창의적 문제 해결력 지향 일반화학실험 교수 전략 개발 및 적용 효과(제I보)

방담이 · 박지은 · 송주연 · 강순희*

이화여자대학교 과학교육과

(접수 2010. 9. 3; 수정 2010. 12. 2; 게재확정 2011. 2. 11)

The Development of Teaching Strategy for the Enhancement of the Creative Problem Solving Thinking Skills through General Chemistry Laboratory and the Effects of It's Applications(I)

Dami Bang, Jieun Park, Juyeon Song, and Soonhee Kang*

Department of Science Education, Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea

(Received September 3, 2010; Revised December 2, 2010; Accepted February 11, 2011)

요 약. 발산적 사고력과 수렴적 사고력 신장 모형을 만들고 난 후에 현행 과학 탐구 교수 전략에 함께 사용한 새로운 수업 전략을 개발하였다. 이 연구에서 창의적 사고력은 협의의 측면으로 발산적 사고력이다. 그리고 과학과에서의 문제 해결력은 탐구 능력이며 수렴적 사고인 비판적 사고력이다. 이러한 창의적 문제해결력 지향 탐구 수업 모형에 의한 수업 전략을 사범 대학 학생들에게 1학기 동안 적용하여 그 적용 효과를 알아보았다. 첫 번째, 이 학생들의 창의적 사고력인 발산적 사고력이 유의미하게 신장되었다. 하위 요소로는 문제를 인식하는 기능, 가설을 설정하는 기능, 자료를 변환하고 해석하는 기능에 있어서 발산적 사고력이 유의미하게 신장되었다. 두 번째, 이 학생들의 문제 해결력인 탐구 능력에서의 비판적 사고력이 유의미하게 신장되었다. 하위 요소로는 가설을 설정하는 기능, 자료를 변환하고 해석하는 기능, 결론을 도출하는 기능에 있어서 유의미하게 비판적 사고력이 신장되고 있음을 알 수 있었다. 세 번째, 이 학생들의 창의적 문제 해결력도 유의미하게 신장되었다. 구체적으로 변인 통제 능력을 제외한 나머지 탐구 능력에서 모두 창의적 문제 해결력이 유의미하게 신장 되었다.

주제어: 창의적 사고력, 비판적 사고력, 발산적 사고력, 창의적 문제 해결력, 창의적 문제 해결력 신장 수업 모형, 창의적 문제 해결력 평가 도구

ABSTRACT. The purpose of this study was to introduce the practical model on the enhancement of the divergent and convergent thinking skills through inquiry instruction in science class. In this study, the creative thinking skill has been defined by divergent thinking skill as the narrow sense. In the science field, the problem solving thinking skill is just same as the inquiry thinking skill. Also, the problem solving thinking skill has been defined by convergent thinking skill as the critical thinking skill. This new instruction had been used for the college student in the class of general chemistry laboratory for the one semester. The first results had been founded that the students' divergent thinking skill had been increased significantly. Especially, the skills of recognition of problems, the skills of making hypothesis, and the skills of transformation and interpretation of data had been increased significantly. The second results had been founded that the students' convergent thinking skill had been increased significantly. Especially, the skills of making hypothesis, the skills of transformation and interpretation of data, and the skills of making conclusion and generalization had been increased significantly. The third results had been founded that the students' the creative and problem solving thinking skill had been increased significantly. Especially, the rest of all skills exception the skill of control variables had been increased significantly.

Keywords: creative thinking skill, critical thinking skill, divergent thinking skill, creative problem solving thinking skill, model of the enhancing creative and critical thinking skill, test of the creative problem solving thinking skill.

서 론

교육인적자원부는 1997년에 이전의 교육과정에 비하여 교육 목표와 교육 내용을 대폭적으로 개정한 ‘제7차 과학과 교육과정’을 발표하였다.¹ 그 후 10년 지나서 ‘2007년

개정 과학과 교육과정’을 발표하였고,² 그로부터 2년 후에 교육과학기술부는 가장 최신의 ‘2009년 개정 과학과 교육과정’을 개정하여 고시하였다.³ ‘제7차 과학과 교육과정’과 비교해서 ‘2007년 개정 과학과 교육과정’이 특별히 다른 점은 창의적 문제해결력 신장을 두드러지게 강조하였

다는 것이다. 더 나아가 '2009년 개정 과학과 교육과정'과 연계하여 2010년 1월⁴과 5월⁵에 교육과학기술부는 보통 학생들을 위한 초·중등 학교 별로 창의성과 인성을 함양할 수 있는 창의적 교과 활동, 창의적 체험 활동, 사회봉사 참여, 지역사회와 연계한 창의·인성 교육 내실화 등의 다양한 교육과정 운영을 강조하는 '창의·인성 교육의 기본 방안'을 고시하였다. 고시한 바에 따르면 교육과학기술부에서 지금까지 영재아들을 위한 창의 교육에만 소극적으로 그리고 제한적으로 적용해왔던 것을 지금부터는 진취적이고 핵심적으로 전 교과 영역에 걸쳐서 그리고 모든 학생들에게 적용해야 한다고 제의하였다. 또한 창의·인성 교육은 창의적 교과 활동뿐만 아니라 창의적 체험 활동, 가정 교육 등 모두를 통해 유아 단계에서부터 종합적으로 이루어져야 하며 그리고 유·초·중·고등 과정 모두에서 모든 교과활동에서도 훈련 가능하다고 강조하고 있다.^{4,5}

눈앞에 직면한 미해결 문제를 해결하는 것이 바로 문제 해결이다. 일반적으로 '문제를 해결한다'는 말은 사람들 나름대로의 수준과 방식으로 '문제를 푼다'는 의미이기도 하다. 당면한 문제에 대하여 창의적 사고를 활용하여 여러 가지 '새로운 해결법들'을 발산적으로 많이 만들어 내고, 이어서 비판적 사고를 활용하여 그 중에서 '가장 나은 해결법'으로 수렴하는 사고력이 곧 문제 해결력이다. 이처럼 해결해야 하는 또는 풀어야 하는 '문제'의 유형들은 다양한 방법으로 분류되는데, 문제 유형을 잘 정의된 문제와 잘 정의되지 않은 문제로 분류하기도 한다.⁶ 잘 정의되지 않은 문제는 문제를 해결해야 하는 사람이 스스로 문제를 해결하기 위한 전략과 방법 등을 정해야 하므로 이러한 문제는 창의적 성취에 더 도움이 된다고 한다. 또는 문제 해결의 목표와 방법이 문제 해결자에게 주어지는

가의 여부에 따라 문제를 주어진 문제, 목표 문제, 고유한 문제로 구분하기도 하고,⁷ 문제를 창의적 문제와 일상적 문제로 구분하기도 한다.⁸ 일반적으로 '문제 해결'이라는 말은 인문 사회학자들이 흔하게 사용하는 말이며, 과학 분야의 학자들은 미해결 과학 문제를 '해결'한다는 용어 보다는, 미해결 과학 문제를 '탐구'한다는 용어로 더 많이 사용한다. 그래서 과학자들은 이러한 문제 해결 과정에서의 사고력을 '문제 해결력'이라고 부르기 보다는 '탐구 능력'이라고 부른다. 근래에는 '사회 탐구' 그리고 '과학 탐구'로 나누어지는 대학 수학 능력 시험의 영역 명칭이 있듯이 '탐구'라는 용어도 이제는 과학 이외의 분야에서 많이 사용하게 되었다. 마찬가지로 과학 분야에서도 '탐구'라는 용어와 함께 '문제해결'이라는 용어도 많이 사용한다. 어느 학문 분야에서 관습적으로 어떠한 용어로 표현하든 근원적으로 볼 때 '문제 해결력'이라는 의미는 '탐구 능력'과 같은 의미이다.

사고력에 대한 개념도인 Fig. 1을 보면 사고력(thinking skills)은 경험에서 의미를 추구하는 인지 사고력(cognitive thinking skills)과 이 인지 사고를 지시하고 통제하는 초인지 사고력(meta-cognitive thinking skills)으로 나뉜다. 그리고 인지 사고력은 일상적 사고력(usual thinking skills)과 과학적 사고력(scientific thinking skills)으로 분류 된다. 과학적 사고력이란 논리적 측면으로 보는 능력인 논리적 사고력(logical thinking skills)일 수도 있고, 문제를 해결하는 탐구 과정 측면으로 보는 능력인 탐구 능력(inquiry thinking skill; process thinking skills)일 수도 있다. 이 두 측면은 관점에서 차이가 있을 뿐 서로 크게 다르지 않으며, 각 관점에서의 하위 사고 기능 요소들을 보면 서로 많이 중첩되어 있다. 따라서 과학 교육 연구를 할 때에 두 가지 측면으

Fig. 1. Concept mapping of thinking skills

로 학생들의 과학적 사고력을 측정할 수 있다.⁹

일상적으로 볼 때 지금까지 경험한 이전 상황에서 눈앞에 닥친 현재의 문제를 한 번도 풀어 본 적이 없는 사람이 그 문제를 해결한다면 그 해결책은 새로운 것임에 틀림이 없다. 그렇기 때문에 문제 해결이라는 개념 안에는 근원적으로 창의성도 내포되어 있다. 그러나 최근에는 문제 해결안에 이미 내재되어 있는 ‘창의성’이라는 의미를 밖으로 드러내어 문제 해결력 앞에 덧붙여 ‘창의적 문제 해결’이라는 용어로 사용하면서 창의성을 ‘보다 더’ 강조하게 되었다. 결국 우리나라 국가 교육과정의 교육 목표에 까지^{2,3} 창의적 문제 해결력이라는 용어가 대두되게 되었다. 연구 과정에서 문제 해결과 창의적인 문제 해결은 차이가 있다고 전제하는 일부 학자들도 있다.⁸ ‘창의적 문제 해결’은 ‘문제 해결’에 비하여 문제 해결의 단계 수행에 있어서 질적인 차이가 있어야 하고, 문제 해결의 각 단계에 할애하는 시간의 양 또는 각 활동을 하는 횟수에서 차이가 있어야 하고, 문제 해결 활동은 일정한 순서에 의해 이루어져야 하며, 창의적인 문제 해결 과정에는 일반적인 문제 해결 과정에서 나타나지 않는 특별한 활동이나 단계가 나타나야 한다고 말하기도 한다.⁸ 그러나 문제 해결 과정의 질이나 양에 관계없이, ‘발산적 사고’나 ‘수렴적 사고’는 창의적인 문제 해결 과정에서 많이 강조되는 특별한 활동들이다. 다양한 생각들을 만들어 내게 하는 ‘발산적 사고’는 협의적인 측면에서의 창의적 사고로서,¹¹ 교육적 활용을 염두에 두고 정의되어진 후로 수많은 창의적 사고 훈련 교육 프로그램 개발의 기틀이 되고 있다. 그리고 균형 있는 진리, 합리성, 자율과 자기 통찰을 이루는데 필요한 ‘강한 의미의 비판적 사고’는¹² 교육 현장에서 모둠 활동이나 협동 학습이 활성화 되는 기틀이 되고 있다.

본 연구에서 다루는 창의성은 본질에 대한 통합적인 접근이 아니라 확산적인 사고의 요소들을 포함하는 인지적 측면으로 접근하고자 한다.¹¹ 창의성 측정 방법에는 이 외에도 개인적 특성 검사로서의 성격 검사, 동기 검사, 태도 및 흥미 검사, 전기적 질문지 검사, 교사 또는 동료 상급자의 평가, 타월성 평가, 창의적 활동 및 성취에 대한 자기보고 평가, 산출물 판단 평가 등 많이 있다.¹³ 인지적 측면에서

창의성을 광의적으로 정의하면 새롭고 유용한 어떤 것을 생산해내는 행동 또는 정신과정이라고 한다.^{10,11} 이러한 접근법에서는 창의적인 사람의 특성은 무엇이며, 발달 배경은 어떠한가 등의 개인의 특성에 특별한 관심을 갖고 질적으로 연구하는 방법을 사용한다. 이러한 과정에는 당면한 요소, 해당 요소에 대한 인지적 측면의 사고력, 해결하려는 정의적 측면의 태도가 종합적으로 어우러져 있다.^{13,14} 창의성을 협의적으로 정의하면 ‘발산적 사고’ 또는 ‘확산적 사고’라고 한다.^{10,15,16} 이와 같은 창의성을 협의적으로 정의하면 사고의 수가 얼마나 많은지, 사고의 수가 얼마나 다양한지, 사고가 얼마나 독특한지를 알아낼 수 있어서 연구 또는 교육 현장에서 활용할 수 있는 창의성을 평가하는 검사 도구를 만들기가 용이하다. 협의 측면의 창의적 검사에 의하여 미래의 ‘창의적 잠재력’을 예측할 수 있으며, 유창성, 융통성, 그리고 독창성 등을 고려한 발산적 사고 검사의 예언 타당도는 0.55이다.¹⁷ 다시 말하면 발산적 사고 검사에서 높은 점수를 획득한 학생이 미래에 창의적으로 행동할 것이라고 예측할 수 있다. 즉, 현재 유·초·중·고의 학교 교육에서 발산적인 사고 활동을 많이 경험한 학생들은 먼 훗날 여러 방면에서 창의적으로 행동할 것이라고 예측할 수 있다.

이 연구의 연구 문제로 학생들은 이전에 접해보지 못한 문제를 새롭고 적절하게 해결하는 과정에서 조별 활동을 통하여 지금까지 많이 경험해 보지 못했던 ‘발산적 사고’를 활용하게 하는 활동이나 ‘수렴적 사고’를 활용하게 하는 활동들을 자주 경험하게 하면 그들은 문제를 창의적으로 해결하게 하는 능력이 신장될 것이라고 설정하였다. 그리고 학생들의 창의적 문제해결력을 측정할 수 있는 평가 도구를 활용하여⁹ 학생들의 수업 전·후의 사고력을 측정하였다.

연구 내용 및 방법

수업 모형 및 수업 전략

다음의 Fig. 2의 A 피라미드 발산하기 모형⁹ 그리고 Fig. 2의 C 발산-수렴 함께 하기 다이아몬드 모형을⁹ 과학 실험

Fig. 2. Model of thinking skill. **A**, Pyramid model of divergent thinking skill, **B**, Inverse pyramid model of convergent thinking skill; **C**, Diamond model of divergent-convergent thinking skills.

Fig. 3. The model of teaching strategy for the enhancement of the creative problem solving thinking skills through general chemistry experiment. **A**, Enhancing creative problem solving in the descriptive(**D type**) inquiry process; **B**, Enhancing creative problem solving in the empirical abductive(**EA type**) inquiry process; **C**, Enhancing creative problem solving in the hypothetical deductive(**HD type**) inquiry process.

과정의 탐구 기능에서 필요할 경우 적재적소에 다양하게 사용하여 새로이 구성된 Fig. 3과 같은 세 가지 수업 모형들을 개발하였다. 이 Fig. 3에 있는 세 가지 수업 모형에는 서술적(**D**; Descriptive) 탐구 수업 모형, 경험 귀추적(**EA**; Empirical Abductive)탐구 수업 모형, 가설 연역적(**HD**; Hypothetical Deductive)탐구 수업 모형이 있다.¹⁸⁻²¹ 이 세 가지 수업 모형을 사용하여 11차시 대학교 일반 화학 실험 수업 전략들을 개발하였다(Table 1). Table 1에는 11차시 실험 주제와 해당 주제에 활용한 수업 모형 그리고 사용한 Fig. 2의 C 발산-수렴 함께 하기의 횟수를 보여주고 있다.

연구 대상 및 기간

이 연구의 대상은 고등학교를 졸업하여 대학에 갓 입학한 1학년 학생으로 서울시 소재 대학교 사범대학 과학교육과의 96명이다. 창의적 문제 해결력 지향 수업 처치 집단의 학생들은 1학기에 진행된 일반 화학 탐구 실험을 수강하는 두 학급의 49명이며, 통제 집단의 학생들은 탐구

화학 실험을 수강하지 않는 1학년 학생으로 47명이다. 연구 적용 기간은 한 학기이며 중간 시험과 기말 시험과 기타 휴일을 제외한 실제 수업 차시는 총 11차시이다. 학기 초 1차시와 2차시는 실험할 때에 필수적으로 익혀야 하는 실험에 대한 기초 내용들을 다루었으며, 실질적인 창의적 문제 해결력 지향 수업은 9차시이며, 한 차시의 실험 수업 시간은 150분이다. 본 연구의 연구진들이 개발한 한 학기용 창의적 문제 해결력 지향 일반 화학 실험 수업에 대한 총 11차시 실험 제목 및 내용은 앞의 Table 1에 있다. 이 Table 1에 있는 3차시부터 11차시의 실험들에 대하여 과학 내용, 탐구 과정, 내용 수준, 적합성, 표현 방식 등에 대하여 과학 교육 박사 또는 박사 과정 교사 3인에게 내용 타당도를 검증 받았다.

연구 내용 및 절차

첫 번째, 수업을 시작하기 전에 이 연구의 대상인 실험반과 통제반 학생 모두에게 탐구 사고력, 문제 해결력, 논

Table 1. The lecture subject, the lecture title, the number of using casual question, the number of using diamond model. The type of inquiry process on the general chemistry laboratory by adding creative problem solving thinking skills

Class Order	Lecture Subject	Lecture Title	No. of using casual question	No. of using diamond model*	Type of inquiry process (D, EA, HD)**
1	Basic background about lab-oratory	Lawson's learning cycle for inquiry experiment and the creative problem solving thinking skills			
2	Experimental operation	Learning basic experimental operation	2		
3	Understanding of inquiry processes	Inquiry thinking? Creative thinking? Critical thinking?	3	3	EA-HD
4	Measuring density	Measure the density of liquid and solid	6	6	EA-HD
5	Acid and Base	Measure the amount of acid and base in the aspirin and antacid	6	5	EA-EA
6	Precipitation reaction	Precipitation reaction	4	4	EA-HD
7	Determination of the alcohol concentration	Determine the alcohol concentration	7	3	EA-HD
8	Acid and Base	Find out the pH of acidic/basic substances around us.	6	2	EA-HD
9	Chromatography	Separate Ink and food coloring using chromatography method	4	4	EA-HD
10	Chemical reaction	Measure the heat in chemical reaction	3	3	EA-HD
11	Chemical garden	Let's make chemical garden	4	2	EA-EA
Total			45	32	

*Fig. 2의 C 발산-수렴 함께 하기 모형의 한 실례인 Fig. 4 diamond model.

**D(descriptive inquiry process); EA(empirical abductive inquiry process; HD(hypothetical deductive inquiry process)

리 사고력, 창의적 사고력, 비판적 사고력에 대하여 어떠한 인식들을 하고 있는지를 알아보았다.

두 번째, 탐구 실험의 첫 번째 단계인 탐색 실험 단계에서 서술적 실험, 경험 귀추적 실험, 가설 연역적 실험 중 한 가지 실험을 실시하고, 두 번째 단계인 용어 도입 단계에서 필요한 용어를 도입하고, 세 번째 단계인 개념 적용 실험 단계에서 보다 확장된 소재로 다시 한 번 더 탐구 실험을 한다. 이 때 개념 적용 실험 단계에서의 실험 형태도 실험의 주제에 따라 서술적 실험, 경험 귀추적 실험, 가설 연역적 실험 모두 가능하다. 이러한 실험 수업 전략(Table 1)에서는 항상 3명이 한 그룹이 되어 수업 활동을 진행한다. 그룹 활동으로 실험 수업이 진행되어야 비로소 여러 가지 ‘새로운 해결책들’을 발산적으로 만들어 내게 되고, 문제 해결력인 비판적 사고력을 활용하여 그 중에서 ‘가장 올바른 해결책’으로 수렴하는 과정이¹²⁾ 이어서 이루어지기 때문이다. 따라서 창의적 문제 해결력을 신장하기 위해서는 학습할 때 협동학습이나 조별 토론에 의하여 조원들 모두의 동의에 의하여 얻어진 사고 또는 주장들이 산출되어야 한다.

세 번째, 학생들로 하여금 발산적 사고인 창의적 사고와 수렴적 사고인 비판적인 사고를 함께 훈련하게 하기 위하여 여러 탐구 기능 중에서도 가설을 설정하게 하는 과정에 Fig. 2의 C 발산-수렴 함께 하기 모형의 한 실례인 Fig. 4 diamond model을 사용하였다.²¹⁾ 이 때 그룹 내에서

Fig. 4. The diamond model of divergent thinking for the creating hypotheses following by convergent thinking for the selecting the most plausible hypothesis.

학생들로 하여금 인과적 질문에 대한 잠정적인 해답, 즉 가설들을 적어도 세 개는 반드시 만들게 한 직후에 바로 그룹 내에서 논의하여 그 중에 가장 그럴듯한 한 개를 선택하게 하였다.²¹⁾

네 번째, 이 연구에서는 창의성이 내용 의존적이라고 보고 대학생용 창의적 과학 문제 해결력 검사지를 제작하여 사용하였다.⁹⁾ 창의적 과학 문제 해결력 검사지는 과학 내용 영역에서 발휘되는 협의적 측면의 창의적 사고력과 동시에 문제 해결 측면의 탐구 능력인 비판적 사고력을 평가하는 것을 목표로 하였으며 각 문항에 대하여 구체적

인 평가 준거를 개발하였다. 검사지의 창의적 사고력에 대한 평가 준거 요소로는 유창성, 융통성, 독창성을 사용하였다.⁹ 그리고 이 검사지의 문제 해결 측면의 비판적 사고력에 대한 평가 준거 요소로는⁹ 검증 가능성, 광범성, 일관성, 정밀성, 정확성, 중요성, 타당성을 사용하였다. 이 요소들은 과학이라는 학문의 특성을 고려하여 탐구 과정 속에서 일어나는 영역-특수적인 비판적 사고력을 평가하기에 합당한 준거라고 판단하였다.

다섯 번째, 개발한 한 학기용의 창의적 문제 해결력 지향 실험 수업을 진행하기 전에 수업 담당 교수들은 워크숍과 개인 상담 등을 통해서 충분히 이 연구에서 지향하는 교수 방법에 대해 숙지할 수 있는 훈련을 거쳤다. 이 연구에서 개발한 교수 전략을 투입하는 실험반 수업 처치는 과학교육과 1학년 학생들이 수강하는 탐구 화학 실험 수업 시간에 진행되었으며 총 11차시의 수업을 시행하였다. 구체적인 수업 내용은 앞의 Table 1에 제시되어 있다.

검사 도구 및 분석 방법

이 연구에서 개발한 ‘사고력에 대한 인식 검사지’는 실험반과 통제반 학생 모두에게 사전에만 실시하였다. ‘창의적 문제해결력 검사지’는⁹ 실험반과 통제반 학생 모두에게 사전·사후 검사 도구로 사용하였다.

‘사고력에 대한 인식 검사지’는 크게 다섯 개의 하위 범주로 이루어져 있으며 Table 2와 같다. 첫 번째 범주는 탐구 사고력, 논리 사고력, 문제 해결력, 창의적 사고력, 비판적 사고력 각각에 대하여 인식 정도를 알아보는 것이다. 두 번째 범주는 사고력들 간의 차이 또는 유사함에 대한 인식 정도를 알아보는 것이다. 세 번째 범주는 창의적인 사람에 대한 인식 정도를 알아보는 것이다. 네 번째 범주

는 과학 학습과 사고력 신장의 관련 정도에 대한 인식을 알아보는 것이다. 다섯 번째 범주는 사고력을 가르치는 가치에 대한 인식 정도를 알아보는 것이다.

이 연구에서 개발한 ‘창의적 문제 해결력 검사지’는 대문항으로는 5문항(P1~P5)이나, 세부 문항으로는 총 8문항(P1, P2-1, P2-2, P3-1, P3-2, P4-1, P4-2, P5)이다. 검사지를 개발할 때 선정된 과학 내용은 고등학교에서 학습한 운동과 에너지, 물질, 생명, 지구와 우주의 내용을 포함하고 있다. 문항에 포함된 탐구 능력은 통합적 탐구 능력인 문제 인식, 가설 설정, 변인 통제, 자료 변환 및 자료 해석, 결론 도출 및 일반화로 구성되어 있다. 이 평가 문항은 교육 경력이 5년 이상인 과학 교사 3인에게 내용 타당도를 검증 받았다. 이 검사지를 채점한 3명의 채점자간 신뢰도는 .99 이상으로 높게 나타났다. 문항의 난이도는^{22,23} .75초과이면 쉬운 문항이고 .25~.75인 경우 적절한 문항이고 .25 미만인 경우는 어려운 문항으로 판단하였다.

‘창의적 사고력’은 협의적 정의로서 사고의 수가 얼마나 많은지, 사고의 수가 얼마나 다양한지, 사고가 얼마나 독특한지를 알아보는 발산적 사고로 보고, 이에 대한 총 4 문항(P1, P2-1, P3-1, P4-1)이 있으며 해당 문항별 난이도는 .35~.59이다. ‘비판적 사고력’은 문제 해결 측면의 탐구 능력을 알아보는 문항으로 총 8문항(P1, P2-1, P2-2, P3-1, P3-2, P4-1, P4-2, P5)이며 해당 문항별 난이도는 .47~.77이다. 문항 변별도는²⁴ 문항 점수와 피험자 총점의 상관관계수에 의하여 추정하였다. 변별력이 낮은 문항의 변별도는 .20~.30미만이고, .30~.40미만의 문항은 변별력이 있는 문항이고 .40이상의 문항은 변별력이 높은 문항으로 판단하였다. 이 검사 도구의 모든 문항의 변별력은 높은 것으로 나타났다.

Table 2. Means, standard deviations of the recognition test about thinking skills(n=96)

Category	Items no.	M(SD)
I. Recognition for thinking skills	1	3.50(0.63)
	2	3.35(0.93)
	3	3.50(0.70)
	4	3.13(0.71)
	5	3.32(0.67)
II. Recognition for differences between thinking skills	6	3.90(0.61)
	7	3.94(0.75)
	8	3.99(0.59)
III. Recognition for the more creative person	9	4.03(0.91)
	10	3.13(0.97)
	11	2.77(0.90)
IV. Recognition for the relationships between science learning and thinking skill enhancing	12	3.66(0.71)
	13	3.56(0.84)
V. Recognition for the value about the education of thinking skill	14	4.32(0.62)
	15	4.11(0.54)

협의적 측면의 ‘창의적 사고력’을 평가하는 총 4문항에 대한 평가 준거는 유창성, 융통성, 독창성이다. 유창성은 항목의 수로 평가되는데 각 항목당 1점이며 ‘최대 10점’으로 채점된다. 융통성은 범주의 수로 학생의 응답이 어느 범주에 해당하는지를 분류하면, 그 범주의 수가 곧 융통성 점수이며 ‘최대 5점’으로 채점된다. 독창성 점수는 해당 응답이 전체 응답 중 어떤 비율을 차지하느냐에 따라 각각의 응답에 모두 점수를 부여한다. 답안의 빈도가 5% 미만인 경우는 ‘2점’, 답안의 빈도가 5% 이상 10% 미만인 경우는 ‘1점’, 답안의 빈도가 10% 이상인 경우는 ‘0’점으로 계산된다. 그렇게 얻어진 점수를 모두 합산하여 해당 학생의 전체 응답수로 나누어 독창성 점수의 평균을 산출하여 사용한다. 만일 총점을 사용할 경우에는 항목의 수가 많을수록 독창성 점수가 높게 되어 유창성을 이중 채점하는 결과가 되기 때문에 평균 점수를 사용한다. 이와 같이 산출된 유창성, 융통성, 독창성 점수의 합이 곧 해당 문항에 대한 창의적 사고력 점수가 된다. 따라서 ‘창의적 사고력’에 있어서 유창성, 융통성, 독창성을 합한 점수는 문항 당 ‘최대 총 17점’이며 Table 3에 나타나 있다. 창의적 사고력 검사 문항은 총 4문항이므로 ‘한 학생당 창의적 사고력의 최대 점수는 총 68점’이며 Table 3의 전체 점수는 그룹 별 학생들의 사전·사후 평균 전체 점수이다.

문제 해결 측면의 탐구 능력인 ‘비판적 사고력’을 평가하는 총 8문항에 대한 평가 준거 요소는¹¹ 강순희의 7개 요소인 정확성, 정밀성, 광범성, 중요성, 일관성, 타당성, 검증 가능성을 사용하였으며, 이 참고 문헌에 함께 실려 있는 탐구 능력에 대한 일반적인 평가 준거와 평정 척도를¹¹ 사용하였다. 이 일반적 평가 준거와 평정 척도 내용을 바탕으로 하여 검사 문항을 채점할 수 있는 구체적인 채점 준거 3단계를 개발한 후에, 3단계에 대하여 ‘채점 척도 2점, 1점, 0점’을 부여하였다. 예를 들어 하나의 문항 대하여 학생이 답한 응답이 5개라면 5개 항목 각각에 대하여 비판적 사고를 채점하여 점수를 부여한 후 합산하여 전체 응답수인 5로 나눈 평균값을 사용하였다. 그러므로 문제 해결 측면의 탐구 능력인 비판적 사고력의 각 요소에 대한 문항 당 ‘최대 점수는 총 2점’으로 Table 5에 나타나 있다. 문제 해결 측면의 탐구 능력인 비판적 사고력 검사 문항은 총 8문항이므로 ‘한 학생당 비판적 사고력의 최대 점수는 총 16점’이며 Table 5의 전체 점수는 그룹 별 학생들의 사전·사후 평균 전체 점수이다. Table 3의 ‘창의적 사고력 점수’와 Table 5의 ‘문제 해결 측면의 탐구 능력인 비판적 사고력 점수’는 각각 두 측면에서 서로 ‘독립적으로’ 사용하여 각각의 사고력’을 설명할 수 있다. 또한 Table 7과 Table 8의 자료와 같이 ‘창의적 사고력 점수’와 ‘문제 해결 측면의 탐구 능력인 비판적 사고력 점수’를 합산하여 ‘창

의적 문제 해결력’ 점수로 사용하여 자료들을 설명 할 수도 있다.

이 연구에서 관찰되는 학생들의 창의적 문제 해결력의 변화를 알아보기 위하여 실시한 사전·사후 검사에 따른 모든 통계처리로 SPSS 12.0 프로그램을 사용하였다. 이 연구의 수업 처치 효과를 알아보기 위하여 사전사후에 모두 동일한 검사지로 검사한 후 수업 후의 학생들의 점수가 수업 전의 학생들의 점수와 통계적으로 유의미한지 알아보기 위하여 공변인을 각각의 사전 검사점수로 하여 공변량 분석(ANCOVA)을 실시하였다.

연구 결과 및 논의

사고력에 대한 학생들의 인식

이 연구를 본격적으로 수업에 적용하기 전에 실험반과 통제반을 합한 전체 96명 학생들이 여러 사고력에 대하여 어떠한 인식들을 가지고 있는지를 알아보았다. 조사한 인식 검사의 결과는 Table 2와 같다. 모든 문항은 5단계로서 ‘5점은 매우 그렇다, 4점은 그렇다, 3점은 보통이다, 2점은 그렇지 않다, 1점은 매우 그렇지 않다’이다.

하위 범주I인 탐구 사고력, 논리 사고력, 문제 해결력, 창의적 사고력, 비판적 사고력 5종류 각각에 대해서 자신이 알고 있는 정도를 묻는 5 문항에서 학생들의 인식의 평균은 3.13~3.50으로 대부분 ‘보통이다’라고 응답하였다. 1번 문항인 탐구 사고력에 대해서는 그 중에서는 3.50으로 가장 높았으며, 4번 문항인 창의적 사고력에 대해서는 3.13으로 그 중에서 인식 정도가 가장 낮게 나타났다. 자신은 창의적 사고력에 대해 상대적으로 잘 알지 못한다고 생각하고 있었다. 이러한 결과를 통해서 학생들 자신들을 위해서도 이 연구와 같은 창의적 사고력에 대한 과학 교수 전략의 적용이 의의가 있을 것이라는 생각을 하게 되었다. 또한 대학교에 갓 입학했고 앞으로 과학교사가 될 학생들의 사고력에 대한 인식의 평균이 현재 3.13~3.50으로 ‘보통이다’이므로 대학교 교육을 마치고 과학 교사가 될 즈음에서는 ‘그렇다’ 또는 ‘매우 그렇다’로 모든 사고력에 대해서 잘 알고 있다가 되어야 할 것으로 사료된다.

하위 범주II에서는 사고력들은 서로 상당히 다른 개념이라는 학생들의 생각으로서 인식의 평균은 3.90~3.99로 ‘그렇다’라고 상당히 다르다는 인식들을 하고 있었다. 6번 문항에서 문제 해결력과 탐구 사고력은 차이가 있는 사고력이라는 인식이 3.99이고, 7번 문항에서도 문제 해결력과 논리 사고력도 차이가 있는 사고력이라는 인식이 3.94로 나타났고, 8번 문항에서도 탐구 사고력과 논리 사고력도 차이가 있는 사고력이라는 인식이 3.90으로 나타났다. 앞의 Fig. 1의 사고력 개념도에서 보는 바와 같이 과

학과에서는 미해결 과학 문제를 해결하는 과정을 ‘문제 해결 과정’이라는 용어 보다는 ‘탐구 과정’이라는 용어로 더 많이 사용하고 있음에도 학생들은 문제 해결력과 탐구 능력이 대부분 다른 개념이라고 알고 있었다. 그리고 탐구 사고력과 논리 사고력은 두 측면은 서로 관점에서 차이가 있을 뿐 서로 크게 다르지 않은 과학적 사고이며, 각 관점에서의 하위 사고 기능 요소를 보면 서로 많이 중첩되어 있음에도 불구하고 대부분 다른 개념이라고 답하고 있다. 이와 같이 사고력에 대하여 잘 알지 못하고 있는 예비 과학교사들인 학생들에게 앞으로는 대학 교육 과정에서 사고력에 대한 과학 교육 관련 교육이 매우 필요함을 알게 되었다.

하위 범주 III에서 창의적인 사람들에 대한 학생들의 인식의 평균은 2.77~4.03이었다. 10번 문항과 11번 문항은 각각 ‘창의적 사고란 특별한 재능을 가진 사람이다’, ‘창의적 사고를 하는 사람들은 별나게 행동하는 사람이다’로 각각 2.77과 3.14로 인식하고 있었다. 그러나 9번 문항은 창의성 교육은 영재아동이나 성적 상위 집단 학생을 위해서 이루어져야 한다는 생각으로 ‘그렇다’인 4.03으로 상당히 높은 인식을 하고 있음을 알 수 있었다. 창의적인 사람들은 영재들일 거라는 오해가 있다는 사전 연구에서의¹⁰ 내용이 이 연구 대상 학생들에게도 나타남을 알 수 있었다. 근래에는 교육과학기술부에서 ‘영재아들을 위한 창의 교육’에만 소극적으로 그리고 제한적으로 적용해왔던 것을 지금 부터는 창의성 개념을 재정의함과 동시에 전 교과 영역에 걸쳐서 그리고 보통 수준의 모든 학생들에게 창의·인성 교육을 적용해야 한다고 국가가 나서고 있다는 우리나라의 교육 현실을 학생들에게도 알려줘야 함을 알게 되었다.

하위 범주 IV에서 과학을 가르치다 보면 저절로 창의적 사고력이나 비판적 사고력은 신장될 것이라는 학생들의 인식의 평균은 각각 3.56과 3.66으로 ‘그렇다’라고 나타났

다. 이와 같은 생각은 과학 개념을 가르치다 보면 동시에 사고력들이 신장된다는 사고력에 대하여 소극적인 관점이다. 최근 과학 교육의 경향에서 볼 때에 이러한 소극적인 사고력 관점은 지양되어야 하고, 이제는 보다 적극적으로 사고력도 교수할 필요가 있음을 예비 과학교사가 될 학생들로 하여금 알도록 해야 함을 알 수 있었다.

하위 범주 V에서는 창의적 사고력이나 비판적 사고력을 가르치는 것은 가치가 있다고 생각하는 학생들은 각각 4.11과 4.32로 ‘그렇다’라는 상당히 높은 인식들을 하고 있었음을 보여 주고 있었다. 실험 수업이나 과학 탐구 수업을 통해 탐구 기능을 많이 접하면서 동시에 창의적 사고력과 비판적 사고력을 신장하게 해야 한다는 학생들의 생각들을 가지고 있는 것이어서 앞으로 사고력 지향 측면의 과학 교육에 대하여 매우 긍정적인 인식이라고 생각되었다.

발산적 사고력인 창의적 사고력

이 연구에서는 한 학기 동안 Table 1에 있는 창의적 문제 해결력 지향의 수업 전략을 실험반에 조 별 활동을 하게 하면서 적용하였다. Table 1의 자료를 보면 한 학기 동안 실험반에서 이루어진 탐구 수업 전략에서 인과적 질문 사용 빈도는 총 45회였으며, 이러한 인과적 질문에 대하여 발산적으로 많은 응답을 하게 하는 발산·수렴 다이어몬드기법(Fig. 2의 C) 사용 빈도는 총 32회였으며, 그리고 역시 발산적 사고력을 경험하게 하는 피라미드 발산 기법(Fig. 2의 A) 사용 빈도도 총 3회로 나타났다. 이와 같은 수업을 한 학기 동안 경험한 실험반 학생들과 경험하지 아니한 통제반 학생들의 협의적 측면의 창의적 사고력인 발산적 사고력 점수는 Table 3에 제시하였다. 여기에는 각 문항(P1, P2-1, P3-1, P4-1)당 사전·사후 평균 점수, 표준 편차, 교정 평균 그리고 두 반에 대한 전체 문항의 사전·사후 평균 점수, 표준 편차, 교정 평균이 실려 있다. 협의적 측면의 창의적 사고력인 발산적 사고력을 알아보는 각 문항

Table 3. Means, standard deviations, and adjusted means for the score of creative thinking skills as divergent thinking skills

Classification	Group	n	Pre-test	Post-test	Adj. M
			M(SD)	M(SD)	
P1. Recognition of problems & Making hypothesis	Experiment	49	11.46(3.82)	13.64(3.30)	13.65
	Control	47	11.51(2.78)	12.41(2.92)	12.40
P2-1. Making hypothesis	Experiment	49	9.70(2.69)	11.52(2.86)	11.22
	Control	47	8.52(2.90)	8.59(3.04)	8.90
P3-1. Control of Variables	Experiment	49	6.75(2.60)	9.21(3.54)	9.19
	Control	47	6.69(3.06)	8.65(3.04)	8.67
P4-1. Transformation & Interpretation of data	Experiment	49	10.22(2.26)	11.64(2.34)	11.53
	Control	47	9.38(2.89)	10.12(2.92)	10.23
Total	Experiment	49	38.13(7.57)	46.01(8.70)	45.36
	Control	47	36.09(7.38)	39.77(9.44)	40.44

Table 4. ANCOVA results for the creative thinking skills as divergent thinking skills

	SS	df	MS	F	p
P1. Recognition of problems & making hypothesis	37.77	1	37.77	5.00	.028*
P2-1. Making hypothesis	122.94	1	122.94	18.44	.000*
P3-1. Control of variables	6.60	1	6.60	.73	.394
P4-1. Transformation & Interpretation of data	39.20	1	39.20	5.99	.016*
Total	568.37	1	568.37	9.58	.003*

* $p < .05$

에 대한 최대 점수는 '17점'이며, 전체 4문항에 대한 최대 점수는 '68점'이다. 이어서 Table 3의 실험반과 통제반 간의 사후 검사 점수의 차이가 통계적으로 유의미한지 알아보기 위하여 발산적 사고력의 사전 검사 점수를 공변인으로 하여 공변량 분석을 실시한 결과는 Table 4에 나타나 있다.

기술 통계 분석 결과인 Table 3에서 볼 수 있듯이 실험반이 4문항 모두에서 그리고 전체 문항에서 창의적 사고력인 발산적 사고력 점수의 교정 평균이 통제반 보다 모두 높은 것으로 나타났다. 그리고 Table 4에 의하면 변인 통제 문항(P3-1)을 제외한 문제 인식 및 가설 설정 문항(P1), 가설 설정 문항(P2-1), 자료 변환 및 자료 해석 문항(P4-1) 등 3개 문항에서($p=.028$, $p=.000$, $p=.016$) 그리고 전체 문항($p=.003$)에서 집단들 간의 차이는 통계적으로 각각 모두 유의미한 것으로 나타났다. 즉, 기술 통계로부터 추리했던 내용이 변인 통제 문항을 제외한 나머지 세 문항과 전체 문항에서 유의미하게 지지됨을 알 수 있었다. 즉, 본 연구에서 개발한 창의적 문제 해결력 신장 수업 프

로그램은 학생들의 창의적 사고력인 발산적 사고력 신장에 전체적인 측면에서 긍정적인 영향을 미치고 있음을 알 수 있었으며, 특히 문제를 인식하는 기능, 가설을 설정하는 기능, 그리고 자료를 변환하고 해석하는 세 가지 기능에서 발산적인 사고력이 신장되고 있었다. 다시 말하면 특히 앞에서 제시한 세 기능 측면에서는 틀림없이 학생들로 하여금 발산적으로 사고하도록 하는 경험과 훈련이 되고 있음을 알 수 있었다.

문제 해결력인 탐구 능력에 대한 비판적 사고력

Table 1의 자료를 보면 실험반 학생들은 한 학기 동안의 본 연구에서 개발한 탐구 수업 전략을 경험하는 동안에 경험 귀추적(EA 유형) 탐구 수업 모형은 11회 경험 하였고, 가설 연역적(HD 유형) 탐구 수업 모형은 7회 경험 하였다. 그리고 경험 귀추적 탐구 수업 모형과 가설 연역적 탐구 수업 모형 안에는 서술적 모형(D 유형)은 상당히 많이 들어 있다. Table 1의 자료를 보면 실험반 학생들은 한 학기 동안의 본 연구에서 개발한 탐구 수업 전략을 경험

Table 5. Means, standard deviations, and adjusted means for the score of the critical thinking skills as inquiry thinking skills

Classification	Group	n	Pre-test	Post-test	Adj. M
			M(SD)	M(SD)	
P1. Recognition of problems & Making hypothesis	Experiment	49	1.30(0.31)	1.47(0.34)	1.50
	Control	47	1.47(0.38)	1.53(0.31)	1.49
P2-1. Making hypothesis	Experiment	49	1.30(0.28)	1.47(0.16)	1.54
	Control	47	1.65(0.18)	1.61(0.27)	1.54
P2-2. Making hypothesis	Experiment	49	0.71(0.58)	1.39(0.57)	1.62
	Control	47	1.54(0.55)	1.51(0.56)	1.27
P3-1. Control of variables	Experiment	49	0.55(0.48)	0.88(0.45)	0.97
	Control	47	0.99(0.67)	1.12(0.53)	1.03
P3-2. Control of variables	Experiment	49	1.32(0.60)	1.51(0.51)	1.54
	Control	47	1.53(0.58)	1.62(0.53)	1.59
P4-1. Transformation & Interpretation of data	Experiment	49	0.82(0.29)	1.12(0.34)	1.27
	Control	47	1.29(0.38)	1.34(0.44)	1.18
P4-2. Transformation & Interpretation of data	Experiment	49	0.96(0.50)	1.15(0.50)	1.16
	Control	47	0.99(0.58)	0.97(0.46)	0.96
P5. Making conclusion & Generalization	Experiment	49	0.74(0.79)	0.86(0.74)	0.91
	Control	47	1.00(0.81)	0.67(0.71)	0.62
Total	Experiment	49	7.70(1.78)	9.84(1.43)	10.68
	Control	47	10.46(1.80)	10.36(2.07)	9.49

하는 동안에 수렴하는 사고력을 훈련할 수 있는 발산·수렴 다이아몬드기법(Fig. 2의 C) 사용 빈도는 총 32회를 경험한 것으로 나타났다. 이와 같은 수업을 한 학기 동안 경험한 실험반 학생들과 경험하지 아니한 통제반 학생들의 문제 해결 측면인 탐구 사고력에 대한 비판적 사고력 점수는 Table 5에 제시하였다. 여기에는 두 반에 대한 각 문항(P1, P2-1, P2-2, P3-1, P3-2, P4-1, P4-2, P5)당 사전·사후 평균 점수, 표준 편차, 교정 평균 그리고 두 반에 대한 전체 문항에 대한 사전·사후 평균 점수, 표준 편차, 교정 평균이 실려 있다. 문제 해결 측면인 탐구 사고력에 대한 비판적 사고력을 알아보는 각 문항에 대한 최대 점수는 '2점'이며, 전체 문항에 대한 최대 점수는 '16점'이다. 이어서 Table 5의 실험반과 통제반 간의 사후 검사 점수의 차이가 통계적으로 유의미한지 알아보기 위하여 발산적 사고력의 사전 검사 점수를 공변인으로 하여 공변량 분석을 실시한 결과는 Table 6에 나타나 있다.

기술 통계 분석 결과인 Table 5에서 볼 수 있듯이 실험반이 변인 통제 2개의 문항(P3-1과 P3-2)을 제외한 나머지 6개의 문항에서 그리고 전체 문항에서 탐구 능력인 비판적 사고력 점수의 교정 평균이 통제반 보다 높은 것으로 나타났다. 그리고 Table 6에 의하면 가설 설정 문항(P2-1), 자료 변환 및 자료 해석 문항(P4-2), 결론 도출 및 일반화 문항(P5) 등 3개 문항($p=.003$, $p=.020$, $p=.043$)에서 그리고 전체 문항($p=.003$)에서 집단들 간의 차이는 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다. 즉, 대부분인 6개의 문항과 전체 점수에서 실험반 학생들이 우세한 것으로 보였으나, 추리 통계적으로는 3문항이 유의미하게 나타났으나, 전체 문항 점수로 볼 때도 유의미하게 우세함을 알 수 있었다. 즉, 본 연구에서 개발한 창의적 문제 해결력 신장 수업 프로그램은 학생들의 문제 해결 측면의 탐구 능력에 대한 비판적 사고력에 긍정적인 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다. 그 중에서도 가설을 설정하는 기능이나, 자료 변환 및 자료 해석하는 기능과 결론을 내리는 기능에서 수

렴적 사고력인 비판적 사고력이 유의미하게 신장되고 있음을 알 수 있었다.

특이한 점은 Table 5에서 보는 바와 같이 변인 통제에 관련된 2개의 문항 모두에서 수업 후의 실험반의 교정 평균이 통제반과 거의 차이가 없게 나타나고 있다는 사실이다. 통상적으로 생각해 볼 때, 여러 가지 변인들 중에서 필요한 변인들을 가려내는 활동에는 수렴적 사고인 비판적 사고가 반드시 활용 될 것임에도 불구하고 대학생들에 대한 이 연구에서도 그러한 효과가 나타나지 않고 있었다. 변인 통제에 대한 심층적인 연구에서²⁵ 보여 주는 바와 같이 학생들의 변인 통제 능력을 신장시키기 위해서는 학생 스스로 원인이 되는 조작 변인을 찾아내고, 그 외의 다른 독립 변인인 통제 변인을 일정하게 유지할 수 있도록 계획해 보는 활동이 필요하다고 한다. 아마도 대학생들을 위한 이 연구에서도 그러한 과정이 많지 않았다고 할 수 있겠다. 다시 말하면 교실이나 실험실에서 순조롭게 실험을 진행하기 위하여 이 연구에서도 학생들은 상당히 통제된 실험들을 수행하고 있었다고 말할 수 있겠다. 변인 통제 및 배제 기능들을 많이 경험하게 하는 실험들이 되기 위해서는 개방도가 높은 탐구 과정이 되어야 비로서 학생들이 스스로 변인들을 찾기도 하고, 불필요한 변인들은 배제하기도 하고, 필요한 변인만을 수렴적으로 선택·수용하는 과정이 있을 것이다. 다시 말하면, 수렴적 사고인 비판적 사고력이 필수적으로 활용될 변인 통제 및 배제에 관한 활동이 이 연구 활동에서도 충분하지 못하다는 것을 알 수 있었다.

탐구 능력 신장에 대한 심층적인 최근의 연구에²⁶ 의하면 학생들의 과학적 사고력인 탐구 능력 향상을 위해서 학생들에게 탐구 과정을 반복적으로 경험하도록 하면 탐구 기능은 저절로 학습되기는 하나, 그러나 학생들이 탐구 과정을 통해 탐구 기능을 스스로 학습하는 것에는 한계가 있으며, 탐구 기능을 효과적으로 가르치기 위해서는 탐구 기능의 정의, 사용 목적, 사용 방법 등을 직접적으로

Table 6. ANCOVA results on the critical thinking skills as inquiry thinking skills

	SS	df	MS	F	p
P1. Recognition of problems & Making hypothesis	0.00	1	0.00	0.03	.864
P2-1. Making hypothesis	0.00	1	0.001	0.03	.876
P2-2. Making hypothesis	1.95	1	1.95	9.08	.003*
P3-1. Control of variables	.08	1	.08	.41	.524
P3-2. Control of variables	.06	1	.06	.25	.618
P4-1. Transformation & Interpretation of data	.11	1	.11	1.08	.302
P4-2. Transformation & Interpretation of data	.97	1	.97	5.64	.020*
P5. Making conclusion & Generalization	1.86	1	1.86	4.22	.043*
Total	568.37	1	568.37	9.58	.003*

* $p<.05$

가르쳐야 하며, 더 나아가서 학생들이 탐구 기능의 장점, 효과, 적용 가능 범위 등에 대하여 인식하고 탐구 기능의 사용을 모니터하고 조절할 수 있도록 메타인지 전략을 동시에 가르칠 때 학생들의 과학적 사고력을 효과적으로 향상시킬 수 있다고 보고하고 있다. 이러한 연구 결과를 토대로 하면, 이 연구의 추후 연구에서 보다 더 학생들의 탐구 능력을 효과적으로 향상시키는 수업 전략을 개발할 수 있을 것으로 사료된다.

창의적 문제 해결력

한 학기 동안 이 연구에서 개발한 수업 전략을 경험한 실험반 학생들과 경험하지 아니한 통제반 학생들의 ‘창의적 문제 해결력’ 점수는 해당 문항의 창의적 사고력 점수와 해당 문항의 문제 해결력인 탐구 능력 점수를 합산해서 Table 7에 제시하였다. 총 8개의 문항과 창의적 사고력 점수와 문제 해결력인 탐구 능력 점수를 합산한 각 문항의 최대 점수는 괄호 안에 표시하였으며, 각각 P1(19점), P2-1(19점), P2-2(2점), P3-1(19점), P3-2(2점), P4-1(19점), P4-2(2점), P5(2점)이고 그리고 전체 문항에 대한 ‘총점은 84점’이다. 여기에는 두 반에 대한 각 문항(P1, P2-1, P2-2, P3-1, P3-2, P4-1, P4-2, P5)당 사전·사후 평균 점수, 표준 편차, 교정 평균 그리고 그룹 별 전체 문항에 대한 사전·사후 평균 점수, 표준 편차, 교정 평균이 실려 있다. 이어서 Table 7의 실험반과 통제반 간의 사후 검사 점수의 차이가 통계적으로 유의미한지 알아보기 위하여 창의적 문제 해결력

사전 검사 점수를 공변인으로 하여 공변량 분석을 실시한 결과는 Table 8에 나타나 있다.

기술 통계 분석 결과인 Table 7에서 볼 수 있듯이 실험반이 변인 통제 1개의 문항(P3-2)을 제외한 나머지 7개의 문항에서 그리고 전체 문항에서 탐구 능력인 비판적 사고력 점수의 교정 평균이 통제반 보다 높은 것으로 나타났다. 그리고 Table 8에 의하면 역시 변인 통제 2개의 문항(P3-1, P3-2)을 제외한 6개 문항(P1, P2-1, P2-2, P4-1, P4-2, P5)에서 통계적으로 유의미하였고($p=.030$, $p=.000$, $p=.003$, $p=.029$, $p=.020$, $p=.043$), 전체 문항($p=.000$)에서도 집단들 간의 차이는 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다. 즉, 변인 통제 문항을 제외한 7개의 문항과 전체 점수에서 실험반 학생들이 우세한 것으로 보였으며, 추리 통계적으로도 역시 6문항이 유의미하게 나타났고, 전체 문항 점수로 볼 때도 유의미하게 우세함을 알 수 있었다. 즉, 본 연구에서 개발한 ‘창의적 문제 해결력 신장 수업 프로그램’은 학생들의 ‘창의적 문제 해결력’에서 긍정적인 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

이와 같이 창의적 사고력 점수와 문제 해결력인 탐구 능력 점수를 문항 차원에서 합한 점수를 사전 점수 그리고 사후 점수로 사용하여 통계 분석한 결과(Table 8)나 창의적 사고력 점수와 문제 해결력인 탐구 능력 점수를 각각 독립적으로 통계 분석하여 해석한 결과(Table 3과 Table 5)는 같은 것으로 나타났다. 따라서 ‘창의적 문제 해결력 검사 도구’를 사용하여 학생들의 ‘창의적 사고력’을

Table 7. Means, standard deviations, and adjusted means for the score of the creative and critical thinking skills

Classification	Group	n	Pre-test	Post-test	Adj. M
			M(SD)	M(SD)	
P1. Recognition of problems & Making hypothesis	Experiment	49	12.76(3.90)	15.11(3.44)	15.16
	Control	47	12.98(2.85)	13.94(3.06)	13.89
P2-1. Making hypothesis	Experiment	49	11.00(2.68)	12.99(2.85)	12.77
	Control	47	10.17(2.90)	10.20(3.15)	10.42
P2-2. Making hypothesis	Experiment	49	0.71(0.58)	1.39(0.57)	1.62
	Control	47	1.54(0.55)	1.51(0.56)	1.27
P3-1. Control of variables	Experiment	49	7.30(2.81)	10.09(3.74)	10.19
	Control	47	7.67(3.37)	9.76(3.40)	9.66
P3-2. Control of variables	Experiment	49	1.32(0.60)	1.51(0.51)	1.54
	Control	47	1.52(0.58)	1.62(0.53)	1.59
P4-1. Transformation & Interpretation of data	Experiment	49	11.04(2.28)	12.75(2.31)	12.70
	Control	47	10.67(2.94)	11.46(3.09)	11.52
P4-2. Transformation & Interpretation of data	Experiment	49	0.96(0.50)	1.15(0.50)	1.16
	Control	47	0.99(0.58)	0.96(0.46)	0.96
P5. Making conclusion & Generalization	Experiment	49	0.74(0.79)	0.86(0.74)	0.91
	Control	47	1.00(0.81)	0.67(0.71)	0.62
Total	Experiment	49	45.83(8.05)	55.85(9.18)	56.10
	Control	47	46.55(8.18)	50.13(10.63)	49.87

Table 8. ANCOVA results on the creative and critical thinking skills

	SS	df	MS	F	p
P1. Recognition of problems & Making hypothesis	39.20	1	39.20	4.87	.030*
P2-1. Making hypothesis	129.56	1	129.56	18.59	.000*
P2-2. Making hypothesis	1.95	1	1.95	9.08	.003*
P3-1. Control of variables	6.65	1	6.65	0.66	.418
P3-2. Control of variables	0.06	1	0.06	0.25	.618
P4-1. Transformation & Interpretation of data	33.36	1	33.36	4.92	.029*
P4-2. Transformation & Interpretation of data	0.96	1	0.96	5.64	.020*
P5. Making conclusion & Generalization	1.86	1	1.86	4.22	.043*
Total	928.86	1	928.86	14.04	.000*

* $p < .05$

평가할 수도 있으며, 학생들의 ‘문제 해결력인 탐구 능력’을 평가할 수도 있으며, 학생들의 ‘창의적 문제 해결력’을 평가하는 등 다양하게 활용할 수 있음을 알 수 있었다.

결론 및 제언

이 연구에서는 발산적 사고력과 수렴적 사고력 신장 모형을 만들고 난 후에 현행 과학 탐구 교수 전략 과정에서 합당하다고 생각되는 부분에 첨가하는 형태인 새로운 창의적 문제 해결력 지향 탐구 수업 전략을 개발하였다. 이 연구에서는 창의적 사고력은 협의의 측면으로 발산적 사고력이고, 과학과에서의 문제 해결력은 탐구 능력이며 수렴적 사고인 비판적 사고력이라고 전제하여 진행하였다. 그리고 이러한 실험 수업 전략에서는 항상 3명이 한 그룹이 되어 수업 활동을 진행하였다. 이와 같이 그룹 활동으로 실험 수업이 진행되어야 비로소 여러 가지 ‘새로운 해결책들’을 발산적으로 많이 만들어 내게 되고, 이어서 문제 해결력인 비판적 사고력을 활용하여 그 중에서 ‘가장 올바른 해결책’으로 수렴하는 과정이 이루어질 수 있기 때문이다. 즉, 창의적 문제 해결력을 신장하기 위해서는 과학 학습할 때 반드시 협동학습이나 조별 토론에 의하여 조원들 모두의 동의에 의하여 얻어진 사고 또는 주장들이 산출되어져야 하기 때문이다. 이와 같은 과정이 되도록 개발한 창의적 문제 해결력 지향 탐구 수업 모형에 의한 수업 전략을 사범 대학 학생들에게 1학기 동안 적용하였다. 그 적용 효과로 창의적 사고력의 변화, 문제 해결력의 변화, 창의적 문제 해결력의 변화, 그리고 여러 가지 사고력에 대한 인식을 알아보았다.

우리 주변에서는 사고력에 대한 여러 용어들을 구분하지 않고 혼동하여 사용하고 있다. 먼저 여러 가지 용어로 다양하고 혼하게 사용되는 여러 사고력에 대하여 이 연구 대상 학생들은 어떠한 인식들을 가지고 있는지를 분석하였다. 예비 과학 교사가 되기 위하여 대학에 갓 입학한 이

학생들은 문제 해결력과 탐구 사고력도 차이가 있는 개념이고, 문제 해결력과 논리 사고력도 차이가 있는 개념이고, 탐구 사고력과 논리 사고력도 차이가 있다는 인식들을 강하게 가지고 있었다. 앞에서 논의한 바와 같이 몇몇 사고력 용어들은 서로 다른 학문 분야에서 조금씩 다르게 호칭하고 있을 뿐이며 근원적으로 같은 의미라는 사실을 알도록 해야 할 것이다. 또한 이 학생들은 창의성 교육이란 영재 아동이나 성적 상위 집단 학생을 위해서 이루어져야 한다고 강하게 믿고 있었다. 이들은 상당수가 과학 개념을 가르치다 보면 동시에 사고력들이 신장된다는 사고력에 대하여 소극적인 관점들을 가지고 있었다. 이들에게 이제는 사고력도 보다 적극적으로 교수할 필요가 있다는 것을 알려 주어야 할 것이다.

이 연구에서 개발한 창의적 문제 해결력 신장 수업 프로그램은 학생들의 창의적 사고력인 발산적 사고력 신장에 전체적인 측면에서 긍정적인 영향을 미치고 있음을 알 수 있었으며, 특히 문제를 인식하는 기능, 가설을 설정하는 기능, 자료를 변환하고 해석하는 세 가지 기능에서 발산적인 사고력이 신장되고 있었다. 다시 말하면 특히 앞에서 제시한 세 기능 측면에서는 틀림없이 학생들로 하여금 발산적으로 사고하도록 하는 경험과 훈련이 되고 있음을 알 수 있었다.

이 연구에서 개발한 창의적 문제 해결력 신장 수업 프로그램은 학생들의 문제 해결 측면의 탐구 능력에 대한 비판적 사고력에 긍정적인 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다. 그 중에서도 가설을 설정하는 기능, 자료 변환 및 해석하는 기능, 결론 도출 및 일반화하는 기능에서 유의미하게 수렴적 사고력인 비판적 사고력이 신장되고 있음을 알 수 있었다.

앞에서 이미 논의된 발산적 사고력인 창의적 사고력 점수와 수렴적 사고력인 탐구 능력에 대한 비판적 사고력 점수를 문항 차원에서 합산하여 각 문항 별로 다시 한 번 통계 분석해 보았다. 다시 말하면 한 학기 동안 이 연구에

서 개발한 수업 전략을 경험한 실험반 학생들과 경험하지 아니한 통제반 학생들의 ‘창의적 문제 해결력’ 점수로 해당 문항의 창의적 사고력 점수와 해당 문항의 문제 해결력인 탐구 능력 점수를 합산하여 분석하였다. 그 결과 변인을 통제하는 기능을 제외한 모든 탐구 기능에서 긍정적인 영향을 미치고 있었으며, 전체 문항에서 역시 유의미하게 긍정적인 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

이 연구에서는 학생들의 ‘창의적 문제 해결력’ 검사지를 두 가지 측면으로 평가하고, 두 가지 측면으로 통계 분석하여 비교해 보았다. 첫 번째 분석은 창의적 문제 해결력 검사지를 평가 할 때에 창의적 사고력과 문제 해결력을 각각 다른 평가 준거로 평가하였다. 창의적 사고력을 평가하는 준거는 유창성, 융통성, 독창성이며, 문제 해결력인 탐구 능력 측면의 비판적 사고력을 평가하는 준거는 검증 가능성, 광범성, 일관성, 정밀성, 정확성, 중요성, 타당성을 사용하였다. 그리고 창의적 사고력 측면과 문제 해결력 측면 각각에 대하여 독립적으로 통계 분석하고 해석을 하였다. 두 번째 분석은 창의적 사고력 점수와 문제 해결력 점수를 평가 문항 차원에서 합산을 하여 통계 분석을 하고 해석을 하였다. 결과적으로 볼 때, 연구자의 관점에 따라 이 연구에서 개발한 ‘창의적 문제 해결력’ 검사 도구로 ‘창의적 사고력’도 측정·해석 할 수 있으며, ‘문제 해결력인 탐구 능력’도 측정·해석 할 수 있으며, ‘창의적 문제 해결력’을 측정·해석 할 수도 있음을 알 수 있었다.

이상의 여러 측면의 연구 결과들로부터 얻어진 결론을 보면 다음과 같다.

첫째, 창의적 사고력을 협의적 측면인 발산적 사고력으로 정의하면 유창성, 융통성, 독창성이라 한다. 이러한 협의적 측면의 창의적 사고력인 발산적 사고력을 한 학기 동안에 많이 경험하게 하는 과학 교수 전략에 의하여 학생들의 창의적 사고력인 발산적 사고력은 한 학기 후에 유의미하게 성장된다고 결론을 내릴 수 있다.

둘째, 협의적인 창의적 사고력으로서의 발산적 사고력으로 여러 가지 ‘새로운 해결법들’을 발산적으로 만들어 내고, 문제 해결력인 비판적 사고력을 활용하여 그 중에서 ‘가장 올바른 해결책’으로 수렴하는 과정을 거치면 과학 개념을 잘 가르칠 수 있다는 결론을 내릴 수 있다. 다시 말하면 창의적 사고력과 비판적 사고력은 서로 떨어질 수 없는 불가분의 관계라고 말할 수 있다.

셋째, 창의적 사고력과 비판적 사고력 지향 교수 전략은 반드시 교과 내용을 교수하는 교수 전략과 함께 부가적으로 첨가하여 활용하면 좋다는 결론을 내릴 수 있다. 과학과인 이 연구에서는 과학 탐구 교수 전략에 창의적 사고력과 비판적 사고력 지향 교수 모형을 부가적으로 첨가하여 사용하였다.

다음은 이 연구와 같이 예비 교사 교육 뿐만 아니라 학교 현장의 다양한 교과에서 이 연구 결과를 활용할 수 있는 방안과 개선 방안을 구체적으로 제안하고자 한다.

첫째, 유·초·중등 교육에서 그리고 여러 교과에서 교수자가 현재 사용하고 있는 해당 교수 모형에 이 연구에서 제안하는 발산하기 모형, 수렴하기 모형, 그리고 발산-수렴 함께 하기 모형을 적재 적소에 가능한대로 많이 사용하면 좋을 것이다.

둘째, 발산하기 모형에 사용 가능한 교수 기법들을 많이 알아내어 직접 현장 교육에 사용할 때이다. 이미 심리학이나 철학 분야에서 이러한 발산적 사고 기법들을 많이 만들어 내었으므로 이제는 교과 교육자들이 이들이 연구하여 발표한 다양한 사고 기법들을 알맞게 변형하면서 이용할 시기이다.

셋째, 수렴적 사고인 비판적 사고력이 필수적으로 활용될 변인 통제 및 배제에 관한 활동이 이 연구 활동에서도 충분하지 못하다는 것을 알 수 있었다. 이 연구에서 효과를 보지 못한 변인 통제 및 배제 기능들을 많이 경험하게 하는 실험들이 되기 위해서는 개방도가 높은 탐구 과정이 되어야 하고, 학생들 스스로 변인들을 찾아내고 그리고 이어서 불필요한 변인들은 배제하면서 반드시 필요한 변인만을 수렴적으로 선택·수용하는 과정이 있는 교수 전략들을 개발하여 적용할 시기라고 여겨진다.

넷째, 창의적 문제 해결력 검사 도구를 사용하여 학생들의 창의적 사고력을 평가 할 수도 있으며, 학생들의 문제 해결력인 탐구 능력을 평가 할 수도 있으며, 학생들의 창의적 문제 해결력을 평가할 수도 있으므로 여러 측면으로 사용해도 된다.

다섯째, 이 연구의 추후 연구에서는 학생들의 탐구 능력이나 창의적 능력을 보다 더 효과적으로 향상시키는 수업 전략으로 학생들이 탐구 기능이나 창의적 사고력의 사용을 모니터하고 조절할 수 있도록 메타인지 전략을 동시에 가르치면서 학생들의 과학적 사고력을 효과적으로 향상시킬 수 있는 연구를 진행해야 할 것이다.

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2010-0015787).

REFERENCES

1. Ministry of Education *Science Curriculum*; Daehan Textbook Publishing: Seoul, Korea, 1998.
2. Ministry of Education and Human Resources Development *Science Curriculum*; Daehan Textbook Publishing: Seoul, Korea, 2007.
3. Ministry of Education, Science and Technology *Science*

- Curriculum*; Daehan Textbook Publishing: Seoul, Korea, 2009.
4. Ministry of Education, Science and Technology *Basic plan of creativity and character education*. 2010. Jan.
 5. Ministry of Education, Science and Technology *Basic plan of creativity and character education*. 2010. May.
 6. Hunt, E. *Problem Solving*; In R. J. Sternberg Eds.; Academic Press: NY, U.S.A., 1994.
 7. Watts, M. *The Science of Problem-Solving*; Cassell Educational Limited: London, UK, 1991.
 8. Mayer, R. E. *Problem Solving*; In M. A. Runco; S. R. Pritzker Eds.; Academic Press: San Diego, CA, 1999.
 9. Kang, S. H. *Assessment Instruments and Criteria of Creative Problem Solving Thinking Skills in Science Education*; Ewha Womans University: Seoul, Korea, 2010.
 10. Lubart, T. I. *Creativity*; In R. J. Sternberg Eds.; Academic Press: NY, U.S.A., 1994; p 89.
 11. Kim, Y. C. *Creative Problem Solving: A Coach Guide for Teaching of Creativity*; kyoyookkwahaksa: Seoul, Korea, 2004.
 12. Paul, R. *Critical thinking: What, Why, and How*; In C. A. Barnes Ed.; Educational Imperative, ERIC. 1990.
 13. Kim, M. H.; Kwak, H. S. *The Journal of Curriculum Studies* **2005**, 23(3), 101.
 14. Seo, H. A. *Jour. Sci. Edu.* **2003**, 26, 113.
 15. Sternberg, R. J.; Davidson, J. E. *The nature of insight* Ed.; A Bradford Book The MIT Press Cambridge: Massachusetts London, UK, 1995.
 16. Guilford, J. P. *The nature of human intelligence*; McGraw-Hill: NY, U. S. A., 1967.
 17. Runco, M. A. *Divergent thinking*; In M. A. Runco, S. R. Pritzker Eds.; Academic Press: San Diego, CA, 1999; p 577.
 18. Lawson, A. E. *Science teaching and the development of thinking*; Wadsworth Publishing Company: Belmont, CA, 1995.
 19. Kim, H. J.; Kang, S. H. *Research of Curriculum Instruction* **2006**, 10(1), 106.
 20. Kang, S. H.; Woo, A. J. *General Chemistry Inquiry Experiment*; Book's-Hill Publisher Co: Seoul, Korea, 2008.
 21. Kang, S. H. *J. Korea Assoc. Sci. Edu.* **2008**, 28(5), 482.
 22. Kim, H. N.; Chung, W. H.; Jeong, J. W. *J. Korea Assoc. Sci. Edu* **1998**, 18(3), 357.
 23. Cangelosi, J. S. *Designing tests for evaluating student achievement*; Longman: NY, U.S.A., 1990.
 24. Ebel, R. L. *Measuring Educational Achievement*; Prentice-Hall: Englewood Cliffs, NJ, 1965.
 25. Lee, Y. H. Development of a learning program enhancing the ability to control variables and its implementation effects. Doctoral Dissertation, Ewha Womans University, Seoul, Korea, 2009.
 26. Lee, E. J. A Study of Direct Teaching Strategy of Inquiry Skills Applying Meta-cognition. Doctoral Dissertation, Ewha Womans University, Seoul, Korea, 2009.