

수리 문제, 그림 및 문장으로 제시된 개념 문제의 성취도 및 인지변인들 사이의 관계

노태희 · 임희준
(서울대학교)

(1996년 4월 8일 받음)

I. 서론

1. 연구의 목적 및 필요성

정량적인 문제 해결과 정성적인 내용의 이해는 화학 학습의 중요한 두 가지 측면이다(Mason & Crawley, 1994). 또한 화학 문제를 해결하는 데에는 '수리 양식(algorithmic mode)'과 '개념 형태(conceptual gestalt)'의 두 가지 상이한 접근 방식이 요구된다고 한다(Niaz, 1995; Niaz & Robinson, 1992). 이러한 수리 문제 해결과 개념 이해 사이의 관계는 수리 문제와 분자 수준의 그림 또는 문장으로 제시된 개념 문제에 대한 학생들의 성취도를 비교함으로써 조사되었고, 그 결과 많은 학생들이 수리 문제를 개념 문제보다 유의미하게 더 잘 해결한다고 밝혀졌다(Beall & Prescott, 1994; Nakhleh, 1993; Nakhleh & Mitchell, 1993; Niaz, 1994, 1995; Niaz & Robinson, 1991; Nurrenbern & Pickering, 1987; Pickering, 1990; Sawrey, 1990). Pickering(1990)은 이처럼 학생들이 수리 문제보다 개념 문제에 취약한 것은 대상 개념에 관한 지식이 부족하기 때문이라고 지적하고, 교수에서 수리와 개념 중 어떤 양식(mode)을 강조하는지가 이 두 영역에 대한 학생들의 상대적인 성취도에 영향을 미친다고 주장하였다. 국내에서도 Nurrenbern과 Pickering(1987)이 사용한 문제를 포함한 10쌍의 문제로 구성된 CPST(Chemistry Problem Solving Test)를 통하여 고등학생의 수리 문제 해결력과 개념 이해도를 비교하였다(노태희, 우규환, 임희준, 서인호, 1995). 이 연구에서도 학생들은 수리 문제를 개념 문제보다 유의미하게 더 잘 해결하는 것으로 밝혀졌으나, 학생들의 수리 문제 해결력과 개념 이해도 사이의 격차는 외국 대학생에게서 나타난 격차만큼 크지

는 않았다.

한편, 신피아제주의에 의하면 중등 및 대학의 과학 과정은 형식적 조작 논리, 기억 용량, 장의존성/장독립성, 선행 지식 등과 관련이 있다고 제안되며(Lawson, 1983; Niaz, 1989), 이러한 학습자의 인지변인과 화학 문제 해결 능력 사이의 관계에 대해서 많은 연구가 진행되었다. 화학 문제 해결 능력과 비례 추론 능력 사이에 유의미한 상관성이 있음이 많은 연구를 통하여 보고되었으며(Friedel, Gabel, & Samuel, 1990; Gabel, Sherwood, & Enochs, 1984), 인지 발달 수준과 화학 문제 해결 능력 사이의 유의미한 관계도 보고되어 있다(Chandran, Treagust, & Tobin, 1987; Niaz & Lawson, 1985). 또한 정량적인 문제의 경우 학생들의 기억 용량(mental capacity)이 성취도에 영향을 미친다고 보고되고 있으며(Niaz, 1988; Niaz & Robinson, 1992), 과학이나 수학에서의 성취도는 장의존성/장독립성(field dependence/field independence)과 유의미하게 관련되어 있다고 보고되고 있다(Witkin, Moore, Goodenough, & Cos, 1977).

이와 같은 연구 결과에 기초하여 Niaz와 Robinson(1991, 1992)은 문제가 제시되는 양식이 다르다면 요구되는 인지변인이 다를 것이라는 가정 하에서 수리 문제와 개념 문제에 대하여 논리적 사고력과 기억 용량, 장의존성/장독립성 등의 인지변인과 대응되는 수리 문제 및 개념 문제의 성취도 사이의 상관관을 조사하였다. 그 결과, 수리 문제는 대부분 논리적 사고력과 상관성이 가장 큰 반면에 개념 문제는 기억 용량과 관련이 있기도 하나 대체적으로 문제마다 영향을 미치는 변인이 다른 것으로 나타났다. 특히, 수리 문제와 개념 문제 성취도 사이의 상관관은 매우 낮아 인지변인과 성취도 사이의 상관보다 낮은 것으로 나타났다.

그러나 화학양론 및 기체 상태에 관한 학생들의 개념 이해도를 주관식 검사를 통하여 조사한 연구에서 Niaz와 Robinson(1991)이 사용한 개념 문제의 답부(options)가 학생들이 많이 보유하고 있는 오개념을 적절하게 포함하지 않고 있음이 밝혀졌다(노태희, 임희준, 우규환, 1995). 이러한 문제점은 객관식 검사에서 학생들의 성취도에 영향을 미칠 수 있기 때문에, 인지변인과 개념 문제, 수리 문제의 성취도 사이의 관계를 조사한 그들의 연구는 보다 타당한 답부를 포함하도록 수정, 보완된 문항을 통하여 제시도될 필요가 있다. 또한 이들은 “각각의 문제를 해결하는 데 요구되는 내적 과정에 대하여 보다 올바른 이해를 하기 위해서는 단일 항목 성취도 평가(single item achievement measure)를 해야 한다”는 Lawson(1983)의 논지에 의거하여 단일 항목에 대하여 각 문제의 성공을 가장 잘 예측하는 변인을 조사하였다. 그러나 하위 범주의 문제 수가 적은 경우에는 평가의 신뢰도에 문제가 있으므로 적어도 10문항으로 구성되어야 한다는 지적(Hanna, 1993)을 고려한다면, 단일 항목에 의한 평가는 그 결과의 신뢰도에서 문제를 지닌다는 한계가 있다. 실제로 Niaz의 연구에서도 동일한 문제에 대한 결과가 상이하게 나타나고 있는데(Niaz & Robinson, 1991, 1992), 이는 단일 항목 성취도 평가가 지니는 문제점을 단적으로 보여주고 있다. 따라서 개별적인 문제가 아니라 ‘수리’와 ‘개념’이라는 두 가지 양식의 화학 문제를 해결하는 데 영향을 미치는 변인을 조사하고자 하는 경우에는 하위 범주가 10문항 정도로 구성되는 수리, 개념 문제를 사용하여 각 인지변인이 학생들의 성취도를 예언하는 정도를 비교하는 것이 보다 타당할 것이다.

본 연구에서는 위와 같은 문제점을 보완하기 위하여, 하위 범주를 10문항으로 구성하고 주관식 개념 검사를 통해 학생들의 오개념을 조사하여 각 답부에 학생들이 보유하고 있는 개념이 가능한 많이 포함되도록 구성한 화학 문제 해결 능력 검사(Chemistry Problem Solving Ability Test: CPSAT)를 활용하여(Noh & Lim, 1996) 수리 문제와 개념 문제의 성취도에 영향을 미치는 변인을 파악하고자 한다. 또한 이에 대한 기존의 연구가 주로 일반적인 인지변인들이 문제 해결에 미치는 영향을 조사했던 반면에, 본 연구에서는 이러한 인지변인과 함께 대응되는 수리 문제와 개념 문제-그림 유형과 문장 유형-의 성취도를 각각 변인으로 설정하여 이러한 변인들이 각 유형별 문제의 성취도에 영향을 미치는 정도를 비교하고자 한다.

2. 연구의 내용

본 연구에서는 공식이나 연산의 사용이 요구되는 수리 문

제, 분자 수준의 그림으로 제시된 개념 문제, 문장으로 제시된 개념 문제에 대한 성취도 및 논리적 사고력, 기억 용량, 장의존성/장독립성 등의 변인들 사이의 관계를 조사하였다. 먼저 이들 6가지 변인들 사이의 상관관계를 조사하고, 3가지 유형 문제의 성취도에 대한 나머지 5가지 변인-대응되는 다른 두 가지 유형 문제의 성취도와 3가지 인지변인-의 설명 정도를 단계적 중다회귀분석을 통하여 조사하였다. 본 연구에서 수리 문제와 그림 문제는 10문항씩이나 문장 문제는 5문항으로 구성되었기 때문에 문장 문제와 관련된 상관 및 회귀분석 결과는 비교적 신뢰도가 낮을 수 있다는 제한점이 있다.

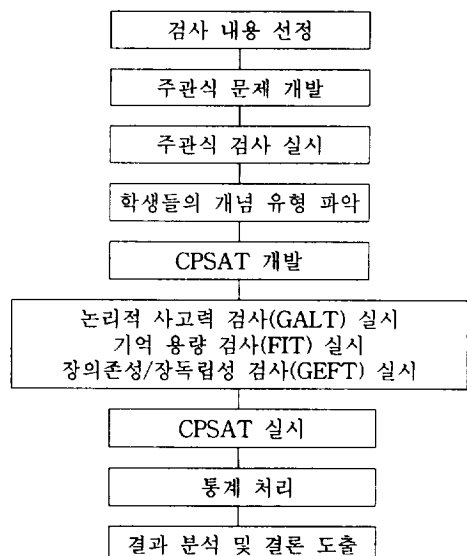
II. 연구 대상 및 절차

1. 연구 대상 및 시기

본 연구는 인문계 고등학교 이과계열 2학년 남녀 학생 한 학급씩을 대상으로 하였다. 조사에 참여한 남학생은 43명, 여학생은 46명이었다. 검사는 대상 내용에 대하여 학습하고 1 학기가 지난 후에 실시하였다.

2. 연구 절차

본 연구의 절차를 도식으로 나타내면 다음과 같다.



<그림 1> 연구 절차

3. 검사 도구

1) 화학 문제 해결 능력 검사(Chemistry Problem Solving Ability Test: CPSAT)

CPSAT은 학생들의 수리 문제 해결력과 개념 이해도를 비교하기 위하여 제작된 것으로(Noh & Lim, 1996), 연산이나 공식의 사용이 요구되는 수리 문제 10문항과 수리 문제의 바탕에 있는 분자 수준의 개념을 묻는 그림으로 제시된 개념 문제 10문항, 문장으로 제시된 개념 문제 5문항으로 구성되어 있다. 먼저 선행 연구(Nakhleh & Mitchell, 1993; Novick & Nussbaum, 1981; Nurrenbern & Pickering, 1987)에 제시되어 있는 4문항을 포함한, 그림을 그리고 그에 대한 설명을 첨부하도록 되어 있는 주관식 검사를 제작하였다. 45명의 대학생과 90명의 고등학생을 대상으로 검사를 실시한 후 학생들의 개념 유형을 조사하여 학생들의 응답 중 (1)전체적으로 응답률이 높은 것, (2)특정 학년에서 성취도가 높은 것을 기준으로 최종 답부를 선정하였다. 개념 문제에 대응되는 수리 문제는 선행 연구(Nakhleh & Mitchell, 1993; Nurrenbern & Pickering, 1987)와 여러 화학 교재를 참조하여 제작하였다. 문장으로 제시된 5문항의 개념 문제는 주관식 검사에서 학생들이 기술한 용어를 가능한 많이 사용하여 그림으로 제시된 개념 문제를 재진술한 것이다(Noh & Lim, 1996).

CPSAT의 최종본은 화학 교수 2인과 고등학교 화학 교사 2인에 의해서 검토되었다. 이렇게 제작된 CPSAT은 교과서에 제시된 페이지 분량을 고려하여 화학양론에서 2문제, 기체 상태에서 5문제, 용액에서 3문제로 구성되었다. 문장으로 제시된 개념 문제는 화학양론 1문제, 기체 상태 2문제, 용액 2문제의 총 5문제로 구성되었다. 크론바하 α 계수로 구한 CPSAT의 내적 신뢰도는 0.66이었다.

2) 논리적 사고력 검사

논리적 사고력은 집단 논리적 사고력 검사(GALT; Roadrangka, Yeany, & Padilla, 1983)의 축소본으로 측정하였다. 크론바하 α 계수로 구한 축소본 GALT의 신뢰도는 평균적으로 0.65 정도이며(Bunce & Hutchinson, 1993), 본 연구에서 구한 신뢰도는 0.60이었다.

3) 기억용량(mental capacity) 검사

기억 용량은 겹침 면 검사-RAC 794(FIT-RAC 794)로 측정하였다. FIT-RAC 794는 연습 문항 6개와 검사 문항 36개로 구성되어 있다. 문항은 제시부와 검사부로 되어 있는데, 여러 도형의 겹침 그림으로 표현된 검사부에서 제시부에 나열되어 있는 도형들의 공통 부분을 찾아 점으로 표현하도록

되어 있다. FIT 사용 설명서(Pascual-Leone & Burtis, 1974)의 지침에 따라 검사를 실시하고 점수화하였다. 크론바하 α 계수로 구한 FIT-RAC 794의 신뢰도는 0.88이며(Pascual-Leone & Burtis, 1974), 본 연구에서 구한 신뢰도는 0.86이었다.

4) 장의존성/장독립성 검사

장의존성/장독립성은 집단 숨은 그림 검사(GEFT; Oltman, Raskin, & Witkin, 1971)로 측정하였다. GEFT는 원래 개인을 대상으로 제작된 숨은 그림 검사(EFT)를 집단을 대상으로 검사 가능하도록 변형한 것으로 3부분으로 구성되어 있다. 첫째 부분은 연습용으로 단순한 7개의 문항으로 구성되어 있고, 실제 검사 문항은 둘째 부분과 셋째 부분으로 각각 9문항씩 제시되어 있다. 숨은 그림 검사 사용 설명서(Witkin, Oltman, Raskin, & Karp, 1971)의 지침에 따라 검사를 실시하였다. 검사 시간은 첫째 부분은 2분, 둘째와 셋째 부분은 각각 5분으로 총 소요시간은 20분 정도였으며, 점수는 둘째와 셋째 부분의 문제에서 맞은 개수의 합으로 하였다. 반분 신뢰도로 구한 GEFT의 신뢰도는 0.82(Witkin, Oltman, Raskin, & Karp, 1971)이며, 본 연구에서 크론바하 α 계수로 구한 신뢰도는 0.84이었다.

4. 자료의 분석

SPSS 통계 패키지를 사용하여 3가지 유형 문제 및 인지변인들의 평균과 표준편차를 구하고, 각 유형별 문제의 성취도 및 인지변인들 사이의 상관관계를 조사하였다. 또한 단계별 중다회귀분석을 실시하여 각 변인의 설명력을 구하였다.

III. 결과 및 논의

1. 수리, 그림, 문장 문제의 성취도 및 인지변인들 간의 상관관계

수리, 그림, 문장 문제의 성취도 및 논리적 사고력 검사(GALT), 기억 용량 검사(FIT), 장의존성/장독립성 검사(GEFT)의 평균 및 표준편차는 <표 1>과 같다. 6가지 검사를 동일 총점으로 환산할 경우 이들의 분산 정도는 유사하였다. 동일한 문항을 사용하여 해당 내용에 대한 학습이 끝난 직후에 고등학생들의 수리 문제 해결력과 개념 이해도를 비교한 선행 연구(Noh & Lim, 1996)에서는 수리 문제의 정답률이 가장 높았고 문장 문제, 그림 문제 순으로 정답률이 낮았던 결과와는 달리, 본 연구에서는 수리 문제의 정답률(35.7%)이 문장 문제의 정답률(37.3%)보다 낮았다. 본 연구

가 해당 내용을 학습하고 1학기가 지난 후에 성취도를 조사하였기 때문에, 공식이나 연산의 사용으로 인해 파지 효과가 비교적 짧은 수리 문제의 정답률이 파지 효과가 상대적으로 긴 개념 문제의 정답률보다 다소 낮아진 것으로 파악된다.

<표 1> 수리, 그림, 문장 문제와 인지변인들의 평균 및 표준편차

검 사 (총 점)	수리 문제 (10)	그림 문제 (10)	문장 문제 (5)	GALT (12)	FIT (7)	GEFT (18)
평 균 (표준 편차)	3.57 (1.81)	3.36 (1.73)	1.87 (1.17)	8.80 (2.04)	6.00 (1.07)	15.01 (2.97)

<표 2>에는 수리, 그림, 문장 문제의 성취도 및 논리적 사고력, 기억 용량, 장의존성/장독립성 사이의 상관관계를 제시하였다. 3가지 유형 문제의 성취도는 모두 장의존성/장독립성과 유의미한 상관이 있었다. 또한 수리 문제의 성취도는 논리적 사고력과 유의미한 상관이 있었으며, 그림 문제의 성취도는 기억 용량과 유의미한 상관이 있었다.

<표 2> 각 유형별 문제의 성취도 및 인지변인들 사이의 상관계수

	수리 문제	그림 문제	문장 문제	GALT	FIT	GEFT
수리 문제	1.0000					
그림 문제	.5263**	1.0000				
문장 문제	.4668**	.4799**	1.0000			
GALT	.3255**	.2061	.1699	1.0000		
FIT	.1506	.3407**	.1600	.3018**	1.0000	
GEFT	.2272*	.3158**	.2097*	.3451**	.3179**	1.0000

* p < .05. ** p < .01.

<표 3> 수리 문제의 성취도에 대한 중다회귀분석 결과

변 인	다중상관계수 R	R ²	설명되는 변량값(%)	설명되는 변량 누적값(%)	t 값
그림 문제	0.53	0.28	27.78	27.78	3.72**
GALT	0.58	0.33	5.51	33.29	2.55*
문장 문제	0.61	0.38	4.34	37.63	2.33*
FIT	0.62	0.38	0.83	38.46	-1.04
GEFT	0.62	0.38	0.00	38.46	0.05

* p < .05. ** p < .01.

그러나 Niaz와 Robinson(1991, 1992)의 연구 결과와는 상반되게 수리, 그림, 문장 문제의 성취도와 인지변인 사이의 상관계수는 0.35 이하인 반면에, 각 유형별 문제의 성취도 사이의 상관계수는 0.46에서 0.53으로 인지변인과의 상관계수보다 더 컸다. 본 연구에서는 대상 내용에 대하여 학습하고 1학기가 지난 후에 검사를 실시하여 비교적 안정화된 지식에 대한 평가의 성격을 지니므로, 대상 내용을 학습한 직후보다 각 유형별 문제의 성취도 사이에 상관이 낮음(Noh & Scharmann, in press)에도 불구하고 인지변인과의 상관보다 유형별 문제의 성취도 사이의 상관이 높았던 것은 주의할 만하다.

2. 수리, 그림, 문장 문제의 성취도에 대한 대응되는 두 가지 유형 문제의 성취도와 인지변인들의 중다회귀분석 결과

3가지 문제 유형의 성취도 중 하나의 문제 유형의 성취도를 종속변인으로 하고 나머지 2가지 문제 유형의 성취도와 인지변인들을 독립변인으로 하는 단계별 중다회귀분석을 실시하여 각 변인에 의하여 설명되는 변량의 정도를 비교하였다. <표 3>은 그림 문제, 문장 문제의 성취도와 3가지 인지

변인들이 수리 문제 성취도의 변량을 설명하는 정도를 제시한 것이다. 수리 문제의 성취도에 대해서는 대응되는 그림 문제의 성취도에 의해서 설명되는 변량의 정도가 27.78%로 가장 높았고, 다음으로 논리적 사고력이 나머지 변량의 5.51%를 설명하였다. 문장 문제의 성취도도 유의미한 예측력을 가지고 있었다(4.34%). 즉, 수리 문제에서는 인지변인보다 대응되는 그림 문제 및 문장 문제의 성취도에 의해 설명되는 변량의 정도가 더 컸으며, 인지변인 중에서는 다른 연구들(김도옥, 1992; Chandran, Treagust, & Tobin, 1987; Lawson, 1983; Niaz & Robinson, 1991, 1992)에서와 마찬가지로 논리적 사고력의 설명력이 가장 큰 것으로 나타났다.

다음으로 수리 문제, 문장 문제의 성취도와 3가지 인지변인이 그림 문제 성취도의 변량을 설명하는 정도를 <표 4>에 제시하였다. 그림 문제의 성취도에 대해서는 수리 문제의 성취도가 전체 변량의 27.78%를 설명함으로써 예측력이 가장 높았다. 문장 문제의 성취도는 나머지 변량의 7.47%를 설명하였다. 다음으로 설명하는 변량의 정도가 큰 것은 기억 용량(5.95%)으로 이는 인지변인 중에서는 그림 문제의 성취도를 예측하는 정도가 가장 컸다. 이와 같이 그림 문제에서도 인지변인보다는 대응되는 수리 및 문장 문제의 성취도에 의해 설명되는 변량의 정도가 더 큰 것으로 나타났다.

<표 4> 그림 문제의 성취도에 대한 중다회귀분석 결과

변 인	다중상 관계수 R	R ²	설명되는 변량값(%)	설명되는 변량 누적값(%)	t 값
수리 문제	0.53	0.28	27.78	27.78	3.72**
문장 문제	0.59	0.35	7.47	35.25	2.82**
FIT	0.64	0.41	5.95	41.19	2.54*
GEFT	0.65	0.42	1.12	42.31	1.41
GALT	0.65	0.43	0.47	42.78	-0.82

* p < .05. ** p < .01.

마지막으로 문장 문제의 성취도에 대하여 그림 문제와 수리 문제의 성취도 및 3가지 인지변인들을 독립변인으로 한 중다회귀분석 결과를 <표 5>에 제시하였다. 문장 문제에 있어서도 대응되는 그림 문제의 성취도에 의해서 설명되는 변량의 정도가 23.35%로 가장 컸으며, 다음으로 수리 문제의 성취도가 설명하는 변량의 정도가 5.57%로 통계적으로 유의미한 정도를 설명했다. 3가지 인지변인들은 모두 유의미한 설명력이 나타나지 않았다. 상관관계 조사에서는 장의존성/

장독립성이 문장 문제의 성취도와 유의미한 상관이 있는 것으로 나타났으나, 대응되는 그림 문제 및 수리 문제의 성취도를 포함시킨 회귀분석에서는 이들의 설명력에 가려져 인지변인의 설명력은 유의미하게 나타나지 않았다.

<표 5> 문장 문제의 성취도에 대한 중다회귀분석 결과

변 인	다중상 관계수 R	R ²	설명되는 변량값(%)	설명되는 변량 누적값(%)	t 값
그림 문제	0.48	0.23	23.35	23.35	2.82**
수리 문제	0.54	0.29	5.57	28.93	2.33*
GEFT	0.54	0.29	0.15	29.08	0.41
FIT	0.54	0.29	0.04	29.12	-0.22
GALT	0.54	0.29	0.01	29.13	0.11

* p < .05. ** p < .01.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 수리 문제, 그림 및 문장으로 제시된 개념 문제의 성취도와 3가지 인지변인들 사이의 상관 및 각 문제에 대한 다른 변인들의 설명 정도를 조사하였다. 논리적 사고력은 많은 연구를 통해서 정량적인 계산을 요하는 문제와 상관이 높은 것으로 보고되었듯이 본 연구에서도 수리 문제의 성취도와 상관이 높았으며($r=0.3255$), 수리 문제 성취도의 변량을 유의미하게 설명했다. 이는 정량적인 계산을 기본으로 하는 수리 문제를 해결하는 데에는 비례 추론 논리를 비롯한 논리-수학적인 해결책의 모색이 중요한 요소임을 보여 준다.

기억 용량은 수리 문제의 성취도와는 유의미한 상관이 없었으며, 그림으로 제시된 개념 문제 성취도의 변량에 대해서만 유의미한 설명력을 가지고 있었다. 수리 문제의 성취도와 기억 용량 사이의 상관이 유의미하지 않았던 것은 다른 연구(Lawson, 1983; Niaz, 1989; Robinson & Niaz, 1991)에서 지적되는 바와 같이 학생들이 자주 다루는 교과서 양식의 수리 문제는 연산이나 자동화, 또는 청킹(chunking)을 통한 기억 용량의 활성화로 인하여 학생들의 정보처리 부담을 감소시킨 것에 기인한 것으로 해석할 수 있다. 반면에 문제 해결 과정이 비교적 짧고 간단하다고 보고된(Mason & Crawley, 1994) 개념 문제 특히 그림으로 제시된 개념 문제에 대하여 기억 용량이 설명하는 부분이 상대적으로 크게 나타나고 있는데, 이는 걸으로 드러나기에는 간단하고 단순하게 보이는

개념 문제를 해결하는 것이 학생들의 인지과정 내에서는 정보의 단편들을 동시에 처리하는 것을 요구하는 등의 복잡한 과정을 거치고 있을 가능성을 제시한다.

불필요한 정보들을 걸러내고 필요한 정보만을 식별해내는 능력인 장의존성/장독립성은 3가지 유형 문제의 성취도와 각각 유의미한 상관을 가지고 있었으나, 중다회귀분석의 예측변인으로 사용되었을 때에는 다른 변인들의 설명력에 가려져 유형별 문제 성취도의 변량을 설명하는 데에는 독자적인 기여를 하지는 못하였다.

이와 같이 문제 해결은 인지변인과 관련되어 있으나, 각 유형별 문제의 성취도에 가장 많은 영향을 미치는 것은 이러한 인지변인보다는 동일한 내용을 근간으로 하고 있는 다른 유형 문제의 성취도였다. 수리 문제의 성취도에 대해서는 논리적 사고력이 설명력이 큰 예측변인이었으나, 이는 그림으로 제시된 개념 문제의 성취도보다는 설명력이 작았다. 두 가지 유형의 개념 문제에 있어서도 기억 용량의 설명력이 높기는 했으나, 역시 수리 문제나 다른 유형의 개념 문제의 성취도가 가장 설명력이 높은 변인이었다. 학생들의 수리 문제 해결력과 개념 이해도 사이의 격차가 여러 연구를 통하여 보고되고 있음에도 불구하고, 문제 해결에 있어서는 일반적인 인지변인보다는 동일한 내용을 근간으로 하고 있는 유형이 다른 문제에서의 성취도가 가장 설명력이 높은 예측변인인 것이다. 교육과정 및 교수가 정량적인 내용을 강조하느냐 정성적인 내용을 강조하느냐는 두 가지 유형에 대한 학생들의 성취도에 상반된 결과를 가져올 수 있다(Pickering, 1990). 그러나 정량적인 문제 해결과 정성적인 개념 이해 사이에는 많은 상관이 있음을 본 연구 결과는 제시하고 있다. 수리적인 접근과 개념적인 접근 중 무엇이 선행되어야 할 것인지는 아직 논의중인 내용이지만(e.g., Niaz, 1992, 1995) 중요한 것은 화학에서 크게 두 가지 양식으로 대별되는 정량적인 내용과 정성적인 내용에 대한 학생들의 성취와 이해는 서로가 기여하는 부분이 크다는 것이다. 학생들의 논리적 사고력이나 기억 용량, 장의존성/장독립성을 고려한 수업 방법을 고안하고 실행하는 것도 중요하지만, 화학 교수에서 '수리'와 '개념'의 두 가지 양식을 적절히 조화시키는 것은 학생들의 화학 학습에 보다 더 중요하다.

V. 추후 연구 과제

수리 문제를 해결하는 과정과 이 과정에서 논리적 사고력이 중요한 요소라는 결과는 많은 연구에서 제시되고 있다. 반면에 개념 문제를 해결하는 과정 및 특성은 연구된 바가 거의 없다. 따라서 개념 문제를 해결하는 데 학생들에게 요

구되는 것이 무엇이며 학생들이 이미 학습한 개념 즉, 장기기억으로부터 문제에서 요구되는 것을 뽑아내는 과정, 그리고 그림 또는 문장으로 제시된 개념 문제를 파악하고 해결하는 과정이 조사될 필요가 있다. 지금까지 문제 해결에 관한 연구는 발생사고법을 통하여 대부분 행해지고 있는데, 정성적인 문제를 해결하는 과정을 조사하는 데에도 이러한 방법이 적합한지 검토될 필요가 있다. 또한 본 연구에서 조사된 학업적인 인지변인 이외에 학습 양식이나 인지선호도 등이 수리 문제와 개념 문제를 해결하는 것과 어떠한 관련이 있는지를 살펴보는 것은 학습자에게 적합한 학습 조건을 설정하는데 좋은 자료를 제공할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 김도욱(1992). 화학양론 학업 성취도에서 여러 인지변인들의 상대적 예언정도 비교. 화학교육, 19(3), 219-226.
- 노태희, 우규환, 임희준, 서인호(1995). 이과계열 고등학생의 화학 계산 문제 해결력과 개념 이해도 비교. 화학교육, 22(3), 144-156.
- 노태희, 임희준, 우규환(1995). 화학양론과 기체 상태에 대한 중·고등학생의 개념 이해도 비교. 한국과학교육학회지, 15(4), 437-451.
- Beall, H., & Prescott, S. (1994). Concepts and calculations in chemistry teaching and learning. *Journal of Chemical Education*, 71(2), 111-112.
- Bunce, D.M., & Hutchinson, K.D. (1993). The use of GALT(Group Assessment of Logical Thinking) as a predictor of academic success in college chemistry. *Journal of Chemical Education*, 70(3), 183-187.
- Chandran, S., Treagust, D.F., & Tobin, K. (1987). The role of cognitive factors in chemistry achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(2), 145-160.
- Friedel, A.W., Gabel, D.L., & Samuel, J. (1990). Using analogs for chemistry problem solving: Does it increase understanding? *School Science and Mathematics*, 90(8), 674-682.
- Gabel, D.L., Sherwood, R.D., & Enochs, L. (1984). Problem-solving skills on high school chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(2), 221-233.

- Hanna, G.S. (1993). *Better teaching through better measurement*. Harcourt Brace Javanovich, Inc.
- Lawson, A.E. (1983). Predicting science achievement: The role of developmental level, disembedding ability, mental capacity, prior knowledge, and beliefs. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(2), 117-129.
- Mason, D., & Crawley, F.E. (1994). *Differences between algorithmic and conceptual problem solving by nonscience majors in introductory chemistry*. Paper presented at the 67th annual meeting of the NARST, Anaheim.
- Nakhleh, M.B. (1993). Are our students conceptual thinkers or algorithmic problem solvers? *Journal of Chemical Education*, 70(1), 52-55.
- Nakhleh, M.B., & Mitchell, R.C. (1993). Concept learning versus problem solving: There is a difference. *Journal of Chemical Education*, 70(3), 190-192.
- Niaz, M. (1988). Manipulation of M-demand of chemistry problems and its effect on student performance: A neo-Piagetian study. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(8), 643-657.
- Niaz, M. (1989). The relationship between M-demand, algorithms, and problem solving: A neo-Piagetian analysis. *Journal of Chemical Education*, 66(5), 422-424.
- Niaz, M. (1994). From quantitative to qualitative: A better understanding of the behaviour of gases? *School Science Review*, 76(274), 87-88.
- Niaz, M. (1995). Progressive transitions from algorithmic to conceptual understanding in student ability to solve chemistry problems: A Lakatosian interpretation. *Science Education*, 79(1), 19-36.
- Niaz, M., & Lawson, A.E. (1985). Balancing chemical equations: The role of developmental level and mental capacity. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(1), 41-51.
- Niaz, M., & Robinson, W.R. (1991). *Teaching algorithmic problem solving or conceptual understanding: Role of development level, mental capacity, and cognitive style*. Paper presented at the 64th annual conference of the NARST, Wisconsin.
- Niaz, M., & Robinson, W.R. (1992). From 'algorithmic mode' to 'conceptual gestalt' in understanding the behavior of gases: An epistemological perspective. *Research in Science & Technological Education*, 10(1), 53-64.
- Noh, T., & Lim, H. (1996) A comparison between algorithmic problem solving and conceptual understanding of Korean students with three types of problems. *Chemical Education*, 23(6), in press.
- Noh, T., & Scharmann, L.C. The instructional influence of a molecular level pictorial presentation of matter on students' conception and problem solving ability, *Journal of Research in Science Teaching*, in press.
- Novick, S., & Nussbaum, J. (1981). Pupils' understanding of the particulate nature of matter: A cross-age study. *Science Education*, 65(2), 187-196.
- Nurrenbern, S.C., & Pickering, M. (1987). Concept learning versus problem solving: Is there a difference? *Journal of Chemical Education*, 64(6), 508-510.
- Pascual-Leone, J., & Burtis, P.J. (1974). *FIT: Figural Intersection Test, a group measure of M-capacity*. Unpublished manuscript, York University, Ontario.
- Pickering, M. (1990). Further studies on conceptual learning versus problem solving. *Journal of Chemical Education*, 67(3), 254-255.
- Roadrangka, V., Yeany, R.H., & Padilla, M.J. (1983). *The construction and validation of Group Assessment of Logical Thinking(GALT)*. Paper presented at the annual meeting of NARST, Dallas.
- Robinson, W.R., & Niaz, M. (1991). Performance based on instruction by lecture or by interaction and its relationship to cognitive variables. *International Journal of Science Education*, 13(2), 203-215.
- Sawrey, B.A. (1990). Concept learning versus problem solving: Revisited. *Journal of Chemical Education*, 67(3), 253-254.
- Witkin, H.A., Moore, C.A., Goodenough, D.R., & Cos, P.W. (1977). Field dependent and field independent cognitive styles and their educational implications.

Reviews of Educational Research, 47(1), 1-64.
Witkin, H.A., Oltman, P.K., Raskin, E., & Karp, S.A.

(1971). *A Manual for the Embedded Figures Tests*, Consulting Psychological Press.

(ABSTRACT)

The Relationships Among Achievements in Algorithmic Problems, Achievements in Figure-Formatted and Textual-Formatted Conceptual Problems, and Cognitive Variables

Taehee Noh · Heejun Lim
(Seoul National University)

High school students' achievements in algorithmic problems, and figure-formatted and textual-formatted conceptual problems concerning stoichiometry, gaseous state, and solution, were measured by the Chemistry Problem Solving Ability Test. The relationships among the achievement scores in the three types of problems and cognitive variables such as logical thinking ability, mental capacity, and field dependence/field independence were examined. The portion of variance of explanation for each achievement score was also studied by a multiple regression analysis. The results showed that logical thinking ability was significantly correlated with the achievement score in the algorithmic problems, and accounted for the significant portion of the variance of the score. Mental capacity accounted for the significant portion of the variance of the score in the figure-formatted conceptual problems. Although field dependence/field independence was significantly correlated with all the achievement scores, it did not significantly account for any scores in multiple regression analyses. However, the magnitudes of correlation coefficients among the achievement scores were higher than those between the achievement scores and cognitive variables. The best predictor for each score was also found to be one of the other achievement scores. Educational implications are discussed.