

# 과학영재들이 문제발견 과정에서 나타내는 과학개념 연결방식과 융합적 사고의 특징

박미진 · 서혜애\*

부산대학교

## How the Science Gifted Connect and Integrate Science Concepts in the Process of Problem Finding

Mi-jin Park · Hae-Ae Seo\*

Pusan National University

**Abstract** : The study aimed to investigate how the science gifted connect and integrate science concepts in the process of problem finding. Research subject was sampled from 228 applicants for a science gifted education center affiliated with a university in 2015. A creative problem solving test (CPST) in science, which administered as an admission process, was utilized as a reference to sample two groups. Sixty-seven students from top 30% in test scores were selected for the upper group and 64 students from bottom 30% in test scores were selected for the lower group. The CPST, which was developed by researchers, included one item about how to connect two science concepts among eight science concepts, sound, electricity, weight, temperature, respiration, photosynthesis, weather, and earthquake extracted from elementary science curriculum. As results, there were differences in choosing two concepts among four science major areas. The ways of connecting science concepts were characterized by three categories, relation-based, similarity-based, and dissimilarity-based. In addition, relation-based was characterized by attributes, means, influences, predictions, and causes; similarity-based was by attributes, objects, scientific principles, and phenomena, and dissimilarity-based was by parallel, resource, and deletion. There were significant ( $p < .000$ ) differences in ways of connecting science concepts between the upper and the lower groups. The upper group students preferred connecting science concepts of inter-science subjects while the lower group students preferred connecting science concepts of intra-science subject. The upper group students showed a tendency to connect the science concepts based on similarity. In contrast, the lower group students frequently showed ways of connecting the science concepts based on dissimilarity. In particular, they simply paralleled science concepts.

**keywords** : science gifted, problem finding, connecting science concepts, integrated thinking

### I. 서론

과학은 역사를 통해 과거에서부터 오늘날에 이르기까지 자연현상을 탐구하는 것과 함께 복잡한 사회 문제를 해결하는데 중요한 역할을 해왔다. 초기 과학

은 자연현상을 발견하고 탐구하는 대상으로 삼았으며, 자연현상 그 자체를 하나의 통합체로 이해하려고 시도하였다(Kang *et al.*, 2007). 그 후 과학은 발전하는 과정에서 탐구하는 대상에 따라 영역별로 세분화되고 전문적으로 진보하였으며, 그 결과 물리, 화

\*교신저자: 서혜애(haseo@pusan.ac.kr)

\*\*이 논문은 박미진의 2016년도 박사 학위논문의 데이터를 활용하여 재구성하였음.

\*\*\*2018년 6월 25일 접수, 2018년 8월 6일 수정원고 접수, 2018년 8월 27일 채택

<http://dx.doi.org/10.21796/jse.2018.42.2.256>

학, 생물, 지구과학 등의 각 과학영역들은 영역 간 경계를 만들어냈다(Aikenhead, 1994; Choe & Joo, 2007; Kim & Kim, 2011).

오늘날 과학영역들은 더 많은 하위영역으로 서로 분리되고 있다. 각 영역들을 더욱 독립적이고 독자적으로 접근하려는 시도들로 인해, 세분화되고 전문화된 과학영역들이 오히려 복잡한 사회문제를 해결하고 미래 과학을 발전시키는데 걸림돌이 된다는 비판을 받고 있다(Lee, 2005). 과학을 세분화하고 전문화하려는 시도가 인류의 복잡한 사회문제를 해결하는데 어려움을 초래할 수 있다는 논의가 이루어지고 있다는 것이다. 이에 과학영역 간 경계를 넘나드는 통합적 관점과 융합적 사고가 새롭게 주목받고 있다.

우리나라 과학과 교육과정은 과학에 대한 통합적 접근을 구체적으로 시도해오고 있다. 2009 개정 과학과 교육과정은 고등학교 선택교과로 융합형 ‘과학’을 도입하였다(MEST, 2009). 이 ‘과학’ 교과는 ‘우주와 생명’과 ‘과학과 문명’의 두 부분으로 구분되며, 물리, 화학, 생명과학, 지구과학의 기본 개념들이 적절히 균형을 이루면서 자연스럽게 융합되도록 구성되어 있다. 이 교과는 학생들이 과학개념을 통합적으로 이해하고, 일상생활에서의 문제해결력을 신장하는데 중점을 두었다. 나아가 2015 개정 과학과 교육과정에서 신설된 ‘통합과학’ 교과는 우리 주변의 자연현상과 현대사회의 문제에 대한 통합적 이해를 추구하고 합리적으로 판단하는 능력을 기르는 데 중점을 두고 있다(MOE, 2015). 이와 같이 학교 과학교육에서는 과학영역 간 통합적 관점과 융합적 사고를 강조하고 있다.

과학개념은 과학법칙과 과학이론을 형성하는 요소이다. 뉴턴(I. Newton)의 역학이론은 질량, 힘, 속도, 가속도, 운동량, 에너지 등의 과학개념들로 구성되어 있다(Kwon *et al.*, 2012). 과학개념과 과학이론 가운데 어느 것이 먼저 형성되었는지를 단정할 수는 없지만, 과학개념들이 과학이론을 구성한다는 것은 분명한 사실이다(Kwon *et al.*, 2012). 즉, 일부 과학개념은 새로이 형성된 과학이론을 설명하기 위해 생성되는 한편, 현존하는 과학개념을 연결하여 새로운 과학이론을 창조할 수도 있다.

실제 과학자들은 새로이 관찰된 현상을 기존의 과

학개념과 비교하여 유사성과 비유사성에 기반한 추론으로 과학적 문제를 발견하고 해결하는 것으로 논의되고 있다(Kim, Seo & Park, 2013). 이 연구에 따르면, 영(T. Young)은 수면파에서 나타나는 회절 현상과 빛에서 보이는 회절 현상에 대한 유사성에 근거한 추론을 통해 빛이 파동의 성질을 가진다는 빛의 파동성을 증명하였으며, 카르노(S. Carnot)는 열 엔진과 수력 엔진의 유사성과 비유사성을 분석하여 열효율 개념을 형성하였다. 따라서 과학개념들을 통합적으로 이해하고 융합적으로 연결하는 일은 새로운 과학이론이나 과학법칙을 만들어내는 창의적 사고과정으로 볼 수 있다. 이러한 맥락에서 과학영재들이 과학개념들을 연결하여 새로운 과학적 문제를 발견하는 과정을 심층적으로 분석한 결과는 이들의 융합적 사고방식의 특징을 연구할 수 있는 중요한 단서가 될 것이다. 또한 이러한 과학의 통합적 관점과 융합적 사고과정은 과학교육, 나아가 과학영재교육에서 중요하게 다루어야 할 부분이다.

그러나 융합 관련 국내 선행연구 대부분이 과학과 과학의 융합보다 과학과 타 학문과의 융합을 더 강조하고 있다. 이와 관련된 최근 선행연구들은 주로 STEAM교육에 대한 연구들(Baek *et al.*, 2012; Lee *et al.*, 2012; Park, Lim & Chung, 2013; Park *et al.*, 2012; Song & Na, 2014; Yang & Kwon, 2014)이었다. 이들 STEAM교육 연구는 과학과 타 학문과의 융합에 대한 교육프로그램의 개발과 적용, 프로그램의 교육효과성에 대한 것으로 나타났다. 개발한 STEAM교육 프로그램이나 수업주제에서 이미 정해놓은 과학과 타 학문들을 융합하는 방식을 체험하도록 개발하고 이에 대한 교육효과성을 논의하는 것으로 고찰되었다. 이러한 연구결과들로부터 과학영재들이 실제 과학개념들을 상호 연결하고 융합하면서 과학적 문제를 발견하고 해결하는데 적용하는 사고방식의 특징들을 살펴보기에는 한계가 있는 것으로 보인다.

따라서 과학영재들이 실제 문제발견 과정에서 과학개념을 연결하고 융합하는 방식을 다각도로 고찰할 필요가 있다. 학문의 융합은 학문 간 유사성에 근거하여 이루어진다. Kim(2015)의 연구에 따르면, 학문이 융합되는 방식에는 첫째, 융합을 시도하는 학문

이 자신의 성질을 유지하면서 다른 학문의 성과를 활용하는 방식이 있다. 둘째, 서로 다른 학문이 유사성을 공유하면서 융합하여 새로운 학문 영역을 창출하는 방식이 있다. 이때, 새로이 생성된 학문은 기존 학문의 성질을 유지하면서 확장되는 것으로 본다. 셋째, 학문을 융합한 결과로 완전히 새로운 독자적인 학문을 생성시키는 방식이 있다. 따라서 개념을 연결하는 방식으로도 개념 그 자체의 의미를 유지하거나, 개념들을 연결하거나, 개념들을 연결하여 확장된 새로운 개념으로 융합시키거나, 사용한 개념과 전혀 다른 새로운 개념을 창출할 수 있을 것이다.

개념을 연결하고 융합하는 방식에는 유추(analogy)와 조합(combination)의 사고과정이 있다(Welling, 2007). 유추는, 창의적 사고과정의 특징으로서, 일반적인 상황에서 설명되는 개념의 구조를 다른 새로운 상황으로 교환하여 창의적으로 설명하는 것으로 정의할 수 있다. 조합은 두 개 또는 그 이상의 개념들을 결합하고 통합하여 새로운 한 개념을 만들어 내는 것으로 정의된다(Welling, 2007). 이들 정의에 비추어 볼 때, 개념들을 연결하는 과정에서 적용되는 유추와 조합의 차이점은 새로운 개념을 생성하는지의 유무로 볼 수 있다. 유추는 일반적인 상황에서 설명되는 기존 지식을 활용하여 새로운 상황에서 창의적으로 설명하는 것으로, 새로운 개념을 생성하지는 않는다. 그러나 조합은 두 개 또는 그 이상의 개념을 통합하여 새로운 개념을 생성해내는 것이다. 즉, 조합은 필연적으로 새로운 개념의 구조를 생성해내야 한다. 따라서 조합은 새로운 개념을 생성한다는 측면에서 유추와 구분되며, 이로 인해 조합은 유추보다 더 높은 수준의 창의적 사고과정이라 할 수 있다.

개념을 연결하고 융합하는 또 다른 방식으로 유추적(analogical) 접근이 있다(Scott, Lonergan & Mumford, 2005). 유추적 접근은 대상 또는 개념의 특징을 탐색하는 과정(search features)과 개념을 연결하는 과정(map concepts)을 포함한다. 이러한 유추적 접근을 활용하여 개념을 연결하고 융합하는 과정은 다음과 같이 5가지로 구체화할 수 있다. 첫째, 개념의 주된 특징이나 성질을 찾아낸다(identification). 둘째, 한 개념에서 발견한 특징들을 다른 개념에서 발견한 특징들과 연결시킨다

(mapping). 셋째, 연결된 특징들을 새로운 상황에 적용하여(application) 새로운 개념을 만들어낸다. 넷째, 새로운 개념에 대한 추가적 특징을 정의하여 새롭게 나타나는 특징을 정교화한다(elaboration). 다섯째, 새로이 나타난 특징을 포함하는 새로운 개념으로 수정한다(revision).

사례기반(case-based) 접근 또한 개념을 연결하고 융합할 때 활용하기도 한다(Scott, Lonergan & Mumford, 2005). 사례기반 접근에 따른 개념 융합의 방식은 다음과 같은 과정을 거친다. 첫째, 이용되는 목표, 문제 상황의 특징을 검토하여 관련된 원인, 불확실성, 자원, 제한점을 확인한다. 둘째, 이용 가능한 이전 사례를 검토하고, 다른 목표와 결과에 대해 이전 사례가 지니는 강점과 약점을 확인한다. 셋째, 이전 사례에서 확인된 원인, 불확실성, 자원, 제한점을 사용하여 초기 해결 모델을 구성한다. 넷째, 새롭게 만든 초기 해결 모델을 사용하여 결과를 예측한다. 다섯째, 예측한 결과로 초기 해결 모델을 수정하여 최종본을 만들어낸다. 사례기반 접근 역시 이전 사례를 분석하여 유사점과 차이점을 찾아내고 이를 활용하여 새로운 해결 모델을 만들어낸다는 부분이 특징적이다. 따라서 융합을 할 때에는 기존 개념이나 이론의 속성을 이해하고 분석하여 활용할 필요가 있음을 시사한다.

과학에는 여러 하위영역들이 존재한다. 이들 하위영역들은 유사성을 공유하며 상호 융합하여 새로운 영역을 지속적으로 생성해 오고 있다. 이 과정에서 통합적으로 연결하고 융합적으로 사고하는 일은 필수적이다. 개념들을 통합하고 융합하는 방식들은 다양하지만, 공통적으로 사용되는 사고방식은 유사성을 바탕으로 하는 유추라 할 수 있다. 유추적 사고는 과학개념을 융합하는 과정에서뿐만 아니라 창의적 문제를 발견하는 과정에서도 중요한 역할을 한다(Runco, 2007).

과학영재들이 과학개념을 연결하고 융합하는 학습을 경험하는 것은 과학자들이 서로 다른 과학개념을 융합하여 새로운 과학이론을 창조하는 과정을 체험하는 것으로 볼 수 있다. 이러한 측면에 비추어 볼 때, 과학영재교육에서 과학개념을 통합적으로 연결하고 융합하여 창의적으로 문제를 발견하고 해결하

도록 하는 학습활동은 상당한 의미를 지닌다. 따라서 과학영재교육에서 융합적 사고를 효과적으로 지도하기 위해서는 과학영재가 어떻게 과학개념을 연결하고 융합하는지를 이해할 필요가 있다.

융합은 서로 다른 것을 연결하여 새로운 것을 생성하는 것이다. 문제를 발견하고 형성하는 과정은 창의적 사고의 핵심이며, 실제 문제를 인지하는 것 그 자체가 대단한 발견이다(Einstein & Infeld, 1938; Polanyi, 1958). 과학영재들이 제시한 과학적 질문이 사회적 차원에서는 독창적이지 않을 수 있으나, 과학영재 개인적 차원에서는 새로움을 가질 수 있다. 따라서 과학영재들이 서로 다른 과학개념들을 연결하여 과학적 문제를 발견하는 과정을 융합으로 볼 수 있을 것이다.

이에 본 연구에서는 과학영재들이 과학개념을 연결하여 문제를 발견하는 과정에서 나타나는 과학개념 연결방식을 분석하고자 한다. 구체적으로 과학영재들이 과학개념을 연결하는 과정에서 유사성을 추출하는 방식과 과학개념을 융합할 때 나타나는 특징들을 분석하고 이를 통해 과학영재의 융합적 사고의 특징을 도출하고자 한다. 이 연구결과는 과학교육, 과학영재교육에서 융합적 사고를 신장시키고 나아가 과학 창의·융합 교육프로그램을 개발하는데 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상

본 연구는 광역시 소재 대학부설 과학영재교육원의 2015학년도 초등 및 중등 심화과정 선발과정에 지원한 821명 가운데 중등 물리, 화학, 생물, 지구과학 전공별로 지원한 총228명을 모집단으로 설정하였다. 이들이 선발과정 1차전형에서 응시한 과학 창의적 문제해결력 검사의 점수를 기준으로, 상위 30%에 속하는 67명을 상위집단으로 하위 30%에 속하는 64명을 하위집단으로 구분하고, 이 두 집단에서 속하는 총131명을 연구대상으로 선정하였다.

본 연구에서 표집한 상위(합격자) 및 하위(불합격자)집단 연구대상의 성별, 학년별, 지원한 중등 심화과정 전공별 분포는 Table 1과 같다. 연구대상의 상위집단 67명은 선발과정 1차전형의 교사추천서, 생활기록부, 자기소개서에 대한 서류평가와 과학 창의적 문제해결력 검사의 창의성 평가 및 2차전형의 심층면접에 합격한 학생들로 구성되었다. 하위집단 64명은 선발과정 1차전형(정원 2배수) 또는 2차전형(최종 합격자)에 불합격한 학생들로 구성되었다. 상위집단의 83.6%와 하위집단의 74.3%에 해당되는 학생들

Table 1. Research subject information

구분	상위(합격자)집단					하위(불합격자)집단					
	물리 (n=17)	화학 (n=19)	생물 (n=18)	지구과학 (n=13)	전체 (n=67)	물리 (n=19)	화학 (n=20)	생물 (n=17)	지구과학 (n=8)	전체 (n=64)	
성별	남	17 (100.0)	10 (52.6)	8 (44.4)	9 (69.2)	44 (65.7)	16 (84.2)	13 (65.0)	6 (35.3)	6 (75.0)	41 (64.1)
	여	0 (0.0)	9 (47.4)	10 (55.6)	4 (30.8)	23 (41.8)	3 (15.8)	7 (35.0)	11 (64.7)	2 (25.0)	23 (35.9)
학년	초6	13 (76.5)	14 (73.7)	12 (66.7)	10 (76.9)	49 (73.1)	14 (73.7)	15 (75.0)	13 (76.5)	7 (87.5)	48 (75.0)
	중1	4 (23.5)	5 (26.3)	6 (33.3)	3 (23.1)	18 (26.9)	5 (26.3)	5 (25.0)	4 (23.5)	1 (12.5)	16 (25.0)
영재교육 경험	있음	16 (94.1)	16 (84.2)	14 (77.8)	10 (76.9)	56 (83.6)	18 (94.7)	12 (60.0)	12 (70.6)	5 (62.5)	47 (73.4)
	없음	1 (5.9)	3 (15.8)	4 (22.2)	3 (23.1)	11 (16.4)	1 (5.3)	8 (40.0)	5 (29.4)	3 (37.5)	17 (26.6)
합계	17 (100.0)	19 (100.0)	18 (100.0)	13 (100.0)	67 (100.0)	19 (100.0)	20 (100.0)	17 (100.0)	8 (100.0)	64 (100.0)	

은 영재교육을 받은 경험이 있는 학생들이었다. 나머지 영재교육을 받은 경험이 없는 학생들은 단위학교 내에서 학교장의 추천으로 영재교육 대상자로서의 가능성을 인정받은 학생들이었다. 이들은 단위학교에서 인지적·정의적 측면에서 상위집단에 속한다고 볼 수 있다. 따라서 불합격자 집단을 영재집단으로 간주하되 수준을 다르게 설정하는 것이 타당한 것으로 판단하였다.

## 2. 검사도구 및 자료분석

### 1) 검사도구

본 연구의 검사도구는 선발과정 1차전형에서 창의성을 평가하기 위해 실시한 과학 창의적 문제해결력 검사의 문항으로 개발하였다. 과학 창의적 문제해결력 검사도구는 과학에서의 창의적 문제해결 과정과 과학자의 창의적 수행 과정에 대한 선행연구를 바탕으로 창의적 문제해결 과정의 특징이 잘 반영되도록 개발하였다. 이 과학 창의적 문제해결력 검사도구는 다음의 4가지 측면을 고려하여 개발되었다. 첫째, 창의적 문제해결은 선행 과학지식의 영향을 받는다. 둘째, 창의적 문제해결은 현재의 과학지식을 적용하고 재구성하는 과정을 포함한다. 셋째, 창의적 문제해결은 비구조화된 문제를 해결할 때 이루어진다. 넷째, 창의적 문제해결은 창의적 사고의 다양한 요소들을 조화롭게 사용할 때 가능하다.

과학 창의적 문제해결력 검사도구의 문항은 문제 발견과 문제해결의 두 단계로 구분된다. 문제발견 단계는 제시된 과학개념 8개 가운데 가장 선호하는 개념 2개를 선택하고, 선택한 과학개념 2개로 최대한 많은 수의 과학적 질문을 만드는 과정으로 개발하였다. 문제해결 단계는 과학적 질문들 가운데 가장 선호하는 질문 5개를 선택하여 각 과학적 질문에 대한 가설을 설정하고 이 가운데 가설 1개를 선택한 후 변인설정, 자료수집 및 자료분석과 이에 기초하여 결과예상, 결론도출을 하는 과정으로 구성하였다. 본 연구에서는 연구대상이 문제발견 단계에서 제시한 과학적 질문을 분석하였다.

검사도구 문항의 문제발견 단계에 제시된 과학개

념 8개는 초등과학 교육과정에서 물리, 화학, 생명과학, 지구과학의 과학영역을 고려하여 추출하였다. 연구대상이 가지고 있는 다양한 수준의 선행지식의 영향을 최소화하기 위해, 초등과학 교육과정에서 과학개념들을 추출하였다. 이 과학개념들은 소리, 전기, 무게, 온도, 호흡, 광합성, 지진, 날씨를 포함한다. 검사도구의 문항은 먼저, 연구대상이 과학개념 8개 가운데 가장 선호하는 과학개념 2개를 선택한 후, 과학자들이 자연에서 어떤 현상이 왜 일어나는지에 대해 질문하고 연구하는 것과 같이, 선택한 과학개념 2개를 연결하여 궁금한 것을 가능한 많이 생각해내고 이를 의문형 문장으로 진술하도록 하였다. 과학 창의적 문제해결력 검사도구 문항의 내용타당도는 과학 영재교육 전공 교수 1인, 석사학위 소지 과학교사 2인, 영재교육 박사과정 대학원생 2인이 검증하였으며 2회에 걸친 협의를 통해 검사도구의 문항을 수정·보완하였다.

### 2) 자료분석

자료분석에서는 연구대상이 과학 창의적 문제해결력 검사도구 문항에 응답한 자료인 의문형 문장의 과학적 질문들을 활용하였다. 본 연구에서는 과학영재 집단이 과학개념을 연결할 때 사용하는 다양한 연결방식들을 탐색하는데 목표를 두었다. 이에 연구대상이 진술한 과학적 질문들을 집단으로 분석하였다. 따라서 개별 과학영재들이 과학개념을 연결할 때 사용하는 개별적 사고방식의 특징을 분석하지는 않았다. 본 연구에 앞서 동일한 선발과정을 통해 선발된 초등과학영재 40명이 진술한 과학적 질문 212개를 분석하여 과학개념 연결방식 분석에 대한 1차적 정보를 수집하였다.

연구대상 집단별 자료수집 및 자료분석 단계는 Figure 1과 같다. 첫째, 과학영재 선발과정 지원자 모집단의 특징을 탐색하기 위해 모집단 228명 전체가 진술한 과학개념 연결 선호도를 분석하였다. 이를 위해 연구대상이 개별적으로 선택한 과학개념 2개의 연결을 분류하였다. 둘째, 연구대상 상위 및 하위 집단 131명이 가장 선호하는 과학개념 2개를 연결하여 진술한 772개 과학적 질문들을 종합하여 과학개념

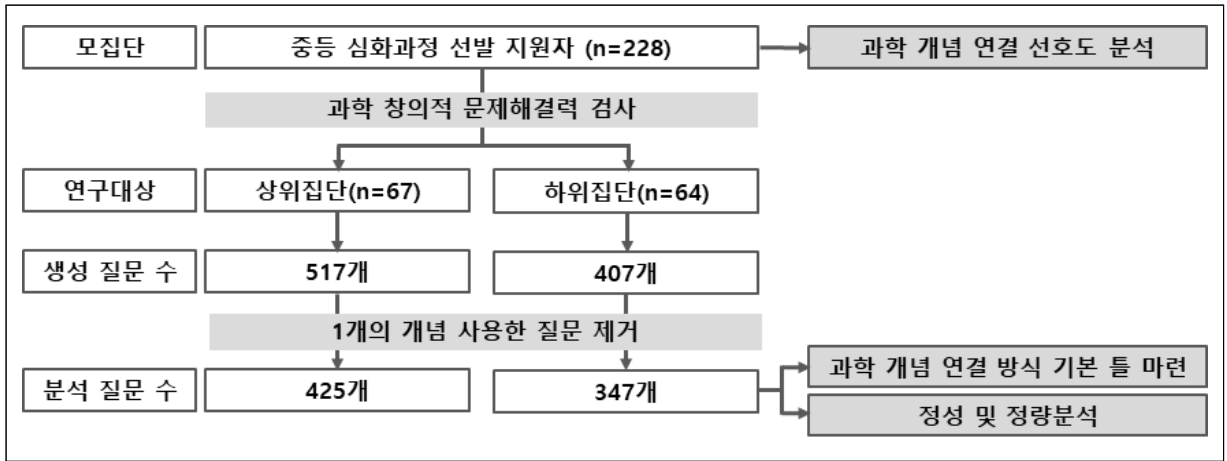


Figure 1. Research data collection process

연결방식의 특징을 분석하였다.

연구대상은 과학개념 2개를 선택하였지만, 과학적 질문을 진술할 때 과학개념 2개 모두를 사용하지 않은 경우가 있었다. 전체 924개의 질문 가운데 과학개념 1개로 진술한 152개 질문을 제외한 후 남겨진 총 772개 질문을 활용하여 과학개념 연결방식의 기본틀을 작성하였다. 개별 과학영재들이 제시한 과학적 질문 개수는 1개에서부터 10개 이상까지의 범위에

분포하였다(Table 2). 일부 연구대상은 문항에서 제시한 과학개념 8개 이외 다른 과학개념을 자의적으로 선택하여 사용한 것이 관찰되었다. 본 연구에서는 제시한 과학개념 8개 이외 임의의 과학개념을 사용한 질문도 자료분석에 포함시켰다. 과학개념 연결방식의 특징은 과학교육 및 과학영재교육 전공자들이 수차례 검토하고 수정하였으며, 이를 통해 내용 타당도를 검증하였다.

Table 2. Number of questions with two science concepts generated by research subject

구분	질문 수										합계 (명)	질문 수	
	1개	2개	3개	4개	5개	6개	7개	8개	9개	10개 이상			
물리	상위	1	1	1	0	2	3	5	3	1	0	17	102
	하위	3	0	3	3	3	3	0	0	2	2	19	95
화학	상위	1	1	0	3	2	3	3	0	2	4	19	123
	하위	2	1	1	0	4	3	3	2	2	2	20	120
생물	상위	0	0	1	1	3	3	3	2	4	1	18	123
	하위	1	0	2	2	5	5	0	0	1	1	17	91
지구과학	상위	1	0	1	1	2	4	0	1	3	0	13	77
	하위	0	1	1	2	1	1	1	0	0	1	8	41
전체	상위	3	2	3	5	9	13	11	6	10	5	67	425
	하위	6	2	7	7	13	12	4	2	5	6	64	347
총계	9	4	10	12	21	25	15	8	15	11	131	772	

Table 3. Differences in ways of connecting two science concepts by four science major groups

구분	물리	화학	생물	지구과학	전체
광합성-호흡	3 (4.3)	10 (14.7)	17 (28.8)	4 (12.9)	34 (14.9)
전기-소리	12 (17.1)	9 (13.2)	5 (8.5)	-	26 (11.4)
광합성-날씨	5 (7.1)	5 (7.4)	5 (8.5)	3 (9.7)	18 (7.9)
온도-전기	7 (10.0)	8 (11.8)	2 (3.4)	-	17 (7.5)
온도-호흡	2 (2.9)	2 (2.9)	7 (11.9)	4 (12.9)	15 (6.6)
온도-광합성	4 (5.7)	4 (5.9)	4 (6.8)	2 (6.5)	14 (6.1)
온도-날씨	3 (4.3)	6 (8.8)	1 (1.7)	2 (6.5)	12 (5.3)
무게-전기	9 (12.9)	3 (4.4)	-	-	12 (5.3)
소리-온도	2 (2.9)	5 (7.4)	2 (3.4)	1 (3.2)	10 (4.4)
소리-지진	2 (2.9)	4 (5.9)	-	4 (12.9)	10 (4.4)
날씨-지진	2 (2.9)	3 (4.4)	2 (3.4)	3 (9.7)	10 (4.4)
무게-온도	3 (4.3)	3 (4.4)	2 (3.4)	-	8 (3.5)
무게-소리	5 (7.1)	1 (1.5)	-	-	6 (2.6)
지진-전기	2 (2.9)	-	2 (3.4)	1 (3.2)	5 (2.2)
지진-온도	1 (1.4)	-	1 (1.7)	2 (6.5)	4 (1.8)
날씨-소리	1 (1.4)	-	3 (5.1)	-	4 (1.8)
날씨-호흡	-	2 (2.9)	2 (3.4)	-	4 (1.8)
전기-날씨	3 (4.3)	-	-	-	3 (1.3)
전기-광합성	-	2 (2.9)	1 (1.7)	-	3 (1.3)
호흡-소리	2 (2.9)	-	-	1 (3.2)	3 (1.3)
호흡-무게	1 (1.4)	-	1 (1.7)	1 (3.2)	3 (1.3)
지진-무게	-	-	-	2 (6.5)	2 (0.9)
광합성-소리	1 (1.4)	-	1 (1.7)	-	2 (0.9)
광합성-지진	-	-	1 (1.7)	-	1 (0.4)
광합성-무게	-	1 (1.5)	-	-	1 (0.4)
지진-호흡	-	-	-	1 (3.2)	1 (0.4)
전체	70 (100.0)	68 (100.0)	59 (100.0)	31 (100.0)	228 (100.0)

### Ⅲ. 연구 결과

#### 1. 과학영재들의 과학개념 연결 선호도

과학영재들이 가장 선호하는 과학개념 2개를 선택하여 연결한 선호도를 분석하였다(Table 3). 연구대상 모집단 228명이 가장 선호한 과학개념 연결은 ‘광합성-호흡(14.9%)’이었으며, 다음으로 ‘소리-전기(11.4%)’, ‘광합성-날씨(7.9%)’로 나타났다. 심화과

정 전공 집단별로 과학개념 연결 선호도에서 차이를 나타냈다. 물리반은 ‘전기-소리(17.1%)’, 화학반은 ‘광합성-호흡(14.7%)’, 생물반도 ‘광합성-호흡(28.8%)’ 연결을 가장 선호하였고, 지구과학반에서는 ‘광합성-호흡’, ‘온도-호흡’, ‘소리-지진’의 연결을 각각 동일한 12.9%의 비율로 가장 선호하였다. 심화과정 전공 집단별 과학개념 연결 선호도는 생물반과 나머지 3개 반 사이에서 차이를 나타냈다. 연결 선호도 비율에서 생물반은 28.8%인 반면, 물리반은 17.1%, 화학반은 14.7%, 지구과학반은 12.9%로 나타났다. 이

를 통해 과학영재들은 심화과정 전공 집단별 특정 과학개념 연결을 집중적으로 선호하는 비율에서, 생물반과 나머지 3개 반 사이에는 두드러지는 차이가 있음을 알 수 있다.

## 2. 과학영재들의 과학개념 연결방식의 특징

과학영재들이 나타낸 과학개념 연결방식은 관계에 근거한 과학개념 연결, 유사성에 근거한 과학개념 연결, 비유사성에 근거한 과학개념 연결의 3가지로 구분되었으며, 각각의 특징들이 추출되었다.

### 1) 관계에 근거한 과학개념 연결방식의 특징

관계에 근거한 연결방식은 과학개념이 상호작용을 한다는 전제 하에 과학개념 사이의 관계를 설정하는 것을 의미한다. 이 때의 관계는 일반적인 과학적 질문에서 독립변인과 종속변인의 인과관계와는 구별된다. 연구대상이 응답한 관계에 근거한 과학개념 연결 방식의 특징은 속성, 수단, 영향, 예측, 원인, 측정, 현상의 7가지로 다음과 같이 구분하였다(Table 4).

첫째, 속성에 근거한 과학개념 연결방식은 하나의 과학개념을 다른 과학개념의 속성 또는 성질을 나타내는 하위개념으로 파악하는 특징을 나타냈다. 예를 들어, ‘전기’와 ‘무게’를 연결할 때, ‘전기’의 속성을

나타내는 하위요소로 ‘무게’를 설정하는 경우이다. 이러한 관계를 설정한 후, ‘전기의 무게를 측정할 수 있을까?’라는 과학적 질문을 생성한 것으로 볼 수 있다.

둘째, 수단에 근거한 과학개념 연결방식은 하나의 과학개념을 다른 과학개념으로 인해 나타나는 문제를 해결하거나 현상을 변화시킬 수 있는 요인으로 파악하는 특징을 나타냈다. 예를 들어, ‘소리’와 ‘온도’를 연결할 때, 공기의 ‘온도’를 높이는 방법으로 ‘소리’를 설정하는 경우이다. 이러한 관계를 설정한 후, ‘소리를 이용해 공기의 온도를 높일 수 있을까?’라는 과학적 질문을 생성하였다.

셋째, 영향에 근거한 과학개념 연결방식은 하나의 과학개념을 다른 과학개념에 영향을 주는 변인으로 파악하는 특징을 나타냈다. 예를 들어 ‘날씨’와 ‘광합성’을 연결할 때, 식물의 ‘광합성 정도’에 영향을 주는 변인으로 날씨의 한 요소인 ‘천둥번개’를 설정한 경우이다. 이러한 관계를 설정한 후 ‘천둥번개가 친 뒤 식물의 광합성 정도는 어떻게 다를까?’라는 과학적 질문을 생성한 것으로 볼 수 있다.

넷째, 예측에 근거한 과학개념 연결방식은 하나의 과학개념을 다른 과학개념의 발생 여부를 예측할 수 있는 변인으로 파악하는 특징을 나타냈다. 예를 들어 ‘소리’와 ‘날씨’를 연결할 때, ‘날씨’의 요소인 비가

Table 4. Characteristics in ways of connecting science concepts with relation-based

하위특성	정의	질문 예시
속성	과학개념 A의 속성으로 과학개념 B 활용	전기의 무게를 측정하려면 어떻게 해야 할까?
수단	과학개념 A로 인한 문제, 현상을 다루는 수단으로 과학개념 B 활용. 단, A와 B의 관계를 기반	소리를 이용해서 공기 중의 온도를 올릴 수 있을까?
영향	과학개념 A에 영향을 주는 요소로서 과학개념 B 활용	천둥번개가 친 뒤 식물의 광합성 정도는 어떻게 다를까?
예측	과학개념 A의 예측변인으로서 과학개념 B 활용	소리의 울림정도로 그날의 비가 올 확률을 예측할 수 있을까?
원인	과학개념 B의 발생 원인으로서 과학개념 A 사용	식물이 낮에도 호흡만을 하게 된다면 그것은 근본적으로 식물의 어느 부분에 문제가 생긴 것인가?
측정	과학개념 A의 표현 방법으로서 과학개념 B 활용	전기를 이용해 초음파를 들을 수 없을까?
현상	과학개념 A에 따르는 현상으로서 과학개념 B를 활용	물체마다 전기가 흐를 때 나는 소리가 서로 다를까?



올 확률을 예측할 수 있는 변인으로 ‘소리’를 설정한 경우이다. 이러한 관계를 설정한 후 ‘소리의 울림 정도로 그날의 비가 올 확률을 예측할 수 있을까?’라는 과학적 질문을 생성한 것으로 볼 수 있다.

다섯째, 원인에 근거한 과학개념 연결방식은 하나의 과학개념을 다른 과학개념과 관련된 현상으로 나타나게 한 원인으로 파악하는 특징을 나타냈다. 예를 들어 ‘호흡’과 ‘식물의 구조’를 연결할 때, 식물이 낮에 광합성을 하지 않고 호흡만 하는 현상이 나타난 원인을 식물 내부의 구조적 문제에서 찾는 경우이다. 이러한 관계를 설정한 후 ‘식물이 낮에도 호흡만 하게 된다면 그것은 근본적으로 식물의 어느 부분에 문제가 생긴 것인가?’라는 과학적 질문을 생성한 것으로 볼 수 있다.

여섯째, 측정에 근거한 과학개념 연결방식은 하나의 과학개념을 사람의 감각을 통해 인지할 수 있도록 표현하는 방법으로 설정하는 특징을 나타냈다. 예를 들어 ‘전기’와 ‘소리’를 연결할 때, 사람이 초음파를 들을 수 있도록 나타내는 방법으로 ‘전기’를 선택한 경우이다. 이러한 관계를 설정한 후, ‘전기를 이용해 초음파를 들을 수 없을까?’라는 과학적 질문을 생성한 것으로 볼 수 있다. 이는 수단에 근거한 관계 설정과 유사한 점이 있지만, 과학에서 표현, 측정의 중요성을 고려하여 별도로 구분하였다.

일곱째, 현상에 근거한 과학개념 연결방식은 하나

의 과학개념에 의해 발생하는 현상으로 다른 과학개념을 설정하는 특징을 나타냈다. 예를 들어 ‘전기’와 ‘소리’를 연결할 때, 전기가 흐름에 따라 나타나는 현상으로 소리를 선택한 경우이다. 이러한 관계를 설정한 후 ‘물체마다 전기가 흐를 때 나는 소리가 서로 다를까?’라는 과학적 질문을 생성한 것으로 보았다.

2) 유사성에 근거한 과학개념 연결방식의 특징

유사성에 근거한 과학개념 연결방식은 과학개념을 탐색하여 유사성을 도출한 후 이를 중심으로 과학개념을 연결하는 것이다. 이는 과학개념에서 요소나 원리를 찾아내어 발견한 요소를 다른 과학개념에서 발견된 요소와 연결하는 것이다. 이 연결방식은 유추적 사고에 근거한다고 볼 수 있다. 유추적 사고는 이미 많은 연구에서 창의적 사고의 중요한 요소이며, 융합적 사고과정에서 빈번히 사용되고 있다(Kim, Seo & Park, 2013; Runco, 2007; Scott, Lonergan & Mumford, 2005; Welling, 2007). 연구대상이 응답한 내용 가운데 유사성에 근거한 과학개념 연결방식의 특징은 속성, 대상, 과학적 원리, 현상의 4가지로 구분하여 분석하였다(Table 5).

첫째, 속성에 근거한 과학개념 연결방식은 과학개념이 공통적으로 가지고 있는 특성, 하위 개념 등을 바탕으로 과학개념을 연결하는 것이 특징적이었다. 앞서 관계에 근거한 과학개념 연결방식의 하위특성

Table 5. Characteristics in ways of connecting science concepts with similarity-based

하위특성	정의	질문 예시
속성	두 과학개념이 공통으로 가지고 있는 속성을 연결 고리로 하여 융합	(전기) 번개로 발전소를 만들 수 있지 않을까?
대상	두 과학개념이 공통으로 적용되는 대상을 연결 고리로 하여 융합	(신체 기관) 우리 몸에서는 성대가 소리를 만들어낸다. 전기를 만들어내는 기관은 없을까?
과학적 원리	두 과학개념이 공통으로 적용되는 과학적 원리를 연결고리로 하여 융합	(엽록체에 의한 광합성) 광합성을 하는 세포인 엽록체를 사람의 몸에 이식한다면 사람의 몸무게는 보통 음식을 섭취하는 것에 비해 어떻게 달라질까?
현상	두 과학개념이 공통으로 적용되는 현상을 연결고리로 하여 융합	(양분 섭취로 인한 몸무게의 변화) 사람은 음식을 먹으면 몸무게가 늘어난다. 과연 식물은 광합성을 해 양분을 만들면 그 무게가 늘어날까?

에 ‘속성’을 제시하였는데, 이 때의 ‘속성’에 근거한 과학개념 연결은 두 과학개념 사이에 포함관계가 형성된다. 반면 여기서 논의하는 유사성 가운데 속성에 근거한 과학개념 연결방식은 각각의 과학개념이 독립적으로 존재하며, 두 개념의 유사성을 나타낼 수 있는 공통적 속성이 새롭게 등장한다는 점이다. 예를 들어, ‘전기’와 ‘날씨’를 연결할 때, 번개가 가지는 속성의 ‘전기’와 발전소가 가지는 속성의 ‘전기’를 이용해 두 과학개념을 연결하는 경우이다. 이러한 공통적 속성에 근거하여 ‘번개로 발전소를 만들 수 있을까?’라는 질문을 생성한 것으로 볼 수 있다.

둘째, 대상에 근거한 과학개념 연결방식은 과학개념이 동시에 나타나는 대상을 바탕으로 과학개념을 연결하는 점이 특징적이었다. 예를 들어, ‘소리’와 ‘전기’를 연결할 때, 소리와 전기를 생성해내는 기관을 가진 대상을 ‘사람’으로 설정하였다. 이러한 공통 대상에 근거하여 ‘우리 몸에서는 성대가 소리를 만들어낸다. 전기를 만들어내는 기관은 없을까?’라는 과학적 질문을 생성한 것으로 볼 수 있다.

셋째, 과학적 원리에 근거한 과학개념 연결방식은 과학개념이 동시에 적용되는 과학적 원리를 바탕으로 과학개념을 연결하는 특징을 보였다. 예를 들어, ‘광합성’과 ‘무게’를 연결할 때, 광합성을 하는데 필요한 ‘엽록체’의 개념을 도입하였다. 즉, 사람이 엽록체를 가지고 있다면 광합성이 가능한가에 대한 의문에서 시작하여 ‘엽록체를 가진 사람은 광합성을 하므로, 음식을 섭취하지 않아도 몸무게가 늘어날 것인가?’라는 과학적 질문을 생성한 것으로 볼 수 있다.

넷째, 현상에 근거한 과학개념 연결방식은 과학개념이 동시에 나타내는 현상을 바탕으로 과학개념을

연결하는 특징을 보였다. 예를 들어, ‘무게’와 ‘광합성’을 연결할 때, ‘양분 섭취’라는 공통적 현상을 사람 몸무게의 변화와 식물 무게의 변화에 연결시키는 것에서 특징을 관찰할 수 있었다. 이 때 사람의 양분 섭취라는 새로운 과학개념이 추가되었다. 이러한 공통적 현상에 근거하여 ‘사람은 음식을 먹으면 몸무게가 늘어난다. 과연 식물은 광합성을 해서 양분을 만들면 무게가 늘어날까?’라는 과학적 질문을 생성한 것으로 볼 수 있다. 이와 달리 앞서 관계에서 언급한 ‘현상’에 근거한 과학개념 연결방식의 특징은 하나의 개념에 따라 나타나는 현상으로서 다른 과학개념을 제시하는 점에서 차이가 있다.

3) 비유사성에 근거한 과학개념 연결방식의 특징

비유사성에 근거한 과학개념 연결방식의 특징은 단순 나열, 새로운 과학개념의 조합 등을 포함하였다. 특히 조합은 서로 다른 2개의 과학개념 구조를 이용하여 새로운 과학개념 구조를 생성하는 것을 의미하는데, 유추나 귀추에 비해 더 높은 인지 수준을 요구한다(Welling, 2007). 비유사성에 근거한 과학개념 연결방식의 특징은 병렬, 자원, 제거의 3가지로 구분하였다(Table 6).

첫째, 병렬에 근거한 과학개념 연결방식은 각각의 과학개념을 어떤 공통적 속성이나 관계로 설정하지 않고, 단순히 나열하는 특징을 나타냈다. 연결 결과 새로운 생각이 생성되지 않았으므로, 융합이 이루어졌다고 볼 수 없다. 예를 들어, ‘전기’와 ‘소리’를 연결할 때 각 개념들이 신체에 미치는 영향에 대한 각각의 질문을 나열하였다. 이러한 단순 병렬을 통해 ‘전기와 소리는 어떤 영향을 몸에 미칠까?’라는 질문을 생성한 것으로 볼 수 있다.

Table 6. Characteristics in ways of connecting science concepts with dissimilarity-based

하위특성	정의	질문 예시
병렬	각각의 과학개념과 관련된 질문을 병렬적으로 연결하거나 단순히 관계 짓기	전기와 소리는 어떤 영향을 몸에 미칠까?
자원	A를 활용(사용)하여 B를 생성	소리를 이용해 전기를 만들어 낼 순 없을까?
제거	A와 B 가운데 하나의 과학개념을 제거	식물이 호흡을 하지 않고 광합성만 하게 되면 어떻게 되는가?

둘째, 자원에 근거한 과학개념 연결방식은 하나의 과학개념을 생성하는 자원으로 다른 과학개념을 사용하는 특징을 나타냈다. 예를 들어, ‘소리’와 ‘전기’를 연결할 때 소리를 전기를 생성하는데 필요한 에너지원으로 설정하고 과학개념을 연결한 경우이다. 이러한 설정에 근거하여 ‘소리를 이용해 전기를 만들어 낼 순 없을까?’라는 과학적 질문을 생성한 것으로 볼 수 있다. 자원에 근거한 과학개념 연결방식은 관계 설정으로 볼 수도 있으나, 생성된 질문을 분석한 결과 전혀 관련성이 없는 과학개념도 자원으로 설정한 경우가 있었기에, 비유사성에 근거한 연결방식으로 분류하였다.

셋째, 제거에 근거한 과학개념 연결방식은 선택한 개념 가운데 하나를 단순히 제거하는 특징을 보였다. 따라서 이런 형태는 과학개념의 연결이 이루어지지 않은 상태이므로 융합이 이루어졌다고 볼 수 없다. 예를 들어, ‘호흡’과 ‘광합성’을 연결할 때, 식물에서 동시에 일어나는 과학개념과 관련된 현상 가운데 한 가지를 제거함으로써 나타나는 변화에 대해 의문을 제기하는 질문을 생성하였다. 이러한 질문은 탐구수준에서도 단순 호기심에 그치는 경우가 많았다.

### 3. 과학영재들의 과학개념 연결방식과 융합적 사고

#### 1) 과학영역에 따른 과학개념 연결방식의 집단 간 차이

과학영재의 과학개념 연결방식의 특징을 살펴보기 위해 먼저 주어진 과학개념들을 과학영역 내(예 : 물리 대 물리)와 과학영역 간(예 : 물리-화학)에서 선택하였는지를 분석하였다. 상위집단이 진술한 과학적 질문 425개, 하위집단이 진술한 과학적 질문 347개의 총 772개를 분석하였다. 온도와 같이 일부 과학개념은 연구대상이 질문한 맥락에 따라 해당되는 과학영역이 화학, 생물, 또는 지구과학 등으로 차이를 나타낼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 연구대상이 의도한 과학적 질문의 맥락을 고려하여 해당 과학개념이 적용된 과학영역으로 분석하였다.

상위집단과 하위집단 사이 과학영역에 따른 과학개념 연결방식의 특징을 비교한 결과는 Table 7과 같다. 상위집단은 서로 다른 과학영역에 속하는 과학개념들을 연결하여 질문을 진술한 비율이 동일한 과학영역 내에서 과학개념들을 연결하여 질문을 진술한 비율보다 더 높은 것으로 나타났다. 하위집단은

**Table 7.** Differences of connecting concepts of inter- and intra-sciences between upper and lower groups

구분	과학영역 간	과학영역 내	전체	$X^2$	$p$
상위집단	268 (63.1)	157 (36.9)	425 (100.0)	41.637	.000
하위집단	137 (39.5)	210 (60.5)	347 (100.0)		
합계	405 (52.5)	367 (47.5)	772 (100.0)		

**Table 8.** Differences in ways of connecting science concepts between upper and lower groups

구분	상위집단	하위집단	전체	$X^2$	$p$
관계	250 (58.8)	220 (63.4)	470 (60.9)	23.332	.000
유사성	151 (35.5)	81 (23.3)	232 (30.0)		
비유사성	24 (5.7)	46 (13.3)	70 (9.1)		
전체	425 (100.0)	347 (100.0)	772 (100.0)		

Table 9. Differences in sub-ways of connecting science concepts between upper and lower groups

구분	하위특성	상위집단	하위집단	전체	$\chi^2$	$p$
관계	영향	166 (39.2)	120 (34.8)	286 (37.2)	48.595	.000
	현상	39 (9.2)	54 (15.7)	93 (12.1)		
	속성	27 (6.4)	22 (6.4)	49 (6.4)		
	예측	8 (1.9)	6 (1.7)	14 (1.8)		
	수단	6 (1.4)	13 (3.8)	19 (2.5)		
	원인	4 (0.9)	3 (0.9)	7 (0.9)		
	소계	250 (59.0)	218 (63.2)	468 (60.9)		
유사성	속성	59 (13.9)	25 (7.2)	84 (10.9)		
	과학적 원리	56 (13.2)	34 (9.9)	90 (11.7)		
	대상	26 (6.1)	13 (3.8)	39 (5.1)		
	현상	9 (2.1)	9 (2.6)	18 (2.3)		
	소계	150 (35.4)	81 (23.5)	231 (30.0)		
비유사성	병렬	14 (3.3)	27 (7.8)	41 (5.3)		
	자원	9 (2.1)	14 (4.1)	23 (3.0)		
	제거	1 (0.2)	5 (1.4)	6 (0.8)		
	소계	24 (5.6)	46 (13.3)	70 (9.1)		
	전체	424 (100.0)	345 (100.0)	769 (100.0)		

이와 반대의 결과를 나타냈다. 상위집단과 하위집단은 과학영역에 따라 과학개념 연결방식에서 통계적으로 유의미한( $p < .000$ ) 차이를 나타냈다.

## 2) 과학개념 연결방식 하위특성에 대한 집단 간 차이

과학영재들이 나타내는 과학개념 연결방식에서 관계, 유사성, 비유사성에 근거한 연결의 두 집단 간 차이를 비교하였다(Table 8). 분석결과 과학개념 연결방식은 두 집단 간 통계적으로 유의미한( $p < .000$ ) 차이를 나타냈다. 두 집단 모두 2개의 과학개념 사이의 관계에 근거한 과학개념 연결방식을 가장 빈번하게 사용하였고, 비유사성에 근거한 과학개념 연결방식을 가장 적게 사용하였다. 그러나 상위집단은 하위집단에 비해 유사성에 근거한 과학적 질문을 더 많이 생성하는 반면 하위집단은 상위집단에 비해 비유사성에 근거한 과학적 질문을 더 많이 생성하였다.

과학영재의 상위집단과 하위집단에서 나타내는 과

학개념 연결방식을 구체적으로 살펴보기 위해 과학개념 연결방식의 하위특성을 살펴보았다(Table 9). 교차분석의 통계상 오류를 축소하기 위해 빈도수가 0 또는 1로 산출된 특성들(관계-측정, 유사성-표현 방법)은 분석에서 제외하였다. 따라서 관계에 근거한 연결방식에서 2개와 유사성에 근거한 연결방식에서 1개의 총 3개 사례를 제외한 769개 사례를 분석한 결과, 과학개념을 연결하는 하위방식에서 두 집단 간 통계적으로 유의미한( $p < .000$ ) 차이를 나타냈다.

먼저 관계에 근거한 과학개념 연결방식의 경우, 두 집단 모두에서 관계의 하위특성 가운데 ‘영향’에 근거한 과학개념 연결방식을 가장 많이 사용하였다. 그러나 하위집단은 상위집단에 비해 ‘현상’과 ‘수단’의 관계에 근거한 과학개념 연결방식을 더 빈번하게 사용한 것으로 나타났다. 유사성에 근거한 과학개념 연결방식의 경우, 상위집단은 ‘속성’과 ‘과학적 원리’에 근거한 연결방식을 더 빈번하게 사용한 반면 하위집단은 ‘과학적 원리’에 근거한 과학개념 연결방식을

더 빈번하게 사용한 것으로 나타났다. 두 집단 모두 '현상'에서 유사성을 찾아내는 연결방식은 가장 낮은 빈도로 나타났다. 비유사성에 근거한 과학개념 연결방식의 경우, 하위집단은 상위집단에 비해 '병렬적 연결'을 더 빈번하게 사용한 것으로 나타났다. 이러한 '병렬적 연결'과 함께 '제거'는 과학개념의 융합으로 간주하기에는 어려운 연결방식이라 하겠다.

#### IV. 결론 및 제언

본 연구는 과학영재의 융합적 사고과정을 심층적으로 이해하기 위해 과학영재들이 문제발견 과정에서 나타내는 과학개념 연결방식의 특징을 분석하였다. 연구결과 첫째, 과학영재들의 과학개념 연결 선호도는 지원한 심화과정 전공영역에 따라 차이를 나타냈다. 심화과정 전공영역에 따라 과학개념 연결 선호도에서 차이가 나타난 것은, 과학영재들이 개별적으로 자신에게 친숙한 과학개념을 즐겨 사용하기 때문인 것으로 볼 수 있다.

둘째, 본 연구의 과학영재들이 나타낸 과학개념 연결방식의 특징은 관계, 유사성, 비유사성에 근거한 연결로 분류하였다. 관계에 근거한 과학개념 연결방식은 과학개념이 상호작용을 한다는 전제 하에 과학개념 사이의 관계를 설정하는 것이 특징적이었다. 이 관계에 근거한 과학개념 연결방식은 속성, 수단, 영향, 예측, 원인, 측정, 현상에 근거한 연결로 세분화하였다. 이 때의 관계는 과학적 질문, 과학적 가설에서 나타나는 두 변인 간의 인과관계를 의미하는 것은 아니다. 과학영재는 두 과학개념을 융합하여 새로운 과학적 질문을 생성할 때 개념 사이의 다양한 관계를 설정하는 것으로 볼 수 있다.

유사성에 근거한 과학개념 연결방식은 과학적 가설생성 방식과 유사한 것으로 볼 수 있다. 이 과학개념 연결방식은 과학개념에서 요소나 원리를 찾아내고 발견한 요소를 다른 개념에서 발견한 요소와 연결하는 특징을 보였다. 이러한 특징으로 인해, 유추에 기반한 과학개념 연결로 볼 수 있으며, 과학개념에서 발견한 과학적 원리를 다른 과학개념에 적용하는 의미에서는 차용에 근거한 과학개념 연결로도 볼

수 있다(Runco, 2007). 또한 이 과학개념 연결방식은 과학적 창의성을 인지적 관점에서 설명한 인지적 창의성 모델(Park, 2004)의 연관적 사고와 유사한 것으로도 볼 수 있다. 유사성에 근거한 과학개념 연결방식은 속성, 대상, 과학적 원리, 현상에 근거한 연결로 세분화하였다. 과학영재는 과학개념을 연결할 때 과학개념을 분석하여 두 과학개념이 유사하게 가지는 속성, 대상, 과학적 원리, 현상을 추출하고 이에 근거하여 새로운 과학적 질문을 생성하는 것으로 볼 수 있다.

본 연구의 과학영재들이 나타낸 비유사성에 근거한 연결방식은 단순 나열, 새로운 과학개념 조합 등의 특징을 포함하였다. 비유사성에 근거한 과학개념 연결 가운데 일부 형태는 조합으로 볼 수 있다. 조합은 서로 다른 두 과학개념의 구조를 이용하여 새로운 과학개념 구조를 생성하는 것을 의미하는데, 유추나 귀추에 비해 더 높은 인지 수준을 요구한다(Welling, 2007). 비유사성에 근거한 과학개념 연결방식의 특징들은 병렬, 자원, 제거에 근거한 연결로 세분화하였다. 이 연결방식 가운데 병렬과 제거에 근거한 연결방식은 융합적 사고로 간주하기 어려운 것으로 판단되었다.

셋째, 과학영재의 상위집단과 하위집단은 과학개념 연결방식에서 통계적으로 유의미한( $p < .000$ ) 차이를 보였다. 먼저 상위집단은 서로 다른 과학영역의 과학개념을 연결하는 방식을 주로 사용한 반면, 하위집단은 같은 과학영역의 과학개념들을 연결하는 방식을 선호하였다. 이를 통해 과학영재의 상위집단이 하위집단에 비해 과학의 하위영역을 넘나들며 과학개념을 융합하여 새로운 문제를 생성하는 능력이 더 뛰어나다고 볼 수 있다. 이는 창의적 사고과정에는 영역의 경계를 넘나드는 일이 수반되고, 창의적인 사람은 이러한 창의적 사고과정을 즐긴다는 특성(Csikszentmihalyi, 1996)과 일치하는 것으로 볼 수 있다.

과학영재의 상위집단과 하위집단 모두 과학개념을 연결할 때 관계에 근거한 연결방식을 가장 빈번하게 사용하였다. 이러한 결과는 과학영재들이 일반적으로 접하는 과학적 질문이나 가설이 독립변인과 종속변인의 인과관계를 나타내는 형태가 많기 때문으로 볼 수 있다. 상위집단은 유사성에 근거한 과학개념

연결방식을 하위집단에 비해 더 빈번하게 사용하였다. 유사성의 하위특성 모두에서도 동일한 결과를 보였다. 상위집단은 과학개념을 연결할 때 필요한 능력으로 자신이 이해한 과학개념에서 필요한 요소를 찾아내는 능력(Mumford & Gustafson, 1988)이 뛰어난 것으로 볼 수 있다. 또한 융합을 할 때 필요한 사고능력인 유추적 사고력이 더 뛰어난 것으로 볼 수 있다. 하위집단은 비유사성에 근거한 과학개념 연결방식을 상위집단에 비해 더 빈번하게 사용하였다. 비유사성에 근거한 연결방식 가운데 특히 두 과학개념을 단순히 나열하는 병렬에 근거한 연결방식을 더 빈번하게 사용하였다. 이러한 과학개념 연결방식은 융합으로 보기 어렵다. 하위집단은 상위집단에 비해 서로 다른 과학개념을 융합하는데 필요한 융합적 사고능력이 더 낮은 것으로 볼 수 있다.

이러한 연구결과에 기초하여 다음과 같은 시사점을 도출하였다. 첫째, 과학영재들이 지원한 심화과정 전공영역에 따라 과학개념 연결 선호도가 다르게 나타난 것은, 과학영재가 자신에게 친숙한 과학개념을 즐겨 사용한 결과로 볼 수 있다. 이러한 결과는, 융합교육의 필요성에 고려한다면, 과학영재들에게 타 영역의 개념을 융합하는 경험을 제공해야 함을 더욱 강조하는 부분이다. 자연현상에 대한 이해와 함께 복잡한 미래문제를 해결하기 위해서는 과학 내 하위영역의 다양한 개념들을 융합할 필요가 있다. 따라서 과학영재교육프로그램은 과학영재들에게 서로 다른 영역의 과학개념을 결합하여 과학적 질문을 생성하고 해결하는 기회를 제공해야 할 것이다.

둘째, 과학개념 연결방식의 특징은 과학영재의 상위집단과 하위집단에서 서로 다른 차이를 나타냈다. 이는 과학개념 연결방식이 과학영재의 특성을 파악하는 중요한 변인으로 작용할 수 있음을 시사한다. 또한 과학개념 연결방식의 특징을 분석함으로써 과학영재의 융합적 사고의 특성과 수준을 이해할 수 있었다. 따라서 과학개념 연결방식에 대한 후속 연구는 과학영재의 융합적 사고를 이해하는 중요한 지표가 될 것이다. 또한 과학영재의 융합적 사고를 총체적으로 파악하기 위해서는 과학과 타 학문을 어떤 방식으로 융합하는지에 대한 연구도 이루어져야 할 것이다.

셋째, 과학영재의 상위집단은 하위집단에 비해 과학개념 간의 유사성을 분석하여 새로운 과학적 질문을 생성하는 능력이 더 뛰어나긴 했지만, 상위집단 역시 유사성을 분석하는 능력이 뛰어나다고 보기는 어려웠다. 서로 다른 것에서 유사성을 도출하는 유추적 능력은 융합적 사고뿐만 아니라 과학적 창의성에서도 중요하게 간주된다. 따라서 과학영재교육에서는 서로 다른 현상이나 개념에서 유사성을 도출하여 새로운 지식을 생성하는 학습을 경험하도록 교육프로그램을 개발해야 할 것이다.

넷째, 본 연구는 문제발견 단계에 국한하여 과학개념 연결방식의 특징을 분석하였다. 이로 인해 과학영재들이 문제발견 단계에서 생성한 과학적 질문이 어떤 의도로 만들어졌는지 명확히 이해하기 어려운 경우도 나타났다. 이는 이후 문제해결 단계에서 나타나는 응답의 특징을 분석해야 이해할 수 있는 부분이기도 하다. 따라서 과학적 질문을 생성하는 문제발견과 문제해결의 탐구과정 전체에서 나타내는 과학개념 연결방식의 특징에 대해 연구할 필요가 있다. 특히, 비유사성에 근거한 과학개념 연결방식을 통해 생성한 과학적 질문이 가지는 가치를 분석하기 위해서는 탐구과정 전체를 반드시 분석해야 할 것이다. 또한 과학적 질문을 생성할 때 제시된 과학개념 외 다른 과학개념을 활용하는 경우도 관찰되었다. 이러한 현상은 문제해결 과정에서도 나타날 수 있을 것이다. 따라서 후속 연구에서는 탐구과정 전체에서 나타나는 과학개념 연결방식의 특징을 분석하고, 과학의 하위영역뿐만 아니라 타 학문과의 융합방식의 특징도 분석해야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- Aikenhead, G. (1994). The social contract of science: Implications for teaching science. In J. Solomon & G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform*. New York, NY: Teachers College Press.
- Baek, Y., Park, H., Kim, Y., Noh, S., Lee, J.,

- Jeong, J., Choi, Y., Han, H., & Choi, J. (2012). *A preliminary study of establishing directions for the implementations of STEAM education* (Research Report 2012-12). Seoul: Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity.
- Choe, J., & Joo, I. (2007). *Consilience of knowledge: Go beyond the boundaries of disciplines*. Seoul: Eum Books.
- Csikszentmihalyi, M. (1996). *Creativity: The work and lives of 91 eminent people*. New York, NY: Harper Collins.
- Csikszentmihalyi, M. (2003). *Creativity: Flow and the psychology of discovery and invention* (H. Roh translated). Seoul: The Nan. (Original work published in 1996).
- Einstein, A., & Infeld, L. (1938). *The evolution of physics: The growth of ideas from early concepts to relativity and quanta*. New York, NY: Simon & Schuster.
- Kang, H., Kim, E., Noh, S., Park, H., Son, J., & Lee, H. (2007). *Integrated science education*. Paju-Si, Gyeonggi-do: Korean Studies Information.
- Kim, M., & Kim, N. (2011). Coming of convergence age. *Korean Journal of Sociology*, 45(5), 1-24.
- Kim, W. (2012). Building conceptual framework to bring up talents capable of creative fusion: From the perspective of fusion between science and technology and art. *The Journal of the Korean Society for the Gifted and Talented*, 11(1), 97-119.
- Kim, Y. (2015). Integrative research: Social science and natural science. *Journal of the Daedong Philosophical Association*, 72, 315-341.
- Kim, Y., Park, Y., Park, H., Shin, D., Jung, J., & Song, S. (2014). *World of science education*. Seoul: Bookshill.
- Kim, Y., Seo, H., & Park, J. (2013). An analysis on problem-finding patterns of well-known creative scientists. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(7), 1285-1299.
- Kwon, J., Kim, B., Kang, N., Choi, B., Kim, H., Paik, S., Yang, I., Kwon, Y., Cha, H., Woo, J., & Jung, J. (2012). *Science education theories*. Paju-Si, Gyeonggi-do: Kyoyookbook.
- Lee, J. (2005). Framework of future integrating science and technology and cognitive science. *Scientific Thought*, 50, 22-42.
- Lee, J., Suh, Y., Chong, Y., Kang, B., & Lee, M. (2012). *A study on the application of STEAM education for elementary and secondary students in 'gifted and talented classes' and 'gifted and talented centers'* (RR 2012-06). Seoul: Korean Educational Development Institute.
- Ministry of Education [MOE]. (2015). *Science curriculum*. Notification No. 2015-74. Sejong: Author.
- Ministry of Education, Science, and Technology [MEST]. (2009). *Science curriculum*. Notification No. 2009-361 [Attachment 9]. Seoul: Author.
- Mumford, M. D., & Gustafson, S. B. (1988). Creativity syndrome: Integration, application, and innovation. *Psychological Bulletin*, 103(1), 27-43.
- Park, H., Kim, Y., Noh, S., Jeong, J., Lee, E., Yu, E., Lee, D., Park, J., & Baek, Y. (2012). Developmental study of science education content standards. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(4), 729-750.
- Park, J. (2004). A suggestion of cognitive model of scientific creativity (CMSC). *Journal of*

- the Korean Association for Science Education*, 24(2), 375-386.
- Park, S., Lim, H., & Chung, D. (2013). Analysis of the differences in perception about scientists between science class and convergence class applicants in gifted science education center. *Journal of Gifted/Talented Education*, 23(6), 1019-1034.
- Polanyi, M. (1958). *Personal knowledge: Towards a post-critical philosophy*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Runco, M. A. (2007). *Creativity-theories and themes*. San Diego, CA: Elsevier Academic Press.
- Scott, G. M., Lonergan, D. C., & Mumford, M. D. (2005). Conceptual combination: Alternative knowledge structures, alternative heuristics. *Creativity Research Journal*, 17(1), 79-98.
- Song, J., & Na, J. (2014). Meanings of 'creativity and integration' in science education and comments on science classroom culture. *Journal of Research in Curriculum Instruction*, 18(3), 827-845.
- Welling, H. (2007). Four mental operations in creative cognition: The importance of abstraction. *Creativity Research Journal*, 19(2-3), 163-177.
- Yang, S., & Kwon, N. (2014). The analysis on development trends for Korean and overseas science and arts convergence education programs. *Journal of Science Education*, 38(2), 376-400.

## 국 문 요 약

본 연구는 과학영재들이 문제발견 과정에서 나타내는 과학개념 연결방식과 융합적 사고의 특징을 분석하는데 목적을 두었다. 이를 위해 2015학년도 광역시 소재 대학부설 과학영재교육

원 중등 심화과정 전공영역별로 지원한 228명을 모집단으로 설정하고, 연구대상은 선발과정 1차 전형에서 실시한 과학 창의적 문제해결력 검사 도구 점수를 기준으로 상위 30%에 속하는 67명을 상위집단으로, 하위 30%에 속하는 64명을 하위집단으로 구분하고, 두 집단에 속하는 총 131명을 표집하였다. 자료수집을 위한 검사도구 문항은 초등과학 교육과정에서 추출한 소리, 전기, 무게, 온도, 호흡, 광합성, 날씨, 지진의 과학개념 8개를 활용하여 개발하였다. 검사문항은 과학개념 8개 가운데 가장 선호하는 과학개념 2개를 연결하여 과학적 질문을 생성하도록 제시하였으며, 연구대상이 진술한 과학적 질문을 분석하였다. 연구결과 과학영재들은 심화과정 전공영역에 따라 과학개념 연결 선호도에서 차이를 나타냈다. 과학적 질문에서 나타난 과학개념 연결방식의 특징을 분석하기 위해 수집한 자료를 먼저 관계, 유사성, 비유사성에 근거한 연결방식으로 분류하였다. 나아가 관계에 근거한 과학개념 연결방식은 속성, 수단, 영향, 예측, 원인, 측정, 현상으로, 유사성에 근거한 과학개념 연결방식은 속성, 대상, 과학적 원리, 현상에 근거한 연결로, 비유사성에 근거한 과학개념 연결방식은 병렬, 자원, 제거에 근거한 연결로 세분화하였다. 상위집단과 하위집단 간에 과학개념 연결방식은 통계적으로 유의미한 ( $p < .000$ ) 차이를 보였다. 상위집단은 하위집단에 비해 서로 다른 과학영역에 해당하는 개념을 연결하여 과학적 질문을 더 많이 생성하였으나, 하위집단은 상위집단에 비해 동일한 과학영역 내 개념들을 연결하여 과학적 질문을 더 많이 생성하였다. 상위집단은 하위집단에 비해 유사성에 근거한 과학개념 연결방식을 더 빈번하게 사용하는 특징을 나타낸 반면, 하위집단은 상위집단에 비해 비유사성에 근거하여 단순하게 병렬시키는 연결을 더 빈번하게 사용하는 것으로 나타났다.

**주제어** : 과학영재, 문제발견, 과학개념 연결, 융합적 사고