88.1)	35(83.3)
PR4	30(71.4)	23(54.8)	24(57.1)	21(50.0)
오류				
ER1	38(90.5)	37(88.1)	13(31.0)	17(40.5)
ER2	19(45.2)	13(31.0)	3(7.1)	6(14.3)
ER3	5(11.9)	6(14.3)	1(2.4)	0(0.0)
ER4	13(31.0)	10(23.8)	12(28.6)	4(9.5)
ER5	12(28.6)	13(31.0)	8(19.0)	4(9.5)
ER6	6(14.3)	9(21.4)	16(38.1)	16(38.1)
검토				
EV1	4(9.5)	2(4.8)	9(21.4)	7(16.7)
EV2	0(0.0)	0(0.0)	3(7.1)	2(4.8)
EV3	0(0.0)	0(0.0)	1(2.4)	0(0.0)
EV4	0(0.0)	0(0.0)	2(4.8)	0(0.0)

하는 데 어려움을 느끼기 때문인 것으로 파악된다. 선행연구에 의하면 문제해결 초보자들은 주어진 정보의 의미를 파악하기 전에 불필요한 정보들까지 무조건 적으려는(RO2) 경향이 있으며(Camacho & Good, 1989), 문제가 어렵다고 생각될 때 그림을 그리는(RO3) 경향이 있다(홍미영과 박운배, 1994). 무엇이 문제의 목표인지를 반복해서 확인하는 것(RO4)이나 문제가 어렵다는 말(RO5), 문제가 무슨 말인지 모르겠다는 말(RO6), 질문(RO7) 등 역시 문제해결이 용이하지 않을 때 나타나는 특성으로 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서 과학적 상황의 문제보다 일상적 상황의 문제가 읽고 조직하기에 더 어려운 것으로 파악된다.

'풀이' 범주에 대한 결과에서는 많은 학생들이 하위 문제로 나누어 해결하려 하고(PR1: 54.8~71.4%) 논리적으로 사고하며(PR2: 23.8~45.2%) 일관성 있게 접근하는(PR3: 81.0~88.1%) 것으로 나타났다. 그러나 이러한 특성을 나타낸 학생들도 올바른 개념을 회상하지 못한 채 임의의 방식으로 해결하는(PR4) 경우가 많았다. 이러한 임의의 해결책 선택(PR4)은 과학적 상황보다 일상적 상황에서, 특히 일상적 상황의 밀도 문제에서 많이 나타났다(71.4%).

'오류'의 범주 가운데 주어진 정보를 사용하지 않은 것(ER1)은 밀도 개념을 회상하지 못하여 주어진 질량이나 부피 값을 이용하지 못한 경우, 저온에서의 용해도나 고온에서

의 용해도 값 중 하나만을 이용해 답한 경우 등에 해당하는 것으로서, 밀도 문제에서는 대부분(88.1~90.5%)의 학생들이 이러한 특성을 보였으므로 성취율이 매우 저조하였다. (노태희, 전경문, 한인옥, 김창민, 1996). 부적절한 정보를 사용한 것(ER2)과 필수적인 물리량을 유도하지 않은 것(ER3)의 예로는 두 액체를 섞을 때 부피가 줄어드는 것에 집착하는 경우와 식을 세워 계산하지 않고 추측으로 답하는 경우를 각각 들 수 있다. 유도해 낸 물리량을 잘못 사용한 것(ER5)은 질량을 계산한 후 밀도라고 착각한 경우 등에 해당한다. 한편 유도해 낸 물리량을 사용하지 않은 것(ER4)은 풀이에 대한 적절한 계획없이 임의로 물리량들을 유도한 채 활용하지 않은 경우로, 과학적 상황(9.5~23.8%)보다 일상적 상황(28.6~31.0%)에서 두드러졌다. 'ER6 수행상의 실수'란 계산 실수, 단위 환산에서의 실수, 식을 잘못 세운 경우 등을 의미하는데, 비례식 계산이 요구되는 용해도 문제해결 과정에서 더 많이 나타났다(38.1%).

전반적으로 '검토' 전략을 나타낸 학생수는 비교적 적었으며(0~21.4%), 이는 Gabel, Sherwood, Enochs(1984)의 결과와 일치하는 것이다. '검토'의 하위 범주 중에서는 'EV1 유도해 낸 물리량의 의미 파악하기'가 가장 많이 사용되었는데(4.8~21.4%), 특히 하위 목표 설정 전략(PR1)이 많이 나타난 문항일수록 하위 문제의 답, 즉 유도해 낸 물리량의 의미를 파악하는 전략(EV1)이 더 많이 나타났다. 상황별로는 모든 검토 전략이 과학적 상황보다 일상적 상황에서 더 많이 사용되었는데, 이는 학생들이 일상적 상황의 문제에서 풀이에 대한 자신감이 더 부족한 것으로 해석할 수 있다.

'전략' 범주의 결과(표 5)에서는 'S 체계적 전략'이나 'STE 체계적 시행착오 전략'을 사용하는 학생들도 있지만, 많은 학생들이 'RTE 임의적 시행착오 전략'에 의해 문제를 해결하는 것을 알 수 있다. 논리성과 일관성이 결여된 이 전략(RTE)은 과학적 상황(26.2~42.9%)보다 일상적 상황(42.9~47.6%)에서 더 많이 사용되었다. 이는 학생들이 일상적 상황의 문제를 '읽고 조직하는' 데 더 많은 어려움을 느끼고, 임의의 방식으로 '풀이'하는 경향이 있다는 것 등과 일맥상통하는 것이다.

한편 조직적인 계획을 수립하고 하위 목표를 설정하는 등

<표 5> '전략' 범주의 빈도(%)

	밀도 일상	밀도 과학	용해도 일상	용해도 과학
S	9(21.4)	16(38.1)	16(38.1)	15(35.7)
STE	13(31.0)	8(19.0)	8(19.0)	15(35.7)
RTE	20(47.6)	18(42.9)	18(42.9)	11(26.2)

의 체계적인 전략을 사용한 학생들이라도, 올바른 개념을 회상하지 못하여 주어진 정보를 적절히 활용하지 못하는 등의 '오류'를 범하는 경우가 있었다. 특히 밀도 문제에서는 'S 체계적 전략'이나 'STE 체계적 시행착오 전략'을 사용한 학생이 절반 이상 되었음에도 불구하고, 올바른 밀도 공식을 회상하지 못하여 문제해결에 실패하는 학생들이 매우 많았다(노태희, 전경문, 한인옥, 김창민, 1996). 이는 전략이 문제해결 성공 여부와 관련된 요인이기는 하지만(AtWater & Alick, 1990; Gabel, Sherwood, & Enochs, 1984) 전략의 사용이 개념 이해 수준을 의미하지는 않는 것으로 해석할 수 있다. 따라서 성공적인 문제해결을 위해서는 올바른 개념 이해와 적절한 전략 사용이 병행되어야 한다.

4. 문제해결자 특성과 문제해결 전략 사이의 관계 조사

학생들의 논리적 사고능력, 공간능력, 학습 접근방식과 <표 1>에 제시된 문제해결 전략 사이의 관계를 조사하였다. '전략' 이외의 4개 범주들의 경우 전체적인 경향성을 파악하기 위해, 각 하위 범주의 사용 여부에 대한 4문항의 합계(0~4)와 문제해결자 특성 검사 점수 사이의 상관관을 구하였다(표 6). '읽고 조직하기'의 하위 범주들은 논리적 사고력 검사 및 학습 접근방식 검사 점수들과 대체로 부적 상관관을 보이고 부분적으로 상관 계수가 유의미하였다. 그러나 공간능력 검사 점수와는 유의미한 상관관이 나타나지 않았다. 논리적 사고능력이 낮은 학생일수록 'RO2 변인의 값 적기/RO4 목표 및 미지수 확인하기'의 특성을 많이 드러낸 것은 이들이 문제를 읽고 조직하는 데 어려움을 겪기 때문인 것으로 파악된다. 이는 형식적 조작기 학생들이 문제를 더 잘 조직한다거나(Nurrenbern, 1980), 학생들의 논리적 사고능력이 낮을수록 문제의 목표를 확인하는 횟수가 많다는(Park, 1988) 등의 선행 연구 결과와 일치하는 것이다. 학습 접근방식에 대한 결과에서는 피상적 접근방식을 지닌 학생들이 심층적 접근방식을 지닌 학생들보다 문제를 읽고 조직하는 데 더 많은 어려움을 느끼므로, 주어진 정보를 그림으로 표시하려 하고(RO3), 문제가 너무 어렵다는 말을 하며(RO5), 문제에 제시된 단어의 뜻이나 문제의 의미에 대해 질문하는(RO7) 경향이 있었다.

'풀이' 범주에서는 전반적으로 유의미한 상관관이 많이 존재하였다. 학생들은 논리적 사고능력이나 공간능력이 높을수록 'PR1 하위 문제로 나누어 해결함/PR2 논리적임' 등의 특성을 보이고, 학습에 대한 심층적 접근방식을 지닐수록 'PR1 하위 문제로 나누어 해결함/PR2 논리적임/PR3 일관성 있음' 등의 특성을 나타내었다. 반면 논리적 사고능력

<표 6> 문제해결자 특성과 문제해결 전략 범주들 사이의 상관¹⁾

	논리적 사고능력	공간능력	학습 접근방식
읽고 조직하기			
RO1	-.10	.01	-.17
RO2	-.42**	-.24	-.17
RO3	-.16	.03	-.31
RO4	-.39**	-.08	-.25
RO5	-.06	.09	-.32
RO6	.11	.14	-.17
RO7	.02	.09	-.30
풀이			
PR1	.69**	.52*	.49
PR2	.72**	.52*	.32
PR3	.08	.09	.27
PR4	-.66**	-.53*	-.23
오류			
ER1	-.56**	-.34*	-.32
ER2	-.27*	-.39*	-.19
ER3	-.11	-.12	-.30
ER4	-.05	-.18	-.00
ER5	-.06	-.10	.17
ER6	.07	-.09	.28
검토			
EV1	.33**	.22	.20
EV2	-.39**	-.16	-.29
EV3	.21	.11	.20
EV4	.30*	.00	.16

* p<.1, **p<.05.

¹⁾Spearman의 서열 상관 계수.

이나 공간능력이 낮을수록 임의의 방식으로 풀이하는(PR4) 경향이 있었다. 학습 접근방식과 'PR4 임의의 방식으로 풀이함' 사이에도 .1 수준에서 부적 상관이 존재하였다.

'오류'에 속하는 범주들은 문제해결자 특성 점수들과 대체로 부적 상관을 보였다. 학생들은 논리적 사고능력이나 공간능력이 낮을수록 주어진 정보는 사용하지 않은 채(ER1) 부적절한 정보에 집착하는(ER2) 것으로 드러났다. 또한, 심층적 학습 접근방식을 지닐수록 계산 실수와 같은 'ER6 수행상

의 실수'를 범하는 데 반해(p<.1), 피상적 학습 접근방식을 지닐수록 주어진 정보를 사용하지 않고(ER1) 성공적인 문제해결에 있어서 필수적인 물리량들을 유도하지 않는(ER3) 오류를 범하였다.

'검토'의 전략 중에서는 'EV2 계산 과정을 훑어 보기'가 문제해결자 특성 점수들과 부적 상관을 보이고 나머지 범주들은 정적 상관을 보였다. 학생들은 논리적 사고능력이 높을수록 유도해 낸 물리량의 의미를 파악하고(EV1) 논리적·화학적으로 타당한지 확인하는(EV4) 경향이 있었고, 논리적 사고능력이 낮을수록 단순히 계산 과정을 훑어 보는(EV2) 검토 과정을 거쳤다. 학습 접근방식과 계산 과정 검토(EV2) 사이에는 .1 수준에서 유의미한 상관이 있었다.

이와 같이 학생들은 논리적 사고능력이 높을수록 하위 목표를 설정하여 문제를 논리적으로 해결하며 자신이 구한 답의 의미를 검토해 보는 경향이 있고, 논리적 사고능력이 낮을수록 무엇이 문제인지를 반복해서 읽으며 주어진 변인들의 의미를 파악하기도 전에 무조건 적으려고 하면서도 이를 제대로 활용하지 못하여 임의의 방식으로 풀이하며 단순히 계산 과정만을 검토하는 경향이 있었다. 또한, 공간능력이 높을수록 주어진 문제를 하위 문제로 나누어 논리적으로 해결하는 경향이 있었으나, 공간능력이 낮을수록 임의의 방식으로 풀이하는 경향이 있었으므로 주어진 정보들을 모두 활용하지 못하였다. 학습 접근방식에 의해서는 심층적 접근방식을 지닐수록 문제해결에 대한 계획을 논리적으로 수립하여 하위 문제들을 일관성 있게 해결하는데 반해, 피상적 접근방식을 지닐수록 문제가 너무 어렵다는 말을 하고 주어진 조건들을 그림으로 표시하기는 하지만 적절히 사용하지 못하는 경향이 있었다.

'전략' 범주의 경우는 'S 체계적 전략'을 2, 'STE 체계적 시행착오 전략'을 1, 'RTE 임의적 시행착오 전략'을 0으로 하여 문제해결자 특성 검사 점수와의 상관을 문항별로 구하였다(표 7). 일상적 상황의 용해도 문제를 제외한 모든 문항들에 대한 전략 유형이 학생들의 논리적 사고능력, 공간능력,

<표 7> 문제해결자 특성과 '전략' 범주 사이의 상관¹⁾

	논리적 사고능력	공간능력	학습 접근방식
밀도 일상	.50**	.49**	.48**
밀도 과학	.61**	.57**	.27**
용해도 일상	.47**	.20	.40**
용해도 과학	.68**	.43**	.25*

* p<.1, **p<.05.

¹⁾ Spearman의 서열 상관 계수.

학습 접근방식에 대한 검사 점수들과 .1 수준에서 유의미한 상관을 보였고, 특히 논리적 사고력 검사 점수는 모든 문항들에 대해 가장 높은 상관을 나타내었다($p < .05$). 즉, 본 연구에서 중학생들은 논리적 사고능력, 공간능력이 높거나 심층적 학습 접근방식을 지닐수록 'S 체계적 전략'을 사용하는 경향이 있는데 반해, 논리적 사고능력, 공간능력이 낮거나 피상적 학습 접근방식을 지닐수록 'RTE 임의적 시행착오 전략'을 사용하는 경향이 있었다. 이는 고등학생이나 대학생을 대상으로 하여, 논리적 사고능력이나 비례논리 능력이 높은 학생들이 보다 체계적인 문제해결 전략을 사용한다고 보고한 선행 연구(AtWater & Alick, 1990; Gabel, Sherwood, & Enochs, 1984)들과 일치하는 것이다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 중학생 42명의 응답원안을 이용하여 문제 해결 전략을 분석하고, 이를 문제의 상황에 따라 비교함과 동시에 전략과 학생들의 논리적 사고능력, 공간능력, 학습 접근방식 사이의 관계를 조사하였다. 이러한 연구를 통해 얻어낸 결론 및 제언은 다음과 같다.

1. 본 연구에서 과학적 상황보다 일상적 상황의 문제가 읽고 조직하기에 더 어려운 것으로 나타났다. 학생들은 논리적 사고능력이 낮거나 피상적 학습 접근방식을 지닐수록 문제를 읽고 조직하는 데 더 많은 어려움을 겪었다.
2. 주어진 문제를 작게 나누어 해결하거나 논리적으로 사고하는 것과 같은 풀이 과정은 학생들의 논리적 사고능력, 공간능력, 학습 접근방식과 유의미하게 관련되어 있었다. 임의의 방식으로 풀이하는 것은 일상적 상황의 밀도 문제에서 많이 나타났다.
3. 밀도 문제해결 과정에서 주로 나타난 오류는 주어진 정보를 적절히 활용하지 못하는 것, 중요하지 않은 정보를 사용하는 것, 자신이 유도해 낸 물리량을 사용하지 않는 것 등이고, 용해도 문제에서는 계산 실수가 주된 오류이었다. 주어진 정보를 적절히 활용할 수 있는 전략은 학생들의 논리적 사고능력, 공간능력, 학습 접근방식과 유의미하게 관련되어 있었다.
4. 검토의 전략을 사용하는 학생은 많지 않았으나, 답의 의미나 계산 과정에 대한 검토가 상대적으로 많이 나타났다. 이러한 검토 전략과 학생들의 논리적 사고능력 사이에는 상호 관련성이 존재하였다. 상황별로는 과학적 상황보다 일상적 상황의 문제에서 검토 전략을 사용하는 학생수가 더 많았다.

5. 많은 학생들이 체계적 전략이나 체계적 시행착오 전략 대신 임의적 시행착오 전략에 의해 문제를 해결하였으며, 특히 일상적 상황에서 이 전략을 많이 사용하였다. 문제해결 전략은 성공적인 문제해결에 있어서 중요한 요인이므로, 조직적인 계획을 수립하고 논리적으로 사고하는 등의 체계적인 전략을 교수에서 강조할 필요가 있다.
6. 학생들은 논리적 사고능력, 공간능력이 높거나 학습에 대한 심층적 접근방식을 지닐수록 임의적 시행착오 전략보다 체계적인 문제해결 전략을 사용하는 경향이 있었다. 특히, 논리적 사고능력과 전략 사이에 보다 일관된 경향성이 존재하였으므로, 학생들의 논리적 사고능력 향상을 위한 교수를 개발, 적용하여 문제해결 전략 사용에 대한 효과를 조사해 볼 필요가 있다.
7. 보다 효과적이고 효율적인 문제해결 전략은 문제의 특성이나 문제해결자 특성에 따라 달라질 수 있으므로, 다양한 형태의 문제를 이용하여 전략 분석을 시도해 보아야 하며, 다양한 문제해결자 변인과의 관련성을 조사해 보아야 한다.

참 고 문 헌

- 노태희, 전경문(1997). 문제와 문제해결자 특성에 따른 화학 문제해결: 문제해결 시간과 전이 분석. 한국과학교육학회지, 17(1), 11-19.
- 노태희, 전경문, 한인옥, 김창민(1996). 학생의 인지 발달 수준과 문제의 상황에 따른 화학 문제해결 행동 비교. 한국과학교육학회지, 16(4), 389-400.
- 홍미영, 박윤배(1994). 대학생들의 기체의 성질에 대한 문제 해결 과정의 분석. 한국과학교육학회지, 14(2), 143-158.
- 홍미영, 박윤배(1995). 문제의 특성에 따른 대학생들의 화학 문제해결 과정의 차이 분석. 한국과학교육학회지, 15(1), 80-91.
- Anamuah-Mensah, J.(1986). Cognitive strategies used by chemistry students to solve volumetric analysis problems. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(9), 759-769.
- 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.
- 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.
- Entwistle, N., Kozeki, B., and Balarabe, M.(1988). Motivation, 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.
- 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.
- Halpin, M.L.(1991). *Strategies students use to solve chemistry problems*. Unpublished doctoral dissertation, North Carolina State University.
- Linn, M.C., and Kyllonen, P.(1981). The field dependence- independence construct: Some, one or none. *Journal of Educational Psychology*, 73, 261-273.
- Nurrenbern, S.(1980). *Problem-solving behaviors of concrete and formal operational high school chemistry students when solving chemistry problems requiring formal reasoning skills*. Dissertation Abstracts International, 40, 4986-A.
- 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.
- Questionnaire on Approaches to Learning and Studying*. (1995). Center for Research on Learning and Instruction, University of Edinburgh.
- Rief, F.(1983). How can chemists teach problem solving? *Journal of Chemical Education*, 60(11), 948-953.
- 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.
- Small, M.Y., and Morton, M.E.(1983). Spatial visualization training improves performance in organic chemistry. *Research in College Science Teaching*, 13, 41-43.
- Smith, M.U., and Good, R.(1984). Problem solving and classical genetics: Successful versus unsuccessful performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(9), 895-912.
- Song, J., and Black, P.J.(1991). The effect of task contexts on pupils' performance in science process skills. *International Journal of Science Education*, 13(1), 49-58.

(ABSTRACT)

An Investigation on Chemistry Problem-Solving Strategy of Middle School Student

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

The purpose of this study was to determine the strategies that middle school students used in solving problems concerning density and solubility. These were compared in the aspects of problem contexts for 42 students of varying logical reasoning ability, spatial ability, and learning approach. A coding scheme used consists of five categories: reading & organization, production, errors, evaluation, and strategy. Students' protocols were analyzed after intercoder agreement had been established to be .95.

The results were as follows:

1. Students had more difficulties in reading and organizing the problems in everyday contexts than in scientific contexts. Students at the concrete-operational stage and/or surface approach were more likely to have difficulties in reading and organizing the problems than those at the formal-operational stage and/or deep approach.
2. Students tended to split up the solubility problems into sub-problems and to solve the density problem in everyday contexts in random manner. These were significantly correlated with the test scores concerning logical reasoning ability, spatial ability, and learning approach at the .1 level of significance.
3. Major errors in solving the density problems were to disregard the given information or generated and to use inappropriate information. Many errors in solving the solubility problems were found to be executive errors. The strategy to use the information given appropriately was positively related to students' logical reasoning ability, spatial ability, and learning approach.
4. More evaluation strategies were found in everyday contexts. Their strategies to grasp the meaning of answers and to check the math were significantly related to students' logical reasoning ability.
5. Students used the random trial-and-error strategy more than the systematic strategy and the systematic trial-and-error strategy, especially in everyday contexts. The strategies used by the students were significantly related to students' logical reasoning ability, spatial ability, and learning approach.