

# 화학 문제 유형에 따른 고등학교 학생들의 수리 문제 해결력과 개념 이해도 비교

노태희 · 강훈식 · 전경문<sup>1</sup>  
(서울대학교) · (광주교육대학교)<sup>1</sup>

## A Comparison between High School Students' Algorithmic Problem Solving and Conceptual Understanding by Types of Chemistry Problems

Noh, Taehee · Kang, Hunsik · Jeon, Kyungmoon<sup>1</sup>  
(Seoul National University) · (Gwangju National University of Education)<sup>1</sup>

### ABSTRACT

We compared algorithmic problem solving and conceptual understanding of chemistry with three types (algorithmic, pictorial- and wordy-formatted conceptual) of problems. The familiarity, confidence, and preference to the three type of problems were also examined. The chemistry problem solving ability test was administered to 228 students from two top high schools in the province of Gyeonggi who were preparing the chemistry examination among the four optional subjects (biology, chemistry, earth science, physics) for enter university. After administrating the chemistry problem solving ability test, the degree of familiarity to some problems and the degree of confidence of their answers in a Likert scale were asked to the students. Besides, the students were asked to place preference to the type of problems in order. The students scored better on the algorithmic problems than on the conceptual problems (pictorial and wordy problems), and were also most familiar with the algorithmic problems. The students were more confident of their answers on both of types pictorial and algorithmic problems, and preferred pictorial problems rather than both of types algorithmic and wordy problems.

**Key words:** algorithmic problem solving, conceptual understanding, familiarity, confidence, preference

### I. 서 론

수리 문제 해결과 개념의 이해는 화학 교육에서 중요하게 다루고 있는 목표로 교육자들도 이들의 관계에 대해 상당한 관심을 가져 왔다. 많은 선행 연구들은 수리 문제 해결이 수리 문제의 바탕에 있는 개념의 이해를 반드시 수반하지는 않는 것으로 보고하고 있다(Sawrey, 1990;

Chiu, 2001; Zoller *et al.*, 2002). 이 연구들에 의하면 학생들은 그림으로 주어진 개념 문제보다는 단순한 알고리즘을 이용하여 해결하는 수리 문제를 더 잘 풀거나, 수리 문제를 성공적으로 해결하는 학생들조차도 개념의 이해 없이 단순한 알고리즘을 통해 문제를 푸는 경향이 나타나기도 하였다(Chiu, 2001; Zoller *et al.*, 2002). 이런 경향은 상위 학생들의 경우에도 나타났다(노태희와 우규환 등,

1995; Sawrey, 1990).

그러나 Beall과 Prescott(1994)는 수리 문제 해결력과 개념 이해도를 비교한 선행 연구들이 모두 그림으로 제시된 개념 문제를 사용하였음을 지적하면서, 개념 이해를 평가할 수 있는 다른 방법으로 선택지를 문장으로 제시하는 개념 문제(문장 문제)를 제안하였다. 문장 문제와 전통적인 수리 문제에서의 학생들의 성취도를 6학기에 걸쳐 비교한 결과, 개념 문제의 정답률과 수리 문제의 정답률 사이에 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 선행 연구와는 다른 결과로, 문제 유형에 따라 수리 문제 해결력과 개념 이해도를 비교한 결과가 달라질 수 있음을 시사한다. 따라서 개념 이해도를 정확하고 폭넓게 비교하기 위한 방안을 모색해 보아야 한다. 그림 문제와 문장 문제를 함께 제시하는 방법은 이에 대한 하나의 방안이 될 수 있을 것이다. 문장 문제에서는 문제를 해결하기 위해 필요한 개념들을 보다 직접적으로 제시할 수 있으므로, 분자 수준의 그림으로 제시된 그림 문제로 학생들의 능력을 평가하는 데 있어 부족한 점을 보완할 수 있을 것으로 기대된다.

또한, 수리 문제 해결력과 개념 이해도의 관계를 밝힌 대부분의 선행 연구들은 주로 소수의 학생들을 대상으로 하고 있으며, 화학양론이나 기체 법칙과 같은 일부 주제 영역에서의 수리 문제와 그림 문제 두세 쌍을 사용하여 얻은 결과를 제시하고 있다. 그러므로 결과의 일반화와 타당성을 위해서는 보다 다양한 주제 영역과 많은 문항을 통해 수리 문제 해결력과 개념 이해도를 비교해 볼 필요가 있다.

한편, 학생들은 수리 문제를 해결하는데 더 많은 시간이 필요할지라도(Mason & Crawley, 1997), 그림 문제나 문장 문제보다 수리 문제에 더 친숙하며 자신감도 더 큰 것으로 보고되고 있다(노태희와 임희준, 1996; Beall & Prescott, 1994; Nakhleh & Mitchell, 1993). 문항에 대한 친숙도와 자신감은 학생들의 문제 해결력과 관련이 있으며(Lee et al., 1996; Niaz, 1995; Reid & Yang, 2002), 문제 유형에 대한 선호도에도 영향을 미칠 수 있다(Nakhleh & Mitchell, 1993).

이에 본 연구에서는 세 가지 유형의 문제를 통해 고등학교 학생들의 화학 수리 문제 해결력(수리 문제)과 개념 이해도(그림 문제, 문장 문제)를 비교하고, 문제 유형에 대한 친숙도와 자신감, 선호도를 조사하였다. 본 연구의 구체적인 목표는 다음과 같다.

1. 화학 수리 문제 해결력과 개념 문제(그림 또는 문장) 해결력 사이에 차이가 있는가?
2. 문제 유형에 대한 친숙도와 자신감이 문제 유형별로 차이가 있는가?
3. 학생들이 선호하는 문제 유형은 무엇인가?

## II. 연구 내용 및 방법

### 1. 연구 대상 및 시기

본 연구는 경기도에 위치한 두 개의 비평준화 고등학교 3학년 학생들 중 대학수학능력시험의 선택 과목으로 화학을 선택한 학생들(N=228)만을 대상으로 실시하였다. 연구 대상 학교들은 우리나라 고등학교 학생들 중 성취 수준이 상위에 속하는 학생들로 이루어져 있으며, 이 학교에서는 화학에 대한 모든 학습을 2학년에서 마친 상태였으므로 검사는 3학년 1학기 초에 정규 수업 시간 이외의 시간을 활용하여 실시하였다. 검사 시간은 60분이었으며, 필요한 경우에는 시간을 더 할애하도록 하였다.

### 2. 검사 도구

본 연구에서는 화학 수리 문제 해결력과 개념 이해도를 비교하기 위해 단순한 공식이나 알고리즘을 사용하여 해결하는 '수리 문제'와 수리 문제의 바탕에 있는 개념의 이해를 필요로 하는 '개념 문제(그림/문장)'를 사용하였다. 수리 문제와 그림 문제는 Noh와 Scharmann(1997)에서 취했으며, 각각 '화학양론'에서 2문항, '기체 법칙'에서 5문항, '용액'에서 3문항으로 구성되어 있다. 문장 문제 중 '화학양론'에 관한 1문항과 '기체 법칙'에 관한 1문항은 각각 Chiu(2001)와 노태희와 임희준(1996)에서 취했으며, 나머지 5문항(아보가드로 법칙, 기체 법칙, 분압 법칙, 확산 법칙, 용액의 총괄성)은 Beall과 Prescott(1994)에서 취했다. 따라서 검사지는 수리 문제 10문항, 그림 문제 10문항, 문장 문제 7문항으로 구성되어 있으며, 객관식 5지 선다형이다. 검사 문항의 예를 <부록>에 제시하였다.

일부 수정했거나 새로 번역한 문항들에 대해 3명의 과학교육과 대학원생이 검토한 후, 과학교육 전문가 3인이 안면 타당도를 검토하였다. 이 때, 개념 문제(그림 또는 문장)가 이에 대응하는 수리 문제의 바탕에 있는 개념을

포함하고 있는지, 세 가지 유형의 문제의 난이도가 유사한지도 검토하도록 요청하였다. 그리고 이 문항들에 대해 예비 검사(pilot test)를 실시하였다. 검사지 전체의 내적 신뢰도(Cronbach's  $\alpha$ )는 .73이었으며, 검사 전 문항을 무작위로 배열하였다.

선행 연구와 비교하기 위해 이와 관련된 일부 문항(노태희와 임희준, 1996; Beall & Prescott, 1994; Nakhleh & Mitchell, 1993)에 대해서는 친숙도와 자신감을 측정하는 5단계 리커트 문항도 함께 제시하였다. 또한, 검사의 마지막에는 세 가지 문제 유형에 대한 선호도(Zoller et al., 2002)를 순서대로 나열하도록 하는 설문지를 제시하였다.

### 3. 분석 방법

모든 문항에 대해 정답은 1점, 오답은 0점으로 채점하였으며, 각 문제 유형별 점수를 보다 쉽게 비교하기 위해 10점 만점으로 통일하였다(Huffman, 1997). 즉, 문장 문제 3문항을 추가적으로 풀 경우의 점수를 이전 7문항의 정답률에 비추어 부여한 후 분석하였다. 세 가지 유형의 문제 해결력 사이에 차이가 있는지를 알아보기 위해 한 대상으로부터 여러 관측 시간이나 실험 조건하에서 반복적으로 수집한 자료를 분석하는데 적합한 반복측정에 의한 일원배치 분산분석(Repeated Measures 1-way ANOVA)으로 문제 유형별 점수를 비교하였다. 또, 연구의 결과가 특정 문항에 의해 좌우되는지를 알아보기 위해 “성공” 또는 “실패”로 이분화되는 반응 결과에 대해 3개 이상의 집단 간에 차이가 있는지를 검정하는 코크란 Q 검정(Cochran's Q test)을 문항별로 실시하였고, 선행 연구와 비교하기 위해 수리 문제와 그림 문제 쌍에 대해서는 이분화되는 반응 결과에 대해 두 집단 간에 차이가 있는지를 검정하는 맥네마 검정(McNemar test)을 실시하였다. 문항에 대한 친숙도와 자신감 점수에 대해서는 반복측정에 의한 일원배치 분산분석을 실시하였는데, 구형성(sphericity) 가정이 만족되지 않아(친숙도: Mauchly's

$W=.937$ ,  $p=.001$ ; 자신감: Mauchly's  $W=.945$ ,  $p=.003$ ) Greenhouse-Geisser의  $\epsilon$ 을 이용하여 자유도를 보정한 후 분석하였다. 선호하는 문제 유형에 대해서는 반응 결과가 순서 척도일 때 3개 이상의 집단 간에 차이가 있는지를 검정하는 프리드만 검정(Friedman test)을 실시하였다. 반복측정에 의한 일원배치 분산분석, 코크란 Q 검정, 프리드만 검정에서 문제 유형별로 유의미한 차이가 있는 경우에는 각 반응 결과에 대해 어느 두 집단 간에 차이가 있는지 알아보기 위해 사후 검증 방법인 Tukey 검정, 맥네마 검정, 윌콕슨 부호 순위 검정(Wilcoxon signed ranks test)을 실시하였다. 모든 통계 분석에는 SPSS 및 SAS 통계 프로그램을 사용하였다.

## III. 결과 및 논의

### 1. 문제 유형에 따른 문제 해결력 비교

#### 1) 전체 평균 비교

문제 해결력 검사 점수의 평균과 표준 편차를 Table 1에 제시하였다. 반복측정에 의한 일원배치 분산분석으로 분석한 결과, 문제 유형별 평균 사이에 유의미한 차이가 있었다( $MS=137.10$ ,  $F=71.44$ ,  $p=.000$ ). Tukey 검정으로 사후 검증한 결과, 수리 문제의 평균(6.19)이 그림 문제(5.00)나 문장 문제(4.72)보다 유의미하게 높았다( $p<.001$ ). 이는 수리 문제의 해결이 그 바탕에 있는 기본 개념의 이해를 보장하지 않는다는 선행 연구(Chiu, 2001; Zoller et al., 2002)의 주장과 일치하는 결과라 할 수 있다. 또, 이 연구에 참여한 학생들의 성취 수준이 상위임을 고려하면, 성취 수준 상위인 학생들도 수리 문제 정답률에 비해 개념 문제 정답률이 낮다는 선행 연구(노태희와 우규환 등, 1995; Sawrey, 1990)의 결과를 지지한다. 이러한 결과는 그림이나 문장 문제를 성공적으로 해결하기 위해서는 그 문제와 관련된 개념을 정확히 알아야 하는 반면, 수리 문제는 개념을 정확히 알지 못해도 단순히 공식이나 풀이 과정을 암기하여 문제를 풀 수 있기 때문에 나타난 것으

Table 1. Means and standard deviations of the problem solving ability test<sup>1</sup> (N=228)

ALG		PIC		WOR	
M	SD	M	SD	M	SD
6.19	1.83	5.00	2.12	4.72	1.96

<sup>1</sup>Each of the three subtest scores is equally weighted to a 10-point scale.

로 해석할 수 있다(Pushkin, 1998; Schrader, 1987). 그러나 이러한 결과는 수리 문제와 문장 문제의 정답률이 유사했었던 Beall과 Prescott(1994)의 연구 결과와는 다른 것이므로, 결과의 일반화를 위해서는 수리 문제와 문장 문제 해결력을 비교하는 연구가 더 많이 진행되어야 할 것이다.

## 2) 문항별 정답률 비교

문항별 점수를 문제 유형별로 비교하였다(Table 2). 통계 분석 결과, '확산 법칙'과 '용해도'를 제외한 모든 주제 영역에서 수리 문제의 정답률이 개념 문제(그림 또는 문장)의 정답률보다 유의미하게 높았다(백네마 사후 검증  $p < .05$ ,  $p < .01$ ,  $p < .001$ ). 즉, 수리 문제 해결력이 개념 문제 해결력보다 높다는 본 연구의 결과가 특정 영역에 의해 좌우되는 것이 아니라 대부분의 주제 영역에 공통적으로 나타났다.

'확산 법칙'에서는 문장 문제의 정답률이 수리 문제보다 유의미하게 높게 나타났으며(백네마 사후 검증  $p < .001$ ), 수리나 그림 문제의 정답률이 다른 문항들에 비해 다소 낮게 나타났다. 학생들은 비록 확산 속도와 분자량과의 관계는 잘 이해할지라도 정량적인 관계를 정확하게 알지 못하고, 그림 문제를 해결할 경우에도 이를 고려하지 못하는 것으로 보인다(노태희와 임희준, 1995).

'용해도'에서는 그림 문제의 정답률이 수리 문제보다 유의미하게 높게 나타났다( $p < .05$ ). 이는 우리나라의 경우

용해도의 개념이 초등학교부터 다루어지므로 학생들이 이에 대한 개념을 상대적으로 잘 습득하고 있으며, 용해 과정에서 입자수 변화와 상태 변화만 알면 그림 문제를 쉽게 해결할 수 있기 때문에 나타나는 결과일 수 있다.

한편, 그림 문제와 문장 문제의 정답률 차이는 영역에 따라 다르게 나타났다. 즉, '화학양론 1', '기체 법칙 1', '확산 법칙'에서는 문장 문제의 정답률이 그림 문제의 정답률보다 유의미하게 높게 나타난 반면(백네마 사후 검증  $p < .01$ ,  $p < .001$ ,  $p < .001$ ), '아보가드로 법칙', '분압 법칙', '용액의 총괄성'에서는 그림 문제의 정답률이 문장 문제의 정답률보다 유의미하게 높게 나타났다(백네마 사후 검증  $p < .05$ ). 이러한 결과가 나타난 이유는 문장 문제와 그림 문제에 따라, 또는 같은 그림 문제에서도 주제 영역에 따라 요구하는 바가 다르기 때문일 것이다(Chiu, 2001). 예를 들어, 그림 문제에서는 입자와 같은 미시적 관점을 조사하지만 문장 문제에서는 이보다는 기본적인 원리가 정확한지를 조사하는 것이 대부분이다. 또한, '아보가드로 법칙', '분압 법칙', '용액의 총괄성'과 같이 정답률이 높았던 그림 문제에서는 단순히 입자의 수가 가장 중요한 요인으로 작용하는 반면, '화학양론 1', '기체 법칙 1', '확산 법칙'과 같이 정답률이 낮았던 그림 문제는 입자의 수뿐만 아니라 입자의 운동, 분포, 결합 상태도 고려해야 정확히 해결할 수 있다. 실제로 학생들은 입자의 운동, 분포, 결합 상태에 대해 많은 오개념을 가지고 있는 것으로 보고되고 있다(유승아 등, 1999; Lin *et al.*, 2000;

**Table 2.** Means, standard deviations, and results of Cochran's Q/McNemar test on the scores in each algorithmic, pictorial, and wordy problems<sup>1</sup> (N=228)

	ALG		PIC		WOR		Cochran's Q	p
	M	SD	M	SD	M	SD		
Stoichiometry 1	.91	.28	.60	.49	.72	.45	59.03	.000
Avogadro's law	.74	.44	.63	.48	.36	.48	82.06	.000
Gas law 1 (T, P)	.68	.47	.36	.48	.48	.50	57.38	.000
Gas law 2 (T, V)	.73	.45	.58	.49	.55	.50	18.27	.000
Partial pressure	.79	.41	.66	.47	.21	.41	171.61	.000
Diffusion	.43	.50	.30	.46	.78	.42	109.27	.000
Colligative property	.32	.47	.31	.46	.21	.41	8.66	.013
							$\chi^2$	p
Stoichiometry 2	.88	.32	.45	.50			83.51	.000
Solubility	.51	.50	.61	.49			4.79	.029
Henry's law	.60	.49	.50	.50			4.60	.032

<sup>1</sup>Correct answer counted as 1 point, and incorrect answer counted as 0 point.

Lythcott, 1990; Yarroch, 1985).

이외에도 몇 가지 특징적인 결과들을 살펴보면, '화학양론'과 관련된 문제의 정답률이 문제 유형에 관계없이 다른 주제 영역에 비해 비교적 높게 나타났다. 이는 연구에 참여한 학생들이 우리나라 고등학생 중 성취 수준 상위에 속하고 대학수학능력시험의 선택 과목으로 화학을 선택한 학생들이었으므로, 많은 화학 문제의 경험을 통해 몰과 화학양론에 대한 이해가 깊은 것으로 보인다. 즉, 많은 화학 문제에는 몰이나 화학양론의 개념이 포함되어 있으므로, 화학 문제를 많이 경험한 것이 이 학생들의 몰과 화학양론에 대한 이해를 증진시켰다고 할 수 있다.

또, '기체 법칙 1(온도와 기체 압력의 관계)'과 '기체 법칙 2(온도와 기체 부피의 관계)'의 수리 문제 정답률 차이가 작았던 것에 비해 '기체 법칙 1'의 개념 문제 정답률은 '기체 법칙 2'보다 비교적 낮게 나타났다. 이러한 결과는 '기체 법칙'의 수리 문제는 주어진 조건을 공식에 직접 대입하면 쉽게 풀 수 있는 반면, 개념 문제는 학생들이 입자의 운동과 분포에 대해 많은 오개념을 가지고 있고(노태희와 임희준 등, 1995; Lin et al., 2000), 교육 과정에서 '온도와 기체의 압력의 관계'가 보일이나 샤를 법칙에 비해 상대적으로 덜 강조되는 것과 관련이 있다고 생각된다.

'용액의 총괄성'의 경우에는 세 가지 유형의 문제에 대한 정답률이 다른 영역에 비해 매우 낮게 나타났다(수리 .32, 그림 .31, 문장 .21). 이는 최근 수년간의 대학수학능력시험에서의 결과와 일치하는 것으로, 학생들이 '용액의 총괄성'과 관련된 개념을 매우 어려워한다는 것을 알 수 있다(홍미영 등, 2002).

## 2. 문제 유형에 대한 친숙도, 자신감, 선호도 비교

문항에 대한 친숙도와 자신감 검사 점수의 평균과 표준편차는 Table 3과 같다. 문항에 대한 친숙도에서는 문제 유형별로 유의미한 차이가 있었는데( $MS=11.60$ ,  $F=55.94$ ,  $p=.000$ ), 사후 검증(Tukey) 결과 수리 문제 평균(3.23)이 그림 문제(2.89)나 문장 문제(2.80)보다 유의미하게 높은 것으로 나타났다( $p<.001$ ). 즉, 학생들은 선행 연구(노태희와 임희준, 1996)에서와 유사하게 그림 문제나 문장 문제보다 수리 문제를 더 많이 접했다고 응답하였다. 이는 개념 문제의 정답률이 수리 문제의 정답률보다 낮게 나타난 결과와 관련이 있을 것이다(Lee et al., 1996; Niaz, 1995; Reid & Yang, 2002).

문항에 대한 자신감에 대해서는 수리 문제(3.28)와 그림 문제(3.20)에 대한 평균이 문장 문제(2.87)보다 유의미하게 큰 것으로 나타났다( $MS=10.31$ ,  $F=38.19$ ,  $p=.000$ ; Tukey 사후 검증  $p<.001$ ). 즉, 학생들은 세 가지 문제 유형 중에서 문장 문제에 대해 자신감이 가장 부족하였다. 수리 문제에 대한 자신감이 문장 문제보다 높게 나타난 것은 문제의 특성상 수리 문제는 개념을 정확히 알지 못하더라도 단순히 공식이나 풀이 과정을 암기하여 해결할 수 있는 반면, 문장 문제는 모든 보기를 생각해야 하고, 개념을 확실히 알고 있어야 답을 할 수 있기 때문인 것으로 보인다. 한편, 선행 연구(Nakhleh & Mitchell, 1993)에서와는 달리 그림 문제에 대한 자신감은 수리 문제에 대한 자신감과 유사하게 나타났으며, 정답률이나 친숙도에 비해서도 비교적 높게 나타났다. 학생들이 입자와 같은 미시적 관점에서 화학 개념을 이해하고 있지 못하다는 것을 스스로 인식하지 못한다고 볼 수 있다.

문제 유형에 대한 선호도에서는 문제 유형별로 유의미한 차이가 있었으며(Table 4), 사후 검증(윌콕슨 부호 순위 검정) 결과 학생들은 그림 문제보다 수리나 문장 문제

Table 3. Means and standard deviations of the familiarity test scores and the confidence test scores

		M	SD
Familiarity (5) <sup>1</sup>	ALG (N=213)	3.23	.86
	PIC (N=213)	2.89	.68
	WOR (N=213)	2.80	.73
Confidence (5) <sup>1</sup>	ALG (N=209)	3.28	.97
	PIC (N=209)	3.20	.75
	WOR (N=209)	2.87	.83

<sup>1</sup> is a full marks.

Table 4. Results of Friedman test on the preference to types of problems (N=214)

Mean rank			$\chi^2$	p
ALG	PIC	WOR		
2.23	1.52	2.25	72.96	.000

를 더 선호하는 것으로 나타났다( $p < .001$ ). 이는 학생들이 이미 해결한 그림 문제를 맞췄다고 자신할지라도 그림 문제가 생소하므로 이 문제 유형에 대해 불안해하는 반면, 화학에서 문장 문제를 직접 접해 본 경험은 적을지라도 문장 문제는 다른 과목에서 자주 사용되는 유형이므로 상대적으로 이 문제 유형에 대한 불안감이 적기 때문에 나타나는 결과일 수 있다.

#### IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 고등학교 학생들의 화학 수리 문제 해결력과 개념 이해도를 비교하기 위해 세 가지 유형의 문제(수리 문제, 그림 문제, 문장 문제)를 제시하였다. 수리 문제 해결력과 개념 이해도를 비교한 선행 연구들이 대부분 일부 주제 영역과 적은 문항에 한정되어 진행되었던 점을 고려하여, 다양한 주제 영역에서 보다 많은 문항을 제시하였다. 그리고 고등학교 화학 교육에서 어떤 유형의 문제가 강조되고 있는지를 알아보기 위해 문제 유형에 대한 친숙도와 자신감, 선호도도 조사하였다.

연구 결과, 수리 문제의 성공률이 그림이나 문장 문제보다 유의미하게 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 수리 문제를 올바르게 해결할지라도 그 바탕에 있는 근본 개념을 이해하는 것은 아니라는 선행 연구(Chiu, 2001; Zoller *et al.*, 2002)의 결과와 일치하는 것이다. 진정한 의미의 화학 수리 문제 해결력을 향상시키기 위해서는 관련된 개념을 이해하는 것이 중요하므로(Heyworth, 1999), 학생들의 개념 문제 해결력을 향상시킬 수 있는 방안을 모색할 필요가 있다. 예를 들어, 많은 연구들에서 미시적 수준을 강조하는 화학 수업이 개념 이해에 보다 효과적인 것으로 보고되고 있으므로(Noh & Scharmann, 1997; Williamson & Abraham, 1995), 실제 수업 과정에서 입자 그림이나 컴퓨터 애니메이션과 같은 시각 자료를 활용하는 방법은 화학 개념에 대한 학생들의 이해를 도울 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 수리 문제를 해결하는 과정을 이해하도록 도와주는 것도 개념 문제 해결력을 향상시킬

수 있는 하나의 방안이 될 수 있다(Duke *et al.*, 2002).

문제 유형에 대한 친숙도를 조사한 결과에서는 학생들이 그림이나 문장 문제보다 수리 문제를 더 많이 접했던 것으로 나타났다. 이는 수리 문제의 성공률이 그림이나 문장 문제보다 높게 나타났던 결과와 관련이 있을 것이며, 우리나라 고등학교에서 학생들의 화학 능력 평가나 교수 방법이 개념 문제 해결보다는 수리 문제 해결에 많이 편중되어 있다는 것을 보여주는 근거가 될 것이다(노태희와 우규환 등, 1995). 문제 유형에 대한 자신감 결과에서는 학생들이 문장 문제보다 수리나 그림 문제를 더 자신 있어 하는 것으로 나타났다. 한편, 학생들은 그림 문제보다 수리나 문장 문제를 더 선호하는 것으로 나타났다. 문제에 대한 친숙도와 자신감 및 선호도는 문제 해결에서 중요한 요소이므로(Lee *et al.*, 1996; Niaz, 1995; Reid & Yang, 2002), 학생들에게 개념 문제(그림/문장)에 대한 충분한 연습이나 성공 경험을 제공함으로써 학생들의 개념 문제 해결력이나 학습 동기를 향상시킬 필요가 있다.

본 연구에서는 수리 문제 해결력과 개념 이해도를 비교하기 위해 모두 5지 선다형의 문항만을 사용하였으므로, 학생들의 문제 해결 과정을 자세히 알기 어렵다. 따라서 정성적인 분석을 통해 학생들의 문제 해결 과정을 자세히 조사해 보아야 한다. 또한, 학생들의 능력은 평가 유형에 따라 달라질 수 있으므로(Lawrenz *et al.*, 2001), 끝이 열린 문제나 에세이와 같은 다양한 평가 유형의 문제를 이용하여 수리 문제 해결력과 개념 이해도를 비교해 보아야 할 것이다. 그림 문제와 문장 문제의 차이에 대해서도 계속적인 연구가 필요하다. 그리고 본 연구는 우리나라 고등학교 학생들 중 성취 수준이 상위에 해당하는 학생들과 경기도 지역의 두 학교만을 대상으로 하였으므로, 본 연구의 결과를 우리나라 전체 학생들에게 일반화시키기는 어렵다. 따라서 보다 다양한 지역과 다양한 수준의 학생들을 대상으로 본 연구를 추가적으로 실시해 볼 필요가 있다.

## 국문 요약

본 연구에서는 세 가지 유형의 문제(수리 문제, 그림 문제, 문장 문제)를 이용하여 화학 수리 문제 해결력(수리 문제)과 개념 이해도(그림 문제, 문장 문제)를 비교하고 문제 유형에 대한 친숙도와 자신의 답에 대한 자신감 및 선호하는 문제 유형을 조사하였다. 경기도에 위치한 두 개의 비평준화 고등학교 3학년 학생들 중 대학수학능력시험의 선택 과목으로 화학을 선택한 학생들(N=228)을 선별하여 화학 문제 해결력 검사와 문제 유형에 대한 친숙도, 자신감, 선호도 검사를 실시하였다. 연구 결과, 학생들의 수리 문제 성공률이 개념 문제(그림 문제, 문장 문제)보다 유의미하게 높은 것으로 나타났다. 또한, 학생들은 그림 문제나 문장 문제보다 수리 문제에 더 친숙하다고 응답했다. 자신감에서는 학생들이 문장 문제보다 수리 문제와 그림 문제에 대해 더 자신 있어 하는 것으로 나타났으며, 선호도에서는 그림 문제보다 수리 문제와 문장 문제를 더 선호하는 것으로 나타났다.

## 참고 문헌

- 노태희, 우규환, 임희준, 서인호(1995). 이과계열 고등학생의 화학 계산 문제 해결력과 개념 이해도 비교. 화학교육, 22(3), 144-156.
- 노태희와 임희준(1995). 전국 수학 과학 경시대회(화학 분야) 수상 학생들의 기체와 화학양론에 대한 개념. 서울대학교 사대논총, 51, 111-132.
- 노태희와 임희준(1996). 세가지 양식의 문제를 이용한 한국 학생의 수리 문제 해결력과 개념 이해도 비교. 화학교육, 23(6), 402-410.
- 노태희, 임희준, 우규환(1995). 화학양론과 기체 상태에 대한 중·고등학생의 개념 이해도 비교. 한국과학교육학회지, 15(4), 437-451.
- 유승아, 구인선, 김봉곤, 강대호(1999). 기체의 성질에 대한 중·고등학생들의 오개념에 관한 연구. 대한화학회지, 43(5), 564-577.
- 홍미영, 전경문, 이범홍, 이양락(2002). 대학수학능력시험 화학II 문항에 대한 학생들의 응답 분석. 한국과학교육학회지, 22(1), 204-213.
- Beall, H. & Prescott, S.(1994). Concepts and calculations in chemistry teaching and learning. *Journal of Chemical Education*, 71(2), 111-112.
- Chiu, M.-H.(2001). Algorithmic problem solving and conceptual understanding of chemistry by students at a local high school in Taiwan. *Proceedings of the National Science Council, Republic of China Part D: Mathematics, Science and Technology Education*, 11(1), 20-38.
- Dukes, P., Pritchard, D. E., & Morote, E.-S.(2002). *Inductive influence of related quantitative and conceptual problems*. A paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching (New Orleans, LA, April 6-10), ED 463 978.
- Heyworth, R. M.(1999). Procedural and conceptual knowledge of expert and novice students for the solving of a basic problem in chemistry. *International Journal of Science Education*, 21(2), 195-211.
- 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.
- Lawrenz, F., Huffman, D., & Welch, W.(2001). The science achievement of various subgroups on alternative assessment formats. *Science Education*, 85(3), 279-290.
- Lee, K.-W. L., Goh N.-K., Chia, L.-S., & Chin, C. (1996). Cognitive variables in problem solving in chemistry: A revisited study. *Science Education*, 80(6), 691-710.
- Lin, H.-S., Cheng, H.-J., & Lawrenz, F.(2000). The assessment of students and teachers' understanding of gas laws. *Journal of Chemical Education*, 77(2), 235-238.
- Lythcott, J.(1990). Problem solving and requisite knowledge of chemistry. *Journal of Chemical Education*, 67(3), 248-252.
- Mason, D. S., Shell, D. F., & Crawley, F. E.(1997). Differences in problem solving by nonscience majors in introductory chemistry on paired

- algorithmic-conceptual problems. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(9), 905-924.
- 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.(1995). Progressive transitions from algorithmic to conceptual understanding in student ability to solve chemistry problems: A Lakatosian interpretation. *Science Education*, 79(1), 19-36.
- 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.
- Pushkin, D. B.(1998). Introductory students, conceptual understanding, and algorithmic success. *Journal of Chemical Education*, 75(7), 809-810.
- Reid, N. & Yang, M.-J.(2002). The solving of problems in chemistry: The more open-ended problems. *Research in science & Technological Education*, 20(1), 83-98.
- Sawrey, B. A.(1990). Concept learning versus problem solving: Revisited. *Journal of Chemical Education*, 67(3), 253-254.
- Schrader, C. L.(1987). Using algorithms to teach problem solving. *Journal of Chemical Education*, 64(6), 518-519.
- Williamson, V. M. & Abraham, M. R.(1995). The effect of computer animation on the particulate mental models of college chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(5), 521-534.
- Yarroch, W. L.(1985). Student understanding of chemical equation balancing. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(5), 449-459.
- Zoller, U., Dori, Y. J., & Lubezky. A.(2002). Algorithmic and LOCS vs. HOCS chemistry exam questions: Performance and attitudes of college students. *International Journal of Science Education*, 24(2), 185-203.



## 부 록

### 검사 문항의 예(기체 법칙 1)

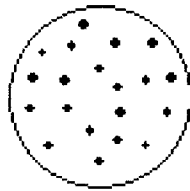
#### (수리 문제)

27℃, 4.1기압에서 0.1몰의 수소 기체는 600mL를 차지한다. 부피를 일정하게 유지할 때, -3℃에서 이 기체의 압력은 얼마인가?

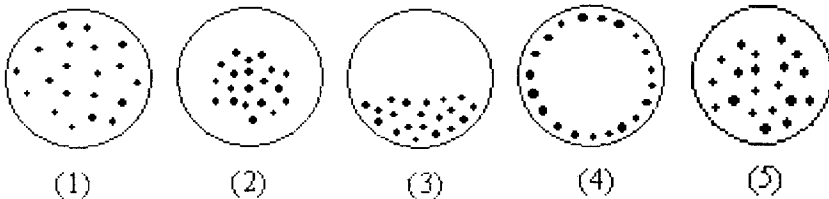
- (1) 3.1기압                      (2) 3.7기압                      (3) 4.0기압                      (4) 4.6기압                      (5) 5.1기압

#### (그림 문제)

다음 그림은 20℃, 3 기압에서 수소 기체로 가득 차 있는 강철 탱크를 나타낸 것이다. 탱크 안에 있는 모든 수소 분자의 분포는 점으로 표시하였다.



온도가 -5℃로 낮추어 졌을 때, 탱크 속 수소 분자의 분포를 가장 잘 나타낸 그림은 다음 중 어느 것인가? 단, 수소의 끓는점은 -252.8℃이며 탱크는 밀폐되어 있다.



#### (문장 문제)

20℃, 1기압에서 밀폐된 플라스크 안에 산소가 가득 차 있다. 이 플라스크를 -10℃로 냉각시켰을 때, 플라스크 내의 분자 상태를 가장 바르게 설명한 것은 다음 중 어느 것인가? 단, 산소의 끓는점은 -183℃이다.

- (1) 분자 운동이 느려지므로 분자간의 간격이 좁아진다.
- (2) 분자 운동이 느려지므로 분자들이 플라스크 바닥에 가라앉는다.
- (3) 분자의 운동 속도는 작아지나 분자들의 분포는 처음 상태와 같다.
- (4) 액체 상태에 가까워지므로 분자들이 보다 더 규칙적으로 배열한다.
- (5) 끓는점에 가까워지므로 분자 운동이 활발해져서 분자간의 간격이 넓어진다.