

과학수사 프로그램이 초등 영재의 과학 창의적 문제해결력에 미치는 효과

강아라 · 이길재
(한국교원대학교)

Effects of Forensic Science Program on Scientific Creative Problem-Solving Abilities of Gifted Students in Elementary School

Kang, A-Rah · Lee, Kil-Jae
(Korea National University of Education)

ABSTRACT

The purpose of this study was to develop forensic science program for the improvement of scientific creative problem-solving abilities in gifted elementary-school students. A program that consists of six sessions (18 hours) is developed in accordance with the CPS model, which has been already proven effective for the improvement of creative problem-solving abilities. This program was applied to sixth-grade 18 gifted students in an elementary school in Gyeonggi province. Examinations of scientific creative problem-solving abilities were performed before and after applying the program in order to determine its effect on gifted elementary students. A qualitative analysis of students' activity sheets, peer assessment and teacher's class journal was made in order to examine the process of improvement of students' scientific creative problem-solving abilities. The results of this study are as follows: First, forensic science program to enhance the scientific creative problem-solving abilities of gifted students was developed. Second, forensic science program is significantly effective in the improvement of scientific creative problem-solving abilities of gifted children of elementary school ($p < .05$). Third, in early stage of the class, a student, who showed the highest range of change in pre and post tests, revealed the trend of responding in a short answer type. In the late stage of the class, he revealed the capability of producing various creative ideas promptly. On the other hand, students belonging to the upper group of both pre and post test revealed the improvement of divergent thinking skills such as fluency, flexibility, and originality. Fourth, after class, the students responded that the forensic science program developed in this study intrigued the interests and curiosities, and helped them break away from fixed ideas.

Key words : forensic science program, scientific creative problem-solving ability, gifted students, elementary school

I. 서 론

우리나라는 창의적 인재의 발굴과 양성을 위해 2002년 영재교육 진흥법 시행령을 공포하면서 영재교육이 21세기 교육의 중요한 목표로 부상했다. 이런 영재교육의 효과를 높이기 위해서는 영재교육

의 목표를 정확하게 설정하고 인식하는 것이 중요하다. 영재교육에서 창의성이 가장 중요한 주제이며, 영재의 자아를 실현하고 창의적인 개체가 될 수 있도록 도와주는 것이 중요하다(Davis *et al.*, 2011). Renzulli(1978)도 영재성 논의에서 창의성을 주요한 요소 중 하나라고 하였다. Han and Marvin(2002) 역

시 창의적으로 생각하고, 문제를 해결하는 능력의 개발이 영재교육이 지향하는 가장 중요한 목표라 하였다. 이와 같이 영재성의 본질을 이해하는데 있어서 창의성이 중요한 역할을 한다는 인식이 증가되어 왔다(Davis *et al.*, 2011; Gowan, 1978).

창의성이 영재교육에서 가장 중요한 요소 중의 하나라는 것에는 대부분의 학자들이 의견을 함께 하고 있다. 그러나 창의성에 대한 정의는 하나로 합의되지 못하고, 개념화의 방식에 따라 다양한 형태로 존재하여 왔다(Kang, 1991). 일반적으로 창의성에 대한 이해와 교육적 접근은 영역 한정성과 영역 보편성으로 양분되어 왔다. 인간의 창의성을 영역 보편적 능력으로 보는 견해가 20세 후반 창의성 연구의 발달을 주도해 왔다. 그러나 많은 연구들은 창의성과 영재성이 영역 한정적 특성을 나타낸다고 주장한다(Han, 2000). 특히 Hu and Adey(2002)는 창의적 사고를 위해 영역 특수적이거나 학과 중심의 지식과 기술의 중요성을 강조하였다. 그러므로 특정 교과와 구체적인 내용과 사고기술을 결합하여 가르치는 것이 영재교육에 효과적이라는 의견이 증가되고 있다(Kang, 2004). 특히 영역 구체적인 접근방법에 따라 과학 분야를 공부하는 영재교육에서는 과학교과 영역에서 과학 창의적 문제해결력을 길러줄 수 있는 프로그램의 개발이 요구되고 그 효과를 검증해 볼 필요성이 있다.

CPS(Creative Problem Solving) 모형은 일상의 문제를 창의적으로 사고하고, 해결책을 찾는 것을 목적으로 한다. 또한 과정적 요소와 구체적 단계들이 문제 상황에 따라 유연하게 첨가되거나 제거될 수 있는 장점을 지니며, 각 단계별로 발산적 사고와 수렴적 사고를 균형 있게 사용할 수 있는 특징을 지녔다(Isaksen *et al.*, 1994). 이 모형이 과학 창의성 신장에 효과가 있다는 것은 다양한 연구를 통해 충분히 입증되었다(Kang & Lee, 2001; Ju *et al.*, 2005; Kim, 2006). 더욱이 Jeong *et al.*(2013)이 2001~2012년의 국내 박사 학위 논문을 대상으로 창의력 관련 연구를 통합 분석한 결과, CPS 모형과 이의 수정본을 사용한 9명의 박사 연구 논문 모두에서 그 적용 효과가 입증되었다.

초등학교 학생들은 고학년이 이르러 과학 과목에 대한 흥미가 급진적으로 떨어진다(Murphy & Beggs, 2003). 그러므로 학생들의 창의성을 기르기 위해서는 학생들을 지속적으로 과학 교과에 관심을 갖게

하고, 문제 상황에 몰입할 수 있게 하는 것이 선행되어야 한다. 이를 위해 실생활의 문제를 다루는 과학수사는 좋은 수업 주제가 될 수 있다. 2000년대 초반부터 TV 프로그램에서의 과학수사 등장과 탐정 소설의 인기에 힘입어 과학수사에 대한 학생들의 관심과 과학적인 호기심이 증가하였다(Duncan & Daly-Engel, 2006; Durnal, 2010). 과학수사에 등장하는 문제가 실생활과 연관된 실제 세계를 다루고 있고, 학생들을 과학적 과정으로 끌어들이고, 과학자처럼 사고하는 것을 돕기 때문이다(Colgan, 2002; Williams *et al.*, 2004; Hickey *et al.*, 2005; Durnal, 2010). 실제 수업에서 과학수사 활동에 참여한 학생들은 자기 자신을 과학자처럼 생각하였으며, 설명대로 따라 하는 것보다 훨씬 더 동기화 되어 적극적으로 참여하였다(Richardson, 2005). 또한, 초등 과학 영재의 창의력 신장을 위한 과학수사 PBL(Problem-Based Learning) 프로그램의 적용 결과, 초등학생들의 창의성과 탐구능력이 향상(Moon, 2008)되었으며, 고등학생을 위한 법과학 이용 프로그램의 개발 및 적용의 결과 융통성과 유창성이 향상(Lee, 2013)되었다.

미국에서 2004년 NSTA(National Science Teacher Association)의 조사 결과, 중·고등학교 교사 가운데 77%가 과학수사의 기술을 과학 시간에 활용하고 있음이 확인되었다(Mardis, 2006). 이처럼 국외에서 다양한 과학수사 프로그램이 교육 현장에 적용되고 있으며, 국내 영재 교육 현장에서도 그 효과가 입증되고, 점차 사용이 확대되고 있는 실정이다.

따라서 이 연구에서는 초등학생들의 창의성 신장을 위해 수업 흐름은 CPS 모형의 단계를 따르며, 수업 내용은 과학수사의 요소를 활용한 교육프로그램을 구성하였다. 수업의 전략적 측면에서는 과학 탐구기능과 창의적 사고를 할 수 있도록 구성하여 초등 영재의 과학 창의적 문제해결력 신장을 위한 과학수사 프로그램을 개발하고, 적용하여 그 효과성을 확인하고자 하였다.

이를 위한 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 초등 영재의 과학 창의적 문제해결력 신장을 위한 과학수사 프로그램을 개발한다.

둘째, 개발한 프로그램이 초등 영재의 과학 창의적 문제해결력 신장에 미치는 효과를 확인한다.

II. 연구 방법 및 절차

1. 과학수사 프로그램의 개발

1) 과학수사의 교육 요소 추출

과학수사 프로그램의 개발에 앞서 과학수사와 관련된 문헌 분석을 통하여 초등 영재 고학년 학생들이 학습할 만한 교육 요소들을 선정하였다. 문헌 분석을 토대로 초등 영재 학생의 수준에 적합한 주제들을 미세증거물, 혈액, 지문, DNA 지문으로 선정하였다.

2) 과학수사 프로그램의 개발 틀의 구성

과학 창의적 문제해결력 신장이라는 교육 목표의 효율적 달성을 제고하기 위하여 교육프로그램은 기본적으로 CPS 모형(Isaksen *et al.*, 1994)을 기반으로 하였다. 과학영재를 대상으로 하는 이 연구에서는 CPS 모형 단계에 맞게 문제를 해결하도록 하되, 활동의 특성이나 필요에 따라 일부 단계를 뛰어넘거나 생략할 수 있도록 유연하게 구성하였다. CPS 모형의 관심 영역 발견, 자료 탐색, 문제 인식 단계에서는 과학 탐구 기능 중 주로 문제인식 능력을 기를 수 있도록 하였으며, 아이디어 발견 단계에서는 가설 설정 능력을, 계획하기 단계에서는 실험 설계 능력을 기를 수 있도록 하였다. 마지막 실행 단계에서는 해결책 도출 능력을 기를 수 있도록 하였다(Kim, 2006). 창의적 사고력은 각 단계마다 발산적 사고와 수렴적 사고가 균형 있게 사용되도록 하였다.

수업 흐름은 CPS 모형의 단계를 따랐으며, 수업 내용은 과학수사의 요소(미세증거물, 혈액, 지문, DNA 지문)를 가지고 하고, 수업의 전략적인 측면에서는 과학 탐구기능과 창의적 사고를 기를 수 있도록 구성하였다(Fig. 1).

2. 연구 대상

연구대상은 경기도 S초등학교 부설 영재학급 6학년 18명으로, 여학생 10명과 남학생 8명으로 구성되었다. 대상 학생 중 4명은 1년간 영재교육을 받았고, 교육에서 상위 30% 내에 속하여 자동 진급된 학생이었다. 나머지 14명은 교사 추천, 선발고사(전국단위 영재성 선발고사 문항), 심층면접(경기도 교육청 개발 자료)의 3차 전형을 통하여 선발된 학생들이었다.

3. 연구 설계

이 연구에서는 영재학급의 특성상 실험집단, 통제집단을 따로 설정하지 못하고, 단일집단 사전·사후 검사 설계 방법을 사용하였다. 이 연구에서 개발된 과학수사 수업 프로그램이 과학 창의적 문제해결력에 미치는 효과를 측정하기 위해 Park(2010)이 개발한 과학 창의적 문제해결능력 검사지를 활용하였다. 사전·사후 검사의 평균 차이가 통계적으로 유의미한지 확인하기 위하여 SPSS 18.0을 이용하여 *t*-검정 분석을 하였다. 또한, 프로그램이 진행되는 동안 학생들의 창의적 문제해결력의 변화 과정을 살피기 위하여 학생 활동지와 설문지를 정성분석하였다. 수업이 끝난 후 과학수사 프로그램에 대한 의견을 알아보기 위해 설문하였다.

4. 검사 도구

창의성 측정 도구는 이미 100가지 넘도록 개발(Hu & Adey, 2002)되었으나, 창의성에 대한 영역 특수적 입장을 지지하는 견해가 점차 확산되고 있는데 반해, 이를 측정할 수 있는 도구는 미미한 편이다(Kim, 2004). 과학 영역에 한정된 검사 도구가 개발되기도 했지만 검사의 문항수가 많고, 많은 시

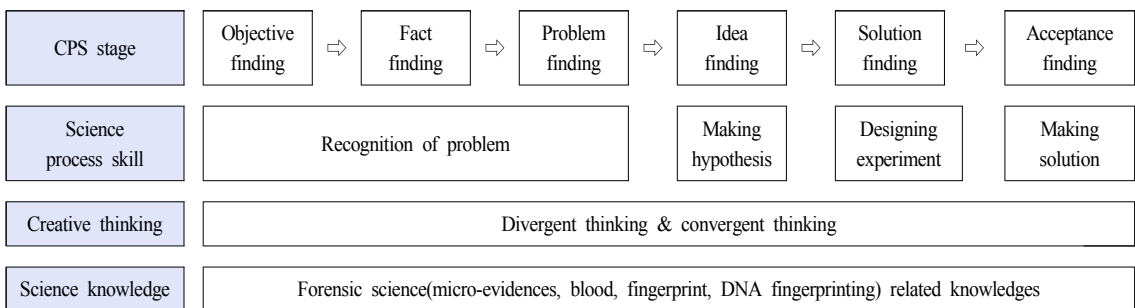


Fig. 1. Developmental frame of forensic science program

Table 1. Assessment elements and point per question (Park & Kang, 2012)

Assessment element	Question	1	2	3	4	Total points per assessment element
		Recognition of problem	Making hypothesis	Designing experiment	Making solution	
Divergent thinking	Fluency	4	4		4	12
	Flexibility	4	4		4	12
	Originality	4	4		4	12
Convergent thinking	Validity	3	3	3	3	12
	Verification	2	2	2	2	8
	Accuracy	2	2	2	2	8
	Consistency			3		3
	Importance			3		3
	Precision			2		2
Total points per question		19	19	15	19	72

간과 경비가 소요되는 문제점을 지니고 있다(Park, 2010; Park & Kang, 2012). 반면, Park and Kang(2012)의 과학 창의적 문제해결능력 검사지는 채점 기준을 상세화하여 채점자 간의 신뢰도를 확보하고 있으며, 기존의 검사지들이 갖고 있는 난점을 극복하고 있다.

이에 이 연구에서는 초등 영재들의 과학 창의적 문제해결력을 측정하기 위하여 Park and Kang(2012)의 과학 창의적 문제해결능력 검사 도구를 활용하였다(Table 1). 과학 지식, 과학 탐구 기능, 창의적 사고의 3요소로 구성된 이 검사도구를 통하여 과학 창의적 문제해결력을 측정할 수 있었다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 과학수사 프로그램의 개발

과학 창의적 문제해결력은 과학의 지식과 탐구 기능을 기반으로 발산적 사고와 수렴적 사고를 통해 문제를 해결해 나가는 것을 말한다. 이 연구에서는 과학 창의적 문제해결력의 3요소를 과학 지식, 창의적 사고, 과학 탐구 기능으로 보았고, 과학 창의적 문제해결력 신장을 위해 이 3요소를 기반으로 프로그램을 구성하였다.

과학에 있어서의 창의적 문제해결력은 전문적인 부분이며, 과학에서의 영역 특이적 지식이 반드시 필요하다. Hayes(1989)는 창의적 영재들이 명작을 만들어 내기 전에 필수적으로 수 년 동안의 지식 습득을 필요로 한다고 주장하였다. 지식은 창의적

산출을 돕기도 하고, 사고에 있어서 반대의 입장을 취해보는 것을 도와준다(Sternberg & Lubart, 1993). 더욱이 지식은 우수한 작품이 탄생된 후에도 그것이 창의적인지를 판단하게 한다. 그만큼 창의적 활동에 있어서 지식의 역할이 중요함을 알 수 있다.

과학 지식은 전문적인 과학개념 뿐 아니라, 과학에서 필요한 기능까지 포함한다. 즉, 과학에서의 명제적 지식을 과학 개념이라고 한다면, 기본적인 문제해결 기능이나 전략이 과학 영역에 접목된 과학 탐구 기능은 절차적 지식이라 할 수 있다. 그러므로 과학 창의성은 명제적 지식에 해당하는 과학 개념과 절차적 지식에 해당하는 과학 탐구 기능까지 포함한다(Kim, 2006).

이런 맥락에서 과학에서의 창의적 문제해결은 과학의 기본 지식과 탐구과정기술을 기반으로 하여 문제에 대한 적절하고 새로운 해결 방법을 발견하는 것이며, 문제해결의 과정에서는 과학적 창의적 사고가 요구된다(Cho *et al.*, 2008). 과학적 탐구 과정이 창의적이기 위해서는 창의적 사고와 과학 내용 및 과학 탐구 기능이 서로 밀접하게 연계되어야 한다. Choi and Kang(2006)은 과학에서의 창의적 문제해결력이 과학의 기본지식과 탐구과정을 기반으로 하며, 확산적 사고와 비관적 사고과정을 통하여 문제를 해결하는 과정이라 하였다.

이러한 선행연구 분석을 토대로 과학 창의적 문제해결력의 3요소를 과학의 지식, 과학탐구 기능, 그리고 창의적 사고로 보았다. 구체적으로 과학 지식으로는 과학수사와 관련된 문헌 분석을 통해 추

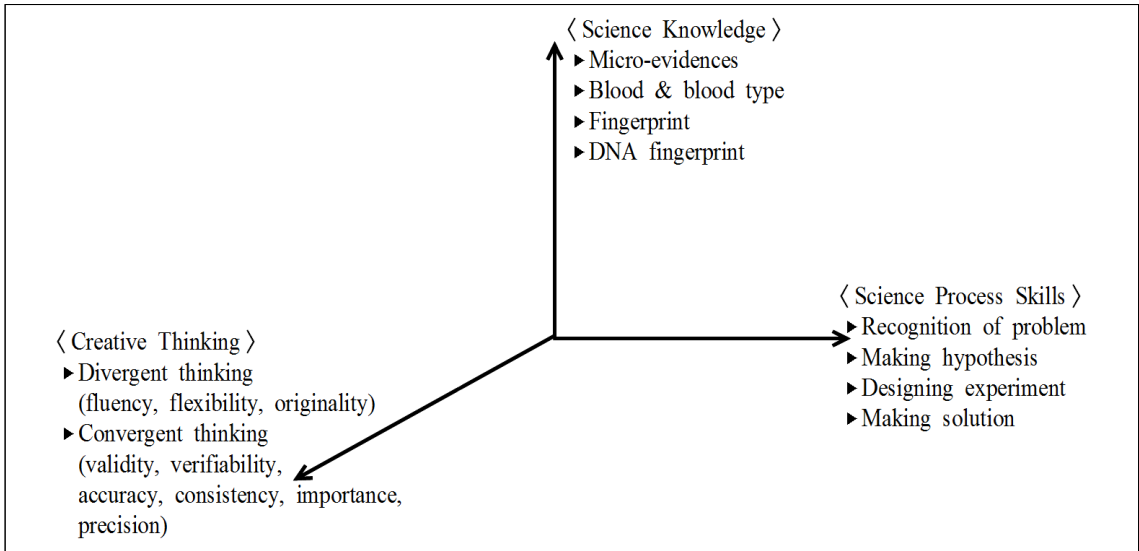


Fig. 2. Three components of forensic science program

출한 4가지 교육적 요소(미세증거물, 혈액 & 혈액형, 지문, DNA 지문)를 대상으로 하였다. 과학 탐구 기능은 통합 탐구 기능인 문제 인식, 가설 설정, 실험 설계, 해결책 도출 능력을 바탕으로, 창의적 사고인 발산적 사고와 수렴적 사고를 기를 수 있도록 구성하였다(Fig. 2).

과학수사 프로그램은 주제별로 3~6시간씩 묶어 총 6차시(18시간)로 구성하였다(Table 2). 각 차시는 CPS 모형을 기반으로 하는 프로그램 개발의 틀에 따라 구성하였으며, 학생들이 문제 발견, 가설 설정, 실험 설계, 해결책 도출 과정을 경험하면서 발산적 사고와 수렴적 사고를 균형 있게 사용하도록 하였다.

과학수사 프로그램의 교육 요소는 문헌 연구를 통해 추출된 ‘미세증거물, 혈흔 및 혈액형, 지문, DNA 지문’을 바탕으로 하였다. 과학수사 프로그램의 6차시(18시간) 전체는 하나의 사건을 여러 실험적 증거들을 토대로 해결해 나가는 방식으로 구성

하였다. 프로그램이 진행될수록 점차 용의자의 폭을 좁혀 나가도록 하기 위하여, 교육 요소(증거물)가 일반성을 띄는 것에서부터 사람 개인의 개별성과 특이성이 심화되는 것(미세증거물→혈흔 & 혈액형→지문→DNA 지문) 순으로 배치하였다.

1차시에는 여섯 차시 동안 해결해야 할 사건을 제시하여 과학수사 전반에 대한 관심을 갖게 하고, 문제를 인식하는 것에 초점을 두도록 하였다. 2차시~6차시에서는 학생들이 문제를 해결하기 위해 여러 증거물들을 찾고, 실험을 통하여 용의자를 축소해가는 활동으로 구성하였다. 전체적인 차시별 구성은 Table 2와 같다.

2. 과학수사 프로그램의 적용 결과

1) 과학 창의적 문제해결력의 변화

개발한 과학수사 프로그램이 학생들의 과학 창의적 문제해결력의 신장에 효과가 있는지 알아보

Table 2. Contents of forensic science program

Order of class(hours)	Process of class	Topics of class
1(3)	Crime situation	Role of forensic science, description of crime situation
2(3)	Micro-evidences	Collection of evidences, microscopic examination
3(3)	Bloodstain & blood type	Identification of blood & blood typing
4(3)	Fingerprint	Taking and typing of blood
5~6(6)	DNA fingerprint	Identification of criminal based on dna fingerprint

기 위하여 수업 적용 전과 후에 과학 창의적 문제 해결력 검사를 실시하였다. 사전 검사와 사후 검사 평균 차이가 통계적으로 유의미한지 확인하기 위하여 SPSS 18.0을 이용하여 *t*-검정(*t*-test)으로 분석하였다.

검사 결과를 토대로 과학 창의적 문제해결력의 하위 요소인 창의적 사고와 과학 탐구 기능의 점수를 분석하였다. 과학수사 프로그램의 적용 후 과학 창의적 문제해결력 점수는 49.83점으로 사전 점수 36.44점에 비하여 13.39점 향상되었다(Table 3).

창의적 사고의 하위 요소별로 살펴보면, 발산적 사고의 하위 요소인 유창성은 1.5점, 융통성은 1.28점, 독창성은 3.67점이 향상되었다. 수렴적 사고의 하위 요소를 살펴보면 타당성은 1.94점, 검증 가능성과 정확성은 1.33점, 일관성은 0.94점, 중요성은 0.89

점, 정밀성은 0.5점이 향상되었다. 대응표본 *t*-test 분석 결과 창의적 사고의 하위 요소들은 사전-사후의 점수가 유의미한 차이($p < .05$)를 나타내었다. 이런 결과는 적용된 과학수사 프로그램의 구성이 CPS 모형의 전개과정에서 창의적 사고력을 향상시키기 위한 발산적 사고와 수렴적 사고를 위한 내용 구성의 효과로 해석될 수 있다.

과학 탐구 기능에서 문제인식에 해당하는 점수는 사전에 비해 사후에 2.17점이 상승하였으며, 가설 설정 점수는 3.33점, 실험 설계는 4.50점, 해결책 도출은 3.39점으로 향상되었다. 대응표본 *t*-test 분석 결과, 과학 탐구 기능의 각 요소들은 사전-사후의 점수가 유의미한 차이($p < .05$)를 나타내었다. 이런 결과는 과학수사 프로그램의 전개과정인 CPS 모형에 과학탐구기능의 요소가 반영된 효과로 추정된다.

Table 3. Comparison of pre- and post-test results of scientific creative problem-solving abilities

Sub-elements of creativity		Test	N	M	SD	<i>t</i>	<i>p</i>	
Creative thinking	Divergent thinking	Fluency	Pre-test	18	6.39	1.24	-4.603	.000*
			Post-test	18	7.89	1.64		
		Flexibility	Pre-test	18	4.83	0.99	-6.560	.000*
			Post-test	18	6.11	1.08		
		Originality	Pre-test	18	3.06	1.92	-6.007	.000*
			Post-test	18	6.72	2.19		
	Convergent thinking	Validity	Pre-test	18	7.61	2.06	-3.983	.001*
			Post-test	18	9.56	1.34		
		Verifiability	Pre-test	18	5.33	1.64	-3.887	.001*
			Post-test	18	6.67	1.03		
		Accuracy	Pre-test	18	5.28	1.49	-3.887	.001*
			Post-test	18	6.61	1.09		
Consistency	Pre-test	18	1.72	0.96	-3.449	.003*		
	Post-test	18	2.67	0.49				
Importance	Pre-test	18	1.44	1.15	-3.688	.002*		
	Post-test	18	2.33	0.69				
Precision	Pre-test	18	0.78	0.55	-3.431	.003*		
	Post-test	18	1.28	0.46				
Science process skills	Recognizing problem	Pre-test	18	9.94	2.98	-3.244	.005*	
		Post-test	18	12.11	2.85			
	Making hypothesis	Pre-test	18	8.94	3.06	-4.928	.000*	
		Post-test	18	12.28	2.14			
	Designing experiment	Pre-test	18	8.11	4.54	-4.717	.000*	
		Post-test	18	12.61	1.79			
	Making solution	Pre-test	18	9.44	2.57	-5.980	.000*	
		Post-test	18	12.83	3.37			

창의적 사고와 과학 탐구기능의 변화 결과로 미루어 보아, 과학수사 프로그램이 초등 영재의 과학 창의적 문제해결력 신장에 기여하였음을 알 수 있다. 이는 과학수사 활동 자체가 과학 탐구 과정과 흡사하게 진행된다는 점에서 그 원인을 찾아볼 수 있다(Moon, 2008). Veermans *et al.*(2005)은 탐구 학습에 관한 긍정적인 점으로, 탐구가 학습에 긍정적인 태도를 갖게 하고, 과학에 대한 흥미와 동기를 증가시키고, 사회적 상호작용의 질을 향상시킨다고 하였다. 과학수사 프로그램 자체가 탐구의 과정으로 구성되어 학습에 관한 학생들의 흥미와 관심을 높인 것으로 보인다.

2) 학생별 과학 창의적 문제해결력의 변화

과학수사 프로그램이 진행되는 동안 학생들의 변화 과정을 살피기 위하여 점수 변화가 뚜렷한 학생들을 선정하고, 그 학생들의 활동지를 정성분석 하였다. 정성분석의 대상을 선정하기 위하여 학생별 과학 창의적 문제해결력의 사전·사후 점수를 살펴보았다. 개인 분석은 사전·사후 점수 향상이 가장 큰 학생 M, 사후 점수가 가장 높은 학생 C, 사전, 사후 모두 상 집단에 속한 학생 A, 그리고 사전·사후 점수 향상 폭이 낮은 학생 R을 대상으로 하였다(Fig. 3).

학생 M은 수업 전·후 점수 향상 폭이 가장 큰 학생으로 수업에 대한 집중도가 높고, 적극적으로

수업에 참여하였다. 이 학생은 사전 검사에서 하 집단에 속하였으나, 사후 검사에서 상 집단에 속하였다. 이 학생은 창의적 사고와 과학 탐구 기능의 하위 요소 모두에서 높은 점수의 상승이 있었으며, 과학 창의적 문제해결력 총합의 점수가 사후에 24 점이나 올랐다(Table 4). 학생 M은 수업 초기에는 다양한 아이디어를 산출하지 못하고, 질문에 대하여 간단한 수준에서만 답을 하는 특징을 보였다(Table 5). 그러나 수업 후기에는 창의적인 답을 다양하게 창출하였고(Table 6), 또한 교사의 질문에 다른 학생들에 비해 창의적으로 빠르게 답하였다. 구체적으로, 혈흔과 관련하여 실험 가능한 문제를 생성하는 활동에서 실험 가능한 문제를 잘 생성하였고, 지문을 쉽게 관찰하는 방법, DNA를 간단히 관찰하는 방법 등 다른 학생들이 다소 답하기 어려워하는 문제에 대해서도 비교적 쉽게 독창적인 답을 산출하였다. 프로그램 중반 이후 학생 M은 영재학급 홈페이지에 수업 성찰 일지를 3회에 걸쳐 올리면서 수업에 관하여 스스로 피드백을 하려고 노력하였다. 또한 동료평가에서 같은 모듈의 학생들은 학생 M이 아이디어 제안, 활동 참여도, 창의성 등이 뛰어나며 집중도가 높았다고 평가하였다. 이런 결과는 수업 전에는 다른 학생들에 비해 비록 창의적 사고력이 높지 않았지만, 수업이 진행되면서 프로그램의 특징적 구성 내용인 가설을 설정하고, 다양한 아이디어를 산출 등의 활동이 창의적 사고력 향상에 기인한 것으로 추정된다.

학생 C는 사후 검사 결과, 학생들 중 가장 높은 점수를 받은 학생이며, 수업 전과 후 과학 창의적 문제해결력 점수가 모두 상 집단에 속하였다. 이 학생은 평상시 탐정류의 소설 읽기를 즐겼으며, 과학수사에 대한 기초 지식이 충분하였다. 수업을 시작할 때부터 수업 주제에 대한 관심과 만족도가 높은 학생이었다. 또한 수업 시간이 지속되면서 반복되는 높은 횟수의 발표를 통해 수업 내용에 대한

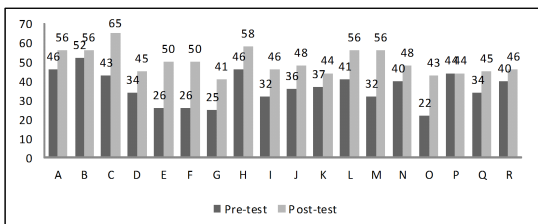


Fig. 3. Pre- and Post-test results of individual student's scientific creative problem-solving ability

Table 4. Test result of student M's scientific creative problem-solving ability

Subelements	Divergent thinking (36)	Convergent thinking (36)	Recogniing problem (19)	Making hypothesis (19)	Designing experiment (16)	Making solution (19)	Total (72)
Pre-test	13	19	8	6	6	12	32
Post-test	27	29	10	16	12	18	56
	14	10	2	10	6	6	24

Table 5. Features of student M at early stage of class

Category	Questions	Student responses
Creative thinking	Search to catch the criminal	▶ Investigating the scene of accident, taking fingerprints ▶ Pointing out the students stayed late at school ▶ Clothes
	Features as suspect Place and features to investigate micro-evidences	
Science process skills	Planning criminal investigation	1. Entering the scene of crime 2. Investigating the scene of crime 3. Observing hair 4. Investigating blood spot 5. taking fingerprints

Table 6. Responses of student M at late stage of class

Category	Questions	Student responses
Creative thinking	Possible issues related to bloodstains	▶ If there is not bloodstain at crime scene ▶ If clean the clothes and car stained with blood
	Easier way to observe the fingerprints	▶ Use tools to magnify object(like magnifying glass) ▶ Observe fingerprints using a color paper with different color stamp(like red stamp with light blue paper)
	Easy way to analyze DNA	▶ Compare only the unique parts of DNA ▶ Investigate the overlapped DNA
[Report for electrophoresis]		
Science process skills	Experimental topics	Understanding DNA
	Preparations	Gel, solutions, DNA, pipette, electrophoresis apparatus, gogle, power supply
	Experimental procedures	1. Load solutions in to gel with pipette 2. Run the gel in the electrophoresis apparatus for 10min 3. Observe the results
	Results and facts recognized	Can recognize DNA as positive or negative, and construct it as rod type

자신감을 보여주었다. 학생 C의 사전, 사후 과학 창의적 문제해결력의 요소별 점수를 보았을 때, 눈에 띄는 점은 사전 점수에서 창의적 사고와 과학 탐구 기능은 전반적으로 평균보다 높은 점수를 받았으나, 가설 설정 영역에서만 전체 평균인 8.94점보다 낮은 점수인 7점을 받았다는 것이다. 이는 사전에 학생 C의 가설 설정 능력이 타 영역에 비해 상대적으로 부족하였음을 의미한다. 사후에는 가설 설정 점수가 8점 상승하여 평균 점수인 12.28점보다 높은 15점을 받았다. 학생 C는 수업 초기부터 관련 내용에 대해 활발하게 사고를 하는 편이었으며, 다른 학생들에 비해 응답이 구체적이고 양과 질적인 면에서 우수하였다. 수업 후기에도 초기와 마찬가지로 수렴적 사고와 발산적 사고가 잘 드러나는 응답들을 하였다. 수업 후기 3~4차시 활동에서 가설을 설정하고 실험을 설계하는 것을 어려움 없이 해나가는 것을 확인할 수 있다. 사전 지식이 충분하지 않은 5~6차시 전기영동 수업 시간에는 제시된

자료의 내용을 꼼꼼하게 기록하면서 기존에 가지고 있는 지식에 새로운 정보들을 조합해 나가는 모습을 볼 수 있었다.

학생 A는 사전 점수가 상 집단에서도 높은 편이었음에도 불구하고, 사후 점수도 큰 폭으로 향상하였다. 발산적 사고의 경우, 사후에 10점 상승한 반면, 수렴적 사고는 사후에 변화가 없었다. 이는 학생 전체 수렴적 사고의 평균이 22.17점인 것에 비하여 학생 A의 사전 평균이 30점이었다는 데서 원인을 찾아 볼 수 있다. 이러한 결과가 천장효과(ceiling effect) 때문일 수도 있으나, 학생 A는 수렴적 사고 능력이 이미 수업 초기부터 높은 수준에 도달해 있어 수업 프로그램의 영향을 덜 받은 것으로 추정된다. 학생 A는 수업 초기에 사건과 관련된 용의자들에 대한 분석을 할 때 다른 학생들과는 달리 알리바이만으로 용의자에서 제외시킬 수 있는 6명의 학생을 정확하게 찾아냈다. 그렇게 결정한 이유 또한 타당성, 검증가능성, 중요성을 고려하여 서

술하였다. 이를 통해 수업 초기에 학생 A의 수렴적 사고 능력이 상당히 높은 수준에 있었음을 알 수 있다. 수업 후반부에도 학생 A는 초기와 마찬가지로 다양한 아이디어를 산출할 수 있는 발산적 사고가 활발하게 이루어짐을 확인할 수 있었다. 더욱이 과학 탐구 기능을 확인하고자 하는 실험 설계 활동(혈흔과 관련된 실험 설계)에서도 타당성, 검증가능성, 정확성, 일관성, 정밀성 측면에서의 고려가 충분히 이루어지고 있음을 확인할 수 있었다. 이런 결과로 보아 과학수사 프로그램의 구성에 과학탐구기능의 요소를 포함시킨 것이 주어진 문제를 탐구하는데 필요한 기본적인 탐구기능의 학습에도 효과적이었음을 알 수 있다.

학생 R은 점수의 항상 폭이 타 학생에 비해 낮은 편이고, 수업 전과 후 과학 창의적 문제해결력 점수가 모두 중 집단에 속하였다. 이 학생은 과학수사가 평상 시 관심이 없던 분야라고 하였으며, 수업에 대한 집중도가 낮은 편이었다. 반면, 수업 중 아이디어가 떠오르면 적극적으로 발표에 임하였다. 수업 초기 학생 R은 실험과 토론을 위해 주어진 시간에 주로 간단하게 답을 도출하였다. 다양한 사고를 유도하는 발문에도 하나의 답을 산출한 후, 사고를 멈추는 경향이 있었다. 초기에는 학생의 응답이 비교적 간단하고 단순하였다. 이 학생의 수업 후기 응답들을 살펴보면, 초기에 비해 성실하게 답변을 작성하고 있으나, 창의적 사고인 발산적 사고와 수렴적 사고의 큰 변화를 찾아보기 어렵다. 학생 R은 과학 창의적 문제해결력에 있어서 수업을 통한 큰 변화는 없었던 것으로 보인다. 이는 학생 R의 과학수사에 대한 낮은 관심 즉, 낮은 과제집착력으로부터 기인한 결과로 판단된다. 이 학생의 변화 결과는 일반적인 심화 프로그램이 영재아동 개개의 특성이나 개성을 고려하지 않아 비효율성이 나타나는 경우가 많다(U.S. Office of Education, 1993)는 연구 결과와 같은 맥락에서 이해된다. 과학수사 프로그램 또한 학생 개별의 관심, 수준 등의 특성을 고려하여 적용해야 함을 시사하고 있다. 학생 개인별 분석 결과는 과학수사 프로그램이 전반적으로 학생들의 창의적 문제해결력에 긍정적인 영향을 미쳤을지라도, 일부 학생에게는 그 효과가 미미한 것으로 보아, 개별학습의 효과성 확보 측면에서 내용의 구성과 진행 방법에 대한 수정·보완이 필요함을 의미한다.

3) 수업에 대한 학생 평가

과학수사 프로그램 종료 후, 설문지를 활용하여 과학수사 프로그램에 대한 학생들의 평가를 실시하였다. 학생들은 프로그램의 구성과 진행에 있어 체계적이고 구조적이었음에 동의하였다. 학생들은 수업 전체를 통해 과학수사에 대한 지식과 관심도가 높아졌고, 수업 활동들이 고정된 사고가 아니라, 다각적인 사고를 하는데 도움이 되었다고 평가하였다. 이를 통해 과학수사 프로그램이 초등 영재학생들의 특성에 맞게 접근하고 있으며, 학생들의 관심도를 높이고 과학적 원리를 경험하게 하여 다각도로 사고하게 하는 체계적인 수업이었음을 알 수 있었다(Fig. 4).

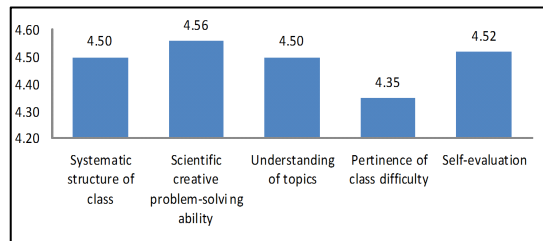


Fig. 4. Students evaluation results of class based on sub-categories

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 과학수사의 교육 요소를 활용하여 초등 영재의 과학 창의적 문제해결력 신장을 위한 과학수사 프로그램을 개발·적용하고, 그 효과를 확인하고자 하였다.

연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 초등학교 영재들의 수준과 능력에 적합한 과학수사의 교육 요소들을 선정하고, CPS 모형을 기반으로 하는 프로그램 개발 틀에 따라 초등 영재를 위한 6차시(18시간) 분량의 과학수사 프로그램을 개발하였다.

둘째, 개발한 과학수사 프로그램은 초등 영재의 과학 창의적 문제해결력이 신장되는 효과가 있었다. 과학 창의적 문제해결력의 하위 요소인 창의적 사고(발산적 사고, 수렴적 사고)와 과학 탐구 기능(문제 인식, 가설 설정, 실험 설계, 해결책 도출)에서 유의미한 효과가 있었다($p < .05$). 이 연구에서 사용한 과학수사 소재 자체가 과학 탐구 과정과 유사

하고, 학생들의 흥미를 유발시키므로 과학 창의적 문제해결력이 증진된 것으로 보인다. 또한 프로그램의 개발 틀에 활용한 CPS 모형이 과학 창의적 문제해결력 증진에 영향을 미치므로, 이와 같은 결과가 나타난 것으로 판단된다.

셋째, 과학 창의적 문제해결력 검사에서 사전·사후 가장 큰 향상을 보인 학생과 가장 높은 점수를 받은 학생, 사전·사후 모두 상 집단에 속한 학생, 그리고 변화 폭이 작은 학생의 학생 활동지를 분석한 결과는 다음과 같다. 가장 큰 향상을 보인 학생은 수업 초기에는 1~2가지의 답을 단답형 형식으로 기술하는 성향을 보였으나, 후기에는 타 학생들에 비해 창의적인 아이디어를 빠른 시간 안에 다양하게 산출하였다. 가장 높은 점수를 받은 학생은 과학수사에 대한 기본 지식이 사전에 충분하였고, 수업 초기와 후기 모두 다양한 아이디어를 잘 산출하였다. 다만 후기에 가설 설정과 실험 설계 활동을 더 쉽게 해 나갔다. 사전·사후 모두 상 집단에 속한 학생은 성실한 자세로 수업에 참여하였으며, 집중도가 매우 높았다. 이 학생은 사전에도 과학 탐구 기능을 적절히 활용하여 창의적인 사고를 하는 편이었으나, 수업 중 활동을 통하여 융통성, 유창성, 독창성이 증가함을 확인할 수 있었다. 점수 변화의 폭이 작은 학생의 경우 수업 내용에 대한 흥미가 상대적으로 낮은 편이었으며, 수업으로 인한 사전·사후 변화가 뚜렷하게 나타나지는 않았다. 과학수사 프로그램이 학생들의 과학 창의적 문제해결력 신장에 효과가 있으나, 학생 간의 차이가 있으므로 이를 개선하기 위한 보완이 필요하다.

넷째, 프로그램에 대한 학생들의 평가 설문을 분석한 결과, 과학수사 프로그램이 초등 영재의 과학 창의적 문제해결력을 향상시킬 수 있는 프로그램이라는 긍정적인 평가를 받았다. 학생들은 수업을 통해 지적 호기심과 흥미가 유발되고, 고정관념을 탈피할 수 있었고, 다양한 각도에서 사고할 수 있었다고 응답하였다. 주제에 대한 학생들의 높은 흥미가 호기심을 자극하고, 적극적인 참여를 유도하였다. 또한 허용적인 수업 분위기와 학생 스스로 문제를 해결해 나가는 수업의 구조가 학생들의 과학 창의적 문제해결력 증진을 도왔음을 알 수 있었다.

초등학교의 고학년 학생들은 일반적으로 과학 과목에 대한 흥미가 크게 저하되므로, 학생들이 지속적으로 과학 교과에 관심을 갖게 하는 것은 초등

과학교육에서 중요하다. 그런 의미에서 학생들의 관심과 과학적인 호기심을 증가시키는 과학수사 내용을 초등과학교육에 도입하는 것은 그 대안이 될 수 있다. 실제로 과학수사 프로그램이 진행되는 동안 학생들은 자기 자신을 과학자처럼 생각하면서 적극적으로 참여하였다. 다만 이 연구에서 개발한 과학수사 프로그램이 과학 창의적 문제해결력 신장에 있어서 유의미한 효과가 있었으나, 학생별로 효과의 폭이 상이하므로 과학수사에 대한 학생들의 사전 이해도나 관심에 따른 다양한 수준의 프로그램 개발이 요구된다. 과학수사 분야는 간학문적 성격을 지닌 학문이다. 그러므로 과학의 여러 학문 분야뿐 아니라, 언어, 사회 등 그 밖의 여러 학문들과의 통합적인 구성을 통해 보다 확장된 학문 융합적인 프로그램을 구성해 볼 수도 있을 것이다.

참고문헌

- Cho, Y. S., Seong, J. S. & Lee, H. J.(2008). Creativity education. Seoul: Ewha Womans University Press.
- Choi, S. Y. & Kang, H. K.(2006). Development of the scientific creative problem solving test for the selection of gifted science students in elementary school. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 25(1), 27-38.
- Colgan, C. (2002). Teaching forensics, then and now. *The Education Digest*, 68(1), 59-61.
- Davis, G. A., Rimm, S. B. & Siegle, D. (2010). Education of the gifted and talented (6th). London: Pearson Education.
- Duncan, K. & Daly-Engel, T. (2006). Using forensic science problems as teaching tools. *Science Teacher*, 73(8), 38-43.
- Durnal, E. W. (2010). Crime scene investigation (as seen on TV). *Forensic Science International*, 199(1-3), 1-5.
- Gowan, J. C. (1978). Creativity and gifted child movement. *The Journal of Creative Behavior*, 12(1), 1-13.
- Han, K. S.(2000). Investigation of domain-specificity and domain-generalty of creativity in young children. *Journal of Gifted/Talented Education*, 10(2), 47-69.
- Han, K. S. & Marvin, C. (2002). Multiple creativities: investigating domain-specificity of creativity in young children. *The Gifted Child Quarterly*, 46(2), 98-109.
- Hayes, J. R. (1989). Cognitive processes in creativity. In E. P. Torrance, J. A. Glover, R. R. Ronning & C. R. Reynolds (Eds.). *Handbook of creativity* (pp.135~146). New York: Plenum Press.

- Hickey, I., Murphy, C., Beggs, J. & Carlisle, K. (2005). Murder in the classroom: how primary school children can carry out DNA fingerprinting. *Primary Science Review*, (90), 6-8.
- Hu, W. & Adey, P. (2002). A scientific creativity test for secondary school students. *International Journal of Science Education*, 24(4), 389-403.
- Isaksen, S. G., Dorval, K. B. & Treffinger, D. J. (1994). Creative approaches to problem solving. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company.
- Jeong, M. S., Jung, H. I., Jung, S. Y. & Kim, Y. C. (2013). An integrative analysis of the creativity researches performed during 2001-2012. *Korean Journal of Thinking Development*, 9(1), 1-26.
- Ju, H. Y., Dong, H. K., Kim, S. H., Kim, H. B. & Lee, K. J. (2005). A development of developmental biology teaching program based on science history and CPS model. *Biology Education*, 33(3), 264-276.
- Kang, C. Y. (1991). Gender differences in Korean children's responses to the Torrance tests of creative thinking from first to sixth grade. *Journal of Korea Elementary Education*, 3, 241-281.
- Kang, C. Y. & Lee, Y. A. (2001). A study on the applicability of CPS model as a teaching method of elementary mathematics. *Journal of Elementary Education Studies*, 8(2), 1-23.
- Kang, S. W. (2004). The effect of application and development of the instructional module for scientific creativity improvement on elementary students' creativity and science concept understandings concerning weight and pressure in water. Doctoral dissertation, Korea National University of Education.
- Kim, M. Y. (2006). Development of history of science-CPS model and its application of heredity teaching program for improvement of the gifted-in science students' creative problem solving ability. Doctoral dissertation, Korea National University of Education.
- Kim, S. H. (2004). Development of scientific creativity test for middle school students and the relationships between scientific creativity and the variables related to creativity. Doctoral dissertation, Korea National University of Education.
- Lee, D. S. (2013). Development and application of forensics science teaching-learning program for improvement of science creative problem solving ability in high school students. Master's thesis, Korea National University of Education.
- Mardis, M. A. (2006). It's not just 'whodunnit' but how: the "CSI Effect," science learning, and the school library. *Knowledge Quest*, 35(1), 24-28.
- Moon, C. S. (2008). Development and application of forensic problem-based learning program for improvement of gifted-in-science. Master's thesis, Korea National University of Education.
- Murphy, C. & Beggs, J. (2003). Children's perceptions of school science. *The School Science Review*, 84(308), 109-116.
- Park, I. S. (2010). Development and implementation of science programs enhancing creative problem solving skills applying meta-cognition. Doctoral dissertation, Ewha Womans University.
- Park, I. & Kang, S. (2012). The development of assessment tools to measure scientific creative problem solving ability for middle school students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(2), 210-235.
- Renzulli, J. S. (1978). What makes giftedness? Reexamining a definition. *Phi Delta Kappan*, 60(3), 180-184.
- Richardson, I. (2005). The baker did it!: How forensic science activities can engage children in developing their science inquiry skills. *Primary Science Review*, 90, 4-5.
- Sternberg, R. J. & Lubart, T. I. (1993). Creative giftedness: A multivariate investment approach. *The Gifted Child Quarterly*, 37(1), 7.
- Veermans, M., Lallimo, J. & Hakkarainen, K. (2005). Patterns of guidance in inquiry learning. *Journal of Interactive Learning Research*, 16(2), 179-194.
- Williams, W. M., Papierno, P. B., Makel, M. C. & Ceci, S. J. (2004). Thinking like a scientist about real-world problems: The cornell institute for research on children science education program. *Applied Developmental Psychology*, 25, 107-126.