

초등 과학영재학생들의 자유탐구 산출물 특성 분석

양현정 · 강훈식[†]

Analysis on the Characteristics of Free Inquiry Products for Scientifically-Gifted Elementary School Students

Yang, Hyunjeong · Kang, Hunsik[†]

ABSTRACT

This study analyzed the characteristics of “free inquiry” products for scientifically-gifted elementary school students. To do this, 5~6 graders (n=99) at a gifted science education institutes in Seoul were selected. The products (n=82) of “free inquiry” submitted by the students in 2018 and 2019 were analyzed according to their contents and method types. The analysis of the results showed that the free inquiry outputs of scientifically-gifted students tended to not include the scientific knowledge of the upper grades than the corresponding students. In the outputs, the scientific knowledge in different grades were often not linked. There were relatively many cases of convergence of knowledge in various science and/or non-science subjects and knowledge of ‘physics’, whereas knowledge of ‘earth science’ were the least. The outputs were more often aimed at “finding scientific facts” than “development and invention” and tended to target non-living things rather than living things. The scientifically-gifted students tended to conduct free inquiry using ‘experimental-centered inquiry’ by themselves rather than by group. They were also most likely to conduct experiments only once, and did not clearly write down the period of their inquiry. Educational implications of these findings are discussed.

Key words: free inquiry, product, scientifically-gifted education

I. 서 론

영재성은 잠재력에 기반을 두지만 영재성을 지닌 성인으로 성장하기 위해서는 능력을 개발해야 하며, 이때 영재성은 정규교육의 한계를 벗어나 정의된다(Worrell *et al.*, 2019). 따라서 과학영재교육에서는 과학영재들의 다양한 특성에 부합하고, 개인의 잠재력을 개발할 수 있는 과제와 프로그램을 제공하여야 한다(이봉우와 손정우, 2017).

이러한 맥락에서 다양한 역량에 대한 개별 지도가 가능한 사사교육은 영재교육기관에서 주요 프로그램으로 운영되고 있으며, 개인차가 뚜렷한 과학영재학생들을 대상으로 효과적인 지도를 가능케 한다(허정운 등, 2003). 즉, 사사교육은 개방적인 탐구 환경에서 과학자와 함께 과학영재학생들이 실

질적인 과학 탐구를 경험할 수 있도록 한다(Driver *et al.*, 1994). 또한 개방적 탐구 활동은 과학영재학생들의 창의성과 자율성을 향상(이효녕과 조현준, 2008; 황선우, 2016)시킬 뿐만 아니라, 교사의 역할을 감소시키는 동시에 학생들의 과제 처리 기술과 과학적 태도 향상(Kholilurrohman & Suryadarma, 2019)에도 긍정적인 영향을 주는 것으로 보고되고 있다. 과학영재학생들은 탐구 주제를 스스로 선택하고, 시간 제약에서 벗어나 폭넓게 탐구하는 것을 선호하였으며, 과학영재 지도교사 역시 학생 중심의 주제 선정과 개인의 역량에 맞는 과학영재수업을 선호하는 것으로 나타났다(양일호 등, 2014). 이에 박종원(2009)은 사사교육의 유형으로 학생의 주도적인 프로젝트형 탐구수행 방식을 제안하였다.

개방적 탐구는 최근까지도 영재교육기관에서 사

사교육의 방법으로 활발히 운영되고 있으며, 2007 개정 과학과 교육과정(교육과학기술부, 2007)에 도입된 ‘자유탐구’와 거의 동일한 의미로 사용되고 있다. 하지만 과학영재학생의 자유탐구와 관련된 연구는 일반 학생에 비하여 오히려 매우 부족한 실정이다. 즉, 일반 학생 또는 교사를 대상으로는 자유탐구 수행 실태 및 인식 조사(권현영과 김효남, 2016; 박소영, 2014), 자유탐구 활동 중에 겪는 어려움 분석(신현화와 김효남, 2010; 이은선과 정은영, 2016), 자유탐구 활동 유형과 주제 및 활동 과정 특징과 수준 분석(김재운과 임희준, 2011; 박중선 등, 2011; 윤현정과 김희백, 2018; 천명기와 이봉우, 2018), 특정 자유탐구 프로그램이나 전략이 학생들의 다양한 인지적 및 정의적 특성에 미치는 효과 조사(김알음과 천재순, 2015; 이국환과 김효남, 2014; 정지연과 노석구, 2017; 허상철과 김효남, 2018) 등과 같이 다양한 측면에서 연구들이 상당수 진행되어 왔다. 반면, 과학영재교육과 관련해서는 중학교 과학영재학생들의 자유탐구에 대한 인식과 실태 분석(홍지혜와 홍훈기, 2013), 과학영재들의 자유탐구 산출물 분석(황선우, 2016), 특정 자유탐구 활동 및 전략의 효과 조사(이정희와 김효남, 2018) 등의 일부 연구만이 진행되었다. 특히 중등에 비하여 초등 과학영재교육에서 자유탐구에 관한 연구는 적은 편이었다.

과학영재학생은 일반학생에 비해 창의력, 탐구 수행 능력 과제 집착력 등의 수준이 높으며(이신동 등, 2019), 정규 교육과정보다 영재교육 교육과정에서 자유탐구 수행을 위한 시간적·환경적 제약이 적어 교사에게 지도 받을 기회도 많다. 또한 중등 과학영재학생은 초등 과학영재학생에 비해 정규 및 영재교육 교육과정을 통해 자유탐구를 더 많이 경험했을 뿐만 아니라, 과학영재성도 높다. 이를 통해 볼 때, 일반 학생이나 중등 과학영재학생과 초등 과학영재학생이 자유탐구를 수행하는 과정이나 자유탐구 산출물의 특성은 다소 다를 가능성이 있다. 따라서 초등 과학영재교육에서 자유탐구의 효과적 활용을 위해서는 초등 과학영재학생들의 자유탐구 수행과 관련된 보다 체계적이고 폭넓은 접근이 필요하다.

이를 위해서는 무엇보다 초등 과학영재학생들이 수행한 자유탐구 산출물의 특성에 대한 이해가 필요하다. 이와 관련하여 지금까지는 초등 과학영재

들이 수행한 창의 산출물의 특징을 분석한 연구(황선우, 2016)가 진행된 바 있었다. 그러나 이 연구에서는 탐구 유형과 탐구 동기, 내용 영역과 수준 등의 일부 측면만을 단편적으로 분석하였다. 즉, 탐구 유형을 과학자의 문제해결 방법을 그대로 탐구한 순 실험형, 자료를 조사한 자료 조사형, 직접 실험을 설계한 탐색적 탐구형으로만 분류하여 과학영재학생들의 보다 적극적이고 자율적인 탐구를 분류하기에는 한계가 있었다. 내용 수준 역시 어느 교육과정 수준에 해당하는지만 분석하여 해당 학생의 학년을 고려한 교육과정 연계 여부를 확인할 수 없었다. 이로 인하여 초등 과학영재학생들이 수행한 자유탐구 산출물에 대한 정보는 매우 제한적인 실정이다.

이에 이 연구에서는 초등 과학영재학생들이 작성한 자유탐구 산출물을 내용 및 방법 특성에 따라 세분화하여 분석하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

이 연구는 2018학년도와 2019학년도에 서울교육대학교 과학영재교육원에서 과학영재교육을 받고 있는 초등학교 4~6학년 학생 99명을 연구 대상으로 선정했다. 서울교육대학교 과학영재교육원의 경우, 학교생활기록부와 자기소개서 등의 1차 서류 평가와 창의적 문제해결력 지필 평가로 1.5배수를 선발하고, 과학적 창의성 및 인성과 관련된 개별 면접 평가로 최종 합격자를 선발하고 있다. 선정된 학생들이 해당 년도에 개별 또는 집단으로 수행하여 제출한 자유탐구 산출물 중에서 과학과 관련이 없거나, 완성되지 않은 것을 제외한 82개의 산출물을 분석 대상으로 하였다. 연구 대상 학생들의 구체적인 정보는 Table 1과 같다.

2. 연구 절차

우선 문헌 연구를 실시하여 자유탐구 산출물에 대한 분석 기준을 고안하였다. 즉, 선행 연구를 분석하여 분석 기준 초안을 작성한 후, 초등 과학영재교육 석사 과정 교사 3명과 과학영재교육 전문가와의 세미나를 통해 검토 및 수정하였다. 수정된 분석 기준에 따라 일부 자유탐구 산출물을 분석하

Table 1. The characteristics of the participants

	4학년	5학년	6학년	계
남	4	25	41	70
여	1	7	21	29
계	5	32	62	99

고 논의하는 과정을 반복하여 최종 분석 기준을 확정하였다.

자유탐구는 2018년의 경우 학생들이 3월부터 12월까지 개별 또는 모둠별로 자유롭게 수행하였다. 이 과정에서 지도교수는 최소 3회 이상의 온라인 또는 면대면 개별 지도를 하였으며, 지도 횟수와 방법은 지도교수에 따라 다소 차이가 있었다. 또한 8월에는 지도교수별로 자유탐구에 대한 중간발표 과정이 있었는데, 모든 학생들이 개별 또는 모둠별로 자신의 자유탐구 과정에 대하여 발표한 후 다른 학생과 지도교수가 자유롭게 질의 응답하는 형태로 진행되었다. 2019년 역시 전반적인 진행 과정은 2018년과 동일하였으나, 지도교수가 진행하는 5~6회의 토요수업 시간 중 일부분을 할애하여 학생들의 자유탐구를 지도한 점에서 차이가 있다.

학생들은 자유탐구 산출물을 한글 문서나 파워포인트 문서로 제출하였고, 학생들이 제출한 2018학년도와 2019학년도 자유탐구 산출물을 분석 기준에 따라 분석한 후 결과를 해석하고 논의하였다.

3. 분석 기준

자유탐구 산출물의 분석 기준은 자유탐구 산출물 분석 연구(김재윤과 임희준, 2011; 박종선 등, 2011; 황선우, 2016) 및 과학영재학생의 창의 산출물 분석 연구(김민지와 강훈식, 2019)의 분석 기준을 참고하여 개발하였다. 또한 초등 과학영재교육 석사 과정 교사 3명 및 과학영재교육 전문가와의 수차례 세미나를 통해 최종 분석 기준(Table 2)을 완성하였다.

이 분석 기준은 우선 자유탐구 산출물을 ‘탐구 내용’ 측면과 ‘탐구 방법’ 측면으로 구분하였다. 또한 ‘탐구 내용’ 측면은 ‘교육과정 연계’, ‘과학 학문 영역’, ‘탐구 목적’, ‘탐구 대상’으로 세분하였다. ‘교육과정 연계’는 다시 자유탐구 산출물에 포함된 과학 지식의 수준에 따라 ‘상위 개념 미포함’, ‘상위 개념 포함’, ‘기타’로 세분하였다. ‘상위 개념 미

포함’과 ‘상위 개념 포함’의 경우에는 여러 학년의 과학 지식을 연계하여 활용했는지에 따라서도 세분하였다. ‘과학 학문 영역’은 자유탐구 산출물에 활용된 과학 지식이 과학과 교육과정의 어떤 영역에 해당되는지에 따라 ‘운동과 에너지’, ‘물질’, ‘생명’, ‘지구와 우주’, ‘융합’으로 세분하였다. ‘탐구 목적’은 자유탐구 목적이 과학적 사실을 확인하고, 특성을 탐구하기 위함인지, 과학적 문제 해결을 위해 특정한 방법이나 산출물을 개발 및 발명하고자 하는지에 따라 ‘과학적 사실 탐구’와 ‘개발 및 발명’으로 세분하였다. ‘탐구 대상’은 탐구의 대상을 ‘생물’과 ‘비생물’로 세분하였으며, ‘생물’은 다시 ‘동물’, ‘식물’, ‘기타’로 세분하였다.

‘탐구 방법’은 ‘탐구 집단’, ‘탐구 방법’, ‘실험 반복 횟수’, ‘탐구 기간’으로 세분하였다. ‘탐구 집단’은 탐구를 실시한 인원수에 따라 ‘개별’과 ‘집단’으로 세분하였다. ‘탐구 방법’은 주된 탐구 방법 유형에 따라 ‘관찰 중심 탐구’, ‘실험 중심 탐구’, ‘만들기 중심 탐구’, ‘기르기 중심 탐구’, ‘탐사·탐방 중심 탐구’, ‘조사 중심 탐구’로 세분하였다. ‘실험 반복 횟수’는 동일한 실험을 얼마나 반복하였는지에 따라 ‘1회’, ‘2회’, ‘3회’, ‘4회 이상’으로 세분하였다. ‘탐구 기간’은 탐구를 수행한 기간에 따라 ‘1주 이내’, ‘1주~1개월 이내’, ‘1개월~6개월 이내’, ‘6개월~1년 이내’로 세분하였고, 산출물에 나타나지 않은 경우 ‘미기재’로 분류하였다.

4. 분석 방법

분석의 신뢰도를 높이기 위해 과학영재교육 석사 과정 교사 1인과 과학교육 전공 교사 1인의 분석자가 분석 기준을 숙지한 후, 일부 자유탐구 산출물을 각자 분석하여 결과를 비교하고, 의견이 불일치하는 부분에 대하여 합의하는 과정을 수차례 진행하였다. 모든 분석 기준에 대하여 합의한 후에는 분석자 중 1인이 모든 자유탐구 산출물을 엑셀 파일 상에서 일차적으로 분석하였다. 이 분석 결과에 대하여 다른 1명의 분석자가 자신의 생각과의 일치 여부를 표시하고, 불일치하는 내용에 대해서는 자신의 생각을 적었으며, 불일치하는 내용에 한하여 모든 분석자가 합의하여 분석하였다.

분석 결과는 각 항목별로 빈도수와 백분율을 구하여 제시하였다. 이때 2018년과 2019년의 결과 양상이 비슷하여 학년도별로 제시하지 않고, 전체 합

Table 2. Criteria for analysis

항목	세부 항목	설명		
내용에 따른 분류	상위 학년 개념 미포함	연계 없음	해당 학년 또는 이전 학년 중에서 1개 학년의 과학 지식만을 활용한 경우	
		연계 있음	해당 학년 미포함	해당 학년보다 이전 학년 중 2개 학년 이상의 과학 지식을 함께 활용한 경우
	교육 과정 연계	상위 학년 개념 포함	해당 학년 포함	해당 학년과 이전 학년 중 1개 학년 이상의 과학지식을 함께 활용한 경우
			한 학년 상위	해당 학년보다 한 학년 상위의 과학 지식만을 활용한 경우
		연계 없음	두 학년 이상 상위	해당 학년보다 두 학년 이상 상위의 과학 지식만을 활용한 경우
			연계 있음	해당 학년 미포함
		연계 있음	해당 학년 포함	해당 학년과 상위 학년 중 1개 학년 이상의 과학지식을 함께 활용한 경우
			기타	교육과정에 해당하지 않는 과학 지식을 활용한 경우
	과학 학문 영역	운동과 에너지	‘운동과 에너지’ 영역의 과학 지식을 활용한 경우	
		물질	‘물질’ 영역의 과학 지식을 활용한 경우	
생명		‘생명’ 영역의 과학 지식을 활용한 경우		
지구와 우주		‘지구와 우주’ 영역의 과학 지식을 활용한 경우		
융합		2가지 영역 이상의 과학 지식을 융합하여 활용한 경우		
탐구 목적	과학적 사실 탐구	과학적 사실 확인 및 특성 탐구가 목적인 경우		
	개발 및 발명	특정한 과학적 방법 및 산출물 개발이 목적인 경우		
탐구 대상	생물	동물	탐구 대상이 동물인 경우	
		식물	탐구 대상이 식물인 경우	
		기타	탐구 대상이 작은 생물(곰팡이, 세균 등)인 경우	
	비생물	탐구 대상이 생명체가 아닌 경우		
탐구 집단	개별	탐구를 실시한 인원이 1인인 경우		
	집단	탐구를 실시한 인원이 2인 이상인 경우		
방법에 따른 분류	탐구 방법	관찰 중심 탐구	특정 대상의 행동이나 변화를 비교적 오랫동안 지속적으로 관찰하는 경우	
		실험 중심 탐구	의도적이고 계획적으로 설정한 조건이나 상황에서 현상에 대한 정보를 수집하는 경우	
		만들기 중심 탐구	특정 물건을 실제로 만들어 보면서 그와 관련된 과학적 원리를 탐구하거나, 기능을 개선하기 위한 방안을 찾는 경우	
		기르기 중심 탐구	우리 주변에서 흔히 볼 수 있는 동식물을 기르면서 나타나는 현상, 성장 과정, 적합한 환경 등을 연구하는 경우	
		탐사·탐방 중심 탐구	특별한 지역 또는 과학관, 수목원 등의 기관을 방문하여 필요한 정보를 얻거나 체험하는 경우	
	조사 중심 탐구	계획을 세워 문헌이나 인터넷 등 여러 가지 자료를 찾아보거나, 직접 조사하는 경우		
실험 반복 횟수	1회	특정 실험을 1회 수행한 경우		
	2회	동일한 실험을 2회 반복한 경우		
	3회	동일한 실험을 3회 반복한 경우		
	4회 이상	동일한 실험을 4회 이상 반복한 경우		
탐구 기간	1주 이내	탐구를 수행한 기간이 1주 이내로 기재된 경우		
	1주~1개월	탐구를 수행한 기간이 1주~1개월 이내로 기재된 경우		
	1개월~6개월	탐구를 수행한 기간이 1개월~6개월 이내로 기재된 경우		
	6개월~1년	탐구를 수행한 기간이 6개월 ~1년 이내로 기재된 경우		
	미기재	탐구를 수행한 기간이 기재되지 않은 경우		

으로만 제시하였다. 또한 각 기준에 따른 분석이 통계적으로 의미가 있는지를 알아보기 위하여 χ^2 검증을 실시하였다.

모든 연구자가 공동으로 결과를 해석하고 논의하였으며, 이것의 타당성을 여러 명의 과학영재교육 전문가와 초등 교사가 참여한 세미나 및 초등 과학영재교육 석사 과정 교사 1명의 서면 검토를 통하여 점검받아 수정하였다.

III. 연구결과 및 논의

1. 자유탐구 산출물의 탐구 내용에 따른 분석

1) 교육과정 연계

‘교육과정 연계’에 따른 분석 결과는 Table 3과 같다. 자유탐구 산출물에서는 ‘상위 학년 개념 미포함-연계 없음’이 30개(36.6%)로 가장 많았고, 교육 과정에 해당하지 않는 ‘기타’가 28개(34.1%)로 비슷한 비율을 나타냈다. 그 다음으로 ‘상위 학년 개념 포함-연계 있음(해당 학년 포함)’ 11개(13.4%), ‘상위 학년 개념 포함-연계 없음(두 학년 이상 상위)’ 9개(11.0%), ‘상위 학년 개념 미포함-연계 있음(해당 학년 포함)’ 3개(3.7%) 순으로 많았다. ‘상위 학년 개념 포함-연계 없음(한 학년 이상 상위)’은 1개(1.2%)로 적게 나타났으며, ‘상위 학년 개념 미포함-연계 있음(해당 학년 미포함)’과 ‘상위 학년 개념 포함-연계 있음(해당 학년 미포함)’은 나타나지 않았다. 이러한 발생 비율의 차이는 통계적으로 유의미하였다($p < .05$).

가장 많았던 ‘상위 학년 개념 미포함-연계 없음’

의 사례로는, 5학년 학생의 5학년 ‘산과 염기’ 단원과 관련된 ‘천연지시약의 보관기간과 방법에 따라 지시약으로서의 성질이 변화되는 과정 탐구’ 등과 같이 해당 학년의 과학 지식을 활용한 탐구가 있었다. 이전 학년의 과학 지식을 활용한 예로는 6학년 학생의 3학년 ‘자석의 이용’ 단원과 관련된 ‘집안에 있는 여러 가지 자석들의 세기 분석’ 등이 있었다. ‘상위 학년 개념 미포함-연계 있음(해당 학년 포함)’의 사례로는 5학년 학생의 4학년 ‘물체의 무게’ 단원 및 5학년 ‘물체의 운동’ 단원과 관련된 ‘무게와 무게 중심에 따른 배의 속도’ 등과 같이 해당 학년과 이전 학년의 개념이 함께 연계된 사례가 있었다. ‘상위 학년 개념 포함-연계 없음(두 학년 이상 상위)’의 경우에는 6학년 학생의 화학 I ‘이온 결합’ 단원과 관련된 ‘고분자화합물과 붕사의 가교결합 원리를 활용한 미세플라스틱 연구’ 등이 있었다. ‘상위 학년 개념 포함-연계 있음(해당 학년 포함)’의 사례로는 6학년 학생의 6학년 ‘지구와 달의 운동’ 단원과 지구과학 II ‘대기의 운동과 순환’ 단원과 관련된 ‘지구의 자전이 비행체의 속도에 미치는 영향 탐구’ 등이 있었다. ‘상위 학년 개념 포함-연계 없음(한 학년 이상 상위)’에는 6학년 학생의 중학교 1학년 ‘여러 가지 힘’ 단원과 관련된 ‘서핑보드의 원리탐구를 통한 맞춤형 어린이용 서핑보드 개발’이 있었다. ‘기타’에 해당되는 탐구는 교육과정에 포함되지는 않으나, 일상에서 접할 수 있는 다양한 문제들을 과학적으로 탐구한 경우가 많았으며, 특히 환경오염과 미세먼지에 관한 주제가 다수 있었다. ‘녹조 제거를 위한 천연 광물 활용’, ‘여러 가지 정수물질의 효과 측정을 통한 수질개선 프로젝트’ 등이 그 예이다.

Table 3. Analysis by the curriculum connection of free inquiry

(n=82)

교육과정 연계		빈도(%)	χ^2	p	
상위 학년 개념 미포함	연계 없음	30(36.6)	59.846	0.000	
	연계 있음	해당 학년 미포함			-
		해당 학년 포함			3(3.7)
상위 학년 개념 포함	연계 없음	1(1.2)			
	연계 있음	두 학년 이상 상위			9(11.0)
		해당 학년 미포함			-
	해당 학년 포함	11(13.4)			
기타		28(34.1)			

상위 학년 개념을 포함하지 않은 경우가 40.3%이고, 그 중 해당 학년의 개념을 포함하지 않은 경우가 없었던 것은, 초등 과학영재학생들이 해당 학년의 개념에 기반한 자유탐구를 진행했음을 의미한다. 또한 상위 학년 개념을 포함하는 경우에도 상위 학년 개념에만 국한되지 않고 해당 학년 개념을 함께 포함하는 경우가 13.4%인 것은, 과학영재학생들이 자신이 배운 개념과 관련지어 자유탐구를 진행했다는 점에서 바람직하다고 할 수 있다. 상위 학년 개념을 포함하는 경우가 25.6%로 많았던 것은, 일반 학생에 비해 과학 지식 수준이 비교적 높은 과학영재학생의 특성(손정우 등, 2009)이 반영된 결과로 보인다. 이는 어찌 보면 자연스러운 결과일 수도 있다. 하지만, 상위 학년의 개념을 포함하더라도 연계가 있는 경우(13.4%)와 그렇지 않은 경우(12.2%)가 비슷했던 결과에 대해서는 아쉬움이 남는다. 특히 상위 학년 개념의 포함 여부와 관계없이, 해당 학년의 과학 개념 간 연계가 있는 경우(17.1%)보다 그렇지 않은 경우(48.8%)가 더 많았던 점, 한 학년 상위의 개념만을 포함하는 경우(1.2%)보다 두 학년 이상 상위의 개념만을 포함하는 경우(11.0%)가 더 많았던 점에 대해서는 개선이 필요하다. 즉, 초등 과학영재학생들이 단순한 속진 학습을 넘어 심화 학습이나 과학 개념 간 연계성 있는 주제를 선정하도록 지도할 필요가 있다.

한편, 교육과정에 포함되지 않는 ‘기타’가 많았던 것은 학생들이 교육과정에 관계없이 생활 속에서 갖는 호기심에 기반하여 자유롭게 탐구 주제를 선정했음을 의미한다. 이는 일상생활과 관련된 주제를 탐구하여 과학이 사회에 미치는 영향을 인식하게 한다는 자유탐구 목적(교육과학기술부, 2007)과도 부합하는 긍정적인 결과라 할 수 있다.

2) 과학 학문 영역

‘과학 학문 영역’에 따른 분석 결과를 Table 4에 제시하였다. ‘융합’ 영역이 31개로 전체의 37.8%를 차지하며, 가장 많이 나타났다. 다음으로는 ‘운동과 에너지(25.6%)’, ‘생명(17.1%)’, ‘물질(15.9%)’ 영역 순으로 많았으며, ‘지구와 우주’ 영역이 3.7%로 가장 적게 나타났다. 이러한 발생 비율의 차이는 통계적으로 유의미하였다($p<.05$).

구체적으로 살펴보면, ‘운동과 에너지’ 영역은 ‘물체의 운동’, ‘전기의 이용’, ‘소리의 성질’ 단원에

Table 4. Analysis by the academic fields of free inquiry (n=82)

과학 학문 영역	빈도(%)	χ^2	p
운동과 에너지	21(25.6)	27.000	0.000
물질	13(15.9)		
생명	14(17.1)		
지구와 우주	3(3.7)		
융합	31(37.8)		

관한 주제가 많았다. 예를 들어, ‘진공 속 물체들의 자유낙하 운동 탐구’, ‘일상에서 만날 수 있는 자가 발전기의 형태는 무엇일까’, ‘아래층 실내 활동에 의한 위층 직접 충격소음 및 공기전달 소음에 대한 탐구’ 등이 있었다. ‘물질’ 영역은 ‘산과 염기’, ‘용해와 용액’, ‘물의 상태변화’ 단원에 관한 주제가 많았다. 구체적인 예로는 ‘천연지시약의 보관 기간과 방법에 따라 지시약으로서의 성질이 변화되는 과정 탐구’, ‘여러 액체에 따른 약의 용해 속도 비교’, ‘얼음이 녹는 속도에 영향을 주는 요인’ 등이 있었다. ‘생명’ 영역은 ‘다양한 생물과 우리 생활’, ‘생물과 환경’ 단원에 관한 주제가 많았다. ‘우리 학교에 세균이 많이 있는 곳은 어디이고, 우리 몸에 좋지 않은 병균들은 얼마나 있을까’, ‘칼라 소음이 강낭콩의 발아에 미치는 영향 탐구’ 등이 그 사례이다. ‘지구와 우주’ 영역에서는 ‘날씨와 우리 생활’에 관한 주제가 비교적 많았으며, ‘지구 온난화에 따른 습도의 변화’가 그 예이다. ‘융합’ 영역의 경우에는 일상생활에서 자주 접하는 사회·환경문제 관련 주제가 많았다. 예를 들어, ‘미세먼지 감소 효과를 높이는 용액과 흡착 물질에 관한 탐구’, ‘여러 가지 정수 물질의 효과 측정을 통한 수질개선 프로젝트’ 등이 있었다. ‘온도 변화에 따른 물의 상태 변화를 이용한 자동으로 작동하는 자동 스위치 개발’, ‘산성도에 따른 나뭇잎의 색소 추출 탐구’ 등과 같이 다른 과학 영역과 융합한 탐구도 있었다. 다른 교과와의 융합 사례로는 ‘일조량에 따른 색종이의 명도와 채도 변화 비교’ 등이 있었다.

이러한 결과를 통해 초등 과학영재학생들이 ‘융합’ 영역과 ‘운동과 에너지’ 영역을 자유탐구 주제로 선호하고 있음을 알 수 있다. 특히 융합 영역의 사례가 많다는 점에서 많은 초등 과학영재학생들이 과학의 영역을 분절적으로 생각하지 않고, 다양한 지식을 융합하여 활용하고 있음을 짐작할 수 있

다. 황선우(2016)에 따르면 초등 과학영재학생들이 자유탐구 주제를 선정하는 동기는 생활 속 경험, 대중매체, 독서 등의 비형식적 상황에서 주로 발생한다고 한다. 이런 연구결과에 비추어 볼 때, 과학영재학생들이 비형식적 상황에서 다양한 환경 문제나 사회 문제를 접하여 이와 관련된 내용으로 자유탐구 주제를 선정했다고 해석할 수 있다. 이봉우와 손정우(2017)는 과학영재교육의 발전 방안 중 하나로 사사과정이나 융합형 교육을 통한 융합탐구역량 강화 프로그램 운영을 제안하였다. 이러한 점에서 융합 주제가 많았던 것은 바람직하다고 판단할 수 있다.

‘운동과 에너지’ 영역이 많았던 것은, 이 영역에서의 탐구가 비교적 실험 도구를 구하기 쉽고, 실험의 위험성이 적으며, 실험 결과를 즉시 확인할 수 있다는 장점이 있기 때문으로 해석된다. 또한 본 연구 대상의 대부분이 초등학교 고학년이라는 점에서, 초등학교 고학년으로 갈수록 물리 영역에 관한 선호도가 증가하여 자유탐구 주제로 선정하는 비율이 늘어났던 박종선 등(2011)의 연구 결과와도 맥을 같이 한다고 할 수 있다. 한편, ‘물질’ 영역의 탐구 비율이 비교적 낮았던 것은 실험에 필요한 재료와 시약이 많이 필요하기 때문으로 보인다(김재윤과 임희준, 2011). ‘지구와 우주’ 영역은 탐구 장비와 시간 및 장소의 제한, 기상의 영향, 비교적 큰 탐구 규모 등으로 인하여 학생들이 탐구를 수행하는 데 많은 어려움과 제약이 있기 때문에(박재용과 이기영, 2011) 가장 낮은 발생 비율을 보인 것으로 해석할 수 있다. 이러한 결과는 학생들이 현실적인 여건과 과학 학문 영역의 특성을 고려하여 자신이 직접 수행할 수 있는 자유탐구 주제를 선정했다는 점에서 바람직한 결과라 할 수 있다. 하지만 특정 학문 영역에 치우친 탐구 경험은 학생들의 과학 학문에 대한 흥미, 진로 인식과 의지, 사고력 향상 등을 저해시킬 수 있다. 따라서 학생들이 다양한 영역에 대한 자유탐구를 수행하도록 지도할 수 있는 방안을 모색할 필요가 있다.

3) 탐구 목적

‘탐구 목적’에 따른 분석 결과(Table 5), ‘과학적 사실 탐구’가 70개(85.4%)로 ‘개발 및 발명(14.6%)’보다 훨씬 많이 나타났으며, 그 비율 차이는 통계적으로 유의미하였다($p < .05$). 각각의 사례로는 ‘과

Table 5. Analysis by the purpose of free inquiry (n=82)

탐구 목적	빈도(%)	χ^2	p
과학적 사실 탐구	70(85.4)	41.024	0.000
개발 및 발명	12(14.6)		

학적 사실 탐구’의 경우 ‘종이의 습도 조절 능력 비교’, ‘채소를 보관하는 포장재에 따른 채소의 신선도 비교’ 등이 있었다. ‘개발 및 발명’의 경우에는 ‘지진으로 인한 액상화 피해를 줄이기 위한 지반 강화 방법 연구’와 ‘서핑보드의 원리 탐구를 통한 맞춤형 어린이용 서핑보드 개발’ 등이 있었다.

초등 과학영재학생 수준에서는 과학적 사실을 확인하고 지식을 탐구하는 것이 비교적 쉽기 때문에, ‘과학적 사실 탐구’의 비율이 많이 나타난 것으로 보인다. 반면, 과학영재학생이라 할지라도 초등 수준에서 새로운 기술 또는 방법을 개발하거나, 특정 물품을 발명하는 것은 경제적·환경적 측면에서 많은 한계가 있어 이와 관련된 탐구는 적었다고 해석할 수 있다. ‘개발 및 발명’의 경우 과학 영재성을 신장시키는 데 효과적이며, 이와 관련하여 초등 과학영재학생들이 충분히 수행할 수 있는 자유탐구 주제도 많다(양일호, 2010). 따라서 초등 과학영재학생들이 특정 탐구 목적에 치우치지 않고 좀 더 다양한 목적으로 자유탐구를 수행할 수 있도록 지도하는 방안을 모색할 필요가 있다.

4) 탐구 대상

‘탐구 대상’에 따른 분석 결과는 Table 6과 같다. ‘비생물’이 61개(74.4%)로 가장 많았다. 생물을 탐구 대상으로 하는 경우에는 ‘식물’이 14개(17.1%)로 비교적 많았으며, ‘동물’은 4개(4.9%), ‘기타’는 3개(3.7%)로 비교적 적었다. 이러한 발생 비율의 차이는 통계적으로 유의미하였다($p < .05$).

‘비생물’의 사례로는 ‘소독제와 프로폴리스 간 비

Table 6. Analysis by the object of free inquiry (n=82)

탐구 대상	빈도(%)	χ^2	p	
생물	동물	4(4.9)	113.100	0.000
	식물	14(17.1)		
	기타	3(3.7)		
비생물	61(74.4)			

교 탐구’, ‘자기 부상의 요인과 속도의 관계’ 등이 있었다. 식물을 탐구한 사례에는 ‘로즈마리와 아이비를 이용한 교실 공기 정화 능력 최대화하기’가 있었고, 동물을 탐구한 사례에는 ‘구피 어항의 위해요소 관리를 위한 수질 분석 및 수초에 의한 수질 개선 효과’가 있었다. 균류와 같이 작은 생물을 탐구한 ‘기타’에는 ‘김치 유산균의 질소성분 분해 능력을 이용하여 녹조를 방지할 수 있을까?’가 있었다.

분석 결과, 비생물을 탐구 대상으로 하는 경우가 전체의 70% 이상으로 상당수를 차지하고 있음을 알 수 있었다. 초등학생들에게는 생물을 채집하거나 비교적 오랜 기간 기르며 관찰하는 것이 어렵기 때문에(이양락, 2004), 이러한 결과가 나타난 것으로 해석할 수 있다. 한편, 인간이나 동물을 대상으로 실험할 때에는 인간과 동물에 대한 존엄성을 침해해서는 안 되며, 적절한 존중과 조심성을 가져야 한다(Resnik, 1998). 이 연구에서도 이러한 내용이 일부 산출물에서 드러났다. 예를 들어, ‘먹이 환경에 따른 넓적 사슴벌레와 왕사슴벌레의 비교’ 탐구를 살펴보면, 버섯균사의 영향을 탐구하고자 하였음에도 버섯균사가 유충의 성장에 미치는 위험성을 미리 파악하여 유충을 톱밥에서 일정 시간 동안 사육한 후에 실험을 시작하였다. 반면, ‘친환경적 초파리 방제’ 탐구는 해충이라 할지라도 초파리라는 생명체를 죽이는 방법을 탐구 주제로 하는 것이 적절한가에 대한 논의가 필요한 사례이다. 또한 존중받아야 하는 실험 대상의 의미를 생명체로 확장하여 분석해 보면, ‘산성도에 따른 나뭇잎의 색소 추출 탐구’를 위해 나무에 달려 있는 잎을 따서 사용했다는 점에서 생명체인 탐구 대상을 존중하려는 노력이 부족했다고 볼 수 있다.

많은 학생들이 비생물을 탐구 대상으로 선정한 점과 생물을 탐구 대상으로 할 경우, 탐구 대상을 존중하려는 노력을 보인 점은 일반 학생보다 영재학생들의 연구윤리 의식이 높았던 결과(이진아와 유미현, 2013)와 관련이 있다. 하지만 일부 학생의 경우에는 생명체에 대한 존중 노력이 부족한 경우가 있었고, 산출물에 관련 내용이 기재되지 않아 생명체에 대한 존중 여부를 파악하지 못하는 경우가 있었다. 생명체에 대한 존중은 초등 과학영재학생들이 자유탐구를 진행할 때 반드시 지켜야 하는 사항이므로, 이와 관련된 내용을 산출물에 기재하도록 지도할 필요가 있다. 또한 자유탐구 과정 전

반에 걸쳐 적절한 연구윤리 교육과 지도가 지속적으로 이루어질 필요가 있다.

2. 자유탐구 산출물의 탐구 방법에 따른 분석

1) 탐구 집단

‘탐구 집단’에 따른 분석 결과(Table 7), ‘집단(11.0%)’보다 ‘개별(89.0%)’이 훨씬 많았으며, 그 차이가 통계적으로 유의미하였다($p < .05$). 즉, 자유탐구를 혼자서 진행하는 경우가 집단으로 진행하는 경우보다 훨씬 많았음을 알 수 있다. 연구 대상 학생들은 다양한 지역에 거주하고 있으며, 학생마다 다양한 사교육을 받고 있다. 따라서 각기 다른 지역에 거주하는 과학영재학생들이 학기 중에 정규 교육과정을 병행하며, 집단으로 자유탐구를 수행하기에는 물리적, 시간적 측면에서 어려움이 있다고 볼 수 있다. 그럼에도 과학영재학생들은 개별보다 집단으로 자유탐구를 수행하는 것을 선호하며(홍지혜와 홍훈기, 2013), 과학영재학생 조차도 실험 재료 및 공간, 탐구 시간과 능력 등이 부족하여 개별 자유탐구 과정에서 많은 어려움을 겪고 있다(박기수, 2019). 이와 함께 소집단 자유탐구의 효과성(천명기와 이봉우, 2018; 허상철과 김효남, 2018)을 고려한다면 소집단 환경에서의 자유탐구를 더 권장할 필요가 있다. 특히 ‘집단’에 해당하는 경우 중 다수가 특정 영재반에 몰려 있다는 점에서, 현 상황에서 집단 자유탐구를 권장하는 것이 충분히 가능하다고 볼 수 있다.

2) 탐구 방법

‘탐구 방법’에 따른 분석 결과는 Table 8과 같다. ‘실험 중심 탐구’가 69개(84.1%)로 가장 많았으며, 그 다음으로는 ‘기르기 중심 탐구’가 5개(6.1%)로 많았다. ‘관찰 중심 탐구’, ‘만들기 중심 탐구’, ‘탐사·탐방 중심 탐구’, ‘조사 중심 탐구’는 각 2개(2.4%)로 비교적 적게 나타났다. 이 발생 비율의 차이는 통계적으로 유의미하였다($p < .05$).

Table 7. Analysis by the group of free inquiry (n=82)

탐구 집단	빈도(%)	χ^2	p
개별	73(89.0)	49.951	0.000
집단	9(11.0)		

Table 8. Analysis by the activities of free inquiry (n=82)

탐구 방법	빈도(%)	χ^2	p
관찰 중심 탐구	2(2.4)	283.385	0.000
실험 중심 탐구	69(84.1)		
만들기 중심 탐구	2(2.4)		
기르기 중심 탐구	5(6.1)		
탐사·탐방 중심 탐구	2(2.4)		
조사 중심 탐구	2(2.4)		

‘실험 중심 탐구’의 구체적 사례로는 ‘pH가 연잎의 초소수성에 미치는 영향에 대한 연구’, ‘미니카경사면과 거리 관계’ 등이 있었다. ‘기르기 중심 탐구’의 사례는 ‘먹이환경에 따른 넓적 사슴벌레와 왕사슴벌레의 비교’이다. ‘관찰 중심 탐구’에는 ‘일조량에 따른 색종이의 명도와 채도 변화 비교’가 있었고, ‘만들기 중심 탐구’의 사례는 ‘틴트의 유해성 탐구와 천연 틴트의 개발’, ‘탐사·탐방 중심 탐구’에는 ‘양재천과 탄천에 서식하는 생태교란 식물과 수질정화 식물의 분포가 토양에 미치는 영향’이 있었으며, ‘조사 중심 탐구’에는 ‘미세 플라스틱, 마이크로 비즈의 문제점과 대체 물질’이 있었다.

‘실험 중심 탐구’, ‘만들기 중심 탐구’, ‘기르기 중심 탐구’는 탐구 방법에 따라 구분하기는 했지만, 엄밀하게 말하면 모두 ‘실험’을 중심으로 이루어진 탐구라 할 수 있다. 이러한 ‘실험’ 탐구가 대부분이었던 결과는 정규 과학 수업에서 진행되는 대부분의 탐구가 실험으로 이루어져 있어 초등학생들이 실험을 유일한 과학방법으로 인식(신미영과 최승언, 2008)하거나, 실험은 결과가 명확하고 직접 확인이 가능하여 과학 탐구에 적합하다고 인식(성혜진과 임희준, 2018)하고 있기 때문에 나타난 것으로 해석할 수 있다. ‘만들기 중심 탐구’가 비교적 적었던 것은 ‘실험 중심 탐구’보다 ‘만들기 중심 탐구’에서 창의적 설계와 제작 능력, 탐구 재료와 공간 등을 더 요구하여 초등 과학영재학생들이 수행하기에 어려운 측면이 있기 때문으로 보인다. ‘기르기 중심 탐구’의 경우에는 다른 탐구 방법에 비해 탐구 기간이 비교적 많이 소요되기 때문에 탐구 비율이 낮게 나타났다고 해석할 수 있다. ‘조사 중심 탐구’의 경우, 대체적으로 인터넷을 활용하여 수집한 정보를 단순히 재배치하는 것과 같이 다소 소극적인 조사 탐구를 진행하고 있었다. 이는 조사 중심

탐구를 진행한 학생들이 바람직한 조사 탐구 방법에 대해 잘 몰랐거나, 자유탐구에 대한 신체적 및 정신적 부담감으로 인하여 자유탐구에 대한 수행 의지와 노력이 부족했기 때문으로 보인다. ‘관찰 중심 탐구’가 가장 적었던 것은 이 탐구 방법이 기초 탐구능력을 바탕으로 진행되어 초등학교 고학년이 대부분인 연구 대상 과학영재학생들에게는 쉽고 간단한 활동으로 간주되었기 때문으로 해석할 수 있다. 한편 초등학생들이 실제 현장에서 사실적인 정보를 얻을 수 있어 ‘견학’을 과학 탐구로써 적합한 유형이라고 인식(성혜진과 임희준, 2018)함에도 불구하고, ‘탐사·탐방 중심 탐구’가 가장 적게 나타났다. 그 이유는 ‘탐사·탐방 탐구’가 수업 현장에서 활용되는 경우가 드물어 학생들의 경험이 적으며, 탐구 예산과 시간 등이 비교적 많이 소요되기 때문으로 해석할 수 있다(마혜린, 2013). ‘탐사·탐방’을 통해 학생들은 학습 현장과 학교 밖의 다양한 현장을 연계하여 장기적인 학습 효과를 얻을 수 있고, 통합교과적인 교육 효과 역시 얻을 수 있으므로(경기도 교육청, 2009), ‘탐사·탐방 중심 탐구’의 기회를 학생들에게 더 많이 제공할 필요가 있다.

3) 실험 반복 횟수

‘실험 반복 횟수’에 따른 분석 결과는 Table 9와 같다. ‘1회’가 63개(78.8%)로 가장 많았고, 그 다음으로는 ‘4회 이상(11.3%)’, ‘3회(6.3%)’, ‘2회(3.8%)’ 순으로 많았으며, 이 비율 차이가 통계적으로 유의미하였다($p<.05$). 즉, 연구 참여 학생들은 실험을 반복적으로 실시하기보다 1회만 실시하는 경향이 있음을 알 수 있다. 동일한 실험을 반복하여 실행하는 것은 실험 오차를 줄이고, 실험 결과의 신뢰성

Table 9. Analysis by the reiterating times of free inquiry experiment (n=80)

실험 반복 횟수	빈도(%)*	χ^2	p
1회	63(78.8)	124.200	0.000
2회	3(3.8)		
3회	5(6.3)		
4회 이상	9(11.3)		

* ‘조사 중심 탐구(n=2)’의 경우 실험을 활용하지 않으므로, 이를 제외한 80개에 대한 비율임.

과 재현성을 높이기 위함이다(양일호 등, 2009). 이런 점에서 2회 이상 실험을 반복한 경우가 20% 정도 된 점은 바람직하다고 할 수 있다. 특히 ‘4회 이상’ 실험을 반복하여 측정값의 평균을 활용함으로써 실험의 오차를 줄이고자 한 점은 모범 사례가 될 수 있다. 그럼에도 실험을 ‘1회’만 실시한 경우가 가장 많이 나타난 것은, 영재학생들이 실험 반복 계획을 거의 고려하지 않았던 연구 결과(Shin *et al.*, 2004)와 일치한 결과라 할 수 있다. 이는 과학영재학생들이 반복 실험의 필요성과 중요성에 대한 인식이 부족했거나, 절차가 주어지는 수업에 익숙하고 주도적으로 실험을 설계해본 경험이 부족했기 때문에 나타난 결과로 보인다(양일호 등, 2009). 따라서 교사는 자유탐구뿐만 아니라, 과학영재교육의 전반적인 과정에서 실험 반복의 필요성에 대해 지속적으로 지도할 필요가 있다.

4) 탐구 기간

‘탐구 기간’에 따른 분석 결과를 Table 10에 제시하였다. 탐구 기간이 명시되지 않은 ‘미기재’가 62개(75.6%)로 가장 많았다. 그 다음으로는 ‘1개월~6개월’이 11개(13.4%), ‘1주~1개월’이 5개(6.1%), ‘1주 이내’가 3개(3.7%), ‘6개월~1년’이 1개(1.2%)로 나타났다. 자유탐구는 3월부터 12월까지 비교적 긴 기간 동안 이루어지는 활동이나, 실제 탐구 기간은 과학영재학생의 여건에 따라 차이가 있음을 알 수 있다. 탐구 주제별로 수행되는 기간이 다소 달라 어느 정도의 탐구 기간이 적당한지에 대해서는 명확하게 말하기 어렵다. 하지만 탐구 기간 또한 탐구 산출물에서 제공해야 하는 중요한 정보임을 학생들이 인식할 필요는 있다. 또한 ‘실험 반복 횟수’와 관련하여 탐구 기간이 지나치게 길 경우, 실험 통제의 어려움과 다른 변수 발생 가능성이 높아 실험 실패의 가능성이 높고, 반복 실험이 어려울 수

있다. 따라서 지나치게 탐구 기간이 길지 않도록 지도하는 동시에 탐구 기간을 산출물에 기재할 수 있도록 안내할 필요가 있다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 초등 과학영재학생의 자유탐구 산출물을 탐구 내용 및 방법에 따라 분석하였다. 탐구 내용에 따른 분석 결과, 해당 학생보다 상위학년의 과학 지식을 포함한 경우보다 포함하지 않은 경우가 많았으며, 학년 간 과학 지식을 연계한 경우보다 연계하지 않은 경우가 많았다. ‘과학 학문 영역’에서는 교과 및 영역 간 융합을 한 경우와 ‘운동과 에너지’ 영역이 비교적 많았던 반면, ‘지구와 우주’ 영역은 가장 적었다. ‘개발 및 발명’보다 ‘과학적 사실 탐구’를 목적으로 하거나, ‘생물’보다 ‘비생물’을 탐구 대상으로 하는 경우가 많았다. 탐구 방법에 따른 분석 결과에서는 집단보다 개별로 ‘실험 중심 탐구’를 활용하여 자유탐구를 진행하는 경우가 많았다. 또한 실험을 단지 1회만 실시하거나, 탐구 기간을 명시하지 않은 경우가 많았다.

이상의 결과는 자유탐구와 관련된 연구 및 초등 과학영재교육에서의 자유탐구 지도와 관련하여 다음과 같이 의미 있는 시사점을 제공할 수 있다.

우선 이 연구는 학생들의 자유탐구 산출물을 분석하는 방향에 대한 구체적인 시사점을 제공할 수 있다. 즉, 이 연구에서는 기존 연구와 달리 자유탐구 산출물을 탐구 내용과 방법에 따라 체계적으로 유형화하였다. 그리고 탐구 수행 과정에서 요구되는 과학 지식 수준이 과학과 교육과정의 어느 학년에 해당하는지, 다른 학년 과학 지식과의 연계성이 있는지를 유형화하였다. 기존의 탐구 동기 분석을 넘어 실제 산출물에서 드러나는 탐구 목적을 유형화하고 분석함으로써, 학생들의 자유탐구 목적을 파악할 수 있었다. 학생들이 탐구하는 대상과 탐구를 수행하는 집단의 형태를 분석하여 특성을 파악할 수 있었고, 실험 반복 횟수 및 탐구 기간을 파악하여 탐구의 질적 완성도를 확인할 수 있는 기준을 제시하였다. 따라서 이 연구에서 제시한 분석 기준은 향후 초, 중등 일반 및 과학영재학생들의 자유탐구 산출물을 체계적으로 분석하는 데 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

이 연구의 결과는 일반 및 과학영재학생들의 자

Table 10. Analysis by the period of free inquiry (n=82)

탐구 기간	빈도(%)	χ^2	p
1주 이내	3(3.7)		
1주~1개월	5(6.1)		
1개월~6개월	11(13.4)	166.000	0.000
6개월~1년	1(1.2)		
미기재	62(75.6)		

유탐구 지도 방안을 모색하는 데 실질적이고 의미 있는 정보를 제공할 수도 있다. 즉, 이 연구에서는 초등 과학영재학생들이 수행한 자유탐구 결과물의 특성을 다양한 관점에서 상세히 분석했으므로, 이 연구의 결과를 활용하여 초등 과학영재교육에서 자유탐구를 효과적으로 지도할 수 있을 것이다. 예를 들어 여러 학년의 과학 지식 간 연계성이 부족한 것으로 나타났으므로, 초등 과학영재학생들이 단순한 속진 학습을 넘어 정규 교육과정에서 배운 과학 개념을 심화시키거나, 상위 학년의 개념과 연계하여 탐구할 수 있는 주제를 선정하도록 지도할 필요가 있다. 또한 교육과정과 관계없이 일상생활에 관련한 탐구 사례와 여러 학문 영역을 융합한 탐구 사례가 많았던 것은 영재교육의 목표 중 하나가 융합형 인재 양성이란 점에서 바람직한 결과이므로, 일상생활과 관련된 융합적인 주제 선정을 장려할 필요가 있다. 현실적 여건 한계로 인한 집단 탐구의 어려움 때문에 개별 탐구가 많았으므로, 개별 자유탐구 과정에서 학생들이 겪는 어려움이나 개별 탐구 지도 과정에서 교사가 겪는 어려움을 해소하는 데 필요한 도움을 적절히 제공해야 할 것이다. 학생들에게 집단 탐구의 효과성을 설명하거나, 영재교육기관의 토요 수업 및 캠프 프로그램 내에서 집단 탐구를 진행하거나, 온라인 매체를 활용한 집단 상호작용을 시도하는 것과 같이 집단 탐구를 위한 환경을 조성함으로써 집단 탐구를 장려할 필요도 있다. 실험을 반복하여 진행하지 않거나, 탐구 시간을 명시하지 않은 경우도 많았으므로, 학생들에게 실험 반복이나 탐구 시간 기재의 필요성과 중요성에 대한 교육을 강화할 필요가 있다. 탐구 대상이 생물인 경우에는 학생들이 탐구 대상을 존중하면서 탐구를 진행할 수 있도록 지도할 필요도 있다. 또한 특정 탐구 목적이나 방법에 치중하여 자유탐구를 진행하는 경향이 있었으므로, 좀 더 다양한 탐구 목적과 방법을 활용하여 자유탐구를 진행하도록 지도해야 할 것이다. 이를 위해 비교적 적게 나타난 자유탐구 목적이나 방법을 적극 활용할 수 있는 방안을 모색하여 적용할 필요가 있다. 탐구 목적과 방법에 따른 모범 사례를 선정하여 학생들에게 소개하는 것이 한 가지 방법일 수 있다. 가령, 전문가 면담 등을 통한 자료 수집 과정과 조사 정보의 재구성을 통한 자료 분석 과정 등을 통해 보다 적극적이고 능동적으로 조사 중심 탐구를

진행하도록 지도할 필요가 있다. 또한 탐사·탐방 탐구 사례를 발굴하여 제시하거나, 캠프, 박물관 및 과학관 견학 등 영재교육의 탐방 프로그램과 연계하여 탐사·탐방 중심 탐구를 수행할 수 있는 기회를 제공할 수 있을 것이다.

한편, 이 연구는 특정 집단에 한정하여 자유탐구 산출물을 분석하였으므로, 이 연구의 결과를 일반화하기는 어렵다. 그럼에도 이 학생들의 역량과 경제적 환경이 전국 초등 과학영재교육 대상자 중 최상위권임을 고려할 때, 이 학생들의 자유탐구 산출물을 분석한 결과와 이에 기반하여 도출한 시사점은 의미가 있다고 생각할 수 있다. 이 연구에서는 초등 과학영재학생들의 자유탐구 산출물을 통해 확인이 가능한 생명윤리 측면에 한하여 연구윤리 측면을 분석하였으므로, 추후에는 연구 수행과정 윤리, 생각과 표현의 윤리 등의 좀 더 다양한 연구 윤리 측면(이진아와 유미현, 2013)에서 자유탐구 수행 과정과 산출물의 특성을 분석하는 연구가 필요하다.

참고문헌

- 경기도 교육청(2009). 초등과학 자유탐구 지도자료. 수원: 경기도 교육청.
- 교육과학기술부(2007). 초등학교 과학과 해설서. 서울: 교육과학기술부.
- 권현영, 김효남(2016). 초등학교 과학과 자유탐구에 대한 실태 및 효과 분석. 한국초등교육, 27(1), 153-172.
- 김민지, 강훈식(2019). 초등 과학영재 학생과 일반 학생의 과학 동시 특성 및 과학 동시 쓰기에 대한 인식 비교. 초등과학교육, 38(1), 130-148.
- 김알음, 천재순(2015). 구조중심 협동학습을 적용한 초등학교 과학 자유 탐구 수업 프로그램 개발 및 적용. 학습자중심교과교육연구, 15(11), 21-46.
- 김재윤, 임희준(2011). 초등학생들이 수행한 자유 탐구의 특징과 문제점 분석. 교과교육학연구, 15(2), 535-554.
- 마혜린(2013). 자유탐구보고서에 나타난 초등학생의 자유탐구 수행 특성 분석. 이화여자대학교 석사학위논문.
- 박기수(2019). 과학영재 자유탐구 지도의 실행연구: 학생들의 수행 중 어려움과 교사의 지도 방안을 중심으로. 서울대학교 박사학위논문.
- 박소영(2014). 초등학교 과학과 자유탐구에 관한 교사들의 관심도 분석. 수산해양교육연구, 26(1), 134-147.
- 박재용, 이기영(2011). 중학교 과학 자유탐구 수행실태

- 및 교사와 학생의 인식. *교과교육학연구*, 15(3), 603-632.
- 박종선, 송영욱, 김범기(2011). 초등학생들이 선정한 자유탐구활동 주제 분석. *한국과학교육학회지*, 31(2), 143-152.
- 박종원(2009). 과학영재를 위한 사사교육 준비와 유형에 대한 논의. *과학영재교육*, 1(3), 1-19.
- 성혜진, 임희준(2018). 과학 탐구 활동의 유형과 과학 탐구의 특징에 대한 초등학생의 인식. *초등과학교육*, 37(4), 391-401.
- 손정우, 이봉우, 이인호, 최원호, 신영준, 한제영, 최정훈(2009). 초등과학영재 판별도구의 개발과 이해. 서울: 북스힐.
- 신미영, 최승연(2008). 8학년 학생들의 탐구 보고서에 나타난 과학방법의 특징. *한국지구과학회지*, 29(4), 341-351.
- 신현화, 김효남(2010). 초등학교 과학과 자유탐구 활동에서 교사와 학생이 겪는 어려움 분석. *초등과학교육*, 29(3), 262-276.
- 양일호(2010). 한편으로 끝내는 초등과학 자유탐구 3-6학년. 파주: 아울북.
- 양일호, 류설진, 임성만(2009). 생물학자와 과학영재의 실험실계활동에서 나타나는 과정요소 및 특성 분석. *과학교육연구지*, 33(2), 272-289.
- 양일호, 최현, 임성만(2014). 좋은 과학 영재 수업에 대한 학생과 교사의 생각 비교. *한국과학교육학회지*, 34(1), 10-20.
- 윤현정, 김희백(2018). 자유탐구 활동에서 나타난 과학고등학교 학생들의 인식적 목표, 인식적 이해와 추론의 복잡성 탐색. *한국과학교육학회지*, 38(4), 541-553.
- 이국환, 김효남(2014). 초등학교 4학년 자유탐구 활동에서 자기주도적 과학 탐구 노트의 활용 효과 분석. *한국초등교육*, 25(1), 133-149.
- 이봉우, 손정우(2017). 과학영재 발굴·육성 종합계획 성과분석을 통한 과학영재교육 발전방안 탐색. *한국과학교육학회지*, 37(5), 775-785.
- 이신동, 이정규, 박춘성(2019). 최신 영재교육학개론. 서울: 학지사.
- 이양락(2004). 과학과 교육내용 적정성 분석 및 평가. 한국교육과정평가원 연구보고 RRC 2004-1-6.
- 이은선, 정은영(2016). 중등 예비 과학 교사의 자유 탐구 활동 중에 겪은 어려움과 인식 조사. *생물교육*, 44(4), 763-774.
- 이정희, 김효남(2018). 자유 탐구 단계별 점검표 활용이 과학 영재의 메타인지와 과학 정의적 영역에 미치는 효과. *교육과학연구*, 20(2), 341-362.
- 이진아, 유미현(2013). 초·중등 영재학생의 연구윤리 의식 조사. *영재교육연구*, 23(4), 593-614.
- 이효녕, 조현준(2008). 과학영재교육에서 자율탐구활동의 의미와 중요성에 대한 이론적 고찰. *과학교육연구지*, 32(2), 33-50.
- 정지연, 노석구(2017). 과학사를 활용한 자유탐구 프로그램이 초등학생의 가설설정 및 변인 통제 능력에 미치는 영향. *학습자중심교과교육연구*, 17(4), 193-214.
- 천명기, 이봉우(2018). 소집단 자유 탐구에서 과학적 탐구 문제 발견 과정의 특징 분석. *한국과학교육학회지*, 38(6), 865-874.
- 허상철, 김효남(2018). 자유탐구활동의 소집단 구성방법이 과학 학습 동기와 과학 정의적 영역 성취도에 미치는 영향. *청람과학교육연구논총*, 24(1), 1-16.
- 허정운, 이상천, 최규성(2003). 영재 학생들의 Mentorship 교육에 관한 연구. *영재교육연구*, 13(3), 45-68.
- 홍지혜, 홍훈기(2013). 중학교 과학영재 학생들의 자유탐구에 대한 인식과 실태. *영재교육연구*, 23(3), 373-386.
- 황선우(2016). 초등과학영재들이 수행한 창의 산출물의 특징 분석. *경인교육대학교 석사학위논문*.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12.
- Kholilurrohman, K. & Suryadarma, IGP. (2019). The effect of modified free inquiry approach on student's process skill and science attitudes. *Journal of Science Education Research*, 3(1), 67-80.
- Resnik, D. B. (1998) *The ethics of science: An Introduction*. New York: Routledge.
- Shin, M., Park, J., Jung, H. & Heo, N. (2004). Rethinking the high ability students to foster their scientific research skill: Through an experimental designing test. *The Journal of The Korean Earth Science Society*, 25(8), 674-683.
- Worrell, F. C., Subotnik, R. F., Olszewski-Kubilius, P. & Dixson, D. D (2019). Gifted students. *Annual Review of Psychology*, 70, 551-576.

양현정, 서울영중초등학교 교사(Yang, Hyunjeong; Teacher, Seoul Youngjoong Elementary School).

† 강훈식, 서울교육대학교 교수(Kang, Hunsik; Professor, Seoul National University of Education).