

# 연습이 화학문제 해결에 미치는 효과

이명자 · 김미영 · 이진희  
(경북대학교 사범대학 교육학과)

(1996년 6월 12일 받음)

## I. 서 론

인지심리학의 한 영역인 문제해결에 대한 연구는 특정 영역의 지식과 문제해결 방법이 어떻게 획득되고 발달되는지에 많은 관심을 기울이고 있다. 문제해결 기술을 향상하는데 사용된 일반적인 문제해결 절차 즉, 반복적인 '풀어 보기'와 같은 관습적인 문제해결의 연습이 상대적으로 덜 효과적이라는 증거들이 수수께끼문제와 수학문제들의 연구에서 증명되었다.

그런 연구들을 비교하여 Sweller(1989)는 목표가 분명히 명시되지 않고, 답이 될 수 있는 모든 것을 구하게 하는 '탈목표 문제(goal-free problem)'에 대한 연습이나 훈련이 일반문제의 연습이나 훈련보다는 인지기술 개발에 효과적이며, '풀어놓은 예(worked-example)'의 풍부한 사용이 수행 위주의 일반 문제해결의 반복보다 효과적임을 밝혔다.

탈목표 문제와 잘 풀어놓은 예의 사용 등과 같이 적절하게 조직된 교수자료들은 문제해결자들이 수단-목표 분석(means-ends analysis)을 사용함으로써 인해 발생하는 인지과부하(imposed cognitive load)와 학습에 중요한 양상들로부터의 주의전환 등을 감소시켜 학습을 촉진시킨다. 이로 인하여 쉐마(schema) 획득과 문제해결조작자(problem-operator)의 자동화를 형성한다.

문제해결 기술의 증진이나 문제해결의 숙련성 획득에 관련되는 많은 연구들은 주로 수학과 물리학 혹은 기하학, 컴퓨터 공학의 영역에서 행해졌다. 화학영역은 상당한 양의 의미적으로 풍부한 지식을 포함하고 그 영역의 문제해결에 필요한 일련의 원리들로 특징지어지는 소위 형식 영역의 범주에 속하며, 수학적 기초가 포함된 영역이라는 측면에서 동일함에도 불구하고 화학영역에서는 물리학이나 기하학과 같은

영역에서 행해진 문제해결 기술에 관련된 연구가 거의 없는 실정이다.

이 연구는 화학영역에서의 문제에서도 해결을 증진시키는 기술을 발전시킬 수 있을 것인지, 또한 풀어놓은 예의 사용과 증가된 연습기간, 그리고 수정한 풀어놓은 예의 사용이 화학영역에서도 효과적으로 문제해결을 증진시키는지를 검증해 보고자 한다.

## II. 풀어놓은 예의 사용 및 연습의 효과

### 1. 풀어놓은 예의 사용

숙련된 문제해결 수행의 본질적 요소는 쉐마 획득과 규칙의 자동화이며 적절하게 집중된 주의와 인지부담의 감소가 이를 효과적으로 발생시킨다.

대수문제를 예로 들어보면 다음과 같다(Sweller, 1989).

$$\frac{a+b}{c} = d \Rightarrow a+b = dc \Rightarrow a = dc - b$$

위의 공식에서 식의 하나 하나는 문제상태이고 학생들은 이 문제상태와 이 상태가 다음 문제상태로 변형되도록 하는 조작자에 관여해야 한다. 그렇게 할 경우 인지부하가 낮아지는 동시에 목표, 제시된 사항들, 하위목표 설정, 목표와 제시된 사항간의 차이 감소를 위한 선택 조작자간의 탐색 등도 전혀 고려할 필요가 없다. 이러한 조건 아래 대수방정식의 풀어놓은 예에 대한 연습은 문제해결 수행을 향상시킬 것이라고 예견할 수 있다.

Sweller와 Cooper(1985)에 따르면 획득단계에서 획득에 적은 시간을 소요했음에도 불구하고 검사단계의 유사문제에

서 풀어놓은 예 제시집단의 경우 일반문제 제시집단보다 실수(error)의 수와 해결시간이 유의하게 적었다. 이는 풀어놓은 예가 쉐마 획득을 조장한다는 증거를 제시하는 것이다.

더 나아가 풀어놓은 예의 사용에서 주의분산을 방지하기 위하여 문제진술 내에 필요한 등식을 사용한 계산을 기입하는 형식을 취하면 문제의 진술과 등식간의 인지분산을 막을 수 있다. 적절하게 집중된 주의와 인지부담의 감소는 쉐마의 획득과 규칙의 자동화를 향상시키는 데 유용할 뿐만 아니라 기술적 자료에 대한 알맞은 기본형을 제시하는 데도 효과적으로 사용될 수 있다.

## 2. 연습의 효과

연습의 효과에 대해서는 일반영역과 특정영역 모두에서 많은 증거들이 제시되어 있다. 하노이탑 문제의 동형들을 사용한 Kotovsky, Hayes와 Simon(1985)의 실험 4에서 '한 피물이 두 개의 장갑을 끼고 있을 경우 그 증 큰 장갑이 이동된다'는 규칙 2는 기억부과를 하며 이러한 기억부과는 규칙혼련을 통해 난이도를 유의하게 감소시키며 이동문제(move problem)와 변화문제(change problem)간의 난이도 차이를 감소시켰다.

이러한 결과는 Cooper와 Sweller(1987)의 수학과 과학문제를 사용한 실험에서도 반복되었는데 연습을 통한 혼련은 쉐마의 획득과 규칙의 자동화를 효과적으로 발생시켜 문제해결 기술의 학습과 전이를 향상시킨다고 밝혔다.

특히, 규칙의 자동화에 대한 연습의 효과는 많은 연구들에서 밝혀지고 있다. 알파벳 연산문제를 사용한 실험에서 Logan, Klapp, Boches와 Trabet(1991)은 증대된 연습이 규칙 자동화에 효과적일 뿐만 아니라 규칙 자동화가 발생한 후에도 문제해결을 증진시킨다고 밝혔다. Strayer와 Kramer(1990)도 기억에 기초한 규칙 자동화의 이론을 바탕으로 하여 일치된 대응 조건에서의 연습은 기억부하를 감소시키는데 이것은 연습을 통해 형성된 지식기초로부터 정보를 인출함으로써 인해 비롯되는 것이라고 하였다.

## III. 연구 방법

### 1. 실험 대상 및 절차

대구광역시 소재한 모 인문계 고등학교 2학년 학생 중 60명을 무선적으로 선정하여 실험 대상으로 삼았다. 다섯 집단으로 나누어 개별적인 실험을 수행하였다.

실험 집단 I : 일반적인 문제가 제시되고 획득기간이 짧은

### 집단

실험 집단 II : 일반적인 문제가 제시되고 획득기간이 긴 집단

실험 집단 III : 풀어놓은 예가 제시되고 획득기간이 짧은 집단

실험 집단 IV : 풀어놓은 예가 제시되고 획득기간이 긴 집단

실험 집단 V : 수정한 풀어놓은 예가 제시된 집단

실험집단의 구성에서 획득기간이란 몰농도에 관한 문제를 해결하기 위한 규칙을 완전히 이해하는 시간을 말한다.

실험이 실시되기 전에 먼저 각 피험자들 모두는 화학 반응식에 관한 두 문제와 그 해결과정을 잘 풀어놓은 예를 적어 둔 설명서를 받았다. 이 두 문제는 각각 몰농도를 구하거나 분자의 질량을 묻는 문제였다. 피험자가 잘 학습하고 완전히 이해되었다고 느낄 때까지 질문을 하게 하고 실험자는 대답을 해 주는데, 이 절차는 피험자가 몰농도의 개념, 몰농도를 구하는 공식을 이용하는 일반적인 절차, 요구되는 규칙들을 이해하고 또한 해결과정을 완전히 이해할 수 있도록 하기 위한 것이다.

이 과정이 끝나면 본 실험으로 들어가 획득단계를 실시하는데 이 단계에서 피험자들은 문제의 규칙을 익힌다. 주어지는 문제는 각각 기본형과 문제 구조가 일치되는 문제이며 두 문제씩 쌍으로 제시된다. 이 때 집단에 따라 일반적인 문제, 풀어놓은 예, 수정한 풀어놓은 예를 각각 제시하고 획득기간이 짧은 집단은 4문제, 긴 집단은 8문제를 풀게 한다. 수정한 풀어놓은 예가 제시되는 집단은 짧은 시간에 해당하는 4문제를 풀게 한다.

각 문제에 소요되는 시간은 예비 검사의 결과에 따라 최대 7분이며 실험자는 문제해결에 소요된 시간과 해결과정의 실수(error)의 수를 측정하였다. 이 기간에 풀어놓은 예와 수정한 풀어놓은 예를 제시받은 집단의 피험자들은 이어지는 다음 문제가 예와 유사할 것이므로 각 문제 쌍의 첫 문제인 풀어놓은 예를 완전히 이해될 때까지 학습하라는 지시를 받았다.

획득단계를 마친 피험자들은 유사문제를 제시받는다. 검사문제를 해결하는 데에도 최대 7분의 시간이 주어졌으며 획득단계에서와 마찬가지로 해결에 소요되는 시간과 해결과정의 실수의 수를 측정하였다.

### 2. 측정도구

실험문제는 고등학교 과학 II의 화학 과정에 나오는 화학 반응에 관한 것이다. 이 문제들은 화학식량이 잘 알려진 원자로 구성된 물질울 예로 하였고 '몰농도'를 구하는 공식을 이용하여 미지수의 한 값을 구하는 형식을 취한다.

몰농도를 구하는 공식은 다음과 같다.

$$M\text{농도} = \frac{\text{용질몰수}(mol)}{\text{용액부피}(L)} = \frac{\frac{\text{질량}(g)}{\text{화학식량}}}{\frac{\text{용액부피}(mL)}{1000}}$$

획득단계에 사용한 문제는 두 개의 기본형에 따르는데 M 농도를 구하거나 질량을 구하는 문제이다. 풀어놓은 예는 <부록 1>과 같이 문제의 풀이 과정을 제시하며 수정한 풀어 놓은 예는 <부록 2>와 같이 문제와 답을 분리시키지 않고 바로 풀이함에 따라 인지분산의 효과를 막을 수 있는 절차로 제시된다. 검사문제는 <부록 3>에 제시한다.

### 3. 자료 처리 및 분석

자료 분석은 Wilcoxon 사인 등위검증법(Wilcoxon matched-pairs signed-ranks)과 Mann-Whitney U 검증을 사용하였는데, Mann-Whitney U 검증에는 이 검증과 대등한 Wilcoxon 등위화 검증법(Wilcoxon Rank Sum W Test)이 함께 이용되었다.

## IV. 결 과

연습이 문제해결 학습에 미치는 효과를 검증하기 위한 이 연구의 결과에서 먼저 <표 1>은 다섯 집단 각각에 대해서 획득단계의 최초제시 문제, 반복제시 문제, 검사단계의 유사 문제에 대한 해결시간(초)의 중앙치와 실수의 수를 나타내고 있다.

<표 1>에 의하면 문제를 해결하는 데 시간이 가장 많이 소요된 집단은 획득기간이 짧은 일반문제 제시집단이었으며 가장 적은 시간이 걸린 집단은 획득기간이 긴 풀어놓은 예 제시집단이었다. 또한 실수의 수가 가장 많은 집단 역시 획득기간이 짧은 일반문제 제시집단이었으며 풀어놓은 예 혹은 수정한 풀어놓은 예를 제시받은 집단의 경우, 실수의 수가 현저하게 감소하였다.

<표 2>는 획득단계에서 각 문제 쌍의 첫 문제인 최초제시 문제와 둘째 문제인 반복제시 문제 각각에 대해 해결시간과 실수의 수를 Mann-Whitney U 검증한 결과를 나타내고 있다.

<표 2>에 의하면 일반문제 제시집단들보다 풀어놓은 예 제시집단들의 경우 최초제시 문제에 소요한 해결시간이 유의하게 적은 것으로 나타났다. 실험 집단 I 즉 획득기간이 짧은, 일반문제 제시집단보다 실험 집단 III 즉 획득기간이 짧은

<표 1> 각 단계별 문제해결 시간의 중앙치와 실수의 수

집 단	단계별 문제유형	획득단계		검사 단계
		최초제시	반복제시	
실험집단 I	해결시간의 중앙치(초)	140.25	105.75	71
	실수(error)의 수	20	10	4
실험집단 II	해결시간의 중앙치(초)	61	69.5	48
	실수의 수	9	3.5	2
실험집단 III	해결시간의 중앙치(초)	51	85.5	61.5
	실수의 수	0	13	7
실험집단 IV	해결시간의 중앙치(초)	44.5	85.5	85
	실수의 수	0	4.75	0
실험집단 V	해결시간의 중앙치(초)	48.5	75	50
	실수의 수	0	2.75	3

실험집단 I : 획득기간이 짧은 일반문제집단  
 실험집단 II : 획득기간이 긴 일반문제집단  
 실험집단 III : 획득기간이 짧은 풀어놓은 예집단  
 실험집단 IV : 수정한 풀어놓은 예집단

<표 2> 획득단계에서의 Mann-Whitney U 검증

문제유형별 U, Z 값 비교 집단	최 초 제 시 문 제		반 복 제 시 문 제					
	해결시간		실수의 수		해결시간		실수의 수	
	U	Z	U	Z	U	Z	U	Z
집단 I 과 III	90**	-3.64	6.0	-4.16	61.5	-61	57.5	-86
집단 II 와 IV	31.0*	-2.37	.0	-4.47	49.5	-1.30	49	-1.33
집단 I 과 II	180**	-3.12	40.5	-1.85	61.0	-64	49	-1.45
집단 III 과 IV	39.0	-1.99	72.0	.00	58.0	-81	45	-1.58

\* P < .05, \*\* P < .01

은, 풀어놓은 예의 제시집단이 최초제시 문제의 해결시간에 있어 유의하게 적었다(U(12, 12)=9.0, P < .001). 또한 실험 집단 II 즉 획득기간이 긴, 일반문제 제시집단보다 실험 집단 IV 즉 획득기간이 긴, 풀어놓은 예의 제시집단이 최초제시 문제의 해결시간에 있어 유의하게 적었다(U(12, 12)= 31.0, P < .05).

또한 최초제시 문제에 소요한 해결시간은 획득기간이 짧은 집단들보다 획득기간이 긴 집단들이 유의하게 적은 것으로 나타났다. 구체적으로 살펴보면 실험 집단 I 즉 획득기간이 짧은, 일반문제 제시집단보다 실험 집단 II 즉 획득기간이 긴, 일반문제 제시집단이 최초제시 문제의 해결시간에 있어

어 유의하게 적었다( $U(12, 12)=18.0, P < .01$ ). 또한 실험 집단 III 즉 획득기간이 짧은, 풀어놓은 예 제시집단과 실험 집단 IV 즉 획득기간이 긴, 풀어놓은 예 제시집단간의 최초제시 문제의 해결시간에 있어서의 차이도 Wilcoxon 등위화 검증에 의하여 유의하였다( $U(12, 12)=117.0, Z = -1.99, P < .05$ ).

그러나 반복제시 문제에서는 풀어놓은 예가 제시된 집단과 일반문제가 제시된 집단간의 해결시간의 차이가 유의하지 않았으며 획득기간이 긴 집단과 짧은 집단간의 해결시간의 차이도 유의하지 않았다.

한편 <표 1>에서 알 수 있는 바와 같이 일반문제 제시집단들은 획득단계 동안 반복제시 문제에서보다 최초제시 문제에서 유의하게 더 많은 실수를 한 것으로 나타났다. 이를 Wilcoxon 사인 등위 검증한 결과를 제시하면 <표 3>과 같다. <표 3>에 의하면 집단 I, 즉 획득기간이 짧은, 일반문제 제시집단에서 실수의 수는 최초문제 문제보다 반복제시에서 유의하게 적었다( $Z = -2.24, P < .05$ ). 집단 II, 즉 획득기간이 긴, 일반문제 제시집단에서도 같은 결과를 보였다( $Z = -2.80, P < .001$ ).

<표 3> 최초제시 문제와 반복제시 문제간의 Wilcoxon 사인 등위 검증표

집 단 \ Z 값	해결시간에서의 Z 값	실수의 수에서의 Z 값
획득기간이 짧은 일반문제 집단	-2.12*	-2.24*
획득기간이 긴 일반문제 집단	-1.18	-2.80**

\*  $P < .05$ , \*\*  $P < .01$

이상의 결과를 요약하면, 획득단계에서 풀어놓은 예가 제시된 집단들은 일반적인 문제가 제시된 집단들보다 문제해결시간에서 유의하게 적은 시간이 걸렸으며, 획득기간이 긴 집단들이 획득기간이 짧은 집단들에 비해 문제해결시간이 유의하게 적었다. 또한 이들 결과에서 나온 획득단계에서의 일반적인 문제가 제시된 집단과 풀어놓은 예가 제시된 집단간의 유의한 차이 그리고 획득기간이 긴 집단과 획득기간이 짧은 집단간의 유의한 차이는 반복제시 문제보다는 최초제시 문제에서의 차이에 기인한 것으로 나타났다.

한편, 검사단계의 유사문제를 해결하는 데 소요된 시간과 실수의 수에 있어서 집단간의 차이가 있는지를 알아보기 위해 실시한 Mann-Whitney U 검증의 결과는 <표 4>와 같다.

유사문제의 해결에 있어서 집단간 차이는 유의하지 않았다. 즉, 해결시간과 실수의 수 어느 것도 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으며 풀어놓은 예의 사용 여부에 따라서도 차이가 없었고 획득기간의 길고 짧음에 따라서도 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

<표 4> 검사단계에서의 Mann-Whitney U 검증표

유사문제의 U, Z 값 비 교 집 단	해결시간(초)		실수의 수	
	U	Z	U	Z
집단 I 과 III	51.0	-1.21	59.5	-.87
집단 II와 IV	58.5	-.78	60.0	-1.45
집단 I 과 II	44.0	-1.62	65.0	-.57
집단 III과 IV	40.0	-1.85	42.0	-2.44

마지막으로 수정한 풀어놓은 예가 문제해결에 효과적인지를 검증하기 위하여 수정한 풀어놓은 예 제시집단(집단 V)과 일반문제 제시집단(집단 I), 풀어놓은 예 제시집단(집단 III)간의 차이를 Mann-Whitney U 검증한 결과는 <표 5>와 같다. 획득단계에서 수정한 풀어놓은 예가 제시된 집단 V는 일반문제 제시집단 I보다 해결시간에 있어 유의하게 적은 시간이 소요되었다( $U(12, 12)=11.0, P < .001$ ).

그러나 풀어놓은 예가 제시된 집단 III과는 해결시간의 중앙치에서 유의한 차이는 없었으며( $U(12, 12)=46.5$ ), 다만 해결시간의 중앙치에 있어 풀어놓은 예가 제시된 집단 III보다 수정한 풀어놓은 예가 제시된 집단 V가 적었다.

<표 5> 수정한 풀어놓은 예의 Mann-Whitney U 검증표

획득단계의 U, Z 값 비교집단	해결시간(초)		실수의 수	
	U	Z	U	Z
집단 V와 I	11.0**	-3.52	28.0**	-2.60
집단 V와 III	46.5	-1.47	41.5	-1.82

\*\*  $P < .01$

## V. 논 의

연습과 풀어놓은 예의 사용이 화학문제 해결에 미치는 효과를 밝히기 위한 이 연구의 결과에 비추어 논의를 하면 다음과 같다.

먼저, 풀어놓은 예의 사용이 문제해결 학습을 향상시키는 지를 알아보고자 하였는데 일반적인 문제가 제시된 집단과 풀어놓은 예가 제시된 집단간의 해결시간에 대한 Mann-Whitney U 검증을 한 결과 두 집단간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 즉 획득기간이 짧은, 일반문제 제시집단과 획득기간이 짧은, 풀어놓은 예 제시집단간에 유의한 차이가 있었으며( $U(12, 12)=31.0, P<.05$ ), 획득기간이 긴, 일반문제 제시집단과 획득기간이 긴, 풀어놓은 예 제시집단간에도 유의한 차이가 있었다( $U(12, 12)=31.0, P<.05$ ).

실수의 수에 있어서도 풀어놓은 예 제시집단이 일반문제 제시집단보다 적었으므로 이같은 결과는 풀어놓은 예의 사용이 문제해결 학습을 향상시키는 데 효과적임을 의미하는 것이다. Sweller(1988)는 수단-목표 분석과 같이 일반적으로 사용된 탐색은 문제해결 학습과는 주의가 향해지는 곳이 다른, 상이한 인지과정을 요구한다는 것을 지적하고 풀어놓은 예는 인지부담을 줄이고 주의를 집중시킴으로써 학습을 조장할 수 있다고 밝힌 바 있으며 이는 이 연구의 결과와 일치한다. 대수방정식 문제를 사용하여 풀어놓은 예의 사용이 문제해결 학습에 효과적이라는 Cooper와 Sweller(1987)의 연구결과와도 일치하며 또한 예제의 상기가 문제해결에 효과적이라는 Ross(1984, 1987, 1989a)와 이동호(1992)의 연구결과와 일치한다.

이같은 결과로써 문제해결 조작자에 대한 관찰이 그것을 직접 사용하는 수행학습보다 효과적이라고 할 수 있다. 따라서 화학영역의 문제해결에 있어서도 문제해결 학습을 효과적으로 증진시킬 수 있는 절차로서 풀어놓은 예의 사용을 제안할 수 있다.

둘째, 획득기간의 증대를 통한 연습이 문제해결 학습을 효과적으로 향상시키는지를 검증하기 위하여 획득기간이 긴 집단과 획득기간이 짧은 집단간의 해결시간에 대한 Mann-Whitney U 검증을 한 결과 두 집단간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 즉 획득기간이 짧은, 일반문제 제시집단과 획득기간이 긴, 일반문제 제시집단간에 유의한 차이가 있었으며( $U(12, 12)=18.0, P<.01$ ), 획득기간이 짧은, 풀어놓은 예 제시집단과 획득기간이 긴, 풀어놓은 예 제시집단간에도 유의한 차이가 있었다( $W(12, 12)=117.0, Z=-1.99, P<.05$ ).

실수의 수에 있어서도 획득기간이 긴 집단이 획득기간이 짧은 집단보다 적었다. 이같은 결과는 획득기간의 증대를 통한 연습이 문제해결 학습을 향상시키는 데 효과적임을 의미하는 것이다. 이는 Sweller, Mawer와 Ward(1983) 등의 전문성 발달과정을 학습하도록 계획한 실험에서 많은 문제를 풀고 난 후 수단-목표 분석에서 순행플기로 전략이 전환되었으

며 문제해결 학습이 향상되었던 것과 일치한다. 또한 Cooper와 Sweller(1987)의 연구결과와도 일치한다.

따라서 화학영역의 문제해결에 있어서도 문제해결 학습을 효과적으로 증진시킬 수 있는 절차로서 풀어놓은 예 사용에 이어 연습의 효과를 제시할 수 있다.

한편, 획득단계에서 일반문제 제시집단과 풀어놓은 예 제시집단간의 문제해결 시간에서의 차이는 최초제시 문제에서의 차이가 주된 차이였음이 나타났고, 반복제시 문제에서는 집단간에 유의한 차이가 검증되지 않았다. 따라서 획득단계에서의 차이는 문제를 직접 풀어 보는 데 소요된 시간과 풀어놓은 예를 학습하는 데 소요된 시간의 차이라고 해석할 수 있다.

마지막으로 수정한 풀어놓은 예가 문제해결 학습에 효과가 있는지를 알아보고자 하였는데 획득단계에서 수정한 풀어놓은 예 제시집단은 일반문제 제시집단보다 유의하게 적은 해결시간이 소요되었으나 풀어놓은 예 집단과는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

Tarmizi와 Sweller(1988)에 의하면 수정한 풀어놓은 예의 경우 문제와 답을 분리시키지 않고 풀이과정을 제시함에 따라 인지부담을 방지함으로써 일반적인 풀어놓은 예보다 문제해결에 효과적이었다. 이 연구의 결과는 기하학 문제와 운동학 문제에 수정한 예를 사용한 효과를 연구한 Tarmizi와 Sweller의 실험결과와는 일치하지 않는다.

이 연구에서 사용한 물농도와 관련된 화학문제는 운동학 문제에서 사용한 수정의 형태를 취하였는데 문제진술 내에 필요한 공식과 값을 기입하여 인지부담을 막아 문제해결 학습을 향상시킬 것으로 기대하였다. 그러나 이 연구에서는 선행연구와 같은 효과가 없었는데 그것은 여기서 사용한 물농도와 관련된 화학문제가 화학영역에서 매우 기초적인 개념이기 때문에 풀어놓은 예 제시집단과 수정한 풀어놓은 예 제시집단간에 유의한 차이가 없었을 것으로 본다. 즉 이들 집단간에 바닥효과(floor effect)가 작용하였을 것으로 본다.

## VI. 결론 및 제언

풀어놓은 예와 연습이 화학문제의 문제해결에 미치는 효과를 알아보기 위한 이 연구의 결론은 다음과 같다.

먼저, 풀어놓은 예가 제시된 집단은 일반문제가 제시된 집단보다 화학문제의 획득단계에서 문제해결 학습에 효과적이었다. 또한 획득기간이 긴 집단은 획득기간이 짧은 집단보다 화학문제의 획득단계에서 문제해결 학습에 효과가 있었다. 반면 수정한 풀어놓은 예가 제시된 집단은 일반적인 풀어놓은 예가 제시된 집단보다 화학문제에 있어서 문제해결 학습

에 더 효과적이지 않았다.

이 연구에서는 화학영역에서 가장 기초적인 개념인 몰농도를 사용하여 실험을 한 결과 수정한 풀어놓은 예의 사용이 효과적으로 문제해결 학습을 향상시키지 못하였다. 후속연구에서는 다른 단원의 문제들을 다양하게 사용하여 수정한 풀어놓은 예의 사용이 가지는 효과성을 밝혀려는 것이 필요하다.

#### 참 고 문 헌

- 이동호(1992), 예제의 상기가 검사문제 해결에 미치는 영향 -Ross의 가설에 따른 연구, 이화여자대학교 석사학위논문.
- Cooper, G. A. & Sweller, J.(1987), Effects of schema acquisition and rule automation on mathematical problem-solving transfer, *Journal of Educational Psychology*, 79, 347-362.
- Kotovsky, K., Hayes, J. R. & Simon, H. A.(1985), Why are some problems hard? Evidence from tower of hanoi, *Cognitive Psychology*, 17, 248-294.
- Logan, G. D., Klapp, S. K., Boches, C. A. & Trabet, M. L.(1991), Automatizing alphabet arithmetic : II, Are there practice effects after automaticity is achieved? *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 17, 196-209.
- Mawer, R. F. & Sweller, J.(1982), Effects of subgoal density and location on learning during problem solving, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 8, 252-259.
- Ross, B. H.(1984), Reminders and their effects in learning a cognitive skill, *Cognitive Psychology*, 16, 371-416.
- Ross, B. H.(1987), This is like that : The use of earlier problems and the separation of similarity effects, *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 13, 629-639.
- Ross, B. H.(1989a), Distinguishing types of superficial similarities : Different effects on the access and use of earlier problems, *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 15, 456-468.
- Strayer, D. L. & Kramer, A. F.(1990), An analysis of memory-based theories of automaticity, *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 16, 176-192.
- Sweller, J.(1988), Cognitive load during problem solving : Effects on learning, *Cognitive Science*, 12, 257-285.
- Sweller, J.(1989), Cognitive technology : Some procedures for facilitating learning and problem solving in mathematics and science, *Journal of Educational Psychology*, 81, 457-466.
- Sweller, J. & Cooper, M.(1985), The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra, *Cognition and instruction*, 2, 59-89.
- Sweller, J., Mawer, R. F. & Ward, M. R.(1983), Development of expertise in mathematical problem solving, *Journal of Experimental Psychology : General*, 112, 639-661.
- Tarmizi, R. A. & Sweller, J.(1988), Guidance during mathematical problem solving, *Journal of Educational Psychology*, 80, 424-436.

(ABSTRACT)

## The Effects of Training on Chemical Problem-Solving Learning

Lee, Myung-Ja · Kim, Mi-Young · Lee, Jin-Hee

(Dept. of Education, Kyungpook National University)

The purpose of this study was to investigate the effects of training and use of worked-example on chemical problem-solving learning. Schema acquisition and rule automation are the basic components of skilled problem-solving, which are dependent on appropriately focused attention and sufficient cognitive resources. Training and use of worked-example facilitate schema acquisition and rule automation, so improve problem-solving learning. The subjects of this study were 60 high school students. The average age was 17 years old. Then, they were randomly assigned to each groups and the chemical reaction problems used as experimental materials. The independent variables of this study were training and use of worked-examples and dependent variables were time for solution and the number of error.

The results of this study were as follows ;

1. The worked-example groups spent significantly less time on solution for acquisition problems than the conventional problem groups.
2. The long-acquisition groups spent significantly less time on solution for acquisition problems than the short-acquisition groups.
3. The modified worked-example groups did not spend significantly less time on solution for acquisition problems than the worked-example groups.

<부록 1> 풀어놓은 예 제시의 획득단계

1. 1.0M의 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 수용액 100mL 속에는 몇 g의 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>가 들어 있겠는가?

(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>의 화학식량 : (1 × 2) + 32 + (16 × 4) = 98)

$$M_{\text{농도}} = \frac{\text{용질몰수}(mol)}{\text{용액부피}(L)} = \frac{\frac{\text{질량}(g)}{\text{화학식량}}}{\frac{\text{용액부피}(mL)}{1000}} = \frac{\text{질량}(g)}{\frac{100}{1000}}$$

모르는 질량을 X로 놓고 대입한다.  $1 = \frac{X}{\frac{98}{1000}}$

그러므로 X = 9.8g이 된다.

2. 0.20M의 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 수용액 100mL 속에는 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 몇 g이 녹아 있는가?

<부록 2> 수정한 풀어놓은 예 제시의 획득단계

1. 1.0M의 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 수용액 100mL가 있다.

(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>의 화학식량 : (1 × 2) + 32 + (16 × 4) = 98)

$$M_{\text{농도}} = \frac{\text{용질몰수}(mol)}{\text{용액부피}(L)} = \frac{\frac{\text{질량}(g)}{\text{화학식량}}}{\frac{\text{용액부피}(mL)}{1000}} = \frac{\frac{\text{질량}(g)}{98}}{\frac{100}{1000}}$$

이 속에는 몇 g의 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>가 들어 있겠는가?

모르는 질량을 X로 놓고 대입한다.  $1 = \frac{X}{\frac{98}{1000}}$

그러므로 X = 9.8g이 된다.

2. 0.20M의 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 수용액 100mL 속에는 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 몇 g이 녹아 있는가?

<부록 3> 검 사 문 제

1. 0.10M의 수산화나트륨(NaOH) 용액 100mL에는 몇 g의 수산화나트륨이 녹아 있는가?