

과학영재교육원 학생들의 과학 통합 탐구 능력

정은영 · 권이영* · 양주성 · 고유미

전남대학교

Science Integrated Process Skill of the Students in Science Education Center for the Gifted

Jeong, Eunyoung · Kwon, Yi-young* · Yang, Joo-sung · Ko, Yu-mi

Chonnam National University

Abstract : The purpose of this study was to investigate science integrated process skill of the students in science education center for the gifted. In order to do this, 'free-response test for the assessment of science process skills' developed by Yu-Hyang Kim(2013) was administered to 102 students(15 in elementary school science class, 58 in middle school science class I, and 29 in middle school science class II) who attend the program of science education center for the gifted in C university. The assessment tool measured 9 skills; formulating inquiry questions, recognizing variables, formulating hypotheses, designing experiment, transforming data, interpreting data, drawing conclusions, formulating generalizations, and evaluating the designed experiments. As a result, the students in science education center for the gifted had relatively high scores in the area of 'formulating hypotheses' and 'recognizing variables', but they had relatively low scores in the area of 'transforming data', 'interpreting data', and 'evaluating the designed experiments'. The 2 items' percentage of correct answers were below 40%; one is about a drawing a line graph in 'transforming data', and the other requires finding improvements of the experimental design in 'evaluation'. There was no significant difference between boys' scores and girls's one, and between the scores of students in the field of biology and those of students in the other fields(physics, chemistry, and earth science) in science integrated process skills. And there was significant difference according to the periods receiving the gifted education in 'formulating generalizations'. The teaching and learning has to focus on improving science integrated process skills in the program of science education center for the gifted and teaching and learning materials needs to be developed.

keywords : science integrated process skill, science education center for the gifted, science gifted student

I. 서론

현대는 지식 정보화 사회로 수많은 지식과 기술이 새로이 생겨나고 있으며 특히 과학기술 분야는 다른 분야에 비해 그 속도가 훨씬 빠르다. 전 세계적으로 지적재산권에 대한 보호가 강화되는 상황에서 국가 경쟁력을 확보하기 위해서는 과학기술 분

야의 인재 양성이 필수적이다. 이러한 국가사회적 요구에 따라 영재교육진흥법(2000)과 영재교육진흥법 시행령(2002)을 제정·공포하여 영재성을 가진 학생들을 조기에 발굴하여 공교육 체제하에서 교육하고 있다. 현재 영재학교, 영재교육원, 영재학급의 3가지 형태로 영재교육기관을 설치하여 교수·학습 자료를 개발하고, 영재 캠프 운영 등의 다양한 프로그램을 운영하여 영재성을 가진 학생들에게 특성

*교신저자: 권이영(kwonwow1@hanmail.net)

**2013년 10월 24일 접수, 2013년 12월 10일 수정원고 접수, 2013년 12월 14일 채택

화된 교육을 제공하고 있다. 제2차 영재교육진흥종합계획의 추진 결과 영재학교, 영재교육원, 영재학급 등의 영재교육기관이 지속적으로 설치되고, 전체적인 영재교육 수혜자가 전체 초·중·고학생의 1.76%로 크게 증가되어 우리나라의 영재교육이 양적으로 크게 확대되었다. 최근 발표된 제3차 영재교육진흥종합계획에서는 영재교육의 질적 수준을 향상시키고 효과성을 강화하기 위해 영재교육기관 운영의 내실화, 수요자 중심의 영재교육과정 제공, 우수교원 확보·지원 강화 등을 추진하고 있다(교육부, 2013).

대학부설 과학영재교육원 학생들을 대상으로 한 연구에 따르면 과학영재들은 창의적이며 새로운 과제를 선호하고 전통적 방식을 따르는 것을 싫어하며, 자기 자신만의 방식으로 문제를 해결하고자 하는 경향을 두드러지게 나타낸다(이지애 등, 2008). 또한 과학영재들은 스스로 학습에 열중해야 하는 이유를 알고, 특정한 목적을 성취하는 데 필요한 자신의 능력을 스스로 판단하며, 자신이 학습하고자 하는 내용의 유용성을 판단하는 능력인 자기조절학습능력(self-regulated learning ability)에 있어서 일반 학생보다 유의미하게 우수하다(김순옥, 서혜애, 2011; 정현철 등, 2004). 양태연 등(2003)의 연구에 따르면 과학영재는 일반 학생보다 과학 탐구능력이 더 우수하며, 특히 통합 탐구 능력에서 더 큰 차이를 보인다. 여러 연구 결과 나타난 과학영재의 특성을 살펴보면, 과학영재들은 과학 활동, 특히 개방형 탐구를 수행할 수 있는 잠재 능력을 가지고 있음을 알 수 있으며 이를 발전시키기 위해서는 과학영재들이 과학자의 탐구 활동을 직접 체험할 수 있는 기회를 제공할 필요가 있다(이효녕, 조현준, 2008).

과학 탐구는 자연 현상을 이해하고 설명하려는 시도로 과학자들에 의해서 이루어지는 전문적인 활동이다(Chiappetta *et al.*, 1998). 과학자의 탐구 활동은 연구 문제를 만들고 가설을 세우며 실험을 설계하고 자료를 해석하고 이론을 만든다는 점과 객관성을 유지한다는 점에서 다른 분야의 연구와 차이가 있다. 이러한 활동들은 과학에 대한 실증주의적 접근으로 자연 세계를 가치중립적이고 논리적으로 설명하기 위한 규칙과 절차이다(Bybee *et al.*,

2003). 과학 탐구는 과학 교육에서 과학을 하는 방법으로 받아들여지며, 이는 과학 이외의 일상생활의 문제를 해결하는 데에도 적용할 수 있기 때문에 과학 교육에서는 과학 탐구 능력의 신장을 중요한 목적으로 하고 있다(AAAS, 1989). 미국에서 개발된 탐구 과정 중심 교육과정인 SAPAⅡ는 기초 과정에 관찰, 시공간 관계 사용, 분류, 수 사용, 측정, 의사소통, 예상, 추론을, 통합 과정에 변인 통제, 자료 해석, 조작적 정의, 가설 설정, 실험 수행 등을 제시하였으며(AAAS, 1990), 이후 과학 탐구 과정 요소 설정을 위한 전형으로 활용되고 있다. 기초 과정은 비교적 단순한 수공적·정신적 조작 기능에, 통합적 과정은 과학 탐구 과정의 각 단계를 수행하는 데 필요한 고차원적인 사고 능력에 해당한다(김영신 등, 2012). 우리나라의 교육과정에서는 제3차 교육과정부터 과학과의 목표로 자연 현상의 탐구를 강조하기 시작하였으며, 제7차 교육과정 이후부터는 과학과 학습 지도 방법으로 기초 탐구 과정(관찰, 분류, 측정, 예상, 추리)과 통합 탐구 과정(문제 인식, 가설 설정, 변인 통제, 자료 해석, 결론 도출, 일반화)을 학습 내용과 관련지어 지도할 것을 명시하고 있다. 특히 2007 개정 교육과정에서는 자유탐구를 신설하여 학생 스스로 관심 있는 주제를 선택하여 장기간의 탐구 활동을 수행하도록 하였다. 실제로 초·중·고학생을 대상으로 연구에서 자유탐구를 수행한 학생들의 과학 탐구 능력이 유의미하게 향상되었고 과학적 태도 또한 긍정적으로 변화한 것으로 나타났다(이형철, 이정화, 2010).

현재 영재교육기관에서 운영하는 프로그램은 대부분 영재교육 공급자 중심의 교육프로그램과 융합 자율형 탐구로 구성되어 있어 수요자 맞춤형 프로그램이 부족한 면이 있으며 융합 자율형 탐구와 함께 영재의 특성을 고려한 맞춤형 프로그램을 구성할 필요가 있다(교육부, 2013). 과학영재의 능력과 성향을 고려한 과학 탐구 학습 프로그램을 제공하려면 먼저 과학영재의 과학 탐구 능력을 객관적이고 심층적으로 조사할 필요가 있다. 지금까지 과학영재의 과학 탐구 능력을 조사한 연구들은 TIPSⅡ(Test of Integrated Skill)(Burn *et al.*, 1983), TSPS(권재술, 김범기, 1994), 과학 탐구 능력 검사

(손정우 등, 2009a; 2009b) 등과 같이 선다형 문항으로 구성된 검사 도구를 사용하였다. 선다형 평가는 단순한 지식을 평가하기에는 적합하지만 창의성, 문제해결력, 비판력, 통합력, 정보 수집과 분석력 등의 고등 사고 기능은 제대로 평가하기 어렵다(김성훈, 1993; 허경철, 1988). 이에 비해 서술형 평가는 자신의 생각을 기술하는 것으로, 답과 함께 그렇게 생각한 이유도 기술하게 할 수 있으므로 과학 통합 탐구 능력과 같은 고등 정신 기능을 평가하는 데 효과적으로 사용할 수 있다(김유향, 2013; 이양락 등, 1998). 그리고 선다형 문항보다 수행형 문항이 학생들의 능력을 더 정확하게 측정하며, 특히 우수한 학생들에 대해 능력을 측정할 때 더욱 정확하다는 것이 밝혀져 과학영재의 경우 선다형 평가보다 수행형 평가에 해당하는 서술형 평가가 적절한 평가 방식이다(박정, 홍미영, 2002).

이에 따라 본 연구에서는 대학부설 과학영재교육원 학생들의 과학 통합 탐구 능력을 객관적이고 심층적으로 분석하기 위해 서술형 검사 도구를 이용하여 과학 통합 탐구 능력의 각 요소별로 능력 수준이 어떠한지, 영재교육을 받은 단계에 따라 과학 통합 탐구 능력이 향상되었는지, 남학생과 여학생의 탐구 능력에 차이가 있는지, 생물 분야의 학생들과 다른 분야 학생들의 탐구 능력에 차이가 있는지를 조사하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

2013년 현재, 광주 소재 C대학교 부설 과학영재교육원에 재학 중인 학생들 중에서 과학 분야의 교육을 받고 있는 102명(초등과학반 15명, 중등과학심화 I 반 58명, 중등과학심화II반 29명으로, 초등학교 5학년부터 중학교 3학년까지 학생들로 구성됨)을 대상으로 과학 통합 탐구 능력을 조사하였다.

표 1. 연구 대상

단위: 명

구분	남	여	계
초등과학	13	2	15
중등과학심화 I	43	15	58
중등과학심화II	17	12	29
계	73	29	102

2. 평가 도구

이 연구에서는 과학영재교육원 학생들의 과학 통합 탐구 능력을 조사하기 위하여 김유향(2013)이 개발한 ‘과학 탐구 사고력 측정을 위한 서술형 평가 도구’를 사용하였다. 이 평가 도구는 탐구 사고력의 주요 요소들인 탐구 문제 도출, 변인 추출, 가설 설정, 실험 설계, 자료 변환, 자료 해석, 결론 도출, 일반화, 평가에 관한 문항이 각 2개씩 총 18문항으로 구성되어 있다. 또한 문항 내적 합치도 신뢰도를 알아보기 위하여 구한 Cronbach's α 값이 0.882로 적합한 신뢰도를 갖는다.

3. 연구 절차

‘과학 탐구 사고력 측정을 위한 서술형 평가 도구’를 광주 소재 C대학교 부설 과학영재교육원에 재학 중인 학생 102명에게 적용하였다. 학생들이 응답한 내용에 대하여 예비 채점을 실시하였고, 기존의 채점 기준을 구체화시키며 수정·보완하였다. 이렇게 보완된 평가 기준을 바탕으로 채점을 실시하였는데 채점자간 신뢰성을 확보하기 위하여 한 평가지당 2명이 채점하였다. 채점자간 신뢰도를 Pearson 적률상관계수로 구한 결과(표 2), 9개 문항의 경우 상관계수는 0.80 이상이고, 7개 문항의 경우 0.70 정도로 상관이 높았다. 그러나 5번, 11번 문항의 경우 상대적으로 상관관계가 낮았기 때문에 채점 결과가 다를 경우에는 채점 결과에 대하여 비교 및 논의를 통해 점수를 결정하였다.

표 2. 서술형 평가 문항별 채점자간 신뢰도

문항 번호	평가 요소	Pearson 상관계수	<i>p</i>
1	탐구 문제 도출	0.764**	0.000
2	변인 추출	0.819**	0.000
3	가설 설정	0.739**	0.000
4	실험 설계	0.854**	0.000
5	가설 설정	0.430**	0.000
6	변인 추출	0.882**	0.000
7	실험 설계	0.918**	0.000
8	탐구 문제 도출	0.963**	0.000
9	자료 변환	0.806**	0.000
10	자료 변환	0.931**	0.000
11	자료 해석	0.552**	0.000
12	자료 해석	0.786**	0.000
13	결론 도출	0.869**	0.000
14	결론 도출	0.716**	0.000
15	일반화	0.716**	0.000
16	일반화	0.881**	0.000
17	평가	0.717**	0.000
18	평가	0.699**	0.000
총점		0.955**	0.000

** *p* < 0.01

표 3. 평가 요소별 점수와 문항별 정답률

평가 요소	평균	(표준편차)	N=102	
			문항 번호	정답률(%)
탐구 문제 도출 (8점)*	5.79	(1.55)	1	85.0
			8	64.1
변인 추출 (16점)	13.26	(2.22)	2	78.3
			6	87.5
가설 설정 (6점)	5.40	(1.10)	3	95.8
			5	84.3
실험 설계 (12점)	7.45	(2.20)	4	59.5
			7	64.7
자료 변환 (12점)	6.06	(3.40)	9	38.6
			10	62.4
자료 해석 (6점)	3.16	(1.55)	11	44.4
			12	60.8
결론 도출 (6점)	3.36	(2.23)	13	65.4
			14	46.7
일반화 (6점)	3.86	(1.87)	15	72.5
			16	56.2
평가 (6점)	2.74	(1.24)	17	60.1
			18	31.0
총점 (78점)	51.09	(10.63)		

4. 분석 방법

평가 요소별 점수 결과 분석은 SPSS 20.0을 이용하였다. 과학영재교육원의 과정에 따른 평가 요소별 점수는 ANOVA를 통하여 통계적 유의성을 산출하였고, 사후 검정으로 Tukey 방법을 사용하였다. 또한 생물과 다른 분야 학생들간의 차이는 독립 표본 *t*검정을 통하여 분석하였다.

III. 연구 결과 및 논의

대학부설 과학영재교육원 학생들의 과학 통합 탐구 능력을 평가 요소별, 성별, 이수 과정별, 전공 분야별로 살펴본 결과는 다음과 같다.

1. 평가 요소별 점수

가. 평가 요소별 점수와 문항별 정답률

* () 안의 점수는 각 평가 요소의 만점을 의미함.

표 4. 평가 요소별 점수의 분포

	탐구 문제 도출 (8점)	변인 추출 (16점)	가설 설정 (6점)	실험 설계 (12점)	자료 변환 (12점)	자료 해석 (6점)	결론 도출 (6점)	일반화 (6점)	평가 (6점)	총점 (78점)
중앙값	6.0	14.0	6.0	8.0	6.0	4.0	3.0	4.0	3.0	54.5
25% 점수	5.0	12.0	5.0	6.0	4.0	2.0	2.0	3.0	2.0	45.0
75% 점수	7.0	15.0	6.0	9.0	9.0	4.0	5.3	6.0	4.0	59.3

평가 요소별 점수를 비교한 결과(표 3), 가설 설정, 변인 추출, 탐구 문제 도출의 평균 점수가 높았다. 가설 설정은 조현철과 우수창(2013)의 연구와 동일하게 과학영재교육원 학생들의 능력이 높게 나타났다. 탐구 문제 도출의 점수도 임성철 등(2013), 조현철과 우수창(2013)의 연구에서와 같이 높게 나타났다. 반면, 평가, 자료 변환, 자료 해석은 평균 점수가 낮게 나타났다. 자료 해석의 경우 조현철과 우수창(2013)의 연구와 동일하게 낮게 나타났다. 자료 해석은 자료를 이해하여 다른 형태로 표현하는 능력인데, 과학영재교육원 학생들이 공통적으로 자료 해석 능력이 상대적으로 낮은 것은 이 영역에 대한 교육이 부족하거나 중학교 과학 교과서에서 많이 다루지 않기 때문으로 생각된다. 자료 변환의 경우 선행 연구의 선다형 문항에서는 다른 탐구 능력과 별다른 차이를 보이지 않았으나 본 연구의 서술형 문항에서는 상대적으로 낮은 점수를 보였다. 탐구 능력에서 기술적인 면이 요구되는 자료 변환에서 낮은 점수를 보인 것은 학생들이 그래프를 직접 그리는 방법적인 면에서 취약한 것으로 생각된다.

문항별 정답률의 경우, 가설 설정에 해당하는 3번, 5번 문항의 정답률이 높았고 탐구 문제 도출에 해당하는 1번, 변인추출에 해당하는 6번 문항의 정답률도 높게 나타나서, 이 문항들의 경우 학생들에게 비교적 쉬웠던 문항이었음을 알 수 있다. 반면, 자료 변환에 해당하는 9번, 평가에 해당하는 18번 문항의 정답률은 40% 미만으로 낮게 나타났다. 김유향(2013)의 연구에서 제시된 중학교 2학년 학

생들 대상의 응답 결과와 비교해 볼 때, 대부분의 문항의 경우 과학영재교육원 학생들의 점수가 높게 나타났는데, 특히 가설 설정에 해당하는 3번, 5번 문항, 자료 변환에 해당하는 10번 문항, 일반화에 해당하는 15번, 16번 문항의 경우 그 차이가 크게 나타났다. 한편 자료 변환에 해당하는 9번 문항의 경우 과학영재교육원 학생들의 점수가 오히려 다소 낮게 나타났다.

평가 요소별 점수의 분포를 중앙값, 25% 점수, 75% 점수를 통해 살펴보면(표 4), 일반 학생에 비해 과학영재교육원 학생들에게 천정 효과(ceiling effect)가 나타나 전반적으로 모든 영역에서 높게 나타났다. 가설 설정과 자료 해석의 경우 학생들의 능력에 따라 차이가 큰 영역임에도 불구하고(양태연 등, 2003) 중앙값과 75% 값이 같게 나타난 것을 볼 때 학생들의 변별에 중점을 위해서는 난이도 조정이 필요하다고 생각된다.

나. 낮은 정답률을 나타낸 문항 분석

(1) 9번 문항(선 그래프 그리기)

9번은 ‘자료 변환’에 해당하는 문항으로 비료의 양에 따른 감자 생산량 표를 그래프로 변환하는 것이었다(그림 1). 이 문항의 평가 기준은 가로축과 세로축에 변인을 설정하였는지, 각 축에 눈금을 설정하였는지, 알맞은 점 또는 선으로 연결하였는지 등이다.

‘자료 변환’에 해당하는 문항으로 원 그래프를 그리는 10번 문항이 추가적으로 있었다. 그러나 9번

9. 어느 농작물 연구소에서 비료의 양이 감자 생산량에 어떤 영향을 주는가를 알아보기 위하여 넓이가 같은 4개의 밭 A, B, C, D에 비료의 양을 각각 달리 하여 감자를 재배하는 실험을 하였다. 그 결과는 아래 표와 같다. 아래의 결과를 그래프로 나타내 보시오.

밭	뿌린 비료의 양(Kg)	생산된 감자의 양(Kg)
A	0	45
B	50	70
C	150	100
D	400	140

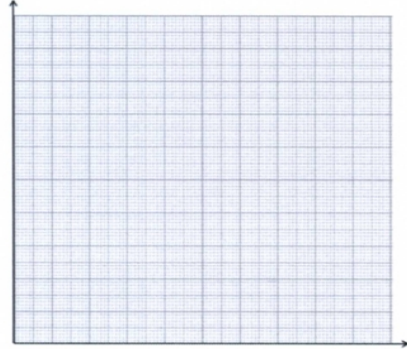


그림 1. 9번 문항

문항이 정답률이 낮게 나타난 것을 볼 때, 원 그래프를 그리는 것보다 선 그래프를 그리는 것에 더 어려움을 겪고 있다고 생각된다.

틀린 답을 한 학생들의 반응 유형은 다음과 같이 3가지로 구분될 수 있다. 첫째, 축 변인 설정에서 가로축에 조작변인, 세로축에 종속변인을 적어야 하지만 반대로 나타내었다. 그림 2는 학생의 반응 유형을 예시로 나타낸 것으로 이와 같은 반응을 보인 학생은 15명이었다. 그래프는 수학 교과와 과학 교과에서 초등학교 때부터 다루고 있으나 학생들은 그래프에 대해서 명확한 개념을 갖고 있지 않은 것으로 생각된다.

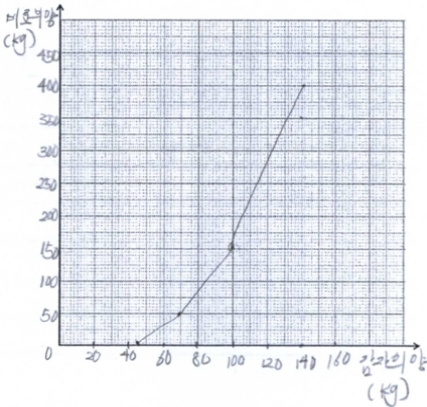


그림 2. 축 변인 설정을 틀린 경우

둘째, 축 눈금 설정에서 눈금 간격을 제대로 설정하지 못하고, 표에 제시된 값만 나타내었다. 그림 3은 학생의 반응 유형에 대한 예시인데 세부적으로 다음과 같은 반응을 보였다. 축 눈금 간격이 일정하지 않은 경우는 13명이었고, 표에 제시된 값만 그래프에 기입한 경우는 17명이었다. 표에 제시된 값만 그래프에 기입하고, 축 눈금 간격도 일정하지 않은 경우는 19명이었다. 즉, 102명의 학생 중 49명의 학생이 축 눈금 설정에서 어려워하는 것으로 나타났다. 축의 눈금 설정은 논리적 사고력 특히, 비례 논리와 관련이 깊다는 점(김태선 등, 2002)을 고려할 때, 일부 학생들의 경우 논리적 사고력 중 비례 논리가 아직 발달하지 않은 것으로 생각된다.

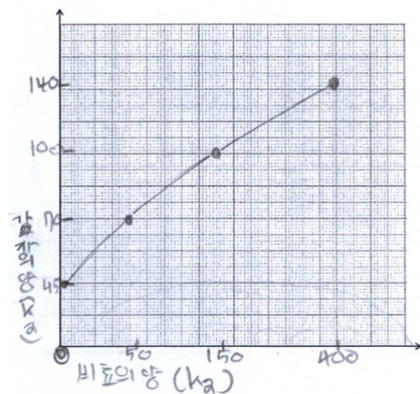


그림 3. 축 눈금 설정을 틀린 경우

셋째, 막대 그래프로 나타내었다. 그림 4는 막대 그래프로 나타낸 학생의 예시로, 23명의 학생이 이와 같이 응답하였다. 선 그래프를 그려야 하는 문항에서 막대 그래프로 나타낸 것으로 보아 상황에 따라 어떤 그래프를 그려야 할지 모르고 있는 것으로 판단된다. 그 밖에도 축의 변인 이름과 단위를 기입하지 않거나 무응답인 학생도 다수 있었다.

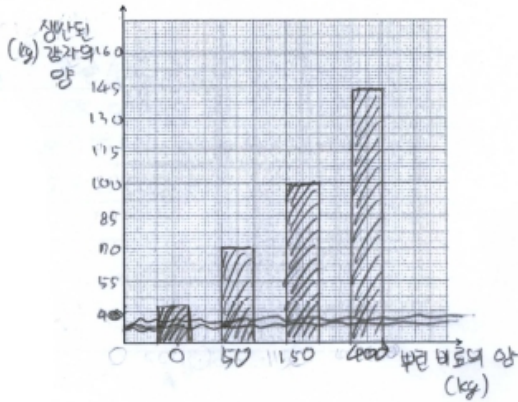


그림 4. 막대 그래프로 나타낸 경우

과학영재교육원 학생들이 자료 변환 문항에서 겪은 어려움들은 김태선과 김범기(2002)가 중·고등학생을 대상으로 한 연구 결과와 상당히 일치한다. 과학영재교육원에 다니는 학생들은 일반 학생들보다 우수한 과학 탐구 능력을 갖고 있음에도 불구하고

고 선 그래프 그리기를 어려워함을 고려할 때 그래프 작성에 대한 보다 체계적인 지도가 필요하다고 생각된다.

(2) 18번 문항

18번은 ‘평가’에 해당하는 문항으로 참나무 잎과 버드나무 잎이 흡수한 이산화 탄소의 양을 비교하려고 할 때 참나무와 버드나무의 광합성을 비교하는 실험 설계를 알맞게 수정하는 것이었다. 불완전한 실험 설계를 주고 어떻게 개선할 것인지를 묻는 문항으로 얼마나 구체적으로 실험 설계를 알맞게 수정하였는지에 따라 점수가 부여되었다. 그런데 구체적으로 서술한 경우가 거의 없었고, 주어진 실험 설계를 고려하지 않은 채 부분적으로만 실험을 설계한 경우가 많았다. 또한 0점을 받은 학생들 중 17명의 학생들은 변인 통제 개념이 명확하지 않았는데, 이는 실험 설계 영역에서 높은 능력을 보인 것과는 대조적인 결과였다. 실험 설계 영역의 문항에서는 가설이 주어지고 그 가설에 따라 변인 통제를 고려하여 실험 방법을 서술하도록 요구한 반면, 18번 문항의 경우 실험 과정과 실험 결과가 제시되어 있어 실험의 전반적인 내용에 대한 이해를 바탕으로 실험 설계를 평가하는 능력을 요구하므로 학생들이 어려움을 겪은 것으로 생각된다.

표 5. 남학생과 여학생의 평가 요소별 점수

평가 요소	남학생(n=73)		여학생(n=29)		t	p
	평균	(표준편차)	평균	(표준편차)		
탐구 문제 도출 (8점)	5.73	(1.53)	5.97	(1.61)	-0.702	0.484
변인 추출 (16점)	13.12	(2.48)	13.62	(1.32)	-1.308	0.194
가설 설정 (6점)	5.38	(1.17)	5.45	(0.91)	-0.266	0.790
실험 설계 (12점)	7.45	(2.17)	7.45	(2.29)	0.008	0.994
자료 변환 (12점)	5.74	(3.49)	6.86	(3.07)	-1.515	0.133
자료 해석 (6점)	3.11	(1.59)	3.28	(1.49)	-0.486	0.628
결론 도출 (6점)	3.11	(2.24)	4.00	(2.10)	-1.842	0.068
일반화 (6점)	3.84	(1.91)	3.93	(1.79)	-0.232	0.817
평가 (6점)	2.74	(1.31)	2.72	(1.07)	0.057	0.955
총점 (78점)	50.22	(10.74)	53.28	(10.18)	-1.315	0.191

다. 남학생과 여학생의 평가 요소별 점수

남학생과 여학생간의 평가 요소별 검사 점수를 비교한 결과(표 5), 여학생의 평균 점수가 남학생의 평균 점수보다 높았고, 평가 요소별 점수도 높게 나타나는 경우가 많았으나, 유의미한 차이는 없었다.

2. 과학영재교육원의 과정에 따른 평가 요소별 점수

C 대학교 과학영재교육원의 과정은 ‘초등과학’, ‘중등과학심화 I’, ‘중등과학심화 II’로 구분된다. ‘초등과학’ 반에 선발된 학생들은 1년 동안 교육을 받은 뒤 ‘중등과학심화 I’ 반으로 진급하게 된다. 그런데 ‘중등과학심화 I’ 과정에는 ‘초등과학’에서 진급한 학생들뿐만 아니라 새로 선발된 학생도 포함된다. ‘중등과학심화 I’ 과정 학생들은 1년 동안 교육을 받은 뒤 ‘중등과학심화 II’ 반으로 진급하도록 되어 있다. 과학영재교육원 과정에 따른 평가 요소별 점수와 문항별 점수를 비교한 결과는 다음과 같다.

가. 평가 요소별 점수

과정에 따른 전체 점수와 평가 요소별 점수를 검정한 결과(표 6), 중등과학심화 II, 중등과학심화 I,

초등과학 순으로 전체 점수가 높게 나타나는 경향이 있지만 통계적으로 유의미하지 않았고, 평가 요소별 점수의 경우 ‘일반화’만 유의확률 0.05 수준에서 집단 간 유의미한 차이가 나타났다. Tukey 방법으로 사후 검정을 실시한 결과(표 7), ‘일반화’에서 중등과학심화 I 반과 중등과학심화 II 반이 유의확률 0.05 수준에서 유의미한 차이가 있었다. 이러한 결과를 볼 때 과학영재교육원의 교육 기간 동안 학생들의 통합 탐구 능력을 향상시키기 위한 교육이 체계적으로 이루어질 필요가 있다고 생각된다.

나. 문항별 점수

과정에 따라 평가 요소별 문항 점수를 분석한 결과(표 8), ‘변인 추출’에 해당하는 6번, ‘일반화’에 해당하는 16번, ‘평가’에 해당하는 18번 문항의 경우 중등과학심화 II, 중등과학심화 I, 초등과학 순으로 점수가 높게 나타났고, 점수의 차이가 유의미한 것으로 나타났다.

6번 문항에서는 어떤 탐구 과정의 일부를 제시하고 통제변인, 조작변인, 종속변인을 쓰도록 하였는데, 전체 정답률이 87.5%로 높게 나타났다(표 3 참조). 그런데 과정별로 점수에 유의미한 차이가 나타난 것을 볼 때 과학영재교육원의 교육을 통해 변인을 추출하는 능력이 향상되었다고 판단된다.

표 6. 과학영재교육원의 과정에 따른 평가 요소별 점수 결과

평가 요소	초등과학 (n=15)		중등과학심화 I (n=58)		중등과학심화 II (n=29)		F	p
	평균	(표준편차)	평균	(표준편차)	평균	(표준편차)		
탐구 문제 도출 (8점)	5.80	(1.52)	5.60	(1.52)	6.17	(1.61)	1.311	0.274
변인추출 (16점)	12.67	(2.94)	13.24	(2.22)	13.62	(1.76)	0.331	0.719
가설 설정 (6점)	5.07	(1.53)	5.50	(1.03)	5.38	(0.98)	0.930	0.398
실험 설계 (12점)	7.07	(1.87)	7.48	(2.14)	7.59	(2.50)	0.287	0.751
자료 변환 (12점)	5.00	(3.72)	6.07	(3.27)	6.59	(3.48)	1.080	0.344
자료 해석 (6점)	2.73	(1.53)	3.24	(1.50)	3.21	(1.68)	0.655	0.522
결론 도출 (6점)	2.93	(2.49)	3.41	(2.21)	3.48	(2.18)	0.331	0.719
일반화 (6점)	3.40	(1.64)	3.60	(1.83)	4.62	(1.90)	3.584*	0.031
평가 (6점)	2.27	(1.22)	2.72	(1.17)	3.00	(1.36)	1.754	0.178
총점 (78점)	46.93	(11.97)	50.88	(10.38)	53.66	(10.01)	2.046	0.135

*p < 0.05

표 7. 과정에 따른 평가 요소별 점수에서 ‘일반화’의 사후 검정 결과(Tukey 방법)

집단A	집단B	평균차(집단A-B)	표준오차	p
초등과학	중등과학심화 I	-0.20	0.53	0.921
	중등과학심화 II	-1.22	0.58	0.093
중등과학심화 I	초등과학	0.20	0.53	0.921
	중등과학심화 II	-1.02*	0.41	0.041
중등과학심화 II	초등과학	1.22	0.58	0.093
	중등과학심화 I	1.02*	0.41	0.041

* p < 0.05

16번 문항에서는 표면적에 따른 효율성과 관련된 4가지 상황을 제시하고 공통의 원리를 찾아내어 한 문장으로 서술하도록 함으로써 학생들의 일반화 능력을 평가하고 있다. 이 문항의 전체 정답률은 56.2%로 나타났는데, 중등과학심화 II반 학생들은 3점 만점에 2.14점으로 다른 반 학생들보다 상대적으로 높은 점수를 받았다.

18번 문항의 경우 전체 정답률이 31.0%로 가장 낮았다. 그런데 과정별로 점수에 유의미한 차이가 나타나서 실험 설계에 대한 평가 능력이 향상되었

음을 시사 받을 수 있다.

한편 Tukey 방법으로 사후 검정을 실시한 결과(표 9), 6번, 16번, 18번에서 초등과학반과 중등과학심화 II반이 유의확률 0.05 수준에서 유의미한 차이가 있었다. 논리적 사고 수준의 경우, 특히 중학교 3학년에서 크게 발달하게 되는데(김태선 등, 2002), 과정에 따라 학생들의 평균연령이 높아지기 때문에 논리적 사고력이 발달하여 통합 탐구 능력에 영향을 주었을 것으로 생각된다. 하지만 다른 평가 요소에서는 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 이러

표 8. 과학영재교육원의 과정에 따른 평가 요소별 문항 점수 결과

평가 요소	문항 번호	초등과학 (n=15)	중등과학심화 I (n=58)	중등과학심화 II (n=29)	F	p
		평균 (표준편차)	평균 (표준편차)	평균 (표준편차)		
탐구 문제 도출 (8점)	1(3점)	2.53 (0.64)	2.60 (0.56)	2.59 (0.57)	0.089	0.915
	8(5점)	3.27 (1.33)	3.00 (1.50)	3.59 (1.59)	1.483	0.232
변인 추출 (16점)	2(8점)	6.53 (1.51)	6.24 (1.44)	6.17 (1.31)	0.339	0.713
	6(8점)	6.13 (2.20)	7.00 (1.21)	7.45 (0.78)	5.010**	0.008
가설 설정 (6점)	3(3점)	2.80 (0.77)	2.88 (0.46)	2.90 (0.56)	0.166	0.847
	5(3점)	2.27 (1.10)	2.62 (0.81)	2.48 (0.87)	1.033	0.360
실험 설계 (12점)	4(6점)	3.53 (0.92)	3.64 (1.22)	3.45 (1.33)	0.243	0.785
	7(6점)	3.53 (1.41)	3.84 (1.34)	4.14 (1.60)	0.938	0.395
자료 변환 (12점)	9(6점)	1.73 (2.37)	2.34 (2.14)	2.55 (2.13)	0.715	0.492
	10(6점)	3.27 (2.43)	3.72 (2.43)	4.03 (2.34)	0.510	0.602
자료 해석 (6점)	11(3점)	1.53 (0.74)	1.38 (0.67)	1.14 (0.83)	1.714	0.185
	12(3점)	1.20 (1.21)	1.86 (1.28)	2.07 (1.36)	2.297	0.106
결론 도출 (6점)	13(3점)	1.67 (1.35)	1.97 (1.36)	2.10 (1.26)	0.531	0.589
	14(3점)	1.27 (1.44)	1.45 (1.31)	1.38 (1.35)	0.115	0.891
일반화 (6점)	15(3점)	2.20 (1.08)	2.02 (1.21)	2.48 (0.99)	1.642	0.199
	16(3점)	1.20 (1.21)	1.59 (1.19)	2.14 (1.19)	3.553*	0.032
평가 (6점)	17(3점)	1.73 (0.80)	1.84 (0.56)	1.76 (0.69)	0.287	0.751
	18(3점)	0.53 (0.64)	0.88 (0.86)	1.24 (1.02)	3.412*	0.037

* p < 0.05, ** p < 0.01

표 9. 과정에 따른 평가 요소별 문항 점수에서 6번, 16번, 18번 문항의 사후 검정 결과(Tukey 방법)

문항번호	집단A	집단B	평균차(집단A-B)	표준오차	p
6번	초등과학	중등과학심화 I	-0.87	0.38	0.062
		중등과학심화 II	-1.31**	0.42	0.006
	중등과학심화 I	초등과학	0.87	0.38	0.062
		중등과학심화 II	-0.45	0.30	0.291
	중등과학심화 II	초등과학	1.31**	0.42	0.006
		중등과학심화 I	0.45	0.30	0.291
16번	초등과학	중등과학심화 I	-0.39	0.34	0.503
		중등과학심화 II	-0.94*	0.38	0.039
	중등과학심화 I	초등과학	0.39	0.34	0.503
		중등과학심화 II	-0.55	0.27	0.108
	중등과학심화 II	초등과학	0.94*	0.38	0.039
		중등과학심화 I	0.55	0.27	0.108
18번	초등과학	중등과학심화 I	-0.35	0.26	0.370
		중등과학심화 II	-0.71*	0.28	0.035
	중등과학심화 I	초등과학	0.35	0.26	0.370
		중등과학심화 II	-0.36	0.20	0.174
	중등과학심화 II	초등과학	0.71*	0.28	0.035
		중등과학심화 I	0.36	0.20	0.174

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

한 점을 고려해 볼 때 과학영재교육원의 학생들은 동일 연령의 집단과 비교하여 논리적 사고력이 이미 높은 상태이기 때문에 그로 인한 영향이 적을 것으로 판단되고, 과학영재교육원의 교육으로 인한 효과가 나타난 것으로 생각된다.

3. 전공 분야에 따른 평가 요소별 점수

평가 문항 내용의 소재가 생물 영역에 해당되기 때문에 소재의 친숙함으로 인해 생물 분야와 다른 분야(물리, 화학, 지구과학) 학생들의 점수에 차이가 있는지를 살펴보았다.

전공 분야에 따른 평가 요소별 점수를 비교한 결과(표 10), 생물 분야의 학생들의 점수와 다른 분야의 학생들의 점수에 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 오히려 탐구 문제 도출, 실험 설계의 영역을 제외한 다른 영역에서 생물 분야의 학생들의 점수가 다른 분야의 학생들의 점수에 비해 다소 낮았다. 이러한 결과를 볼 때 내용이나 소재가 친숙하

더라도 과학 통합 탐구 능력에 별다른 영향을 끼치지 않음을 시사 받을 수 있다.

IV. 결론 및 제언

과학영재교육원 학생들의 과학 통합 탐구 능력을 서술형 평가도구를 사용하여 조사한 결과를 종합하고, 시사점 및 제언을 도출하면 다음과 같다.

첫째, 과학영재교육원 학생들의 과학 통합 탐구 능력의 요소별 점수를 살펴보면, 동일한 평가도구로 일반 중학생들을 대상으로 시행한 결과(김유향, 2013)보다 정답률이 대부분 높게 나타나서, 과학영재교육원 학생들의 과학 통합 탐구 능력이 일반 중학생들보다 우수함을 알 수 있다. 평가 요소별로는 가설 설정, 변인 추출, 탐구 문제 도출의 점수는 상대적으로 높게 나타난 반면, 평가, 자료 변환, 자료 해석의 점수는 상대적으로 낮았다. 특히, 낮은 정답률을 나타낸 9번 문항의 경우 자료 변환 중 선 그

표 10. 전공 분야에 따른 평가 요소별 점수 결과

평가 요소	생물(n=26)		다른 분야*(n=53)		t	p
	평균	(표준편차)	평균	(표준편차)		
탐구 문제 도출 (8점)	6.31	(1.57)	5.74	(1.47)	1.589	0.116
변인 추출 (16점)	13.88	(1.42)	13.47	(1.81)	1.016	0.313
가설 설정 (6점)	5.65	(0.80)	5.42	(0.99)	1.153	0.254
실험 설계 (12점)	7.19	(2.33)	8.04	(1.84)	-1.754	0.083
자료 변환 (12점)	6.08	(3.07)	6.45	(3.47)	-0.470	0.640
자료 해석 (6점)	3.62	(1.24)	2.98	(1.65)	1.737	0.086
결론 도출 (6점)	3.58	(1.92)	3.58	(2.32)	-0.015	0.988
일반화 (6점)	4.27	(1.51)	3.87	(2.09)	0.972	0.335
평가 (6점)	3.08	(1.16)	2.77	(1.30)	1.010	0.316
총점 (78점)	53.65	(7.69)	52.32	(10.32)	0.583	0.561

*다른 분야는 물리, 화학, 지구과학 분야를 말함.

래프 그리기를 요구하였는데 학생들의 응답을 살펴본 결과, 축의 변인 설정과 축의 눈금 설정에서 어려움을 겪는 것으로 나타났다.

이러한 결과를 볼 때, 과학영재교육원 학생들의 자료 변환 및 해석 능력, 실험 설계를 평가하는 능력을 향상시키기 위한 적절한 안내가 필요함을 시사 받을 수 있다. 이에 따라 과학 통합 탐구 능력의 향상을 위한 교수학습 자료를 모듈 형태로 개발하여, 과학영재교육원 수업에 적극적으로 활용할 것을 제안한다.

둘째, 과학영재교육원의 이수 과정별로 점수를 비교한 결과, ‘일반화’를 제외하고 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 영재교육을 받은 기간이 길어지면 과학 통합 탐구 능력도 향상될 것으로 기대되지만 실제로는 큰 차이가 없는 것으로 나타난 것을 볼 때 과학영재교육원의 교육 내용에 학생들의 탐구 능력 향상에 중점을 둔 교수학습이 포함될 필요성이 제기된다.

셋째, 전공 분야에 따른 평가 요소별 점수를 비교하면, 평가도구의 내용이 생물 영역이기는 하나, 생물 분야의 학생들의 점수와 다른 분야의 학생들의 점수에 유의미한 차이가 나타나지 않았다. SAPA가 과학 탐구 능력의 함양에 중점을 둔 프로그램으로

과학 내용에 중점을 두지 않았다는 점을 고려해 볼 때, 과학 탐구 능력은 과학 내용 지식과는 다른 차원의 능력임을 시사 받을 수 있다. 즉, 과학 내용 지식이 깊어진다고 해서 과학 탐구 능력이 향상되지 않으므로 과학영재교육원에서의 영재교육은 과학 내용 지식뿐만 아니라 학생들의 과학 탐구 능력의 향상에도 중점을 두어야 할 필요가 있다.

한편 과학영재를 평가하는 데 활용할 서술형 평가도구를 개발할 필요가 있다. 과학영재학생들의 과학 탐구 능력을 평가하는 기존의 평가도구는 선다형 문항으로 구성되어 있는데, 과학영재의 고등 정신 기능을 평가하는 데에는 서술형으로 구성된 평가도구를 활용하는 것이 바람직하다. 이 연구에서 ‘과학 탐구 사고력 측정을 위한 서술형 평가도구’를 사용하여 과학영재교육원 학생들의 과학 통합 탐구 능력을 조사한 결과, 18문항 중 3문항의 정답률이 85%로 높게 나타났다. 영재교육의 평가에서 영재학생들의 특성을 고려하여 수준이 높고 어려운 문항을 사용할 필요가 있다는 점을 고려할 때, 영재교육의 평가에서 이 평가도구를 활용할 경우 정답률이 높게 나타난 문항을 수정·보완할 필요가 있다. 그리고 과학 통합 탐구 능력의 평가에서 더 나아가 과학영재학생들의 창의성, 문제해결력,

비판력, 통합력 등의 다양한 고등 정신 기능을 평가하기 위한 서술형 평가도구를 개발할 필요도 있다고 생각한다.

참고 문헌

- 교육부(2013). 제3차 영재교육진흥종합계획[2013-2017].
- 권재술, 김범기(1994). 초·중등학생들의 과학탐구 능력 측정도구의 개발. 한국과학교육학회지, 14(3), 251-264.
- 김성훈(1993). 새로운 교육 평가를 위한 인지심리 학적인 교육 측정의 활용 가능성 탐구. 한국교육, 20(1), 131-154.
- 김순옥, 서혜애(2011). 중학생의 자기조절학습능력 수준에 따른 과학의 탐구능력 및 과학의 정의 적 영역 특징 분석. 과학교육연구지, 35(2), 307-323.
- 김영신, 권용주, 김용진, 김희백, 서혜애, 손연아, 정은영, 정진수, 차희영(2012). 생명과학교육론. 파주: 자유아카데미.
- 김유향(2013). 창의적 탐구 사고력 향상을 위한 생물 실험 수업 개선에 관한 연구. 서울대학교 박사학위논문.
- 김태선, 김범기(2002). 중고등학생들의 과학 그래프 작성 및 해석 능력. 한국과학교육학회지, 22(4), 768-778.
- 김태선, 배덕진, 김범기(2002). 중학생의 그래프 능력과 논리적 사고력 및 과학 탐구 능력의 관계. 한국과학교육학회지, 22(4), 725-739.
- 박정, 홍미영(2002). 문항 유형에 따른 과학 능력 추정의 효율성 비교. 한국과학교육학회지, 22(1), 122-131.
- 손정우, 이봉우, 이인호, 최원호, 신영준, 한재영, 최정훈(2009). 초등과학영재 판별도구의 개발 과 이해. 서울: 북스힐.
- 손정우, 이봉우, 이인호, 최원호, 신영준, 한재영, 최정훈(2009). 중등과학영재 판별도구의 개발 과 이해. 서울: 북스힐.
- 양태연, 배미란, 한기순, 박인호(2003). 과학영재의 과학 관련 태도와 지능 및 과학탐구능력과의 관계. 한국과학교육학회지, 23(5), 531-543.
- 이양락, 이선경, 홍미영, 홍재식, 이미경(1998). 국가 교육과정에 근거한 평가기준 및 도구 개발 연구: 고등학교 공통과학. 한국교육과정평가원.
- 이지애, 박수경, 김영민(2008). 과학영재들의 사고 양식과 자기조절학습능력 및 과학탐구능력간의 관계분석. 영재교육연구, 21(3), 773-796.
- 이형철, 이정화(2010). 자유탐구 수업이 초등학생의 과학적 태도 및 과학탐구능력에 미치는 영향과 지도교사들의 자유탐구에 대한 인식 조사. 과학 교육연구지, 34(2), 405-420.
- 이효녕, 조현준(2008). 과학영재 교육에서 자율탐 구활동의 의미와 중요성에 대한 이론적 고찰. 과학교육연구지, 32(2), 33-50.
- 임성철, 김진화, 정진우(2013). 중학교 2학년 과학 영재들의 자유탐구 활동에서 나타난 과학적 추론 능력 분석. 과학교육연구지, 37(2), 323-337.
- 정현철, 조석희, 서혜애, 신명경(2004). 영재의 자율연구능력 기초탐색연구. 수탁연구 CR 2004-43. 서울: 한국교육개발원.[이지애, 박수경, 김영민(2008). 과학영재들의 사고양식과 자기조절학습능력 및 과학탐구능력간의 관계분석. 영재교육연구, 21(3), 773-796.]에서 재인용.
- 조현철, 유수창(2013). 과학영재교육프로그램의 효과성 검증-과학탐구력과 자기조절학습전략을 중심으로-. 2013 대학부설 영재교육원 공동 학술발표회, 87-105.
- 허경철(1988). 객관식 일변도 평가 방식의 문제점과 그 개선 방향. 교육과정연구, 제7권, 155-182.
- AAAS(1989). Science for all Americans. Washington D.C : Author.
- AAAS(1990). Science-A Process Approach II. Delta Education, Inc.
- Burn, J. C., Okay, J. R., & Wise, K. C. (1983). Integrated Process Skills Test II: TIPS II. Journal of Research in Science Teaching, 22, 169-177.

Bybee, R. W., Powell, J. C., & Trowbridge, L. W. (2003). *Teaching Secondary School Science: Strategies for Developing Scientific Literacy*. Upper Saddle River, New Jersey ; Merrill.

Chiappetta, E. L, Koballa, T. R., & Collette, A. T. (1998). *Science Instruction in the Middle and Secondary Schools*(4th ed.). Upper Saddle River, New Jersey; Merrill.

국 문 요 약

과학영재교육원 학생들이 성공적으로 과학 탐구를 수행하기 위해서는 문제 인식, 가설 설정, 탐구 설계, 결론 도출 등의 과학 통합 탐구 능력이 요구된다. 이 연구에서는 김유향(2013)이 개발한 ‘과학 탐구 사고력 측정을 위한 서술형 평가도구’를 사용하여 과학영재교육원 학생들의 과학 통합 탐구 능력을 평가 요소별, 성별, 이수 과정별, 전공 분야별로 비교하였다. 이 평가도구는 탐구 사고력의 주요 요소들인 탐구 문제 도출, 변인 추출, 가설 설정, 실험 설계, 자료 변환, 자료 해석, 결론 도출, 일반화, 평가에 관한 문항이 각 2개씩 총 18문항으로 구성되어 있다. 이 평가도구를 2013년 현재 C 대학

교 부설 과학영재교육원에 다니고 있는 학생들 중 102명 학생들(초등과학반 15명, 중등과학심화 I 반 58명, 중등과학심화 II 반 29명)을 대상으로 시행하였다. 그 결과, 과학 통합 탐구 능력의 요소 중 가설 설정, 변인 추출의 점수는 상대적으로 높았고, 자료 변환, 자료 해석, 평가의 점수는 상대적으로 낮았다. ‘자료 변환’에 해당하는 선 그래프 그리기 문항과 ‘평가’에 해당하는 실험 설계의 개선점 찾기 문항의 정답률은 약 40%로 상대적으로 낮게 나타났다. 영재교육을 받은 단계별로 비교하면 과학 통합 탐구 능력의 요소들 중 일반화의 경우 유의미한 차이가 있었다. 남학생과 여학생의 점수 차이는 유의미하지 않았다. 이 연구에서 사용한 평가도구가 생물 분야의 소재를 다루고 있어 생물 분야의 영재 학생들과 다른 분야(물리, 화학, 지구과학)의 영재 학생들과 비교한 결과, 유의미한 차이가 없었다. 과학영재교육원 학생들의 과학 통합 탐구 능력 향상을 위하여 자료 변환, 자료 해석, 평가에 관한 교수·학습을 강화하고, 과학 탐구와 관련된 구체적인 교수·학습 자료를 개발할 필요가 있다.

주요어: 과학 통합 탐구 능력, 과학영재교육원, 과학영재학생