

## 과학영재 지식창출 경험에 대한 학생 인식조사: 전문가 연구 활동에 대한 IPA 및 네트워크 분석을 중심으로\*

강정하\*\* (KAIST)  
석혜은 (이화여자대학교)  
박선희 (University of Virginia)  
신학수 (서울과학고등학교)  
홍성호 (KAIST)  
박청담 (한국과학창의재단)  
윤지윤 (성균관대학교)

본 연구는 과학영재가 전문가 연구 활동에 대해 가지는 인식-중요도 및 수행도-수준과 구조를 파악하기 위한 조사연구로, 전문가 연구 활동이 지식창출 경험의 장으로서 기능하는지를 살펴보고자 하였다. 특별히, 과학영재 전문가 연구 활동의 핵심요소-학생·연구·기관-에 대한 과학영재의 인식의 구조를 다룸으로써 과학영재 지식창출 경험의 의미 있는 성장을 위한 보다 실질적인 중재 요인을 찾아내고자 하였다. 이러한 시도는 과학영재, 전문 기관, 그리고 영재학교 및 지도교사 간의 상호작용을 총체적으로 다루었다는 데 의의가 있다. 연구는 전국 7개 영재학교 재학생 1, 2, 3학년 268명을 대상으로 설문조사로 진행되었고, 수집된 자료에 대해 IPA와 네트워크 분석이 실시되었다. 먼저, IPA 결과, 중요도는 학생요소의 조직화 요인, 소통 요인, 연구요소의 과정요인, 기관요소의 자원요인이 높게 나타났다. 수행도는 기관요소의 자원요인, 연구요소의 과정요인과 전략요인이 높게 나타났다. 중요도와 수행도의 t 검정 결과, 대부분의 세부성분이 유의미한 차이를 보였다. 다음으로, 네트워크 분석 결과, 연결중심성, 매개중심성, 위세중심성이 모두 높은 것은 연구요소의 결과보고와 문제, 학생요소의 성장, 교류, 그리고 기관요소의 관리 등이었다. 이러한 결과는 과학영재가 전문가 연구를 위한 경험 및 사전 준비가 부족한 상태에서 활동에 참여함으로써 전문가 랩 의존적 활동, 연구 결과보고에 집중된 활동 등의 한계를 드러내는 현상으로, 학생주도적 연구 활동에 의한 지식창출 경험을 갖기 위해서는 체계적인 교육과정 운영과 계획적인 사전 준비가 전제되어야 함을 시사한다.

주제어 : 지식창출 경험, 전문가 연구, 중요도 및 수행도, 네트워크 분석, 과학영재, 인식조사

\* 본 연구물은 정부(과학기술진흥기금)의 재원으로 한국과학창의재단의 지원을 받아 수행됨.

\*\* 교신저자: KAIST, kjungha@kaist.ac.kr

## I. 서 론

지난 한 세기를 지나는 동안 여러 차례의 과학적 혁명이 진행될 때마다 과학 분야 연구는 패러다임의 전환을 맞았다. 과학 분야 연구는 변화무쌍한 자연의 질서상태를 확률로 설명하게 되었고, 그 목적과 방향은 기존 이론의 한계 및 오류에 대한 문제를 입증하는 지식창출로 바뀌게 되었다. 이후, 지식기반사회가 자리를 잡으면서, 과학 분야 연구는 현상의 구조와 과정, 또는 기작을 밝히는 복잡한 연구가 가능하게 되었다. 연구가 살아움직이는 물질계와 생명계의 복잡한 요소들의 속성, 성장, 변화에 의한 비선형성, 연결성 등을 밝히는데 가치를 두게 된 것이다(강정하, 최인수, 2008; 강정하, 조선희, 김미진, 2014; Holland, 1995). 바야흐로, 21세기 과학은 진화론, 양자역학, 지식의 생명체설, 복잡계, 게놈(genome) 정보, 그리고 나노기술 등의 지식 성장을 근간으로(강정하 외, 2014), 특정 대상의 성장, 변화를 밝혀냄으로써 인류문제, 지구문제를 해결하는 데 관심을 두게 되었다.

과학의 성장은 교육 전반의 대변혁으로 이어져, 실제 문제를 다루는 전문가 수준의 지식창출교육(Tomlinson et al., 2009)의 필요성이 제기되었다. 일찍이 Dewey(1987)는 과학적 지식은 실제로부터 파생되며 실제에 적용될 때 가치가 있다고 역설한 바 있다. 한 예로, 카오스 이론으로 현대과학의 대혁명을 이끄는 데 공을 세운 파이겐바움은 로스앨라모스 국립연구소에 머물면서 황량한 고원지대의 구름 및 환경을 관찰, 경험하기 위해 잦은 비행기 여행과 연구소 내 오솔길 산책을 지속했던 유명한 일화가 있다(Gleick, 2005). 21세기가 막 들어서면서, 미국의 영재교육 학자들은 탁월한

영재를 위한 'Parallel Curriculum Model(PCM)'(Tomlinson et al., 2009)을 통해, 지식 이해 및 적용에 집중하는 지식소비자 수준을 넘어서 다양한 영역에 걸친 실제 문제, 심오한 지식, 그리고 강력한 방법론을 다루는 전문가의 지식창출자 수준, 그리고 관심 및 열망 또는 숙련자 수준을 넘어서 새로운 지식체계에 기여하는 교육을 실천하는 방법을 소개했다.

전문가 수준 지식창출교육의 대표적인 방법으로 전문가 연구 활동을 들 수 있다. 과학 분야를 대표하는 학술기관인 American Association for the Advancement Science(AAAS)의 2011년 연차보고에서, 이른 시기의 전문가 연구 참여는 과학적 과정, 과학적 사고, 과학적 역량에 대한 메타인지의 증진 및 지식창출의 이바지에 대한 확신으로 과학 학습역량 전반을 향상시킨다고 기술했다(Shoemaker, Thomas, Roberts, & Boltz, 2016). 전문가 연구 활동은 학생들이 학문을 함(doing)과 높은 수준의 과제를 함(doing)을 통해 과학을 이해하는 과정으로(O'Neill & Polman, 2004), 기존 지식에 대한 비판적 이해로 그것이 지니는 한계 또는 오류에 대한 인식, 지식창출 과정에 대한 인식을 증진시키는 과정이다(강정하, 신학수, 2016). 다시 말하면, 전문가 연구 활동은 구조화되지 않은 실제 문제 상황에서 학생 스스로 문제를 정의하여 새로운 이론을 생성하는데 초점을 둬으로써, 학생 스스로 관찰하고, 의문을 품고, 독립적으로 활동하도록 자극하여 잠재된 역량을 극대화하는 장이 된다(이효녕, 조현준, 2008).

미국을 비롯한 이스라엘, 호주, 싱가포르 등의 과학영재교육 기관에서는 과학영재가 전문가 연구 경험을 할 수 있는 고교-대학 연계 멘토링 프로그램을 활발히 시행해오고 있다. 우리나라도 영재학교, 과학고, 과학중점고, 대

학부설 과학영재교육원 등에서 연구 교육과정을 편성하거나 프로그램을 운영해 오고 있으며, 최근 들어, 일반고로 확산되고 있다. 특히, 지식창출 역량 함양을 교육 목표로 설정하고 있는 영재학교는 정규 교육과정에 연구 교육과정을 편성, 운영해 오고 있다. 영재학교의 연구 교육과정은 8개 영재학교 중, 1개 학교를 제외한 7개 학교가 졸업이수학점으로 24학점~33학점을 요구할 정도로 큰 비중을 차지하며, 크게 자율연구, 현장연구, 졸업연구로 구분하여 다양한 프로그램을 제공하고 있다. 과학영재가 참여하는 전문가 연구는 살아 움직이는 복잡계를 대상으로 하고 나노기술을 바탕으로 하는 매우 어려운 과정임을 감안할 때, 그 교육이 학생들에게 의미있는 경험의 기회가 되게 하기 위해서는 그 목적과 범위 및 수준에 대한 심도있는 논의와 노력이 필요하다. 하지만, 경쟁적 학업, 성적 관리, 진학 등의 현실적 문제로 그것의 실천은 한계가 있다(강정하, 홍성호, 박선희, 신학수, 2018).

지난 10여 년 동안 다수 선행연구들이 영재학교 전문가 연구 교육과정을 대표하는 자율연구(R&E)의 중요성과 함께 문제점에 대해 지적하면서 개선의 필요성을 제기해 왔다. 이를테면, R&E가 전문지식습득 기회, 과학적 태도 및 흥미 유발, 탐구능력 및 창의적 문제해결력 신장, 그리고 진로결정 맥락 제시 등의 긍정적 영향에 대해 보고하는 반면, 학생 및 지도교사의 연구에 대한 안목 부족, 주제선정 및 문제정의 참여의 어려움, 전문가 의존적, 학생 기초 역량의 부족, 운영의 효율성/체계성/전문성 부족 등에 대한 문제점을 지적하고 있다(강성주 외, 2009; 강정하, 2014; 강정하, 권경아, 석혜은, 2017; 김정대, 심재영, 2008; 신학수, 2016; 이선길, 2006; 최호성, 태진미, 2015).

이들 선행연구는 의미있는 결과를 제시하면서도 전문가 연구 활동의 복잡성 또는 방법론의 문제로 다소 제한적인 결과를 제시하는데 그친다. 전문가 연구 활동은 다양한 수준의 참여자들이 관여하므로, 복잡한 상호작용(다수 행위자, 다단계 과업, 다양한 활동 등)을 파악할 수 있는 총체적 접근(Holland, 1995)이 필요하다. 즉, 복합적 요소를 모두의 상호작용 볼 수 있는 복잡계에 대한 접근으로, 그 교육이 과학영재의 지속성장을 추동하는 특성을 확인할 필요가 있다. 전자는 조사 도구의 타당성과 관련된 것으로, 과학영재가 참여하는 전문가 연구는 비전문가가 이해하기 힘든 고난도의 활동이며, 유일무이한 특정 전문가 랩에서 이루어지는 활동이므로 강도 높은 훈련과 준비가 요구되는데도 불구하고, 일부 선행연구는 연구자의 역량, 기본 지식, 그리고 연구 과정에 대한 주요 요소가 배제된 채, 학생과 교사의 준비 및 운영에 초점이 맞추어져 있다. 후자는 조사 도구의 신뢰성과 관련된 것으로, 다수 연구가 이론적 근거가 부족한 상태에서 연구자 임의로 설문지를 구성하고, 연구 활동에 대한 학생 또는 지도교사의 인식을 물어봄으로써, 그들의 인식 수준에 따른 판단에 의존한다는 점이다. 급격하게 변화하는 전문가 연구의 특성 혹은 동향에 대한 인식은 물론 참여하는 특정 전문가 연구에 대한 인식이 부족한 학생 또는 지도교사는 실제 연구 상황에서 그들의 판단이 유효되고, 전적으로 전문가 또는 지도연구원에 의존하게 된다. 선행연구들은 학생 또는 지도교사의 지각 및 판단에 내재된 오류(강정하, 홍성호 외, 2018), 왜곡, 편향 등을 간과한다는 점이다.

따라서, 과학영재의 전문가 연구 활동에 대한 연구는 건고한 이론적 배경과 그것의 복잡

성을 고려한 총체적 접근, 설문 참여자의 인식 수준을 정밀하게 파악할 수 있는 연구 방법, 그리고, 수행에 영향을 주는 복잡한 요인들 간의 연결 구조와 관계의 크기 및 영향력을 확인할 수 있는 분석 방법을 적용할 필요가 있다. 이를 통해, 과학영재가 전문가 연구 활동에 대해 어떤 인식을 가지고 어떤 활동에 집중하는 경향이 있는지, 연구 활동이 어떤 구조 속에서 이루어지는지, 어떤 요인이 크게 영향을 주는지, 그리고, 어떤 문제가 있고, 어디에 문제의 소재가 있는지, 어떻게 해결해야 하는지 등을 밝혀낼 필요가 있다. 이는 지금까지의 과학영재 전문가 연구 활동에 대한 연구가 학생 또는 지도교사의 일방향적 요소에 국한되었던 것을 고교 기본 교육과정으로까지 확장하고자 했으며 및 참여 학생의 전문가 랩 구성원과의 상호작용을 다루었다는 점에서 의미를 두고 있다. 궁극적으로, 과학영재의 전문가 연구 활동이 단편적인 교과에 머물러 있기 보다는 실제 문제를 통해 지식창출을 경험하는 기회가 되도록 하기 위한 교육적 시사점을

제시하는데 의의를 두고 있다.

본 연구의 연구문제는 다음과 같다.

연구문제1. 과학영재의 전문가 연구에 대한 인식-중요도 및 수행도-수준은 어떠한가?

연구문제2. 과학영재의 전문가 연구에 대한 인식-수행도의 연결 구조는 어떠한가?

## II. 연구방법

### 1. 연구 참여자

본 연구는 전국 7개 영재학교 1, 2, 3학년 생 총 282명을 대상으로 학교 교육과정을 통해 이루어지고 있는 연구활동에 대한 인식을 조사한 연구이다. 분석에는 불성실하게 응답한 14명의 자료를 제외한 총 268명의 자료가 사용되었다. 학년별 사례수는 1학년 132명, 2학년 96명, 3학년 40명이었다. 3학년 학생수가 1, 2학년 학생수와 큰 차이를 보이는데 이는

〈표 II-1〉 영재학교 학생 설문조사 학교별 참여자수(성별무응답자수)

학년	성별	학교1	학교2	학교3	학교4	학교5	학교6	학교7	사례수	비율
1학년	남	8	5	2	12	5	53	11	96	
	여	1	2	1	0	4	13	3	24	
	전체	9	12(5)	3	12	11(2)	70(4)	15(1)	132(12)	49.25
2학년	남	26	5	9	40	0	0	4	84	
	여	1	1	0	4	0	0	0	6	
	전체	27	9(3)	9	45(1)	0	0	6(2)	90(6)	35.82
3학년	남	0	0	10	0	17	0	0	27	
	여	0	0	2	0	4	0	0	6	
	전체	0	7(7)	12	0	21	0	0	40(7)	14.93
전체		36	28(15)	24	57(1)	32(2)	70(4)	21(3)	268(25)	100

설문조사가 12월에 실시되어 3학년의 경우, 대학 입시와 맞물려 있었기 때문에 파악되었다. 학교별 참여자수는 <표 II-1>과 같다.

## 2. 자료 수집

### 1) 설문지 조직

설문지는 ‘지속성장형 과학영재 연구활동 개념모델’(강정하, 박선희, 신학수, 홍성호, 2018)을 근간으로 본 연구를 위해 새롭게 개발되었다. 설문지 내용은 3요소9요인으로 구성되었다: 학생요소(‘조직화’, ‘경험’, ‘소통’ 요인), 연구요소(‘과정’, ‘성과’, ‘전략’ 요인), 기관요소(‘관리’, ‘교육과정’, ‘자원’ 요인). 설문지 문항은 9항목 135문항으로 조직되었다. 학생요소는 개인의 역량 및 경험을 나타내는 심리적 속성을, 연구요소는 연구 과정에서 요구되는 주요 활동 및 성과를, 기관요소는 지원 및 환경 등을 포함한다. 모든 문항은 ‘중요도-수행도’ 차원으로, 각각 *Likert* 5점 척도로 만들어졌다. 설문지 형태는 모바일폰용과 지필용으로 개발되었다. 설문지(초안)은 영재교육 및 과학영재교육 전문가 2인과 심리측정전문가 1인에 의한 내용타당도 검토와 영재학교 소속 현장전문가 1인의 현장적용가능성 검토를 통해 수정, 완성되었다. <표 II-2>에 설문지 구성에 대한 자세한 내용을 제시하였다.

### 2) 설문지 타당화

완성된 설문지(3요소9요인 25세부성분 135 문항)는 본 연구를 통해 수집한 자료를 활용하여 문항의 신뢰도(내적 합치도), 수렴타당도 및 변별타당도가 확인되었다. 먼저, 문항의 신뢰도(Cronbach  $\alpha$ )를 확인한 결과, 설문지 전체 신뢰도는 0.99이었고, 9요인의 신뢰구간은

0.83-0.96로 나타났다. 자세한 내용은 <표 II-3>과 같다.

다음으로, 9요인의 중요도-수행도 각각에 대한 요소 내 및 요인 간 상호상관 분석을 통해 설문 문항의 양호도, 수렴타당도, 그리고 변별타당도를 확인하였다. 중요도의 경우, 학생요소 내 요인 간 상관은 0.80-0.85, 연구요소 내 요인 간 상관은 0.75-0.86, 기관요소 내 요인 간 상관은 0.77 - 0.88로, 전반적으로 ‘매우 높은 상관’을 보였다.

반면, 타 요소의 요인 간 상관이 0.55 - 0.85로, 전반적으로 높은 상관을 보였으나 동일한 요소 내 요인 간 상관보다는 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 수행도의 경우, 학생요소 내 요인 간 상관은 0.82-0.87, 연구요소 내 요인 간 상관은 0.81- 0.83, 기관요소 내 요인 간 상관은 0.75 - 0.87로, 이 역시 전반적으로 ‘매우 높은 상관’을 나타냈다. 반면, 타 요소의 요인 간 상관이 0.45 - 0.86으로, 전반적으로 비교적 높은 상관을 보였으나 동일한 요소 내 요인 간 상관보다는 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 이 경우, 타 요소의 요인 간의 ‘매우 높은 상관’은 그 이론적 배경을 달리하는 것이므로 그 의미가 확연하게 구별됨을 알려준다. 설문지에 대한 신뢰도 분석과 상관 분석을 통해, ‘지속성장형 과학영재 연구활동 개념모델’의 타당도가 확인되었고, 이를 ‘지속성장형 과학영재 연구활동 모델’로 명명하였다. 상관분석 결과는 <표 II-4>과 같다.

## 3. 분석 방법

자료 분석은 전문가 연구 활동에 대한 학생의 인식-중요도 및 수행도-을 파악하기 위해 IPA(Importance Performance Analysis) 방법이

〈표 II-3〉 설문 문항의 신뢰도 계수(Cronbach  $\alpha$ )

요소	요인	Cronbach $\alpha$	요소	요인	Cronbach $\alpha$	요소	요인	Cronbach $\alpha$	전체신뢰도
학생	조직화	0.96	연구	과정	0.96	기관	관리	0.93	0.99
	경험	0.95		성과	0.96		교육	0.93	
	소통	0.94		전략	0.83		과정	0.93	
	전체	0.98		전체	0.97		자원	0.90	
							전체	0.97	

〈표 II-4〉 설문 문항의 요인 간 상관 계수

요소	요인	1	2	3	S	4	5	6	R	7	8	9	I	전체
학생 (S)	조직화(1)		0.85	0.82	0.94	0.82	0.70	0.70	0.79	0.57	0.57	0.48	0.58	0.83
	경험(2)	0.85		0.87	0.96	0.83	0.73	0.72	0.81	0.58	0.60	0.45	0.58	0.85
	소통(3)	0.80	0.84		0.95	0.84	0.81	0.75	0.85	0.66	0.68	0.54	0.68	0.90
	전체(S)	0.94	0.95	0.93		0.88	0.79	0.76	0.86	0.64	0.65	0.52	0.65	0.91
연구 (R)	과정(4)	0.80	0.80	0.85	0.87		0.81	0.83	0.94	0.67	0.68	0.58	0.69	0.91
	성과(5)	0.72	0.74	0.81	0.80	0.86		0.80	0.93	0.86	0.85	0.76	0.89	0.94
	전략(6)	0.66	0.76	0.70	0.75	0.81	0.75		0.94	0.66	0.66	0.52	0.66	0.85
	전체(R)	0.78	0.82	0.84	0.86	0.95	0.93	0.92		0.78	0.78	0.66	0.80	0.96
기관 (I)	관리(7)	0.70	0.71	0.75	0.77	0.78	0.85	0.71	0.84		0.87	0.75	0.94	0.86
	교육과정(8)	0.66	0.68	0.74	0.74	0.76	0.85	0.65	0.81	0.88		0.76	0.94	0.86
	자원(9)	0.56	0.56	0.60	0.61	0.65	0.75	0.55	0.70	0.84	0.77		0.90	0.76
	전체(I)	0.68	0.69	0.74	0.75	0.77	0.87	0.67	0.82	0.96	0.93	0.93		0.89
	전체	0.84	0.87	0.89	0.92	0.92	0.93	0.83	0.96	0.92	0.89	0.81	0.92	

N=268;

주1) 좌측하단은 중요도 요인 간 상관계수, 우측상단은 수행도 요인 간 상관계수임

주2) 모든 상관계수는  $p < .05$ 에서 유의함

적용되었으며, 이러한 인식을 결정하는 주요 요인 및 세부성분 간의 구조를 파악하기 위해 네트워크 분석이 적용되었다.

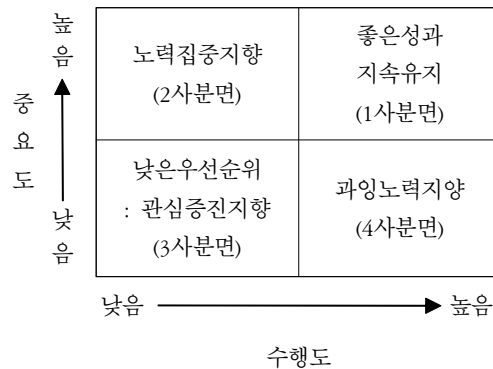
IPA 방법은 효과적인 마케팅 프로그램을 개발하는 방법으로 Martilla와 James(1977)에 의

해 소개되어 서비스 산업에서 변화를 안내하기 위해 사용되었지만, 경험적 학습활동의 설계에 대한 성과를 분석하는데도 응용되고 있다(Huybers, 2014; Lewis, 2004). IPA는 중요도와 수행도에 대한 대푯값(예. 평균 또는 중앙값)

을 산출하여 X축, Y축 매트릭스를 구축한 다음, 전체 사분면에 각 척도의 값을 표시하여 해석한다. 이 때, 전체 사분면 각각에 속성을 부여한다(Ainin & Hisham, 2008). 최기중, 박성현(2001)에 의하면, 1사분면은 중요도와 수행도가 모두 높은 ‘좋은성과지속유지’ 영역으로, 현재 잘 진행되고 있어서 계속 유지하면 되는 요인들이 위치한다. 2사분면은 높은 중요도와 낮은 수행도의 ‘노력집중지향’ 영역으로 향후 시급한 개선이 요구되는 요인들이 위치한다. 3사분면은 중요도와 수행도가 모두 낮은 ‘낮은 우선순위’ 영역으로, 더 이상 지속할 필요가 없는 요인들이 위치한다. 그리고, 4사분면은 낮은 중요도와 높은 수행도의 ‘과잉노력지향’ 영역으로, 수행도를 줄이거나 투입된 노력을 다른 요인으로 옮길 것이 권장된다(진성희, 성은모, 2010, 재인용). 본 연구에서는 중요도와 수행도의 평균값을 사용하여, X축(수행도), Y축(중요도)을 설정하였고, 최기중, 박성현(2001)가 제시한 1, 2, 4사분면의 속성을 그대로 사용하였으며, 3사분면은 본 연구의 방향을 반영하여 명칭에 ‘관심증진지향’을 추가했고, 속성을 ‘관심 및 노력의 증진이 요구됨’으로 수정하였다. [그림 II-1]과 <표 II-5>

과 같다.

반면, 네트워크 분석은 역동적 상호작용을 통해 성장, 변화하는 복잡계를 구성하는 많은 요소 간의 연결망 구조 분석 또는 연결선 수(degree)가 매우 불균일한 척도없는(scale-free) 네트워크의 형태를 지닌 Scale-free network 모델을 사용함으로써, 기존의 수학적 모델보다 실제 네트워크 특성을 이론화하는데 유용하다(Albert, Jeong, & Barabasi, 2000). 여기서, 네트워크는 노드들(nodes)과 이를 연결하는 링크(link)들로 표현된다. 노드와 노드들 사이, 즉, 각 세부성분 간 관계의 크기 및 영향력을 판단할 수 있는 다양한 정량적 지표를 제공한



(그림 II-1) 중요도-수행도 매트릭스

<표 II-5> 전문가 연구에 대한 과학영재의 중요도-수행도 인식 매트릭스 구성

구분	사분면 명칭	속성
1사분면	좋은성과 지속유지	중요도-수행도 모두 높은 수준으로, 현재 잘 진행되고 있어서 해당 수행을 지속할 필요가 있음
2사분면	노력집중지향	높은 중요도 낮은 수행도 수준으로, 향후 해당 수행의 시급한 개선이 요구됨
3사분면	낮은우선순위: 관심증진지향	낮은 중요도, 낮은 수행도 수준으로, 관심 및 노력의 증진이 요구됨
4사분면	과잉노력지향	낮은 중요도, 높은 수행도 수준으로, 수행도를 줄이거나 투입된 노력을 다른 요인으로 옮길 것이 권장됨

다. Scale-free network에서는 연결선이 적은 점들이 대부분이지만, 동시에 연결선이 많은 점들도 함께 존재한다. 이에 대한 연구는 네트워크의 구조적 특성에 대한 근본적인 질문인 네트워크의 보편성(universality)을 밝히려는 것이다(Barabasi & Albert 1999). 이러한 네트워크의 보편성은 복잡성(complexity)을 통해서 분석할 수 있다. 즉, 이는 네트워크의 밀집도(density), 노드 중심성(node centrality), 중심성(centrality), 매개도(betweenness)등을 정량화하는 것이다(Hidalgo & Hausmann, 2009).

본 연구에서는 학생의 수행도에 대한 연결 중심성(degree centrality), 매개중심성(betweenness centrality), 위세중심성(eigenvector centrality)에 대한 분석을 통해 수행도의 세부성분들이 어떤 연결구조를 지니는지, 가장 중심에 위치하는 것은 무엇인지, 그리고 세부성분들을 매개하는 성분은 무엇인지를 파악하고자 하였다. 이는 IPA가 요인 및 세부성분 각각의 개별 수준 파악에 초점을 맞추므로써 밝히지 못하는 요인 간 및 세부성분 간의 상호 연결 구조를 파악함으로써 세부성분 간의 연결 구조의 개선을 위해 상호작용을 활성화 시키는 구체적인 전략을 모색하고자 하였다.

### III. 연구결과

#### 1. 전문가 연구에 대한 과학영재의 중요도-수행도 인식 기술통계치 및 t 검증

먼저, 전체 학생이 3요소 9요인 25세부성분에 대해 인식하는 중요도 및 수행도의 기술통계치를 살펴보았다.

중요도의 3요소의 평균은 학생요소가  $M=$

4.27, 연구요소가  $M=4.23$ , 기관요소가  $M=4.24$ 로 모두 유사했다. 9요인의 평균은 4.20-4.31 사이에 분포하는데, 요인 간에 큰 차이를 드러내지 않으므로, 25세부성분을 살펴보고자 했다. 25세부성분의 평균은 4.07-4.41 사이에 분포했는데, 이 역시 큰 차이로 보지는 않았다. 그럼에도, 과학 분야에서, 특히, 영재학교의 경쟁적 학업환경에서 탁월한 성취를 드러내는 역량의 변별이 어려운 특수집단임을 감안하여, 면밀한 분석을 통해 그들의 인식을 파악하고자 하였다. 25세부성분 중에, 문제해결( $M=4.41$ )이 가장 높았고, 사고 조직화( $M=4.39$ ), 재료 및 장비( $M=4.38$ ), 실험실( $M=4.36$ ), 정서·태도 조직화( $M=4.35$ ) 순으로 높았다. 주제선정( $M=4.14$ ), 학생적정연구( $M=4.09$ ), 비용( $M=4.07$ ) 등은 상대적으로 낮은 평균을 나타냈다.

이 결과는 학생이 전문가 연구에서 문제해결을 가장 중요하게 생각했으며, 연구 재료 및 시설, 그리고 개인의 사고역량, 정서 및 태도 중요하게 생각하고 있음을 반영한다. 이는 교육의 목표를 명확하게 인식하며, 연구 환경, 그리고 활동에 요구되는 다양한 사고, 그리고 연구 과정에서 필요로 하는 정서, 취해야 할 바람직한 자세 등을 중요하게 인식하고 있음을 보여준다. 반면, 학생들은 주제선정, 학생적정연구, 비용 등을 중요하게 생각하지 않았다. 이는 학생의 관심, 주제에 대한 이해, 문제에 대한 이해 등을 중요하게 생각하지 않음을 반영하며, 참가비용은 금전적인 부담을 가지지 않기 때문인 것으로 파악된다.

다음으로, 수행도의 2가지 세부성분(학생적정연구  $M=4.09 \rightarrow M=4.11$ ; 비용  $M=4.07 \rightarrow 4.10$ )을 제외한 대부분의 세부성분의 수행도 평균은 중요도의 그것보다 다소 낮은 수준이다. 3



요소의 평균은 학생요소가  $M=4.08$ , 연구요소가  $M=4.14$ , 기관요소가  $M=4.14$ 로 모두 유사한 수준이었다. 9요인의 평균은 4.05-4.23 구간에 분포하는데, 요인 간에 큰 차이를 드러내지 않으므로, 25세부성분을 살펴보고자 했다. 25세부성분 가운데, 가장 높은 평균을 보인 것은 실험실( $M=4.30$ ), 재료 및 장비( $M=4.28$ ), 그리고 문제해결( $M=4.28$ ) 성분이었다. 상대적으로 낮은 평균을 보인 것은 지식( $M=3.99$ )과 탐색( $M=3.97$ )이었다.

이 결과는 학생이 전문가 연구에서 실험실과 재료 및 장비 성분에 높은 만족도를 나타냈고, 문제해결 과정에 상대적으로 많은 집중을 한 것으로 생각했다. 한편, 기본 교과 지식, 폭넓은 지식의 조직화에 대해 비교적 적은 수행을 한 것으로 인식했다. 이는 전문가 연구 과정 전반에서 필요로 하는 전문지식체계를 비롯하여, 다양한 지식의 조직화, 일상에서의 과학적 탐색 등을 상대적으로 덜 수행하는 것으로 인식했다. 이는 영재학교 학생들의 일과가 고난도의 수업, 과제, 다양한 활동 등으로 일상에서 여유로운 시간을 갖거나 생각할 기회를 갖기 어렵기 때문일 것으로 본다.

중요도와 수행도의 차이가 있는지를 확인하기 위해 대응표본  $t$ 검증(paired  $t$ -test)을 실시하였다. 먼저, 9요인25세부성분의 중요도와 수행도의 평균의 차이를 확인한 결과, 대부분이 중요도에 비해 수행도가 낮게 나타났다. 이 결과에 대한  $t$ 검증을 실시한 결과, 대부분의 25세부성분의 중요도와 수행도 간 차이는 통계적으로 유의미한( $p<0.05$  또는  $p<0.01$ ) 것으로 나타났다. 단, 연구요소\_전략요인\_학생적정연구( $t=-0.52$ ,  $p<0.602$ )와 기관요소\_자원요인\_실험실( $t=1.79$ ,  $p<0.075$ )과 기관요소\_자원요인\_비용( $t=-0.59$ ,  $p<0.558$ )은 중요도와 수행도의

차이가 나타나지 않았다.

이러한 결과는 학생들이 대부분의 9요인25세부성분과 관련한 실제 수행도가 중요도 수준에 미치지 못하는 것으로 생각하는 경향을 보여준다. 이는 전문가 연구가 엄청난 양의 전문지식체계, 전문적 기술, 그리고 방법론에 대한 이해와 비판을 토대로 이루어지는 고난도의 역량을 요구하는 과정인 만큼, 고등학생의 전문가 연구 수행이 의지대로 이루어지지 않고 있음을 반영하는 결과로 판단된다. 관련 내용은 <표 III-1>과 같다.

## 2. 전문가 연구에 대한 과학영재의 중요도-수행도 인식 분석

중요도와 수행도에 대한 대응표본  $t$ 검증 결과가 대부분의 요인 및 세부성분에서 유의미한 차이를 보이므로 이를 근거로 IPA를 실시하였다.

### 1) 9요인에 대한 분석

과학영재의 전문가 연구에 대한 9요인별 중요도와 수행도 분석 결과, 1사분면(모두 높은 중요도-수행도)에는 기관요소\_자원요인과 연구요소\_과정요인이 위치했다. 2사분면(높은 중요도-낮은 수행도)에는 학생요소\_조직화요인과 학생요소\_소통요인, 기관요소\_관리요인이 위치했다. 3사분면(모두 낮은 중요도-수행도)에는 기관요소\_연구 교육과정 요인과 학생요소\_경험요인이 위치했다. 마지막으로, 4사분면(낮은 중요도-높은 수행도)에는 연구요소\_전략요인과 연구요소\_성과요인이 위치했다. [그림 III-1]과 <표 III-2>와 같다.

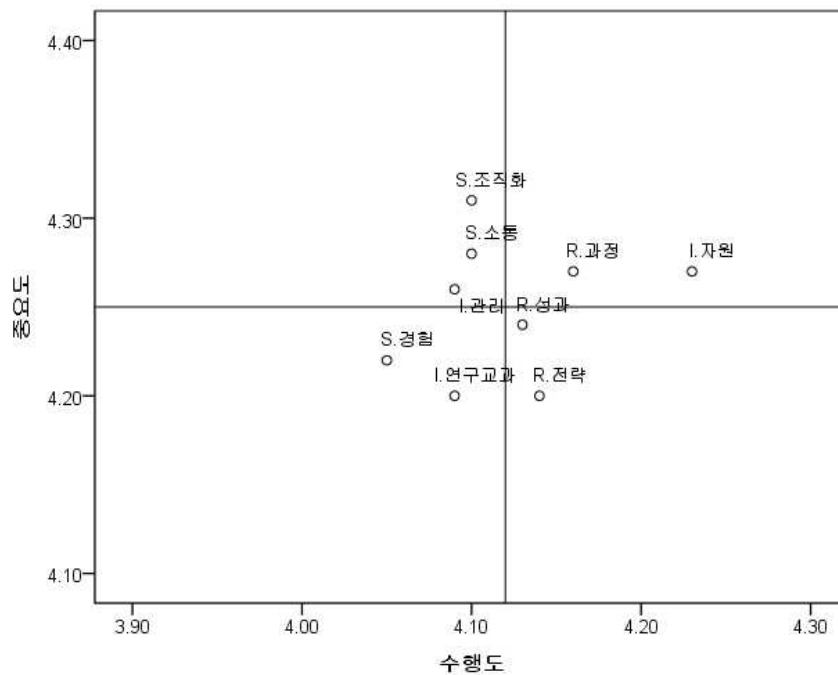
〈표 III-1〉 전문가 연구에 대한 과학영재의 중요도-수행도 인식 기술통계치,  $t$  검증 결과( $N = 268$ )

요소	하위요인	세부성분	중요도(I)		수행도(P)		I-P		$t$	$p$	quad.
			$M$	$SD$	$M$	$SD$	$M$	$SD$			
학생	조직화	지식	4.19	0.66	3.99	0.73	0.20	0.52	6.22	.001**	3
		사고	4.39	0.60	4.17	0.71	0.23	0.54	6.86	.001**	1
		정서·태도	4.35	0.61	4.14	0.72	0.22	0.55	6.43	.001**	1
		전체	4.31	0.57	4.10	0.67	0.21	0.47	7.47	.001**	2
	경험	탐색	4.17	0.77	3.97	0.86	0.21	0.67	5.02	.001**	3
		준비	4.26	0.62	4.13	0.66	0.13	0.54	4.07	.001**	1
		성장	4.23	0.65	4.06	0.75	0.17	0.52	5.19	.001**	3
		전체	4.22	0.61	4.05	0.69	0.17	0.50	5.48	.001**	3
	소통	설득	4.25	0.71	4.09	0.80	0.16	0.66	4.09	.001**	2
		전달	4.29	0.62	4.06	0.74	0.23	0.58	6.47	.001**	2
		교류	4.28	0.62	4.13	0.70	0.15	0.53	4.57	.001**	1
		전체	4.28	0.59	4.10	0.68	0.18	0.52	5.67	.001**	2
	전체		4.27	0.55	4.08	0.64	0.19	0.46	6.72	.001**	
연구	과정	주제선정	4.14	0.75	4.05	0.81	0.09	0.64	2.24	.026*	3
		문제정의	4.21	0.65	4.10	0.72	0.11	0.49	3.74	.001**	3
		지식이해	4.29	0.62	4.17	0.67	0.12	0.49	3.91	.001**	1
		가설설정	4.28	0.75	4.18	0.88	0.10	0.67	2.37	.018*	1
		문제해결	4.41	0.65	4.28	0.70	0.13	0.49	4.41	.001**	1
		전체	4.27	0.60	4.16	0.67	0.11	0.45	4.01	.001**	1
	성과	결과보고	4.20	0.64	4.13	0.67	0.07	0.39	3.12	.002**	4
		평가	4.23	0.70	4.08	0.80	0.15	0.55	4.44	.001**	3
		연구경력	4.28	0.66	4.19	0.71	0.09	0.36	4.01	.001**	1
		전체	4.24	0.63	4.13	0.67	0.10	0.36	4.74	.001**	4
	전략	학생주도	4.30	0.63	4.17	0.72	0.14	0.55	4.07	.001**	1
		학생적정	4.09	0.87	4.11	0.88	-0.02	0.70	-0.52	.602	3
		전체	4.20	0.67	4.14	0.74	0.06	0.53	1.75	.081	4
	전체		4.23	0.59	4.14	0.65	0.09	0.39	3.79	.001**	
기관	관리	활동	4.19	0.68	4.05	0.76	0.14	0.54	4.30	.001**	3
		관리자	4.32	0.73	4.13	0.86	0.19	0.66	4.73	.001**	1

〈표 III-1〉 전문가 연구에 대한 과학영재의 중요도-수행도 인식 기술통계치,  $t$  검증 결과( $N = 268$ ) (계속)

요소	하위요인	세부성분	중요도(I)		수행도(P)		I-P			<i>quad.</i>	
			<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i>		<i>p</i>
	교육과정	전체	4.26	0.65	4.09	0.75	0.17	0.55	4.97	.001**	2
		연구교과	4.20	0.67	4.09	0.71	0.12	0.40	4.77	.001**	3
		전체	4.20	0.67	4.09	0.71	0.12	0.40	4.77	.001**	3
	자원	실험실	4.36	0.79	4.30	0.77	0.06	0.56	1.79	.075	1
		재료·장비	4.38	0.77	4.28	0.78	0.10	0.60	2.58	.010*	1
		비용	4.07	0.98	4.10	0.94	-0.03	0.94	-0.59	.558	3
		전체	4.27	0.76	4.23	0.73	0.04	0.55	1.22	.225	1
	전체		4.24	0.65	4.14	0.68	0.11	0.41	4.27	.001**	
전체		4.25	0.56	4.12	0.60	0.13	0.36	5.86	.001**		

주. \*는  $p < 0.05$ , \*\*는  $p < 0.01$  임.



〔그림 III-1〕 중요도 및 수행도의 분포: 9요인

〈표 III-2〉 9요인에 대한 중요도-수행도 인식 분석 결과

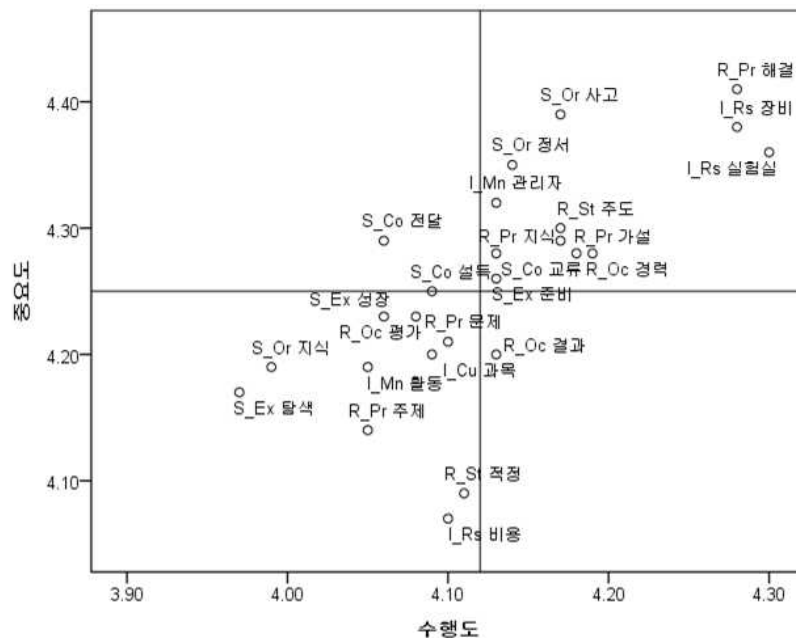
구분	사분면 명칭	요소_요인 (※ 수행도가 높은 순으로 기술함)
1사분면	좋은성과 지속유지	· 기관_자원 · 연구_과정
2사분면	노력집중지향	· 학생_조직화 · 학생_소통 · 기관_관리
3사분면	낮은우선순위: 관심증진지향	· 기관_연구 교육과정 · 학생_경험
4사분면	과잉노력지향	· 연구_성과 · 연구_전략

## 2) 25세부성분에 대한 인식 분석

과학영재의 전문가 연구에 대한 25세부성분별 중요도와 수행도 분석 결과, 1사분면에는 학생요소 중, 사고 조직화, 정서·태도 조직화, 교류, 그리고 준비 성분이 위치했고, 연구요소 중, 문제해결, 학생주도연구, 가설설정, 지식이해, 연구경력 성분이 위치하였으며, 기관요소 중, 재료 및 장비, 실험실, 관리자 성분이 위치했다. 2사분면에는 학생요소의 설득

과 전달 성분이 위치했다. 3사분면에는 학생요소의 지식 조직화, 탐색, 성장 성분, 연구요소의 주제선정, 문제정의, 평가, 학생적정연구, 그리고 기관요소의 활동, 연구교육과정, 비용 성분이 위치했다. 마지막으로, 4사분면에는 연구요소의 결과보고 성분이 위치했다. [그림 III-2]와 <표 III-3>과 같다.

이 결과는 1사분면에 위치한 대부분의 세부성분들은 실제 전문가 수준의 시설, 현장에



(그림 III-2) 중요도 및 수행도의 분포: 25세부성분

〈표 III-3〉 25세부성분에 대한 중요도-수행도 인식 분석 결과

구분	속성	요소_세부성분 (※ 수행도가 높은 순으로 기술함)
1사분면	좋은성과 지속유지	· 학생_사고 조직화, 정서 및 태도 조직화, 교류, 준비 · 연구_문제해결, 학생주도연구, 가설설정, 지식이해, 연구경력 · 기관_재료 및 장비, 실험실, 관리자
2사분면	노력집중지향	· 학생_설득, 전달
3사분면	낮은우선순위: 관심증진지향	· 학생_성장, 지식 조직화, 탐색 · 연구_문제정의, 학생적정연구, 평가, 주제선정 · 기관_비용, 연구교육과정, 활동(관리)
4사분면	과잉노력지향	· 연구_결과보고

서 진행되는 연구과정, 그리고 그 과정에서 일어나는 수행 활동 등과 관련된 것이며, 2사분면에 위치한 2가지 성분들은 학생의 생각이나 결과를 타 구성원에게 전달, 설득하는 수행이고, 3사분면에 위치한 것은 학생의 사전 준비로서의 경험, 지식, 주제 및 문제에 대한 이해, 기본 지식 및 기술 등과 관련된다. 마지막으로, 4사분면에 위치한 것은 결과보고로 최종 성과물과 관련된다. 이러한 인식의 경향성은 학생이 전문가 연구 활동을 통해 지식창출 경험을 갖기 위해서는 3사분면에 위치한 성분들과 관련한 많은 준비가 필요하다는 것을 반영한다.

### 3. 과학영재의 전문가 연구 수행도에 대한 연결 구조 분석

본 연구에서 제시한 네트워크 다이어그램은 25개 세부성분 간 내적상관을 기준으로 형성된 동심원(concentric) 형태의 네트워크 구조를 r 패키지 igraph(Csardi, & Nepusz, 2015)를 이용하여 시각화한 것이다.

본 연구에서는 네트워크 분석을 수행하기

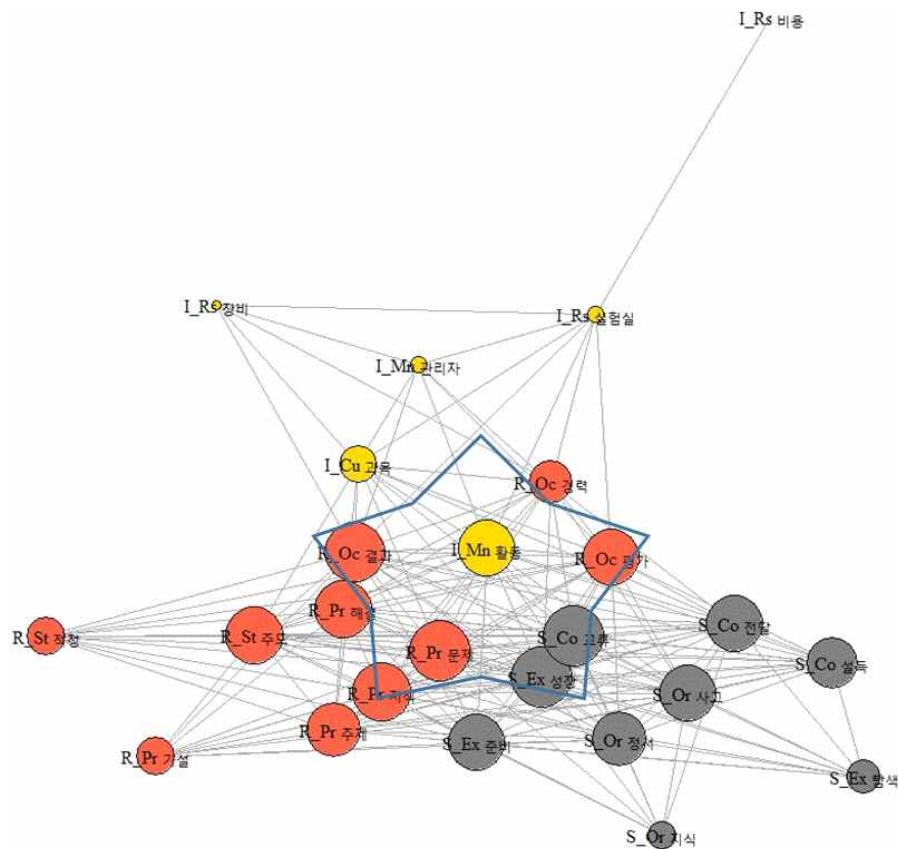
위해 세부성분 간 상관계수가 .6이상인 쌍(pair)을 선택하였다. 이는 대표성이 있는 네트워크에서 충분한 크기의 연결 수를 가장 명확하게 산출하면서도 주요 연결 패턴을 시각화하는 것을 불가능하게 만들 만큼 너무 조밀하지 않은 수준이라고 판단하였기 때문이다. 이에, 25개 세부성분 간에 연결 가능한 링크 300개 중에서 실제로 연결된 링크의 수는 183개로 밀도는 0.61로 나타났으며, 평균중심성지수는 7.32로 나타났다. 이는 하나의 세부성분에서 평균적으로 약 7개 이상의 서로 다른 세부성분과 연결되어 있음을 의미한다. 연결중심성, 매개중심성, 위세중심성을 차례로 살펴보면 다음과 같다.

연결중심성은 하나의 세부성분이 다른 세부성분들과 얼마나 많은 관련성이 있는지를 측정한 것으로, 함께 연결된 다른 세부성분의 수와 관련이 있다. 연결중심성은 연구요소\_결과보고가 0.89로 가장 높게 나타났고, 학생요소\_성장, 학생요소\_교류, 연구요소\_문제, 연구요소\_평가, 그리고 기관요소\_활동이 0.83으로 다음으로 높게 나타났다. 반면, 기관요소의 비용은 0.37로 가장 낮은 값을 보였다.

매개중심성은 하나의 세부성분이 다른 성분들과 네트워크 구조를 형성하는데 매개 또는 다리 역할을 어느 정도 수행하는지를 나타내는 지표이다. 연구요소\_결과보고가 27.27, 기관요소\_실험실이 23.4로 매개중심성 값이 높게 나타나서 수행도와 관련된 다른 세부성분들을 중재하는 중요한 성분으로 나타났다. 기관요소\_실험실의 매개중심성 값은 높지만, 연결중심성과 위세중심성 값은 매우 낮게 나타났다는데 이는 독립적인 기관요소\_자원\_비용과 상대적 연결의 정도가 작은 기관요소\_자원\_장비와의 중재역할이 크기 때문으로 판단된다. 특히, 매개중심성이 0.00인 학생의 지식,

탐색, 가설설정, 그리고 학생적정연구 성분은 핵심적인 연구 과정과의 연결 및 영향력조차 미약한 것으로 나타났다. 즉, 학생의 기본지식, 관심, 연구설계, 연구주제관련 전공지식의 이해가 연구 활동에 거의 반영이 되지 않음을 드러내는 현상으로 추정된다.

위세중심성은 네트워크 다이어그램에서 각각의 세부성분이 중심에 위치한 정도를 의미한다. 학생요소\_경험\_성장, 학생요소\_소통\_교류, 연구요소\_과정\_문제가 가장 중심에 있는 세부성분으로 다른 성분들에 영향을 주고, 영향을 받은 세부성분이 그와 연결된 타 세부성분들에 영향을 미치는 관계를 고려해 볼 때



(그림 III-3) 과학영재 연구활동 수행도의 네트워크 구조

〈표 III-4〉 과학영재 연구활동 수행도의 네트워크분석 결과 (N=268)

요소	요인	세부성분	빈도	연결중심성 (degree)	매개중심성 (betweenness)	위세중심성 (eigenvector)
학생 (S)	조직화 (Or)	S_Or_지식	8	0.53	0.00	0.46
		S_Or_사고	18	0.77	3.82	0.93
		S_Or_정서/태도	17	0.75	2.73	0.89
	경험 (Ex)	S_Ex_탐색	10	0.56	0.00	0.56
		S_Ex_준비	18	0.77	3.57	0.93
		S_Ex_성장	20	0.83	6.47	1.00
	소통 (Co)	S_Co_설득	15	0.71	0.78	0.83
		S_Co_전달	18	0.77	4.47	0.93
		S_Co_교류	20	0.83	6.47	1.00
연구 (R)	과정 (Pr)	R_Pr_지식이해	19	0.80	4.77	0.97
		R_Pr_주제선정	17	0.75	1.91	0.90
		R_Pr_문제정의	20	0.83	6.47	1.00
		R_Pr_가설설정	11	0.63	0.00	0.63
		R_Pr_문제해결	18	0.77	2.37	0.94
	성과 (Oc)	R_Oc_결과보고	21	0.89	27.27	0.98
		R_Oc_평가	19	0.83	13.16	0.94
		R_Oc_연구경력	15	0.73	10.31	0.71
	전략 (St)	R_St_학생주도	18	0.77	2.37	0.94
		R_St_학생적정	11	0.63	0.00	0.63
기관 (I)	관리 (Mn)	I_Mn_활동	19	0.83	13.16	0.94
		I_Mn_관리자	7	0.56	0.40	0.28
	교과(Cu)	I_Cu_교육과정	13	0.69	7.08	0.61
	자원 (Rs)	I_Rs_실험실	8	0.57	23.40	0.28
		I_Rs_장비	5	0.53	0.00	0.17
		I_Rs_비용	1	0.37	0.00	0.02

가장 영향력이 높은 핵심 성분이라고 할 수 있다. 다음으로, 이보다 조금 낮은 0.93-0.94 수준의 중심성을 나타내는 학생의 사고, 준비,

전달 역량, 그리고 연구의 지식이해, 문제해결, 학생주도연구 등은 연결중심성이 0.77로 비교적 높은 수준을 보이나 매개중심성은

5.00이하의 매우 낮은 수준을 나타냈다. 이는 학생들이 연구 현장에서 수행해야 하는 기본적인 활동 또는 태도이지만, 연구의 성과로 이어질 정도의 상호작용이나 기여를 하지 못하는 것으로 해석된다. [그림 III-3]과 <표 III-4>와 같다.

## V. 결론 및 제언

본 연구에서는 영재학교가 정규 교육과정에 편성, 운영하고 있는 연구 교육과정을 통해 과학영재가 의미있는 지식창출 경험을 하고 있는지, 새로운 시대의 지식창출을 위해 개선해야 할 점이 어떤 것인지를 살펴보고자 했다. 이를 위해, 영재학교 연구 교육과정의 핵심이 되는 전문가 연구에 대한 과학영재의 인식 수준과 인식 구조에 대한 분석이 진행되었다. 전자는 과학영재가 참여하는 전문가 연구에 대한 인식-중요도 및 수행도-수준에 대한 분석이고, 후자는 과학영재가 전문가 연구에 대한 인식-수행도에 대한 상호연결 구조에 대한 분석이다. 이는 과학영재가 전문가 연구를 통해 의미있는 지식창출 경험을 하는 지에 대한 진단 과정이며, 나아가, 과학영재가 지속성장할 수 있는 전문가 연구 경험을 촉진할 수 있는 중재 요소를 발굴하는 과정이다.

첫째, 과학영재의 전문가 연구에 대한 9요인 25세부성분별 중요도와 수행도 분석 결과, 과학영재가 지금까지 관심을 가지고 집중하는 것으로 인식하고 있고 앞으로도 이 상태를 계속 유지할 필요가 있을 것으로 드러난 변인은 학생요소 중, 사고 조직화, 정서 및 태도 조직화, 소통의 전달/교류, 준비(연구 과정 및 절차의 이해 수준), 연구요소 중, 문제해결, 학생

주도연구, 가설설정, 지식이해, 연구경력, 그리고 기관요소 중, 재료 및 장비, 실험실, 관리자 등이다. 반면, 과학영재 또는 기관이 앞으로 관심과 인식을 높이거나 개선할 필요가 있는 것으로는 학생요소 중, 지식조직화(기본지식, 전문지식, 폭넓은 지식, 컴퓨터 활용기술, 수학적 언어활용 기술), 경험(일상에서의 탐색 활동 및 연구 참여 후, 경험의 성장), 연구요소 중, 주제선정 및 문제정의, 그리고 이에 대한 충분한 이해, 성과(결과보고, 평가), 전략(학생적정연구), 전문가 연구에 치중한 연구 교육과정 편성 등과 관련된 것들로 짐작된다.

이러한 경향성은 과학영재의 전문가 연구 활동이 연구 역량을 갖추지 않고 사전 준비가 부족한 상태에서 참여함으로써 연구의 과정보다는 문제해결 및 결과보고, 그리고 시설 및 장비에 의존하고 있음을 보여주는 것으로 해석된다. 즉, 과학영재가 기본 지식 및 전문지식을 연구 주제 및 연구문제에 맞게 조직화할 준비가 되지 않은 상태에서 연구 상황을 맞이함으로써, 전문가 연구 역량의 가장 핵심이 되는 연구 주제에 관한 깊이 있는 이해, 연구 문제에 대한 이해와 발견 과정, 가설설정, 연구 스킬, 그리고 내실있는 연구 결과보고 및 성과를 내기가 어렵다는 결론에 이르게 된다. 영재학교의 전문가 연구 활동의 목적인 '연구 과정에 대한 경험'과도 거리가 있다(강정하, 박선희 외, 2018). 이는 전체적인 안목의 부족, 문제선정의 어려움, 또는 계획성 없는 진행 등의 문제를 지적한 바 있는 이선길(2006)의 연구 결과, 그리고 정해진 주제로 시작하고 지도연구원이 제시하는 전문지식 및 연구 스킬, 방법, 문제해결 내용과 기술 습득 등의 문제를 언급한 강성주 외(2009)의 연구 결과와 맥을 같이 하고 있다. K과학 기술대에서 주요



보직을 맡고있는 C교수는 본 연구자와의 인터뷰에서, 과학영재가 준비가 미비한 상태에서 전문가 연구에 참여함으로써 의미있는 경험보다는 미숙한 경험이 줄 수 있는 부작용에 대한 우려를 나타냈다. “연구의 성과는 학생의 초기 역량이 결정한다”는 세계 명문대 소속의 한 지도연구원의 말을 새겨볼 필요가 있다(강정하, 박선희 외, 2018).

과학영재의 전문가 연구 활동이 성숙한 지식창출 경험이 되고 우수한 성과를 기대하기 위해서는 전문가 연구를 위한 연구 역량의 증진과 사전 준비를 위해 많은 관심과 노력을 기울여야 할 것이다. 예를 들면, 기본 지식의 체계적 구축(Campbell, 1960; Wertheimer, 1959), 경험의 축적과 사전 학습 및 준비(Gleick, 2005; Ward, Smith, & Finke, 1999), 연구의 목적 및 목표에 대한 숙지(Gruber & Davis, 1988), 해당 연구 주제선정, 문제정의 절차에 대한 심층적 이해(조대기, 김성연, 한기순, 2012), 그리고 연구 결과 해석 및 결과보고서 작성 역량 등(강정하, 홍성호 외, 2018)에 대한 인식을 새롭게 함으로써, 수행 수준을 높여려는 강한 의지가 요구된다. 이러한 준비는 탁월한 영재의 학습 또한 Vygotsky의 근접발달 영역(Zone of Proximal Development)에서 유익한 상호작용이 잘 일어난다(Plucker, McWilliams, & Guo, 2017)는 견해와 일치한다.

둘째, 과학영재의 수행도 인식에 대한 네트워크 분석 결과, 연결중심성, 매개중심성, 그리고 위세중심성이 가장 또는 비교적 높은 성분은 연구 결과보고, 학생의 성장, 교류, 연구의 문제정의, 평가, 그리고 기관의 관리 성분이었다. 한편, 연결중심성 및 매개중심성이 낮은 것은 개인의 기본 지식 조직화 역량, 탐색 경험, 그리고 연구의 가설설정 및 학생적정연구

구 등이었다. 이 결과는 특별히 과학영재의 낮은 인식 요인, 즉, 개인요소의 지식 조직화 역량, 과학적 사고의 토대가 되는 탐색 역량, 주제선정 및 문제선정 과정을 건너뛴 가설설정 및 문제해결 과정, 그리고 학생주도적연구 및 학생적정연구 등이 연구 결과보고와 제대로 연결되지 않는 현상으로 추정할 수 있다. 바꾸어 말하면, 과학영재의 전문가 연구 활동이 지도연구원의 안내 및 지도에 따라 전문가 랩 의존적으로 이루어지고 있는 경향성을 반증하는 결과이다(강정하, 2014). 설문 참여 영재학교 중, 5개 학교의 책임급 담당자들은 이러한 경향성이 영재학교의 경쟁적 학업 분위기, 많은 분량의 과제물, 대입, 지리상의 문제 및 많은 시간 소요 등의 현실적 문제에 기인하는 것으로 보았으며, 전문가 연구에 기초가 되는 도구 교과목(예, 영어 논문 작성 기법, 창의적 사고력, 컴퓨터 활용기술, 논문 읽기 등)의 체계 부족, 운영의 어려움, 연구 주제 선정 및 사전 준비의 어려움 등에서 비롯된다고 보았다(강정하, 홍성호 외, 2018). 이는 전문가 연구에 참여하기에 충분한 개인의 역량을 증진시키는 데 과학영재는 물론 학교 모두가 집중해야 함을 시사하고 있다.

과학영재 전문가 연구 활동은 학생, 전문가 랩 및 지도연구원, 그리고 영재학교 및 지도교사 등의 상호 협력을 바탕으로 하는 매우 복잡한 구조 속에서 계획, 운영된다. 연구의 결과보고에 국한되는 연구 결과의 경향성은 비선형계 성장을 관장하는 복잡계의 ‘새로운 노드와의 연결’과 ‘연결 선호(preferential attachment)’의 원리(Barabasi & Albert, 1999)를 고려했을 때, 적지 않은 개선의 여지를 기대할 수 있다. 이를 테면, Barabasi와 Albert(1999)에 의하면, 규모가 큰 네트워크는 2가지 속성,

다시 말하면, 네트워크는 새로운 노드의 추가가 성장을 지속하게 하고, 이 새로운 노드는 이미 연결이 잘 된 것에 연결하기를 선호하는 속성을 지닌다. IPA의 결과와 이 속성을 종합하여, 개선안을 제시하고자 한다.

과학영재 전문가 연구 활동이 의미있는 경험의 기회가 되도록, 교육 수혜자는 이미 높은 연결중심성, 매개중심성 또는 위세중심성을 나타내는 연구요소\_성과\_결과보고, 학생요소\_경험\_성장, 학생요소\_소통\_교류, 그리고 연구요소\_과정\_문제제의 활동을 지속할 필요가 있다. 단, 연결중심성이 비교적 높으면서 위세중심성도 높은 학생요소\_조직화\_사고, 학생요소\_경험\_준비, 학생요소\_소통\_전달, 연구요소\_과정\_문제해결, 그리고 연구요소\_전략\_학생주도연구 활동 등의 질을 개선하기 위한 노력을 할 필요가 있다. 또한, 매개중심성이 매우 낮은 개인의 지식 조직화 역량, 탐색 경험, 연구의 가설설정 과정, 학생적정연구 등을 연구 활동으로 연결이 될 수 있도록 주제선정 과정에서 학생 및 지도연구원과의 소통을 적극적으로 하는 관리자의 역할을 강화할 필요가 있다(강정하, 2014). 미국의 주요 수학, 과학 고등학교(CPS, 2018; IMSA, 2018; NCSSM, 2018; TJHSST, 2018)에서는 고교-대학 연계 프로그램의 체계적 준비를 위해 교내에도 기본 교육과정과 연계성을 가진 다양한 프로그램을 개설, 운영하고 있음에 주목할 필요가 있다. 영재학교에서는 과학영재 전문가 연구 활동이 고교 기본 교육과정의 내실있는 확장을 목적으로 하고 지식창출 경험의 장이 되도록 기본 교육과정 계획 및 운영의 개선과 연구 활동의 체계적 사전 학습을 위한 도구 교과목의 개설, 운영에 대한 제고가 필요하다.

교육이란 현재 삶의 의미있는 과정일 때

미래 삶을 위한 의미있는 준비가 될 수 있을 것으로 사료된다. 즉, 보다 인간다운 미래 삶을 준비하는 지금의 학업이나 활동에서 학생 스스로가 가치판단을 하고 가치부여를 할 때, 그들이 교육의 주체가 되고 나아가 훗날 자기 삶의 주체가 됨은 자명하다. 일찍이, Dewey(1987)는 교육이 현재의 의미있는 생활을 위한 것이어야 하며, Brooks와 Brooks(1993)는 미래 성인의 생활을 위한 준비 과정이어야 한다고 주장했다. 다른 사람이 시켜서 하는 일은 가까운 미래에 나타날 인공지능이 하게 될 것이다. Schrödinger(2007)는 「생명이란 무엇인가·신과 물질」에서 인간이 할 일과 기계가 할 일을 다음과 같이 구분한 바 있다. (인류는) 기계들이 인간의 바보같은, 기계적이고, 기계같은 노동을 대신할 수 있는 수준으로 발전시켜야 한다. 인간이라는 훌륭한 존재가 하기에 너무 하찮은 노동은 기계가 맡아야 한다. 값비싼 기계가 하기에 너무 하찮은 노동을 인간이 맡는 일은 없어야 한다. 하찮은 노동을 비싼 기계가 맡는다면 사람들은 더 행복해진다. 중앙정부에서는 과학영재가 대학입시에서 벗어나 인간을 능가하는 인공지능이 하지 못할 새로운 지식창출을, 새로운 삶의 창출을, 그래서, 기회의 미래를 창출하는 주체로 성장할 수 있는 교육 기반을 서둘러 마련해야 할 것이다.

본 연구는 연구자의 의도 및 연구 대상의 문제로 인해 결과 도출에 다소 한계를 지니고 있다. 한 가지 한계는 전문가 연구 활동에 대한 과학영재의 인식 수준을 총체적 접근함으로써 초래되는 문제이다. 총체적 접근은 과학영재의 인식 수준을 거시적으로 균형있게 그리고 세밀하게 봄으로써 그들의 지속성장 가능성을 파악하기 위한 복잡한 이론모델에 기

반을 두고 있으므로, 설문지의 요인 구조가 복잡하며, 문항수가 많은 특징을 지닌다. 이는 설문조사의 참여율에 부정적 영향을 주므로, 가능한 한 응답이 용이한 단순한 설문지 구성을 필요로 한다. 이에 설문 문항은 요인별로 목록화되었고 Likert 척도가 사용됨으로써, 관련 문제에 대한 구체적 이유를 파악하는 데는 한계가 있었다. 다른 한계는 연구 대상의 학년차에 기인하는 문제이다. 영재학교 연구 교육과정이 재학 3년 동안 학년별로 단계적 과정으로 편성하고 있는데 반해, 본 연구에서는 좁은 지면상의 이유로, 서로 다른 경험치를 지닌 1, 2, 3학년 학생들의 전체 자료를 통합, 분석한 결과만을 제시함으로써 영재학교 전학년으로 일반화하기에는 다소 한계가 있다.

## 참고문헌

- 강성주, 김현주, 이길재, 권영식, 김명희, 김연숙, 김윤화, 신호심, 임희영, 하지희 (2009). R&E 프로그램에 대한 과학영재고 등학생들의 인식 연구. **한국과학교육학회지**, 29(6), 626- 638.
- 강정하, 최인수 (2008). 과학적 창의성: 지식의 성장으로서의 창의성에 대한 사례연구. **교육심리연구**, 22(3), 537-562.
- 강정하, 조선희, 김미진 (2014). 과학 분야 창의적 산물 발현과정 연구: 과학자의 주관적 경험이 객관적 지식으로 발현하는 자기조직화 과정의 사례 분석. **영재교육연구**, 24(1), 113-147.
- 강정하 (2014). 과학예술영재학교 보통교과 실라버스·STEAM Activity. **한국교육개발원**, CR 2014-42.
- 강정하, 신학수 (2016). 과학영재학교의 R&E 프로그램 운영 실태조사 및 교육적 시사. **한국영재교육학회 추계학술대회 발표자료집**, 113-122.
- 강정하, 권경아, 석혜은 (2017). 과학영재 진로결정의 개념모델 타당화 및 요구 분석: 국가수준 과학영재교육 기관을 중심으로. **영재교육연구**, 27(4), 717-743.
- 강정하, 박선희, 신학수, 홍성호 (2018). 지속성장형 과학영재 자율연구지도 사례조사: 세계 명문대를 중심으로. **영재교육연구**, 28(1), 63-89.
- 강정하, 홍성호, 박선희, 신학수 (2018). **지속성장형 과학영재 연구활동 지원 정책연구**. 서울: 한국과학창의재단, BD18070012.
- 김경대, 심재영 (2008). R&E 프로그램을 체험한 과학영재들의 사사교육 프로그램 효과에 대한 인식: KAIST 신입생을 중심으로. **한국과학교육학회지**, 28(4), 282-290.
- 신학수 (2016). 창의성 계발과 과학영재학교 교육과정. 2016년 한국영재교육학회 추계 학술대회 발표 자료집, 39-53.
- 이선길 (2006). **고등학교 과학영재를 위한 사사연구(R&E) 프로젝트 학습 모형의 개발과 적용**. 이화여자대학교 박사학위논문.
- 이효녕, 조현준 (2008). 과학영재교육에서 자율탐구활동의 의미와 중요성에 대한 이론적 고찰. **Journal of Science Education Kyungpook National University**, 32(2), 33-50.
- 조대기, 김성연, 한기순 (2012). 창의적 문제발견/문제해결 순화 수업이 고등학생의 문제발견 능력에 미치는 효과. **창의력교육연구**, 12(2), 65-85.
- 진성희, 성은모 (2010). 공과계열 대학생을 위

- 한 실천적 리더십 역량 분석: 기업체 경영진과 대학생의 인식차이를 중심으로. **직업교육연구**, 29(4), 95-119.
- 최기중, 박성현 (2001). IPA를 이용한 관광지 평가. **호텔경영학 연구**, 10(1), 275-289.
- 최호성, 태진미 (2015). 과학고 R&E (Research & Education) 프로그램의 참여경험과 의미: 졸업생 면담 사례를 중심으로. **영재와 영재교육**, 14(3), 51-79.
- Albert, R., Jeong, H., & Barabasi, A. L. (2000). *Error and attack tolerance of complex networks*. *Nature*, 406, 378-382.
- Ainin, S. & Hisham, N. (2008). Applying Importance-Performance Analysis to information system: An exploratory case study. *Journal of Information, Information Technology, and Organization*, 3, 95-103.
- Barabási, A. & Albert, R. (1999). Emergence of scaling in random networks. *Science*, 286(5439), 509-512.
- Brooks, J. G., & Brooks, M. (1999). 구성주의 교수학습론. [추병완, 최근순 역]. 서울: 백의. (원본출간연도: 1993).
- Campbell, D. (1960). Blind variation and selective retention in creative thought as in other knowledge processes. *Psychological Review*, 67(6), 380-400.
- College Preparatory School. <https://www.college-prep.org/> (검색: 2018. 3. 8).
- Csardi, G., & Nepusz, T. (2015). igraph: Network analysis and visualization. *R package version*, 1(0).
- Dewey, J. (1987). *민주주의와 교육*. [이홍우 역]. 서울: 교육과학사. (원본출간연도: 1916).
- Gleick, J. (2005). 카오스: *현대과학의 대혁명*. [박배식, 성하운 역]. 서울: 누림Book. (원본출간연도: 1987).
- Gruber, H., & Davis, S. (1988). Inching our way up Mount Olympus: The evolving-systems approach to creative thinking. In R. J. Sternberg (Ed.), *The nature of creativity: Contemporary psychological perspectives* (pp. 243-270). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Hidalgo, C. A. & Hausmann, R. (2009). *The Building Blocks of Economic Complexity*. *PNAS* 106, 26, 10570-10575.
- Holland, J. H. (1995). *Hidden order: How adaptation builds complexity*. New York, NY: Helis Books & Basic Books.
- Huybers, T. (2014). Student evaluation of teaching: the use of best-worst scaling. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 39(4), 496-513.
- Illinois Mathematics and Science Academy. <https://www.imsa.edu> (검색일: 2018. 3. 8).
- Lewis, R. (2004). Importance-performance analysis. *Australasian Journal of Engineering Education*, 2, 1-8.
- Martilla, J. A., & James, J. C. (1977). Importance-performance analysis. *Journal of Marketing*, 41(1), 77-79.
- North Carolina School of Science & Mathematics. <https://www.ncssm.edu> (검색일: 2018. 3. 8).
- O'Neill, D. K., & Polman, J. L. (2004). Why Educate "Little Scientists?" Examining the Potential of Practice-Based Scientific Literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(3),

- 234-266.
- Plucker, J. A., McWilliams, J., & Guo, J. (2017). Ch 10. Smart contexts for 21-Century talent development. In J. A. Plucker, A. N. Rimm, & M. C. Makel(Eds.), *From giftedness to gifted education: Reflecting theory in practice* (pp. 227-248). Waco, TX: Prufrock Press Inc..
- Schrödinger, E. (2007). *생명이란 무엇인가 · 정신과 물질*. [전대호 역]. 서울: 궁리. (원본 출간연도: 1944).
- Shoemaker, S. E., Thomas C., Roberts, T., & Boltz, R. (2016). Building a mentorship-based research program focused on individual interests, curiosity, and professional skills at the North Carolina School of Science and Mathematics. *Gifted Child Today*, 39, 191-204.
- Thomas Jefferson High School for Science and Technology. <https://tjhsst.fcps.edu> (검색일: 2018. 3. 8).
- Tomlinson, C. A., Kaplan, S. N., Renzulli, J. S., Purcell, J. H., Leppien, J. H., Burns, D. E., Strickland, C. A., & Imbeau, M. B. (2009). *The parallel curriculum: A design to develop learner potential and challenge advanced learners*(2nd). Thousand Oaks, CA: National Association for Gifted Children & Corwin Press.
- Ward, T. B., Smith, S. M., & Finke, R. A. (1999). Creative cognition. In R. J. Sternberg (Ed), *Handbook of creativity* (pp. 189-212). NewYork, NY: Cambridge University Press.
- Wertheimer, M. (1959). *Productive thinking* (2nd). New York: Harper & Brothers Publishers.

투고일자: 2018. 09. 04

심사완료일자: 2018. 12. 23

최종 게재확정일자: 2018. 12. 28

<ABSTRACT>

**A Study on Perception of Knowledge-creating Experience with  
Scientifically Gifted Students: Based on IPA and Scaling in  
Random Networks upon Professional Research of Science Academy**

Kang, Jungha (KAIST)

Seok, Hye Eun (Ewha Woman's University)

Park, Sunhee (University of Virginia)

Shin, Haksoo (Seoul Science High School)

Hong, Sungho (KAIST)

Park, Chungdahm (Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity)

Yoon, Jiyun (SungKyunKwan University)

In this study, we wanted to see if the professional research activity functions as a place of knowledge emerging experience through perceptions of science gifted students about their research activities - importance and performance - analysis of levels and structure. The participants of this study were 268 persons from 7 gifted schools nationwide. Data collection was conducted through questionnaires. Data analysis was applied to IPA and network analysis. First, as a result of IPA, the importance of Student\_Organizing factors, Student\_Communication factors, Research\_Process factors, and Institution\_Resource factors were high. The performances were higher in Institution\_Resource factors, Research\_Process factors, and Research\_Strategic factors. Next, as a result of scaling in random network, it is reported that Research\_Result\_Report, Experience\_Growth, Communication\_Exchange, and Research\_Pr\_Problem Definition are the most influential key components.

*Key Words : Knowledge Creating Experience, Professional Research, Importance & Performance, Scaling in Random Networks, Scientifically Gifted Students, Perception*