

화학 문제 해결력과 자아 효능감

전경문 · 서인호 · 노태희
(서울대학교)

Chemistry Problem-Solving Ability and Self-Efficacy

Jeon, Kyungmoon · Seo, Inho · Noh, Taehee
(Seoul National University)

ABSTRACT

The difference (bias) between self-efficacy and chemistry problem-solving ability was investigated for 96 (male: 48, female: 48) high school students. A self-efficacy instrument was administered, which asked the confidence in solving algorithmic and conceptual problems successfully. Their chemistry problem-solving ability was then assessed with 10 algorithmic and 10 conceptual problems as same in the self-efficacy instrument. Although students had higher scores in the algorithmic problems, no significant difference was found in the self-efficacy to solve the two different forms of problems. Therefore, the bias scores in the conceptual problems were higher than those in the algorithmic problems. Two-way ANOVA results for the bias in the algorithmic problems revealed a significant interaction between gender and the previous achievement level. Analysis of simple effects indicated that the bias scores of high-achieving boys were significantly higher than those of high-achieving girls. While most high-achieving boys were in the overconfident category, high-achieving girls were more likely to be in the underconfident category.

Key words : chemistry problem-solving ability, self-efficacy, overconfidence, underconfidence

I. 서론

사회적 인지 이론(social cognitive theory)에서 자아 효능감(self-efficacy)은 과제 수행을 위한 행동을 조직하고 실행할 수 있는 자신의 능력에 대한 판단을 의미한다(Bandura, 1986). 이 이론에 의하면 자아 효능감이 높은 학습자는 적극적인 의사 결정, 꾸준한 노력, 어려움을 극복하는 인내와 같은 특성을 지니기 때문에 학업 성취도가 높을 것으로 기대된다. 그러나 어떤 교과에 대한 일반적인 자아 효능감은 교과 학업

성취도에 대한 설명력이 거의 없었다(Cooper & Robinson, 1991). 따라서 특정 과제의 성취에 대한 판단을 의미하는 과제 의존적(task-specific)인 자아 효능감이 보다 중요시되고 있다(Pajares & Miller, 1994).

과제 의존적인 자아 효능감과 수학 문제 해결력 사이의 관련성에 대한 연구에서는, 주어진 문제의 해결에 대한 자아 효능감이 높은 학생들이 실제로 그 문제를 더 잘 해결하는 경향이 있었다(Hackett, 1985). 최근에는 문제 해결에 대한 자아 효능감과 실제 문제

*1999년 8월 4일 받음.

해결력 사이의 차이인 편향(bias)을 조사함으로써, 학생들의 특성을 과대 평가(overconfidence)와 과소 평가(underconfidence)로 구별하는 연구가 진행되고 있다(Keren, 1991; Pajares & Miller, 1994, 1997). 자신의 능력을 정확히 판단하는 것은 인지 과정(cognitive process)이나 메타인지 과정(metacognitive process)과 관련 있다는 측면에서 그 중요성이 강조되고 있다(Schraw, 1995). 그러나 약간의 과대 평가가 학습에 대한 노력을 증가시켜 줄 수도 있다(Bandura, 1986).

일부 연구들은 문제의 특성이나 문제 해결자의 특성에 따른 차이를 조사하였다. Schraw, Dunkle, Bendixen, Roedel(1995)은 다양한 영역의 문제에 대한 자아 효능감과 문제 해결력을 조사하였는데, 각 영역에 대한 실제 문제 해결력 사이에는 관련성이 나타나지 않았으나 자아 효능감이나 편향에서는 영역간에 유의미한 상관관계가 존재하였다. Pajares와 Miller(1997)는 객관식 수학 문제와 주관식 수학 문제 사이의 차이를 조사하였는데, 문제 해결력은 객관식 문제에서 유의미하게 높았으나 자아 효능감에서는 차이가 없었다. 즉, 학생들은 문제의 영역이나 유형에 관계없이 자신의 문제 해결력을 비교적 일관성 있게 판단하였다. 성차에 대한 연구에서는 남학생이 여학생보다 자신의 능력을 과대 평가한 경우도 있었으나, 성에 따른 차이가 나타나지 않은 경우도 있었다(Hackett, 1985; Meece & Jones, 1996; Pajares, 1996).

이와 같은 최근 동향에 비해, 화학 문제 해결에 있어서 자아 효능감이나 편향을 조사한 연구는 아직까지 보고된 바 없다. 따라서 본 연구에서는 최근 화학 교육 연구 분야에서 관심이 집중되고 있는 화학 수리 문제와 개념 문제에 대하여(노태희, 우규환, 임희준, 서인호, 1995; Nakhleh & Mitchell, 1993), 문제 해결력과 자아 효능감을 조사하였다. 문제의 유형에 따른 편향의 차이를 분석함과 동시에, 수리 문제에 대한 편향에서의 성차를 조사하였다. 본 연구의 구체적인 목표는 다음과 같다.

- 1) 화학 수리 문제에서의 문제 해결력, 자아 효능감, 편향을 개념 문제의 경우와 비교한다.

- 2) 화학 수리 문제에서의 문제 해결력, 자아 효능감, 편향에 대해 성차를 조사한다.
- 3) 화학 수리 문제에서의 문제 해결력, 자아 효능감, 편향에 대해 성과 사전 성취 수준 사이의 상호작용을 조사한다.
- 4) 화학 수리 문제 해결에 대한 자신의 능력을 과대 평가, 과소 평가, 그리고 정확히 평가하는 학생의 빈도를 조사한다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 대상

연구 대상은 서울시에 소재한 남녀 공학 인문계 고등학교의 2학년 자연 계열 학생 96명이었다. 직전 학기 기말고사 화학 성적에 대한 중앙값을 구한 후, 이를 기준으로 남·여학생을 각각 성취도 상·하위 수준으로 구분하였다. 성별·사전 성취 수준별 사례 수는 Table 1과 같다.

Table 1. Subjects

	Male	Female	Total
High	16	33	49
Low	32	15	47
Total	48	48	96

2. 검사 도구

검사 도구로는 학생들의 화학 문제 해결력을 측정하기 위한 수리 문제와 개념 문제, 그리고 실제 문제 해결에 앞서 자신의 능력에 대한 판단을 조사하기 위한 자아 효능감 검사가 사용되었다. 화학 수리 문제는 화학양론, 기체, 용액 등에 관한 공식을 적용하여 해결할 수 있는 10문항으로 구성하였고, 화학 개념 문제는 수리 문제와 같은 영역에 대하여 분자 수준의 그림으로 제시된 10문항으로 구성하였다(노태희, 우규환 등, 1995; 노태희와 임희준, 1996; 노태희, 임희준, 우규환, 1995). 이들은 모두 5지 선다형의 객관식

문항이며, 각각 10점 만점으로 구성하였다. 본 연구에서 구한 수리 문제와 개념 문제의 크론바하 α 는 각각 .69와 .55이었다.

자아 효능감 검사는 수리 문제와 개념 문제의 각 문항에 대하여 “내가 다음 문제를 풀어 본다면 정답을 맞출 수 있을까?”라는 질문을 제시하고, 이에 대하여 ‘1 전혀 자신이 없다’에서 ‘6 매우 자신이 있다’의 6단계 리커트 척도로 답하도록 구성하였다 (Pajares, 1996). 수리 문제와 개념 문제에 대한 자아 효능감 검사의 크론바하 α 는 각각 .88과 .84이었다.

3. 연구 절차

선행 연구를 토대로 검사 도구를 제작한 후, 연구 대상으로 화학양론, 기체, 용액에 대해 모두 배운 고등학교 2학년 남, 여학생 학습을 한 학급씩 선정하였다. 학생들의 사전 화학 성취 수준을 구분하기 위해, 이전 학기 기말고사 화학 성적을 조사하였다. 먼저 화학 수리 문제 10문항과 개념 문제 10문항의 성공적인 해결에 대한 자신감을 묻는 자아 효능감 검사를 실시하였다. 이 검사의 실시 도중에는 실제로 문제를 해결하는 일이 없도록 지도하였다. 이어서 자아 효능감 검사에서 제시된 것과 동일한 수리 문제와 개념 문제를 이용하여, 학생들의 실제 화학 문제 해결력을 측정하였다.

4. 분석 방법

편향은 각 문항에 대한 자아 효능감(1~6)에서 성공

여부(실패: 1, 성공: 6)의 값을 뺀 후 평균을 계산하였다(Keren, 1991; Pajares, 1996; Schraw, 1995). 즉, 편향의 값은 -5에서 +5 사이가 되어서, 0보다 큰 값을 지닌 학생은 실제 문제 해결력에 비하여 자신의 능력을 과대 평가하는 것이고, 0보다 작은 값을 지닌 학생은 자신의 능력을 과소 평가하는 것이다. 편향이 0인 경우는 능력과 판단이 모든 문항에서 일치한 경우이거나 과대 평가한 값과 과소 평가한 값이 상쇄된 경우를 의미한다.

문제 해결력, 자아 효능감, 편향에 대한 수리 문제와 개념 문제의 차이를 조사하기 위하여 paired t 검증을 실시하였다. 수리 문제 해결력 및 이와 관련된 자아 효능감, 편향에 대해서는, 성과 사전 성취 수준을 독립 변인으로 하는 이원 변량 분석(2-way ANOVA)을 실시하였다. 상호작용이 유의미한 경우에는 성에 의한 단순 효과(simple effect)를 조사하였다(Keppel, 1991).

III. 연구 결과 및 논의

1. 수리 문제와 개념 문제에 대한 편향의 차이

화학 수리 문제와 개념 문제에서의 각 변인들에 대해 paired t 검증을 실시하였다(Table 2). 문제 해결력의 측면에서는 수리 문제(4.78)와 개념 문제(2.98)의 점수 차이가 유의미하였지만, 자아 효능감의 측면에서는 그 차이가 유의미하지 않았다. 문제 해결력에서 개념 문제의 점수가 수리 문제보다 낮은 것은, 학생들이 공식을 암기함으로써 전형적인 수리 문제에 기

Table 2. Paired t-test results for chemistry problem-solving ability, self-efficacy, and bias on algorithmic and conceptual problems

Variables(Total scores)	Algorithmic		Conceptual		t	p
	M	SD	M	SD		
Problem-solving ability(10)	4.78	2.54	2.98	2.00	8.61	.000
Self-efficacy(60)	37.13	9.67	38.22	8.21	-1.30	.196
Bias ¹⁾	.36	1.12	1.30	1.02	-8.19	.000

¹⁾ The range is from -5 to +5.

계적으로 대처할 뿐 문제에 내재된 분자 수준의 개념은 이해하지 못하는 것으로 해석할 수 있다(노태희, 우규환 등, 1995; Nakhleh & Mitchell, 1993).

수리 문제와 개념 문제에 대한 자아 효능감에서 유의미한 차이가 나타나지 않은 것은, 교과서나 시험에서 주로 제시되는 유형인 수리 문제에 대한 자신감과 상대적으로 덜 친숙한 유형인 분자 수준의 그림 문제에 대한 자신감이 서로 비슷하다는 것을 의미한다. 이는 문제의 영역, 유형, 난이도 등의 특성에 따라 자아 효능감이 달라지지 않는다는 선행 연구 결과(Pajares & Miller, 1997; Schraw et al., 1995)와 유사하다. 또한, 본 연구에서 구한 자아 효능감 점사의 크론바하 α 가 비교적 높은 것(수리: .88, 개념: .84)은 학생들이 문항의 차이에 관계없이 자신의 능력에 대해 매우 일관된 판단을 하고 있음을 시사한다. 이러한 결과들은 자아 효능감이 소속된 집단 내에서의 자신의 능력을 판단하는 표준적 특성을 지니기 때문이라고 해석할 수 있다(Keren, 1991).

이와 같이 실제 문제 해결력은 개념 문제보다 수리 문제에서 높았지만 자기 능력에 대한 판단은 두 유형의 문제에 대하여 비슷하였으므로, 자아 효능감과 문제 해결력의 차이에 해당하는 편향은 수리 문제보다 개념 문제에서 증가하였다. 즉, 난이도가 높은 문제에서 편향은 증가하였다(Schraw, Potenza, & Nebelsick-Gullet, 1993). 한편, 학생들은 수리 문제(.36)와 개념 문제(1.30) 모두에 대하여 자신의 능력

을 다소 과대 평가하는 경향이 있음을 알 수 있었다.

2. 수리 문제에 대한 편향에서의 성차

화학 수리 문제에서의 문제 해결력, 자아 효능감, 그리고 편향에 대하여 성별·사전 성취 수준별 평균을 Table 3에 제시하였다. 수리 문제에 대한 이원 변량 분석 결과(Table 4) 남학생(3.63)보다 여학생(5.94)의 점수가 유의미하게 높았다. 즉, 여학생 집단이 남학생 집단에 비하여 화학 수리 문제 해결력에서 우수한 집단이었다. 그러나 수리 문제에 대한 자아 효능감에서는 성에 의한 차이 및 성과 사전 성취 수준 사이의 상호작용이 모두 유의미하지 않았다.

편향에 대해서는 상호작용 효과가 있었다. 단순 효과를 분석한 결과 하위 수준에서는 차이를 보이지 않았으나, 상위 수준의 경우 남학생(.91)이 여학생(-.26)보다 유의미하게 높은 편향 값을 나타내었다($t=3.73, p=.001$). 즉, 평균적으로 볼 때 상위 수준 여학생들은 자신의 능력을 다소 과소 평가하는데 반하여, 남학생들은 자신의 능력에 대하여 과대 평가하는 내적 기준을 지니고 있었다. 학생들의 빈도를 조사한 결과(Table 5)에서도 상위 수준 남학생은 대부분(93.3%) 자신의 능력을 과대 평가하였으나, 여학생 중에서는 과소 평가한 경우(58.8%)가 과대 평가한 경우(32.4%)보다 많았다. 이는 여학생들이 과학의 남성적 이미지로 인한 심리적인 괴리감을 느끼기 때문

Table 3. Means and standard deviations of chemistry problem-solving ability, self-efficacy, and bias in the algorithmic problems

	Problem-solving ability(10)			Self-efficacy (60)			Bias ¹⁾		
	Male	Female	Total	Male	Female	Total	Male	Female	Total
High	4.80 (1.61)	6.74 (2.39)	6.14 (2.35)	43.20 (6.11)	41.68 (8.00)	42.14 (7.44)	.91 (.76)	-.26 (1.11)	.10 (1.14)
Low	3.09 (1.79)	4.00 (2.04)	3.36 (1.89)	30.24 (9.44)	35.79 (6.46)	31.89 (8.96)	.60 (1.09)	.67 (.99)	.62 (1.05)
Total	3.63 (1.90)	5.94 (2.60)	4.78 (2.54)	34.29 (10.42)	39.96 (7.99)	37.13 (9.67)	.70 (1.00)	.01 (1.15)	.36 (1.12)

¹⁾ The range is from -5 to +5.

Table 4. ANOVA results on chemistry problem-solving ability, self-efficacy, and bias in the algorithmic problems

Source of variance	SS	df	MS	F	p
Problem-solving ability					
Sex	40.90	1	40.90	9.86	.002
Sex × Level	5.32	1	5.32	1.28	.260
Self-efficacy					
Sex	81.69	1	81.69	1.25	.267
Sex × Level	252.46	1	252.46	3.85	.053
Bias					
Sex	6.19	1	6.19	5.76	.018
Sex × Level	7.82	1	7.82	7.27	.008

인 것으로 해석할 수 있다(노태희와 최용남, 1996; Jones, 1991).

한편, 편향의 전체 평균은 .36으로서(Table 3), 편향의 범위 -5 ~ +5를 고려할 때 본 연구의 대상 학생들은 비교적 자신의 능력을 정확히 판단하고 있는 것으로 보인다. 그러나 능력과 판단이 모든 문항에서 일치한 학생은 단 한 명도 없었으며, 과대 평가한 값과 과소 평가한 값이 상쇄되어 능력과 판단이 일치하는 학생들(4.2%)도 매우 적었다(Table 5). 이에 비해 절반 이상의 학생들(58.3%)이 자신의 능력을 과대 평가하였고, 과소 평가하는 학생들(37.5%)도 비교적 많았다. 일부 연구에서는 자신의 능력을 정확히 판단하는 것이 자기 조절(self-regulation)이나 자기 점검(self-monitoring)과 같은 메타인지 전략(metacognitive strategy)의 사용과 관련 있는 것으로

보고하였다(Schraw, 1995). 그러나 본 연구에서와 같이 과소 평가하는 학생들이 비교적 많은 집단에서는 판단의 정확성에 대해 조심스러운 해석이 요구된다. 약간의 과대 평가는 학습에 대한 노력과 인내심을 증가시켜 주어 교육학적으로 유용하게 작용하기 때문이다(Bandura, 1986).

이런 맥락에서 볼 때 본 연구에서 상위 수준 여학생들은 대체로 자신이 지닌 능력에 대한 신뢰가 부족하기 때문에, 학습 과제를 소극적으로 수행하고, 어려움에 직면할 때 과제를 쉽게 포기하며, 화학 관련 과목이나 직업을 기피할 우려가 있다(Hackett, 1985; Lent, Lopez, & Bieschke, 1991). 따라서 상위 수준 여학생들의 자아 효능감 증진을 위한 다양한 방안이 강구될 필요가 있다.

Table 5. Frequency of overconfidence, underconfidence, and congruence(%)

	High		Low		Total
	Male	Female	Male	Female	
Overconfidence	14(93.3)	11(32.4)	20(60.6)	11(78.6)	56(58.3)
Underconfidence	1(6.7)	20(58.8)	12(36.4)	3(21.4)	36(37.5)
Congruence					
no error	0	0	0	0	0
equal errors	0	3(8.8)	1(3.0)	0	4(4.2)

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 고등학생 96명을 대상으로 화학 문제 해결력, 자아 효능감, 그리고 이들 사이의 차이(편향)를 조사하였다. 문제의 유형(수리 문제/개념 문제)에 따른 차이 및 수리 문제에서의 성차를 분석하였다.

연구 결과, 학생들의 수리 문제 해결력이 개념 문제 해결력에 비해 유의미하게 높았으나, 자아 효능감은 문제 유형과 관계없이 일관성 있게 나타났다. 즉, 자아 효능감은 상황에 의해 쉽게 변하지 않는 특성을 지니는 것으로 파악된다. 대체로 학생들은 자신의 능력을 다소 과대 평가하는 경향이 있었으며, 특히 상위 수준의 남학생들에게서 이러한 특징이 두드러졌다. 이는 문제 해결에 대한 노력이나 인내를 증가시켜 줄 것으로 기대된다(Bandura, 1986). 그러나 상위 수준 여학생의 경우 자신의 능력을 과소 평가하는 학생들이 많았다.

따라서 여학생들의 자아 효능감을 향상시킬 수 있는 교수-학습 조건을 규명하는 연구가 이루어져야 한다. 예를 들어 여학생들은 석차나 타인의 평가를 중시하며 이러한 특성이 자신의 능력을 부정적으로 평가하는 것과 관련 있으므로(전경문과 노태희, 1997), 상대적인 우열보다는 학습 과정 자체를 중시하는 과제 지향적인(task-oriented) 수업 환경을 조성할 필요가 있다. 또한, 여학생들은 선다형 문항보다 서술형 문항에 더 자신감을 갖는 것으로 보고되었으므로(Linn, de Benedictus, Delucchi, Harris, & Stage, 1987), 이를 고려한 다양한 평가 방법을 도입할 필요가 있다. 아울러 자아 효능감을 설명해주는 다양한 변인에 관한 연구나 자아 효능감이 생성되는 과정에 대한 연구도 필요하다.

적 요

고등학생 96명(남: 48명, 여: 48명)을 대상으로 자아 효능감과 화학 문제 해결력 사이의 차이(편향)를 조사하였다. 먼저 수리 문제와 개념 문제의 성공적인 해결에 대한 자신감을 묻는 자아 효능감 검사를 실시하였다. 이어서 자아 효능감 검사에서 제시된 것과

동일한 수리 문제 10문항과 개념 문제 10문항으로 학생들의 화학 문제 해결력을 측정하였다. 수리 문제 해결력 검사 점수가 개념 문제 해결력 검사보다 더 높았으나, 문제의 유형에 따른 자아 효능감의 차이는 없었다. 따라서 편향 점수는 수리 문제에 비하여 개념 문제에서 더 높았다. 수리 문제에서의 편향에 대한 이원 변량 분석 결과, 성과 사전 성취 수준 사이의 상호작용이 유의미하였다. 단순 효과를 분석한 결과 상위 수준 남학생의 편향 점수가 상위 수준 여학생보다 유의미하게 높았다. 대부분의 상위 수준 남학생은 자신의 능력을 과대 평가하였지만, 상위 수준 여학생은 과대 평가하는 경우보다 과소 평가하는 경우가 더 많았다.

참 고 문 헌

- 노태희, 우규환, 임희준, 서인호(1995). 이과계열 고등학생의 화학 계산 문제 해결력과 개념 이해도 비교. 화학교육, 22, 144-156.
- 노태희와 임희준(1996). 세 가지 양식의 문제를 이용한 한국 학생의 수리 문제 해결력과 개념 이해도 비교. 화학교육, 23, 402-410.
- 노태희, 임희준, 우규환(1995). 화학 양론과 기체 상태에 대한 중·고등학생의 개념 이해도 비교. 한국과학교육학회지, 15, 437-451.
- 노태희와 최용남(1996). 성역할의 관점에서 조사한 과학자와 자신에 대한 이미지의 격차 및 과학 관련 태도와의 관계성 조사. 한국과학교육학회지, 16, 286-294.
- 전경문과 노태희(1997). 학생들의 과학 학습 동기 및 전략. 한국과학교육학회지, 17, 415-423.
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Cooper, S. E., & Robinson, D. A. G. (1991). The relationship of mathematics self-efficacy beliefs to mathematics anxiety and performance. *Measurement and Evaluation in Counseling and Development*, 24, 4-11.

- Hackett, G. (1985). Role of mathematics self-efficacy in the choice of math-related majors of college women and men: A path analysis. *Journal of Counseling Psychology*, 32, 47-56.
- Jones, G. (1991). Gender differences in science competitions, *Science Education*, 75, 159-167.
- Keren, G. (1991). Calibration and probability judgments: Conceptual and methodological issues. *Acta Psychologica*, 77, 217-273.
- Keppel, G. (1991). *Design and analysis: A researcher's handbook*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Lent, R. W., Lopez, F. G., & Bieschke, K. J. (1991). Mathematics self-efficacy: Sources and relation to science-based career choice. *Journal of Counseling Psychology*, 38, 424-430.
- Linn, M. C., de Benedictus, T., Delucchi, K., Harris, A., & Stage, E. (1987). Gender differences in national assessment of educational progress items: What does "I don't know really mean?". *Journal of Research in Science Teaching*, 24, 267-278.
- Meece, J. L., & Jones, M. G. (1996). Gender differences in motivation and strategy use in science: Are girls rote learners? *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 393-406.
- Nakhleh, M. B., & Mitchell, R. C. (1993). Concept learning versus problem solving: There is a difference. *Journal of Chemical Education*, 70, 190-192.
- Pajares, F. (1996). Self-efficacy beliefs and mathematical problem solving of gifted students. *Contemporary Educational Psychology*, 21, 325-344.
- Pajares, F., & Miller, D. (1994). Role of self-efficacy and self-concept beliefs in mathematical problem solving: A path analysis. *Journal of Educational Psychology*, 86, 193-203.
- Pajares, F., & Miller, D. (1997). Mathematics self-efficacy and mathematical problem solving: Implication of using different forms of assessment. *Journal of Experimental Education*, 65, 213-228.
- Schraw, G. (1995). Measures of feeling-of-knowing accuracy: A new look at an old problem. *Applied Cognitive Psychology*, 9, 321-332.
- Schraw, G., Dunkle, M. E., Bendixen, L. D., & Roedel, T. D. (1995). Does a general monitoring skill exist? *Journal of Educational Psychology*, 87, 433-444.
- Schraw, G., Potenza, M. T., & Nebelsick-Gullet, L. (1993). Constraints on the calibration of performance. *Contemporary Educational Psychology*, 18, 455-463.