

과학기술분야 융합연구자의 융합연구 입문과 과정에 관한 연구*

오헌석(吳憲錫)**

배형준(裴馨俊)***

김도연(金到衍)****

논문 요약

본 연구의 목적은 과학기술 분야의 연구자들이 어떻게 융합연구에 입문하며 어떤 과정을 거쳐 융합연구를 수행하는지를 심층적으로 분석함으로써, 융합인재의 성장을 보다 구체적으로 이해하고 이들의 성장을 촉진하기 위한 지원 방향을 모색하는 것이다. 이를 위해 융합연구를 통해 성과를 이룬 과학기술 분야의 융합연구자 20명을 대상으로 질적 사례연구를 수행하였다. 연구 결과, '과학계의 새로운 조류', '연구자가 소속된 분야의 개방성', '대학의 정책적 지원과 교수평가 방식의 변화'가 융합연구 입문의 계기가 된 것으로 나타났다. 연구자들이 융합연구에 입문하는 양상은 다양하게 나타났는데, 본 연구에서는 이를 '점진적 진화형', '노마드형', '도약형'으로 유형화하였다. 연구자들이 융합연구를 진행하는 과정은, '타 분야 조우', '타 분야 이해', '융합가능성의 발견과 실행', '융합연구의 결실'의 네 국면으로 이루어지고 있으며, '성과도출 지연 및 실패'를 경험하기도 하는 것으로 드러났다. 본 연구는 연구자들의 융합연구 입문에는 과학계의 조류와 환경요인이 큰 영향을 미쳤다는 점과 융합연구 과정에서 공동연구를 위한 협력만큼이나 연구자 개인이 타 분야를 이해하고 내적으로 수용해 내는 과정이 중요하다는 사실을 발견하였다는 점, 융합인재의 성장을 지원하기 위한 한국형 정책과 프로그램의 구상에 보다 적합한 자료를 제공하였다는 점에서 의의가 있다.

주요어: 융합연구, 학제간연구, 융합연구자, 융합인재

* 이 연구는 2011년도 정부재원(교육과학기술부 사회과학연구지원사업)으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었음(NRF-2011-330-B00218)

** 제1저자, 서울대학교 교육학과 교수

*** 서울대학교 교육학과 박사과정 수료

**** 교신저자, 서울대학교 한국인적자원연구센터 부소장

I. 서론

학문, 기술, 산업 분야에서 융합으로의 패러다임 변화를 포착하고 융합의 필요성을 주장하는 연구들(김왕동, 2011; 한국산업기술진흥원, 2009; 황규희, 2008)은 공통적으로 융합 인재의 중요성을 강조하고 있다. 기존의 ‘한 우물 파기’식의 전문 인재와는 다른 새로운 유형의 인재가 필요하다는 것이다. 실제로 한국에서는 이와 같은 인재를 양성하기 위한 정부차원의 정책과 활동이 활발하게 이루어지고 있으며, 각 대학에서는 융합학과나 융합대학원을 경쟁적으로 신설하고 있다.

예를 들어 정부는 ‘국가융합기술 발전 기본계획(‘09~‘13)’에서 미래기술·시장선점을 위하여 창의적이고 혁신적 융합연구에 대한 지원을 확대하고, 다학제적 국가핵심연구센터(NCRC)를 연구·교육 프로그램 개발 중심기관으로 활용하여 학제간 융합과정(대학원과정)을 설치하는 등 창조적 융합기술 전문인력 양성을 추진하겠다고 밝히고 있다(이성종 외, 2009). 또한 대학에 신설되고 있는 융합관련 학과를 건립 연도별로 살펴보면, 건국대학교 신기술융합학과(2006년), KAIST 기술경영전문대학원(2008), 서울대학교 융합과학기술대학원(2009년), 중앙대학교 융합공학부(2010년), 포항공과대학 창의IT융합공학과(2009년), 국민대학교 바이오융합학과(2010년), 고려대·연세대·성균관대 IT융합학과(2011년), 연세대학교 글로벌융합공학부(2011년), 건양대학교 의료공과대학(2011년), 아주대학교 소프트웨어융합학과(2012년), 충북대학교 디지털정보융합학과(2012년), 서강대 지식융합학부(2012년) 등이 있다.

이러한 융합인재에 대한 정책과 관련 학과 설립 현상이 전제로 하고 있는 관점을 살펴보면, ‘양성’이라는 공급자적 관점을 기반으로 하고 있음을 알 수 있다. 이는 정해진 기간 내에 일정한 방법으로 융합인재가 길러질 수 있음을 전제로 하는 것으로, 이로써 정책의 무게중심이 공교육에 상당 부분 실리고 있는 것이다. 그런데, 인간의 성장은 단지 지식습득의 교실 공간 속에서 탈맥락적으로 이루어지지 않고 삶의 네트워크 안에서 이루어진다(이돈희, 2009)는 점에 비추어 볼 때, 융합인재의 성장 또한 학교 교육을 통해서만이 아니라 삶의 전반에 걸쳐 이루어졌음을 미루어 짐작할 수 있다.

따라서 융합인재 양성 정책은 융합인재의 ‘성장 지원’이라는 관점에서 재조명되어야 하며, 이러한 성장지원 정책은 기존의 공교육을 중심으로 한 양성정책을 아우르는 동시에 융합인재의 성장을 다각적인 측면에서 지원하는 방향으로 수립되어야 할 것이다. 이러한 융합인재 성장 지원 정책은 한국의 연구자들이 융합연구를 수행하는 과정에서 겪어 온 실제 경험에 대한 분석을 바탕으로 면밀하게 수립되어야 한다. 따라서 융합인재의 경험과 성장을 이해하기 위한 기반 자료를 제공해 줄 수 있는 연구가 필요하다.

2000년대 후반 이후 정부 차원에서 ‘STEAM¹⁾ 융합 교육’이라는 이름하에 융합인재교육을 주요 교육정책 과제로 추진하면서 융합인재육성에 관한 많은 연구가 수행되었다. 이 연구들은 대

제로 융합인재육성을 어떻게 실행할 것인가에 초점을 맞추고 있다. 포괄적 수준에서 융합교육의 가능성을 탐색하거나 융합인재교육을 위한 이론적 모형을 제안하고(김정효, 2012; 김성원 외, 2012), 특정 과목이나 기관을 중심으로 융합인재교육 모형이나 교육과정을 개발(권수미, 2012; 한선관, 2011; 김정희, 2012; 이성희·신동훈, 2012; 이재호, 2012)하는 차원의 연구가 많이 이루어졌다.

좀 더 근본적인 차원의 고민이나 실증적인 데이터를 찾으려는 시도가 없었던 것은 아니다. 그러나 이들도 융합교육 장려의 근거를 학문융합 관점에서 찾거나(노상우·안동순, 2012), 교사 또는 전문가의 인식을 취합하여 분석(임완철·천세영, 2012; 손연아 외, 2012)하는 데 머물렀다.

이와 같이 융합인재육성에 관한 대부분의 연구가 융합학문에 관한 이론적 논의와 구체적인 교육실천 방법을 탐색하는 내용에 치우쳐 있지만, 몇몇 연구들은 융합인재의 특성이나 성장 과정을 부분적으로 밝히고 있다. 예를 들어 기존 연구에서 밝힌 창의적 융합인재의 특징을 요약한 연구(김왕동, 2012)에 따르면, 창의적 융합인재들은 박식하고 학문적 경계를 넘나드는 경향이 있었지만, 두 분야 이상에서 동일 수준의 천재성을 발휘한 것은 아니며(Kaufmann, 2009), 타 분야에서는 일반적 수준의 창의적 역량을 발휘하였다(Root-Bernstein & Root-Bernstein, 2004). 그리고 이들은 15-16세기 르네상스와 같은 창의성을 잘 발현시키는 문화(Arieti, 1976)의 영향 아래에서 1만 시간(10년) 이상의 훈련기간을 거쳐 비로소 한 분야의 최고 수준에 이른 것으로 나타났다(Levitin, 2006; Gardner, 1993). 이 연구는 이와 같이 융합인재가 두 분야 이상에 걸쳐 각각 어떤 수준의 전문성을 갖추었는지, 그리고 각 전문성은 어떤 문화적 배경 하에 어느 만큼의 훈련을 통해 길러졌는지에 관해 기초적인 정보를 제공하였다.

또한 융합학문의 탄생 과정을 실제 융합학문을 창조해 낸 학자들의 융합 동인(動因)과 활동을 중심으로 탐색한 연구(오현석 외, 2012)는 학문 융합의 선두에 선 사람들이 전공학문 외적인 경험 및 인식체계, 그리고 타 분야에서도 관심을 가질 만큼 특정 학문에서 특출난 성과를 이룬 또 다른 대가들로부터 영감을 받았음을 밝혔다. 이와 같은 개인사의 영향 아래 이들은 문제 중심의 사고로 학문간 경계를 넘나들었는데, 이 과정은 융합인재 개인에 의해 단독적으로 이뤄지기보다 다양한 분야가 교류하는 공간인 교역지대에서 지적 동반자와의 만남을 통해 촉발된 것으로 나타났다.

이 연구들은 실제 융합인재에 관한 정보를 수집해 성장과 관련된 사실을 분석하였다는 점에서 의의가 있다. 그러나 외국 학자만을 대상으로 하였고 자료접근성 문제로 실제 융합연구에 입문하고 연구를 수행하는 세부적인 과정을 드러내지 못했다는 점에서 한계가 있다. 융합인재가 어떻게 성장하는지, 그리고 한국 맥락에서 어떤 정책이나 환경 조성이 이들의 성장을 도울 수

1) 미국 등지에서 실행중인 STEM(Science, Technology, Engineering, Mathematics의 첫 글자를 조합한 단어) 교육에 예술적 감성(Arts)을 포함시켜 만든 용어로, 한국의 융합인재교육의 방향을 상징하는 단어

있는지에 관해서는 제한적 함의만을 지니는 것이다.

이에 본 연구는 융합인재로의 성장이라는 관점에서, 융합인재가 어떻게 융합연구를 시작하게 되며 실제 어떤 과정을 거쳐 융합연구를 수행하는지에 대해서 한국 과학기술 분야의 융합연구자들의 실제 경험을 분석하고자 한다. 그런데, 성장 관점에서 보면 삶의 전반을 고찰해야 하는 어려움이 있으므로, 본 연구는 연구의 범위를 연구자들이 융합연구에 입문한 시점부터 현재까지로 한정하여 해당 기간을 중점적으로 고찰하고자 한다. 융합연구자의 분야에 있어서도 융합연구가 가장 활발히 일어나고 있는 과학기술 분야에 한정하고자 한다.

본 연구의 목적은 과학기술 분야의 연구자들이 어떻게 융합연구에 입문하며 어떤 과정을 거쳐 융합연구를 수행하는지를 심층적으로 분석함으로써, 융합인재의 성장을 보다 구체적으로 이해함과 동시에 이들의 성장을 촉진하기 위한 지원 방향을 모색하고자 하는 것이다.

이를 위해 연구진은 융합연구를 통해 새로운 기술을 개발하거나 이론을 발전시키는 등의 성과를 이룬, 과학기술 분야의 한국인 융합연구자 20명을 대상으로 융합인재로서의 성장 과정에 관한 질적 연구를 수행하였다. 연구진은 특히 융합연구의 입문과 연구수행 과정이라는 두 가지 국면에 집중하였는데, 그 이유는 일반적인 과학자의 성장과 비교해 이들의 삶이 보이는 차별적 특징이 이 국면에 집중되어 있었기 때문이다.

이에 따라 이 연구는 다음과 같은 두 가지 연구 질문에 답하고자 하였다. 첫째, 과학기술 분야의 융합연구자는 어떻게 융합연구에 입문하게 되는가? 둘째, 융합연구자는 어떤 과정을 거쳐 융합연구를 수행하는가? 본 연구의 결과는 융합인재 양성을 위한 기초 지식으로서 융합인재의 성장을 이해하고 현재 이루어지고 있는 융합인재교육의 방향과 방법의 장단을 파악하고 앞으로의 방향을 모색하는 데 기여할 수 있을 것이다.

II. 이론적 배경

장기적인 성장 관점에서 과학기술분야 융합연구자의 융합연구 과정을 이해하기 위해서는 융합이라는 개념에 대한 이해와 함께 과학자로서의 성장이라는 맥락에서 융합연구자의 성장을 분석할 필요가 있다. 그러므로 여기서는 먼저 융합 및 융합연구에 대한 기존의 개념적 이해를 비판적으로 검토하고 과학인재의 성장에 관한 연구로부터 융합연구자의 성장에 관한 선행연구를 분석하였다.

1. 과정 중심의 융합연구 이해

융합의 개념과 실제에 관하여 가장 분명하게 말할 수 있는 것은 그 의미와 실천의 다양성과 광범위함이다. 융합은 “다양한 장소에서, 다양한 수준으로, 그리고 다양한 유형과 형태로 일어난다(Frodeman, Klein, & Mitcham, 2010).” 융합 현상 자체가 다차원적인 만큼, 이를 정의하고 이해하는 관점도 매우 다양하다. 여기서는 융합 현상을 개념적으로 탐구한 기존 연구의 다양한 관점을 결과 중심의 이해와 과정 중심의 이해로 구분하여 분석하고 왜 융합 현상을 과정 중심으로 이해할 필요가 있는지 논하였다.

융합 현상의 다차원성은 개념 정의의 다양성에서도 확인된다. 예를 들어 기술 맥락에서 융합은 ‘두 개 이상의 기술요소가 화학적으로 결합하여 기존의 기술이 갖지 않은 새로운 기능을 발휘하는 기술혁신의 한 현상(이공래·황정태, 2005)’, ‘다양한 산업의 공장들이 기술 문제를 해결해 나가는 과정에서 일어난 공동 기술혁신 현상(Rosenberg, 1963)’ 등으로 정의된다. 또는 구체적인 제품 차원에서 ‘다른 개념의 상품을 화학적으로 결합하는 것이며 기존 기술이나 제품을 창조적으로 재조합하는 작업(이병욱, 2010)’으로 정의되기도 하였다. 최근에는 ‘방송통신 융합산업(김정언 외, 2009)’과 같이 산업 수준에서의 융합 논의도 활발히 진행되고 있다. 융합이 학문, 기술, 제품이나 서비스, 산업 등의 결합을 통해 새로운 개체(학문, 기술, 제품/서비스, 산업)를 창조하는 현상을 통칭하는 의미로 사용되고 있는 것이다. 다양한 차원의 논의에도 불구하고 서로 다른 종류의 것이 섞여 하나로 합하여진다는 사전적 의미는 공유되고 있음을 확인할 수 있다.

융합 현상을 탐구한 학자들은 공유되는 개념에 만족하지 않고 유사 개념과의 비교를 통해 융합의 의미를 정교화하고 융합 정책의 방향성을 찾기 위해 노력해 왔다. 융합이라는 이름 아래 융합, 퓨전, 하이브리드(잡종), 복합, 통합, 탈경계, 통섭 등 다양한 용어가 사용되고 있는데(홍성욱, 2008), 이 개념들을 정밀하게 구분하려 시도한 것이다. 예를 들어 심광현(2009)은 연구 내용의 복잡성과 결합 정도에 따라 학제간 연구, 융합 연구, 복합 연구, 통합 연구, 통섭 연구를 구분하였고, 차원용(2009)은 지식의 표현, 융합과정, 연구패턴 등을 기준으로 통섭, 복합, 통합, 융합의 개념적 구분을 시도하였다.

이와 같이 융합 개념을 세분화하거나 유사 용어와의 세밀한 차이를 구분하는 것이 실제 개별 연구의 융합 유형이나 수준을 판단하기 위함은 아니다. 그보다는 융합 연구를 수행하거나 정책적으로 활성화시키고자 할 때 무엇을 ‘지양’하고 어디를 ‘지향’할 것인지 방향을 제시하기 위한 포석이라는 데서 의의를 찾을 수 있다. 이 때 그 방향성은 대체로 단순한 내용의 약한 결합을 지양하고 보다 심도 깊은 내용의 강한 결합을 지향해야 하는 것으로 제시된다. 예컨대 개념적으로 ‘복합’보다는 ‘통합’이, ‘통합’보다는 ‘융합’이 더 강한 결합을 의미함을 보인 후에, 복합 수준의 융합에 머무르지 않고 진정한 ‘융합’으로 발전시키기 위한 방안을 모색하는 식이다. 이런 논

의의 배경에는 보다 심도 깊은 내용이 강하게 결합될수록 더 높은 가치가 생성될 것이라는 기대가 깔려있다고 할 수 있다.

그런데 이와 같은 개념 세분화에는 융합을 최종 산출물을 기준으로 파악하려는 관점이 배여 있다. 융합의 유사 개념으로 비교되는 통합(integration), 복합(compositeness), 통섭(Consilience) 뿐만 아니라 송종국 등(2009)에 따르면 주로 기술 간의 융합을 뜻하는 퓨전(fusion)이나 산업이나 기술부문 간의 융합을 가리키는 컨버전스(convergence)라는 용어는 결국 융합의 결과적 수준 또는 유형을 파악하기 위한 개념이다. 그러나 이와 같이 결과물을 기준으로 융합을 이해하는 관점은 그것이 나오기까지의 연구 과정이나 융합연구자의 성장을 설명하기 위한 개념 틀로서는 충분하지 않다. 이와 같은 한계는 과정을 중심으로 융합을 이해하는 개념 틀과 비교할 때 더욱 뚜렷해진다.

융합의 핵심 과정으로서 연구과정에 초점을 맞춰 융합 현상을 바라볼 때 융합은 새로운 개념이기보다는 새롭게 주목받는 개념으로 포착된다. 연구 활동과 관련해 학제간 연구(interdisciplinary research)라는 개념이 오래 전부터 논의되어 왔기 때문이다. 그리고 이와 유사하면서도 서로 다른 의미를 지닌 개념인 다학제적 연구(multidisciplinary research)와 초학제적 연구(transdisciplinary research) 역시 오늘날의 개념으로 보면 융합 연구에 해당한다. 이들 개념은 한국에서는 융합을 이루는 방식 또는 연구패턴 정도의 하위요소 정도로 설명되지만(이진우, 2008; 차원용, 2009), 실은 융합의 결과는 물론 특히 융합의 목적과 과정을 더 잘 포착하는 개념이다. 이들 용어는 융합연구 과정의 다양성을 드러낼 뿐만 아니라 우리가 융합연구라고 통칭하는 현상에 관해 국제적으로 통용되는 학술적 개념이므로 자세히 살펴볼 필요가 있다.

세 용어는 문제해결을 위해 서로 다른 분야의 지식과 기술이 동원된다는 공통점 탓에 종종 개념상의 구분 없이 혼용되기도 하지만 실제로는 의미상 차이가 있다(Aboeela et al., 2007). 먼저 다학제적 연구는 두 학문분야가 특정 문제의 해결을 위해 협력하되 각각 자기 분야에 해당하는 세부 문제를 해결하여 둘을 단순히 합하는 방식의 연구를 의미한다(Mallon & Burton, 2005; Slatin et al., 2004). 이에 반해 학제간 연구는 문제해결 과정에서 서로 다른 학문분야의 지식과 기술이 결합되어 새로운 접근방식으로 문제를 해결하는 것을 의미한다(Schummer, 2004). 학제간 연구는 다학제적 연구와는 달리 각 분야 접근만으로는 산출될 수 없었던 새로운 종류의 지식과 기술을 산출해낸다. 다학제적 연구는 종종 학제간 연구의 방편이나 길목으로 묘사되기도 한다. 또한 일반적으로 다학제적 연구보다는 학제간 연구 결과가 보다 창의적이고 파급력이 클 것으로 기대한다.

초학제적 연구(transdisciplinary research)는 번역용어로서는 크게 보편화되지는 않았으나 개념적으로는 이미 많은 주목을 받고 있는 용어이다. 다학제적, 학제간 연구가 이중 지식의 결합 수준이나 문제해결 방식에 의해 구분되는 반면, 초학제적 연구는 문제의식 자체에서 두 연구와

는 다른 시작점을 가지고 있다. 즉 다학제적, 학제간 연구가 서로 다른 학문분야간의 교차와 연결을 통해 새로운 지식이 창조되는 국면을 포착한다면, 초학제적 연구는 학문 밖(non- or extra-academic) 현실세계의 문제와 관점에서 출발해 보다 통합적이고 사회적으로 적합한 지식을 생산하려는 연구활동을 포착하는 개념이다(Frodeman, 2010).²⁾ 생물학과 시스템공학의 결합을 통해 탄생된 시스템생물학이 학제간 연구의 전형적 사례라면, 환경, 에너지, 건강 등은 초학제적 연구의 대표적 연구주제라고 할 수 있다.

융합 연구를 다학제적, 학제간, 초학제적 연구의 개념으로 파악해 보면, 결론론적인 결합 수준이나 유형뿐만 아니라 융합 연구를 촉발하는 목적이나 과정의 다양성도 포착할 수 있다. 예컨대 이종 분야의 결합 수준에 따라 융합 연구를 복합, 통합, 융합, 통섭 등으로 분류하는 틀(심광현, 2009)은 환경 문제를 해결하기 위한 특정 공동연구의 성격이나 역할을 분석하는 데 유용한 관점을 제공하기 힘들다. 왜냐하면 이와 같은 분류틀은 최종적인 결합 수준에 초점이 맞춰져 있기 때문이다. 반면 해당 연구를 초학제적 연구로 규정할 때는 다양한 국면에서 이슈가 제기될 수 있다. 즉 환경 문제는 단순한 과학적 이해와 통제의 대상이 아니라 이해관계가 첨예하게 갈리는 사회적 문제이기도 한만큼 누가 연구에 참여하고 어떻게 연구를 진행할 것이며 그 연구의 적합성은 어떻게 판단할 것인지에 관해 다양한 이슈가 제기되는 것이다. 또한 초학제적 연구의 일반적인 성격을 통해 연구 과정에서 일어날 수 있는 어려움과 이를 극복하기 위한 조건들에 대해서도 어느 정도 예상할 수 있다.

전체적으로 결과 중심 접근보다는 과정 중심 접근이 융합 현상의 다차원성을 개념적으로 더 잘 드러냄을 알 수 있다. 더욱이 융합인재의 성장을 보다 구체적으로 이해하고 이들의 성장을 촉진하기 위한 대학과 정부 차원의 지원 방향을 모색하는 것이 목적이라면 과정을 중심으로 융합을 이해하는 관점이 보다 적합한 것으로 보인다. 이와 같이 과정을 중심으로 융합을 이해하고자 할 때 중심 현상은 융합연구로 귀결된다.

2. 과학기술분야 융합연구자의 성장

과학기술분야의 융합연구자는 처음부터 융합연구를 시작한 사람이라기보다 ‘과학자로서의 성장 과정 중에 융합연구를 시도한 사람’으로 정의하는 것이 적절하다고 판단된다. 따라서 이들의 성장을 이해하기 위해서는 먼저 과학자의 성장에 관한 선행연구를 살펴볼 필요가 있다.

2) 그러나 학제간 연구와 초학제적 연구는 융합의 성격과 과정에 관심을 두지 않은 연구에서는 유사어로 교차 사용되기도 한다(Lynch, 2006). 또한 지역적 차이도 존재하는데 미국에서는 학제성(interdisciplinarity)이, 유럽에서는 초학제성(transdisciplinarity)이 서로의 개념을 포괄하는 의미로 통용되는 경향이 있다(Frodeman, 2010).

과학인재의 성장에 관한 선행 연구들은 내용면에서 크게 개인적 특성에 주목하는 논의와 환경적 요인을 폭넓게 고려하는 논의로 구성된다. 연구목적에 따라 개인적 특성이나 환경적 요인 어느 한 쪽에 초점을 맞춘 연구들도 있지만 대부분의 연구는 두 가지 논의를 모두 어떤 형태로든 포함하며 이를 통합적으로 이해하기 위해 많은 노력을 기울이고 있다.

개인적 특성에 초점을 맞춘 연구는 다시 인지적 특성에 주목한 연구와 정서적 특성에 주목한 연구로 구분할 수 있다. 과학자를 포함해 인생에서의 장기적 성취와 관련해 개인적 특성이 미치는 영향에 관한 연구로 가장 유명한 연구는 Terman이 주도한 종단 연구(Terman & Oden, 1947)라고 할 수 있다. 이들은 1921년 캘리포니아주 교사들로부터 똑똑하다고 추천받은 25만 명 중 IQ가 140이상의 아동 약 1500명을 대상으로 이들의 특성과 성장에 관한 추적 연구를 실행하였다. 그런데 이 대규모 종단 연구의 핵심 결론이 바로 지능으로 대표되는 인지적 능력이 인생에서의 장기적 성공을 예측하는 충분 조건이 아니라는 것이었다. 오히려 터만의 연구 대상이 되지 못한, 즉 IQ가 140 미만이었던 학생 중 두 명이 노벨물리학상을 수상하게 된 사실이 과학 인재의 성장에 있어 정서적 특징과 환경 요인에 관심을 기울여야 하는 이유에 대한 뚜렷한 증거로 남게 되었다.

이후 다수의 연구들이 과학자의 탁월한 성취에 영향을 미치는 다양한 정서적 특성을 발견해 왔다. 예컨대 터만 자신은 목표를 추구하는 끈기와 집중력, 자신감, 다방면의 정서적·사회적 적응 능력, 성취 욕구 등을 탁월한 업적의 동력으로 지목하였다(Terman & Oden, 1947). 비슷하게 Roe(1952)는 저명한 과학자만을 대상으로 실시한 연구에서 이들 과학자들이 다른 사람들이 좀처럼 흥미를 갖지 않는 것에 강렬한 흥미를 보인다는 사실에 주목하였다. 이와 같은 흥미는 전공에 따라서도 달랐는데 예컨대 생물학자는 어린 시절 자연과 역사에 흥미를 보이며, 이성적 통제에 많이 의존하는 한편, 물리학자는 사람들에게 대한 흥미가 적어 대인관계를 기피하는 경향을 보이는 경우도 있었다. 그러나 공통적으로 이들은 모두 집중이 필요한 어려운 과제를 잘 해결했고, 자신의 일에 크게 만족했으며, 모두 자신의 영역에 헌신했다고 밝히고 있다. Heller(1993)는 일반적인 영재 및 인재들의 성취에서 동기의 중요성이 강조되듯, 과학분야에서도 성공을 장기적으로 예측하는 데 가장 영향력 있는 요인은 동기임을 재확인하였다. 여기서 동기는 내면의 성취동기, 목표지향성과 끈기, 불확실하고 복잡한 것을 인내하는 능력, 명확한 흥미, 그리고 자신의 생각을 관철시키려는 의지 등의 복합적인 표현이다.

과학 분야를 포함한 탁월한 인재에 대한 초기 연구가 다소 개인적 특성에 초점을 맞추는 경향이 있었던 반면, 연구자들은 점점 더 사회문화적 요인의 영향에 관심을 기울여왔다. 그리고 과학자의 성장에 있어 개인적 특성과 환경적 요인을 종합적으로 이해하기 위해 노력하였다. 예를 들어 Mansfield & Busse(1981)은 창의적인 과학자들이 가지고 있는 특성들을 발달내력 및 개인특성, 창의적 과정의 세 단계로 구분하여 제시했다. 그들은 발달내력에서 부모와 아동간의 낮은

정서적 강도, 부모의 자율성 증진, 부모의 지적자극, 도제교육이라는 특성을 도출했다. 또한 개인특성에서는 자율성, 개인적 융통성과 경험의 개방성, 독창적이고 참신함의 요구, 일의 몰두, 전문적 인정요구, 심미적 민감성의 특성들을 찾아냈고, 창의적 과정에서는 문제선정, 문제해결에의 노력, 속박설정, 속박변경, 증명과 정교화라는 특성들을 가지고 있음을 밝혔다.

과학자의 성장에 관한 최근 연구에서는 개인적 특성과 환경적 요인을 종합적으로 고려하는 것은 일반적인 경향으로 자리잡은 것으로 보인다. 이는 국내 연구들도 마찬가지이다. 예를 들어 국내 과학자들을 대상으로 진로선택과정의 부각요인을 분석한 한 연구(장경애, 2001)는 자신의 적성과 능력을 파악하는 능력, 진로에 대해 구체적인 조언을 한 아버지의 영향, 과학 교사와 대학 교수의 영향, 사회적 전망이 과학자로서의 진로 선택에 긍정적인 영향을 미친 것으로 밝혔다. 과학영역 인재들이 해당 영역에 입문하는 데에는 개인적인 특성 뿐 아니라 다양하고 복잡한 사회문화적 요소가 관여하는 것을 확인한 것이다. 세계적 수준의 한국 과학자를 대상으로 삼았다는 공통점을 지닌 최근의 두 연구(오현석 외, 2007; 김왕동, 2009) 역시 개인적 특성과 환경적 특성의 상호작용을 주목하고 있다. 예컨대 한국의 과학자 31인을 대상으로 이들의 성장을 연구한 한 연구(오현석 외, 2007)는 성장 단계별로 어떤 개인, 환경, 영역의 요인들이 상호작용하여 과학자의 성장을 견인하였는지 분석하였다. 김왕동(2009)은 세계적 과학자 9인을 대상으로 한 연구를 통해 환경요인과 인적요인으로부터 요구 속성을 추출하고 다시 여기에서 핵심 영향요인을 밝히고 있다.

융합연구자의 특성이나 연구과정을 탐색한 연구들 역시 개인 요인과 환경 요인의 동시적 영향을 가정하고 있다. 예를 들어 창의적 융합인재의 특징과 관련된 선행연구를 요약한 한 연구(김왕동, 2012)에서는 융합인재가 두 분야 이상에 걸쳐 각각 어떤 수준의 전문성을 갖추었는지, 그리고 각 전문성은 어떤 문화적 배경 하에 어느 만큼의 훈련을 통해 길러졌는지에 관해 기초적인 정보를 제공하였다. 또한 융합학문의 탄생 과정을 실제 융합학문을 창조해 낸 학자들의 융합 동인(動因)과 활동을 중심으로 탐색한 연구(오현석 외, 2012) 역시 개인의 경험과 인식체계 그리고 교역지대와 같은 환경적 요인의 상호작용을 중심 주제로 설정하였다. 이 연구들은 융합인재의 성장을 개인 요인과 환경 요인의 상호작용이라는 관점에서 분석하였다는 점에서 의의가 있으나 외국 학자만을 대상으로 하였고 자료접근성 문제로 실제 융합연구에 입문하고 연구를 수행하는 과정과 관련된 세부적인 과정을 드러내지 못했다는 점에서 한계가 있다. 융합인재가 어떻게 성장하는지, 그리고 한국 맥락에서 어떤 정책이나 환경 조성이 이들의 성장을 도울 수 있는지에 관해서는 제한적 함의만을 지니는 것이다.

Ⅲ. 연구방법

융합연구자의 융합연구 입문 및 연구과정을 분석하기 위해, 융합연구 성과가 있는 과학기술 분야의 한국인 융합연구자 20명을 제보자로 선정하여 질적 사례연구를 실시하였다. 자료수집은 반구조화된 질문지를 기초로 한 면담을 통해 주로 이루어졌으며, 인터뷰 내용은 테마분석을 통해 분석하였다. 연구결과에 대한 검증을 위해 연구진은 참여자 확인(member checking)과 전문가 검토를 거쳤다.

1. 제보자 선정

이 연구는 과학기술 분야 융합연구자들의 융합연구 입문 배경과 입문 유형, 융합연구 수행과정을 분석하고자 하였다. 이를 위해 융합연구를 통해 새로운 기술을 개발하거나 이론을 발전시키는 등의 성과를 이룬, 과학기술 분야의 한국인 융합연구자 20명을 연구대상으로 선정하였다. 연구대상을 과학기술 분야로 한정된 이유는 학문간 경계가 비교적 뚜렷하면서도 융합 연구가 활발히 진행되고 있는 분야이기 때문이다(이정모, 2005).

제보자는 다음과 같은 기준으로 선정하였다. 먼저 한국과학상, 한국공학상, 젊은과학자상 등 과학기술분야에서 융합연구를 대표업적으로 수상한 경험이 있거나 한국과학기술기획평가원(KISTEP)에서 선정한 '국가연구개발사업 우수성과 100선' 중 융합 분야 우수 연구자로 선정된 연구자들을 선정하였다. 다음으로 신문기사 검색 등의 방법을 통해 융합을 전면에 내세운 대학이나 학과에서 활발히 연구논문이나 기술개발 등의 성과를 창출하고 있는 연구자를 추가로 선정하였다. 이와 같은 방식을 통해 선정한 후보자 54명에게 전화와 메일을 통해 면담을 요청하였으며 최종적으로 21명의 융합연구자가 면담에 응하였다. 면담을 진행하여 자료를 수집한 후, 면담 내용과 관련된 추가 자료를 수집하며 면담 내용을 분석하는 과정에서 한 융합연구자의 소속 및 연구 성과가 자료의 교차검증을 통해 확인되지 않아, 최종분석에는 이 융합연구자를 제외하고 총 20명의 제보자의 자료를 포함시켰다. 제보자의 구체적인 인적사항 정보는 <표 1>과 같다.

<표 1> 제보자 인적사항

이름	출생	학부	석사	박사	현 소속
조진석	1936	전자공학	전자공학	스웨덴/물리학	뇌과학연구소
서진표	1953	화학공학	생물공학	미국/생물분자공학	식품공학과
서동찬	1955	의학	의학	의학	진단방사선과
김종석	1957	화학과	화학과	미국/화학	화학공학과
이윤우	1957	치의학	보건학	미국/의사학및보건정책	인문사회의학교실
장동업	1957	화학	.	미국/분석화학	환경공학부
조상철	1958	기계설계학	기계설계학	미국/기계공학	기계공학과
박민욱	1959	물리학	물리학	물리학	나노신소재학과
황성완	1960	기계공학	미국/바이오공학	미국/바이오공학	미디어학부
홍성웅	1961	물리학	과학사/철학	과학사/철학	생명과학부
김하욱	1962	전자공학	제어공학	미국/전기공학	의공학교실
정종성	1968	물리학	물리학	물리학	물리학과
홍인현	1968	생물공학과	미생물공학	일본/나노바이오시스템	미국/기계재료학과
최광양	1969	화학	화학	미국/화학	화학과
조갑권	1971	전기및전자	전기및전자	전기및전자	바이오및뇌공학과
서일기	1972	화학공학과	응용화학과	화학공학과	기계항공공학부
오윤규	1972	항공우주공학	항공우주공학	기계공학	기계항공시스템
남홍우	1973	전기공학	미국/전기공학	미국/전기공학	바이오및뇌공학과
박현희	1976	물리학	물리학	물리학	물리학과
방장호	1978	기계공학	.	기계공학	기계항공공학부

* 제보자의 성명은 모두 가명으로 변경하였음

제보자들은 모두 남성이고 국책연구소의 연구원 한 명을 제외하고 모두 대학의 교수였다. 이들의 출생연도나 전공은 대체로 고른 분포를 보였다. 출생연대를 보면 1930년대 1명을 제외하고 1950년대부터 1970년대까지 연대별로 6~7명이었다. 이들의 전공은 박사학위를 기준으로 화학과와 전기전자가 각 4명, 물리, 기계, 바이오 전공이 각 3명, 기타 3명이었다. 국내에서 모든 학위를 마친 사람이 9명(45%), 해외에서 박사과정을 마친 사람이 11명(55%)이었다. 전공이 고른 분포를 보이는 것과 달리 수행한 연구 분야는 매우 세부적인 내용으로 나뉘며 지면에 담지 못할 만큼 다양하였으나, 큰 분류틀로 볼 때 제보자 중 15명이 바이오 또는 의료와 관련된 연구주제를 포함

하고 있었다. 연구대상이 융합연구자인 만큼 석사, 박사 진학 시 전공의 변화도 주요한 관심사인데, 표면적으로 전공에 매우 큰 변화가 있었던 연구자들은 석사 진학 시 다른 학과를 선택한 4명(20%)이었다.

2. 자료수집 및 분석

자료수집은 반구조화된 질문지를 기초로 한 면담을 통해 주로 이루어졌다. 면담 자료 외에 연구실 홈페이지 자료, 관련 기사, 한국연구업적통합정보시스템의 자료, 면담 중 제보자가 제공해 준 자료 등을 수집하여 면담자료와 함께 분석하였다.

면담 질문은 어린 시절부터 학부, 석사, 박사, 박사후과정, 취직 또는 교수임용 이후 최근 융합 연구 수행까지 주로 학위와 연계된 시기별로 있었던 중요한 경험과 배경을 묻는 질문들로 구성하였다. 대학 입학 이전에 관한 질문으로는, 과학자로서의 진로를 선택하시게 된 계기나 이유는 무엇입니까?, 이와 관련해 학교나 가정에서 겪은 경험은 무엇입니까?, 등 이공계 진로 선택 및 학교와 가정에서의 환경에 관한 것이었다. 대학 입학 이후에 대해서는, 해당 전공(박사 이후에는 연구주제)을 선택하시게 된 이유는 무엇입니까?, 전공을 바꾸거나 연구주제를 바꾼 어떤 계기나 이유가 있었습니까?, 학업과 연구과정에 어떤 어려움이 있었고 이를 어떻게 극복하셨습니까? 등 주로 학위과정 중의 경험과 전공 및 연구주제 변경과 관련된 내용으로 면담 질문을 구성하였다. 또한, 융합 성격이 가장 잘 드러나는 연구 하나를 지목하고 연구의 첫 아이디어 도출로부터 연구 결과를 내기까지 일련의 스토리를 상세히 들려줄 것을 요청하였다. 그리고 면담 후반부에는 연구자로서 인생의 목표나 계획, 학생 지도 방식 등을 질문하였다.

면담은 2011년 5월 초부터 9월 말까지 약 5개월에 걸쳐 수행되었다. 면담은 대부분 제보자의 개인연구실이나 실험실에서 이루어졌다. 면담시간은 제보자별로 2시간에서 3시간 정도가 소요되었다. 면담에는 연구진 대부분이 모두 참여하여 주면담자와 보조면담자의 역할을 수행하였는데, 보조 면담자들은 주 면담자의 면담내용을 보완하거나 추가하는 질문을 하였다.

인터뷰 내용의 분석은 코딩, 주제 생성 단계로 수행되었다. 코딩은 세그멘팅, 초기코드 발견, 심층코드의 생성 단계로 나누어 실시하면서 각 단계마다 연구자들이 서로 각자의 분석 자료를 비교하고 수정 보완함으로써 자료 분석의 신뢰도를 높이기 위해 노력하였다. 주제 생성은 코딩을 거쳐 드러난 주요 코드를 상위개념으로 범주화하는 작업으로 진행되었다. 이와 같은 인터뷰 자료 외에 제보자의 저서나 기고문, 관련 기사 등에 관한 문헌 분석을 병행하였다.

3. 연구결과 검증

본 연구의 연구결과에 대한 검증을 위해 연구진들은 참여자 확인(member checking)과 전문가 검토를 거쳤다. 참여자 확인을 위해서, 특히 이 연구에 높은 관심을 보였던 다섯 명의 제보자에게 분석내용에 대한 정보제공자의 관점을 구하였으며, 분석 결과와 해석의 신빙성(credibility)에 대한 피드백을 받아 연구결과에 반영하였다. 또한 과학인재 또는 융합교육과 관련해 두 건 이상의 연구수행 경험이 있는 교육학 박사 두 명에게 분석 내용의 타당성에 대한 검토를 부탁하였다.

검토 결과 대부분의 제보자들과 전문가들이 분석결과가 대체로 융합연구자의 입문과 연구과정을 잘 반영하고 있는 것으로 평가하였고, 제보자들 중 일부는 상당한 관심과 호응을 표현하였다. 그들의 검토 내용을 반영하여 연구진들은 연구 결과의 일부 내용을 수정하였다. 일차 분석 결과 중에서 융합연구 입문 유형 중 세 번째 유형을 ‘탈피형’이라고 표현하였으나, 이 표현이 새로운 분야의 기회를 찾아 도전한다는 의미를 잘 반영하지 못하므로 ‘도약형’이라는 표현이 더 적합하다는 제보자의 제안이 있었다. 연구진들이 이를 검토한 결과, ‘도약형’이라는 표현이 ‘탈피형’이라는 표현이 가질 수 있는 부정적 뉘앙스를 제거하고 원래 의도대로 긍정적 관점을 반영할 수 있는 표현이 될 수 있다고 보고 이를 결과에 반영하였다. 전문가 의견 중에는, 융합연구의 입문 배경을 구성하는 주제가 환경 측면만 강조하여 개인적 배경을 반영하지 못한다는 의견이 있었다. 연구진들은 이에 대한 논의를 거쳐 해당 내용은 이후 융합연구 유형과 과정에 포함되어 있는 것으로 판단하고 개인적 배경을 별도의 주제로 독립시키지 않기로 결정하였다.

IV. 연구 결과

연구결과는 연구문제에 따라 크게 두 부분으로 구성하였다. 첫째, 융합연구자는 어떻게 융합연구에 입문하게 되었는지 융합연구 입문의 배경을 파헤치고 입문 과정을 유형별로 묘사하였다. 둘째, 입문과 동시에 시작된 융합연구가 성과를 거두기까지의 과정을 자세히 살펴보았다.

1. 융합연구 입문의 배경과 유형

전공이나 연구주제를 변경하고 융합연구에 뛰어들 것인가의 문제를 최종적으로 결정하는 주체는 개별 연구자임에 틀림없다. 그들은 분명 자신의 꿈과 호기심, 필요를 좇아 또는 우연히 타분야와의 결합 가능성을 접하고 이를 붙들고 융합하여 창조적 성취를 이루었다. 그러나 융합연

구자들의 증언은 이러한 성취가 자신을 둘러싼 환경인 과학계의 변화에 민감하게 반응한 결과라는 사실을 보여주었다. 여기서는 먼저 융합연구자들의 증언을 통해 그들이 융합연구에 입문하는 데 영향을 미친 과학계의 변화를 도출하였다. 다음으로 이와 같은 배경 하에 융합연구자 개인의 입문은 어떻게 이뤄졌는지 유형별로 탐색하였다.

1) 과학계의 변화와 융합연구의 입문 배경

융합연구자를 둘러싼 환경인 과학계의 변화는 크게 두 가지로 구분된다. 하나는 융합연구자가 속한 개별 학문과 모든 개별 분야의 합으로서의 과학 자체의 변화이고, 다른 하나는 넓게는 과학계와 밀접한 관계를 지닌 산업계 및 융합연구자가 속한 대학사회의 변화이다. 과학 자체의 변화에서는 과학의 거대한 조류와 융합연구자가 원래 속했던 학문분야의 속성이 융합연구에 영향을 미친 것으로 나타났다. 또한 융합학과 설립이나 평가관행과 같은 대학사회의 변화가 융합연구 입문에 영향을 미쳤다.

(1) 과학계의 새로운 조류인 나노, 바이오, 에너지에 여러 분야의 연구자들이 모이다.

융합연구는 사회 전반적인 흐름 및 이와 맞물린 과학계의 큰 연구 조류와 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다. 연구진들은 융합 연구를 통과해 독특한 성과를 이룬 제보자를 찾는 과정에서 나노 또는 바이오가 이들의 연구를 설명하는 공통적인 키워드로 매우 자주 등장함을 발견하였다. 그리고 인터뷰를 통해 제보자들이 나노와 바이오를 연구 기회로뿐만 아니라, 더 나아가 '먹고 살기 위해서 하지 않을 수 없는' 주제로까지 인식하고 있음을 발견하였다. 이와 같이 학문적인 조류는 다른 영역에 있던 연구자들까지도 여기에 편승하면서 기존 영역과의 융합을 발생시키는 요인으로 작용하고 있었다.

제보자들은 나노와 바이오가 과학계의 큰 흐름으로 제보자 자신뿐만 아니라 여러 학문분야의 연구자들을 끌어모았다는 사실을 인식하고 있었다. 제보자들은 90년대 이후 과학계의 흐름을 다음과 같이 묘사하였다.

1990년대 후반에 유학 가는 사람은 거의 100%, 90% 이상이 바이오 이런 거였잖아요. 그리고 2000년대 초반은 연료전지, 에너지, 환경 그 쪽이고(방장호).

융합은 기본적으로 바이오와 에너지거든요. 아무 학문 두 개를 붙인다? 융합은 될 수 있는데 (사람들이) 관심이 없어요. 왜냐하면 모든 인간의 본능이 오래 사는 거랑 잘 사는 것이거든요. 바이오와 에너지를 두고 모든 학문이 와서 달라붙는 거예요.(박현희)

서일기 교수의 사례는 이와 같이 중요한 이슈를 중심으로 다양한 분야가 ‘달라붙는’ 현상이 융합관점에서 어떻게 시너지 효과를 내는지 잘 보여준다. 그는 현재 생명체의 기능과 작동원리로부터 인간에게 유용한 다양한 기술을 끌어내는 연구를 수행중이지만 박사과정 중에는 여러 주제를 조금씩 연구하다가 나노 분야에 뛰어들었다고 한다. 그는 그 이유를 ‘그런 걸 해야 먹고 살 수 있을 것 같아서’였다고 설명하였다. 그런데 그렇게 시작하고 나니 이전에 섭렵한 다양한 분야의 지식이 나노라는 주제에 융화되어 시너지 효과를 발휘했다는 것이다.

90년대 중후반부터 나노가 많이 났잖아요? 그런 걸 해야 저도 먹고 살 수 있을 것 같고. 그러니까 필요에 의해서. (중략) 그 분야에 있는 사람은 잘 못하지만, 타성이 있어서. 그러니까 제가 여러 분야를 이렇게 째째거리다가 나노로 왔는데 그게 도움이 많이 됐어요.(서일기)

과학계의 유행은 여러 분야 과학자들의 관심을 끌어모으는 차원을 넘어 실질적인 영향력을 행사하였다. 국가에서 지원하는 연구사업의 발주와 평가에 이와 같은 흐름이 반영되었기 때문이다. 김종석 교수가 자신의 전공을 바탕으로 바이오에 뛰어들 수밖에 없었던 속사정은 사회적 필요와 맞물린 과학계의 조류가 어떻게 개별 연구자들의 연구주제에 영향을 미칠 수 있는지 그 메커니즘을 잘 보여준다.

김종석 교수는 원래 화학과 출신으로 1990년대 초반 귀국 당시 한국에서는 “그게 무슨 화학이냐?”는 이단 취급을 받던 재료화학을 연구하였다. 이후 국가 차원에서 전략적으로 소수 연구실을 장기적으로 지원하는 사업에 잇달아 선정되고 지방대학 교수로서는 드물게 수차례 유명 과학학술지의 주목을 받는 연구결과를 발표해 왔다. 그런데 이렇게 상당한 입지를 쌓은 그도 새롭게 대규모의 연구비를 지원받기 위해 사업제안서를 쓰면서 ‘전문성도 없고 하고 싶지도 않은’ 바이오와의 융합을 모색하지 않을 수 없었다고 고백하였다. 왜냐하면 새로운 연구과제를 통해 어떤 사회적 문제를 해결할 수 있는지 과제심사자들과 지원기관을 설득해야 하는데, 자기가 그간 이룬 업적들에도 불구하고 현재로서는 바이오만큼 설득력 있고 신선한 틀이 없었기 때문이었다.

이와 같이 나노, 바이오, 에너지 등의 주제가 사회적 관심과 효용성을 등에 업고 과학연구의 방향을 제시하는 거대 주제로 부각되면서 타 분야의 연구자들이 각자 자기 분야의 지식, 기술, 접근법으로 이들 분야를 들여다보기 시작하였다. 이 과정은 때로는 과학자의 자발적 관심을 통해, 때로는 ‘울며 겨자먹기’식으로 진행되었다. 어떤 동기가든 이렇게 이들 분야로 뛰어드는 학자들을 통해 기존 학문 분야와 나노, 바이오, 에너지 분야의 융합이 활성화되었다.

(2) 학문분야의 개방도가 연구자의 융합연구 입문에 영향을 미친다.

융합연구의 촉발과 발전에 영향을 미치는 요인으로 우선 주목할 만한 문제가 기존 전공학문 분야가 가진 고유한 특성이 어떻게 융합연구와 관련되는가이다. 이를 확인하기 위해서는 일련의 관심대상과 이론이 하나의 학문(discipline)으로 정립된 이후 연구자와 학문분야와의 관계를 이해할 필요가 있다. 특정 분야에 입문한 연구자는 학회와 대학의 학과가 중심이 된 학문공동체에서 해당 학문의 기본적인 개념과 지식뿐만 아니라 그 분야 고유의 문제의식과 인식론, 방법론 등을 체득할 때에 비로소 학문후속세대로 인정받는다. 이를 거꾸로 해석하면 해당 분야 고유의 방향성을 벗어나는 경우에는 학문공동체 안에서 인정받기 어려워지는 것이다. 이와 같은 학문공동체의 특성은 일반적으로 융합연구의 장애물이 될 수 있다.

그런데 제보자들 중 일부는 오히려 자신의 원 소속 분야 자체가 타 분야의 주제나 방법을 다루는 데 대해 개방적이었고 덕분에 이전까지 자기 분야에서 다루지 않았던 새로운 분야에 관심을 가지는 것이 자연스러운 일이었다고 진술하였다. 이와 같은 분야의 연구자들에게는 타 분야 주제를 연구하는 것이 '별로 흠이 안 되는 것'이었다. 이들은 학문공동체로부터 큰 제약을 받지 않고 타 분야 연구를 수행할 수 있었던 것이다.

정중성 교수는 '다양한 관심분야에 오픈 마인드'된 분야의 특성을 소속 분야 선배 연구자들의 모습을 통해 익힌 사례이다. 그는 통계물리에서 시작해 네트워크에 관심을 가지고 이를 다시 바이오에 응용해 보기까지 다양한 영역간의 융합 연구를 시도해 왔다. 다음 진술은 정중성 교수에게 다른 분야 주제의 탐구는 학문공동체를 거스르는 활동이 아니라 그 선배 학자들로부터 배우고 격려받은 내용의 실현이었음을 보여준다.

오늘은 이거 했다가 내일은 저거 하는 게, 사실 이쪽 통계물리라고 하는 분야 자체가 그런 걸 별로 제약을 안 받아요. 그런 거에 전혀 거리낌이 없어요. (중략) 옛날에 다 지도교수님이 결국 그랬던 거니까요. 김○○ 교수님이나 강○○ 교수님이나 지도교수님이 그 때 당시에 저를 지도를 하면서 다양한 문제를 소개시켜 주시고 그랬었기 때문에.(정중성)

정중성 교수의 사례가 학문분야의 개방성이 어떻게 융합연구를 촉진할 수 있는지 가능성을 보여준다면, 남홍우 교수의 사례는 개방성을 넘어 이미 학제성을 지닌 분야에서 훈련받은 연구자가 좀 더 자연스럽게 융합연구자로 성장할 수 있음을 보여준다. 남홍우 교수는 B대학에 부임한 이후 유기표면화학, 나노전자공학, 바이오칩, 시스템생물학, 생물정보학 전공 교수 다섯 명과 개별적으로 공동연구를 실행하여 Neuron-on-a-chip 관련 연구를 수행하였다. 그리고 그 결과를 국제우수저널 아홉 편에 게재한 공로로 대학에서 수여하는 공동연구상을 수상하였다. 남홍우 교수는 공동연구자들 중에서도 가장 어렸던 그가 주도적으로 선배교수들과 이들 연구를 추진할

수 있었던 데는 ‘굉장히 multidisciplinary하고 interdisciplinary해야 하는’ 뇌신경분야 자체의 성격이 영향을 미쳤다고 진술하였다. 전공분야 자체가 학제성이 강한 분야였기 때문에 타분야 학자와의 공동연구가 필요했고 그렇게 훈련받아 왔기 때문에 자연스럽게 융합연구를 하게 된 것이다.

융합연구자의 학제성(interdisciplinarity)의 형성에 원 소속 분야의 특성이 미치는 영향에 관해 흥미로운 사실 하나는 원 소속 분야가 학제적이거나 다양한 연구주제에 대해 개방적인 것과 정반대인 경우에도 학제성의 형성에 긍정적인 작용을 할 수 있다는 것이다. 즉 원 소속 분야가 정체되어 있고 타 분야에 대해 배타적인 경우에도, 오히려 바로 그 점이 융합연구자의 탄생을 촉발하는 요인으로 작용하기도 한다는 것이다. 물론 그 작용의 방향은 반대이다.

제보자 중 몇몇은 꽤 긴 역사를 가진 학문분야인 전기, 전자, 기계 관련 학과 출신이었다. 이들은 자신들의 원 소속 분야에 대해 학제적 성격을 지닌 분야에서 훈련받은 연구자들과는 전혀 다른 인식을 가지고 있었다. 제보자 중 조상철 교수는 전통적인 기계학과 출신이면서 자신이 가진 기술의 새로운 가능성을 접하고 임상의들과 협력 하에 환자맞춤형 생체공학 조형물을 만들고 있다. 그는 20년 전 기계학과 연구자들이 고수하고 있었던 ‘4대 역학’의 틀을 깨기 위해 노력한 과정을 다음과 같이 진술하였다.

기계학과에서 4대 역학 그레가지고 열역학, 유체역학, 고체역학, 동력학 막 이래요. 한 10년 전, 20년 전까지도 우리 학교에도 그런 분들 많았어요. 그게 소위 100년 이상 된 건데. 그 당시에는 제어라는 과목 자체가 없었고, 컴퓨터라는 것 자체가 없었고. 그 당시의 4대 역학이고 지금은 그것보다 더 중요한 게 많이 생겼는데, 왜 4대 역학이어야 됩니까? 처음엔 이 사람한테 전혀 씨알도 안 먹혀요. 그런데 몇 십년간 오랫동안 계속 이야기하다 보니까 조금씩은 변화하더라고.(조상철)

오랜 역사를 지니고 잘 정립된 학문에서 종종 발생하는 문제는 그 분야 연구가 학문의 틀 안에 갇혀 산업과 사회의 필요에 부응하지 못하면서 정체되는 것인데, 이러한 학문분야 경직은 직장과 연구비의 제한으로 현실화된다. 이러한 분야에 종사하는 연구자는 그 분야의 성격 자체가 개방적인 분야의 연구자들과는 다른 방향의 민감성을 가지게 된 것으로 보인다. 자기 연구를 위해 끌어올 다른 분야의 지식에 대한 민감성과는 반대로, 자기가 가진 지식을 바탕으로 의미 있는 연구를 할 수 있는 외부의 기회, 즉 자기 분야의 틀을 벗어날 기회에 대한 민감성을 가지게 되는 것이다. 이 민감성을 유지하는 가운데 제도적으로 융합 연구가 뒷받침되고 적절한 기회가 주어질 때 연구자는 융합 연구에 뛰어 들었다.

(3) 대학정책과 교수평가 방식의 변화로 융합연구가 촉진되다.

2000년 후반 이후, 직접적이고 적극적인 방식으로 융합 연구를 촉진하는 제도적 장치들이 실행되고 있음을 면담을 통해 확인할 수 있었다. 먼저 대학들이 융합을 지향하는 학과나 대학원을 신설하는 것은 가장 직접적인 융합연구의 원동력이라 할 수 있다. 그런데 학과 설립만으로 융합 연구 활성화가 자동적으로 보장되는 것은 아니기에 융합이라는 특성에 부합하는 전략적인 정책 지원이 뒤따르고 있었다. 예를 들어 A대학은 정년 심사를 기존 관행과 비교해 매우 엄격하게 함으로써 교수들에게 긴장감을 조성하기도 하지만 공동 연구를 적극 장려하고 지원하는 정책도 실시하고 있다. A대학의 바이오 및 뇌공학과에서 교수 채용과 심사 과정을 거친 한 교수는 교수 채용 과정에서 처음부터 융합 연구를 요구하였다고 증언하였다. 또한 교수들의 승진 및 정년 심사에서 매우 중요한 이슈인 실적 산정 문제에서 복수 교신저자를 인정하는 방식으로 공동연구를 지원하는 것이 큰 힘이 됨을 진술하였다.

우리과는 들어올 때, 너는 융합연구소 어디에 들어 갈지 써라. 꼭 해야 해요. (중략) 그리고 우리는 교신저자를 나눠 가져요(둘 이상의 교신저자를 모두 동등한 기여도의 교신저자로 인정한다는 뜻). 그러면 어디 가서도 공평하지. 나의 실적이고, 저 사람의 실적이고. 그걸 우리 대학은 인정을 해줘요. (중략) 부교수 승진을 할 때도 외부 전문가 심사를 받는데, 거기서도 학교에서 인정을 해주니까, 그러면 사실은 공동연구를 놓을 필요는 없죠. 왜냐하면 이런 게 자기 학문 연구에 도움이 되니까.(남홍우)

융합을 직접적인 목표로 한 것은 아니지만 결과적으로 나노, 바이오 등과 같은 분야의 융합 연구를 촉진시킨 제도적 변화가 또 있다. 바로 대학교수 평가 방식의 변화이다. 1990년대 후반부터 한국의 대학들은 특히 이공계의 경우 톰슨로이터사의 논문인용정보데이터베이스인 SCI에 등재된 저널의 논문 실적을 대학교수의 임용과 승진 심사의 기준으로 삼는 관행이 정착되었다. 처음에는 단순히 논문편수를 기준으로 삼았지만 점차 얼마나 인정받는 저널에 게재되었는지도 중요시하기 시작하였는데, 이 때 좋은 저널의 기준 역시 톰슨로이터사가 논문피인용회수를 기준으로 매기는 저널 임팩트 팩터(IF, Impact Factor)였다.

문제는 연구 분야나 주제에 따라 이를 다루는 저널의 임팩트 팩터가 평균적으로 큰 차이를 보인다는 사실이다. 예컨대 기계학과 내에서도 기술이나 제품 개발을 주로 다루는 저널은 임팩트 팩터가 낮은 편이다. 왜냐하면 이런 유의 개발 연구는 선행 연구의 토대 위에 자신의 연구를 엮는 것이 아니라, 새로운 것을 발명해 내는 과정에 가깝기 때문이다. 임팩트 팩터가 낮으므로 이들 저널과 해당 저널에서 주로 다루는 주제는 신입교수 또는 정교수 심사를 통과해야 하는 신진·중견 교수들에게도 덜 매력적으로 다가올 수밖에 없다. 반면 기계학과 의학, 바이오 등을 융합해야 의미 있는 결과물을 낼 수 있는 의용생체공학과 같은 바이오 융합 성격의 저널의 경우

‘2쪽짜리 페이퍼’가 실리는 저널의 IF가 6~7에 이르는 등의 이유로 많은 학자들의 관심을 모으고 있다. 방장호 교수는 박사과정에서 이 분야를 선택하고 논문을 많이 쓴 덕분에 교수임용 과정에 필요한 논문실적을 쌓는 데 도움이 되었다고 진술하였다.

기계공학 쪽에서는 논문을 임팩트팩터 1짜리 쓰기가 굉장히 어려운데, 제가 했던 의용생체공학 이쪽은 5, 6, 7 이런 것도 많아요. 2페이지짜리 논문이 7 막 이래요. 그러니까 제가 의용생체공학 쪽 공부를 했던 게 SCI라는 면에서 봤을 때 임팩트 팩터가 높은 논문을 쓰는 데 도움이 됐다고 할 수 있죠. (방장호)

SCI논문수와 IF에 따른 평가 기준의 원 취지는 평가의 객관성을 확보하고 우수 연구 인력을 식별하며 대학의 연구역량을 높이는 것이었다. 그러나 이는 다양한 분야의 연구자들이 IF가 비교적 높게 형성되는 바이오, 나노 융합 분야로 유입되는, 기대치 않은 결과를 낳고 있다.

2) 융합연구 입문 유형

학문분야, 산업, 대학을 아우르는 과학계의 변화가 융합연구 입문에 많은 영향을 미친 것은 사실이지만, 이와 같은 영향이 모든 융합연구자들에게 동일한 모습으로 나타난 것은 아니었다. 개별 융합연구자들의 융합연구 입문은 개인적 성향이나 상황, 관심, 전공 분야의 성격 등에 따라 다양한 모습으로 이루어졌다. 이와 같이 풍부한 다양성에도 불구하고 융합연구 입문 과정은 일정한 양상을 보였는데, 연구자들은 이를 점진적 진화형, 노마드형, 도약형으로 명명하였다.

(1) 점진적 진화형

융합연구 입문 유형으로서 점진적 진화형은 융합연구자가 학부 또는 그 이전부터 학제적 접근이 필요한 꿈이나 목표를 가지고 경력 각 단계에서 관련된 지식과 경험을 쌓아나가며 연구주제를 구체화하고 확장하는 경우를 지칭한다. 이들은 명확히 구체화되진 않았을 지라도 방향성을 가지고 있었기 때문에 이 목표와 관련된 지식을 습득하거나 경험할 수 있는 기회에 민감하였고 이를 찾아다녔다. 이를 통해 습득한 새로운 지식과 경험을 원래 가졌던 방향성 아래서 기존 지식과 비교·결합하고 가다듬으면서 점차 독특한 융합연구 성과를 낼 수 있게 된 것이다. 남홍우 교수의 사례는 이와 같은 점진적 진화형 융합연구 입문 과정을 잘 보여준다.

살아있는 신경세포를 이용해 신경네트워크 모델을 설계하고 구현하는 뉴런온칩 기술을 연구하고 있는 남홍우 교수는 어렸을 적 ‘백만불의 사나이’를 보고 자라며 사이보그를 만드는 꿈을 가졌다. 많은 청소년이 같은 드라마를 보며 비슷한 꿈을 꾸었고 그 중 다수는 실제로 과학기술분야 전공으로 진학하였다. 남홍우 교수에게 ‘백만불의 사나이’가 좀 더 특별했던 것은 당시로서

는 매우 드물게 바이오엔지니어링을 연구한 전자공학자 아버지가 계셨기 때문이다. 아버지로부터 “6백만불이 있으면 난 저거 할 수 있다”는 농담을 항상 들어왔기에 그는 좀 더 현실적 가능성을 생각하며 전자공학과에 입학하게 되었다.

그는 학부 때 전자공학을 아주 잘하지는 못했지만, 다만 지향점을 가지고 있었기에 무엇을 배우든 ‘저걸 왜 배울까? 저걸 어디에 써먹을까?’하는 문제의식이 솟구쳤다. 그리고 마침 인공지능이 유행을 타면서 관련 과목을 이수하였다. 전자공학과에 개설된 인공지능 관련 과목은 전자공학과 학생이라면 함께 듣는 것이었지만 남홍우 교수는 거기에 그치지 않고 심리학과에 개설된 생물심리학이라는 과목을 홀로 찾아가 심리학과 학생들과 함께 수강하였다. 여기서 그는 인간의 뇌와 몸을 시스템 구조로 이해하는 것에서 깊은 인상을 받았다. 그리고 이어진 방학 중에 한국 의공학 1호 교실이었던 의대 의공학 교실을 찾아가 학부연구생으로 참여하여 동물 실험에 들어가는 프로그램을 개발하는 역할을 수행하였다. 여기서 그는 작게 보이는 자신의 전문성이 타 분야와 ‘cross’하며 그 쪽 분야의 ‘가려운 곳을 긁어주는’ 기여를 하는 것을 경험하였다. 이는 그에게 전자공학도로서의 ‘자기의 존재감을 다르게 알아보는’ 계기가 되었다.

이와 같이 일반적인 전자공학과 학생들에 비해 훨씬 더 융합연구자로서의 성장 가능성을 보인 그였지만 군 제대 후 입학한 미국의 전자공학과 연구실에서 그는 상상하지 못했던 매우 충격적인 경험을 하였다. 명색이 전자공학과 교수가 운영하는 전자공학과 연구실인데 전자공학을 전공한 사람이 한 명도 없었던 것이다. Md-Phd 과정을 밟는 의대 출신이 많았고 생물물리학 전공 출신 학생이 곁들여 있는 정도였다. 더욱이 그 연구실은 100km 떨어진 다른 도시의 의대 교수와 공동연구를 진행하고 있었다. 살아있는 신경세포로 인공지능을 만든다는 연구실의 모토는 전자공학도로서 굉장히 끌리는 주제였지만 연구실에서 의대생들이 쓰는 말은 한 마디도 알아들을 수 없는 상황이 전개되었다.

그는 한 논문을 최대 30번씩 반복해 읽는 수고와 후임으로 들어온 미국 학생과 거의 2년을 매일 함께 밥을 먹는 시간을 거친 끝에, 누구도 책임지지 못한 채 정체되어 있던 의대와 공동연구를 소속된 연구실로 가져와 전담하기 시작하였다. 그리고 마침내 이를 성공적으로 마무리짓기에 이르렀다. 이후에는 지역과 전공이 다른 여덟 명의 교수가 참여하는 대형 프로젝트에서 전자공학자이자 생물학자로서 두 분야의 접점에서 발생하는 문제점을 개선해 최종 단계의 성공을 이끄는 중요한 역할을 수행하게 되었다. 이와 같은 경험이 밑거름이 되어 현재는 뇌신경분야의 연구를 지속하되, 배우고 경험한 대로 여러 분야의 전문가와 함께 공동연구를 수행함으로써 성과를 도출하고 있다.

점진적 진화형의 특징은 융합연구자로서의 입문에 영향을 미친 특정한 계기를 지목하기가 힘들다는 것이다. 남홍우 교수의 경우 어떤 의미에서 융합연구 입문은 이미 ‘6백만불의 사나이’ 제작을 꿈꾸던 때 시작되었다고 할 수 있다. 그러나 그가 실제 수행하게 된 융합연구 주제는 뉴

런온칩이므로 이 주제로 성과를 내기까지 일련의 과정을 융합연구의 입문 과정에 포함시키는 데 무리가 없을 것이다. 뉴런온칩 연구를 시작하기 이전에는 타 분야와의 접촉과 학습이 융합연구로 한 데 모아지지 않았기 때문이다.

(2) 노마드형

융합연구 입문 유형으로서 노마드형은 융합연구자가 처음부터 학제적 접근을 염두에 두지는 않았으나, 경력 각 단계에서 개인적 선호나 필요, 주변 분위기나 여건에 따라 이질적인 분야를 경험한 후에 이전에 거쳐 간 분야의 지식과 관점이 새로운 분야와 결합되며 융합연구를 수행하게 되는 경우를 지칭한다. 노마드형의 입문 유형을 보인 융합연구자는 점진적 진화형과는 달리 과학자로서의 경력 초기에 학제적 성격의 연구주제를 명료히 설정해 놓지 않았다. 다만 자신의 개인적 선호나 관심, 주어진 상황과 조건 등에 따라 학부 전공을 선택하고 대학원 이후의 연구제도 같은 방식으로 선택해 나갔다. 많은 연구자들이 동일한 기준으로 경력을 선택해 나가지만 융합연구자가 달랐던 점은 그 선택에 새로운 분야로의 변신을 요구하는 경우가 포함되어 있었다는 것이다. 이들은 이렇게 거쳐 간 경험과 지식을 이후 연구수행 과정에서 하나로 모으며 창의적 성취를 이루어냈다.

서일기 교수의 사례는 이와 같은 노마드형 융합연구 입문 과정을 잘 보여준다. 나노기술을 생체모사공학과 접목한 창의적 연구를 꾸준히 수행하고 있는 서일기 교수의 어렸을 적 꿈은 과학자가 아닌 대통령이었다. 고등학교에서는 문과보다는 이과가 적성에 맞아 이과를 선택했고 자상하게 대해주셨던 화학 선생님의 영향으로 화학을 좋아하게 되어 화학공학과에 진학하기에 이르렀다. 입학 후에는 화학공학과와 학문 영역이 상당히 넓은 것에 만족하며 “완전 모범생”으로 열심히 공부하였고 4학년이 되었을 무렵에는 교수를 꿈꾸기 시작하였다.

화학공학과 대학원에 진학해 처음 시작한 연구는 반도체 공정이었다. 처음에는 모델링, 계산, 시뮬레이션과 같은 활동을 중심으로 하는 이론적인 연구를 주로 수행했다. 그런데 박사 2년차에 이르러 지도교수가 나노 쪽으로 연구분야를 바꾸면서 자연스럽게 나노 세계에 발을 들여놓게 되었고 이를 계기로 이론이 아닌 실험 중심의 연구를 수행하게 되었다. 이론에서 실험으로, 반도체 공정에서 나노로 연구방향을 바꾼 것은 지도교수의 영향도 있지만 또 현실적 판단들이 많이 작용하였다.

기본적으로 이론이 좀 재미가 없고, 좋은 논문도 못 쓰겠고. 90년대 중후반부터 나노가 뜨던 시대였는데, 그런 걸 해야 저도 먹고 살 수 있을 것 같고. 그러니까 필요에 의해서 나노를 시작했죠.”(서일기)

나노를 연구하기 이전의 경험은 무의미한 것이 아니라 오히려 나노 연구에 도움이 되었다. 왜냐하면 처음부터 나노 분야를 연구한 것이 아니어서 “타성이 없었고”, “여러 분야를 짚적거리다가” 온 것이 또한 도움이 됐으며 이론을 하던 경험으로 “실험을 체계적으로” 수행할 수 있었기 때문이라고 진술했다. 그리고 비커와 같은 간단한 도구만으로도 실험할 수 있는 방법을 고안해 내었는데, 이를 활용한 논문은 매년 20편 안팎의 논문을 10년 가까이 써 온 지금까지도 가장 많이 인용될 만큼 큰 주목을 받았다. 나노에서 첫 성공을 거둔 이후 박사과정을 졸업할 때까지 무려 24편의 우수 저널에 논문을 실을 정도로, 그는 나노 분야에서 탄탄대로를 걸었다.

박사학위를 취득할 때 그는 이미 나노 연구 분야에서 어느 정도의 입지를 구축하였지만, 박사후과정연구원을 지원하면서 화학이나 나노가 아닌 바이오 분야를 선택하였다. 나노는 일종의 틀이기 때문에 그것을 새로운 학문에 접목해 보고 싶은 기대가 있었고 지도교수를 비롯해 “다들 바이오를 해야 된다고” 했기 때문이었다. 대학 진학 후 생물학 수업 한번 들은 적이 없어 “바이오의 바자도 모르는” 그는 바이오 분야 최고의 과학자 중 한 명인 로버트 랭어 교수와 함께 연구를 하게 되었다. 바이오 분야에 뛰어들어 영어도, 전문 용어도 통하지 않는 어려움에 고생은 많았지만, 새로운 분야에 적응하는 “Critical Period”를 지나고 나서 그는 여기서도 좋은 성과를 이어나갔다.

(3) 도약형

융합연구 입문 유형으로서 도약형은 교수임용 시점에까지 한 분야에서 전문성과 커리어를 쌓은 이후에 관심 주제의 변화, 기존 전공의 타 분야 적용가능성 발견, 프로젝트 수주 등의 이유로 새로운 분야에 뛰어들어 융합연구를 시도하는 경우를 지칭한다. 도약형은 입문 과정에만 주목해 볼 때 점진적 진화형이나 노마드형에 비해 연구경력이 단순하다. 한 분야에서 계속해서 전문성을 쌓다가 새로운 학위를 밟는 등의 중간 과정이 없이, 바로 다른 분야의 융합연구 단계로 넘어가기 때문이다. 조갑권 교수의 사례는 도약형 융합연구 입문 과정의 특징을 잘 보여준다.

조갑권 교수는 한 대학의 전기 및 전자공학과에서 학부, 석사, 박사를 모두 마치고, 전공인 제어공학 분야의 세계적 대가의 연구실에 박사후과정연구원으로 갈 준비를 하고 있었다. 그러나 IMF로 환율이 급등하자 6개월간 출국하지 못하고 기다리던 중에 그의 표현을 빌리자면 “너무 정립이 잘 된 분야여서 대부분 관련된 교수들이 다 있고 신규로 교수를 채용하는 게 드문” 제어공학 분야에서, 마침 교수 채용 공고가 나와 여기에 지원하였고 교수로 임용되었다.

IMF로 박사후연구원 합류가 지연되는 중에 교수채용 공고가 나서 “운 좋게” 교수로 임용된 이 같은 우연은 교수임용 후에도 이어졌고 결정적으로 그의 연구주제를 바꾸는 계기가 되었다. 이번에는 사람과의 만남이 시작이었다. 조갑권 교수는 학교 업무 때문에 만난 생명과학 교수와 이야기를 나누는 과정에서 생물학 실험에 관한 이야기를 듣게 되었다. 동료교수는 ‘똑같은 환경

에서 똑같은 조건으로 실험을 해도 서로 다른 결과가 나와 굉장한 어려움을 겪고 있다는 것이었다. 그런데 이 현상이 제어공학을 전공한 조갑권 교수의 눈에는 '굉장한 비선형동역학 시스템'으로 보였다. 그래서 실험 데이터를 받아 공학적 관점에서 이를 분석하는 연구에 나섰다. 이를 계기로 그는 시스템공학의 사고와 방법론을 활용해 생명현상을 새로운 시각으로 이해하고 문제를 해결할 수 있다는 가능성을 발견하고 이를 지속적으로 연구하게 되었다.

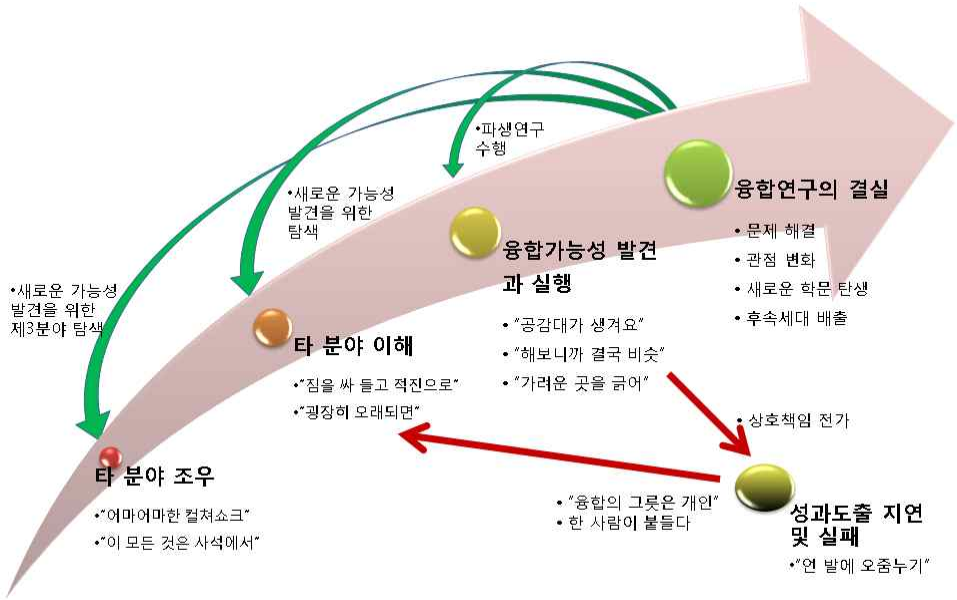
융합연구자로서의 입문에 영향을 미친 특정한 계기를 지목하기가 힘든 점진적 진화형과는 반대로 도약형 융합연구자는 융합연구로의 입문에 영향을 미친 계기가 비교적 뚜렷하다는 특징이 있다. 교수로 임용되기까지 단일 전공을 고수한 연구자가 융합연구를 시작할 때는 특별한 계기나 이유가 있었을 개연성이 높다. 다만 시간이 흐를수록 도약형의 입문 양상을 보이는 연구자의 수는 줄어들 것으로 예상할 수 있다. 앞서 살펴본 바와 같이 과학계의 환경 변화 탓에 몇몇 특수한 분야를 제외하고는 교수임용시점까지 자기 분야 고유의 연구만 수행하기는 어려워졌기 때문이다.

2. 융합연구 수행 과정

융합연구의 과정은 타 분야 조우로부터 융합연구의 결실을 맺는 다섯 단계의 과정으로 구분되었다. 여기서는 먼저 융합연구의 전체 과정을 검토하고 각 연구수행 단계의 이슈와 융합연구자들이 각 단계에서 보인 특징을 분석하였다.

1) 개요

잠재력을 지닌 과학자로서 특정 분야의 전문성을 쌓는 것은 융합연구 과정 이전 단계에 필요한 필수코스라 할 수 있다. 그러나 한 분야의 전문성 수준이 어느 정도여야 하는지에 관해서는 연구자별로 차이가 있어 일관된 경향을 발견할 수 없었다. [그림 1]은 융합연구 과정의 각 단계와 단계별 특징을 보여준다.



[그림 1] 융합연구 수행 과정

타 분야 조우에 있어 표면적으로 드러난 학위의 전공은 큰 변화가 없었던 것으로 나타났다. 그보다는 연구실 단위의 실제 연구 내용과 연구자 개인의 선택, 그리고 대학 내에서 이뤄지는 사적이고 우연한 만남이 타 분야 조우의 중요한 통로인 것으로 나타났다.

타 분야 이해는 융합연구의 결실을 맺는 데 있어 가장 중요한 단계였다. 융합연구자들은 공동 연구를 많이 수행했지만, 공동연구자의 전공 분야에 대해서도 깊이 있게 공부하는 것이 필요하다고 주장하였다. 타 분야의 언어를 이해하고 문제의식에 있어 공감대를 형성해 본격적으로 융합연구를 구체화할 준비가 되기까지 대략 일 년 정도의 시간이 소요되었다. 수상 내역이나 언론 노출, 게재 저널 수준 등을 기준으로 볼 때 질 높은 융합연구일수록 공동연구자는 거의 매일 같이 만나서 대화하는 시간을 가진 경우가 많았다. 융합연구자 자신이 학위중이거나 박사후과정일 때는 연구자 본인이 직접 그와 같은 과정을 거쳤고, 교수로서 연구팀을 이끌게 된 이후에는 상대 연구실과 대학원생을 교환하는 방식을 통해서라도 서로의 언어와 문화, 관점을 완전히 체득하기 위해 노력하였다.

타 분야를 이해할 때 얻는 이득은 문제의 해결책을 발견하는 것도 있지만 그보다 더 중요한 것은 문제 자체를 다른 관점으로 볼 수 있게 되는 것이다. 문제 자체를 새롭게 인식하는 수준에 이르는 것은 당면한 문제의 해결 여부와 상관없이 현상을 보는 새로운 관점을 연구자에게 선사하였다. 그 문제가 중요한 문제이고 새로운 관점이 지닌 독창성도 높은 경우, 새로운 관점에서 시도된 연구결과의 축적은 곧 새로운 학문 탄생으로 이어지기도 하였다. 또한 융합연구자의 지

도 아래 융합연구를 경험한 대학원생이 ‘과학계의 새로운 중’으로 융합연구의 후속세대를 이루는 것 또한 융합연구의 중요한 결실이었다.

융합가능성을 발견하고 실행하지만 연구 성과가 도출되지 않거나 성과의 도출이 지연되는 경우도 있다. 융합연구자들 중 몇몇은 ‘task to task’ 방식으로 각자 할 일을 하고 다음 팀에게 과제를 떠넘기는 방식으로 진행되는 연구에서 성과 도출이 지연된 경험이 있었다고 진술하였다. 이 상황을 직면하지 않고 책임을 서로에게 전가하면서 각자 파트의 내용을 정리하고 이를 하나의 보고서로 묶는 “언 발에 오줌 누기”식 공동연구는 결국 의미 있는 성과를 내지 못한 채 정리되기 일쑤였다. 이에 융합연구자들 중 일부는 차라리 상대방의 작업을 자신이 모두 가져오는 방법을 시도하였는데, 그러자 비로소 상대방을 제대로 이해할 수 있었고 문제가 무엇인지 제대로 볼 수 있게 되었다고 한다. 이러한 경험을 통해 연구자들은 이후에 유사한 문제가 발생할 때면 자신 스스로 양 쪽 분야를 이해하고 조율할 수 있는 ‘bilingual researcher’로서 기여할 수 있게 되었다.

2) 단계별 연구수행 과정

(1) 타 분야 조우: “이 모든 것은 사석에서”

타 분야 조우는 융합연구의 시초가 되는 중요한 첫걸음이다. 이 첫 단계의 시작은 다양한 모습으로 나타났다. 융합연구자는 의도를 지니고 타 분야를 찾아 학습하기도 하였지만, 많은 경우 의도하지 않게 타 분야를 조우하였다. 기본적으로 융합연구자들은 호기심과 필요에 따라 다양한 타 분야 지식을 습득하기 위해 노력하였다. 사이보그를 현실화하는 데 필요한 내용을 배우고자 하는 열의로 학부 시절 전자공학과 학생으로서 홀로 심리학과에 개설된 생물심리학 수업을 듣고 의공학 교실에 학부 연구생으로 자원하여 참여하였던 한 제보자의 사례는 이를 잘 보여준다.

학위과정 중 타 분야 조우와 관련해 중요한 관심 사항은 학위 전공의 변화가 여러 분야를 접하는 통로로 얼마나 활용되었는가 하는 점이다. 융합연구자의 전공 변화 궤적을 추적해 보면 (<표 1> 참조), 석사 진학 시 크게 전공을 바꾼 경우는 있었지만 박사 진학 시에는 모두 석사 전공을 크게 벗어나지 않는 범위 내에서 전공을 선택하였다는 사실을 알 수 있다. 이중 분야로의 학과 변경을 통해 타 분야를 만나는 경우는 많지 않았던 것이다.

그런데 명칭 상에 나타난 학과 변경 사례가 많지 않은 것과 달리 실제 이들의 경험담은 표면적으로 드러난 학과 명칭의 동일성이 곧 학문경험의 동일성을 의미하지는 않는다는 사실을 보여주었다. 학부, 석사, 박사 모두 전자공학을 전공하였던 남홍우 교수의 경험이 전형적인 예이다. 남홍우 교수는 학부 졸업 후 미국의 한 유명 전자공학대에 입학하였지만 그 곳에서 “어마어마한 켈쳐 쇼크”를 경험하였다. 자신이 들어가게 된 연구실이 전자과에 속한 것은 분명한데 구체적인 연구 내용이나 인력 구성은 자신의 자연스러운 기대와는 큰 차이가 있었기 때문이다.

더 기가 막힌 것은 연구실에 처음 랩 미팅을 갔더니, 내 바로 위에 있는 사수도 전자과 학생이지만 의대를 다니고 있는, 전자공학은 부교 의대가 주인 학생이었고, 그 위에 있는 학생도 그렇고. 그 위에 있는 학생도 무슨 생물물리학을 전공한, 전자공학과 학생이 아니라, 그러니까 그 연구실에 전자공학을 한 학생이 아무도 없어. 그러니까 어마어마한 켄처 쇼크야.(남홍우)

타 분야를 조우하는 극단적 사례는 학위를 마친 이후에도 종종 나타났다. 학위과정 중 화학공학이라는 큰 테두리는 벗어나지는 않았던 서일기 교수는 박사후과정 연구를 위해 바이오 분야의 거장이 있는 연구실을 찾아갔다. 지도교수를 비롯한 주변 교수님들의 조언에 따라 잘 해오던 것을 제쳐놓고 새로운 분야를 찾아나선 것이다. 고등학교 이후로 생물학 강의를 한 번도 들어본 적 없는 “바이오의 바자도 모르는” 상황이었음에도 과감히 결정을 내리고 실행하였다.

교수 임용 이후의 타 분야 조우는 사적 만남에서 시작되는 경우가 많았다. 의도하지 않았던 우연한 만남, 애초에 연구와는 무관하게 시작된 사적 만남이 타 분야 조우의 결정적 계기로 작용한 경우도 있었다. 옆방 교수가 초대해 저녁 식사 자리에서 처음 만난 교수와 사적 얘기를 나누다가 자연스럽게 서로의 결합가능성을 발견한 사례가 그 예이다. 또한 같은 아파트에 살아 출퇴근을 같이 하는 사이가 공동연구팀이 되고, 테니스 동료가 공동연구자가 되기도 하였다.

조갑권 교수의 사례는 의도치 않은 우연한 만남이 평생의 연구 방향을 완전히 바꿔버리는 계기가 된 경우이다. 어느 날 교수 임용 이후 학교 업무 건으로 만난 생명과학 교수와 이야기를 나누는 과정에서 생물학 실험에 관한 이야기를 듣게 되었다. 동료교수는 ‘똑같은 환경에서 똑같은 조건으로 실험을 해도 서로 다른 결과가’ 나와 어려움을 겪고 있었고 이를 조갑권 교수에게 토로하였다. 그런데 이 현상이 조갑권 교수의 눈에는 제어공학을 전공하며 많이 접해 온 ‘비선형 동력학 시스템’으로 보였고 이 관점에서 문제를 해결해 보고자 데이터를 받아 분석에 나서게 되었다. 여기서 새로운 가능성을 발견한 그는 점점 더 새로운 분야에 빠져들게 되었다.

(2) 타 분야 이해: “짐을 싸들고 적진으로”

물리학을 배우고 연이어 생물학을 배운다고 해서 곧바로 생물물리학자 되는 것은 아니다. 타 분야를 접하고 그 분야의 지식을 습득하는 경험은 융합연구의 초석임이 분명하지만 그 자체로 융합연구의 출발을 보장하지는 않았다. 융합 연구를 위해서는 각각의 분야를 이해하는 것에 더해 두 분야의 공통점과 차이, 장단점을 이해하는 과정이 필요했다. 이 과정을 통해 연구자가 특정 분야와 타 분야와의 결합 가능성을 발견하고 문제를 중심으로 두 분야의 지식을 한 곳에 모을 때 비로소 융합연구는 시작되었다.

융합연구에 있어 논란이 되는 이슈 중 하나가 이질적인 두 분야가 결합된다고 할 때 한 사람 또는 한 쪽 팀에서 상대방 분야의 지식에 대해 얼마나 이해해야 하는가의 문제이다. 제보자의

선정 기준상 모두 융합연구 성과가 있는 과학기술분야의 연구자라는 공통점에도 불구하고 이 이슈에 대한 의견에 넓은 스펙트럼이 존재하는 것을 발견하였다. 즉 어떤 제보자는 타 분야에 대해서 자신은 아는 바가 없다고 대답하기도 하는 반면 어떤 제보자군은 이 문제에 대해 연구가 실패하거나 성과도출이 지연된 융합연구의 예를 들며 다른 쪽 분야를 제대로 이해하지 못할 때 융합연구가 성공을 거둘 수 없다고 단언하였다.

이 문제는 다학제적 연구와 학제간 연구의 구분과 맞닿아 있다. 어떤 연구팀이 상대방 분야와 서로가 하는 일을 알지 못해도 크게 문제없이 융합연구 성과를 도출하고 있다면, 이는 문제해결을 위해 두 분야가 협력하되 각각 자기 분야에서 해결가능한 문제를 해결하여 이를 단순히 합하는 방식으로 수행되는 다학제적 연구가 이뤄지고 있다고 간주할 수 있다. 반면 상대방 분야에 대한 이해를 강조할수록 서로 다른 학문분야의 지식과 기술을 결합해 새로운 접근방식으로 문제를 해결하는 학제간 접근을 취하고 있는 것으로 생각할 수 있다.

이 문제에 대한 제보자들의 상이한 태도를 비교하며 발견한 사실 하나는 이 이슈에 대한 의견이 융합하려는 대상의 특징에 따라 상반된 입장으로 분류될 수 있다는 사실이었다. 단순화시켜 말하자면 기술이나 제품 구현이 문제인 경우 상대적으로 제보자들은 타 분야 이해에 대한 부담이 덜한 것처럼 진술하는 경향을 보였다. 결합되는 지점의 문제를 해결할 때 기술 융합은 비교적 쉽게 성공을 거둘 수 있었기 때문이었다. 그러나 문제가 기술의 결합이 아닌 현상의 이해와 해석과 결부된 것이라면 반응이 달라졌다. 이미 가지고 있는 지식과 기술의 단순한 적용이 아니라 새로운 관점의 이해와 해석을 요구하는 문제로 서로의 분야에 대한 깊은 이해가 없이는 결론내기 쉽지 않은 문제가 도사리고 있기 때문이다.

타 분야에 대한 깊은 이해가 필요할 때 융합연구자들이 취한 방법은 '짐을 싸들고 적진으로' 가는 것이었다. 많은 융합연구자들은 단순히 관심 있는 타 분야의 논문을 읽거나 학회나 세미나에 참여하는 수준을 넘어 그 분야의 학문공동체에 뛰어들어 새롭게 시작하는 전략을 취하였다. 이와 같이 짐을 싸들고 적진으로 들어가는 것은 각 학위 단계별로 전공 영역을 바꾼 연구자들이 사용한 일반적인 방식이기도 하다.

여기 있으면서 다른 분들과 이야기할 하지 않고 저는 짐을 싸들고 적진으로 들어갔습니다. 그런 일을 한 서너 번 하고 나니까 이제 뭐 어디 가서든 살아도 되지 않을까 하는 생각을 해요. 결코 편한 일은 아니에요, 초기 저항이 아주 높죠. 저 쪽 분들도 장벽이 있고 나 스스로도 가지고 있는 장벽이 있어요. 그걸 다 허물고 들어가야지 이제 (융합이) 되죠. 기존의 생각으로 이렇게 해야 되겠다고 생각했으면 따라가지 못했을 거예요.(홍인현)

'짐을 싸들고 적진으로 들어가는' 전략과 관련해 흥미로운 사실은 이를 경험한 제보자들 중 일부는 자신의 경험을 그대로 반영하여 지도학생을 '적진으로 보내버리는' 방법을 사용하고 있

다는 사실이었다. 그들은 결합 수준이 깊고 새로운 연구일수록 사람이 오고 가야 한다는 점을 강조하였다. 이 때 사람이 오간다는 것은 ‘랩 미팅만 같이 하는 게 아니라 밥도 같이 먹으러 다니고 멤버들이랑 친해지며’ 타 분야의 ‘spirit’을 체득하기까지 함께 생활한다는 것을 의미하였다. 이와 동시에 원래 전공의 랩 미팅에도 모두 참여하며 그 학생이 두 전공 사이의 가교 역할을 담당하게 하는 것이었다.

융합연구자들은 융합연구를 위해서는 ‘오래 만나야 한다’는 생각을 자주 표현하였다. 그런데 얼마나 오래 만나야 하는가? 전공이나 연구주제의 변화와 같은 경험에 관한 제보자들의 회상 내용 중에는 1년이라는 시간이 자주 언급되었다. 한국, 일본, 미서부, 미남부로 지역을 옮겨가며 소속 분야도 생물공학에서 반도체공정, 물리학, 기계학과로 큰 변화를 자주 겪었던 홍인현 교수는 옮길 때마다 새로운 분야에 익숙해진 과정을 설명하며 “한 1년 정도는 눈물이 나요”라는 표현을 반복하였다. 남홍우 교수 또한 융합연구의 공감대를 형성하거나 성과를 도출해내는 과정을 묘사하며 ‘1년’이라는 표현을 반복적으로 사용하였다. 혈혈단신으로 타 분야에 뛰어들 경우 이 시기는 융합연구자들이 ‘눈물’, ‘험난한 인생의 시작’이라고 표현할 만큼 갑갑하고 힘든 시기에 해당한다. 그러나 서일기 교수는 여기에 일종의 임계치와 같은 것이 있기 때문에 일단 그 시기를 넘기면 ‘상당히 할 만해진다’는 점 또한 강조하였다.

(3) 융합가능성 발견과 실행: “가려운 곳을 긁어주다”

융합연구자들은 비록 이질적인 분야의 연구자와도 1년 정도의 세월을 함께 보내면 둘 사이에 공통의 키워드가 생기면서 공감대가 형성된다고 진술하였다. 융합연구자들은 각자 분야의 고유한 언어를 이해하고 동일한 단어이지만 사실은 각자 분야에서 다른 뜻으로 사용되는 단어들을 파악하는 등 커뮤니케이션 상의 문제가 완화되는 것 외에도 공감대와 인간적 유대관계가 형성되는 것 역시 타 분야 이해의 중요한 결과로 인식하였다.

용어 이해, 공감대를 형성한 다음 융합연구자에게 나타나는 중요한 변화는 ‘해 보니까 결국 비슷하더라’는 인식이다. 생물학 강의 한 번 듣지 않은 화공과 출신으로 들어간 바이오 연구실에서 서일기 교수는 한 동안 용어도 알아들을 수 없고 말도 통하지 않아 괴로웠으나 어느 정도 용어를 알고 의사소통도 좀 자유로워지자 ‘해 보니까 결국 비슷하더라’, ‘결국 똑같은 이야기를 하더라’는 사실을 깨닫고 자신감을 얻게 되었다. 타 분야 이해는 상대방을 이해하는 과정이기도 하지만 자신의 존재감을 확인하는 과정이기도 한 것이다.

한 1년 정도는 눈물이 나요. 왜 내가 이거를 했지? (중략) 그 때 생각은 반도체 공정을 이해할 수 있는 그런 지식만 있었으면 참 좋겠다는 생각을 가졌어요. 그런데 지나고 나니까 그게 또 별 차이 없어. 하하. 별 차이 없어.

(중략) 미국에서는 또 응용물리하시는 분들과 일을 했어요. (중략) 나도 이 사람들처럼 생각하는 훈련을 했었으면 좋았을 텐데 그런 생각을 했었는데, 좀 전의 반도체 기술과 마찬가지로, 근본적인 일을 하는 데에는 별로 차이가 없다는 생각이 들어요. (홍인현)

타 분야의 용어를 이해하고 공감대를 형성하고 자신감을 찾으려면 두 분야 사이의 접합점이 보이기 시작한다. 이 접합점에 대해 두 제보자가 ‘가려운 곳’이란 비유를 사용하였다. 융합연구라는 것은 스스로 굽지 못해 가려워하는 사람을 찾아가 그 사람의 가려운 부위를 내가 가진 도구로 긁어주는 행동이라는 것이다. 가려운 곳을 긁어준다는 표현은 융합연구자들의 융합시도가 거대한 마스터플랜 하에 실행되는 것이 아니라 타 분야와의 상호작용 속에서 점진적으로 실행된다는 사실을 보여준다.

(4) 성과도출 지연 및 실패: “융합의 그릇은 개인”

융합연구는 여러 가지 이유로 종종 지연된다. 그리고 더 지연되는 것을 막지 못하고 ‘언 발에 오줌 누기’ 식으로 대충 합을 내어놓는 경우 성과도출 지연은 결국 융합연구의 실패로 이어졌다. 왜 성과도출이 지연되고 실패하기까지 할까? 융합연구가 어려움에 처하는 경우 표면적으로 드러나는 모습은 참여하는 공동 연구진이 서로 책임을 전가하는 것이었다. 그러나 융합연구 경험이 풍부한 제보자들은 보다 근본적인 문제를 공통적으로 제기했다. ‘A분야 전문가 a와 B분야 전문가 b를 데려다 놓으면, 두 개가 같이 있어야만 할 수 있는 무언가를 할 수 있으리라는 편견’이 문제를 불러일으킨다는 것이다.

방장호 교수는 이렇게 각 분야 전문가를 모아 놓고 ‘한 번 해 보라’는 식으로 떠맡기는 데서부터 잘못되는 걸 너무 많이 봤다며 안타까워하였다. 융합이 그릇에 이것저것 하나씩 섞어서 국을 만드는 것이라면 이것저것을 담은 그릇은 절대 팀이 아니라는 것이다. 방장호 교수는 그 그릇은 개인이 되어야 하고, 각자 개인이 이것저것을 자기 그릇 안에 담아 융합을 이루되, 융합을 이룬 그 개인들이 여럿이 모인다면 비로소 ‘팀 단위의 융합’도 가능해진다고 주장하였다.

남홍우 교수가 대학원 과정에서 겪은 한 연구 사례는 이와 같은 성과도출 지연 사례를 매우 적나라하게 보여준다. 남홍우 교수가 대학원에 진학했을 당시 지도교수 아래 연구팀은 100km 떨어진 의대 연구팀과 함께 융합연구를 진행하고 있었다. 남홍우 교수가 입학했을 무렵 그 연구는 이미 10년 동안 꾸준히 진행되었음에도 별다른 성과를 내지 못하고 있었다. 실험은 남홍우 교수 쪽 팀에서 바이오칩을 만들어 의대에 가져다주면 의대에서는 실험을 하고 그것을 다시 가지고 와서 분석하는 방식으로 진행되었다. 10년 동안 이와 같은 절차로 연구를 수행하며 반복된 패턴은 바이오칩의 세포는 죽어버리고 그 원인을 서로 상대방에게서 찾는 것이었다. 의대에서는 바이오칩 세포를 잘못 만든 탓을 하고 남홍우 교수가 속한 연구실에서는 멀쩡히 살아있던 세포로 제대로 실험

을 못한다며 의대를 의심한 것이다. 그렇게 연구는 결실을 맺지 못한 채 부유하고 있었다.

10년 동안 결실을 보지 못하던 프로젝트를 살려 성과를 도출해 낸 사람이 바로 남홍우 교수였다. 그가 선택한 방법은 바로 지도교수에게 건의해 의대의 장비와 생물학 실험 과정을 모두 지도교수의 연구실로 가져와 직접 세포를 키우는 것이었다. 이 방법은 상황을 반전시켰다. 각자 맡은 작업을 주고받는 방식의 실험과정에서는 상대방 작업의 세부 내용을 모르기 때문에 상대방이 맡은 부분에 대해서는 전적으로 의존할 수밖에 없었지만 이제는 직접 문제를 찾아다닐 수 있게 된 것이다. 그러자 그 때까지 이 연구에 대해 도움을 주는 입장을 취하던 의대 교수도 새롭게 풀리기 시작한 연구에 관심을 보이며 남홍우 교수가 한 것과 똑같이 본인의 연구실에 실험 전 과정을 진행할 수 있게 설비를 갖추었다. 이제는 예전처럼 실험 과정을 주고받는 것이 아니라 각자 연구실에서 실험을 진행하되 실험결과를 서버를 통해 공유하고 컨퍼런스 미팅을 통해 서로의 문제점을 조금씩 풀어나가는 방식으로 연구가 진행되었다. 방장호 교수의 표현대로 팀에 융합연구를 담는 것이 아니라 각자 서로의 것을 담아 자신 안에서 융합을 이룬 개인이 모여 비로소 융합연구다운 융합연구를 수행할 수 있게 된 것이다.

(5) 융합연구의 결실: “문제를 보는 관점의 변화”

융합연구의 일차적인 결실은 무엇보다 문제 해결이다. 그러나 그보다 더 의미 있는 결실은 관점의 변화라고 할 수 있다. 조갑권 교수가 생물학 실험의 결과를 비선형동역학 시스템의 원리로 들여다보고, 비슷한 시기 전 세계의 여러 과학자가 유사한 관점으로 생물현상의 비밀을 파헤치기 위해 노력하면서 해당 분야를 전문적으로 연구하는 사람뿐만 아니라 비전공자들도 생명현상을 새로운 시각으로 볼 수 있게 되었다.

이와 같이 융합연구를 통해 얻은 새로운 관점이 기존 학문분야에서 찾아볼 수 없을 만큼 새롭고 파급력도 커서 지속적인 후속연구가 이뤄지는 경우 새로운 학문 분야가 탄생하기도 한다. 시스템생물학이 바로 여기에 해당한다. 제보자 중 조갑권 교수는 바로 이 시스템생물학의 태동 초기에 이 분야에 뛰어들어 새로운 분야의 발전을 선도하고 있다.

또한 중견 융합연구자들이 수행하는 연구에 참여하는 대학원생들이 선배 연구자들이 거친 과정보다 앞서 융합연구자로 성장하고 있다는 사실에 주목할 필요가 있다. 사실 이 연구의 제보자들이 학위과정을 밟는 동안, 특히 한국에서는 요즘처럼 융합학과가 존재하지 않았고 대학원 연구에서도 융합 성격을 띤 주제는 드물었다. 이런 환경에서 자란 이들을 융합연구 1세대라고 지칭한다면 현재 이들의 지도 아래 성장하고 있는 융합연구 2세대들은 1세대와는 다른 성장경로를 밟고 있다. 1세대의 지도 아래 학위과정 중에 융합연구를 수행하며 두 분야 이상의 지식이나 기술을 하나의 문제 안에 모으고 통합하는 역량을 일찌감치 키우고 있기 때문이다. 즉 융합연구 참여 경험을 통해 새로운 관점으로 세상을 보는 새로운 세대가 성장하고 있는 것이다.

V. 논의 및 결론

본 연구의 결과로 도출된 한국 연구자들의 융합연구 입문 계기를 살펴보면, 기존 연구에서 융합인재의 필요성을 강조하거나 융합인재 양성 정책 방향을 수립하기 위해 인용하는 사례나 논리와는 간극이 존재함을 알 수 있다. 이론적 배경에서 살펴본 바와 같이 과학 인재들이 이론 성취의 원동력을 밝히고자 한 선행 연구들은 초기에는 그들의 인지적 특성에 주목하였지만 점차 동기, 과제집착력과 같은 정서적 특성(Terman & Oden, 1947; Roe, 1952; Heller, 1993)으로 관심의 폭을 넓혀 왔다. 최근에는 이와 같은 개인적 요인에 더해 환경적 요인 및 두 요인 간의 상호작용으로 과학 인재의 성장을 설명하려는 시도(Mansfield & Busse, 1981; 장경애, 2001; 오현석 외, 2007; 김왕동, 2009)가 많아졌다.

본 연구의 제보자들 역시 환경 요인이 개인 특성과의 상호작용을 통해 과학 인재의 성장에 영향을 미친다는 선행 연구(장경애, 2001; 오현석 외, 2007; 김왕동, 2009)의 주장을 뒷받침하는 사례로 평가될 수는 있다. 융합연구자들이 개인적 관심사와 흥미에 따라 선택한 원 소속 분야에서 전문성을 발전시킴과 동시에 과학계의 큰 조류나 평가 방식의 변화 등에 따라 그것을 다른 분야와 결합하는 과정을 통해 성장한 것으로 나타났기 때문이다.

그러나 환경 요인이 융합인재의 성장에 미친 영향의 구체적인 내용과 의미에 대해서는 좀 더 깊이 있는 논의가 필요하다. 융합연구와 융합인재 양성을 강조하는 연구들(김정효, 2012; 김왕동, 2012; 권수미, 2012)은 대체로 세계화된 경쟁 시스템과 지식기반사회에서 생존하고 경쟁우위를 확보하기 위해 창의적 성과 및 창의적 인재가 필요하다는 논리의 연장선상에서 융합의 필요성을 주장해 왔다. 창의적 성취 자체가 원동력으로 융합연구를, 창의적 인재의 한 유형이나 조건으로 융합인재를 지목하는 것이다.

그런데 본 연구 제보자들의 증언은, 실제 한국 융합연구자의 융합연구 과정이 자율성의 토대 위에서 아이디어를 자유롭게 발산하고 이를 다시 하나의 문제로 수렴하는 이상적인 창의적 산출 과정과는 거리가 먼 방식으로 이루어진 측면이 있음을 드러내고 있다. 융합연구는 시대에 따라 나노, 바이오, 환경, 에너지 등 특정 주제로 수렴되는 경향을 보였다. 이는 과학계의 유행에 의한 것이기도 하지만 정부의 연구비 지원 사업 선정 과정을 통해 강제된 것이기도 하였다. 한 제보자의 표현을 다시 인용하자면 “전문성도 없고 하고 싶지도 않은” 연구임에도 생존 차원에서 융합연구를 시도할 수밖에 없는 경우도 있었다.

이는 선행연구(이성중 외, 2009; 김왕동, 2012)에서 융합인재 양성의 필요성과 방향 설정의 근거로 인용되는 과학사 속 창의적 융합인재의 사례들과 한국의 현실에서 융합연구가 시도되고 수행되는 실제 사례 사이에는 차이가 있음을 보여준다. 원래 융합은 정부 주도하에 중화학, 자동차, 반도체, IT 등 특정 분야를 선진국의 앞선 기술을 추격하는 방식으로 집중적으로 육성해 온

성장 전략이 한계에 다다랐다는 인식하에 이를 극복하기 위한 대안의 일환으로 강조되는 개념(송위진 외, 2006)이라 할 수 있다. 그런데 정작 그 실현 방식은 융합 자체가 또 하나의 도그마가 되어 국가 차원에서 설정한 융합연구 방향에 동조하는 범주 내로 과학자의 창의성 발현을 제한하고 있는 것은 아닌지 반성해 볼 필요가 있다.

둘째, 본 연구의 결과를 살펴보면, 융합연구 입문 과정과 형태가 일률적이지 않고 점진적 진화형, 노마드형, 도약형 등의 유형으로 구분되고 각 입문 유형이 단발적이기보다 장기간의 변화 과정을 통해 이루어진다는 점을 알 수 있다. 이는 융합교육 정책과 프로그램에 관한 선행 연구들이 설정한 목표와 구체화 방식이 적합하며 또한 효과적인가라는 의문을 제기하게 한다. 융합교육 프로그램과 정책에 대한 연구는, 짧게는 17차시로 구성된 중등교육 프로그램(권수미, 2012)으로부터 길게는 특정 융합분야 전문인력 양성을 염두에 둔 학부 교육과정의 구상(이성중 외, 2009; 이수영·하태정·성양경, 2008; 황규희, 2008)에 이르기까지, 대체로 단일 교육과정 안에 융합교육의 다양한 요소를 어떻게 담을 것인가에 대한 고민을 담고 있다.

그러나 실제로는 경력 초기부터 융합을 염두에 둔 목표 하에 관련된 경험을 축적한 점진적 진화형 융합연구자의 경우에도, 융합교육 프로그램이 목표로 하고 있는 창의적 성과 도출을 위한 역량 개발에 상당한 시간이 소요된 것으로 나타났다. 더욱이 노마드형, 도약형 융합연구자들은 의도된 융합연구 과정을 훈련받지 않았음에도 타학문과의 접촉에서 경험한 충격을 통해 오히려 더 깊은 수준의 융합연구에 이르기도 하였다.

이와 같은 연구결과는 융합교육 프로그램으로 구성된 4년의 학부 과정을 이수하더라도 실질적인 융합연구 성과를 도출할 수 있는 수준까지 역량을 개발하기는 쉽지 않음을 시사한다. 또한 융합에 초점을 맞춘 프로그램이 창의적 융합인재 양성을 위한 최선의 방법인가에 대해서도 의문을 제기할 수 있다. 과학 분야에서 혁신적 연구성과를 도출하기까지 걸리는 축적 기간은 대체로 길어지는 것으로 보고되고 있다(Jones & Weinberg, 2011). 이는 융합교육이 전문성이 낮은 상태에서도 창의적 성과를 창출할 수 있게 하는 마법지팡이가 될 수는 없으며, 융합은 전문분야와 타 분야를 아우르는 지식과 통찰의 축적이라는 관점 아래에서만 제대로 수행될 수 있음을 보여주는 것이다. 이와 같은 관점은 개별 프로그램이 효과적으로 운영되어야 할 뿐만 아니라, 일련의 다양한 프로그램들이 체계적인 연계를 이루는 것에 융합인재 성장 지원 정책의 초점이 맞추어져야 함을 시사한다.

연구 결과와 지금까지의 논의를 바탕으로 하여, 연구진은 과학기술 분야의 융합인재 양성을 촉진하기 위한 방향에 대해 다음과 같은 두 가지 결론을 도출하였다. 첫째, 융합인재 양성은 산업수요 충족이나 교육과정 완수를 통한 인력 배출이 아닌, 성장 지원 관점에서 장기적으로 접근할 필요가 있다. 왜냐하면 융합연구자 20명의 사례는 융합인재가 특정 시기에 특정 과정을 이수함으로써 만들어지지 않음을 보여주기 때문이다. 융합인재는 장기간에 걸쳐 둘 이상의 분야를

이해하고 이전 지식을 최근의 것과 결합하는 과정을 통해 성장하였다. 그리고 이 과정에는 연구 방향을 결정지어주는 우연한 만남과 사건, 사적 관계를 바탕으로 거리낌 없이 지적 조언을 주고 받을 수 있는 동료와의 관계 등이 영향력을 발휘하였다. 융합인재 양성을 위해 필요한 조치는 이와 같은 성장 경험들이 더 잘 일어날 수 있도록 환경을 조성하고 유도하는 것이라 할 수 있다.

둘째, 융합연구와 융합인재 성장의 다양성을 고려할 필요가 있다. 융합연구 입문 과정의 다양성을 고려할 때, 융합학과나 대학원을 신설하는 것 외에 기존 전공 분야에서 타 분야로 전환함으로써 융합인재로 성장할 수 있는 인재에 대한 지원방안을 모색할 필요가 있다. 이는 연구에 있어서도 마찬가지이다. 융합학과 또는 대학원 설립은 폐쇄적 한국 연구 문화를 깨트리고 타 전공 연구자들과의 접촉 기회를 확대함으로써 융합연구 발전에 이바지하는 효과를 발휘하였다. 그러나 실제 융합연구자들 가운데는 단일 전공 배경을 가지고서도 중국에는 융합연구자로 거듭난 사례도 다수 존재하였다. 이는 융합프로그램 운영이 아닌, 다른 경로를 통해서도 융합인재를 양성할 수 있음을 의미한다.

본 연구는 연구자들의 융합연구 입문에는 과학계의 조류와 환경 요인이 큰 영향을 미쳤다는 점과 융합연구 과정에서 공동연구를 위한 협력만큼이나 연구자 개인이 타 분야를 깊이 이해하고 이를 내적으로 수용해 내는 과정이 중요하다는 사실을 밝혔다. 이 점에서 학문적 의의가 있다. 또한 이 연구는 융합인재 양성에 대해서도 중요한 실무적 의의를 지니고 있다. 지금까지 융합인재 양성을 위한 교육 프로그램이나 교육과정을 설계할 때는 학문간 융합에 관한 이론이나 외국의 융합교육기관 사례 등이 참고자료로 활용되었다. 그러나 이 연구는 융합인재가 한국이라는 맥락에서 어떻게 성장하고 융합연구를 수행하였는지 보여줌으로써, 과학기술분야의 융합인재 성장 지원을 위한 한국형 정책·프로그램·교육과정 구상에 보다 적합한 자료를 제공해준다는 점에서 그 의의가 있다.

이와 같은 의의에도 불구하고 본 연구는 융합연구 과정 그리고 융합인재의 성장을 이해함에 있어 연구의 한계를 가지고 있다. 이러한 한계와 함께 융합연구와 융합인재에 관한 이해를 확장하기 위해 필요한 후속 연구를 제안하면 다음과 같다. 첫째, 보통 융합연구는 공동연구로 이루어 지는데, 본 연구에서는 그 중 한 개인의 면담에 의존하여 융합연구 과정을 분석하였다는 한계가 있다. 물론 본 연구에서 고찰한 융합연구 과정은 특정한 단일 연구의 기간이 아니라 경력 전반에 걸친 융합연구의 발전 과정을 본 것이기 때문에, 융합연구자의 경력을 따라 대학원생, 박사후연구원 시절의 관점 역시 인용되고 있다. 그럼에도 불구하고 현 시점에서는 공동연구에 참여하는 다른 이해당사자들, 예컨대 대학원생, 박사후과정연구원, 상대 공동연구진은 본 연구에 제보한 융합연구자들과는 다른 시각을 가지고 있을 가능성이 있다. 이와 같은 상이한 관점을 포착하고 이를 종합적으로 이해하기 위해서는 융합연구 프로젝트 하나를 선정하여 아이디어의 산출로부터 결과를 도출하기까지 일련의 과정을 한 개인이 아닌 다양한 위치의 제보자에 대한 교차면담

과 참여관찰 방법을 통해 분석해 볼 필요가 있다. 이와 같은 접근을 통해, 이질적인 분야의 연구자들이 만나 서로를 이해하고 결합하는 과정을 다각도로 이해하고, 융합연구를 촉진하기 위해 필요한 보다 실천적인 지침이나 방안을 수립할 수 있을 것이다.

둘째, 본 연구의 결과는 융합 연구와 인재양성을 목표로 하는 융합전문학과나 대학원에서 융합인재가 성장하는 과정에 대해서는 제한된 함의만을 제공한다. 본 연구는 융합을 통해 이미 성취를 이룬 연구자를 대상으로 하였는데, 이 제보자들의 성장 과정에는 현재와 같은 융합학과나 대학원이 설립되지 않았기 때문이다. 이들 학과나 대학원 과정을 이수하는 학생들은 기존 교육 시스템에서 훈련받은 본 연구의 제보자들과는 다른 양상의 성장 과정을 거치고 있을 수도 있다. 이를 확인하기 위해서는 융합을 표방한 학과와 대학원에서 실행중인 융합교육 사례를 다각도로 분석해 볼 필요가 있다. 지금까지 융합인재교육에 관한 연구 중 다수가 융합교육 기관이나 교육 과정 등을 어떻게 설계하고 실행할 것인가에 관한 고민을 담고 있음에도, 실제 융합교육 과정과 그 효과를 면밀히 분석한 연구는 찾아보기가 쉽지 않다. 융합교육기관을 분석하는 연구는 추상적 개념과 원리를 중심으로 이해되고 있는 융합인재교육을 보다 실천적 관점에서 이해하는 데 기여할 수 있을 것이다.

참고문헌

- 권수미 (2012). 예술중심 융합교육 프로그램 개발을 위한 제언. **음악교육연구**, 41(2), 67-100.
- 김성원, 정영란, 우애자, 이현주 (2012). 융합인재교육(STEAM)을 위한 이론적 모형의 제언. **한국 과학교육학회지**, 32(2), 388-403.
- 김왕동 (2009). **세계적 과학자의 경력과정 분석과 시사점**. 정책연구 2009-02. 서울: 과학기술정책연구원.
- 김왕동 (2012). 창의적 융합인재에 관한 개념 틀 정립: 과학기술과 예술 융합 관점. **영재와 영재 교육**, 11(1), 97-119.
- 김정언, 이경남, 정현준, 이영수 (2009). **방송통신융합산업 신성장동력 종합 추진전략 연구**. 방송통신위원회.
- 김정효 (2012). 지식기반사회에서 융합교육을 위한 간학문적 통합교육의 가능성 탐색. **문화예술 교육연구**, 7(1), 175-200.
- 김정희 (2012). 융합인재교육(STEAM) 관점에서 미술교과의 공감각(Synesthesia) 교육에 대한 논의. **미술교육연구논총**, 32, 125-144.
- 노상우, 안동순 (2012). 학문융합 관점에서 본 현대교육의 이론적-실천적 변화 모색. **교육종합연구**, 10(1), 67-88.
- 손연아, 정시인, 권슬기, 김희원, 김동렬 (2012). STEAM 융합인재교육에 대한 예비교사와 현직 교사의 인식 분석. **인문사회과학연구**, 13(1), 255-284.
- 송위진, 성지은, 김연철, 황혜란, 정재용 (2006). **탈추격형 기술혁신체제의 모색**. 과학기술정책연구원 정책연구 2006-25.
- 송종국, 이정원, 유의선, 송치웅, 김왕동, 박영일, 이종관, 최기련, 홍영란, 윤정현 (2009). **과학기술기반의 국가발전 미래연구**. 2009-10. 서울: 과학기술정책연구원.
- 심광현 (2009). 21세기 과학·기술 혁명에 대한 철학적 성찰. **문화과학**, 83-129.
- 오현석, 김희정, 배형준, 서동인, 김한술 (2012). 융합학문 어떻게 탄생하는가? **교육문제연구**, 43, 51-82.
- 오현석, 최지영, 최윤미, 권귀현 (2007). 과학인재의 성장 및 전문성 발달과정에서의 영향 요인에 관한 연구. **한국과학교육학회지**, 27(9), 907-918.
- 이공래, 황정태 (2005). **다분야 기술융합의 혁신시스템 특성 분석**. 과학기술정책연구원.
- 이건우 (2008). 융합기술을 위한 학문간 융합. 지식경제오픈포럼 발표자료. 2008년 12월 18일.
- 이돈희 (2009). 지식융합 시대의 교육학의 과제. **2009 한국교육학회 추계학술대회 발표자료집**.

3-6.

- 이병욱 (2010). **미래 디지털 사회를 위한 융합의 이해**. 과주: 생능출판사.
- 이성중, 황은희, 남기은, 최철원 (2009). 대학 교육과정의 혁신적 개편을 통한 융합과학자 육성 방안. **한국기술혁신학회 학술대회 발표논문집**, 265-277.
- 이성희, 신동훈 (2012). 융합인재교육의 관점에서 에너지 및 기후변화 교육 연수 프로그램 개선 방안. **과학교육연구지**, 36(1), 22-34.
- 이수영, 하태정, 성양경 (2008). **융합기술 전문인력 양성방안 연구: BT중심 융합기술을 중심으로**. 한국직업능력개발원 정책연구 2008-17.
- 이재호 (2011). 융합형 영재교육기관 설립에 관한 연구. **정보교육학회논문지**, 15(3), 459-467.
- 이정모 (2005). 미래 융합과학기술의 틀과 인지과학. **과학사상**, 50, 22-42.
- 임완철, 천세영 (2012). 융합인재교육(STEAM)을 위한 미래형 과학교실 설계 과정에서의 교사 및 전문가 의견 분석. **학습자중심교과교육연구**, 12(2), 257-283.
- 장경애 (2001). **과학자들의 진로선택과정에서 드러난 부각요인**. 박사학위논문, 서울대학교.
- 차원용 (2009). 미래의 먹거리 융합기술. **물리학과첨단기술** 18(4), 7-15.
- 한국과학기술기획평가원 (2007). **신약개발을 위한 융합기술인력 양성 방안 연구**.
- 한국산업기술진흥원 (2009). **2010 세상을 바꾸는 생각들 1: 학문간 융합 포럼 리포트**. 서울: 한국산업기술진흥원 기술전략팀.
- 홍성욱 (2008). **홍성욱의 과학에세이: 과학, 인간과 사회를 말한다**. 서울: 동아시아.
- 황규희 (2008). IT기반 융합촉진을 위한 전문인력 양성방안. **정보와 통신**, 25(11), 42-47.
- Aboelela, S. W., Larson, E., Bakken, S., Carrasquillo, O., Formicola, A., Glied, S. a, Haas, J., et al. (2007). Defining interdisciplinary research: conclusions from a critical review of the literature. *Health services research*, 42(1 Pt 1), 329-346.
- Arieti, S. (1976). *Creativity: the magic synthesis*. NY: Basic Books.
- Frodeman, R. (2010). Introduction. In R. Frodeman, J. T. Klein & C. Mitcham (Eds.), *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity*. NY: Oxford University Press.
- Frodeman, R., Klein, J. T., & Mithcam, C. (2010). Preface. In R. Frodeman, J. T. Klein & C. Mitcham (Eds.), *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity*. NY: Oxford University Press.
- Gardner, H. (1993). *Creating minds: an anatomy of creativity seen through the lives of Freud, Einstein, Picasso, Stravinsky, Eliot, Graham, and Gandhi*. NY: Basic.
- Hayes, J. R. (1989). Cognitive processes in creativity. In J. A. Glover, R. R. Ronning & C. R. Reynolds (Eds.), *Handbook of Creativity*. NY: Plenum Press.
- Heller, K. A. (1993). Scientific ability. In G. R. Block & K. Ackrill (Eds.), *The Origins and*

Development of High Ability. Chichester: John Wiley.

- Jones, B. F., & Weinberg, B. A. (2011). Age dynamics in scientific creativity. *Proceedings of the national academy of sciences of the united states of America*, 108(47), 18910-18914.
- Kaufman, J. C., & Baer, J. (2004). Hawking's haiku, Madonna's math: why it is hard to be creative in every room of the house. In R. J. Sternberg, E. L. Grigorenko & J. L. Singer (Eds.), *Creativity: From Potential to Realization*. Washington, DC: American Psychological Association. 창의성: 그 잠재력의 실현을 위하여. 임웅 역. 학지사. 2009.
- Lynch, J. (2006). It's not easy being interdisciplinary. *International journal of epidemiology*, 35, 1119-1122.
- Mallon, W. T., & Burnton, S. (2005). The functions of centers and institutes in academic biomedical research. *Analysis in brief*, 5(1), 1-2.
- Manathunga, C. (2009). Post-colonial perspectives on interdisciplinary researcher identities. In A. Brew & L. Lucas (Eds.), *Academic Research and Researchers*. London: Open University Press.
- Mansfield, R. S., & Busse, T. V. (1981). *The psychology of creativity and discovery: scientists and their work* 창의적인 사람은 무엇이 다를까. 임선하 역. 서울: 하우. 1993.
- Roe, A. (1952). *The making of a scientist*. NY: Dodd Mead.
- Root-Bernstein, R., & Root-Bernstein, M. (2004). Artistic scientists and scientific artists: the link between polymathy and creativity. In R. J. Sternberg, E. L. Grigorenko & J. L. Singer (Eds.) *Creativity: From Potential to Realization*. Washington, DC: American Psychological Association. 창의성: 그 잠재력의 실현을 위하여. 임웅 역. 학지사. 2009.
- Rosenberg, N. (1963). Technological change in the machine tool industry, 1840-1910. *The journal of economic history*, 23(4). 414-443.
- Schummer, J. (2004), Multidisciplinarity, interdisciplinarity, and patterns of research collaboration in nanoscience and nanotechnology, *Scientometrics*, 59, 425-465.
- Slatin, C., Galizzi, M., Melillo, K. D., & Mawn, B. (2004). Conducting interdisciplinary research to promote healthy and safe employment in health care: promises and pitfalls. *Public health reports*, 119(1), 60-72.
- Terman, L., & Oden, M. (1947). *The gifted child grows up: twenty-five years' follow-up of a superior group* Stanford: Stanford University Press.

* 논문접수 2012년 11월 4일 / 1차 심사 2012년 12월 20일 / 게재승인 2012년 12월 22일

* 오현석: 서울대학교 윤리교육학과를 졸업하고, 동대학교 대학원에서 교육학 석사학위를 취득하였으며, 미국 미네소타 대학교에서 인적자원개발 박사학위를 취득하였다. 현재 서울대학교 교육학과 교수로 재직 중에 있으며 서울대학교 한국인적자원연구센터의 소장을 맡고 있다. 주요 저서로는 'ASTD로 본 인적자원개발 트렌드', '세계를 이끄는 한국의 창조적 공학자들', '세계를 이끄는 한국의 최고 과학자들' 이 있고, 번역서로는 '인적자원개발론(스완슨 저)' 이 있으며, 이 외에도 다수의 인적자원개발관련 논문이 있다.

* E-mail : ohhs@snu.ac.kr

* 배형준: 현재 서울대학교 교육학과 평생교육 전공 박사과정 대학원생이고, 한국인적자원연구센터 연구원으로 참여하고 있다.

* E-mail : in2people@gmail.com

* 김도연: 서울대학교 교육학과 평생교육 전공에서 박사학위를 취득하였고, 현재 서울대학교 한국인적자원연구센터 부소장으로 재직 중에 있다.

* E-mail : la9belle@hanmail.net

Abstract

Interdisciplinary Researchers: How Did They Cross the Boundaries and Do Interdisciplinary Research?*

Oh, HunSeok**
Bae, HyoungJun***
Kim, DoYeon****

This study was conducted to understand the development of interdisciplinary researcher and find the proper way to support interdisciplinary researcher's development. To fulfill the research purpose, 20 scientists who achieve interdisciplinary research performance were interviewed in-depth. Megatrend of scientific research, the characteristics of the fields, the universities' policy to support the interdisciplinary research, and professor evaluation criteria were major background factors to make researchers to begin interdisciplinary researches. The ways to begin interdisciplinary research were categorized into three type: gradual evolution, nomad, and leaping. The process of interdisciplinary research were composed of encountering and understanding heterogeneous field, discovering interdisciplinary research opportunity, and bearing fruits of interdisciplinary research. But some researchers experienced the delay and failure of interdisciplinary research. This study contributes to our understanding interdisciplinary research as it reveals the fact that researchers' internal understanding and accepting heterogeneous field is important for interdisciplinary collaborative research as well as cooperation. And it also promotes our understanding scientists' development as it reveals that the environment surrounding scientific research can affect not only rise and fall of research but choice of theme and directions of researches.

Key words: Interdisciplinary research, Interdisciplinary researcher, Scientist

* This study was financially supported by research fund of the Korean Ministry of Education, Science and Technology (NRF-2011-330-B00218).

** First author, Professor, Seoul National University

*** Second author, Ph.D Candidate, Seoul National University

**** Corresponding author, Vice director, Korea Human Resource Research Center

